

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İYONKÜREDEKİ ANİ KARIŞIKLIKLAR

Tuba KARABOĞA

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Osman ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İYONKÜREDEKİ ANİ KARIŞIKLIKLAR

Tuba KARABOĞA

Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı

Bu tez, 27/09/2005 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Osman ÖZCAN

Üye: Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU

Üye: Doç. Dr. Ali ÖLÇÜCÜ

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 12/10/2005 tarih ve 2005/35-4 sayılı kararıyla onaylanmıştır

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasından bana her türlü maddi ve manevi desteğini veren hocam Prof. Dr. Osman ÖZCAN' a, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım saygı değer hocamız Prof. Dr. Mehmet AYDOĞDU'ya ve diğer anabilim dalı hocalarıma teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her safhasında yanımda olan ve benden hiçbir şeylerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	II
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	IV
SİMGELER LİSTESİ.....	V
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX

1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ PATLAMALARI VE İYONKÜREDEKİ ETKİLERİ.....	4
2.1. İyonküre ve Manyetokürede Meydana Gelen Fırtınalar, Auroralar.....	13
2.2. Kutup Soğurulması.. ..	21
3. İYONKÜREDEKİ ANİ KARIŞIKLIKLAR.....	29
4. SONUÇLAR.....	42

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. 1610-1980 yıllarına ait Güneş lekesi dağılımı.....	6
Şekil 2.2. 1700-2000 yıllarına ait Güneş lekesi dağılımı.....	6
Şekil 2.3. 1940–2000 yılları arasında Güneş devri ile jeomanyetik aktivitenin değişimi.....	7
Şekil 2.4.(a). Yıllık ortalama Güneş lekesi sayısı ile AA indisinin karşılaştırılması	8
Şekil 2.4 (b). Aylık ortalama AA indisi ile aylık ortalama Güneş lekelerinin değişimi.....	8
Şekil 2.5 Yıllık ortalama A_p indisi ile Güneş rüzgarı hızının karşılaştırılması.....	9
Şekil 2.6. Güneş patlamalarının Dünya üzerindeki etkileri.....	11
Şekil 2.1.1. Güneş'te meydana gelen bir patlamayla beraber, Güneş rüzgârının Dünya' ya ulaşması ve etkileri.....	15
Şekil 2.1.2. 5-6 Haziran 1967'de meydana gelen bir manyetik fırtınanın Hawaii, Honolulu' da yapılan ölçümlerinde H bileşeninin değişimi.....	16
Şekil 2.1.3. 14 Mayıs 1969'da meydana gelen fırtına olayı.....	17
Şekil 2.2.1. 1962–1972 yılları arasında meydana gelen kutup soğurulması olaylarının ve Güneş lekesi sayılarının yıllara göre değişimi.....	24
Şekil 2.2.2. 1962–1972 yılları arasında meydana gelen ve sürekliliği 2 dB'den büyük kutup soğurulması olayları.....	24
Şekil 2.2.3. 1976–1989 yılları arasında meydana gelen kutup soğurulması olaylarının yıllara göre enerji dağılımı ve Güneş lekesi sayıları.....	25
Şekil 2.2.4.(a). 23 Şubat 1956'da meydana gelen patlama sonucunda meydana gelen kutup soğurulması olayı.....	26
Şekil 2.2.4.(b). 11 Eylül 1957'de meydana gelen patlama sonucunda meydana gelen kutup soğurulması olayı.....	27
Şekil 2.2.5. 10 Kasım 1961'de meydana gelen kutup soğurulması olayında faz ve genliğin değişimi.....	28
Şekil 2.2.6. 1 Şubat 1962'de meydana gelen kutup soğurulması olayına dalganın genliğinin değişmesi.....	28
Şekil 3.1. Genel olarak bir SID meydana gelmeden önce ve sonra iyonküredeki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi.....	30
Şekil 3.2. Elektron yoğunluğunun zamana bağlı olarak yükseklikle değişimi.....	32
Şekil 3.3. 7 Ekim 1948'de meydana gelen SID süresince sabit yüksekliklerde elektron yoğunluğunun değişimi.....	33

Şekil 3.4. 14 Temmuz 2000’ de Güneş patlaması sonucu meydana gelen SID olayının GPS gözlemleriyle elde edilen: (a) X ışını akısının zamanla değişimi, (b) Toplam elektron miktarı ve (c) Toplam elektron miktarının değişim oranının 24 saatlik değişimleri.....	34
Şekil 3.5. 14 Temmuz 2000’de Güneş patlaması sonucu meydana gelen SID olayının GPS gözlemleriyle uluslararası zamanla 1000–1045 saatleri arasında, dört bölgenin alıcıları ve uydulardan (a) Güneş X ışını akıntıları, (b) ortalama TEC ve (c) rTEC değişimleri.....	35
Şekil 3.6. 2 Eylül 1966’da meydana gelen SID olayları ve 2–12 Å ⁰ ’da X ışını akıları.....	40
Şekil 3.7. 13 Kasım 1966’da meydana gelen SID olayları ve 10–50 keV enerjili X ışını akıları.....	41



ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Güneş patlamalarının büyüklük ve şiddetine göre sınıflandırılması.....5

Tablo 2.2. Güneş patlamalarının enerji akına sınıflandırılması.....5



SİMGELER

$\text{\AA}$	: Angström
$\bar{e}$	: Elektron
h	: Plank sabiti
H	: Manyetik alanın yatay bileşeni
ν	: Frekans
λ	: Dalga boyu



KISALTMALAR

AA	: Jeomanyetik indis
Ap	: Jeomanyetik indis
CME	: Koronal kütle atılımı (Coronal Mass Ejection)
dB	: Desibel
Dst	: Jeomanyetik indis
Es	: Sporadic (arasıra görünen) E tabakası
EUV	: Ekstra ultraviyole ışın
eV	: Elektron-volt
f_cD	: D bölgesi kritik frekansı
f_cE	: E bölgesi kritik frekansı
f_cF1	: F1 bölgesi kritik frekansı
f_cF2	: F2 bölgesi kritik frekansı
GHz	: Giga-hertz
GPS	: Küresel yer belirleme sistemi (Global Position System)
HF	: Yüksek frekans
Hz	: Hertz
hmF2	: F2 tepesi, F2 bölgesinde maksimum elektron yoğunluğunun olduğu yükseklik
K	: Kelvin
K	: Jeomanyetik indis
keV	: Kilo-elektron volt
kHz	: Kilohertz
Kp	: Manyetik indis
LF	: Düşük frekans
MeV	: Mega-elektron volt
MHz	: Megahertz
MÖ	: Milattan önce
NmF2	: F2 tepesi maksimum elektron yoğunluğu
rTEC	: Toplam elektron miktarının zamanla değişim oranı
SC	: Ani başlangıç (Sudden Commencement)
SCNA	: Ani kozmik gürültü absorpsiyonu (Sudden Cosmic Noise Absorption)
SCR	: Güneş kozmik ışınları (Sun Cosmic Rays)
SEA	: Atmosfer bileşenlerinin ani artışı (Sudden Enhancement of Atmospherics)
SES	: Sinyallerin ani artışı (Sudden Enhancement of Signals)

SFA	: Ani alan şiddeti anormalliği (Sudden Field Abnormally)
SID	: İyonküredeki ani karışıklıklar (Sudden Ionospheric Disturbances)
SPD	: Ani faz sapmaları (Sudden Phase Deviations)
SPA	: Ani faz anormalliği (Sudden Phase Anomalies)
SPE	: Ani faz artışları (Sudden Phase Enhancements)
Sq	: İyonkürenin sakin gün akımı (Sun Quiet)
SWF	: Kısa dalga sönümü (Short Wave Fadeout)
TEC	: Elektron miktarındaki toplam değişim (Total Electron Content)
UV	: Ultraviyole ışın
UZ	: Uluslararası zaman
V	: Volt
VLF	: Çok düşük frekans
YZ	: Yerel zaman



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İYONKÜREDİKİ ANİ KARIŞIKLIKLAR

Tuba KARABOĞA

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 47

Güneş yüzeyinde leke olarak adlandırılan bölgeler, büyük manyetik alana sahip bölgeler olup, çoğu zaman patlamalar bu lekeler üzerinde olur. Güneş patlaması olarak adlandırılan bu olayların oluşumu anidir ve patlamalar sonucunda uzaya, radyo dalgaları, X ışını, EUV ışını, gama ışını ve yüklü parçacıklar yayılır. Bu yayılımlar Dünya'ya ulaştığında, iyonküre ve manyetokürede önemli değişikliklere neden olurlar. Çoğu zaman bu olaylar elektromanyetik dalgaların fazına, şiddetine etki ederek, yapılan dalga yayılımını etkiler. Genel olarak ani karışıklıklar olarak bilinen bu olaylar bir uyarı sistemi olmaksızın oluşur ve birkaç dakika ile birkaç gün arasında değişen zamanlarda etkin olurlar.

Bu tez çalışmasında, Güneş'te meydana gelen patlamaları sonucunda Dünyamıza gelen X ışını, UV ve EUV ışınlarının yoğunluklarındaki ani artışlarının iyonküreyi nasıl etkilediği araştırılarak, meydana getirdiği etkiler, iyonküredeki ani karışıklıklar açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş patlamaları, iyonküredeki ani karışıklıklar (SID), iyonküredeki ve manyetoküredeki fırtınalar, aurora, kutup soğurulması.

ABSTRACT

Ms.D.Thesis

SUDDEN DISTURBANCES IN THE IONOSPHERE

Tuba KARABOĞA

**Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics**

2005, Page: 47

The regions called as the spot on the Sun area is that these regions have big magnetic field. Generally, the flares consist from these spots. These events called as flares are too sudden. As results of these flares, X ray, EUV ray, gamma ray and charged particles are propagated to space. As these propagations arrive to Earth, they cause important changes in the magnetosphere and ionosphere. Besides, these events affect the phase of wave and the propagation. These events called as the sudden disturbances consist without becoming a warning systems and continuous a few minute or days.

The sudden enhancement of densities X ray, UV and EUV rays making up at results of the Sun flares coming to our Earth have been investigated how ionosphere affects and have been studied to explain the sudden disturbances in the ionosphere.

Keywords: Sun flares, sudden disturbances in the ionosphere (SID), storms in the ionosphere and magnetosphere, aurora, polar absorption.

1. GİRİŞ

Yer küreyi çevreleyen atmosfer, sıcaklık, fiziksel olaylar ve kimyasal bileşenlerine göre çeşitli bölgelere ayrılır. Atmosferin Güneş ışınları tarafından oluşturulan bölgesine 'iyonküre' denir. İyonküre genellikle eşit sayıda serbest elektron ve pozitif iyonlardan oluşur. Bu nedenle, iyonküre atmosferin iyonlaşmış kısmıdır ve elektriksel olarak nötrdür. Bu özelliğinden dolayı iyonküre doğal bir plazma olarak kabul edilir. İyonkürenin oluşumunda en büyük etki Güneş tarafından oluşturulmakla birlikte, her bölgenin kimyasal yapısı ve bileşenleri farklı olduğundan, Güneş'ten gelen farklı dalga boyuna sahip ışınlar farklı yapıda bölgelerin oluşmasını sağlar. İyonkürede elektron yoğunluğu, Yer'den yüksekliğe, enleme, mevsime ve yerel zamana göre değişir. İyonküre yaklaşık Yer'den 50 km yükseklikte başlar ve üst sınırı kesin olarak belli olmamakla birlikte, He^+ ve H^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonu gibi iyonlara baskın olmaya başladığı yükseklikte bittiği kabul edilir. İyonküre elektron yoğunluğuna göre D, E, F (F1, F2) olmak üzere üç bölgeye ayrılır [1-5].

Atmosferle ilgili olarak yapılan çalışmalarda Marconi'nin 1901'de Trans-Atlantik deneyi bu alanda önemli adımlar atmaya sağlamıştır. Yapılan bu deney sonucunda, dalganın Atlantik'i geçmesi, Dünya düzlemsel yapıda olmadığı için ancak iyonlaşmış tabakalardan yansıtılabileceği sonucuna götürmüştür. Daha sonraki araştırmalarda iyonkürenin yapısı, değişimleri, davranışına etki eden ve şekillendiren fiziksel süreçleri ortaya çıkarılmıştır. Uzak mesafe haberleşmeleri elektromanyetik dalganın iyonküreden yansımaları ve yayılmasıyla yapılır. Radyo haberleşmeleri açısından en önemli bölge, elektron yoğunluğunun en fazla olduğu F2 bölgesidir. Bu bölgenin yüksekliği ($h_m F2$) 200-400 km arasında değişmektedir. Bu bölgedeki elektron yoğunluğunu, plazma difüzyonu, nötr rüzgarlar, termal hareketler ve elektrik alanının sürüklemesi etkiler. İyonküreden dalgaların yansımaları ortamın kırılma indisine ve dalganın frekansına bağlıdır. Büyük frekanslı radyo dalgaları, üst yüksekliklerden yansımaları gerektirir ancak dalga frekansı çok büyük olduğunda, dalga yansımadan geçebilir. Bununla birlikte, dalgalar iyonkürenin daha alt tabakalarında soğurulurlar. Bu etki düşük frekanslı dalgalar için daha büyüktür [1,2,5,6].

İyonküre çok uzun ve kısa dalgaların yayılmasında yapıcı bir rol oynar. Çok uzun dalgalar için iyonkürenin en alt bölgesi iletken rolünü oynar. Uzun ve orta dalgalar için iyonküre kayıplı bir iletken gibidir. Özellikle uzun dalga yayılımı, çok zayıflamayla denizaltılarda yol göstermek için kullanılır. Çok uzun dalgalar, D tabakasından yansıtılarak yeryüzüne döndürülür. Böylece yeryüzü ile D tabakası arasında çok az zayıflamayla, çok uzaklara ilerlerler. İyonküre gündüz çok kayıplı bir ortam gibi, gece kayıplı bir ortam gibi

davranır. Bu durum, orta ve uzun dalga yayılımında farklar meydana getirerek, dalgaların sönmesine neden olur. D tabakası kısa dalgalarda hem gece hem de gündüz az kayıplı ortam gibi davranır. Böylece kısa dalgalar çok zayıflatma ile daha uzak mesafelere iletebilir. Orta ve uzun dalgalar, gündüz D tabakasına çarparsa, çok kayıplı ortamdan dolayı çok fazla zayıflatılarak söndürülürler [2].

İyonküre üzerine yapılan diğer bir çalışma da gürültü ile ilgilidir. Gürültü insan sağlığı bakımından önemli bir olaydır. Endüstri, tıp ve bilimsel çalışmalarda hızla artan sayıda elektromanyetik vericiler 100 milyon üzerine çıkmıştır. Gürültünün 85 dB'i aştığında insan sağlığı üzerinde olumsuz etki gösterdiği saptanmıştır.

İyonkürenin oluşumunda temel parametreler olan Güneş'ten gelen X ışınları, mor ötesi ve kozmik ışınların yoğunluklarındaki ani bir değişim iyonkürenin elektron yoğunluğunu, sıcaklığını ve yüksekliğini değiştirir. Özellikle Güneş patlamaları, Güneş tutulmaları ve meteor yağmurları, yıldırımlar gibi olaylar iyonkürede büyük değişikliklere sebep olurlar. Bu etkiler bir kaç dakikadan birkaç güne kadar sürebilmektedir. Güneş patlamaları ile beraber Güneş'ten Dünyamıza birkaç kHz'lik radyo frekansından şiddetli gama ışınlarına kadar çeşitli elektromanyetik ışımlar ve enerji yüklü elektron-proton parçacıkları yayılmaktadır (Güneş rüzgârı). Güneş patlamaları anidir ve oluşum zamanları önceden bilinmemektedir. Büyüklüğüne bağlı olarak bir patlama sonucunda Güneş'ten yayılan ışıının ve parçacıkların miktarında da bir artış olur. Bu artış çoğu zaman Dünya'ya çok az bir zaman gecikmesiyle ulaşır ve atmosferin alt yüksekliklerine kadar nüfuz eder. Enerjideki ani artış çoğu zaman özellikle iyonkürenin elektron yoğunluğu miktarını değiştirirken, bazen de Yer'in manyetik alanını etkiler. Bu olaylar sırasında iyonkürenin fiziksel ve kimyasal yapısında önemli değişimler meydana gelir. İyonkürede meydana gelen bu değişimler dalganın fazında, genliğinde önemli değişiklikler meydana getirir. İfade edildiği üzere günümüzde haberleşmeler iyonküre ve uydular aracılığıyla yapılmaktadır. Her frekans maksimum belli bir yüksekliğe kadar çıkabilmekte ve yansımaktadır. Tabakalardaki ani yoğunluk artışı gelen dalgaların normalden daha fazla soğurulmasına neden olur. Bazen haberleşmeler kısa süreliğine kesilirken, bazen de artan gürültü nedeniyle sağlıklı yapılamaz [6,7].

İyonküredeki elektron ve iyon yoğunluğu doğrudan Güneş'ten gelen ışıımlara bağlı olduğundan, Yer'in Güneş'e göre hareketi veya Güneş aktivesindeki değişimler elektron yoğunluğunu etkiler. Bu değişimler genel olarak iki grupta toplanır. İlki, genellikle düzenli olup belli zaman periyodunda oluşan ve önceden tahmin edilebilenler. Diğerisi ise, önceden tahmin edilemeyenler olup bunlara genel olarak meydana gelen bu değişimler 'karışıklıklar' olarak adlandırılır. Meydana geliş şekilleri, etkileri ve meydana geldikleri yükseklik ve yer

bakımından, iyonküredeki fırtınalar ve manyetik fırtınalar, auroralar, iyonküredeki ani karışıklıklar (SID) ve kutup soğurulması gibi farklı şekillerde sınıflandırılabilirler.

Güneş patlamalarıyla beraber iyonküre tabakaların soğuramayacağı kadar çok şiddetli mor ötesi ışınlara maruz kalır. Güneş patlamaları sonucunda iyonkürenin özellikle alt bölgelerine iyonlaşmanın aniden artması ile meydana gelen karışıklıklara ‘ani karışıklıklar’ denir. Bu karışıklıklar her hangi bir belirti olmadan aniden oluşur ve birkaç dakikadan birkaç saate devam edebilir.

İyonküre ile ilgili yapılan çalışmalarda çeşitli band aralığında dalgalar kullanılarak, iyonkürenin sakin (Güneş etkinliği yok) ve karışık günlerdeki durumu incelenmektedir. Bu çalışmalarda elektron yoğunluğu miktarı ve yükseklikle değişimi, elektromanyetik dalgaların yansımaları, kırılması ve soğurulması, jeomanyetik alanın değişimi ve radyo haberleşmelerine olan etkileri incelenmektedir.

İyonkürede meydana gelen bu olaylar bazen Güneş’le ilgili olmadan iyonküre içindeki süreçlere, yıldırımlara, meteor yağmurlarına bağlı olarak da olabilmektedir. Bunun yanı sıra Güneş’te meydana gelen her olay sonucunda bu olaylar gözlenemeyebilmektedir.

Bu çalışmada, doğrudan Güneş’le ilgili olan iyonküredeki karışıklıkların nasıl, ne zaman ve hangi yüksekliklerde meydana geldiği araştırılarak, bu olaylar sırasında iyonkürenin durumu ve radyo haberleşmeleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Ayrıca meydana gelen bu karışıklıklar üzerinde tek tek durulacak ancak iyonküredeki ani karışıklıklar ve bu sırada meydana gelen olaylar detaylarıyla açıklanmaya çalışılacaktır.

2. GÜNEŞ PATLAMALARI VE İYONKÜREDEKİ ETKİLERİ

Güneş lekeleri en yaygın Güneş aktiviteleridir. Güneş lekeleri ilk kez MÖ 325`de Yunanlı bilim adamı Theophrastus tarafından tanımlanırken, düzenli gözlemleri ilk olarak 1610 yılında Çinliler tarafından gözlenmeye başlamıştır. Güneş lekeleri çok büyük manyetik alan şiddetine sahip kuvvetli manyetik alanlardır. Pozitif ve negatif kutuplara sahip dipollere benzerler. Bu şiddetli alanın leke içinde gazı sınırladığı ve leke ile etraftaki gaz arasındaki etkileşimi azalttığı düşünülmektedir. Bu etkileşim eksikliği soğuyarak karanlık bir görünüm oluşur. Leke denilmesinin sebebi de sıcaklığının Güneş`e göre (5000–6000 K) daha az (3000–4000 K) olmasından kaynaklanır. Karanlık bölgeler için umbra (tam gölge), tam gölgeyi sınırlayan gri sınır bölgesi için de penumbra (yarı gölge) ifadesi kullanılır. Güneş etkinliği, Güneş atmosferinin her katmanında saniye, dakika, gün ve ay mertebesinde süren kısa dönemli değişimlerin yanı sıra 11 yıl süren uzun dönemli ‘Güneş devri’ adı verilen etkinlikler olarak tanımlanmaktadır. Güneş lekeleri yaklaşık 11 yıllık bir periyot içinde artar ve azalır. Şekil 2.1`de 1610–1980 yıllarına ait Güneş lekesi dağılımları gösterilmektedir. Şekil 2.2`de ise 1700–2000 yıllarına ait dağılım verilmektedir. Her ikisi yaklaşık 11 yıllık bir periyodu kapsamaktadır. Ancak her Güneş devri aynı şekilde olacak diye bir durum yoktur. Ayrıca Güneş devirlerinde belli dönemlerde minimum ve maksimum gösterdiği bilinmektedir. [8–12].

Güneş maksimumu bu lekelerin en çok olduğu, minimumu ise en az olduğu yılları ifade eder. Maksimum Güneş devrinde gezegenler arası ortamda çok değişken koşullar meydana gelir. Meydana gelen bu olaylar Dünya atmosferinde önemli etkiler meydana getirebilmektedir.

Güneş patlamaları bir Güneş lekesinin yanında aniden kromosfer içinde meydana gelir. Manyetik alan ne kadar karmaşıksa patlama üretme olasılığı da o kadar fazladır. Bu patlamalar radyo dalgalarından X ışınlarına kadar geniş bir dalga bandında gözlenebilir. Patlama aktiviteleri radyo dalga yayımlarını uyarır ve radyo dalgaları düşük kromosfer ve birkaç Güneş yarıçapı kadar yüksekteki korona arasındaki Güneş atmosferinin tüm seviyelerinden yayımlanır. Güneş etkinliğindeki değişimler sırasında Güneş birkaç kHz`lik radyo frekansından en şiddetli gama ışıınımına kadar uzanan elektromanyetik ışıınım yayınlar. Bunlar milimetre dalga boylarından dekametre dalga boylarına kadar geniş bir menzili kapsar. Bunun yanı sıra Güneş zaman zaman koronal kütle atılımları (CME-coronal mass ejection) olarak adlandırılan elektron, proton gibi parçacıkların serbest bırakılmasına da neden olur. Radyo dalgaları da parçacıklarla beraber Dünya`ya ulaşır. Bunun yanında Güneş üzerindeki patlama değişimleri manyetik değişimleri meydana getirir. Bu değişimler de Dünya atmosferini etkiler. Bu jeomanyetik alanı etkilediği gibi aynı zamanda atmosferde gürültüye de neden olmaktadır. Şekil 2.3`de 1940–2000 yılları arasında Güneş lekeleri sayıları ile jeomanyetik aktivitenin değişimi verilmektedir.

Şekilden de görüldüğü gibi jeomanyetik aktivite ile Güneş devri arasında belirgin bir ilişki vardır [7–12].

Güneş patlamaları ve CME'ler büyüklüğüne ve şiddetlerine göre sınıflandırılırlar. Buna göre patlama büyüklüğü ve şiddeti aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [10,12].

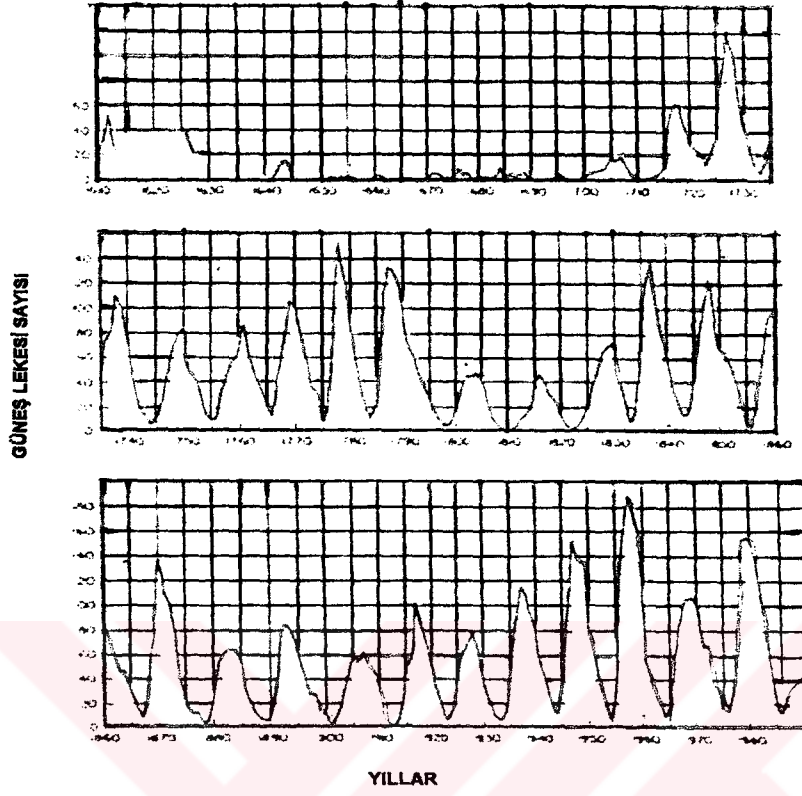
Tablo 2.1. Güneş patlamalarının büyüklük ve şiddetine göre sınıflandırılması [10].

Patlamanın Önemi	Oluştugu 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

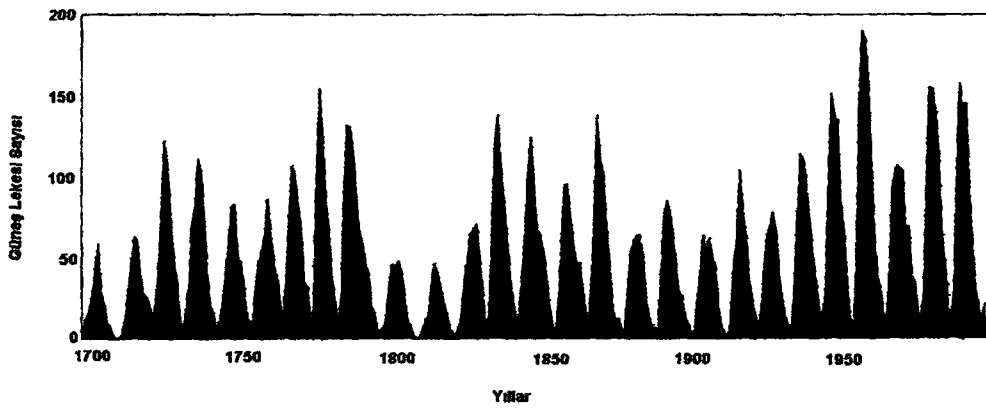
Patlamanın parlaklığı optik ve X ışını olmak üzere iki frekans bandında ölçülür. En yaygın optik patlama veya parlaklık sınıflandırılması, H α çizgisinin doppler kaldırmasına dayanır. Doppler kaldırması fışkıran gaz parçacığı hızının ölçümüdür ve gözlemciler tarafından patlama şiddetinin sübjektif tahminini yapmak için kullanılır. Bu sistem kullanılarak patlama zayıf (F), normal (N) veya parlak (B) olarak sınıflandırılır. Maalesef gözlenen optik şiddet görülen şartlara bağlıdır. X ışını frekans bandında yapılan ölçümler 1–8 $\text{\AA}$ hafif X ışını bandında ve 0.5–4 $\text{\AA}$ ağır X ışını bandında yapılır. X ışını patlamaları, patlamanın enerji akısı şiddetine göre sınıflandırılır. Her bir kategori kendi içinde dokuz alt kategoriye ayrılır. Hafif X ışınları için sınıflandırma sistemi şu şekildedir [10].

Tablo 2.2. Güneş patlamalarının enerji akısına göre sınıflandırılması [10].

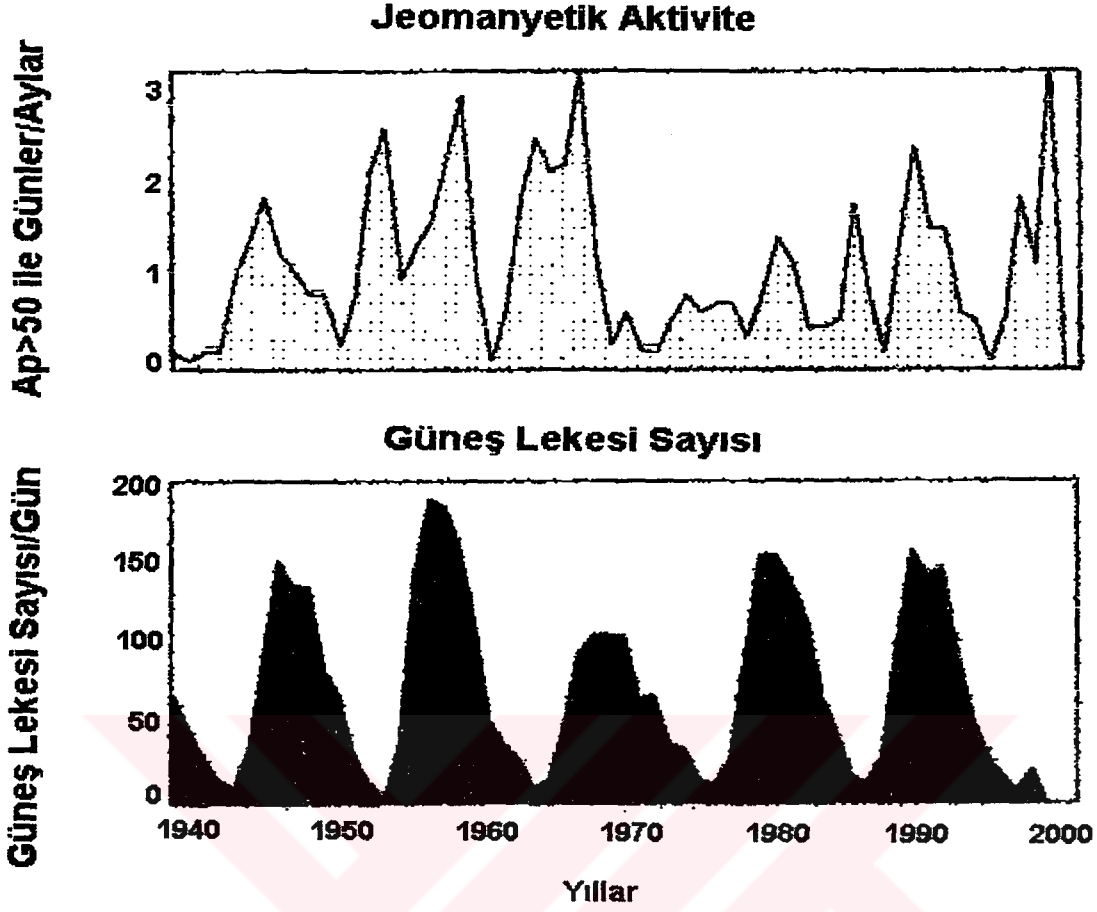
Sınıflandırma	X Işını Akısı (erg/cm ² sn)
C	10 ⁻³
M	10 ⁻²
X	10 ⁻¹



Şekil 2.1. 1610-1980 yıllarına ait Güneş lekeli sayılarının değişimi [13].



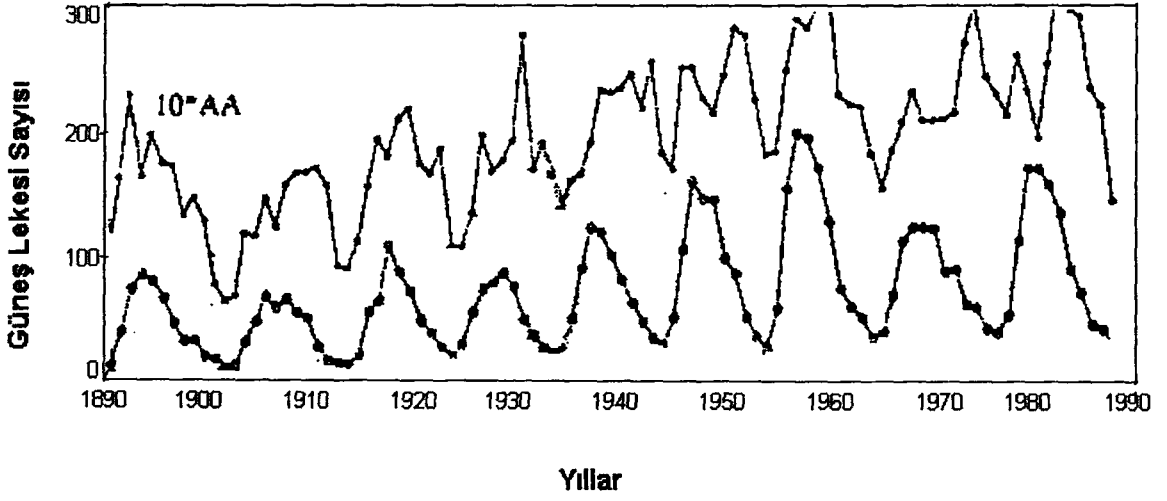
Şekil 2.2. 1700-2000 yıllarına ait Güneş lekeli devri [13].



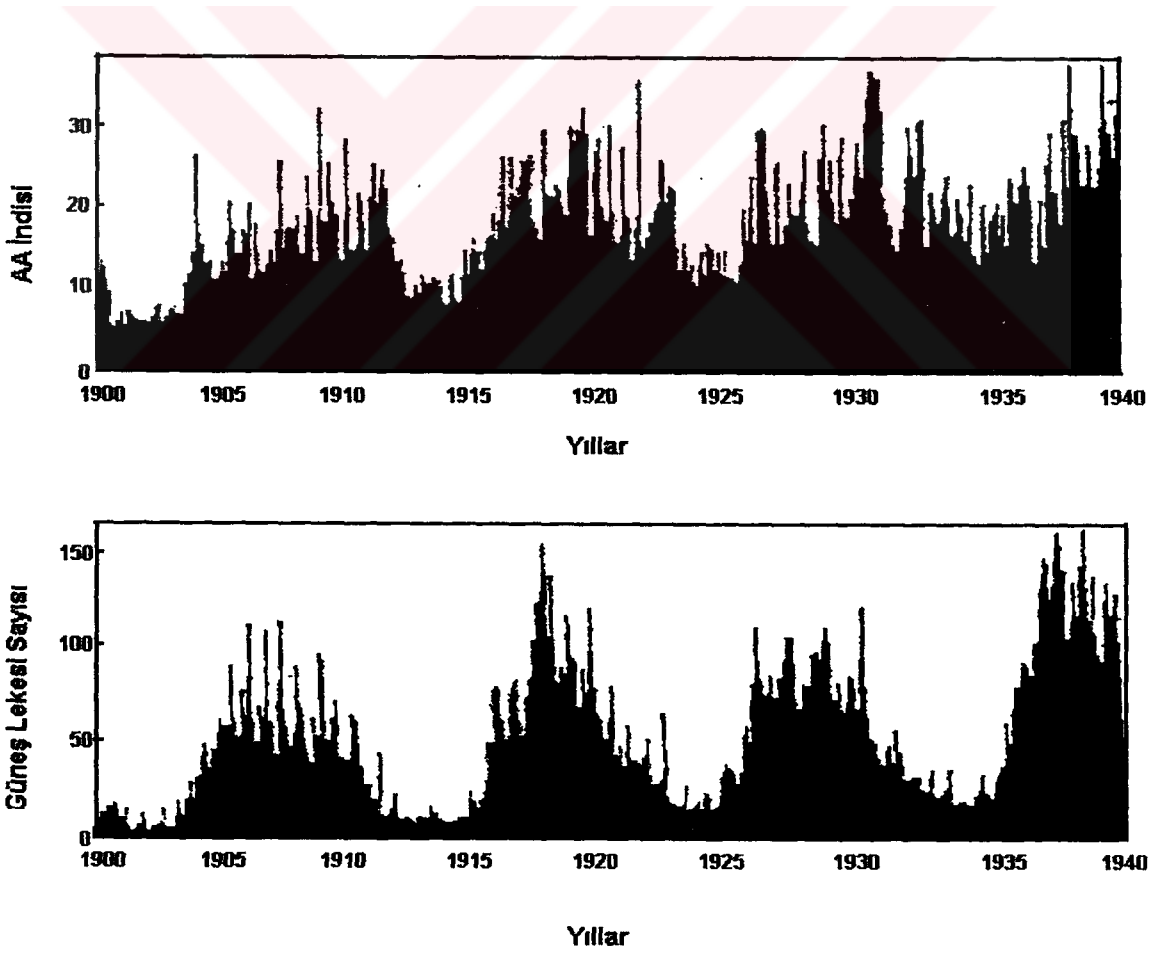
şekil 2.3. 1940–2000 yılları arasında Güneş devri ile jeomanyetik aktivitenin değişimi [13].

Yapılan alışmalarda Dünya çapında ölçülen bazı aktivite indisleri ile Güneş lekeleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Manyetik indisler, bir g zlemesine ait kayıtları bizzat inceleme imk nı bulamayan araştırmacılara bu olanağı kısmen de olsa sağlamak amacıyla, kayıtları farklı yönlerde tanımlayabilmek amacıyla düzenlenmektedir. Burada AA küresel jeomanyetik aktivite indisi, Ap ise Dünya üzerinde 13 g zlemesinden alınan günlük jeomanyetik aktivite ölçümüdür. Bunun dışında K, Kp, Dst...gibi manyetik indisler de vardır. Her bir indis çalışma hızı farklı manyetogramlarda, farklı enlemlerdeki g zlemelerinden alınan günlük veya 3 saatlik ölçümlerdir.

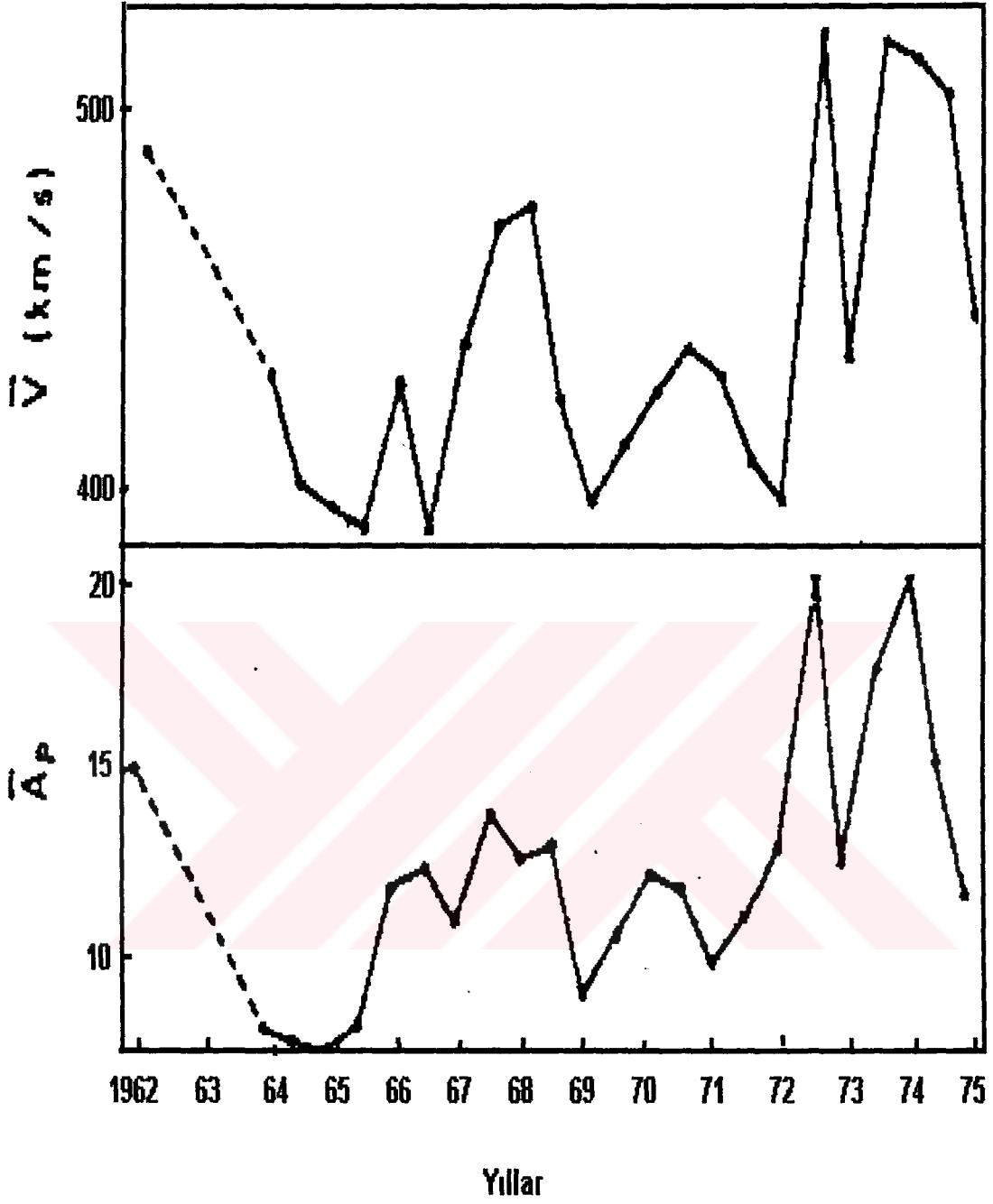
şekil 2.4 (a)'da yıllık ortalama Güneş lekesi sayısı ile AA indisi bir karşılaştırılması verilmiştir. Aynı şekilde şekil 2.4 (b)'de ise aylık ortalama AA indisi ile aylık ortalama Güneş lekelerini sayısı gösterilmektedir. Benzer ilişki şekil 2.5'de yıllık ortalama Ap indisi ile Güneş rüzgarı hızının karşılaştırılmasında verilmektedir. Bunun yanı sıra Güneş'in 27 günlük dönme periyoduyla ilgili olan Kp indisiyle de benzer sonuçlar elde edilmektedir [10].



Şekil 2.4 (a). Yıllık ortalama Güneş lekesi sayısı ile AA indisinin karşılaştırılması [10].



Şekil 2.4 (b). Aylık ortalama AA indisi ile aylık ortalama Güneş lekelerinin değişimi [10].

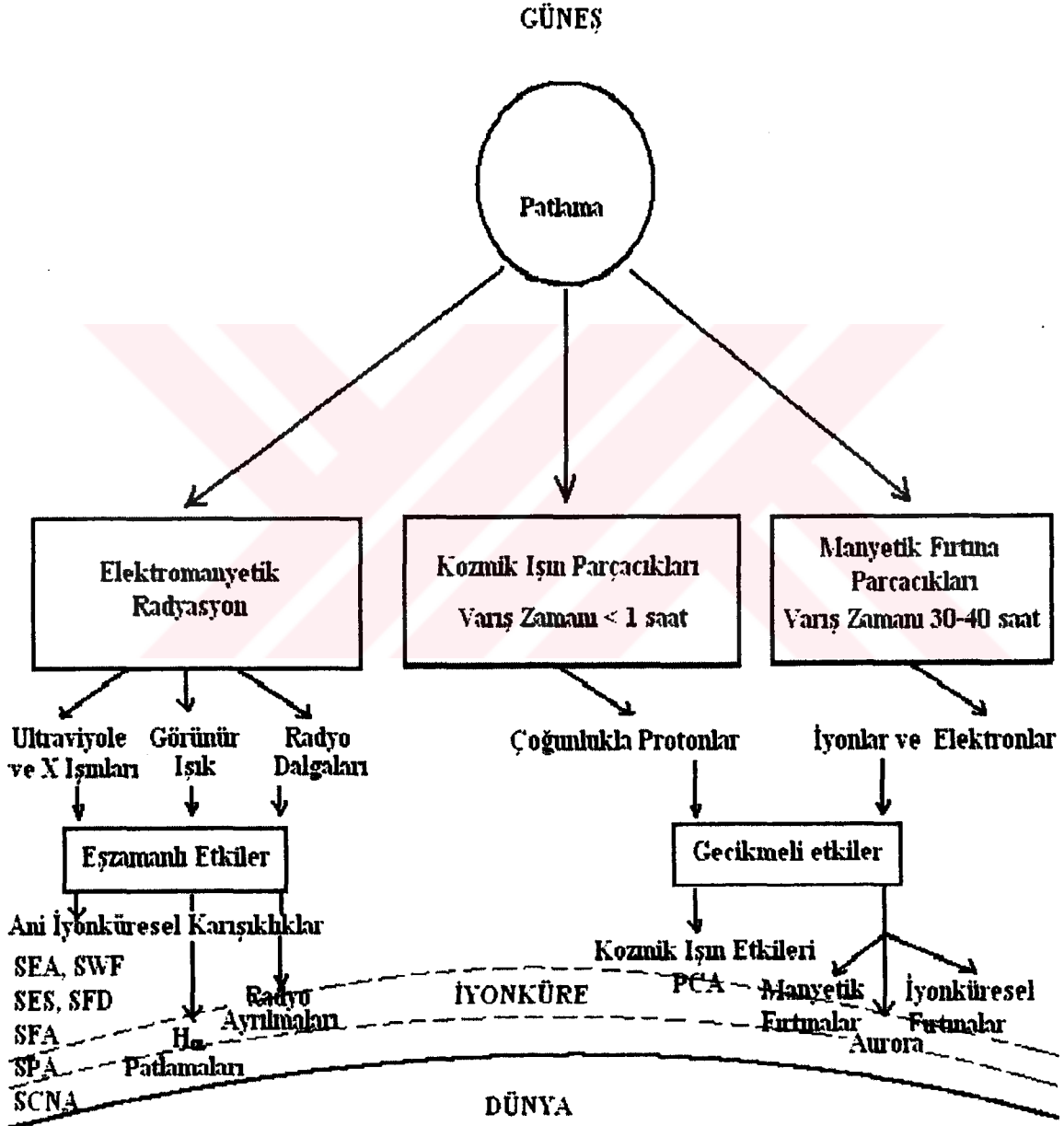


Şekil 2.5 Yıllık ortalama A_p indisi ile Güneş rüzgarı hızının karşılaştırılması [10].

İyonkürede ‘karışıklık’ terimi, iyonkürenin normal şartlardan farklı olduğu durumları, düzensizlikleri ifade etmek için kullanılır. Bu düzensizlikler Güneş aktivitesiyle kontrol edilir ve enleme, mevsime bağlı olarak günlük değişir. Dünya’nın üst atmosferi Güneş aktiviteleri yani Güneş lekelerinin artması veya azalması, Güneş’ten yukarı doğru büyük bir hızla püskürtülen parçacıklar ve kromoküredeki parlak patlamalarla etkilenir. Bu nedenle karışıklıklar belirgin bir şekilde 11 yıllık Güneş lekesi devriyle değişirken. Güneş lekesi sayısı arttığında daha sık meydana gelirler. Güneş patlamaları Güneş kromoküresinin küçük bir kısmının geçici parlaması şeklindedir ve genelde patlamalar bu lekeler üzerinde meydana gelir. Patlama sadece Güneş yüzeyinin çok küçük parçasını ($\sim 10^4$) kapsar. Fakat radyasyonun enerjisi hemen hemen büyüklüğünün iki katıdır. Kısa dalga elektromanyetik radyasyondan (UV, EUV, X ışınları), parçacık salınımına kadar çeşitli enerji ve dalga boyunda yayılımlar yapan Güneş, başta Dünya’nın manyetik alanında olmak üzere Dünya atmosferinde önemli ve saptanabilir birçok etkiye sebep olur. Radyasyon birkaç dakika içinde Dünya’ya ulaşırken, yüksek enerjili α parçacıkları ve protonlar enerjilerine bağlı olarak birkaç saat içinde ulaşırlar. Bunun yanı sıra yüksek enerjili parçacıklar başta Dünya olmak üzere gezegenler arası manyetik alan tarafından etkilenirler. Bu nedenle Dünya’ya ulaşması ve meydana getirdikleri etkiler bir iki gün sürebilir. Güneş aktiviteleri en çok atmosferin üst bölümünde etkilidir. Üst atmosferde sıcaklık artarken, atmosfere giren X ışınlarının yoğunluğundaki değişimler özellikle iyonkürede büyük değişimlere neden olabilir. Bu karışıklıklar ‘Güneş patlaması etkisi’ olarak da adlandırılıp, Dünya’nın günışığı kısmında iyonkürenin normal Sq akımlarını değiştirir. Jeomanyetik alanda meydana gelen bu etki, jeomanyetik alanın H bileşeninde 50 nT kadar pozitif ya da negatif büyük bir değişime neden olabilir. Bu etki orta enlemlerde daha büyükken, düşük enlemlerde daha azdır. Ancak tam tersinin olduğu durumlar da gözlenebilmektedir. Etkiler bütün Güneş devri boyunca gözlenebilmesine rağmen, Güneş maksimumunda daha çok görünürler. Güneş tutulmalarında ise etkinin tam tersi olduğu söylenebilir. Bu karışıklıklar Şekil 2.6’de gösterilmektedir [1,4,6–8,13–15].

Bir Güneş patlamasında daha hafif parçacıklar iyonkürede ve manyetokürede fırtınalara ve auroraları meydana getirirken, protonlar gibi enerjik parçacıklar kutup soğurulmasına, X ışınları ise ani karışıklıklara (SID) neden olurlar. 1 MeV’den az enerjili parçacıklar hemen hemen eşit sayıda elektron ve proton içerirler. Elektriksel olarak nötrdür ve yaklaşık patlamadan bir gün sonra Dünya’ya ulaşırlar. Çünkü gezegenler arası manyetik alandan kolayca etkilenirler, saptırılabilirler. Fırtınalar Güneş patlamalarıyla beraber olduğunda, patlama ve fırtınanın başlangıcı arasında geçen zamanın ölçülmesiyle, parçacıkların Dünya’ya varış zamanı tahmin edilebilir. Bu genellikle 36 saattir.

Bu etkilerin hepsi geçici olmakla beraber sürekliliği olayın büyüklüğüne bağlı olmakla beraber, birkaç dakika ile birkaç saat hatta günlerce sürebilmektedir. Bununla birlikte, tabaka yüksekliğinin-yansıma yüksekliğinin değişmesi, yaygın F, arasıra görünen E gibi olaylar da gözlenebilmektedir. Meydana gelen bu olaylar ileriki bölümlerde detaylı olarak incelenecektir



Şekil 2.6. Güneş patlamalarının Dünya üzerindeki etkileri [16].

İyonkürenin E tabakası ‘ara sıra görünen (sporadic) E’ nin oluşumu hariç pek fazla etkilenecekken, D ve F tabakaları daha kuvvetli etkilere maruz kalır. E bölgesi etkileri sık sık herhangi optiksel bir Güneş patlamasıyla aynı anda meydana gelir. Ani bir karışıklık süresince E, F1 ve F2’den yansımaların tamamen kaybolabilmektedir. Bu, D bölgesinde elektron yoğunluğunda çok büyük bir artışa işaret eder. Radyo soğurulmasında meydana gelen değişimler, D bölgesindeki etkinin büyüklüğünü verir. Her Güneş lekesi sayısında soğurulma yaklaşık %1 artmaktadır. F1 tabakası Güneş lekesi sayılarında E tabakasından yaklaşık iki kat daha fazla değişir. Çünkü F1 tabakası iyonlaşmanın maksimum olduğu tabakadır ve patlamalarla beraber X ve EUV ışınlarındaki artış, iyonlaşmanın artmasına neden olur [1,3,10,11–15].

Normal şartlarda yaklaşık 65 km’nin altında esas fotoiyonlaşma kaynağı galaktik kozmik ışınlardır. Bunlar ışık hızıyla hareket ederler. 10^{19} eV gibi büyük bir enerjiye sahip olup, manyetik alan tarafından saptırılabilirler. 85 km’ nin altında yoğunlukla alfa ışınları tarafından nitrik oksidin fotoiyonlaşması sağlanır. Alt iyonkürede iyonlaşma, X ışınları ile O_2 ve N_2 ’nin ve alfa ışınları ile NO’ nun fotoiyonlaşmasıyla ($NO+h\nu \rightarrow NO^++e^-$) aniden değişir. NO^+ ortamdaki elektronlarla birleşerek elektron kaybına neden olur. Sonuç olarak NO^+ iyonlarının üretilmesi bu bölgede önemli bir kayıp sebebidir. Bu nedenle en büyük değişim 100 km’nin altındaki bölgelerde meydana gelir. Çünkü alt iyonkürede kimyasal süreçler baskındır.

X ışınları 85 km’nin üzerinde daha etkilidir. E bölgesinde $20-100 \text{ \AA}$ da X ışınlarının iyonlaşmaya daha büyük katkısı vardır. Daha büyük yüksekliklerde ise fotoiyonlaşma oranındaki değişim EUV ışınlarından kaynaklanır. 150 km’ nin üzerinde (F bölgesi) kayıp için %0,5 civarında olup, çok küçüktür. Bu, NO^+ iyonlarının üretiminin F bölgesinde fazla etkili olmadığı anlamına gelir. Ayrıca, çok büyük patlamalarda, F bölgesi elektron sıcaklığı, tabakaların ayırt edilebilir termal genleşmesi ve yukarı doğru sürüklenme hızında ani bir artış gözlenir [8–15].

Bunun yanı sıra Güneş tutulmaları süresince iyonlaşma, kayıp oranlarına bazı etkiler görülür. Güneş Ay tarafından kısmen veya tamamen tutulduğunda iyonkürede elektron yoğunluğunda değişimler gözlenir. Dünya’ya ulaşan radyasyonun enerjisi çok yüksektir ve normalden daha alt bölgelere nüfuz edebilir. Bu etki özellikle D, E ve F1 bölgelerinde gerçekleşir. Fakat bazen etkiler F2 tepesine ($h_m F2$) doğru da yayılır. F2 bölgesinde ise tutulma sonuçlarını yorumlamak alt seviyelere göre daha zordur. F2 tepesi yanında küçük etkiler gözlenebilmekte ve difüzyondan veya elektromanyetik sürüklenmeden meydana gelen hareketler önemli olabilmektedir [6–12].

20 Temmuz 1963 Güneş tutulması, Millstone Hill Rasathanesi Massachusetts USA.da (43° K enlemi) tam olarak gözlenilmiştir. Oluşum süresince her 15 dakikalık tutulmada elektron

ve iyon sıcaklıkları ölçülerek elektron konsantrasyonun yükseklik profili çıkarılmıştır. Elektron sıcaklığında bütün tutulma süresince büyük bir azalma gözlenilmiştir. Durgun günde 350 km’de 2200 K olan elektron sıcaklığı, tutulma süresince aynı yükseklikte 1100 K ölçülmüş ve elektron sıcaklığındaki azalma 350 km üzeri bütün yüksekliklerde yaklaşık 1000 K bulunmuştur. Bu gözlemler, elektron sıcaklığının Güneş fotonlarından kaynaklanan ısı akısı enerjisiyle hızlı bir şekilde değişimlere cevap verdiğini göstermiştir. 100 K ila 300 K’lik azalma iyon sıcaklığında meydana gelmekte ve bununla beraber bütün tutulma süresi boyunca elektrondan daha az değişmektedir [7,14].

Tutulma süresince F bölgesinde, enlem ve yüksekliklerde hesaplanan kayıp oranlarında difüzyon çok önemlidir. En üst iyonkürenin tutulma süresince elde edilen gözlemlerinde, manyetik olarak sakin şartlar süresince meydana gelen iki tutulmada, elektron konsantrasyonun 100 km’ den 350 km’ ye bütün yüksekliklerde azaldığı tespit edilmiştir. Azalma termal büzülmeyle (çünkü elektron ve nötr gaz sıcaklığı tutulma süresince F bölgesinde azalır) oluşabileceği gibi F2 tabakasının bütün olarak aşağı doğru hareketiyle de meydana gelebilir [13].

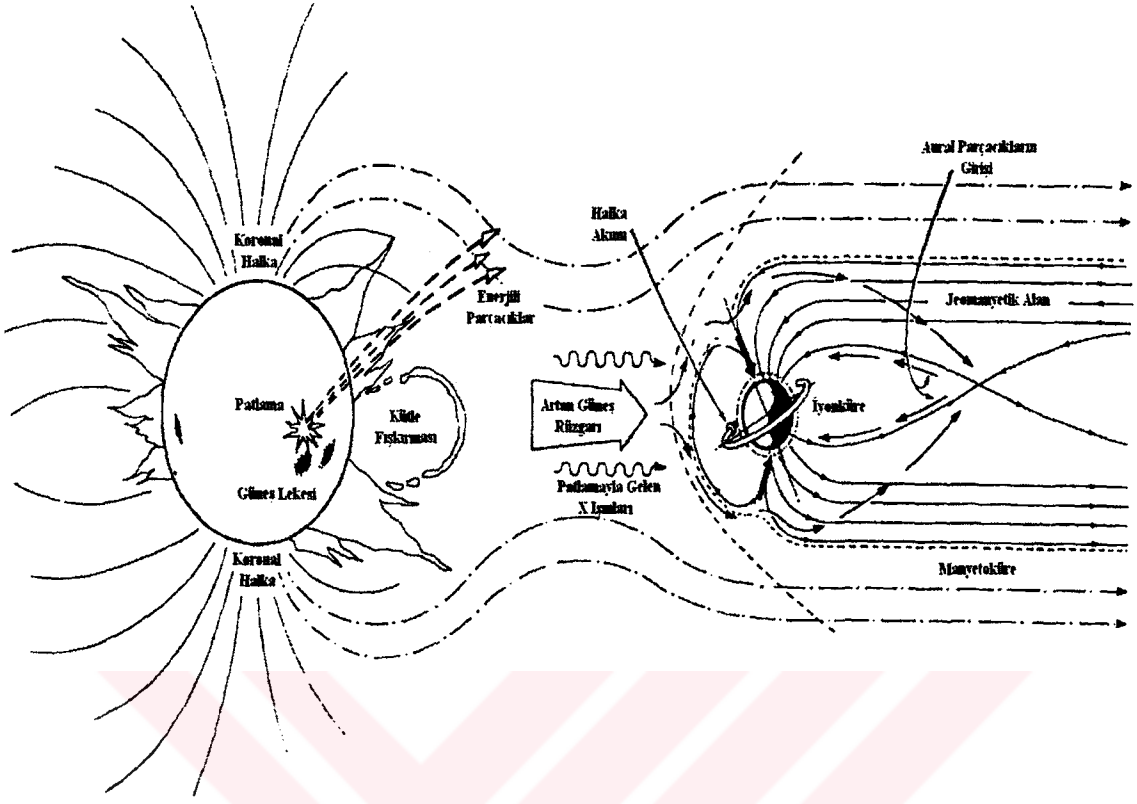
Radyo haberleşmesi açısından bu karışıklıklar çoğu kez haberleşmenin kesilmesiyle sonuçlanmaktadır. D bölgesinde artan elektron yoğunluğu sebebiyle soğurulma kadar çok fazlalaşır ki, anlaşılır radyo haberleşmeleri birkaç dakikadan birkaç güne devam eden periyotlarda mümkün olmayabilir. Artan iyonlaşma plazma titreşim frekansının artmasına neden olur. Böylece dalganın frekansı bu frekanstan küçük olur ve dalga soğurulur [10,13].

2.1. İyonküre ve Manyetokürede Meydana Gelen Fırtınalar, Auroralar

İyonküre zaman zaman ‘fırtına’ olarak adlandırılan büyük karışıklıklara maruz kalır. İyonküre fırtınaları, bazen Güneş rüzgârı olarak adlandırılan, yüklü parçacık akıntılarını üreten öncelikle Güneş patlamaları ve CME (koronal kütle atılımı) gibi Güneş aktivitesindeki ani büyük artışların sonucudur. Fırtınalar Güneş’te meydana gelen karışıklıklar Güneş maksimumunda meydana gelirler. Güneş rüzgârı şok dalgası şeklinde manyetoküreye ulaştığında, manyetik alanla beraber parçacık konsantrasyonunda değişimler meydana gelir. Bu etkiler Dünya’ya iletildiğinde, iyonkürede ‘iyonküre fırtınaları’ ve manyetokürede ‘manyetik fırtınalar’ olarak adlandırılan karışıklıklara neden olurlar. En çok Güneş lekesi maksimumuna yakın yıllar süresince oluşma eğilimindedirler. Genellikle Güneş patlamalarının neden olduğu ani karışıklıkları izlerler. Çok büyük Güneş aktiviteleri süresince ani karışıklıklar olmadan oluşurlar [1,10–16].

Değişen Güneş rüzgârının Dünya’da etkisi çok ani olabilir. Bu ‘ani başlangıç (SC)’ olarak adlandırılır. Birkaç gün devam edebilir ve bütün Dünya’da eş zamanlı başlar. En şiddetli fırtınalar Güneş kromoküresinin patlamasıyla başlar. Bazen bir patlamayla kesin olarak ilgili olmayabilir ancak büyük patlamalar en yaygın olarak Güneş lekesi maksimumunda gözlenir ve bu nedenle SC fırtınaları çok sık olur. Başka bir fırtına türü ise, Güneş devrinin azalan kısmı süresince, daha zayıf patlamalarla beraber olur. Bu fırtınalar genellikle SC olmadan kademeli başlar ve 27 günlük aralıklarla tekrarlanmaya yönelir. Güneş kendi ekseninde dönerken, Güneş lekeleri de Güneş’le beraber dönerler ve yaklaşık 27 gün süren bir periyodu kapsar. Bu 27 günlük tekrarlamaya neden olur. Fırtınaların genel özellikleri, Güneş’te ölçülen plazma hızlarıyla ve geometrik Kp indisinin değişimleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Nitekim Şekil 2.4.(a) ve Şekil 2.4.(b) ile Şekil 2.5’de Güneş lekeleri ve Güneş rüzgarı ile aktivite indisleri arasındaki ilişki gösterilmiştir. [7–17].

Artan Güneş rüzgarı yaklaşık 1000 km s^{-1} hızla manyetokürenin Güneş’e doğru alan kısmını ve manyetik kuyruğu kuşatır (Şekil 2.1.1). Dünya’nın Güneş’e bakan kısmında Yer’ in manyetik alan çizgileri Dünya’ya doğru geriler ve gece tarafındaki manyetik alan çizgileri Dünya’nın ekvator düzlemine doğru sıkışır. Meydana gelen sıkıştırma Dünya’ya gelirken gecikir. Bu nedenle ani sıkıştırma Dünyanın farklı yerlerinde birkaç dakika farkla gözlenebilir. Birkaç saat boyunca parçacık konsantrasyonunu ve hızı ile beraber Yer’in manyetik alanında artış meydana gelir. Bu manyetik fırtınanın ‘birinci evre (pozitif evre)’dir. Şok dalgası şeklinde etki eden Güneş rüzgârı, Dünya’yı sarar ve SC biter. Dünya çevresinde enerjili parçacıklar, elektronlar bir yönde protonlar diğer yönde olacak şekilde hareket ederler. Bu manyetik alanın şiddetinin hızlı bir şekilde azalmasına (ve de parçacık konsantrasyonunda) neden olur. Bu manyetik fırtınanın ‘ana evre’ olarak adlandırılır ve birinci evrenin tersidir. Bu iki evre arasında genellikle birkaç saatlik süre vardır. Ana evrenin iki sebepten meydana geldiği düşünülmektedir. İlki, Dünya’yı saran enerjili parçacıkların diğer yüklü parçacıkları beslemesi ve pozitif parçacıkların batıya, negatif parçacıkların doğuya doğru sürüklenmesidir. Bu ‘halka akımı’ adı verilen batıya doğru bir akımın meydana gelmesine neden olur. Bazı parçacıklar artan manyetik alanla beraber ivmelenirler ve daha güçlü elektrik alanlarını, halka akımını üretirler. Ekvator bölgesinde ise bu parçacıklar dışarı doğru ivmelendirilirler. İkincisi ise, fırtınayla beraber özellikle kutuplarda E tabakası yüksekliklerinde iyonlaşmayı artırmasıdır. Bu nedenle iletkenlikte bir artış meydana gelir ve elektrojet, manyetik alanda kutup bölgelerinde akımların artmasına neden olur ve bu etkiler orta enlemlere yayılır. Oluşan bu akım nedeniyle meydana gelen manyetik alan, Yer’in manyetik alanının aksi yönünde olduğundan, azalmasına neden olur. Daha sonra birkaç gün içinde bütün etkiler normale döner. Bu ise fırtınanın ‘geri alma (düzleme) evre’sidir. Manyetik fırtınalar farklı yüksekliklerde, farklı şekillerde görünür.

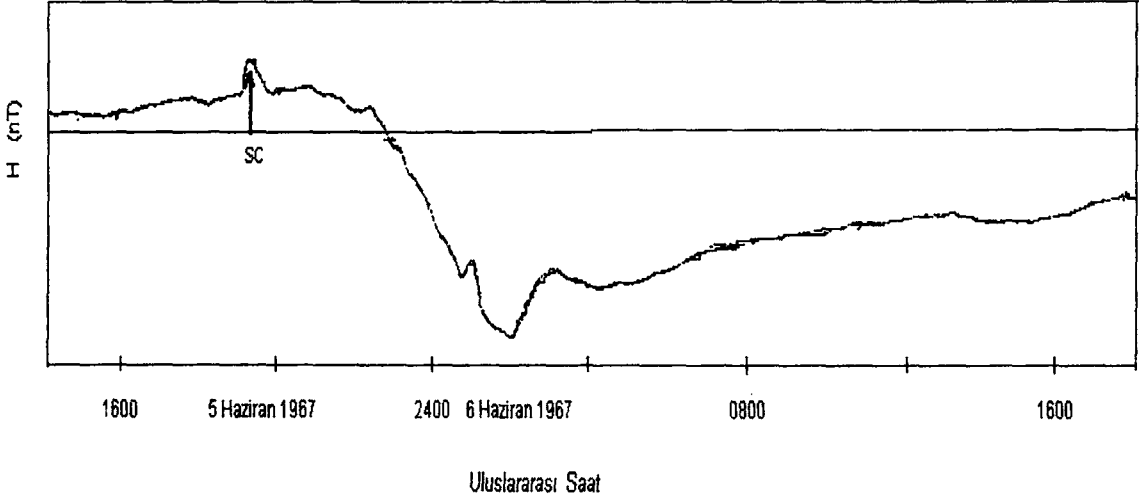


Şekil 2.1.1. Güneş'te meydana gelen bir patlamayla beraber, Güneş rüzgârının Dünya'ya ulaşması ve etkileri [1].

Etkiler auroral kuşak (64° - 68°) ve civarında daha hızlı ve etkili olmaktadır. Negatif evre (ana evre), öğlen ile akşam daha zayıf, gece ile sabah daha şiddetli olma eğilimindedir. Pozitif (birinci) evre genellikle gece başladığında kaybolur. Pozitif evre fırtınanın ilk gününde Dünya ile beraber döner ve ikinci gün tekrar görünmez [1,10-18].

Şekil 2.1.2' de tipik manyetik fırtına süresince jeomanyetik alanın H meydana gelen değişimi verilmektedir. Ölçümler 5-6 Haziran süresince Hawaii, Honolulu'da yapılmıştır. Fırtınanın üç evresi belirgin bir şekilde görülmektedir.

İyonkürede meydana gelen fırtınalar büyük etkili olup, ara sıra meydana gelirler ve homojen değildirler. İyonkürenin her bölgesinde aynı şekilde görülmezler ve manyetik karışıklıklarla ilişkilidirler. Manyetik fırtınalar gibi üç evreden oluşurlar. İlk evre 'birinci' veya 'pozitif evre' olarak adlandırılır. Bu, Güneş rüzgârının Dünya'ya ulaşmasıyla, elektron konsantrasyonunda büyük bir artış meydana gelmesidir. Daha sonra elektron yoğunluğu aniden normalin altına düşer ve 'ana evre (negatif evre)' adı verilir. Sonra değerler yavaşça tekrar normale döner. Bu ise aynı şekilde 'geri alma' veya 'düzeltme' evresi olarak adlandırılır. Oluşum nedenleri manyetik fırtınalarla aynıdır. [1,10,11-16].



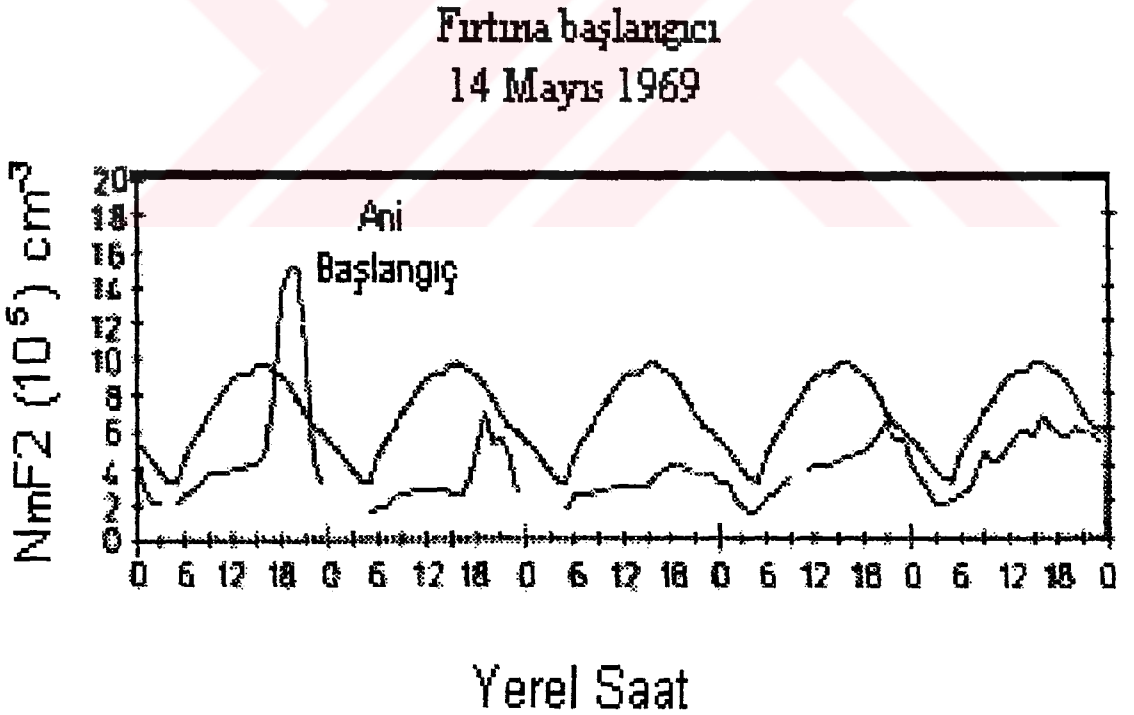
Şekil 2.1.2. 5–6 Haziran 1967’de meydana gelen bir manyetik fırtınanın Hawaii, Honolulu’da yapılan ölçümlerinde H bileşeninin değişimi [16].

Etkilerin büyüklüğü enlemlerle değişir. Orta ve yüksek enlemlerde etkileri düşük enlemlerden daha büyük olur. Yaklaşık 30° ’nin altındaki enlemlerde etkileri çok azdır. Maksimum elektron yoğunluğu güçlü bir fırtınada %30 azalabilir. Özellikle F tabakasını daha çok etkiler. Karışıklıklar çok büyük olmadıkça alt tabakalar pek etkilenmez. Bu etkiler ani veya kademeli olabilir. D bölgesi elektron yoğunluğu ve F2 tabakasının difüzyon ve genişmesinde bir artış vardır. Kritik frekanslar, tabaka yükseklikleri ve soğurulmada değişimlere neden olabilirler. Fırtınalar süresince F bölgesinin davranışı, mevsime, coğrafik enleme, yerel zamana ve fırtına zamanına göre değişmektedir. Fırtınalar iyonkürenin düşey yöndeki hareketine, kimyasal bileşenine etki etmekte ve sonuç olarak elektron yoğunluğunu değiştirmektedir. İyonosondalar pozitif evre süresince orta enlemlerde $h_m F2'$ ’nin arttığını tespit etmiştir. Yüksek enlemlerdeki anormal ısınmadan dolayı, moleküler olarak zenginleşen hava, orta enlemlere doğru değişen hava akımıyla değişir. Basınç farkından dolayı orta enlemlere doğru esen rüzgâr $h_m F2'$ ’in yukarı doğru kaldırılmasını sağlar. Bununla birlikte negatif evre süresince F bölgesinin genişlediği de saptanmıştır. 14 Mayıs 1969’da meydana gelen bir fırtınada $N_m F2'$ ’nin değişimi Şekil 2.1.3’de verilmektedir. Fırtına evreleri belirgin bir şekilde görülmektedir [1,11].

Şiddetli bir fırtına süresince iyonküre karışmış durumdadır. Tabakaların kat kat oluşumu ortadan kalkar ve sonuç olarak haberleşme düzensizdir. Fırtınanın daha sonraki safhasında fırtına yavaşlar (etkileri hafifler) ve iyonkürenin üst kısmı genişler, difüzyona uğrar. Böylece tabakaların yükseklikleri değişir. D tabakasında radyo dalgalarının soğurulması artar. HF bandı tamamen olumsuz bir şekilde etkilenebilir. Etkiler Güneş lekelerinin maksimum olduğu

durumda daha şiddetlidir ancak Güneş minimumunda haberleşmeler üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu gözlenmiştir [16].

Fırtınalar elektron yoğunluğunun kutup bölgelerinde azalmasına, ekvator bölgesinde artmasına, orta enlemlerde ise hem artmasına, hem de azalmasına neden olur. Fırtınalar süresince, enlemlerde meydana gelen elektron konsantrasyonundaki azalma, elektron kayıp oranındaki azalmaya dayandırılarak açıklanabilir. Fırtına süresince NO^+ iyonunun konsantrasyonunda artış meydana gelir. Sıcaklık arttığından, bu oran da artar ve elektron konsantrasyonu azalır. Fırtınalara neden olan parçacıklar yüksek enlemlerde ısının atmasını sağlarlar. Isınan iyonküre genişleyerek iyonkürenin yüksekliğini artırır. Bu nedenle rüzgârların hızı da artar. Yüksek enlemlerdeki bu basınç farkı düşük enlemlere doğru esen rüzgârın hızını artırırken, gündüz yüksek enlemlere doğru esen rüzgârın hızını azaltır. Bu nedenle bazen orta enlemlerde boylama bağlı olarak elektron yoğunluğu artabilmektedir. Üst atmosferde sıcaklık kutup bölgelerinde daha büyük artış oranı sahiptir. Ayrıca meydana gelen halka akımı batıya doğru plazma sürüklenmesine neden olur. Bu güneye doğru esen rüzgârla birleşerek iyonküreyi yukarı kaldırarak, elektron yoğunluğunu artırabilir [7,11].



Şekil 2.1.3. 14 Mayıs 1969'da meydana gelen fırtına olayı [1].

Genellikle fırtına olayları bütün Dünya üzerinde D, E ve F tabakalarının kritik frekanslarında önemli değişiklikler meydana getirir (f_0D , f_0E , f_0F1 ve f_0F2 kritik frekansları, tabakalardan dikey olarak yansıtılan en büyük radyo frekansı olarak tanımlanır ve maksimum elektron yoğunluğunun kareköküyle orantılıdır). Orta enlemlerde iyonkürede meydana gelen bir fırtınanın ilk safhası süresince, F2'nin maksimum elektron yoğunluğu (N_mF2) artar ve bazen bu zaman süresince f_0F2 kritik frekansı kolay tanımlanamaz. Bu, yaklaşan fırtınanın esas belirtilerinden biridir. Diğer belirgin özelliği ise, D bölgesinde soğurulmanın artıştır. Bu değişimler bu bölgede elektron konsantrasyonunda değişime işaret eder. Fırtınanın ilk birkaç saati süresince iyonküre karışmış haldedir. E ve F tabakaları arasındaki bütün alan iyonlaşma oluşumlarıyla doludur. Genellikle f_0F2 kısa bir süre (~5 dakika) artar ve sonra yavaşça manyetik fırtınanın ana fazı süresince azalır. Kutup bölgelerinde esas etkileri, E ve D bölgesi elektron konsantrasyonundaki artıştır. Bu enerjili parçacıklarla (elektronlarla) ilgilidir [1,10–19].

Mevsimsel ve yarıküresel etkilerde belirgindir. Yaz yarıküresinde negatif evre nispeten daha şiddetlidir ve pozitif evre daha zayıftır. Kışın güney yarıkürede meydana gelen fırtınaların ana evre süresince N_mF2 'de meydana gelen artış, yarı küreler arası farklılıktan kaynaklanır. Yazın gündüz saatlerinde meydana gelen bir fırtına bütün F2 bölgesini kapatır ve zamanla daha yüksek bölgelere yerleşir. Kışın gündüz vakti F2 bölgesi daha alçak olduğunda, karışıklık kendi maksimumunda gözlenir. Orta enlemlerde ise karışıklıklar bölgesel zamana bağlı şekilde değişir. Bununla birlikte, mevsimsel analizler elektron yoğunluğunun yaz boyunca düştüğünü fakat kışın arttığını gösterir [1,14,18].

Fırtınaların sürekliliği birkaç saat ile birkaç gün arasında değişir. En güçlü kutuplarda (yüksek enlemler) gözlenmekle beraber, ekvator bölgelerinde de gözlenir. Bazen kutup manyetik alanında kısa ömürlü değişimler meydana gelir. Bunlar 'kutup fırtınaları' olarak adlandırılır. En çok geri alma evresi süresince oluşur. Alt fırtına manyetokürede taşımaya neden olur. Bu alt fırtınalar süresince, iyonkürede biriken elektronlar Dünya dönerken 68° 'nin yanındaki geometrik enlemlerde gece 'aurora' olarak adlandırılan renkli ışıklara neden olur. Güneş'ten Dünya'ya ulaşan bu parçacıklar ortamda bulunan atomik oksijen ve azotun moleküler bandlarının daha çok yeşil ($5577 \text{ \AA}$) ve kırmızı ($6300/6334 \text{ \AA}$) emisyon çizgilerini kapsar. Bu emisyonlar genellikle 100 km 'nin üzerindeki yüksekliklerde, Güneş'e doğru olan kutuplarda meydana gelir. Bazen alışılmıştan farklı olarak ekvatorial enlemlerde, Avustralya'nın güneyinde de görülebilir. Kuzey yarımkürede gözlenenlere 'Aurora borealis', güney yarımkürede gözlenenlere ise 'Aurora Australis' adı verilir. Bütün auroral (auroraya ait) olaylar alt fırtına davranışı sergiler. 30–60 dakika süren Güneş aktiviteleri süresince artarlar. Auroraların oluşumu, Güneş lekesi devri, 27 günlük devir, mevsimler ve manyetik aktiviteyle ilişkilidir. [1,16,7–20].

Elektronlar auroral kuşak atmosferine nüfuz ederken, manyetik alan çizgileri çevresinde spiral hareket ederler. Alan çizgileri ile spiral hareket eden parçacıkların hızı arasındaki açı eğim açısıdır. 0° - 90° arasındaki açılar aşağı doğru hareket eden parçacıklara, 90° - 180° arasındaki açılar yukarı doğru hareket eden parçacıklara (atmosferden dışarı doğru geri saçılan parçacıklar) işaret eder. Her iki durumda aşağı doğru akıntı, yukarı akıntıdan daha küçüktür [1,13].

Auroral farklılık iyonkürede E bölgesinde meydana gelir. Işığın emisyonuyla tedirgin olan parçacıklar fazladan iyonlaşmaya neden olurlar ve elektron yoğunluğu artar. Böylece alt iyonkürede bu parçacıklar iletkenliğin artmasına ve manyetik alandaki değişimlerle elektrik alanının meydana gelmesine neden olurlar. 1–10 keV enerjili elektronlar ve protonlar görünür aurora ve auroral E iyonlaşması üretirler. Bu parçacıklar hızlı bir şekilde atmosfere giderken her bir kayıp 36 eV enerji için bir iyon çifti üretirler. İyonküredeki atom ve moleküllerin ortalama iyonlaşma potansiyelleri yaklaşık 15 eV olduğu için, enerjinin yaklaşık %40' ı iyonlaşmaya %60' ı üretilen elektronların hareketine harcanır. E bölgesinde elektron yoğunluğu 10^{12} m^{-3} kadar artabilir. Bu büyüklükteki elektron yoğunluğu frekansı 20 MHz'e kadar olan radyo dalgalarını dikey olarak yansıtabilir. Auroraların görünümü süresince, VLF frekans aralığında gürültü (28 ve 225 MHz) ve yayında aksamalar gözlenmektedir. [1,9–20].

Elektronlar E bölgesinde 'ara sıra görünen E' veya 'sporadic E (E_s)' adı verilen tabakaları meydana getirirler. Oluşumları gerçekte tam olarak bilinmemekle beraber bu tabakalar genelde bütün enlemlerde ortaya çıkar ve kutuplarda 'auroral E' olarak adlandırılır. Genellikle 1 km kalınlığında olup, normal E bölgesi gibi görünürler. Fakat üzerindeki tabakaları ortaya çıkaracak kadar ince değildir. Genelde kısa ömürlü olup uzun ömürlü de olabilirler ve bir günlük zaman içerisinde E bölgesi içinde yavaşça yerleşebilirler. 60 km kadar düşük yüksekliklerde de ortaya çıkabilirler. Oluşumları farklı enlemlerde farklı şekillerde olduğu düşünülmektedir. Meteor aktiviteleriyle de ilişkili oldukları düşünülmektedir. Etkileri en çok HF bandında olur. Sporadic E tabakasının kritik frekansı çok büyüktür ve normal E tabakasının kritik frekansının iki katı büyüklüğünde olabilir. Bu şart genelde kullanılmayan yüksek frekanslı dalgaların uzun mesafe iletimine izin verebilir. Ayrıca normalde sıçrama kuşağındaki bölgelerde kısa mesafe haberleşmelerine de izin verebilir. Bununla birlikte, aynı zamanda alıcı ve verici istasyonlarında oluşmayabilir. Bu tabakalar radyo haberleşmeleri açısından ciddi sorunlar oluşturabilmektedir. Bazen radyo dalgalarının üst tabakalara geçişine izin verirken, elektron yoğunluğunda meydana gelen artış sonucunda, soğurulma artar (soğurulma yaklaşık olarak frekansın karesiyle değişir) ve bazı frekanstaki radyo dalgalarının farklı yüksekliklerden, farklı şekillerde yansması veya kırılması gibi olaylara da neden olurlar. Bu olaylara, kutuplarda 'auroral karartma' veya 'auroral kuşak soğurulması' adı verilir. Fırtınalar süresince, fırtınanın geri alma fazında meydana gelir.

Yüksek enlemlerde auroralarla ilişkilidirler. İyonkürede meydana gelen karışıklıklar süresince oluşan olaylar, auroralarda da meydana gelmektedir [1,15–21].

Genel olarak fırtınalarda gözlenen diğer bir durum ise ‘yaygın F’ olarak adlandırılan ilave tabaka oluşumlarıdır. İyonkürede elektron yoğunluğu normalde yükseklerle çıkıldıkça daha düzenli bir hale gelmektedir. Yaygın F oluştuğunda, düzensizlikler olur. Bu durum bu alan içinde yayılan dalganın bozulmasına neden olur. Standart dikey bir iyonogramda dalganın bıraktığı izden dolayı bu isim verilmiştir. Frekansta ya da gecikme zamanında yayılma ile tanımlanır. Düzensiz iyonlaşmadan dolayı dalga tabaka içinde düzensiz bir şekilde saçılır. Yaygın F genellikle orta enlemlerde gece oluşurken, oluşma mekanizması tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Bununla birlikte hem yaygın F hem de arasıra görünen E bazen belirli bir patlama ile ilişkili olmadan da oluşabilmektedir. Yine de bu tabakaların varlığının bilindiği durumlarda ortama uygun, elverişli haberleşmeler yapılabilir [21].

Güneş patlamaları ve Güneş lekelerinin yanı sıra, Güneş Ay tarafından kısmen veya tamamen tutulduğunda, iyonkürede elektron yoğunluğu değişir. Özellikle D, E ve F1 tabakalarında etkilidir. Güneş tutulmaları da Güneşteki patlamalar gibi kayıp katsayısının yükseklikle değişimi, dağınık F’in oluşmasına neden olur. Yapılan araştırmalar dağınık F’in en sık ekvatorial ve kutup bölgelerinde, daha az sıklıkta ise orta enlem bölgelerinde meydana geldiği bulunmuştur. Bu oluşum yüksek enlemlerde manyetik karışıklıklarla kuvvetli bir şekilde, düşük enlemlerde ise zayıf bir şekilde bağlantılıdır. Düşük enlemlerde olay, Güneş battıktan sonra F tabakasının yüksekliğinin artmasıyla yakından ilgilidir. Güneş lekesi minimumunda Güneş lekesi maksimumundan daha sık ortaya çıkar. Güneş lekesi maksimumunda en büyük düzensizlik F2 tepesi üzerinde meydana gelir. En sık gece ve gece yarısı-sabah saatlerinde yüksek enlemlerde oluşur. Orta enlemlerde çok yaygın değildir [12–18].

Dağınık F’ den dolayı, F tabakasından yansıtılan radyo dalgalarının alınan sinyallerinde küçük zaman farklılıkları meydana gelebilir. Nedeni, radyo dalgalarının farklı yüksekliklerden kırılması sonucu dalgaların üst üste binmesidir. Bu olay en çok 40°’den büyük enlemlerde, ekinokslarda ve gece saatleri boyunca oluşur. En az orta enlemlerde oluşurken, buralarda en çok kışın ve gece süresince meydana gelir. Genellikle manyetik kutularda hem gece hem gündüz ortaya çıkabilir. F bölgesi frekanslarında azalma eğilimi meydana geldiğinde, dağınık F’in oluşum oranı artar. Çünkü iyonküredeki fırtınalarla doğrudan ilgilidir [12–18].

Bunun yanı sıra auroral akımlar atmosferi ısıtır ve daha üst bölgelere yayılmasına neden olur. Bu düşük enlem uydularında atmosferik sürüklenmeyi artırır ve yörüngelerini değiştirirken, bazen de uyduların atmosferde yanmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle uydular mümkün derecede etkilenmeyecekleri yüksekliklere yerleştirilirler. Genelde meydana gelen fırtınalar çok şiddetli değildir ve yılda birkaç kez meydana gelir. Ancak GPS (global

position system) sistemlerinin hepsi veya bir kısmı bu süre içinde kesintiye uğrar. Uydu Yer bağlantılı sinyaller kademeli olarak azalır. En çok uzun mesafeli radyo haberleşmeleri karışır ve engellenir. Bazı radyo frekansları soğurulur ve bazıları farklı şekillerde yansıtılır [19].

Orta enlem D bölgesinde, fırtınalar en çok iyonküreden yansıtılan düşük frekanslı radyo dalgalarının fazına etki eder. D bölgesi durgun zamanlarda gündüz ve gece boyunca düzenli bir şekilde değişir. Fırtınanın birinci ve ana evresi süresince değişimler düzenlidir. Geri alma evresi süresince değişim normalden çok farklıdır. Benzer değişimler gün doğumu ve gün batımı sırasında da gözlenir. Bu farklılık, elektronların en düşük D bölgesinde devamlı olarak bulunmasıyla, gece bağlı işlemlerle değiştikten sonra, gündüz bazı ayrılma işlemleriyle tekrar salıverilmesi şeklinde açıklanabilir. Bazen anormal değişim fırtınadan sonra 10–15 gün devam edebilir. Bu değişim auroral bölgelerde de fark edilebilir. Fırtınalar süresince, 30–300 kHz frekanslı dalgaların (LF) genişliğine etki eder ve 10–30 kHz frekanslı dalgaların (VLF) genişliğine de etki eder. LF absorpsiyonuna ve VLF dalgalarının normal günlük faz değişimlerine neden olarak, LF dalgalarının hızlı sönümüne ve VLF dalgalarının hızlı ve düzensiz değişimlerine sebep olur [15,19].

Fırtınaların gözlenen etkilerinin kesin bir açıklaması yoktur. Fırtınalar süresince F bölgesinde elektron miktarının artışı açıklaamak için ekvator bölgesi incelenir. Bu zamanlarda iyonkürenin kayıp oranının daha az olduğu yukarı bölgelere hareket ettiği kabul edilir. Bu harekete dinamonun elektrik alanı neden olabilir. Eğilen kuvvet çizgileri boyunca, iyonlaşmanın yukarı doğru hareket etmesine, ekvatora doğru kutuplardan esen nötr rüzgarlar da neden olabilir [19–23].

2.2. Kutup Soğurulması

Kutup karışıklıkları, Dünya'nın yüksek enlem kutup bölgelerinde meydana gelir ve galaktik veya ekstra galaktik radyo dalgaları veya kozmik radyo gürültüsünün (1–50 MHz) güçlü absorpsiyonudur. Başlıca bir Güneş patlamasından sonra birkaç saat içinde başlar. Güneş düşük enerjili plazmanın yanı sıra yüksek enerjili parçacıklar da yayar. Proton patlamaları olarak da adlandırılan enerji yüklü bu parçacıklar, çok kısa bir zaman gecikmesiyle Dünya'ya ulaşırlar ve çoğunlukla galaktik parçacıklar gibi (kozmik ışınlar) davranarak alt iyonküreye nüfuz ederler. Bu nedenle Güneş kozmik ışınları (SCR) olarak adlandırılırlar. Enerjileri genellikle 10^6 - 10^9 eV mertebesinde dir. Proton patlamaları önemli miktarda alfa parçacıklarının yanında yük korunumunu sağlamak için gerekli düşük enerjili elektronları da içerir. Manyetoküreye girdiklerinde, Yer'in manyetik alanı tarafından saptırılırlar. Kuvvet çizgilerinin yönünde sarmal yollarda hareket ederler fakat manyetik alan içinde kolayca hareket edemezler. Bu nedenle sadece yaklaşık 64° den büyük enlemlerde (kutuplarda) alt iyonküreye ulaşabilirler.

Çünkü manyetik alan çizgileri bu bölgelerde Yer ile yaklaşık 90°'lik bir açı yapar ve parçacıklar manyetik alana paralel şekilde çok az etkileşerek kutup iyonküresine ve daha alt bölgelere nüfuz edebilirler. Kutup alt fırtınalarına da neden olan bu parçacıklar tüm kutup bölgesinde etkili olarak, D bölgesinde (50–90 km) iyonlaşmanın artmasına neden olurlar. Bu bölgelerde güçlü bir soğurulma meydana gelir. soğurulma birkaç saat içinde maksimuma ulaşır ve daha sonra zayıflamaya başlar. Azalma periyodu süresince, radyo dalganın soğurulması etkili günlük bir değişim sergiler. Gündüz değişim yaklaşık dört kez geceden daha büyüktür. Bu olay ‘kutup soğurulması’, kutup karartması veya kutup auroraları olarak bilinir ve radyo dalgalarının soğurulmasına neden olur. 100 dB’in üzerindeki gök dalgaları üzerinde zayıflatma etkisi göstermektedir. Güney kutup bölgesi için veriler yetersiz olmasına rağmen, kutup soğurulması olayları her iki yarı kürede eş zamanlı meydana gelir. En çok Güneş lekesi maksimumunda meydana gelir ancak fırtınalarla aynı zamanda meydana gelmeyebilirler. Oluşumları, yüksek frekanslı radyo dalgaları ve düşük frekanslı dalgaların fazındaki etkilerinden fark edilebilir. Bu olaylar yaklaşık 27 Hz frekanslı dalgalarda kozmik gürültünün ölçümleri ile kaydedilebilir. Auroral karartmalara oranla kısa ömürlüdürler ancak auroralar kadar karmaşık değildir [6–15,17–25,].

Kutup soğurulması olaylarının bazı başlıca karakteristikleri aşağıdakiler gibidir.

1. Hemen hemen her zaman Güneş’in görünür yarı küresinde, büyük bir Güneş patlamasından 10 dakika kadar sonra meydana gelirler. Genellikle yaklaşık üç gün sürer fakat bir gün kadar kısa olabilir. En uzun yaklaşık 10 gün olabilmektedir [11–14,22–25].

2. Genellikle bir auroral kuşak fırtınası başladığında daha sonraki safhada, hem geometrik hem de auroral aktivitedeki görülebilir artışla ilişkili değildir [11,16].

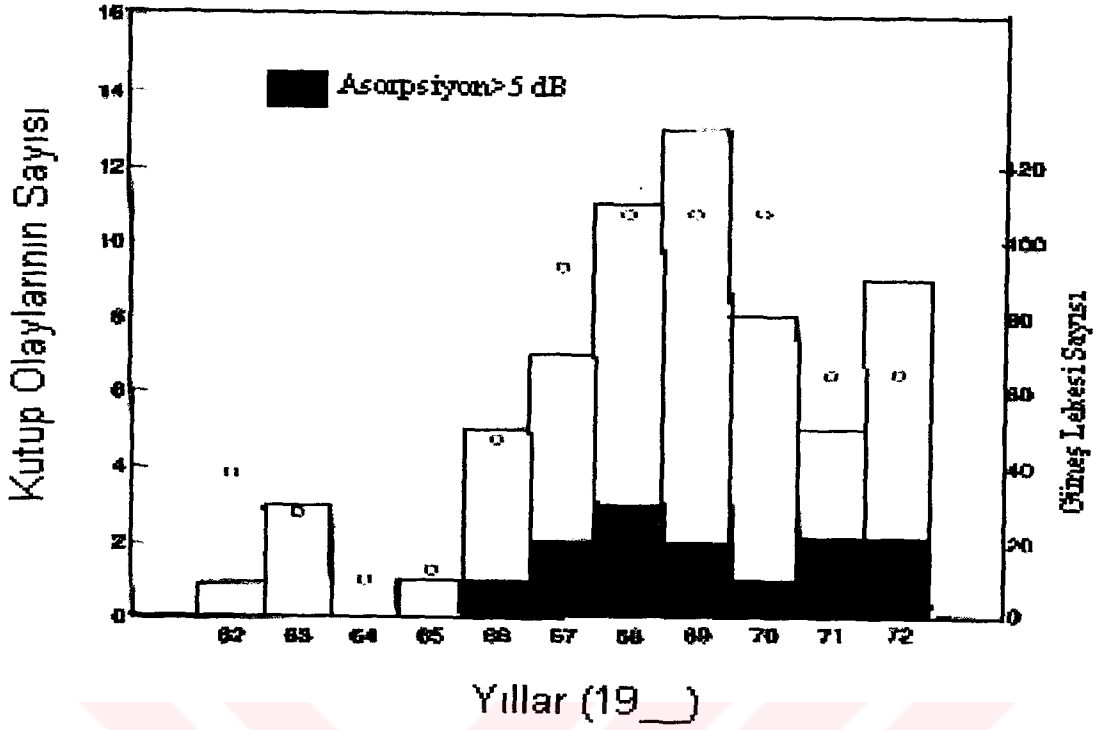
Şekil 2.2.1’de gösterilen kutup soğurulması olayında, 30 MHz’ de yerleştirilmiş bir riyometrede en az 1 dB’e ulaşan olaylarının oluşumu gösterilmektedir. Bu 1962–1972 periyotlarını kapsar. 20 Güneş devrinin ilk 8 yılını içerir. Bazı olaylar 1 dB’den daha büyük, bazıları 10 dB veya daha fazladır. Büyük olayların hiçbiri 1962–1965 sakin yılları süresince meydana gelmemiştir. Görüleceği üzere Güneş lekesi sayısı arttıkça olaylarının sayısı da artmaktadır ve bu zamanlarda absorpsiyonun 5 dB’den büyük olduğu olaylar daha çok olmaktadır. Denilebilir ki 15’in altındaki Güneş lekesi sayılarında hiç oluşmamaktadır. 1 dB’den büyük olayların sürekliliği Şekil 2.2.2’de gösterilmektedir. Ortalaması yaklaşık iki gündür. Sadece bu süre içerisinde 8 tane büyük olay oluşmuştur. Genelde bir gün ile sekiz gün arasında süreklilik göstermektedir [1].

Şekil 2.2.3’de en az 10 MeV enerjili protonların maksimum akı ile ilişkisinde, proton olaylarının oluşumunu vermektedir. 1976–1989 yıllarını kapsar ve 21 Güneş devrini içerir. Güneş devrinin genel etkisi burada da görülmektedir. Enerjisi 10–100 MeV arasında olan

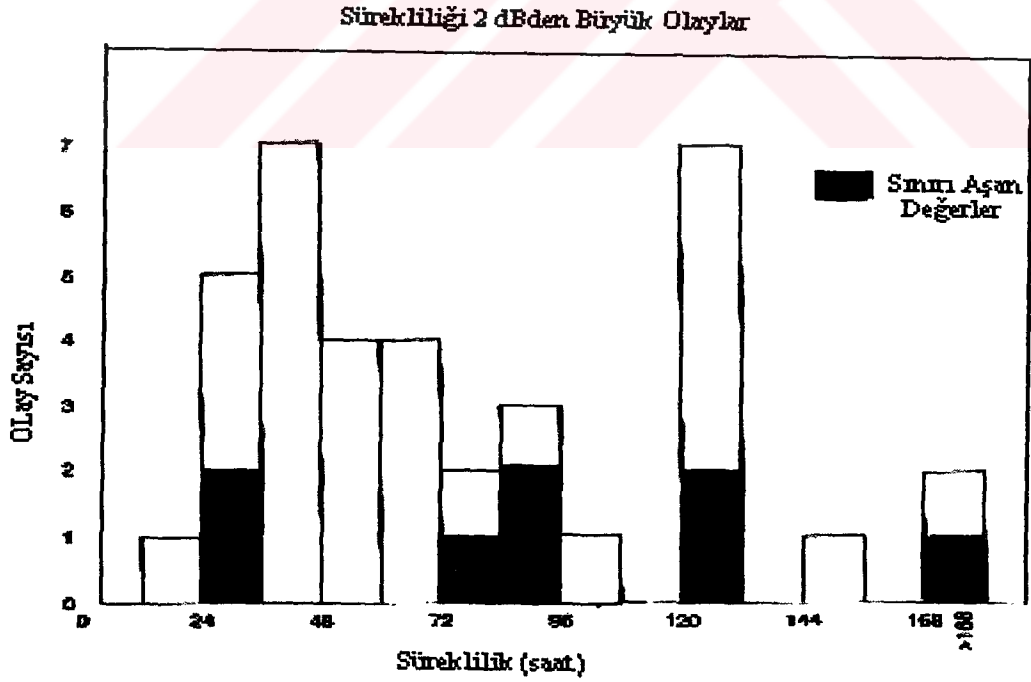
olaylar daha çoktur ve her Güneş lekesi sayısında oluşmaktadır. 1000 MeV'den büyük enerjili olaylar maksimum Güneş lekelerinde (50'den büyük) meydana gelmektedir. 100–1000 MeV enerjili olaylar için aynı genelleme yapılabilirse de, aksi olaylar da mevcuttur. Bu, ancak o dönemde büyük bir Güneş patlamasının oluşmuş olabileceği şeklinde açıklanabilir [1].

Şekil 2.2.4.(a) ve Şekil 2.2.4.(b)'de 23 Şubat 1956 ve 11 Eylül 1957'de farklı patlamalar sonucunda meydana gelen farklı türde iki kutup soğurulması olayının değişik istasyonlardan alınan sonuçları gösterilmektedir [26].

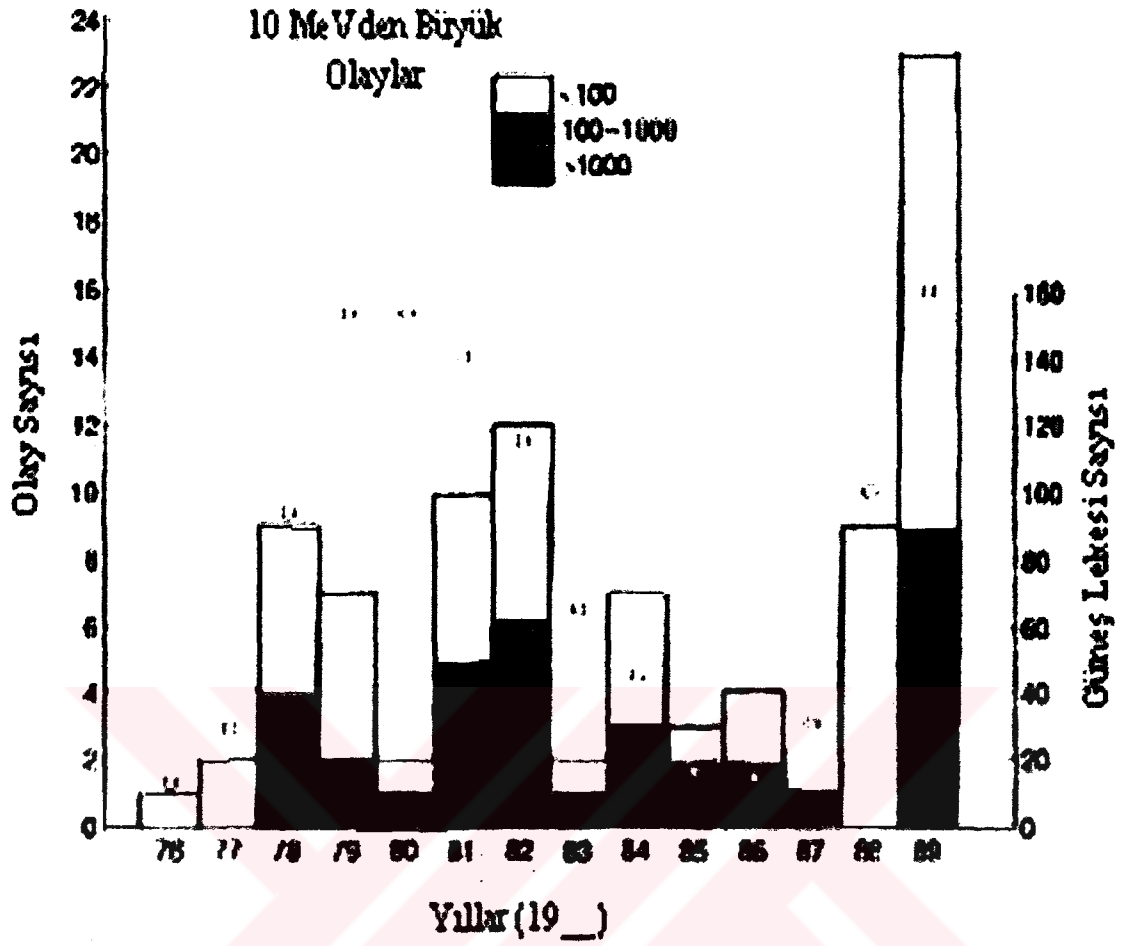
Radyo haberleşmeleri üzerindeki etkileri, X ışınları tarafından meydana getirilen iyonlaşma olaylarına benzerdir. 10 Kasım 1961 ve 1 Şubat 1962'de meydana gelen kutup soğurulması süresince sinyallerin faz ve genliğinin değişimi Şekil 2.2.5 ve Şekil 2.2.6'da verilmektedir. Her iki durumda da kutup soğurulması başladıktan sonra faz ve genlikte ani bir düşüş olmaktadır. Bir süre devam ettikten sonra tekrar eski halini almaktadır. Kutup soğurulması olaylarında VLF yayılımı engellenir. Nedenleri temelde aynıdır, yani serbest elektron sayısındaki artıştır. Ancak etkileri nüfuz ettikleri yükseklik ve zaman ölçüsünde ayrılır. Güneş lekesi devrine güçlü bir şekilde bağlıdır ancak Güneş devri ve kutup soğurulması olaylarının oluşumu arasındaki ilişki henüz tam olarak açıklanamamıştır. Olaylar en sık Güneş lekesi maksimumunda meydana gelmektedir. Aktif yıllarda 10'dan fazla meydana geldiği gözlenirken, Güneş lekesi minimumunda üçte bir sıklıkta gözlenebilmektedir [27].



Şekil 2.2.1. 1962–1972 yılları arasında meydana gelen kutup soğurulması olaylarının ve Güneş lekesi sayılarının yıllara göre değişimi [1].

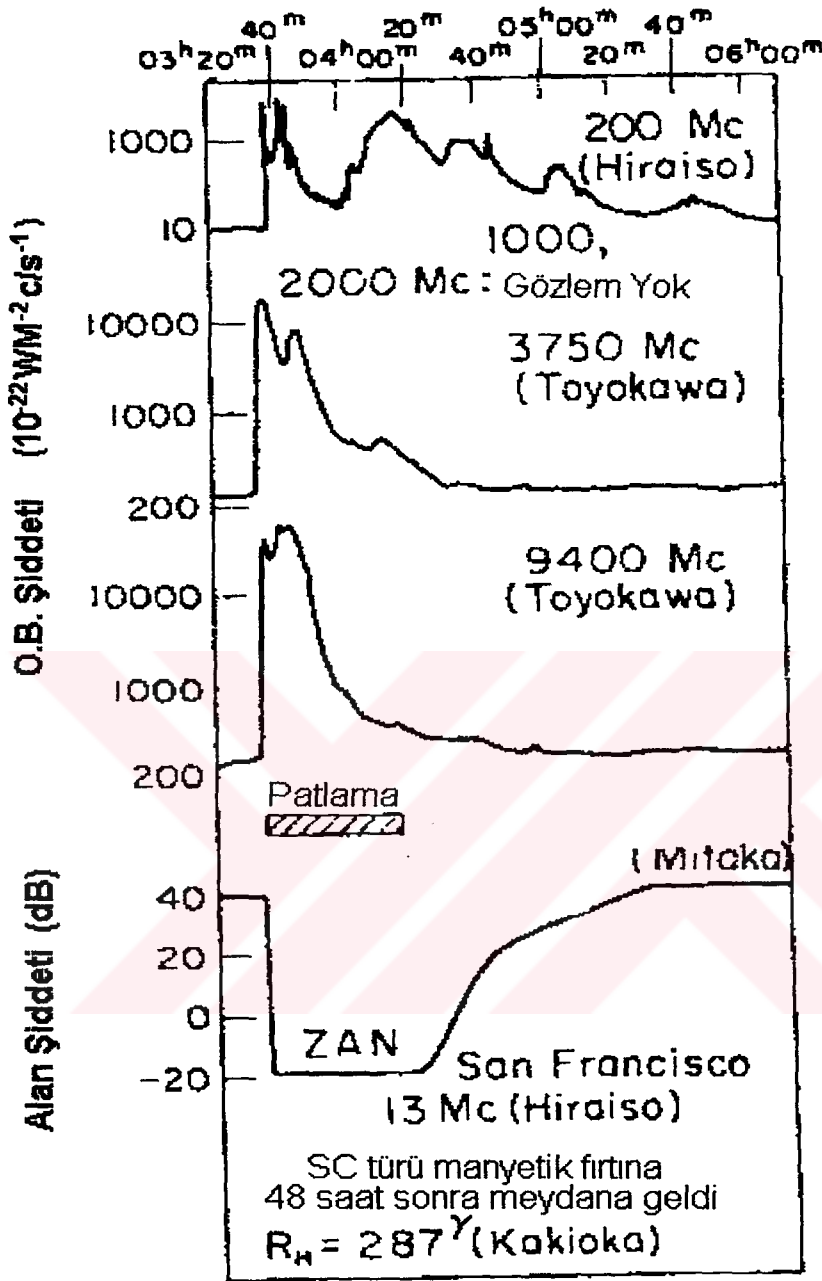


Şekil 2.2.2. 1962–1972 yılları arasında meydana gelen ve sürekliliği 2 dB’den büyük kutup soğurulması olayları [1].



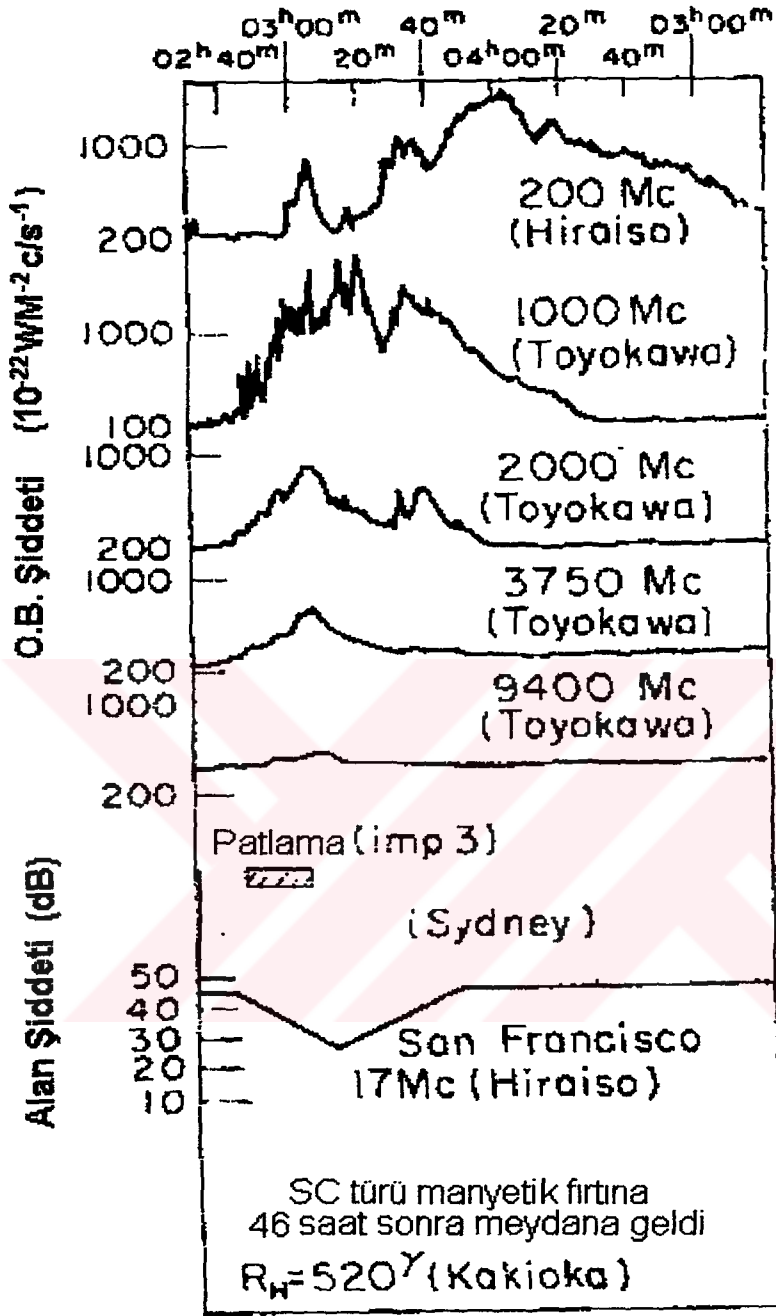
Şekil 2.2.3. 1976–1989 yılları arasında meydana gelen kutup söğürülmesi olaylarının yıllara göre enerji dağılımı ve Güneş lekeli sayıları [1].

23 Şubat 1956



Şekil 2.2.4.(a). 23 Şubat 1956'da meydana gelen patlama sonucunda meydana gelen kutup soğurulması olayı [26].

11 Eylül 1957



Şekil 2.2.4.(b). 11 Eylül 1957'de meydana gelen patlama sonucunda meydana gelen kutup soğurulması olayı [26].

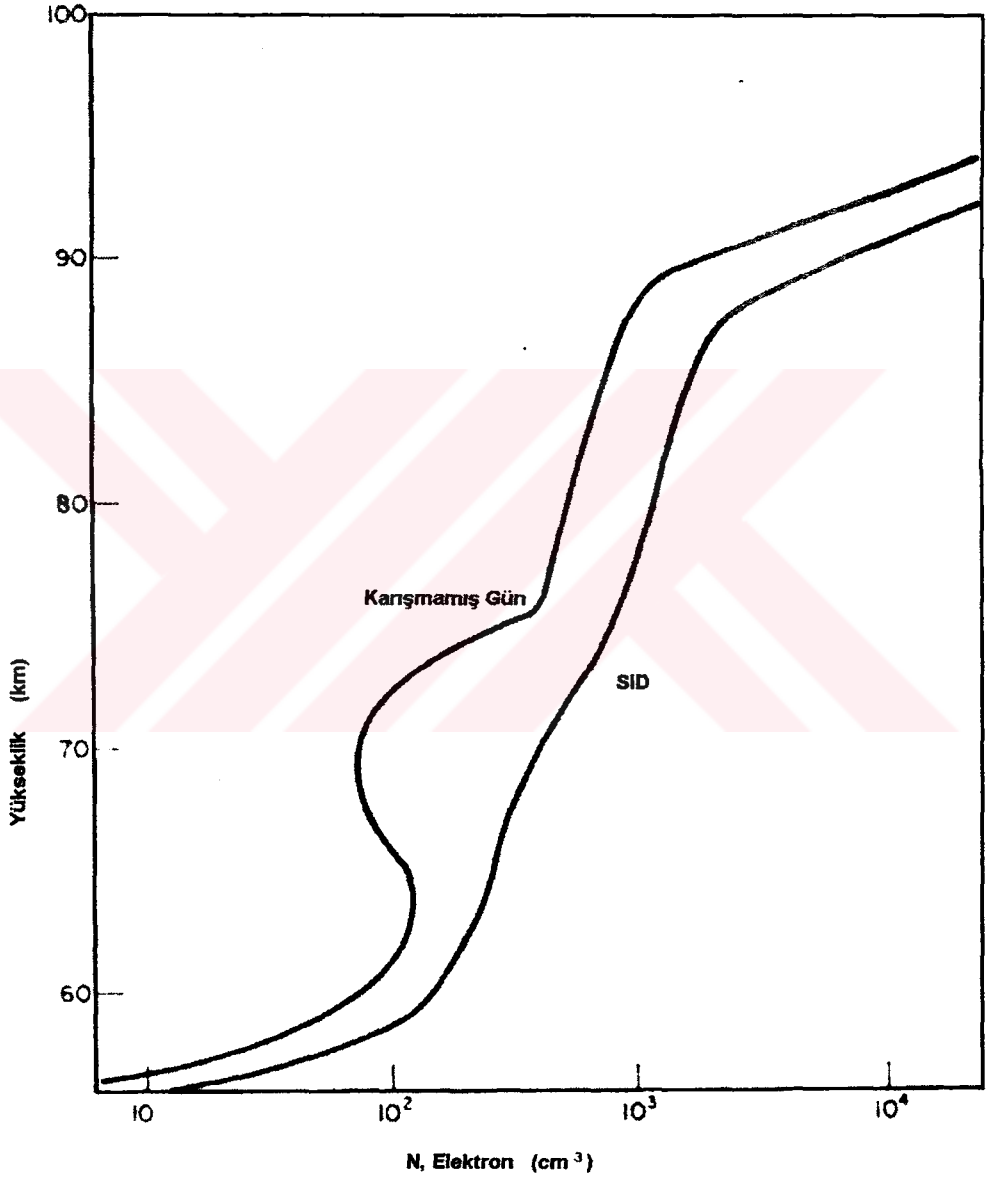
3. İYONKÜREDEKİ ANİ KARIŞIKLIKLAR

Güneş lekesi aktiviteleri, bir Güneş lekesi devri süresince 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. Güneş’te meydana gelen bu patlamalardan yayılan X ışınları ($2-10 \text{ \AA}^0$), iyonkürenin D bölgesinde iyonlaşmaya neden olurlar. Bu karışıklıklar kısa dalga radyo sinyallerinin 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 soğurulması ile sonuçlanır. SID tamamen HF yayılımına engel olabilir ve genellikle Dünya’nın günışığı kısmında kısmi ya da tamamen bütün radyo operatörlerine 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 lekesi devriyle ilgilidir. D bölgesindeki iyonlaşmanın şiddetine bağlı olarak HF ve VHF dalgalarının yayılımını etkiler. Ayrıca LF ve VLF dalgalarının alan şiddetini artırabilir [16–24].

Genelde SID büyüklüğü Güneş’in zenit açısına bağlıdır. $20 \text{ \AA}^0$ ’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 $0-3 \text{ \AA}^0$ ve $8-20 \text{ \AA}^0$ dalga boylu X ışınlarının absorpsiyonuyla beraber olur. 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 zirvede 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 iyonküreyi etkiler. Üst iyonküredeki 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 $10 \text{ \AA}^0$ ’dan büyük dalga boylu ışınlar tarafından sağlanmaktadır. F bölgesi için farklı radyo sondalama metotları gerektirir. Farklı dalga boylarında akıların ölçümlerinden EUV ve X ışınlarının zaman değişimlerini

ölçmek için kullanılır. İyonkürenin SID' den önceki ve SID sırasındaki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi genel olarak Şekil 3.1'de verilmektedir. [6–9,11–28].

Şekilden görüleceği üzere SID süresince özellikle alt iyonkürede elektron miktarı belirgin bir şekilde artmaktadır. En büyük değişim 65–75 km arasında meydana gelmektedir.



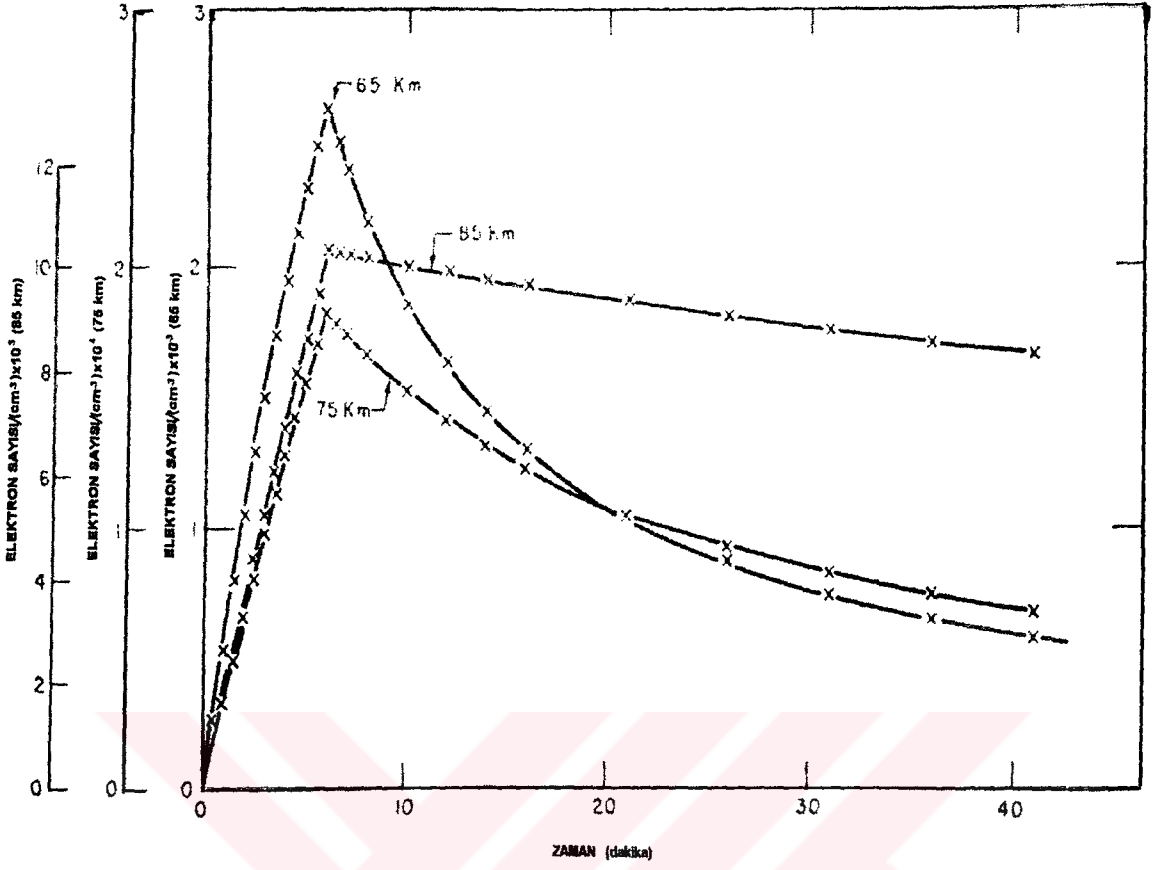
Şekil 3.1. Genel olarak bir SID meydana gelmeden önce ve sonra iyonküredeki elektron yoğunluğunun yükseklikle değişimi [28].

Şekil 3.2’de ise 65, 75 ve 85 km’ de SID için elektron yoğunluğunun zamanla değişimi verilmektedir. Aynı şekilde en belirgin değişim 65 km için olmaktadır. Yükseklik arttıkça değişim daha az olmaktadır. Benzer bir sonuç da 7 Ekim 1948’de meydana gelen SID süresince bazı sabit yüksekliklerde elektron yoğunluğunun değişimini veren Şekil 3.3’de gösterilmektedir. 65 km’de elektron yoğunluğu 1555 UZ’de aniden artmış ve birkaç dakika içinde maksimuma ulaştıktan sonra 1620 UZ’ye kadar sabit kalmış ve yavaşça eski halini almaya başlamıştır. 75 ve 80 km’de daha erken maksimuma ulaşmıştır. Burada diğerlerinden farklı olarak en büyük değişimler 75 ve 80 km’de gözlenmiştir. Bu patlamadan yayılan enerjinin alt yüksekliklere gelemeyecek kadar fazla olmadığını gösterir. Işınlar daha üst yüksekliklerde soğurulmuştur.

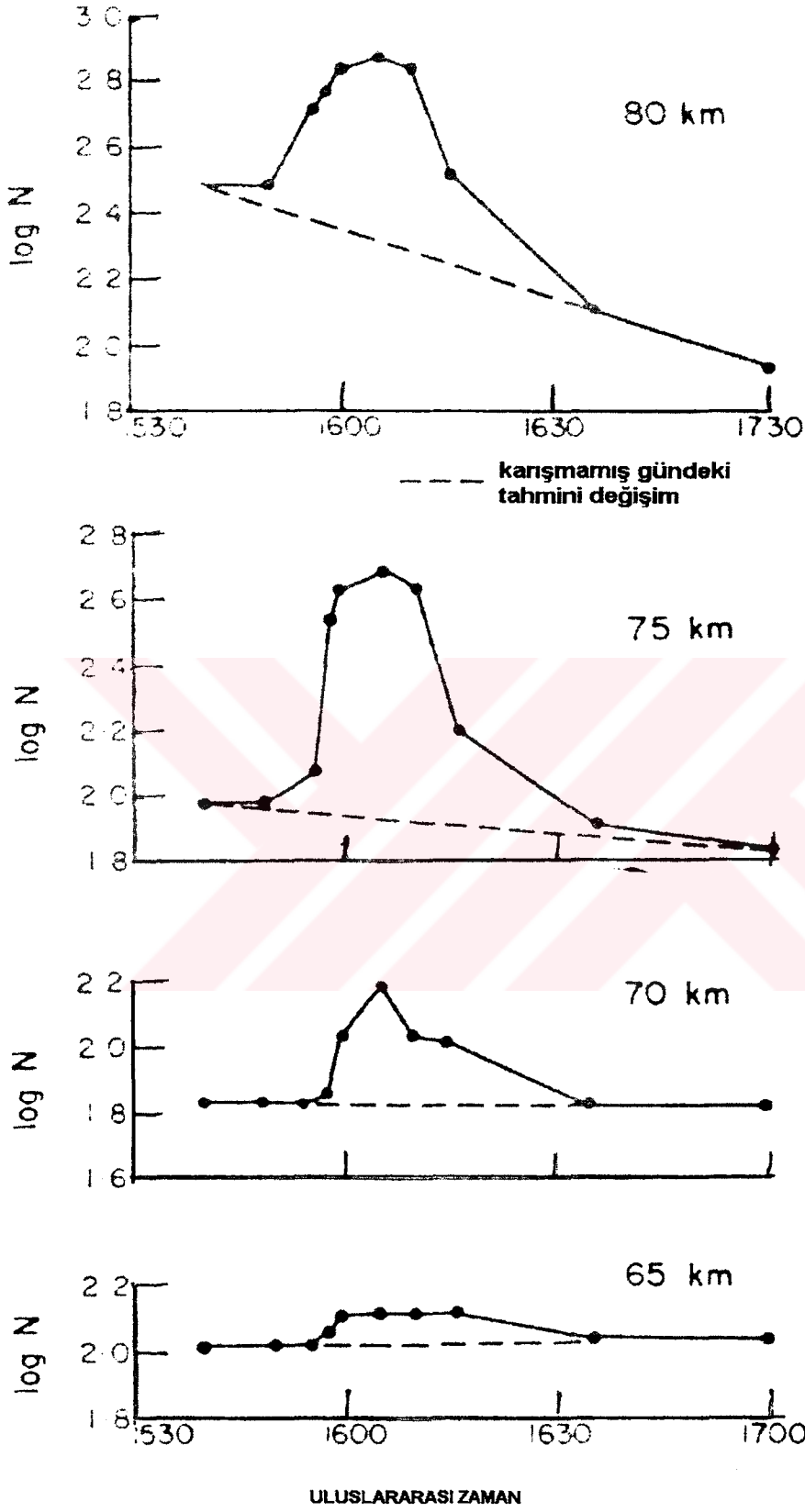
Şekil 3.4 14 Temmuz 2000’de Güneş patlaması sonucu meydana gelen SID olayının GPS gözlemleriyle elde edilen 24 saatlik sonuçları gösterilmektedir. (a) X ışını akıntısının şiddetini göstermektedir. Bu akıntı GOES 10 uydusu tarafından kaydedilmiştir akıntı şiddetleri, dalga boyu $0,5-4 \text{ \AA}$ arasındaki X ışınları uluslararası saatle 1023’ de ve dalgaboyu $1-8 \text{ \AA}$ arasındaki X ışınları 1024’de kendi maksimumlarına ulaşmıştır. Aniden maksimuma ulaştıktan sonra yavaşça azalmaktadır. (b) toplam elektron miktarı (TEC) gösterilmektedir. Ancak bu değişim pek açık değildir. Toplam elektron miktarının zamanla değişim oranı (rTEC) (c)’de verilmiştir. X ışını akıntıları ile çok az bir zaman farkıyla aynı şekilde başlamaktadır. rTEC’de ki değişim güneş patlamasının açık bir işaretidir [26].

Şekil 3.5’ de aynı olayın uluslararası zamanla 1000–1045 saatleri arsında, dört bölgenin alıcıları ve uydulardan Güneş X ışını akıntıları ile ortalama TEC ve rTEC değişimleri verilmiştir. (a)’da X ışını akıntılarının Şekil 3.4’deki gibi değişimi daha belirgin gösterilmektedir. (b) ve (c)’ de bu süre boyunca dört farklı zaman içinde (gündüz, günbatımı, gece ve gündeğümü) TEC ve rTEC değişimi verilmektedir. Her ikisinde de en belirgin değişim gündüz, en az değişim ise gece olmaktadır. TEC sadece 1029’da bir maksimum verir. rTEC ise özellikle gündüz 1019, 1024 ve 1027’de üç belirgin maksimum vermektedir [29].

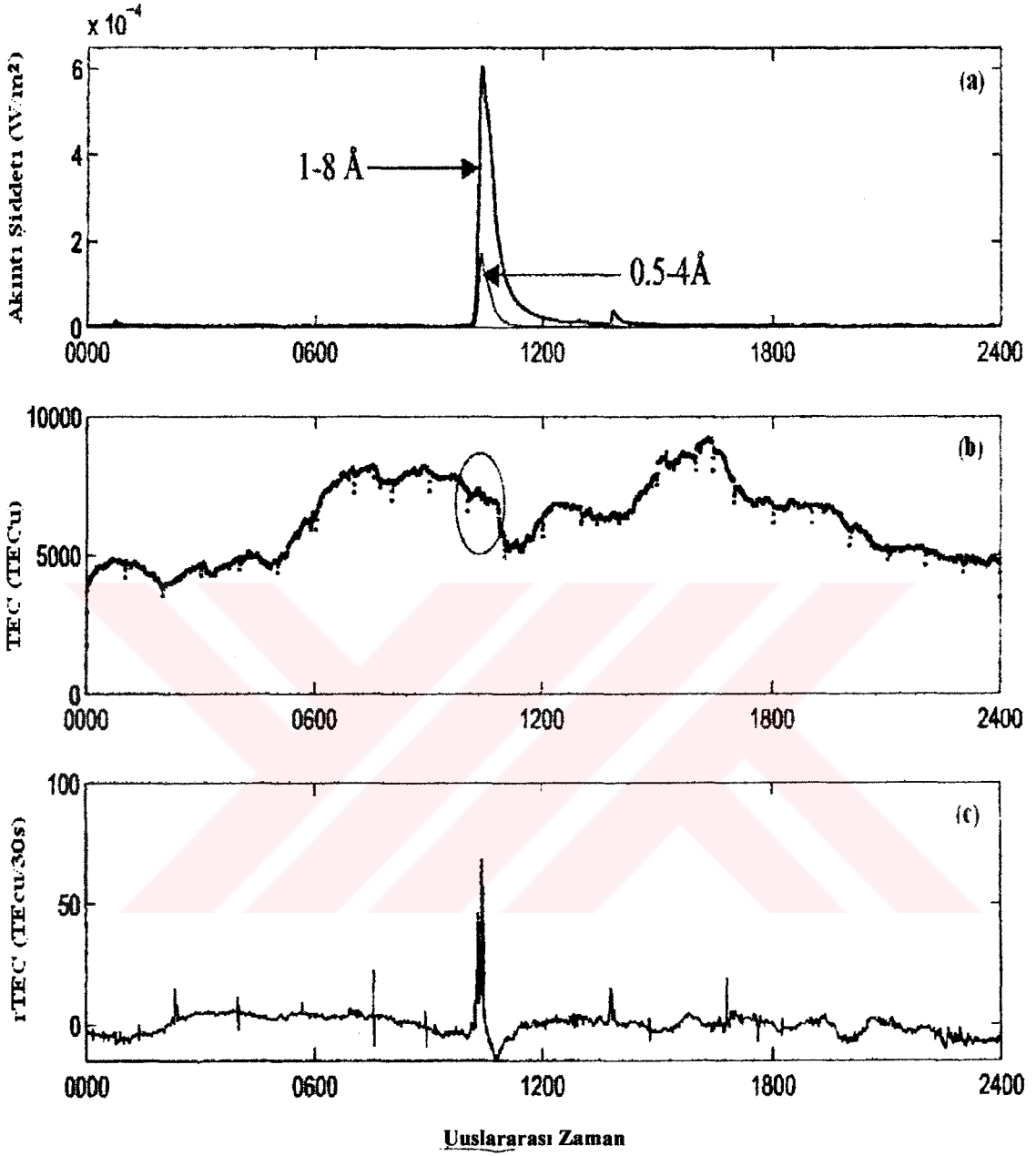
Bu iki şekil SID’in Güneş patlamalarıyla ilişkisini açıkça ortaya koymaktadır. Ani ve büyük bir patlamada, TEC ve rTEC kolayca ortaya çıkarken, büyük ve kademeli bir patlamada ayrıntılı bir değişim gösterir. Gündüz $17^{\circ}-62^{\circ} \text{ K}$ ve $324^{\circ}-97^{\circ} \text{ D}$, günbatımı $14^{\circ}-36^{\circ} \text{ K}$ ve $97^{\circ}-144^{\circ} \text{ D}$, gece $-36^{\circ}-40^{\circ} \text{ K}$ ve $144^{\circ}-269^{\circ} \text{ D}$ ve gündeğümü $-4^{\circ}-42^{\circ} \text{ K}$ ve $269^{\circ}-324^{\circ} \text{ D}$ koordinatlarında elde edilmiştir [26].



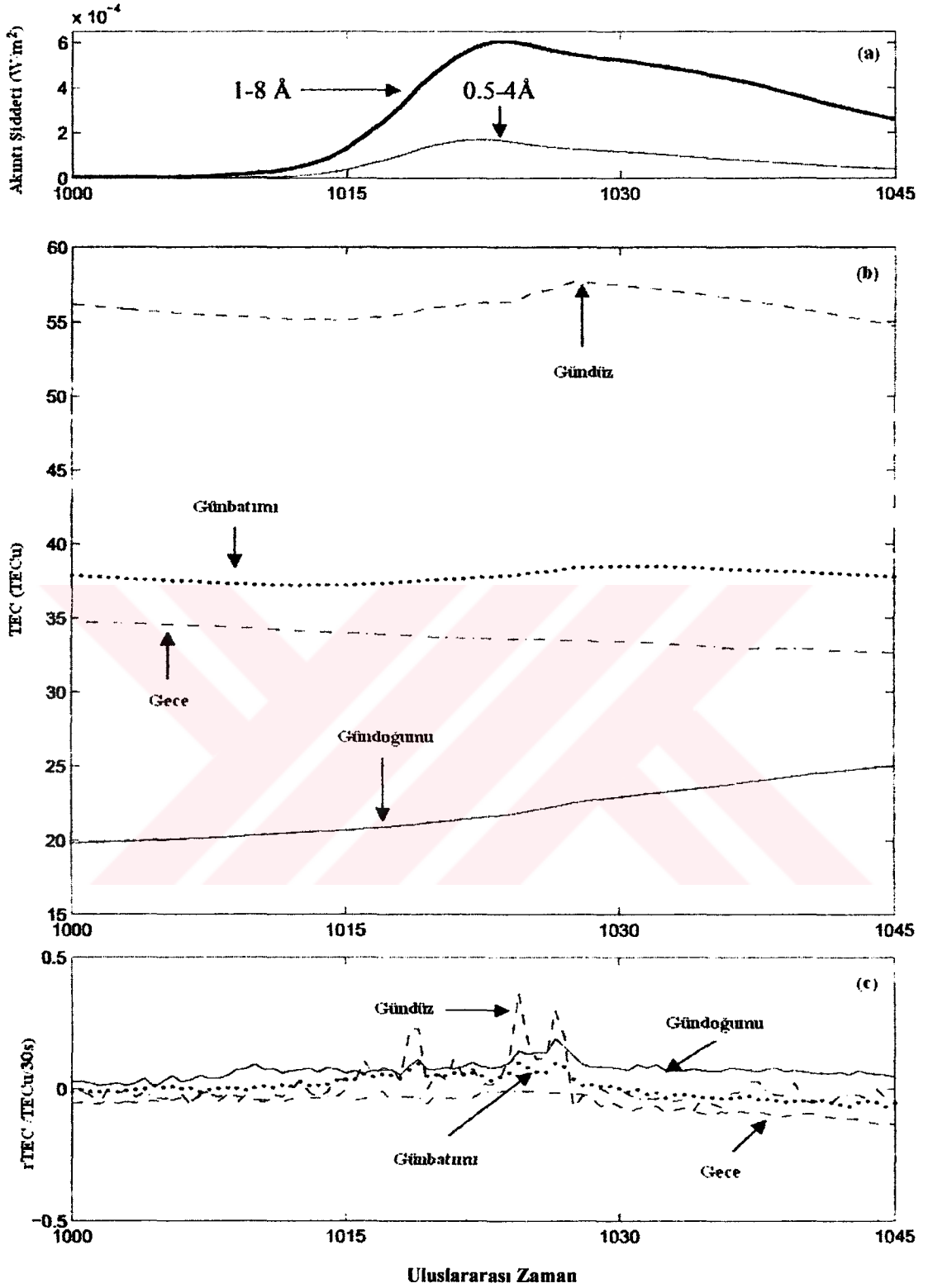
Şekil 3.2. Elektron yoğunluğunun zamana bağlı olarak yükseklikle değişimi [26].



Şekil 3.3. 7 Ekim 1948'de meydana gelen SID süresince sabit yüksekliklerde elektron yoğunluğunun değişimi [29].



Şekil 3.4. 14 Temmuz 2000'de Güneş patlaması sonucu meydana gelen SID olayının GPS gözlemleriyle elde edilen: (a) X ışını akısının zamanla değişimi, (b) Toplam elektron miktarı ve (c) Toplam elektron miktarının değişim oranının 24 saatlik değişimleri [26].



Şekil 3.5. 14 Temmuz 2000'de Güneş patlaması sonucu meydana gelen SID olayının GPS gözlemleriyle uluslararası zamanla 1000–1045 saatleri arasında, dört bölgenin alıcıları ve uydulardan (a) Güneş X ışını akıntıları, (b) ortalama TEC ve (c) rTEC değişimleri [26].

SID süresince radyo dalgalarının şiddet, faz yolu 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 [6–30].

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 gözlenilmektedir. 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 [7,9,11–30].

Dünya’nın sadece günışığı yarıküresinde, haberleşmeler anormal bir şekilde D bölgesinde büyük soğurulma ile karartılır. 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 [15–31].

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 karartılmaktadır [11–25].

1937 yılının maksimum Güneş lekesi 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 [14].

2. Gürültü ile ilgili çalışmalar radyo haberleşmeleri ile başlar. Gürültünün kaynağı çok çeşitli olabilmektedir. Kullandığımız ev aletleri, elektronik her türlü cihazdan, ulaşım araçlarına, vericiler, hoparlörler, elektrik güç hatları, yıldırım boşalmaları ve gök gürültüleri, Güneş aktivitelerinden atmosfere ve uzaya bağlı birçok gürültü kaynağı mevcuttur. 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 [31].

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

Gürültü ile ilgili yapılan çalışmalarda amaç, hangi band aralığının gürültü seviyesi bakımından daha uygun olduğunu tespit etmek içindir. Tek bir frekans için yapılan çalışmalar ancak o frekansa ait temel seviye veya bir başka nedenle grafik artışlarını tespit etmeye yarar.

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 menziline kapsar. Nedeni güneş patlamalarıdır ve güneş lekeleri ile açıklanabilir [30-33].

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 yansımaz 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 [15–34].

3. SID’in en belirgin etkileri iyonküreden yansıtılan çok düşük frekanslı dalgaların (VLF), fazdaki 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 etki eder [6–8,15–29].

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. Dalga uzunluğu ve vericinin mesafesi bilinebilir [26].

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 yansımalarının 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 yayının şartlarının değişimine işaret eder [3,6,11,16,26].

Düşük ve çok düşük frekanslı dalgaların yansımaları SID süresince frekansa ve yansıma açısına bağlıdır. Atmosferiklerin bu ani artışı (SEA), Güneş patlamalarının oluşumunda ayrı bir uyarı sistemi oluşturabilir [7,11].

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_0E 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 [11,26].

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 [17].

Ani frekans sapmasında, yüksek frekanslı (20 MHz) radyo dalgaları F bölgesinden bir veya daha fazla yansıdıktan sonra farklı mesafelerde gözlenir ve iyonküreden yansıyan HF dalgaları alıcı istasyona geç ulaşır. Güneş patlamaları 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. [14,17].

7. ‘Sinyallerin ani artışı (SES)’ veya ‘ani alan anormalliği, hem artışı hem de azalmayı içine alan, dalga şiddetindeki ani değişimleri ifade eder [33].

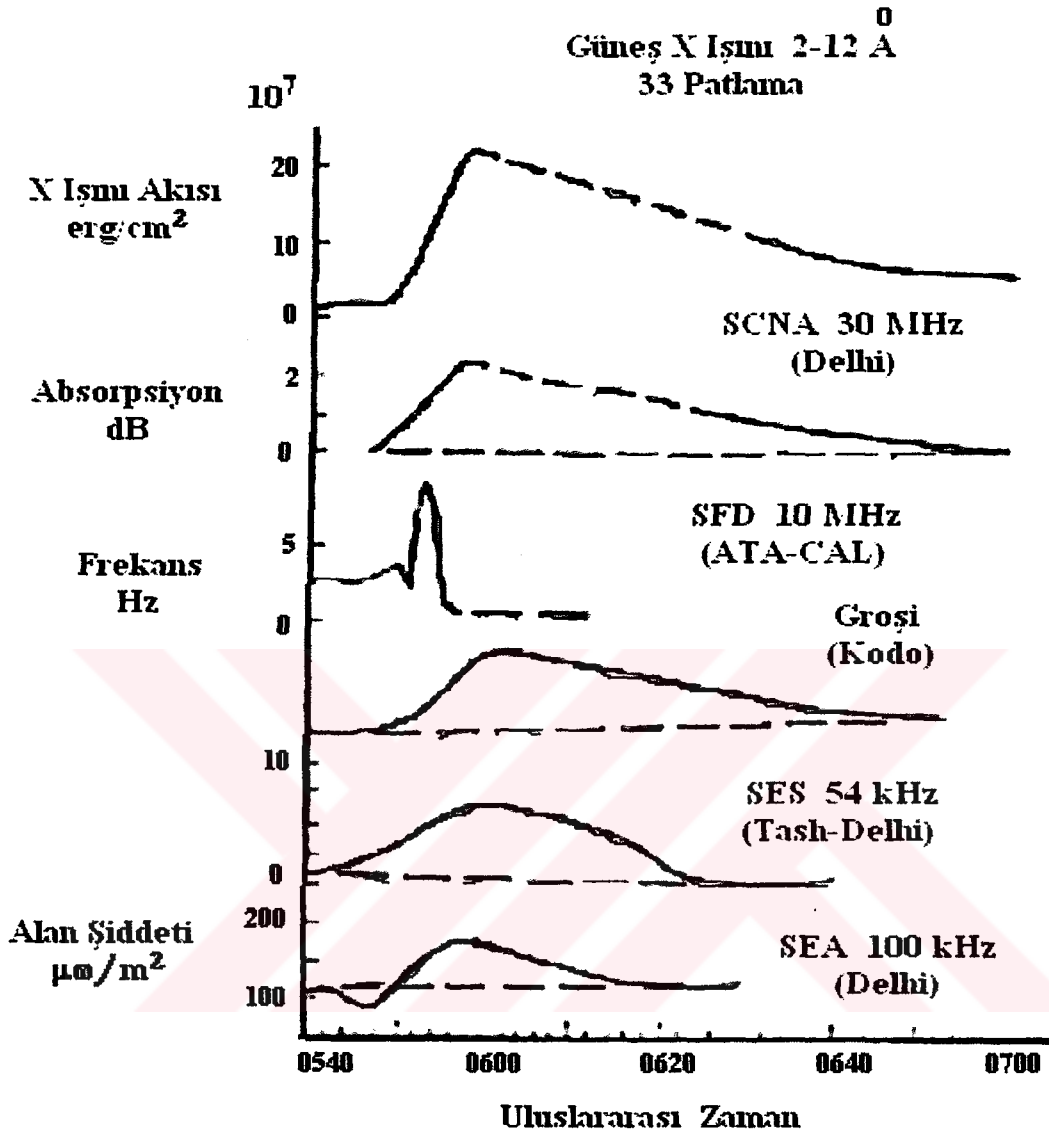
8. ‘Ani alan şiddeti anormalliği (SFA)’ ise, yer dalgası ve bir vericiden yansıyan dalga arasındaki karışımdan kaynaklanır. Orta mesafede bir vericiden parazit etkileri gök dalgası ve yer dalgası arasında meydana gelir. Her ikisinin de yaklaşık olarak eşit şiddette olduğu kabul edilir. En yüksek yansıma yüksekliğine gelen iki dalga, alıcıya büyük alan şiddeti değişimleri vererek ulaşırlar [34].

SID’in etkileri, daha önce ifade edildiği gibi başlıca bir patlama sonucunda D bölgesinde elektron yoğunluğunun artmasıdır. İyonlaşmanın alışılmışından daha düşük yüksekliklerde üretilmesi sonucunda, iyonlaşma radyasyonu normal D tabakası için gerekli

radasyondan 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 [13–35].

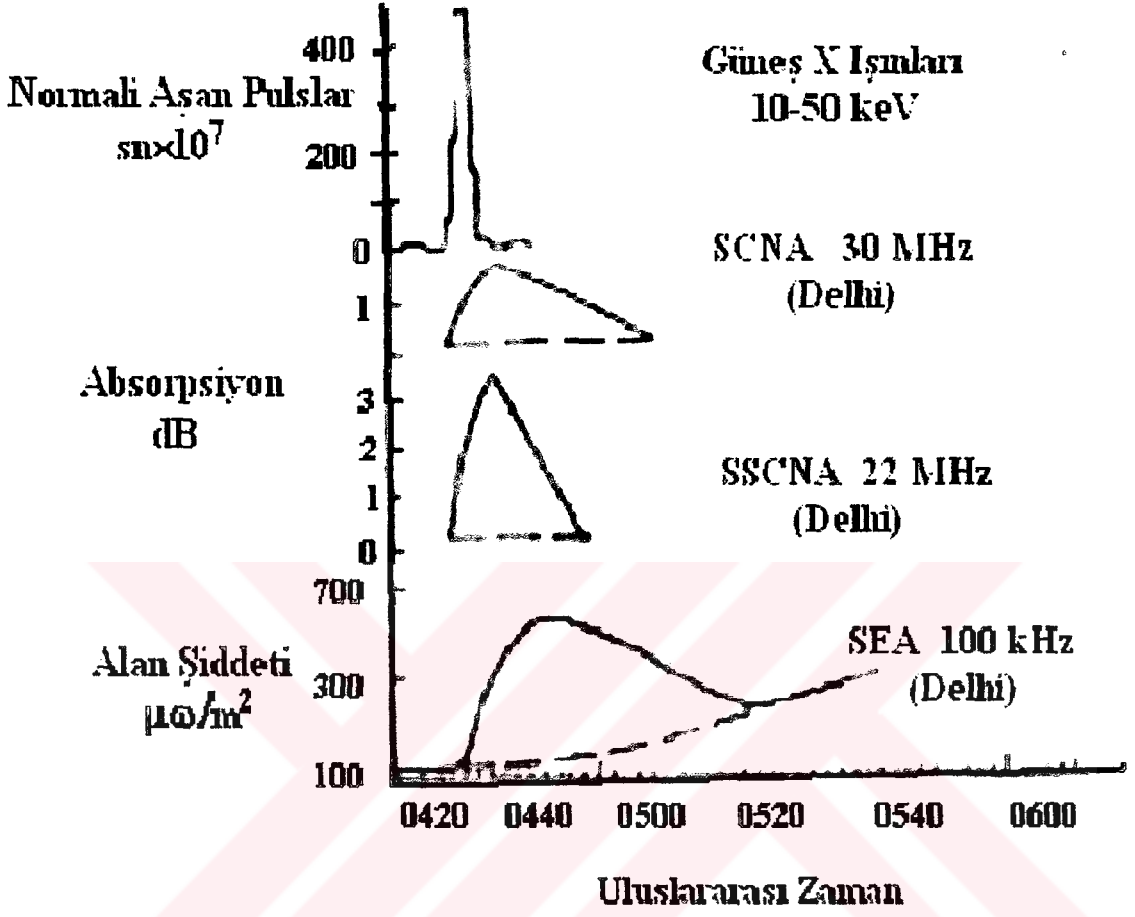
2 Eylül 1966'da meydana gelen X ışını akıntılarının SID olayları için değişimi Şekil 3.6'de gösterilmektedir. $0-3 \text{ } \overset{0}{\text{Å}}$ arasındaki X ışınlarında artış uluslararası zamanla 0300'de başlamış ve bir dakika sonrada $0-8 \text{ } \overset{0}{\text{Å}}$ arasındaki X ışınlarında artış başlamıştır. SEA, saat 0502'de başlarken, 2–4 dakika sonra $0-3 \text{ } \overset{0}{\text{Å}}$ arasındaki X ışınlarının arttığı görülmektedir. Maksimum etki 0400–0600 saatleri arasında meydana gelmektedir [34].

Benzer şekilde 13 Kasım 1966' da meydana gelen SID olayları Şekil 3.7'de gösterilmektedir [34].



Şekil 3.6. 2 Eylül 1966'da meydana gelen SID olayları ve 2-12 Å⁰'da X ışını akıları [34].

13 Kasım 1986



Şekil 3.7. 13 Kasım 1966'da meydana gelen SID olayları ve 10–50 keV enerjili X ışını akıları [34].

4. SONUÇLAR

İyonkürenin oluşumunda en büyük etkiye sahip Güneş'ten gelen X ışınları, EUV ve mor ötesi ışınların yoğunluklarındaki ani değişimler özellikle de Güneş patlamaları, iyonkürenin sıcaklığını, elektron yoğunluğunu, yüksekliğini, kimyasal yapısını değiştireceği gibi, Güneş aktivesindeki değişimler Yer'in manyetik alanını da değiştirir. Böylece iletkenlik ve akımlar değişmekte, oluşan manyetik alan Yer'in manyetik alanıyla beraber bazen kuvvetli bir manyetik alanının oluşmasına sebep olmakla beraber, bazen azaltıcı bir etki de meydana getirmektedir. Genellikle bu ani değişimler sonucunda meydana gelen ve karışıklıklar olarak adlandırılan olaylar, 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. Bütün Dünya'da çok az bir zaman farkıyla aynı anda meydana gelirler.

Şekillerde de görüldüğü gibi bu karışıklıklar sırasında jeomanyetik önce aniden artıp, sonrada normalin çok altında değerler alabilmekte daha sonra ise normale dönebilmektedir. Özellikle alt iyonküredeki etkileri oldukça belirgindir. Tabakalardaki ani yoğunluk artışı gelen dalgaların normalden daha fazla soğurulmasına neden olur. Her frekans maksimum belli bir yüksekliğe kadar çıkabilmekte ve yansımaktadır. İyonkürede meydana gelen bu değişimler dalgaın fazında, genliğinde ve şiddetinde önemli değişiklikler meydana getirir. Buna bağlı olarak özellikle haberleşme sistemlerinde meydana gelen aksaklıklar da aynı anda meydana gelmektedir.

Birkaç dakikadan birkaç saate kadar süren Güneş patlamaları ve koronal kütle atılımları (CME) ile gelişimleri yıllar süren 11 yıllık leke veya 22 yıl süren manyetik devirler, gelişen teknolojiyle haberleşme ve yeryüzünde konum belirleme sistemlerinin neredeyse tamamının uydu aracılığıyla yapıldığı sistemleri kuşkusuz etkilemektedir.

Radyo ve televizyon sistemlerinin yayını, uzun mesafeli telefonlar, GPS sinyalleri uydu ile bağlantılıdır ve dalgalar iyonküreden gönderilir. Uydu ve kullanıcı arasındaki İyonkürede meydana gelecek herhangi bir dalgalanma bu yayınları geçici olarak kesilmesine ya da zayıflamasına neden olur. Bununla birlikte bazen uyduların yörüngelerinin değişmesine de neden olabilmektedir. Ayrıca gürültünün de artmasına neden olarak haberleşmelerin sağlıklı yapılmasına engel olur. Bu nedenle iyonkürede meydana gelen karışıklıkların önceden tahmini çok önemlidir. Ancak günümüzde bu pek mümkün değildir ama çalışmalar halen sürmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi iyonkürede meydana gelen bu olaylar bazen Güneş'le ilgili olmadan iyonküre içindeki süreçlere, yıldırımlara, meteor yağmurlarına bağlı olarak da olabilmektedir. Bunun yanı sıra Güneş'te meydana gelen her olay sonucunda bu olaylar gözlenemeyebilmektedir.

Bu çalışmada, iyonküredeki ani karışıklıkların oluşum nedenleri ve meydana gelen karışıklıkların iyonküre plazmasındaki etkilerinin Güneş’le olan ilişkisi açıklanmaya çalışıldı.

Sonuç olarak; genel olarak bu karışıklıklar, iyonkürenin de oluşumunda en büyük etkiye sahip olan Güneş tarafından oluşturulmaktadır. Diğer etkiler bu kadar güçlü ve etkin değildir. Özellikle orta ve uzun dalgalarla yapılan haberleşmeler en çok etkilenirken, karışıklığın büyüklüğüne bağlı olarak kısa dalgalar da etkilenmektedir.



KAYNAKLAR

1. Hunsucker, R.D. and Hargreaves, J.K., 2003, *The High-Latitude Ionosphere and its Effects on Radio Propagation*, Cambridge University Press.
2. Akkaya, I., 1997, *Antenler ve Propagasyon*.
3. Risbeth, H., 1967, A Review of Ionosphere F region Theory, Proceedings of the IFFF, vol. 55.
4. Kohlen, W., 1986, A Model of the Electron and Ion Temperature in the Ionosphere, Planet. Space. Sci, vol. 34, pp. 609-630
5. Özcan, O., Aydoğdu, M., Yeşil, A., Güzel, E., 1996, The Damping of Radio Waves in the Ionospheric Plasma over Elazığ, F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, s. 113-123.
6. Risbeth, H., 1973, Physics and Chemistry of the Ionosphere, Contemp Physics, vol. 14, p. 229-237.
7. Yong, R., Miao, K., Yang, Da-M., L. and Lu-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.
8. Ataç, T., Özgüç A., Sözen, E., Yeşilyaprak, H., 2004, 23. Güneş Çevrimi Etkinliğine Genel Bakış, Xiv. Ulusal Astronomi Kongresi.
9. Banks, P.M., Kockarts, G., 1973, *Aeronomy Part B*, Academic Pres, New York, 101-307.
10. Tascione, F.T., 1988, *Introduction To The Space Environment*, Orbit A Foundation Series, Orbit Book Company.
11. Whitten, R.C., Poppoff, I., G., 1971, *Fundamentals of Aeronomy*, Space Science Text Series, New York.
12. Chakrabarti, Sandip K., Ancharya, K., Bose, B., Mandal, S., Chatterjee, A., Nandi, N.M., 2005, Monitoring Of Sudden Ionospheric Disturbance (SID) From Kolkata (India).
13. Obayashi, T., 1985, Streaming Of Solar Particles Between Sun And Earth, Planet. Space Sci., Vol. 12, Pp. 463-485.
14. Tsai, H.F., Liu, J.Y., Lin, C., GPS TEC Observations of Sudden Ionospheric Disturbances on The Bastille Day 2000.
15. Bruzek, A., Durrant, C.J., Illustrated Glossary For Solar And Solar-Terrestrial Physics, Vol. 69.
16. 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.
17. Al'pert, Y.A.L., *Radio Wave Propagation and the Ionosphere*.

18. Felske, D., Knuth, R., Lippert, W., Sonnemann, G., 1974, Measurements Of Atmospherics Absorption In The Thermosphere With Satellites, Journal Of Atm. And Terr. Phy., Vol. 36, Pp. 1355-1368.
19. Davies, K., *Ionospheric Radio Propagation*.
20. Budden, K.G. ve F.R.S., *The Propagation Of Radio Waves-I, The Theory Of Radio Waves Of Low Power In The Ionosphere And Magnetosphere*, Fellow Of St John's Collage And Emeritus Reader In Physics In The University of Combridge.
21. Ratcliffe, J.A., 1972, *An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere*, Cambridge at the University Press.
22. Letfus, V., Apostolov, E.M., 1982, Solar Cycle and Seasonal Variations in the Efficiency of Solar Flares in Producing Sudden Ionospheric Disturbances, Juornal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 44, No. 4, pp. 359-362.
23. Aydoğdu, M., 1980, Ariel 4 Uyduyuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu verilerinin 70°-80° D ve 60°-70° B Boyamları Arasında İncelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakültesi, İzmir, 10-41.
24. Banks, P.M., and Kockarts, G., 1973, *Aeronomy Part A*, Academic Pres, New York.
25. Ellison, M.A., 1963, Solar Flares and Associated Phenomena, Planet. Space Sci. Vol. 11, Pp. 597-619.
26. Swift, D.W., The Effect Of Solar X Rays On The Ionosphere.
27. Volland, H., 1960, On The Solar Flare Effect Of VLF Waves In The Lower Ionosphere, Journal Of Atm. And Terrestrial Phys., Vol. 26, Pp. 695-709.
28. Henry, R.J.W., 1965, Planet. Space Sci., 15, 1747.
29. 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.
30. Thompson, H., 1973, Physics and Chemistry of Ionosphere, Contemp Physics, 14, 229-237.
31. Afraimovich, E.L., 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.
32. Ratcliffe, J.A., 1972, *An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere*, Cambridge at the University Press.
33. Afraimovich, E.L., 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.

34. Deshpande, S.D., Subrahmanyam, C.V., Mitra, A. P., 1972, Ionospheric Effects of Solar Flares-I, The Statistical Relationship Between X-Ray Flares and SID's, , Juornal of Atmospheric and Terrestrial Physics, Vol. 34, pp. 211-227.
35. May, B.R., 1966, The Behaviour Oh The D Region At Mid-Latitudes During A Sudden Ionospheric Disturbance, Journal Of Atm. And Terr. Phy., Vol. 28, Pp. 553-564.



ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Öğrencisi Tuba KARABOĞA

Fırat Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü
23169, ELAZIĞ

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi : 05.08.1980
Doğum Yeri : Elazığ
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekar

Eğitim:

İlköğretim:

1986-1991 Namık Kemal İlköğretim Okulu (Elazığ)

Ortaöğretim:

1991-1994 Mezre Orta Okulu (Elazığ)

Lise:

1994-1997 Mehmet Akif Ersoy Lisesi (Elazığ)

Lisans:

1997-2002 Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Elazığ

Yüksek Lisans:

2002-2005 Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

Tez: İyonküredeki Ani Karışıklıklar

Danışman: Prof. Dr. Osman ÖZCAN