

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**UMBRAL PARLAK NOKTALARIN GÜNEŞ LEKE MORFOLOJİSİNE GÖRE
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**Ahmet Burak KARSLIOĞLU
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2020

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**UMBRAL PARLAK NOKTALARIN GÜNEŞ LEKE MORFOLOJİSİNE GÖRE
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

**Ahmet Burak KARSLIOĞLU
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2020

ANTALYA

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

**UMBRAL PARLAK NOKTALARIN GÜNEŞ LEKE MORFOLOJİSİNE GÖRE
DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ**

Ahmet Burak KARSLIOĞLU

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez “Bir Güneş Lekesinin Umbra ve Penumbrasındaki İnce Yapılar ve Bu Yapıların Dinamiklerinin Araştırılması” isimli TÜBİTAK projesi tarafından 117F145 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEMMUZ 2020

ÖZET

UMBRAL PARLAK NOKTALARIN GÜNEŞ LEKE MORFOLOJİSİNE GÖRE DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Ahmet Burak KARSLIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi / Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali KILÇIK

Temmuz 2020; 42 sayfa

Güneş'in dinamik yapısı ve güneş aktivitesinde değişikliğe neden olan süreçler tam olarak anlaşılamamıştır. Yine de bu konularda devam eden birçok araştırma bulunmaktadır. Astronomik gözlem ve yöntemlerdeki önemli gelişmeler, Güneş'in fiziksel özelliklerini daha iyi anlamak için büyük fırsatlar yaratır.

Gelişen gözlem araçları ve ileri teknoloji ile Güneş'in atmosferini ve yüzeyini daha ayrıntılı bir şekilde inceleme olanağımız olmuştur. Bu yeni teknolojilerle Güneş'in farklı katmanlarında çok küçük ölçeklere ve farklı dinamiklere sahip yeni yapılar keşfedilmektedir. Yüksek çözünürlüklü cihazlara sahip teleskoplardan elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler, bu yapıları gözlemlemek için oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında, Big Bear Güneş Gözlemevi'nde (BBSO) Goode Solar Telescope (GST) ile çekilen güneş görüntüleri kullanılarak parlak umbral noktalar (Umbral Dots, UD's) ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu teleskop şu anda dünyanın en yüksek çözünürlüklü güneş görüntülerini sunmaktadır. Bu yapıların temel özellikleri ile parlaklık, basıklık, yarıçap, yaşam süreleri, güneş lekesi alanları ve hızları gibi bazı fiziksel parametreler hesaplanmış ve bu özellikler arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Bu çalışmada, National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) aktif bölge (AR) numaraları AR 12177, AR 12384 ve AR 12541 olan üç farklı aktif bölge ve beş adet Güneş lekesi incelenmiştir. AR 12177 ve AR 12384 birer Güneş lekesi bulundururken, AR 12541 üç adet güneş lekesi bulundurmaktadır.

İlk olarak, güneş lekesi görüntülerine eş hizalama analizi uygulanmış ve görüntü işleme için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra incelenecek güneş lekesinin umbra alanı, umbra-penumbra sınırı belirlenerek bir maske kullanılarak görüntüden çıkarıldı. Umbra alanı elde edildikten sonra Umbral parlak noktalar bulundu. Görüntüde gürültü olarak kabul edilebilecek pikseller filtreler kullanılarak kaldırıldı. Bu özellikleri tespit etmeye ve takip etmeye başlamadan önce bu özellikleri daha da belirgin hale getirmek için görüntü normalizasyonu işlemi uygulandı. UD'ler siyah bir arka plan üzerinde beyaz

noktalar olarak görünür. Son olarak, gerekli parametreleri değiştirerek ve literatürde zaten mevcut olan IDL’de (Interactive Data Language) yazılmış kodun geri kalanını düzenleyerek görüntülere görüntü geliştirme adımları uygulandı. Her Güneş lekesinin umbrasındaki UD’ler tespit edilerek takip edildi ve bu UD’lerin fiziksel parametreleri bulunarak analiz edildi. UD’lerin bulunduğu lekenin morfolojisine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Güneş Lekeleri, İnce yapılar, Yapı Tespit ve Takip Algoritması, Umbral parlak noktalar.

JÜRİ: Doç. Dr. Ali KILÇIK

Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

Dr. Öğr. Üyesi Burçin DÖNMEZ

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF UMBRAL BRIGHT DOTS ACCORDING TO SOLAR SPOT MORPHOLOGY

Ahmet Burak KARSLIOĞLU

MSc Thesis in SPACE SCIENCE and TECHNOLOGY

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali KILÇIK

July 2020; 42 pages

The dynamic structure of the Sun and processes which cause the change in the solar activity has not fully understood. Even though, there are many ongoing research on this topics. The significant developments in astronomical observation and methods create great opportunities to better understand the physical properties of the Sun.

With the introduction of advanced technology and observation tools led the opportunity to study the atmosphere and the surface of the Sun in more details. The new structures with very small scales and different dynamics in different layers of the Sun are being discovered with these new technologies. High resolution images obtained from telescopes having a high-resolution instruments onboard was crucial in this for observing these structures.

In this thesis, bright umbral dots (Umbral Dots, UD_s) were studied in detail using the solar images taken with Goode Solar Telescope (GST) in Big Bear Solar Observatory (BBSO). This telescope takes the highest resolution solar images in the World right now. Basic properties and some physical parameters such as brightness, eccentricity, radius, lifetimes, sunspot areas and velocities of these structures were calculated and the relationships between these features were studied.

In this study, three active regions and five sunspots with National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) active region (AR) numbers 12177, 12384 and 12541 were used. AR 12177 and AR 12384 have 1 sunspot, while AR 12541 has 3 sunspots.

First, co-align analysis was applied to the sunspot images and they were made ready for image processing. Then, the umbral area of the sunspot to be studied was removed from the image by using a mask to determine the umbra-penumbra boundary. After obtaining the umbral UD_s are located after obtaining the umbral area. Pixels on the image that can be considered as noise in the image are removed with filters. UD_s appear as white dots on a black background. Image normalization was performed to make these features even more distinctive before starting to detect and follow these features. Finally, image enhancement steps have been applied to the images by changing the required

parameters and modifying the rest of the code written in IDL (Interactive Data Language) which is already available in the literature. The UDs in the umbra of each sunspot were detected and followed and the physical parameters of these UDs were found and analyzed. It was found that the sunspot with UD varies according to the morphology.

KEYWORDS: Detection and Tracking, Fine Structure, Sunspots, Umbral Dots.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Ali KILÇIK

Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

Asst. Prof. Dr. Burçin DÖNMEZ



ÖNSÖZ

Güneş gözlem araçları ve uygulanan yöntemler geliştikçe Güneş yüzeyinde, özellikle de Güneş lekelerinin umbra ve penumbrasındaki ince yapıların varlığının keşfedilmesi ile birlikte buradaki ince yapıların çalışılması da büyük önem kazanmaktadır. Umbrada gözlenen yapılarla ilgili çalışmalar, yapısal detayların çeşitliliği ve Güneş lekelerinde enerji taşınmasındaki çözülmemiş sorulara ışık tutmaktadır. UD'lerin boyutlarının, kullanılan aletlerin çözünürlük sınırına yakın veya daha küçük olduğu bilinmektedir. Bu kapsamda Big Bear Güneş Gözlemevi (Big Bear Solar Observatory, BBSO)'nde bulunan Goode Güneş Teleskobu (Goode Solar Telescope, GST) şu an Dünya üzerinde ulaşılabilir en yüksek çözünürlüklü görüntüleri sunmaktadır. Dolayısıyla yapılan bu tez kapsamında UD'lerin özelliklerinin daha iyi anlaşılması, özellikle leke morfolojisi ile ilişkisi konularında Güneş fiziği çalışmalarına katkı sağlanması ve literatüre yeni bilgiler eklenmesi amaçlanmaktadır.

Öncelikle bu tez konusunu seçerken yeterlilik, kabiliyet ve isteklerimi göz önünde bulunduran, çalışma süresi boyunca benden ilgi ve desteğini asla esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım akademik danışmanım Sayın hocam Doç. Dr. Ali Kılçık'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın bu hali almasında, kullanılan verilerin gözlemi ve hazırlanarak tarafımıza ulaştırılmasında katkısı olan ABD New Jersey Teknoloji Enstitüsü/Big Bear Güneş Gözlemevi'nde çalışmalarını sürdüren Sayın Prof. Dr. Vasyl YURCHYSHYN'e teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, bu zorlu süreçte daima yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde büyük emek sahibi olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Güneş: Temel Bilgiler	3
2.1.1. Güneş'in iç yapısı	6
2.1.2. Güneş'in atmosferi	7
2.2. Güneş Aktivitesi ve Güneş'te Gözlenen Yapılar	8
2.2.1. Güneş lekeleri	9
2.2.2. Güneş'te gözlenen diğer yapılar	14
2.2.3. Güneş etkinlik göstergeleri	16
2.2.4. İnce yapılar ve Umbral parlak noktalar	17
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Gözlemler ve Veriler	21
3.2. Umbra ve Penumbra Sınırlarının Belirlenmesi	23
3.3. Görüntü İyileştirmeleri	25
3.4. UD'lerin Tespiti , Takibi ve Parametrelerinin Hesaplanması	27
4. BULGULAR	29
4.1. AR 12384 Numaralı Güneş Leke Grubu	29
4.2. AR 12177 Numaralı Güneş Leke Grubu	29
4.3. AR 12541 Numaralı Güneş Leke Grubu	30
5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇLAR	39
7. KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Å	: Angstrom
AU	: Astronomical Union (Astronomik Birim)
D ²	: Döteryum
dk	: Dakika
e ⁻	: Elektron
G	: Gauss
H	: Hidrojen
He	: Helyum
He ³	: Helyum-3
He ⁴	: Helyum-4
I	: Akı
km	: Kilometre
kg	: Kilogram
K	: Kelvin
Ly	: Light year (Işık Yılı)
nm	: nanometre
px	: piksel
s	: saniye
W	: Watt
γ	: Gama ışını
ν _e	: Elektron nötrinosu
π	: Pi sayısı
σ	: Standart Sapma

Kısaltmalar

AR	: Aktif Bölge (Active Region)
AO	: Adaptif Optik (Adaptive Optic)
BBSO	: Big Bear Solar Observatory
CH	: Koronal Delik (Coronal Hole)
CME	: Koronal Kütle Atımları (Coronal Mass Ejection)
CUD	: Merkezi Kökenli Umbral Parlak Nokta (Central Umbral Dot)
FOV	: Görüş Alanı
GONG	: Global Oscillation Network Group
GST	: Goode Solar Telescope
IDL	: Interactive Data Language
MHD	: Manyetohidrodinamik
NASA	: The National Aeronautics and Space Administration
NOAA	: National Oceanic Atmospheric Administration
NSO	: National Solar Observatory
PUD	: Penubral Kökenli Umbral Parlak Nokta (Penumbral Umbral Dot)
SSN	: Güneş Leke Sayıları (Sunspot Number)
SSA	: Güneş Leke Alanları (Sunspot Area)
TiO	: Titanyum Oksit
TSI	: Toplam Güneş Işıması (Total Solar Irradiance)
UD	: Umbral parlak nokta (Umbral Dot)
QS	: Sakin Güneş (Quite Sun)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Güneş merkezinden yüzeye doğru inildikçe yarıçapa bağlı olarak sıcaklık ve yoğunluğun değişimi ¹	5
Şekil 2.2 Güneş'in iç yapısının ve atmosfer tabakalarının tasviri gösterimi ²	5
Şekil 2.3 Konveksiyon ile enerji taşınımının şematik gösterimi. Yukarı doğru gösterilen oklar yükselen sıcak gazı, aşağı doğru olan oklar ise enerjisini yüzeyde bırakarak batan soğuk gazı temsil etmektedir ³	7
Şekil 2.4 Güneş atmosferinin sıcaklık ve yoğunluk değerlerinin yükseklik ile birlikte değişimi ⁴	8
Şekil 2.5 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) AR 11520 numaralı Güneş lekesi. 10 Temmuz 2012 saat 18:27' de NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından paylaşılan görsel ⁵	9
Şekil 2.6 SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) uydusunun MDI (Michelson Doppler Imager) görüntüleyicisi kullanılarak çekilen bir görüntü. Büyük bir Güneş leke grubunda ana bileşenlerin; Umbranın ve penumbranın gösterimi. Sol tarafta bir Güneş lekesinin Dünya boyutu ile kıyaslanması gösterilmiştir ⁶	10
Şekil 2.7 Diferansiyel dönmenin etkisiyle Güneş'in farklı enlemlerindeki dönme hareketinin şematik gösterimi. Şekildeki sıcaklık renk kodlaması gün cinsinden dönme zamanlarını temsil etmektedir ⁷	11
Şekil 2.8 Güneş lekelerinin her iki Güneş yarıküresindeki konumlarına göre çizdirilen zaman grafiği ⁸	12
Şekil 2.9 Güneş Leke sınıflandırmasında kullanılan Modifiye edilmiş Zürih leke sınıflandırması ⁹	12
Şekil 2.10 015 Temmuz 14'de GST ile gözlenen çalışmada kullanılan NOAA AR 12384'ün görüntüsü. Görüş alanı (FOV) yaklaşık 70" x 70" dir. Umbra içerisindeki UD'ler açıkça görülebilmektedir	18
Şekil 2.11 Watanabe vd (2009) tarafından tasvir edilen bir UD'nin oluşumu	19
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan veri setinin ön işlemlerden geçmeden önceki orijinal halleri. a) AR NOAA 12384 numaralı C sınıfı bir leke grubu, piksel boyutları 800x800'dir. b) AR NOAA 12177 numaralı D sınıfı bir leke grubu, piksel boyutları 531x561'dir. c) AR NOAA 12541 numaralı E sınıfı karmaşık bir leke grubu, piksel boyutları 760x760'dır	22

Şekil 3.2	2 boyutlu düzlemde ve 3 boyutlu uzayda Gauss çan eğrisinin gösterimi. Üst, Gauss dağılımının 2 boyutta gösterimi. Alt ise 3 boyutta gösterimi	24
Şekil 3.3	Güneş leke gruplarının umbra ve penumbra sınırları belirlendikten sonraki durumları	25
Şekil 3.4	Filtreler uygulandıktan sonraki tüm lekelerin örnek görüntüsü	26
Şekil 3.5	UD'lerin tespiti. Kırmızı daireler, girilen uygun parametrelere göre UD'lerin tespit edildiğini, bir sonraki görüntüde takip edilmek üzere merkez koordinatlarının alındığını ve bir ID atandığı anlamına gelmektedir	27
Şekil 3.6	Tespit edilen UD'lerin evriminin gösterimi	28
Şekil 4.1	Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yarıçap (x eksen) ve parlaklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması .	32
Şekil 4.2	Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yarıçap (x eksen) ve hız (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması	33
Şekil 4.3	Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yaşam süreleri(x eksen) ve hız (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması .	34
Şekil 4.4	Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait Parlaklık (x eksen) ve Basıklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması .	35
Şekil 4.5	Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait Yarıçap (x eksen) ve Basıklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması . .	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Güneş'in temel fiziksel özellikleri ¹⁰	4
Çizelge 2.2 Güneş patlamalarının X- ışın sınıflandırması. Sınıflandırma I (Akı) pik değerlerine göre Angstrom cinsinden gösterilmiştir	15
Çizelge 2.3 Güneş patlamalarının hidrojen alfa sınıflandırması	15
Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan veri seti ve gözlem parametreleri	21
Çizelge 3.2 Goode Güneş Teleskobuna ait parametreler	21
Çizelge 4.1 AR 12384 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler	29
Çizelge 4.2 AR 12177 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler	30
Çizelge 4.3 AR 12541 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler	30
Çizelge 4.4 Çalışmada kullanılan her 3 leke grubu için bulunan parametrelerin bir bütün olarak gösterimi.	31

1. GİRİŞ

Güneş, evrendeki milyarlarca yıldızdan sadece bir tanesidir. Güneş'in hem Dünyadaki yaşam açısından hem de astrofizik açıdan oldukça önemli bir yeri vardır. Dünyaya yakınlığı dolayısıyla (1 AU) başka hiçbir yıldızda yüzeyini inceleme imkânı bulamadığımız yüksek çözünürlüklü araştırmalar yapmamıza olanak sağlamaktadır. Yüzeyini inceleyebilme avantajına sahip olduğumuz tek yıldız Güneştir ve böylelikle Güneş'i referans olarak diğer yıldızlar hakkında da bilgi edinme imkanımız bulunmaktadır.

Güneş gözlemleri teleskobun icadıyla birlikte yaklaşık olarak 1600'lü yıllardan günümüze kadar düzenli bir şekilde, kayıt altına alınarak yapılmaktadır. Galilei'nin 1609 yılında kullanılabilen ilk teleskobu icat etmesi ile Güneş lekelerinin anlaşılmasına yönelik çalışmalar da başlamıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte Güneş gözlem araçları da gelişmiş ve daha fazla ince yapı inceleme imkânı ortaya çıkmıştır.

Geçtiğimiz yıllarla birlikte, yüksek çözünürlüklü gözlemlerle birleştirilen birçok yeni teknik ve algoritma, bir Güneş lekesinin karmaşık termal yapısını, manyetik yapısını, ince yapısını, meydana gelen akışları, salınımları vb. fiziksel özellikleri ortaya çıkarmaya başlamıştır. Bu süre zarfında, hesaplama ve işlem gücündeki önemli gelişmeler, Güneş lekesi içinde meydana gelen manyetohidrodinamik (MHD) süreçler hakkındaki teorik anlayışta önemli ilerlemelere olanak sağlamıştır (Sysc ve Nakariakov 2014; Elena ve Manuel 2015; Sysc 2015)

Güneş'te pek çok şiddetli aktivite meydana gelmektedir (Güneş parlamaları, koronal kütle atımları vb.). Bu konular Bölüm 2.2.2'de ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Şiddetli Güneş aktivitelerinin meydana geldiği bölgelerden biri de Güneş lekeleridir. Bu sebeptendir ki, Güneş lekelerini anlamak astrofizik açısından son derece önemlidir. Öte yandan Güneş lekeleri, ince yapıların anlaşılmasında önemli bir konu olan MHD'nin anlaşılması için de kilit rol oynamaktadır. Fakat ince yapıları ve ilişkili olduğu dinamikleri tanımlamak, bulundukları Güneş lekelerini doğru bir şekilde modellemek ve teorik bilgimizi genişletme araştırmaları hala büyük bir zorluktur. Bu sebepten dolayı, Güneş fiziğinde bu konuların anlaşılması ve çözülmesi oldukça önemli bir yere sahiptir.

Yukarıda bahsedilen Güneş lekelerindeki ince yapılardan bir tanesi olan umbral parlak noktalar (UDs), Güneş lekelerinin umbrasında gözlenen küçük ölçekli, parlak ve civarına göre daha zayıf manyetik alana sahip yapılar olarak tanımlanır. UD'lerin ilk gözlemleri 20yy.'ın başlarında Chevalier (1916) ile birlikte başlamıştır. UD'lerin konvektif ısı taşınımının bir sonucu olarak umbrada meydana geldikleri Deinzer (1965) tarafından rapor edilmiştir. Bu nedenle, UD'lerin dinamiğini anlamak, ayrıntılı bir Güneş Leke altyapısı modeli oluşturmak için oldukça önemlidir.

Bölüm 2'de daha detaylı bahsedileceği üzere UD'lerin Güneş lekerinin enerji dengesinde oldukça önemli rol oynadığı bilinmektedir (Deinzer 1965; Sobotka 1993).

UD'lerin umbranın yakın yüzey tabakalarının manyetik yapısı ve termal durumu hakkında bilgi taşırlar. UD'ler görünür dalga boylarında umbral parlaklığa %40'a kadar katkıda bulunur ve bu nedenle gözlenen umbral parlaklığın bir kaynağını temsil ederler (Adjabshirzadeh ve Koutchmy 1983).

UD'ler hakkında bugüne kadar farklı yazarlar tarafından birçok çalışma yapılmış ve literatüre kazandırılmıştır (Deinzer 1965; Parker 1979; Lawrence 1983; Choudhary ve Shimizu 2010; Watanabe 2014; Kaifan vd 2015; Ebadi vd 2017; Yadav ve Mathew 2018, Kilcik vd 2020). Bu çalışma kapsamında, farklı tarihlerde alınan yüksek çözünürlüklü Güneş leke görüntüleri kullanılmıştır. Üç farklı leke grubu, ve bunlar içinde beş farklı leke araştırılmıştır. UD'lere ait bazı fiziksel parametreler (hızları, yarıçapları, yaşam süreleri, parlaklıkları, basıklıkları) elde edilerek, farklı Güneş lekelerinde sergiledikleri davranışlar, bulundukları Güneş lekelerinin morfoloji ve evrimlerine bağlı olarak araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Güneş: Temel Bilgiler

Güneş evrendeki milyarlarca galaksiden biri olan Samanyolu galaksisinde bulunan yıldızlarla karşılaştırıldığında orta boyutta ve parlaklıkta milyarlarca yıldızdan sadece biridir. Hem Dünya’da yaşamın kaynağı olması hem de astrofizik açıdan bakıldığında ise çok detaylı incelemesi nedenleriyle çok büyük öneme sahiptir.

- Dünya’ya uzaklık olarak en yakın yıldız ve yüzeyini gözleyebildiğimiz tek yıldızdır. Diğer yıldızlar nokta kaynak olarak gözlenirler. Güneş’in bu avantajı ile yüzeyini ve yüzeydeki yapıları yüksek çözünürlükte detaylı inceleyebilme imkânımız bulunmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde astrofizik açıdan doğal bir laboratuvar işlevi görmektedir.
- Güneş Sistemi’nin merkezini oluşturup toplam kütleinin %99.86’sına sahiptir. Bu özelliği ile tüm sistemin kütle çekimsel dengede kalmasını sağlamaktadır.

Güneş, G2V tayf türünden ve Samanyolu Galaksisi’nin Orion (Avcı) kolu üzerinde bulunan bir anakol yıldızdır. Güneş’in bu konumu galaksimizin merkezinden yaklaşık olarak 25.000 ışık yılı (ly) ve ekvator düzleminden 20 ly uzaklıktadır (Eisenhauer vd 2005). Güneş’in sistemimiz içerisinde Dünya’ya olan uzaklığı yaklaşık olarak 149.600.000 km’dir. Astrofizik açıdan bu uzaklık işlemlerde kolaylık kazandırması için Astronomik birim (AU) olarak isimlendirilir ve Güneş’in Dünya’ya olan ortalama uzaklığı 1AU olarak ifade edilir (Pitjeva ve Standish 2009).

Güneş’in kütlesi 2×10^{30} kg’dır. Güneş, kütleinin %73’lük kısmını Hidrojen (H), kalan kütleinin %24-25’lik kısmını Helyum (He) ve geriye kalan kütleini (%2-3’lük kısım) de ağır elementler (H ve He dışındaki diğer elementler) oluşturur (Asplund vd 2009). Güneş’in uzaya yaydığı enerji merkezinde üretilmektedir. Güneş bu enerjisini hidrojen çekirdeklerinin füzyonla helyuma dönüşmesinden elde eder ve bu olaya proton-proton (pp) zincirleme nükleer tepkimeleri adı verilir. Bu tepkimeler Güneş’in çekirdeğinde yavaş ama kararlı bir şekilde devamlı eder. Gerçekleşen proton-proton zincirleme reaksiyonu aşağıdaki bağıntıda verilmiştir.

$$H^1 + H^1 = D^2 + e^- + \nu_e \quad (2.1)$$

$$D^2 + H^1 = He^3 + \gamma \quad (2.2)$$

$$He^3 + He^3 = He^4 + H^1 + H^1 \quad (2.3)$$

Yukarıdaki denklemde gösterilen proton-proton zincirleme tepkimesi, Güneş kütleine eşit veya daha az kütleli yıldızlarda Hidrojeni, Helyuma dönüştürmek için

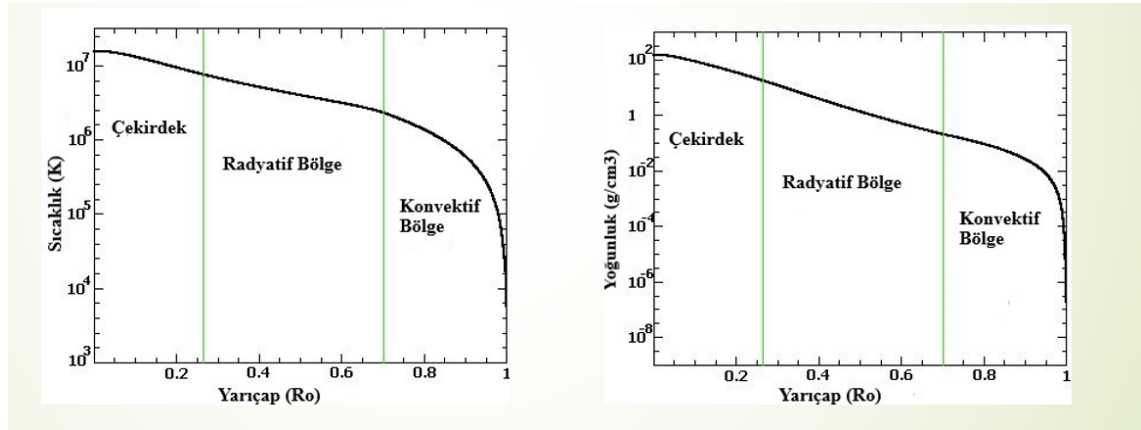
yıldız çekirdeğinde gerçekleşen füzyon tepkimesidir. Proton-proton zincirleme reaksiyonu ppI, ppII ve ppIII olmak üzere üç adımdan oluşur. Denklemden gösterilen ppI reaksiyonudur ve tepkimenin ilk adımıdır. ppI reaksiyonu da kendi arasında üç adıma ayrılmaktadır. Bu reaksiyonun ilk adımında, iki proton çekirdeğinin (H^1) birleşmesi sonucu ortaya bir tane kararlı Döteryum (D^2) çekirdeği çıkar (Bahcall 1989). Bu adım iki kez gerçekleşmelidir. ppI reaksiyonunun ikinci adımında oluşan D^2 çekirdeğinin, Helyum (He^3) oluşturmak için bir proton çekirdeği ile birleşmesini içerir. Artan kararlılığın sonucunda bir gama ışını (γ) yayınlanır. Bu tepkime de iki kez gerçekleşmelidir. PPI reaksiyonunun üçüncü ve son adımında, oluşan He^3 çekirdeklerinin reaksiyona girmesi sonucunda He^4 çekirdeği oluşturulur. Bu son adımda, iki proton serbest bırakılır ve birinci ve ikinci adımlar tekrar gerçekleşir. Bu reaksiyonlar gerçekleşirken Güneş hidrostatik denge içindedir. Güneş'in temel özellikleri bir bütün olarak Çizelge 2.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.1. Güneş'in temel fiziksel özellikleri¹¹

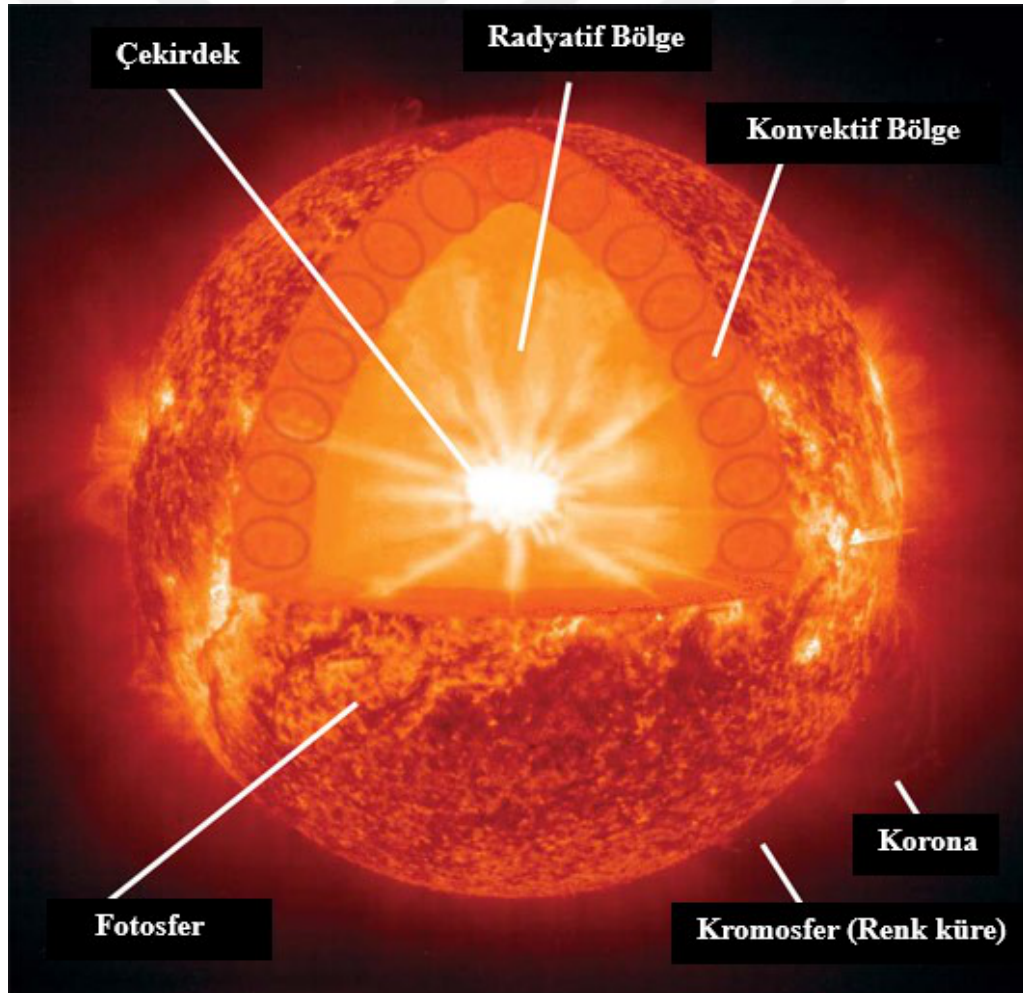
Nicelik	Değeri	Nicelik	Değeri
Çap	1.392×10^9 m	Kütle	1.989×10^{30} kg
Yoğunluk (merkez)	1.5×10^5 kg/m ³	Yoğunluk (ortalama)	1.410 kg/m ³
Etkin Sıcaklık	5778 K	Çekirdek Sıcaklığı	$\sim 15 \times 10^6$ K
Hacim	1.412×10^{27} m ³	Korona Sıcaklığı	$\sim 3 \times 10^6$ K
Tayf Türü	G2V	Yaş	$\sim 4.6 \times 10^6$ yıl
Mutlak Parlaklık	$+4^m.83$	Görünür Parlaklık	$-26^m.74$
Işınım Gücü	3.846×10^{26} W	Enerji (Dünya'da) - Güneş Sabiti	1368 W/m ²
Dünya'ya Uzaklık	15×10^7 km	Dönme Dönemi	~ 25 gün ekvator ~ 35 gün kutuplar

Yukarıda gösterilen Çizelge 2.1'de ortalama yoğunluğun ve sıcaklığın Güneş'in yüzeyinde ve merkezinde farklı değerlerde olduğu görülmektedir. Güneşin yüzeyinde sıcaklık 5778 K iken merkezde 15×10^6 K mertebesine ulaşır. Aynı şekilde ortalama yoğunluk 1.410 kg/m³ iken merkezde bu değer 1.5×10^5 kg/m³ mertebesine ulaşır (Ko 1999). Bu değişimler doğrudan yarıçapa bağlıdır. Yoğunluk ve sıcaklığın yarıçapla değişimi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

¹¹<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>



Şekil 2.1. Güneş merkezinden yüzeye doğru inildikçe yarıçapa bağlı olarak sıcaklık ve yoğunluğun değişimi¹²



Şekil 2.2. Güneş'in iç yapısının ve atmosfer tabakalarının tasviri gösterimi¹³

¹²<https://sites.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section2> adresinden alınarak düzenlenmiştir.

¹³<https://www.sciencesource.com> adresinden alınarak düzenlenmiştir.

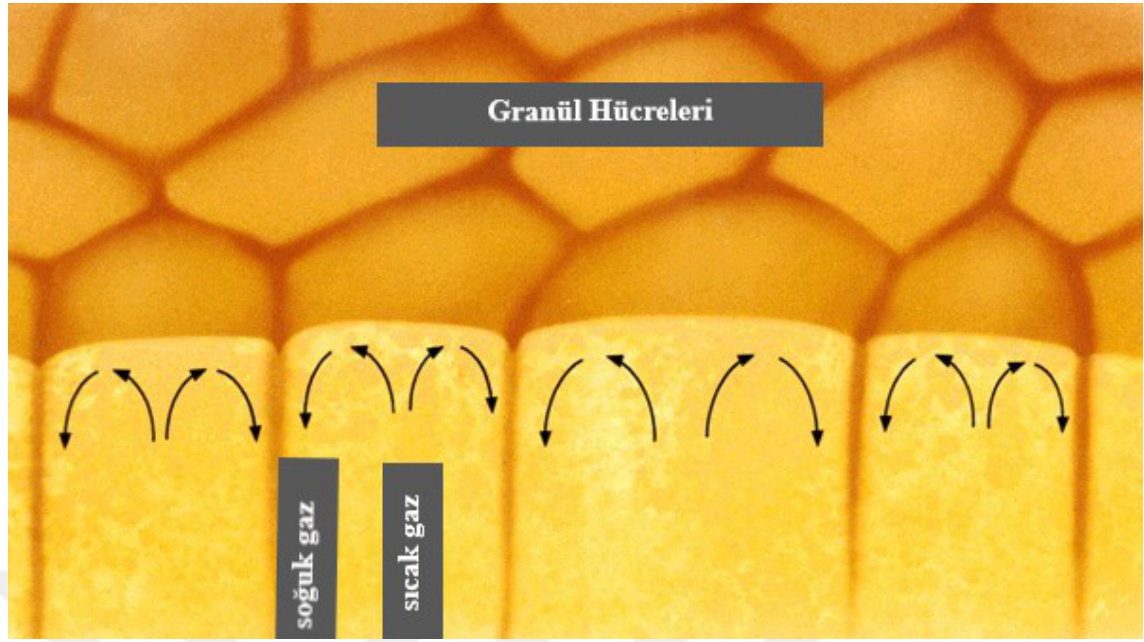
Güneş'i temel olarak, Güneş içi ve Güneş atmosferi olmak üzere iki parçada incelersek (Şekil 2.2); Güneş'in enerjisini ürettiği kısma iç Güneş denmektedir. Güneş ışıınımını aldığımız kısma da Güneş atmosferi denir. Bu iki kısım, Güneş içi ve Güneş atmosferi gelecek bölümlerde ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

2.1.1. Güneş'in iç yapısı

Güneş'in iç yapısı saydam olmadığından doğrudan gözlenemez. Bugüne kadar elde edilen bilgiler, Helyosismolojik çalışmalar ve gözlemler kullanılarak oluşturulan içyapı modellerine dayanır (Gough 1985). Helyosismoloji Güneş'te meydana gelen dalga gözlemlerini kullanarak, Güneş'in iç yapısı hakkındaki anlayışımızı geliştirmek, yıldız içyapılarını modellemek için kullanılan fiziksel girdileri test eden bir bilim dalıdır. Güneş'in iç yapısı, farklı özelliklere sahip dört bölgeye ayrılmıştır. Bunlar yüzeyden merkeze doğru sırasıyla şu şekildedir: i) konvektif bölge, ii) geçiş bölgesi, iii) radyatif bölge ve iv) çekirdek.

Güneş çekirdeği, merkezden yaklaşık olarak 0.25 Güneş yarıçapına kadar uzanan bölgeyi kapsamaktadır. Çekirdek sıcaklığı 15×10^6 K'dir. Füzyonun gerçekleştiği yani Güneş'teki enerjinin üretildiği kısımdır. Güneş'te enerji, proton-proton zincirleme reaksiyonu olarak adlandırılan ve farklı aşamalar sonucunda hidrojeni helyuma çeviren nükleer füzyon ile üretilmektedir (bkz: Denklem 2.1). Merkezdeki çekirdek; yoğunluk, basınç ve sıcaklığın en yüksek değerlerde olduğu bölgedir. Yıldızın geri kalanı çekirdekten dışarıya doğru transfer edilen enerjiyle ısınır. Nükleer füzyon tepkimeleri sonucunda açığa çıkan yüksek enerjili fotonların (kozmetik, gama ve X ışınları) çok azı Güneş plazması tarafından emilir. Diğerleri ise rastgele yönlerdeki çarpışmalarla enerjilerinin bir kısmını kaybederek tekrar yayılır, bu nedenle merkezde üretilen bir fotonun (ışınımın) Güneş'in yüzeyine ulaşması yaklaşık olarak milyonlarca yıl alabilir (Chaisson vd 2002).

Çekirdekte füzyonla üretilen enerji, fotonlar tarafından iletilir ve radyatif bölgeye kadar taşınır. Radyatif bölgenin yarıçapı 0.25 Güneş yarıçapından 0.75 Güneş yarıçapına kadar uzanır (Stix 2004). Fotonlar, kat ettiği yol boyunca sayısız soğurma ve saçılmanın ardından bu katmanı terk etmektedir. Fotonlar radyatif katman ile konvektif katman arasında Güneş yarıçapının yaklaşık olarak 0.1'lik kısmını oluşturan geçiş tabakasına (Tachocline) gelir. Güneş'in manyetik alanı bu bölgede üretilir (Stix 2004). Geçiş bölgesine kadar radyasyonla gelen enerji buradan Güneş'in iç kısmının en dış katmanı olan, yüzeyin hemen altındaki Konvektif bölgeye taşınır. Bu bölge 0.75 Güneş yarıçapından yüzeye kadar uzanan bölgedir. Güneş'in dış katmanındaki plazma, ısıyı dışarıya doğru ışıınım (fotonlar ile) yoluyla iletecek kadar yoğun ve sıcak değildir. Bu katmanda konveksiyon hücreleri adı verilen ve enerjinin, maddenin hareketi ile iletilmesini sağlayan konvektif hareketler ile yüzeye kadar hızla taşınır ve daha sonra soğuyarak geri döner. Konvektif hareketler Güneş yüzeyinde granüller olarak gözlenmektedir. Güneş yüzeyinde gözlenen granül hücreleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



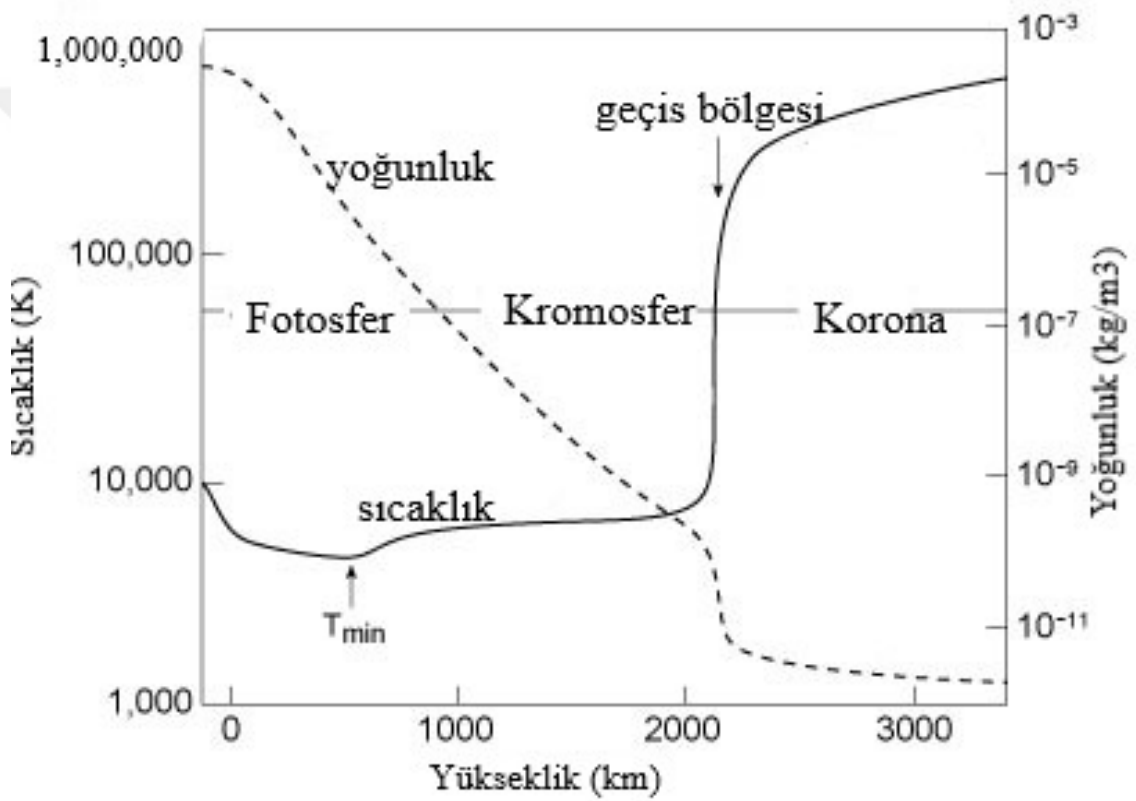
Şekil 2.3. Konveksiyon ile enerji taşınımının şematik gösterimi. Yukarı doğru gösterilen oklar yükselen sıcak gazı, aşağı doğru olan oklar ise enerjisini yüzeyde bırakarak batan soğuk gazı temsil etmektedir¹⁴

2.1.2. Güneş'in atmosferi

Güneş atmosferi, Güneş yüzeyi (fotosfer), kromosfer (renk küre), geçiş bölgesi ve koronaya (taç küre) kadar geniş bir sıcaklık ve yoğunluk aralığını kapsamaktadır. Güneş atmosferinde sıcaklık ve yoğunluğun yükseklikle değişimi Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Güneş atmosferinden, elektromanyetik spektrumun bütün dalga boylarında ışıınım yayılır. Güneş'in farklı katmanlarını ve bu katmanlarda meydana gelen yapıları, elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında gözleyebiliriz. Fotosfer tabakası, Güneş'in beyaz ışııkta gözlenen yüzeyidir. Fotosfer, Güneş atmosferinin en alt katmanıdır. Çekirdekte füzyonla üretilen enerji son olarak Güneş atmosferinin fotosfer katmanına ulaşır. Güneş yüzeyi bu katmandan itibaren başlar ve fotosfer yaklaşık 500 km kalınlığındadır. Güneş'in diğer katmanlarına göre bağıl olarak en soğuk katmanıdır ve yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak 5780 K'dir. Çıplak göz ile bakıldığında, optik olarak gördüğümüz ve yıldızları sınıflandırdığımız katman da bu katmandır. Fotosferi çevreleyen daha dış katman ise Kromosferdir. Yüksek oranda H içeren bu tabaka, hidrojen yaktığı için kırmızımsı bir ışıınım yayması nedeniyle Renk küre olarak da adlandırılmaktadır. Kalınlığı 10.000 km'ye erişen bu tabakanın yoğunluğu fotosferinkinden çok daha az olduğundan, tam Güneş tutulmaları veya bir takım özel Güneş gözlem aletleri (filtreler) kullanılmadan görülemez. Bu katmanda sıcaklık,

¹⁴https://wisp.physics.wisc.edu/astro104/homework/homework4*_soln.html sitesinden alınarak düzenlendi.

fotosferin tavanında 4500 C olarak ölçülen değerden, 40.000 C'ye kadar yükselir (Avrett 2003). Kromosfer katmanının hemen üzerinde oldukça ince bir katman daha vardır. Bu katman geçiş bölgesi olarak adlandırılır. Geçiş bölgesinin yaklaşık kalınlığı sadece birkaç yüz km civarındadır. Güneş atmosferinin en dış katmanı ise Korona'dır. Korona tabakası, Güneşin fotosferinden gezegenler arası ortama kadar uzanan bölgedir. Kesin olarak üst sınırı bilinmemektedir. Yaklaşık sıcaklığı 2×10^6 K'dir. Sıcaklığın aniden korona tabakasında milyon derece mertebesine ulaşmasının sebebi henüz tam olarak bilinmemektedir. Buradaki yüksek sıcaklığa dalgalar tarafından hızlandırılan plazma akımları, ses dalgaları, elektrik akım dağılımlarının sebep olabileceği düşünülmektedir (Stix 2004) ve bu konuda çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 2.4. Güneş atmosferinin sıcaklık ve yoğunluk değerlerinin yükseklik ile birlikte değişimi¹⁵

2.2. Güneş Aktivitesi ve Güneş'te Gözlenen Yapılar

Güneş aktivitesi denildiğinde, Güneş atmosferinde zamana ve konuma bağlı olarak meydana gelen, doğrudan manyetizmaya bağlı geçici davranış sergileyen yapılar akla gelmektedir. Güneş'in yüzeyindeki manyetizmanın kaynağının, Güneş atmosferinin fotosfer katmanının hemen altındaki konveksiyon katmanının tabanı olduğunu

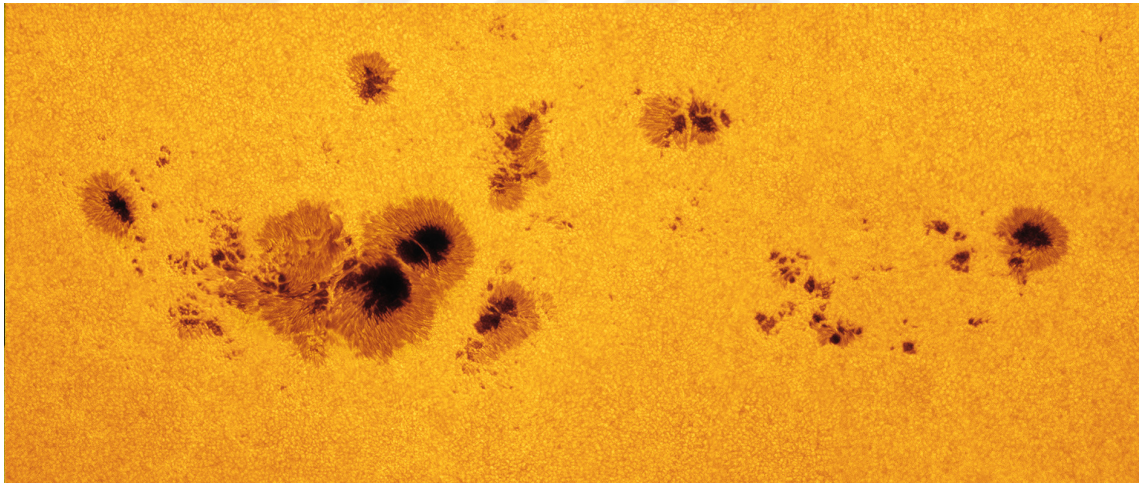
¹⁵<https://www.astronomyclub.xyz/solar-flares/focus-61.html> adresinden alınarak düzenlenmiştir.

belirtmiştik. Güneş aktivitesi, konvektif akışın ve diferansiyel dönmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Sherwood 2002). Güneş atmosfer katmanları, aktif bölgeler (AR) ve Sakin Güneş bölgeleri olarak iki farklı grupta incelenirler. Sakin Güneş bölgeleri zayıf manyetik etkinlik gösteren bölgeler olarak tanımlanır (Gibson 1973) ve bu bölgelerde aktif bölgelere nazaran çok az yapı ve olay gözlenir, yine de bu bölgelerde de bazı yapılar meydana gelebilir. Bu yapıların başlıcaları koronal delikler (CHs), manyetik parlak noktalar, granüller vd.'dir.

Aktif bölgeler, Güneş'in manyetik alanının bozulduğu alanlar olarak görünür, bir başka deyişle, yüksek manyetik etkinliğe sahip alanlar olarak tanımlanabilir. Aktif bölgelerde gözlenen veya oluşan yapılar; Güneş lekeleri, Güneş parlamaları (Flares), Koronal Kütle Atımları (CME), Koronal Luplar, Filamentler, Plaj bölgeleri sayılabilir.

Bu bölümde, literatürde yaygın olarak kullanılan manyetik etkinlik göstergeleri kısaca tanımlanarak, bu çalışmanın odak noktası olan bir Güneş lekesinin umbrasında gözlenen ince yapılardan umbral parlak noktalar (UDs) ayrıntılı olarak tanımlanacaktır.

2.2.1. Güneş lekeleri

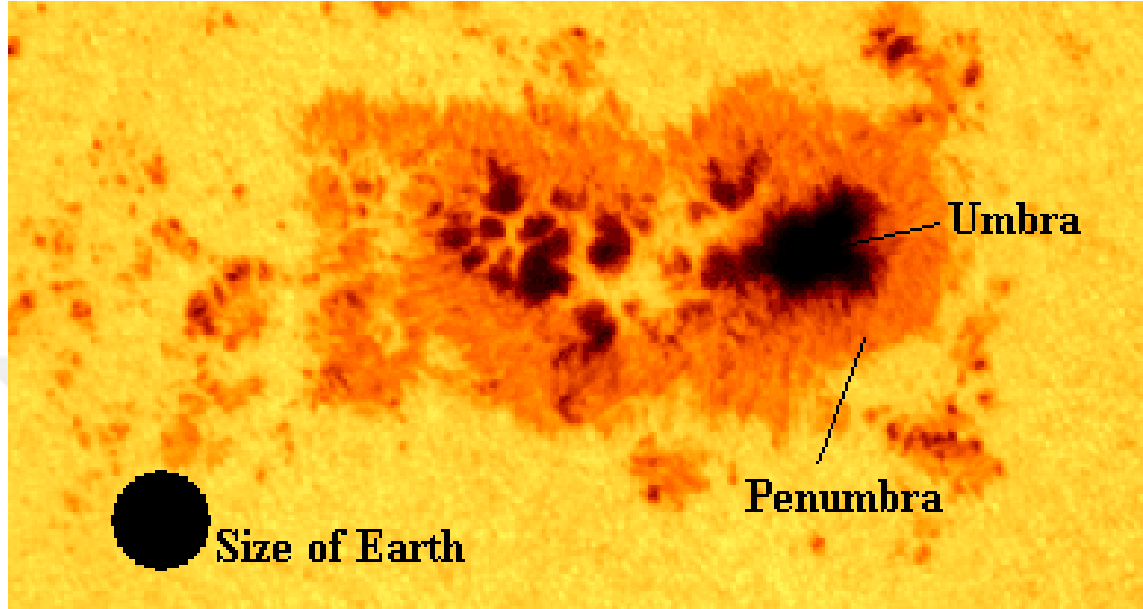


Şekil 2.5. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) AR 11520 numaralı Güneş lekesi. 10 Temmuz 2012 saat 18:27' de NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından paylaşılan görsel¹⁶

Güneş üzerinde görülen en ilgi çekici olaylardan biri Güneş lekeleridir. Güneş lekeleri Güneş diski üzerinde manyetik alanın yoğunlaştığı bölgelerdir (Şekil 2.5). Fotosfer üzerindeki ortalama manyetik alan şiddeti yaklaşık 1G mertebesinde iken gelişmiş bir güneş lekesinin sahip olduğu manyetik alanın şiddeti birkaç bin Gauss'a ulaşabilir. Manyetik alanın yoğun olmasından dolayı koyu bölgeler olarak görülen bu lekeler geçici olaylardır. Orta büyüklükte bir Güneş lekesi yaklaşık olarak Dünya

¹⁶http://www.physics.unlv.edu/jeffery/astro/sun/sun_sunspots.html adresinden alınarak düzenlenmiştir

büyüklüğündedir ($R_{Dunya} = 12.742$ km). Güneş lekeleri, günler, haftalar hatta aylar boyunca göründükten sonra ömürlerini tamamlar ve yok olur. Fotosferdeki ortalama yüzey sıcaklığı 5780 K civarındayken, Güneş lekeleri bulundukları alanın sıcaklığını 5780 K den 4000 K'e kadar düşürür ve etrafına göre daha koyu (siyah) olarak görülür.



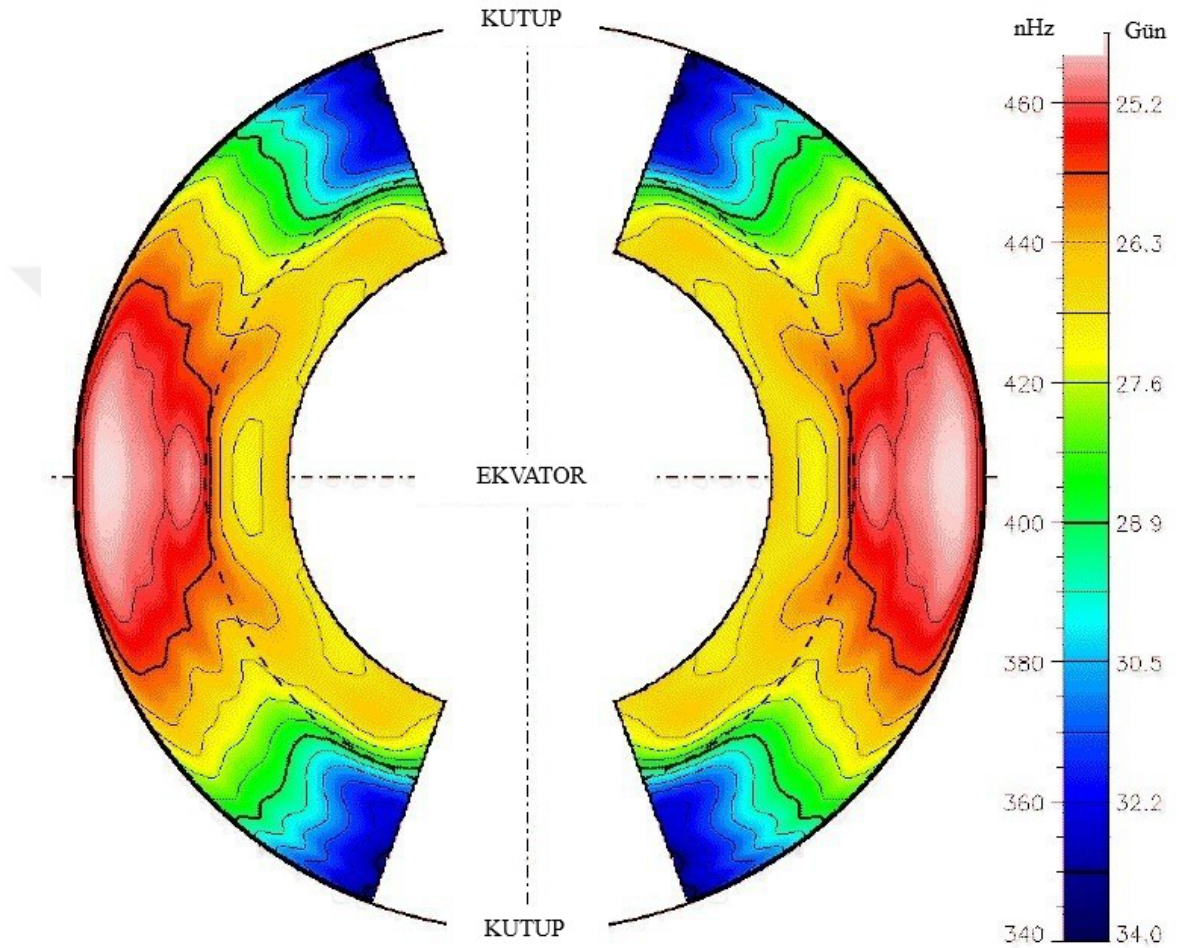
Şekil 2.6. SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) uydusunun MDI (Michelson Doppler İmager) görüntüleyicisi kullanılarak çekilen bir görüntü. Büyük bir Güneş leke grubunda ana bileşenlerin; Umbranın ve penumbranın gösterimi. Sol tarafta bir Güneş lekесinin Dünya boyutu ile kıyaslanması gösterilmiştir¹⁷

Gelişmiş bir Güneş lekесi, umbra ve penumbra olmak üzere temek olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Güneş lekесinin merkezindeki koyu bölge umbra olarak isimlendirilirken, merkezin çevresindeki ve merkeze göre daha açık renkli olan bölge penumbra olarak isimlendirilir. Umbrada manyetik alan şiddeti en yüksek değеrinde olup alan çizgileri büyük ölçüde dikeydir. Penumbra da ise alan çizgileri yatayıdır (Şekil 2.6). Güneş lekelerindeki manyetik alan çalışması ilk olarak Hale (1908) tarafından yapılmıştır.

Güneş lekeleri ağırlıklı olarak Güneş'in ekvatoru yakınlarında genellikle ± 40 enlem kuşağı arasında ortaya çıkar. Güneş ekvatoru civarında görülen lekeler, daha yüksek enlemlerde görülen lekelerle oranla daha yüksek dolanım hızına sahiptir. Bunun sebebi Güneş'in dönme hızının ekvator bölgesinde, diğer enlemlere göre daha yüksek olmasıdır. Yıldızımız Güneş, iyonize olmuş gazdan, yani plazmadan oluştuğu için katı bir cisim gibi dönme hareketi yapmaz. Ekvator bölgesine yakın enlemler daha hızlı dönme periyoduna sahipken (~ 25 gün), ekvator'dan kutuplara doğru gidildikçe bu hızın arttığı görülür (~ 36 gün). Bu dönme hareketine Diferansiyel dönme adı verilmektedir.

¹⁷ www.solarscience.msfc.nasa.gov adresinden alınarak düzenlenmiştir.

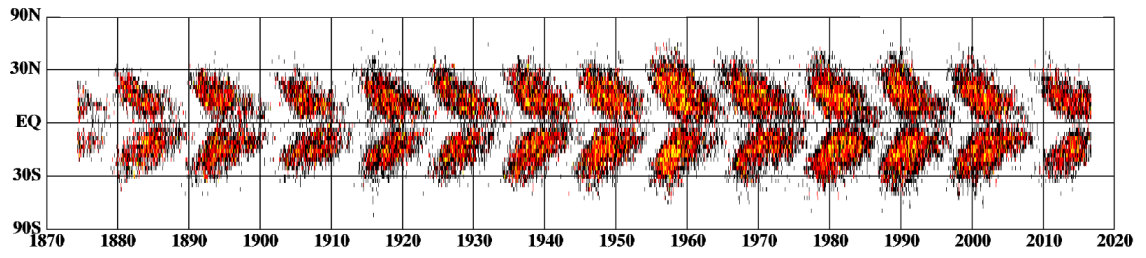
Şekil 2.7’de Güneş’te farklı enlemlerde farklı dönme hızları şematik olarak gösterilmiştir. Güneş yüzeyinde görülen bu olay, Güneş lekelerinin gözlenmesiyle fark edilmiş ve hesaplanmıştır. Yüzeydeki farklı dönme periyotları, Güneş’in iç katmanlarındaki çekirdek ve konvektif bölge için de geçerlidir. Radyatif katman katı cisim gibi dönme hareketine sahiptir. İç yapıdaki farklı dönüş periyotları da ancak helyosismik çalışmalar neticesinde anlaşılmıştır(Gough 1985; Thompson 2004).



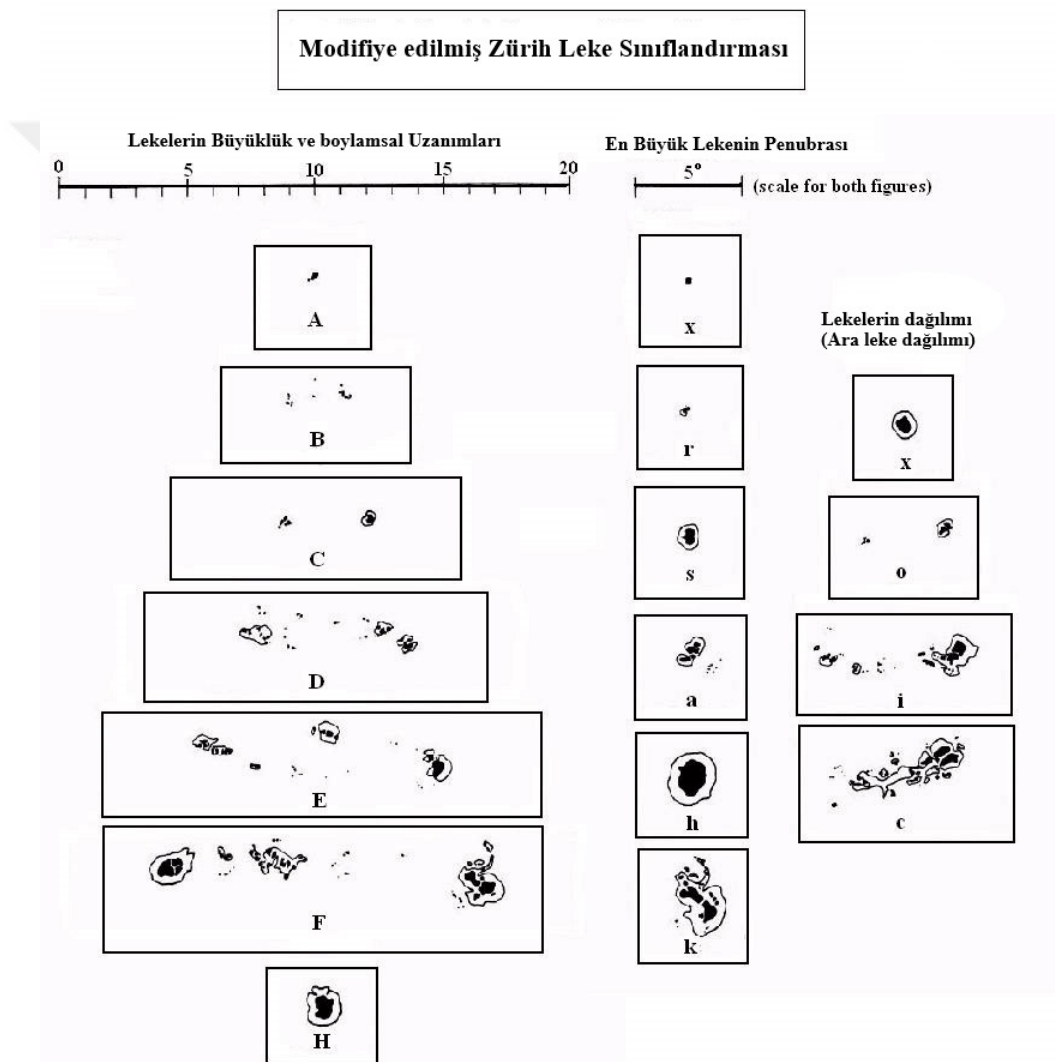
Şekil 2.7. Diferansiyel dönmenin etkisiyle Güneş’in farklı enlemlerindeki dönme hareketinin şematik gösterimi. Şekildeki sıcaklık renk kodlaması gün cinsinden dönme zamanlarını temsil etmektedir ¹⁸

Güneş çevriminin başlangıcında üst enlemlerde gözlenmeye başlayan lekeler, çevrimin sonlarına doğru daha alt enlemlerde gözlenmeye başlar. Bu olay Spörer Yasası olarak bilinir. Güneş lekelerinin, her iki Güneş yarıküresindeki konumlarının zamana göre grafiği çizdirildiğinde kelebek diyagramı adı verilen ve leke çevrimlerine göre lekelerin enlemsel olarak nasıl bir dağılım gösterdiğini belirten diyagram elde edilmektedir (Şekil 2.8).

¹⁸Görüntü NSO/GONG sitesinden alınarak düzenlenmiştir.



Şekil 2.8. Güneş lekelerinin her iki Güneş yarıküresindeki konumlarına göre çizdirilen zaman grafiği¹⁹



Şekil 2.9. Güneş Leke sınıflandırmasında kullanılan Modifiye edilmiş Zürih leke sınıflandırması²⁰

¹⁹<https://sites.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section2/new5.html>

adresinden

alınarak

düzenlenmiştir.

²⁰<https://www.spaceweatherlive.com> web adresinden alınarak düzenlenmiştir

Güneş lekeleri, Güneş diski üzerinde gruplar halinde bulunur. Güneş lekeleri, 17.yy'dan itibaren düzenli olarak gözlenmekte ve bu gözlemler düzenli olarak kaydedilmektedir (Vaquero vd 2007). 20.yy'ın başlarında ise gözlenen bu lekelerin görünüm ve şekillerine göre ilk olarak sınıflandırılması Cortie (1901) tarafından yapılmıştır. 20.yy'ın ortalarına doğru Waldmeier (1938), Güneş leke evrimini ve morfolojisini tanımlamak için Cortie (1901)'nin sınıflandırmasına dayanan Zürih leke sınıflandırmasını yayınladı. Fakat Zürih sınıflandırması Güneş lekeleri ve Güneş patlamaları arasındaki ilişkiyi açıklamakta eksik kalmıştır. Bu sebeple, Güneş lekelerinin özelliklerini daha iyi tanımlamak ve diğer Güneş aktivite göstergeleri (Güneş leke alanları, Güneş patlamaları) ile arasındaki ilişkiyi ortaya koymak amacıyla McIntosh (1990) tarafından tekrar düzenlenmiştir (Şekil 2.9). Bu yeni sistem Zürih sınıflandırmasının modifiye edilmiş halidir ve bu yüzden de bu sınıflandırma McIntosh sınıflandırması veya Modifiye edilmiş Zürih Leke Sınıflandırması olarak isimlendirilmiştir (McIntosh 1990).

Şekil 2.9'da gösterilen McIntosh Zürih leke sınıflandırması temel olarak üç parametreye dayandırılmıştır. Bunlar;

- Grupların morfolojik yapısını ve evrimini tanımlayan, lekelerin büyüklük ve boylamsal uzanımına göre yapılan sınıflandırma; bu kapsamda yedi ana sınıf vardır (A, B, C, D, E, F ve H)
 1. A: Penumbrazsız tek kutuplu leke grubu
 2. B: Penumbrazsız iki kutuplu leke grubu
 3. C: Bir kutbunda penumbralı lekeler görülen iki kutuplu leke grubu. Uzamış leke grubunda sadece bir uçta penumbralı lekeler görülmektedir.
 4. D: Uzamış leke grubunun her iki kutbunda da penumbralı lekeler görülen iki kutuplu leke grubu. Boylamsal uzunluğu 10 helyografik dereceyi geçmez.
 5. E: Her iki kutbunda da penumbralı lekeler görülen iki kutuplu leke grubu. Grubun boylamsal uzunluğu 10 – 15 helyografik derece arasındadır.
 6. F: Her iki kutbunda da penumbralı lekeler görülen iki kutuplu leke grubu. Grubun boylamsal uzunluğu 15 helyografik dereceden büyüktür.
 7. H: Penumbralı tek kutuplu leke grubu. Bunlar genellikle iki kutuplu eski bir gruptan arta kalan baş lekelerdir.
- Gruptaki en büyük lekenin penumbrasına bakılarak yapılan sınıflandırma; bu kapsamda 6 ana sınıf vardır (X, R, S, A, H, K).
 1. X: Penumbrazsız leke. Lekeleri çevreleyen gri bölgenin genişliği 3 yay saniyesini geçerse leke penumbralı olarak sınıflandırılır.
 2. R: Penumbra henüz tam olarak oluşmamıştır. Sınırları tamamlanmamıştır.

3. S: Filamenter ince yapı görünümünde hemen hemen dairesel, simetrik penumbra. Leke çapı 2.5 helyografik dereceyi geçmemektedir.
 4. A: Filamenter ince yapılı, asimetrik veya karmaşık penumbra. Leke çapı 2.5 helyografik dereceyi geçmemektedir.
 5. H: 2.5 helyografik dereceden büyük çaplı, geniş, simetrik penumbra.
 6. K: 2.5 helyografik dereceden büyük çaplı, asimetrik, geniş penumbra. İriliği dışında A penumbrasıyla aynı özelliği taşır.
- Grupdaki ara leke dağılımına göre yapılan sınıflandırma; bu kapsamda 4 ana grup vardır (X, O, I, C).
 1. X: Tek leke olup ara leke dağılımından bahsedilemez.
 2. O: Açık leke dağılımı. Baş leke grubuyla yoldaş leke grubu arasındaki bölgede leke görünmez. Buradan, grubun açıkça zıt manyetik kutuplu iki bölgeye ayrıştığı anlaşılmaktadır.
 3. I: Ara leke dağılımı. Baş ve yoldaş leke gruplarının arasında lekeler görülür, fakat bu lekenin hiç birisinin penumbrası yoktur.
 4. C: Yoğun ara leke dağılımı. Baş ve yoldaş leke grupları arasında en azından biri penumbralı çok sayıda belirgin leke görülür. Yoğun leke dağılımı, zıt manyetik kutup çizgisi boyunca nispeten yüksek manyetik alan gradyenini belirtir.

Güneş leke grupları bu üç parametreden gelen sınıfların arka arkaya eklenmesi yoluyla sınıflandırılır (ör, FKC, AXX, DSO vb).

2.2.2. Güneş'te gözlenen diğer yapılar

Güneş yüzeyinde gerçekleşen en şiddetli olaylardan bir tanesi de ani parlaklık artışı şeklinde ortaya çıkan Güneş patlamalarıdır. Bu olgu leke grubunun dinamikleriyle ilişkilidir ve genellikle leke grubu civarında gerçekleşir. Lekelerin bulunduğu bölgeden püsküren plazma, ipliksi yapılar şeklinde manyetik alan çizgilerini takip ederek yayılır. Bir süre sonra bu ipliksi yapılar, gerilim kuvvetlerine dayanamayarak kopar veya yeniden bağlanır ve kütle atımları şeklinde uzay boşluğuna saçılır. Bir Güneş patlaması meydana geldiği zaman, elektromanyetik spektrumun tüm dalga boylarında bir enerji açığa çıkmaktadır (Önel vd 2007). Güneş patlamalarının sınıflandırması patlamanın X-ışını şiddetine ve hidrojen alfa dalgaboyundaki (6563 Å) parlaklık ve alana göre yapılmaktadır. X-ışını sınıflandırması, 1–8 Angstrom (Å) dalga boyu aralığındaki pik şiddetine göre beş kategori oluşturularak yapılmaktadır (Çizelge 2.2). X-ışın patlamaların en düşüğü A olmak üzere B, C, M ve en güçlüsü X sınıfı olarak sınıflandırılırlar. Her sınıf bir önceki sınıftan 10 kat daha güçlüdür ve X sınıfı

patlamaların güç sınırlandırmasının üst sınırı yoktur (Maris ve Popescu 2004). Optik sınıflandırma, Halfa sınıflandırması olarak da bilinmektedir. Bu sınıflandırma parlamanın gerçekleştiği alanın büyüklüğüne göre beş (S,1,2,3,4) ve parlamanın şiddetine göre de üç farklı (sönük (faint, f), normal (n) ve parlak (bright, b)) parametrenin birleştirilmesi ile yapılır. Böylece 15 farklı sınıf mevcut olup en şiddetli patlama sınıfı 4b iken en zayıf patlama sınıfı Sf'dir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.2. Güneş patlamalarının X- ışın sınıflandırması. Sınıflandırma I (Akı) pik değerlerine göre Angstrom cinsinden gösterilmiştir

Sınıf	Akı (Pik Akı) 0.1 – 0.8 nm [W / m ²]
A	$I < 10^{-7}$
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$
X	$I \geq 10^{-4}$

Patlamalar zaman zaman Koronal kütle atımlarına sebep olur, eğer patlama M ya da X sınıfıysa bu olasılık daha da artar. Güneş patlamaları ve koronal kütle atımları arasında yakın bir ilişki vardır (Youssef 2012).

Güneşte meydana gelen bir ilgi çekici olay da koronal kütle atımlarıdır. Güneş'in korona (taç) tabakasında meydana gelen, devasa miktardaki plazmanın gömülü manyetik alandan Güneşten dışarıya atılması olayıdır. Koronal kütle atımları genellikle bağımsız gelişen olaylar olmakla birlikte zaman zaman Güneş parlamaları ile ilişkili olarak da meydana gelebilir (Nicky 2011).

Çizelge 2.3. Güneş patlamalarının hidrojen alfa sınıflandırması

Patlama Sınıfı	Enlemsel Uzanım Aralıkları
S	$\leq 2^\circ$
1	$2^\circ - 5^\circ$
2	$5^\circ - 12^\circ$
3	$12^\circ - 24.7^\circ$
4	$\geq 24.7^\circ$
f, n, b	Sönük, Normal, Parlak

2.2.3. Güneş etkinlik göstergeleri

Güneş etkinlik göstergeleri, gözlemsel ve dolaylı olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenmektedir. Gözlemsel Güneş etkinlik göstergeleri arasında, Güneş leke sayıları, Güneş leke alanları, toplam Güneş ışıması (TSI), Güneş parlamaları gösterilebilir. Dolaylı Güneş etkinlik göstergeleri arasında ise jeomanyetik aa indeksi, ağaç halkalarından elde edilen ^{14}C ve kutup buzlarından elde edilen ^{10}Be radyo izotopları gösterilebilir. Bu bölümde yaygın kullanılan Güneş etkinlik göstergelerine kısaca değinilmiştir.

Güneş leke sayıları (SSN), Gözlemsel Güneş etkinlik göstergeleri arasındadır. Güneş lekeleri, teleskobun icadı ile birlikte düzenli bir şekilde gözlenmeye başlamıştır. Güneş leke sayımı için günümüzde 1848 yılında Rudolf Wolf'un, Güneş'in fotosferindeki tekli lekeleri ve leke gruplarını sayarak, görülebilen Güneş lekelerinin sayısını saymak ve Güneş etkinliğini tahmin etmek için geliştirdiği formül kullanılmaktadır. Wolf, tek başına lekelerin toplam sayısına 10 kat daha fazla grup ekleyerek Güneş lekesi numarasını hesaplamayı seçmiştir. Güneş leke sayısı Denklem 2.4 ile ifade edilir.

$$R = k(10g + f) \quad (2.4)$$

Denklemde R, rölatif sayı; g, Güneş leke gruplarının sayısı; f, Tüm gruplardaki lekelerin toplam sayısı, k, görüş koşullarını düzelten bir ölçek faktörü olarak geçmektedir. K sabiti, kullanılan gözlem aleti ve gözlem yerinin enlemine bağlı olarak bir düzeltme katsayısı olarak gelmektedir. Günlük Wolf sayısı (2.2.2) bağıntısı kullanılarak tüm görünen Güneş yüzeyinden hesaplanmaktadır. Wolf, böylelikle geliştirmiş olduğu Güneş leke sayısı formülü ile Güneş lekeleri sayılarında bir döngü varlığını doğrulamış, erken tarihsel kayıtları kullanarak döngünün uzunluğunu 11.1 yıl olarak belirlemiştir. 11 yıllık çevrim uzunluğu boyunca Güneş leke sayılarının en yüksek olduğu dönem Güneş maksimumu, en düşük olduğu dönem ise Güneş minimumu olarak bilinmektedir. Bir Güneş çevrimi boyunca leke sayılarının maksimuma çıkış süresi minimuma iniş süresine göre daha kısadır.

Bir diğer gözlemsel Güneş etkinlik göstergesi ise Güneş leke alanlarıdır (SSA). Wolf sayısı hesaplanırken (2.2.2) bağıntısındaki g, grup sayısı ve k, gözlem sabiti'nin ölçümlerindeki belirsizlikler daha doğru ve objektif bir Güneş aktivite göstergesinin belirlenmesini gerekli kılmıştır. SSA, herhangi bir gün için tüm görünür Güneş yüzeyindeki leke alanlarının toplamının Güneş yüzey alanının ($4\pi R^2$) milyonda biri cinsinden ifade edilir.

Gözlemsel Güneş etkinlik göstergeleri arasında en çok kullanılanlardan bir tanesi de toplam Güneş ışımasıdır (TSI). Güneşten elektromanyetik spektrumun tüm dalga boylarında enerji yayınlanmaktadır. TSI, Dünya atmosferinin dışında birim alan başına (m^2), tüm dalga boylarında (Bolometrik) Güneşten gelen radyasyon enerjisi miktarı olup uluslararası birim sisteminde Wm^{-2} ile ifade edilir. Ortalama değeri 1368 Wm^{-2} 'dir.

Fotosferik plaj alanları da Güneş etkinlik göstergeleri arasındadır. Plaj alanları (plage region), bir Güneş lekesinin etrafındaki parlak yapılar -bölgeler- olarak tanımlanmaktadır. Her zaman Güneş lekesi ile ortaya çıkarlar ve yaşam süreleri Güneş lekelerinden daha uzundur. Fotosferik plaj alanları doğrudan manyetik alanla alakalıdır (Babcock vd 1955). Fotosferik plaj alanlarının manyetik alan şiddetleri 100 G ile 200 G arasında olabilmektedir.

2.2.4. İnce yapılar ve Umbral parlak noktalar

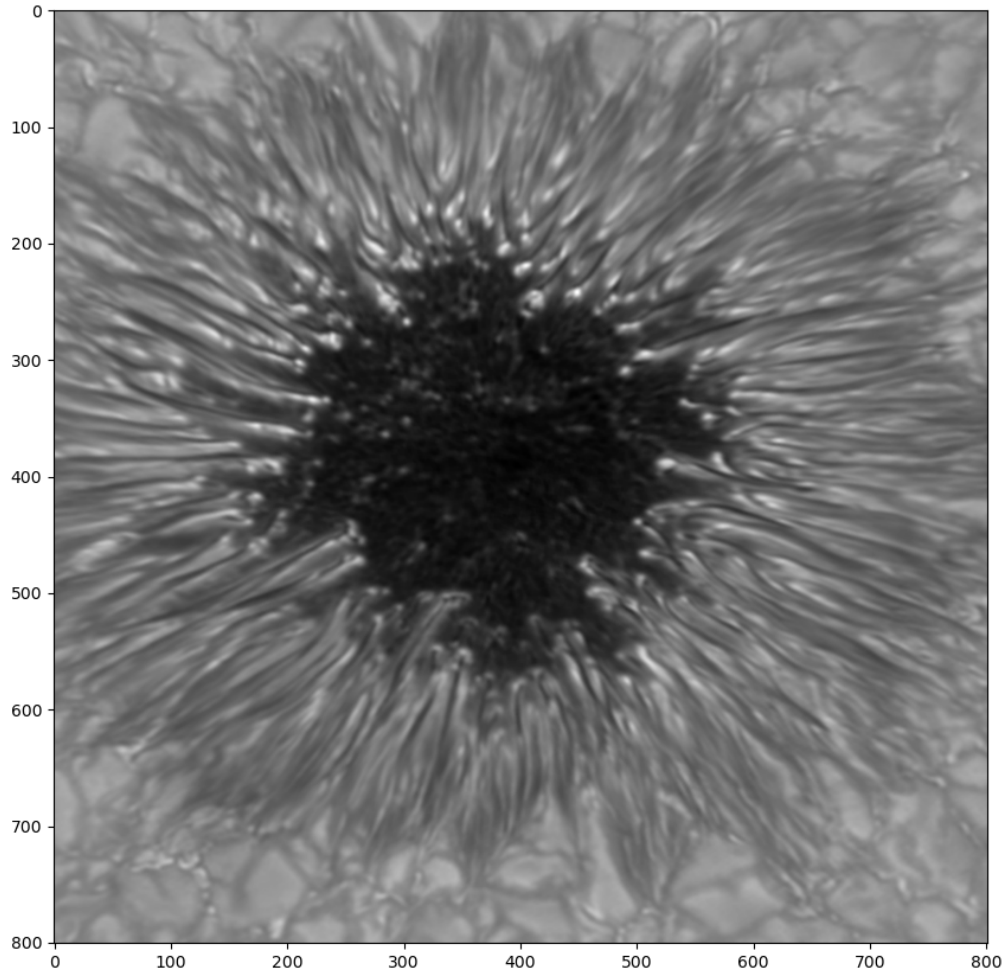
Güneş lekelerinin ve Güneş lekelerinde bulunan ince yapıların anlaşılması, çoğu zaman Güneş lekesinin ve altında yatan manyetohidrodinamik (MHD) süreçlerinin anlaşılması açısından anahtar rol oynar. Bununla birlikte ince yapıları ve ilişkili oldukları dinamik olayları doğru bir şekilde modellemek ve tanımlamak hala büyük bir zorluktur. Bu sebepten Güneş lekelerinde bulunan ince yapıların çalışılması ve anlaşılması Güneş fiziği açısından oldukça önemlidir. Umbral parlak noktalar (UDs) Güneş leke umbrasında gözlenen ince yapılardan bir tanesidir. Umbral parlak noktalar, doğrudan gözlemlerle Güneş lekelerinin yapısının daha detaylı anlaşılması açısından oldukça önemlidir.

Güneş lekelerinin umbralarında gözlenen (Umbral Dots – UDs, Light bridges – LBs, Umbral spikes – US, Umbral Flashlar – UF, Umbral Luplar - UL) ve penumbralarında gözlenen (Penumbral filamentler – PF, Penumbral Grainler – PG, Penumbral Luplar – PL, Penumbral Fibriller - PFB) gibi çeşitli ince yapılar mevcuttur. Bu tez çalışması kapsamında bu ince yapılardan Güneş lekelerinin umbrasında gözlenen UD’lerin dinamikleri ve farklı güneş leke gruplarında (A, B, C, D, E, F ve H) nasıl davranış sergiledikleri araştırılmıştır.

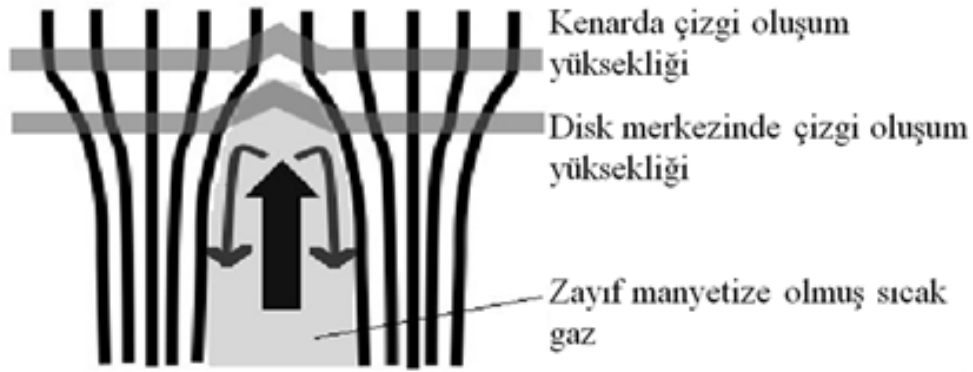
Umbral parlak noktalar, Güneş lekesinin umbrasında tespit edilen en temel yapılardan bir tanesidirler. İlk olarak, Danielson (1964), Stratoscope I ile alınan görüntülerde umbranın birçok parlak ve dairesel noktalara bölündüğünü gözlemiş ve bu yapıları umbral dot (UDs) olarak adlandırmıştır (Şekil 2.10). Umbral dotlarla birlikte umbrada parlak uzun yapılarda gözlemlenmiştir (Light bridges- Lbs). Bunların tipik özellikleri Güneş lekesi umbrasındakine benzerdir (Sobotka vd 1999).

Güneş lekeleri, evrimlerini tamamlayana kadar (yaşam süreleri boyunca) çeşitli dinamik değişkenlikler gösterirler. Bir Güneş lekesinin umbrası ve penumbrası da bu dinamiklikten etkilenir (Solanki 2003). Bu dinamikliğin ve homojensizliğin bir sonucu olarak koyu arka planda (umbrada) civarına göre daha zayıf bir manyetik alana sahip, nispeten daha sıcak ve parlak noktalar gözlenir. UD’lerin ilk gözlemlerinden (Chevalier 1916) bu yana bu yapıların Güneş lekelerindeki enerji dengesinde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Tritschler vd 1996; Schüssler vd 2006; Watanabe vd 2009). Bir umbranın parlaklığı, Güneş’teki sakin bir bölgenin (Güneş atmosferinde hiçbir aktivitenin olmadığı bölge) yaklaşık %5-%20’si kadardır. Çünkü konveksiyon, umbradaki güçlü manyetik alan tarafından ciddi oranda bastırılır. Deinzer (1965)

umbranın gözlenen parlaklığını hesaba katmak için ısının konvektif taşıma ile sağlanması gerektiğini ve UD'lerin de bu konvektif ısı taşınmasının bir etkisi olarak ortaya çıktığını belirtmiştir (Şekil 2.11). Şekil 2.11 umbradaki manyetik alan çizgileri arasında bir UD'nin oluşumunu şematik olarak göstermektedir. Şekilde merkezi kısım zayıf manyetize sıcak gaz, yani bir UD'ye karşılık gelir. Oklar sıcak gazın akış yönünü göstermektedir.



Şekil 2.10. 015 Temmuz 14'de GST ile gözlenen çalışmada kullanılan NOAA AR 12384'ün görüntüsü. Görüş alanı (FOV) yaklaşık 70'' x 70'' dir. Umbra içerisindeki UD'ler açıkça görülebilmektedir



Şekil 2.11. Watanabe vd (2009) tarafından tasvir edilen bir UD'nin oluşumu

UD'lerin oluşum mekanizmasını açıklamak için iki farklı model önerilmiştir: kümelenmiş manyetik akı tüpü ve monolitik akı tüpü modeli. İlk model, UD'lerin, Güneş lekесinin manyetik yapısını oluşturan ince manyetik akı tüpleri kümesine giren sıcak gazı temsil ettiğini kabul etmektedir (Parker 1979). İkinci model ise, umbrada bulunan enerji taşınımının, aşağı akışlara sahip, sabit olmayan, yükselen sıcak plazma tüyleri (plumes) tarafından kontrol edildiğini varsaymaktadır. Bu yaklaşım, manyetokonveksiyonun üç boyutlu sayısal simülasyonları aracılığıyla kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Schussler vd (2006), umbranın dikey manyetik alanındaki enerji taşınımının, bitişik aşağı akışlara sahip yükselen sıcak plazmanın durağan olmayan dar tüyler tarafından yönetildiğini göstermiştir. Her iki modelde de UD'ler sıcak konvektif tüylerdir (plumes). İki model arasındaki temel fark, UD'lerin sınırları boyuncadır ve monolitik akı tüpü modelinde yerel aşağı akışlar mevcuttur. UD özelliklerinin detaylı çalışmaları, UD'lerin morfolojileri, hızları, yaşam süreleri, yoğunlukları ve farklı özellikler arasındaki ilişkileri, yerel konvektif hareketlerin doğasını anlamak için çok önemlidir (Sobotka vd 1997).

UD'ler umbrada bulundukları yere göre genellikle iki grupta sınıflandırılırlar. (Grossmann-Doerth vd. 1986; Kitai vd 2007; Watanabe vd 2010). Bunlar;

- Merkezi veya Umbral kökenli UD'ler (CUD)
- Çevresel (peripheral) veya penumbral kökenli UD'lerdir (PUD)

Penumbral kökenli umbral noktalar, genellikle merkezil umbral noktalardan daha parlaktır. Penumbral UD'ler hızlı hareket ederken, merkezil UD'ler neredeyse sabittir. UD'ler genellikle umbranın merkezine doğru 1 km/s'den daha az hızlarda hareket ederler (Sobotka vd 1997; Rimmele 2007; Sobotka ve Jurcák 2009; Kilcik vd 2020). Penumbral UD'ler, merkezil UD'lerden daha yüksek bir sıcaklığa sahiptir (Grossmann-Doert vd 1986) ve umbranın çevresine dağılmış durumdadırlar. Merkezil UD'ler ölçülebilir dikey akışlar göstermez ve çevresindeki umbra ile benzer manyetik

alan eğilimlerine sahiptir. Buna karşılık, penumbral UD'lerde yukarı akışlar ve daha fazla yatay manyetik alan görülür (Grossmann-Doert vd 1986).

UD'lerin hız alanı birkaç yazar tarafından çalışılmıştır. Bunların çoğu, merkezil UD'lerde önemsiz hızları rapor ederken (Rimmele 2008; Riethmüller vd 2008; Sobotka ve Jurcák 2009), penumbral UD'lerde 100 ms^{-1} ile 1000 ms^{-1} arasında değişen yukarı akışları rapor etmektedir (Rimmele 2008; Riethmüller vd 2008; Sobotka ve Jurcák 2009). Son olarak Kılçık vd (2020) tarafından yapılan bir çalışmada UD'lerin hızlarının daha önce literatürde verilen hız değerlerinin yaklaşık iki katı kadar olduğu belirtilmiştir.

UD'lerin boyutları (yarıçapları), hızları, konumları, ömürleri, sıcaklıkları ve parlaklıkları gibi fiziksel özellikleri çeşitli yazarlar tarafından çalışılmıştır (Danielson 1964; Grossmann-Doert vd 1984; Tritschler ve Schmidh 1996; Kitai vd 2007; Riethmüller vd 2008; Sobotka ve Puschmann 2009; Kılçık vd 2012, Kılçık vd 2020). Örneğin, Danielson (1964) UD çapının 300 km veya daha az olduğunu ve ömürlerinin de 30 dakikadan az olduğunu belirtmiştir. Grossmann-Doert vd (1984) ise UD'lerin çapının $0".4 - 0".9$ (yay saniyesi) aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer yandan Tritschler ve Schmidh (1996), merkez UD'lerde sıcaklığın çevresindeki sakin Güneş'e kıyasla %30 ve çevre UD'lerin %20-25 civarında daha az olduğunu bulmuşlardır. Kitai vd (2007), UD'lerin ortalama yaşam sürelerini 16 dakika olarak bildirmişlerdir. Riethmüller vd (2008) ve Rimmele (2008) UD boyutlarının $0".2 - 0".5$ aralığında olduğunu ve ömürlerinin de yaklaşık 15 dakika civarında olduğunu rapor etmişlerdir. Sobotka ve Puschmann (2009), UD'lerin 4,5 dakikalık ortalama bir yaşam süresine sahip olduklarını bildirmişlerdir. UD'lerin yoğunluğu, görünür dalga boylarında normal fotosferik yoğunluğun yaklaşık 0.2 ila 0.7 katı arasında değişmektedir. UD'lerin tipik hızları $\sim 400 \text{ ms}^{-1}$ 'dir (Sobotka vd 1997b; Kitai vd 2007; Riethmüller vd 2008b; Sobotka ve Puschmann 2009). Kılçık vd (2012) UD'lerin dairesel bir yapıya sahip olmadıklarını ve hızları ile ömürleri arasında ters bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Yine Kılçık vd (2020) en parlak, en hızlı ve en büyük UD'lerin umbra-penumbra sınırında yer aldıklarını rapor ederken, yaşam sürelerinin anlamlı bir konum bağılılığı göstermediğini belirtmektedirler.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Gözlemler ve Veriler

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan verilerin tamamı, halihazırda Big Bear Solar Observatory (BBSO)'de araştırmacı olarak çalışmalarına devam eden Prof. Vasyly Yurchyshyn tarafından görüntü eş hizalama uygulanarak analize hazır hale getirilmiştir. Kullanılan tüm veri setleri -görüntüler- ve gözlem parametreleri Çizelge 3.1'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Çalışmada üç farklı Güneş leke grubu kullanılmıştır. NOAA AR 12384 ve 12177 Güneş leke gruplarında birer leke bulunurken, NOAA AR 12541 Güneş leke grubu, kendi arasında üç farklı leke olarak düşünülmüştür. Toplamda beş farklı leke için analiz yapılmıştır (Şekil 3.1). AR 12384, AR 12177 ve AR 12541 lekeleri sırasıyla C, D ve E sınıfı Güneş leke gruplarına aittir.

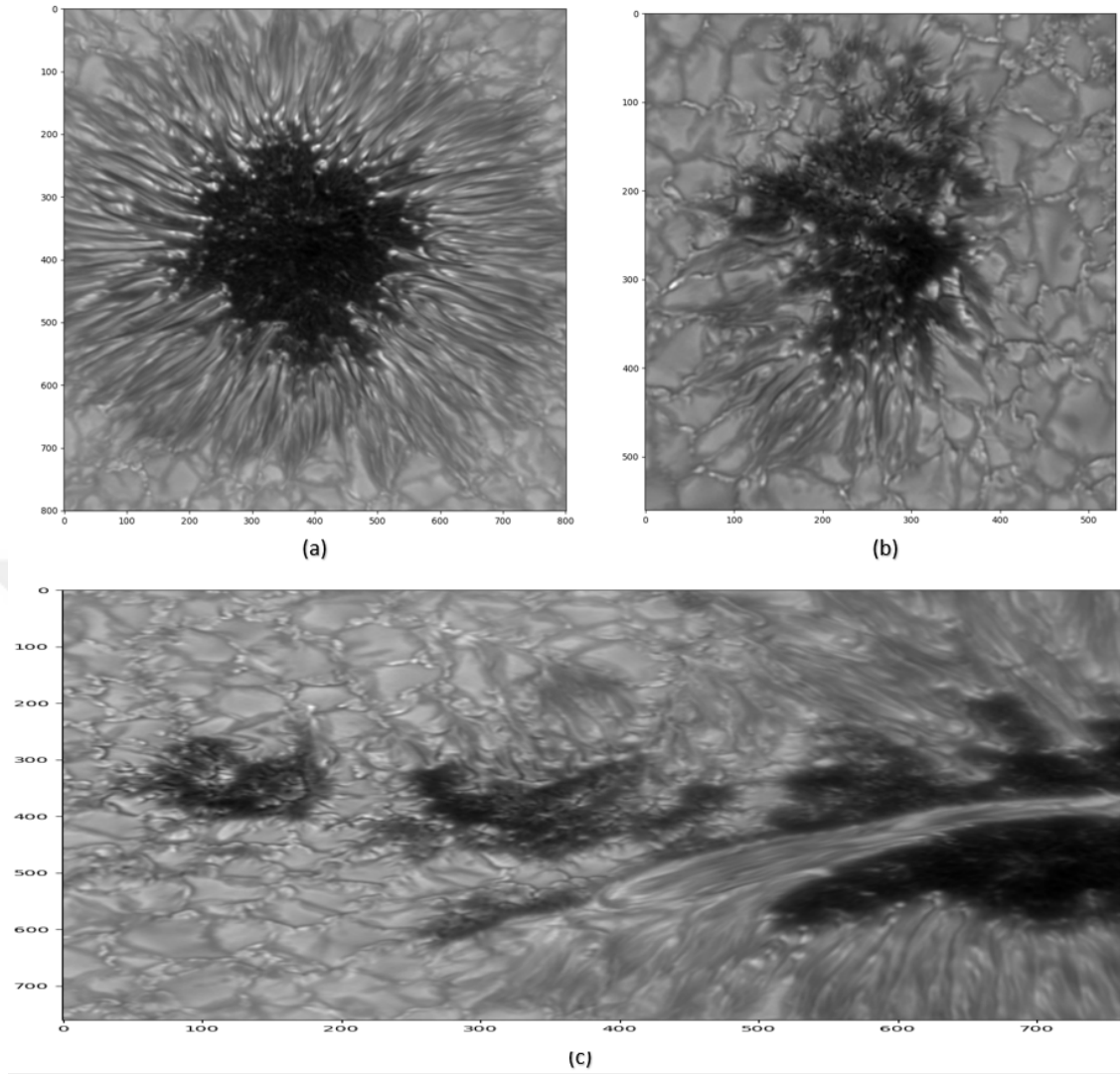
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan veri seti ve gözlem parametreleri

AR NOAA	Tarih(gün-ay-yıl)	Piksel Boyutu (yay saniyesi)	Zaman Aralığı (Cadence)	Toplam Gözlem Süresi
12177	02.10.2014	0".0346	15 s	1 saat 12 dk
12384	14.07.2015	0".0346	15 s	1 saat 37 dk
12541	10.05.2016	0".0346	15 s	2 saat 3 dk

Çizelge 3.1'de NOAA AR numaraları verilen lekelerin her biri farklı leke gruplarını temsil etmektedir. Belirtilen leke verileri Amerika'nın Kaliforniya eyaletinde kurulu BBSO gözlemevinde bulunan Goode Solar Telescope (GST) ile alınmıştır. GST, şu an 1.6 m açıklık ile Dünya üzerindeki en yüksek açışal çözünürlüğe sahip Güneş gözlem verileri sağlayan bir teleskoptur. GST, parabolik birincil ayna, eliptik ikincil ayna ve diyagonal dairelerden oluşan eksen dışı Gregorian sistemsel özelliklere sahip bir teleskoptur. GST üzerinde, dalga cephesi bozunumlarını en aza indirmek, atmosferik bozulmaların etkisini azaltmak ve optik sistemlerin performansını artırmak için 349 hareketli ayna ve 308 alt açıklıklı bir Shack-Hartmann dalga önü sensörü ile adaptif optik (AO) sistemi yer almaktadır (Li vd 2014). Goode Güneş Teleskobuna ait diğer özellikler Çizelge 3.2'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 3.2. Goode Güneş Teleskobuna ait parametreler

Açıklık	1.6 m	FOV	2 yay dk
Odak Oranı	F/2.4 birinci ayna	AO ile Dalgaboyu Aralığı	0.39 - 1.6
Odak Uzaklığı	83.2 m	Montaj Tipi	Ekvatorial Montaj



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan veri setinin ön işlemlerden geçmeden önceki orijinal halleri. **a)** AR NOAA 12384 numaralı C sınıfı bir leke grubu, piksel boyutları 800x800'dir. **b)** AR NOAA 12177 numaralı D sınıfı bir leke grubu, piksel boyutları 531x561'dir. **c)** AR NOAA 12541 numaralı E sınıfı karmaşık bir leke grubu, piksel boyutları 760x760'dır

Goode Güneş Teleskobu, kromosfer gözlemleri için tek kanal ve fotosfer gözlemleri için çift kanal barındıran sistemden oluşmaktadır. Kromosfer gözlemleri için kullanılan Hidrojen alfa ($655 \text{ nm} \pm 0.025 \text{ nm}$) filtresi, Fotosfer gözlemi için kullanılan TiO ($705 \text{ nm} \pm 0.9 \text{ nm}$) filtresi ve G-band ($430 \text{ nm} \pm 0.8 \text{ nm}$) filtresi vardır. Tez çalışması kapsamında kullanılan veriler, TiO (Titanyum Oksit) geniş bant filtresi kullanılarak elde edilmiştir. TiO görüntüleri 15 saniyelik bir zaman aralığıyla (cadence) 705 nm (7057 Å) dalga boyunda 10 Å 'luk bant geçirgen filtreyle alınmıştır. Alınan görüntülerin piksel boyutları yay saniyesi cinsinden $0''.0346$ 'dır. Veri setinde TiO görüntülerinin kullanılma sebebi, TiO çizgisinin umbral sıcaklık değişimlerine karşı oldukça hassas olmasıdır

(Berdyugina vd 2003; Abramenko vd 2010). Bu bant umbral parlak noktaların çalışılması için oldukça uygun bir banttır. Elde edilen tüm TiO görüntüleri, farklı zamanlarda ve farklı koşullarda alındıkları için aynı hizaya getirilme amacıyla KISIP (Kippenheuer-Institut für Sonnenphysik's Software Package) algoritması ile yeniden elde edilmiştir (Wöger ve von der Lühe 2007). Şekil 3.1'de çalışmada kullanılan tüm veri setinin ön işlemler uygulanmadan önceki orijinal halleri gösterilmektedir.

3.2. Umbra ve Penumbra Sınırlarının Belirlenmesi

Güneş leke verilerini analize geçmeden önce görüntüler üzerinde çalışılmak istenilen alan seçilmelidir. Şekil 3.1 (a) görüntüsü boyut olarak 800x800 piksel ve 15 saniye zaman aralığıyla (cadence) alınmış 380 adet görüntüden oluşan bir zaman serisidir. Aynı şekilde (b) görüntüsü boyut olarak 531x561 piksel ve yine 15 saniye zaman aralığıyla alınmış 330 adet görüntü içeren bir dizidir. Son olarak (c) görüntüsü de 760x760 piksel boyutuna sahip ve aynı cadence süresiyle (15 s) alınmış 490 adet görüntüden oluşan bir dizidir. Sadece çalışılacak bölge üzerinde işlem yapmak, hem işlem gücünden hem de zamandan kazandıracaktır. Bu sebeple Umbranın dışında kalan tüm alanlar (penumbra ve Güneş yüzeyi) görüntülerden çıkartılmalıdır.

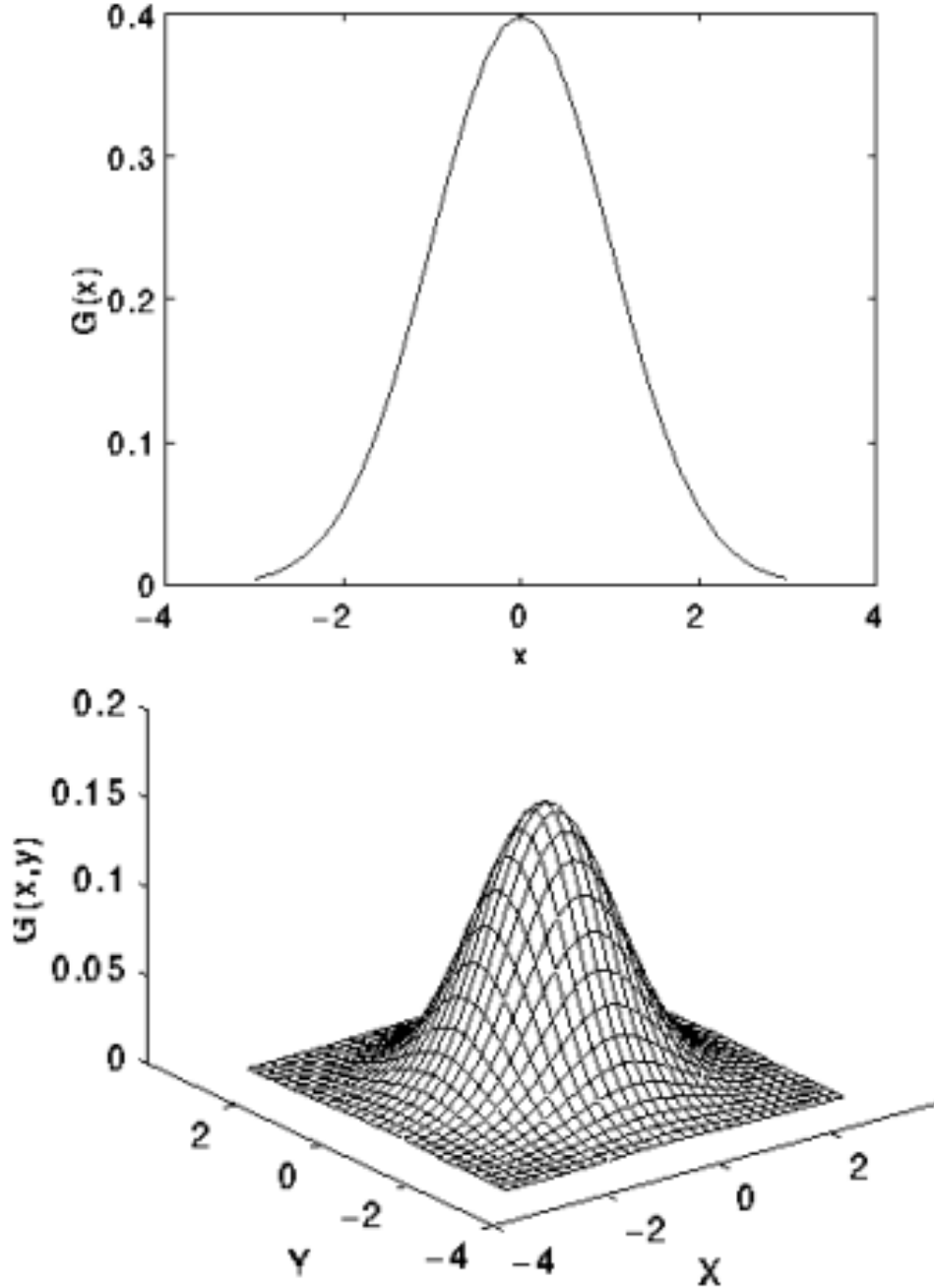
Güneş leke gruplarında umbra alanını penumbradan ayırmak için çeşitli görüntü işleme tekniklerinden yararlanılmıştır. Bunun için öncelikle görüntüler üzerinde Gauss yumuşatma (smoothing) filtresi uygulanmıştır. Görüntü yumuşatma işlemi genel olarak, bir piksel ile diğer pikseller arasındaki değişim miktarını azaltmak için kullanılır. Bu yöntem görüntülerdeki gürültüyü azaltmak amacıyla da kullanılmaktadır. Gauss filtresi, görüntüdeki her pikselin hem kendi değeri hem de komşu piksel değerlerinin ortalamasının alınmasıyla gerçekleşen bir işlemdir. Bu filtre, görüntünün piksel değerlerine göre işleme girecek kernelin seçilmesi ile ilgilidir. Görüntü işlemede en önemli adım, amaca uygun olarak bir filtre seçim aşamasıdır. Amaca uygun olarak seçilen filtre, 3x3, 5x5, 7x7 vb. gibi işlem matrisleridir. Seçilen bu matris kernel olarak adlandırılır. Seçilecek en uygun kernel, şekil 3.2'de gösterilen Gauss çan eğrisini temsil etmelidir. Uygun kernel seçildikten sonra, görüntü ile işleme sokulur.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.5)$$

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.6)$$

(3.5) bağıntısı Şekil 3.2'deki iki boyutlu Gauss dağılımının bağıntısı ve (3.6) bağıntısı da Şekil 3.2'deki üç boyutlu Gauss dağılımının bağıntısıdır. Burada , σ dağılımın standart sapması x ve y ise görüntülerdeki piksel değerleridir. Gauss dağılımını yakalayabilmek için, standart sapma değeri arttıkça, onu temsil eden matrisin (kernelin) değerlerinin de görüntüye göre artması gerekir. Gauss çan eğrisini temsil eden en uygun boyutlarda bir kernel (3x3'lük matris) belirlenir ve seçilen uygun eşik değeri ile umbra

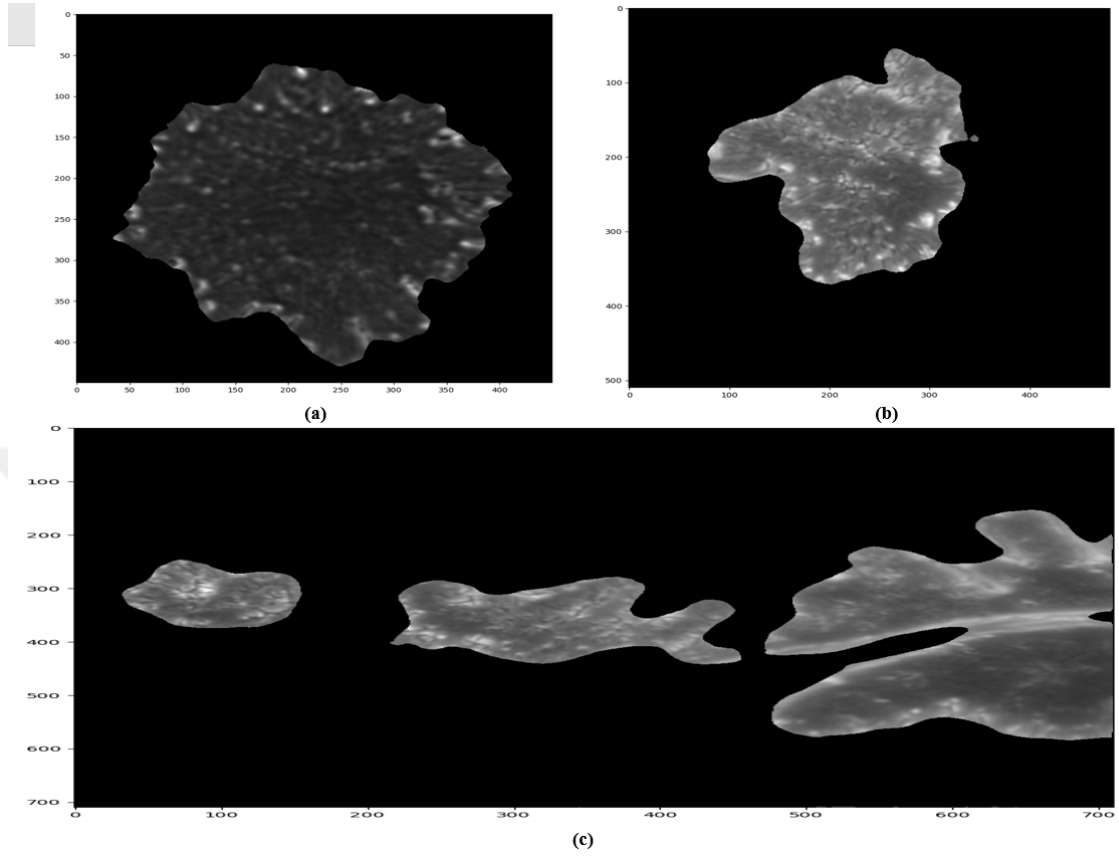
sınırları belirlenir. Belirlenen umbra sınırları maskeleme yöntemi kullanılarak görüntüden çıkartılır. Maskeleme yöntemindeki temel mantık, ilgilenilen alan (umbra) orijinal değerlerini korurken, çıkarılmak istenen alanın (penumbra) sıfır olmasıdır. Umbral alanı tüm görüntüden ayırmak için hesaplanan maske (sadece bir ve sıfır değerlerinden oluşan matris) ile görüntünün tekrar çarpılması gerekir.



Şekil 3.2. 2 boyutlu düzlemde ve 3 boyutlu uzayda Gauss çan eğrisinin gösterimi. Üst, Gauss dağılımının 2 boyutta gösterimi. Alt ise 3 boyutta gösterimi

Tüm bu işlemler uygulandıktan sonra, çalışılmak istenilen umbra alanları elde

edilmektedir. Her üç leke grubunun da umbra sınırları ayrıldıktan sonraki durumları Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Güneş leke gruplarının umbra ve penumbra sınırları belirlendikten sonraki durumları

3.3. Görüntü İyileştirmeleri

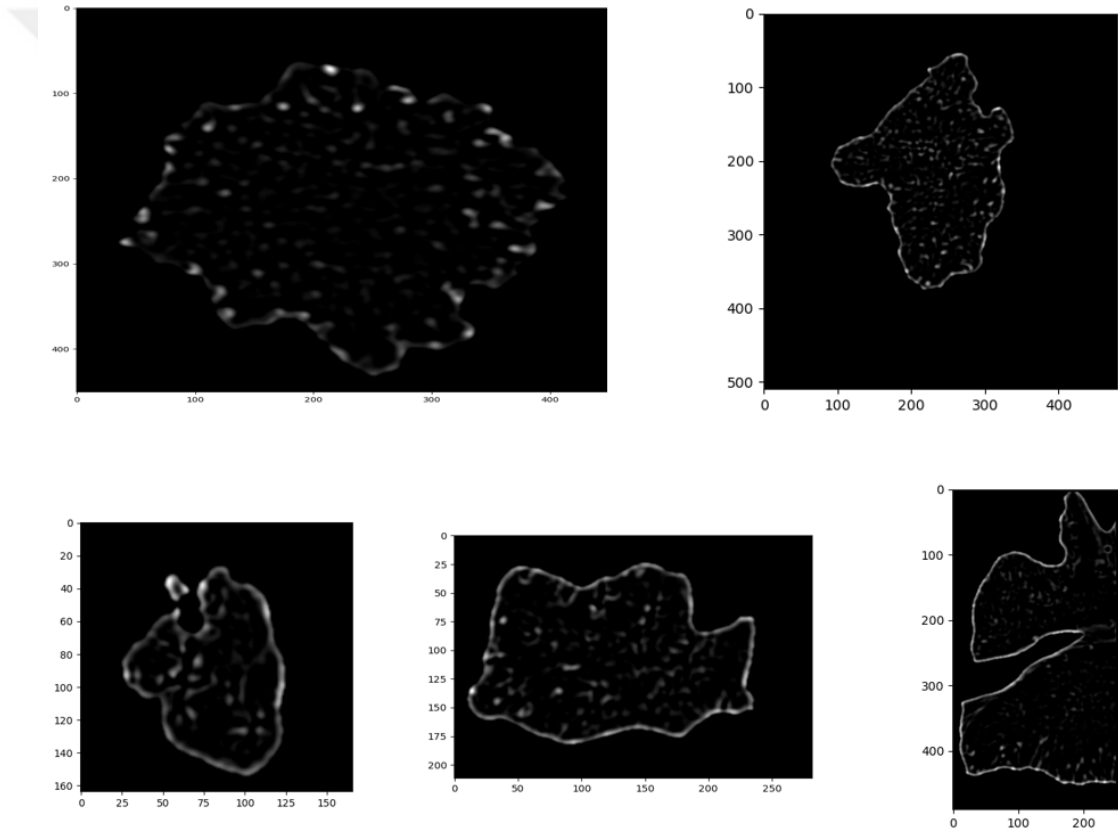
UD’lerin öncelikle tespitini yapmak ve özelliklerini tek bir görüntüde belirlemek gerekir. Bir sonraki aşama ise bu yapıların farklı görüntülerde takibinin yapılmasıdır. Tespit edilen parçacıkları her görüntü üzerinde, belirlenen özellikler dahilinde takip etmek kolay bir işlem gibi gözükse de asıl önemli olan takip edilmek istenen aynı yapıların sonraki görüntülerde de belirlenmesidir. Bazı durumlarda görüntü üzerinde belirlenen özellikleri -parçacıkları- tespit etmesi kolaydır. Fakat Şekil 3.1’e bakılacak olursa, tespit etmek istenilen özellikler (UD’ler), doğrudan ham veri üzerinden çalışılacak kadar net ve iyi anlaşılır durumda değildirler. Bu yüzden, çeşitli görüntü iyileştirme ve görüntü işleme teknikleri kullanılması gerekmektedir.

Öncelikle tespit edilmek istenilen UD’ler, görüntü üzerinde daha belirgin hale getirilir. Bunun için en yaygın kullanılan tekniklerden birisi olan band-pass geçiş filtresi kullanılmıştır. Bu filtre yüksek frekansları geçiren, düşük frekansları zayıflatan bir filtredir. Band-pass filtresi, dijital bir görüntüde alt ve üst limiti belirleyerek, bu aralık

arasında kalan özellikleri belirginleştiren ve bu aralığın dışında ise bu özellikleri de elimine etme fikrine dayanır (Roberta 2004). Düşük geçirgen filtrelerde $N \times N$ (N : satır ve sütun sayısı) boyutunda bir kernel görüntü üzerinde tüm piksellerde gezdirilerek, bütün değerlerin istenilen aralıklarda işleme tabi tutulmasını sağlar. UD'lerin daha belirgin gözükmelerini sağlamak, görüntüdeki gürültülerin ve parazitlerin giderilmesi için öncelikli işlem olarak band-pass geçiş filtresi uygulanmıştır. Bu filtre genel olarak 3.6 ve 3.7 bağıntısındaki denklemlerle ifade edilir;

$$G(x, y) = F(x, y) * H(x, y) \quad (3.7)$$

$$H(x, y) = 1 \quad \text{ise}; \quad D1 < \sqrt{x^2 + y^2} < D2 \quad (3.8)$$

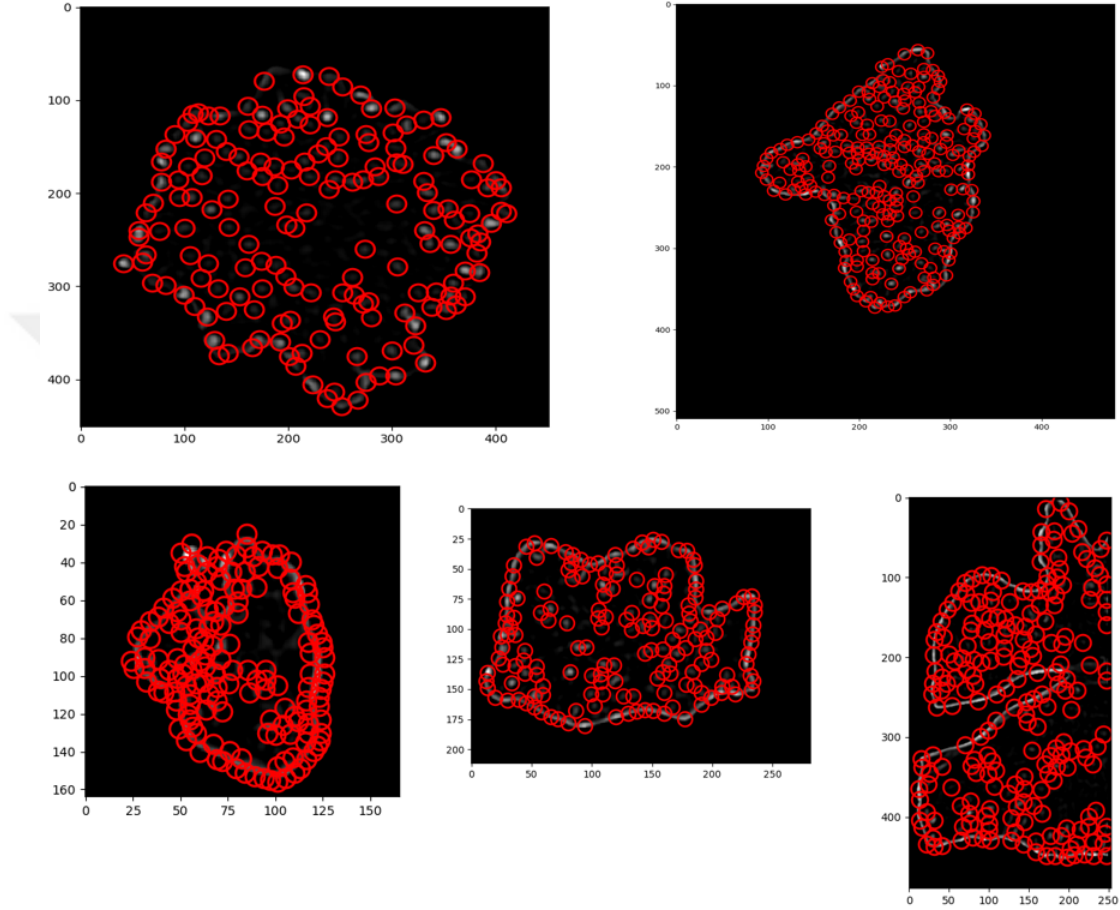


Şekil 3.4. Filtreler uygulandıktan sonraki tüm lekelerin örnek görüntüsü

Burada $F(x,y)$, girdi görüntüsünü, $H(x,y)$ uygulanan filtre fonksiyonunu ifade ederken $G(x,y)$ ise işlemler sonucu filtrelenmiş görüntüyü ifade etmektedir. Burada x ve y pikselleri temsil etmektedir. (3.7) bağıntısındaki $D1$ ve $D2$ ise belirlenen geçiş filtresi (band-pass) için alt ve üst sınır değerleridirler. Eğer işleme tabi tutulan piksel değerleri, belirlenen aralıkta kalıyorsa mantıksal değeri bir olarak alınır ve bu değer yeni değer olarak atanır. Eğer ki bu değerler aralık dışında kalıyorsa, mantıksal değeri sıfır olarak

alınır ve yeni değerleri sıfır olarak atanır. Şekil 3.4’da filtreler uygulandıktan sonra ilk güneş leke görüntüsü için çıktı gösterilmektedir.

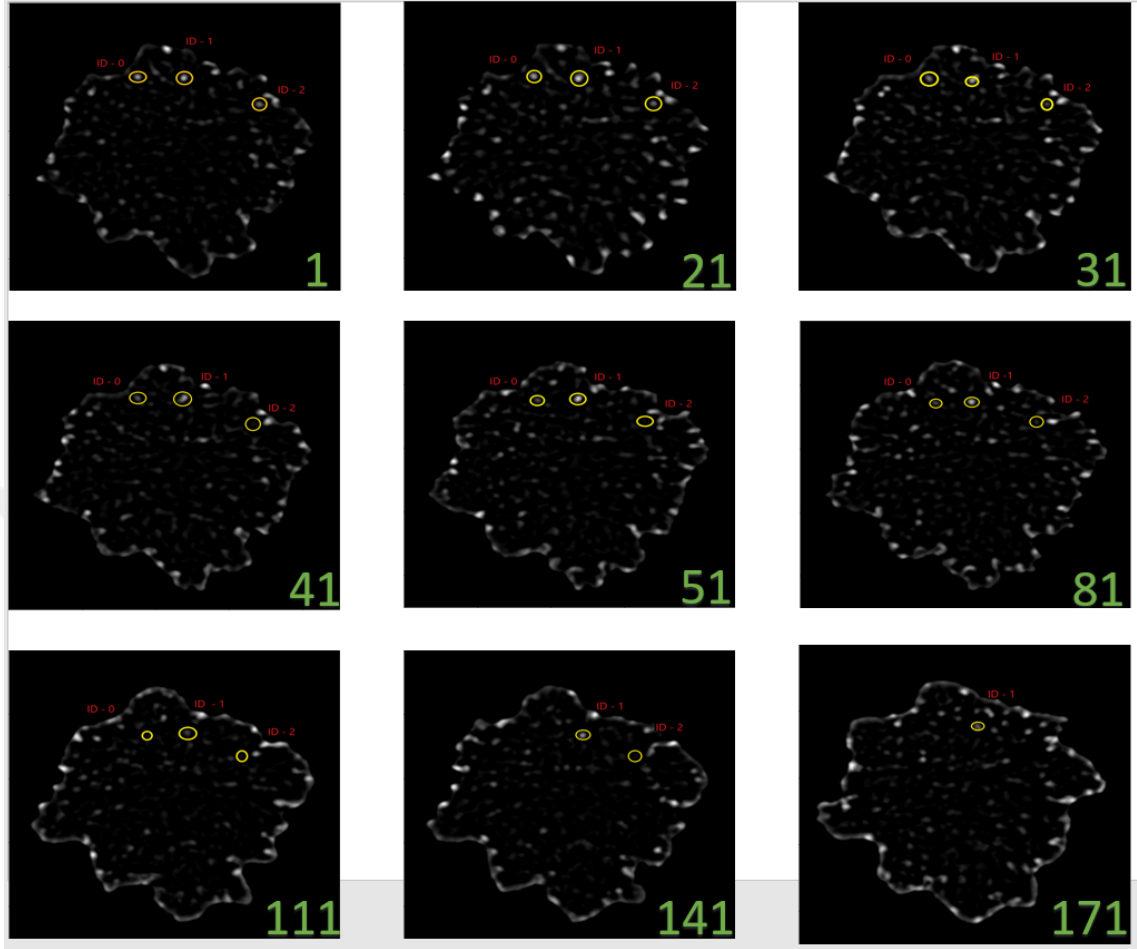
3.4. UD’lerin Tespiti , Takibi ve Parametrelerinin Hesaplanması



Şekil 3.5. UD’lerin tespiti. Kırmızı daireler, girilen uygun parametrelere göre UD’lerin tespit edildiğini, bir sonraki görüntüde takip edilmek üzere merkez koordinatlarının alındığını ve bir ID atandığını anlamına gelmektedir

UD’lerin tespitini yapmak için IDL (Interactive Data Language) programlama dili kullanılarak John C. Crocker ve Eric R. Weeks (2004) tarafından geliştirilen kod üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Algoritma siyah arka plan üzerinde beyaz, parlak, Gauss benzeri yapılar arama üzerine yazılmıştır. Tespit edilmek istenilen UD’lerin yaklaşık çapları belirlenerek programa parametre olarak girilmektedir. Girilen parametrelere göre UD’ler görüntü üzerinde tanımlanmış olur. Bir sonraki görüntü üzerinde takibini yapmak için tespit edilen UD’lerin koordinat bilgileri alınmaktadır (Şekil 3.5). Tespit edilen her UD’nin takibini sürdürmek için kimlik (ID) etiketi atanmaktadır. Program, algoritmik olarak tüm görüntüler üzerinde çalıştıktan sonra; umbranın alanı, UD’lerin

yaşam süreleri, hızları, parlaklıkları vb. parametreler elde edilir.



Şekil 3.6. Tespit edilen UD’lerin evriminin gösterimi

Şekil 3.6’da UD’lerin evrimini göstermek amacıyla, AR 12384 Güneş leke grubunda tespit edilen UD’ler arasında uzun yaşam ömrüne sahip 3 umbral parlak nokta seçilmiş ve görüntüler arası takibi gösterilmiştir. UD’ler sarı renkli daireler içinde gösterilmiş ve kırmızı renk ile tespit edildikten sonra atanan ID numaraları ile gösterilmiştir. Her görüntünün sağ alt tarafında yeşil renk ile gösterilen numaralar ise görüntü numaralarına denk gelmektedir. Yukarıdaki şekil için tespit edilen UD’lere, bir sonraki görüntüde takip edilmek üzere bir ID atanmaktadır (ID-0, ID-1, ID-2). Daha sonra bu ID numaralarına sahip UD’ler bir sonraki görüntüde aranmaktadır. Tespit edilen UD’lerin her üçü de 141. görüntüye kadar takip edilmiştir. Fakat 141. görüntüde ID-0, bir UD özelliği taşımadığı için takip bırakılmıştır. Daha sonra 171. görüntüde artık ID-2 bir UD özelliği taşımadığı için takip yine bırakılmıştır. Fakat ID-1 hala bir UD olma özelliği taşıdığı için takip devam etmektedir. Bu şekilde UD’lere ait tüm parametreler takip sonrasında elde edilebilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. AR 12384 Numaralı Güneş Leke Grubu

Şekil 3.1a'da 14 Temmuz 2015 tarihinde gözlenen AR 12384 numaralı Güneş lekesi, küçük (basit) C sınıfı bir Güneş leke grubudur. Bu Güneş leke grubunun umbrasında, bahsedilen görüntü işleme teknik ve analizleri uygulaması sonucu toplam 2893 adet farklı UD tespit edilmiştir. Tespit edilen her UD'nin parametreleri hesaplanmış ve bunların ortalaması alınmıştır. Çizelge 4.1'de AR 12384 için hesaplanan değerlerin tamamı ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Çizelge 4.1. AR 12384 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler

Umbra Alanı (px)	86001	Basıklık	0.29
Parlaklık (px)	145.53	Yaşam süresi(dk)	6.92
Yarıçap (km)	206.55	Hız (km/s)	0.76

Çizelge 4.1'de verilen değerler ortalama değerlerdir. Umbranın alanını hesaplamak için, penumbra kısmı kesildikten ve görüntüden çıkartıldıktan sonra, umbra alanı içinde kalan toplam piksel sayısı hesaplanmıştır. bir piksel değeri 0.0364 yay saniyesidir. Parlaklıklar doğrudan tespit edilen umbral parlak noktanın piksel değeridir. Görüntüler için cadence süresi 15 saniye'dir. Bir umbral parlak nokta için, tespit edildiği ilk görüntü ve kayborduğu son görüntü bilindiği taktirde, iki görüntü arasındaki cadence sürelerinden yaşam süresi ve dolayısıyla yer değiştirmesinden de hızları hesaplanabilmektedir. UD'ler tespit edildiğinde; merkez koordinatları, x ekseninde merkezden uzaklığı ve y eksenindeki merkezden uzaklıkları da elde edilmektedir. Böylelikle basıklık ve yarıçap parametreleri de hesaplanmıştır.

4.2. AR 12177 Numaralı Güneş Leke Grubu

Şekil 3.1b'de 02 Ekim 2014 tarihinde gözlenen AR 12177 numaralı Güneş lekesi, büyük (karmaşık) D sınıfı bir Güneş leke grubudur. İlk Güneş lekesi için uygulanan işlemler tüm diğer Güneş lekeleri için de aynı şekilde uygulanmıştır. Belirlenen parametreler ilk Güneş lekesi için kontrol edildikten ve uygulandıktan sonra, ikinci ve üçüncü Güneş lekeleri için de değişiklik yapılmadan aynı şekilde uygulanmıştır. AR 12177 numaralı Güneş leke görüntüsüne uygulanan analizler sonucunda toplam 1870 umbral parlak nokta tespit edilmiştir. Aynı şekilde hesaplanan parametrelerin ortalamaları alınarak Çizelge 4.2'de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.2. AR 12177 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler

Umbra Alanı (px)	48585	Basıklık	0.31
Parlaklık (px)	219.52	Yaşam süresi(dk)	5.72
Yarıçap (km)	219.39	Hız (km/s)	0.92

İlk Güneş leke grubu için geçerli olan hesaplamalar bu Güneş leke grubu için de geçerlidir. Elde edilen değerlerin karşılaştırmaları yapılırken istatistiksel olarak tutarlı olması için tüm leke gruplarına aynı işlemler uygulanmıştır.

4.3. AR 12541 Numaralı Güneş Leke Grubu

Şekil 3.1c'de 10 Mayıs 2016 tarihinde gözlenen AR 12541 numaralı Güneş leke grubu, büyük (karmaşık) E sınıfı bir Güneş leke grubudur. Diğer iki Güneş leke grubu için uygulanan işlemler bu leke grubu içinde geçerlidir fakat bu Güneş leke grubu Şekil 3.3c'de gösterildiği gibi kendi arasında üç farklı leke olarak düşünülmüştür. Hesaplanan parametrelerin ortalaması alınarak bulunan sonuçlar Çizelge 4.3'de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.3. AR 12541 Güneş leke umbrasında tespit edilen UD'lere ait elde edilen parametreler

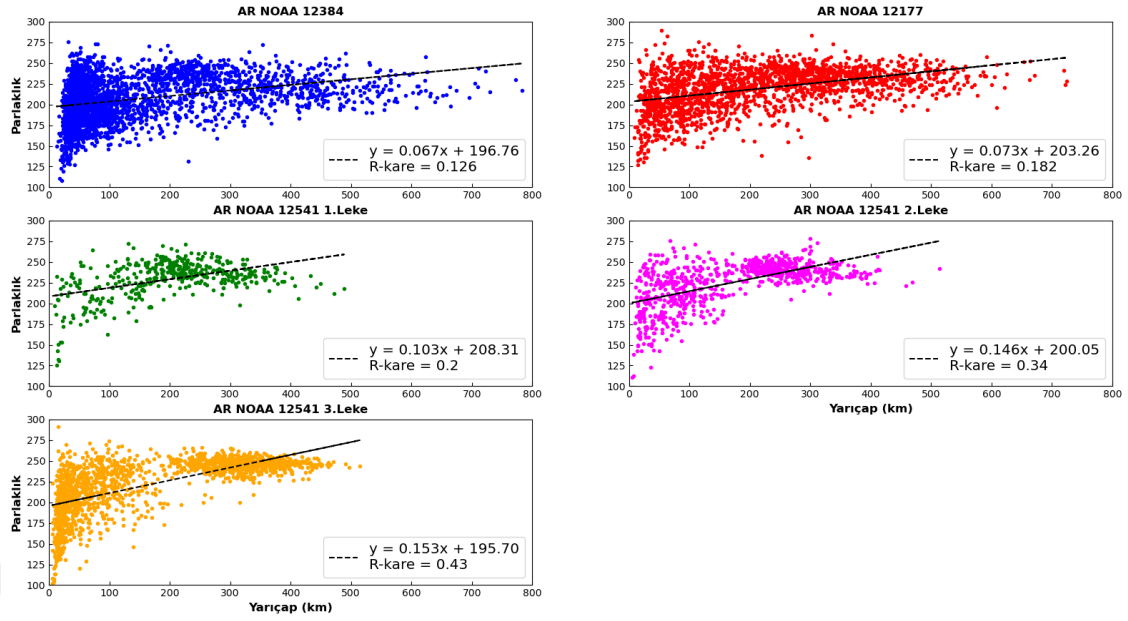
Leke	AR12541 1.leke	AR12541 2.leke	AR12541 3.leke
Umbra Alanı (px)	11064	25453	71555
Parlaklık (px)	201.11	168.90	164.133
Yarıçap (km)	229.19	224.79	220.94
Basıklık	0.33	0.34	0.35
Yaşam süresi(dk)	4.05	5.14	4.92
Hız (km/s)	1.26	1.09	1.30

AR 12541 Güneş leke grubu için üç leke analiz edilmiştir. Şekil 3.3c'de görülen Güneş lekeleri en soldan başlamak kaydıyla 1. leke, 2. leke ve 3. leke olarak isimlendirilmiştir. Tüm parametreler ile bir bütün olarak her üç Güneş leke grubu için (AR 12384, AR 12177 ve AR 12571) bulunan sonuçlar Çizelge 4.4'de ayrıntılı bir şekilde sunulmaktadır.

Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan her 3 leke grubu için bulunan parametrelerin bir bütün olarak gösterimi.

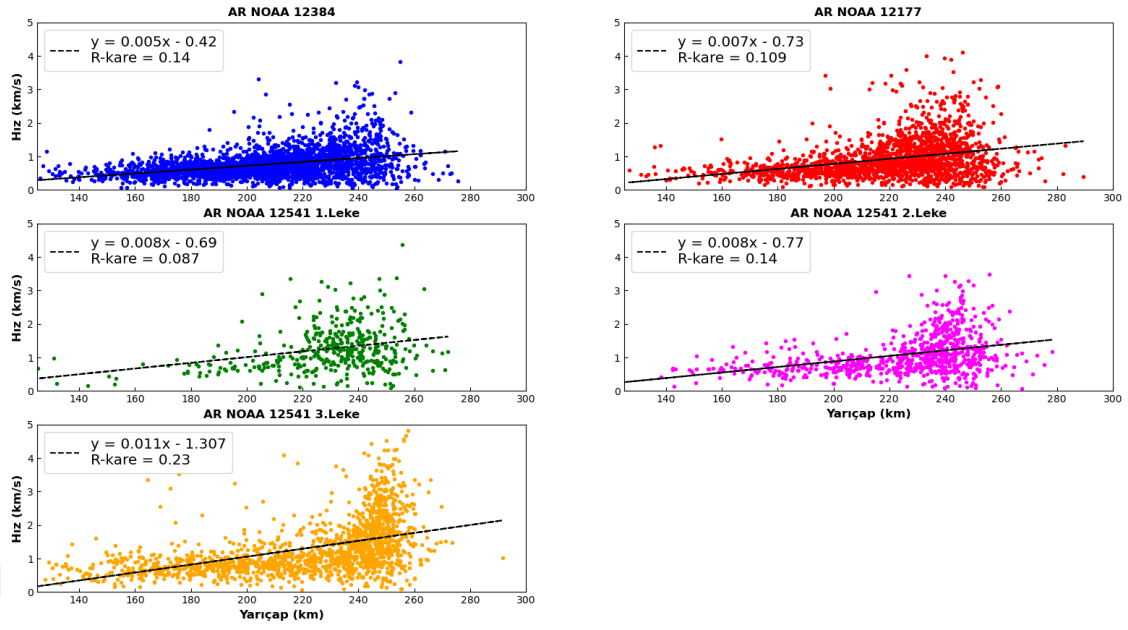
Leke	Umbra Alanı (px)	Bulunan Toplam UD	Parlaklık (px)	Yarıçap (km)	Basıklık	Yaşam Süreleri (dk)	Hız (km/s)
AR 12384	86001	2893 adet	145.53	206.55	0.29	6.92	0.76
AR 12177	48585	1870 adet	219.52	219.39	0.31	5.72	0.92
AR 12384 1.Leke	11064	409 adet	201.11	229.19	0.33	4.05	1.26
AR 12384 2.Leke	25453	791 adet	168.9	224.79	0.34	5.14	1.09
AR 12384 3.Leke	71555	1611 adet	164.133	220.94	0.35	4.92	1.3

Çizelge 4.4’de verilen parametreler, bahsedilen Güneş leke grubu için ortalama değerlerdir. Elde edilen veri seti, her bir Güneş leke grubu arasında da birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Tüm leke gruplarında bulunan umbral parlak noktaların yarıçap-hız, hız-yaşam süresi, basıklık-parlaklık, parlaklık-yarıçap vb karşılaştırmaları istatistiksel olarak tartışılmıştır. Bu karşılaştırmaları Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de sunulmaktadır.



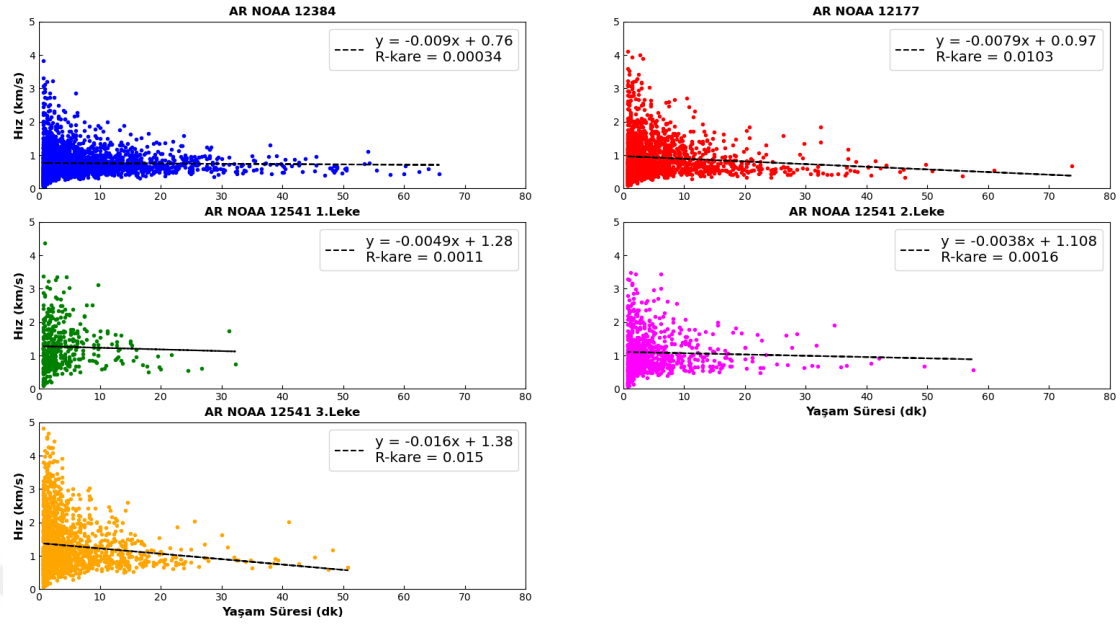
Şekil 4.1. Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yarıçap (x eksen) ve parlaklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi her bir Güneş leke grubunda bulunan umbral parlak noktalara ait yarıçap ve parlaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Grafik sol baştan itibaren çalışılan leke gruplarını temsil etmektedir. X eksen parlaklığı temsil ederken, y eksen yarıçapı temsil etmektedir. Çalışılan 5 leke grubu için her biri farklı renk ile gösterilmiştir. Bulunan umbral noktaların yarıçap ve parlaklıkları arasında net bir ilişki olduğunu söyleyemeyiz. Yarıçap arttıkça parlaklığın arttığı görülüyor fakat aralarında lineer veya orantılı bir artıştan söz edilemez.



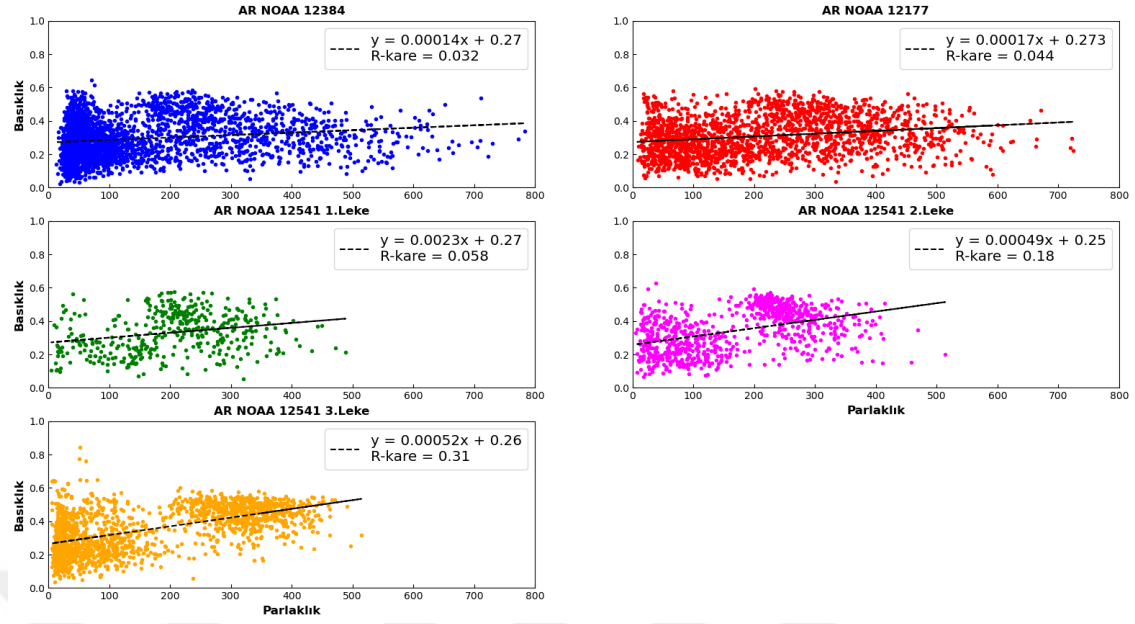
Şekil 4.2. Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yarıçap (x eksen) ve hız (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması

Yukarıda şekilde tespit edilen umbral parlak noktaların hız ve yarıçap parametrelerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. X eksen yarıçapı temsil ederken y eksen hızı temsil etmektedir. Burada, umbral parlak noktalar için hız ve yarıçap arasında, doğrusal bir ilişkiden söz edebilir. Yarıçapın artması hızın da artması anlamına gelmektedir. Öte yandan, tüm leke grupları için belirli bir yarıçap değerinden sonra umbral parlak noktaların hızı bir pik yapmakta ve aniden en yüksek hızına ulaşmaktadır. Tüm leke grupları için bu değer yaklaşık olarak 250 km yarıçap değerini işaret etmektedir.



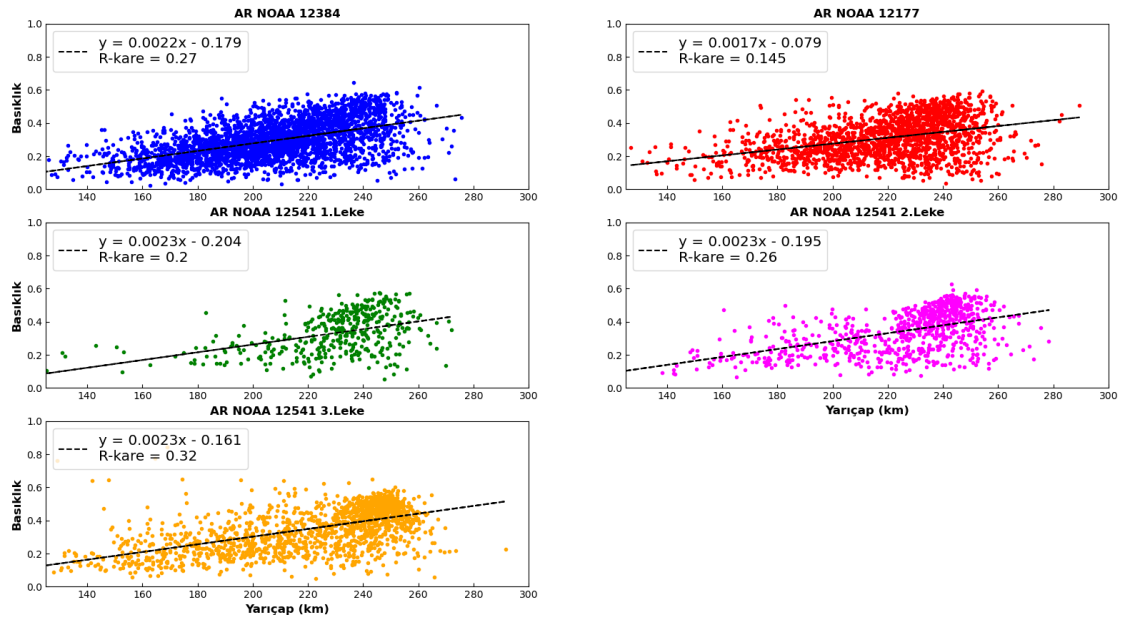
Şekil 4.3. Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait yaşam süreleri(x eksen) ve hız (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki grafik tespit edilen umbral parlak noktaların hız ve yaşam süresi parametrelerinin karşılaştırılmasını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, umbral parlak noktaların arasında saat mertebesinde ömre sahip olanlar vardır. Fakat, Çizelge 4.4’de gösterilen sonuçlara göre ortalama olarak 4-6 dk mertebesinde bir ömre sahiptirler. Umbral parlak noktaların hızları ve yaşam süreleri arasında çok zayıf ters bir ilişki söz konusudur. Nispeten daha yüksek hızlara sahip umbral noktalar daha kısa yaşarken, düşük hızlara sahip umbral parlak noktalar daha uzun yaşamaktadırlar.



Şekil 4.4. Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait Parlaklık (x eksen) ve Basıklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması

Yukarıdaki şekilde x eksen parlaklığı, y eksen ise basıklığı temsil etmektedir. Tespit edilen UD'lerin basıklık ve parlaklıkları arasında çok zayıf da olsa bir ilişki söz konusudur fakat net olarak bir şey söylemek yanlış olacaktır. Eğim çizgisine bakıldığında, parlaklığın artmasıyla birlikte basıklığın arttığı görülebilir ancak veriler fazlasıyla saçılmış durumdadır. Bu sebeple ön görülen düşüncüyü desteklememektedir.



Şekil 4.5. Güneş leke gruplarının umbralarında tespit edilen umbral parlak noktalara ait Yarıçap (x eksen) ve Basıklık (y eksen) değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.5, UD'lerin basıklık ve parlaklıkları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekildeki grafiklerde x ekseni yarıçapı temsil ederken y ekseni basıklık parametresini temsil etmektedir. Literatürde UD'lerin tanımı yapılırken, dairesel parlak noktalar olarak söylenmektedir. Fakat hepsi için bu söylem geçerli değildir. Nispeten daha küçük bir yarıçapa sahip UD'ler daireselliğe yakınken, açıkça görülmektedir ki yarıçap arttıkça basıklık artmakta ve dairesellikten uzaklaşmaktadır.



5. TARTIŞMA

Güneş gözlem araçlarının gelişen teknoloji ile birlikte uygulanan analiz ve yöntemlerin gelişmesi, yazılımsal algoritmaların da bu anlamda değişmesi, literatüre daha çok bilgi kazandırılmasını sağlamıştır. Bu noktada Güneş yüzeyinde, özellikle Güneş lekelerinin umbra ve penumbrasında bulunan ince yapıların çalışılması da büyük önem kazanmıştır. Umbrada gözlenen ince yapıların, yapısal çeşitlilikleri ve Güneş lekesinin enerji taşımındaki rolleri büyük olduğundan Güneş fiziği açısından oldukça büyük önem arz etmektedirler. Umbral parlak noktaların tespiti için boyutlarının, gözlem için kullanılan aletlerin çözünürlük sınırına yakın veya daha büyük olması gerektiğini söyleyen çalışmalar da literatürde mevcuttur (Danielson 1964, Krat vd 1972). Bu çalışma kapsamında, Güneş görüntüleri için şu an en yüksek çözünürlüğe sahip GST ile alınan görüntüler kullanılmıştır.

Umbral parlak noktaların boyutları (çapları) hakkında Danielson (1964), 300 km veya daha küçük olduğunu belirtmiştir. O yıllarda kullanılan Güneş gözlem aleti ve kullanılan teknikler nedeni ile bu sonuç gayet normaldir. Beckers (1981), umbral parlak noktaların yarıçapları hakkında, umbra yarıçapının yaklaşık olarak yüzde 1'ine denk olduğunu belirtmiştir. Daha sonra Grosman-Doert vd (1984) yaptıkları bir çalışmada ise umbral parlak noktaların çapının $0''.4 - 0''.9$ (yay saniyesi) aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmalara nazaran daha yakın tarihli bir çalışmada, Riethmuller vd (2008) ve Rimmele (2008) yaptıkları bir çalışmada umbral parlak noktaların boyutları hakkında $0''.2 - 0''.5$ aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Sobotka ve Puschman (2009), umbral parlak noktaların boyutlarını en az $0''.17$ yay saniyesi olarak rapor etmişlerdir. Öte yandan Hamedivafa (2011), merkezi umbral noktaların boyutunu $0''.17$ yay saniyesi olarak rapor etmiştir. Kilcik vd (2020), boyutları diğerlerine göre daha büyük UD'lerin, küçük olan UD'lere nazaran daha eliptik ve daha dinamik olma eğiliminde olduklarını bildirmişlerdir.

Umbral parlak noktaların yaşam süreleri de çeşitli yazarlar tarafından rapor edilmiştir. Örneğin; Danielson (1964), 30 dakikadan fazla yaşayan bir umbral parlak noktaya rastlamamış ve yaşam sürelerinin 30 dakikanın altında olduğunu söylemiştir. Aynı şekilde Beckers (1981), yaklaşık olarak 25 dakikalık ömürleri olduğunu belirtmiştir. Schmit (1991) çalışmasındaki tüm tanımlanmış umbral noktaların ömrünü 40 dakikadan daha uzun olduğunu rapor etmiştir. Kitai vd (2007), umbral parlak noktaların ortalama yaşam sürelerini 16 dakika, Riethmuller vd (2008) ve Rimmele (2008)'e göre umbral parlak noktaların yaşam süreleri yaklaşık olarak 15 dakikadır. Öte yandan, Sobotka ve Puschmann (2009), UD'lerin 4.5 dakikalık ortalama bir yaşam süresine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Hamedivafa (2011) merkezi ve peripheral umbral parlak noktaların yaşam sürelerini sırasıyla altı dakika ve üç dakika olarak rapor etmiştir. Diğer bir yandan, Yadav ve Mathew (2018) UD'lerin yaşam sürelerini 8.19 dakika olarak ölçmüşlerdir.

UD'lerin sahip oldukları hızlar konusunda, literatürdeki çalışmalarda genellikle çevresel umbral parlak noktalar (PUD) ve merkezil umbral parlak (CUD) noktalar birbirinden ayrılarak rapor edilmiştir. Bu çalışma kapsamında öyle bir ayırım yapılmadan tespit edilen UD'lerin ortalama hızları hesaplanmıştır. Rimmele (2007) yaptığı bir çalışmada umbral parlak noktaların hızlarını CUD ve PUD ayırımı yapmadan, umbranın iç kısımlarında 0.3 km/s hız ile, umbranın dış kısımlarında ise 0.85 km/s hızla hareket ettiklerini rapor etmiştir. Öte yandan Sobotka, Brandt ve Simon, (1997), Penumbra umbral parlak noktalar hareket ederken, merkezil umbral parlak noktaların hızları, neredeyse yok denecek kadar az ve sabit olduğunu söylemişlerdir. Umbranın merkezine doğru 1,0 km/s'den daha az hızlarda hareket ettiklerini eklemiştir. Sobotka vd (1997), umbral parlak noktaların hızlarının tipik olarak 0.4 km/s olarak söylemişlerdir. Yine başka bir çalışmada, penumbra umbral parlak noktalar 0.1 km/s ile 1 km/s arasında değişen hızlar ile rapor edilmektedir. (Rimmele 2004; Riethmüller vd 2008; Sobotka ve Jurcák 2009). Yadav ve Mathew (2018) çalışmalarında UD'lerin yatay hızlarını 0.5 km/s olarak rapor etmişlerdir. Kılçık vd (2020) çalışmalarında, UD'lerin hızını, daha önce bildirilen hızların yaklaşık iki katı (0.76 km/s) olarak rapor etmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında UD'lere ait hız, yarıçap, yaşam süresi, parlaklık vb gibi temel fiziksel parametreler hesaplanmış, elde edilen tüm sonuçlar Çizelge 4.4'te ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Elde edilen parametreler istatistiksel olarak kendi aralarında karşılaştırılmıştır (Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5). Karşılaştırma sonucunda UD'lerin hızları ve yarıçapları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. UD'lerin yarıçap boyutları arttıkça, hızlarında bu oranda arttığı görülmüştür. Öte yandan UD'lerin hızları ve yaşam süreleri arasında çok zayıf bir ters ilişki gözlenmiştir. Yüksek hızlara sahip UD'ler, daha yavaş UD'lere göre daha kısa ömürlü olmaktadır. Bunların yanı sıra yarıçap-parlaklık karşılaştırılması da yapılmıştır. Yarıçap boyutları arttıkça parlaklığın arttığı görülmüştür fakat çok zayıf bir ilişki söz konusudur. Bu yüzden net bir sonuç belirtmek için şu an veriler yetersizdir. Daha anlamlı bir sonuç için, tüm leke gruplarının ileri tarihlerde ayrıca çalışılması planlanmaktadır. Karşılaştırılan diğer veriler, UD'lerin basıklık ve yarıçap değerleridir. Analiz sonucunda, daha küçük yarıçapa sahip UD'lerin daireselliğe daha yakın olduğu görülmüştür. Yarıçap değeri arttıkça UD'ler dairesellikten uzaklaşmaktadır.

UD'lere ait, literatüre kazandırılmış fiziksel parametrelerin belirlenmesi kullanılan veri tipine, kullanılan verinin kalitesine, çalışılan UD'lerin tipine, uygulanan tespit ve takip algoritmalarına ve daha birçok parametreye bağlıdır. Sonuç olarak UD'lerin belirlenebilmesi, kullanılan aletlerin çözünürlük sınırları içerisinde ve kullanılan algoritmaya göre de değişkenlik göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, üç farklı Güneş leke grubunun umbralarında bulunan umbral parlak noktaların fiziksel parametreleri araştırılmış ve bu parametrelerin farklı Güneş leke gruplarında nasıl sonuç verdikleri araştırılmıştır. Çalışmada üç farklı Güneş leke grubu kullanılmış olup 3. Güneş leke grubu da kendi arasında üç farklı leke halinde incelenmiştir. Toplamda beş farklı leke analizi yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Umbra alanı daha büyük olan Güneş leke gruplarında (AR 12384 ve AR 12541 1.leke) daha fazla UD tespit edilmesine karşın, diğer leke gruplarında umbra alanı küçüldükçe daha az UD tespit edilmiştir.
- Büyük umbra alanına sahip Güneş leke gruplarında bulunan umbral parlak noktaların, küçük umbra alanına sahip Güneş leke gruplarına oranla basıklıkları şekil olarak daireye daha yakındır.
- Tüm leke gruplarında yarıçap ve hız arasında bir ilişki olduğu görülmüştür. Yarıçapın artmasıyla birlikte hızın arttığı söylenebilir.
- Küçük umbra alanına sahip Güneş leke gruplarında bulunan umbral parlak noktaların yaşam süreleri, büyük umbra alanına sahip Güneş leke gruplarında bulunan UD'lere göre daha kısadır.
- Ortalama olarak daha kısa yaşam süresine sahip umbral parlak noktaların hızları daha yüksektir. UD'lerin hızları ve yaşam süreleri arasında ters orantı olduğu tespit edilmiştir.
- genel olarak büyük umbra alanına sahip Güneş leke gruplarında tespit edilen umbral parlak noktaların boyutları diğer Güneş leke gruplarında bulunan umbral parlak noktalara oranla daha büyüktür.

Bu çalışma sonucunda, umbral parlak noktaların belirlenmesinin tamamen kullanılan gözlem aletinin çözünürlük sınırları içinde olması, kullanılan teknik analiz ve yöntemlerin değişiklik göstermesi, farklı algoritmaların kullanılması gibi sebeplere ciddi şekilde bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bunun dışında farklı leke gruplarında gözlenen umbral parlak noktaların farklı özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. Umbral parlak noktalar için yapılan çalışmalarda her Güneş lekesi için bu olay incelenmemiştir. Bulunan sonuçlar ait olduğu lekeyi kapsamaktadır. Bu yüzden umbral parlak noktalar için genel bir şey söylemek doğru değildir. Bu çalışma kapsamında dünyanın en büyük Güneş teleskobu verileri kullanılarak umral parlak noktaların özelliklerinin leke morfolojisine bağlı olduğunun tespit edilmesi açısından bu tez çalışması öncü bir çalışma niteliğindedir. Konu ile ilgili çalışmalar arttırılarak böyle bir sonucun tüm lekeler için geçerli olup olmadığı ayrıca araştırılacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Adjabshirzadeh, A., Koutchmy, S., 1983. Photometric analysis of sunspot umbral dots. III Spectrophotometry and preliminary model of a 2-component umbra. *Astronomy and Astrophysics*, 122: 1-8.
- Asplund, M., Grevesse, N., Sauval, A.J., Scott, P., 2009. The chemical composition of the Sun. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 47: 481-522.
- Avreet, E.H., 2003. The Solar Temperature Minimum and Chromosphere. *ASP Conference Series*, 286: 419-429
- Bahcall, J.N., 1989. Neutrino astrophysics. *Cambridge University Press*.
- Beckers, J. M., 1981. ed. Jordan, S., 2005. In The Sun as a Star. *NASA SP-450, Washington*
- Berdyugina, S.V., Solanki, S.K., Frutiger, C., 2003. The molecular Zeeman effect and diagnostics of solar and stellar magnetic fields. II. Synthetic Stokes profiles in the Zeeman regime. *Astron. Astrophys. Astronomy and Astrophysics*, 412: 513-527.
- Chaisson, Eric J., 2002. Cosmic evolution. *Harvard University Basımı*.
- Chevalier, S., 1916. Annales de l'Observatoire astronomique de Zo-se *Dictionnaire Universel*, 9: B1.
- Choudhary, D.P., Shimizu, T., 2010. Sunspot Bright points. *Solar Physic*, 288: 171-209
- Cortie, A.L., 1901. On the types of sun-spot disturbances. *The Astrophysical Journal*, 13: 260-264
- Danielson, R.E., 1962. The Structure of Sunspot Umbras. I. Observations. *The Astrophysical Journal*, 139: 45-47
- Deinzer, W., 1965. On The Magneto-Hydrostatic Theory of Sunspots. *The Astrophysical Journal*, 141: 548-563
- Ebadi, H., Abbasvand, V., pourjavadi, H., 2017. The Study of Umrbal Dots in Sunspots based on SOT/Hinode Observations. *Astronomische Nachrichten*, 338: 662-670
- Eisenhauer, F., Genzel, R., Alexander, T., Abuter, R., Paumard, T., Ott, A.T., Gilbert, S.G., Horrobin, M., Trippe, S., Bonnet, H., Dumas, C., Hubin, N., Kaufer, A., Kissler-Patig, M., Monnet, G., Strobele, S., Szeifert, T., Eckart, A., Schodel, A. ve Zucker, S., 2005. SINFONI in the Galactic Center: Young Stars and Infrared Flares in the Central Light-Month. *The Astrophysical Journal* , 628: 246-259

- Elana, K., Manuel, C., 2015. Oscillations and Waves in Sunspots. *Living Reviews in Solar Physics*, 12: 1-78
- Gibson, E. G. 1973. The Quiet Sun. *National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC.*, SP-303.
- Gough, D., 1985. Inverting helioseismic data. *Solar Physic*, 100: 65-99.
- Grossmann-Doerth, U., Schmidt, W. ve Schroter E.H., 1984. Size and temperature of umbral dots. *Astronomy and Astrophysics*, 156: 347-353.
- Hale, G. E. 1908. On the probable existence of a magnetic field in sun-spots. *The astrophysical journal*, 28: 315-343
- Hamedivafa, H. 2011. Kinematics of Umbral Dots: Their Area, Brightness and Lifetime. *Solar Physic*, 270: 75-88.
- Kaifan Ji, Xia Jiang, Song Feng, Yunfei Yang, Hui Deng, Feng Wang, 2015. Investigation of Umbral Dots with the New Vacuum Solar Telescope. *Solar Physic*, 291: 357-369
- Kilcik, A., Yurchyshyn, V.B., Rempel, M., Abramenko V., Kitai, R., 2012. Properties of Umbral Dots as measured From The New Solar Telescope Data and MHD Simulations. *The Astrophysical Journal*, 745: 163-177
- Kilcik, A., Sarp, V., Yurchyshyn, V.B., Jean-Pierre, R., Ozguc, A., 2020. Physical Characteristics of Umbral Dots Derived from a High-Resolution Observation. *Solar Physic*, vol.295, p.58
- Kitai, R., Watanabe, H., Nakamura, T., 2007. Umbral Fine Structures in Sunspots Observed with Hinode Solar Optical Telescope. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59: 585-591
- Ko, M., Elert, G. (Düzenleyen), 1999. Density of the Sun. *The Physics Fectbook*
- Krat, V.A., Karpinsky, V.N., Pravdjuk, L.M., 1972, On the Sunpot Structure. *Solar Physic*, 26: 305-317
- Lawrence, J.K., 1983. The Spatial Distiribution of Umbral Dots and Granules. *Solar Physic*, 87: 1-5
- Li, L., Zhang, J., Peter, E., Chen, H., Guo, L., Mackay, D., 2016. Magnetic Reconnection Between a Solar Filament and Nearby Coronal Loops. *Nature Physic*, 12(9): 847
- Maris, G. ve Popescu, M.D., 2004. Solar Flare Cycles. *Romanian Reports in Physic*, 56: 141-169

- McIntosh, P. S., 1990. The classification of sunspot groups. *Solar Physic*, 125: 251-267
- Nicky, F., 2011. Coronal Mass Ejection. *NASA/International Solar-Terrestrial Physics*.
- Önel, H., Mann G. ve Sedlmayr, E., 2007. Propagation of Energetic Electrons Through the Solar Corona and The Interplanetary Medium. *Astronomy and Astrophysics*, 463: 1143-1152
- Parker, E.N., 1979. Sunspots and The Physics of Magnetic Flux Tubes. IX-Umbral Dots and Longitudinal Overstability. *The Astrophysical Journal*, 234: 333-347
- Piroddi, R. and Petrou M., 2004. In Advances in Imaging and Electron Physics. *Elsevier Academic Press*, 132: 130-157
- Pitjeva, E. V., Standish, E. M., 2009. Proposals For The Masses of The Three Largest Asteroids, the Moon-Earth Mass Ratio and The Astronomical Unit. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 103: 365-372
- Riethmuller, T. L., Solanki, S. K., Zakharov, V., ve Gandorfer, A., 2008. Brightness, Distribution, and Evolution of Sunspot Umbral Dots. *Astronomy and Astrophysics*, 492: 233-243
- Rimmele, T., 2008. On the Relation between Umbral Dots, Dark-cored Filaments, and Light Bridges. *The Astrophysical Journal*, 672: 684-695
- Schmidt, H.U., 1991. Sunspots. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 62: 249-27
- Schussler, M., ve Vogler, A., 2006. Magnetoconvection in a Sunspot Umbra. *The Astrophysical Journal*, 641: 73- 76
- Sherwood J., 2002. Dark Edge of Sunspots Reveal Magnetic Melee. *University of Rochester*
- Sobotka, M., Bonet, J.A., Vazquez, M., 1993. A High-Resolution Study of Inhomogeneities in Sunspot Umbrae. *The Astrophysical Journal*, 415: 832-846
- Sobotka, M., Brandt, P.N., Simon, G.W., 1997. Fine structure in sunspots. I. Sizes and lifetimes of umbral dots. *Astronomy and Astrophysics*, 328: 682-688
- Sobotka, M., ve Jurcak, J., 2009. Evolution of Physical Characteristics of Umbral Dots and Penumbral Grains. *The Astrophysical Journal*, 694: 1080-1084
- Sobotka, M., Brandt, P.N., Simon, G.W., 1999, Lifetimes and motions of Penumbral grains-preliminary result. *High Resolution Solar Physics: Observations and Techniques ASP Conference Series*, 183: 116-123

- Sobotka, M. ve Puschmann, K.G., 2009, Morphology and evolution of umbral dots and their substructures, *Astronomy and Astrophysics*, 504: 575-581
- Solanki, S.K., 2003, Sunspots: An Overview. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 11: 153-286
- Stix, M., 2004. The Sun. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, pp 428-431
- Sysc, R., Nakariakov, V. M., 2014. Wave Dynamics in a Sunspot Umbra. *Astronomy and Astrophysics*, 569: 8-14
- Sysc, R., 2015. MHD Waves in Sunspots. *Solar and Stellar Astrophysics*, 216: 467-487
- Tritschler, A. and Schmidt, W., 1996. Some properties of sunspot umbral dots. *Astronomy and Astrophysics*, 321: 643-651
- Thompson, M. J., 2004. Helioseismology and The Sun's Interior. *Astronomy and Geophysics*, 45: 421-425
- Vaquero, J. M., Gallego, M. C., Trigo, R. M., 2007. Sunspot Numbers During 1736-1739 Revisited. *Advances in Space Research*, 40: 1895-1903
- Waldmeier, M. Z., 1955. Polare Fackeln. *Zeitschrift für Astrophysik*, 38: 37-54
- Watanabe, H., 2014. Observations of Umbral Dots and Their Physical Models. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 66: 8-20
- Watanabe, H., Tritschler, A., Kitai, R., ve Ichimoto, K., 2010. Temporal Evolution of a Rapidly-Moving Umbral Dot. *Solar Physics*, 266: 5-16
- Watanabe, H., Kitai, R. Ve Ichimoto, K., 2009. Characteristic Dependence of umbral Dots on Their Magnetic Structure. *The Astrophysical Journal*, 702: 1048-1057
- Wöger, F., Von der Lühe, O., 2007. Field Dependent Amplitude Calibration of adaptive optics Supported Solar Speckle Imaging. *Applied Optics*, 46: 8015-8026
- Youssef, M., 2012. On The Relation between The CMEs and The Solar Flares. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 1: 172-178
- Yadav, R., Mathew, S.K., 2018. Physical properties of Umbral Dots observed in Sunspots: A Hinode Observation. *Solar Physics*, 293, 54, DOI: 10.1007/s11207-018-1272-y

ÖZGEÇMİŞ

AHMET BURAK KARSLIOĞLU
ahmetburakkarslioglu@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ:

Yüksek Lisans 2017 - 2020	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2012 - 2017	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri, Antalya

ESERLER:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Karslıoğlu A.B., Dönmez B., Kılçık A. (2019). Total sunspot number calculation based on flare production potential of sunspot groups: reconstruction of SSN and its relation to some geomagnetic indices. *Turkish Journal of Physics* 43(2), 187-195

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Karslıoğlu A.B, Şahin S., Kılçık A. Güneş Lekelerinin Manyetik Sınıflandırması ve Zürih Sınıflandırması Arasındaki İlişkinin Araştırılması. 21. *Ulusal Astronomi Kongresi - Kayseri*.