

Süpernova Kalıntıları ve Yakın Çevreleri

Aşkın Ankay

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü, 06531-Ankara

Özet: Sıradışı X-ışını pulsarları, sönük radyo-sessiz nötron yıldızları, radyo pulsarları ve güçlü X-ışını pulsarlarıyla bağlı olan süpernova kalıntılarının ve içinde noktasal kaynak gözükmeyen S- ve C-tipi süpernova kalıntılarının buldukları ortamları inceledik. Bu incelemeyi yaparken gözlemsel yoğunluk verilerinin yanında kalıntıların yaşa karşı yarıçap grafiklerindeki konumlarını ve kalıntıların yüzey parlaklıklarına karşı yaş diyagramları ile yüzey parlaklıklarına karşı yarıçap diyagramlarını göz önüne aldık. Sonuç olarak, güçlü X-ışını pulsarlarıyla bağlı olan 2 süpernova kalıntısının en yoğun ortamlarda buldukları ortaya çıkmaktadır. Sıradışı X-ışını pulsarları ve sönük radyo-sessiz nötron yıldızları ile bağlı olan süpernova kalıntılarıyla içinde noktasal kaynak gözlemlenen ve gözlemlenmeyen C-tipi süpernova kalıntılarının da yoğun ortamlarda bulduklarını gördük. Noktasal kaynak içermeyen S-tipi süpernova kalıntılarının daha düşük yoğunluktaki ortamlarda buldukları sonucu ortaya çıkmaktadır. Sönük radyo-sessiz nötron yıldızlarıyla bağlı olan kalıntılardan 3 tanesi ve içinde pulsar gözlenmiş olan C-tipli bir süpernova kalıntısı oksijen-zengin olduğundan bu kalıntılar ve nötron yıldızları büyük kütleli O-tipi yıldızların patlaması sonucu oluşmuş olabilir. Noktasal kaynak içermeyen S-tipi süpernova kalıntıları hariç incelediğimiz diğer süpernova kalıntıları ve bunlarla bağlı cisimlerin de O-tipi yıldızların patlaması sonucu oluşmuş olabilecekleri görülmektedir.

1. Giriş

Bir nötron yıldızının aktifliği ya da pasifliği nötron yıldızının parametrelerine bağlıdır. Bu parametreler içinde en önemlileri olarak manyetik alan, spin periyodu ve belki de nötron yıldızının kütlelerini sayabiliriz. Bu parametreler ana yıldızın kütlelerine ve tek başına ya da bir çift yıldız sistemi içinde olup olmadığına bağlı olmalıdır. Eğer bu parametreler ana yıldızın çift yıldız sistemi içinde olup olmadığına bağlı ise bileşenlerin kütle değerleri ve bileşenler arasındaki uzaklık önemli olmalıdır (Iben ve Tutukov 1996). Süpernova patlaması sırasında hemen her durumda çift yıldız sistemini oluşturan iki bileşen arasındaki bağ kopar ve böylece nötron yıldızlarının neredeyse tamamı tek olarak doğarlar (Guseinov ve Novruzova 1974; Ankay 2002a); çift yıldız sistemlerindeki nötron yıldızlarının sayısı çok azdır ve süpernova patlaması yüzünden çift yıldız sisteminin parametreleri değişeceğinden patlamadan önceki durumda parametrelerin değerlerini iyi bir şekilde bilemeyiz. Radyo pulsarların ve sönük yalnız X-ışın pulsarlarının doğum oranı çok yüksektir. Öte yandan çift yıldız evriminden sonra nötron yıldızları milisaniye radyo pulsarları olurlar (Bisnovatyi-Kogan ve Komberg 1974, 1976; Alpar vd. 1982). Dolayısıyla pulsar fenomeninin ana yıldızın yakın çift yıldız sisteminde olmasına bağlı olup olmadığını kontrol etmek zordur. Bu nedenlerden dolayı süpernova kalıntılarının (SNK) ve bunlarla bağlı olan noktasal kaynakların verilerini inceleyerek yalnızca ana yıldızın ana koldayken sahip olduğu kütle hakkında bilgi elde edebiliriz, çift yıldız sisteminin parametreleri ile ilgili bilgi elde edemeyiz.

Çok farklı fiziksel özellikler gösteren çeşitli yalnız nötron yıldızı tipleri bilinmektedir. Bunlar klasik pulsarlar, sönük radyo-sessiz nötron yıldızları (SRSNY), sıradışı X-ışını pulsarları (SXP) ve yumuşak gama ışını yineleyicileridir (YGY). Yakınımızdaki SNK'lerde bile çoğu durumda noktasal kaynaklar gözlenmemektedir. Acaba farklı fiziksel özellikler gösteren nötron yıldızları farklı kütle değerlerine sahip ana yıldızlardan mı oluşmaktadırlar? Bu soru daha önce Marsden vd. (2001) tarafından sorulmuştur. Bu çalışmamızda farklı tipte nötron yıldızlarıyla bağlı olan SNK'lerin ve içinde herhangi bir tür nötron yıldızının izine rastlanmamış olan S-tipli (kabuk-tipli) SNK'lerin içinde buldukları ortamları, yakın çevrelerini inceledik ve bu SNK'leri ve nötron yıldızlarını oluşturan ana yıldızların anakoldayken hangi kütle değerlerine (tayfsal tiplere) sahip olabileceklerini tartıştık.

2. Farklı Özelliklere Sahip Nötron Yıldızları ve Bunlarla Bağlı Olan Süpernova Kalıntıları

Güneşten 3 kpc'e kadar olan mesafede yaklaşık 35 – 40 SNK vardır (Guseinov vd. 2002a; Green 2001). Genel olarak biz 3 kpc mesafeye kadar olan SNK'leri incelemek için ayırdık; 3 kpc'in ötesindeki SNK'ler için uzaklık değerindeki belirsizlik büyüktür ve böyle uzak SNK'lerin içinde buldukları ortamla ilgili gözlemsel veriler genelde yeterli ve güvenilir değildir. Bunun yanında OB şunu da belirtmek gerekir ki OB yıldız topluluklarını (ve genel olarak yıldız oluşum bölgelerini) 3 kpc mesafenin ötesinde belirlemek zordur. Bunların yanında bulunduğu ortam, yaş, ve/veya patlama enerjisi verileri

nispeten güvenilir olan bazı görece uzak SNK'leri de incelemek için seçtik. Uzaktaki belirsizlikleri göz önüne alarak denilebilir ki 5 – 7 radyo pulsar – çifti ve 5 – 7 SRSNY – SNK çifti genetik olarak bağlıdır.

Bu çalışmada kullanılan pulsar verileri Guseinov vd. (2002b)'den, SXP ve SRSNY verileri ise Gaensler vd. (2001) ve Guseinov vd. (2002c)'den alınmıştır. SNK'lerle ilgili veriler ise Green (2001) ve Guseinov vd. (2002a)'dan alınmıştır.

3. SNK'lerin Çevreleri ve Bu SNK'lere Bağlı Noktasal Kaynakların Tipleri

Süpernova patlaması olan bölgelerin civarındaki ortamların yoğunluklarını ve SNK kalıntılarının kabuklarındaki yoğunlukları inceleyerek ana yıldızların kütleleri hakkında bilgi elde edebilmek mümkündür. Bunu yaptıktan sonra ana yıldızların kütleleriyle nötron yıldızlarının tipleri (farklı derecede aktiflikler ya da tamamen pasiflik) arasında bir bağlantı olup olmadığını söyleyebiliriz.

SXP'lerden 3 tanesi Galactic SNK'lerle genetik bağlıdır (Ankey 2002b). Buna karşın YGY'lerden 2 tanesi SNK'lerle bağlı olabilir (Ankey 2002b), ancak bu iki genetik bağın gerçekliği konusunda bazı noktalar da daha önce tartışılmıştır (Gaensler vd. 2001; Tagieva ve Ankey 2002). YGY 0526-66 Büyük Magellan Bulusundaki bir SNK ile genetik olarak bağlı olabilir (Tagieva ve Ankey 2002). YGY – SNK bağlantılarındaki tartışmalı durum yüzünden bu çalışmada olası YGY – SNK bağlantılarını inceleme dışı bıraktık. SXP'lerin ana yıldızlarının kütlelerinin ne kadar büyük olabileceğini ortaya çıkarmak için SXP'lerle genetik bağlı olan SNK'lerin içinde buldukları ortamın yoğunluklarını doğrudan gözlemsel verileri ve bu yoğunluklarla dolaylı olarak ilgili olan başka bazı gözlemsel verileri inceledik. Marsden vd. (2001)'in iddiasına göre SXP'lerle ve YGY'lerle bağlı olan SNK'lerin çoğunluğu diğer tüm SNK'lere kıyasla yoğun ortamdadırlar. Bnu gösterebilmek için Marsden vd. (2001) SNK yaşına karşı SNK yarıçapı grafiğini vermişlerdir. Bu figürde aynı patlama enerjisine sahip olan ama farklı yoğunlukta evrimleşen SNK'ler için teorik sabit yoğunluk çizgileri vermişlerdir; aynı yaştaki SNK'ler içinde genişledikleri ortamın yoğunluğuna bağlı olarak farklı yarıçap değerlerine ulaşırlar. Gerçekte süpernova patlama enerjisi değeri 3 mertebelik geniş bir aralıkta değişmektedir.

Galaksimizde süpernova patlamalarının olduğu yıldızlararası ortamlar bulutlu bir yapıya sahiptir (Blandford ve Cowie 1982) ve ortamın yoğunluğu moleküler bulutların, nötr hidrojen bulutlarının, iyonize hidrojen bulutlarının ve 'köpüklerin' olup olmamasına bağlı olarak çok geniş bir aralıkta değişmektedir. SNK'lerin gözlemsel parametreleri bunları çevreleyen ortamın özelliklerine güçlü bir şekilde bağlıdır (Caswell ve Lerche 1979; Allakhverdiev vd. 1983). SNK'leri çevreleyen ortamların yoğunlukları ve bu SNK'leri ve onlarla bağlı noktasal kaynakları oluşturan ana yıldızların olası kütle değerleri incelenirken bütün bunlar dikkate alınmalıdır. Marsden vd. (2001)'i takib ederek biz de ortalama (sabit) yoğunluk çizgilerinin olduğu SNK yaşına karşılık SNK yarıçapı figürleri kurduk (her bir tür nötron yıldızı için ayrı ayrı). Ortalama bir patlama enerjisi ve içinde bulunan ortam için sabit yoğunluk çizgilerin kullanarak yalnızca yaşa karşılık yarıçap grafiklerini incelemek çevre ortamının yoğunluğu ve dolayısıyla ana yıldızların olası kütle değerleri hakkında hakkında yeterli bilgi vermemektedir. Bu nedenle, SNK'lerin yakın çevrelerindeki ortamların yoğunluğu ile ilgili daha çok bilgi elde edebilmek için bu figürlerin yanında yaşa karşılık yüzey parlaklığı ve yarıçapa karşılık yüzey parlaklığı grafiklerini de oluşturup inceledik. Ayrıca gözlemlerden doğrudan elde edilmiş olan SNK'lerin yakın çevrelerindeki ortamların yoğunluğu ve bu ortamlarla ilgili gene doğrudan gözlemlerden çıkan başka bazı bilgileri de (ortamda bulutların olup olmadığı, maser kaynağı olup olmadığı vs.) araştırmamızda dikkate aldık. SNK'lerin yakın çevrelerindeki ortamlarla ilgili gözlemlerden elde edilmiş bu verileri yukarıda bahsettiğimiz grafiklerde SNK'lerin buldukları pozisyonlarla karşılaştırarak aşağıdaki sonuçları elde ettik. F-tipli (pleryonik tipli) SNK'ler için bu karşılaştırmaları yapmadık çünkü burada incelemeye çalıştığımız SNK'ler kabuğu olan ve kabuklarıyla içinde buldukları ortamla etkileşme içinde olan SNK'lerdir; ortaya çıkarmaya çalıştığımız SNK'nin kabuğunun içinde genişlediği ortamın SNK'nin içerdiği nötron yıldızı tipine bağlı olarak ne çeşit bir ortam olduğudur.

4. Sonuçlar

İçinde çeşitli tipte nötron yıldızı (SXP, SRSNY, pulsar ve yalnız güçlü X-ışını pulsarı) barındıran ve yeterli ve güvenilir gözlemsel verileri olan SNK'ler ile gene yeterli ve güvenilir gözlemsel verilere sahip olan kabuk-tipli ve kompozit-tipli (hem kabuğu olan hem de içindeki nötron yıldızının aktifliğine bağlı olarak ortasından ışına gelen) SNK'leri (bu SNK'lerin içinde noktasal kaynak olduğu doğrudan gözlenmemiştir) ve yakın çevrelerini inceledikten sonra şu sonuçlara vardık:

En yoğun ortamlardan başlayarak en az yoğunluktaki ortamlara kadar sırasıyla

- 1) Radyo bandında görülmemiş olan 2 yalnız güçlü X-ışını pulsarlarla (J1811-1926 ve J1846-0258) bağlı olan SNK'ler,

- 2) SXP, SRSNY ve radyo pulsarlarla bağlı olan SNK'ler ile içinde noktasal kaynak gözlenmiş olan ve olmayan kompozit tipteki SNK'ler,
 3) İçinde noktasal kaynak gözlenmemiş olan kabuk-tipli SNK'ler gelmektedir.
 SNK Cas A tüm SNK'ler içinde istisnai bir konuma sahiptir ve bu SNK'yi oluşturan süpernova patlaması sırasında yaklaşık 4 güneş kütlesi gibi büyük bir kütle dışarı atıldığı için (Vink vd. 1996) Cas A'nın ve Cas A'ya genetik bağlı olan SRSNY'nin ana yıldızı erken tipte bir O yıldızı olabilir.

Bilindiği gibi O ve erken tip B yıldızları genellikle bulutlu bölgelerde yer almaktadırlar (bunun tersi her zaman geçerli değildir). Öte yandan ortamların ortalama yoğunluk değerleri, iyonize hidrojen bölgelerinin varlığı ve büyüklükleri ve OB yıldızlarının kütleleri birbirleriyle ilişkilidir. Dolayısıyla, SNK'lerin yakın çevrelerindeki maddenin ortalama yoğunluğunu, şok dalgasındaki yoğunluğu, SNK'lerin kimyasal bolluklarını ve SNK'lerin buldukları bölgelerde OB yıldız topluluklarının bulunup bulunmadığını inceleyerek değişik tipteki nötron yıldızlarının ve onlarla genetik bağlı SNK'lerin ana yıldızlarının tayfsal tiplerini kabaca belirleyebiliriz. Yukarıda incelediğimiz SNK'ler, içinde noktasal kaynak gözlenmemiş olan kabuk-tipli SNK'ler hariç, çoğunlukla O-tipi ana yıldızlardan oluşmuş olabilirler. Erken tip B yıldızları evrimlerinin sonunda genel olarak kabuk tipli SNK'lerin doğmasına neden oluyor olmalıdır. Bu kabuk tipli SNK'lerin içinde, yakında olsalar bile, noktasal kaynak görmek hem radyo bandında hem de X-ışını bandında zordur.

F-tipi SNK'lerin sayısı az olduğundan ve bu tip SNK'lerin kabuğu olmadığından (bu SNK'leri karşılaştırma yapmak için figürlerimize koyamayız) bu SNK'lerin buldukları ortamların yoğunluğuyla ilgili detaylı bir inceleme yapmadık. Ancak kısaca şunu belirtmek isteriz ki F-tipi bir SNK olan Crab Bulutsusunu oluşturan Crab pulsarı düşük yoğunluktaki bir ortamdadır ve bu pulsarın civarında genç açık küme yoktur. Bu nedenle de Crab pulsarının ana yıldızı O-tipi değil büyük kütleli B-tipi bir yıldız olabilir.

Araştırmalarımız göstermiştir ki bir nötron yıldızının tipi (aktifliği ya da pasifliği) pratik olarak ana yıldızın ana koldaki kütle değerine ya hiç bağlı değildir ya da çok zayıf olarak bağlıdır. Bu nedenle de nötron yıldızının tipinin (aktifliğinin) çift yıldız sisteminin parametreleriyle olan ilişkisi mümkün olduğu ölçüde incelenmelidir (Iben ve Tutukov 1996 makalesinde benzer bir fikir pulsar fenomeninin çift yıldız parametreleriyle olan ilişkisinin incelenmesi şeklinde ortaya konulmuştur).

5. Referanslar

- Allakhverdiev, A. O., Guseinov, O. H., Kasumov, F. K., Yusifov, I. M. (1983). *A&SS*, **97**, 287.
 Alpar, M. A., Cheng, A. F., Ruderman, M. A., Shaham, J. (1982). *Nature*, **300**, 728.
 Ankey, A. (2002a). Doktora Tezi, O.D.T.Ü – Ankara.
 Ankey, A. (2002b). 'SXP, YGY ve SNK'ler arasındaki genetik bağlantılar', bu toplantıdaki konuşması.
 Bisnovatyi-Kogan, G. S. ve Komberg, B. V. (1974). *SvA*, **18**, 217.
 Bisnovatyi-Kogan, G. S. ve Komberg, B. V. (1976). *SvAL*, **2**, 130.
 Blandford, R. D. ve Cowie, L. L. (1982). *ApJ*, **260**, 625.
 Caswell, J. L. ve Lerche, I. (1979). *MNRAS*, **187**, 201.
 Gaensler, B. M., Slane, P. D., Gotthelf, E. V., Vasisht, G. (2001). *ApJ*, **559**, 963.
 Green, D. A. (2001). 'A Catalogue of Galactic Supernova Remnants (2001 December Version)', <http://www.nrao.cam.ac.uk/surveys/snrs>.
 Guseinov, O. H. ve Novruzova, H. I. (1974). *Astrophys.*, **10**, 163.
 Guseinov, O. H., Ankey, A., Sezer, A., Tagieva, S. O. (2002a). Basıma yollanacak.
 Guseinov, O. H., Yerli, S. K., Özkan, S., Sezer, A., Tagieva, S. O. (2002b). *ArXiv:astro-ph/0206050*.
 Guseinov, O. H., Yazgan, E., Ankey, A., Tagieva, S. O. (2002c). *International Journal of Modern Physics D* dergisi tarafından basıma kabul edildi. *ArXiv:astro-ph/0206330*.
 Iben, I. ve Tutukov, A. V. (1996). *ApJ*, **456**, 738.
 Marsden, D., Lingenfelter, R., Rothschild, R., Higdon, J. C. (2001). *ApJ*, **550**, 397.
 Tagieva, S. O. ve Ankey, A. (2002). *A&AT*, 21
 Vink, J., Kaastra, J. S., Bleeker, J. A. M. (1996). *A&A*, **307**, L41.