

LO Pegasi'nin Yüzey Özelliklerindeki Hızlı Değişimler

Hasan Ali Dal¹, Günay Taş¹, Serdar Evren¹, Esin Sipahi¹

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 35100, İzmir
alidal@astronomy.sci.ege.edu.tr, tas@astronomy.sci.ege.edu.tr, sevren@astronomy.sci.ege.edu.tr
sipahi@astronomy.sci.ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, bir ultra hızlı dönücü olan LO Peg'in 2003 ve 2004 yılına ait fotometrik gözlemleri sunulmuş ve literatürdeki verilerle yeni gözlemler birleştirilerek; bu genç, tek, ultra hızlı dönücünün kısa ve uzun dönemli yüzey aktivite değişimleri ortaya konmuştur. Buna göre, LO Peg'in ışık eğrisinin biçimi ve genliği bir gözlem sezonu içinde hızla değişmektedir. 2003 – 2004 yılları arasında genlikte sürekli bir artma görülürken, sistemin minimum parlaklığı azalmaktadır. Minimum ve maksimum parlaklıklar eş yönlü bir değişim göstermektedir. Yıldızın yüzeyindeki aktif boylam içindeki yapılar ~150 günde bir tamamen evrimleşmektedir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: değişen yıldızlar: ultra hızlı dönücüler: – yıldızlar: güneş benzeri aktivite – yıldızlar : LO Peg

Abstract: In this study, 2003 and 2004 observations of LO Peg that is an ultrafast rotator are reported. Its observations in literature are combined with the new ones, and short and long term variations of this single young ultrafast rotator are shown. For instance, the shape and amplitude of light curves vary. The amplitude perpetually increases between 2003 and 2004 while the minimum magnitude of star decreases. Minimum and maximum magnitudes vary in the same way. Features in active longitude on star surface completely evolved during nearly 150 days.

Key Words: star: variable star: ultrafast rotators – stars: solar like activity – stars: LO Peg

1. Giriş

Geri tür yıldızlarda görülen yüzey manyetik aktivitesinin düzeyi, doğrudan yıldızın dönme hızı ve yaşı ile ilişkilidir. Skumanich (1972) tarafından verilen $F_{Ca II} \propto v_{dönme} \propto t^{-1/2}$ yasası, bu ilişkiyi basitçe ifade etmekle beraber gözlemlerle de genel bir uyum içindedir. Ancak, 1980'lerin ilk yarısından itibaren genç açık kümelerde bu ilişkiye uymayan ve tayf türüne göre çok hızlı dönen aktif, tek yıldızlar bulunmuştur. Bu yıldızlara, *ultra hızlı dönücüler* adı verilmiştir. Son yıllarda alan yıldızları arasında da bu tür yıldızlar keşfedilmiştir.

Bu yıldızlardan biri olan LO Pegasi, Bowyer vd. (1995) tarafından 9^m.25'lik görsel parlaklığa sahip bir K8 cücesi olarak kataloglanmıştır. Jeffries vd. (1994a), yıldızın dönme hızını $v_{sini} = 69 \text{ kms}^{-1}$ olarak belirlemiş ve onun ultra hızlı dönücü olduğunu ifade etmişlerdir. Jeffries ve Jewell (1994), LO Peg'in uzay hareketini gözönüne alarak onun *Yerel Grup* üyesi olduğunu öne sürmüşlerdir. Buna göre, LO Peg 20 ile 300 milyon yıl arasında bir yaştadır. Jeffries vd. (1994b) tarafından yapılan Li çalışması da bu sonucu desteklemektedir.

LO Peg, ~10^{sa}.15'lik bir dönme dönemine sahiptir (Dal vd. 2002). Literatürde yıldızla ilişkin H α , Ca II H,K (Eibe vd. 1999) gibi pek çok olmasına rağmen, fotometrik çalışmalar azdır.

LO Peg'in ilk fotometrik gözlemi, Jeffries ve ark (1994)'e aittir. Yıldızla ilişkin ikinci fotometrik çalışma, Robb ve Cardinal (1995) tarafından yapılmıştır. Literatürdeki en kapsamlı ve uzun süreli fotometrik çalışma Dal ve Taş (2003) tarafından yayımlanmıştır.

2. Gözlemler

LO Pegasi, 2003 ve 2004 yılları arasında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 48 cm'lik Cassegrain türü teleskop ve üç kanallı hızlı fotometre ile U, B, V, R süzgeçleri kullanılarak gözlenmiştir. Gözlemler için BD +22° 4417 (G0, V=9^m.03) mukayese yıldızı ve BD +22° 4377 (K0, V=8^m.27) ise denet yıldızı olarak seçilmiştir. Gözlem noktaları, atmosferik sönmekleştirmeye etkisinden arındırılmış ve gözlem zamanları güneş merkezine indirgenmiştir. Elde edilen diferansiyel parlaklıkların (Değişen-Mukayese) evre hesabı, Jeffries vd. (1994a) tarafından verilen aşağıdaki ışık eğrileri kullanılarak yapılmıştır;

$$\text{HJD} = 24\,48870.0 + 0^{\text{e}}.42375 \times E \quad (1)$$

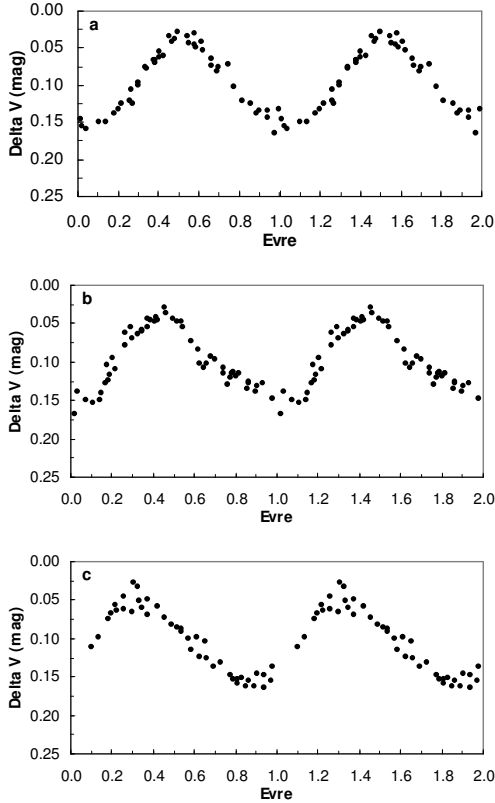
Bildiri tam metni için : Hasan Ali DAL
e-mektup: alidal@astronomy.sci.ege.edu.tr

Şekil 1 ve 2'de sırasıyla 2003 ve 2004 yıllarına ilişkin V süzgeciyle elde edilmiş gözlemler gösterilmektedir. Yıldızın bir gözlem sezonu içinde yüzey özelliklerini hızlı bir şekilde değiştirmesinden dolayı, 2003 gözlem sezonuna ilişkin değişimler farklı alt gruplara ayrılarak gösterilmiştir.

Tablo 1: LO Peg'in 2002, 2003 ve 2004 yıllarında elde edilen ışık eğrilerinden hesaplanan parametreler.

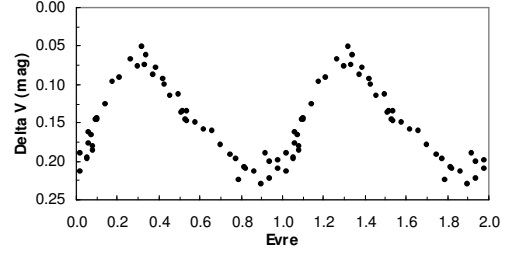
Yıl	Theta (min)	Vmax (mag)	Vmin (mag)	A (mag)	K
2002.57	0.780	0.091	0.167	0.076	1
2002.62	0.770	0.089	0.157	0.068	1
2002.64	0.640	0.074	0.180	0.106	1
2002.71	0.470	0.090	0.170	0.080	1
2003.68	1.120	0.036	0.154	0.118	2
2003.75	1.060	0.026	0.162	0.136	2
2003.77	0.890	0.032	0.166	0.134	2
2004.63	0.920	0.056	0.234	0.178	2

1: Dal (2003); 2: Bu çalışma.



Şekil 1: LO Peg'in 2003 yılında elde edilen 3 gruba ilişkin, V süzgecindeki ışık eğrileri. Her bir grubun JD aralığı sırasıyla şu şekildedir: a) 24 52851-867, b) 24 52869-900, c) 24 52905-909.

Şekil 1 ve 2'den görüleceği gibi bir gözlem sezonu içinde hem ışık eğrisinin biçimi hem de genliği değişebilmektedir. Kuvvetli asimetri ikinci bir leke ya da leke grubunun varlığını göstermektedir. Bu çalışmada, yalnız parlaklıkta en büyük sönmeye neden olan leke ya da leke gruplarının parametreleri göz önüne alınmıştır.

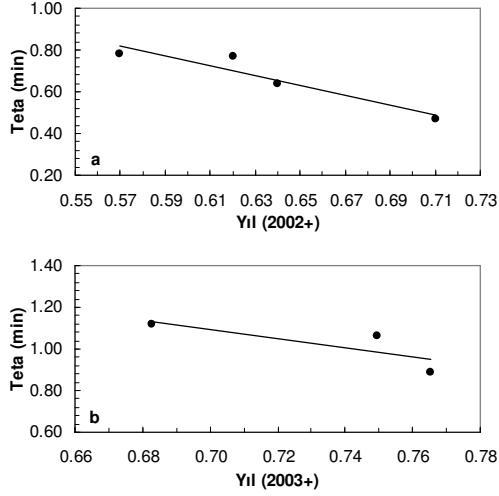


Şekil 2: LO Peg'in 2004 yılında, 24 53196-212 JD aralığında, V süzgecinde elde edilen ışık eğrisi.

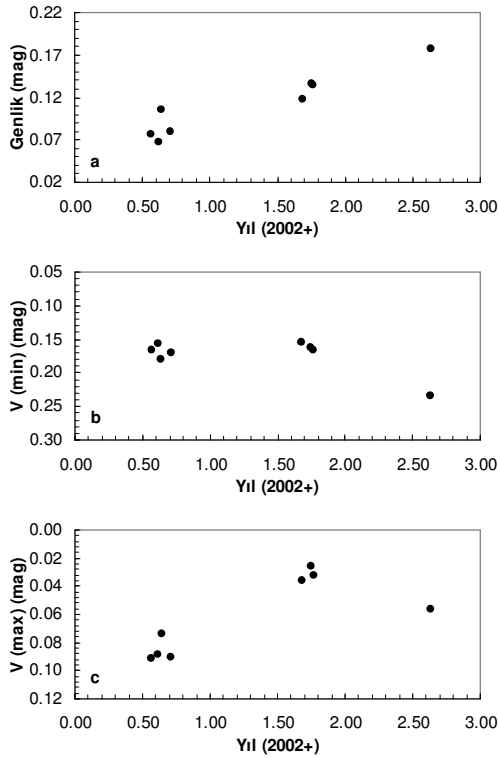
Her bir yıl ve o yıla ilişkin alt gruplardan elde edilen ışık değişimlerine ait leke minimum evresi, genlik, maksimum ve minimum parlaklıklar ise Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de ilk kolon gözlem yılını, ikinci kolon leke minimum evresini, üçüncü ve dördüncü kolon maksimum ve minimum parlaklıkları gösterirken, son iki kolon genlik ve kaynağı vermektedir. Şekil 3'den de görüleceği gibi, bir gözlem sezonu içinde elde edilen ışık eğrileri üzerinden belirlenen leke minimum evreleri incelendiği zaman azalan evrelere doğru bir kayma olduğu görülmektedir.

Işık eğrileri tek tek incelendiği zaman, genelde eğrilerin asimetrik olduğu; fakat belirgin bir ikinci leke minimumu göstermediği görülür. Bu da bizi üç yıllık gözlem sezonu boyunca yıldızın yüzeyinde ya tek leke ya da birbirine 90°'den daha fazla olmayan boylamsal ayrıklığa sahip iki lekenin varolduğu düşüncesine götürmektedir. Diğer yandan, i açısı da bu görüntü üzerinde etkin olabilir. Ancak, LO Peg için i açısı bilinmemektedir.

Kısa gözlem aralığında bir göç dönemi söylemek mümkün değildir. Ancak, her gözlem sezonundan elde edilen leke minimum evrelerinin zaman içindeki yer değiştirmesi gözönüne alındığında yıldızın yüzeyi üzerindeki aktivite yapılarının ortalama 150 günde bir tamamen evrimleştiği sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 3: LO Peg'in 2002 ve 2003 yılına ait leke minimum evrelerinin zamanla hareketi: a) 2002 yılına, b) 2003 yılına ait leke minimum evrelerinin, zamanla hareketi.



Şekil 4: LO Peg'in 2002, 2003 ve 2004 yıllarında elde edilen ışık eğrilerinin a) genlik, b) minimum parlaklık düzeyi ve c) maksimum parlaklık düzeyleri.

Fotometrik dönem ile dönme dönemi arasındaki fark nedeniyle ~15 günde bir ışık eğrisinin biçimi

değişmekte ve leke minimum evresi azalan evrelere doğru kaymaktadır.

Şekil 4'de yıldızın yıllar içindeki genlik, minimum ve maksimum parlaklık değişimi gösterilmektedir. Şekilden görüleceği gibi minimum ve maksimum parlaklıklar eş yönlü değişmektedir. LO Peg gözleendiği üç yılın sonunda, 2004 yılında, en sönük hale gelmiştir. Genlik değişimine baktığımızda ise sürekli bir artma görmekteyiz. Parlaklıklar azalırken genliğin sürekli artması, yıldızın yüzeyini kaplayan leke ya da leke gruplarının daha etkin hale geldiğini göstermektedir. Parlaklıklardaki ve genlikteki değişime bakıldığında, eğer bir aktivite çevrimine sahipse, LO Peg için 3 yıldan kısa olmayan bir aktivite çevrimi olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

3. Sonuçlar

Burada sunulan, genç ultra hızlı dönücü LO Peg'in literatürdeki ilk uzun süreli fotometrik çalışmasıyla ortaya çıkan sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. Bir gözlem sezonu içinde LO Peg'in ışık eğrisinin biçimi ve genliği hızlı bir şekilde değişmektedir. Gözlenen sinüs benzeri değişimin nedeni; geri tür yıldızlarda dinamo sonucu oluşturulduğu varsayılan Güneş benzeri aktivite yapılarıdır. Işık eğrilerindeki bozulma bazen simetrik iken; çoğu zaman asimetriktir. Işık eğrisindeki asimetri ikinci bir lekenin varlığını göstermektedir. LO Peg için bugüne kadar belirgin bir ikinci leke minimumunun görülmemiş olması ve ışık eğrilerindeki kuvvetli asimetri birbirine 90° boylamsal ayrıklık içinde yerleşmiş iki leke grubunun varlığının göstergesi olabileceği kadar, eğiklik açısı i ile ilişkili de olabilir.
2. Leke minimumu evreleri azalan evrelere doğru kaymaktadır. Bu, lekelerin eşleğe doğru hareket ettiğinin göstergesidir. Her bir yıl için minimum evrelerinin değişimi bir doğru ile temsil edildiğinde, ortalama 150 günlük bir zaman aralığı içinde aktivite merkezi olan boylam içindeki lekelerin evrimleştiği bulunmuştur. Aktif boylamın ömrü ise gözlem verisinin henüz yetersiz olması nedeniyle söylenememektedir.
3. Yıldızın minimum ve maksimum parlaklığı 2002 – 2004 arasındaki gözlem yılları içinde eş yönlü değişmiş ve her iki parlaklık 2004 yılında minimum değere inmiştir. Bu yıllar içinde genlik ise sürekli artmıştır. Bu üç farklı değişim gözönüne alındığında LO Peg'in yüzey aktivitesinin kısa ve uzun dönemli değişiminde soğuk ve karanlık yapıların baskın olduğu

söylenbilir. Genlikteki sürekli artış, yıllar içinde lekelerin etkinliğinin arttığını göstermektedir.

4. LO Peg'in minimum ve maksimum parlaklığında ve genliğinde görülen değişim, onun 3 yıldan az olamayacak şekilde uzun dönemli bir aktivite çevrimine sahip olabileceğini göstermektedir. Bu öngörünün doğru olup olmadığını gelecek yıllarda yapılacak gözlemler belirleyecektir.

4. Kaynaklar:

Bowyer, S., Lampton, M., Lewis, J., Wu, X., Jelinsky, P., Saba, V., Drake, J.J., Lieu, R., Malina, R.F., 1995, ApJS, 96, 461.
Dal, H. A., Taş, G., Evren, S., 2002, XIII. Ulusal Satronomi Kongresi, ed. Z. Aslan (Antalya), p.366.

Dal, H. A. ve Taş, G., 2003, IBVS, No. 5390.
Dal, H. A., 2003, Yüksek Lisans Tezi "*Çok Hızlı Dönen, Tek Yıldız: LO Peg*", Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
Eibe, M.T., Byrne, P.B., Jeffries, R.D., Gunn, A.G., 1999, A&A, 341, 527.
Jeffries, R.D., Byrne, P.B., Doyle, J.G., Anders, G.J., James, D.J., Lanzafame, A.C., 1994b, MNRAS, 270, 153.
Jeffries, R.D., James, D.J., Bromage, G.E., 1994a, MNRAS, 271, 476.
Jeffries, R.D., Jewell, S.J., 1993, MNRAS, 264, 106.
Robb, R.M., Cardinal, R.D., 1995, IBVS, No. 4221.
Skumanich, A., 1972, ApJ, 171, 565.