Güneş Leke Gruplarının Patlama Üretme Potansiyellerinin ve Grupta Gözlenen İlişkili Değişimlerin Araştırılması

Program Kodu : 1001
Proje No : 115F031

Proje Yürütücüsü
Doç.Dr. Ali KILÇIK

Araştırmacı(lar):
Prof. Dr. Vasyl YURCHYSHYN

Danışman(lar):
Prof. Dr. Atila ÖZGÜÇ

Bursiyer(ler):
Saliha EREN
Seray ŞAHİN
Volkan SARP

Eylül 2017
ANTALYA

ÖNSÖZ

Güneş bize en yakın ve yüzey gösteren tek yıldız olması sebebi ile üzerinde detaylı gözlemsel çalışmalar yapmak için uygun bir yıldızdır. Bu açıdan bakıldığında Güneş, astrofizik çalışmaları için doğal bir laboratuvar görevi görmektedir. Proje çalışması kapsamında Güneş leke gruplarının güneş patlaması üretme potansiyelleri, patlamaların Güneş leke grupları üzerine etkisi, basit ve karmaşık Güneş leke aktivitesi, Güneş patlamaları ve jeomanyetik aktivite arasındaki ilişki araştırılmış ve elde edilen sonuçlar kullanılarak halihazırda mevcut olan günlük güneş leke sayısı hesaplama yöntemi revize edilmiştir. Söz konusu araştırmalar proje çalışmasına bursiyer olarak katkıda bulunan lisansüstü öğrencilerimizin deneyimlerinin artmasına olanak sağlamıştır.

Bu çalışmayı 1001 kodlu programı çerçevesinde 115F031 proje numarası ile destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i
İÇİNDEKİLER ii
ÖZET vii
ABSTRACT viii
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 2
2.1 Güneş Lekeleri ve Sınıflandırılması 2
2.2 Güneş Patlamaları ve Sınıflandırılması 4
2.3 Güneş Leke Aktivitesi 5
2.4 Güneş Aktivitesinin Dünya ve Yakın Uzay Çevresine Etkileri 7
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER 8
3.1 Veriler 8
3.2 Yöntemler 8
4. BULGULAR 10
4. 1 Leke Grubu Verilerinin Analizi ve Bulgular 10
4.2 Güneş Patlamalarının Grup Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Bulgular 12
4.2.1 Güneş Patlaması Üreten ve Üretmeyen Leke Gruplarının Zamansal ve Periyodik Değişimleri 12
4.2.2 Güneş Leke Gruplarında Patlama Öncesi Meydana Gelen Değişimler 14
4.2.3 Güneş Leke Gruplarında Patlama Sonrası Meydana Gelen Değişimler 20
4.2.4 Güneş Leke Gruplarının Morfolojik Evrimi ve Ortalama Yaşam Süreleri 27
4.3 Basit ve Karmaşık Leke Aktivitesinin İncelenmesi 31
4.4 Güneş Patlamaları ve Jeomanyetik Aktivite Arasındaki İlişkinin Araştırılması 32
4.5 Mevcut Güneş Leke Sayısı Hesaplama Yönteminin İyileştirilmesi 36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 40
4. KAYNAKLAR 42

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.2.1 Güneş patlama alanlarının Hα sınıflandırması (Soldaki iki sütun) ve patlamaların X-Işını (Sağdaki iki sütun) sınıflandırması.....5
Tablo 4.2.2.1 A sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....15
Tablo 4.2.2.2. B sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler. 16
Tablo 4.2.2.3 C sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....17
Tablo 4.2.2.4 D sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....18
Tablo 4.2.2.5 E sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....18
Tablo 4.2.2.6 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....19
Tablo 4.2.2.7 H sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.....20
Tablo 4.2.3.1 A sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 21
Tablo 4.2.3.2 B sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 22
Tablo 4.2.3.3 C sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 23
Tablo 4.2.3.4 D sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 24
Tablo 4.2.3.5 E sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 25
Tablo 4.2.3.6 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 26
Tablo 4.2.3.7 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler. 27
Tablo 4.2.4.1 Patlama Üreten ve Patlama Üretmeyen Güneş Leke gruplarına ait Ortalama Yaşam Süreleri.....28
Tablo 4.4.1 Güneş patlama pik akısı ile jeomanyetik aktivite indeksleri, CME hız indeksi ve Güneş rüzgarı hızı arasındaki korelasyon katsayıları ve muhtemel zaman gecikmeleri. 34

Tablo 4.4.2 Güneş patlama sayıları ile jeomanyetik aktivite indeksleri, CME hız indeksi ve Güneş rüzgarı hızı arasındaki korelasyon katsayıları ve muhtemel zaman gecikmeleri. 34
Tablo 4.5.1 Her bir Güneş leke grubu için M sınıfı patlama enerjisine göre hesaplanmış patlama üretme potansiyelleri.....36
Tablo 4.5.2 HRz ve ISSN verileri ile SSA verileri korelasyon katsayıları. Tabloda ilk kolon HRz ve ISSN arasındaki korelasyon katsayısını göstermektedir.....39

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.1 Güneş lekelerinin Cortie sınıflandırması (Cortie 1901) 2
Şekil 2.1.2 McIntosh sınıflandırmasının şematik gösterimi (McIntosh, 1990) 3
Şekil 2.3.1 1610'dan 2010'a kadar gözlenen güneş leke aktivitesi (şekil NASA'dan alınmıştır) 6
Şekil 4.1.1 Farklı X-ışın sınıfı güneş patlamalarına (C, M ve X) ait aylık ortalama güneş patlaması sayısı ile dört farklı kategorilerdeki güneş leke grubu sayılarının karşılaştırılması (Eren ve Kılçık, 2017). 10
Şekil 4.1.2 23. güneş leke çevrimi için güneş leke gruplarının enlemsel dağılımının periyodik değişimi. Şekilde üst panel Multi Taper Method ile elde edilen periyodik değişimleri, alt panel de Morlet Wavelet analizi ile elde edilmiş sonuçları göstermektedir. Sağ panel güney yarımküreye, sol panel de kuzey yarımküreye ait sonuçları göstermektedir (Kilcik ve ark., 2016a). 11
Şekil 4.1.3 Güneş leke gruplarının ortalama alanları ile ilgili güneş lekelerinin Güneş patlaması üretme potansiyelleri arasındaki ilişki 12
Şekil 4.2.1.1 Güneş patlaması üreten ve patlama üretmeyen aktif bölgelerdeki güneş leke sayılarının 1996-2016 yılları arası zamansal değişimi. 13
Şekil 4.2.1.2 Çevrim 23 için patlama üreten (sol panel) ve patlama üretmeyen (sağ panel) aktif bölgelerin MTM (üst paneller) ve wavelet (alt paneller) analiz sonuçları. 14
Şekil 4.2.2.1 Zurich sınıflarına göre patlama içeren AR sayılarının dağılımı 15
Şekil 4.2.3.1 Zurich sınıflarına göre patlama içeren AR sayısının dağılımı 20
Şekil 4.2.4.1 Patlama üreten güneş leke grupları için evrim grafikleri (X ekseni grupların yaşam sürelerini, Y ekseni Zurih sınıflarını ve Z ekseni de her bir sınıf ve her gün için grup sayısını göstermektedir). 29
Şekil 4.2.4.2 Patlama üretmeyen güneş leke grupları için evrim grafikleri (X ekseni grupların yaşam sürelerini, Y ekseni Zurich sınıflarını ve Z ekseni de her bir sınıf ve her gün için grup sayısını gösterir) 30
Şekil 4.3.1 Her bir gruba ait aylık ortalama güneş leke sayılarının zamansal değişimi. Değişimleri ayrıntılı görebilmek için A ve H gruplarındaki leke sayıları beş ile B ve C grubundakiler iki ile çarpılmıştır. Dalgalanmaları ortadan kaldırmak için de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemi uygulanmıştır. 31
Şekil 4.3.2 Her bir gruba ait aylık ortalama güneş leke alanlarının zamansal değişimi. Değişimleri ayrıntılı görebilmek için A gruplarındaki leke alanları 15, B grubundakiler 10 ve C ve H grubundakiler iki ile çarpılmıştır. Dalgalanmaları ortadan kaldırmak için de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemi uygulanmıştır. 32

Şekil 4.4.1 Güneş patlama sayıları ve pik akılarının zamanla değişimi 33
Şekil 4.4.1 Güneş patlama enerjileri, CME speed index, AE ve aa indekslerin 1996 – 2016 yılları aralığındaki zamansal değişimleri. 35
Şekil 4.5.1 Aylık ortalama ISSN ve SSA verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir. 37
Şekil 4.5.2 Hesaplanan aylık ortalama rölatif sayı (HRz) ve güneş leke alanı (SSA) verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir. 38
Şekil 4.5.3 Hesaplanan aylık ortalama rölatif sayı (HRz) ve güneş leke sayısı (SSA) verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir. 38
Şekil 4.5.4 1880 – 2016 yılları için Hrz ile ISSN karşılaştırılması 39

ÖZET

Güneş lekeleri, en uzun gözlemsel veriye sahip güneş aktivite göstergelerinden biridir. Bu özelliği hem zamansal hem de periyodik değişimlerin ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma içerisinde yer alan temel veriler ile birlikte güneş patlama sayıları, güneş patlama akıları, 10,7 cm güneş radyo akısı, koronal kütle atımları ve güneş aktivite indeksleri arasındaki ilişkiler korelasyon ve periyot analiz yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır.

Öte yandan incelenen süre içerisinde (1996-2016) her bir güneş leke grubunda gözlenen patlama sayıları ve gözlenen leke sayıları kullanılarak bir güneş lekesinin patlama üretme potansiyeli adını verdiğimiz tanım literatüre kazandırılmıştır. Böylece güneş lekelerinin sadece morfolojik sınıflandırması kullanılarak patlama üretme potansiyelleri (A grubu için 0.05, B grubu için 0.09, C grubu için 0.21, D grubu için 0.56, E grubu için 1.15, F grubu için 2.18 ve H grubu için 0.12) elde edilmiştir.

Ayrıca her bir güneş leke grubunun ortalama yaşam süresi grup üzerinde patlama meydana gelip gelmemesine bağlı olarak araştırılmıştır. Bunun sonucunda, patlama içeren leke gruplarının yaşam sürelerinin patlama içermeyen leke gruplarından daha uzun olduğu bulunmuştur.

Son olarak bu çalışma ile literatüre kazandırılmış olan patlama üretme potansiyeli kullanılarak halihazırda kullanılan günlük toplam güneş leke sayısı (Rz veya Wolf sayısı) hesaplama yöntemi revize edilmiştir.

ABSTRACT

Sunspots are one of the solar activity indicators which have the longest observational data. This feature enables detailed investigations on both temporal and periodical variations of solar activity. Relationship between the basic data of this study and solar flare numbers, solar flare flux, 10,7 cm solar radio flux, coronal mass ejections and other solar activity indicators are studied using correlation and period analysis methods.

On the other hand, using solar flare counts and sunspot numbers observed in each sunspot group during the studied time period (1996-2016), we introduced a new parameter which we called “Flare Production Potential” for sunspots, to the published literature. Thus, solar flare production potential of sunspots is obtained as using only their morphological classifications. The results are as follows; 0.05 for group A, 0.09 for group B, 0.21 for group C, 0.56 for group D, 1.15 for group E, 2.18 for group F and 0.12 for group H.

Also, the average life time of each sunspot group has been investigated depending on whether or not it produces flare over the group. As a result, sunspot groups which contain solar flares have longer life time than others.

Finally, “flare production potential” term which is gained to the literature by this study is used to revise the daily total sunspot number (Rz and Wolf number) calculation method which is in current use.

1. GİRİŞ

Astrofizik açısından incelendiğinde Güneş bize en yakın, yüzey gösteren ve detaylı olarak incelenebilmesi mümkün tek yıldız olması sebebi ile büyük bir öneme sahiptir. Güneş sabit bir yıldız olmayıp yayınladığı enerji miktarı hem zamana hem de konuma bağlı olarak değişir. Bu değişim literatürde Güneş aktivitesi olarak bilinmektedir. Yaklaşık 400 yıllık verinin mevcut olması dolayısıyla bu değişimlerin en iyi göstergesi Güneş leke sayılarıdır. Güneş leke sayıları birkaç günden binlerce yıla kadar olan periyodik değişimler gösterir. Bu periyodik değişimlerden en önemlileri 27 günlük rotasyon periyodu ve 11 yıllık güneş leke çevrimidir. Güneş leke gözlemlerinin yıllardır yapılması ve uzun dönemli verilerin mevcut olması hem zamansal hem de periyodik değişimlerin ayrıntılı olarak incelenmesine olanak sağlar. Bunun yanı sıra çeşitli elementlerin (14C, 10Be vb.) izotoplarının kullanılması ile çok daha uzun dönemli güneş aktivite verisi üretilebilmekte ve geçmiş/gelecek döneme ait uzun dönemli güneş aktivite tahminleri yapılabilmekte ve yine uzun dönemli periyodik değişimler araştırılabilmektedir (Vasiliev ve Dergachev, 2011). Daha kısa gözlemsel veriye sahip olan Güneş patlama sayısı, güneş patlama indeksi (flare index) (Ataç ve Özgüç, 2006, Temmer ve ark., 2003), ve güneş ışıması (solar irradiance) (Lean, 2000 ve Pap, 2002) verilerinden ise kısa dönemli periyodik değişimler elde edilebilmektedir.

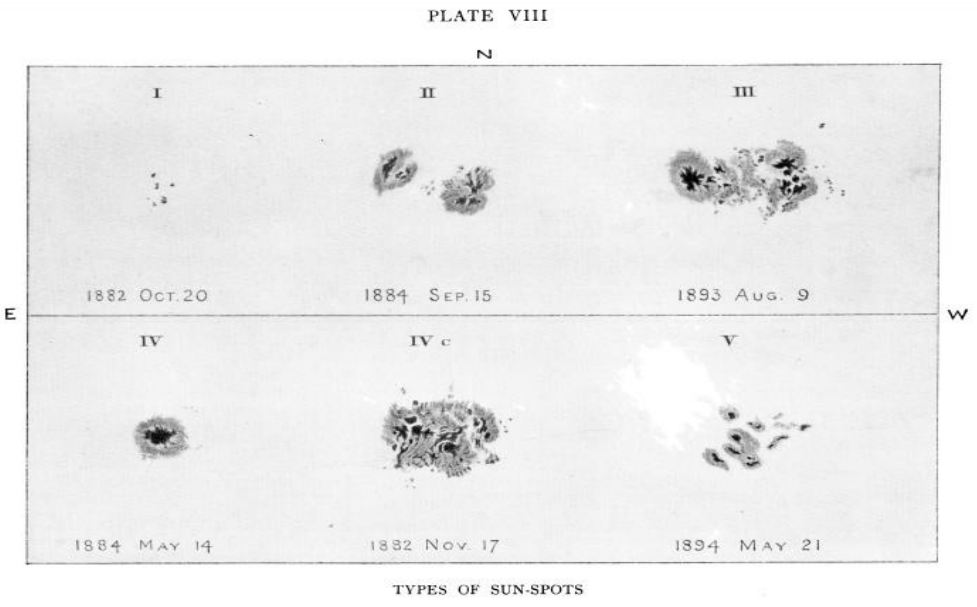
Güneş aktivitesinde meydana gelen değişimler dünyanın manyetik alanı ile etkileşerek dünya ve yakın uzay çevresini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Örneğin, kutup ışıklarının gözlenmesi, haberleşmelerde kesintiler olması gibi. Güneş aktivitesinde meydana gelen değişimlerin dünya ve yakın uzay çevresini etkilemesi hem leke çevrimlerinin hem de güneş lekelerinin daha iyi anlaşılmasını gerekli kılar. Jeomanyetik etkiye sahip en önemli güneş olayları güneş patlamaları ve koronal kütle atımlarıdırlar (CME) ve bu olaylar da ya doğrudan yada dolaylı olarak güneş lekeleriyle ilişkilidirler. Güneş patlamaları basit leke gruplarında (A, B, C ve H) çok fazla meydana gelmezken, genellikle kompleks (D, E, F) leke gruplarında meydana gelirler ve CME aktivitesinin en önemli sebeplerinden biridirler. Öte yandan basit ve karmaşık leke gruplarının bir güneş çevrimi esnasında farklı davranış sergilediği 2011 yılında bulunmuş olup henüz hakkında çok fazla bilgi bulunmaması konu ile ilgili detaylı çalışma yapılmasının önemini arttırmaktadır (Kılçık ve ark., 2011a,b).

Güneş patlamaları sonrasında güneş leke gruplarının morfolojilerinde, grup içindeki leke dağılımlarında ve grupların fiziksel davranışlarında ne tür değişimlerin olduğu konusu henüz net olarak bilinmemektedir. Bu çalışma ile güneş lekelerinin patlama aktivitesi öncesi ve sonrası durumları karşılaştırılarak bu sorulara cevap bulunmuştur. Aynı zamanda her bir leke grubunun güneş patlaması (flare) üretebilme potansiyeli de ayrıntılı olarak incelenerek günlük güneş leke sayısı hesaplama yöntemi grupların patlama üretme potansiyellerine bağlı olarak revize edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

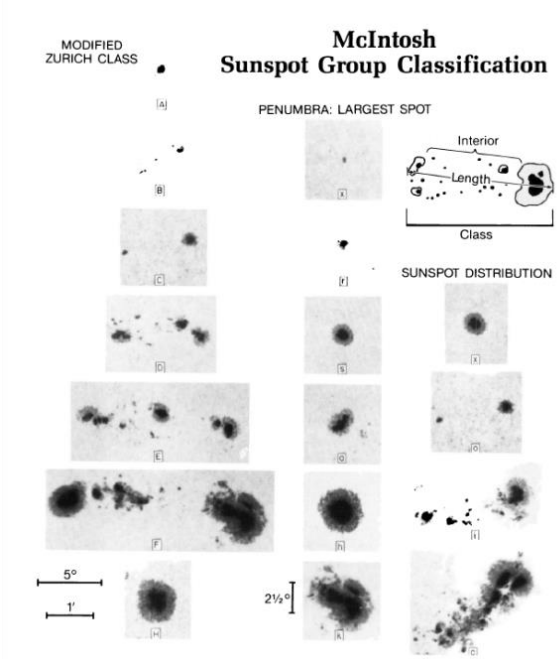
2.1 Güneş Lekeleri ve Sınıflandırılması

Güneş lekeleri (sunspots) Güneş diski üzerinde manyetik alanın son derece kuvvetli olduğu ve civarına göre daha koyu renkte görünen yapılardır. Gelişmiş bir Güneş lekesi iki kısımdan oluşur: i) lekenin merkezindeki nispeten daha soğuk ve manyetik alanın yoğunlaşmış olduğu koyu kısım (umbra), ii) umbrayı çevreleyen nispeten daha açık renkli ve manyetik alanın zayıf olduğu bölge (penumbra). Güneş lekeleri ortaya çıkış, evrimleşme ve tekrar yok olma özelliklerine sahiptir ve gelişimlerinin maksimum evresine 3-10 gün içerisinde ulaşırlar. Genellikle 5 ila 50 Mm aralığında boyutlara sahiptirler ve ömürleri bir günden üç aya kadar uzayabilir. Lekelerin bu özellikleri genellikle Ekvator ile ±35 derece helyografik enlemler arasında kalan ekvatoral enleme bağlıdır (Solanki, 2003). Güneş fotosferinde ortalama manyetik alan şiddeti yaklaşık 1 Gauss mertebesinde iken, gelişmiş bir Güneş lekesindeki manyetik alan şiddeti birkaç bin Gauss mertebesinde olabilmektedir. Güneş lekeleri 1610 yılından beri sistematik olarak teleskoplarla gözlenmektedirler. Gözlenen Güneş lekelerinin sınıflandırılması ilk olarak Cortie tarafından 1901 yılında leke gruplarının şekli ve evrimi göz önüne alınarak yapılmıştır (Cortie, 1901). Bu sınıflandırmaya göre leke grupları Şekil 2.1.1'de görüldüğü gibi TipI, TipII, TipIII, TipIV ve TipV olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflardan TipII kendi içinde TipIIa,b ve c olmak üzere üç alt sınıfa, TipIII a ve b olmak üzere iki alt sınıfa ve TipIV ise a,b,c,d ve e olmak üzere beş alt sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 2.1.1 Güneş lekelerinin Cortie sınıflandırması (Cortie 1901)

Daha sonra 1938'de Waldmeier tarafından Cortie sınıflandırmasına dayanan Zurih sınıflandırması geliştirilmiştir (Waldmeier, 1938). Bu sınıflandırma, umbra ve penumbranın özellikleri de dahil olmak üzere bir grup içindeki Güneş lekelerinin dağılımı ve gelişimini tanımlar. Bu sınıflandırmaya göre leke grupları evrim ve morfolojileri dikkate alınarak A, B, C, D, E, F, G, H ve J olmak üzere dokuz sınıfa ayrılmaktadır. Her iki sınıflandırmanın da güneş leke alanları, güneş patlamaları gibi diğer güneş aktivite göstergeleriyle düşük korelasyon göstermesi bu sınıflandırma sistemlerinin yeniden gözden geçirilerek iyileştirilmesini gerekli kılmıştır. Leke sınıflandırmasındaki bu eksiklikler McIntosh tarafından Zürih sınıflandırmasının modifiye edilmesiyle büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır (McIntosh, 1990). McIntosh Güneş leke sınıflandırma şeması üç tanımlayıcı başlık altında incelenir (Şekil 2.1.2): i) Leke sınıflarına göre (lekenin morfolojik yapısını ve evrimini gösterir) A, B, C, D, E, F ve H olmak üzere yedi ana gruba, ii) grubun en büyük lekesinin penumbrasına göre x, r, s, a, h ve k olmak üzere altı sınıfa ve iii) ara leke dağılımına göre lekeler x, o, i, c olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflandırmadaki ilk parametreye göre A ve B gruplarında penumbralı leke bulunmaz ve bu gruplar genellikle leke evriminin başlangıcını temsil ederler. C grubu lekeler penumbralı leke içerip leke evriminin ortasını temsil ederken, D, E ve F grupları penumbralı lekeler içerip evrimleşmiş leke gruplarını temsil ederler. H grubu lekeler ise çoğunlukla büyük lekelerden arta kalan lekeler içerip leke evriminin son aşamasını göstermektedirler. İkinci parametreye göre x penumbrasız lekeyi tanımlarken, k çok gelişmiş kompleks penumbralı lekeyi tanımlamaktadır. Son olarak üçüncü parametreye göre ise x ara leke dağılımının olmadığı durumu gösterirken c kompleks ara leke dağılımını tanımlar. Bu üç parametrenin peş peşe eklenmesi ile leke grupları sınıflandırılırlar (Axx, Fkc, Hso gibi).



Şekil 2.1.2 McIntosh sınıflandırmasının şematik gösterimi (McIntosh, 1990)

2.2 Güneş Patlamaları ve Sınıflandırılması

Güneş patlamaları (solar flares) Güneş diski üzerinde meydana gelen parlaklığın ani bir şekilde artması ve Güneş plazmasının aniden serbest bırakılması sonucu meydana gelirler. Bir Güneş patlaması meydana geldiği zaman elektromanyetik tayfın radyo dalgalarından gama ışınlarına kadar uzanan geniş bir yelpazede radyasyon salınımı olur. Radyasyon miktarı, patlama şiddetine ve süresine bağlı olarak değişir. Tipik enerji miktarı 10^{27} erg mertebesinde olup şiddetli patlamalarda bu enerji miktarı 10^{32} erg mertebesine kadar çıkabilmektedir (Fletcher, et al, 2011). Güneş patlamaları ilk kez 1859'da bir Güneş leke grubu içerisinde bölgesel parlaklık artışı olarak Carrington tarafından gözlenmiştir. Patlamaların oluşum sıklığı Güneş etkinliğine bağlı olarak değişim gösterir. Tipik olarak etkinliğin maksimumunda günde 10-15 patlama meydana gelebilirken minimum dönemde aylarca patlama olmayabilir.

Patlamalar genellikle güneş lekeleri civarında meydana gelirler. Patlamalar esnasında gözlenen parlaklık kısa süre içerisinde maksimuma çıkar ve sonra yavaş yavaş azalır. Genel olarak parlaklığın maksimuma çıkış süresi iniş süresine nazaran daha kısadır. Güneş patlamaları güneş atmosferinin tüm tabakalarını ve hatta dünya ve yakın uzay çevresini ciddi şekilde etkilerler. Patlamalar esnasında elektronlar, protonlar ve ağır iyonlar ışık hızına yakın hızlara kadar hızlandırılabilirler.

Güneş patlamaları gözlendikleri dalgaboyuna bağlı olarak Hα (6563 Å) ve X-ışınlarında (1 – 8 Å) olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılırlar (Tablo 2.2.1). Hα'da gözlenen patlamalar patlamanın şiddeti ve patlamanın meydana geldiği alan dikkate alınarak sınıflandırılır. Patlamanın meydana geldiği alanın büyüklüğüne göre S, 1, 2, 3 ve 4 olmak üzere beş farklı sınıf vardır. Patlama şiddetine göre ise sönük (f), orta (n) ve parlak (b) olmak üzere üç sınıf vardır. Bu iki parametre peş peşe eklenerek güneş patlamaları Hα'da her bir alan aralığı için üç farklı şekilde olmak kaydıyla toplam 15 farklı şekilde sınıflandırılırlar (Sf, 1n, 4b, gibi). Bu durumda en güçlü patlamalar 4b şeklinde sınıflandırılırken en zayıflar ise Sf şeklinde sınıflandırılır (Maris ve Popescu, 2004). X-ışınlarında ise güneş patlamaları yayınladıkları maksimum akıya göre A, B, C, M ve X olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılırlar. Bu sınıflardan her birinde yayınlanan enerji diğerinin 10 katıdır, yani B grubu bir patlama A grubunun 10 katı, C grubu B'nin 10 katı, M grubu C'nin 10 katı ve X grubu da M'nin 10 katıdır (Fletcher, et al, 2011). Ayrıca her bir sınıf da kendi içinde 10 alt sınıfa ayrılır (M2, B1, C5, M9 gibi) sadece X grubu patlamalarda bu alt grup sayısı 10'dan fazladır (Ör: X21 gibi).

Tablo 2.2.1 Güneş patlama alanlarının Hα sınıflandırması (Soldaki iki sütun) ve patlamaların X-Işını (Sağdaki iki sütun) sınıflandırması.

Alan Sınıfı	Alan (Güneş yarı küresinin milyonda biri)	X-ışını Güneş Patlama Sınıflandırması	W/m^2 between 1 - 8 Å
S	< 100	A	$<10^{-7}$
1	100 – 250	B	$\geq 10^{-7} <10^{-6}$
2	250 – 600	C	$\geq 10^{-6} <10^{-5}$
3	600 – 1200	M	$\geq 10^{-5} <10^{-4}$
4	> 1200	X	$\geq 10^{-4}$

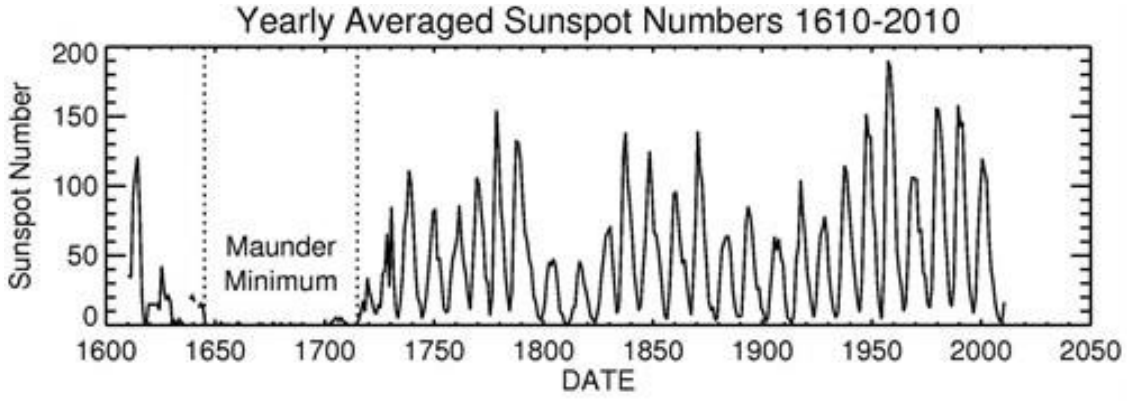
2.3 Güneş Leke Aktivitesi

Güneş diski üzerinde gözlenen güneş lekelerinin sayısı 27 günlük rotasyon periyodundan, aylar (154 gün), yıllar (11 veya 22 yıllık Schwabe veya Hale çevrimleri) ve hatta yüzyıllar (205 yıllık Suess çevrimi) sürebilen geniş bir yelpaze içinde olabilir (Rieger ve ark. 1984; Bai 2003; Braun ve ark. 2005; Kılçık ve ark. 2010, 2014a, vd). Wolf sayıları veya Rölatif sayı da denilen günlük toplam güneş leke sayıları her gün için gruplardaki lekelerin sayısı ve günlük gözlenen toplam grup sayısı da hesaba katılarak (2.3.1) denklemi ile hesaplanır.

$$Rz = k(10g + f) \qquad (2.3.1)$$

Burada k gözlemevi, alet ve gözlemci gibi etkilerden kaynaklanan hataları gidermek için kullanılan bir düzeltme faktörü, g güneş leke grubu sayısı ve f de bu gruplarda bulunan toplam leke sayısını ifade eder. Bu denkleme göre hesaplanan günlük rölatif sayı kullanılarak aylık ve yıllık güneş leke aktivitesi elde edilir (bkz. Şekil 2.3.1). Bu bağıntıdan da görüldüğü gibi Rölatif sayı hesabında tüm güneş lekeleri aynı ağırlığa/öneme sahiptir. Oysa ki, A grubu lekeler en basit lekeler olup leke evriminin başlangıcını ifade ederken, F grubu bir leke ise leke evriminin en gelişmiş halini ve kompleks lekeleri temsil eder. Dolayısıyla da günlük leke sayısı hesabında A grubu bir leke ile F grubu bir lekenin aynı ağırlığa sahip olması pek mantıklı görünmemektedir. Nitekim, Kılçık ve ark. (2011a) leke gruplarını basit ve karmaşık

olmak üzere iki gruba ayırmışlar ve bu grupların bir çevrim boyunca farklı davranışlar sergilediğini bulmuşlardır. Onların en önemli bulgusu kompleks grupların hem güneş aktivitesini hem de jeomanyetik aktiviteyi basit gruplardan çok daha iyi temsil ediyor olmasıdır (Kılçık ve ark. 2011b). Elde edilen sonuçlara göre kompleks gruplar, güneş patlamaları, CME aktivitesi, jeomanyetik Ap ve Dst indekslerinde meydana gelen değişimleri basit gruplardan daha iyi yansıtmaktadır. Bu bulgular o yıldan itibaren birçok çalışma tarafından doğrulanmıştır (Lefevre ve Clette 2011; DeToma ve ark. 2013 vd.). Ancak konu ile ilgili henüz birçok eksik ve tamamlanması gereken kısım vardır (her bir leke grubunun güneş patlamaları, CME'ları ve jeomanyetik aktivite ile ilişkileri, güneş aktivitesindeki rolleri vb).



Şekil 2.3.1 1610'dan 2010'a kadar gözlenen güneş leke aktivitesi (şekil NASA'dan alınmıştır)

Son olarak, Hudson ve ark (2014) yıllık güneş patlama üretiminin üç güneş çevrimi boyunca (1975 – 2012) istatistik analizini yapmış ve patlama üretiminin 21. ve 22. Güneş çevrimleri boyunca (1975-1995) sabit kaldığını, ancak 23. çevrimin azalma (iniş) kolunda patlama sayı ve şiddetlerinin (2004 – 2005) ciddi şekilde arttığını bulmuşlardır. Çalışmada, bu patlamaların hangi leke gruplarında meydana geldiği belirtilmemiştir. Kilcik ve ark (2014a, b) 23 ve 24. Güneş çevrimleri boyunca (1996 – 2014) güneş lekelerinin kompleks ve basit ayrımını lekelerin zamansal evrimini de dikkate alarak daha da geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarda leke gruplarını basit (A, B), orta (C), büyük (D, E ve F) ve son (H) olmak üzere dört alt gruba ayırarak periyodik ve zamansal değişimlerini incelemişlerdir. Analizler sonucunda farklı alt grupların farklı davranışlar sergilediği, 23. Güneş leke çevriminin gerçekten anormal bir çevrim olduğu ve 24. Güneş leke çevriminde güneş aktivitesinin tekrardan daha zayıf bir çevrimle normale döndüğü sonuçlarını elde etmişlerdir. Bu bulgular 23. Güneş çevriminin azalma kolunda patlama aktivitesinin artış sebebini açıklamaktadır.

2.4 Güneş Aktivitesinin Dünya ve Yakın Uzay Çevresine Etkileri

Yakın uzay çevremizi ve dünyanın manyetosfer, iyonosfer, termosfer sistemini etkileyen en önemli olaylardan biri de güneşte meydana gelen olayların en şiddetlilerinden biri olan koronal kütle atımlarıdır (CME). CME, güneş yüzeyinden uzaya çok büyük miktarlarda madde ve elektromanyetik radyasyonun serbest bırakılmasıdır. Bazı CME'ler güneş patlamaları ile ilişkili olarak meydana gelirken, bazıları da patlamalardan bağımsızdırlar ve daha çok prominens, filament gibi diğer yapılarla ilişkilidirler. Dünya–Güneş ilişkisi araştırmalarında Güneş patlamalarının da en az CME'ler kadar etkili olduğu görülmektedir. Güneş patlamaları sırasında patlamanın olduğu yerden elektromanyetik tayfın radyo bölgesinden başlayıp X-ışınımı hatta bazı durumlarda Gama ışınımı bölgesine kadar geniş bir yelpazede uzanan ışınım yayımı görülür. Bunun yanı sıra uzaya yüksek enerjili parçacıklar da yüksek hızlarla gönderilir. Elektrik ve elektronikteki gelişmelere paralel olarak teknolojideki gelişmeler dikkate alındığında güneşte gözlenen bu olayların dünya ve yakın uzay çevresine etkilerinin anlaşılması daha da büyük önem kazanmaktadır. Güneşin dünya ve yakın uzay çevresine jeomanyetik fırtınalar, haberleşmelerde kesintiler, uyduların sistemlerinin zarar görmesi ve iklim değişimi gibi başlıca etkileri bilinmektedir. Dolayısıyla güneş aktivitesinin daha iyi anlaşılması güneşte meydana gelen aktif olaylardan doğabilecek sorunların çözülebilmesi veya önlemlerin alınabilmesi açısından ciddi önem arz etmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada kullanılacak olan başlıca metotlar çapraz korelasyon, MTM periyot analiz metodu ve wavelet periyot analiz yöntemleri olup daha önce çalışmadaki araştırmacılar tarafından başarılı bir şekilde uygulanmış ve sonuçları literatüre kazandırılmıştır.

3.1 Veriler

Çalışma için gerekli olan tüm güneş verileri solar monitör (https://www.solarmonitor.org/) ve National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) Space Weather Prediction Center (SWPC) web sayfalarından Ocak 1996 – Ağustos 2016 yıllarını kapsayacak şekilde indirilmiştir. Buna ilave olarak, güneş leke sayıları (günlük ve aylık) ve lekelerin konum bilgilerini içeren (günlük) çok daha uzun dönemli veriler National Geophysical Data Center (NGDC) web sayfasından indirilmiştir. Benzer şekilde, jeomanyetik aktivite verileri (Ap ve Dst indeks) de 1996 – 2016 yıllarını kapsayacak şekilde World Data Center for Geomagnetism of Kyoto University (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html) web sayfasından indirilmiştir. Ham güneş leke verileri aşağıdaki iki örnekte görüldüğü gibi aktif bölge kodu (8823), leke grubunun koordinatları (S33E13), manyetik sınıflaması (b/b), Zürih sınıfı (Dso/Cso), leke alanı (0050/0050), leke sayısı (08/06) ve güneş patlaması (M1.2(00:04), C4.2(03:44)) bilgilerini içermektedir. Ham veride manyetik sınıflama, Zürih sınıfı, leke alanı, leke sayısı ve güneş patlaması bilgileri hem incelenen gün hem de bir gün öncesi için her gün online olarak yayınlanmaktadır.

08823 S33E13 (-178",-457") b/b Dso/Cso 0050/0050 08/06 -

08824 S13E33 (-503",-154") bg/b Eai/Eao 0250/0230 21/09 M1.2(00:04), C4.2(03:44)

Proje kapsamında belirtilen maksimum CME hız indeksi verileri de http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/ web sayfasından indirilmiştir. Proje kapsamında kullanılacak tüm günlük ve aylık veriler yurtdışı araştırmacı tarafından yazılan Interactive Data Language (IDL) kodu kullanılarak projede kullanılmak için hazır hale getirilmiştir.

3.2 Yöntemler

Bu projede kullanılan başlıca yöntemler: zaman serisi analizi, yürüyen ortalama (running average) düzleştirme yöntemi, korelasyon analizi, Multi Taper Method (MTM) ve Morlet Wavelet periyod analiz yöntemleridir.

Aylık veri setlerinin zamansal değişimlerini elde etmek ve farklı veri setlerinin birbirlerine göre zamansal değişimlerini karşılaştırmak için zaman serisi analizi ve 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme tekniği kullanılmıştır. Bu teknik klasik ortalamaya benzemekle birlikte her bir veri noktası için bir ortalama değeri hesaplamaya dayanır. Yöntemin avantajı

veri sayısının klasik ortalamada olduğu gibi azalmasını engellemek ve uzun dönemli (bu çalışmada yıllık) değişimleri ortaya çıkarmaktır. Elde edilen düzleştirilmiş veriler birbirlerine göre grafikte gösterilerek uzun dönemli (birbirlerine veya zamana göre) değişimler ortaya konmuştur. Veri setleri arasındaki ilişkinin derecesi ve yönünü belirlemek için Pearson ve çapraz korelasyon analiz yöntemleri kullanılmıştır. Pearson korelasyon analiz yöntemi

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \qquad (3.1.1)$$

denklemi ile verilir. Denklemde x ve y karşılaştırılacak zaman serileri, $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ bu serilerin ortalaması ve r de korelasyon katsayısını göstermektedir. Korelasyon katsayısı (r) -1 ve +1 arasında değerler alır. Eğer elde edilen korelasyon katsayısı mutlak değer olarak 0.5'den büyük ise iki veri seti arasında anlamlı bir ilişkiden bahsedilebilir. Çapraz korelasyon analizi de Pearson korelasyon analizine benzemekle birlikte veri setlerinden biri sabit tutularak diğer veri seti kaydırılarak her bir durum için korelasyon katsayısı hesaplanır. En yüksek korelasyon katsayısının elde edildiği zaman gecikmesi iki veri seti arasındaki zaman gecikmesi olarak alınır. İki yöntem arasındaki tek fark çapraz korelasyonun iki veri seti arasında herhangi bir zaman gecikmesi olup olmadığını göstermesidir.

Thomson (1982) tarafından geliştirilen MTM analiz yöntemi alışılmış Fourier analiz yöntemiyle karşılaştırıldığında büyük avantajlara sahiptir. Yöntemin en önemli avantajları az sayıdaki zaman serisi verilerine uygulanabilir olması ve amaca bağlı olarak beyaz veya kırmızı gürültü (white and red noise) yaklaşımına göre güç tayfının elde edilmesine olanak sağlamasıdır. MTM ile elde edilen periyotların veri setinde hangi zaman diliminde gözlendiğini bulmak için de Morlet Wavelet analiz yöntemi kullanılmıştır (Torrence and Combo 1998). Bu analiz yöntemi durağan olmayan farklı frekanslarda çok sayıda güç içeren zaman serilerine uygulanabilir niteliktedir.

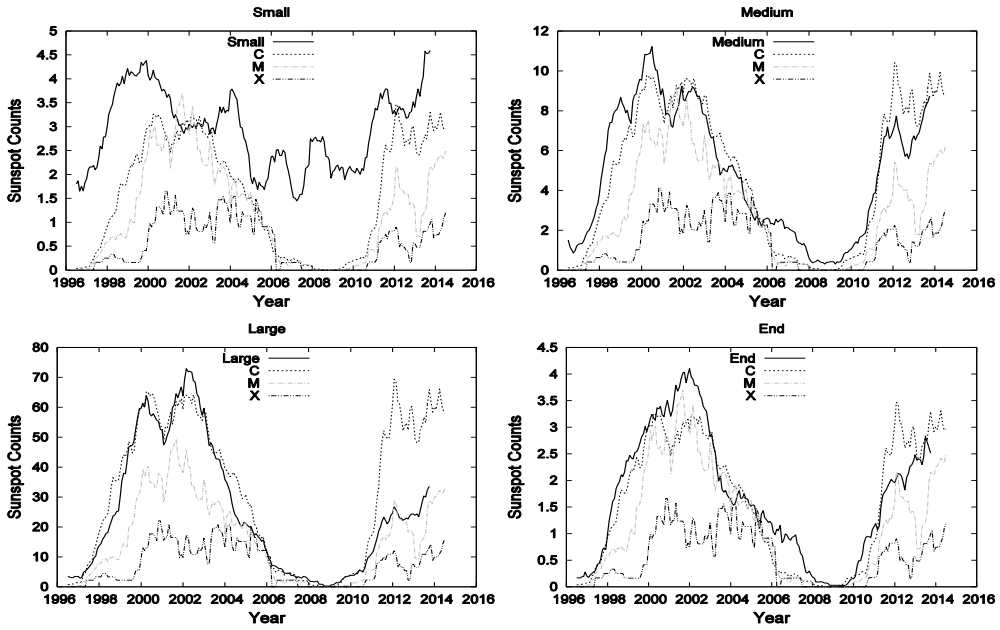
Aynı günde birden çok güneş leke grubu ve güneş patlaması gözlenebildiği için çalışmada ilk aşama olarak her bir gün için gözlenen güneş leke grubu ve patlama verileri (günlük veriler) oluşturulmuştur. Proje kapsamında kullanılan jeomanyetik Ap indeks verileri doğrudan günlük ve aylık ortalama olarak alınmış, ancak jeomanyetik Dst indeks verileri internet ortamında saatlik ve günlük ortalama olarak sunulmaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen düzleştirilmiş aylık verilerin zamana göre değişim grafikleri çizilerek veri setlerinin zamansal değişimleri incelenmiş ve verilerin birbirlerine göre nasıl değiştikleri araştırılmıştır. Ayrıca incelenen aylık veri setlerinden iki veri seti arasında bir ilişki olup olmadığı, varsa bu ilişkinin derecesi ve mevcut zaman gecikmelerini elde etmek için korelasyon analiz yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen günlük verilere MTM frekans analizi ve Morlet Wavelet analiz yöntemleri uygulanarak bu verilerin kısa dönemli periyodik değişimleri elde edilmiştir.

4. BULGULAR

4. 1 Leke Grubu Verilerinin Analizi ve Bulgular

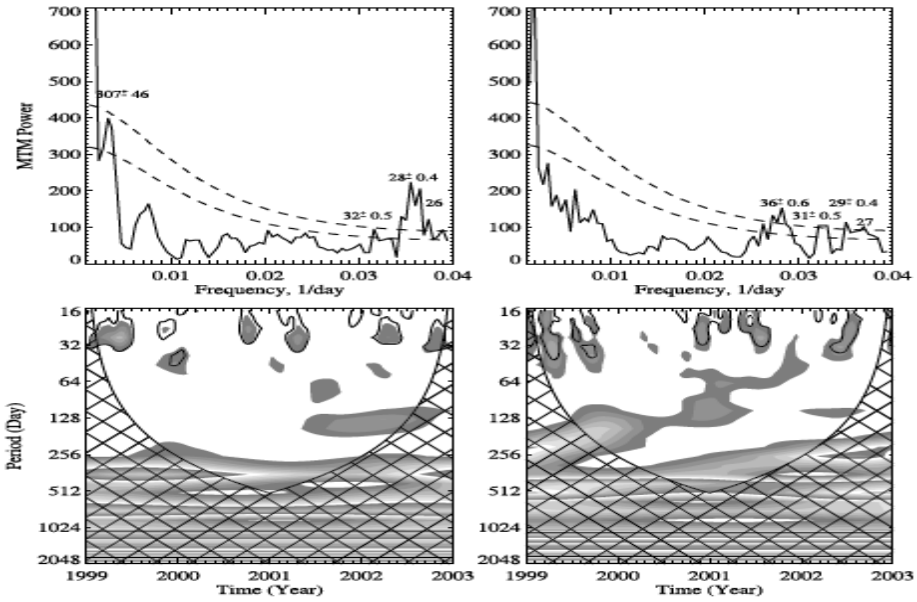
Çalışma kapsamında yapılan leke grubu verilerinin analizi her bir leke grubuna ait günlük ve aylık verilerin diğer güneş aktivite göstergeleriyle karşılaştırılması, grupların X-ışın güneş patlaması üretme potansiyellerinin araştırılması ve güneş lekelerinin özelliklerinin çok daha iyi anlaşılmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar:

1) Güneş leke grubu sayıları, McIntosh Güneş Leke Sınıflandırmasının ilk parametresi olan sınıflar göz önünde bulundurularak leke grupları Küçük (A, B), Orta (C), Büyük (D, E, F) ve Son (H) olmak üzere dört farklı kategoriye ayrılmıştır. Bu dört kategorinin her biri C, M ve X sınıfı, X-ışın Güneş patlamaları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.1.1). Karşılaştırma sonucunda büyük leke gruplarının (D, E, F) X-ışın güneş patlamaları ile diğer kategorilerden daha iyi uyum gösterdiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Kasım 2015'de Atina, Yunanistan'da gerçekleştirilen "Solar Variability and Its Heliospheric Effect" isimli uluslararası konferansa "Investigation of the Relationship Between Solar Flares and Sunspot Groups" başlıklı poster olarak sunulmuş ve sunum özeti toplantı bildiri özeti kitapçığında basılmıştır. Aynı çalışma daha sonra detaylandırılarak *Sun and Geosphere* dergisinde yayınlanmıştır (Eren ve Kilcik, 2017b).



Şekil 4.1.1 Farklı X-ışın sınıfı güneş patlamalarına (C, M ve X) ait aylık ortalama güneş patlaması sayısı ile dört farklı kategorilerdeki güneş leke grubu sayılarının karşılaştırılması (Eren ve Kilcik, 2017b).

2) 23. Güneş leke çevriminde gözlenen güneş leke gruplarının güneş diski üzerindeki enlemsel dağılımları incelenmiş ve bu dağılımın periyodik değişim gösterdiği gözlenmiştir. Yapılan çalışma daha eski çevrimlere de genişletilmiştir. Bu çalışma sonucunda, sadece leke sayılarının değil leke gruplarının ortalama enlemlerinin (lekelerin üzerinde bulundukları plazma ortamının) de lekelerle bazı ortak periyodik değişimler gösterdiği bulunmuştur. Buradan elde edilen temel sonuçlardan biri lekelerde gözlenen bazı periyodik değişimlerin lekelerden değil lekenin oluştuğu bölgedeki plazmanın hareketinden kaynaklandığının ortaya konmasıdır. Böylece güneş lekelerinin özelliklerinin daha iyi anlaşılması konusunda literatüre katkı sağlanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar Solar Physics dergisinde yayınlanarak literatüre kazandırılmıştır (Kilcik ve ark. 2016). Örnek olarak Şekil 4.1.2'de 23. Güneş leke çevrimine ait periyot analizi sonucu verilmiştir.



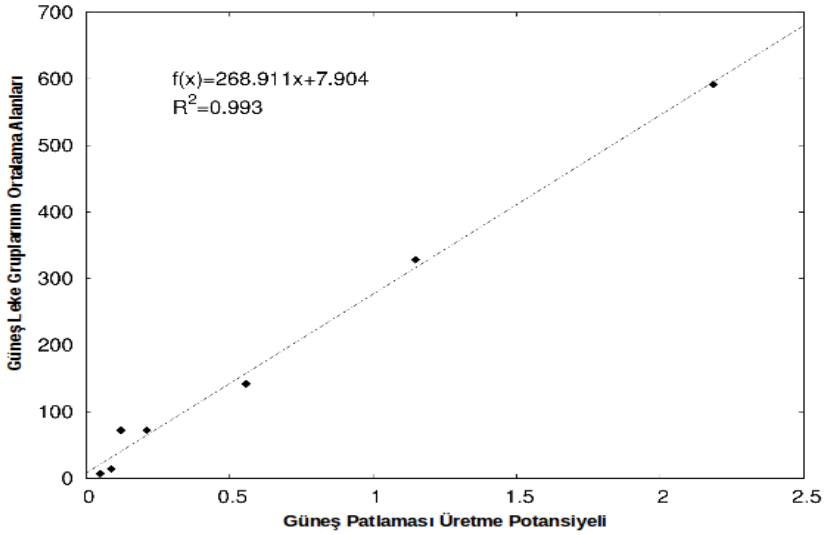
Şekil 4.1.2 23. güneş leke çevrimi için güneş leke gruplarının enlemsel dağılımının periyodik değişimi. Şekilde üst panel Multi Taper Method ile elde edilen periyodik değişimleri, alt panel de Morlet Wavelet analizi ile elde edilmiş sonuçları göstermektedir. Sağ panel güney yarımküreye, sol panel de kuzey yarımküreye ait sonuçları göstermektedir (Kilcik ve ark., 2016).

3) Güneş leke gruplarının 1996-2014 yıllarına ait verilerden elde edilen günlük ve aylık güneş leke sayıları ile güneş leke grubu alanları ve ilgili güneş leke gruplarının ürettikleri güneş patlaması sayıları analiz edilerek bir yüksek lisans tezi hazırlatılmıştır (Eren, 2017). Bu tez çalışması kapsamında Güneş leke sayıları ile Güneş leke grupları arasındaki ilişki incelenmiş olup, Güneş leke sayıları ile alanlarının 23. çevrimin tamamı ve 24. çevrimin

maksimumunu içeren zaman aralığında oldukça iyi uyum gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca, her bir modifiye edilmiş Zürih grubuna ait Güneş leke grubu alanları ile bu leke gruplarının ürettiği güneş patlaması sayıları hesaplanmıştır. Bu iki veri setinin karşılaştırılması ile "bir güneş leke grubunun güneş patlaması üretme potansiyeli" olarak isimlendirilen kavram

Patlama Üretme Potansiyeli = Herhangi bir leke grubunda üretilen toplam güneş patlaması sayısı / İlgili grup sayısı

bağıntısı olarak literatüre kazandırılmıştır. Buna ek olarak, her bir leke grubunun patlama üretme potansiyeli ile bu gruplara ait leke alanları karşılaştırılmış ve iki veri seti arasında çok yüksek bir korelasyon (r=0.996) olduğu bulunmuştur. Söz konusu tez çalışmasında patlama üretme potansiyeli ile ilgili bulgular "Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)" dergisinde yayınlanarak literatüre kazandırılmıştır (Eren ve ark., 2017). Şekil 4.1.3'de görüldüğü gibi leke gruplarının ortalama güneş leke alanları ile güneş patlaması üretme potansiyelleri birbirleriyle yaklaşık aynı kabul edilebilir.

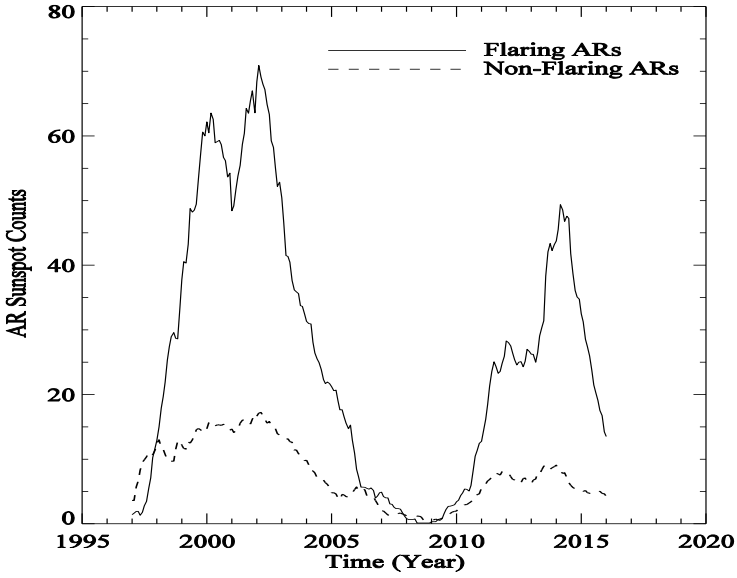


Şekil 4.1.3 Güneş leke gruplarının ortalama alanları ile ilgili güneş lekelerinin Güneş patlaması üretme potansiyelleri arasındaki ilişki

4.2 Güneş Patlamalarının Grup Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Bulgular

4.2.1 Güneş Patlaması Üreten ve Üretmeyen Leke Gruplarının Zamansal ve Periyodik Değişimleri

Güneş leke grupları National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) numaraları kullanılarak patlama üreten ve patlama üretmeyen aktif bölgeler (leke grupları) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İki grubun birbirlerine göre zamansal değişimi 1996-2016 dönemi için incelenmiştir (bkz Şekil 4.2.1.1).

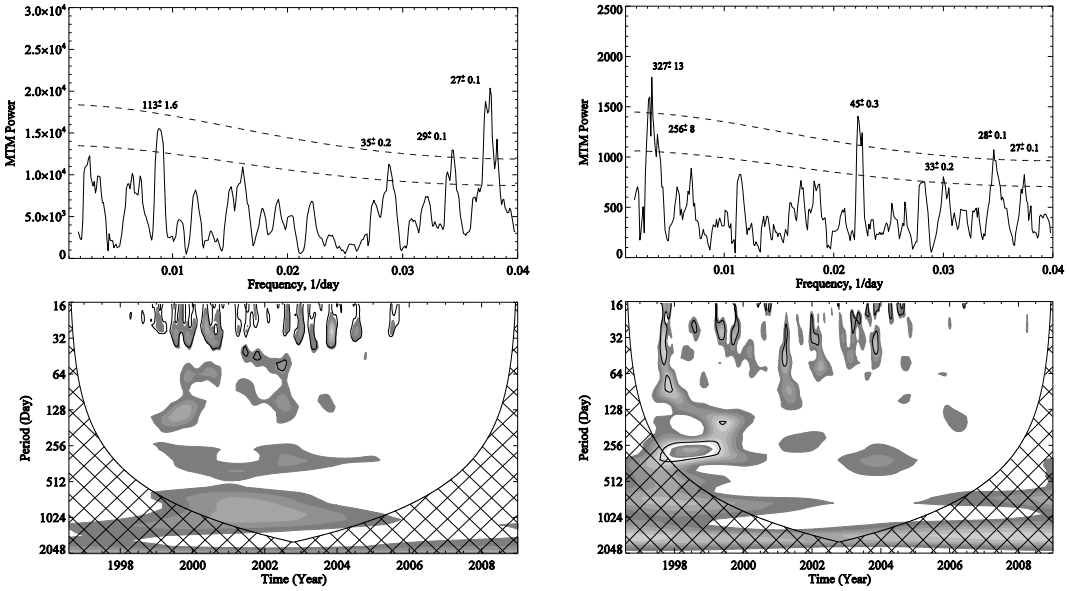


Şekil 4.2.1.1 Güneş patlaması üreten ve patlama üretmeyen aktif bölgelerdeki güneş leke sayılarının 1996-2016 yılları arası zamansal değişimi.

Şekil 4.2.1.1'de görüldüğü gibi patlama üreten ve üretmeyen aktif bölgelerdeki güneş leke sayıları farklı davranışlar sergilemektedirler ve aynı zamanda bu davranışlar çevrimden çevrime de farklılık göstermektedir: i) patlama üreten aktif bölgelerdeki leke sayıları 11 yıllık güneş leke çevrimini patlama üretmeyenlerden çok daha iyi yansıtmaktadır, ii) 23. Güneş çevrimi (1996 – 2008) esnasında patlama üretmeyen aktif bölgelerdeki leke sayıları patlama üretenlerden daha geniş bir zamansal profile sahipken 24. çevrim esnasında her iki grubun zamansal değişim profili aynı genişliğe sahiptir, iii) patlama üretmeyen aktif bölgeler için 24. çevrimde birinci maksimum (2012) ve ikinci maksimum (2014) yaklaşık aynı genliğe sahipken, patlama üreten aktif bölgelerde ikinci maksimum oldukça baskın olup ilk maksimum neredeyse mevcut değildir.

Her iki sınıfın periyodik değişimleri her bir çevrim için karşılaştırılmıştır. Şekil 4.2.1.2'de bir örnek olmak üzere 23. çevrim için patlama üreten ve üretmeyen aktif bölgelerin leke sayılarının periyodik değişimleri karşılaştırılmıştır. Buna göre, patlama üreten aktif bölgelerin güneş leke sayıları ile patlama üretmeyen aktif bölgelerin güneş leke sayılarının periyodik davranışları arasında hem Multi Taper Method (MTM) hem de Morlet wavelet spektrumlarında ciddi farklılıklar olduğu ve çevrimden çevrime farklılık gösterdiği gözlenmiştir: i) patlama üreten aktif bölgelerdeki en büyük periyod 113 gün iken patlama olmayanlarda 317 gündür, ii) 24. Güneş çevrimi (2008-2016) esnasında patlama üreten aktif bölgelerin MTM spektrumunda 45 günden büyük periyodik değişim gözlenmezken, 23. çevrimde 113 günlük periyot bulunmuştur. 1 ve 2. maddeler kapsamında elde edilen sonuçlar yayınlanmak üzere Solar Physics dergisine gönderilmiştir. Ayrıca, bu kapsamda elde edilen

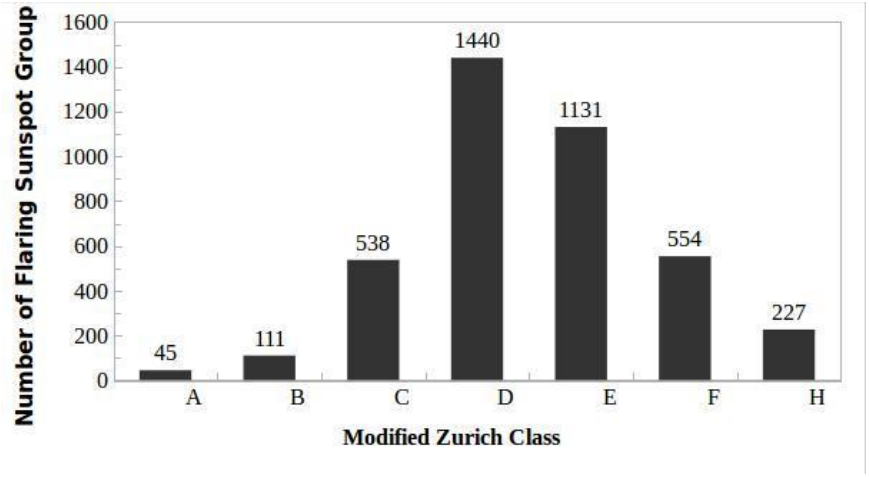
sonuçlar 30 Mayıs 2017 ve 3 Haziran 2017 tarihleri arasında Bulgaristan/Sunny Beach'te gerçekleştirilen "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere " isimli konferansta "Temporal and Periodic Variations of Sunspot Counts in Flaring and Non-flaring Active Regions" başıklı bir bildiri olarak sunulmuş olup, özeti bildiri özet kitapçığında basılmıştır.



Şekil 4.2.1.2 Çevrim 23 için patlama üreten (sol panel) ve patlama üretmeyen (sağ panel) aktif bölgelerin MTM (üst paneller) ve wavelet (alt paneller) analiz sonuçları.

4.2.2 Güneş Leke Gruplarında Patlama Öncesi Meydana Gelen Değişimler

Patlama üreten aktif bölgelerden her bir Zürih leke grubunun (A, B, C, D, E, F, H) patlama öncesinde leke sayısı, leke alanı ve sınıflandırmada değişiklik olup olmadığı 1996 – 2016 yılları aralığı için araştırılmıştır. Bu amaçla güneş patlaması olmadan bir gün öncesi ve patlamanın olduğu gün arasında leke sınıflarında, leke sayılarında ve leke alanlarında meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Yapılan bu çalışma "Possible variations in sunspot groups before flaring activity during solar cycles 23 and 24" başlığı ile Turkish Journal of Physics dergisinde yayınlanmıştır (Kılçık ve Şahin, 2017). İncelenen zaman aralığı için toplam 4046 patlama içeren aktif bölge tespit edilmiş olup bu aktif bölgelerin gruplara göre dağılımı Şekil 4.2.2.1'de verilmiştir.



Şekil 4.2.2.1 Zurich sınıflarına göre patlama içeren AR sayılarının dağılımı

Şekil 4.2.2.1'de görüldüğü gibi, patlama içeren grupların %77'si büyük güneş leke gruplarıdır (D, E, F). Geriye kalan güneş leke gruplarının %13'ü C sınıfı ve sadece %10'u A, B ve H sınıfına aittir. Böylece daha önceden bilinen güneş patlamalarının çoğunluğunun büyük güneş leke grupları tarafından üretildiği sonucu doğrulanmış ve patlamaların % kaçının bu gruplarda meydana geldiği son iki güneş çevrimi verileri kullanılarak belirtilmiştir. Tablolar 4.2.2.1 – 4.2.2.7 Patlama öncesi grubun morfolojisi (sınıfı), leke sayıları ve leke alanlarında meydana gelen değişimleri göstermektedir.

Tablo 4.2.2.1 A sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	A	16	-0.31	-2.44
B	A	14	-3.14	-9.28
C	A	8	-2.5	-13.75
D	A	2	-3	-10
E	A	1	-6	-6
F	A	-	-	-
H	A	4	0.25	-10

Tablo 4.2.2.1'de görüldüğü gibi incelenen zaman aralığında toplamda 45 A grubu içeren aktif bölge vardır. Bu grupların %36'sında (16 AR) sınıf değişikliği gözlenmezken, leke gruplarının %64'ünün farklı sınıflara evrimleştiği görülmektedir (%31'i B'den A'ya, %18 C'den A'ya, %4 D'den A'ya, %20 E'den A'ya ve %9'u H'dan A'ya). Genel olarak, ortalama güneş lekesi alanları (SSA'lar) ve güneş lekesi sayıları (SSN'ler) araştırılan süre boyunca azalma eğilimi göstermektedir. Sadece H gruplarının ortalama alanı küçük bir artış göstermektedir.

Tablo 4.2.2.2. B sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	B	18	2.72	6.94
B	B	51	0.64	5.49
C	B	31	-0.06	-13.22
D	B	7	-2.86	-24.28
E	B	1	4	-10
F	B	-	-	-
H	B	3	3.33	0

İncelenen zaman aralığında toplamda 111 B grubu leke içeren aktif bölge vardır (bkz Tablo 4.2.2.2). Bu grupların %46'sında (51 AR) sınıf değişikliği gözlenmezken, %54'ünün (60 AR) farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%16 A'dan B'ye, %28 C'den B'ye, %6 D'den B'ye, %1 E'den B'ye ve %3 H'tan B'ye). Ortalama SSN miktarı A, B, E ve H sınıflarında bir artış gösterirken, C ve D sınıflarında bir düşüş göstermektedir. Burada E'den A'ya ve E'den B'ye tek bir sınıflandırma vardır. Bu nedenle, bu iki grupta SSA ve SSN artış/azalış yapay bir etki olarak düşünülebilir. Grupların ortalama SSA'ları A ve B sınıfları için artış gösterirken, H sınıfı için değişmez ve C, D, E sınıfları içinse düşüş göstermektedir.

Tablo 4.2.2.3 C sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	C	11	4.27	42.73
B	C	41	2.78	27.07
C	C	261	0.31	1.11
D	C	121	-0.74	-17.60
E	C	23	-4	-30.87
F	C	3	-7.67	-56.67
H	C	78	3.08	18.72

C sınıfı güneş leke grupları toplamda 538 Aktif Bölge içermektedir. C sınıfı güneş lekeli grupların %49'unda (261 AR) patlama öncesi için herhangi bir sınıflandırma değişikliği gözlenmezken, %51'inde değişim mevcuttur (Sırası ile A, B, D, E, F ve H'den C'ye, %10, %8, %22, %4, %1 ve %14). SSA'ların ve SSN'lerin değişimlerini incelediğimizde, A, B, C ve H sınıfları için bir artış olduğu görülürken, bunun aksine diğer tüm kompleks gruplarda (D, E ve F) bir düşüş görülmektedir (bkz. Tablo 4.2.2.3).

Tablo 4.2.2.4 D sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	D	10	7.20	65
B	D	52	6.40	64.52
C	D	240	3.80	39.52
D	D	973	2.13	3.36
E	D	107	-2.06	-3.41
F	D	11	-0.91	-32.73
H	D	47	5.87	65.96

Tablo 4.2.2.5 E sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	E	-	-	-
B	E	1	6	180
C	E	43	4.79	89.30
D	E	239	5.17	81.80
E	E	748	1.39	13.81
F	E	62	-1.84	-27.26
H	E	38	7.95	237.10

Tablo 4.2.2.6 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	F	-	-	-
B	F	-	-	-
C	F	4	13	230
D	F	24	13.62	300
E	F	113	6.17	66.90
F	F	407	1.25	7.71
H	F	6	8.83	251.67

Toplam olarak D grubu için 1440 AR, E grubu için 1131 AR ve F grubu için 554 AR incelenmiştir (bkz. Tablo 4.2.2.4, 4.2.2.5 ve 4.2.2.6). İncelenen zaman aralığında bu güneş leke grupların sınıflarında ciddi bir değişik olmadığı görülmemektedir (sırasıyla D, E ve F grupları için %33, %34 ve %22'si morfolojik sınıfını değiştirmiştir.). SSA ve SSN'ler, diğer sınıflardan F sınıfına doğru artan bir eğilim sergilemektedir. A ve B'den F'ye evrimleşen hiçbir güneş lekesi grubu yoktur. E gruplarında ise hem SSN'ler hem de SSA'lar için F'den E'ye olan değişim dışında geriye kalan tüm sınıflar için artan bir eğilim olduğu görülmektedir. Ayrıca, A'dan E'ye de evrimleşen hiçbir güneş leke grubu yoktur. D grupları için tüm bu parametreler, E ve F'den D'ye olanlar haricinde diğer tüm sınıflarda bu değişimler artış şeklindedir.

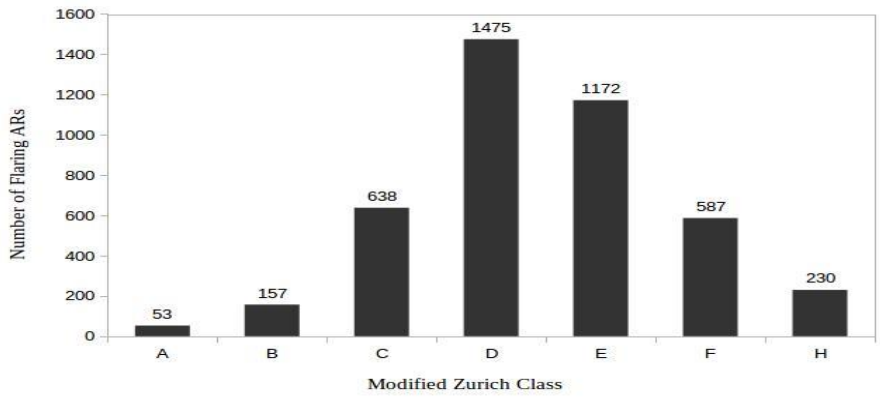
Tablo 4.2.2.7 H sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün öncesi için zamansal değişimler.

Patlama Öncesi Güneş leke Grubu	Patlama sırasında Güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	H	6	0.17	16.67
B	H	2	-1.50	-
C	H	51	-2.80	-10.39
D	H	10	-3.60	-22
E	H	1	-5.00	-50
F	H	2	-5.50	-10
H	H	155	0.10	6.13

Son olarak tablo 4.2.2.7'ye baktığımız zaman H sınıfı bir güneş lekesi için toplamda 227 adet AR incelenmiştir. Bu grupların sadece %32'sinde (72 AR) morfolojinin değiştiğini görebiliriz. Genel olarak, SSN'ler ve SSA'lar azalma eğilimi göstermektedir, ancak sadece A'dan H'ye olan evrimlerde bunun farklı olduğunu görürürüz (bkz. Tablo 4.2.2.7).

4.2.3 Güneş Leke Gruplarında Patlama Sonrası Meydana Gelen Değişimler

Bu kapsamda patlamadan bir gün sonra güneş leke gruplarının Zurich sınıflarında, güneş leke sayılarında ve alanlarında gözlenen değişiklikler incelenmiştir. Şekil 4.2.3.1'de görüldüğü gibi incelenen zaman aralığı için toplam 4312 patlama içeren aktif bölge gözlenmiştir.



Şekil 4.2.3.1 Zurich sınıflarına göre patlama içeren AR sayısının dağılımı

Şekil 4.3.2.1'de görüldüğü gibi patlama gözlenen grupların %75'i büyük güneş leke gruplarıdır (D, E, F). Geriye kalan güneş leke gruplarının %15'i C sınıfı ve sadece %10'u A, B ve H sınıfıdır. Böylece daha önceden bilinen güneş patlamalarının çoğunluğunun büyük güneş leke grupları tarafından üretildiği sonucu patlama sonrası verileri ile de doğrulanmış ve patlamaların % kaçının bu gruplarda meydana geldiği son iki güneş çevrimi verileri kullanılarak belirtilmiştir. Tablolar 4.2.3.1 – 4.2.3.7 Patlama sonrası grubun morfolojisi (sınıfı), leke sayıları ve leke alanlarında meydana gelen değişimleri göstermektedir.

Tablo 4.2.3.1 A sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
A	A	19	0.26	-0.26
A	B	10	2.3	4
A	C	12	3.50	28.33
A	D	10	7.5	44
A	E	0	0	0
A	F	0	0	0
A	H	2	0	5

Araştırılan süre zarfında toplamda 53 A sınıfı AR vardır. Bunların %35,8'inde (19 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %64,2'si farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%18,9 A'dan B'ye, %22,6 A'dan C'ye, %18,9 A'dan D'ye ve %3,8 A'dan H'ye). Tablo 4.2.3.1 incelendiği zaman görülmektedir ki ortalama güneş leke alanları ve leke sayılarında bir artış eğilimi vardır.

Tablo 4.2.3.2 B sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
B	A	18	-2.83	-5.27
B	B	52	0.65	-0.38
B	C	41	2.34	30.49
B	D	40	7.05	66
B	E	2	7	130
B	F	0	0	0
B	H	4	-0.75	10

Araştırılan süre zarfında toplam 157 B sınıfı AR gözlenmiştir. Bunların %33,1'inde (52 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %66,9'unun farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%11,5 B'den A'ya, %26,1 B'den C'ye, %25,5 B'den D'ye ve %1,3 B'den E'ye ve %2,5 B'den H'ye). Tablo 4.2.3.2 incelendiği zaman görülmektedir ki ortalama güneş leke alanları ve ortalama güneş leke sayılarında A grubuna benzer şekilde bir artış eğilimi vardır.

Tablo 4.2.3.3 C sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
C	A	15	-3.20	-19.33
C	B	25	-1.48	-21.20
C	C	309	-0.07	-1.91
C	D	211	3.73	38.13
C	E	21	3.95	65.71
C	F	3	5.33	43.33
C	H	54	-2.59	-10.09

Araştırılan süre zarfında toplam 638 C sınıfı AR gözlenmiştir. Bunların %48,4'ünde (309 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %51,6'sının farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%2,4 C'den A'ya, %3,9 C'den B'ye, %33,1 C'den D'ye, %3,3 C'den E'ye, %0,5 C'den F'ye ve %8,5 C'den H'ye). Tablo 4.2.3.3'den görülmektedir ki ortalama güneş leke alanları ve ortalama güneş leke sayılarında A, B, C ve H gruplarına evrimleşmede küçük azalışlar, diğer büyük gruplara (D, E ve F) evrimleşmede ise ciddi artışlar mevcuttur.

Tablo 4.2.3.4 D sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
D	A	2	-10	-85
D	B	16	-1.62	-25
D	C	159	-1.72	-21.07
D	D	1077	1.38	23.28
D	E	191	4.62	66.81
D	F	14	9.14	172.86
D	H	16	-4.94	-38.12

D grubunda toplam 1475 AR gözlenmiş olup bunların %73'ünde (1077 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %27'sinin farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%0,1 D'den A'ya, %1,1 D'den B'ye, %10,8 D'den C'ye, %12,9 D'den E'ye, %0,9 D'den F'ye ve %1,1 D'den H'ye). Tablo 4.2.3.4 incelendiğinde ortalama güneş leke alanlarında ve sayılarında C grubuna benzer bir davranış sergilediği görülmektedir.

Tablo 4.2.3.5 E sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
E	A	0	0	0
E	B	0	0	0
E	C	34	-5.44	-44.41
E	D	93	-2.11	-14.78
E	E	942	0.64	6.95
E	F	99	4.33	50.81
E	H	4	-5.50	-33.75

E grubunda toplam 1172 AR gözlenmiş olup bunların %80,4'ünde (942 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %19,6'sının farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%2,9 E'den C'ye, %7,9 E'den D'ye, %8,4 E'den F'ye ve %0,3 E'den H'ye). Tablo 4.2.3.5'den görüldüğü gibi hem ortalama güneş leke alanlarında hem de ortalama güneş leke sayılarında bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Sadece grubun değişmediği ve F grubuna evrimleşme durumlarında bir artış gözlenmektedir.

Tablo 4.2.3.6 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
F	A	0	0	0
F	B	0	0	0
F	C	8	-4.62	-35
F	D	8	-0.25	3.75
F	E	59	-0.90	-27.80
F	F	511	-0.91	-11.99
F	H	1	-5	-90

F grubunda toplam 587 AR gözlenmiş olup bunların %87,1'inde (511 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %12,9'unun farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%1,4 F'den C'ye, %1,4 F'den D'ye, %10,1 F'den E'ye ve %0,2 F'den H'ye). Tablo 4.2.3.6'dan görülmektedir ki F grubu bir güneş lekesinde patlama meydana geldikten sonra hem ortalama güneş leke alanları hem de ortalama güneş leke sayıları azalış göstermektedir.

Tablo 4.2.3.7 F sınıfı bir Güneş leke grubunda meydana gelen patlama ve bir gün sonrası için zamansal değişimler.

Patlama sırasında Güneş leke grubu	Patlama sonrası güneş leke grubu	Grup Sayısı	Güneş leke sayılarındaki Ortalama Değişim	Güneş leke alanlarındaki Ortalama Değişim
H	A	11	0	-12.72
H	B	7	0.28	-10
H	C	58	2.59	2.76
H	D	27	5.41	57.41
H	E	8	7.25	18.75
H	F	3	14	373.33
H	H	116	-0.01	-0.77

Araştırılan süre zarfında toplam 230 H sınıfı AR gözlenmiş olup bunların %50,4'ünde (116 AR), sınıf değişimi gözlenmezken, %49,6'sının farklı sınıflara doğru evrimleştiği görülmektedir (%4,8 H'den A'ya, %3 H'den B'ye, %25,2 H'den C'ye, %11,7 H'den D'ye, %3,5 H'den E'ye ve %1,3 H'den F'ye). Tablo 15 incelendiği zaman görülüyor ki hem ortalama güneş leke alanlarında hem de ortalama güneş leke sayılarında sınıfı değişmeyen gruplar hariç genel bir artış eğilimi gözlenmektedir.

Güneş Leke Gruplarında Patlama Sonrası Meydana Gelen Değişimlerle ilgili olarak elde edilen sonuçlar 30 Mayıs–3 Haziran 2017 tarihleri arasında Bulgaristan/Sunny Beach'te yapılmış olan "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere" isimli toplantıda "Sunspot Group Variations After Flaring Activity" başlıklı poster olarak sunulmuş ve özeti toplantı özet kitapçığında yayınlanmıştır.

4.2.4 Güneş Leke Gruplarının Morfolojik Evrimi ve Ortalama Yaşam Süreleri

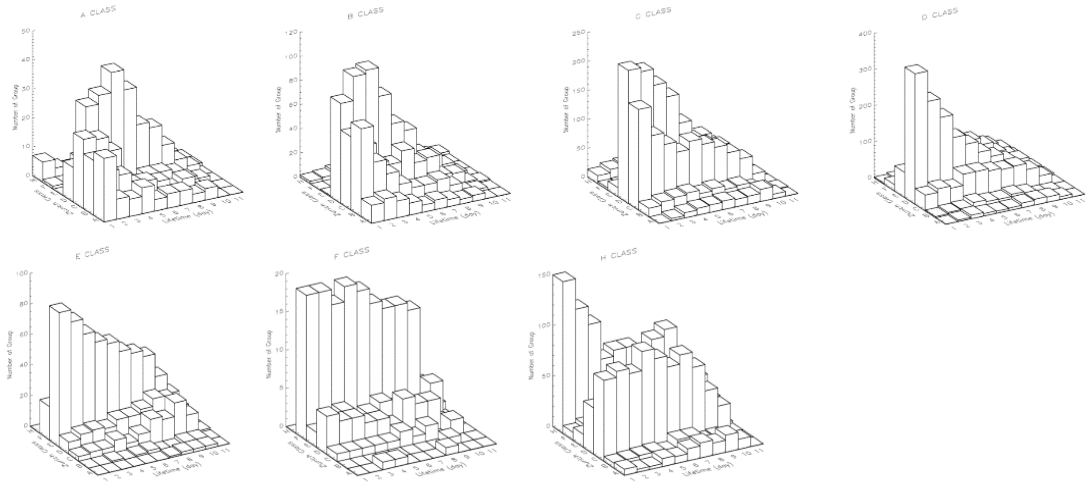
Bu kapsamda, güneş leke grupları patlama üreten ve patlama üretmeyen leke grupları olmak üzere ikiye ayrılmıştır. İlk adım olarak hem patlama üreten hem de patlama üretmeyen her bir leke grubu için ortalama yaşam süreleri hesaplanmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.4.1'de sunulmuştur.

Tablo 4.2.4.1 Patlama Üreten ve Patlama Üretmeyen Güneş Leke gruplarına ait Ortalama Yaşam Süreleri

Güneş Leke Grubu	Patlama Üreten gruplar için Ortalama Yaşam Süresi	Patlama Üretmeyen Gruplar için Ortalama Yaşam Süresi
A	7.55	3.33
B	6.99	3.59
C	8.19	4.70
D	8.48	5.15
E	10.55	9.56
F	10.30	10.00
H	9.80	7.78

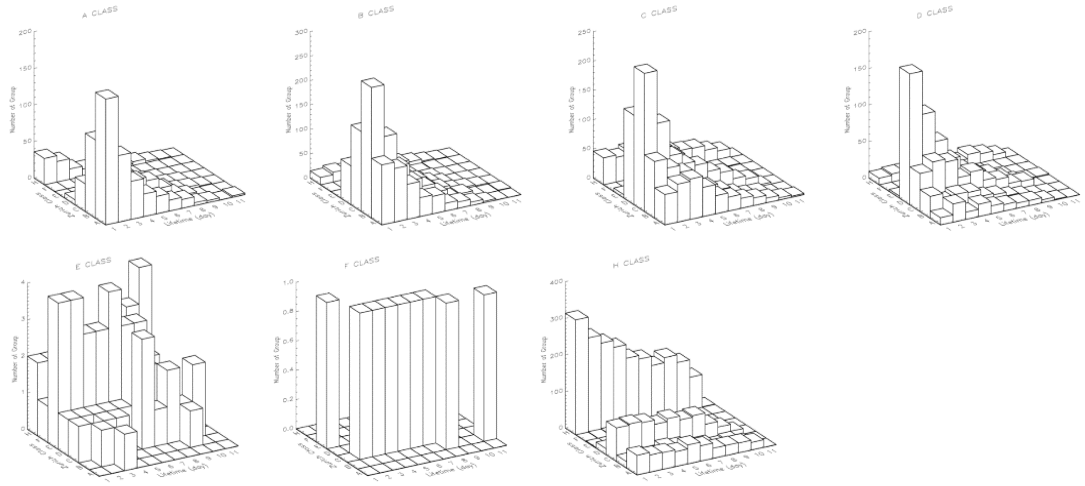
Her bir grup için ortalama yaşam süresi incelendiği zaman patlama üreten grupların yaşam sürelerinin patlama üretmeyen grupların yaşam sürelerinden daha uzun olduğu görülmektedir. Her iki durum için E ve F gruplarının yaşam süreleri neredeyse aynıdır. Bu durum bu grupların bir rotasyondan daha uzun süre yaşayabilmesinden kaynaklanıyor olabilir. H sınıfı leke gruplarının yaşam süreleri incelendiği zaman her iki durum için de bu grupların yaşam sürelerinin, E ve F sınıfı gruplar dışındaki tüm diğer leke gruplarından daha fazla olduğu görülmektedir. Belirtilmelidir ki, patlama üreten A, B ve C leke gruplarının ortalama yaşam süreleri, patlama üretmeyen A, B ve C gruplarınkinin yaklaşık iki katıdır.

Ayrıca, patlama üreten ve üretmeyen her bir leke grubunun zamansal evrimi bu grupların yaşam süreleri boyunca takip edilmiştir (Şekil 4.2.4.1, Şekil 4.2.4.2).



Şekil 4.2.4.1 Patlama üreten güneş leke grupları için evrim grafikleri (X ekseni grupların yaşam sürelerini, Y ekseni Zurih sınıflarını ve Z ekseni de her bir sınıf ve her gün için grup sayısını göstermektedir).

A sınıfı bir güneş leke grubu, evriminin başlarında B ve C sınıfına doğru evrimleşirken, bu grupların en fazla D grubuna evrimleştikleri gözlenmiştir. Eğer güneş lekeleri evrimlerine B ya da C sınıfı olarak başlarsa, patlama meydana geldikten bir gün sonra genellikle D sınıfına evrimleşir ve D grubu olarak evrimini devam ettirir. Ancak bazı leke grupları da diğer gruplara evrimleşebilir. Şekil 4.2.4.1'de D, E ve F sınıfı güneş lekeleri incelendiği zaman görülmektedir ki bu sınıflar yaşam süreleri boyunca kayda değer bir sınıf değişikliği göstermemektedir. H sınıfı bir güneş leke grubunda ise evriminin ilk birkaç gününde sınıf değişikliği görülmezken daha sonra C ve D sınıfına doğru bir evrimleşme meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.2.4.2 Patlama üretmeyen güneş leke grupları için evrim grafikleri (X ekseni grupların yaşam sürelerini, Y ekseni Zurich sınıflarını ve Z ekseni de her bir sınıf ve her gün için grup sayısını gösterir)

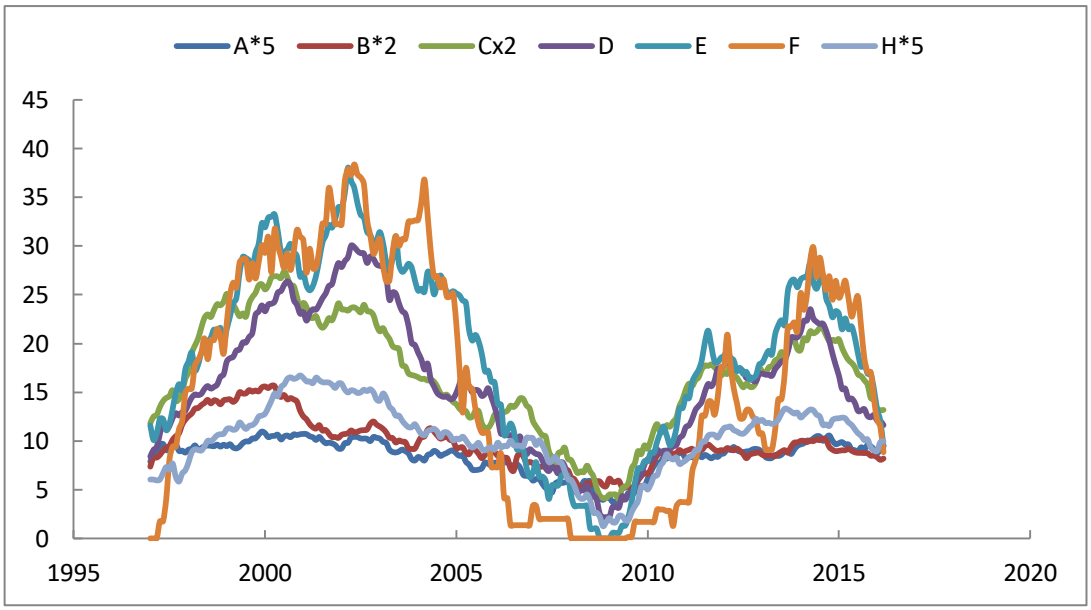
Patlama içermeyen güneş leke grupları incelendiğinde, F sınıfı hariç diğer tüm sınıfların yaşam süreleri boyunca sınıflarını değiştirmediği görülmektedir. Şekil 4.2.4.2'de de dikkat edilmesi gereken nokta F sınıfından C sınıfına doğru evrimleşen sadece tek bir güneş leke grubu olmasıdır. Bu sonuç kompleks/büyük leke gruplarının genellikle patlama ürettiği sonucunu desteklemektedir. Şekilde de görüldüğü gibi en fazla patlama üretmeyen gruplar basit gruplardır.

Her iki şekil bir arada incelendiğinde (Şekil 4.2.4.1 – Şekil 4.2.4.2) patlama içeren gruplar diğer gruplara doğru evrimleşirken, patlama içermeyen grupların genellikle başlangıçtaki sınıfını koruduğu görülmektedir.

Güneş leke gruplarında patlama sonrası meydana gelen değişimler ve gruplarının morfolojik evrimi ile ilgili elde edilen bulgular 30 Mayıs–3 Haziran 2017 tarihleri arasında Bulgaristan/Sunny Beach'te yapılmış olan "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere" isimli toplantıda "Evolution and Life Time Variations of Flaring and Non-flaring Sunspot Groups" başlıklı poster sunumu yapılmış olup sunum özeti toplantı özet kitapçığında yayınlanmıştır. Ayrıca yine bu kapsamda elde edilen sonuçlar MNRAS dergisine yayınlanmak üzere gönderilmiştir.

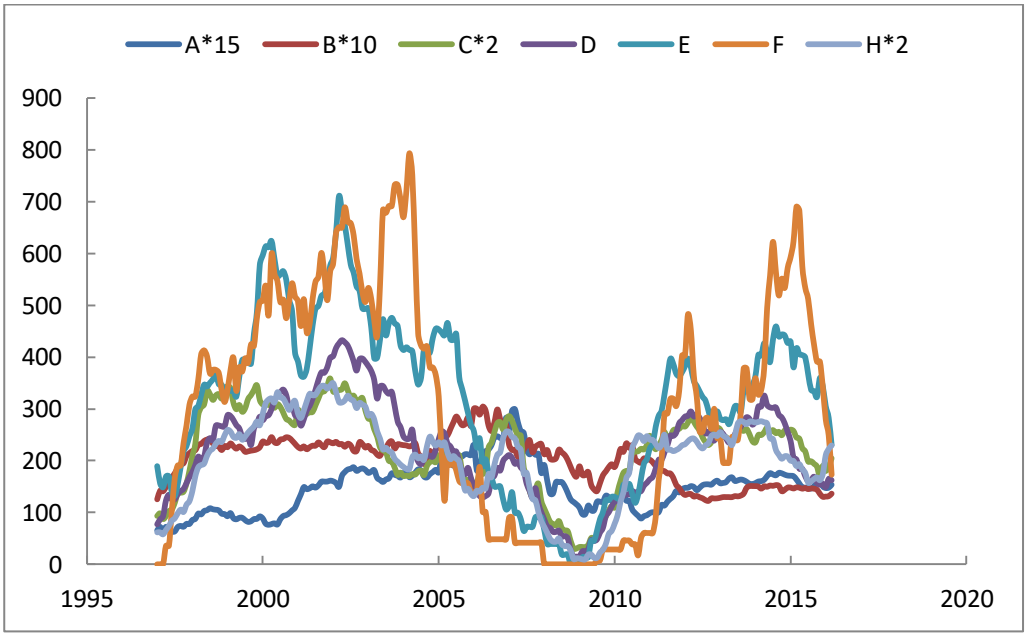
4.3 Basit ve Karmaşık Leke Aktivitesinin İncelenmesi

Bu kapsamda daha önce tarafımızdan yapılmış olan küçük (A, B), orta (C), büyük (D, E, F) ve son (H) grup ayrımı daha detaylı olarak incelenmiştir (Kılçık ve ark 2014a,b). Bu çalışmada leke gruplarının davranışlarını daha ayrıntılı inceleyebilmek için her bir Zürih leke grubu tek tek analiz edilerek her bir grup için incelenen zaman aralığı boyunca aylık ortalama leke sayıları ve alanlarının zamansal değişimleri elde edilmiştir (Şekil 4.3.1 ve 4.3.2).



Şekil 4.3.1 Her bir gruba ait aylık ortalama güneş leke sayılarının zamansal değişimi. Değişimleri ayrıntılı görebilmek için A ve H gruplarındaki leke sayıları beş ile B ve C grubundakiler iki ile çarpılmıştır. Dalgalanmaları ortadan kaldırmak için de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemi uygulanmıştır.

Şekil 4.3.1'de görüldüğü gibi her bir gruba ait aylık ortalama leke sayılarının zamansal değişimleri incelenen zaman aralığı boyunca çeşitli farklılıklar göstermektedir: i) detaylar dikkate alındığında her bir gruptaki leke sayıları farklı davranış sergilemektedir, ii) 23. Güneş leke çevriminde A, B ve C grubu leke sayıları maksimuma 2000 yılı civarında ulaşırken H grubu 2001 yılı civarında, diğer gruplar (D, E ve F) ise 2002 de maksimuma ulaşmıştır, 24. Çevrimde ise tüm gruplardaki leke sayıları yaklaşık olarak aynı davranışı sergilemektedir. Buna göre daha önce tarafımızdan yapılmış olan küçük (A,B), orta (C), büyük (D, E, F) ve son (H) grup sınıflandırması (Kilcik ve ark, 2014a,b) leke sayıları için oldukça iyi bir yaklaşım olarak kullanılabilir. Her ne kadar C grubu lekelerin leke sayıları küçük gruplarla aynı zamansal davranışı sergilese de leke evrimi açısından farklı değerlendirilmelidir.



Şekil 4.3.2 Her bir gruba ait aylık ortalama güneş leke alanlarının zamansal değişimi. Değişimleri ayrıntılı görebilmek için A gruplarındaki leke alanları 15, B grubundakiler 10 ve C ve H grubundakiler iki ile çarpılmıştır. Dalgalanmaları ortadan kaldırmak için de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemi uygulanmıştır.

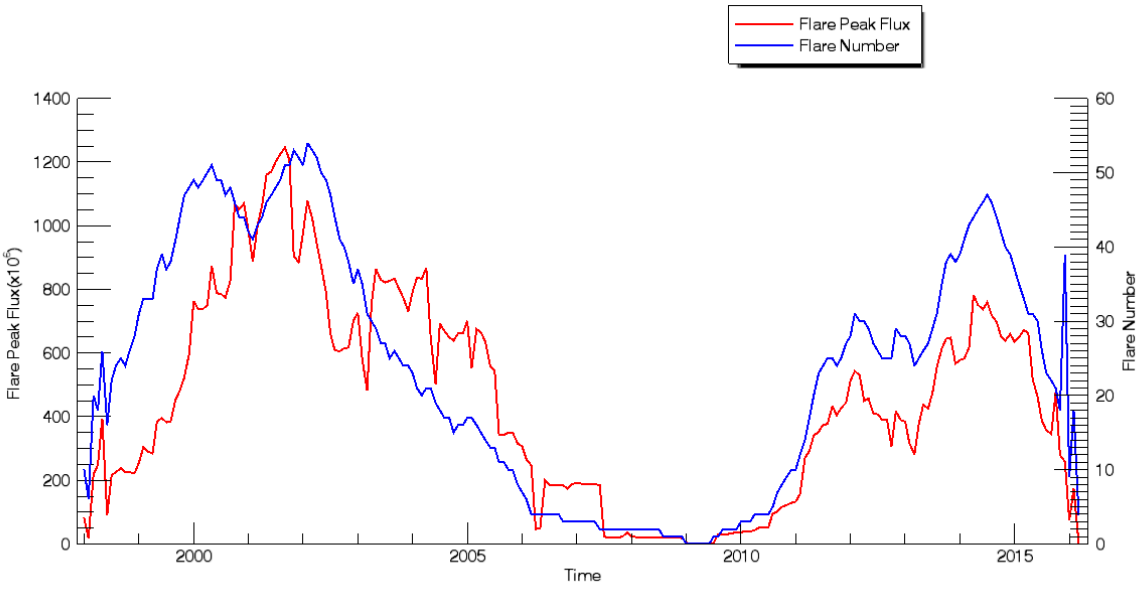
Şekil 4.3.2'de her bir gruptaki leke alanlarının zamansal değişimi gösterilmektedir, buna göre: i) genel olarak D ve E grubu leke gruplarının alanları birbirleri ile benzer davranış gösterirken diğer gruplar farklı davranışlar sergilemektedirler, ii) Özellikle A ve B grubu lekelerin alanları çevrimin minimumu civarında (2007-2008) maksimuma ulaşırken, diğer gruplar yaklaşık olarak 11 yıllık güneş leke çevrimini takip etmektedirler, iii) F grubu leke alanları D ve E grubu lekeleri oldukça iyi takip ederken özellikle 23. çevrimin iniş kolunda (2004 civarı) genel davranıştan sapma göstermektedir, iv) C ve H grubu leke alanları birbirine benzer çevrimsel davranış göstermektedirler. Bu sonuç yine daha önce tarafımızdan yapılmış olan küçük (A,B), orta (C), büyük (D, E, F) ve son (H) grup sınıflandırmasının (Kilcik ve ark, 2014a,b) oldukça iyi bir yaklaşım olduğunu destekler niteliktedir.

4.4 Güneş Patlamaları ve Jeomanyetik Aktivite Arasındaki İlişkinin Araştırılması

Güneş patlamaları ve jeomanyetik aktivite arasındaki ilişki öncelikli olarak daha önce tarafımızdan yapılmış olan küçük (A,B), orta (C), büyük (D, E, F) ve son (H) leke grubu ayrımı da göz önüne alınarak araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Sun and Geosphere dergisinde yayınlanmıştır (Kilcik ve ark, 2017). Buna göre güneş patlama indeksi ve büyük

gruplar incelenen jeomanyetik indekslerle (Ap ve Dst) yaklaşık aynı korelasyonu gösterirken diğer grupların korelasyon katsayılarının daha düşük olduğu bulunmuştur (Table 1, bkz Kilcik ve ark, 2017).

Ayrıca 1996-2016 arasındaki zaman dilimi için güneş patlama sayıları ve güneş patlama akılarından hangisinin jeomanyetik aktiviteyi daha iyi temsil ettiğini anlamak için önce bu iki veri seti birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 4.4.1).



Şekil 4.4.1 Güneş patlama sayıları ve pik akılarının zamanla değişimi

Şekil 4.4.1'de görüldüğü gibi patlama sayıları çift maksimumlu ve daha yumuşak bir zaman değişimi sergilerken, maksimum akı daha karakteristik bir yapı ortaya koymaktadır. Daha sonra bu iki veri seti, yakın uzayın her katmanını temsilen birer jeomanyetik aktivite göstergesi ile karşılaştırılmıştır. Bu göstergeler alt katman için Dst, orta katman için aa, Auroral bölge için ise AE olarak seçilmiştir. Bunların yanında güneş parçacıklarının dünyaya ulaşmasını sağlayan Güneş Rüzgarı hızı ve maksimum CME hızını ifade eden CME Hız indeksi de patlama verileri ile karşılaştırılmıştır. Çapraz korelasyon yöntemi kullanılarak karşılaştırılan verilerin olası zaman gecikmeleri hesaplanarak en yüksek korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Sonuçlar için güven aralığı Fisher Testi kullanılarak tespit edilmiştir. Bulunan sonuçlar aşağıdaki Tablo 4.4.1 ve Tablo 4.4.2'de sunulmuştur.

Tablo 4.4.1 Güneş patlama pik akısı ile jeomanyetik aktivite indeksleri, CME hız indeksi ve Güneş rüzgarı hızı arasındaki korelasyon katsayıları ve muhtemel zaman gecikmeleri.

İndeks	Korelasyon	Alt Limit	Üst Limit	Zaman Gecikmesi (ay)
aa indeks	0.54	0.63	0.44	0
Dst indeks	-0.47	-0.57	-0.36	0
AE indeks	0.44	0.54	0.32	0
CME hız indeksi	0.60	0.68	0.50	0
Güneş rüzgarı hızı	0.46	0.56	0.35	0

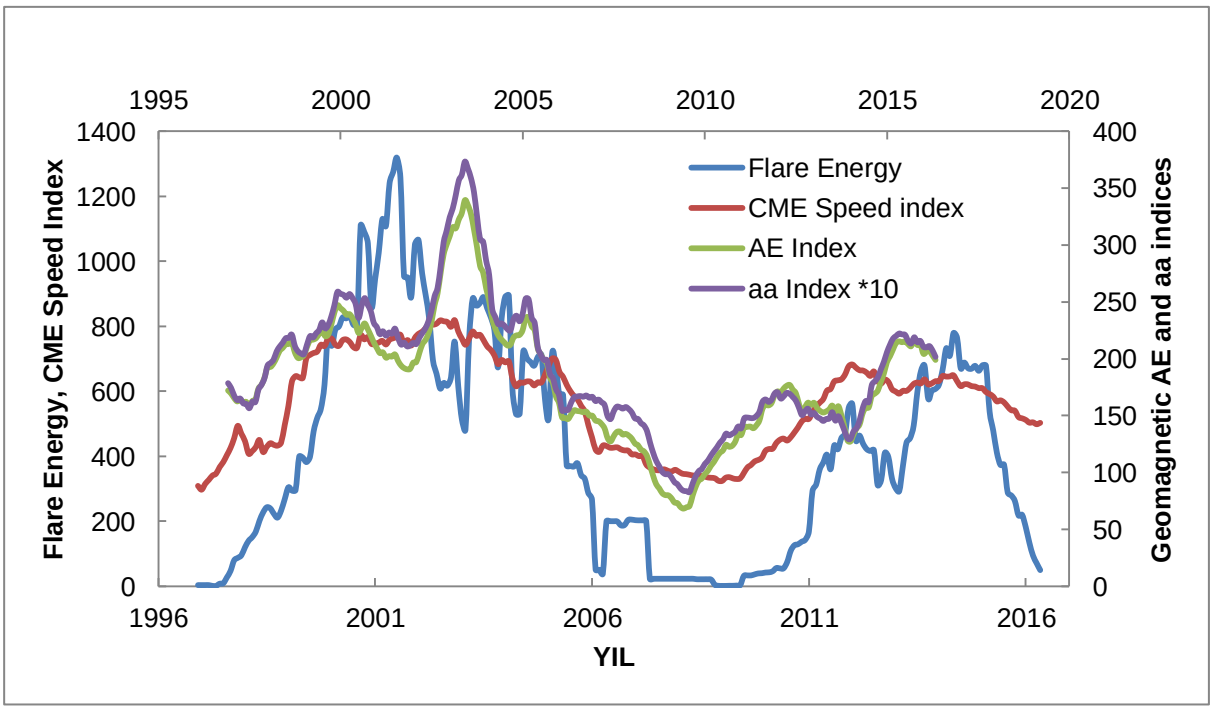
Tablo 4.4.2 Güneş patlama sayıları ile jeomanyetik aktivite indeksleri, CME hız indeksi ve Güneş rüzgarı hızı arasındaki korelasyon katsayıları ve muhtemel zaman gecikmeleri.

İndeks	Korelasyon	Alt Limit	Üst Limit	Zaman Gecikmesi (ay)
aa Index	0.57	0.65	0.47	16
Dst Index	-0.41	-0.52	-0.30	16
AE Index	0.56	0.65	0.46	12
CME Speed Index	0.63	0.70	0.54	0
Solar Wind Speed	0.46	0.56	0.35	39

Tablo 4.4.1 ve Tablo 4.4.2'deki sonuçlar incelendiğinde Güneş Patlamalarının, patlama sayısı ile ifade edilmesi durumunda belirli bir zaman gecikmesine maruz kalındığı görülmektedir. Ancak güneş patlamaları için patlama akısı kullanıldığında herhangi bir zaman gecikmesi görülmemektedir. Bu yüzden Patlama maksimum (pik) akısı ile ifade edilen Güneş Patlamalarının jeomanyetik aktivite göstergeleri ile zaman gecikmesi olmadan karşılaştırılması mümkündür. Sonuç olarak Güneş Patlamaları, patlamanın maksimum noktasındaki akı ile ifade edilmesi durumunda patlama sayıları ile olduğundan daha iyi

sonuçlar alınacaktır. Bulunan bir diğer sonuç ise CME Hız indeksi ile patlama verileri arasındaki yüksek korelasyondur. CME olaylarının güneş patlamaları ile tetiklendiği bilindiğinden bu yüksek korelasyon şaşırtıcı değildir.

Ayrıca bu kapsamda güneş patlama enerjileri ile koronal kütle atımı hızları (CME speed index), ve jeomanyetik Auroral Electrojet (AE), ve aa indekslerin zamansal değişimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 4.4.1).



Şekil 4.4.1 Güneş patlama enerjileri, CME speed index, AE ve aa indekslerin 1996 – 2016 yılları aralığındaki zamansal değişimleri.

Şekil 4.4.1'de özellikle AE ve aa indislerin birbirleriyle çok iyi uyum gösterdiği açıkça görülmektedir. Bununla birlikte tüm veriler genel anlamda incelenen zaman aralığı boyunca benzer gidişat sergilemektedirler. Jeomanyetik indeksler (CME speed index, AE ve aa indices) ve güneş patlama enerjileri arasındaki ilişkinin derecesi ve yönünü belirlemek için çapraz korelasyon analizi uygulanmış ve tüm verilerin güneş patlama enerjileri ile anlamlı korelasyonlar gösterdiği bulunmuştur. Şekil 4.4.2'de bu korelasyonlara bir örnek olarak güneş patlama enerjisi ve aa indeks arasındaki korelasyon katsayısının zaman gecikmesine bağlı değişimi verilmektedir.

Son olarak, 30 Mayıs 2017 ve 3 Haziran 2017 tarihleri arasında Bulgaristan/Sunny Beach'te gerçekleştirilen "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and

Atmosphere " isimli konferansa “Solar Flare Effects on Geomagnetic Activity” isimli bir sözel sunum ile katılım sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar toplantı özeti kitapçığında basılmıştır. Ayrıca söz konusu çalışma yayınlanmak üzere hazırlanmaktadır.

4.5 Mevcut Güneş Leke Sayısı Hesaplama Yönteminin İyileştirilmesi

Bu amaçla ilk olarak 1996 – 2016 yılları için mevcut olan güneş leke verileri kullanılarak daha önce tarafımızdan 1996 – 2014 yılları için hesaplanmış (bkz Eren ve ark 2017) olan her bir leke grubuna ait patlama üretme potansiyelleri yeniden hesaplanmıştır. Ancak daha önce sadece toplam X-ışın patlama sayıları kullanılarak hesaplanan leke gruplarının patlama üretme potansiyelleri, bu kez leke gruplarının M sınıfı patlama enerjileri kullanılarak

Grubun Patlama Üretme Potansiyeli = Gruptaki Toplam Patlama Enerjisi / Toplam Grup Sayısı

bağıntısına göre yeniden hesaplanmıştır. Böylece daha önce elde ettiğimiz patlama üretme potansiyelleri hem daha uzun veri kullanılarak (iki yıllık ilave veri) hem de patlama sayıları yerine fiziksel bir parametre olan patlama enerjilerine göre hesaplanmıştır (Tablo 4.5.1). Elde edilen sonuçlar daha önce hesaplanan patlama üretme potansiyeli değerleri ile küçük farklılıklar göstermekle birlikte yeni yöntemin sadece patlama sayısına değil, fiziksel bir parametre olan patlama enerjisine bağlı olması nedeniyle daha iyi bir tanımlama olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.5.1 Her bir Güneş leke grubu için M sınıfı patlama enerjisine göre hesaplanmış patlama üretme potansiyelleri

Grup	C	M	X	Toplam Grup	Toplam Enerji	Potansiyel
A	169	9	0	3179	62.05	0.02
B	326	15	0	3831	105.83	0.03
C	1501	147	7	6987	897.64	0.13
D	4093	475	36	7618	3210.82	0.42
E	3687	479	50	3180	3446.74	1.08
F	2072	457	38	1097	3227.93	2.94
H	703	64	4	6733	529.37	0.08

Tablo 4.5.1'den elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir; i) en yüksek patlama üretme potansiyeli (2.94) F grubu lekelere aitken en düşük potansiyel (0.02) A grubu lekelere aittir. ii) Yüksek enerjili güneş patlamalarının %95'i büyük/kompleks leke gruplarında (D, E, F) meydana gelmektedir. iii) leke gruplarının patlama üretme potansiyeli H sınıfı dışında doğrudan leke evrimini takip etmektedir; leke evriminin başlarında az patlama üretilirken evrim ilerleyip lekeler karmaşık hale geldikçe patlama üretme sayısı da artmaktadır.

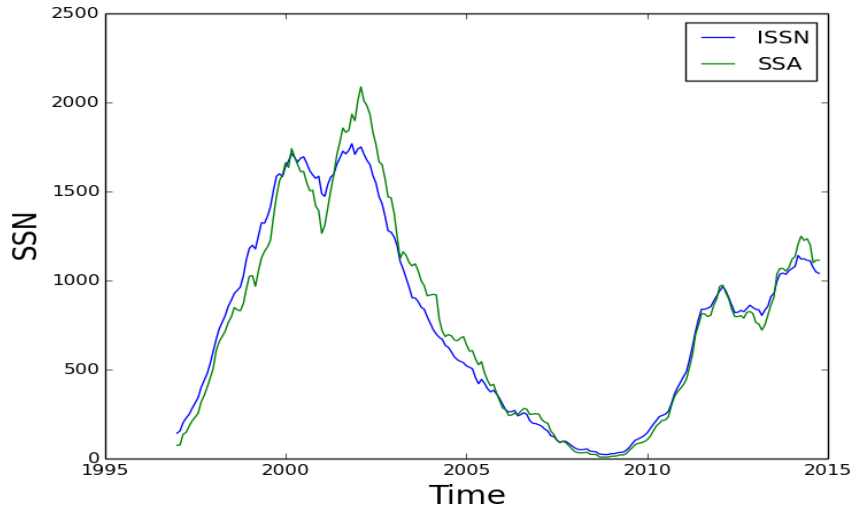
Literatürde 2.3.1 denklemi ile verilen günlük toplam leke sayısı (Rz veya Zürih sayısı) Tablo 4.5.1'de verilen grupların patlama üretme potansiyelleri kullanılarak yeniden hesaplanmıştır. Bu amaçla ilk adım olarak denklemdeki 10 çarpanı yerine her bir grubun patlama üretme potansiyelleri kullanılmıştır. Böylece söz konusu denklem

$$HR_z = \sum\{(Potansiyel \times g) + f\} \qquad (4.5.1)$$

haline dönüştürülmüştür. Burada *HRz* hesaplanan günlük toplam leke sayısı, g grup sayısı, f her bir grupta gözlenen toplam leke sayısı ve potansiyel de her bir grubun patlama üretme potansiyelini göstermektedir. Bu denklem yoluyla elde edilen HRz değerleri mevcut Rz değerleriyle karşılaştırılmış ve HRz değerlerinin mevcut değerlerin yaklaşık yarısı olduğu gözlenmiştir. İki veri seti arasındaki genlik farkını ortadan kaldırmak için 4.5.1 denklemi iki ile çarpılarak yeni HRz denklemi

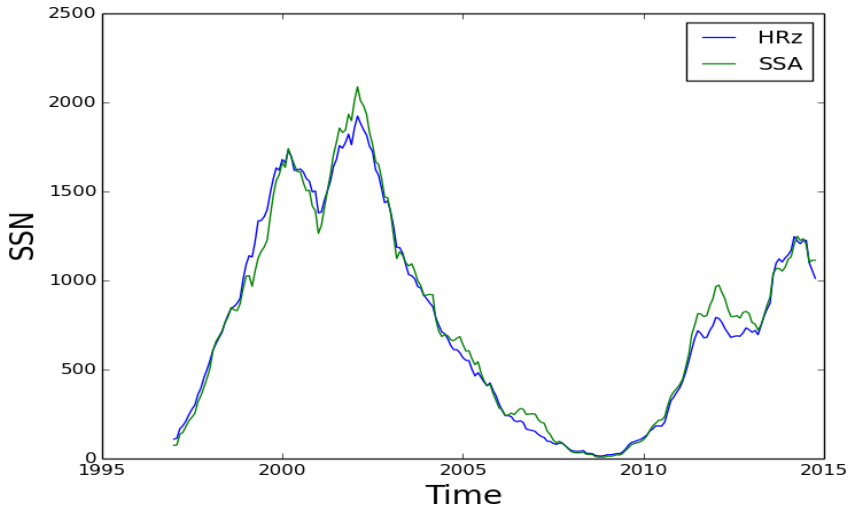
$$HR_z = 2\sum\{(Potansiyel \times g) + f\} \qquad (4.5.2)$$

şekline dönüştürülmüştür. Elde edilen yeni HRz değerleri önce günlük, ardından da aylık veriler olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan aylık ortalama HRz ile diğer güneş aktivite göstergelerini karşılaştırmak için öncelikle düzleştirilmiş aylık ortalama Uluslararası Güneş Leke Sayısı (ISSN) ve Güneş Leke Alanı (SSA) verileri Şekil 4.5.1'de karşılaştırılmıştır.

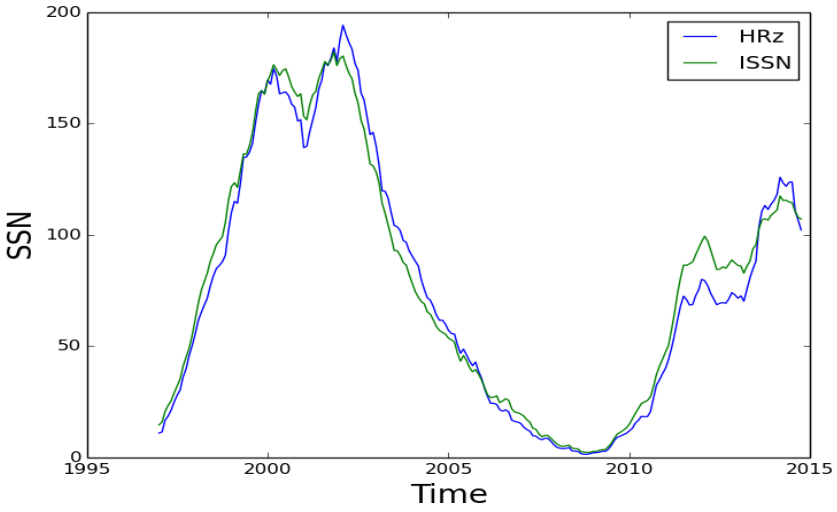


Şekil 4.5.1 Aylık ortalama ISSN ve SSA verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir.

Şekil 4.5.1'de görüldüğü gibi ISSN ve SSA verileri 23. Güneş leke çevriminin maksimumu dışında birbirleriyle oldukça iyi uyum göstermektedir. 23. Çevrimin maksimumunda ISSN verileri yaklaşık birbirine eşit iki pik gösterirken SSA verilerinde ikinci pik birinciden kayda değer oranda yüksektir. Daha sonra hesaplanan aylık HRz veri seti güneş leke alanı ve güneş leke sayısı verileri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.5.2 ve Şekil 4.5.3).



Şekil 4.5.2 Hesaplanan aylık ortalama rölatif sayı (HRz) ve güneş leke alanı (SSA) verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir.



Şekil 4.5.3 Hesaplanan aylık ortalama rölatif sayı (HRz) ve güneş leke sayısı (SSA) verilerinin karşılaştırılması. Her iki veri seti de 12 adımda yürüyen ortalama düzleştirme yöntemiyle düzleştirilmiştir.

Şekil 4.5.2 ve 4.5.3'de görüldüğü gibi yeni denklem yardımıyla elde edilen düzleştirilmiş aylık ortalama HRz değerleri hem güneş leke alanları hem de leke sayılarıyla çok iyi uyum göstermektedir. Ancak, 23. Güneş leke çevriminin maksimumunda veri setleri arasında bazı farklılıklar vardır: HRz verilerinde ikinci pik birinci pike göre kayda değer oranda yüksek olmasına rağmen SSA verilerinde bu fark daha belirgindir. Tersine SSN verilerinde ilk ve ikinci pik yaklaşık aynı düzeydedir. Bu veri setleri arasındaki uyumun derecesini ve yönünü belirlemek için korelasyon katsayıları hesaplanmış ve hesaplanan HRz değerinin SSA verileri ile ISSN'den daha yüksek korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Aynı zamanda HRz verisi ISSN ile de oldukça yüksek korelasyon göstermektedir (Tablo 4.5.2)

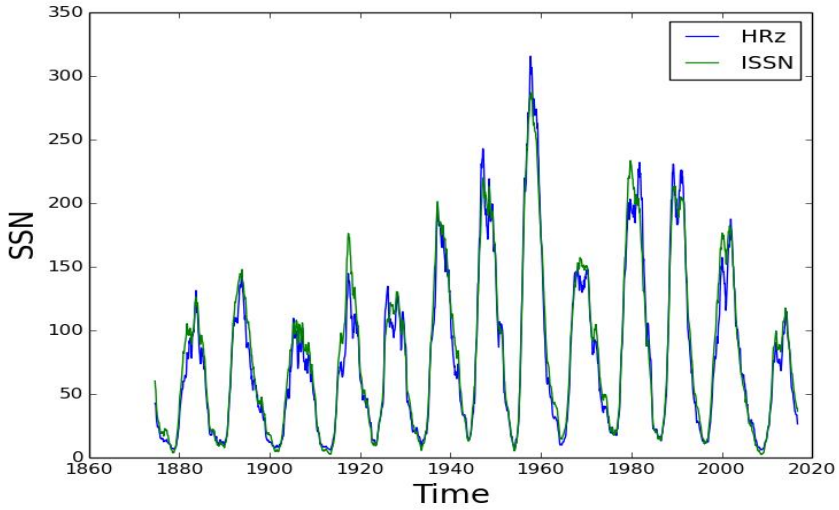
Tablo 4.5.2 HRz ve ISSN verileri ile SSA verileri korelasyon katsayıları. Tabloda ilk kolon HRz ve ISSN arasındaki korelasyon katsayısını göstermektedir.

Veri Grupları	Hrz – ISSN	Hrz – SSA	ISSN – SSA
Korelasyon Katsayısı	0.97	0.97	0.93

Son olarak HRz verileri ile SSA verileri karşılaştırılarak iki veri seti arasındaki lineer denklem

$$HR_z = 0.0873 \times SSA + 5.2488 \qquad (4.5.1)$$

olarak elde edilmiştir. Bu denklem kullanılarak aylık ortalama gözlemsel HRz değeri leke alanı verilerin mevcut olduğu tarihe kadar götürülmüştür. Elde edilen düzleştirilmiş aylık ortalama HRz ile ISSN değerleri karşılaştırılmış ve iki veri seti arasında oldukça iyi bir uyum bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5.4).



Şekil 4.5.4 1880 – 2016 yılları için Hrz ile ISSN karşılaştırılması

Şekil 4.5.4'de görüldüğü gibi iki veri seti maksimumlar dışında oldukça iyi uyum göstermektedir. Maksimumlarda en dikkat çeken farklılık özellikle son dört çevrimde HRz maksimumlarındaki ikinci maksimumun yüksekliğidir. Bu durum kompleks leke gruplarının özellikle çevrimin ikinci maksimumunda baskın olduğunu ve bunun neticesinde de ikinci maksimum veya iniş kolunda neden daha fazla güneş patlaması gözlendiğini açıklamaktadır. Diğer önemli bir fark da HRz ve ISSN çevrim genliklerinin incelenen çevrimlerin büyük çoğunluğunda birbirinden farklı olmasıdır. Bazı çevrimlerde ISSN maksimumu daha yüksek iken bazılarında da HRz daha yüksektir. Bu durum büyük ve küçük leke gruplarının çevrimlere göre dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Eğer HRz yüksek ise çevrimde büyük veya kompleks leke grupları daha baskın, ISSN yüksek ise de küçük leke grupları daha baskındır. Çünkü, HRz hesabı doğrudan doğruya leke grubunun boyutu (alanı), sınıfı (basit veya kompleks) gibi parametrelere bağlıyken, ISSN hesabı sadece grup ve içerdiği leke sayısına bağlıdır ve ISSN'de tüm gruplar aynı ağırlığa sahiptir. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar yayınlanmak üzere hazırlanmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada temel olarak, Güneş lekeleri, koronal kütle atımları ve jeomanyetik aktivite verileri analiz edilerek, Güneş leke sayıları (SSNs), Güneş leke alanları (SSAs), Güneş patlamaları, Koronal kütle atımları (CMEs) ve Jeomanyetik aktivite indeksleri (Ap, aa, Kp, Dst ve Pc indeks) karşılaştırılmış ve aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, literatüre her bir güneş lekesinin patlama üretme potansiyeli (flare production potential) adını verdiğimiz tanım kazandırılmıştır. Böylelikle her bir güneş leke grubunun patlama üretme potansiyeli ürettikleri patlama sayıları ve patlama enerjilerine göre hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, güneş lekelerinin patlama üretme potansiyellerinin leke grubunun morfolojisi/evrimi ile doğrudan ilişkili olduğu bulunmuştur. Buna göre en düşük patlama üretme potansiyeli evrimin başlangıcını gösteren A ve B basit leke gruplarına aitken, (0.05, 0.09) en yüksek patlama üretme potansiyeline sahip lekeler de en gelişmiş kompleks E ve F sınıfı leke gruplarıdırlar (1.15, 2.18).

Patlama üretme oranı ve güneş leke sayısı/alanı arasındaki ilişki literatürde daha önce birçok kişi tarafından incelenmiş olmasına rağmen (Lou, 2000; Sammis ve ark., 2000; Lee ve ark., 2012), bu çalışmalar daha çok kısa zaman aralıklarına ya da güneş lekesi sınıflarının veya güneş patlaması sınıflarının sınırlı olarak seçilmesine dayanan çalışmalardır. Bu çalışmada ise, güneş leke gruplarının tüm sınıfları ayrıntılı olarak analiz edilip, flare üretme potansiyelleri ve her bir güneş leke grubu tarafından üretilen flare sayılarının yüzdeleri ayrı

ayrı hesaplanmış, incelenen zaman aralığı boyunca güneş patlaması üretme potansiyeli ve ortalama SSA'larının neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç sadece önceki çalışmaları doğrulamakla kalmayıp, Zurich kompleksite parametresinin patlama aktivitesinin veya leke grubu alanının tahmini için kullanabileceğini göstermektedir.

Ayrıca, bu çalışma kapsamında patlama üreten ve üretmeyen güneş leke gruplarının davranışları (zamana göre değişimler ve periyodik değişimler) incelenmiş olup bu iki grubun hem zamansal hem de periyodik değişimlerinin birbirlerinden farklı olduğu sonucu elde edilmiştir. Bu sonuç literatürde daha önce yapılmış olan (Kilcik ve ark., 2011a, 2014a; deToma ve ark., 2014 vd) büyük ve küçük leke gruplarının farklı davranışlar sergilediği sonucunu doğrulamakla birlikte leke gruplarının morfoloji/evrimi ile patlamalar arasında doğrudan ilişki kurulmasına olanak sağlamıştır.

Bununla birlikte, patlama öncesinde ve patlama sonrasında bir güneş lekesi üzerinde meydana gelen değişimleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, patlamaların yaklaşık %75'inin büyük/kompleks güneş leke gruplarında (D, E ve F) meydana geldiği bulunmuştur. Bu sonuçlar, Eren ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada yer alan tüm patlamaların yaklaşık %80'ninin büyük/karmaşık güneş lekesi gruplarında (D, E ve F) meydana geldiği sonucu ile tutarlıdır.

McCloskey ve ark., (2016) güneş patlamaları sonrası leke gruplarının sınıflarında bir gün sonra gözlenen değişimleri sadece 22. Güneş çevrimi (1988-1996) için incelemişler ve her bir grup için bu evrimleşmeyi ayrı ayrı sunmuşlardır. Bu çalışma kapsamında 1996–2016 yılları aralığı (23 ve 24. Güneş çevrimleri) için sadece patlamadan bir gün sonrası değil aynı zamanda patlamadan bir gün öncesi de incelenmiştir. Buna göre patlama öncesi değişimler için genel olarak basit grupların sınıflarında (A, B, C) patlama ile birlikte değişim gözlenirken, diğer kompleks sınıflarda bu değişim gözlenmemiştir (Kılçık ve Şahin 2017). Patlama sonrası için ise patlama sonrası ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar McCloskey ve ark., (2016) tarafından yapılan çalışmayı destekler nitelikte olup bu durumun güneş lekeleri ile ilgili genel bir davranış olduğu düşünülebilir. Bu kapsamda halihazırda bir makale çalışması yapılmış ve solar physics dergisine gönderilmiş olup yayın çalışmalarının devam ettirilmesi düşünülmektedir.

Farklı güneş leke grupları, C, M, X sınıfı patlamalar, jeomanyetik Ap, Dst, aa, Kp, Dst, Pc ve CME hız indeksleri karşılaştırılmıştır. Zaman serisi ve korelasyon analizleri sonucunda büyük/karmaşık leke gruplarının hem güneş patlamaları hem de jeomanyetik aktivite indeksleriyle daha iyi ilişki gösterdiği bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar hem jeomanyetik aktivitenin hem de güneş lekelerinin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

Son olarak, elde edilen farklı leke gruplarının patlama üretme potansiyelleri kullanılarak günlük güneş leke sayısını hesaplamak için

$$HR_z = 0.0873 \times SSA + 5.2488 \qquad (5.1)$$

şeklinde bir denklem türetilmiş ve bu denklem kullanılarak iki çevrim için gözlemsel veriden elde edilen HRz değerleri güneş leke alanları kullanılarak bu verinin mevcut olduğu 1870 yıllarına kadar elde edilmiştir. Böylece elde edilen yeni güneş leke verisi mevcut güneş leke verisi gibi sadece sayı olmayıp doğrudan fiziksel parametrelere dayalı olarak üretilmiştir.

Proje kapsamında Akdeniz Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü'ne çalışma ziyaretinde bulunan yurtdışı araştırmacı Prof. Dr. Vasyl YURCHYSHYN ile güneş lekelerinde gözlenen dinamik yapıların araştırılması üzerine yeni bir projeye başlanmıştır. Böylece Big Bear Solar Observatory ile mevcut ikili ilişkiler daha da geliştirilmiş olup yeni çalışma ve projelerin yapılabilirliği arttırılmıştır.

4. KAYNAKLAR

Atac, T., Ozguc, A. 2006. "Overview of the Solar Activity During Solar Cycle 23", Solar Physics, 233, 139.

Bai. 2003. "Periodicities Near 160 Minutes in Flare Occurence", Solar Physics, 215, 327-334.

Braun, H., Marcus, C., Rahmstorf, S., Ganopolski, A., Augusto, M., Claudia, K., Kurt, R., Bernd, K. 2005. "Possible solar origin of the 1,470-year glacial climate cycle demonstrated in a coupled model", Nature, 208-11.

Cortie, A.L. 1901. "On the Types of Sun-Spot Disturbances", Astrophysical Journal, 13, 260.

DeToma, G., Chapman, G.A., Preminger, D.G., Cookson, A.M. 2013. "Analysis of Sunspot Area Over Two Solar Cycles", The Astrophysical Journal, 770,2.

Eren, S., Kilcik, A., Atay, T., Miteva, R., Yurchyshyn, V., Rozelot, J.P., Ozguc, A. 2017. "Flare Production Potential Associated With Different Sunspot Group", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 465, 68-75.

Eren, S., Kilcik, A. 2017. "Investigation of the Relationship between Solar Flares and Sunspot Groups", Sun & Geosphere, 2367, 7-10.

Eren, S. 2017. “Güneş Leke Gruplarının Güneş Patlaması Üretme Potansiyellerinin Araştırılması”. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ANTALYA

Fletcher, L., Dennis, B.R., Hudson, B.R., Krucker, S., Phillips, K., Veronig, A., Battaglia, M., Bone, L., Caspi, A., Chen, Q., Gallagher, P., Grigis, P.T, Ji, H., Liu, W., Milligan, R.O., Temmer, M. 2011. “An Observational Overview of Solar Flares”, Space Science Review, 159, 19.

Hudson, H., Fletcher, L., McTiernan, J. 2014. “Cycle 23 Variation in Solar Flare Productivity”, Solar Physics, 289, 1341.

Kilcik, A., Ozguc, A., Rozelot, J.P. Ataç, T. 2010. “Periodicities in Solar Flare Index for Cycles 21 – 23 Revisited”, Solar Physics, 264, 255.

Kilcik, A., Yurchyshyn, V.B., Abramenko, V., Goode, P.R., Ozguc, A., Rozelot, J.P., Cao, W. 2011a. “Time Distributions of Large and Small Sunspot Groups Over Four Solar Cycles”, The Astrophysical Journal, 731,30.

Kilcik, A., Yurchyshyn, V.B., Abramenko, V., Goode, P.R., Gopalswamy, N., Ozguc, A., Rozelot, J.P., Cao, W. 2011b. “Maximum Coronal Mass Ejection Speed as an Indicator of Solar and Geomagnetic Activities”, The Astrophysical Journal, 77, 44.

Kilcik, A., Ozguc, A. 2014a. “Sunspot Count Periodicities in Different Zurich Sunspot Group Classes Since 1986”, Solar Physics, 289, 4365.

Kilcik, A., Yurchyshyn, V.B., Ozguc, A., Rozelot, J.P. 2014b. “Solar Cycle 24: Curious Changes In The Relative Numbers Of Sunspot Group Types”, The Astrophysical Journal Letters, 794, 1.

Kilcik, A., Yurchyshyn, V.B., Clette, F., Ozguc, A., Rozelot, J.P. 2016. “Active Latitude Oscillations Observed on the Sun”, Solar Physics, 291,1077-1087.

Kilcik, A., Yigit, E., Yurchyshyn, V., Ozguc, A., Rozelot, J. P. 2017. “Solar and Geomagnetic Activity Relation for the Last two Solar Cycles”, Sun and Geosphere, 12, 31-39.

Kılçık, A., Şahin, S. 2017. “Possible variations in sunspot groups before flaring activity during solar cycles 23 and 24”, Turkish Journal of Physics, 41, 351- 358.

Lean, J. 2000. “Evolution of Sun’s spectral irradiance since the Maunder Minimum”, Geophysical Research Letters, 27, 2425-2428.

Lee K., Moon Y. J., Lee J. Y., Lee K. S., Na, H. 2012. “Solar Flare Occurrence Rate And Probability In Terms Of The Sunspot Classification Supplemented With Sunspot Area And Its Changes” Solar Physics, 281, 639.

Lefevre, L., Clette, F. 2011. “A global small sunspot deficit at the base of the index anomalies of Solar Cycle 23”, Astronomy and Astrophysics, 536, 11.

Lou, Y. 2000. “Rossby-Type Wave-Induced Periodicities In Flare Activities And Sunspot Areas Or Groups During Solar Maxima”,The Astrophysical Journal, 540,1102.

Maris, G., Popescu, M.D. 2004. “Solar Flare Cycles”, Romanian Reports in Physics, 56,141.

McCloskey, A.E., Gallagher, P.T., Bloomfield, D.S. 2016. “Flaring Rates and the Evolution of Sunspot Group McIntosh Classifications”, Solar Physics, 291, 1711-1738.

McIntosh, P.S. 1990. “The classification of Sunspot Group”, Solar Physics, 125, 251-267.

Pap, J., Arge, N., Floyd, L., Helizon, R., Jones, H. 2002. “Solar Irradiance Variations over Solar Cycles 21 to 23”, 34th COSPAR Scientific Assembly, The Second World Space Congress, held 10-19 Ekim, Houston, TX, USA.

Rieger, E., Kanbach, G., Reppin, C., Share, G.H., Forrest, D.J., Chupp, E.L. 1984. “A 154-day periodicity in the Occurence of Hard Solar Flares?”, Nature, 312, 623-625.

Sammis I., Tang F., Zirin H. 2000. “The Dependence Of Large Flare Occurrence On The Magnetic Structure Of Sunspots”, The Astrophysical Journal, 540,583.

Solanki, S.K. 2003. “Sunspots: An overview”, The Astronomy and Astrophysics Review, 11, 153-286.

Temmer, M., Veronig, A., Hanslmeier, A. 2003. “Does Solar Flare Activity Lag Behind Sunspot Activity”, Solar Physics, 215, 111-126.

Thomson, D.J. 1982. “Spectrum estimation and harmonic analysis”, IEEE Proceedings, 70, 1055–1096.

Torrence, C., Compo, G. P. 1998. “A practical guide to wavelet analysis”, Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 61–78.

Vasiliev, S.S., Dergachev, V.A. 2011. “Long-term Changes in Solar Activity, Based on the data for 10Be and 14C Cosmogenic Isotopes Over The Last 10000 Years”, Bulletin of the Russian Academy of Sciences:Physics, 75, 790-792.

Waldmeier, M. 1938. “Aufsteigende Protuberanzen” Mit 6 Abbildungen Z. Astrophysics, 15, 299.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. ALİ KILÇIK
Proje No:	115F031
Proje Başlığı:	Güneş Leke Gruplarının Patlama Üretme Potansiyellerinin Ve Grupta Gözlenen İlişkili Değişimlerin Araştırılması
Proje Türü:	1001 - Araştırma
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	VASYL YURCHYSSHYN (Yurt Dışı)
Danışmanlar:	ATİLA ÖZGÜÇ
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	AKDENİZ Ü. FEN F. UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/10/2015 - 01/10/2017
Onaylanan Bütçe:	208070.0
Harcanan Bütçe:	123564.13
Öz:	Güneş sabit bir yıldız değildir ve yayınladığı enerji miktarında düzenli değişimler gösterir. Bu değişimlerin en iyi göstergesi güneş lekeleridir ve gözlenen güneş lekelerinin sayısı birkaç günden yüzlerce, hatta binlerce yıla kadar periyodik değişimler gösterir. Güneşte gözlenen tüm bu değişimler güneş aktivite değişimleri olarak bilinir. Güneş aktivite değişimlerinin dünya ve yakın uzay çevresine etkileri uzun zamandan beri bilinmektedir. Güneş aktivite değişimlerini göstermek için en yaygın kullanılan parametre güneş lekeleridir ve yaklaşık 400 yıllık gözlemsel veriye sahiptir. Güneş diski üzerinde gözlenen leke grupları morfolojilerine göre A, B, C, D, E, F ve H olmak üzere sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmada D, E ve F grupları genellikle kompleks grupları gösterirken A, B, C ve H daha basit grupları gösterir. Son yıllarda kompleks grupların güneş aktivitesi ve jeomanyetik aktiviteyi basit gruplardan daha iyi temsil ettiği bulunmuştur. Bu sonuçlar güneş leke grupları ve bu gruplardaki lekelerin daha ayrıntılı incelenmesi ve anlaşılmasının önemini arttırmaktadır. Öte yandan, güneş patlamaları sonrasında güneş leke gruplarının morfolojilerinde, grup içindeki leke dağılımlarında ve grupların fiziksel davranışlarında ne tür değişimlerin olduğu konusu henüz bilinmemektedir. Bu çalışmada, güneş lekelerinin patlama aktivitesi öncesi ve sonrası durumları karşılaştırılarak bu sorulara büyük ölçüde cevap verilmiştir. Güneş patlamaları, en önemli koronal kütle atımı (CME) kaynaklarından biridir. Burada çapraz korelasyon ve frekans (Multi Taper Method (MTM)) analiz metodları kullanılarak hem leke gruplarıyla güneş patlamaları hem de güneş patlamaları ile CME'ler arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Bunun sonucu olarak, güneş aktivitesinin dünya ve yakın uzay çevresine etkileri daha detaylı araştırılmıştır. Bu çalışmada yukarıda belirtilen her bir leke grubunun güneş patlaması (flare) üretebilme potansiyelleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu potansiyeller kullanılarak halihazırda mevcut olan günlük güneş leke sayısı hesaplama yöntemi leke gruplarının patlama üretme potansiyellerine göre revize edilmiştir.
Anahtar Kelimeler:	Güneş Lekeleri, Güneş Patlamaları, Koronal Kütle Atımları, Jeomanyetik Aktivite
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır

TÜBİTAK

Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Active Latitude Oscillations Observed on the Sun (Makale - İndeksli Makale), 2- Flare-production potential associated with different sunspot groups (Makale - Diğer Hakemli Makale), 3- Investigation of the Relationship between Solar Flares and Sunspot Groups (Makale - Diğer Hakemli Makale), 4- Solar and Geomagnetic Activity Relation for the Last two Solar Cycles (Makale - Diğer Hakemli Makale), 5- GÜNEŞ LEKE GRUPLARININ GÜNEŞ PATLAMASI ÜRETME POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI (Tez (Araştırmacı Yetiştirilmesi) - Yüksek Lisans Tezi), 6- Possible variations in sunspot groups before flaring activity during solar cycles23 and 24 (Makale - Diğer Hakemli Makale),

TÜBİTAK