

**VLF DALGA YAYILIMINA GÜNEŞ AKTİVİTESİNİN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Tayfun AKDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL

AĞUSTOS-2013

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VLF DALGA YAYILIMINA GÜNEŞ AKTİVİTESİNİN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜSEK LİSANS TEZİ

**Tayfun AKDOĞAN
(111114103)**

Anabilim Dalı: FİZİK

Programı: Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 29 Temmuz 2013

AĞUSTOS-2013

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VLF DALGA YAYILIMINA GÜNEŞ AKTİVİTESİNİN ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tayfun AKDOĞAN

(111114103)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 Temmuz 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ağustos 2013**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Mustafa TÜRK (F.Ü.)
Doç. Dr. Ali YEŞİL (F.Ü.)**

AĞUSTOS-2013

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL'e, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat CANYILMAZ'a ve Sayın Arş. Görevlisi Mehmet YAŞAR'a teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde her türlü yardımı koşulsuz olarak sunan değerli anneme ve babama ayrıca teşekkür eder minnet duygularımı sunarım.

Tayfun AKDOĞAN

ELAZIĞ-2013

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	X
SEMBOLLER LİSTESİ	XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ.....	3
2.1. Güneş Aktiviteleri.....	4
2.1.1. Güneş Lekeleri (Sunspots).....	5
2.1.2. Koronal Delikler (Coronal Holes)	6
2.1.3. Güneş Patlamaları (Solar Flares)	7
2.1.4. Koronal Kütle Atımları (Coronal Mass Ejections).....	9
2.2. Güneşin Yer Üzerine Etkileri	10
2.2.1. Radyoaktif C ve Maunder Minimumu.....	10
2.2.2. Radyo Haberleşmelerine Etkisi	11
2.2.3. Yer'in Manyetik Alanına Etkisi.....	11
2.2.4. Güneş Rüzgârı	12
2.3. İyonküre	13
2.3.1. İyonkürenin Radyo Dalgalarına Etkisi	17
2.4. Elektron Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler	18
2.4.1. Fotokimyasal Süreçler.....	19
2.4.2. Dinamik Süreçler	19
2.4.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu	19
2.4.2.2. Nötr Rüzgârlar	20
2.4.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme	20
2.5. İyonküredeki Ani Karışıklıklar.....	21

3.	MATERYAL VE METOT	26
3.1.	VLf Vericileri	26
3.2.	Uzay Havası İzleme Programı (Super SID)	31
3.2.1.	Uydu Dataları ile Sinyallerin Karşılaştırılması.....	36
3.2.2.	GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites)	38
3.2.3.	Güneş Parlamaşı Sınıflandırılması	38
3.3.	Güneş Üzerindeki Parlamamanın Kaynağının Tespiti	42
4.	BULGULAR	45
5.	SONUÇLAR.....	62
KAYNAKLAR.....		64
ÖZGEÇMİŞ		67

ÖZET

SUPER SID olarak bilinen sistem aslında uzay hava durumunu izleme sistemi olarak bilinir. Güneş patlamaları Yer iyonküresinde ani değişikliklere sebep olurlar. Bu etkiler Yer-iyonküre dalga kılavuzunda yayılan VLF sinyalleri ile tespit edilirler.

Fen Fakültesi Fizik Bölümü Elektromanyetik Dalgalar Laboratuvarında bir Süper SID sistemi kurulmuştur. Bu sistem farklı VLF vericilerinden gelen zamana bağlı sinyal şiddetlerini kaydeder. Bizim Süper SID sistemi ile 2013 Şubat, Mart ve Nisan aylarında C (küçük) ve M (orta) olarak sınıflandırılan Güneş patlamaları tespit edilmiştir. Güneş patlamalarının etkisi alıcıya yakın olan VLF vericilerinde (TBB,DHO,NOV,RJH99) uzak olan vericilerden (NAA,NWC,NLK) daha net bir şekilde gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: VLF, İyonküre, Güneş Parlaması

SUMMARY

Investigation Of The Effects Of The Solar Activities On Vlf Wave Propagation

SUPER SID system is actually known as the Space Weather Monitoring System. Solar flares cause sudden disturbances at the Earth's ionosphere. These effects are detected by the VLF (Very Low Frequency) signals which is propagated at the Earth-Ionosphere wave guide.

A SUPER SID system was setup at the Electromagnetic wave Lab, Physics Department, Science Faculty, Elazig. This system records the time-dependent signal strengths of the different VLF transmitters. Solar flares which are classified as C (small) and M (middle) are identified by our SUPER SID system during the February, March, April, 2013. The effect of solar flares are seemed more clear on the VLF transmitters (TBB,DHO,NOV,RJH99) which are nearest to the receiver than far transmitters (NAA,NWC,NLK).

Key Words: VLF, Ionosphere, Solar Flare

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Güneş lekeleri ve manyetik alan (http://bilgikitabi.tripod.com/sunspot.jpg).....	6
Şekil 2.2.	4 Eylülde, Japon X-Işını Teleskopu Hinode'den alınan fotoğrafta, geniş koronal delik görülüyor.....	7
Şekil 2.3.	Güneş parlaması (solar flare)	8
Şekil 2.4.	Güneşin güney doğu bölgesinde gerçekleşen prominans görüntüsü	8
Şekil 2.5.	NASA'nın Güneş Dinamiği Gözlemevi (SDO) tarafından kaydedilen koronal kütle atımını (CME).....	8
Şekil 2.6.	İyonküre için elektron yoğunluğu değişimi	15
Şekil 2.7.	Atmosfer Yapısı	16
Şekil 2.8.	İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi	18
Şekil 2.9.	Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu	19
Şekil 3.1.	Radyo dalgalarının iyonküre dalga kılavuzundan yansıması.....	27
Şekil 3.2.	Radyo dalgalarının yansıması	27
Şekil 3.3.	VLF dalgalarının taşınması	27
Şekil 3.4.	“NLK” 24.8 kHz Amerikan Donanmasına ait Radyo İstasyonu, Jim Creek, WA dalga boyu 12 km (7.5 mil).....	28
Şekil 3.5.	Gündüz ve gece VLF yayılımı (http://www.eoearth.org/article/Ionosphere) ...	30
Şekil 3.6.	X-ray görülen Güneş patlamaları, gibi Hinode uzay aracı tarafından çekilen görüntü NASA/JAXA	32
Şekil 3.7.	CME püskürmesi görüntüsü NASA/ESA SOHO	32
Şekil 3.8.	Süper SID datalarını elde etmek için kullanılan pc.....	33
Şekil 3.9.	Süper SID için gerekli olan araçlar	34
Şekil 3.10.	Süper SID anteni	34
Şekil 3.11.	Örnek bir Süper SID veri grafiği.....	35
Şekil 3.12.	GOES uydusundan alınan veri grafiği	37
Şekil 3.13.	SID veri grafiği ve parlamaların sınıflandırılması	38
Şekil 3.14.	Aktif Güneş Bölgeleri	42
Şekil 3.15.	Aktif bölgeleri belirlemek için kullanılan görüntü (SOHO / MDI)	43
Şekil 3.16.	Dünya saat dilimleri	44
Şekil 4.1.	20.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği	45

Şekil 4.2.	20.02.2013 tarihli TBB (Türkiye/Bafa) istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	46
Şekil 4.3.	20.02.2013 tarihli TBB (Türkiye/Bafa) istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile oluşturulan detaylı grafiği	46
Şekil 4.4.	24.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği	48
Şekil 4.5.	24.02.2013 tarihli NAA istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	48
Şekil 4.6.	24.02.2013 tarihli NOV istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	49
Şekil 4.7.	24.02.2013 tarihli NWC istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	49
Şekil 4.8.	15.03.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği	51
Şekil 4.9.	15.03.2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	51
Şekil 4.10.	15.03.2013 tarihli DHO istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	52
Şekil 4.11.	15.03.2013 tarihli NAA istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	52
Şekil 4.12.	15.03.2013 tarihli NOV istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	53
Şekil 4.13.	11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği	55
Şekil 4.14.	11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği	56
Şekil 4.15.	11.04.2013 tarihli NWC istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	56
Şekil 4.16.	11.04.2013 tarihli NLK istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	57
Şekil 4.17.	11.04.2013 tarihli TBB istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik	57
Şekil 4.18.	11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış M6.5 sınıfı patlama sırasında çekilmiş fotoğraf	59
Şekil 4.19.	09.06.2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik (Gece-Gündüz genlik farkı)	60

Şekil 4.20. 21.04.2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik (Yıldırım etkisi)	61
Şekil 5.1. Stanford online veri tabanı (http://sid.stanford.edu/database-browser)	63

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Güneş'e ait temel bilgiler	3
Tablo 3.1. VLF istasyonu listesi	29
Tablo 3.2. Güneş parlamalarının enerji akısına göre sınıflandırılması	39
Tablo 3.3. Güneş patlamalarının büyüklük ve şiddetine göre sınıflandırılması	39
Tablo 3.4. GOES parlama kataloğu (31 Ağustos 2005).	40
Tablo 3.5. GOES uydu verilerinin açıklaması	41
Tablo 4.1. 20.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi	47
Tablo 4.2. 24.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi	50
Tablo 4.3. 15.03.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi	54
Tablo 4.4 11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi	58

SEMBOLLER LİSTESİ

$\text{\AA}$	: Angström
Ω	: Ohm
I	: Enerji akısı
mV	: Milivolt
n	: Kırılma indisi
$^{\circ}C$	: Santigrat
$^{\circ}K$	: Kelvin
N_e	: Elektron yoğunluğu
f_{Ne}	: Elektron plazma frekansı
f	: Radyo dalgasının frekansı
e	: Elektron yükü
ϵ_0	: Serbest uzaydaki dielektrik sabiti
B	: Dünyanın manyetik alanının akı yoğunluğu
m	: Elektronun kütlesi
θ	: Gelen dalganın ilerleme yönü ile manyetik alan arasındaki açı
f_0	: Elektronun büyük parçacıklarla ,çarpışma frekansı
f_H	: Elektron dönme frekansı
Δr	: Grup gecikmesi
$\Delta \phi$	: Faz ilerlemesi
q	: Üretim katsayısı
p	: Kayıp katsayısı
NV	: Dinamik süreçleri ifade eder
E	: Elektrik alan

KISALTMALAR

CME	: Koronal kütle atımı (Coronal Mass Ejection)
EUV	: Ekstra ultraviyole ışın
eV	: Elektron-volt
GPS	: Küresel yer belirleme sistemi (Global Positioning System)
Hz	: Hertz
kHz	: Kiloherertz
MHz	: Megahertz
SCR	: Güneş kozmik ışınları (Sun Cosmic Rays)
SID	: İyonküredeki ani karışıklıklar (Sudden Ionospheric Disturbances)
TEC	: Elektron miktarındaki toplam değişim (Total Electron Content)
UV	: Ultraviyole ışın
VLF	: Çok düşük frekans (Very Low Frequency)
YZ	: Yerel zaman
UT	: Uluslararası zaman
SWF	: Kısa dalga sönümü
SEA	: Atmosferiklerin ani artışı
SPD	: Ani frekans sapmaları
SES	: Sinyallerin ani artışı
SFA	: Ani alan şiddeti anormalliği
SPA	: Ani faz anormalliği
TEİ	: Toplam Elektron İçeriği

1. GİRİŞ

Güneş, insanoğlunun yeryüzünde bulunduğu sürece hep merak kaynağı olmuştur. Yer'in iç ve dış manyetoküresinde dolanan uyduların kullanılmaya başlamasıyla bilim adamları Güneş aktivitesi ve bunun Yer'e olan etkileri hakkında bilgi edinme olanağına sahip olmuştur. Güneş Yer'den gözüktüğü kadar sakın değildir. Yer'dekilere benzemeyen ölçüde çok büyük fırtınalar vardır. Güneş fırtınaları sırasında Güneş sistemine çok büyük ölçüde madde ve enerji salınımları meydana gelir. Atılan bu madde ve enerji dünyaya yöneldiğinde etrafında koruyucu bir kalkan oluşturan Yer'in manyetoküresinde ve iyonküresinde etkileri görülür. Oluşan bu etkiler iyonküredeki elektron yoğunluğunu değiştirmesinden dolayı uyduları, haberleşme ve konum belirleme sistemlerini etkiler. Aynı zamanda Güneşte meydana gelen aktiviteler Yeryüzündeki güç sistemlerini de etkilemektedir.

İyonküre D, E, F bölgeleri olarak isimlendirilen ve elektriksel olarak nötr olduğu kabul edilen iyonlaşmış tabakalardan oluşur. Bu tabakalar, farklı yüksekliklerde farklı oranlardaki bağlanma ve tekrar birleşme süreçleri sonucunda ortaya çıkar. Bu süreçlerin etkisi Güneş ve Güneş kaynaklı olmayan ışınlara bağlı olarak gece ve gündüz değişiklik gösterir. Elektron yoğunluğu iyonküre yapısını belirleyen önemli bir parametredir.

İyonküre radyo dalga yayılımı açısından oldukça önemli bir atmosfer katmanıdır. Sivil ve askeri kısa dalga (KD) uygulamalarında iyonküre radyo dalgalarını yansıtarak uzak bölgeler ile haberleşmenin yapılabilmesini sağlar. Güneş ışınlamının iyonküre üzerinde büyük etkisi olduğundan şiddetli Güneş patlamaları KD haberleşme sistemlerinde kesintiye yol açabilir. İyonkürenin radyo dalgalarına etkisi iyonküredeki elektron yoğunluğuna bağlıdır. İyonküredeki iyonlaşma miktarı Güneş ışınlamı ile ilgilidir. Güneş ışınlamı ile elektronlar moleküllerinden ayrılarak serbest hale geçerler. Serbest elektron miktarı en yüksek seviyeye gün ortası civarında ulaşır. Geceleri ise elektronlar iyonlar ile birleştiklerinden serbest elektron yoğunluğu azalır. Bu günlük değişimlerin yanı sıra iyonkürede mevsimsel değişimler de meydana gelmektedir. Mevsimsel değişimler dünyanın Güneş etrafında dönmesi ile güneşin ışıma açısındaki değişimden kaynaklanmaktadır. 11 yıllık Güneş periyodu (çevrimi) da iyonküreyi etkilemektedir, bu etki Güneş'te meydana gelen aktivite ile yakından ilgilidir.

Atmosferdeki VLF deneyleri elektromanyetik dalgaların iyonkürenin D bölgesinden yansımaya dayanır. D bölgesi çok düşük frekanstaki radyo dalgaları için iyi bir yansıtıcıdır. Yer'in yüzeyi ve D bölgesinin küresel dalga kılavuzu şekli bu frekanslarda uzun mesafe yayılımına izin verir. D bölgesinde VLF dalgalarının yansımaları elektron yoğunluğuna bağlıdır. Ayrıca F bölgesinin altında yapılan radyo dalga yayılımı için elektron yoğunluğunun yanı sıra elektron-nötr çarpışma frekansları da önemlidir. İyonkürede elektron yoğunluğunu en fazla etkileyen süreç iyonlaşmadır. İyonlaşma zamanının, yüksekliğin, Güneş aktivite seviyesinin ve diğer faktörlerin bir fonksiyonudur.

Güneş aktivitesinde meydana gelen değişimler genelde iki gruba ayrılabilir ilki 11 yıllık Güneş aktivite periyodundaki olağan değişimler iken ikincisi bu olağan değişimler dışında meydana gelen ani değişimlerdir. Bilhassa ani değişimlerin Yer iyonküresine etkisini incelemek amacıyla geliştirilen SID ve SUPER SID deney düzenekleri kullanılarak yapılan ölçümler vasıtasıyla VLF dalga yayılımına etkisi araştırılmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen kaynaklardan dolayı Yer iyonkürasının yapısında ani olarak meydana gelen karışıklıkların iyonküreyi nasıl etkilediğini araştırmak amacıyla oluşturulan Super Sid deney düzeneğinin çalışma prensibi ve bu deney sisteminin kurulumu yapılmış olup, Ani Güneş aktivitesine bağlı olarak gelişen bazı olayların Yer iyonkürasını nasıl etkilediği araştırmaya çalışılmıştır.

2. GÜNEŞ

Güneş, bize en yakın ve yüzeyini disk olarak görebildiğimiz tek yıldızdır. Güneş Sistemi'nin baş cisimidir ve sistemin denge halinde kalabilmesini sağlar. Güneş, diğer yıldızlarla karşılaştırıldığında ortalama bir sıcaklıkta ve büyüklüktedir. Yaklaşık 4.5 milyar yaşındadır ve ömrünün yarısını tamamlamış bulunmaktadır. Evrimini tamamlayıp ömrünün sonuna geldiğinde de bir beyaz cüce yıldız olacaktır. Tablo 2.1.'de Güneş'e ait temel bilgiler yer almaktadır.

Tablo2.1. Güneş'e ait temel bilgiler

Spektral Sınıfı	G2V	
Yarıçap	695 990 km	109 Yer Yarıçapı
Kütle	1.989×10^{30} kg	333 000 Yer Kütle
Işıma Gücü	3.846×10^{33} erg/s	
Yüzey Sıcaklığı	5800 °K	5497 °C
Yüzey Yoğunluğu	2.07×10^{-7} g/cm ³	1.6×10^{-4} Hava Yoğunluğu
Yüzey Kompozisyonu	Kütlece %70 H, %28 He, %2 (C,N, O, ...)	
Merkezi Sıcaklık	15 600 000 °K	15 327 000 °C
Merkezi Yoğunluk	150 g/cm ³	8 × Altın Yoğunluğu
Merkezi Kompozisyon	Kütlece %35 H, %63 He, %2 (C, N, O, ...)	
Yaşı	4.6×10^9 yıl	

Güneş, şu an Yerküre'de var olan yaşamın kaynağı ve yaşamın bu şekilde devam edebilmesinin yegâne sebebidir. Bu yüzden Güneş'te olabilecek küçük bir değişiklik, etkisini Yer üzerindeki yaşamda gösterecektir. Güneş'te meydana gelen parlamalar gibi bir takım fiziksel aktif olaylar; Yer'i, iklimini, atmosferini, manyetoküresini ve Yer etrafında dolanan yapay uyduları etkilemektedir. Güneş'in yakından incelenmesi mümkün olmasa da çeşitli yollarla fiziksel özelliklerini tespit etmek mümkündür. Güneş'ten elde edilen fiziksel bulguları veya fiziksel özellikleri bulma yöntemlerini genelleyip, diğer yıldızlar için de kullanarak; diğer yıldızlar hakkında da bilgi elde edilebilir. Bu yüzden Güneş, bazı fiziksel süreçlerin ve astronomik olayların anlaşılması ve geliştirilen yöntemlerle Güneş

dışındaki yıldızlar hakkında bilgi edinmemizi sağlaması açısından eşsiz doğal bir laboratuvardır [1].

2.1. Güneş Aktiviteleri

Güneşin ışık küresinde (fotosfer) meydana gelen patlamalarla iyonize olmuş sıcak gaz balonlarını Güneş yüzeyine yönelerek önündeki Güneş tacını sürükleyip ileriye doğru fırlatır. Bu patlamaların nedeni, manyetik enerjinin aniden Güneş yüzeyinden atılmasıdır. Güneş'in kuzey manyetik kutbundan güney manyetik kutbuna doğru uzanan bir manyetik alan çizgisi olduğu ve Güneş'in kendi eksenini etrafında ekvatorunda daha hızlı, kutuplarda daha yavaş döndüğü kabul edilir. Bu dönüşte manyetik alan çizgisi de Güneş ile birlikte sürüklenir. Manyetik alan çizgisinin ekvatorunda olan kısmı daha çok ilerlerken, kutuplara yakın kısmı daha az ilerler. Bükülen manyetik alan çizgileri birkaç dönüş sonunda, özellikle ekvatora yakın kısımlarda birkaç defa kendi üzerine dolanır. Bu bükülmüş ve karışmış manyetik alan çizgilerinden milyonlarca olduğunu düşünürsek, manyetik alan çizgilerinin iyice dolaştığı bölgeler olduğunu hayal etmek zor değildir. Güneş lekelerinin de bu bölgelerde oluştuğu tahmin edilmektedir. Çiftler halinde oluşan lekelerden biri mıknatısın kuzey kutbu, diğeri güney kutbu gibi davranacaktır. Bir Güneş lekesinden diğere, yukarı doğru kavis çizerek fırlayan manyetik alan çizgileri ve bu manyetik alan çizgilerini izleyerek sıçrayan plazma, **Güneş parlaması** olarak adlandırılır. Güneş parlamalarının Güneş tacındaki atomlarla etkileşimi sonucu **mor ötesi** ve **X-ışınları** yayılır. Eğer bu parlamalar Güneş'in Dünya'ya bakan yüzünde oluşursa Dünyamızdaki elektronik ve iletişim sistemleri bundan etkilenebilir. Bu ışınlar Dünya atmosferinin dış katmanlarındaki molekülleri iyonlaştırarak radyo iletişimini kesintiye uğratır. Oluşan radyo dalgaları, GPS ve benzeri coğrafi sistemlerin kullandığı sinyaller için de parazit oluşturur. Güneş'teki hareketlilik iyonkürenin yoğunluğunda ani değişimlere ve ısınmaya yol açarak uyduların hareketinin ve yüksekliğinin değişmesine ve Dünya ile uydular arasındaki iletişimin kısa süreli de olsa kesilmesine neden olabilir.

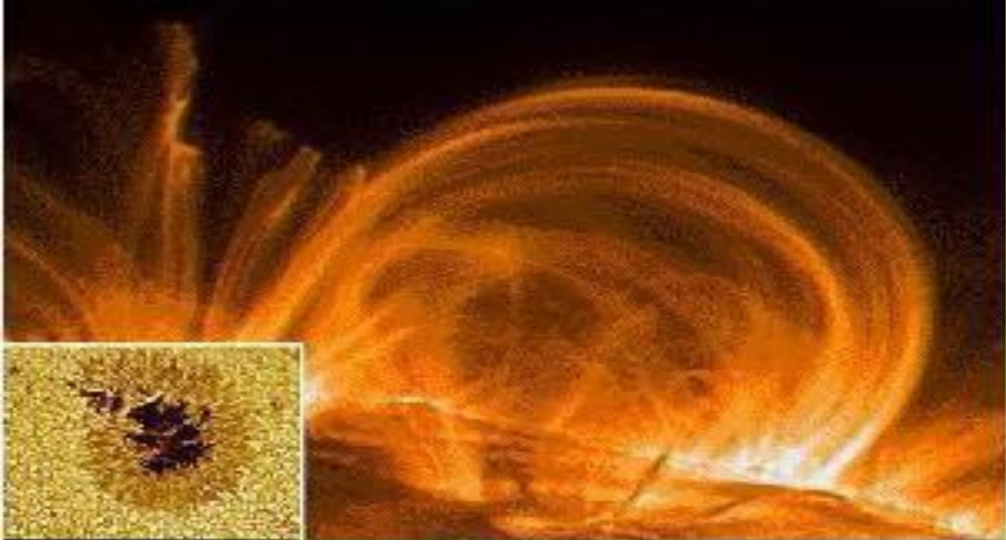
Uzay Meteorolojisinde, birinci dereceden etki oluşturabilecek kaynak bize en yakın yıldız olan Güneşimizdir. Güneş sürekli olarak iyonlardan oluşan parçacıkları uzaya saçmaktadır, saçılan bu parçacık demetlerine “Yıldız veya Güneş rüzgârı” denmektedir.

Güneş rüzgârı, değişken bir karaktere sahip olmasının yanı sıra, Güneş aktivitesindeki temel değişime bağlı olduğundan ve temel değişimin günümüzde elde edilen verilerin yorumlanması sonucunda, 11 yıllık bir Güneş periyoduna sahip olduğu bilindiğinden, Güneş etkinliğinin yıl bazında öngörülmesi mümkün hale gelmiştir. Ancak kısa süreli durumlar ve döngülerin şiddeti tam olarak aydınlanmamıştır. Uzay meteorolojisi araştırmalarında Güneş ana kaynaktır.

Güneş sisteminde Uzay Meteorolojisini etkileyen diğer kaynaklar göktaşları ve mikro uzay tozlarıdır. Güneşimizin yanı sıra Uzay Meteorolojisini etkileyen bir diğer faktör de yıldızımız dışındaki kaynaklardan gelen radyasyon ve iyonize parçacıklardır. Bu kaynaklar; yakın yıldızlar, Samanyolu galaksisi, galaksi dışındaki diğer galaksi ve kaynaklardır (Karadelikler, vb.).

2.1.1. Güneş Lekeleri (Sunspots)

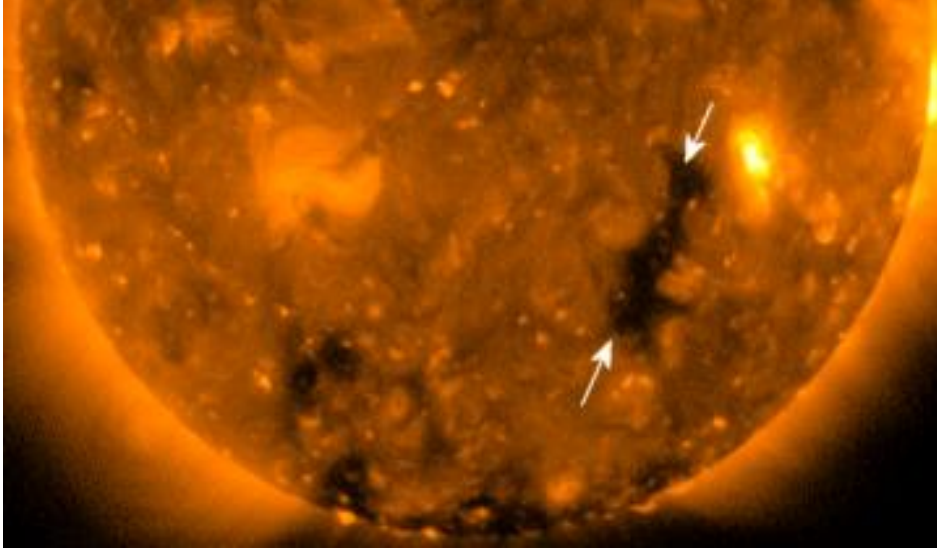
Güneş üzerinde görülen en ilgi çekici olaylardan biri de Güneş lekeleridir. Güneş lekeleri Güneş yüzeyi üzerinde yoğunlaşan manyetik alanlardır. Siyah bölgeler olarak görülen bu lekeler geçici olaylardır. Orta büyüklükte bir Güneş lekesi aşağı yukarı dünya kadar büyüktür. Güneş üzerinde oluşan bu lekeler günler, hatta haftalar boyunca izlendikten sonra yok olurlar. Güneş lekeleri, şiddetli manyetik alanlar Güneş yüzeyinde belirildiğinde ortaya çıkarlar. Bulundukları alanın sıcaklığını 6000°C den 4200°C ye kadar düşürürler, bu nedenle lekenin bulunduğu alan çevresine göre daha koyu bir bölge olarak görülür. Güneş lekesinin merkezindeki siyah alan umbra olarak isimlendirilir, bu kısımda manyetik alan şiddeti en yüksek değerindedir. Umbranın çevresindeki daha açık, görülen gri bölge de penumbra olarak adlandırılır. Dünyadan gözleendiğinde lekelerin Güneş yüzeyi ile birlikte bir tam dolanımları ortalama 27 gün sürmektedir. Güneş ekvatoru civarında görülen lekeler kutuplar civarında görülenlerden daha hızlı dolanım hızına sahiptirler. Güneş lekelerinin manyetik alan yapısı ne kadar karmaşık ise patlama (parlama, flare) üretme olasılıkları da o kadar yüksektir. Güneş parlamalarının takip edildiği 300 yıl süresince Güneş lekelerinin sayısı ortalama 11 yıllık dönemler halinde düzenli olarak artmış veya azalmıştır [2].



Şekil 2.1. Güneş lekeleri ve manyetik alan (<http://bilgikitabi.tripod.com/sunspot.jpg>)

2.1.2. Koronal Delikler (Coronal Holes)

Koronal delikler, Güneşin X-ışınlarında gözlenmesi sırasında geniş kara delikler halinde görülen, aylar hatta yıllarca sürebilen değişken Güneş olaylarıdır. Bu delikler Güneş yüzeyi üzerindeki tek kutuplu geniş manyetik alan hücrelerinin bulunduğu yerlerde yer alırlar. Bu hücreden yükselen manyetik alan çizgileri Güneş sisteminin içinde çok uzaklara kadar uzanır. Güneş rüzgârı, bu açık manyetik alan çizgileri boyunca çok yüksek hızlarda Gezegenler arası ortamda akmaktadır. Koronal delikler leke aktivitesi çevrimine tam uymayan bir dağılıma sahiptirler. Leke maksimumunun ardından gelen yıllarda daha fazla sayıda gözlenirler. Bu delikler aktivite çevriminin bütün evrelerinde, Güneşin kuzey ve güney kutuplarında sürekli olarak görülürler [2].



Şekil 2.2. 4 Eylülde, Japon X-Işını Teleskopu Hinode'den alınan fotoğrafta, geniş koronal delik görülüyor.

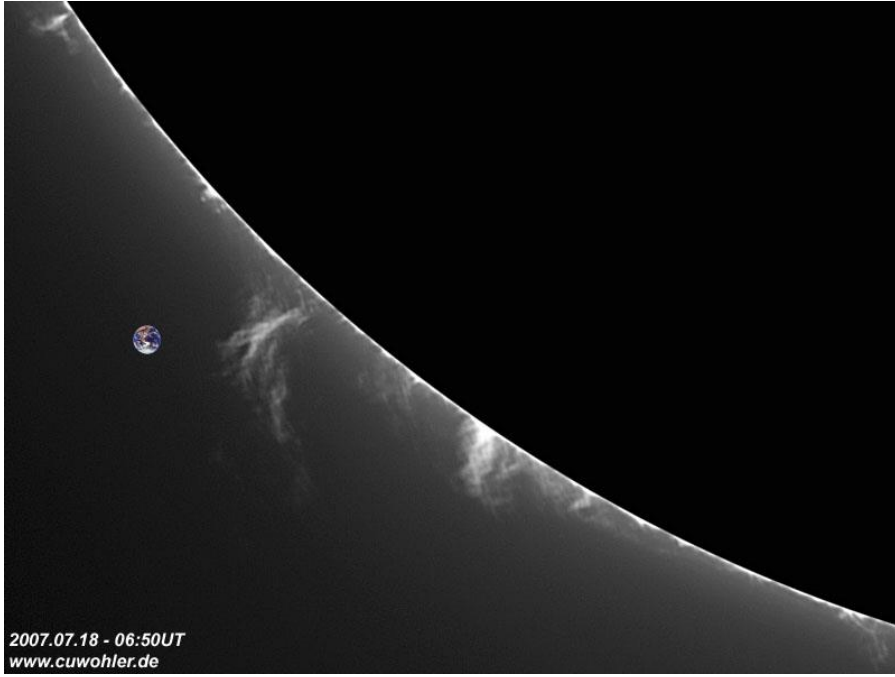
2.1.3. Güneş Patlamaları (Solar Flares)

Enerji salınımı bakımından Güneş yüzeyi üzerinde meydana gelen en şiddetli olaylardan biri geçici enerji boşalmaları olarak tanımlayabileceğimiz Güneş patlamalarıdır. Patlamalar, yerden yapılan görsel bölge gözlemlerinde Güneş üzerinde parlak alanlar olarak, radyo bölgede yapılan gözlemlerde ise ani gürültü artışları (Radio Bursts) olarak gözlenirler. Yaşam süreleri bir kaç dakika ile bir kaç saat arasında değişir. Bunlar Güneş sistemimizde gözlenen, en şiddetli patlama olaylarıdır. Hiroşima'ya atılan bombanın yaklaşık 40 milyon katı bir enerjiye sahiptirler. Çok güçlü manyetik alanların parçalanmaları ve yeniden birleşmeleri patlamaların oluşması için gerekli olan ilk enerji kaynağını oluşturur. Gamma ışıınım, X-ışıınım, görsel ışıınım ve radyo ışıınım gibi elektromanyetik spektrumun hemen hemen her dalga boyunda ışıınım yayarlar.

Prominanslar (Prominences) : Güneş diski üzerinde bulunduklarında koyu filamentler olarak görülen Güneş prominansları, Güneş yüzeyinden yükselen manyetik alanların taşıdığı sakin bulutlar görünümündeki Güneş maddesidir. Birçok sakin prominans yaşam sürelerinin belirli bir evresinde aktivite göstererek, uzaya önemli miktarda Güneş maddesi bırakır [2].



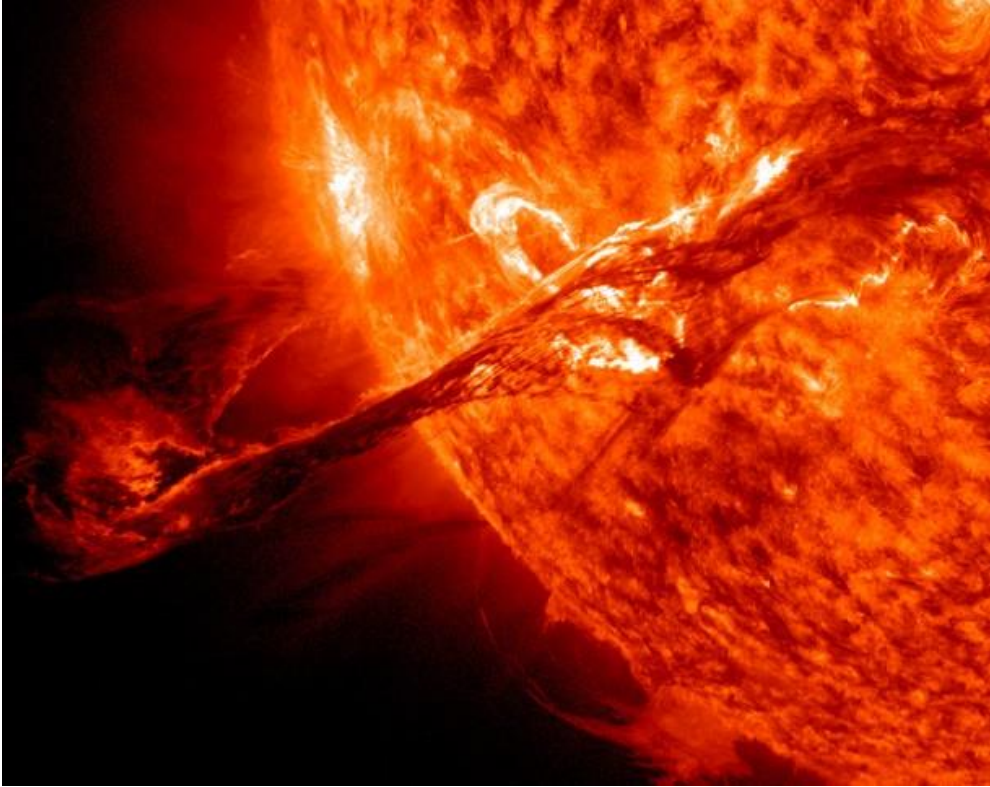
Şekil 2.3. Güneş parlaması (solar flare)



Şekil 2.4. Güneşin güney doğu bölgesinde gerçekleşen prominans görüntüsü ve Yer.

2.1.4. Koronal Kütle Atımları (Coronal Mass Ejections)

Güneş atmosferinin en dış katmanı korona çok güçlü manyetik alanlarla yapılanmıştır. Kapalı bir yapıya sahip olan bu manyetik alanlar, genellikle Güneş leke gruplarının üzerinde gelişen olaylarla birdenbire açık duruma geçebilirler. Şiddetle gelişen bu olaylar sırasında ivmelenen Güneş maddesinin hızı Güneşin çekim alanından kurtulmak için gerekli hıza (618 km/s) eriştiği andan itibaren koronal kütle atımı başlar. Büyük koronal kütle atımları sırasında atılan Güneş maddesi 1×10^{16} gram mertebesinde dir. Bu aniden gelişen çok şiddetli patlama sırasında söz konusu madde 700-1000 km/s' lik hızlarla ivmelenerek atılır. Yüklü parçacıklardan oluşmuş olan bu Güneş maddesi yolu üzerindeki gezegenlere ve uzay araçlarına çarpmak üzere hızla gezegenler arası ortama yayılır. Koronal kütle atımları genellikle bağımsız gelişen olaylar olmakla birlikte zaman zaman da Güneş patlamaları sırasında gözlenirler [2].



Şekil 2.5. NASA'nın Güneş Dinamiği Gözlemevi (SDO) tarafından kaydedilen koronal kütle atımı (CME).

2.2. Güneşin Yer Üzerine Etkileri

Bu bölümde, Güneş ve Güneş üzerindeki aktiviteye bağlı bazı olayların Yer'i nasıl etkilediğinden bahsedilecektir.

Gözlemlere dayalı olarak elde edilen bulgulardan Güneş aktivitesinin 11 yıllık Güneş leke periyodu (çevrimi) ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Ancak, sonuç olarak, 11 yıllık Güneş leke çevriminin iklim koşulları üzerine bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca Güneş, Yer'i dört temel yolla etkilemektedir. Bu etkileme biçimleri aşağıda başlıklar halinde ifade edilmiştir.

2.2.1. Radyoaktif Karbona Etkisi ve Maunder Minimumu

Yer sürekli bir şekilde yüklü tanecik akımının (kozmik ışınım) etkisi altındadır. Işınımı oluşturan tanecikler Yer atmosferinde azot (N) ile etkileşerek karbonun bir izotopu olan C^{14} 'ü oluştururlar. C^{14} radyoaktif olup, yarı ömrü 5730 yıldır (yani bu süreç içerisinde belli miktarda C^{14} izotopunun yarısı yeniden azot elementine dönüşecektir). Eğer kozmik ışınım kesilirse, C^{14} zamanla azalacaktır. Kozmik ışınım sürekliliğini devam ettirirse, C^{14} izotopunun miktarı belli bir düzeyde kalacaktır. Kozmik ışınımdaki azalma veya çoğalma ise, C^{14} izotopunun miktarında da azalma veya çoğalmaya neden olur. C^{14} izotopunun diğer bir özelliği, bitkiler tarafından CO_2 olarak özümленerek ağaçların yıllık halkalarında depolanmasıdır. Halkaların analizi ile normal ve radyoaktif C oranları saptanabilmektedir. Elde edilen bu oran Güneş aktivitesi ile ilişkilidir. Aktivitenin maksimum evrelerinde C^{14} miktarı düşük, minimum evrelerde yüksektir. Bunun nedeni ise şu şekilde açıklanmaktadır: Güneş aktivitesinin maksimum dönemlerinde Güneş yüzeyinden uzaya sürekli manyetik kuvvet çizgileri boyunca madde ve partikül akımı olmaktadır. Dünya atmosferine kadar uzanan bu kuvvet çizgileri kozmik ışınım üzerine itici bir etki yaparak atmosfere girmelerini engellerler. Sonuçta azotun C^{14} izotopuna dönüşümü durur ve C^{14} miktarı düşük kalır.

Güneş lekeleri sayısı gözlemleri 1740'lı yıllara kadar geriye gitmektedir. Güneş aktivitesinin şiddetinin değişimi ile ilgili daha önceki dönemlere ait bilgiler, dolaylı bilgilerdir; C^{14} de bunlardan biridir. Bu yöntem yardımıyla önceki tarihlere gidildiğinde,

1645 ila 1715 yılları arasında güneş aktivitesinin sürekli minimum evrede olduğu saptanmıştır. Bu evre "Maunder Minimum" olarak bilinmektedir [3,4].

2.2.2. Radyo Haberleşmelerine Etkisi

Radyo haberleşmesi, atmosferin iyonküre tabakası sayesinde gerçekleşmektedir. Bu tabaka yansıtıcı bir özelliğe sahiptir ve bu özelliği sağlayan Güneşin X-ışınımıdır. Kısa dalga boylu ve yüksek enerjili bu ışınım, iyonküredeki elementleri iyonlaştırarak, serbest hareket eden elektron ve protonların tabakaya yansıtıcı bir özellik kazanmasını sağlar. Şu da bilinmektedir ki, uzun dalga boylu radyo dalgaları iyonkürenin en alçak tabakasından, daha kısa olanları biraz daha yuksekten ve en kısa olanları ise en üst (F2) tabakadan yansımaktadır. Bununla birlikte, bu tabakanın farklı yükseklikleri için limit frekanslar belirlenebilmektedir. Bunun anlamı, bu yükseklikte bu limitten küçük frekanstaki dalgaların yansıtılacağıdır. Gözlemler bu limit frekanslara tekabül eden yüksekliklerin günlük ve yıllık olarak değiştiğini ve hesaplanan günlük ve yıllık ortalamaların da bir değişim içinde olduğunu göstermiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, bu değişimin R (Rölatif Leke) Sayısı ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Bu ilişki; R arttıkça belli bir yüksekliğe ait limit frekans, elektron yoğunluğunun artmasından dolayı artmakta şeklindedir.). Sonuçta, elektron yoğunluğunun dolayısıyla da limit frekansların Güneş aktivitesine bağlı olarak bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Güneş üzerindeki bazı olayların haberleşmedeki ikinci etkisi ise, kısa dalga boylu yayınlarda bazen kesilmelerin meydana gelmesidir. Bu olayın alıcıların kısmen veya tamamen dünyanın Güneşe dönük olan bölgelerinde bulunduğu zaman meydana gelmesi, olayların kromosferik parlamalarla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bir parlama sırasında H_{α} ışınım şiddetinde artış olduğu gibi bazen X-ışınımında da artış olur ve bu limit frekans değerlerinin değişmesine neden olur [5].

2.2.3. Yer'in Manyetik Alanına Etkisi

Yer'in zayıf bir manyetik alanı ve bu manyetik alanın da kuzey kutup doğrultusu vardır. Ancak bu doğrultu sabit olmayıp doğu-batı yönlerinde rölatif Güneş leke sayısı (R) ile ilişkili olan bir salınım yapmaktadır. Ancak, bu periyodik değişimin dışında da

pusulalar bazen farklı tarzda titreşim yapmaktadır. Bunun sebebi manyetik fırtınalardır. Manyetik fırtınaların parlamalarla ilişkili olduğu ve parlamayı izleyen 1 ile 2 gün içerisinde meydana geldiği bilinmektedir. Manyetik fırtına, parlama sırasında uzaya kaçan plazma bulutunun Yer'in manyetik alanı ile etkileşmesi sonucunda oluşur. Artı yüklü protonlar ile eksi yüklü elektronlardan oluşan bu plazma bulutu elektriksel olarak iletken bir özelliğe sahiptir. Bu plazma yapı Yer'e yaklaşırken, Yer'in manyetik alanının etkisi ile elektrik akımı üretir ve Yer'in manyetik alanı bu buluta bir itici kuvvet uygulayarak onu frenler. Bu plazma bulutunun manyetik alanı Yer'inkine eklenince, doğal olarak Yer'in manyetik alanında değişimler gözlenecektir ki buna da manyetik fırtına denir.

Yapılan gözlemler pusulanın ibresinde 27 günlük periyodu olan bir titreşimin varlığını daha göstermiştir. Periyodun 27 gün olması, tamamen Güneşin dönme periyodu ile ilgilidir. Güneş üzerindeki bazı uzun ömürlü manyetik bölgelerin 27 günde bir, dönmeden dolayı yüzünü Yer'e dönmesi sonucunda bu bölgeden kaçan tanecikler Yer'in manyetik alanı ile etkileşmekte ve gözlenen titreşimleri oluşturmaktadır. Daha sonraları bu manyetik bölgelerin aslında 'Koronal Delikler' oldukları ve buradan da Güneş rüzgârlarının (iyon ve elektronlardan oluşmuş tanecik akımı) sürekli olarak uzaya uzandıkları saptanmıştır. Bu koronal delikler, ekvator kuşağına yakın açık manyetik alanlı bölgelerdir.

2.2.4. Güneş Rüzgârı

Güneş Rüzgârları, genellikle Güneş kaynaklı tanecik akımları olarak tanımlanır. Güneş kaynaklı tanecik akımları genelde üç farklı gruba ayrılır. Bunlardan ilki 1500 km/sn' lik hızlarla parlamalardan yayınlanan tanecik akımıdır. İkincisi, yaklaşık 700 km/sn' lik hızlarla koronal deliklerden yayınlanan tanecik akımı, üçüncüsü ise yaklaşık 400 km/sn' lik hızlarla 'Güneş Rüzgârları' olarak adlandırılan yapılardan yayınlan tanecik akımıdır. Bu yapılar aktivite çevrimine bağlı olmaksızın gerek maksimum gerekse minimum dönemlerinde var olabilmektedirler [6].

2.3. İyonküre

İyonküre fiziği deneysel bir konu olarak yaklaşık 50 yıldan fazla bir geçmişe sahiptir. Bununla birlikte iyonküre ile ilgili çalışmaların bir yüzyıla yakın geçmişi vardır. Atmosferin üst bölgelerinde iletken bir tabakanın varlığı, 1860'da Kelvin ve daha önceden 1839'da Gauss tarafından ileri sürülmüştür. 1901'de Marconi tarafından telsiz telgrafın keşfedilmesinden sonra, 1902'de Keneli ve Heaviside tarafından, Yer atmosferinde elektromanyetik dalga için yansımanın meydana geldiği bir bölgenin varlığı öne sürülmüştür.

1903'te Taylor bu tabakanın Güneş ultraviyole radyasyonu tarafından üretilen iyonlaşmadan ileri geldiği düşüncesini geliştirmiştir. Daha sonra Thompson elektronu keşfetmiştir.

İyonkürenin sağlam bilimsel temellere oturtularak çalışılması, Breith-Tuve ve Appleton-Barnett tarafından 1925'de elektromanyetik dalgayı yansıtan tabakanın yüksekliğinin deneysel olarak tespitiyle başladı. Daha sonra iyonkürenin tabakalar halindeki doğası kolay anlaşılır hale gelmiştir. Sonraki çalışmalarda farklı tabakaların fiziksel yapısının ne olduğu sorusu daha sıklıkla gündeme gelmiştir. Böylece iyonküre D, E, F sembolleri ile ifade edilen bölgelere ayrılmışlardır.

D, E, F sembollerinin kullanımı 1959'da o güne kadar yapılan bilimsel çalışmaların incelenerek, ortak bir fikrin yapılandırılmasıyla şekillenmiştir. Daha sonraki incelemelerde F-bölgesinde farklı iyonlaşmaların olduğu görülmüş bu nedenle bu bölgede kendi içinde F1 ve F2 diye iki alt bölgeye ayrılmıştır [7].

İyonküre, serbest elektronları ve pozitif iyonları içeren atmosferin üst bölgesidir. Güneş'in yaydığı X ve UV (morötesi) ışınlar atmosferdeki iyonlaşmanın ve serbest elektron üretiminin en önemli kaynağıdır. İyonkürede nötr gazlar, iyonlar ve elektronlar, farklı kütlelerinden dolayı farklı yüksekliklerde bulunacak şekilde tabakalar halinde dağılırlar. İyonküre içinde farklı oranlarda iyonlaşma yani elektron üretimi meydana gelir. Bu durum iyonkürede farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlar.

İyonküredeki parçacıkların yoğunluğu $1-10^6/\text{cm}^3$ arasında değişmektedir. Genellikle iyonküre: D (~30–85 km), E (~85–160 km), F (~160 km ve yukarısı) bölgesi olmak üzere

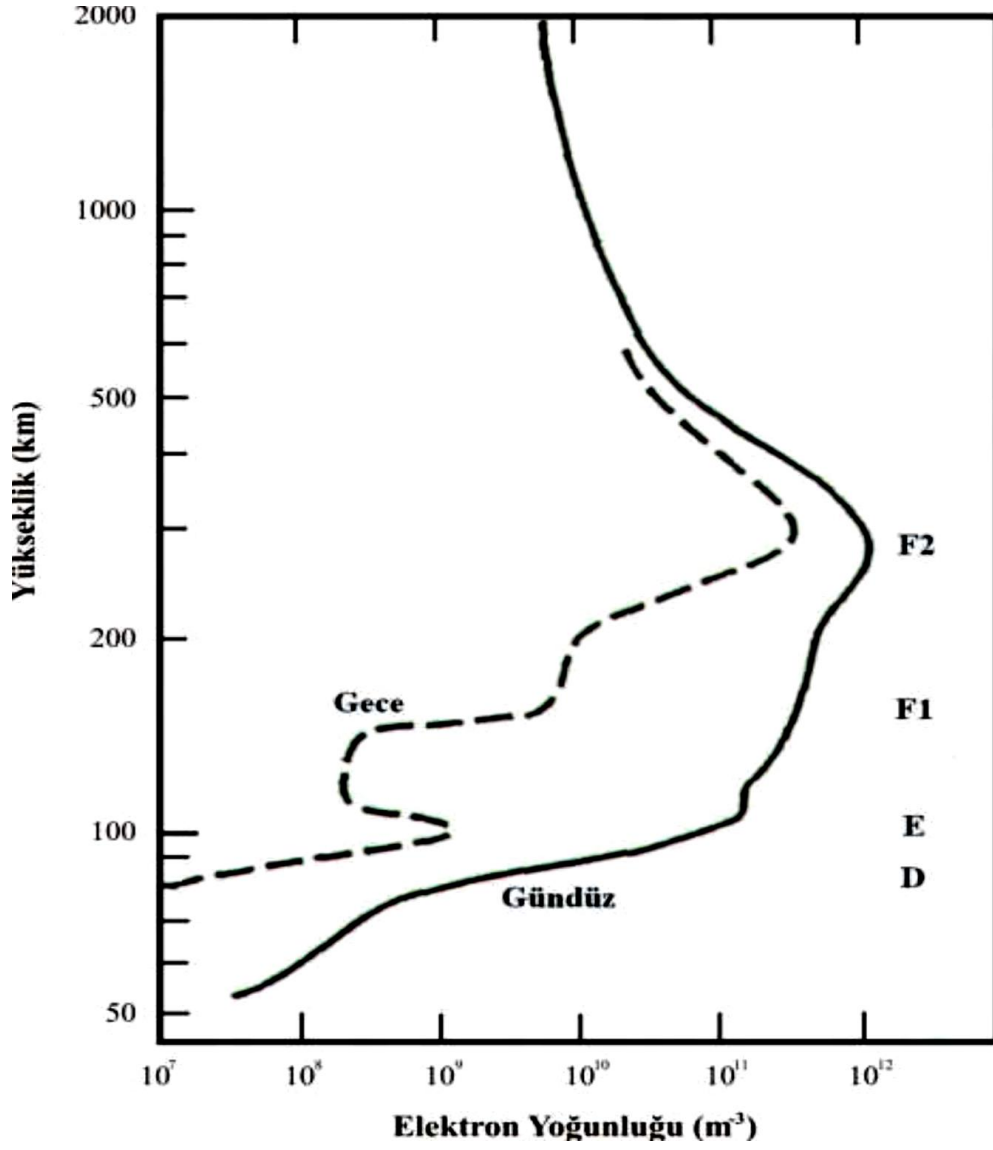
üç ana bölgeye ayrılır. Elektron yoğunluğu bakımından en zengin bölge F bölgesidir ve bu bölgede elektron yoğunluğu maksimum değerini 300 km civarında alır.

İyonkürenin elektron yoğunluğu bakımından en fakir bölgesi D-bölgesidir. Elektron üretimindeki en önemli kaynak X ve mor ötesi ışınımlarıdır. Elektron üretimi Güneşin doğuşundan sonra artmaya başlamaktadır. Güneş ışınları ve kozmik ışınlar yüksek enerjili ($>10^{19}$ eV) olduğu için atmosferde emilmeden D bölgesine inebilmekte ve bu bölgenin alt kısımlarında iyonlaşmaya neden olmaktadır. Kozmik ışınların iyonlaştırması gece iyonküresi için en önemli kaynaktır. En büyük üretim öğlen saatlerinde olmaktadır. Öğlen saatlerinden sonra elektron üretimi Güneş'in doğuşuna kadar azalır. Gece saatlerinde ~ 85 km'nin altındaki elektron yoğunluğu yaklaşık $10^2/\text{cm}^3$ mertebesine kadar düşmektedir ve bu yükseklikteki elektron üretimi tamamen kozmik ışınların etkisiyle sağlanmaktadır. D bölgesindeki temel iyonlar O_2^+ , N_2^+ ve NO^+ 'dır.

E bölgesinde en çok NO^+ , O_2^+ iyonları ve daha az miktarda O^+ ve N_2^+ iyonları bulunmaktadır. Geceleri $\sim 10^3/\text{cm}^3$ değerinde olan elektron yoğunluğu gündüzleri ortalama olarak $10^5/\text{cm}^3$ değerine çıkmaktadır.

F-bölgesini, F1 ve F2-bölgesi olmak üzere ikiye ayırabiliriz. F1 bölgesi iyonlaşmanın, F2 bölgesi ise elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgedir. Güneş ışınımları en fazla $\sim 160\text{--}180$ km arasında emilerek, O_2^+ , N_2^+ , O^+ , He^+ , N^+ iyonlarını oluşturmaktadır. F1 bölgesinde en fazla NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken, ikinci derecede O^+ ve N^+ iyonlarına da rastlanmaktadır. F2 bölgesinde O^+ temel iyonunun yanı sıra, H^+ , He^+ ve N^+ iyonları da yer almaktadır [1].

Atmosferin ve İyonkürenin yapısıyla ilgili çalışmalar sonucu oluşturulan grafikler Şekil 2.6. ve Şekil 2.7.' de verilmiştir.



Şekil 2.6. İyonküre için elektron yoğunluğu değişimi

2.3.1. İyonkürenin Radyo Dalgalarına Etkisi

İyonküreyi delip geçebilen en düşük dalga frekansı kritik frekans ya da plazma frekansı olarak adlandırılır. İyonküre yapısı gereği 30 MHz ve altındaki frekanslardaki dalgaları yansıtmaktadır. 50 MHz'in çok üstündeki işaretler iyonküreden geçebilir fakat iyonkürede zayıflama ve gecikme etkisine uğrarlar [45].

Radyo işaretlerinin bir ortam içinde davranışını inceleyebilmek için ortamın kırılma indisi hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Kırılma indisi iyonküreyi karakterize eden en önemli parametrelerden biridir. Appleton-Hartree formülüne göre kırılma indisi Eşitlik (2.1)'deki gibi yazılabilir [8].

$$n^2 = 1 - \frac{X}{1 - iZ - \frac{Y_T^2}{2(1-X-iZ)} \pm \left[\frac{Y_T^4}{4(1-X-iZ)^2 + Y_L^2} \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de

$$X = \frac{N_e e^2}{\epsilon_0 m \omega^2} = f_{Ne}^2 / f^2;$$

$$Y_L = eB \cos \theta / mw = f_H \cos \theta / f ;$$

$$Z = f_v / f;$$

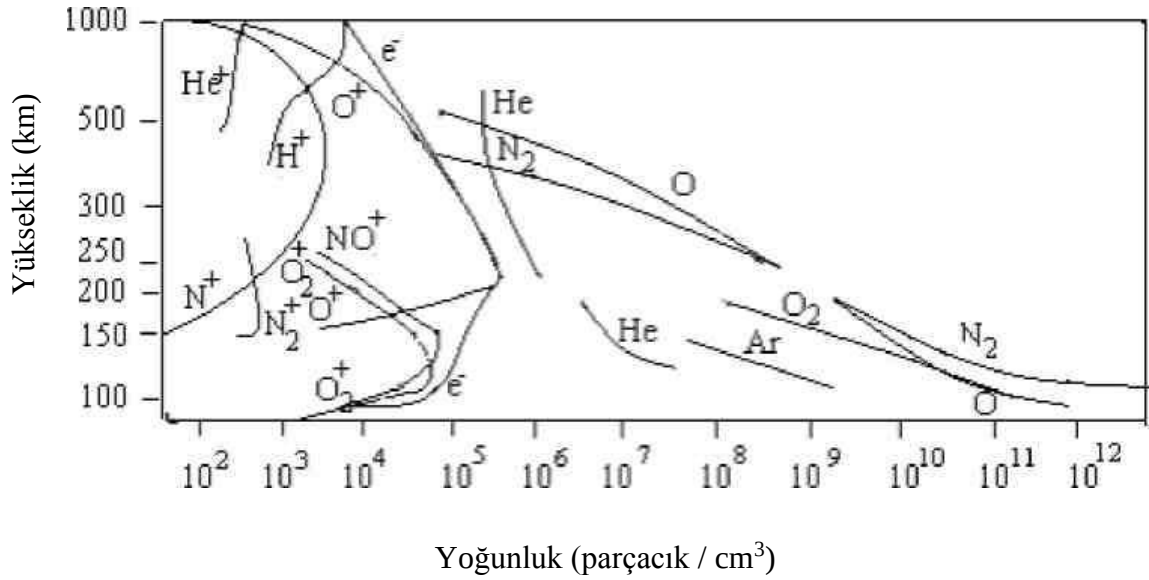
$$\omega = 2\pi f;$$

N_e elektron yoğunluğunu (el/m^3), f_{Ne} elektron plazma frekansını, f radyo dalgasının frekansını, e elektron yükünü ($-1.602 \times 10^{-19} \text{C}$), ϵ_0 serbest uzaydaki dielektrik sabitini ($8.854 \times 10^{-12} \text{F/m}$), B dünyanın manyetik alanının akı yoğunluğunu (Tesla), m elektronun kütlesini ($9.107 \times 10^{-31} \text{kg}$), θ gelen dalganın ilerleme yönü ile manyetik alan arasındaki açıyı, f_v elektronun büyük parçacıklarla ,çarpışma frekansını, f_H elektron dönme frekansını ifade etmektedir.

Elektron dönme frekansı f_H tipik olarak 1.5 MHz'dir, plazma frekansı f_{Ne} ise 30 MHz'i geçmemektedir. Çarpışma frekansı f_v ise yaklaşık 10^4Hz civarındadır.

2.4. Elektron Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler

İyonküredeki elektron yoğunluğu bir süreçle oluşurken başka bir süreçle kaybolmaktadır. Ayrıca atmosferdeki dinamik süreçler yoluyla da bir bölgeden diğer bir bölgeye de taşınabilmektedirler. Taşıma işlemleri bir bölge için kazançken diğer bölge için kayıp olmaktadır. D ve E-bölgeleri için foto kimyasal süreçler en önemli faktördür. F2-bölgesinde fotokimyasal süreçlerin yanı sıra dinamik süreçlerde etkili olmaktadır. Bu nedenle F2-bölgesindeki elektron yoğunluğu üzerine etki eden süreçleri foto kimyasal ve dinamik süreçler diye ikiye ayırmak doğru olacaktır. Şekil 2.8.'de iyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.8. İyonküredeki nötr atomlar ve iyonların yoğunluklarının yükseklikle değişimi [5].

İyonküredeki üretim, kayıp mekanizması ve taşınma süreçlerine bağlı olan, elektron yoğunluğunun zamanla değişimi için süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial N}{\partial t} = q - \beta N - \text{div}(N.V) \quad (2.2)$$

ile belirtilebilir [6]. Burada q üretim, p kayıp katsayısı, NV ise dinamik süreçlerini ifade etmektedir.

2.4.1. Fotokimyasal Süreçler

F-bölgesindeki iyonlaşmanın kaynağını UV ışınimleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte X ışınlarının da iyonlaşmaya katkıları olmaktadır. Parçacık iyonlaşmasının da etkileri tam olarak ölçülmemiştir. F- bölgesi için en önemli kazanç, O atomunun foto kimyasal yolla iyonlaşması, Şekil 2.9.'da şematik olarak gösterilmiştir [15].



Şekil 2.9. Foto-iyonlaşma ile serbest elektron oluşumu [15]

Güneşten gelen ışınım, bir gaz atomu veya molekülü üzerinde oldukça etkilidir. Bu süreçte, bu ışınımının bir kısmı atom tarafından emilir ve bu şekilde serbest bir elektron ve pozitif bir iyon meydana gelir.



ile sağlanmaktadır.

2.4.2. Dinamik Süreçler

Yaklaşık 200 km ye kadar dinamik süreçlerin, elektron yoğunluğu üzerindeki etkileri az olmaktadır. Bu yüksekliğe kadar, elektron yoğunluğu üretim ve kayıp işlemleri belirlenebilmektedir. Fakat yaklaşık hmF2 yüksekliğinden sonra dinamik süreçlerin, elektron yoğunluğu üzerindeki etkileri fotokimyasal süreçten daha fazla olmaktadır.

2.4.2.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu

İyon ve elektronlar kısmi basınç ve yerçekimi etkisi altında dağılırlar. Bu dağılma gaz molekülleri arasındaki çarpışmadan dolayı engellenmektedir. Bu nedenle dağılma (difüzyon) hızı gazların yoğunluğuna bağlı olmaktadır.

F2 tepesinden sonraki difüzyon dengesinin hâkim olduğu yüksekliklerde her gaz kendi ölçek yüksekliğine göre dağılmaktadır. Elektronun kütlesi iyonun kütlesinden çok küçük olduğundan ölçek yüksekliği çok büyük olmaktadır. Bu nedenle elektronlar daha yüksekler çıkarak iyonlar ise daha alt kısımlarda kalarak dağılmaktadır. Elektron ve iyonlar arasındaki elektrostatik kuvvet elektronları aşağı iyonları ise yukarı çekmektedir. Böylece elektronların ölçek yüksekliği azalırken iyonları ölçek yüksekliği artmaktadır. Elektronun ölçek yüksekliği iyonun ölçek yüksekliğinin iki katı olduğu zaman iyonlar ve elektronlar, aynı ölçek yüksekliğine göre dağılırlar. Sonuçta iyon ve elektronlar aynı hız ile beraber dağılmaya başlamışlardır. Bu tür dağılmaya, ambipolar dağılma (difüzyon) denir [7].

2.4.2.2. Nötr Rüzgârlar

Güneş ışınlarından kaynaklanan günlük ısınma ve soğuma genelde gündüz dünyanın sıcak köşesinden gece daha soğuk köşesine doğru esen yatay rüzgârlara neden olur. Yatay yönlü bu rüzgâr gündüz ve gece arasındaki sıcaklık farkının sebep olduğu basınç farkından dolayı yüksek basınçtan alçak basınca doğru eser.

Rüzgârlar yatay yönde esmesine karşın iyon ve elektronlar manyetik alan boyunca harekete zorlanırlar [9].

2.4.2.3. Elektromanyetik Sürüklenme

Yer atmosferinde Güneşin ısıtma etkisi, Ay ve Güneşin çekim gücünden dolayı hava Yer'in manyetik çizgileri arasında harekete zorlanır. Bu hareket, $\mathbf{E}=\mathbf{U}\times\mathbf{B}$ kadar bir elektrik alanının oluşmasını sağlar. Bu elektrik alandan kaynaklanan akım, karışık şekilde cereyan eder ve yüklerin kutuplaşmasına etki ederek yeni bir elektrostatik alana neden olur. B manyetik alana dik olan E elektrik alanı, parçacıkları manyetik alana dik olarak hareket ettirir. Bu hız:

$$V_e = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{B^2} \quad (2.4)$$

ile verilmektedir. Bu hızın düşey bileşeni eşitlik (2.5)'de ifade edilmiştir [7].

$$W_e = \frac{E_y}{B} \cos I \quad (2.5)$$

2.5. İyonküredeki Ani Karışıklıklar

Güneş aktiviteleri, İyonkürede meydana gelen ani karışıklıkların temel sebebi olarak kabul edilmektedir. Güneş aktiviteleri, Güneş küresinin yüzeyinde tespit edilen Güneş lekeleriyle tanımlanmaktadır. Güneş lekeleri aktiviteleri, bir Güneş lekeleri periyodu boyunca artar. Güneş üzerinde 'plage' olarak adlandırılan çok parlak bölgeler Güneş lekeleri üzerinde bulunurlar ve X ışınları yayarlar. Bazen etkili bir patlama bu plage bölgelerinde aniden meydana gelebilir [27]. Güneş'te meydana gelen bu patlamalardan yayılan X ışınları (2–10 Å), İyonkürenin D bölgesinde iyonlaşmaya neden olurlar. Bu karışıklıklar kısa dalga boylu radyo sinyallerinin (ULF, VLF ve LF) zayıflaması ve kesintiye uğraması sonucu keşfedilmiştir. İyonkürede kısa dalga haberleşmelerinin sönümüne neden olur ve ani karışıklıklar “SID” veya “Mögel–Dellinger” etkisi olarak adlandırılır. Başlangıcı çok ani olup, bazen birkaç dakikada oluşur ve bir iki saat devam ederek, radyo dalgalarının güçlü bir şekilde soğurulması ile sonuçlanır. SID tamamen HF yayılımına engel olabilir ve genellikle Dünya'nın günışığı kısmında kısmi ya da tamamen bütün radyo vericilerine etki edebilir. Bir uyarı sistemi olmadan meydana gelir ve gök dalgası haberleşmelerini saatlerce veya günlerce engelleyebilir. Oluşumu çoğunlukla Güneş'e bağlı olduğu için genellikle 11 yıllık Güneş lekeleri devriyle ilgilidir. D bölgesindeki iyonlaşmanın şiddetine bağlı olarak HF ve VHF dalgalarının yayılımını etkiler. Ayrıca LF ve VLF dalgalarının alan şiddetini arttırabilir [21–29].

Genelde SID büyüklüğü Güneş'in zenit açısına bağlıdır. 20 Å' un altındaki X ışını patlamalarının hepsi SID etkilerine neden olur. Yaklaşık %90'ının oluşumu 10–50 keV enerjili X ışını patlamaları oluşturur. VLF - LF etkileri 0-3 Å ve 8-20 Å dalga boylu X ışınlarının absorpsiyonuyla oluşur. SID süresince D bölgesinde elektron yoğunluğu birkaç dakika içinde aniden artar ve daha sonra yavaşça eski haline döner. Fakat maksimum elektron yoğunluğu seviyesi belirsizdir. SID olayı sadece Dünya'nın günışığı yarı küresinde meydana gelir ve etkileri Güneş tepede olduğunda en şiddetlidir. SID daha belirgin bir şekilde ekvatora yakın bölgelerde ve öğlen vakti tanımlanır. Sönüm Güneş maksimumunda ve Güneş minimumunun azalan kısmında meydana gelir. Patlamalar ve Güneş lekelerinde olduğu gibi aynı 11 yıllık oluşum süresini gösterir. Bu karışıklıklar Dünya'nın manyetik alanında belirgin değişimlerle beraber olur ve güçlü bir şekilde D bölgesini etkiler. SID genel olarak en çok alt İyonküreyi etkiler. Üst İyonküredeki etkileri çok fazla değildir. SID süresince D

bölgesinde elektron yoğunluğu birkaç dakika içinde aniden artar ve daha sonra yavaşça geri döner. E ve F bölgesindeki etkileri daha azdır. Bu bölgedeki etkiler daha çok 10 Å 'dan büyük dalga boylu ışınlar tarafından sağlanmaktadır. F bölgesi için farklı radyo sondalama metotları gerektirir.

SID süresince radyo dalgalarının şiddet ve genliklerinde bazı değişimler meydana gelir. Haberleşmeler birkaç dakika ile birkaç saat süreyle engellenir. SID olayında gözlenen bu etkiler meydana geldiği bölge ve etkileri bakımından birkaç başlık toplanmaktadır [11–35].

1. İlk olarak Mögel (1930) tarafından saptanan ve 'kısa dalga sönümü (SWF)' olarak adlandırılan bu olayda yüksek frekans olayıdır. 1000 km' den uzak mesafedeki vericilerden 20 MHz frekanslarında gözlenmektedir. E ve F tabakalarından yansıtılan dalgalar güçlü bir şekilde D bölgesinde artan iyonlaşma tarafından zayıflatılır ve orta ve kısa dalgalarda alınan sinyallerin alan şiddetlerinde (genlik) ani azalma meydana gelir. Radyo haberleşmelerinde kısa dalga sönümlerinin büyüklüğü, Güneş'teki patlamanın büyüklüğüne ve özellikle Güneş'in zenit açısına bağlı olmakla beraber, zenit açısının büyük olduğu yüksek enlemlerde önemsizdir [12, 13, 15–36].

Dünya'nın sadece günışığı yarıküresinde, haberleşmeler anormal bir şekilde D bölgesinde büyük soğurulma ile engellenir. Bu soğurulmanın başlangıcı çok ani olmakla beraber hepsi ani değildir. SWF ani, yavaş, kademeli ve kaydedilen sinyallerin zamanla değişimine bağlı olarak tanımlanır. Sönüm süresi yoğunluk ve patlamanın büyüklüğüne bağlıdır. Birkaç dakika ile birkaç saat arasında sürekliliğe sahiptir [13–29].

Kısa dalga sönümleri büyük frekans değişimlerine neden olurlar. Düşük frekanslarda dalganın soğurulması daha büyüktür. Büyük frekanslı dalgalar az etkilendiklerinden, daha kullanışlıdır. Ancak büyük ve etkili bir fırtınada yüksek frekanslar da engellenmektedir [16–30].

1937 yılının maksimum Güneş lekeli süresince SWF 84 gün gözlenmiştir. Bu olayların 66'sında sönümler şiddetli olarak sınıflandırılmıştır. 39 günde SWF birden daha çoktur ve 33 günde sönümler bir saatten fazla devam etmiştir [19].

2. Gürültü ile ilgili çalışmalar radyo haberleşmeleri ile başlar. Gürültünün kaynağı çok çeşitli olabilmektedir. Gürültü hem haberleşme hem de insan sağlığı açısından önemlidir. Elektromanyetik gürültü şiddeti 20 V/m olduğu zaman insan sağlığını olumsuz yönde etkilediği kanıtlanmış olup, günümüzde bu değer 15 V/m değerine ulaşmıştır [36]. Gürültü ile ilgili yapılan çalışmalarda ki amaç, hangi band aralığının gürültü seviyesi bakımından

daha uygun olduğunu tespit etmek içindir. Tek bir frekans için yapılan çalışmalar ancak o frekansa ait temel seviyedeki değişiklikleri tespit etmeye yarar.

Gürültü seviyesi ile ilgili ilk çalışma Davies (1965) ile başlar. Monopol anten kullanılarak yapılan bu çalışmada, elde edilen grafiklerden VLF gürültü genliğinin LF ve HF bandına göre birkaç kat fazla olduğu bulunmuştur. Diğer bir çalışma ise Andrevvs (1987) tarafından VLF radyo gürültüsü üzerine yapılmıştır.

Kozmik gürültü yani atmosfer dışından gelen gürültü üç tiptir. İlki galaksi gürültüsü olup, 150–200 MHz bandlarında maksimum verir. İkincisi termal gürültü olup, evrenden gelen termal gürültü radyo teleskoplarıyla algılanır ve 3 GHz' den -500 GHz'e kadar maksimumlar elde edilir. Üçüncüsü ise anormal Güneş gürültüleridir. Bu geniş bir frekans aralığını kapsar. Nedeni Güneş patlamalarıdır ve Güneş lekeleri ile açıklanabilir [35–38].

Meydana gelen bir SID süresince gözlenen olaylardan biri de 'Ani kozmik gürültü soğurulması (SCNA)'dur. Oldukça büyük bir patlama soğurulmaya veya 18–25 MHz frekanslarında 2 dB'lik bir artışa sebep olabilir. Hatta dalga iyonküre içinden tamamen yansız geçebilir. Esasen SWF'ye benzeyen SCNA genellikle D bölgesinde 20 MHz civarında gözlenen (kozmik radyo gürültüsünün) karasal kaynaklı yüksek frekanslı dalgaların şiddetinin zayıflatılmasıdır. Dalga SWF' den farklı olarak genelde alınır ancak net değildir [20–39].

3. SID'in en belirgin etkileri iyonküreden yansıtılan çok düşük frekanslı dalgaların (VLF), fazlarındaki ani değişimlerdir. 'Ani faz anormalliği (SPA)' olarak adlandırılan bu olayda, eğik olarak yansıtılan uzun dalgaların faz ilerlemesi ve yansıma yüksekliğinde birkaç km düşme meydana gelir. D bölgesinde iyonlaşmanın artması, genellikle yansıtma seviyesinde azalmaya neden olur ve çok uzun dalgaların yayılma mesafesini, yol uzunluğunu ve alınan dalgaların fazına etkiler [11–13,20–34].

Çok uzun dalgalar (16 Hz) iyonküreden yansıtılarak alındığında, gök dalgası ve yer dalgası arasında bazı sabit faz farklılıkları meydana gelir. Eğer patlama süresince maksimum yansıma yüksekliği düşerse, nicel bir faz değişimi meydana gelir ve en alt yansıma yüksekliği tahmin edilebilir [31].

4. 'Atmosferiklerin ani artışı SEA' olayında 27 kHz civarı frekanslarda kaydedilen dalgalarda ani artış gözlenir. Yani düşük frekanslı dalgaların alan şiddetinin aniden azalmasıdır. Bu bir düşük frekans olayıdır. D bölgesinde artan iyonlaşma düşük frekansların

yansımasının artmasına neden olur. Yoğunluk artışları, atmosferik olarak bilinen doğal frekans radyo kaynaklarının gözlenmesidir. X ışını patlaması süresince sinyal şiddeti %100 artar. En çok 2. ve 3. sınıf patlamalar önemli SEA'lara neden olur. Oluşumların %50'si birinci sınıf patlamalardır. SPA gibi bu da VLF yayılım şartlarının değişimine işaret eder [10, 11, 16, 21, 31].

Düşük ve çok düşük frekanslı dalgaların yansıması SID süresince frekansa ve yansıma açısına bağlıdır. Atmosferiklerin bu ani artışı (SEA), Güneş patlamalarının oluşumunda aynı bir uyarı sistemi oluşturabilir [12, 16].

5. Fazın ani artışı (SPE) veya “groşi” olayı, manyetik Güneş patlaması etkilerinin jeomanyetik alanda meydana getirdiği karışıklığı ve iyonkürede tedirginliğin artmasını ifade eder. İletkenliğin bir veya birkaç tabakada artmasından kaynaklanır. Elektron yoğunluğundaki büyük değişim, çok büyük elektrik alanlarını meydana getirir. Bundan dolayı groşi meydana getiren akımlar E bölgesinde akar ve f_oE artar. Fakat Güneş patlaması süresince D bölgesi üzerinde elektron yoğunluğu değişimleri tam olarak açıklanamamaktadır. Çoğunlukla D bölgesindeki soğurulmadan kaynaklanır ve E, F1 ve F2'den dikey olarak yansıtılan dalgalar alınamaz [16, 31].

6. İlk olarak Watts ve Davies (1960) tarafından belirlenen ve 'ani frekans sapmaları (SPD)' olarak adlandırılan durum, pek çok sabit frekans vericileriyle gözlenir. Frekansta meydana gelen bu ani değişimler, çoğunlukla EUV radyasyonlarıyla oluşmasına rağmen, X ışını olaylarıyla güçlü bir ilişkisi vardır [22].

Ani frekans sapmasında, yüksek frekanslı (20 MHz) radyo dalgaları F bölgesinden bir veya daha fazla yansdıktan sonra farklı mesafelerde gözlenir ve iyonküreden yansıyan HF dalgaları alıcı istasyona geç ulaşır. Güneş patlamaları ile ekstra iyonlaşma üretilir ve ortamın kırılma indisini değiştirir. Böylece iletilen dalganın faz yolu uzunlukları değişir ve geçici frekanslarda geçici değişimlere neden olur. D bölgesinde ekstra iyonlaşma büyük bir soğurulma üretmesine rağmen, SPD' de ölçülen faz yolu değişimlerine çok az katkıda bulunur. Bu değişimler daha uzun dalga boylu X ışınları tarafından E ve F1 bölgelerinde biriken ekstra iyonlaşmadan kaynaklanır. İki veya fazla frekansta SPD ölçümleri, E bölgesindeki gibi kırılma indisinin azalmasından dolayı faz yolu azalması ve F1 tabakasında ekstra iyonlaşma tarafından üretildiği gibi azalan yansıma yüksekliğinden kaynaklanan etkileri ayırt etmek için kullanılabilir. Etkiler iyonlaşmadan meydana gelen değişimlerle orantılıdır. SPD 100

km'nin üzerindeki yüksekliklerde E ve F bölgelerinin elektron yoğunluklarının aniden artmasına neden olur [19, 22].

7. Sinyallerin ani artışı (SES) veya ani alan anormalliği, hem artışı hem de azalmayı içine alan, dalga şiddetindeki ani değişimleri ifade eder [38].

8. Ani alan şiddeti anormalliği (SFA) ise, yer dalgası ve bir vericiden yansıyan dalga arasındaki karışımından kaynaklanır. Orta mesafede bir vericiden parazit etkileri gök dalgası ve yer dalgası arasında meydana gelir. Her ikisinin de yaklaşık olarak eşit şiddette olduğu kabul edilir. En yüksek yansıma yüksekliğine gelen iki dalga, alıcıya büyük alan şiddeti değişimleri vererek ulaşırlar [39].

SID'in etkileri, daha önce ifade edildiği gibi başlıca bir patlama sonucunda D bölgesinde elektron yoğunluğunun artmasıdır. İyonlaşmanın alışılmıştan daha düşük yüksekliklerde üretilmesi sonucunda, iyonlaşma radyasyonu normal D tabakası için gerekli radyasyondan daha küçük soğurulma kesitine sahip olduğunu gösterir. Bu artış Güneş diskinin yaklaşık 1/1000'i oranında meydana gelir. D bölgesinde iyonlaşmanın üretimi, F2 tabakasının kritik frekansı üzerindeki frekanslarda kabul edilen kozmik gürültü (SCNA), ani faz anormalliği (SPA) ve çok düşük frekanslarda radyoda parazitlerin ani artması gibi ilişkili olayların meydana gelmesine neden olur. SWF'de dalga çoğu zaman alınamazken SCNA' da dalga alınır, soğurulma çok azdır ve daha kolay ölçülebilir. Fakat radyo haberleşmeleri açısından kısa dalga soğurulması çok fazla sıkıntı oluşturmaz. Dikey HF sondalamaları süresince yansımalar SWF'ye benzer şekilde artan soğurulma nedeniyle alınamayabilir [18–40].

3. MATERYAL VE METOT

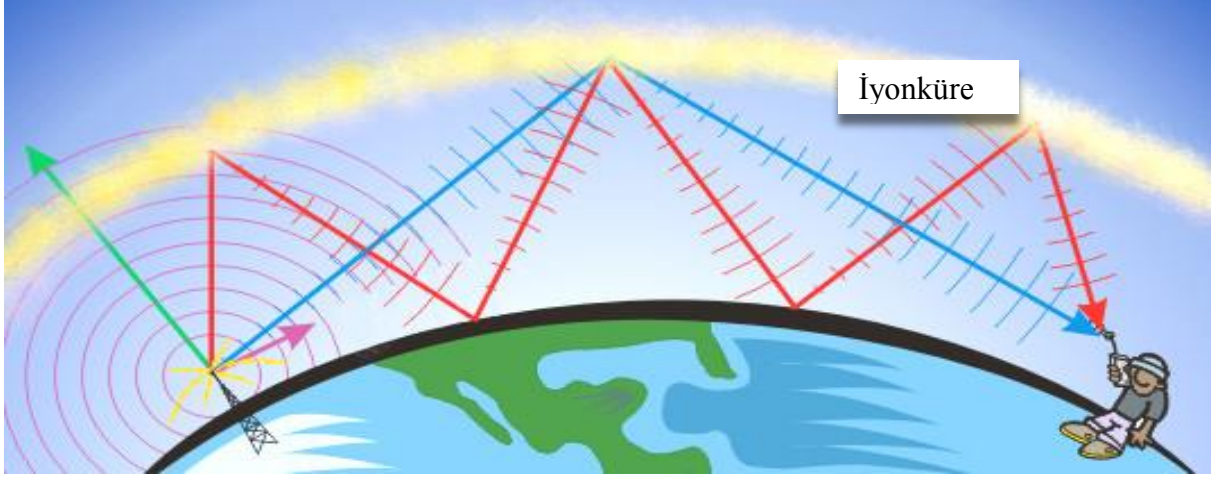
Super SID; bir anten, bir ön yükseltici ve bir ses kartı olan bir bilgisayardır. Super SID iyonküreden yansıyan radyo sinyallerini alması için bir antene ihtiyaç duyar. Bu sinyallerin şiddetleri genellikle çok küçüktür ve sadece $\sim 0,1$ mili-voltur. Bir ön yükseltici ile alınan sinyaller yükseltilerek PC ses kartı ile ölçülebilir hale getirilir. Ses kartının görevi sinyali analogdan dijitale dönüştürmektir. Sonra, PC'de çalışan bir program, VLF iletim sinyal gücünün ve süreçlerinin verilerini izler. Yansıyan radyo sinyalleri Güneş ışınlamı tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği için zaman bağlı sinyal gücünün grafiğini çizerek, Güneşte bir patlamanın var olduğunu tespit eder.

Bu çalışmada Elazığ, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Elektromanyetik Dalga Laboratuvarında kurulmuş olan Super SID, VLF dalga alıcısının kullanılacağı deneyden elde edilecek sinyal şiddeti verileri ve Dünyadaki değişik ölçüm merkezlerinden alınacak Güneş patlama (flare, parlama) verileri kullanılarak, VLF sinyal şiddetinde meydana gelen değişimler ve Güneş patlamalarının bu değişime etkisi araştırılmıştır.

3.1. VLF Vericileri

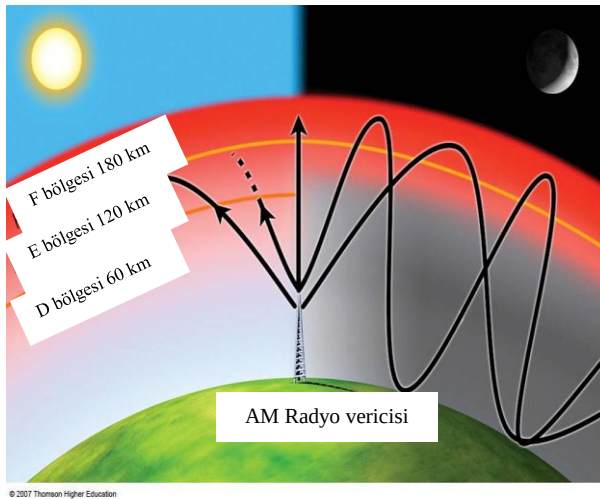
VLF radyo dalgaları (3–30 kHz) denizcilik (denizaltı) haberleşmeleri, askeri amaçlı haberleşmeler ve uzak mesafe haberleşmelerinde kullanılır. Bu frekansların diğer frekanslardan az kullanılmasının sebebi modülasyonun çok az bilgi taşıyabilmesi ve vericilerinin çok pahalı olmasıdır [30]. Bilinen istasyonlarının listesi Tablo 3.1'de verilmiştir.

VLF dalgaları Yer yüzeyi ile atmosferin iyonlaşmış bölgesinin alt sınırı (alt iyonküre) arasındaki küresel dalga kılavuzunda yayılırlar ve bu bölge Yer-iyonküre Dalga kılavuzu olarak adlandırılır (Şekil 3.1., Şekil 3.2., Şekil 3.3.). Herhangi bir noktaya gelen sinyalin genlik ve fazı iyonkürenin elektriksel iletkenliğine bağlıdır. VLF sinyallerinin özellikleri alt iyonkürede oluşan bölgesel karışıklıkların konumlarını ve geçici yapılarını açıklamada kullanılır ve bu teknik VLF Uzaktan Algılama (VLF Remote Sensing) olarak isimlendirilir.

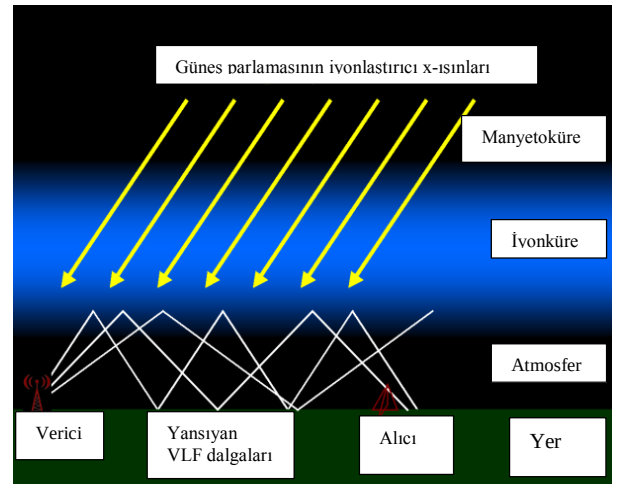


Şekil 3.1. Radyo dalgalarının iyonküre dalga kılavuzundan yansıması [42].

Atmosferdeki VLF deneyleri elektromanyetik dalgaların iyonkürenin D bölgesinden yansımaya dayanır. D bölgesi çok düşük frekanstaki radyo dalgaları için iyi bir yansıtıcıdır. Yer'in yüzeyi ve D bölgesinin küresel dalga kılavuzu şekli bu frekanslarda uzun mesafe yayılımına izin verir. D bölgesinde VLF dalgalarının yansıması elektron yoğunluğuna bağlıdır. Ayrıca F bölgesinin altında yapılan radyo dalga yayılımı için elektron yoğunluğunun yanı sıra elektron-nötr çarpışma frekansları da önemlidir [28]. İyonkürde elektron yoğunluğunu en fazla etkileyen süreç iyonlaşmadır. İyonlaşma; zamanın, yüksekliğin, solar aktivite seviyesinin ve diğer faktörlerin bir fonksiyonudur.

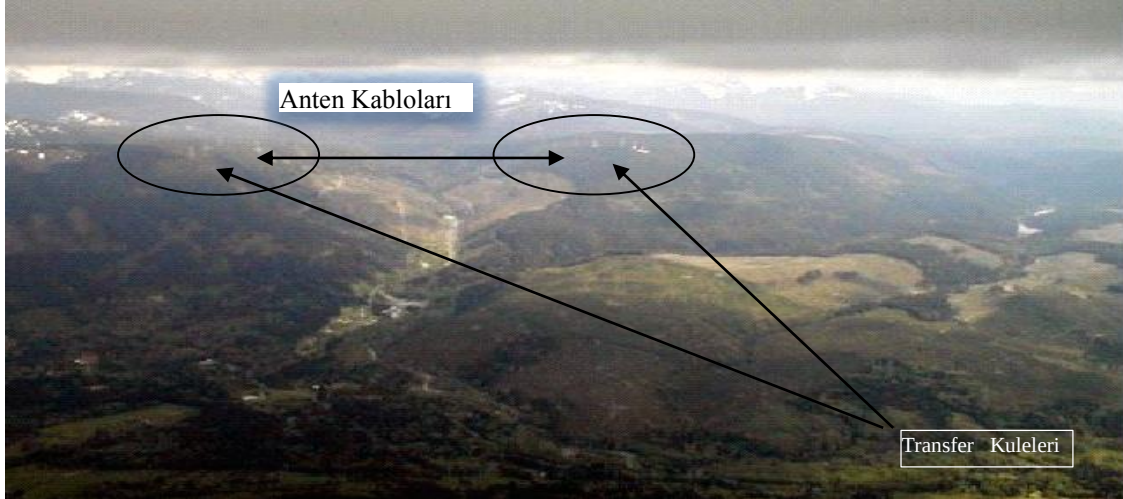


Şekil 3.2. Radyo dalgalarının yansıması [42].



Şekil 3.3. VLF dalgalarının taşınması [42].

VLF Verici istasyonları fiziki olarak genellikle çok büyüktür ve kilometrelerce alanı kapsar. Şekil 3.4.'de örnek olarak Jim Creek, Washington, ABD'deki US Donanmasına ait Radyo İstasyonu vericisi gösterilmiştir. Vericiden alınan frekansın dalga boyu yaklaşık 12 km olduğu için antenler karşılıklı olarak iki dağın tepesine kurulur.

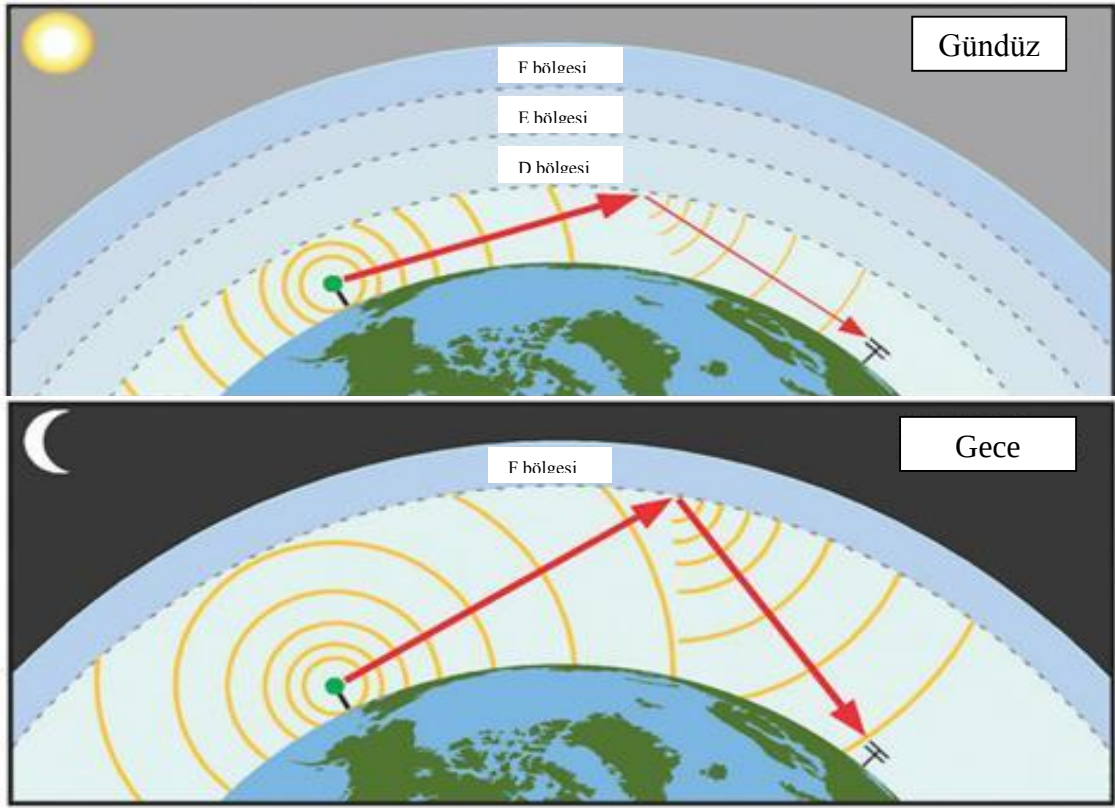


Şekil 3.4. “NLK” 24.8 kHz Amerikan Donanmasına ait Radyo İstasyonu, Jim Creek, WA dalga boyu 12 km (7.5 mil) [42].

Gaz moleküllerinin iyonlarına ayrılması olayına iyonlaşma denir. Güneşin ultraviyole ışınları bu iyonlaşmayı meydana getirir. Güneşin etkisi yüksek tabakalarda daha fazla olacağından iyonlaşma miktarı da bu tabakalarda daha çok olacaktır. Gece ise Güneş etkisi ortadan kalktığından iyonlar tekrar birleşirler. Bu ise alt tabakalarda üst tabakalardakine nazaran daha çabuk olur. Bu nedenle iyonküre tabakasının kalınlığı azalır ve yerden yüksekliği de artar. Böylece iyonkürenin tabakalarından yansıyarak yeryüzüne dönen gök dalgalarının da ulaştığı menzil özellikle geceleri Şekil 3.5.'de görüldüğü gibi artmış olur.

Tablo 3.1. VLF istasyonu listesi [42].

Şehir	Bölge	Adı	Frekans (kHz)	Güç (watt)	Enlem / Boylam
USA	Cutler, ME	NAA	24.0	1000	44.65 N -67.3 W
	Jim Creek, WA	NLK	24.8	250	48.20 N -121.92 W
	Lualualei, HI	NPM	21.4	566	20.4 N -158.2 W
	LaMoure, ND	NML	25.2	500	46.35 N -98.33 W
	Aquada, Puerto Rico	NAU	40.75	100	18.40 N -67.18 W
Antarctica	South Pole	VLF	20.0		-09 / 0
Australia	Harold E. Holt (North West Cape)	NWC	19.8	1000	-21.8 114.2 E
China	Changde	3SA (alternates 3SB)	20.6		25.03 111.67
	Datong	3SB (alternates 3SA)	10.6		35.60 103.33
France	Rosnay	HWU	20.9	400	40.7N 1.25E
	St. Assie	FTA	16.8		
	LeBlanc (NATO)	HWV	21.75		40.7 N, 1.25 E
Germany	Rhauderfehn	DHO	23.4	500	53° 10' N 07° 33'E
Iceland	Keflavik (US Navy)	NRK	37.5	100	65N -18E
	Keflavic	TFK	37.5		
India	Katabomman	VTX3	18.2		8.47 77.40
Italy	Tavolara	ICV	20.27	43	40.88N 9.68E
	Sicily	NSC	45.9		38N 13.5E
Japan	Ebino	JJI	22.2		32.04 130.81
Norway	Kolsas	JXN	16.4	45	59.51N 10.52E
Russia	Arkhangelsk	UGE	19.7	150 giriş	64N24 41E32
	Batumi	UVA	14.6	100 giriş	
	Kaliningrad	UGKZ	30.3	100 giriş	
	Matotchkinchar	UFQE	18.1	100 giriş	
	Vladivostok	UIK	15.0	100 giriş	
Turkey	Bafa	TBB	26.7		37.43 27.55
United Kingdom	Anthorn	GBZ	19.6	500	52:71N -3:07W
	Anthorn (NATO)	GQD	22.1	500	52:4N -1.2W
	London	GYA	21.37	120	51 N 2 E



Şekil 3.5. Gündüz ve gece VLF yayılımı (<http://www.eoearth.org/article/Ionosphere>)

3.2. Uzay Havası İzleme Programı (SUPER SID)

Uzay Havası İzleme Programı Stanford Üniversitesi Güneş Merkezinde geliştirildi. Bu sistem yer iyonküresinde meydana gelen, Güneş parlaması ve diğer bozuklukların sebep olduğu, değişimleri saptar. Yapılan ölçümlerden elde edilen veriler bir bilgisayar vasıtasıyla depolanır ve analizi yapılır. Stanford Üniversitesi Güneş Merkezinde data değişimi ve analizlerinin yapılabileceği bir veri bankası oluşturulmuştur.

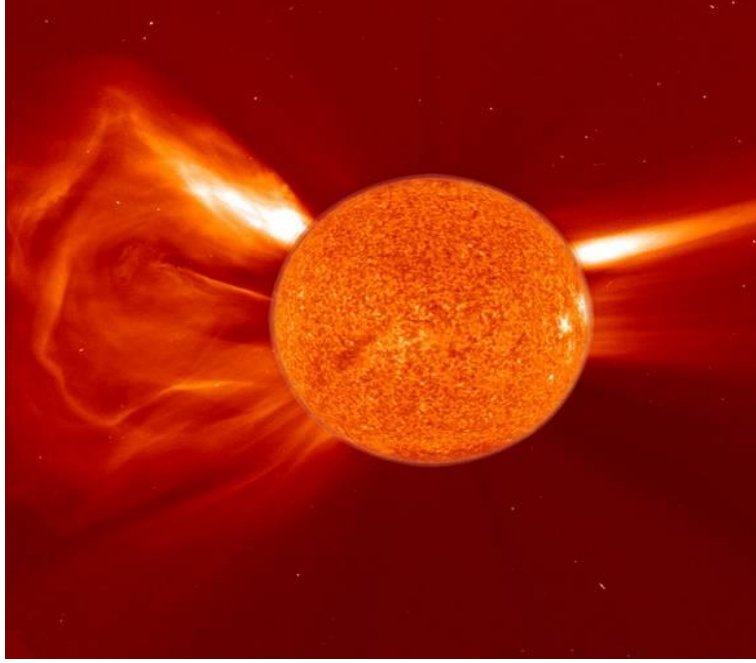
Mevcut izleme programının iki versiyonu var, bunlardan birincisi Orijinal SID Sistemi, ikincisi ise yenilenmiş ve düşük maliyetli SuperSID sistemidir.

Uzay hava durumunu izleme sistemi Yer iyonküresinden yansıdığı için VLF'deki değişimleri izleyerek Güneş ışımasının dünya üzerine etkisini ölçer. VLF vericileri, farklı ülkeler tarafından kendi denizaltılarıyla haberleşmek amacıyla kurulmuştur. Güneş, yer iyonküresini iyonlaştırmaya devam ederken VLF dalgalarının sinyal gücünü de etkiler ve bunun sonucunda dalga yansıması değişir. Sistem sinyal gücündeki bu değişiklikleri kaydeder.

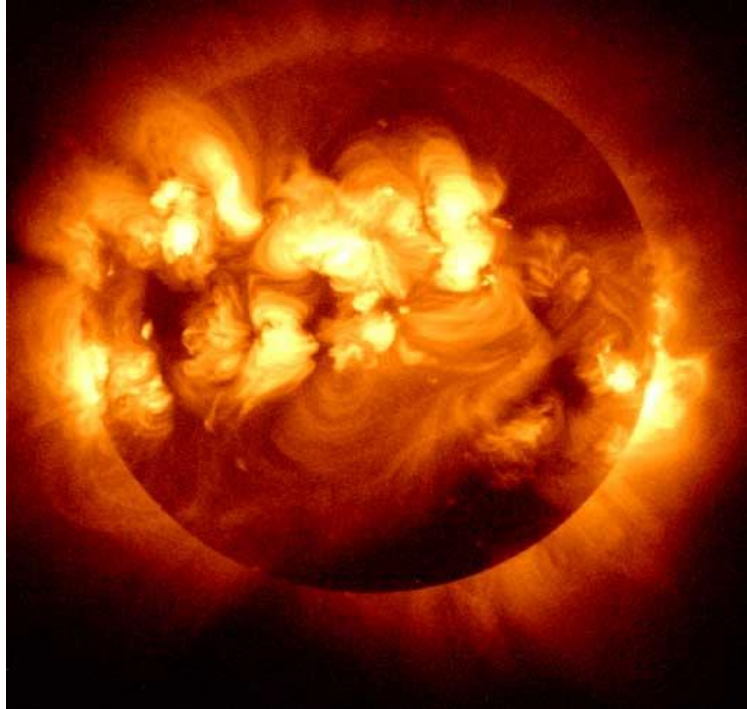
Güneş iki mekanizma ile Dünya'yı etkiler. İlki enerjidir. Güneş genellikle X-ışınları ya da aşırı ultraviyole (EUV) şeklinde bir enerji ışıması yayar. Bu X-ışınları ve EUV dalgalarının Dünya'ya ulaşma süresi 8 dakikadır ve büyük ölçüde Yer iyonküresini etkiler.

Etki eden ikinci mekanizma ise Güneşten saçılan ve yerküreye ulaşan madde etkisidir. Elektronlar veya plazma parlama sırasında Güneşten dışarı atılabilir. Bu "madde demetine" bir koronal kütle atımı (CME) denir. 2.000.000 km/s hızla Güneş'ten yayılan CME akışı mümkündür. Böylece bir CME'nin bize ulaşması 72 saat veya daha fazla sürer. Bu CME'ler öncelikle Dünya'nın manyeto küresini etkiler ve bu değişikliği izlemek için bir manyetometreye ihtiyaç duyulur [42].

Güneşten yayılan hem madde hem de enerji Dünya'yı etkiler. Uzay hava monitörümüz Güneş aktivitesinin sadece enerji formunu izler. Güneşten yayılan enerji akışı Şekil 3.6.'da, madde atımları ise Şekil 3.7.'de görülmektedir.

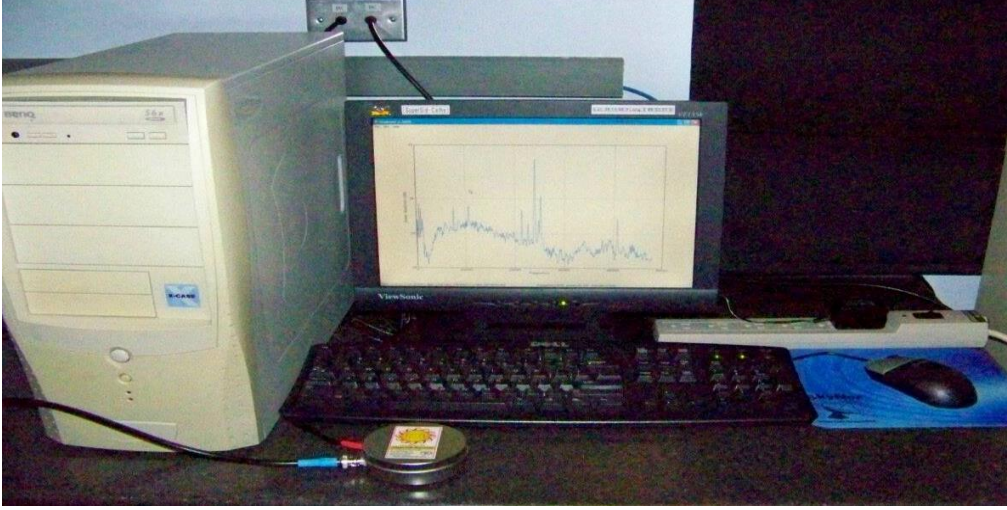


Şekil 3.6. X-ray görülen Güneş patlamaları, gibi Hinode uzay aracı tarafından çekilen görüntü NASA/JAXA



Şekil 3.7. CME püskürmesi görüntüsü NASA/ESA SOHO

Sistemin kurulumu (Şekil 3.8.) için gerekli olan araçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.



Şekil 3.8. Süper SID datalarını elde etmek için kullanılan pc

1.Güc Kaynağı

2.Bir SuperSID monitör (ön yükseltici) artı yükleme talimatları

3.Aşağıdaki minimum özelliklere sahip bir PC bilgisayar:

- HD ses kartı.
- MS Windows işletim sistemi (Windows 2000 veya daha güncel)
- Bir CD okuyucu
- Standart klavye, fare, monitör, vb.
- 128 MB RAM, 1 GHz işlemci
- Ethernet bağlantısı ve internet tarayıcısı (aynı zamanda merkezi bir veri erişimi için gereklidir)
- Harici hoparlörler (isteğe bağlı)

4. Kendi kendinize kurabileceğiniz ucuz bir anten

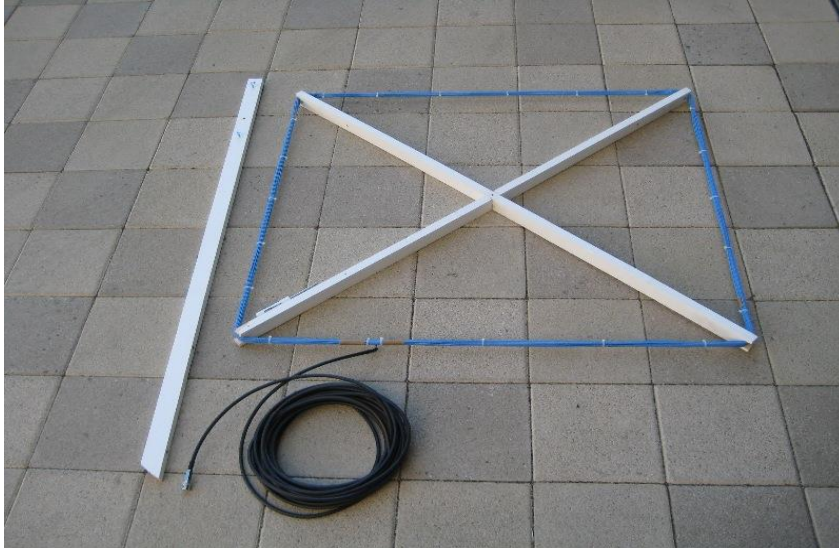
5. Elektrik akımından bağımsız olarak kurulan anten, iç ya da dış mekânlarda kurulabilir, yıldırım riskine maruz kalabilecek yüksekte olmaz.

Ayrıca Güç kablosu, uzatma kabloları, diğer elektrik desteği gerekebilir.

Super SID; anten, bir ön yükseltici ve bir ses kartı olan bir bilgisayardır. Super SID iyonküreden yansıyan radyo sinyallerini alması için bir sarımlı antene ihtiyaç duyar. Bu sinyallerin şiddetleri genellikle çok küçüktür sadece $\sim 0,1$ mV'tur. Bir ön yükseltici ile alınan sinyaller yükseltilerek ya da artırılarak PC ses kartı ile ölçülebilir hale getirilir. Ses kartının görevi sinyali analogdan dijitale dönüştürmektir. Sonra, PC'de çalışan bir program, VLF iletim sinyal gücünün ve süreçlerinin verilerini izler. Yansıyan radyo sinyalleri Güneş ışıınımı tarafından güçlü bir şekilde etkilendiği için zaman bağlı sinyal gücünün grafiğini çizerek, Güneşte bir patlamanın var olduğunu tespit eder.



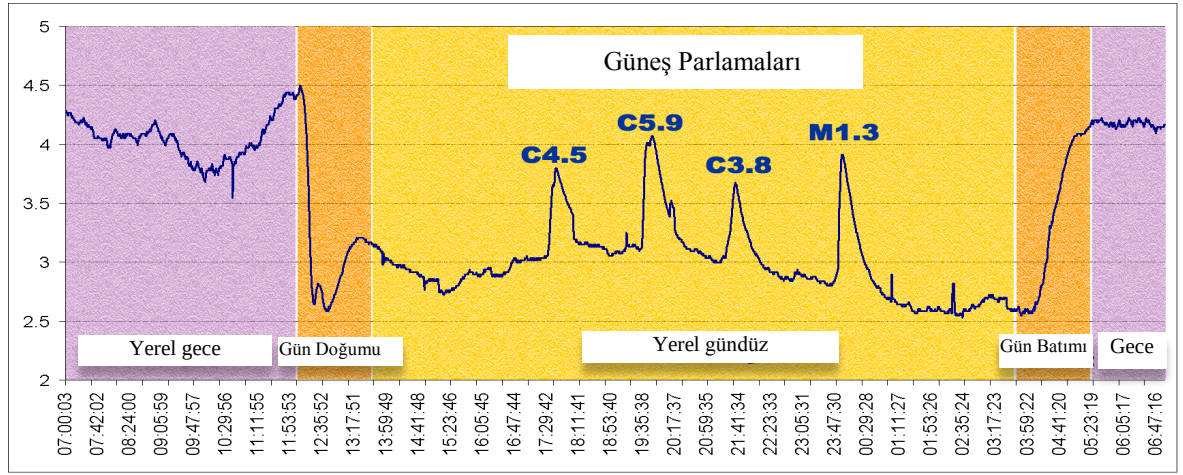
Şekil 3.9. Süper SID için gerekli olan araçlar [42].



Şekil 3.10. Süper SID anteni [42].

Super SID veri grafiği Güneşle ilgili ve Güneşin Dünyayı nasıl etkilediği hakkında bilgi verir. SID veri formatları Şekil 3.11.'de gösterildiği gibidir. Aşağıdaki örnek bir SID veri grafiğidir. Grafiđin y-ekseni sinyal gücünü, x-ekseni 24 saatlik zamanı ve 4 Güneş parlamasını gösterir.

SID verileri kullanarak yorumlar yapılabilir ve Güneş patlamaları tespit edilebilir. Bu amaçla Uzay Çevre Merkezi (SEC) online data tabanında bulunan GOES uydu verileri ile veriler teyit edilir. Işımayı yaratan Güneş üzerindeki aktif bölge ya da Güneş lekeleri için arka bölgelerdeki olayları bile izlemek mümkündür. Hatta sinyali engelleyen diğer pek çok yerel merkezi olayları bulabilir aynı zamanda kullanılabilen bilgileri de sağlayabilir.



Şekil 3.11. Örnek bir Süper SID veri grafiği [42].

Süper SID data grafiği Güneşle ilgili ve Güneşin Dünyayı nasıl etkilediği hakkında bilgi verir. SID data formatları Şekil 3.11.'de gösterildiği gibidir. SID verileri yorumlanabilir ve Güneş patlamaları tespit edilir. Uzay Çevre Merkezi (SEC) online data tabanında bulunan GOES uydu verileri ile verileri teyit edilir. Işımayı yaratan Güneş üzerindeki aktif bölge ya da Güneş lekeleri için geri bölgelerdeki olayları bile izleme mümkündür. Hatta sinyali engelleyen diğer pek çok yerel merkezi olayları bulabilir aynı zamanda kullanılabilen bilgileri de sağlayabilir.

Elektriksel gürültü (parazit) en yaygın kaynakları, genellikle antene yakın olarak yer alır. Burada elimine edilmesi gereken en yaygın kaynaklardan bir listesi verilmiştir:

Bilgisayar Monitörü: Bilgisayar monitörünün kullanmadığınız zaman, veri toplama için kapatmak en iyisidir

Mikrodalga fırınlar: SID monitörünü tahrip edilebilir

Televizyon Seti: Anteni korumalı veya televizyon en az 10–15 metre uzakta olan bir tutulmalıdır.

Floresan Lambalar: Bunların gürültüsü genellikle küçüktür ama bazı antenler ile ilgili bir sorun olabilir

Motorlar ve Pompalar: Ama her zaman bir gürültüye neden olma potansiyeline sahip değil

Işık Kısma Anahtarı: Yeni modeller genellikle bir sorun değildir ancak bazı eski anahtarlar gürültü kaynakları olma yeteneğine sahip.

Açık havada kükürtlü ışıklar

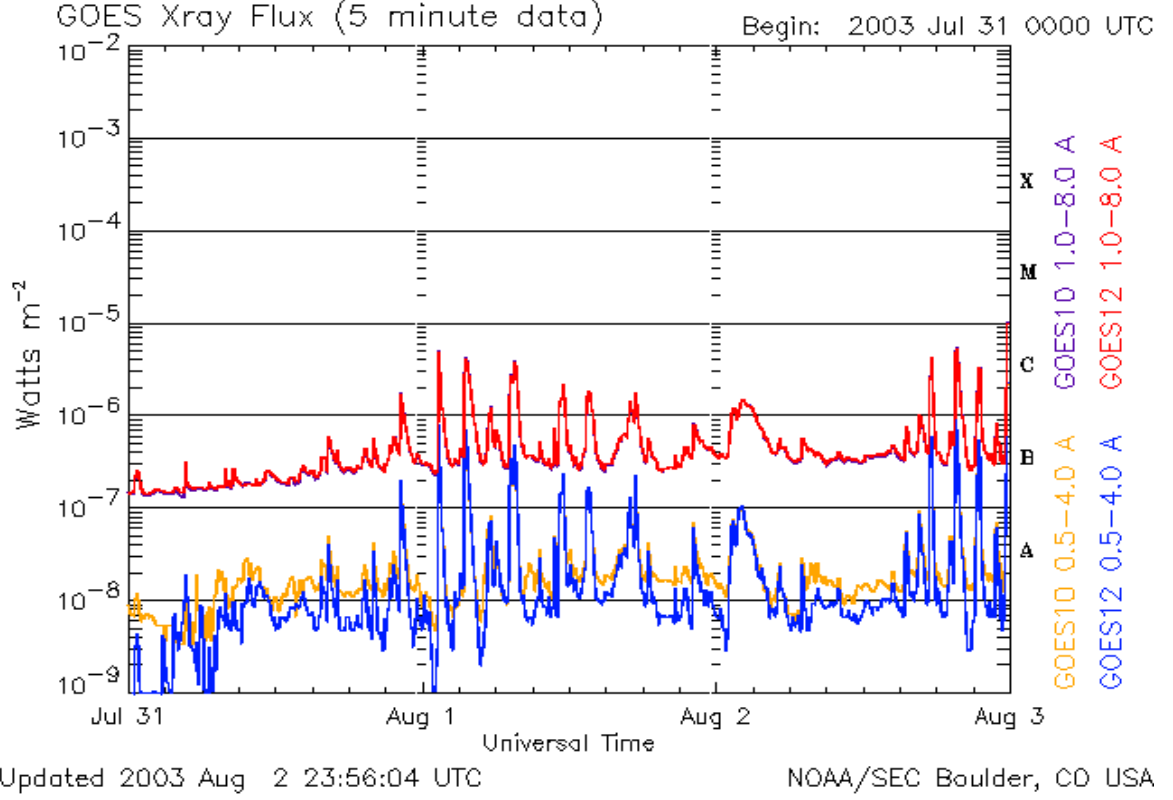
Verilerde herhangi bir geniş pik olup olmadığını görmek için grafiklere bakılır. Sinyal grafiklerindeki pikler ya çok abartılı ya da çok daralarak ortaya çıkar ve daha sonra sivriler ve düzelir. Bunlar olası parlama işaretleridir. SID monitörlerinde kaydedilen gürültü data incelemede engel teşkil eder. Bu engel gürültü, Güneş dışındaki kaynaklardan gelen gürültüdür. Bazen gürültüyü belirlemek çok zordur ve bir parlama gibi görünmeye çalışır ama kesin olarak tespit etmenin bir yolu yoktur.

3.2.1. Uydu Dataları ile Sinyallerin Karşılaştırılması

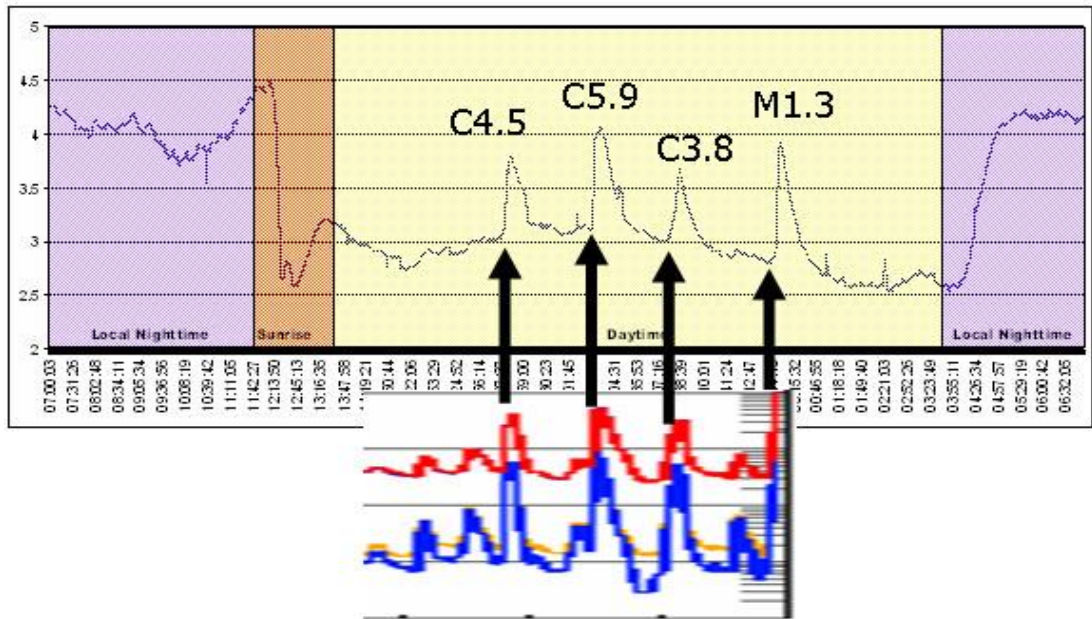
GOES uydusundan alınan datalar ile SID dataları kontrol edilebilir. Bu uydular Dünyanın etrafında tam dolanımlar yaparak yeterli yükseklikte, sabit bir yörüngede dönerler ve aynı zamanda Güneş'deki ani parlamaları da izlerler. Uydular uzayda oldukları için Atmosferdeki engelleyici olaylarla karşılaşmazlar. GOES uyduları Güneş tarafından yayılan doğrudan ışımaları takip ederken SID monitörü bu ışımalara karşı Dünya'nın tepkisini izler. Ancak parlama verilerinin şekli benzerdir.

Elde edilen veri grafiklerinin birinde potansiyel bir parıldama bulunursa, güncel veri GOES ile kontrol edilir. Grafikte, genellikle son birkaç gün içindeki veriler gösterilir. Sinyaller UT zamanında kaydedilmiştir. Veriler her 5 dakikada bir güncellenir, Güneş parlaması gerçek zamanlı kaydedildiği için, grafikte değişiklikler görebilir.

Örnek bir GOES grafiği Şekil 3.12.'de gösterildiği gibidir. Farklı renkli çizgiler farklı kanaldan ve farklı uydulardan verileri temsil eder. Sadece (örnek kırmızı eğri) üst hatta dikkat etmek gerekir. X eksenı zamanı, y eksenı (sağ tarafta etiketli) parlama gücünü gösterir. Şekil 3.13'de SID veri grafiği ve parlamaların sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 3.12. GOES uydusundan alınan veri grafiği



3.2.2. GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites)

NOAA tarafından fırlatılan sabit yörüngeli uydu serisi, 17 Mayıs 1974' de fırlatılan Senkronize Meteorolojik Uydu SMS-1 ile başlamıştır. TIROS-N gibi SMS-1 ve SMS-2 uyduları da deneysel olarak düşünülmüş ve ilk olarak NASA tarafından işletilmiştir. Daha sonra Sabit Yörüngeli Operasyonel Çevresel Uydular GOES adı altında birleştirilmiştir. SMS-1, SMS-2, GOES-1, 2 ve 3 uyduları Ford Aerospace tarafından, NASA'nın uygulama teknoloji uyduları ATS-1 ve ATS-3 örnek alınarak dizayn edilmiştir. GOES-4, 5, 6 ve 7 uyduları ise Hughes Aircraft tarafından dizayn edilmiştir.

Operasyonel iki GOES uydusu bulunmaktadır. Bunlardan GOES-East 75° batıya, GOES-West 135° batı boylamına yerleştirilmiştir. Böylece batı yarıkürenin tamamının gözlenmesi sağlanmaktadır. Zamanla yalnızca bir GOES uydusu operasyonel olarak kullanılmış, bu durum GOES Prime olarak adlandırılmıştır ve uydu yaz aylarında 98° , kış aylarında ise 108° batıya yerleştirilmiştir.

İlk Operasyonel Sabit Yörüngeli uydu olan GOES 1 16 Ekim 1975' de Garp küresel deneyi için küresel örtü sağlamak amacıyla 55° ye yerleştirilmiştir. Bu sırada 74° doğu boylamına yerleştirilen INSAT 1B dünya çevresinde tropik ve orta enlemleri taramak sureti ile sabit yörüngedeki incelemesini tamamlamıştır. Bu uydudan sonra fırlatılan GOES 2 ve GOES 3 uyduları da ilk uyduya benzemektedir. 9 Eylül 1980' de GOES uydularının ikinci jenerasyonunun ilki olan GOES-4 fırlatılmıştır [43].

3.2.3. Güneş Parlaması Sınıflandırılması

Bir Güneş parlamasının derecelendirilmesi onun X-ışını çıktısına dayandırılır. Dünyada ölçülen 0,1–0,8 nm dalga boyundaki pik patlama şiddetinin büyüklüğünün mertebesine göre sınıflandırılır. Derecelendirme, Tablo 3.2.'de gösterildiği gibidir [42]. GOES uydusu 10^{-2} watt/m² şiddetinden büyük şiddetli parlamaları ölçemez bunları bir X-20 parlamasına çevirir.

Her kategori kendi arasında değişen dokuz dallara ayrılmaktadır 1–9, e.g. C1 ve C9, M1 ve M9, X1 ve X9. A çarpanı her sınıf içerisinde düzeyi belirtmek için kullanılır. Örneğin: M6 = 6 X 10⁻⁵ watt / metrekaare.

Tablo 3.2. Güneş parlamalarının enerji akısına göre sınıflandırılması.

Pik, 1-8 Angstrom (0,1-0,8 nm band) olarak ölçülmüştür	
Güneş Parlaması Sınıfı	Yoğunluk: Watt / metrekaire
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$
X	$I \geq 10^{-4}$

Ayrıca Güneş patlamalarının büyüklük ve şiddetine göre de sınıflandırılması yapılmaktadır. Bu şekildeki sınıflandırma Tablo 3.3.'de gösterilmiştir [41].

Tablo 3.3. Güneş patlamalarının büyüklük ve şiddetine göre sınıflandırılması.

Patlamanın Önemi	Oluştığı Alan (Milyonlarca Güneş Diski)	Ortalama Sürekliliği	Oluşum Yüzdesi
0	200'den daha az	17 dakika	75
1	200–499	32 dakika	19
2	500–1199	69 dakika	5
3	1200–2400	2 saatten çok	1'den az
4	2400'den büyük	2 saatten çok	1'den az

Bu nicelikler dikkate alınarak grafikleri karşılaştırmak mümkündür. GOES'den alınan bu veriler ile potansiyel izleri eşleştirilebilir. Şekil 3.13'de gösterilen Grafik üzerindeki GOES 2 ağustosta gün bitiminde belirlenen 3 (aslında 4) parıldamayı gösterir.

Grafik üzerindeki piklerinizin zamanlaması ile GOES grafiği verilerindeki pikler ile eşleşiyorsa, büyük olasılıkla parlamalar bulunmuştur.

Grafiğimizde gördüğünüz potansiyel bir parlamadan dolayı birkaç günden fazla geçti ise GOES parlama kataloğundan kontrol etmek gerekir. GOES parlama kataloğundan parlama tarihleri ve belirli bir günlük Güneş verilerine ulaşmak mümkündür. SID verileri gibi tarihleri de UTC zaman dilimindedir. Örnek olarak Tablo 3.4.'de Güneş parlama değerleri verilmiştir [42].

Tablo 3.4. GOES parlama kataloğu (31 Ağustos 2005).

Olay	Başlangıç	Maks.	Bitim	Gözlem	Q	Tip	Yer/ Frekans	Ayrıntılar	Reg#
7520+	0018	0023	0033	G12		XRA	1-9A	B1.6 1.3E-04	0806
7520	0024	0024	0024	G12	5	XFL	S18E35	5.0E+01 8.4E+01	0806
7530 +	0052	0110	0123	G12	5	XRA	1-8A	B5.0 5.9E-04	0806
7530	0055	0111	0122	G12	5	XFL	S18E34	8.5E+02 2.1E+03	0806
7540	0155	0156	0156	PAL	G	RBR	410	480	0480
7550 +	0952	1002	1008	G12	5	XRA	1-8A	B3.2 2.2E-04	0806
7550	0958	1003	1007	G12	5	XFL	S17E32	6.5E+02 1.6E+03	0806
7560 +	1026	1151	1251	G12	5	XRA	1-8A	C2.0 1.2E-02	0803
7560	1028	1028	1031	SVI	U	RBR	606	320	0803
7560	1028	1028	1028	SVI	G	RBR	2695	21	0803
7560	1030	1218	1250	G12	5	XFL	N13W13	4.8E+03 1.1E+04	0803
7560 +	1042	1042	1042	SVI	G	RBR	245	75	0803
7560 +	1042	1042	1042	SVI	G	RBR	410	80	0803

Potansiyel parlamayı algılama ile GOES kataloğundaki bilgiler karşılaştırılır. Grafiklerde ani bir gürültünün olduğu anda bir parlama varsa GOES kataloğunda, parlama tespit edilir.

Bazen SID monitörleri GOES kataloğunda görünmeyen parlamaları alır. Sonra "bilinmeyen" bir parlama bulunabilir. Bazen kullanıcıların hatasından dolayı grafikteki veriler eksik kaydedildiği için grafik üzerinde açık bir şekilde görünmezler. Genel GOES kataloğu içerisinde birlikte çalışan öğrenciler tarafından elde edilen olası parlamalara bakılır.

GOES uyduları Güneş parlamalarını Güneşten yaydıkları için tespit ederler. Monitörünüzün ve uyduların farklı etkileri varken aslında onlar benzer olaylardır. Bu benzer ışımlar tarafından sebep olan değişimleri bulur.

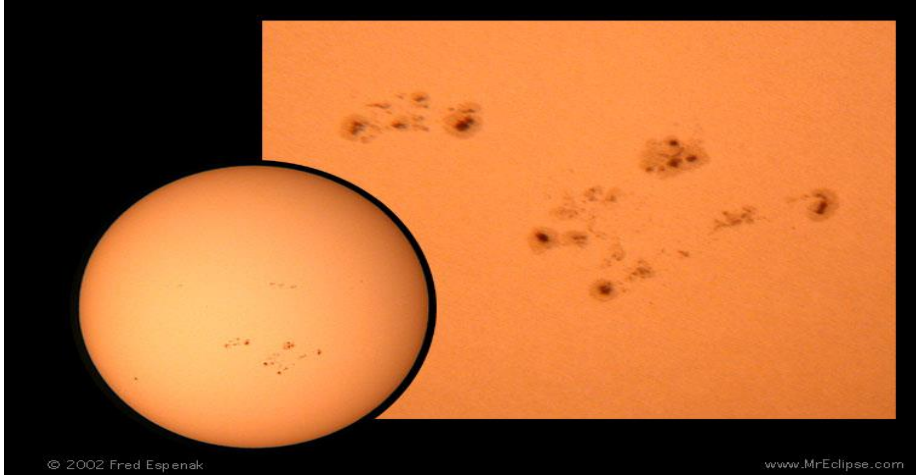
Olay raporları 10 sütundan oluşmaktadır ve Tablo 3.5'deki gibidir:

Tablo 3.5. GOES uydu verilerinin açıklaması

Olay	SEC'in kendi sistemindeki güneş olayları kataloğu için kullanır böylece onu göz ardı edebiliriz.		
Başlangıç	Olayının başladığı zaman Universal time'daki zamandır. Örneğin 12–14 civarından önceki herhangi bir zamanda Kaliforniya gecedir, bu yüzden gözlemlediğimiz olaylar saat 13'den önce başlayan olaylardır. (Olaylar Güneşin farklı zamanlarda doğmasına bağlıdır.)		
Maksimum	Bu X-ışını akış pikine isabet ettiği zamandır (en yüksek çıktı). Gündoğumu / günbatımı ya da karışıklıklarda kaybolmanın başlangıcı olan bir parlamaya şeklinde davrandığı zaman kullanılır.		
Bitim	Parlama veya olayın resmen bittiği andır.		
Gözlem	Bu sütun, gözlem olarak ortaya çıkar ve olayı GOES uydularının kaydettiğini söyler. Farklı uydular farklı türde olayları kaydeder. Güneş patlamalarını kaydeden bizi en çok G12 ve G10 uyduları ilgilendirir.		
Q	Bu radyo patlamaları, yayılım frekansları, fırtınalar ve optik parlamaları içindir. Alınan verilerin kalitesini kategorilendirilmesinin bir yoludur. SID bazı radyo patlamaları ve optik parlamaları topladığı için yukarıdaki listelenen BENİ OKU dosyasında Q sütun başlığı hakkında daha fazla bilgi bulabilirsiniz.		
Tip	Bu sütun çok önemli – ortaya çıkan olayların tipini söyler. Unutmayın SID sadece iyon küreyi bozacak olayları alabilir ama diğer birçok şey uzayda dışarı gider! Güneş ışımaları (flares) X-ışınları için XRA olarak listelenir. Bunlar SID üzerinden alınan olaylardır.		
Yer/Frekans (Loc/Frq)	Bu yer veya frekans anlamına gelir. Bunu ihmal et.		
Ayrıntılar	Büyük bir GOES ışımasının nasıl ortaya çıktığını söyler. Bunu anlamak için, Güneş ışımasını nasıl sınıflandıracağını bilmeniz gerekir. Bölüm 9 daha ayrıntılı bilgi verir, ancak burada genel bir bakış yaparsak:		
	B sınıfı parlama	Çoğunlukla küçük parlamalar meydana gelir. SID onları saptamak için yeterli hassasiyete sahip değildir.	
	C sınıfı parlama	C sınıfı parlamaları bir kısmı oldukça büyük alabilirsiniz. C1.0 parlamalarının toplandığı olayların almasına rağmen SID, C2.0 veya üzerindeki parlamaları da tespit edebilmektedir.	
	M sınıfı parlama	Hala daha geniş ve daha az sıklıkla görülür. Bunlar SID grafiklerinizde çok belirgin bir şekildedir.	
	X sınıfı parlama	Bunlar büyüktür ve tespiti kolaydır. Bunlar Dünyaya yönelikse, cep telefonu iletişimi, radyo ve elektrik hatları büyük aksaklıklara neden olabilir. 2003 yılı Ekim ayında bir X25 parlaması gözlemlendi, bu tarihte kaydedilen en büyük parlamadır! Bazı X sınıfı parlamaları SID işlemesi zordur ve bunlar grafik pikleridir, bunlar plato etkisine sebep olur.	
Reg#	Bu sütun aktif Güneş bölgesinin ürettiği olayları bildirir.		

3.3. Güneş Üzerindeki Parlamamanın Kaynağının Tespiti

Aktif bölgeler, güçlü manyetik alanlar içeren Güneş'in görünür yüzeyinde oluşmaktadırlar. Genellikle bir Güneş lekesi grubu ya da özel bir Güneş lekesiyle ilişkilendirilir. Oluştuklarında manyetik fırtınalar olarak düşünülebilirler. Bu aktif bölgeler Güneş parlamalarının kaynağıdır.



Şekil 3.14. Aktif Güneş Bölgeleri

Aktif bölgeler, Güneş diski üzerinde tespit edildiklerinde gözlemciler tarafından ardışık sayılar ile ifade edilmektedirler. Bir parlamayı bulmak ve onun nerden geldiğini tespit etmek için, GOES veri tablosu (Tablo 3.4) içerisinde REG sütununa bakmak gerekir.

Aktif bölge fotoğrafları, MDI gözlem aracı ile ve Güneşin etrafında dolanan uzay mekiği SOHO uydusu tarafından Güneş Helio küresinden alınır. Şekil 3.15 ise Güneş patlamaları veya diğer etkinliklerden yayılan "aktif bölgenin" örnek bir resmidir. Her yeni Güneş lekesi veya aktif bölge yeni bir numara alır. Bunun sonucunda bu fotoğraflar sık sık değişir. Eğer bir parlama bulunursa o günkü aktif bölgeyi bulmak için görüntülere bakılır [35].



3.15. Aktif bölgeleri belirlemek için kullanılan görüntü (SOHO / MDI)

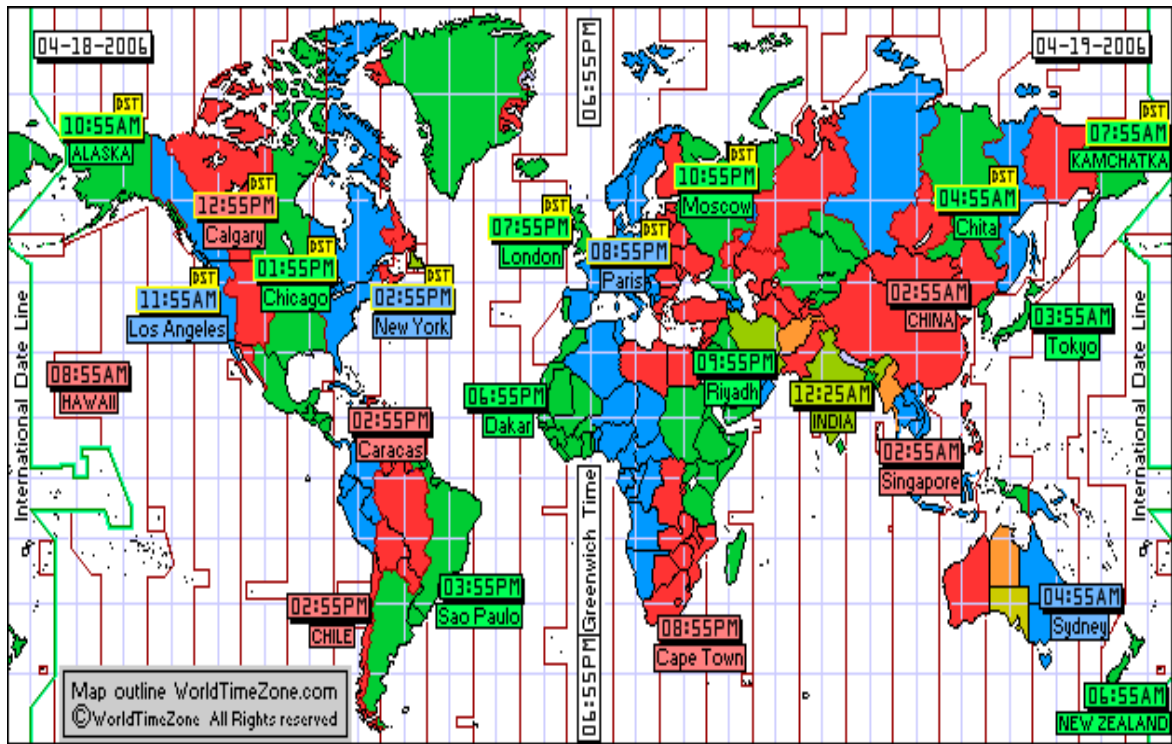
GOES veri tabanında bulunan Güneş parlaması belirlenir. Parlamayı meydana getiren Güneş lekesi grubu veya aktif bölgelerin tespiti için; Verilerden Güneş üzerindeki aktif bölgelerin süresi belirlenerek ve parlamanın oluşumunu meydana getiren grupların tahmini yapılabilir. Sonrasında tahminleri izlemek için SID sistem verileri kullanılır.

Dünya'nın etrafında 1.000.000 mil'lik bir yörüngede dönen SOHO uzay aracı 24 saatlik Güneş görüntüleri alır.

Güneşin kendi ekseninde dönüşü yaklaşık 27 gün sürer. Bu zaman periyodunda görünür diskin ya da üzerindeki rotasyonun değişimi ile aktif bölgenin hareketi ve Güneş lekeleri görülür.

GOES verilerini kullanarak potansiyel parlamalar hakkında öngörülerde bulunmak ve doğruluğunu test etmek mümkündür.

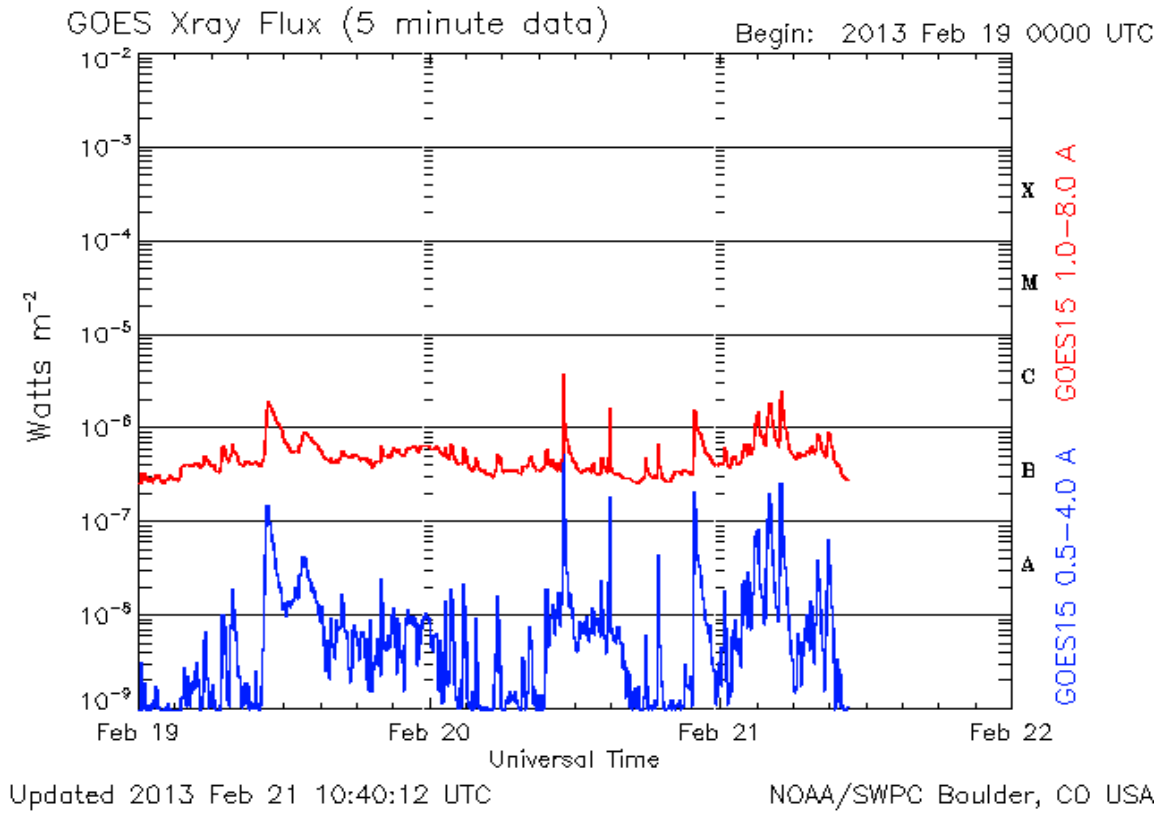
Verileri karşılaştırmak için, Dünya'nın çeşitli saat dilimlerini anlamaya ihtiyaç duyulur. SID veri dosyaları UTC (evrensel saat) zaman dilimi ile kaydedilir. UTC, Dünya yüzeyi üzerinde Uluslararası zamanı izleyen bir zaman skalası olan Uluslararası Atomik Zamandan türetilmiştir ve tüm Dünyada resmi zaman veya güncel zaman olarak ayarlanır. Bu zaman skalası GMT'ye (Greenwich Zamanı) benzerdir. UTC genellikle saat ve dakika olarak ölçülür. Tüm SID verileri UTC formatında yayınlanır böylece verileri karşılaştırmak kolaylaşır. Yerel saatin UTC'den ne kadar farklı olduğunu hesaplayabilmek için zaman dilimini belirlemeye ihtiyaç duyulur.



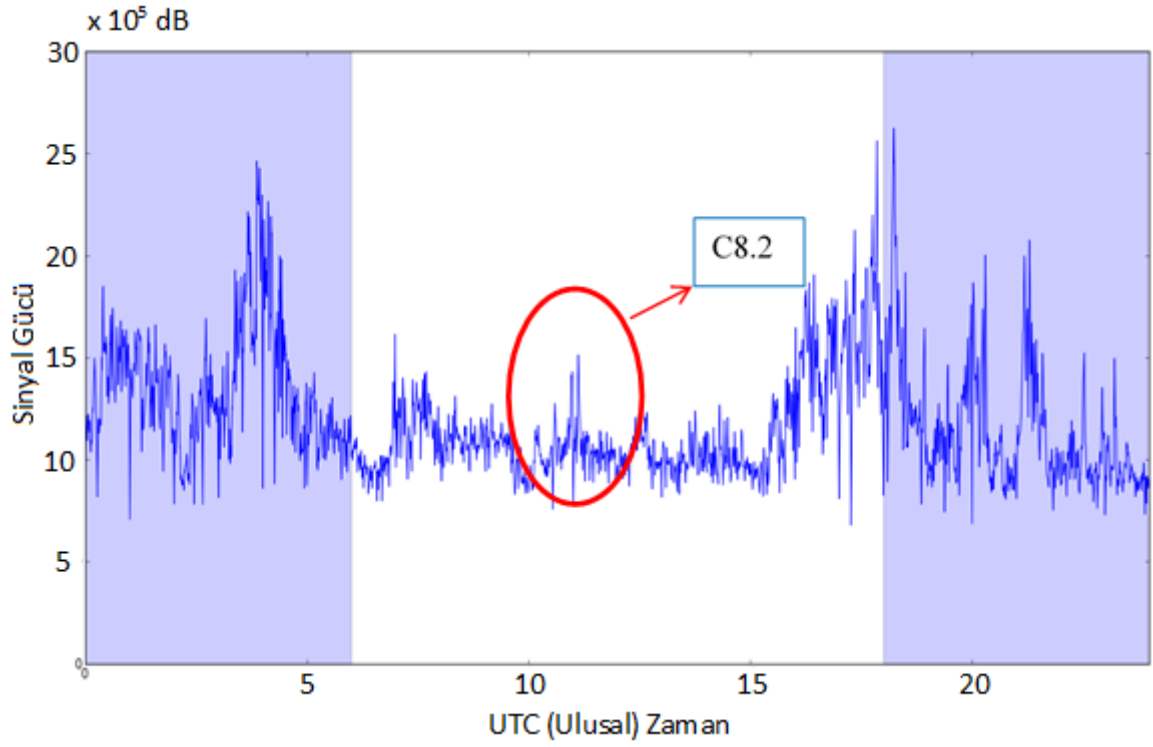
Şekil 3.16. Dünya saat dilimleri

4. BULGULAR

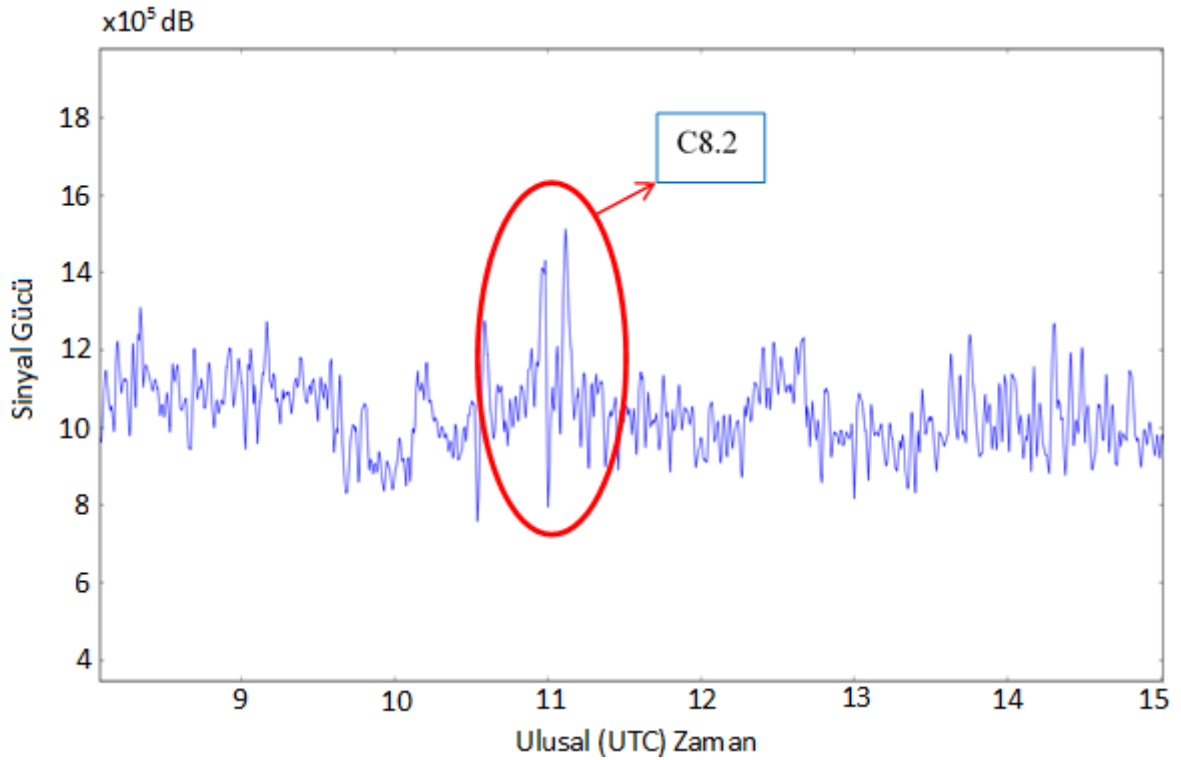
20.02.2013 tarihinde GOES veri tabanından alınan bilgilere göre saat 11:08-11:13 'de Güneşte bir C8.2 sınıfında bir patlama oluştu. Meydana gelen bu patlama Şekil 4.1'de GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiğinde ve Tablo 4.1'de GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesinde görülmektedir. Bu patlamayı SuperSID sistemiyle Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' te görüldüğü gibi TBB (Türkiye-Bafa) istasyonu üzerinden gelen sinyal üzerinde gözlemledik.



Şekil 4.1. 20.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği



Şekil 4.2.20.02.2013 tarihli TBB (Türkiye/Bafa) istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

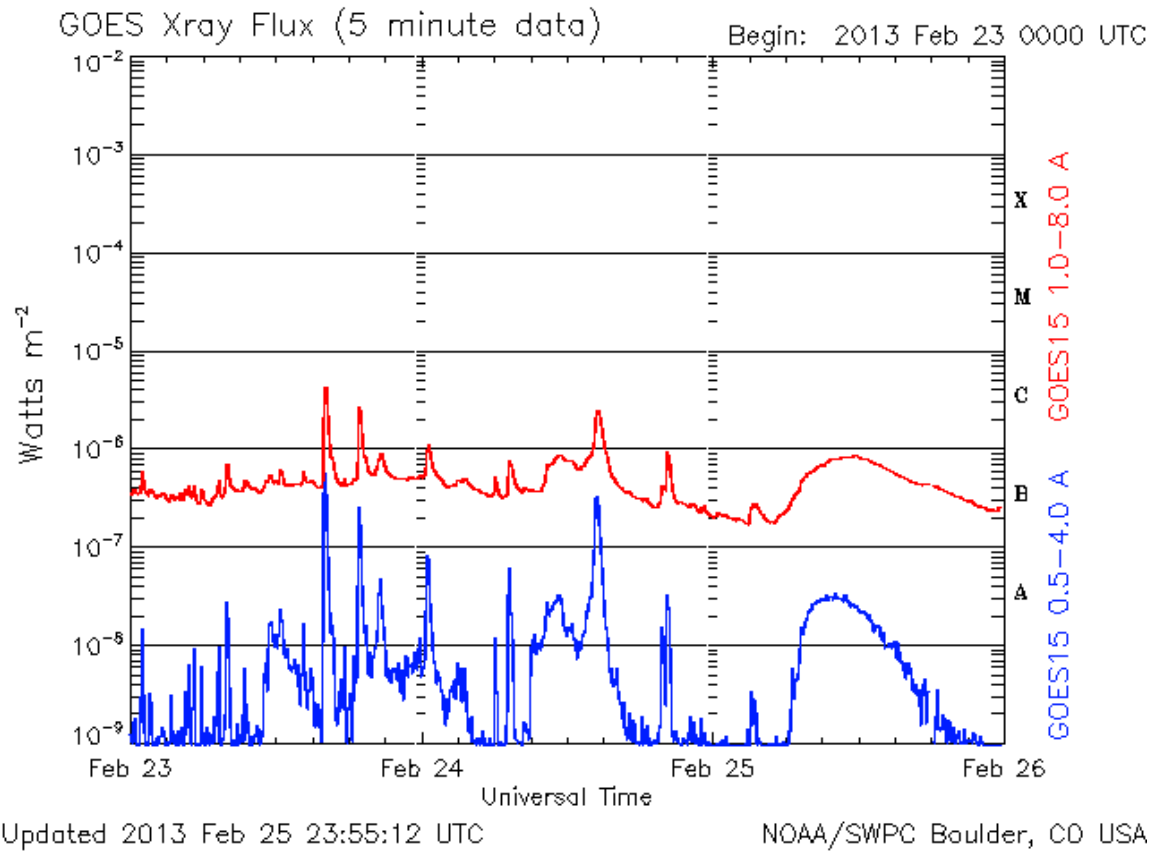


Şekil 4.3. 20.02.2013 tarihli TBB (Türkiye/Bafa) istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile oluşturulan detaylı grafiği

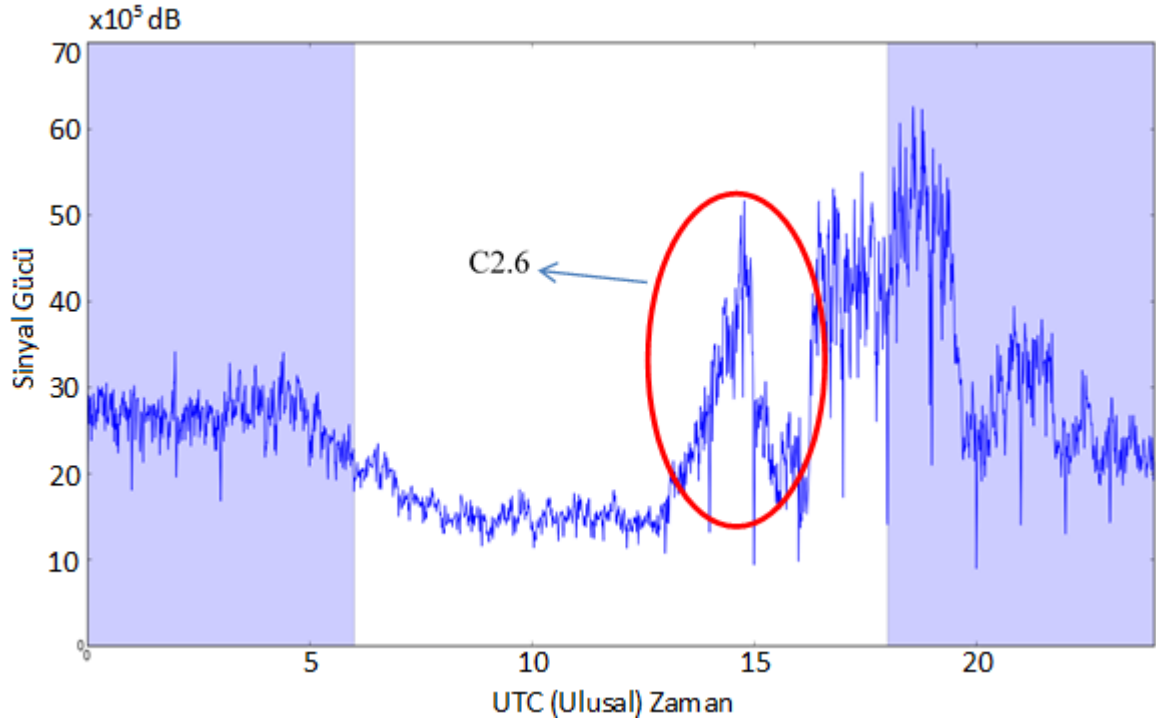
Tablo 4.1. 20.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi

```
:Product: 20130220events.txt
:Created: 2013 Feb 21 0902 UT
:Date: 2013 02 20
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
# Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 30 minutes.
#
# Edited Events for 2013 Feb 20
#
#Event      Begin      Max      End Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
7280 +      0129      0129      0129 LEA  G   RBR   245      220
7290         0425      ////      0425 LEA  C   RSP   025-136  III/1
7300         0532      0536      0540 G15  5   XRA   1-8A      B6.1      1.9E-04  1678
7320         1041      1044      1046 G15  5   XRA   1-8A      B5.4      9.1E-05
7330         1108      1111      1113 G15  5   XRA   1-8A      C8.2      9.9E-04  1678
7330      B1110  U1111      A1120 SVI  3   FLA   N12W44    SF              1678
7340         1331      1335      1337 G15  5   XRA   1-8A      B5.3      1.2E-04  1678
7350         1415      1419      1421 G15  5   XRA   1-8A      B7.2      1.5E-04  1678
7360         1452      1456      1458 G15  5   XRA   1-8A      C3.0      4.6E-04  1678
7360         1454      1455      1459 HOL  3   FLA   N11W47    SF      ERU      1678
7370         1751      1756      1800 G15  5   XRA   1-8A      B5.1      2.0E-04  1676
7390         1853      1857      1902 G15  5   XRA   1-8A      B8.1      2.9E-04  1678
7390         1855      1856      1900 HOL  3   FLA   N13W53    SF      DSD      1678
7400 +      2051      ////      2051 PAL  C   RSP   025-125  III/1
7410         2150      2158      2212 G15  5   XRA   1-8A      C1.7      1.6E-03  1678
7420         2246      ////      2246 CUL  C   RSP   020-045  III/1
7430 +      2246      ////      2246 LEA  C   RSP   025-062  III/1
```

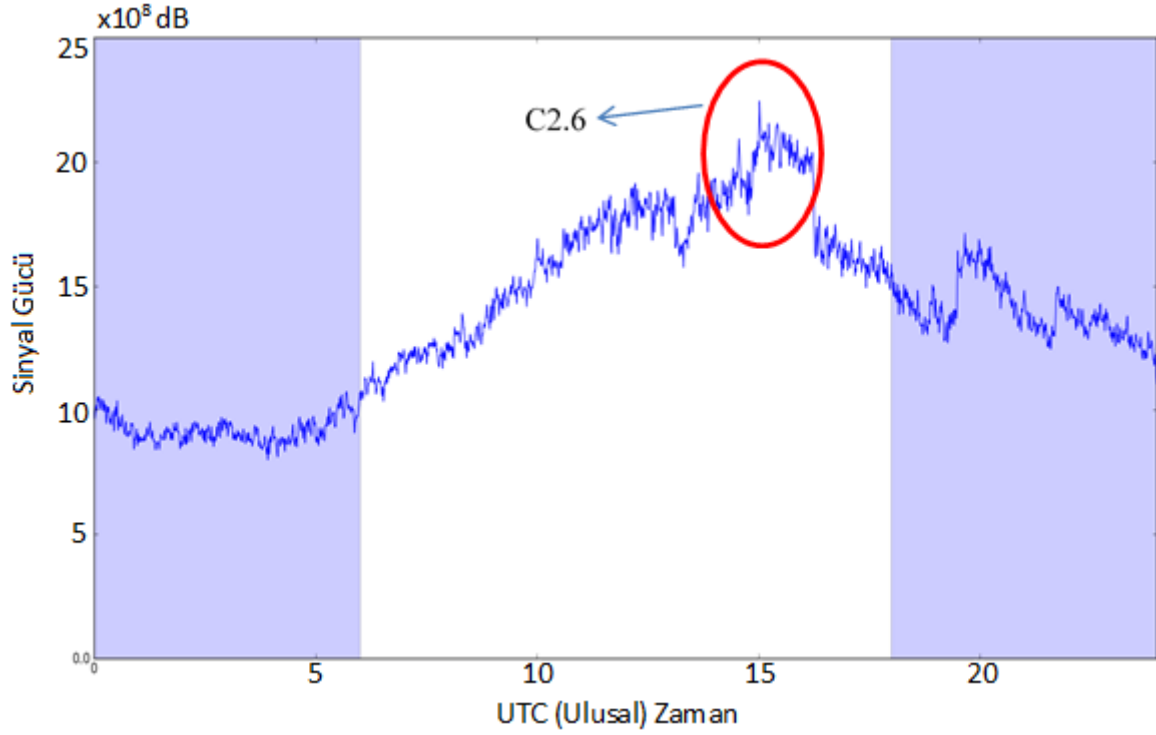
24.02.2013 tarihinde GOES veri tabanından alınan bilgilere göre saat 13:17-14:57 ‘de Güneşte bir C2.6 sınıfında bir patlama meydana geldi. Meydana gelen bu patlama Şekil 4.4’de GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiğinde ve Tablo 4.2’de GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesinde görülmektedir. Bu patlamayı SuperSID sistemiyle Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’ de görüldüğü gibi 3 farklı istasyondan NOV (Rusya), NAA (Amerika), NWC (Avustralya) üzerinden gelen sinyaller üzerinde gözlemledik.



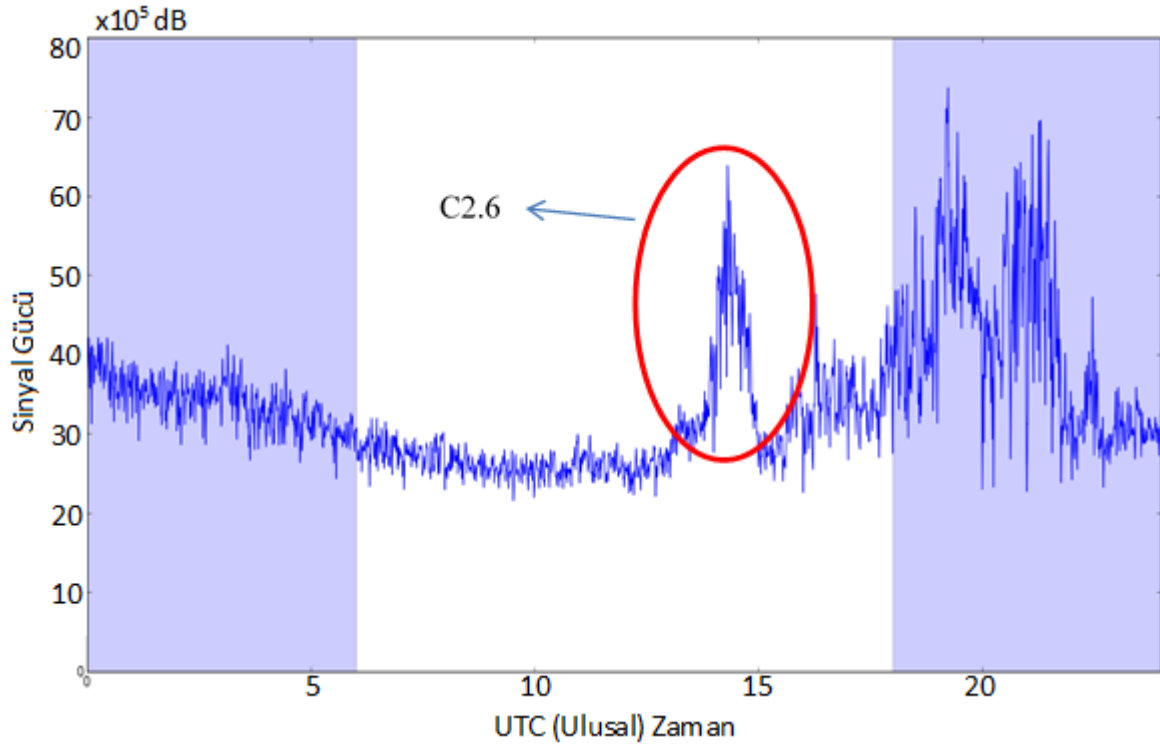
Şekil 4.4. 24.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği



Şekil 4.5. 24.02.2013 tarihli NAA istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik



Şekil 4.6. 24.02.2013 tarihli NOV istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

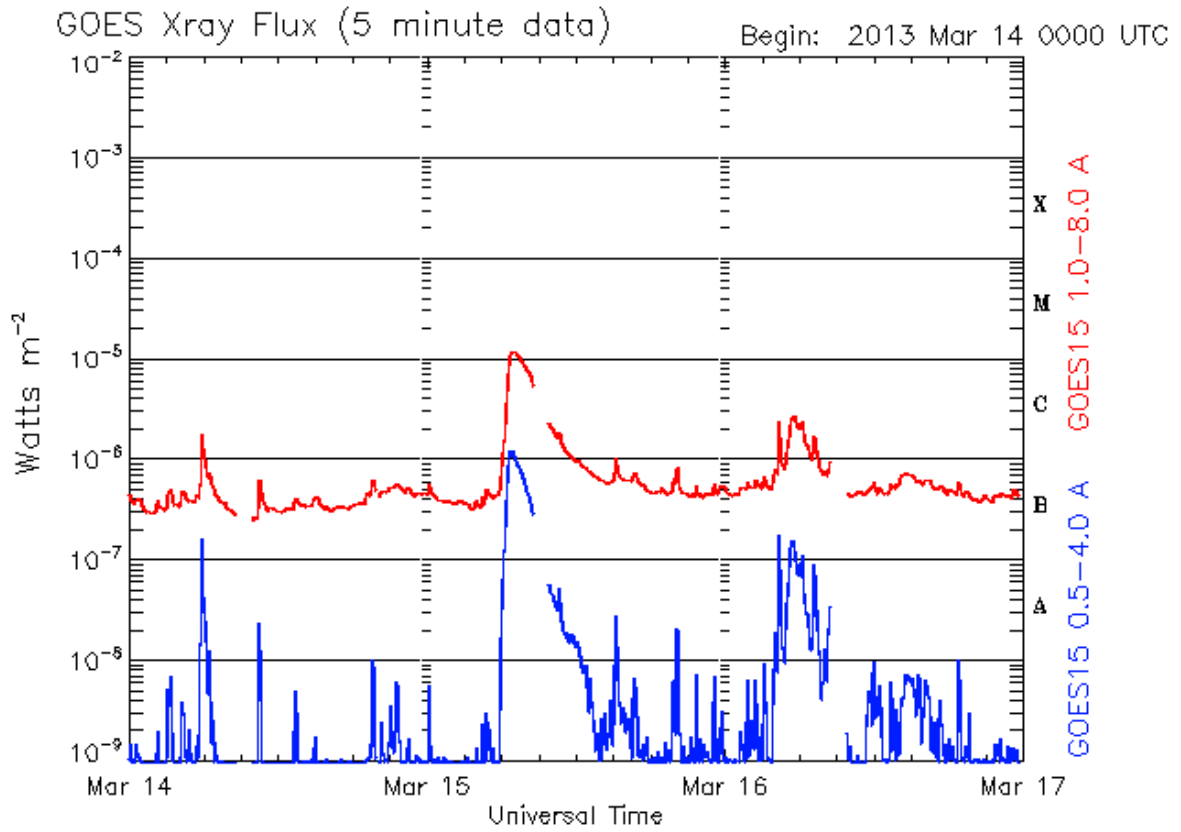


Şekil 4.7. 24.02.2013 tarihli NWC istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

Tablo 4.2. 24.02.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi

```
:Product: 20130224events.txt
:Created: 2013 Feb 26 0332 UT
:Date: 2013 02 24
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
# Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 30 minutes.
#
# Edited Events for 2013 Feb 24
#
#Event      Begin      Max      End Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
7900        0607      0611      0618 G15  5   XRA  1-8A      B5.4    2.7E-04
7910 +      0710      0719      0732 G15  5   XRA  1-8A      B8.1    8.6E-04    1678
7920        1009      ////      1009 LEA  C   RSP  025-180  III/1
7920        1009      ////      1010 SVI  C   RSP  025-180  V/2
7960        1017      1028      1051 SVI  U   RNS  245      180
7930        1110      ////      1110 SVI  C   RSP  075-156  III/1
7940 +      1302      ////      1302 SVI  U   RSP  025-036  III/1
7950        1317      1435      1457 G15  5   XRA  1-8A      C2.6    8.0E-03
7970        2014      2020      2033 G15  5   XRA  1-8A      B9.8    8.6E-04    1673
```

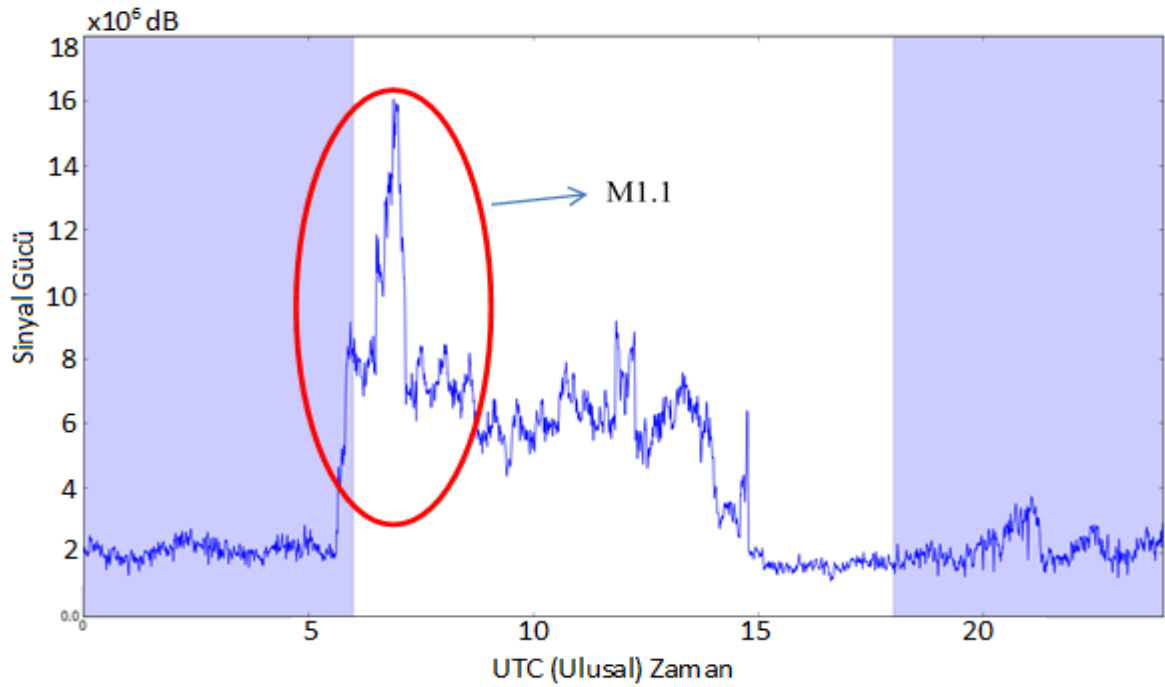
15.03.2013 tarihinde GOES veri tabanından alınan bilgilere göre saat 05:46-08:35 ‘de Güneşte bir M1.1 sınıfı bir patlama meydana geldi. Meydana gelen bu patlama Şekil 4.8.’de GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiğinde ve Tablo 4.3’de GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesinde görülmektedir. Bu patlamayı SuperSID sistemiyle Şekil 4.9.- 4.12.’de görüldüğü gibi 4 farklı istasyondan DHO (Almanya), NOV (Rusya), NAA (Amerika), RJH99 üzerinden gelen sinyaller üzerinde gözlemledik.



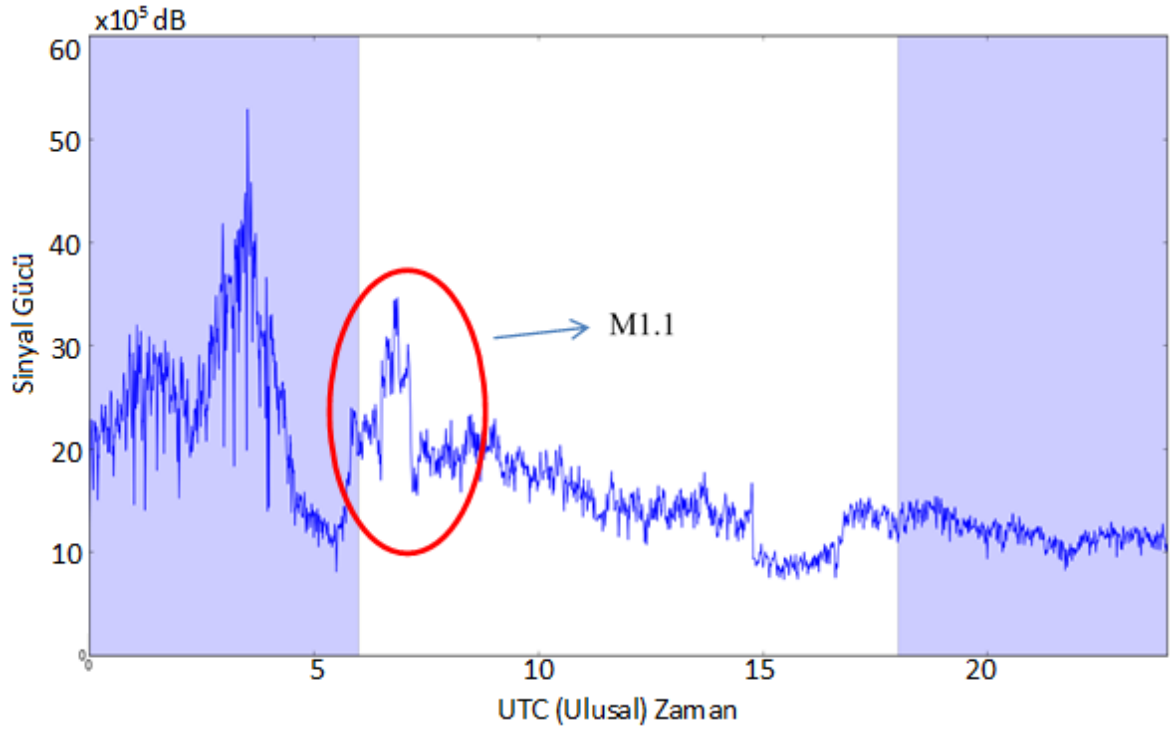
Updated 2013 Mar 16 23:55:11 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

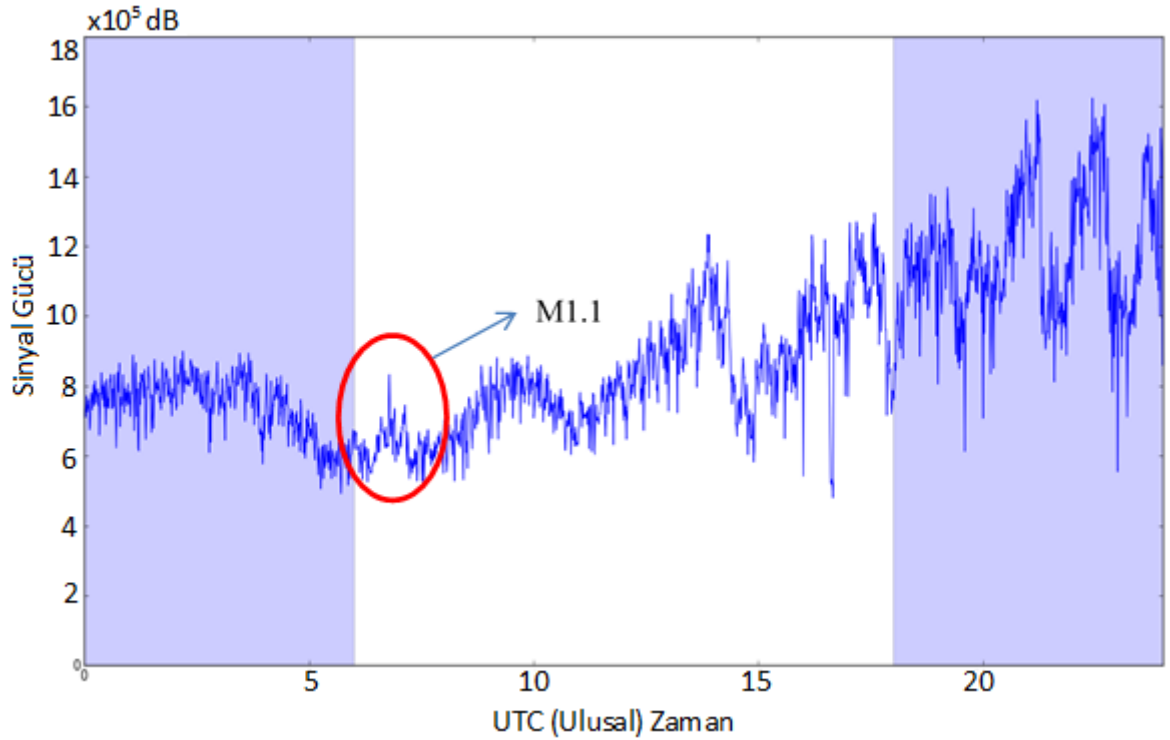
Şekil 4.8. 15.03.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği



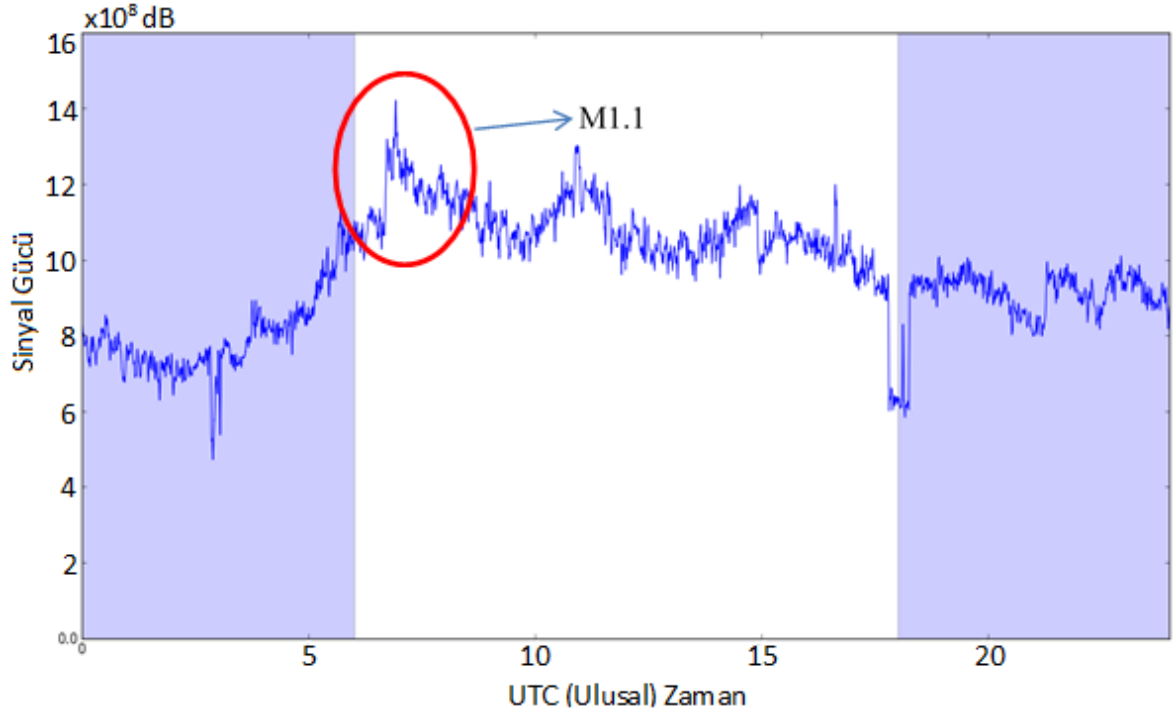
Şekil 4.9. 15.03.2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik



Şekil 4.10.15.03.2013 tarihli DHO istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik



Şekil 4.11.15.03.2013 tarihli NAA istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

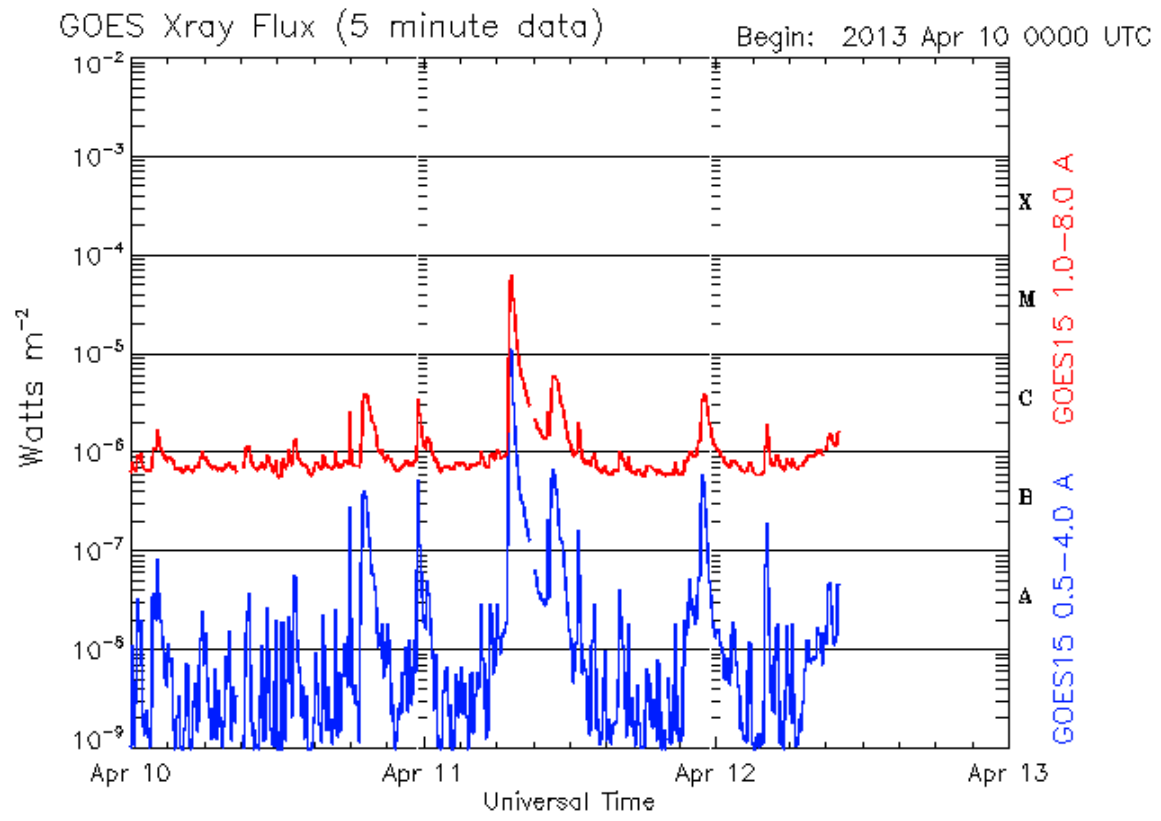


Şekil 4.12.15.03.2013 tarihli NOV istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

Tablo 4.3. 15.03.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi

```
:Product: 20130315events.txt
:Created: 2013 Mar 18 0332 UT
:Date: 2013 03 15
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
# Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 30 minutes.
#
# Edited Events for 2013 Mar 15
#
#Event      Begin      Max      End  Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
9950      A0040      ////      A1345  HOL  3  DSF  S41W22      7
9840      0429      0432      0435  G15  5  XRA  1-8A      B5.0      1.1E-04      1691
9840 +      0431      0431      0431  LEA  G  RBR  410      270
9850      0546      0658      0835  G15  5  XRA  1-8A      M1.1      7.3E-02      1692
9850      0613      0637      0833  LEA  3  FLA  N11E12      1F      ERU      1692
9850 +      0620      0647      0732  LEA  G  RBR  245      410      1692
9850      0620      0641      0744  LEA  G  RBR  610      23000      1692
9850 +      0620      ////      1023  LEA  C  RSP  025-180      IV/2      1692
9850 +      0622      0644      0743  LEA  G  RBR  410      22000      1692
9850 +      0627      0652      0704  LEA  G  RBR  1415      320      1692
9850 +      0631      0649      0651  SVI  G  RBR  2695      150      1692
9850      0644      0647      0651  SVI  G  RBR  4995      52      1692
9850      0646      0647      0651  SVI  G  RBR  8800      53      1692
9850      0658      0704      0705  SVI  G  RBR  15400      51      1692
9860      0742      0742      0743  SVI  G  RBR  410      190
9870      0745      0749      0750  SVI  G  RBR  410      500
9900 +      0746      0807      0819  LEA  G  RNS  410      740
9900      0747      0755      0819  LEA  G  RNS  610      370
9870      0748      0748      0748  SVI  G  RBR  245      100
9880      B0758  U0803      A0804  SVI  3  FLA  N07E07      1F      ERU      1692
9890      0953      0953      0953  LEA  G  RBR  245      120
```

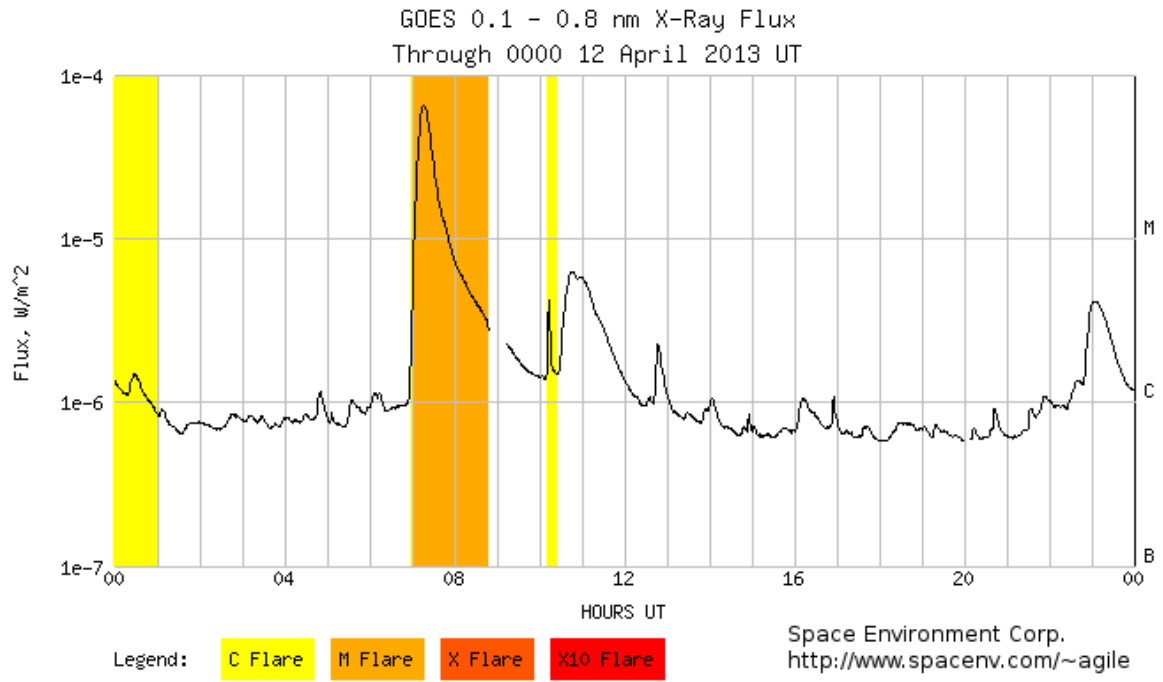
11.04.2013 tarihinde GOES veri tabanından alınan bilgilere göre saat 06:55-07:29 ‘da Güneşte bir M6.5 sınıfı bir patlama meydana geldi. Meydana gelen bu patlama Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiğinde ve Tablo 4.4’de GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesinde görülmektedir. Bu patlamayı SuperSID sistemiyle Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’ de görüldüğü gibi 3 farklı istasyon NLK (Amerika-Washington), TBB (Türkiye-Bafa), NWC (Avustralya) üzerinden gelen sinyaller üzerinde gözlemledik. GOES veri tabanından alınan, patlama sırasındaki çekilmiş fotoğrafı Şekil 4.18’de görülmektedir.



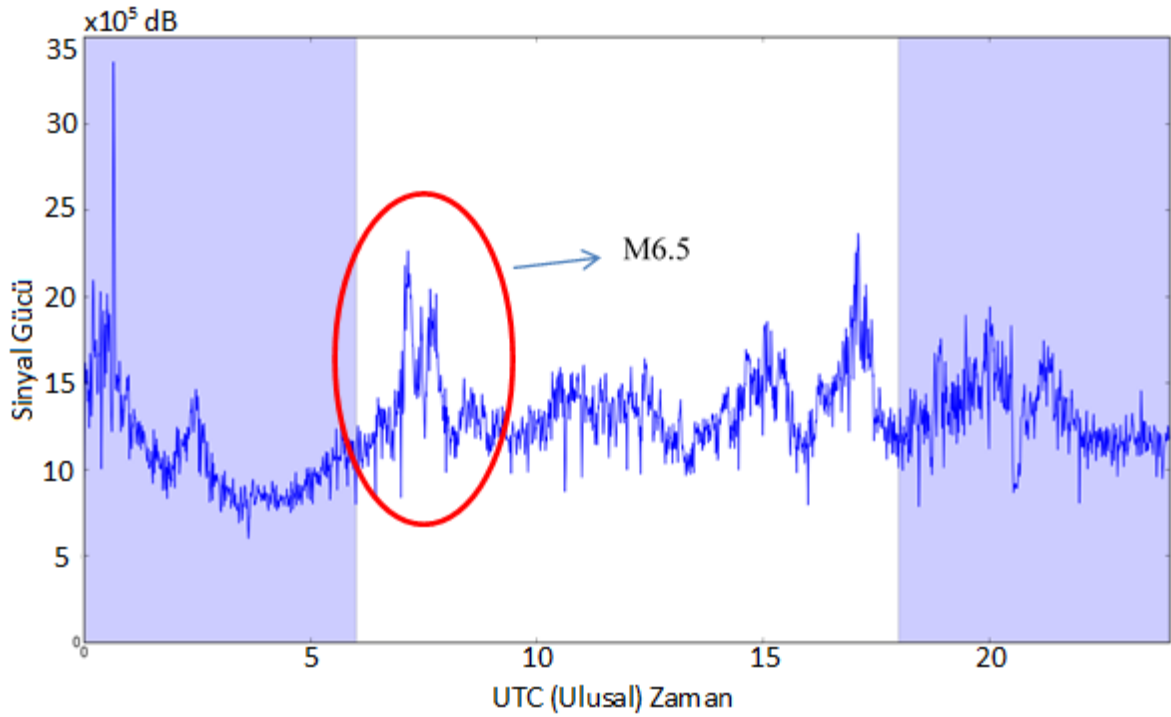
Updated 2013 Apr 12 10:15:11 UTC

NOAA/SWPC Boulder, CO USA

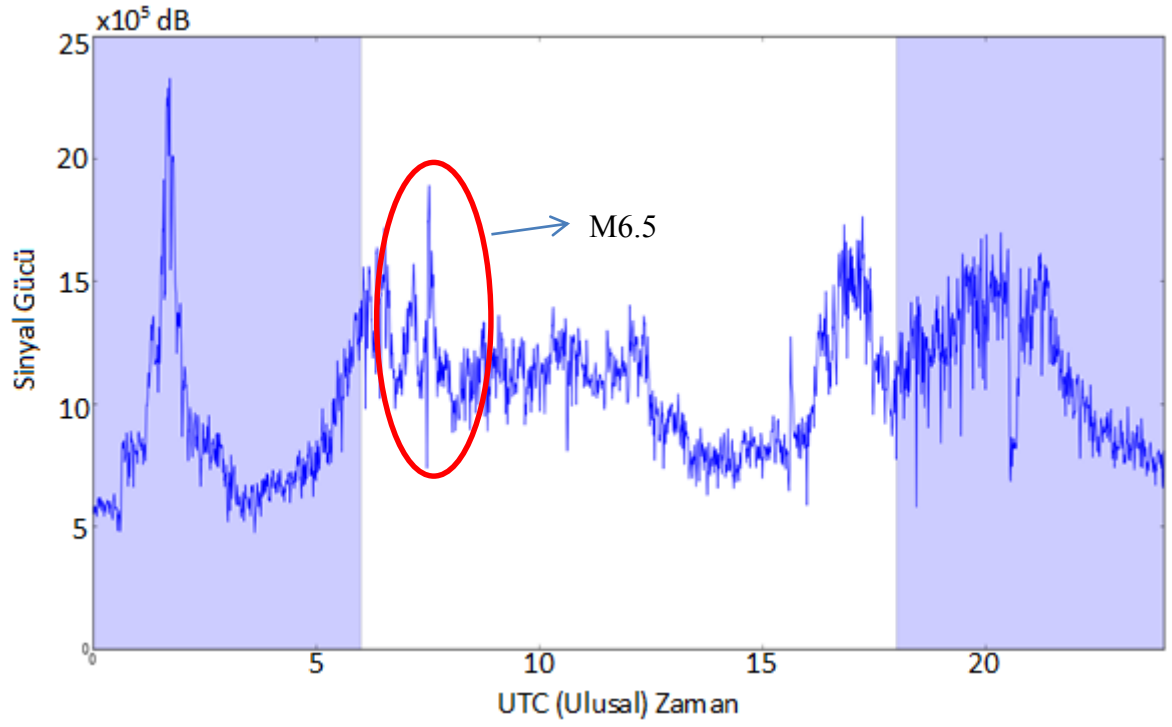
Şekil 4.13. 11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği



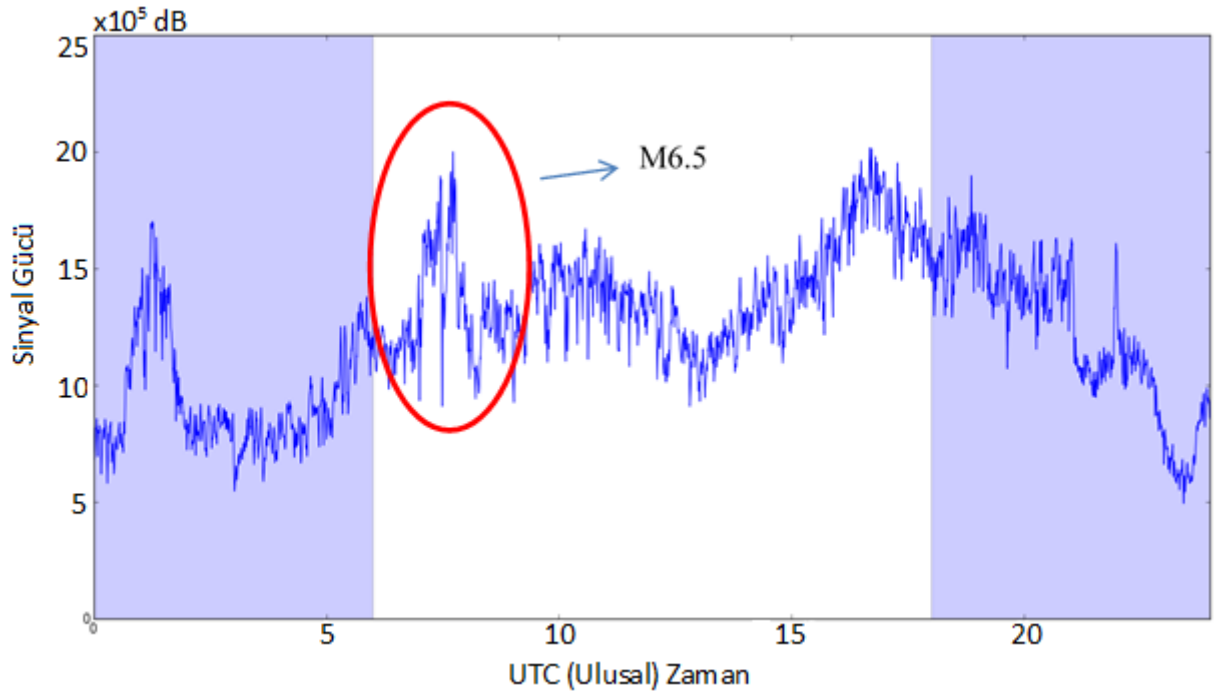
Şekil 4.14.11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış X-ray akışı grafiği



Şekil 4.15.11.04.2013 tarihli NWC istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik



Şekil 4.16.11.04.2013 tarihli NLK istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik



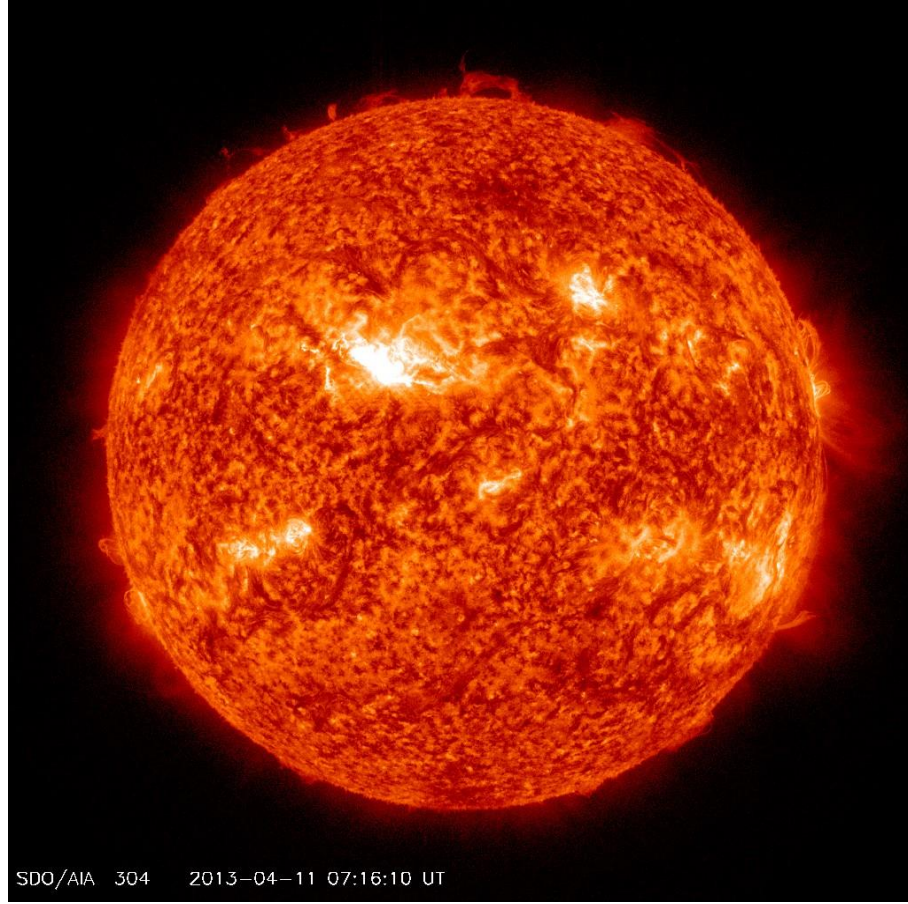
Şekil 4.17.11.04.2013 tarihli TBB istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik

Tablo 4.4 11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış olay çizelgesi

```

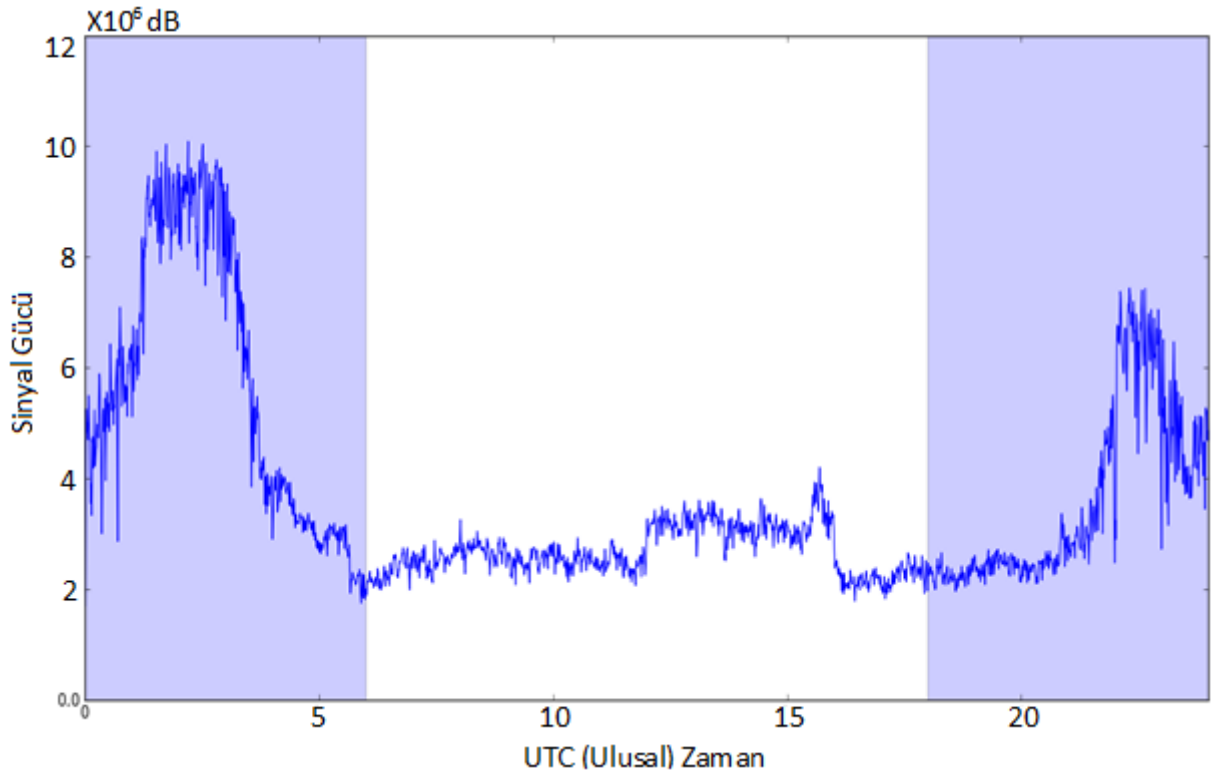
:Product: 20130411events.txt
:Created: 2013 Apr 12 0902 UT
:Date: 2013 04 11
# Prepared by the U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Weather Prediction Center
# Please send comments and suggestions to SWPC.Webmaster@noaa.gov
#
# Missing data: ////
# Updated every 30 minutes.
#
# Edited Events for 2013 Apr 11
#
#Event      Begin      Max      End Obs  Q  Type  Loc/Frq  Particulars      Reg#
#-----
5280        0019      0028      0035 G15  5   XRA  1-8A      C1.4      1.4E-03      1711
5290        0320      0320      0320 LEA  G   RBR  245      120
5350 +      0320      0325      0548 LEA  G   RNS  245      120
5360        0349      ////      0407 LEA  3   DSF  N11E21    7              1719
5300        0449      ////      0702 LEA  C   RSP  078-136   CTM/1          1718
5300        0452      0452      0452 SVI  G   RBR  245      160          1718
5300        0532      0607      0720 SVI  3   FLA  N20W21    SF           ERU          1718
5310        0603      0605      0608 SVI  3   FLA  S16E28    SF              1721
5380        0636      ////      0805 SVI  C   RSP  025-180   VI/1
5320        0648      ////      0649 LEA  C   RSP  035-123   III/1
5330        0655      0716      0729 G15  5   XRA  1-8A      M6.5      7.4E-02      1719
5330        0656      0710      0906 SVI  3   FLA  N09E12    3B          UMB          1719
5330 +      0656      0658      0811 LEA  G   RBR  1415      3000          1719
5330        0657      ////      0846 LEA  C   RSP  025-180   VI/1          1719
5330        0657      0658      0859 LEA  G   RBR  245      2700          1719
5330 +      0657      0707      0845 LEA  G   RBR  410      340          1719
5330        0658      0707      0830 LEA  G   RBR  610      830          1719
5330 +      0658      0702      0718 LEA  G   RBR  2695      470          1719
5330 +      0658      0710      0716 LEA  G   RBR  4995      310          1719
5330 +      0702      ////      1712 SVI  C   RSP  025-180   IV/3          1719
5330 +      0702      ////      0709 CUL  C   RSP  045-160   II/3          1719
5330 +      0702      0710      0723 LEA  G   RBR  8800      210          1719

```



Şekil 4.18. 11.04.2013 tarihine ait GOES veri tabanından alınmış M6.5 sınıfı patlama sırasında çekilmiş fotoğraf

İyonküre tabakaları, radyo dalgalarına, frekanslarına göre farklı etki gösterir. Çok uzun dalgalar yer ile iyonküre arasında bir dalga kılavuzu içindeymiş gibi önemsiz kayıplarla yol alır. Bunların yayılım koşulları günlük veya yıllık değişimlere bağlı değildir. Aynı durum gündüzleri Uzun ve Orta dalga boylarında da izlenmektedir. Çok uzun, uzun ve orta dalgaların uzay dalgası olarak yayılmaları gündüzleri D tabakası tarafından önlenmektedir. Çünkü bu tabaka onların enerjilerini absorbe etmektedir. Geceleri Güneşin morötesi ışınları kesildiğinde, D tabakasında iyon ve elektronların yeniden birleşmesi başlar. Artık uzun ve orta dalgalar (düşük frekanslı) E tabakasına ulaşarak oradan yere doğru yansıtılarak uzaklara gidebilirler. Böylelikle gece ve gündüz yayılan VLF dalgalarının genliği arasında bir fark meydana gelir. Gece absorbe edilen enerji daha az olduğundan dalganın genliği Şekil 4.19’ da görüldüğü gibi daha yüksektir.

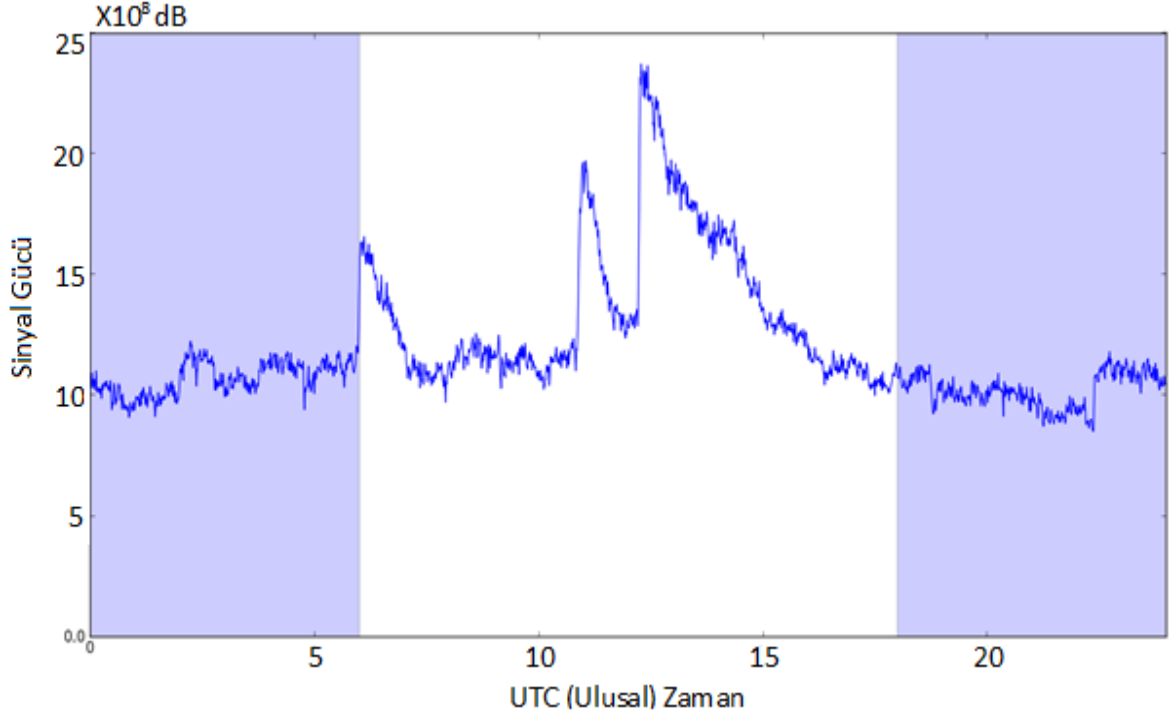


Şekil 4.19. 09.06.2013 2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik (Sıradan bir gün için gece-gündüz genlik farkı)

Hava koşulları radyo dalgalarının yayılımını etkileyen ek bir faktördür. Rüzgâr, hava sıcaklığı ve atmosferdeki su buharının etkilerinin değişik şekillerde birleşmesi radyo sinyallerinin alışılmış menzillerinin yüzlerce mil ötesinde bile duyulmasına sebep olabilmektedir. Tersine, bu etkilerin farklı bir birleşimi sinyalin aşırı zayıflamasına ve normal menzilin çok altından bile duyulamamasına neden olabilir. Maalesef, hava durumu fazlasıyla karmaşık olduğu ve çabuk değiştiğinden hava şartlarının etkilerini kesin ve hızlı bir şekilde belirlemek için bir kural yoktur.

Yıldırımın sebep olduğu elektromanyetik darbeler tarafından yayılan enerji ELF/VLF bandındadır [34]. Bu darbeler VLF radyo atmosferikleri veya “sferics” olarak bilinirler ve birkaç milisaniye zamanda oluşarak çok uzak mesafelerde yayılabilirler. Bunların ölçülen özellikleri, yıldırım akımları ve yayılım boyunca iyonküre özellikleri hakkında bilgi sağlamada kullanılırlar [35]. Yıldırımlı fırtınaların sebebi ile ortaya çıkan bu etkiler ortamdaki elektronların birkaç yüz milisaniye süresince ısınmaları, ~85 km yükseklikte 10–100 sn süren iyonlaşma değişimleri ve elektron sıcaklığındaki değişimler olarak tanımlanabilir [30, 36–40]. Bu karışıklar genellikle VLF sinyalinin genliğinde ve

fazında ani değişimlerle ve tekrar sinyalin eski haline gelmesi için bir geri dönüşüm süresiyle Şekil 4.20’de olduğu gibi tespit edilirler.



Şekil 4.20. 21.04.2013 tarihli RJH99 istasyonuna ait VLF vericisinden gelen sinyalin SuperSID sistemi ile kaydedilen veriler ile elde edilen grafik (Yıldırım etkisi)

5. SONUÇLAR

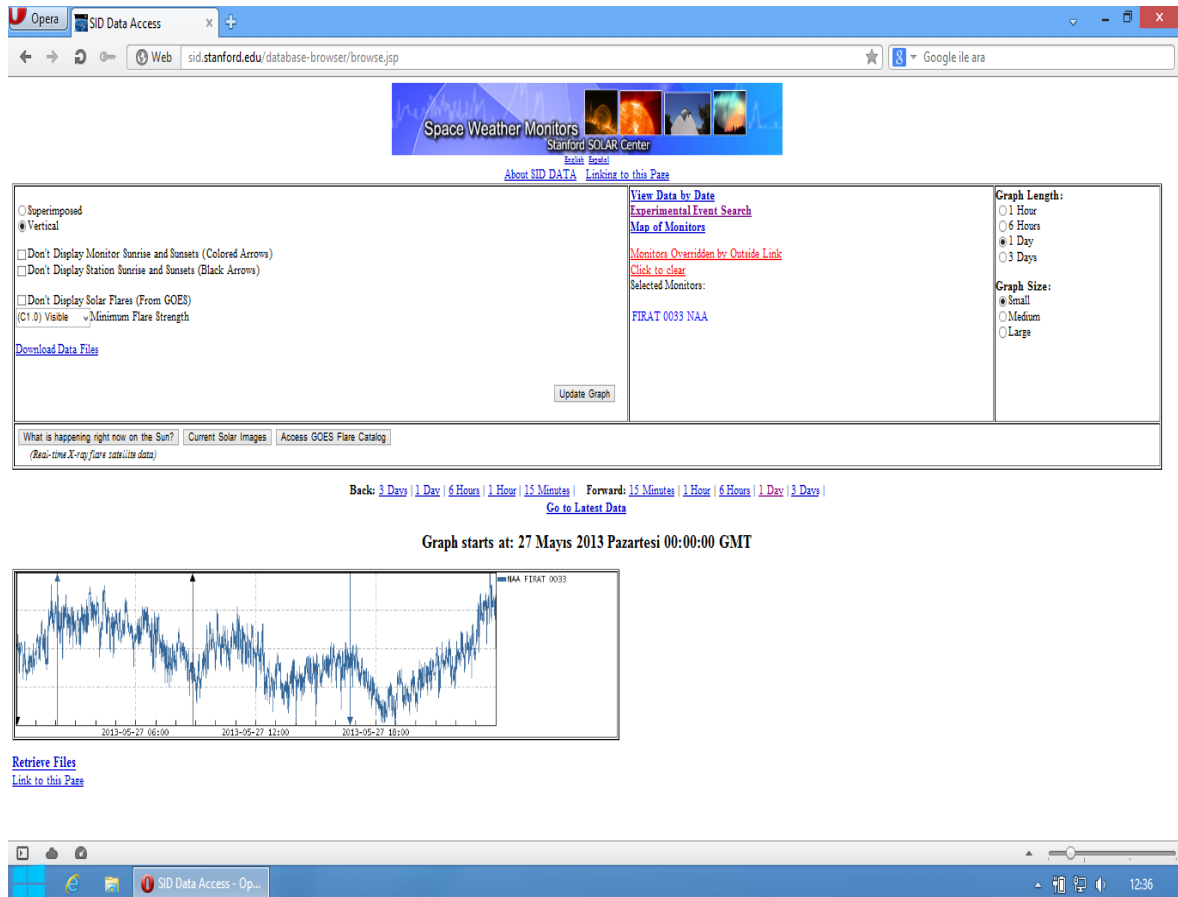
İyonkürenin oluşumunda en büyük etkiye sahip Güneş'ten gelen X ışınları ve mor ötesi (EUV) ışınların yoğunluklarındaki ani değişimler özellikle de Güneş patlamaları, iyonkürenin sıcaklığını, elektron yoğunluğunu, kimyasal yapısını ve yüksekliğini değiştirir. İyonkürede bu şekilde değişikliklere sebep olan Güneş faaliyetlerinin tamamı Güneş aktivitesi olarak ifade edilir. Güneş aktivitesindeki değişimler, Yer'in manyetik alanının bazen çok kuvvetli olmasına bazen de azaltıcı bir etki ile zayıf bir manyetik alanının oluşmasına sebep olur. Genellikle bu ani karışıklıklar, çoğunlukla bir uyarı olmadan meydana gelir ve etkileri yayılan ışın ve parçacıkların Dünya'ya varış süresine bağlı olarak birkaç dakika ile birkaç gün arasında değişir. Bu karışıklıklar sırasında Yer'in manyetik alanı aniden artıp, sonrada normalin çok altında değerler alabilmekte daha sonra normale dönmektedir. Özellikle alt iyonküredeki etkileri oldukça belirgindir. İyonküredeki ani yoğunluk artışı vericilerden gönderilen dalgaların normalden daha fazla soğurulmasına neden olur. Herhangi bir frekansa sahip dalga belli bir maksimum yüksekliğe çıkabilmekte ve yansımaktadır. İyonkürede meydana gelen bu değişimler dalganın fazında, genliğinde ve şiddetinde önemli farklar meydana getirir. Buna bağlı olarak, özelliklede haberleşme sistemlerinde meydana gelen aksaklıklar da aynı zaman periyodunda oluşmaktadır.

Birkaç dakikadan birkaç saate kadar süren Güneş patlamaları ve koronal kütle atılımları (CME), yaklaşık 11 yıllık Güneş periyodu içerisinde gelişmektedir. Güneşte oluşan bu değişimler, haberleşme sistemleri ve neredeyse tamamının uydu aracılığıyla yapıldığı konum belirleme sistemlerini de etkilemektedir. Radyo ve televizyon sistemlerinin yayını, haberleşme sistemleri ve GPS sinyalleri uydu ile bağlantılıdır. Uydu ve kullanıcı arasındaki İyonkürede meydana gelecek herhangi bir dalgalanma bu yayınları geçici olarak kesilmesine ya da zayıflamasına ve bazen uyduların yörüngelerinin değişmesine bile neden olabilmektedir. Ayrıca gürültünün artmasına da neden olarak haberleşmelerin sağlıklı yapılmasını engeller. Bu nedenle iyonkürede meydana gelen karışıklıkların önceden tahmini çok önemlidir.

İyonkürede meydana gelen bu olaylar bazen Güneş'le ilgili olmadan iyonküre içindeki süreçlere, yıldırımlara ve meteor yağmurlarına bağlı olarak da oluşabilmektedir. Güneş'te meydana gelen her olay sonucunda bu değişimler gözlenmeyebilir.

Sonuç olarak; genelde bu karışıklıklar, iyonkürenin de oluşumunda en büyük etkiye sahip olan Güneş tarafından oluşturulmaktadır. Diğer faktörler bu kadar da güçlü ve etkin değildir. Bu karışıklıklardan en çok orta ve uzun (MF, LF ve VLF) dalga boyuna sahip dalgalarla yapılan haberleşmeler etkilenirken karışıklığın büyüklüğüne bağlı olarak kısa dalga boyuna sahip HF dalgalar da etkilenmektedir.

Bu çalışmayla, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Anabilim Dalının Elektromanyetik Dalgalar Laboratuvarına kurulu olan Super SID izleme sistemi ile Yer iyonküresinden yansıyan VLF sinyallerindeki değişimler izlenmiştir. Güneş ışımasının Yer iyonküresi üzerine ani (sıra dışı) etkileri ve sinyal gücündeki değişiklikler ölçülmüş olup elde edilen sonuçların incelenmesi ile Güneşte meydana gelen ani değişikliklerin iyonküre üzerindeki VLF yayılımına etkileri tespit edilmiş ve kaydedilen ölçümler Stanford veri tabanı ile Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi paylaşılmıştır.



Şekil 5.1. Stanford online veri tabanı (<http://sid.stanford.edu/database-browser>)

KAYNAKLAR

1. **GLEISSBERG, W.**,1939, A Long-Periodic Fluctuation of the Sun-Spot Numbers , The Observatory, 62, 158-159
2. European in the field of Scientific and Technical Research-COST-Secretariat-COST Action 271 Technical Annex-Brussels,3 April 2000
3. **Lean, J., W. Livingston, A. Skumanich, and O. White**, Estimating the sun's radiative output during the Maunder Minimum, Geophys. Res. Lett. 19, 1591-1594, 1992.
4. **Baliunas, S., and R. Jastrow**, Evidence on the climate impact of solar variations, Energy, 18, 1285-1295,1993.
5. Solar Terrestrial Predictions-IV Proceedings of a workshop at Ottawa,Canada May 18-22,1992
6. **Stern, D.P.**, 1989, “A Brief History of Magnetospheric Physics Before the Spaceflight Era”, Rev. Geophys., 27, 103–114. Related online version (cited on 25 March 2004): <http://www.phy6.org/Education/Intro.html>
7. **Rishbeth, A.**, 1967, The institute of electical and electronics engineers, A Review of ionospheric F region theory, Vol.55, p.18
8. **Liao, X.**, 2000, Carrier phase based ionosphere recovery over a regional area GPS network, Yüksek Lisans Tezi, University of Calgary, Kanada, 120p.
9. **Karatay, S.**, 2004, Yüksek Lisans Tezi, FÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, İyonküre Plazmasında Kış Anormalliği, s.3–5
10. **Risbeth, H.**, 1967, A Review of Ionosphere F region Theory, Proceedings of the IFFF, vol. 55.
11. **Risbeth, H.**, 1973, Physics and Chemistry of the Ionosphere, Contemp Physics, vol. 14, p. 229-237.
12. **Yong, R., Miao, K., Yang, Da-M., L. and La-Zhang, T.**, 1985, Detecting The Flux Of Solar X-Ray Burst From The Ground, Journal Of Atm. And Terrestrial Phys., Vol. 47, Pp. 979-983.
13. **Ataç, T.**, Özgüç A., Sözen, E., Yeşilyaprak, H., 2004,23. Güneş Çevrimi Etkinliğine Genel Bakış Xiv. Ulusal Astronomi Kongresi.
14. **Banks, P.M., Kockarts, G.**, 1973, Aeronomy Part B, Academic Pres, New York, 101-307.
15. Tascione, F.T., 1988, Introduction To The Space Environment, Orbit A Foundation Series, Orbit Book Company.
16. **Whitten, R.C., Poppoff, I. G.**, 1971, Fundamentals of Aeronomy, Space Science Text Series, New York.

17. Chakrabarti, Sandip K., Ancharya, K., Bose, B., Mandal, S., Chatter See, A., Nandi, N.M., 2005, Monitoring Of Sudden Ionospheric Disturbance (SID) from Kolkata (India).
18. **Obayashi, T.**, 1985, Streaming Of Solar Particles Between Sun And Earth, Planet. Space Sci., Vol. 12, Pp. 463-485.
19. Tsai, H.F., Liu, J.Y., Lin, C, GPS TEC Observations of Sudden Ionospheric Disturbances on The Bastille Day 2000.
20. Bruzek, A., Durrant, C.J., Illustrated Glossary For Solar And Sotar-Terrestrial Physics, Vol. 69.
21. **Mitra, A.P.**, Ionospheric Effects of Solar Flares, Volume 46, Astrophysics and Space Science Library, Radio Science Division, National Physical Laboratory, New Delhi-12, India.
22. Al'part, Y.A.L., Radio Wave Propagation and the Ionosphere.
23. **Felske, D., Knutfa, R., Lippeit, W., Sonnemann, G.**, 1974, Measurements Of Ateiosphenes Albsorption la The Tliermosphere With Satellites, Journal Of Ate. And Terr. Phy., Vol. 36, Pp. 1355-1368.
24. Davies, K., Ionospheric Radio Propagation,
25. Budden, K.G. ve F.R.S., The Propagation Of Radio Waves-I, The Theory Of Radio Waves Of Law Power In The Ionosphere And Magnetosphere, Fellow Of St John's Collage And Emeritus Reader In Physics in The University of Combridge.
26. **Ratcliffe, J.A.**, 1972, An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge at the University Press.
27. **Letfus, V., Apostolov, E.M.**, 1982, Solar Cycle and Seasonal Variations in the Effiency of Solar Flares in Producing Sudden Ionospheric Disturbances, Juornal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 44, No. 4, pp. 359-362.
28. Aydoğdu, M., 1980, Ariel 4 Uydusuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu verilerinin 70°-80° D ve 60°-70° B Boyamları Arasında incelenmesi, **Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakültesi**, İzmir, 10-41.
29. Banks, P.M., and Kockarts, G., 1973, Aeronomy Part A, Academic Pres, New York.
30. Ellison, M.A., 1963, Solar Flares and Associated Phenomena, Planet. Space Sci. Vol. 11, Pp. 597-619.
31. Swift, D.W., The Effect Of Solar X Rays On The Ionosphere,
32. **Volland, H.**, 1960, On The Solar Flare Effect Of VLF Waves hi The Lower Ionosphere, Journal Of Attn. And Terrestrial Phys., Vol. 26, Pp. 695-709.
33. **Henry, R.J.W.**, 1965, Planet. Space Sci, 15,1747.

34. **Albee, P.R., Bates, H.F.**, 1967, Vlf Observations At College, Alaska, Of Various D Region Disturbance Phenomena, Planet. Space Sci., Vol. 13, Pp. 175-206.
35. **Thompson, H.**, 1973, Physics and Chemistry of Ionosphere, Contemp Physics, 14,229-237.
36. **Afraimovich, E.X., Kosogorov, A., Leonovich, A.L.**, 2000, The Use of The International GPS Network As The Global Detector (GLOBNET) Simultaneously Observing Sudden Ionospheric Disturbances, Earth Planet Space, Vol 52, Pp. 1077-1082.
37. **Ratcliffe, J.A.**, 1972, An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge at the University Press.
38. **Afraimovich, E.X., Altyntsev, A.T., Kosogorov, E.A., Larina, N.S., Leonovich, L.A.**, 2001, Ionospheric Effects Of The Solar Flares Of September 23, 1998 And July 29, 1999 As Deduced From Global Gps Network Data, Journal Of Atmospheric And Solar-Terrestrial Physics, Vol. 63, Pp. 1841-1849.
39. **Deshpande, SJX, Subrahmanyam, C.V., Mitra, A. P.**, 1972, Ionospheric Effects of Solar Flares-I, The Statistical Relationship Between X-Ray Flares and SID's, , Juomal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 34, pp. 211-227.
40. **May, B.R.**, 1966, The Behaviour Oh The D Region At Mid-Latitudes During A Sadden Ionospheric Disturbance, Journal Of Attn. And Terr. Phy., Vol. 28, Pp. 553-564.
41. **Karaboğa, T.**, 2005. İyonküredeki Ani Karışıklıklar, *Yüksek Lisans Tezi*, F.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
42. Super SID Manual (2009), Stanford Solar Center, Stanford University.
43. **Gordon, G., Morgan, W.** August 1993. Communication Satellites.

ÖZGEÇMİŞ

Tayfun AKDOĞAN

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 20.08.1987
Doğum Yeri : ELAZIĞ
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekâr

Eğitim:

İlköğretim:

1994–1995 Emrullah Efendi İlköğretim Okulu (Kırklareli)
1995–1997 Vali Alaattin Turhan İlköğretim Okulu (Mardin)
1997–1999 Nadir Tolun İlköğretim Okulu (Balıkesir)

Ortaöğretim

1999–2001 Org. Cemal Tural İlköğretim Okulu (Konya)

Lise

2001–2002 Naciye Mumcuoğlu Lisesi (Konya)
2002–2004 Hulusi Sayın Lisesi (Elazığ)

Lisans

2007–2011 Fırat Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik, Elazığ