

23. Güneş Çevrimi Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndekslerinin Dönemli Değişimleri

Tamer Ataç, Atila Özgüç

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
Astronomi Laboratuvarı, Çengelköy, İstanbul

Özet :

Güneş etkinliğinde meydana gelen değişimler, yere yakın uzay durumumuz ve manyetosfer-iyonosfer-termosfer sisteminde var olan çok değişken, dinamik koşulları etkilemektedir. Günümüzde teknolojinin erişmiş olduğu düzey ve ilerleme hızı nedeniyle öncelikle ileri teknolojiyi üreten ve kullanan ülkelerde "uzay havası - space weather-" kavramı önem kazanmıştır. Güneş etkinliği ile ilgili çalışmalarda her ne kadar güneş çevrimlerinin oluşumunda rol oynayan süreçlerin çoğu anlaşılmaya başladıysa da henüz elimizde çevrimlere ait başlangıç koşullarını yerleştirip gelecekte alacağı durumun hesaplanabileceği fiziksel bir model yoktur. Bu bağlamda, gelecek çevrimlerle ilgili öngörülerin yapılabilmesi için Güneş çevrimleriyle ilgili bilgilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

23. Güneş çevriminin çıkış kolunda da Güneş etkinliğinin izlenmesiyle ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. Biz de Kandilli Rasathanesinde Güneş etkinliğinin göstergelerinden biri olan Güneş patlamaları indeksini (FI) hesaplamayı sürdürmekteyiz. Bu çalışmada FI'nin çevrimin çıkış kolundaki durumunu Güneş atmosferinin farklı tabakalarında farklı fiziksel koşullar altında ortaya çıkan diğer etkinlik indeksleriyle karşılaştırarak grafik gösterimlerini verdik. Halen maksimum evresinin tamamlanmakta olduğu çevrimde, çalıştığımız çıkış kolundaki etkinliği bir önceki çevrimin çıkış kolundaki etkinlikle karşılaştırdık. Bu çevrimde etkinliğin güneşin toplam ışınımı hariç bütün etkinlik indekslerinde daha zayıf sürdüğünü gözledik. 21. çevrimde Rieger ve arkadaşlarının (1984) Güneş etkinliğinin kısa dönemli değişimleri için buldukları 155 günlük dönem, bu tür çalışmaların öngörü modellerinin hazırlanmasında yararlı olacağını gösterdi. Biz de 23. çevrimin çıkış kolundaki çalışmamızda kullandığımız etkinlik indekslerinin günlük değerlerine Fourier analizi uygulayarak güç spektrumlarını elde ettik. Bu analiz sonunda bulduğumuz dönem değerlerini önceki çevrimler için bulunan değerlerle karşılaştırarak tartıştık.

Giriş:

Güneş etkinliğinde meydana gelen değişimler, yere yakın uzay durumumuz ve manyetosfer-iyonosfer-termosfer sisteminde var olan çok değişken, dinamik koşulları etkilemektedir. Günümüzde teknolojinin erişmiş olduğu düzey ve ilerleme hızı nedeniyle öncelikle ileri teknolojiyi üreten ve kullanan ülkelerde "uzay havası - space weather-" kavramı önem kazanmıştır. Uzay havasındaki değişimlere yol açan Güneş etkinliği, Güneş'te üretilen manyetik akının Güneş atmosferinin farklı katmanlarında farklı zamanlar ve yerlerde, değişik dağılımının sonucu ortaya çıkmaktadır. Güneş çevrimleri süresince karmaşık yollarla değişen geçici Güneş olaylarının geniş bir sınıflandırması " Güneş etkinliği " terimini doğurmuştur. Konveksiyon bölgesinden taşınan binlerce gauss'luk manyetik akı tüplerinin yüzeye ulaştığı siyah alanlar Güneş lekeleridir. Bu leke grupları birkaç yüz gauss' luk manyetik alana sahip etkin bölgelerle çevrelenmiştir. Güneş atmosferinin en üst katmanı koronaya uzanan devasa manyetik akı tüplerinin içinde, sıcaklığı kromosferde gözlenen değerlerde plazma bulunur. Güneş patlaması gözlemleri etkin bölgelerdeki fıskırmalar (prominences) sırasında hangi boyutlarda manyetik enerjinin açığa çıktığını ortaya koymaktadır. Çok büyük ölçekte kütle atımı olan koronal kütle atımları ya bu etkin bölgelerde ya da etkin bölgelerin dışında gelişen fıskırmalar ile ilişkilidir.

Güneş etkinliği dendiğinde etkinliğin süresi çeşitlilik gösterebilir. Bu çeşitlilik saniye, dakika ve saat gibi çok küçük zaman ölçeklerinde gerçekleşen güneş patlamaları, koronal kütle atımları, aylar boyunca sürebilen etkin bölgelerin evrimi ve yıllar sürebilen 11 veya 22 yıllık çevrimler gibi geniş bir yelpaze içinde olabilir. Güneş etkinliğinin çeşitli görünümünü değişik indekslerle tanımlamak bize Güneşin uzun dönemli değişimlerini çalışabilme, diğer yıldızlarla karşılaştırabilme ve yakın uzay çevremizde atmosferde yarattığı değişimleri sorgulama olanağı tanımaktadır. Güneş etkinliği indeksi, Güneş etkinliğinin bu görünümünden birindeki değişimlerle ilgili gözlenenlerin tamamının göz önünde bulundurulması, sayısal bir biçimde ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Güneş öylesine karmaşık bir yapıya sahiptir ki yüzeyde izlenen etkinlik merkezlerinin her birinde oluşan süreçlerin ve bu merkezlerdeki küçük ölçekli manyetik plazma yapılarının henüz anlaşılması oldukça zordur. Bunun yanı sıra Güneş etkinliğinin bütün görünümünde varolan benzerliklerin de göz ardı edilmesi olanaksızdır. Bunun en önemli nedeni Güneş etkinliğinin fotosfer, kromosfer ve koronada farklı zamanlarda, farklı yerlerde, farklı dağılımlarda tek bir etken " manyetik akı " ile oluşturulmasıdır. Bunun sonucu doğal olarak Güneş etkinliğini en iyi tanımlayacak indeksin, manyetik akının

T. Ataç ve A. Özgüç: 23. Güneş Çevrimi Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndekslerinin Dönemli Değişimleri

belirlenmesiyle oluşturulacak indeks olacağını düşünmek kaçınılmazdır. Oysa söz konusu manyetik akı henüz doğrudan ölçülememektedir. Bunun yerine çalışmalarımızda Güneş etkinliği indeksi olarak manyetik alanların egemen olduğu ve düzenlediği değişimlerin sayısallaştırılmış biçimlerini kullanmaktayız. Böylelikle değişik indeksler seçerek Güneş atmosferinin farklı katmanlarında süren etkinliğin değişimlerini de tanımlamayı olanaklı kılmaktayız.

Yakın uzay çevremizi ve manyetosfer-iyonosfer-termosfer sistemimizi etkileyen en önemli olaylardan biri de Güneşte meydana gelen olayların en şiddetlilerinden koronal kütle atımlarıdır. Dünya – Güneş ilişkisi araştırmalarında Güneş patlamalarının da en az koronal kütle atımları kadar etkili olduğu görülmektedir. Güneş patlamaları sırasında patlamanın olduğu yerden elektromanyetik tayfın radyo bölgesinden başlayıp X-ışınımı hatta bazı durumlarda γ -ışınımı (Gama ışınımı) bölgesine kadar geniş bir yelpazede uzanan ışınım yayımı görülür. Bunun yanısıra uzaya yüksek enerjili parçacıklar da yüksek hızlarla gönderilir. Koronal kütle atımlarının ancak 1973 yılından itibaren düzenli olarak gözlenmeye başlanması geçmişe dönük Güneş etkinliği analizlerinin daha sağlıklı yapılabilmesinde Güneş patlamalarıyla ilgili hazırlanmış indeksleri önemli kılmaktadır. Güneş etkinliğinin değişik görünüşlerinden biri olan Güneş patlamaları bu etkinliğin hızlı değişen olayları arasındadır. Güneş patlamaları, gözlem araçlarının giderek iyileştirilmesi ile 1936 yılından itibaren her gün düzenli olarak gözlenilmeye başlanmıştır. İlk kez Kleczek (1952) bu gözlemlerin de sayısallaştırılmasının aşağıdaki bağıntıyla belirlenmesini önermiştir.

$$FI = i \cdot t \quad (1)$$

Burada " i " Çizelge 1 de gösterildiği gibi Güneş patlamasının H_{α} ışığında gözlenen şiddetine göre bir katsayıyı, " t " de patlamanın bu dalgaboyunda ölçülen dakika cinsinden süresidir. Aynı gün içerisinde gözlenen her patlama için FI değerleri hesaplanarak toplanır. Bu toplam değer o gün yapılan gözlemin toplam süresine bölünür, her gün 24 saat boyunca H_{α} gözlemi yapılamadığından gerçek gözlem süresi hesaplanır bundan sonra günlük toplam FI değeri günlük gerçek gözlem süresine bölünür. Günlük FI değerlerinin

ÇİZELGE 1

H_{α} sınıfı	i	H_{α} sınıfı	i
SF, SN, SB	0.5	2B	2.5
1F, 1N	1.0	3F, 3N, 4F	3.0
1B	1.5	3B,4N	3.5
2F, 2N	2.0	4B	4.0

hesaplanmasında NGDC (National Geophysical Data Center) veri merkezinin hazırlayıp yayınladığı en son Güneş patlamaları listesi kullanılmakta ve günlük gözlem süreleri de bu listelerden hesaplanmaktadır. 1986 yılından bu yana hesaplanmasını Kandilli Rasathanesi'nde sürdürdüğümüz FI değerlerinin kullanımı uluslararası kabul görmüştür. Günlük FI değerleri için aşağıda adresleri bulunan internet sitelerine başvurulabilir.¹

1936 yılından 2001 yılına kadar günlük FI değerlerini içeren araştırmalar Kleczek (1952), Knoska ve Petrsek (1984), Ataç (1987) ve Ataç ve Özgüç (1998, 2001) tarafından yayınlanmıştır.

Bu çalışmada FI'nin 23. Çevriminin çıkış kolu ve maksimum evresindeki durumu Güneş atmosferinin farklı tabakalarında farklı fiziksel koşullar altında ortaya çıkan diğer etkinlik indeksleriyle karşılaştırılmış grafik gösterimleri verilmiştir. Bu etkinlik indekslerinin bir kısmına Fourier analizi uygulanmış güç spektrumları elde edilerek, dönemli değişimleri araştırılmıştır.

23. Güneş Çevriminin Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndeksleri :

Çalışmamızdaki zaman aralığı Güneş leke sayılarına bakıldığında görüleceği üzere minimum yıl olan 1996 yılının başından 2001 yılının sonuna kadar geçen 72 ayı kapsamaktadır. Öncelikle 23. Güneş çevriminin çıkış kolunda Güneş etkinliğinin farklı görünüşlerini temsil eden farklı etkinlik indeksleri kullanarak çevrimin zamana bağlı değişimlerini gösteren grafikler elde edilmiştir ve 23.çevrimin özellikleri tartışılmıştır. Bu grafiklerde aşağıdaki etkinlik indeksleri kullanılmıştır.

1) **MMF** (The Mean Solar Magnetic Field), Stanford Üniversitesi, Wilcox Güneş gözlemevinde mikrotelas cinsinden ölçülen ortalama manyetik alan şiddeti. Gözlemler 1975 yılından bu yana sürdürülmektedir. (Scherrer ve diğerleri, 1977). (<http://quake.stanford.edu/~wso/wso.html>)

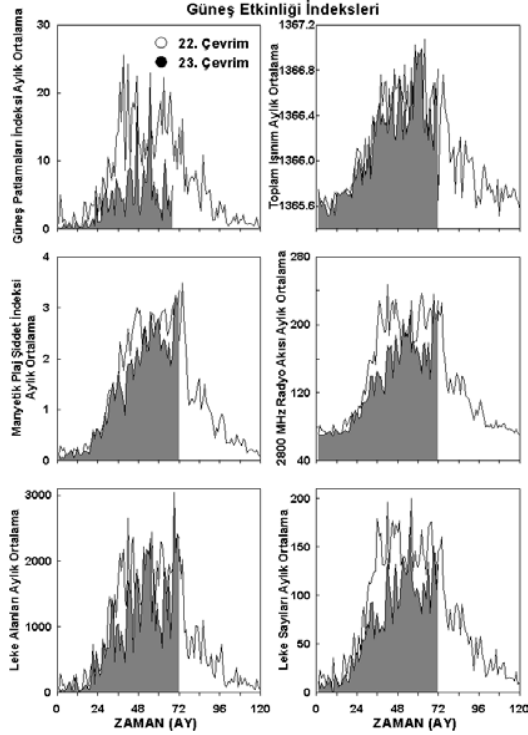
2) **MPSI** (The Magnetic Plage Strength Index) Mount Wilson Rasathanesi'nin hesapladığı günlük manyetik plaj şiddet indeksi, Manyetogram üzerinde manyetik alan şiddeti 10 ile 100 gauss

¹ <http://www.koeri.boun.edu.tr/astromy/findex.html>

ftp://ftp.koeri.boun.edu.tr/pub/astromy/flare_index.html

ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_FLARES/INDEX

arasında olan piksellerin mutlak değerleri toplanıp manyetogramdaki toplam piksel sayısına bölünerek elde edilen bu index 1970 yılından bu yana hesaplanmaktadır. (http://www.astro.ucla.edu/~obs/150_data.html)



Şekil 1. 23. Güneş çevrimi Güneş etkinliği indekslerinin 22. çevriminkilerle karşılaştırılması.

3) TSA (The Total Area of Sunspot Groups) Mount Wilson / USAF/ NOAA gözleminde gözlenen leke gruplarının düzeltilmiş alanları (<http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/greenwich.html>)

4) RSN (The Relative Sunspot Number), Güneş Lekesi Sayıları Belçika' daki Dünya Veri Merkezi'nde dünya üzerindeki 40'a yakın gözleminin katkılarıyla hazırlanmaktadır. (<http://sidc.oma.be/index.php3>)

5) (IR, The Sun's Total Irradiance), Uydulara yerleştirilmiş 5 ışınımölçerin bağımsız olarak ölçtüğü toplam güneş ışınımı ölçümleri 1978 yılından bu yana sürdürülmektedir. Bu ölçümlerden itibaren hazırlanan indeksin ayrıntıları Fröhlich ve Lean (1998)' in yayınında bulunabilir. Çalışmamızda indeksin son versiyonu olan 23. versiyonu kullanılmıştır.

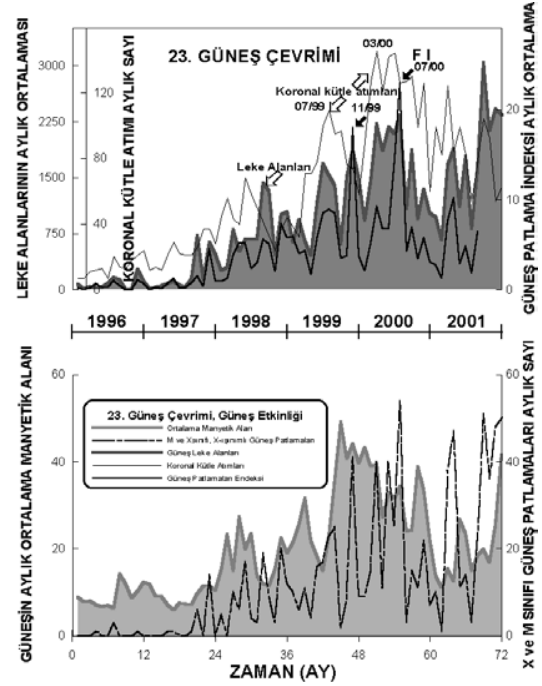
<ftp://ftp.pmodwrc.ch/data/irradiance/composite>)

6) CME (The Coronal Mass Ejection), Koronal kütle atımları, genellikle güneş leke gruplarının üzerinde gelişen olaylarla birdenbire açık duruma geçen kapalı manyetik alanlardan şiddetle ivmelenmiş güneş maddesi gezegenlerarası ortama gönderilir. Büyük koronal kütle atımları sırasında atılan güneş maddesi 10^{16} gr mertebesindedir. Koronal kütle atımları 1995 yılından bu yana SOHO uydusunun 11 aletinden biri olan geniş açılı spektrometrik koronograf (LASCO) aletiyle takip edilmektedir. Çalışmamızda bu grubun hazırladığı koronal kütle atımı listelerinden yararlanılmıştır. (<http://lasco-www.nrl.navy.mil/cmelist.html>)

7) SF (The Solar Flux), Güneşten gelen 2800 MHz 'deki (10,7 cm dalgaboylu) radyo akısı 1947 yılından bu yana Kanada'da ölçülmektedir, halen Dominion Radyo Astrofizik gözleminde tam otomatik iki radyo teleskopla gözlemler sürdürülmektedir.

ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_RADIO/FLUX/

Yukarıdaki Güneş etkinliği indekslerinin aylık ortalama değerlerinin zamana göre değişimini gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere bir önceki çevrimin çıkış kolundaki etkinlik değerleriyle 23. çevrimin değerleri karşılaştırıldığında bütün etkinlik indekslerinde Güneş etkinliğinin bu çevrimde daha zayıf sürdüğü görülmüştür. Güneş lekelerinin manyetik özelliklerinin



Şekil 2. 23. Güneş çevriminde koronal kütle atımlarının, Güneş patlamalarının, leke alanlarının ve manyetik alanın durumu.

T. Ataç ve A. Özgüç: 23. Güneş Çevrimi Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndekslerinin Dönemli Değişimleri

ve Güneş'in ortalama manyetik alanlarının zamanla değişimi Güneş etkinliğinde temel olarak alınırsa 22 yıllık Güneş çevriminin 11'er yıl süren çift ve tek numaralı bir ikili oluşturduğu görülür. Güneş lekeleri sayıları istatistiksel anlamda etkinlik indeksi olarak kullanılırsa Gnevyshev – Ohl (1948) Kanunu'na göre çift numaralı 11 yıllık çevrimi izleyen tek numaralı 11 yıllık çevrimde etkinliğin genliği daha büyük olmalıdır. Geçtiğimiz 150 yıl boyunca bu düzenin sürmesine rağmen, bu çevrimin çıkış kolunda ve maksimum evredeki genliğin şiddeti bu kuralın bozulacağına işaret etmektedir. Oysa 22. çevrimin genliğine bakıldığında 23. çevrimin genliğinin çok şiddetli olması gerekir ancak durum bunun tersini göstermektedir. Geçmişteki çevrimlere bakıldığında bu çevrimlerden 4-5 ve 8-9 çiftlerinde de benzer bir durum olduğu görülmektedir. 4. ve 8. çevrimlerde de etkinliğin genliği 22. çevrimde olduğu gibi çok yüksektir. Komitov ve Bonev (2001) çalışmalarında genliği çok yüksek çift sayılı 11 yıllık çevrimlerden sonra daha düşük genlikli tek sayılı 11 yıllık çevrimlerin gelebileceğine dikkat çekmişlerdir.

Bir başka çalışmada, Rusin ve Rybansky (2002) 530.3 nm dalga boyu FeXIV çizgisinin şiddetinin ölçümünden oluşturulan yeşil korona indeksini kullanarak geçtiğimiz 5 çevrim süresince bu indeksin genliğinin çevrimlerin maksimumunda düzenli olarak arttığını göstermişlerdir. Onlar da bu çevrimin çıkış kolu için yeşil korona indeksinin genliğinin diğer etkinlik indekslerinde olduğu gibi önceki çevrime göre çok zayıf kaldığını belirtmişlerdir. Bu duruma bir açıklama getirmek için Mariş ve diğerleri (2000) çalışmalarında 23. Çevrime ait ilk etkin bölgenin çevrimin minimum evresinde yani 1996 Mayıs ayında görüldüğünü açıklamışlardır. Oysa daha önceki çevrimlere bakıldığında yeni çevrimlere ait etkin bölgelerin bir önceki çevrimin iniş kolunun birinci yarısında çıktığı görülmektedir. Çalışmalarında bu gecikmenin konvektif bölgenin altında üreyen, yeni çevrime ait toroidal manyetik alanın yavaş geliştiğini bu durumun da yeni çevrimin genliğini oluşturmada etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir. Öte yandan Ishkov (2000) önceki çevrimlerde görülenin tersine bu çevrimde güneş leke gruplarının daha küçük, manyetik yapılarının fazla karmaşık olmadığını ve gelişmelerinin de normalden daha yavaş seyrettiğini göstermiştir. Ayrıca bu leke gruplarının bir çoğunun yaşam sürelerinin daha uzun olduğunu da bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da Güneş patlamaları indeksi önceki çevrimle karşılaştırıldığında güneş patlamalarının sayısının da bu çevrimde çok düşük olduğu Şekil 1'den görülmektedir. Bu da gerçekten bu çevrimde daha çok Güneş patlaması üretebilecek karmaşık manyetik yapıya sahip büyük leke gruplarının daha seyrek ortaya çıktığını göstermektedir. Bütün bu bulunan sonuçlar yaşadığımız çevrimin bir özelliği olarak bu çevrimde etkin bölgelerin daha kararlı olduğunu, bu kararlılığın da konveksiyon bölgesindeki plazma akıntılarının daha yavaş gelişmesinden kaynaklandığı düşüncesini güçlendirmektedir (Ishkov, 2000).

Etkinlik indekslerinin hemen hemen tümü Güneş etkinliğinin bu çevrimde daha zayıf olduğunu vurgularken, Güneşin toplam ışınımının bunun tersine bir durum gösterdiği Şekil 1'den anlaşılmaktadır. De Toma ve arkadaşları (2001) bu olguya çalışmalarında cevap aramışlar, dikkatli bir yaklaşımla böyle bir görüntünün uydu gözlemleri (SOHO/VIRGO ve UARS/ACRIMII) sırasında 1999 yılında ya çok yüksek değerlerin ölçüldüğü ya da Güneşteki ışınım kaynaklarının doğasında bu çevrimde değişimler olduğu sonucuna varmışlardır. Her iki çevrimdeki bu farklılığı sorgularken Güneşin toplam ışınımındaki değişimlerde manyetik etkinliğin rolünü daha açık bir şekilde ortaya koymak gerekmektedir. Bu konuya benzer bir yaklaşım da Livingston'ın (2002) çalışmasıyla gelmiştir. Bu çalışmada bir Güneş lekесinin şiddetinin bu lekenin manyetik alanına ve umbrasının koyuluğuna bağlı olduğu ana fikrinden yola çıkılmıştır. Bu etmenlerin bir lekeyi tanımlamada ayrılmaz bir ikili oluşturduğu düşüncesiyle 1990-1991 ve 2000-2001 yıllarında gözlemler yapılmıştır. 23. çevrimde, 22. çevrimde görülenlerden sayıca daha fazla, çok parlak ve küçük leke görüldüğü, büyük leke gruplarına çok sık rastlanmadığı sonuçlarına varılmıştır. Livingston böyle bir durumun Güneşin toplam ışınımını etkileyebileceği, istatistiksel olarak bu çevrimde güneş lekeleri daha parlaksa toplam ışınımın da lekelerden daha az etkilenmiş olabileceği önerisini getirmiştir.

Bütün etkinlik indekslerinin maksimum evresinde etkinliğin 2000 yılının ortalarından 2001 yılının ikinci yarısına kadar azaldığı Şekil 1 ve Şekil 2'den görülmektedir. Bu görünüm bu çevrimin de öncekinde olduğu gibi iki maksimum değerli olacağını göstermektedir. Bu duruma dikkati ilk kez Gnevyshev (1963, 1967) çekmiş ve 11 yıllık çevrimlerin farklı fiziksel özellikler taşıyan iki etkinlik dalgası barındırdığını belirtmiştir. Çevrimlerin maksimumları sırasında görülen iki maksimum arasındaki boşluk da bu nedenle Rus astronomu Gnevyshev'in adı ile Gnevyshev boşluğu (Gnevyshev gap, **GG**) olarak bilinmektedir. 23. çevrimin leke sayıları indeksine bakıldığında birinci maksimum ikincisinden daha büyük olarak gözlemlenmektedir. Öte yandan diğer etkinlik indekslerinde, leke alanları, 2800 MHz radyo akısı, manyetik plazma şiddet indeksinde ikinci maksimum daha büyüktür. Bu durumun Dünya-Güneş ilişkisini araştıran çalışmalarda Güneş etkinliğinin göstergesi olarak sadece leke sayıları indeksinin seçildiği modellerde sorgulanması gereken bir durum olduğu tarafımızdan düşünülmektedir. Çevrimlerin iki maksimum değerli olmasının değerlendirilebileceği başka bir alan da uzay çalışmalarıdır. Uzay çalışmaları sırasında Güneş etkinliği

açısından insan sağlığını en çok tehdit eden evre, çevrimlerin maksimum evresidir. Bu evrede Gnevyshev boşluğunda Güneş etkinliğinin 0.5-1 yıl arasında daha sakin olduğu bir dönem yaşanmaktadır.

23. Çevrimde Güneş Patlamaları ve Koronal Kütle Atımları :

Geçmişte yıllar boyunca, Dünya-Güneş ilişkisi çalışmalarında gezegenlerarası ortamdaki dalgalanmaların, yakın uzay çevremizdeki değişimlerin ve büyük jeomanyetik fırtınaların baş sorumlusu olarak Güneş patlamaları ve ani kaybolan filamentler görülmüştür. Görünen bölgede yapılan H_{α} gözlemleri sayesinde Güneş patlamaları ve bunların Güneş atmosferinin daha alt tabakalarında yarattığı etkiler kolaylıkla gözlenebilmekteydi. Korona uydü gözlemlerinin gelişmesi ile daha duyarlı gözlem araçlarıyla gözlenmeye başlandı. Koronal kütle atımları ilk kez OSO-7 ve Skylab uydularıyla 1970'lerin başında keşfedildi, bunlar koronanın tabanından uzanan devasa yapılarıdır. Koronal kütle atımları sırasında içleri çok sıcak ve çok iyonize Güneş maddesiyle dolu, dış koronaya kadar uzanan dev boyutlardaki kapalı manyetik ilmekler (magnetic loop) açılarak içlerindeki manyetik plazma çok yüksek hızlarda uzaya gönderilmektedir. Sürdürülen düzenli gözlemler, koronal kütle atımlarının Güneş patlamalarıyla birlikte yere yakın uzay durumumuzu ve manyetosfer-iyonosfer-termosfer sistemimizi etkilediğini ortaya koymuştur. "Yere yakın uzay durumunda değişen koşullar, uzaş ve Yer üslü teknoloji sistemlerini, bu sistemlerin başarımını ve güvenilirliğini etkilediği gibi, insan yaşamını ve sağlığını da tehlikeye sokabilmektedir. Uydü operasyonları ve servislerinde, HF, VHF radyo iletişiminde ve fiber optiği de içeren uzun erimli telefon kablo kanallarında son yıllarda gözlemlenen kesilmeler, kötü uzay havasının önemli sosyo-ekonomik yitimlere yol açtığını göstermiştir (Tulunay, 2001)". Öte yandan Svestka (2001) koronal kütle atımları ve Güneş patlamaları ilişkisini araştırdığı çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır.

Günümüzde SOHO, TRACE gibi uydularla gelişen gözlemler koronal kütle atımlarının başlangıçta, boylamsal manyetik alanın nötral çizgisi boyunca sıralanmış, kapalı manyetik alan çizgilerinin açılmasıyla koronal fırtınalar biçiminde başladığına işaret etmektedir. Bu durum Güneş üzerinde manyetik yapıda dengenin bozulduğu herhangi bir yerdeki nötral çizgi boyunca gerçekleşebilmektedir. Eğer bu açılmanın gerçekleştiği yer etkin bir bölgenin içinde bulunuyorsa, koronal kütle atımı sırasında kromosferde de Güneş patlaması gözlenmektedir. Bütün bu olaylar etkin bir bölgenin dışında gerçekleşiyorsa o zaman kromosferde Güneş patlaması gözlenmemektedir. Fakat bu sırada X-ışınımında koronada gözlenenler, tıpkı kromosferde Güneş patlaması olduğu sırada gözlenenler gibidir. Güneş patlamalarıyla ilişkili olan ve olmayan koronal kütle atımları arasındaki en önemli farklılık, manyetik alan çizgilerinin açıldığı bölgedeki manyetik alan şiddetinden kaynaklanmaktadır. Güneş patlamalarının büyük çoğunluğu koronal kütle atımlarından bağımsız olarak gerçekleşmektedir. Günümüzdeki genel anlayış koronal kütle atımlarına eşlik eden Güneş patlamalarının da koronal kütle atımlarının nedeni olmaktan çok bunların bir yan ürünü olduğu doğrultusundadır. Bunun en güzel örneği uzun süreli Güneş patlamalarıdır (Long Duration Event).

23. Çevrimde koronal kütle atımları ile büyük Güneş patlamalarının aylık sayılarının zamana göre değişimi Şekil 2'de incelenmiştir. Güneşin ortalama manyetik alanının 1999 yılının Eylül ayında maksimum düzeyine eriştiği Şekil 2'den görülmektedir. 2000 yılının Mart ayından Haziran ayına kadar çok fazla koronal kütle atımı gözlenmiştir. Koronal kütle atımlarının sayısı Maksimum değerine de bu dönemde ulaşmıştır. Bu koronal kütle atımlarının bir kısmına büyük Güneş patlamalarının eşlik ettiği, bu patlamaların da M ve X sınıfına giren X-ışınımı büyük Güneş patlamaları olduğu görülmüştür. Oysa H_{α} (görsel bölge) gözlemiyle kromosferde gözlenen bütün Güneş patlamalarını temsil eden "Güneş patlamaları indeksi" maksimum değerine ancak 2000 yılının Temmuz ayında erişmiştir. Bu da bize koronada artan çok fırtınalı bu durumun, koronanın tabanında hatta kromosferde güneş patlamalarının sayısını artıracak manyetik yapı dengesizliklerine yol açtığını göstermektedir.

23. Güneş çevriminin çıkış kolunda dönemli değişimler:

Güneş etkinliğinde 152-158 günlük dönem ilk kez yüksek enerjili Güneş patlamalarını etkinlik indeksi olarak kullanan Rieger ve diğerleri (1984) tarafından keşfedilmiştir. Bu keşfin ardından farklı etkinlik indeksleri kullanılarak 150-160 günlük dönemin varlığını araştırmak geçmiş çevrimler için olduğu kadar yeni çevrim için de önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu araştırmaların bir bölümünde kullanılan indeksler aşağıdaki gibi sıralanabilir; Yumuşak X-ışınımı akısındaki değişim (Rieger ve diğerleri, 1984), sert X-ışını ışınımındaki değişim (Dennis, 1985; Bai ve Sturrock, 1987), görsel bölgede gözlenen Güneş patlamalarının sayısındaki değişim (Ichimoto ve diğerleri, 1985), Güneşin mikro dalga akısındaki değişim (Bogard ve Bai, 1985), Güneş patlamaları indeksi (Özgüç ve Ataç, 1989, 1994), gezegenlerarası ortamdaki yüksek enerjili elektronların ve protonların miktarındaki değişim (Dröge ve diğerleri, 1990; Bai ve Cliver, 1990; Gabriel ve diğerleri, 1990), Güneşin 10 cm dalga boyulu radyo akısındaki değişim (Kile ve Cliver, 1991), leke alanlarındaki değişim (Lean ve Bruckner, 1989; Carbonell ve Ballester, 1990; Oliver ve diğerleri, 1998), manyetik akının yüzeye taşınmasındaki değişim (Oliver ve diğerleri, 1998; Ballester ve diğerleri, 2002), farklı yedi dalga boyunda Güneşten

T. Ataç ve A. Özgüç: 23. Güneş Çevrimi Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndekslerinin Dönemli Değişimleri

gelen radyo akısındaki değişim (S. Zieba ve diğerleri, 2001). Yapılan bütün bu çalışmalarda varılan ortak sonuç farklı Güneş çevrimlerinin maksimum evreleri sırasında 150-160 günlük dönemin yanısıra Rieger-tipi 51, 77,103 ve 128 gün gibi başka önemli dönemlerinde görülmesidir (Bai ve Sturrock, 1991; Bai, 1992). Bütün bir çevrim süresince bu dönemlerin hiç birisi sürekli görülmemektedir, daha çok çevrimlerin maksimum evresi yaşanırken bir süre devreye girmektedirler (Bai ve Sturrock, 1991, 1993). Aralıklı (episodic) doğalarından ötürü gidip gelen (intermittent) dönemler olarak anılmaktadırlar.

Çalışmamızda 23. çevrimin çıkış kolu ve maksimum evresinde Güneş patlamaları, Manyetik plaj şiddet indeksi ve Leke alanları indekslerinde hangi dönemlerin etkin durumda olduğunu görmek için bu zaman serilerinin güç spektrumları görülmektedir. Güç spektrumlarındaki güç dağılımının üstel bir dağılım gösterdiğini Horne ve Baliunas (1986) göstermiştir. Bu durumda güç spektrumlarında belli bir frekans için gözlenen yüksek bir güç değerinin herhangi bir K değerinden rastlantı sonucu büyük çıkmasının ihtimali aşağıdaki denklemle verilmiştir.

$$P(Z > K) = \exp(-K/\sigma^2) \quad (2)$$

Öte yandan Bai ve Cliver (1990) güç spektrumlarını normalize edebilmenin en uygun yolunun güç dağılımına (2) denklemiyle verilen eğriyi uydurmak olduğunu göstermiştir. Bu eğriler Şekil 3'de sağdaki kolunda görülmektedir. Grafiklerde dikey eksen güç değerleri belirli bir değerin üstünde olan frekansların kümülatif sayısını göstermektedir. Güneş patlamaları için güç spektrumu grafiklerinde maksimum değerin 4.6 (186 nHz, 62 güne denk gelmektedir), leke alanları için 4.8 (73 nHz, 159 güne denk gelmektedir), manyetik plaj şiddet indeksi için 4.0 (97 nHz, 118 güne denk gelmektedir) olduğu görülmektedir. (2) Denkleminden beklenildiği gibi bu değerlerden küçük değerler için güç dağılımı Güneş patlamaları için $Y = 175.1 \exp(-1.66^*X)$, leke alanları için $Y = 183.8 \exp(-1.49^*X)$ ve manyetik plaj şiddet indeksi için de $Y = 126.9 \exp(1.74^*X)$ eğrileriyle uygunluk göstermektedir. 3. Şeklin sol kolunda görülen düzeltilmiş güç değerli grafikler bu denklemlerdeki X'in katsayıları ile ilk etapta elde edilen güç değerlerinin çarpılmasıyla elde edilmiştir.

Güç spektrumlarında gözlenen en yüksek değerlerin bu değeri rastlantı sonucu geçip geçmediğini belirlemek için yanlış alarm olasılığını hesaplama (FAP, false alarm-probability) yöntemi kullanılmaktadır. Bu olasılık aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

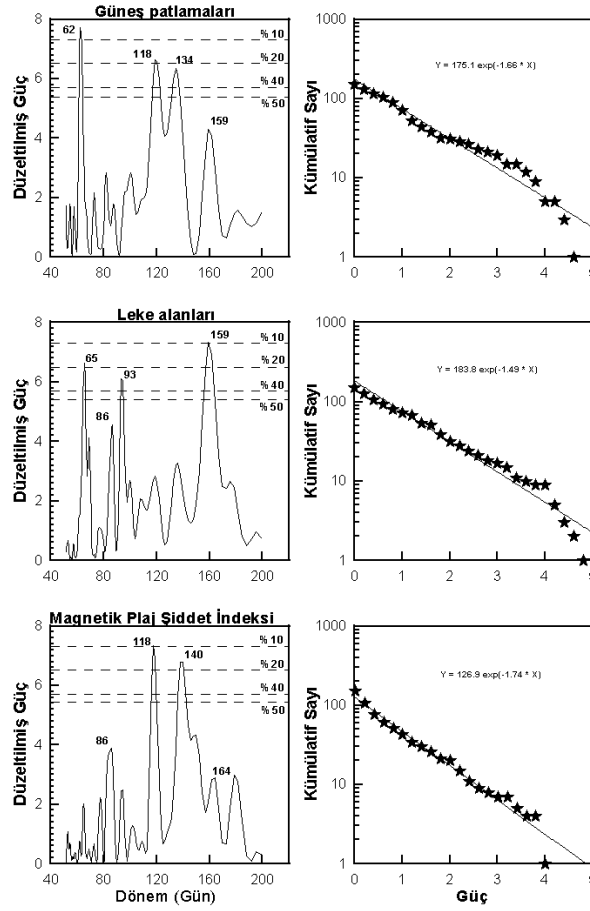
$$FAP = 1 - [1 - \exp(-Z_m)]^N \quad (3)$$

Burada Z_m düzeltilmiş güç spektrumunda gözlenen en yüksek değerleri, N'de bağımsız frekansların sayısını temsil etmektedir (Scargle, 1982; Horne ve Baliunas, 1986). Bu yöntemle rasgele değişen bir sayı dizisi kullanarak N tane bağımsız frekansın her biri için güç değerinin belirlendiği bir güç spektrumunda, frekans değerlerinin yüzde kaç olasılıkla Z_m değerini rastlantı sonucu geçtiği belirlenmektedir. Bunun hesaplanabilmesi için güç spektrumunda çalışılan pencere ve bağımsız frekansların sayısı göz önünde tutulmaktadır. Bağımsız frekansların sayısı $\Delta f_{fs} = 1/\tau$ bağıntısıyla bulunmaktadır, burada τ çalışılan zaman aralığıdır (Scargle, 1982). Bu çalışmada 23. çevrimin çıkış kolu ve maksimum evresinde hangi dönemlerin Güneş etkinliğinde devrede olduğunu görmek için (58 – 225) nHz, (50 – 200) gün spektral penceresi kullanılmıştır. Göz önüne alınan zaman aralığı 1 Ocak 1996 – 31 Ağustos 2001 günlerini kapsayan 2070 gündür. Buradan $\Delta f_{fs} = 5.59$ nHz bağımsız frekansların sayısı da 31 olarak hesaplanmıştır. Örnek sayısını çoğaltmak için çalışılan pencerede 151 frekans bulunduğundan N=151 olarak seçilmiştir. Şekil 3'de görülen grafiklerdeki en yüksek güç değerlerinin hangi yüzdelerle bu yüksek değeri tesadüfen geçtiğini belirlemek için yanlış alarm olasılıklarının (FAP) mertebeleri yüzde olarak kesikli çizgilerle gösterilmiştir.

ÇİZELGE 2

Güneş Patlamaları		Manyetik Plaj Şiddet İndeksi		Leke Alanları	
Dönem (gün)	FAP	Dönem (gün)	FAP	Dönem (gün)	FAP
62*	0.06	118	0.09	65	0.18
118	0.18	140	0.15	93	0.28
134	0.23			159	0.09

*Güç spektrumunda görülen 62 günlük dönem % 94 olasılıkla gerçek bir değerdir.



Şekil 3. 23. Güneş çevriminde Güneş patlamaları, leke alanları ve manyetik plaj şiddet indekslerinde gözlenen dönemler.

Güneş patlamaları indeksini kullanarak 22. çevrimin çıkış kolu için yaptığımız çalışmada etkin dönemin 73-78 günlük dönem olduğu belirlenmiştir (Bai ve Sturrock, 1991; Bai, 1992; Özgüç ve Ataç, 1994). Bu çevrimin çıkış kolunda etkin dönemlerin Güneş patlamaları için 62, 118 ve 134 gün, leke alanları için 65, 93 ve 159 gün, manyetik plaj şiddet indeksi için 118 ve 140 günler olduğu Şekil 3 ve Çizelge 2'den görülmektedir. 19., 20. ve 21. çevrimleri kapsayan 31 yıllık leke alanı (sunspot blocking function) verisinde Lean ve Brueckner (1989) 116 günlük döneme işaret etmiştir. Güneşin 7 farklı frekanstan gözlenen radyo akısını, leke sayılarını ve ortalama manyetik alanını etkinlik indeksi olarak kullandıkları çalışmalarında Zieba ve diğerleri (2001) 1 Mart 1996 – 31 Temmuz 1999 tarihlerini kapsayan zaman diliminde saptadıkları etkin dönemler 77, 91, 112, 126, 151 gündür.

Bir varsayıma göre fotosferde çok kuvvetli manyetik alanların (Güneş lekeleri) egemen olduğu bölgelere dönemli olarak yeni manyetik akı gelmesi yüksek enerjili Güneş patlamalarında dönemli değişimlerin görülmesine yol açmaktadır. Dönemsel olarak fotosfere yükselen bu yeni manyetik akı içlerinde leke gruplarının da yer aldığı etkin bölgelerdeki manyetik yapının daha da karmaşık bir duruma geçmesine neden olmaktadır, bu da Güneş patlamalarında dönemli değişimlere yol açmaktadır (Oliver ve diğerleri, 1998; Ballester ve diğerleri, 2002). Leke alanları ve Güneş patlamalarında bulduğumuz 60-65 günlük dönemler, manyetik plaj şiddet indeksi ve Güneş patlamalarında bulduğumuz 118 günlük dönem de bu varsayımı güçlendirmektedir. Rieger-tipi 150-160 günlük dönem leke alanlarında çok kuvvetli bir biçimde kendini gösterirken Şekil 3'den görüleceği üzere Güneş patlamalarında bu dönem daha zayıf bir biçimde ortaya çıkmaktadır. Önceki çevrimler için yapılan çalışmalarda çevrimin belirli bir evresinde görülen herhangi bir dönemin çok uzun bir süre görülemeyeceği gösterilmiştir. Bu dönem bir süre sonra çevrimin başka bir evresinde tekrar ortaya çıkabilmektedir (Wolff, 1992).

Sonuçlar ve Tartışma :

Güneş etkinliğinin gözlenen görünümünün tamamı Güneşte üreyen manyetik alanın yarattığı sonuçlardır. Çeşitli ölçeklerde gözlenen bu manyetik yapının en küçük elemanları gelişmiş

T. Ataç ve A. Özgüç: 23. Güneş Çevrimi Çıkış Kolunda Güneş Etkinliği İndekslerinin Dönemli Değişimleri

teleskopların çözünürlük sınırlarında olup en büyük elemanları da Güneşin küresel manyetik alanını oluşturmaktadır. Bu küresel manyetik alan büyük plazma kütlelerinin konvektif hareketi ve Güneşin farklı katmanlarının dönme eksenini etrafında farklı hızlarla dönmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. 23. Çevrimin bütün etkinlik indekslerinde Güneş etkinliğinin bu çevrimde daha zayıf geliştiği gözlenmiştir. Oysa Gnevyshev-Ohl (1948) kanununa göre 22. çevrimin genliğine bakıldığında 23. çevrimin genliğinin çok şiddetli olması gerekmektedir. 150 yıl boyunca süren bu düzen bu çevrimde bozulmuş gibi gözükmektedir. Ayrıca yeni çevrimin ilk etkin bölgesinin önceki çevrimin iniş kolunun birinci yarısında görülmesi gerekirken ancak minimum evresinde gözlenmesi de dikkat çekicidir. Bütün bu sonuçlar bu çevrimde konvektif bölgenin altında üreyen, yeni çevrime ait toroidal manyetik alanın çok yavaş geliştiğini bu durumda yeni çevrimin genliğini oluşturmada etkili olabileceğini göstermektedir.

Güneş Patlamaları indeksi önceki çevrimle karşılaştırıldığında Güneş patlamalarının sayısının bu çevrimde çok düşük olduğu görülmüştür. Bu da yaşadığımız çevrimin bir özelliği olarak bu çevrimde etkin bölgelerin daha kararlı olduğunu, bu kararlılığın da yine konveksiyon bölgesindeki plazma akıntılarının daha yavaş gelişmesinden kaynaklandığı düşüncesini güçlendirmektedir.

Etkinlik indekslerinin hemen hemen tümü Güneş etkinliğinin bu çevrimde daha zayıf olduğunu gösterirken, Güneş'in toplam ışınımı bunun tersine bir durum göstermektedir. 1990-1991 ve 2000-2001 yılları süresince yapılan leke gözlemleri 23. çevrimde, 22. çevrimde görülenlerden sayıca daha fazla, çok parlak ve küçük lekenin varlığına işaret etmektedir. Eğer bu çevrimde Güneş lekeleri daha parlaksa toplam ışınımında lekelerden daha az etkilenmiş olmalıdır (Livingston, 2002).

Bütün etkinlik indekslerinde etkinliğin 2000 yılının ortalarından 2001 yılının ikinci yarısına kadar azaldığı görülmüştür. Bu görünüm bu çevrimde öncekinde olduğu gibi iki maksimum değerli olacağını göstermektedir.

Güneş patlamalarının büyük çoğunluğu koronal kütle atımlarından bağımsız olarak gerçekleşmektedir. 23. çevrimde gözlenen koronal kütle atımlarının bir kısmına X-ışınımında gözlenen büyük Güneş patlamaları eşlik etmiştir. Öte yandan görsel bölgede (H_{α} ışınımında) gözlenen Güneş patlamalarının tamamını temsil eden Güneş patlamaları indeksi Güneş patlamalarının maksimum değerine koronal kütle atımlarından sonra eriştiğini göstermektedir. Bu da bize koronada artan çok fırtınalı bu durumun, koronanın tabanında manyetik yapı dengesizliklerine yol açtığını göstermektedir.

Güneş etkinliğinde 152-158 günlük dönem ilk kez yüksek enerjili Güneş patlamalarını etkinlik indeksi olarak kullanan Rieger ve diğerleri (1984) tarafından keşfedilmiştir. Bizde Güneş patlamaları, manyetik plaj şiddet indeksi ve leke alanları indekslerinde bu çevrimde Rieger-tipi dönemlerin etkin olup olmadığını araştırdık. Rieger-tipi 150-160 günlük dönem leke alanlarında çok kuvvetli bir biçimde kendini gösterirken diğer etkinlik indekslerinde 60-65 ve 118 günlük dönemlerin etkin olduğu görülmektedir. Manyetik plaj şiddet indeksinde ve Güneş patlamaları indeksinde gözlenen 118 günlük dönem, etkin bölgelere dönemli olarak yeni manyetik akının gelmesinin Güneş patlamaları sayısında dönemli değişimlerin görülmesine yol açtığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Ataç, T.: 1987, *Astrophys. Space Sci.*, **135**, 201-205
Ataç, T., ve Özgüç, A.: 1998, *Solar Phys.*, **180**, 397-407
Ataç, T., ve Özgüç, A.: 2001, *Solar Phys.*, **198**, 399-407
Bai, T., ve Sturrock, P.A.: 1987, *Nature*, **327**, 601-604
Bai, T., ve Cliver, E.W.: 1990, *Astrophys. J.*, **363**, 299-309
Bai, T., ve Sturrock, P.A.: 1991, *Nature*, **350**, 141-143
Bai, T.: 1992, *Astrophys. J.*, **388**, L69 – L72
Bai, T., ve Sturrock, P.A.: 1993, *Astrophys. J.*, **409**, 476-486
Ballester, J.L., Oliver, R., ve Baudin F.: 1999, *Astrophys. J.*, **522**, L153-L156
Ballester, J.L., Oliver, R., ve Carbonell, M.: 2002, *Astrophys. J.*, **566**, 505-511
Bogard, R.S., ve Bai, T.: 1985, *Astrophys. J.*, **229**, L51-L55
Carbonell, M., ve Ballester, J.L.: 1990, *Astron. Astrophys.*, **238**, 377-381
De Toma, G., White, O.R., Chapman, G.A., Walton, S.R., Preminger, D.G., Cookson, A.M., ve Harvey, K.: 2001, *Astrophys. J.*, **549**, L131
Dennis, B.R.: 1985, *Solar Phys.*, **100**, 465-490
Dröge, W., Gibss, K., Grunsfeld, J.M., Meyer, P., ve Newport, B.J.: 1990, *Astrophys. J. Suppl.*, **73**, 283
Fröhlich, C., ve Lean, J.: 1998, *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 4377-4380
Gabriel, S., Evans, R., ve Feynman, J.: 1990, *Solar Phys.*, **128**, 415-422
Gnevyshev, M.N., ve Ohl, A.I.: 1948, *Azh.*, **25**, 18
Gnevyshev, M.N.: 1963, *Soviet Astron.*, **AJ 7**, 311 (Rusça)
Gnevyshev, M.N.: 1967, *Solar Phys.*, **1**, 107
Horne, J.H., ve Baliunas, S.L.: 1986, *Astrophys. J.*, **302**, 757-763
Ichimoto, K., Kubato, J., Suzuki, M., Tohmura, I., ve Kurokawa, H.: 1985, *Nature*, **316**, 422-424

- Ishkov, V.N.: 2000, JENAM Poster Session
Kile, J.N., ve Cliver, E.W.: 1991, *Astrophys. J.*, **370**, 442-448
Kleczek, J.: 1952, *Publ. Inst. Centr. Astron.* **22**, Prague Czech Republic
Knoska, S., ve Petrasek, J.: 1984, *Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, **12**, 165-175
Komitov, B., ve Bonev, B.: 2001, *Astrophys. J.*, **554**, L119-L122
Lean, J.L., ve Brueckner, E.G.: 1989, *Astrophys. J.*, **337**, 568-578
Livingston, W.: 2002, *Solar Phys.*, **207**, 41-45
Mariş, G., Popescu, M.D., Oncica, A., Donea, A.C.: 2000, *Proc. 1st Solar and Space Weather Euroconference, Tenerife, Spain, ESA SP-463*
Oliver, R., Ballester, J.L., Baudin, F.: 1998, *Nature*, **394**, 552-553
Özgüç A., ve Ataç, T.: 1989, *Solar Phys.*, **123**, 357 – 365
Özgüç A., ve Ataç, T.: 1994, *Solar Phys.*, **150**, 339 – 346
Rieger, E., Share, G.H., Forrest, D.J., Kanbach, G., Reppin, C., ve Chupp, E.L.: 1984, *Nature*, **312**, 623-625
Rusin, V., ve Rybansky, M.: 2002, *Solar Phys.*, **207**, 47-61
Scargle, J.D.: 1982, *Astrophys. J.*, **263**, 835-853
Scherrer, P.H., Wilcox, M.J., Svalgaard, L., Duvall, L.T., Dittmer, H.P. ve Gustafson, E.K. 1977, *Solar Phys.* **54**, 353-363
Švestka, Z.: 2001, *Space Sci., Rev.* **95**, 135-146
Tulunay, Y.: 2001, *Türkiye'de Yer'e Yakın Uzay Girişimi*, UUBF, TDOC1, İTÜ
Wolff, C.L.: 1992, *Solar Phys.*, **142**, 187
Zięba, S., Maslowski, J., Michalec, A., ve Kulak, A.: 2001, *Astron. Astrophys.* **377**, 297-311