

# GÜNEŞ YARIÇAPINDAKİ KISA VE UZUN DÖNEMLİ DEĞİŞİMLER

Hüseyin KILIÇ<sup>1</sup>, Orhan GÖLBAŞI<sup>1</sup>, Volkan ÖZKAN<sup>1</sup>, A.Yadigar YÜCEER<sup>1</sup>

## Özet

Güneş yarıçapının kısa ve uzun dönemli periyodikliklerini araştırmak için, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) güneş astrolabıyla 2001-2004 yılları arasında kaydedilen güneş yarıçapı verileri analiz edildi. Gözlenen güneş yarıçapından kısa dönemli periyodiklikleri belirlemek için, günlük yarıçap verilerinin tümünün gözönünde bulundurulması ve aynı zamanda atmosferik çalkantı etkisinden arındırılması gerekmektedir. Elde edilen veriler düzgün bir şekilde dağılmamakta ve sezonsal etkiler ve aletsel karakteristiklerden dolayı 2-3 aya varan zamansal boşluklar mevcut olduğundan, çalışmadaki veri serisi 300 günü geçmeyen kısa periyot aralığı için Date Compensated Discrete Fourier Transform (CDFT) ile analiz edildi ve birkaç anlamlı kısa periyot (18, 28, 53, 70 ve 217 gün) elde edildi. Ayrıca, aynı gözlem döneminde bulunan sonuçlar, uzun dönemde güneş yarıçapının her yıl 0.04 yay saniyesi genlikle 23. güneş leke çevrimiyle zıt fazda arttığını göstermektedir.

*Anahtar Kelimeler: Güneş Yarıçapı Periyot, Güneş Leke Çevrimi, Astrolab*

## Abstract

The data of solar radius recorded between years 2001 and 2004 by means of the solar astrolabe of TUBITAK National Observatory (TUG) was analyzed to investigate short and long-term periodicities of the solar radius. To determine short-term periodicities from the observed solar radius, all daily radius data are need to be considered and also corrected from the atmospheric turbulence effect. Since the data obtained are non uniformly sampled and present temporal gaps about 2-3 months due to the seasonal effects and instrumental characteristics, the data series in the present work are analyzed with Date Compensated Discrete Fourier Transform (DCDFT) for short period interval not exceeding 300 days and several significant short periodicities (~18, 28, 53, 70 and 217 days) were detected. In addition, the results found at the same observational period show that the semi-diameter of the Sun in long-term increases with an amplitude of 0.04 arc sec per year in opposite phase with the sunspot cycle 23.

*Keywords: Solar radius, Periyot, Sunspot cycle, Astrolabe*

## 1. Giriş

Güneş yarıçapı ve muhtemel değişimleri 350 yılı aşkın bir zamandır araştırma konusu olmakla beraber, düzenli ölçümler teknik gelişmeye paralel olarak Observatory Cote d'Azur Gözlemevi (OCA) astrolabıyla yapıldı. Son 30 yıla dayanan bu ölçümlerden elde edilen veri serisi en az bir kez Güneş'in manyetik çevrimini kapsamaktadır. Bu seri üzerinde yapılan çalışmalar, yarıçap ile leke çevrimi arasında uzun erimli fakat zıt fazda anlamlı bir ilişki ortaya koymaktadır [1]. Böyle bir bağlantının ortaya çıkarılması, astrolab istasyonlarının sayısının artmasının yanı sıra, başka tekniklerle de yarıçap ölçümlerinin yapılmasını sağladı. Yarıçap ölçümleri, Güneş fiziği için olduğu kadar dünya iklimi için de önem taşımaktadır.

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Antalya

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, yarıçap değişimleri ile Güneş'in toplam ışınımı arasında anlamlı bir ilişki olduğu ve bunun sonucu olarak dünya ikliminin bu değişimlerden etkilendiği ileri sürülmektedir [2], [3].

Güneş yarıçapı-leke çevrimi arasındaki ilişkinin fazına yönelik tartışmalar hala devam etmektedir. Bazı araştırmacılar yarıçap-leke çevrimi arasında zıt fazda ilişki elde ederken [1], [4], [5], [6], diğerleri aynı fazda ilişki olduğunu ileri sürmektedirler [7], [8]. Hatta bir grup araştırmacı iki nicelik arasında bir ilişki olmadığını söylemektedir [9]. Çelişkili sonuçlar elde edilmesinin nedenleri arasında, yarıçapta önemli hatalara neden olan atmosferik çalkantı etkisinin düzeltilmemesi, farklı dalgaboyu aralıklarında yapılan gözlemlerin kalibrasyonunun yapılmaması ve hata payı yüksek sonuçlara dayalı analizlerin yapılması gösterilmektedir [10], [11].

Kısa dönemli Güneş yarıçapı değişimlerine yönelik çok sayıda çalışma olmamakla beraber, Gavriusev ve arkadaşları 1975-1993 yıllarını kapsayan OCA verileri üzerinde yaptığı bir çalışmada 249 gün ile 4098 gün arasında değişen çeşitli periyotlar elde ederken [12], yine 1975-1996 OCA verileri üzerinde iki farklı metodla yapılan analizlerde 27.7 gün ile 4096 gün arasında değişen bazı periyotlar elde edilmiştir [13]. Bunların dışında, Penna ve arkadaşları, Rio de Janeiro Astrolab istasyonunun 1998-1999 yıllarını kapsayan verilerinin frekans analizinde, 10 gün ile 180 gün arasında değişen periyotlar bulmuşlardır [4]. Bu istasyonun 1998-2000 yıllarını kapsayan verileri üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise, 515 günlük anlamlı bir periyot elde edilmiştir [11].

Bu çalışmada, Tübitak Ulusal Gözlemevi (TUG) Astrolab İstasyonu'nda 2001-2004 yılları arasında CCD video kamerayla yapılan yarıçap ölçümlerinin kısa dönemli periyot analizi yapılmaktadır. Sezonal ve aletsel karakteristiklerden dolayı, elde edilen veriler bahsedilen gözlem aralığında düzgün dağılmadığı için, analizler, Ferraz-Mello [14] tarafından yapılan ve Foster [15] tarafından Clean Algoritması geliştirilen Date Compensated Discrete Fourier Transform (DCDFT) metoduyla yapıldı. Ayrıca, bu dönemde elde edilen veriler aynı dönemi kapsayan Güneş leke sayıları ile karşılaştırıldı ve aralarındaki korelasyon incelendi. Alete ve gözlem istasyonuna ilişkin teknik ve temel bilgiler başka çalışmalarda verilmektedir [16], [6].

## 2. Veri Serisi ve Analiz Yöntemi

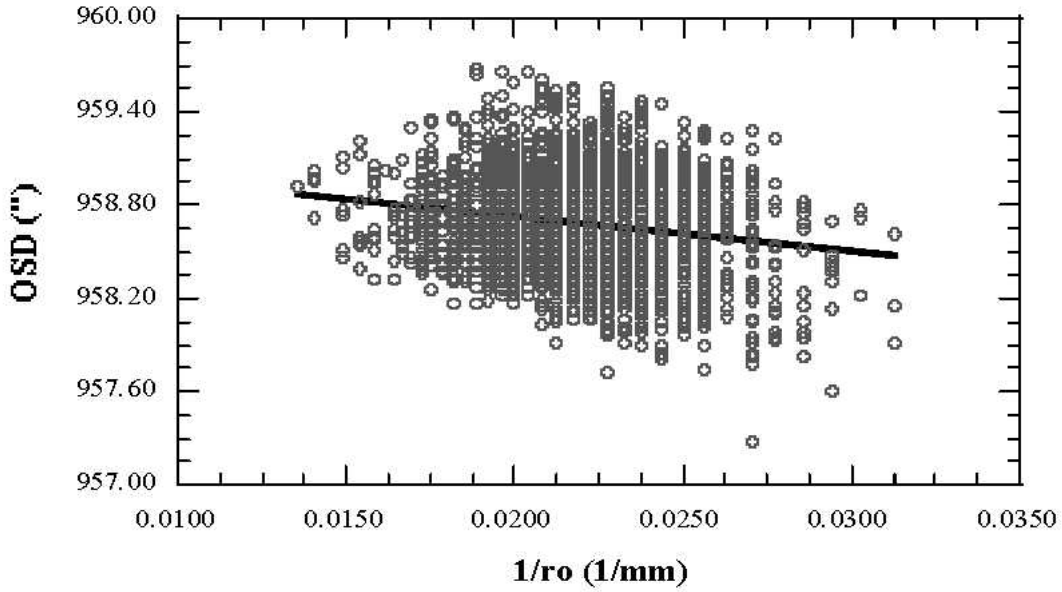
Bu çalışmada kullanılan veri serisi, 2001-2004 yılları arasında TUG Astrolab İstasyonu'nda elde edildi ve 2304 ölçümden oluşmaktadır. Farklı atmosferik ve meteorolojik koşullarda yapılan gözlemlerde, Görünen Güneş yarıçapı (OSD) verileri kenar kararmasına neden olan atmosferik çalkantı etkisini de içerdiği için, bu etkiden arındırılarak analiz edildi. Böylece düzeltilmiş yarıçap verileri elde edildi ve bu veriler CSD olarak adlandırıldı. Bu düzeltme işlemi, yarıçap ölçümü ile eş zamanlı olarak elde edilen ve atmosferik çalkantıyı temsil eden Fried parametre yardımıyla yapılmaktadır. Fried parametre ( $r_0$ ), Rocca ve arkadaşları tarafından verilen

$$r_0 = 8.25 * 10^5 * D^{-1/5} * \lambda^{6/5} * (\sigma^2)^{-3/5} \quad (1)$$

ifade ile temsil edilmektedir [17]. Burada, D (metre) astrolabın açıklığı,  $\lambda$  (metre) ölçüm yapılan etkin dalgaboyu ve  $\sigma$  (yay saniyesi) gözlenen yörüngelerdeki çizgisel fit üzerindeki saçılmaları temsil etmektedir. Fried parametrenin görelisi olarak büyük değerleri daha düzenli bir atmosferi temsil ettiği için,  $1/r_0=0$  için en ideal atmosfer elde edilir. OSD değerlerinin  $1/r_0$  'a karşı grafiği çizilerek çizgisel extrapolasyonu alındığında, OSD'nin atmosfer dışı değerleri elde edilir (Şekil 1). Grafikten elde edilen çizgisel denklem,

$$OSD_i = \langle CSD \rangle - a/r_{0i} \quad (2)$$

şeklindedir. Burada  $i$  ölçüm sayısını temsil eder ve bu denklem en küçük kareler yöntemiyle çözülerek  $a$  katsayısı elde edilir. Bunun sonucunda bütün OSD değerlerine düzeltme terimi eklenerek her ölçüme karşılık gelen CSD değerleri elde edilir. Bu işlem her yılın verileri için ayrı ayrı yapılarak CSD değerleri elde edilmiştir.



**Şekil 1.** 2001-2004 yıllarını temsil eden Görünen güneş yarıçapı değerlerinin  $1/r_0$ 'a karşı grafiği. Bu grafikten  $1/r_0=0$  için Güneş yarıçapının atmosfer dışındaki değeri elde edilir.

Bu yöntemle elde edilen düzeltilmiş yarıçapın yıllık ortalama değerleri ve standart sapmaları Tablo 1'de verilmektedir.

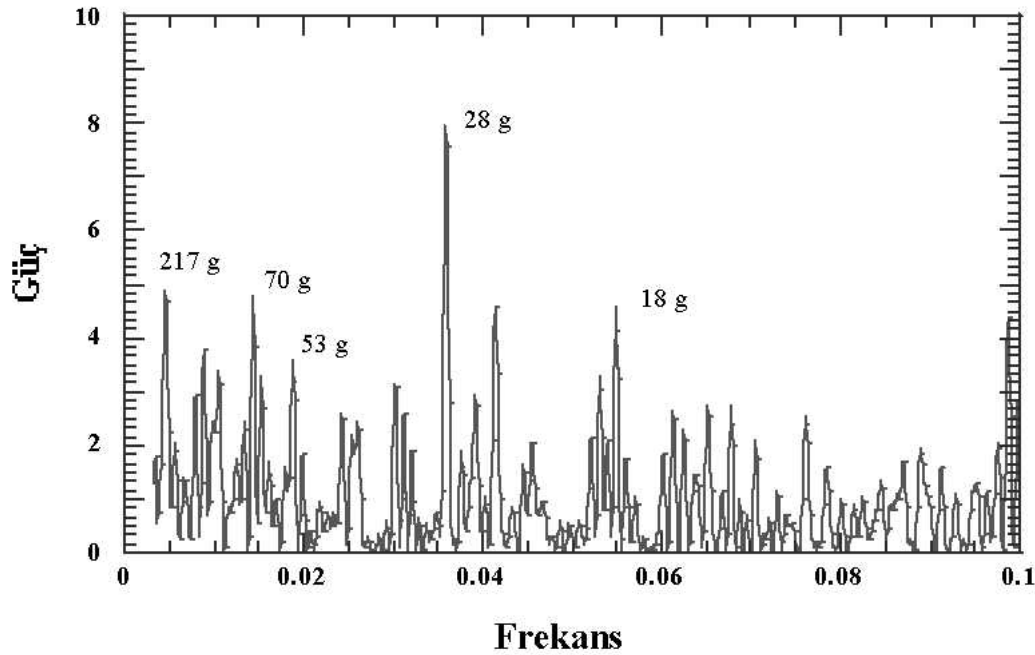
**Tablo 1.** 2001-2004 yılları arasında elde edilen CSD değerlerinin yıllık ortalamaları, standart hataları ( $\epsilon$ ) ve standart sapmaları ( $\sigma_{CSD}$ ).

Yıl	OSD (")	$\epsilon$ (")	$\sigma_{CSD}$ (")
2001	959.09	0.01	0.32
2002	959.15	0.02	0.34
2003	959.24	0.01	0.30
2004	959.25	0.01	0.31

2304 ölçümden oluşan CSD veri serisinin kısa dönemli değişimler gösterip göstermediğini görmek için, yarıçapın günlük ortalamaları hesaplandı ve 794 noktadan oluşan bu seriye DCDFT uygulandı. Bu analiz yöntemi, zamana bağlı olarak düzenli verilerin elde edilemediği durumlarda oldukça iyi sonuçlar vermektedir [15] ve zaman eksenini Jülien Gün birimindedir. TUG Astrolab İstasyonunda yapılan Güneş yarıçap ölçümlerinde de Jülien Gün kullanılmakta ve özellikle gözlem sezonları arasında 3 aya varan boşluklar bulunmaktadır. Bu büyük boşluklar, astrolabın kurulu bulunduğu enlemden dolayı Güneş'in yıl içerisinde Şubat ayı başından Kasım ayı ortalarına kadar gözlenebilmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, yıl içerisinde meteorolojik nedenlerden dolayı birkaç günü geçmiyen küçük boşluklar da mevcuttur. Bu yüzden analizler 10 ile 300 günlük periyotlara karşılık gelen frekans aralıklarında yapıldı.

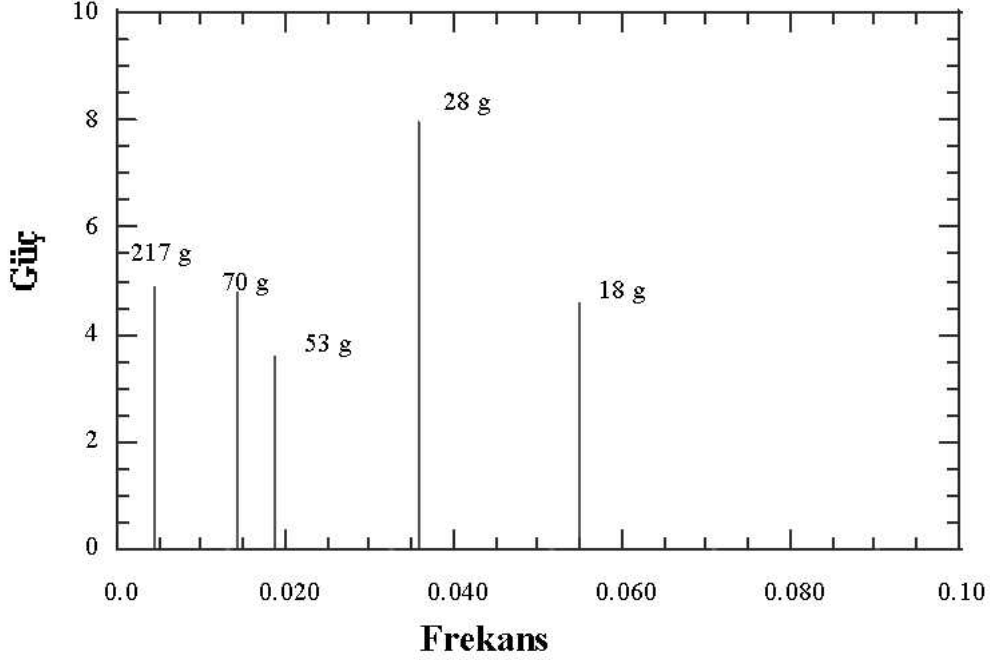
### 3. Sonuçlar

Güneş yarıçapının günlük ortalama değerlerinden elde edilen veri serisinin analizinden elde edilen güç tayfi Şekil 2'de verilmektedir



Şekil 2. DCDFT güç tayfi ve bu tayftan elde edilen anlamlı periyotlar.

Tayf incelendiğinde güç şiddeti 2'den büyük birkaç periyot görülmektedir. Fakat sadece güç şiddetlerinden bu periyotların anlamlı olup olmadığını söylemek yanıltıcı olabilir. Kullanılan analiz yönteminin Clean Algoritması, güç tayfinda şiddet değeri 2'den büyük periyotları dikkate alıp diğerlerini eleyerek verileri yeniden analiz ediyor. Geriye kalanlar için genlik değerlerini kontrol ediyor ve genlikleri hata payının altında kalan periyotları da eliyor. Yöntem, bu ardışık işlemleri tekrarlandıktan sonra kalan 20 periyodu hatalarıyla beraber veriyor ve kullanıcı bunların içinden şiddet ve genliği anlamlı olanları seçiyor.



**Şekil 3.** Şekil 1’deki güç tayfına uygulanan Clean algoritma sonucu elde edilen anlamlı periyotlar.

Şekil 2’ye Clean algoritma uygulandıktan sonra bulunan anlamlı periyotlar Şekil 3’te ve Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’de verilen periyotlar güç şiddetleri sırasına göre yazılmıştır. Böylece en büyük güç şiddetine 27.86 günlük periyodun sahip olduğu Şekil 3’ten de görülmektedir. Şekil 2’de verilen tayfa bakıldığında güç şiddeti bakımından anlamlı birkaç periyot yer almasına karşın, Clean Algoritma uygulandıktan sonra bu çizgilerin genliklerinin 0.02”’nin altında kaldığı için çoğu anlamlı bulunmamıştır. Yarıçapı etkileyebilecek en

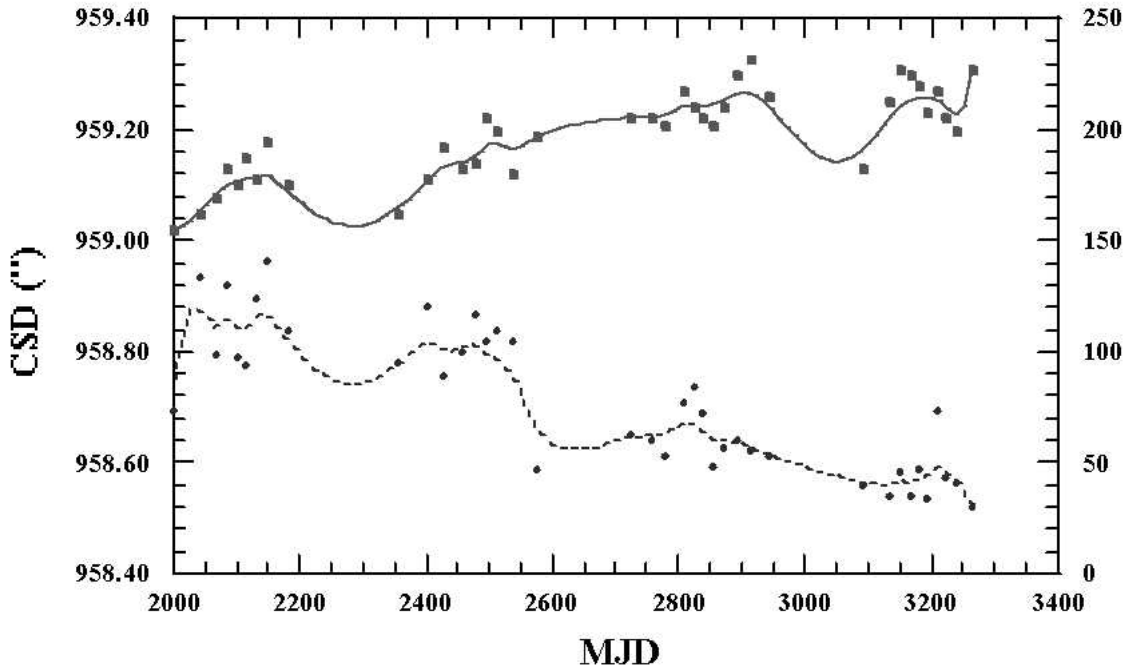
**Tablo 2.** Clean algoritma uygulandıktan sonra güç şiddeti sırasına göre elde edilen periyotlar, hata oranları, bu periyotlara karşılık gelen genlikler ve hata oranları.

Periyot (Gün)	Genlik (")	Periyot (Gün)	Genlik (")
27.86 ± 0.18	0.04 ± 0.02	18.21 ± 0.11	0.03 ± 0.02
217.39 ± 8.04	0.05 ± 0.02	10.13 ± 0.03	0.03 ± 0.02
69.93 ± 1.49	0.03 ± 0.02	112.36 ± 4.80	0.02 ± 0.02
24.15 ± 0.23	0.02 ± 0.02	53.19 ± 0.94	0.03 ± 0.02

önemli etken olan atmosferik çalkantı etkisi kaldırıldıktan sonra yapılan periyodik analizden elde edilen 28, 217, 70, 53 ve 18 günlük periyotlar oldukça anlamlı bulunurken, güç tayfında kısmen anlam yüklenebilecek 24, 10 ve 112 günlük 3 periyot daha görülmektedir. Bu

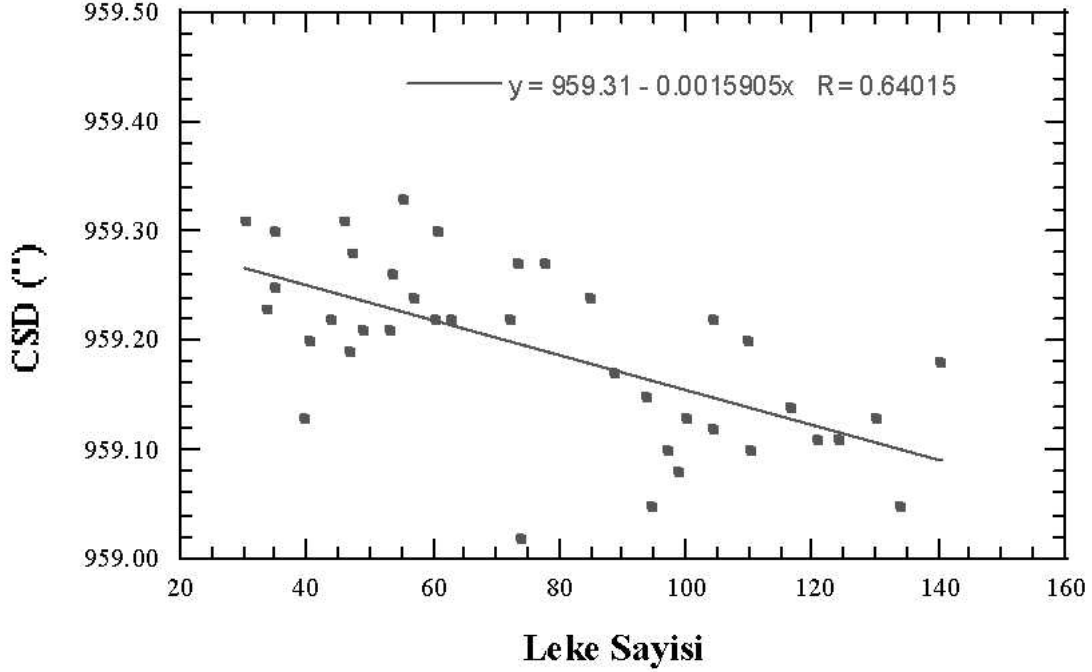
periyotlar kuşkulu görünmekle beraber, tartışma bölümünde literatür değerleriyle karşılaştırılarak anlamlı olup olmadıkları tartışılacaktır.

Uzun dönemde yarıçap değişimini görmek için, veri serisi düzleştirildi ve leke sayıları ile karşılaştırıldı. Bu işlem için Antalya’da ölçülen yarıçap ve Brussel World Data Center for Sunspot Numbers (SIDC)’dan elde edilen leke sayılarının aylık ortalamaları alınarak düzleştirildi ve elde edilen iki seri arasındaki grafiksel trend (Şekil 4) ve çizgisel korelasyon incelendi.



Şekil 4. 2001-2004 yılları arasında Güneş yarıçapı ve leke sayısının Jülien güne bağlı değişimi. Burada  $MJD=JD-2450000$  dir. Sürekli çizgi yarıçap değişimini, noktalı çizgi leke sayısı değişimini temsil etmektedir ve her iki değişken de 60 noktanın ortalaması alınarak düzleştirilmiştir.

Şekil 4'e bakıldığında, gözönüne alınan dönemde Güneş yarıçapı artış yönünde bir trend gösterirken, 23.çevrimin karakteristiğinden dolayı güneş leke sayılarının azalan bir trende sahip olduğu görülmektedir. Daha anlamlı olanı, bu iki parametrenin gösterdiği değişime ilişkin korelasyondur. Yapılan hesaplamada iki parametre arasında 0.64 gibi oldukça iyi kabul edilebilecek negatif bir korelasyon mevcuttur. Tablo 2'deki yıllık ortalama değerler gözönüne alındığında yarıçaptaki değişimin yaklaşık olarak  $0.04''/yıl$  olduğu görülmektedir. Leke çevriminin henüz tamamlanmamış olmasına karşın 4 yıllık yarıçap verileriyle olan ilişkisi gözönüne alındığında, anlamlı bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Yarıçap verileri yılın tümüne yayılmamış olsa da verilerin aylık ortalamalar üzerinden düzleştirilmesiyle sezonlar arasındaki veri boşlukları trendi etkilememektedir.



Şekil 5. Yarıçap-Leke sayısı arasındaki korelasyon. Burada R çizgisel korelasyon olup değeri 0.64'tür.

#### 4. Tartışma

Bu çalışmada, TUG Astrolabıyla 2001-2004 yılları arasında ölçülen Güneş yarıçap verilerine atmosferik çalkantı etkisi için düzeltme yapıldıktan sonra günlük ortalama değerler dikkate alındı. Elde edilen veri serisine DCDFT uygulanarak periyodik analiz yapıldı ve ortaya çıkan güç tayfi Şekil 2'de görülmektedir. Bu güç tayfına Foster [15] tarafından geliştirilen Clean algoritma uygulandıktan sonra geriye kalan anlamlı periyotlar Şekil 3 ve Tablo 2'de verilmektedir. Bu periyotlardan en anlamlı görülen 27.86 günlük periyot Moussaoui ve arkadaşlarının çalışmasında [13] elde bulunan periyotla neredeyse aynı (27.70 gün) ve Güneşin dönmesinden kaynaklanabilecek bir periyot olarak yorumlanabilir. 217.39 günlük periyot bir başka anlamlı değer olarak görünürken, 69.93 günlük periyot, Penna ve arkadaşları tarafından 67.50 gün olarak bulunmuştur [4]. 24.15 günlük periyot'un güç şiddeti 4.5 civarında olmasına karşın genlik değeri hata değeri civarında olmasından dolayı tam olarak anlam yüklenememektedir. Bununla beraber bu periyot Penna ve arkadaşları tarafından 24.50 gün ve 0.03" genlikle elde edilmiş [4] ve Güneş'in dönmesiyle ilişkilendirilmektedir. Diğer iki anlamlı çizgi 18.21 ve 10.13 günlük periyotlar olarak görünürken, bu periyotların lekelerin karakteristik yaşam süreleriyle ilişkili olabileceği düşünülebilir. 112.36 günlük periyot zayıf bir genliğe ve şiddete sahip olmasına karşın, Penna ve arkadaşlarının çalışmasında [4] elde edilen 108.00 günlük periyota oldukça yakın görünmektedir. 53.19 günlük periyot Moussaoui ve arkadaşlarının çalışmasında [13] 52.10 gün olarak elde edilirken, Penna ve arkadaşlarının [4] yaptığı çalışmada 49.10 gün olarak elde edilmiş ve bu periyot da leke yaşam süresiyle ilişkilendirilebilir.

Antalya Astrolabıyla 2001-2004 arasında elde edilen Güneş yarıçapı sonuçları, SIDC tarafından kaydedilen aynı dönemi kapsayan leke çevrimiyle karşılaştırıldı. Şekil 4'den de görüleceği gibi Güneş'in önemli iki değişkeni zıt fazda bir ilişki görülmekte ve 0.64 gibi anlamlı bir korelasyon vermektedir. OCA'da 1978-2003 yıllarını kapsayan astrolabla yapılan yarıçap ölçüm sonuçlarına göre elde edilen korelasyon -0.66 [18] iken, bu değer 1990-2003 yıllarını kapsayan Santiago Astrolab İstasyon'u ölçümlerinde 0.70 civarında [7] ve bu istasyonun yıllık ortalama yarıçap değerlerinin standart sapması 0.50" nin üzerindedir. TUG İstasyonunda standart sapmalar 0.30-0.35" aralığında iken, OCA'da 0.40" civarında olduğu görülmektedir. Üstelik OCA ve TUG birbirine çok benzer sistemler kullanırken [5] Santiago İstasyonu'nun sistemi bunlardan farklıdır ve gözlemler görsel olarak yapıldığı için sonuçlar gözlemci hatasını da barındırmaktadır [4]. Bu bağlamda OCA ve TUG'un benzer aletleri kullanmalarından dolayı sonuçlarının birbiriyle olan uyumu, yarıçap-leke çevrimi arasındaki faz ilişkisi bakımından önem kazanmaktadır.

#### Kaynaklar

- [1] Laclare, F., Delmas, C., Coin, J.P., Irbah, A. (1996), "Measurements and Variations of the Solar Diameter", *Solar Phys.*, 166, 211-229.
- [2] Pap, J. Rozelot, J. P., Godier, S., Varadi, F. (2001), "On the relation between total irradiance and radius variations", *A&A*, 372, 1005-1018.
- [3] Rozelot, J. P.; Lefebvre, S., Pireaux, S.; Ajabshirizadeh, A. (2004), "Are Non-Magnetic Mechanisms Such As Temporal Solar Diameter Variations Conceivable for an Irradiance Variability?", *Solar Phys.*, 224, 229-235.
- [4] Penna, J. L., Jilinski, E. G., Andrei, A. H., Puliaev, S. P., Reis Neto, E. (2002), "CCD astrolabe solar diameter measurements in 1999-2000", *A&A*, 384-650-653.
- [5] Andrei, A. H., Boscardin, S. C., Chollet, F., Delmas, C., Golbasi, O., Jilinski, E. G., Kiliç, H., Laclare, F., Morand, F., Penna, J. L., Reis Neto, E. (2004), "Comparison of CCD astrolabe multi-site solar diameter observations", *A&A*, 427, 717-723.
- [6] Kiliç, H., Golbasi, O., Chollet, F. (2005), "Measurements of the Solar Radius in Antalya between 2001-2003", *Solar Phys.*, 229, 5-12.
- [7] Noël, F. (2004), "Solar cycle dependence of the apparent radius of the Sun", *A&A*, 413, 725-732.
- [8] Selhorst, C. L., Silva, A. V. R., Costa, J. E. R. (2004), "Radius variations over a solar cycle", *A&A*, 420, 117-1121.
- [9] Kuhn, J. R., Bush, R. I. Emilio, M., Scherrer, P. H. (2004), "On the Constancy of the Solar Diameter. II.", *Astrophysics J.*, 613, 1241-1252.
- [10] Irbah, A., Laclare, F., Borgnino, J., Merlin, G. (1994), "Solar diameter measurements with Calern Observatory astrolabe and atmospheric turbulence effects", *Solar Phys.*, 149, 213-230.
- [11] Reis Neto, E., Andrei, A. H., Penna, J. L., Jilinski, E. G., Puliaev, S. P. (2003), "Observed Variations of the Solar Diameter in 1998/2000", *Solar Phys.*, 212, 7-21.
- [12] Gavryusev, V., Gavryuseva, E., Delache, P., Laclare, F. (1994), "Periodicities in solar radius measurements", *A&A*, 286, 305-308.
- [13] Moussaoui, R., Irbah, A., Fossat, E., Borgnino, J., Laclare, F., Delmas, C., Schmider, F. X. (2001), "Spectral analysis of solar diameter measurements recorded at Calern Observatory astrolabe during two solar cycles", *A&A*, 374, 1100-1107.
- [14] Ferraz-Mello, S. (1981), "Estimation of Periods from Unequally Spaced Observations", *Astronomical J.*, 86, 619.
- [15] Foster, Grant. (1995), "The cleanest Fourier spectrum", *Astronomical J.*, 109, 1889-1902.
- [16] Golbasi, O., Chollet, F., Kiliç, H., Sinceac, V., Aslan, Z., Sozen, E. (2001), "Solar radius determinations obtained with the CCD astrolabe at TUBITAK National Observatory", *A&A*, 368, 1077-1082.
- [17] Rocca, A., Roddier, F., Vernin, J. (1974), "Detection of atmospheric turbulent layers by spatiotemporal and spatioangular correlation measurements of stellar-light scintillation", *JOSA*, 64, 1000.
- [18] Delmas, C., Morand, F., Laclare, F., Irbah, A., Thuillier, G., Bourget, P. (2006), "Ground solar radius survey in view of microsatellite missions", *AdSpR*, 37, 1564-1568.