

RS CVn TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT MM HERCULIS'İN 33 YILLIK AKTİVİTE SERÜVENİ

Günay TAŞ¹, Orkun ÖZDARCAN¹

¹Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova – İZMİR
(eposta: gunay.tas@ege.edu.tr; orkun.ozdarcen@ege.edu.tr)

Özet: MM Her RS CVn türünün karakteristiklerinin ortaya koyulmasında yararlanılan türün ilk üyelerindendir. İlk keşfedildiği günden bugüne kadar süren çok renkte fotometrik gözlemleri, aktif yıldız türlerinin kısa dönemli olduğu kadar uzun dönemli aktivite doğasına da ışık tutmaya başlamıştır. Bu çalışmada 1976 - 2009 tarihleri arasındaki 33 yıla yayılan fotometrik gözlemlerle görülmüştür ki sistemin K0 IV tayf türünden soğuk bileşeni üzerine yerleşen aktivite yapıları nedeniyle ışık ve renk eğrileri, ışık eğrisi genlik değişimleri yaklaşık ortalama 23 yıllık bir manyetik çevrim ve ortalama 8 yıllık bir aktivite çevrimi göstererek yıllar içinde değişmiştir. MM Her'in uzun dönemli renk değişimleri, aktif yıldız üzerinde yalnız lekelerin değil, faküla benzeri parlak ve sıcak aktivite yapılarının varlığını da ortaya koymuştur.

1. Giriş: MM Her RS CVn türü örten bir çift sistemdir. RS CVn sınıfının karakteristiklerinin ortaya koyulmasında yararlanılmış ilk sistemlerdendir (örn. Popper 1976). Çift çizgili tayfsal bir çifttir. Sistem G2 V tayf türünden sıcak ve K0 IV tayf türünden aktif, soğuk bir bileşenden oluşmuştur (Taş et al. 2001). Değişik zamanlarda yapılan dikine hız çalışmalarıyla bileşenlere ilişkin salt parametrelerin çözümüne gidilmeye çalışılmıştır (Imbert 2002, Taş et al. 2001). Aktivitenin varlığının en önemli göstergelerinden olan Ca II H, K, H α salmaları pek çok çalışmanın konusu olmuştur (örn. Fernandez-Figueroa et al. 1994; Montes et al. 1997; Taş et al. 2001).

MM Her fotometrik olarak ilk Tsesevich (1954) tarafından gözlemlendi. Işık eğrisinde tutulmalardışı dalga benzeri bozulmanın varlığı ise ilk Hall et al. (1977) tarafından belirlendi. MM Her fotometrik olarak aralıklı ama her seferinde oldukça kapsamlı çalışılmış bir sistemdir (örn. Sowell et al. 1983; Evren 1985, 1987a, 1987b; Heckert and Ordway 1995; Taş et al. 1999). Bu çalışmalar aktif bileşen üzerinde yaklaşık 7.5, 3.5 ve 6 yıl gibi farklı dönemlerle hareket eden aktivite bölgelerinin varlığından bahseder. MM Her'in belki de en çarpıcı fotometrik özelliklerinden biri faküler yapıların varlığına işaret ettiğine inanılan, ışık değişiminin minimum olduğu evrede B-V renginin mavileşmesidir (Evren and Taş 1999, Taş et al. 1999).

MM Her de diğer RS CVn sistemleri gibi X-ışınlarından radyoya kadar geniş bir dalgaboyu aralığında gözlenmiştir. MM Her'in aynı zamanda Algol türü ışık değişimine sahip ayrık bir örten çift olması onu aktivite - çift olma - evrim ilişkisi tartışmaları açısından değerli bir bilgi hazinesi yapar (örn. Welty and Ramsey 1995, Singh et al. 1996).

Son dönemde çok sayıda gökyüzü taraması ve uydu çalışması ile pek çok yeni aktif yıldızın keşfi, aktif sınıfının ilk üyeleri arasında yer alan yıldızlara ilişkin çalışmaların azalmasına neden oldu. Ancak toplanan verisi uzun bir zaman aralığına yayılan çok fazla yıldız olmadığı düşünülürse, aktif yıldız sınıfının ilk üyelerinin gözlemlerinin devam etmesinin önemi ortaya çıkar. Bu çalışmada MM Her'in 2000 ile 2009 yılları arasındaki yeni fotometrik gözlemleri, literatürden derlenen verilerle birlikte yıldızın kısa ve uzun dönemli aktivite doğasını tartışmakta kullanıldı.

2. Gözlemler: Gözlemler, Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin (EUG) 48 cm teleskobuna bağlı SSP-5 (2000 – 2002 yılları arasında) ve high speed three channel photometer (2003 – 2009 yılları arasında) ile yapıldı. 2000 yılı hariç tüm gözlemlerde UBVR filtreleri kullanıldı. Gözlemlerde kullanılan mukayese ve denet yıldızları sırasıyla BD +21° 3274 ve BD +22° 3250'dir. MM Her 18 arcsec uzaktaki görsel bileşeniyle [(V, B-V, U-B) = (13.5, +0.57, 0.00) mag] (Eggen 1978) birlikte gözlenmiştir. Gözlem yapılan teleskop ve alıcılar 13.5 mag'lık bir yıldız ışığına duyarlı olmadığı için optik bileşenin etkisini ihmal ettik.

MM Her'in dönemi günün katlarına yakındır, ve nispeten uzun dönemli bir yıldızdır, bu yüzden gökyüzünde bulunduğu süre içinde tüm evrelerde gözlem noktası elde etmek zordur. Taş ve Evren (2012)'den alınan aşağıdaki yeni ışık eğrileri, ışık eğrilerinin evrelerini hesaplamakta kullanıldı:

$$\text{HJD (Min I)} = 24\,53575.4282\,(17) + 7^d.960317\,(2) \times E \dots (1)$$

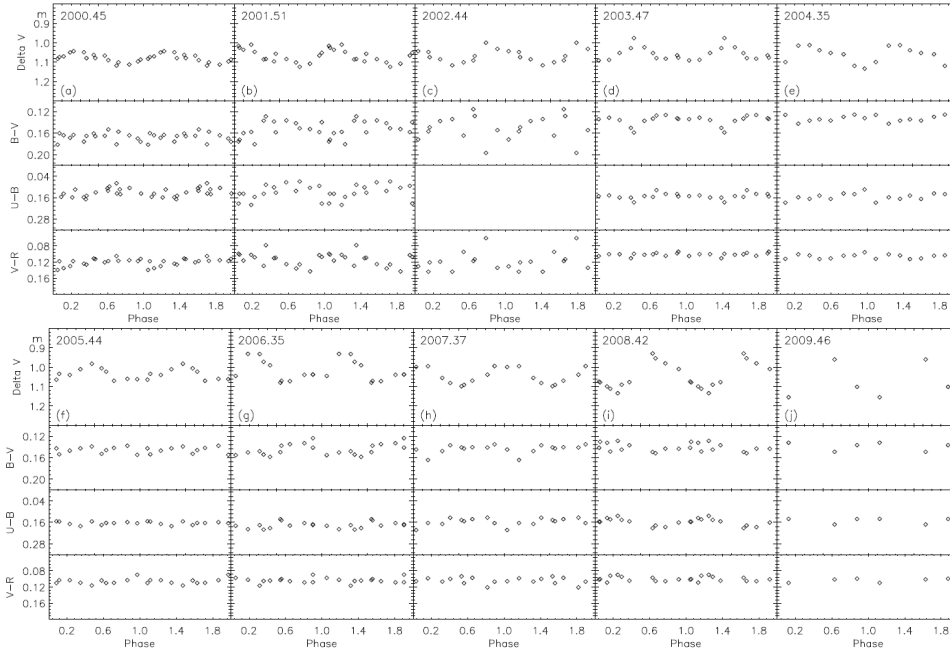
Çizelge 1. 1976 – 2009 yılları arasında yapılan gözlemlerin tutulmalardışı, sezonluk değişimlerinin Fourier katsayılarıyla temsiliyle elde edilen fotometrik ve aktivite parametreleri.

	Yıl	HJD (2400000+)	V(Max) (mag)	V(Min) (mag)	V(Ort.) (mag)	U-B (mag)	B-V (mag)	V-R (mag)	Genlik (mag)	Sp1	Sp2	Sp3	Ref.
1	2009.46	55001.1483	0.947	1.164	1.095	0.146	0.137	0.104	0.217	0.06	-	-	(e)
2	2008.42	54620.8642	0.943	1.122	1.050	0.159	0.140	0.102	0.179	0.19	0.30	0.80	(e)
3	2007.37	54239.5303	0.989	1.096	1.047	0.160	0.145	0.104	0.107	0.48	0.48	0.98	(e)
4	2006.35	53866.8641	0.921	1.076	1.022	0.172	0.145	0.103	0.155	0.75	0.03	0.54	(e)
5	2005.44	53533.2420	0.982	1.073	1.040	0.164	0.146	0.105	0.091	0.93	0.24	0.73	(e)
6	2004.35	53135.2319	1.006	1.136	1.075	0.147	0.133	0.105	0.130	0.92	0.50	1.00	(e)
7	2003.47	52815.7954	1.002	1.092	1.063	0.150	0.134	0.101	0.091	0.18	0.18	0.68	(e)
8	2002.44	52436.5559	1.006	1.127	1.067	-	0.151	-	0.122	0.42	0.04	0.54	(e)
9	2001.51	52100.1941	1.009	1.120	1.071	0.129	0.150	0.115	0.111	0.65	0.34	0.84	(e)
10	2000.45	51712.0854	1.051	1.109	1.081	0.138	0.165	0.118	0.058	0.78	0.40	0.89	(e)
11	1999.50	51365.3336	1.021	1.073	1.049	-	0.162	-	0.051	0.01	0.01	0.52	(d)
12	1998.52	51006.3403	1.031	1.061	1.041	-	0.160	-	0.030	0.09	0.09	0.59	(d)
13	1997.62	50679.2714	1.012	1.108	1.055	-	0.167	-	0.096	0.14	0.26	0.26	(d)
14	1985.56	46272.7481	1.004	1.156	1.073	-	0.138	-	0.152	0.34	0.41	0.41	(b)
15	1984.50	45886.2476	1.009	1.141	1.072	-	0.140	-	0.133	0.49	0.55	0.55	(b)
16	1983.55	45537.8299	1.011	1.127	1.065	-	0.144	-	0.116	0.72	0.40	0.90	(a)
17	1980.24	44326.8994	0.993	1.108	1.048	-	0.174	-	0.115	0.35	0.26	0.26	(c)
18	1980.57	44448.6116	1.013	1.091	1.036	-	0.171	-	0.078	0.25	0.25	0.25	(c)
19	1980.56	44445.4381	0.982	1.073	1.003	-	0.160	-	0.091	-	-	-	(a)
20	1979.42	44030.7783	0.921	0.980	0.943	-	0.178	-	0.058	0.78	0.28	0.77	(a)
21	1979.48	44052.8696	0.835	1.047	0.984	-	0.159	-	0.211	0.83	0.16	0.65	(a)
22	1979.70	44133.1205	-	-	-	-	-	-	0.011	0.92	0.45	0.95	(c)
23	1978.41	43658.9501	0.993	1.087	1.053	-	0.167	-	0.094	0.67	0.43	0.93	(c)
24	1977.56	43349.1343	1.012	1.140	1.053	-	0.165	-	0.128	0.72	0.16	0.67	(c)
25	1977.40	43292.6778	-	-	-	-	-	-	0.147	0.74	0.21	0.72	(c)
26	1976.57	42987.3821	1.032	1.103	1.064	-	0.184	-	0.072	0.77	0.31	0.82	(c)

(a) Evren (1985) ; (b) Evren (1987a); (c) Sowell et al. (1983); (d) Taş et al. (1999); (e) Bu çalışma

3. Işık Eğrilerindeki Tutulmalardışı Dalga Benzeri Bozulmalar: Tutulmalardışı ışık değişimini inceleyebilmek için öncelikle tüm ışık eğrisi elde edilebilen yıllar için tutulmaya ilişkin gözlem noktaları atıldı. Bunun için, 1998 ile 2009 arasındaki her gözlem sezonu için tutulmaların olduğu evreler ışık eğrilerinden temizlendi. Bunun için minimumlardan 0^p.027 evre (Evren 1985) kadar öncesi ve sonrası ışık eğrilerinden çıkarıldı. Her gözlem sezonu için tutulmalardışı evrelere en küçük kareler yöntemi uygulayarak, aktivite kökenli dalga benzeri bozulmayı temsil eden çakışma (temsil) için Fourier katsayıları belirlendi. Tüm bu işlemler için yalnız V süzgecindeki gözlemler kullanıldı. Bu çalışmada sunulan yeni fotometrik gözlemlerin dışında daha önce yayımlanmış veriler Sowell et al. (1983), Evren (1985) ve Taş et al. (1999)'dan alındı. Sistemin ışık eğrilerinin yüzeyinde birden fazla aktif bölgenin varlığına işaret edecek

şekilde tek leke minimumlu ya da genellikle asimetrik olma durumu gözönüne alınarak her bir veri grubu iki terimli Fourier katsayıları kullanılarak temsil edildi. Her bir ışık eğrisi bu şekilde en iyi biçimde temsil edildikten sonra bu kuramsal eğriler üzerinden leke minimum evreleri, genlikler, maksimum ve minimum parlaklıklar belirlendi. Sowell et al. (1983)'den alınan ortalama 1977.40 ve 1979.70 gözlem sezonlarında yapılan gözlemlerde farklı mukayeseler kullanıldığı için diferansiyel parlaklıklar farklıdır. Bu iki gözlem sezonu uzun dönemli parlaklık değerlendirmelerine katılmadılar, ama leke minimum evreleri ve genlikleri ilgili tartışmalar içine alındılar. Tüm bu veriler her bir gözlem sezonuna ilişkin hesaplanan ortalama parlaklık ve renk değerleriyle birlikte Çizelge 1'de listelendi.

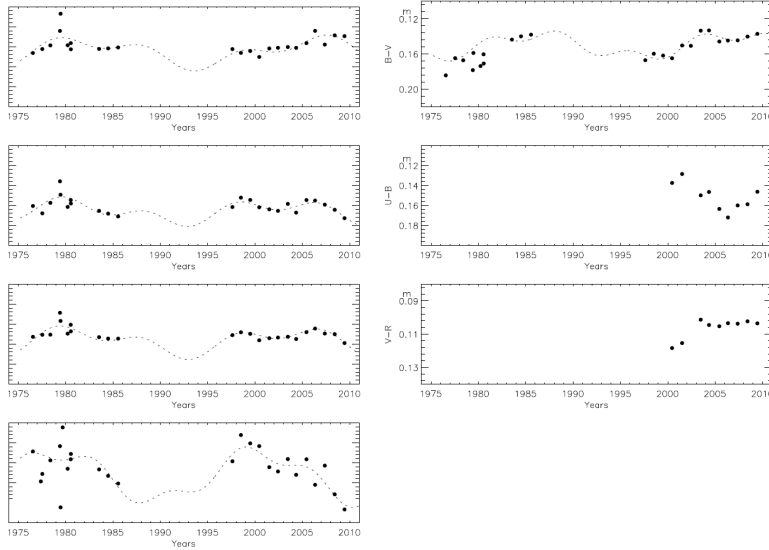


Şekil 1. 2000 – 2009 yılları arası elde edilen ışık ve renk eğrilerinin sezonluk değişimleri.

Sistemin ışık eğrisinin bir gözlem sezonunda bile hızlı değişimler geçirdiği gözlem sezonları, birden fazla gruba ayrılarak incelendi (1980 yılı gibi). Bu tür gözlem yılları istisnadır. 1977 ile 1999 arası ışık eğrileri burada verilen ilgili literatürde bulunabilir. Bu yüzden, bu burada yalnız, ilk olarak bu çalışmada sunulan 2000 ile 2009 yılları arasına ait ışık ve renk eğrilerine yer verildi ve Şekil 1'de evreye karşı noktalanarak gösterildi. Şekil 1'te üst panel ışık, alt panel ise üstten alta doğru U-B, B-V ve V-R renk eğrilerini gösteriyor. Şekil 1'den de görüleceği gibi U-B saçılmalı olmasına rağmen B-V'ye benzer bir şekilde, leke minimum evresinde parlaklık sönerken mavileşiyor görünmektedir. V-R ise tamamen soğuk aktivite yapılarına karşılık verecek şekilde kırmızılaşmaktadır. Ayrıca soğuk bileşen üzerindeki aktivite yapılarının evriminin sistemin parlaklık ve renk düzeyine etkisi, değişim genliklerinin ve leke minimum evrelerinin farklı gözlem sezonlarında değiştiği de Şekil 1'de farklı gözlem sezonlarına ilişkin arka arkaya gelen ışık ve renk eğrilerinin incelenmesiyle kolaylıkla farkedilir.

MM Her'in fotometrik parametrelerinin uzun dönemli değişimini daha iyi gösterebilmek için Çizelge 1'de listelenen yıllık parlaklık ve renk ortalamaları Şekil 2'de noktalanmıştır. Şekil 2'de sol panelde üstten alta doğru maksimum, minimum ve ortalama V parlaklığının yıllık ortalamalarının yıllara göre değişimi gösterilmektedir. Sağ panelde ise üstten alta doğru U-B, B-V, ve V-R renklerinin yıllık ortalamalarının değişimi gösterilmektedir. Parlaklık ve renklerin uzun dönemli değişimleri karşılaştırıldığında U-B

ile B-V renklerinin yıldız global olarak sönerken mavileştiği görülür. V-R'nin değişimi ise daha belirsiz olmakla beraber aynı zaman aralığında kırmızılaşmaktadır.



Şekil 2. Maksimum, minimum, ortalama ışık ve U-B, B-V, V-R renk eğrilerinin yıllar içindeki değişimi olası değişim dönemlerini veren fitlerle beraber gösterilmiştir.

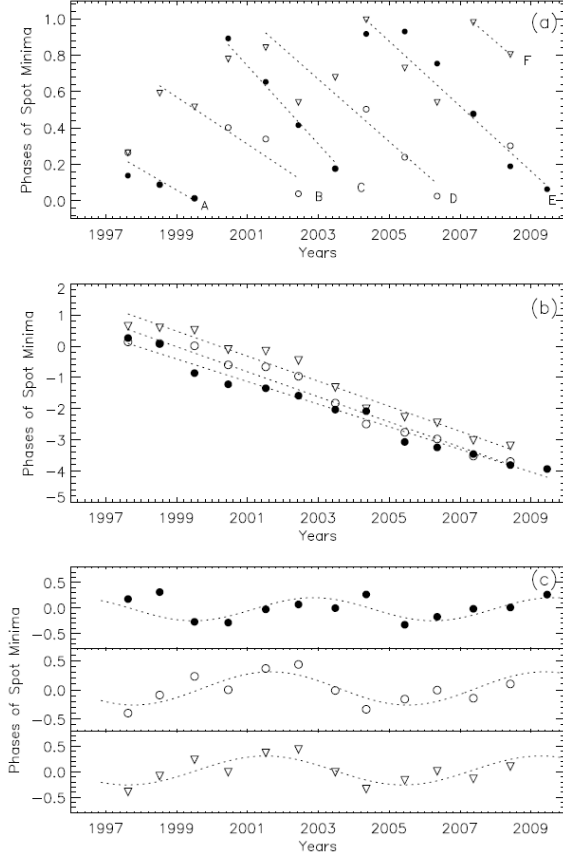
B'de net bir şekilde 2001'de başlayan ve 2006'da en kırmızı olduğu noktaya ulaşan bir kırmızılaşma ve sonra 2009'a kadar süren bir mavileşme görülmektedir. Buradan en az 8 yıl dönemi olan bir U-B değişiminin varlığı net olarak kendini göstermektedir. V-R'de ise daha belirsiz olmakla beraber U-B ile tamamen ters yönlü bir değişim olduğu görülür. B-V ise V parlaklığı ile zıt yönlü bir değişime sahiptir ve bu, uzun dönemli değişimde baskın etkinin sıcak aktivite yapılarından kaynaklanma olasılığının kuvvetli olduğuna işaret eder. Ancak $(B-V)_{\text{ort}}$ 'nin yıllar içindeki değişim genliği ve biçiminin diğer iki renkle karşılaştırılmasından, $(B-V)_{\text{ort}}$ 'ye hem sıcak hem de soğuk her iki aktivite yapılarının etki ettiği farkedilir; adeta V-R ve U-B'ye etki eden özelliklerin bileşke görüntüsünü bize sunar.

Şekil 2'de genliklerin yıllara göre değişimi noktalanmıştır. Genliğin yıllara göre değişimi ile renk ve parlaklık değişimi arasında doğrudan bir ilişki bulunamamıştır. Ancak uzun dönemli genlik değişiminin de renk ve parlaklık değişimi için bulunanlara benzer olarak yaklaşık 21.4 ve 7.6 yıllık iki dönemle temsil edilebildiği görülmüştür.

Her bir gözlem sezonuna ait tutulmalardışı ışık değişimi yukarıda ifade edildiği gibi Fourier dönüşüm katsayıları kullanılarak oluşturuldu. Işık eğrileri genellikle asimetrik biçime sahip olduğu için birbirine yakın lekelerden oluşan leke gruplarının etkilerini gördüğümüzü varsaydık. Bir tek ve bir çift minimumlu iki kuramsal eğrinin toplamıyla gözlenen ışık değişimini oldukça iyi bir şekilde temsil edebildik. Dolayısıyla bu kuramsal eğrilerdeki her bir minimum parlaklığa neden olan bir leke bölgesi var kabulüyle leke minimum evrelerini belirledik. Çizelge 1'de bu üç leke grubuna karşılık gelen evreler Sp1, Sp2 ve Sp3 olarak isimlendirildi ve Şekil 3'de yıllara göre noktalandı. Maalesef 1985 ile 1997 yılları arasında yıldızın hiçbir gözleminin olmaması detaylı bir tartışmaya olanak vermez. Sistemin 1997'den itibaren 12 yıl boyunca aynı gözlemesinde aynı gözlemciler tarafından gözlenmiş olması bu çalışmada son yıllara daha ağırlık verilmesine neden oldu. Şekil 3a'da 1997 ile 2009 yılları arasında belirlenen leke minimum evrelerinin yıllara göre değişimi görülüyor. Işık eğrisinde leke bölgelerinin azalan evrelere doğru kaydığı farkedilir. Bu kaymanın bittiği yılı takiben hemen büyük evrelerde yeni bir grup ortaya çıkar, sonra o da azalan evrelere doğru kaymaya başlar. Bu güneş benzeri dinamonun

Diğer yandan hem renkler hem de parlaklıklar belli bir dönemle değişiyor görülmektedir. PERIOD04 dönem analiz programını kullanarak olası değişimin dönemi araştırıldı, en iyi çakışmaya iki dönemli temsillerle ulaşıldı. Parlaklıklardan ortalama 22.4 ve 9.5 yıllık, B-V renginden ise yaklaşık 21.4 ve 7.5 yıllık dönemler bulundu. U ve R gözlemleri uzun dönemli değişimi ifade etmek için yeterli olmadığı için herhangi bir dönem araştırmasında yararlanılmadı. Ancak U-

varlığının göstergesidir. Eğer çevrimler ekleterek bu evreleri alt alta çizdirirsek Şekil 5b'deki gibi bir leke grubunun bir aktif boylam içindeki yaşam süresini buluruz. Burada bu 2.6 ± 0.4 yıl olarak hesaplandı. Temsilden farklar Şekil 3c'den görüleceği üzere belli bir çevrimli değişim sergilemektedir. Dönem analizi ile buradan yıldızın manyetik aktivite çevrimi 7.8 ± 0.7 yıl olarak hesaplandı.



Şekil 3. MM Her'in yıllar içindeki leke minimum evrelerinin değişimi. (a) 1997 ile 2009 yılları arasında MM Her'in leke gruplarının boylamsal hareketi. Kesikli dikey çizgilerle temsil edildiler. Farklı semboller farklı leke gruplarını gösteriyor; içi dolu ve boş olan daireler Sp1 ve Sp2'yi, üçgenler ise Sp3'ü gösteriyor. (b) Leke minimum evrelerinin yıllar içinde boylamsal kayması çevrim eklenerek gösterildi. Her bir grup kesikli çizgilerle temsil edildi. (c) Şeki 5b'deki temsillerden farklar.

4. Tartışma ve Sonuç

Uzun zamandır ihmal edilmiş bir sistem olan MM Her son on yıllık fotometrisi ile aktivite doğasına ilişkin bazı ipuçları vermiştir. B-V rengi ve parlaklık arasındaki zıt evreli ilişkinin her gözlem sezonunda tekrarlandığı ve U-B renginde daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu tür zıt yönlü renk-parlaklık ilişkilerine, MM Her'de, fakula benzeri parlak fotosferik yapıların kaynaklık edebileceği Taş et al. (1999) tarafından tartışılmıştır. V-R rengi ise V parlaklığıyla aynı yönlü değişim gösterir. Bu ilişkiler MM Her'in uzun dönemli renk – parlaklık değişimleri için de benzer olarak bulunmuştur. Radick et al. (1998) genç yıldızların uzun dönemli değişimi üzerine yıldız lekeleri baskınken, Güneş gibi yaşlı yıldızlarda fakülaların baskın olduğunu ifade etmiştir. Bu değişim Skumanich (1972)'in aktivite – yaş arasında verdiği ters kare yasasına göre $1M_{\odot}$ kütleli yıldızlar için $1-2 \times 10^9$ yıllık bir yaşta ortaya çıkar. MM Her durumunda sıcak, parlak aktivite yapılarının varlığına ilişkin kanıtlar yukarıda ifade edilen şekilde renklerden gelmektedir. MM Her, $\log t = 9.599$ (~ 4 milyar yıl)'lık bir yaştadır. Küçük kütleli tek anakol yıldızları için dönme, yaştan büyümesiyle yavaşlamasına rağmen, etkileşen çiftlerde

dönme hızı, yaştan ziyade birincil belirleyicinin yıldız aktivitesi olduğu kanıtlanmıştır (Barrado et al. 1994).

Yıldızın uzun dönemli değişimi iki dönemle temsil edilebilmiştir. Bunlardan uzun olanı yaklaşık 21 yıl civarındadır. O-C'den bulunan manyetik aktiviteye atfedilen 23 yıllık dönem ile ışık, renk ve genliklerin uzun dönemli değişiminden hesaplanan bu ortalama 21 yıllık dönem birbirine benzemektedir ve değişimin nedeninin manyetik aktivite olduğunu desteklemektedir.

Parlaklık, renk ve genlik değişimlerine karşılık bulunan yaklaşık 9.5 ve 7.5 yıllık ikinci dönemlerle leke minimum evrelerinin değişiminden bulunan yaklaşık 6.5 yıllık dönem birbirinden biraz farklıdır. Aktivite kökenli olan bu değişimlerin benzer dönemler vermesini beklemek mantıklı olurdu. Ancak farklı sıcaklık ve ömürlere sahip aktivite yapılarından kaynaklanan değişimlerin etkisinin bileşkesi farklı filtrelerde kendini değişik ağırlıklarda belli eder. Diğer yandan, fakülaların lekelerden önce ortaya çıkıp lekelerin habercisi olduğunu Güneş gözlemlerinden biliyoruz. Lekeler kaybolduktan sonra da

faküler bölgeler bir süre daha varlıklarını korurular. Dolayısıyla bu tür etkiler, parlaklık ve renklerde farklı aktivite yapılarının kendini daha belirgin ve/veya uzun süreyle göstermesini etkiler. Özellikle genlik değişimleri aktivite yapılarının kapladığı alan ve sıcaklık kadar yıldızın eğikliğine ve lekelerin olduğu enlemin değerine çok bağlıdır. Tüm bu kombinasyonlar değişik parametrelerle farklı aktivite yapılarının evrimine ilişkin farklı dönemler bulmamıza neden olabilir. Bir diğer neden leke modellemesi için verinin yeterliliği ya da kullanılan yöntemlerin farklılığı olabilir. Örneğin Sowell et al. (1983) 7.5 yıl, Evren (1985) 3.5 yıl, Taş et al. (1999) 5.9 yıl gibi farklı dönemlerle yıldız yüzeyinde hareket eden aktivite bölgelerinin varlığını ifade eder. Catalano et al. (1998), Gondoin (2008) leke kadar fakülaları da hesaba katan leke modelleri üzerinde çalıştılar. Ancak henüz çeşitli aktivite yapılarının, fotometrik olarak yıldız ışığının değişiminin görünürlüğüne etki eden çok sayıda parametreyi gözönüne alma olasılığı veren leke modelleme programları üretilmemiştir. Geri tür yıldızların aktivite doğasını aydınlatmakta en önemli gereksinim ise uzun zaman aralığına yayılmış çok renk kesiksiz gözlem verisi elde etmektir. Özellikle MM Her gibi aktif yıldız türünün ilk üyesi olmaktan dolayı yaklaşık 33 yıla yayılmış gözlemleri bulunan aktif yıldızların gözlemlerinin sürmesi ayrı bir öneme sahiptir.

5. Kaynaklar

- Barrado, D., Fernandez-Figueroa, M. J., Montesinos, B., de Castro, E.: 1994, AA 290, 137
Eggen, O. J.: 1978, IBVS No. 1426
Evren, S., Taş, G.: 1999, IBVS No. 4687
Evren, S.: 1985, ApSS 108, 113
Evren, S.: 1987a, ApSS 137, 151
Evren, S.: 1987b, ApSS 137, 357
Fernandez-Figueroa, M. J., Montes, D., de Castro, E., Cornide, M.: 1994, ApJS 90, 433
Hall, D. S., Henry, G. W., Burke, E. W., Jr., Mullins, J. L.: 1977, IBVS No. 1311
Heckert, P. A., Ordway, J. I.: 1995, AJ 109, 2169
Imbert, M.: 2002, AA 387, 850
Montes, D., Fernandez-Figueroa, M. J., de Castro, E., Sanz-Forcada, J.: 1997, AASS 125, 263
Popper, D. M.: 1976, IBVS No. 1083
Radick, R. R., Lockwood, G. W., Skiff, B. A., Baliunas, S. L.: 1998, ApJSS 118, 239
Singh, K. P., Drake, S. A., White, N. E.: 1996, AJ 111, 2415
Skumanich, A.: 1972, ApJ 171, 565
Sowell, J. R., Hall, D. S., Henry, G. W., Burke, E. W., Jr., Milone, E. F.: 1983, ApSS 90, 421
Taş, G., Evren, S., İbanoğlu, C.: 1999, AA 349, 546
Taş, G., Evren, S., Marino, G., Frasca, A., İbanoğlu, C., Catalano, S.: 2001, AA 376, 966
Taş, G., Evren, S., 2012, baskıda
Tsesevich, V. P.: 1954, Odessa Izv. 4, Part 2, 116
Welty, A. D., Ramsey, L. W.: 1995, AJ 109, 2187