

İki Kısa Dönemli RS CVn Sistemi : SV Cam ve XY UMa

Ferhat Fikri ÖZEREN^{1,2}, Osman DEMİRCAN³, Gerry DOYLE⁴

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Melikgazi, Kayseri (ozeren@erciyes.edu.tr)

²University of Brussels, ASTRONOMY (WE/OBSS), Pleinlaan 2, 1050, Brussels/BELGIUM

³18 Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale

⁴Armagh Observatory, College Hill, Armagh BT61 9DG, Northern Ireland

ÖZET : Bu çalışmada iki kısa dönemli RS CVn sistemi SV Cam ve XY UMa için Şubat 1999 yılında Haute-Provence Gözlemevi'nde alınan tayfsal gözlemlerden elde edilen analiz sonuçları irdelenmiştir. Elde edilen veriler tayfsal çıkarma yöntemi kullanılarak sistemlerin etkinliği ve çevrelerinde bulunan madde ile ilgili bilgi çalışılmış, sonuç olarak her iki sistemin genel etkinlik düzeyinin plaj ve püskürmelerden kaynaklandığı, tayflarında sistem çevresinde bulunan maddeden dolayı ek salma ve soğurma yapılarının bulunduğu gösterilmiş, dikine hız eğrileri çözülmüş ve tayf türleri daha duyarlı bir şekilde bulunmuştur.

1. GİRİŞ

Etkinlik kelimesinin ilk özgün kullanımı daha çok Güneş çalışan gökbilimciler tarafından güneşin maksimum ve minimum leke sayılarının zamanlarını tanımlamak için kullanılmış, daha sonra lekelerin manyetik özellikleri ile birlikte diğer yıldızları da kapsayacak şekilde yaygınlaşmıştır. Güneş lekelerinin diğer çift sistemlerin ışık değişimlerini açıklamaya yönelik bir düşünce kaynağı ve basit olarak yıldızın manyetik etkinliği ile ilgili olması, doğal olarak manyetik etkinliğin bir sonucu olan leke oluşumunu gözlemeyi ve anlamayı ön plana çıkarmıştır. Manyetik etkinlik sadece lekelerin oluşmasını sağlayan basit bir süreç değildir. Yıldızın dönmesi ile üretilen manyetik etkinlik, yıldızın evrimi süresince değişimi ve korunumu sonucu kendini farklı şekillerde göstermektedir. Yıldızın ışık küresinde (fotosferinde) leke, renkküresinde (kromosferinde) güçlü bir şekilde salma yapan çeşitli çizgiler (Ca II H&K, Mg II h & k vb), taç bölgesinde (koronada) radyo veya x-ışın salması gibi olaylar olarak kendini gösterir. Bu manyetik etkinlik süresince enerji, manyetik ilmeklerle yıldızın tüm atmosfer katmanlarına ulaştırılır. Biz ise sadece bunun etkileri sonucu oluşan olayları görüp izleriz. Aslında yıldızların çeşitli atmosfer katmanlarında çeşitli dalgaboylarında gördüğümüz etkinlik belirteçleri, manyetik etkinliğin farklı şekillerde algılayabildiğimiz yapılarıdır.

Bir yıldızın manyetik etkinliği yıldızın dönmesi ile ilgilidir. Çift sistemlere baktığımızda ise durum biraz daha karmaşık bir hale gelmektedir. Çünkü sistemi oluşturan bileşenlerin her ikisi veya biri manyetik olarak etkin olabilir ve buldukları fiziksel şartlar altında, yıldızlar birbirleri ile etkileşerek manyetik etkinlikleri sayesinde birbirlerinin evrimlerini yönlendirebilirler.

Bu nedenlerden dolayı RS CVn yıldızları manyetik etkinlik araştırmalarında oldukça büyük ilgi çekmiş ve halen üzerlerinde ayrıntılı çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir.

Güneş benzeri ışık küresine ait lekeler, renkküreye ait salma ve püskürme (flare) etkinlikleri, geç tayf türü yıldızların genel özellikleridir. Bu tür yıldızlar önemli miktarda madde dolaşımı (konveksiyon) olan bir dış katmana sahip olduklarından, manyetik alan kuramına göre bu tür olaylar beklenmektedir. Son yıllarda yapılan gözlemlerde geç tayf türü yıldızların renkkürelerinde soğuk yapılar için kanıtlar bulunmuştur. Mullan vd (1989) bakış doğrultusunda 800 km sn^{-1} ye varan bir hız ile V471 Tau sisteminden fırlatılan maddenin taç bölgesinde yoğunlaştığını gözlemişlerdir. Houdebine vd (1990) AD Leo (dM4.5) sisteminde bir püskürme olayı sırasında taç bölgesinden kütle atımını (CME, Coronal Mass Ejection) göstermişlerdir. AB Dor(dK0e), Gl890(dM0e) ve HK Aqr(dM2e) gibi hızlı dönen yıldızlarda, soğuk maddenin yıldız atmosferi ile birlikte eşzamanlı döndüğü bulunmuştur (Collier Cameron vd 1990, Doyle & Cameron 1990, Byrne vd 1996). Güneş'te, görsel dalgaboyunda sürekli olarak gözlenen fıskırmalara (prominanslara) benzer olan böylesi etkin yapılar bir yıldız için etkinliğin belirteçleri olarak yorumlanmıştır.

Fışkırtma türü yapılar etkin yıldızlarda oldukça önemli sonuçlara yol açmaktadır. Öncelikle böyle yıldızların genişlemiş atmosfer bölgeleri sadece radyo ve x-ışın gözlemcilerinin çalışma alanı olmaktan çıkmıştır. Oldukça enerjik ve sık olan parlamalar ve pek çok olası taç kısmına ait oluşumlar, yıldızlararası ortama kütle kaybının ve yıldız rüzgarlarının baskın olduğunu göstermektedir. Yine de, taç kısmındaki ısıl genişlemeler ve bazı farklı olaylarla kütle kaybının miktarları halen çözümlenmesi gereken sorun olarak durmaktadır.

Yıldızın üzerinde bulunan soğuk maddenin belirlenmesi oldukça zordur. Etkin çift yıldızlarda (örneğin RS CVn'lerde) örtülen yıldız, diğer bileşenin atmosferini birkaç yıldız yarıçapına kadar (taç bölümünü) tarayarak soğurucu maddenin varlığını bize gösterebilir. Böylece standart yıldızlar kullanılarak yapılan karşılaştırma tekniği olan tayfsal çıkarma, bileşenlerin tayfsal özelliklerini çözümlenmesini sağlar.

Hall vd (1990) bir RS CVn yıldızı olan SS Boo çift sisteminin Balmer ve Ca II H & K çizgilerinin ayrıntılı gözlemlerini kullanarak birinci tutulma civarında 4-4.6R_o büyüklüğünde genişlemiş bir bölgeye atfedilen bir soğurma artışı göstermişlerdir. Hall ve Ramsey (1992) 10 RS CVn sistemini araştırmışlar, sekizinde fışkırtma sonucu, bir yerde yığılan kararlı bir maddenin varlığını bildirmişler ve RS CVn sistemlerinde fışkırtma materyallerinin ortak bir özellik olduğu sonucuna varmışlardır. Daha sonra Gunn ve Doyle (1997) ve Gunn vd (1997) RS CVn yıldızlarında fışkırtmaların varlığını sorgulamışlardır. Çok değişik tayf ve ışınım gücünde, farklı dönemli, tutulma gösteren etkin çift yıldızların renkküre ve taç bölgesi çalışmaları için önemli bir ek kaynak oldukları görülmüştür.

2. GÖZLEMLER ve VERİLER

SV Cam ve XY UMa yıldızı için yüksek ayırma güçlü tayfsal gözlemler 11-15 Şubat 1999 tarihinde yapılan beş gecelik bir gözlem programı çerçevesinde, Haute-Provence(Fransa) Gözlemevinde, 1.93m lik bir teleskop üzerinde bulunan ELODIE fiber-beslemeli eşel tayfçeker ile elde edilmiştir. Bu tayfçeker 1993 yılından bu yana çalışmaktadır ve tayfın görsel bölgesinde (3900 - 6800 Å arasında) $\lambda/\Delta\lambda = 45\ 000$ ayırma gücüne sahiptir. Teleskoptan veriler alınırken, yine aynı sistem üzerinde kurulu olan programlar yardımıyla veriler indirgenmiştir ve dalgaboyu ayarı yapılmıştır. Kullanılan aletlerin teknik özellikleri Barren vd (1996) tarafından ayrıntılı şekilde verilmiştir.

Gözlemler yapılırken, hemen her evrede veri almak üzere özel bir gözlem programı uygulanmıştır. Gözlem evreleri hesaplanırken kullanılan veriler Çizelge 2.1.'de verilmiştir. SV Cam sistemi için toplam 85, XY UMa sistemi için 69 tayf elde edilmiştir. Her tayf için 15 dakikalık poz süresi kullanılmıştır. Tayfsal çıkarma tekniğini kullanabilmek için HD 42807 ve HD 24451 yıldızları standart yıldız olarak kullanılmıştır. Bu yıldızlar renkküre etkinlikleri hariç diğer özellikleri ile mümkün olduğu kadar benzer olmaktadır. Gözlem süresince, her beş gecenin kalitesi birbirinden oldukça değişiktir. Bazı durumlarda zayıf görüş ve gelip geçici bulutlardan dolayı gözlemler etkilenmiştir. Bu yüzden elde edilen verinin S/N (Sinyal/Noise – Sinyal/Gürültü) oranı 50 ila 7 arasında değişmektedir.

Çizelge 2.1. SV Cam ve XY UMa sistemleri ve standart yıldızları. Veriler Pojmanski (1998) ve Budding & Zeilik (1987)'den alınmıştır.

Parametreler	SV Cam	XY UMa	HD 42807	HD 24451
V	9 ^m .34	9 ^m .6	6 ^m .44	8 ^m .25
Tayf Türü	F5V + K0V	G0V + K5V	G2V	K4V
T ₀	2249350.3037	2449350.6726		
P _{dol} (gün)	0.59307155	0.47899824		
Tayf sayısı	85	69	1	1

2.1. SV Camelopardalis (HD 44982, BD +82 174, HIP 32015)

SV Cam (Camelopardalis) kısa dönemli RS CVn grubu çift sistemlerinin bir üyesidir. Yörünge dönemi $P \approx 0.59$ gün, tutulma dışında en büyük parlaklığı $V = 9^m.34$ ve tam tutulma gösteren bir çift sistemdir. SV Cam sisteminin bileşenlerinin tayfı Hilditch vd (1979) tarafından G2-3V ve K4V olarak tahmin edilmiştir. Daha sonra Na D çizgilerine dayalı bir inceleme yapan Popper (1996) birinci bileşen için geç G8V olarak tayf sınıfını belirlemiştir. Pojmański (1998) ise dikine hız eğrilerini kullanarak elde ettiği kütle oranı ile bileşenler için F5V ve K0V tayf değerlerini vermiştir.

Guthnick (1929) tarafından değişen bir yıldız olarak keşfedildiğinden bu yana SV Cam Wood (1946), Van Woerden (1957), Hilditch vd (1979), Patkos(1982) ve Albayrak vd (2001) tarafından gözlenmiştir. Işık eğrileri Zeilik vd (1988), Budding (1977), Budding ve Zeilik (1987), Djurasevic (1998) ve Albayrak vd (2001) tarafından leke modeli tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yazarlara göre yüksek enlemlerde bulunan, yıldız yüzeyinin önemli bir miktarını kaplayan karanlık bir leke yüzeyi kaplamaktadır ve dalga göçünden sorumludur. Leke 45° - 135° ve 225° - 315° boylamları aralığına düşmektedir. Bununla beraber Djurasevic (1998) iki lekenin gözlemlere uygulanmasının daha iyi sonuç vereceğini iddia etmiştir. Ayrıca üçüncü cisim etkisi nedeniyle ortaya çıkan ışık-zaman etkisi Albayrak vd (2001) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir.

SV Cam'ın hem görsel dalgaboyunda hem de x-ışın dalgaboyunda bir gözlem kampanyası Hempelmann vd (1997) tarafından gerçekleştirilmiştir. SV Cam'ın toplam x-ışın akısı tipik tek bir anakol yıldızının akısı ile hemen hemen aynıdır. Buna göre SV Cam çok etkin gözükmemektedir. Bu da RS CVn yıldızlarında iddia edildiğinin tersi bir durumdur. Hempelmann vd (1997) x-ışın ışık eğrisini modellediler ve iki tane taş bölgesinde salma olayı keşfettiler. Bunlardan birisi birinci bileşenin ışık küresi üzerinde, diğeri ise her iki bileşen arasında konumlanmıştır. Yaptıkları Doppler haritalama incelemesinde söz konusu lekenin birinci bileşen üzerinde 60° boylamında olduğu sonucuna varmışlardır. İkinci Doppler kaynağı da bulunan ikinci x-ışın kaynağı ile iyi bir bağlantı göstermiştir. Ayrıca, ikinci tutulma sırasında H_α soğurma çizgilerini gözleyerek ikinci bileşen üzerinde güçlü etkinlik kaynağına ait kanıtlar bulmuşlardır.

SV Cam'ın ilk dikine hız çalışması Hiltner (1953) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Lucy ve Sweeney (1971), Rainger vd (1991) ve Pojmański (1998) tarafından dikine hız çalışmaları yapılmıştır.

2.2. XY Ursae Majoris (HD 237786, BD +55° 1317, HIP 44998)

XY UMa (Ursae Majoris) RS CVn çift sistemleri içinde $P \approx 0.48$ gün ile en küçük döneme sahip sistemdir. Tutulmalar dışındaki en büyük parlaklığı $V = 9^m.6$ dir. Bileşenlerin tayf türleri Geyer (1980) tarafından birinci bileşen için G2-5V, ikinci bileşen için K5V olarak verilmiştir.

İlk defa Geyer ve Strohmeier (1955) tarafından örten değişen bir yıldız olarak not edilmiştir. Keşfedildiğinden bu yana bu sistemin görsel bölgede (Greyer 1980, Zeilik vd. 1982, Jassur 1986, Heckert ve Zeilik 1988, Qisheng vd 1989, Zeilik vd 1988, Lee 1993, Hilditch ve Bell 1994, Jeffries vd 1995, Collier Cameron ve Hilditch 1997, Erdem ve Güdür 1998, Pribulla vd 2001), radyo bölgede (Drake vd 1986, Morris ve Mutel 1988), kırmızı öte bölgede (Arévalo ve Lázaro 1990, Mitrou vd 1996), moröte bölgede (Greyer ve Hoffman 1981) ve x-ışın bölgesinde (Bedford ve Greyer 1986, Bedford vd 1990, Dempsey vd 1993) gözlemleri yapılmıştır.

XY UMa sisteminin tayfsal elemanları Rainger vd (1991), Pojmański ve Udalski (1997) ve Pojmański (1998) tarafından elde edilmiştir. Pojmański ve Udalski (1997) H_α çizgisi ile yaptıkları çalışmada geçici bir soğurma olayını gözlemişler ve sistem ile ortak dönme yapan bir bulutun varlığını öne sürmüşlerdir. Arévalo ve Lázaro (1999) birinci bileşenin dikine hızı üzerinde artık bir salma buldular ve bakışimsız H_α salmasının ikinci bileşenden kaynaklandığını varsaymışlardır.

2.3. Tayfsal Çıkarma Yöntemi ve Dikine Hız Eğrileri Çözümleri

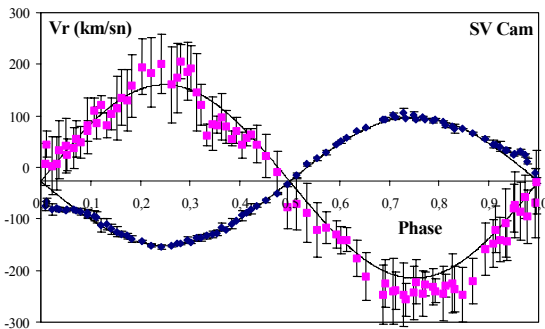
Renkküre etkinliğinden kaynaklanan tayfsal belirteçlerin izole edilerek yıldız etkinliğini çalışmak için kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem ile etkin olmayan yıldızların tayfaları kullanılarak, elde edilen sentetik tayfın gözlenen tayftan çıkarılması sağlanır. Böylelikle etkinliğin herhangi bir belirtisi, elde edilen artık tayfa salma veya soğurma olarak görülecektir. Bu çalışmada gerekli verilerin elde edilmesi için CORREL programı kullanılmıştır (Gunn, 1995). Her soğurma veya salma yapısının dikine hızları hesaplanmıştır. CORREL programı ayrıca her bileşene ait dikine hız değerlerini de vermektedir. Bu çalışmada dikine hız eğrileri elde edilirken $H\alpha$ ($\lambda 6562.81$), $H\beta$ ($\lambda 4861.34$), $Mg I$ ($\lambda\lambda 5167.33, 5172.70, 5183.62$), $Na I$ ($\lambda\lambda 5895.94, 5889.97$) çizgileri kullanılmıştır.

3. Sonuçlar

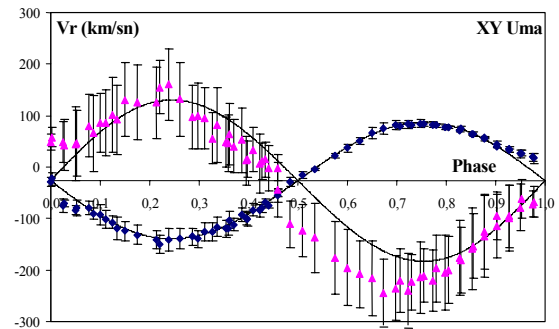
Her iki çift sistem içinde $EW_{H\alpha}/EW_{H\beta}$ oranı kullanılarak (Buzasi, 1989) her iki sistemin genel etkinlik düzeyinin plaj ve püskürmelerden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Edilen dikine hız eğrileri Şekil 1 ve Şekil 2 de, çözümleri Çizelge 1 de verilmiştir. Şekil 2 de görüldüğü gibi özellikle XY UMa sisteminin çevresinde madde vardır.

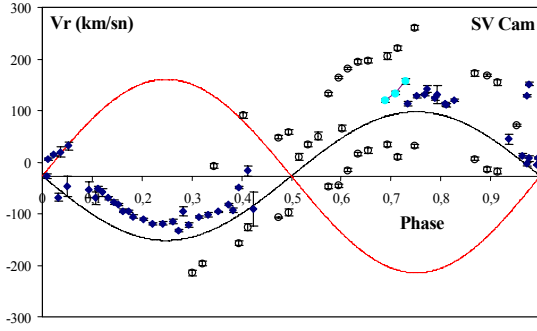
Şekil 3 ve Şekil 4 de ise her iki sistemde de var olan artık tayfların merkezi dalga boyları ölçülerek bu özelliklerin dikine hız eğrileri sistemlere ait olan dikine hız eğrilerinin üzerine yerleştirilerek gösterilmiştir. Her iki sistemde de salma ve soğurmalara neden olan madde birinci bileşenin dikine hız eğrisine uyumlu bir hareket sergilemektedirler. Ve gelen artık tayfın çoğu iki bileşen arasında bulunan bir ortamdan kaynaklanmaktadır.



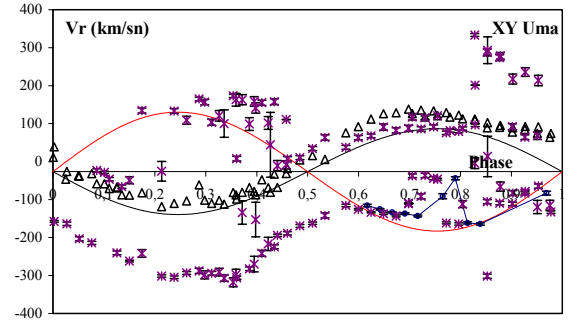
Şekil 1. SV Cam sisteminin dikine hız eğrisi



Şekil 2. XY Uma sisteminin dikine hız eğrisi.



Şekil 3. Artık tayflardan ölçülmüş salma (içi dolu daireler) ve soğurma (içi boş daireler) yapılarının dikine hız değerleri .



Şekil 4. Artık tayflardan ölçülen tüm yapılar XY UMa için salma şeklindedir. Aynı evrede ölçülen birden fazla artık yapıları farklı sembollerle gösterilmiştir.

Çizelge 1. Dikine hız eğrilerinden elde edilen değerler

	SV Cam	XY UMa
T_0	2451221.4556270	2451221.1680027
	± 0.0000005	± 0.0000005
P (gün)	0.59307155 ¹	0.47899824 ²
i (°)	89.5 ³	80.86 ²
V_0 (km s⁻¹)	-27.25 \pm 0.05	-26.40 \pm 0.05
K_1 (km s⁻¹)	-124.70 \pm 1.00	-113.09 \pm 2.00
K_2 (km s⁻¹)	187.57 \pm 10.00	156.60 \pm 20.00
E	0	0.0151 \pm 0.0005
w (°)	90	90
q	0.66	0.72
a (R_☉)	3.66	2.58
a₁ (R_☉)	1.46	1.08
a₂ (R_☉)	2.20	1.50
m₁ (M_☉)	1.12	0.59
m₂ (M_☉)	0.75	0.42
1. Bileşen	F7V	K8V
2. Bileşen	K3V	M2-3V

¹ Hilditch 1979

² Pribulla 2001

³ Djurašević 1998

Kaynaklar:

- Albayrak, B., Demircan, O., Djuraušević, G. Ekapic, A., Ak, H. 2001, A&A, 376, 158
Arévalo, M.J., Lázaro, C. 1999, AJ, 118, 1015-1033
Arévalo, M.J., Lázaro, C. 1990, AJ, 99, 983
Baranne, A., Queloz, D., Mayor, M., et al. 1996, A&AS, 199, 373
Bedford, D.K., Greyer, E.H. 1986, Mitteil. Astron. Gesellschaft, 67, 305
Bedford, D.K., Jeffries, R.D., Greyer, E.H., Vilhu, O. 1990, MNRAS 243, 557
Budding, E. & Zeilik, M. 1987, ApJ, 319, 827
Budding, E. 1977, Ap.Space Sci., 48, 207
Buzasi, D.L., Ramsey, L.W., Huenemoerder, D.P. 1987, ApJ, 322; 353.
Byrne, P.B., Eibe, M.T., Rolleston, W.R.J. 1996, A&A, 311, 651B
Collier Cameron, A., Duncan, D.K., Ehrenfreund, P., Foing, B.H., Kuntz, K.D., Penston, M.V., Robinson, R.D., Soderblom, D.R. 1990, MNRAS, 247, 415-438
Collier Cameron, A., Hilditch, R.W. 1997, MNRAS, 287, 567
Dempsey, R.C., Linsky, J.L., Fleming, T.A., Schmitt, J.H.M.M. 1993, ApJSS, 86, 599
Djuraušević, G. 1998, A&ASS, 127, 233-242
Doyle, J. G., Collier Cameron, A. 1990, MNRAS, 244, 291
Drake, S.A., Simon, T., Linsky, J.L. 1986, AJ, 91, 1229
Erdem, A., Güdür, N., 1998, A&ASS, 127, 257-267
Greyer E.H., Hoffmann, M. 1981, Mitteil. Astron. Gesellschaft, 52, 70
Greyer, E.H. 1980, in Close Binary Stars: Observations and Interpretations, Plavec J.M., Papper D.M., Ulrich R.K. (eds.) p.423
Greyer, E.H., Kippenhahn, R., Strohmeier, W. 1955, Kleine Veröffentl. RemeisSternwarteBamberg, No. 9
Gunn A.G., Doyle, J.G., Houdebine, E.R. 1997, A&A, 319, 211-224
Gunn, A.G. 1995, Ph.D. Thesis, Queen's University of Belfast
Gunn, A.G., Doyle, J.G. 1997, A&A, 318, 60
Guthnick, P. 1929. Neue Veränderliche. AN., 235; 83.
Hall D.S. 1976, in Fitch W.S., ed., Multiple Periodic Variable Stars, IAU Coll., 29. Reidel: Dordrecht, p.287
Hall, J.C., Huenemoerder D.P., Ramsey L.W., Buzasi D.L. 1990, ApJ, 358, 610
Hall, J.C., Ramsey, L.W. 1992, A&A, 318, 60
Heckert, P., Zeilik, M. 1988, IAU IBVS No.304
Hempelmann, A., Hatzes, A.P., Kurster, M., Patkos, L. 1997, A&A, 317,125-139
Hilditch R. W., Bell S. A. 1994, MNRAS, 267, 1081
Hilditch R. W., Harland D. M., McLean B.J. 1979, MNRAS, 187,797
Houdebine, E.R., Foing, B.H., Rodono, M. 1990,A&A, 238, 249
Jassur, D.M.Z. 1986, ApJ&SS, 128, 369
Jeffries, R.D., Collins, C., Elliot, K.H., Pittard, J.M., Taylor, S.B. 1995, IAU IBVS No.4277
Lee, W., 1993, ASP Conference Series, Vol. 38; 334 - 336.
Lucy, L.B., Sweeney, M.A. 1971, AJ, 76, 544L.
Mitrou, C.K., Doyle, J.G., Mathioudakis, M., Antonopoulou, E. 1996, A&AS, 115, 61
Morris, D.H., Mutel R.L. 1988, AJ, 95, 204
Mullan, D.J., Sion, E.M., Bruhweiler, F.C., Carpenter, K.G. 1989, ApJ, 339, L33-36.
Patkos, L. 1982, Comm. Konkoly Obs., No. 80
Pojmański, G. 1998, Acta Astr., 48,711-727
Pojmański, G., Udalski, A. 1997, Acta Astron., 47, 451
Popper, D.M. 1996, ApJS, 106; 133-141.
Pribulla, T., Chochol, D., Heckert, P.A., et al. 2001, A&A, 371, 997
Qisheng, L., Xiaoyu, Z., Rhongxian, Z. 1989, IAU IBVS No.3374
Rainger, P.P., Hilditch, R.W., Edwin, R.P. 1991, MNRAS, 248, 168
Van Woerden, H. 1957, Ann.Sterrew. Leiden, 21; 3.
Wood, F.B. 1946, Princeton Obs. Control, No.21
Zeilik M., Batuski, D., Elston, R., Schmolke, P., Smith, P. 1982, IAU IBVS No.2169
Zeilik, M., De Blasi, C., Rhodes, M., Budding, E. 1988, ApJ, 332, 293-298