

GENÇ YILDIZLARDA YÜZEY MANYETİK AKTİVİTESİ VE EVİRİM İLİŞKİSİ

Orkun ÖZDARCAN*, Günay TAŞ*

*Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova, İzmir
e-posta: orkun@mail.ege.edu.tr, gunay.tas@ege.edu.tr

Özet

Yüzey manyetik aktivitesine ilişkin belirteçler incelendiğinde genç yıldızların yüksek aktivite düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Yaş, dönme hızını ve dolayısıyla dinamoyla üretilen yüzey manyetik aktivitesini belirleyen kilit parametrelerdendir. Geri tür yıldızların yaş – dönme hızı – yüzey manyetik aktivitesi arasındaki ilişkiyi incelemek üzere Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde başlatılan proje kapsamındaki yıldızlardan biri olan V383 Lac üzerine yapılan kapsamlı çalışma burada sunulmuştur. ROSAT uydusu tarafından uç moröte kaynağı olarak keşfedilen V383 Lac, K1 tayf türünden tek anakol yıldızdır. Yerel grup üyesi olan ve çok yüksek dönme hızına sahip bu yıldız, E.Ü. Gözlemevi'nin 48 cm, 35 cm ve 30 cm çaplı teleskoplarıyla geniş band süzgeçlerle 2003 – 2008 yılları arasında gözlenmiştir. 5 yıllık gözlem aralığına yayılan veriler kullanılarak yıldızın fotometrik dönem analizi yapılmış ve 2.4045 günlük fotometrik döneme ulaşılmıştır. Yaklaşık 9 yıllık bir uzun dönemli aktivite çevriminin varlığına ilişkin kanıt bulunmuştur. V parlaklığı ve renklerin aynı biçimde değiştiği belirlenmiştir. Gözlem sezonları boyunca ışık eğrisinin biçiminin, genliğini ve dalga minimum evrelerinin değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar: V383 Lac – Yıldızlar: dönme – aktivite – evrim

Abstract

It is realized that young stars have higher activity levels when their activity indicators compared with the other active stars. Age is one of the key parameters which determine rotation rate and surface magnetic activity generated by stellar dynamo mechanism. Here, comprehensive study of V383 Lac is presented which is in the scope of a project that have been started at Ege University Observatory for consideration of age – rotation rate – surface magnetic activity relations in late type stars. V383 Lac, which was explored by ROSAT satellite as extreme ultraviolet source, was classified as K1 type single main sequence star. The star which is a member of local group and has very high rotation rate, observed in UBVR filters between the years 2003 and 2008 with Ege University Observatory's 48 cm, 35 cm and 30 cm telescopes equipped with high speed three channel photometer and SSP5 photometer respectively. By using the data which spreads over 5 years, photometric period analysis was done and photometric period was found as $2^d.4045$. Evidence found for long-term activity cycle which is about 9 years. It is determined that V magnitude and colors of the star show the same changes. It is also seen that, during observing seasons, shapes and amplitudes of light curves and minimum phases of wave minimum changes.

Key Words: Stars: V383 Lac – Stars: rotation – activity – evolution.

1. Giriş

V383 Lac, ilk olarak Pounds ve diğ. (1991) tarafından ROSAT uydusunun geniş alan kamerası (WFC) kullanılarak yapılan bir gökyüzü taramasında X-ışın kaynağı olarak keşfedilmiş ve ROSAT Parlak Kaynak Kataloğu'nda K0 tayf türünden bir yıldız olarak listelenmiştir (Pounds ve diğ. 1993). Daha sonra güneş benzeri aktiviteye sahip olma olasılığı belirtilerek I. EUV Kaşifi Kataloğu'nda (Bowyer ve diğ. 1994) ve EUV Kaşifi Parlak Kaynak Kataloğu'nda (Malina ve diğ. 1994) yer almıştır. Ca II IRT ($\lambda=8542 \text{ \AA}$) ve H α salmasına sahip olduğu belirlenerek (Mullis ve Bopp 1994) aktiflik

doğası onaylanmıştır. Osten ve Saar (1998) V383 Lac yıldızının en iyi K1V türü bir yıldız olarak modellenebileceğini belirtmiştir. Fuhrmeister ve Schmitt (2003) yıldızı K0 tayf türünden olarak vermiştir. Montes ve diğ. (2001) yıldızın tek ve aktif bir K1V yıldızı olduğunu ve $v \sin i = 19.8 \text{ km s}^{-1}$ 'lik yüksek bir dönme hızına sahip olduğunu belirtmiştir.

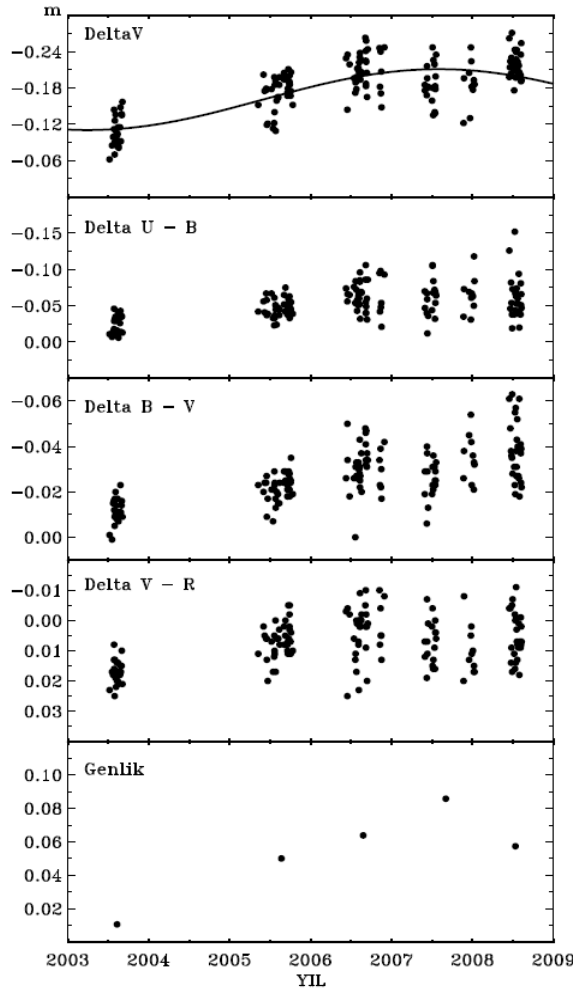
Jeffries (1995) yıldızın yerel grup üyesi olabileceğini, ama yakınlardaki bir yıldız oluşum bölgesinden veya açık kümeden kaçmış bir yıldız ya da önceden var olan bir kümenin dağılmasının ardından kalan yıldızlardan biri olabileceğini de belirtmiştir. Montes ve diğ. (2001) uzay hareketine ve diğer tayfsal karakteristiklerine baktıklarında yıldızın yerel grup üyesi olduğunu göstermiş, Li bolluğundan yola çıkarak ve Pleiades'ten daha genç olduğunu ifade etmiştir. Literatürde farklı ıraksım değerleri verilen yıldızın uzaklığı Carpenter ve diğ. (2005) tarafından 50 pc olarak verilmiştir.

Henry ve diğ. (1995) kromosferik aktivitesi üzerine ilk çalışmayı yapmış ve $2^{\text{s}}.42$ dönemli $0^{\text{m}}.08$ genlikli bir parlaklık değişimi bulmuştur. Işık eğrisinin temelde aynı kaldığını ancak minimum genliğinin çevrimden çevrime değiştiğini ortaya koymuştur. $v \sin i$ değeri ve dönme döneminden yola çıkarak minimum yarıçap için $0.77 R_{\odot}$ değerini bulmuş ve eksen eğikliğinin 90° 'ye yakın olduğunu belirtmiştir. Robb ve diğ. (1995), değişim dönemini $P = 2^{\text{s}}.43$ bulmuş ve ışık eğrisindeki değişimin yıldız üzerindeki büyük aktif bölgelerden kaynaklandığını ifade etmiştir. Aynı zamanda genliği V süzgecinde $0^{\text{m}}.1$ olan ve 1 saat kadar süren bir flarenin gözlendiğini not etmiştir. Yıldızın dönme dönemi, $v \sin i$ değeri ile bir yarıçap değeri kabulü yaparak eksen eğikliğinin $58^{\circ} \pm 7^{\circ}$ olduğu ifade edilmiştir (Robb ve diğ. 1995). Kazarovets ve Samus (1997) V383 Lac'ı BY Dra ya da UV Ceti türü değişen bir yıldız olarak sınıflamış ve maksimum parlaklığını $V_{\text{maks}} = 8^{\text{m}}.9$, değişim genliğini $0^{\text{m}}.19$ olarak vermiştir. Xing ve diğ. (2007) V383 Lac'ın 0.165 kadir genlikle ve 2.41 gün dönemle değiştiğini ifade etmiştir.

2. V383 Lac'ın Parlaklık ve Dönem Değişimleri

V383 Lac'ın Johnson UBVR verileri 2003 ile 2008 yılları arasında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm Cassegrain ve 30 cm Schmidt Cassegrain teleskoplarına bağlı sırasıyla üç kanallı yüksek hızlı ışıkölçer ve SSP5 ışıkölçerleriyle elde edildi. Tüm gözlemler yer atmosferinin sönmükleştirme etkisinden arındırıldı ve tüm gözlem

zamanları Güneş merkezine indirildi. SAO 51889 mukayese, SAO 51840 ise denet yıldızı olarak kullanıldı. Gözlemler boyunca her süzgeçte 162 nokta olmak üzere toplam 648 gözlem noktası elde edildi. Bir gece IC 4665 açık kümesinin standart yıldızlarıyla birlikte gözlenerek aletsel parlaklıklar standart parlaklıklara dönüştürüldü. Buradan bulunan değerler: $V = 8^m.536$, $U-B = 0^m.388$, $B-V = 0^m.816$, $V-R = 0^m.481$. 4 ağustos 2008 gecesi 30 cm Schmidt – Cassegrain teleskop ve ona takılı SSP5 ışıkölçeri ve uvby β kullanılarak program yıldızları, seçilen orta band standartlarla birlikte gözlemlendi. Bu gözlemden hesaplanan kızıllaşmadan arındırılmış $[m_1] - [c_1]$ parametreleri Moon (1986)'nın Şekil 1'inde verilen $[m_1] - [c_1]$ diyagramında yerleştirildiğinde açık bir şekilde anakol ile ZAMS arasında olduğu görüldü. 50 pc uzaklık için $E(B - V)$ ve A_V 'nin yaklaşık $0^m.0$ olduğunu kabul edebiliriz, dolayısıyla geniş band ışıkölçümden belirlenen renk değerlerini kızıllaşmamış olarak gözönüne alabiliriz. Dolayısıyla $B - V$ değerinin, Flower'ın (1996) anakol yıldızları için renge karşı sıcaklıkları verdiği Çizelge 2'sinden $T_e = 5235$ K'lik sıcaklığa ve Cox'un (2000) çizelgelerinden K0 tayf türüne karşılık geldiğini belirledik.



Şekil 1. V383 Lac'ın 2003-2005 yılları arasında V parlaklığının değişimi (en üst). Kuramsal eğri $f=0.00031521 \text{ cd}^{-1}$ lik bir frekans ve 0.051 ± 0.004 'lük bir genlik değerine karşılık gelir. Alt kısımda ise üstten alta doğru U-B, B-V ve V-R renklerinin uzun dönemli değişimi görülmektedir. En altta ise genlik değişimi noktalanmıştır.

V383 Lac'ın fotometrik dönemi olan 2.4045 gündür. Şekil 1'den görüleceği gibi 2003 yılından 2008 yılına kadar olan aralıkta yıldız sürekli parlamaktadır. Bu parlamaya tüm renklerin mavileşerek eşlik ettiği yine Şekil 1'in alt panellerinde görülmektedir. Bu uzun dönemli parlaklık değişimi bir aktivite çevriminin varlığını göstermektedir. 1966 yılında başlayıp günümüzde hala sürmekte olan Mount Wilson kromosferik aktif yıldızların S ölçeği gözlemleri, aktif yıldızların da Güneş'te görülen aktivite çevrimlerine benzer çevrimler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu görüntü ara katman dinamosunun en önemli göstergelerinden biridir. Renklerde uzun dönemli değişim yönünün mavileşme olması ise iki şekilde açıklanabilir: ya yıldız üzerinde uzun

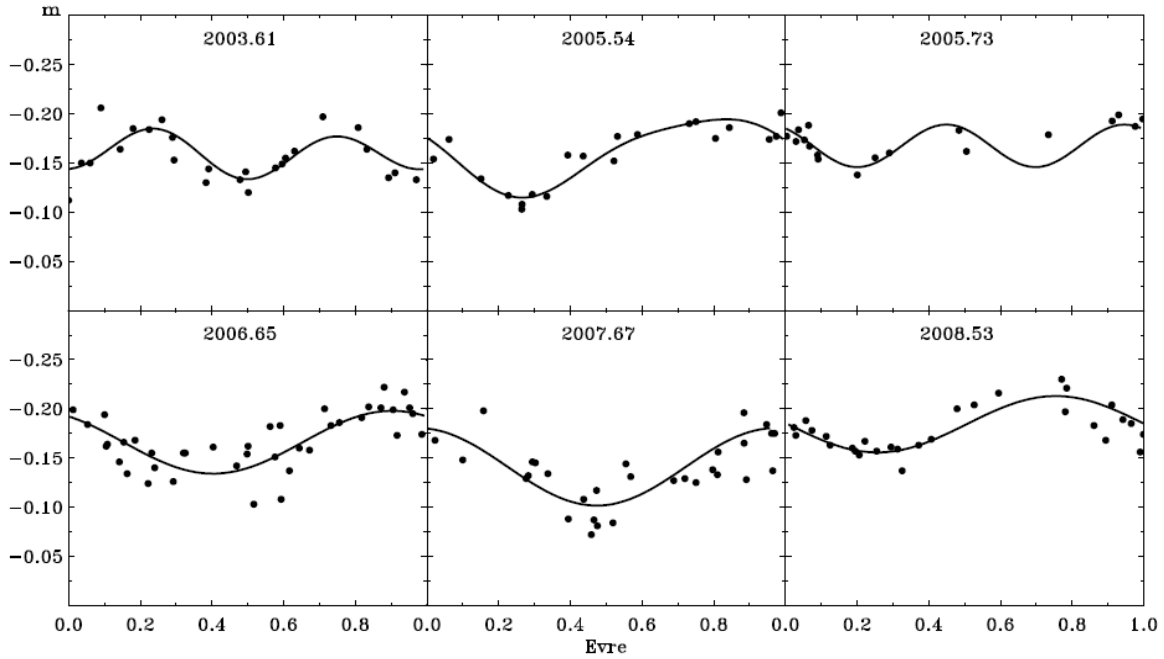
Şekil 1'de V383 Lac'ın gözlem yılları boyunca V süzgecinde elde edilen parlaklıklarının değişimi gösterildi. Her nokta, gecelik 6 ya da 8 ölçümün ve karşılık gelen zamanlarının ortalamasını göstermektedir.

Şekilden görüleceği üzere V383 Lac gözlem aralığı boyunca yavaş bir şekilde parlaklık düzeyini değiştirmiştir. Bu uzun dönemli değişim PERIOD04 (Lenz ve Breger 2005) kullanılarak yaklaşık olarak 8.7 yıl olarak bulunmuştur. Diğer baskın olarak kendini gösteren dönem ise

dönemli değişime en büyük katkıyı sağlayan yapılar yıldız yüzeyine göre daha parlak olan fakülalardır ya da yıllar içinde yıldızın yüzeyinde lekelerle kaplanan yüzey alanı azalmaktadır. Bu sonuçlardan tercih kullanmak istersek o zaman ışık eğri genliklerinin değişimine bakmak gerekir. Bunun için uzun dönemli değişim, varolan veriden arındırıldı ve sonra her bir gözlem sezonuna ait veriye PERIOD04 kullanılarak ayrı ayrı dönem analizi uygulandı. Bazı yıllar tek frekansla temsil edilebilirken, çift minimumlu ya da asimetric ışık değişiminin görüldüğü yıllar çift frekansla tanımlandı. Her bir gözlem sezonuna ilişkin veri kuramsal eğrisiyle birlikte Şekil 2’de gösterildi. Kuramsal eğrilerin oluşturulmasında kullanılan frekans(lar), bu frekansa karşılık gelen dönem(ler) Çizelge 1’de verildi. Yıllara göre maksimum, minimum ve ortalama parlaklık değerleriyle genlik ve renk değerleri de Çizelge 2’de listelendi. Çizelge 2’deki genlikler gözlem yıllarına karşı Şekil 1’in en alt kısmında noktalandı. Burada, 2003 ile 2008 yılları arasında yıldızın artan genlik değerlerine doğru bir gidişi olduğu görülür. Bu da bize yıldız yüzeyinde lekelerle kaplı yüzey parçasının arttığını, yıldızın aktivite düzeyinin yükseldiğini gösteriyor. Bu, güneş benzeri, çok genç olmayan yıldızlarda gözlenen fotometrik özelliğe uygun bir davranıştır (Radick ve diğ. 1998).

Farklı gözlem sezonlarında aktivite yapılarının yarattığı bozulmalar çok belirgin bir şekilde kendini ortaya çıkarmıştır. Fotometrik dalganın zaman içerisindeki hareketini görmek, bir başka deyişle yüzey üzerindeki aktivite yapılarının boylamsal dağılımını belirlemek ve enlemsel kaymalarını tahmin edebilmek için her bir gözlem sezonuna ilişkin hesaplanan kuramsal eğri üzerinden minimum evreler belirlendi ve bu değerler de Çizelge 1’in son iki kolonunda verildi. Evreler, bu çalışmada yapılan dönem analizinden belirlenen fotometrik dönemi ve 2003 yılının ilk gözlem HJD’sini içeren aşağıdaki ışık öğeleriyle hesaplandı:

$$HJD = 24\ 52830.6551 + 2^E \cdot 4045 \times E$$

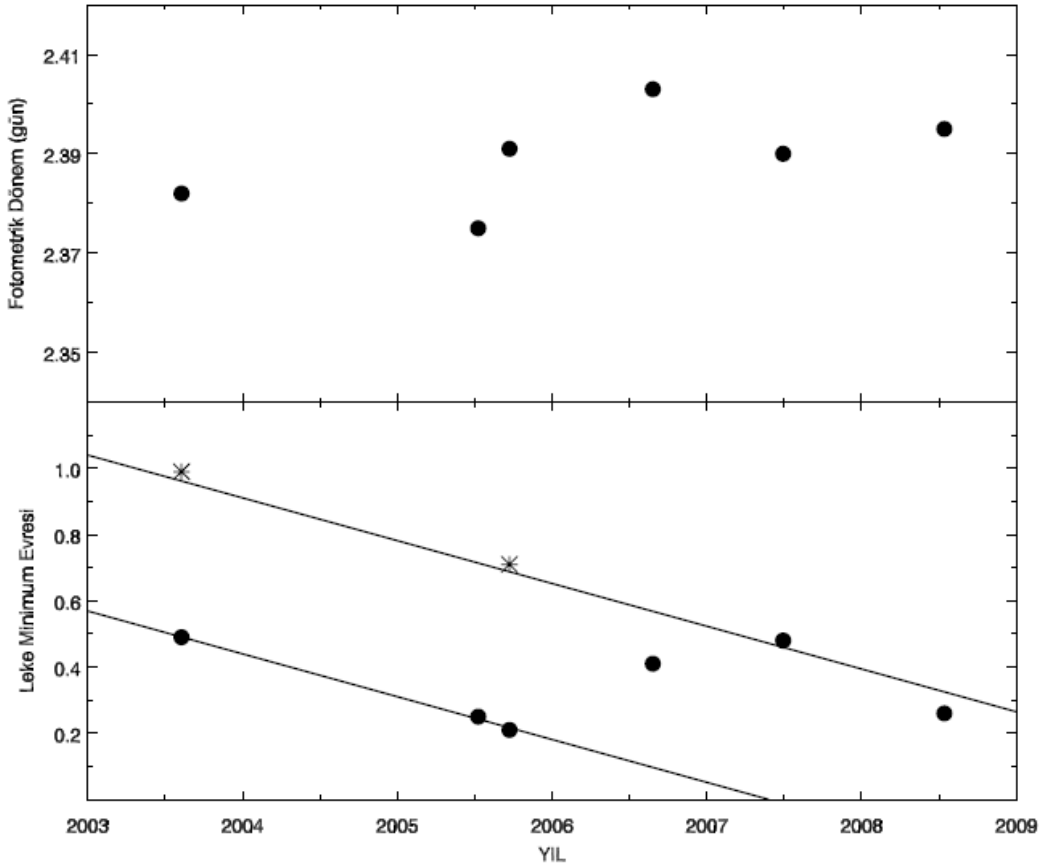


Şekil 2. V383 Lac'ın 2003-2008 yılları arasındaki her bir gözlem sezonu için V parlaklığının değişimi. Uzun dönemli aktivite çevrimine ilişkin değişim çıkarıldıktan sonra ulaşılan veri analizi sonuçları noktalandığından Şekil 1'in üst panelinde görülen değişim burada görülmemekte, tüm yıllar boyunca parlaklık düzeyi aynı olarak görülmektedir.

Şekil 2'den görüleceği gibi her gözlem sezonunda ışık eğrisinin biçimi, genliği ve dalga minimum evresi değişmektedir. Bunun nedeni, yıldız yüzeyi üzerindeki farklı sıcaklık bölgelerinin homojen bir şekilde dağılmamış olması ve bu bölgelerin zaman içinde evrimleşmesidir. Geri tür aktif yıldızlar, diferansiyel dönme ile yüzey konveksiyon bölgelerinin etkileşmesi sonucu manyetik alan çizgilerinin yüzeye taşındığı ara katman dinamosunu çalıştırırlar. Diferansiyel dönme ile yıldızın çevresine sarılarak yüzeye çıkan manyetik alanın toroidal bileşeni zaman içinde plazmanın meridyen hareketleri nedeniyle evrimleşir. Bu evrimleşmenin izleri dönem değişimi olarak kendini gösterir. Genel olarak geri tür yıldızlarda yüksek enlemler güneşe benzer olarak daha yavaş dönerken eşlek bölgesi daha hızlı döner. Dolayısıyla eşlek bölgesine yakın olan leke merkezleri daha kısa fotometrik dönemlere neden olurken yüksek enlemlere yerleşenler daha uzun fotometrik dönemler anlamına gelecektir. Şekil 3'de yıllara karşı dönem analizinden elde edilen fotometrik dönemlerin değişimi gösterilmiştir. Fotometrik dönemin sabit olmadığı, aktif yapıların enlemsel dizilimine ve evrimine uygun olarak bazen daha büyük bazen ise daha küçük değerlere

değişmektedir. Ancak kısa gözlem aralığı ve sürekli-kesintisiz gözleme sahip olmamız bu değişimin Güneş'tekine benzer bir kelebek diyagramı görüntüsünü görme umudumuza engel olmuştur.

Leke minimum evrelerinin zamana göre değişimi ise Şekil 3'ün alt panelinde verilmiştir. Leke minimum evrelerinin değişimi aktivite yapılarının boylamsal olarak yer değiştirmesini gösterecektir. Şekilde 2. lekelere ilişkin daha sık minimumlar * sembolüyle noktalandı. Açıkça görüleceği gibi iki farklı yıl 180° boylam farkıyla yıldız yüzeyine yerleşmiş iki leke grubu vardır: 2003 ve 2005 yıllarında. Asimetrik ışık eğrilerinden elde edilen 2. leke parametreleri, genel görüntüyü etkilemeyecek kadar küçük genlikli olduğu için buraya noktalanmadı. Leke minimumlarının iki paralel kolda toplandığı açıkça görülebilir. Bu iki aktif boylamı temsil eden, iki eğri, Şekil 3'ün alt panelinde gösterilmiştir. Bu görüntü 8.7 yıllık aktivite çevriminin varlığını onaylar niteliktedir. Ancak henüz bu konuda tartışma yapacak kadar geniş aralığa dağılmış veri yoktur.



Şekil 3. V383 Lac'ın 2003-2008 yılları arasındaki fotometrik dönem değişimi (üst panel) ve leke minimum evresinin değişimi (alt panel).

Çizelge 1. V383 Lac için yapılan dönem analizi sonuçları.

Yıl	f1 (cd ⁻¹)	f2 (cd ⁻¹)	P1 (gün)	P2 (gün)	Leke 1	Leke 2
2003.61	0.4198	0.8401	2.382	2.381	0.49	0.99
2005.52	0.4230	0.8348	2.364	2.396	0.25	
2005.73		0.8366		2.391	0.21	0.71
2006.65	0.4161		2.403		0.41	
2007.49	0.4184		2.390		0.48	
2008.53	0.4176		2.395		0.26	

Çizelge 2. V383 Lac için yıllara göre minimum, maksimum ve ortalama parlaklık, genlik ve renk değerleri.

Yıl	HJD	Delta V (min)	Delta V (maks)	Delta V (ort)	A (mag)	Delta U-B	Delta B-V	Delta V-R
2003.61	52863.58	- 0.134	-0.185	- 0.160	- 0.0510	- 0.022	- 0.012	0.017
2005.54	53564.04	- 0.115	-0.194	- 0.151	- 0.0790	- 0.044	- 0.020	0.009
2005.73	53638.26	- 0.146	-0.189	- 0.167	- 0.0430	- 0.050	- 0.024	0.005
2006.65	53975.83	- 0.134	-0.198	- 0.166	- 0.0640	- 0.062	- 0.031	0.003
2007.67	54347.83	- 0.102	-0.180	- 0.141	- 0.0780	- 0.063	- 0.029	0.010
2008.53	54663.11	- 0.156	-0.213	- 0.184	- 0.0570	- 0.057	- 0.036	0.005

Bu çalışmadaki fotometrik verilerle elde edilen sonuçlar, V383 Lac'ın Montes ve diğ. (2001)'nin belirttiği gibi Pleiades'ten daha genç olması olasılığının zayıf olduğunu göstermektedir. Barnes (2003) geri tür yıldızların dönme evrimini yaşlarını ve dinamolarının türünü gözönüne alarak şematik olarak göstermiştir. V383 Lac'ın yüzey konveksiyon bölgesi ile radyatif bölgesi arasında bir ara katmanın varlığını ve bu katmandan kaynağını bulan bir dinamonun çalıştığının kanıtı olan, fotometrik olarak hem kısa dönemli hem uzun dönemli, çevrimli yüzey parlaklık değişimi gösterdiği bu bildiride anlatıldı.

Dolayısıyla Barnes (2003)'ün Şekil 5'inde verilen dönmenin evrimi şemasında V383 Lac'ı ara katman dinamosu çalıştıran yıldızlar arasına noktaladığımızda onun için söylenebilecek üst yaş sınırının 1 milyar yıl olduğu görülür. Bu yaş değeri, yüksek hızlı dönücülerin görülmemeye başladığı kritik yaşa çok benzerdir (Barnes ve Sofia 1996).

V383 Lac için bundan sonra yapılması gereken çalışma, orta band fotometrisi ile geniş band fotometrisinin sonuçlarının aktivite özellikleri ile kıyaslanması ve en uygun eş zaman eğri çakıştırmasını belirleyerek evrim durumunu daha açık duruma getirmektir.

Yazarlar, bu çalışmanın yapılmasına 2008 / FEN / 061 projesiyle destek veren Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Barnes, S. A. 2003, ApJ, 586, 464.
Barnes, S. A., Sofia, S. 1996, ApJ, 462, 746.
Bowyer, S., Lieu, R., Lampton, M., Lewis, J., Wu, X., Drake, J. J., Malina, R. F. 1994, ApJS 93, 569.
Carpenter, J. M., Wolf, S., Schreyer, K., Launhardt, R., Henning, T. 2005, AJ 129, 1049.
Cox, A. N. 2000, Allen's Astrophysical Quantities, (New York: Springer)
Flower P. J., 1996, ApJ, 469, 355
Fuhrmeister, B., Schmitt, J. H. M. M. 2003, A&A 403, 247.
Henry, Gregory W., Fekel, Francis C., Hall, Douglas S. 1995, AJ 110, 292.
Jeffries, R. D. 1995, MNRAS 273, 559.
Kazarovets, E. V., Samus, N. N. 1997, IBVS No.4471.
Lenz, P., Breger, M. 2005, CoAst 146, 53.
Malina, R. F., Marshall, H. L., Antia, B., ve ark. 1994, AJ 107, 751.
Montes, D., López-Santiago, J., Fernández-Figueroa, M.J., Gálvez, M. C., 2001, A&A, 379, 976.
Moon, T. 1986, ApSS, 122, 173
Mullis, C. L., Bopp, B. W. 1994, PASP 106, 822.
Osten, R. A., Saar, S. H. 1998, MNRAS 295, 257.
Pounds, K. A., Abbey, A. F., Barstow, M. A., ve ark. 1991, MNRAS 253, 364.
Pounds, K. A., Allan, D. J., Barber, C., ve ark. 1993, MNRAS 260, 77.

Radick, R. R., Lockwood, G. W., Skiff, B. A., Baliunas, S. L. 1998, ApJS, 118, 239.

Robb, R. M., Steinbring, E., Balogh, M., Ansell, B., Gladders, M., Karr, J., Gilbert, D., Hughes, W. 1995, IBVS No.4281.

Xing L.-F., Zhao S.-Y., Su W., Shen Y., Zhang X.-B. ve Wei J.-Y. 2007, ChJAA, 7, 551