



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



Yüksek Lisans Tezi

**METEORİTLERİN SINIFLANDIRILMASI ve TÜRKİYE'DEKİ
BAZI METEORİTLERİN ANALİZİ**

Özcan ÇALIŞKAN

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Adnan ÖKTEN**

Temmuz, 2019

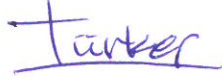
İSTANBUL

Bu çalışma, 30.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

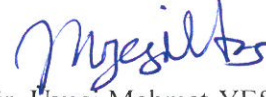
Tez Jürisi



Prof. Dr. Adnan ÖKTEN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Türker ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YEŞİLTAS
Kırklareli Üniversitesi
Lüleburgaz Havacılık ve Uzay Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 42022 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

İlk olarak, bu tez çalışmasının ortaya çıkması, gelişmesi ve sonuçlanmasındaki katkıları ve yönlendirmelerinden ötürü danışmanım Adnan Ökten'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve lisansüstü eğitim hayatım boyunca sunduğu katkılarından dolayı Ege Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi'nin Astronomi ve Uzay Bilimleri öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamındaki dersler, laboratuvar çalışmaları ve paylaşımları için İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği'nden Özge Karşoğlu Turgut ve Direnç Azaz'a; İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden Emin Çiftçi'ye; İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nden Zerefşan Kaymaz'a; İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nden Remziye Canbay'a; Kırklareli Üniversitesi Lüleburgaz Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nden Mehmet Yeşiltaş'a teşekkür ederim.

Tez kapsamında incelenen numunelerin teminindeki yardımlarından dolayı Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölüm Başkanlığı'na, İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Başkanlığı'na ve MTA Tabiat Tarihi Müzesi'ne teşekkür ederim.

Son olarak, benim için bunların hepsinden değerli olduğundan üzerimdeki emeklerinden dolayı anneme sevgi ve saygılarımı sunarım.

Temmuz 2019

Özcan ÇALIŞKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. TERMİNOLOJİ.....	9
2.2. METEORİTLERİN TANINMASI, TOPLANMASI VE İSİMLENDİRİLMESİ	11
2.3. METEOR YAĞMURLARI	15
2.4. METEOR ÇUKURLARI VE ÇARPMA YAPILARI	20
2.5. ANA CİSİM (PARENT BODY).....	27
2.6. ASTROBİYOLOJİ VE ASTROMADENCİLİK	29
2.7. METEORİTLERİN SINIFLANDIRILMASI	31
2.7.1. Kondritler.....	35
2.7.1.1. Karbonlu Kondritler	38
2.7.1.2. Sıradan Kondritler	38
2.7.1.3. Enstatit Kondritler	39
2.7.2. Primitif Akondritler	40
2.7.2.1. Urelit grubu	40
2.7.2.2. Braçit grubu.....	40
2.7.2.3. ACA-LOD Klanı.....	40
2.7.2.4. WIN-IAB-IIICD Klanı	40
2.7.3. Farklılaşmış Akondritler	41
2.7.3.1. Angritler	41
2.7.3.2. Aubritler	41
2.7.3.3. 4 Vesta (HED) Meteoritleri.....	41
2.7.3.4. Mesosideritler.....	42

2.7.3.5. <i>Demir meteoritleri</i>	42
2.7.3.6. <i>Palasitler</i>	44
2.7.3.7. <i>Ay Meteoritleri</i>	45
2.7.3.8. <i>Mars Meteoritleri</i>	45
3. MALZEME VE YÖNTEM	47
3.1. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOPU (SEM).....	49
3.2. X-IŞIN KIRINIMI (XRD)	54
3.3. İNDÜKTİF OLARAK YÜKLENMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROSKOPİSİ (ICP-MS)	59
3.4. METEORİT ANALİZLERİ İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER.....	64
4. BULGULAR	65
4.1. SEM GÖRÜNTÜLERİ	65
4.2. XRD SONUÇLARI	67
4.3. ICP-MS SONUÇLARI	72
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	86

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Kolomb öncesi Maya döneminden sanat ve mimari örnekleri.	4
Şekil 2.2: Antarktika'daki meteorit toplama bölgeleri.....	13
Şekil 2.3: Meteoritlerin toplandıkları konuma göre karşılaştırılması.	14
Şekil 2.4: Meteoritlerin sayısal ve kütsel karşılaştırılması.	14
Şekil 2.5: Yer'in yörüngesinin meteoroid akışı ile kesişmesi.	17
Şekil 2.6: Seyrek (Sporadic) meteor bölgeleri.....	18
Şekil 2.7: IMO meteor gözlem verileri. 1980 yılından 13 Mayıs 2019 tarihine kadar.....	19
Şekil 2.8: Basit kraterlerin oluşmu.	21
Şekil 2.9: Kompleks kraterlerin oluşumu.....	22
Şekil 2.10: Basit ve kompleks kraterlerde "Impactite" oluşumu.....	23
Şekil 2.11: Meteor çukurlarının dünya üzerindeki dağılımı.....	25
Şekil 2.12: Konya çifteler obruğu-I.	25
Şekil 2.13: Barringer krateri.	26
Şekil 2.14: Komet tipleri.	27
Şekil 2.15: Murchison Meteoriti.....	29
Şekil 2.16: ALH84001 Karbonat küreleri ve ortopiroksen yapıların SEM (BSE) görüntüsü.	30
Şekil 2.17: Meteoritlerin sınıflandırılması. Kondritler, Primitif Akondritler, Farklılaşmış Akondritler.....	32
Şekil 2.18: Petrolojik Tip, Şok Derecesi ve Aşınma Derecesi.	33
Şekil 2.19: Çeşitli kondrül yapıları.	37
Şekil 2.20: Hambleton (MG PAL) meteoriti.....	45
Şekil 3.1: İncelenen meteorit görselleri/alınan numuneler. a-Gibeon meteoriti, b-Palasit meteoriti, c-Gibeon meteoriti numunesi, d-Palasit meteoriti numunesi, e-Kayakent meteoriti numunesi, f-Bursa meteoriti numunesi.....	48

Şekil 3.2: SEM cihazının görünümü.....	49
Şekil 3.3: SEM cihazının şematik görüntüsü.....	50
Şekil 3.4: SEM ile tespit edilebilen sinyaller ve bunların oluşum bölgeleri.....	52
Şekil 3.5: Sivas meteoritinin SEM görüntüsü.....	53
Şekil 3.6: X-ışınlarının kırınım deseni oluşturması.....	54
Şekil 3.7: XRD cihazının görünümü.....	55
Şekil 3.8: θ - 2θ Çekim düzeneği.....	56
Şekil 3.9: X-ışın tüpünün şematik görünümü.....	57
Şekil 3.10: Bragg Yasası'nın şematik gösterimi.....	57
Şekil 3.11: Kayakent meteoriti XRD deseni.....	59
Şekil 3.12: ICP-MS cihazıyla tespit edilebilen elementler.....	60
Şekil 3.13: ICP-MS cihazı şematik gösterimi.....	61
Şekil 3.14: Plazma ateşleme bölgesinin şematik gösterimi.....	61
Şekil 3.15: Kuadrapol kütle spektrometresinin şematik gösterimi.....	62
Şekil 3.16: İyon algılayıcısı.....	62
Şekil 3.17: The Elan 9000 marka ICP-MS cihazı.....	63
Şekil 4.1: Meteoritlerin SEM görüntüleri; a) Kayakent meteoriti, b) Sivas meteoriti, c) Bursa meteoriti, d) Çanakkale meteoriti, e) Palasit meteoriti, f) Gibeon meteoriti.....	66
Şekil 4.2: Meteoritlerin XRD spektrumları a) Kayakent meteoriti, b) Sivas meteoriti, c) Bursa Meteoriti, d) Çanakkale meteoriti, e) Palasit meteoriti, f) Gibeon meteoriti.....	68

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Meteorit demirden yapıldığı düşünülen cisimler.	4
Tablo 2.2: Meteorit çalışmalarında kullanılan bazı veritabanları.....	6
Tablo 2.3: Meteorit çalışmalarıyla ilgili yayın yapan bazı dergiler.....	7
Tablo 2.4: Yeşiltaş'ın bazı yayınları.	8
Tablo 2.5: Türkiye'de bulunan/Türkiye'ye düşen meteoritlerin bilgileri.	15
Tablo 2.6: Kore-Çin-Japonya meteor kayıtları (MÖ 645-MS 1911).....	16
Tablo 2.7: 2019 yılındaki büyük meteor yağmurları (AMS).	19
Tablo 2.8: Meteoroid/Asteroid çarpması ile açığa çıkan enerji miktarları.	24
Tablo 2.9: Meteor yağmurlarının ana cisimleri ve komet tipleri.....	28
Tablo 2.10: Asteroid-meteorit bağlantıları.....	28
Tablo 2.11: Petrolojik Tip Gösterimi.	35
Tablo 2.12: Kondritlerin kondrül, metal ve matrix dağılımı.	37
Tablo 2.13: Sıradan kondritlerin içerik dağılımı.	39
Tablo 2.14: EH ve EL meteoritlerinin bileşenleri.	39
Tablo 2.15: 4 Vesta (HED) meteoritleri.....	42
Tablo 2.16: Mesosiderit sınıfları.....	42
Tablo 2.17: Demir meteoritlerin yapısal sınıflandırması.	43
Tablo 2.18: Demir grubu meteoritlerin içerikleri.	44
Tablo 2.19: Palasitlerin bileşen oranları.....	44
Tablo 3.1: Numune temin edilen örnekler.	47
Tablo 4.1: Tez kapsamında analizi yapılan örnekler. EÜ, İÜ, ve MTA'dan temin edilen örneklerin isimleri (sergilenirken aldıkları isimler), ağırlıkları ve tipleri.....	65
Tablo 4.2: Meteoritlerin XRD sonuçları. Numunede tespit edilen bileşenler, formülleri ve kristal sistemleri gösterilmektedir.	71

Tablo 4.3: TC003 paketi kapsamında yapılan TOT/C ve TOT/S analizi sonuçları.	72
Tablo 4.4: LF201 paketi kapsamında yapılan element analizlerinin sonuçları.	73
Tablo 4.5: LF201 paketi kapsamında yapılan mineral analizlerinin sonuçları.	74
Tablo 4.7: AQ200 paketi kapsamında yapılan element analizlerinin sonuçları.	74



SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
µm	: Mikrometre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
km	: Kilometre
kV	: Kilovolt
eV	: Elektron Volt
g	: Gram
Hz	: Hertz
J	: Joule
P	: Yörünge dönemi
a	: Yarı-büyük eksen uzunluğu
%	: Yüzdeler oran

Kısaltmalar	Açıklama
AB	: Astronomik Birim
BSE	: Geri Saçılan Elektron (Back Scattered Electron)
CL	: Katot Işınması (Cathodoluminescence)
EDX	: Enerji Dağılım X-Işın Spektroskopisi (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)
EÜ	: Ege Üniversitesi
IAU	: Uluslararası Astronomi Birliği (International Astronomical Union)
IAU F	: Uluslararası Astronomi Birliği F Bölümü : Meteorlar, Meteoritler ve Gezegenlerarası Toz (International Astronomical Union Commission F1: Meteors, Meteorites and Interplanetary Dust Particle)
IAU F1	: Uluslararası Astronomi Birliği F1 Komisyonu : Gezegen Sistemleri ve Biyoastronomi (International Astronomical Union Division F: Planetary Systems and Astrobiology)
ICDD	: Uluslararası Kırınım Veri Merkezi (International Center for Diffraction Data)
ICP-MS	: İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy)

IDP	: Gezegenerarası Toz Parçacığı (Interplanetary Dust Particle)
IMO	: Uluslararası Meteor Organizasyonu (International Meteor Organization)
İÜ	: İstanbul Üniversitesi
JGR	: Jeofizik Araştırma Dergisi (Journal of Geophysical Research)
MAPS	: Meteoritik ve Gezegen Bilimi (Meteoritics and Planetary Science)
MetBull	: Meteorit Bülteni (Meteoritical Bulletin)
MetSoc	: Meteorit Derneği (The Meteoritical Society)
MDC	: Meteor Veri Merkezi (Meteor Data Center)
MERLAB	: Merkez Laboratuvar
MÖ	: Milatta Önce
MS	: Milattan Sonra
MSP	: Meteorik Toz Parçacığı (Meteoric Smoke Particle)
MT	: Megaton
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
my	: Milyonyıl
PDF	: Toz Kırınım Dosyası (Powder Diffraction File)
ppb	: Milyardaki Parçacık Sayısı (Particle Per Billion)
ppm	: Milyondaki Parçacık Sayısı (Particle Per Million)
SE	: İkincil Elektron (Secondary Electron)
SEM	: Taramalı Elektron Mikrosopu (Scanning Electron Microscope)
TEM	: Geçişli Elektron Mikroskopi (Transmission Electron Microscope)
TTM	: Teknoloji Transfer Merkezi
XRD	: X-Işın Kırınımı (X-Ray Diffraction)
XRF	: X-Işın Yansıması (X-Ray Fluorescence)
WDS	: Dalgaboyu Dağılımı (Wavelength-Dispersive)
WGN	: Çalışma Grubu Haberleri, IMO'nun Yayını (Werkgroepnieuws)

ÖZET

METEORİTLERİN SINIFLANDIRILMASI VE TÜRKİYE’DEKİ BAZI METEORİTLERİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özcan ÇALIŞKAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Adnan ÖKTEN

Bu yüksek lisans tez çalışması, Türkiye’de bulunan bazı meteorit örneklerin analizlerini kapsamaktadır. Örneklerin görsel incelemesi yapıldıktan sonra, İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği’nde bulunan SEM cihazı ile atomik ölçekte görüntüleri alınmıştır. Daha sonra İstanbul Üniversitesi TTM, MERLAB’da bulunan XRD cihazı ile mineral incelemeleri yapılmıştır. Son olarak Kanada’da bulunan Bureau Veritas Mineral Laboratories’te ICP-MS cihazı kullanılarak element ve bazı bileşen değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatüre uygun olarak verilmiştir.

Temmuz 2019, 101 sayfa.

Anahtar kelimeler: Meteoritler, Meteorit Analizi, Meteoritlerin Sınıflandırılması

SUMMARY

CLASSIFICATION OF METEORITES AND ANALYSIS OF SOME METEORITES IN TURKEY

M.Sc. THESIS

Özcan ÇALIŞKAN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Adnan ÖKTEN

This master thesis covers the analysis of the meteorite sample some of Turkey. After the visual examination of the samples, atomic scale images were taken by SEM device in Chemical Engineering of Istanbul University. Afterwards, mineral examinations were carried out with XRD device at Istanbul University TTM, MERLAB. Finally, element and some component values were obtained by using ICP-MS device at Bureau Veritas Mineral Laboratories in Canada. The results obtained are given in accordance with the literature.

July 2019, 101. pages.

Keywords: Meteorites, Analysis of Meteorites, Classification of Meteorites

1. GİRİŞ

Literatürde meteoritler, belirli sabit yörüngeleri olmayan, asteroidlerden, kometlerden, gezegenlerden veya gezegen uydularından koparak uzayda başıboş dolaşan, belirli bir büyüklüğü sahip, taş, metal ya da karışımlarından oluşan gök cisimlerinin yeryüzüne düştükleri zaman aldıkları isimdir. Meteoroid, meteor ve meteorit aslında aynı cismin konumuna göre aldığı farklı isimlerdir. Bu gök cisimleri atmosfer dışında dolanırken meteoroid, atmosferde sürtünmeye maruz kaldığı anda meteor, yeryüzüne düştüklerinde ise meteorit ismini alırlar.¹

Meteoritler için “Kozmik haberciler” tanımını yapmak uygun olur. Çünkü meteorit çalışmalarından Güneş Sistemi’nin ilk evreleri hakkında, gezegenlerin jeolojik yapıları hakkında, yer dışından organik maddenin taşınımı ya da Dünya’da yaşamın ne zaman başladığı gibi konularda bilgi edinebilmektedir. Dünya dışı yaşam araştırmalarını da bunlar içine katabiliriz.

Meteorit alanında yapılan çalışmalar sadece bilimsel araştırmalar için değil, aynı zamanda Dünya’nın güvenliği için de önemlidir. Bu bakımdan meteor takip sistemlerinin kurulması, meteor yağmurlarının dönemlerinin iyi hesaplanması olası tehlikelere karşı önceden tedbir alınması açısından gereklidir.

Meteorit çalışmaları, günümüzdeki birçok bilim dalı gibi çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Sadece astronomi değil, fizik, kimya, biyoloji, yer bilimleri ve çeşitli mühendislik alanları da meteoritler ile ilgili araştırmalar yürütmektedirler. Dünya geneline bakacak olursak, meteorit çalışmaları kozmokinmanın araştırma alanına girmektedir.

Örnek vermek gerekirse, “meteor” ve “çarpma” için yapılan bir kaynak taramasında, bugün itibari ile 2258 adet çalışmaya ulaşılmaktadır. Bu çalışmaların dağılımı ise; %48,85 Jeokimya-Jeofizik, %19,04 Astronomi-Astrofizik, %14,30 Yer Bilimleri, %4,65 Jeoloji, %2,97 Mineraloji şeklindedir. Ayrıca yapılan çalışmaların yarısından fazlası Birleşik Devletler’de yayınlanmıştır (Frias, 2010).

¹ İleriki kısımlarda daha detaylı değinilecektir.

Yerdişından atmosfere giriş yapan her cisim hızına ve giriş açısına bağlı olarak sürtünmenin etkisiyle yanmaya başlar. Bu yanma sırasında çıkan renklerden de –her bir elementin çıkardığı renkten dolayı- taşın kimyasal içeriğine ulaşmak mümkündür. Ayrıca, bu sürtünme sırasında tamamen yok olmadan yeryüzüne ulaşan taşlar büyüklüklerine bağlı olarak çukur/krater oluşturabilirler. Sürtünmenin etkisiyle patlayan ve parçalanan taşlar da yeryüzünde bir meteorit dağılım bölgesi oluştururlar.

Bu tez çalışmasında, Genel Kısımlar bölümünde öncelikle yeterli literatür bilgisi verilmiştir. Meteoritler ile ilgili çalışmalar, terminoloji, isimlendirme, meteorit çarpması ile oluşna çukurlar/kraterler, meteor yağmurları gibi doğrudan meteorit çalışmalarını ilgilendiren konular anlatılmıştır. Meteoritlerin sınıflandırılması ve tarih içindeki gelişimi de bu bölümde anlatılmıştır.

Malzeme ve Yöntem bölümünde tez kapsamında incelenen numunelere değinilmiş, kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

Bulgular bölümünde, her bir numune için yapılan analiz sonuçları ayrı ayrı verilmiştir.

Tartışma ve Sonuç bölümünde elde edilen verilen incelenmiş, varsa daha önce yapılan analiz sonuçları ile karşılaştırması yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

İnsanın ortaya çıkışı ile beraber, doğayı anlaması ve yorumlaması kolay olmamıştır. Doğa ve doğa olaylarına çeşitli anlamlar yükleyerek kurmaya çalıştığı ilişki karanlık çağlara kadar uzanmaktadır. Şüphesiz bu ilişkiler korku ile başlamıştır. İlk olarak çevresindeki canlılardan korkmuştur, daha sonra meydana gelen doğa olayları (yıldırım, deprem vs.) insanı ürktürmüştür. Zamanla edindiği tecrübe ve gözlemlendiği olaylarla birlikte kendini geliştirirken doğayı da çözmeye başlamıştır. Kendini tehlikeli canlılardan korumak için aletler yaparken daha sonra bu aletleri geliştirerek avlanmak için kullanmıştır. Alet yapımında zamanla uzmanlaşması, tarımın başlaması ve yerleşik hayata geçilmesi ile birlikte kafasını biraz daha yukarı kaldırmaya başlamıştır. Tutulmalara, gezegen hareketlerine, takım yıldızlarına, süpernova patlamalarına ve Dünya'ya atmosfer dışından gelen cisimlere çeşitli anlamlar yüklemeye başlamıştır. Hatta bunların çoğu gerçek dışı yorumlanarak kehanetlere konu olmuştur ve sonuçları yıkıcı olmuştur.

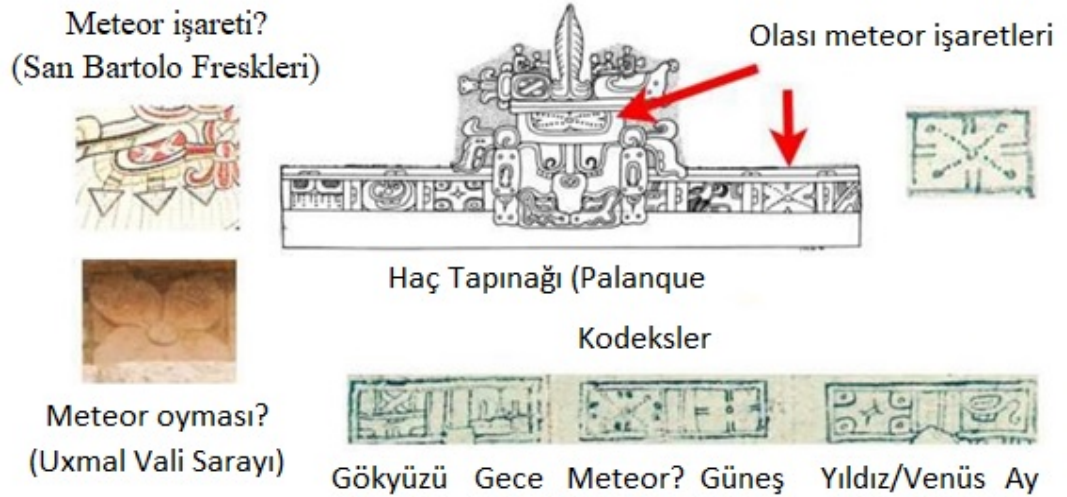
Modern hayata gelene kadar bu anlam kargaşası devam etmiştir. Hatta günümüzde bile bilimsel gerçeklere inanan, doğa olaylarına çeşitli anlamlar yükleyen insanlar vardır.

Düştüğü gözlemlenen ya da şans eseri bulunan meteoritler teknoloji seviyesinin zamanla yükselmesi ile birlikte dönemin insanı tarafından araç-gereç yapımında kullanılmıştır. Arkeolojik çalışmalar ışığında, çeşitli dönem ve coğrafyalarda bir takım nesnelere ulaşılmıştır. Demir Çağı'ndan (~M.Ö. 1000) önce demirin araç-gereç yapımında kullanılması (~M.Ö. 3500) bu meteoritler sayesinde olmuştur. Çünkü meteoritlerin erime derecesi demirin erime derecesinden daha düşük seviyededir. Arkeolojik araştırmalarda bulunan bazı cisimlerin buldukları yerler, ait olduğu dönem ve içerikleri Tablo 2.1'de verilmiştir (Fathalizadeh, 2012).

Tablo 2.1: Meteorit demirden yapıldığı düşünülen cisimler.

Cisim	Bölge	Tarih	Fe (%)	Ni (%)	CO (%)	Cu (%)
Hançer	Ur	M.Ö. 3000	89,1	10	---	---
Tesbih Tanesi	Gerzeh	M.Ö 3500	---	7,5	---	---
Bıçak	Eskimo	Günümüz	91,47	7,78	0,53	0,016
Bıçak	Deir el Bahari	M.Ö. 2000	---	10	---	---
Bıçak	Eskimo	M.S. 1818	88	11,83	Eser	Eser
Balta	Ras Shamra	M.Ö. ~1400	84,9	3,25	0,41	Eser
Hançer	Tutankhamun	M.Ö. 1340	---	---	---	---
Kafa Dayanağı	Thebes	M.Ö. 1340	---	---	---	---
Plaka	Alacahöyük	M.Ö. ~2300	---	3,44(NiO)	---	---
Gürz Başı	Troya	M.Ö. ~2300	---	3,91(NiO)	---	---

Tarihsel incelemelerde meteoritler karşımıza sadece araç-gereç olarak çıkmıyor. Güney Amearika'da Kolomb öncesi döneme ilişkin yapılan arkeolojik çalışmalardan elde edilen, Dresden ve Madrid kodekslerinde, Mayalar'a ait hiyeroglifler yer almaktadır. Bu hiyerogliflerde çeşitli gök cismi ve gök olaylarına yer verildiği gibi meteorit ve meteor olaylarına ilişkin resimlerin olduğu da tahmin edilmektedir. Ayrıca Antik Maya şehirlerindeki fresklerde karşımıza çıkmaktadır. Bazı örnekler Şekil 2.1'de verilmiştir (Kinsman, 2014).

**Şekil 2.1:** Kolomb öncesi Maya döneminden sanat ve mimari örnekleri.

Günümüzde meteorit çalışmaları uluslararası topluluklar, ülkelerin desteklediği programlar, enstitüler ve Uluslararası Astronomi Birliği (International Astronomical Union, IAU) önderliğinde yürütülmektedir. Ulusal, küçük ölçekli, üniversite bünyesinde yapılan çalışmalar da mevcuttur. Meteorit alanında yapılan çalışmalara aşağıdaki kurumlar önderlik etmektedir.

1933 yılında kurulan uluslararası Meteorit Topluluğu (The Meteoritical Society, MetSoc) meteoritleri ve uzaydan getirilen örnekleri inceleyerek Güneş Sistemimiz'in kökeni ve tarihi hakkındaki bilgileri artırmayı hedeflemektedir. Aylık olarak yayınlanan Meteoritik ve Gezegen Bilimleri (Meteoritics and Planetary Sciences, MAPS) dergisi topluluğun yayın organıdır. Yeni bulunan ya da yeni bir araştırmaya konu olan meteoritler bir bülten ile (Meteoritical Bulletin, MetBull) periyodik olarak yayınlanır. Ayrıca Geochimica et Cosmochimica Acta isimli dergiyi de Jeokimya Topluluğu (The Geochemical Society) ile ortak yayınlanmaktadır. Çevrimiçi olarak da ulaşılabilen ve sık aralıklarla güncellenen meteoritlere ait bir veri tabanı da topluluk tarafından oluşturulmuştur. Bu veri tabanında meteoritin analizinden elde edilen sonuçların yanı sıra fiziksel özellikleri ve konum bilgileri de verilmektedir. Yıllık olarak düzenlenen toplantıları da organize etmektedir (Marvin, 1993).

Meteor araştırmaları hakkında çalışmalar yürüten Uluslararası Meteor Organizasyonu (International Meteor Organization, IMO) 1979 yılında kurulmuştur. Meteor gözlemlerini beş farklı komisyon (Görsel, Video, Fotoğraf, Ateştopu-Fireball- ve Radyo) altında 1980 yılından beri sürdürmektedir. Periyodik olarak yayınladığı WGN (Werkgroepnieuws) dergisi ile çalışmalarını duyurmaktadırlar. Her yıl düzenlenen meteor çalışmaları ile ilgili toplantılar organize etmektedir. Gözlemler sonucunda oluşturulan veritabanına çevrimiçi ulaşmak mümkündür. Bu veritabanı yıllara göre meteor yoğunluğu dağılımını göstermektedir. IMO ve diğer kuruluşların veri tabanları Tablo 2.2'de verilmektedir.²

² Tablo içerisinde kaynaklar verilmiştir.

Tablo 2.2: Meteorit çalışmalarında kullanılan bazı veritabanları.

Organizasyon	Veritabanı	Adres
The Meteoritical Society	Meteorit	https://www.lpi.usra.edu/meteor/
International Astronomical Society	Meteor Yağmuru	https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/
International Meteor Organization	Meteor	https://www.imo.net/members/imo_vmdb
University of New Brunswick	Meteor Çukuru	http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html

IAU, F1 Komisyon'u meteorit alanında (Meteorlar, Meteoritler ve Gezegenlerarası Toz) çalışmalar sürdürmektedir. Bu birim, Meteor Veri Merkezi (Meteor Data Center, MDC) adı altında bir veri tabanı oluşturmuştur. Bu veri tabanı Slovak Bilimler Akademisi Astronomi Enstitüsü ile ortak olarak meteor gözlemleri sonucu oluşturulmuştur ve meteor yağmurları için katalog görevi görmektedir. Bu komisyon, 3 yılda bir düzenlenen "Meteoroids" toplantılarından, meteor ve meteor yağmuru isimlendirilmesinden sorumludur.³

Birleşik Devletler, 1970'lerin başında başlattığı Antarktika Meteorit Programı (Antartic Meteorite Program) ile çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmalarda üçlü bir ortaklık söz konusudur; "NASA", "The National Science Foundation" ve "The Smithsonian Institution". Bu çalışmalardan elde edilen örneklerden bir koleksiyon oluşturulmuştur. Bu koleksiyon Birleşik Devletler'de bulunan Johnson Uzay Merkezi'nde (Johnson Space Center) sergilenmektedir. Ayrıca elde edilen örneklerden istenildiği takdirde araştırmaları için Dünyanın çeşitli yerlerindeki bilim insanlarına gönderilmektedir (Mc Bride ve diğ., 2011).

Japonya'da ise, Ulusal Kutup Araştırmaları Enstitüsü (National Institute of Polar Research) altında kurulan Antartik Meteorit Araştırmaları Merkezi (Antarctic Meteorite Research Center) çalışmalarını sürdürmektedir ve sonuçlarını Meteorit Gazetesi (Meteorite Newsletter) ismiyle periyodik olarak yayınlamaktadır.⁴

Elements dergisi, mineraloji, petroloji ve jeokimya alanında çalışmalara yer ayıran, dünya genelinde 17 organizasyonun ortaklaşa yayınladığı bir dergidir.⁵ Jeofizik Araştırmaları Dergisi (Journal of Geophysical Research, JGR) Yer, Güneş ve Güneş Sisteminin anlaşılması

³ https://www.iau.org/science/scientific_bodies/commissions/F1/

⁴ <http://yamato.nipr.ac.jp/en/>

⁵ <http://elementsmagazine.org/>

için, yedi farklı bilim dalında bölümlere ayrılmış Amerikan Jeofizik Birliğinin (The American Geophysical Union) yayın organıdır.⁶ Icarus, Amerikan Astronomi Derneği, Gezegen Bilimleri Bölümü (American Astronomical Society, Division of Planetary Sciences) tarafından desteklenen, astronomi, biyoloji, jeoloji gibi alanlarda araştırmaları kabul eden bir yayındır. Elements ve diğer kurumların yayınları Tablo 2.3’de verilmektedir.⁷

Tablo 2.3: Meteorit çalışmalarıyla ilgili yayın yapan bazı dergiler.

Dergi	Yayıncı
MAPS (Meteoritics and Planetary Science)	The Meteoritical Society
Geochimica et Cosmochimica Acta	The Meteoritical Society, The Geochemical Society
Elements	17 Farklı Kurum
JGR (Journal of Geophysical Research)	American Geophysical Union
Icarus	The American Astronomy Society
WGN (Werkgroepnieuws)	International Meteor Organization

Ülkemizde henüz meteoritik alanında bir enstitü ya da kurum bulunmamaktadır. Bu alanda çalışan bilim insanları üniversitelerin çeşitli bölümlerinde genelde bireysel olarak araştırmalarını sürdürmektedir.

Ülkemizdeki ilk kez Abdullah Kızılırmak tarafından meteor tozları üzerine bir doktora tezi hazırlanmıştır (Kızılırmak, 1957). Daha sonra Ege Üniversitesi Dünya’nın ve Türkiye’nin çeşitli bölgelerinden temin edilen meteorit örneklerini bir araya getirerek bir koleksiyon oluşturmuştur. Bu koleksiyon Ege Üniversitesi Gözlemevi Müzesi’nde halen sergilenmektedir. Tezin ilerleyen kısımlarında bu örneklerin analizine yer verilecektir.

Çağatay ve Çopuroğlu’nun 1990 yılında yaptıkları bir çalışma, Sivas meteoriti (Kaynakta Şeyhhalil meteoriti olarak geçmektedir. Ancak resmi olarak Sivas meteoritidir.), Ağrı meteoriti ve Bursa meteoritinin mineralojisinin incelenmesi üzerinedir (Çağatay ve Çopuroğlu, 1990). Onların elde ettikleri sonuçlar bu tez kapsamındaki sonuçlar ile karşılaştırılacaktır.

Sivas (Şeyhhalil) meteoriti ile ilgili bir diğer çalışma ise 2001 yılında Tuğrul tarafından Çiftçi danışmanlığında hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasıdır. Bu çalışmada meteoritin

⁶ <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/21562202>

⁷ <https://www.journals.elsevier.com/icarus>

sınıflandırılması yapılmıştır (Tuğrul, 2001). Karşılaştırmalı sonuçlar tez sonunda verilecektir. Ayrıca Çiftçi'nin de bireysel olarak bu alanda çalışmaları mevcuttur.

Uzaktan algılama ile meteorit çukurlarının tespiti ile ilgili bir yüksek lisans tez çalışması Dağcı tarafından 1997 yılında tamamlanmıştır (Dağcı, 1997).

Bunların dışında Özel tarafından yürütülen meteor kraterleri üzeri çalışmalar ve bu alanda hazırlanan birçok popüler çalışma mevcuttur.

Ülkemizde meteor olaylarının tespiti ve incelenmesi ile ilgili bir ulusal meteor ağı kurulmuştur. Yüksek çözünürlüklü kameralarla bir nevi meteor avcılığı yapılmaktadır.

Ülkemizde meteorit alanında kapsamlı çalışmalar Kırklareli Üniversitesi'nden Yeşiltaş tarafından yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 2.4'te verilmiştir.⁸ Yine Yeşiltaş önderliğinde, Türk Meteorit Çalışma Grubu (TMÇG) 2018 yılında kurulmuş, araştırmacılara ihtiyaç duydukları meteoritlerin temin edilmesi ve ödünç verilmesi için Türk Meteorit Veritabanı oluşturulmuştur. Çalışma grubunun koordinasyon kurulda ise, Demircan, Özel, Çiftçi ve Ökten yer almaktadır.⁹

Tablo 2.4: Yeşiltaş'ın bazı yayınları.

Makale	Yıl
Carbonaceous matter in the Saricicek meteorite	2019
Investigation of Carbon in the ALHA77278 meteorite via 2D and 3D Raman Microspectroscopy	2018
MGS-TES spectra suggest a basaltic component in the regolith of Phobos	2018
Investigation of carbonates in the Sutter's Mill meteorite grains with Hyperspectral Infrared Imaging Micro-spectroscopy	2018
Organic and inorganic correlations for Northwest Africa 852 by synchrotron-based Fourier transform infrared microspectroscopy	2015
Associations of organic matter with minerals in Tagish Lake meteorite via high spatial resolution synchrotron-based FTIR microspectroscopy	2016
Infrared imaging spectroscopy with micron resolution of Sutter's Mill meteorite grains	2014

⁸ <http://personel.klu.edu.tr/myesiltas>

⁹ <https://meteoriticalismagrubu.org/>

2.1. TERMİNOLOJİ

Meteoritin tanımı konusunda da uzun yıllar boyunca süren karmaşıklık ve değişim söz konusudur. Meteorite geçmiş yıllar içinde verilen tanımlamalar şu şekildedir; “Atmosferin yüksek bölgelerinden yeryüzüne düşen katı madde ya da cisim.” (Craig, 1849), “Yeryüzünde doğrudan düştüğü gözlenmiş demir ya da taş kütleli.” (Cohen, 1894), “Uzaydan yeryüzüne gelen katı cisim.” (Farrington, 1915), “Ya uzay boyunca serbest olarak seyahat eden ya da yeryüzüne inen ve kimliğini koruyan asteroid olamayacak kadar küçük katı madde kütleli.” (Nininger, 1933), “Buharlaşılmaya uğramadan yeryüzüne ulaşmış meteoroidler.” (IAU, 1958 ve Millman 1961), “Dış uzaydan yeryüzüne gelen katı cisim. (Mason 1962), “Gezegenlerarası ortam ve yer atmosferinden (ya da gezegenin atmosferinden) geçerken hayatta kalacak büyüklüğe sahip, yeryüzüne (ya da gezegen yüzeyine) ulaşan katı cisimler.” (Gomes ve Keil, 1980), “Atmosferden geçerken hayatta kalan ve yere düşen meteoroidler.” (Burke, 1986), “Yerin atmosferinden geçiren hayatta kalmış, bulunan meteoroid parçaları.” (McSwan, 1987), “Yerin atmosferini delerek yeryüzüne ulaşan yer dışı materyalin katı kısmı.” (Krot ve Ark., 2003). Bu tanımlara ek olarak şunların da bilinmesi gerekir;

- Meteoritler tüm katı gök cisimlerinde bulunabilir
- Meteoritler uydular ya da uzay araçları tarafından da getirilebilir
- Meteorit kırıntıları meteorit olarak adlandırılmaz
- Meteoritler, gezegenlerarası ortamda zaman geçiren doğal katı cisimlerdir
- Meteoritler doğal yollarla taşınmalıdır.
- Meteoritler, meteoroidlerin yüzeye çarpması ile oluşurlar
- Meteoroidler, 2 mikron ile 1 metre arasında çapa sahip, gezegenlerarası ortamda hareket eden katı cisimlerdir. Mikrometeoroidler ise 10 mikron ile 2 milimetre arasında çapa sahip meteoroidlerdir.
- Meteoritler, 10 mikrondan daha büyük boyuta sahip, bir gök cisiminden ayrılmış doğal katı cisimlerdir. Mikrometeorit ise, 10 mikron ile 2 milimetre arasında çapa sahip meteoritlerdir.

10 mikrondan daha küçük, gezegenler arası ortamda dolaşan tüm parçacıklar Gezegenlerarası Toz Parçacığı (IDP) olarak adlandırılır (Rubin ve Grassman, 2010).

MetSoc'un meteoritlerin isimlendirilmesi için oluşturduğu bir komisyon vardır; "The Meteorite Nomenclature Committee" (NomCom). Bu komite çalışmalarını periyodik olarak yayınladığı raporlar ile açıklamaktadır. Bu raporlar birbirinden bağımsız olabileceği gibi, bir öncekini geliştirme ya da değiştirme şeklinde de olabilmektedir (NomCom, 2015a).

IAU F1 komisyonu meteoritlerin isimlendirilmesi için bir çalışma grubu oluşturmuştur. Bu çalışma grubunun raporlarına göre beş temel terim tanımlanmıştır; Meteoroid, Meteor, Meteorit, Toz (Gezegenlerarası) ve Meteor Dumanı. Meteoroid, gezegenlerarası ortamda hareket eden ve boyutları 30 mikrometre ve 1 metre arasında değişen doğal katı cisimlerdir. Meteor gözlemleri sırasında, olaya konu olan her cisme meteoroid denilebilir. Meteoroid akışı ile meteor yağmurunu da ayırt etmek gerekir. Meteoroid akışı aynı kökenden gelen benzer yörüngeye sahip bir grup meteoroiddir. Meteor yağmuru ise, aynı meteoroid akışının meydana getirdiği bir grup meteordur. Meteor, katı bir cismin, uzaydan gelerek atmosfere girmesi sonucu oluşan ışık ve yanma olayıdır. Meteoroid, astroid, komet ya da herhangi bir katı cisimden kopup gelen cisimlerden kaynaklanabilir. Tüm gezegen ya da gezegen uydularında meydana gelebilir. 100 km yükseklikte ve -4 kadir görünür parlaklıktan daha parlakları fireball ya da bolide olarak, -17 kadirden daha parlakları ise superbolide olarak adlandırılır. Toz, meteoroidlerden daha küçük olan ve gezegenler arası uzayda dolaşan ya da yeryüzüne düşen katı maddelerdir. Gezegenler arası ortamda basitçe toz olarak adlandırılır ve mikrometeoroid ismi önerilmez. Mikron boyutundaki parçacıklara toz denilebilir. Meteorit, atmosfer geçişindeki meteor olayında buharlaşmadan yeryüzüne ulaşan cisimlere denir. Atmosferdeki erime bittikten sonra yer yeryüzüne kadar düşüş devam eder. Bir mikrometreden küçük cisimlere mikrometeorit denir. Meteor olayı olmadan meteorit olamaz ve yeryüzünde bu cisimlere rastlanırsa bunlara çarpma kalıntısı denir. Meteorik duman, meteor olayı sırasında atmosferde buharlaşan maddeden yoğunlaşarak oluşan katı maddedir. Meteorik toz parçaları (MSP) 100 nanometre altındaki parçacıklardır (IAU F1, 2017).

2.2. METEORİTLERİN TANINMASI, TOPLANMASI VE İSİMLENDİRİLMESİ

Meteoritler çoğu zaman yeryüzündeki kayalarla ya da cüruflarla karıştırılabilir. Özellikle demir meteoritler, magmatik kayalar ile benzerlik göstermektedir. Bu alanda dikkat edilmesi gereken bir çok kriter vardır. Meteorit analizleri, örneğin meteorit olup olmadığını kanıtlamak için yapılmamaktadır. Meteorit olduğu kanıtlanmış bir örneğin sınıflandırılması için yapılmaktadır.

Meteoritleri tanımlamak için şu yollar izlenebilir;

- (1) Öncelikle çevredeki diğer taşlardan farklı olmalıdır. Fakat farklı olması her zaman meteorit olduğu anlamına gelmez.
- (2) Demir meteoritler aynı boyuttaki diğer taşlara göre daha ağır olmalıdır. Hepsini için geçerli olmasa da çoğu için bu böyledir. Cüruflara dikkat edilmesi gerekir, çünkü kolaylıkla karıştırılırlar.
- (3) Birçok meteoritin manyetik özelliği vardır. Taşlı meteoritler ve cüruflar kategori dışıdır. Burada dikkat edilmesi gereken iki mineral vardır. Biri magnetit diğeri hematittir. Numune sırlanmamış bir porselene sürtülerek çizgi rengi kontrol edilir. Şayet çizgiler siyah ise magnetit kırmızı ise hematittir. Meteoritler genellikle çizgi rengi bırakmazlar.
- (4) Çoğu biçimsiz şekle (amorf) sahiptir. Yuvarlak değildir.
- (5) Meteoritin dış yüzeyini kaplayan füzyon kabuk, atmosferden geçişin en belirgin kanıtıdır. Meteorit örneğinin tamamında ya da bir bölümünde bu kabuk gözlenir. Ayrıca düşmesinin üzerinden zaman geçiyse de paslanma (oksitlenme) gibi olaylar da olabilir. Ancak birçok kayada da yeryüzünün etkileriyle kabuk oluşumu gözlenmektedir.
- (6) Şekilleri aerodinamik için uygundur. Atmosferden geçerken erime ve yanma sonunda farklı bir şekil alırlar. Ancak yere çarpışma ya da havada patlama sırasında bu şekil de bozulabilir.
- (7) Bazı meteoritlerin yüzeyinde parmak izi şeklinde yapılar da gözlenmektedir (Levy, 2015).

Çizgi rengi testi, jeologların sıkça kullandığı bir yöntemdir. İncelenen örneklerin rengi farklı olsa da minerallerin oluşturdukları çizgi renkleri değişmez. Tayin edilecek örnek yüzeyi

sırlanmamış porselene sürülür ve renge göre mineral tahmini yapılabilir. Porselenin sertliği yedir ve bundan daha sert mineraller için kullanılmaz (Yeniyol, 2009).

Meteoritler, “Düşenler” ve “Bulunanlar” olarak iki kategoride incelenebilir. Meteoritin yere düşüş anını, kamera veya radar gibi cihazlarla izleyebiliyorsak ya da doğrudan gözlem yolu ile meteorite ulaşabiliyorsak, bu meteorit düşen sınıfına girmektedir. Bunun dışında kalan tüm meteoritler “Bulunan” olarak isimlendirilir. Düşenler, “Kabul Edilmiş Düşen” ve “Olası Düşen” olarak ikiye, bulunanlar, “Bulunan, Olası düşen”, “Şüpheli Düşen” ve “Düşen” olmak üzere üçe alt kategoriye ayrılır. Tanımları ise şu şekildedir;

-Kabul edilmiş düşen: Görsel olarak ya da cihazlar yardımıyla gözlenen, düşüşten hemen sonra toplanmış ve iyi bir şekilde belgelenmiş olan meteoritlerdir.

-Olası düşen: Kanıtların çokluğu nedeniyle kabul görmüş, meteorit üretmesi muhtemel bir olayın ardından toplanan, ufak da olsa şüpheli olan meteoritlerdir.

-Bulunan, olası düşen: Düşme olayı ile tutarlı olabilecek gözlem ve bilgileri olan ancak tüm kanıtların iddiayı doğrulamak için yetersiz olduğu meteoritlerdir.

-Bulunan, şüpheli düşen: Bir düşme olayıyla bağlantılı olabilecek ama yüksek derecede şüphe barındıran meteoritlerdir.

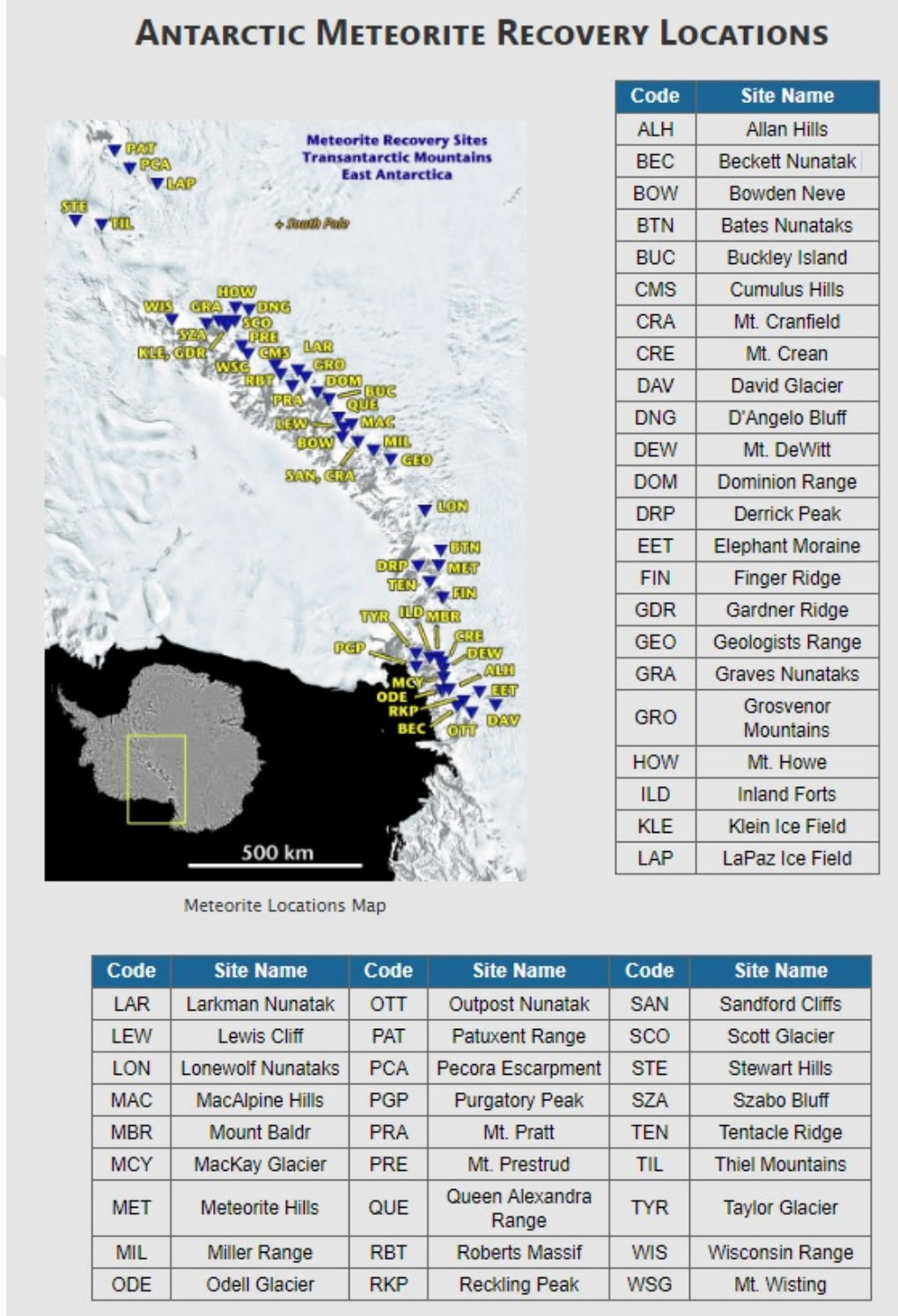
-Düşen: Düşme olayı ile ilgili hiç bir güvenilir kanıt sunulamayan meteoritlerdir.

Bu kategoriler zamanla ortaya çıkan kanıtlar doğrultusunda değişiklik gösterebilir. Bulunan diye etiketlenen meteoritlerin daha sonradan düşen olarak etiketlendiği de olmuştur (NomCom, 2015b).

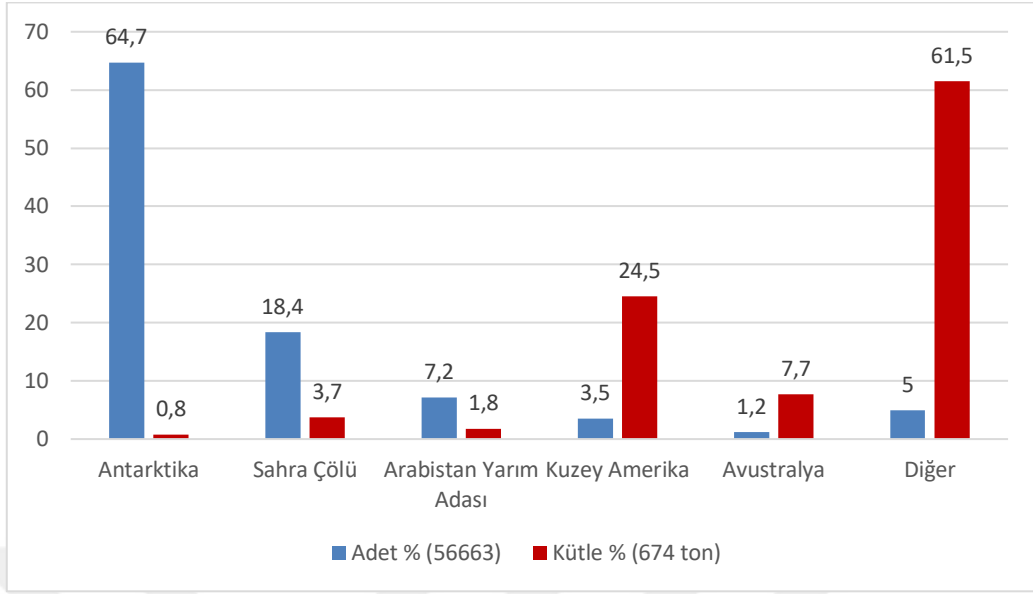
Düşen ve bulunan meteoritlere ek olarak bir de “süper-bulunan” meteoritler vardır. Bu terim meteoritlerin yoğun olarak bulunabileceği bölgeler için kullanılmaktadır. “Yoğun Meteorit Bölgesi” de denilebilir. Toprak ya da bitki örtüsünün olmadığı (çöl, buzullar vb.) yerlerdir. Meteoritler bu gibi yerlerde kolayca ayırt edilebildiğinden araştırmalar bu bölgelerde yoğun olarak yapılmaktadır. Şekil 2.2’de bu tür meteoritlerin bulunduğu Antarktika’daki toplama/araştırma bölgeleri görülmektedir.¹⁰ Şekil 2.3’de meteoritlerin dünya üzerinde

¹⁰ <https://curator.jsc.nasa.gov/antmet/map.cfm>

buldukları yerlerin dağılımı, Şekil 2.4'te ise meteoritlerin bulunan ya da düşen olarak dağılımları sayısal ve kütesel olarak verilmektedir (Korotev, 2017).

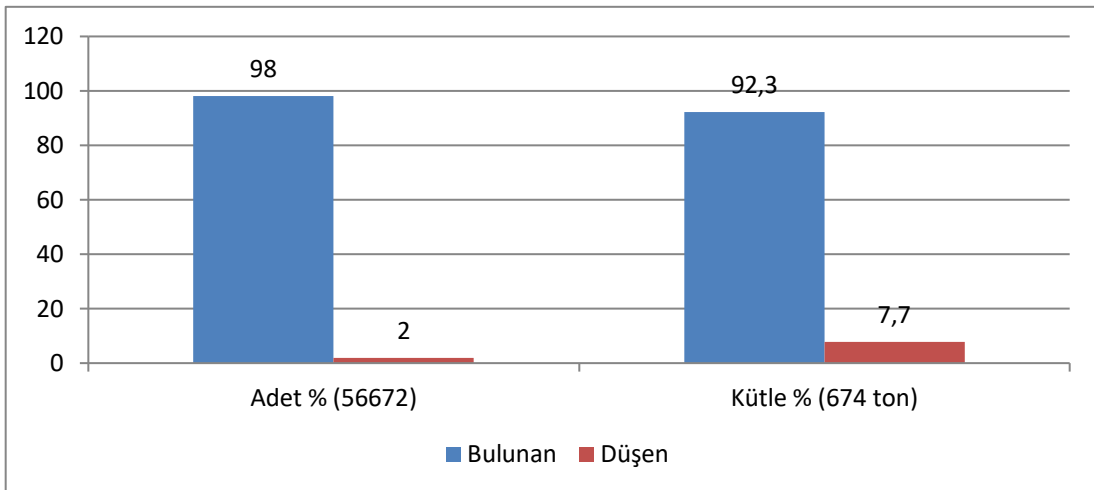


Şekil 2.2: Antarktika'daki meteorit toplama bölgeleri.



Şekil 2.3: Meteoritlerin toplandıkları konuma göre karşılaştırılması.

Her meteorit bulunduğu/düştüğü şehrin ya da coğrafi bölgenin ismini almaktadır. Eğer bulunan meteorit iki ya da daha fazla ise, her bir meteorit (a), (b), (c) gibi harfler bölge adına eklenerek temsil edilir. Meteoritlerin yoğun olarak bulunduğu bölgelerde ise numaralandırma yöntemi uygulanır. Coğrafi bölgenin ismi ya da kısaltmasının ardından, o yıl bulunan kaçınıcı meteorit olduğu yazılarak meteoritin ismi oluşturulur. Antarktika’da ise, coğrafi bölgeden sonra yıl, ondan sonra kaçınıcı meteorit olduğu yazılır (Hutchinson, 2004).



Şekil 2.4: Meteoritlerin sayısal ve kütleli karşılaştırılması.

Resmi olarak onaylanan meteoritler, isimleri, gerekli fiziksel ve kimyasal özellikleri ile veri tabanına kayıt edilirler. Tablo 2.5’de Türkiye’ye düşen ya da bulunan meteoritlerin listesi verilmiştir. Bu veritabanında şüpheli meteoritler de yer almaktadır. Bunlar aksi ispatlanmadığı sürece şüpheli olarak bu veritabanında yer almaya devam edeceklerdir.¹¹

Tablo 2.5: Türkiye’de bulunan/Türkiye’ye düşen meteoritlerin bilgileri.

İsim	Durum	Yıl	Bölge	Kütle	MetBull No
Adalia	Resmi	1883	Antalya	1 g	
Aidin	Şüpheli	1340	Aydın	50 kg	
Akyumak	Resmi	1981	Ağrı		68
Birgi	Şüpheli	1332	İzmir	50,8 kg	
Bursa	Resmi	1946	Bursa	25 kg	39
Çanakkale	Resmi	1964	Çanakkale	4 kg	33
Caratash	Resmi	1902	İzmir	8 g	
Constantinople	Şüpheli	1805	İstanbul		
Didim	Resmi	2007	Aydın	3,4 kg	94
Domanitch	Resmi	1907	Bursa	438 g	
Ephesus	Şüpheli	?	İzmir		
Ibrisisim	Resmi	1949	Niğde		
Kayakent	Resmi	1961	Eskişehir	85 kg	40
Kemer	Resmi	2008	Muğla	5,76 kg	99
Magnesia	Resmi	1899	Aydın	5 kg	
Mahmutlar	Resmi	2014	Antalya	223 g	105
Sarıççek	Resmi	1015	Bingöl	15,24 kg	105
Sediköy	Resmi	1917	İzmir	240 g	
Sivas	Resmi	1989	Yozgat	40 kg	88
Turgut	Resmi	199	Konya	152 kg	103

2.3. METEOR YAĞMURLARI

Meteor aslında bir cisme değil olaya verilen isimdir. Gök taşları atmosfere girdiklerinde yanmayla birlikte parlamaya başlarlar. Bu yanma sonucu görünür hale gelirler ve meteor ismini alırlar. Yukarıda da değindiğimiz gibi parlaklıklarına ve fiziksel aktivitelerine göre özel isimler almaktadırlar.

Meteor yağmurlarının çok eski kayıtlarına ulaşabilmekteyiz. Kore, Japon ve Çin kayıtlarını inceleyen bilim insanları, MÖ 645 yılına kadar meteor, meteor yağmuru ve meteorit verilerine

¹¹ <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

ulaşmışlardır. Meteor yağmurlarının tarihleri, günümüz teknikleri kullanılarak (Monte Carlo vb programlarda) da hesaplanmış ve tutarlı oldukları görülmüştür. Kore, Çin ve Japon kaynaklarda yer alan meteor/meteorit verileri Tablo 2.6’da verilmektedir (Park ve diğ., 2005).

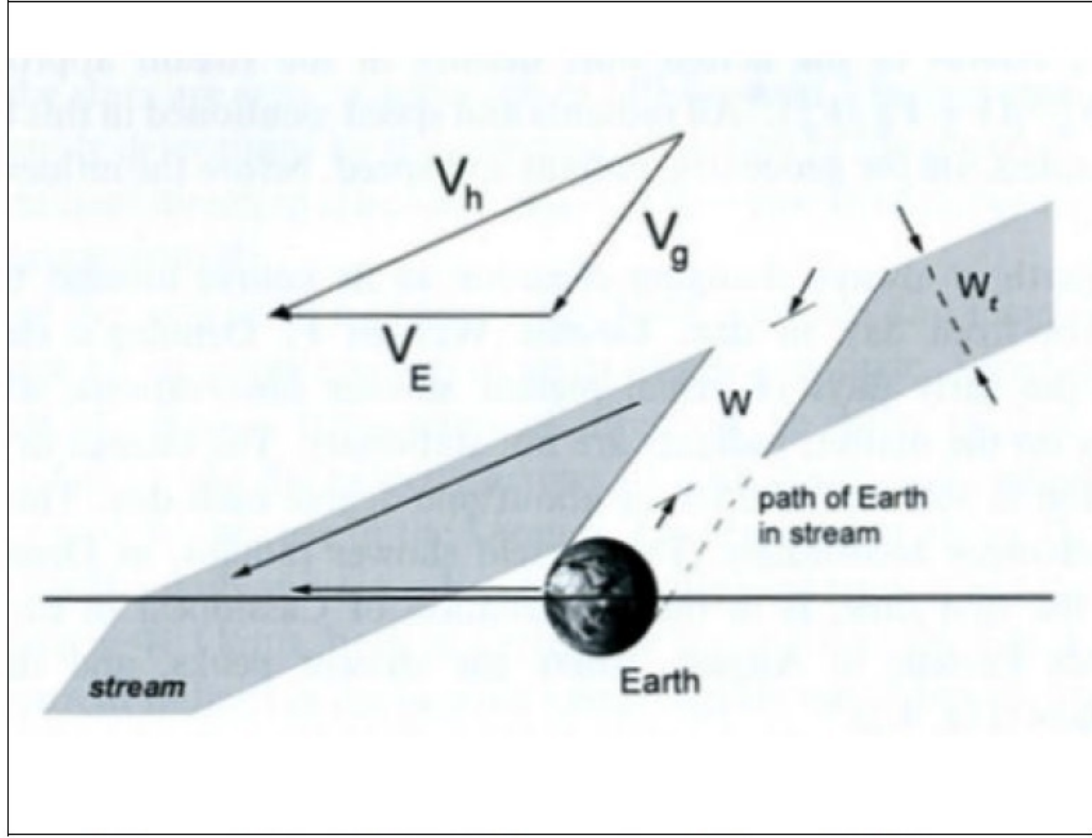
Tablo 2.6: Kore-Çin-Japonya meteor kayıtları (MÖ 645-MS 1911).

Ülke	Dönem	Meteor	Meteor Yağmuru	Meteorit
Kore	MÖ 57-MS 935	26	15	11
	918-1392	731	9	38
	1392-1910	3104	7	5
Çin	MÖ 645-MS 918	368	35	60
	919-1391	1786	16	25
	1392-1911	3521	225	299
Japonya	636-917	73	5	15
	918-1391	78	5	2
	1392-1867	280	3	14

Meteor olaylarında kayıtların tutulması, bu kayıtların yıldan yıla karşılaştırılması, sınıflandırma açısından önemlidir. Bu kayıtlar ve gözlemler sayesinde yeni meteor yağmurları bulunabilir ya da var olan bir meteor yağmuru ait olduğu sınıftan çıkarılabilir.

Meteor yağmurları Yer’in atmosferinde meydana gelen olaylardır. Meteoroid akışları ise atmosfer dışında hareket eden meteoroidlerin oluşturduğu bir hareket olayıdır. Yer’in yörünge düzlemi bu meteoroidlerle kesiştiği takdirde atmosferde meteor olayları meydana gelebilir. Şekil 2.5’te Yer’in yörünge hareketi ve meteoroid akışlarının kesişmesi gösterilmektedir. Her yıl aynı tarihlerinde ve belirli göksel koordinat bölgesinde meydana gelen meteor olaylarına “Meteor Yağmuru” denir. Bu yağmurlar normal seyrinde yani saatteki sayısı önceki yıllarla yaklaşık olarak aynı ise “Yıllık” (Annual), önceki yıllara göre sıra dışı bir yoğunluk artışı gösteriyorsa “Meteor Patlaması” (Meteor Outburst) olarak adlandırılır. Ayrıca yoğunluklarına (saatteki sayısına) göre de çeşitli isimler almaktadırlar. Yoğun meteor yağmurları “Büyük” (Major); düşük yoğunlukta olanlar “Küçük” (Minor); yoğunlukları değişken olanlar “Değişken” (Variable) ve çıplak gözle tespit edilmesi zor olanlar ise “Zayıf” (Weak) olarak kategorize edilir. Düzensiz meteorlar (sporadic), yılın herhangi bir zamanında gökyüzünün herhangi bir bölgesinde gözlenebilir. Bu meteorlar bir periyot oluşturmazlar, gözlemlendikleri

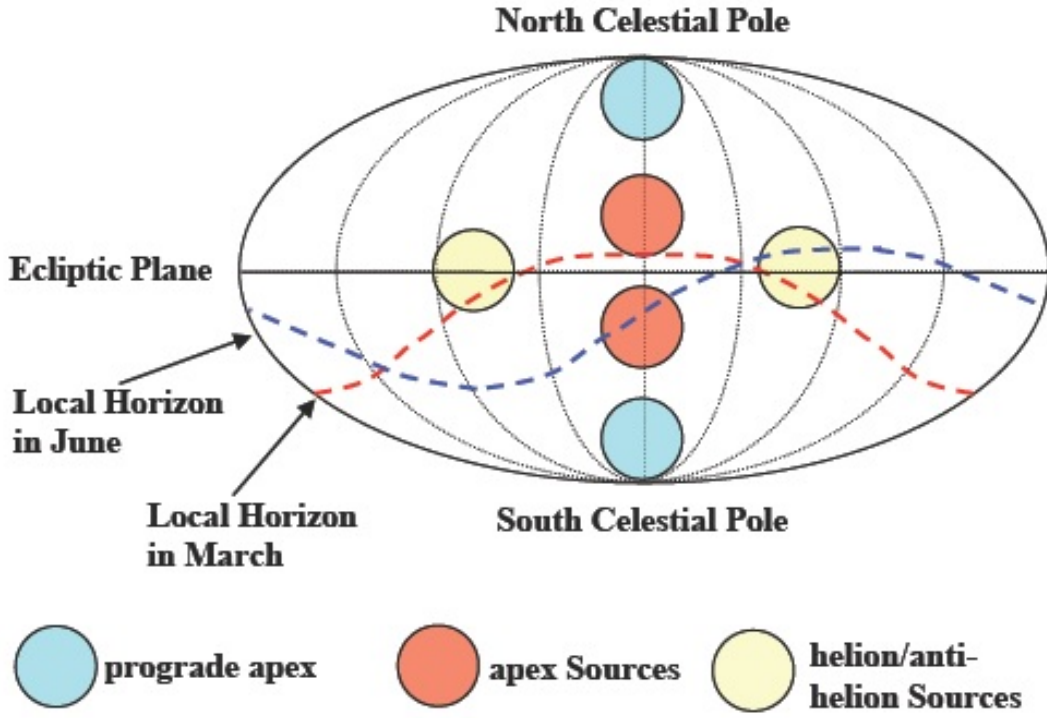
konumuna göre isim almaktadırlar. Şekil 2.6'da Bu bölgeler gösterilmektedir (Jenninskens, 2006).



Şekil 2.5: Yer'in yörüngesinin meteoroid akışı ile kesişmesi.

IAU MDC 15 Nisan 2018 verilerine göre, 932 meteor yağmuru vardır. Bunların 112'si yıllık meteor yağmurlarıdır. 128'i çok zayıf, 10'unun ise bu listeden çıkarılmasına karar verilmiştir. Geri kalanlar ise küçük ve zayıf yağmurlar olarak adlandırılırlar (Rudawska ve diğ., 2019).

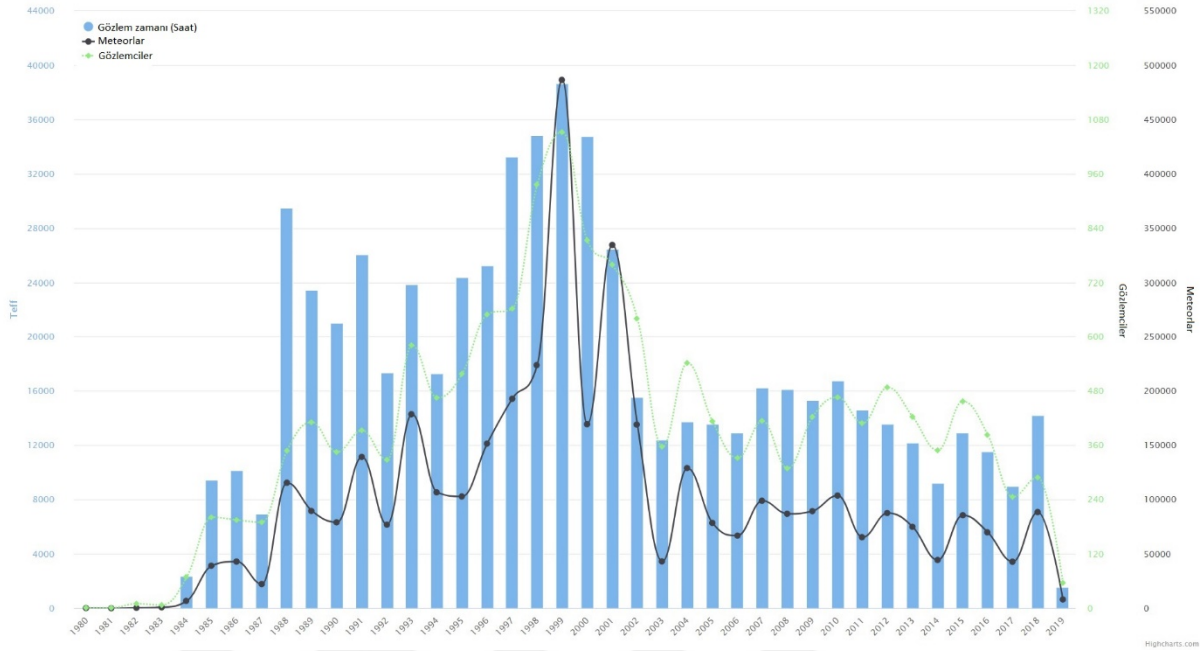
Dünya genelinde kurulan, yüksek çözünürlüklü ve saniyede çok sayıda görüntü alan kameralar yardımı ile meteor yağmurları ve bu yağmurların yoğunlukları tespit edilebilmektedir. Bu ağlar bize sadece meteor yağmurlarını değil, olası bir meteoroid düşmesini takip ederek meteorite ulaşabilme imkânı da sunmaktadır. Ayrıca gün içinde meydana gelen meteor yağmurları ya da meteor olayları radarlar ile tespit edilebilmektedir. Bunların dışında, fotoğraf makinesi, video, görsel olarak ya da teleskop ile de gözlemlerini yapmak mümkün.



Şekil 2.6: Seyrek (Sporadic) meteor bölgeleri.

Meteoritlerde olduğu gibi, meteoroid akışlarını ve meteor yağmurlarını isimlendirmek IAU F1 Komisyonu tarafından bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu çalışma grubu değişiklikleri takip edip literatürdeki güncellemelerden ve yeni bir akış/yağmur olması halinde kurallar çerçevesinde isimlendirmeden sorumludur (Janches ve diğ., 2019).

Meteor gözlemlerinde -diğer gökcismi gözlemlerinde olduğu gibi- Ay'ın evresi dikkate alınmalıdır. Yeniay evresi ve açık bir gökyüzünde her zaman daha fazla meteor görme şansı yüksektir. Tabi radar ile yapılan gözlemlerde bu geçerli değildir.



Şekil 2.7: IMO meteor gözlem verileri. 1980 yılından 13 Mayıs 2019 tarihine kadar.

Şekil 2.7’de IMO’nun 1980 yılından itibaren çeşitli teknikler ile gerçekleştirmiş olduğu meteor gözlemleri verilmektedir. Burada, meteor olaylarına ek olarak etkin gözlem saati ve gözlemci sayısı da belirtilmiştir. Tablo 2.7’de ise 2019 yılındaki büyük meteor yağmurlarının gözlem bilgileri verilmektedir.¹²

Tablo 2.7: 2019 yılındaki büyük meteor yağmurları (AMS).

Meteor Yağmuru	Dönem	Hız (km/s)	Yoğunluk (Saat)
Quadrantids (QUA)	22 Aralık-17 Ocak	40,7	120
Lyrids (LYR)	14 Nisan-30 Nisan	45,5	18
eta Aquarids (ETA)	17 Nisan-24 Mayıs	65,7	60
Southern delta Aquarids (SDA)	21 Temmuz-23 Ağustos	41,3	20
Perseids (PER)	17 Temmuz-1 Eylül	59,1	100
Orionids (ORI)	23 Eylül-27 Kasım	66,3	23
Leonids (LEO)	2 Kasım-30 Kasım	70,2	15
Geminids (GEM)	1 Aralık-22 Aralık	33,7	120
Ursids (URS)	19 Aralık-24 Aralık	32,9	10

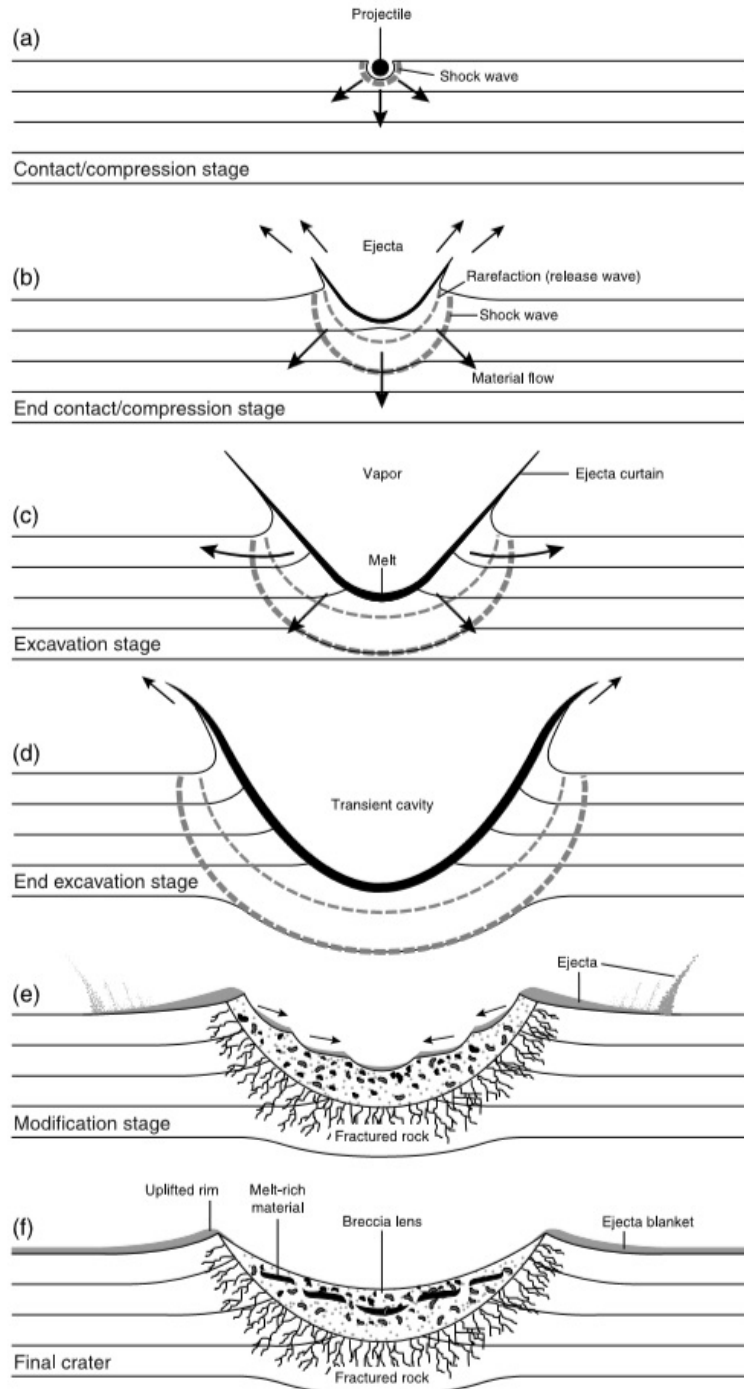
¹² <https://www.imo.net/>

2.4. METEOR ÇUKURLARI VE ÇARPMA YAPILARI

Atmosfere giren meteoroidler veya asteroidler yanma olayından tamamen erimeden kurtulabilirlerse yeryüzüne düşerler. Bu düşme sonucunda oluşan çukurlara meteor çukuru adı verilir. Meteorun büyüklüğüne bağlı olarak bir çukur oluşabileceği gibi bir meteorit bölgesi de oluşabilir.

Meteor kraterleri ve çarpma yapıları temelde aynı yapı olmalarına karşın bir takım farklılıklar göstermektedirler. Görece daha yakın tarihli olanlar, fazla erozyona uğramamış yapılara “Meteor krateri”; daha yaşlı, yıpranmış ve tanınamaz durumda olanlara ise “Çarpma yapısı” denir. Kraterler ise genelde üç tipte incelenir. Küçük meteoroidlerin çarpması sonucunda oluşan, çukur çapının birkaç metreyi geçmediği “Çukur krater”, birkaç on metreden birkaç kilometre çapında, çarpmanın etkisiyle şok dalgalarının ve bir patlamanın meydana getirdiği “Basit Krater”, birkaç kilometreden daha büyük çapa sahip olan, büyük bir patlama ve şok dalgasının meydana getirdiği “Kompleks krater” (Hodge, 1994).

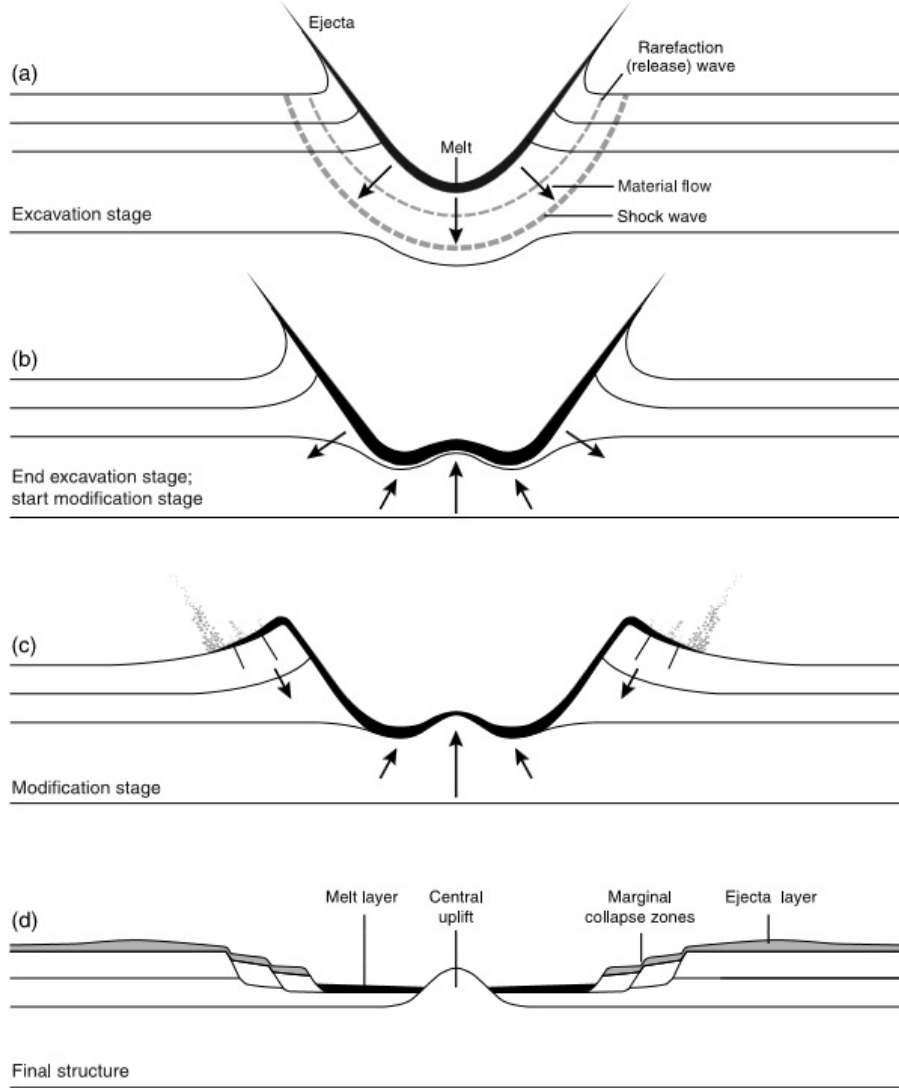
Basit çukurların oluşum mekanizması Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Meteoroidin yüzeye çarpması ile oluşan yüksek basınç ile şok dalgaları oluşur. Bu basınç ve şok dalgaları maddenin yeryüzeyinin içine doğru akmasını sağlar. Bu akış ile birlikte maddenin bir kısmı erirken bir kısmı da buharlaşmaktadır. Çarpmanın hızı ve çarpan maddenin büyüklüğüne göre farklılık gösteren bu durum sonucunda etrafa da birçok madde saçılmaktadır. Saçılan bu maddeler çukurun içinde, çukur ağızlarında ve etrafta yığıntı halinde bir örtü oluştururlar. Zamanla çukurun ağzı çukur içine doğru kayma gösterebilir. Çukurun son aşamasında ise; etrafta ve çukurda saçılmış madde, erimiş zengin madde, çarpma ile parçalanıp eriyen ve sonra tekrar birleşerek oluşan camsı maddeler (Breccia), çukurda oluşan çatlamış zemin/kayalar ve belirgin bir çukur ağzı oluşur (French, 1998a).



Şekil 2.8: Basit kraterlerin oluşumu.

Basit kraterden farklı olarak, kompleks kraterlerde farklı oluşumlar gözlenmektedir. Meteoroidin çarpması, yüksek basınç ve şok dalgalarının oluşum evreleri hemen hemen aynıdır fakat şiddetleri farklıdır. Zeminin çarpmaya karşı gösterdiği direnç ve çarpma bölgesini oluşturan kayaların yapısından dolayı, çarpmadan sonra zemin bir direnç gösterir ve aşağı-yukarı doğru hareket etmeye başlar. Bu hareket sonucu çukur bir yapı değil, kısmen düz

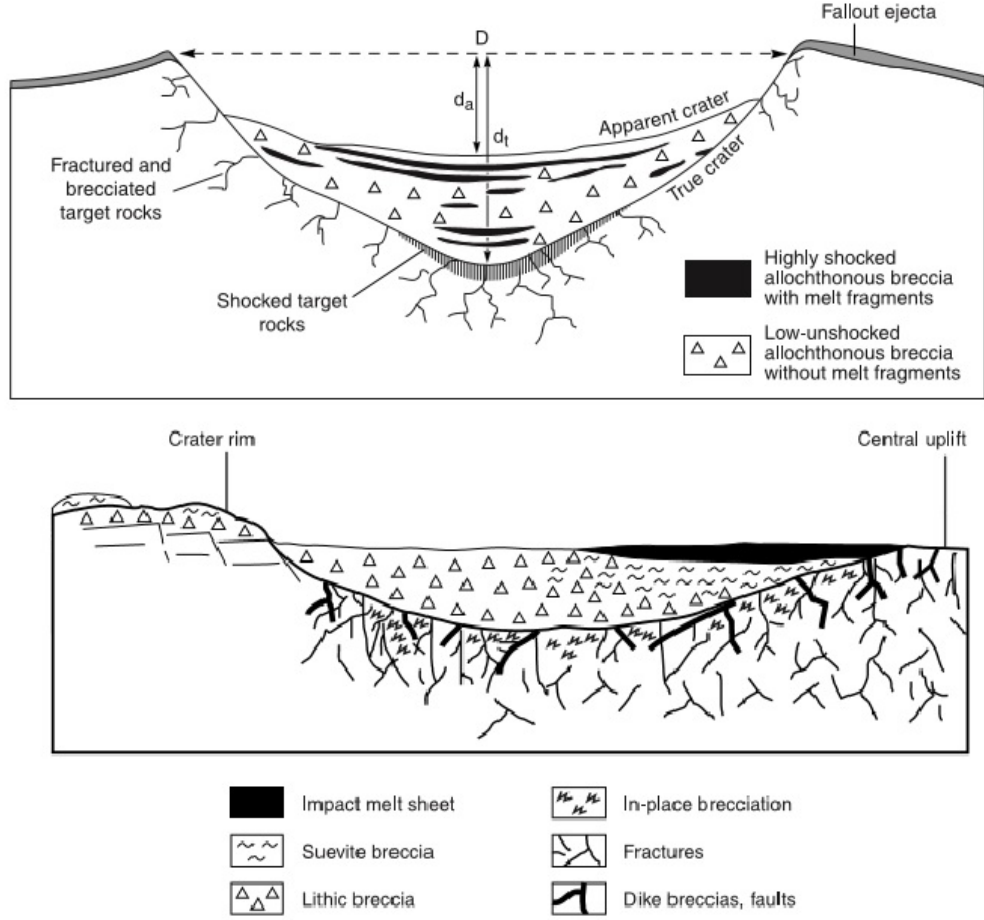
bir yapı ve merkezde bir tepecik oluşur. Ayrıca krater ağızları belirgin değil ve etrafa saçılan madde de örtü şeklinde değil basamak şeklinde dağılmıştır. Şekil 2.9’de kompleks kraterlerin oluşum mekanizması görülmektedir (French, 1998).



Şekil 2.9: Kompleks kraterlerin oluşumu.

Basit kraterlerde, çarpma ile oluşan krater “Gerçek krater”, çarpmadan sonra, saçılan maddenin tekrar çukura birikmesi ile oluşan kratere ise “Görünür krater” denir. Yığılan bu bölgede, yüksek ve düşük şok dalgaları sonucu oluşmuş, ergiyik halde ya da erimemiş parçalar bulunur. Zeminde ise şok dalgaları sonucu oluşan kanallar ve erimiş maddeler bulunur. Kompleks kraterlerde ise erimiş bir madde örtüsü bulunur. Zeminde ise yüksek şok dalgalarından dolayı oluşmuş, diğer bölgelere göre daha fazla erimiş ve yapının içindeki

maddeler ile tekrar birleşmiş (Breccia) maddelerden meydana gelen daha belirgin kanallar mevcuttur. Şekil 2.10'da çarpma sonucu oluşan yapılar görülmektedir (French, 1998).



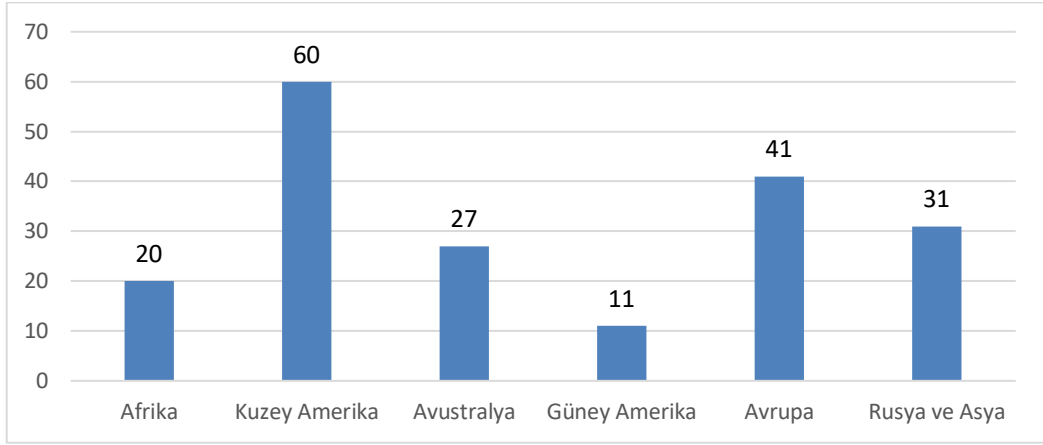
Şekil 2.10: Basit ve kompleks kraterlerde "Impactite" oluşumu.

Yeryüzüne çarpan meteoroidler büyük enerji açığa çıkarırlar. Bunlardan 2 m çapa sahip bir meteoroid bile 5 büyüklüğünde depreme eşdeğer enerji ortaya çıkarabilir. Bilinen en büyük çarpma kraterlerindin biri olan ve çarpma sonucunda dinazorların da ortadan kalktığı düşünülen Chicxulub Krateri'nin oluşmasında ise 3.7×10^{23} J enerjinin ortaya çıktığı hesaplanmıştır. Tablo 2.8'de ise çarpan meteoroidin boyutu, oluşan krater ve açığı çıkan enerjiye ait dağılım verilmektedir (French, 1998).

Tablo 2.8: Meteoroid/Asteroid çarpması ile açığa çıkan enerji miktarları.

Krater Çapı	Çarpan Çapı	Enerji (J)	TNT (Ton)	Sıklık (Yıl)	Karşılaştırma
35 m	2 m	$2,1 \times 10^{12}$	500	4	M=5 Büyüklüğünde deprem
75 m	4 m	$1,9 \times 10^{13}$	4500	15	Kimyasal patlama
120 m	6 m	$8,3 \times 10^{13}$	20000	35	Atom bombası
450 m	23 m	$4,2 \times 10^{15}$	1000000	370	Hidrojen Bombası (1 ton)
1 km	50 m	$4,6 \times 10^{16}$	11000000	1600	Wolfe Creek, Avustralya
1,1 km	55 m	$6,2 \times 10^{16}$	15000000	1900	Barringer Krateri
1,8 km	90 m	$2,5 \times 10^{17}$	60000000	4400	San Francisco Dpremi, 1906 (M=8,4)
3,1 km	155 m	$1,3 \times 10^{18}$	$3,1 \times 10^8$	12000	St. Helens volkanik patlaması, Washington, 1981
5 km	250 m	$5,7 \times 10^{18}$	$1,4 \times 10^9$	28500	Gardnos, Norveç
6,9 km	350 m	$1,5 \times 10^{19}$	$3,6 \times 10^9$	51000	Şili Depremi, 1960 (M=9,6)
7,2 km	360 m	$1,7 \times 10^{19}$	$3,7 \times 10^9$	55000	Karakatoa volkanik patlaması, Endonezya, 1883
10 km	500 m	$4,6 \times 10^{19}$	$1,1 \times 10^{10}$	100000	Oasis, Libya
12,2 km	610 m	$8,4 \times 10^{19}$	2×10^{10}	142000	Tamnora volkanik patlaması, Endonezya, 1815
20 km	1 km	$3,7 \times 10^{20}$	$8,7 \times 10^{10}$	350000	Ries, Almanya
31 km	1,5 km	$1,3 \times 10^{21}$	$3,1 \times 10^{11}$	720000	Dünyadan salınan yıllık enerji
50 km	2,5 km	$5,8 \times 10^{21}$	$1,3 \times 10^{12}$	$4,5 \times 10^6$	Siljan, İsveç
100 km	5 km	$4,6 \times 10^{22}$	$1,1 \times 10^{13}$	$2,6 \times 10^7$	Popigai, Rusya
200 km	10 km	$3,7 \times 10^{23}$	$8,7 \times 10^{13}$	$1,5 \times 10^8$	Sudbury, Vredefort, Chicxulub

Dünya genelinde kabul edilmiş 190 tane meteor çukuru mevcuttur. Bunların iki tanesi dışında (Chicxulub, Meksika ve Mjølner, Norveç) tamamı kara üzerindedir. Nüfus ve yerleşim yoğunluğu ile birlikte yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünün sularla kaplı olduğunu düşünürsek bu sayının birkaç katını düşünmek daha mantıklı olacaktır. Çukurların kıtalara göre dağılımı Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



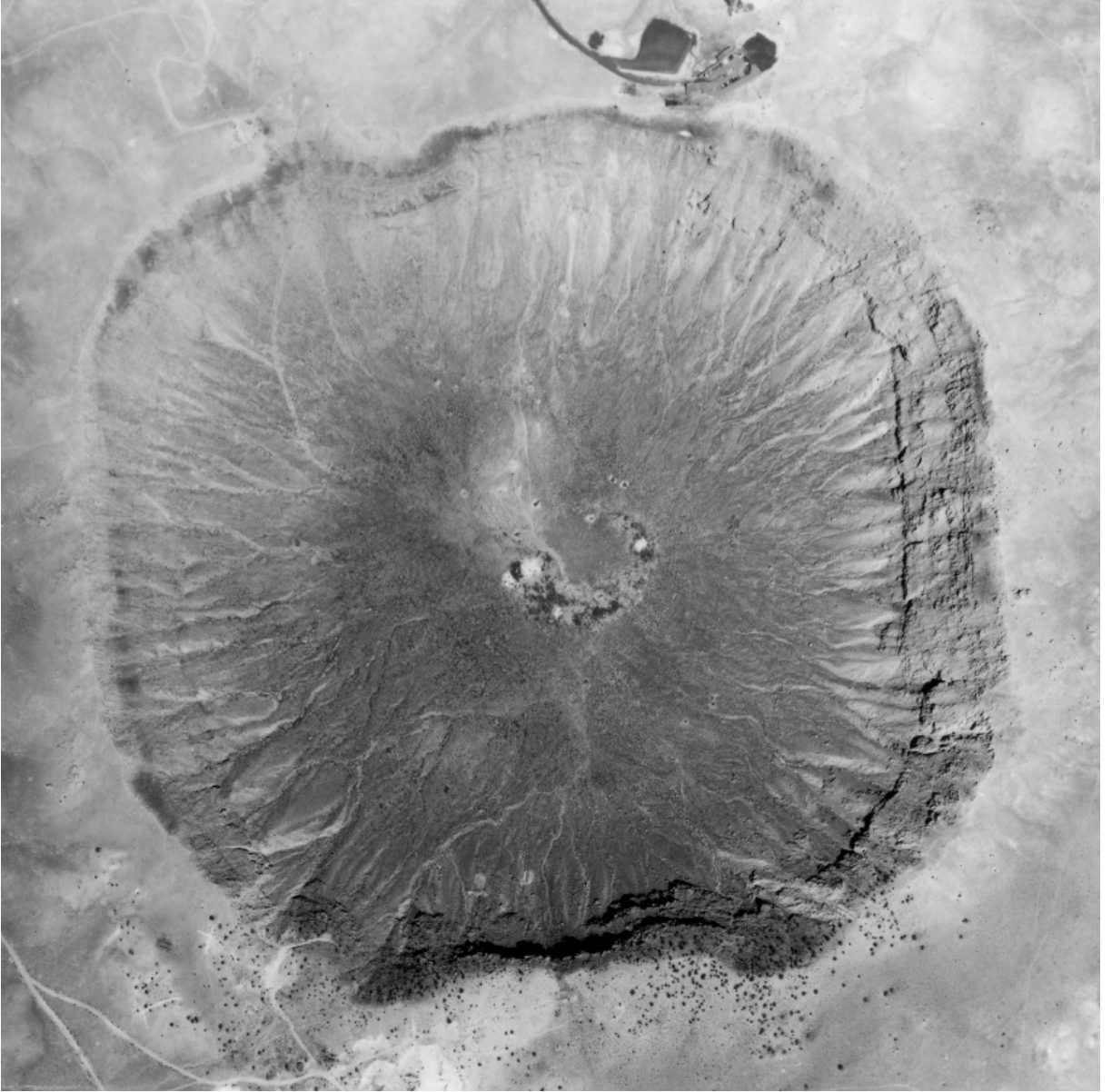
Şekil 2.11: Meteor çukurlarının dünya üzerindeki dağılımı.

Meteor çukuru çalışmalarında –özellikle uydu görüntüleri ile olası meteorit çukuru araştırmalarında- obruklar göz önünde bulundurulmalıdır. Ülkemizde de oldukça fazla sayıda bulunan obruklar, uydu görüntüleri ile tarama yaparken meteorit çukurları ile karıştırılabilirler. Obruklar, yer altı sularının, kireçtaşlarını çözmesi sonucu oluşan mağaraların zamanla çökmesi sonucunda oluşurlar. Şekil 2.12’de Konya’da bulunan bir obruk görülmektedir (Tapur ve Bozyiğit, 2016).



Şekil 2.12: Konya çifteler obruğu-I.

Meteor ukuru kavramını literatüre kazandıran Daniel Moreau Barringer'dır. Arizona'da bulunan bir çukurun meteor çukuru olduğunu ileri sürmüş ve bu konuda çalışmalar yürütmüştür. Ancak yaşamı boyunca resmi olarak kabul görmemiştir. Öldükten sonra yapılan çalışmalar neticesinde bu çukurun bir meteor çukuru olduğu anlaşılmış ve kendisini onurlandırmak adına "Barringer Meteorit Krateri" olarak isimlendirilmiştir. Bu ukur Şekil 2.13'te verilmiştir (Kring, 2017).

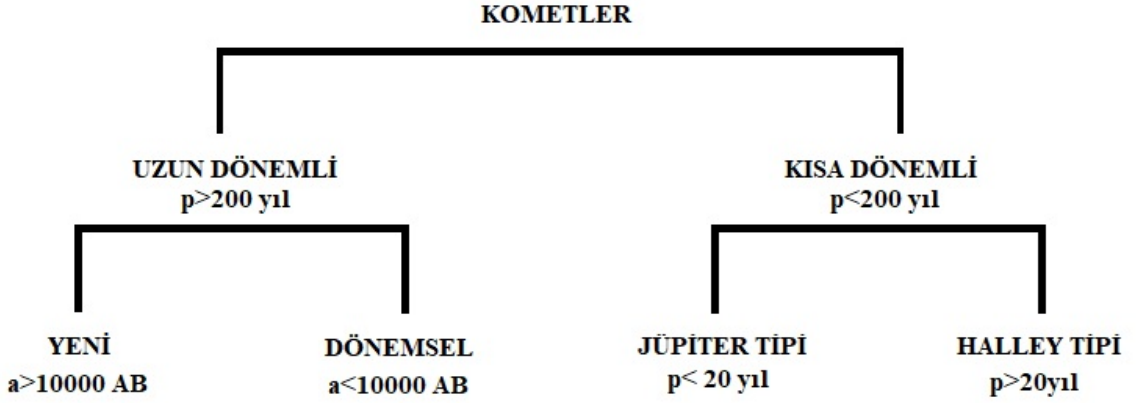


Şekil 2.13: Barringer krateri.

2.5. ANA CİSİM (PARENT BODY)

Meteor yağmurlarının ve seyrek meteorların kaynağı kometlerin bıraktığı kalıntılardır. Her bir meteor yağmurunun kaynağına “Ana cisim” denir. Bu terim meteoritler için de kullanılır ve meteoritin koptuğu/geldiği gök cismini belirtir.

Kometler periyot (P) ve yarı büyük eksen uzunluklarına (a) göre sınıflandırılabilirler. Şekil 2.13'te kometler için bir sınıflandırma verilmiştir (Levison, 1996).



Şekil 2.14: Komet tipleri.

Uzun dönem kometlerin kaynağı Oort Bulutu'dur ve 200 yıldan fazla dönemleri vardır. Güneş Sistemi'ndeki diğer cisimlere göre farklı fiziksel ve kimyasal (yüksek uçucu buz içeriği, yüzeyindeki çarpma kraterlerinin fazlalığı vs.) özellikler göstermektedirler. Eğer Güneş Sistemine girdikleri anda yörüngeleri değişirse (Dev gezegenlerin kütesinden etkilenerek) Halley tipi komet sınıfında yer almaya başlarlar. Uzun dönemlerinden dolayı seyrek gözlenirler. Jüpiter Ailesi Kometler'in (Jupiter Family Comet; JFC) kaynağı Kuiper Kuşağı'dır. Sadece 13 tanesi dünyanın yörüngesi ile kesişir ve bunlardan 7 tanesi meteor yağmurlarına sebep olur. Jüpiter'in kütesinden etkilenerek zamanla yavaşlar ve Yer-Jüpiter arası bir yörüngede dolanmaya başlarlar. Halley Tipi kometler Oort bulutundan gelirler ve bunlar da zamanla Jüpiter'in kütesinden dolayı yörüngeleri değişir. Daha kısa bir yörünge dönemi ve hızı ile birlikte Yer'in yörünge düzlenminden geçmeye başlarlar. Bilinen çoğu

meteor yağmurunun kaynağı Halley Tipi Kometlerdir. Büyük meteor yağmurlarının ana cisimleri ve komet tipleri Tablo 2.9’da verilmiştir (Jenninskens, 2006).

Tablo 2.9: Meteor yağmurlarının ana cisimleri ve komet tipleri.

Büyük Meteor Yağmuru	Ana Cisim	Komet Tipi
Quadrantids (QUA)	C/1490 Y1	Küçük Gezegen
Lyrids (LYR)	C71960 G1 (Thatcher)	Uzun Dönemli
eta Aquarids (ETA)	1P/Halley	Halley Tipi
Southern delta Aquarids (SDA)	96P/Manchholz, Marsden, Kracht	Çeşitli
Perseids (PER)	109P/Swift-Tuttle	Halley Tipi
Orionids (ORI)	1P/Halley	Halley Tipi
Leonids (LEO)	55P/Tempel-Tuttle	Halley Tipi
Geminids (GEM)	3200 Phaethon	Sönükleşen Komet/Küçük Gezegen
Ursids (URS)	8P/Tuttle	Halley Tipi

Meteoritlerin ana cisimleri genellikle asteroidlerdir. Özellikle HED sınıfı meteoritlerin asteroid 4 Vesta’dan kopup geldiği tahmin edilmektedir. Az da olsa Mars ve Ay’dan meteoritler de vardır. Ama bunların sayısı diğerleri ile kıyaslandığında çok daha azdır. Tablo 2.10’da asteroid-meteorit bağlantıları verilmiştir. Ayrıca diğer gezegenlerde ve gezegen uydularında da meteor yağmurları, meteoroid çarpmaları ve meteoritlere rastlanmaktadır (Jenninskens, 2006).

Tablo 2.10: Asteroid-meteorit bağlantıları.

Asteroid Sınıfı	NEO%	Meteorit Sınıfı
D+P	17	Tagish Lake
C	10	CI/CM
X	34	CI/CM
K+L	---	CV/CO
Q	14	H/L/LL
O	0,5	L6/LL6
S	22	Pallasite
A	0,2	Akondrit/Pallasite
R	0,1	Akondrit
V+J	1	HED
E	---	Akondrit
M	---	Demir Meteorit

2.6. ASTROBİYOLOJİ VE ASTROMADENCİLİK

Meteorit çalışmalarında araştırmacıları en fazla heyecanlandıran konu muhtemelen astrobiyoloji alanıdır. Astrobiyoloji çok disiplinli (disiplinlerarası) bir araştırma alanıdır. Evrende yaşamın ortaya çıkışını, evrimini ve dağılını araştırır. Meteorit çalışmalarında ise, numunenin uygun analiz yöntemleri kullanılarak amino asit, fosil ya da organik madde içeriklerinin araştırılması yönündedir. Literatürde yer alan iki meteorit astrobiyoloji araştırmalarının meteoritler üzerine yoğunlaşmasını sağlamıştır. Bunlardan ilki, Murchison meteoriti diğerisi ise ALH84001 meteoritidir.

1969 yılında Avustralya'nın Murchison bölgesine düşen, 100 kg ağırlığındaki karbonlu bir meteorit (Murchison Meteoriti) yapılan analizler sonucunda içeriğinde bol miktarda amino asit bulunduğu saptanmıştır. Günümüzde meteoritlerde amino asitlere rastlanmaktadır ancak bu meteoriti diğerlerinden ayıran DNA ve RNA'nın yapı taşlarından olan pürin ve pirimidin moleküllerini içermesidir. 1997'de yapılan incelemeler aminoasitlerin dünyadışı olduğunu kanıtlamış, 2008 yılında yapılan karbon testleri ise bir kez daha yapıların yer kökenli olmadığını ortaya koymuştur (Engel ve Macko, 1997; Martins ve diğer., 2008). şekil 2.15'te Meteorite ait bir görsel bulunmaktadır.¹³

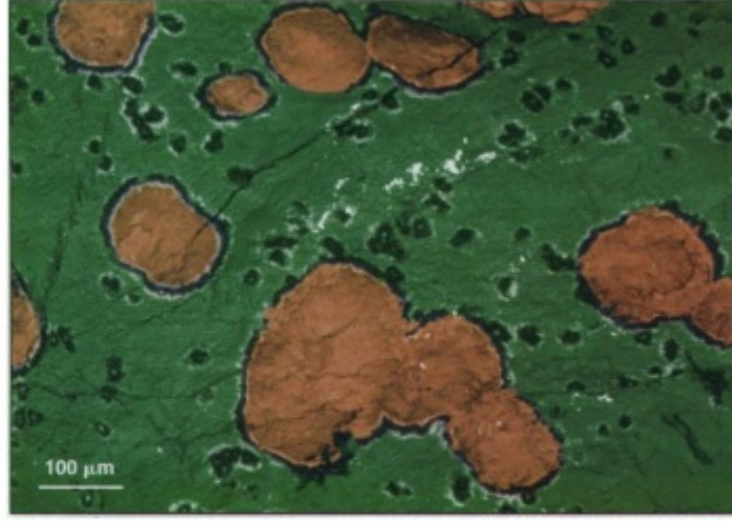


şekil 2.15: Murchison Meteoriti.

1984 yılında Antarktika'nın Alan Hills bölgesinde bulunan (ALH84001) meteorit, yapılan incelemeler sonucu Mars kökenli olduğu ve içeriğindeki karbonun diğer meteoritlere oranla

¹³ http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/16875_30833_2756.jpg

daha fazla olduğu bulunmuştur. Çeşitli izotop ölçümleri sonucunda 13000 yıl önce Dünya yüzeyine düştüğü saptanmıştır. Bu meteoriti diğerlerinden ayıran ise içeriğindeki Mars fosilleridir. Diğer meteoritlerde daha önce karşılaşılmamış olan bu yapılar Murchison Meteoriti ile birlikte Dünya'daki yaşamın başlangıcının yerdışı kaynaklı olabileceğine dair ipuçlarından biridir. ALH84001 Meteoriti'nin içeriğindeki karbonların elektron mikroskopu ile alınmış bir görüntüsü Şekil 2.16'da verilmiştir (McKay ve diğ., 1996).



Şekil 2.16: ALH84001 Karbonat küreleri ve ortopiroksen yapıların SEM (BSE) görüntüsü.

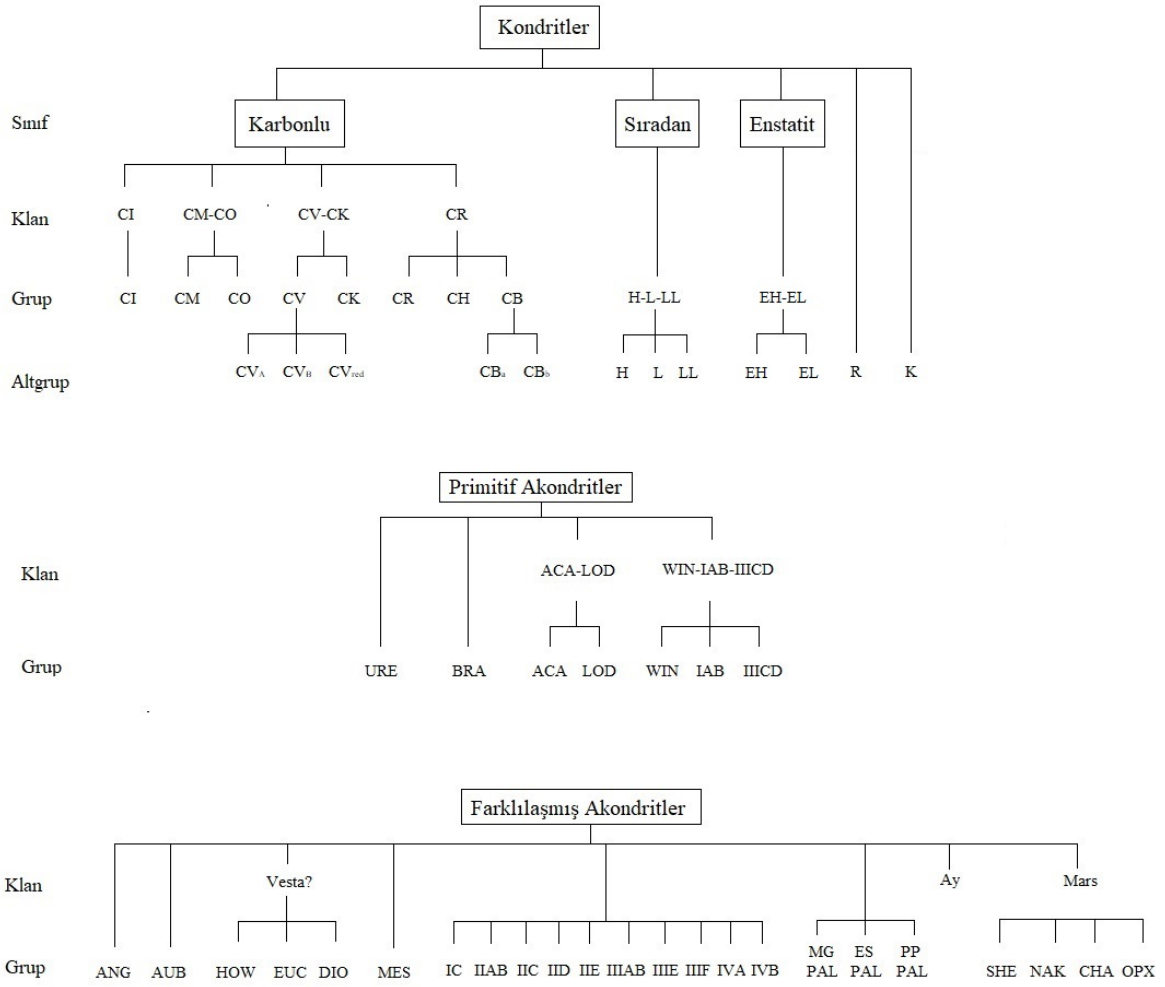
Sadece bilimsel bir araştırma için değil ekonomik açıdan da asteroidler/meteoroidler günümüzde çekici konumdadırlar. Gök cisimlerindeki madenleri işlemek/toplamak için birçok yüksek bütçeli şirket kurulmuştur. İncelenen meteoritler ve ana cisim tahminleri ile birlikte, Bu ana cisimler olası bir maden ya da enerji kaynağı konumuna gelebilirler.

Sadece meteoritik alanında değil hemen her türlü alanda sınıflandırmaya ihtiyaç vardır. Bu sayede hem sistemli bir çalışma yapılabilir hem de düzgün bir literatüre sahip olabilir. Böylece özelden genele gidilerek düzgün bir çalışma yapılmış olur.

2.7. METEORİTLERİN SINIFLANDIRILMASI

Meteoritlerin ilk detaylı sınıflandırılması, 1863 yılında Berlin Mineraloji Müzesi'nden Rose tarafından yapılmıştır. Rose, müzede bulunan meteoritleri, mineralojilerine göre üç grup demir ve yedi grup taşlı meteorit olarak sınıflandırmıştır. Kondrül terimini kullanan ilk kişidir. Bu sınıflandırma 1883 yılında, Viyana mineral ve meteorit koleksiyonu müdürü olan Tschermak tarafından genişletilmiş ve halefi olan Brezina tarafından son şekli verilmiştir. Rose-Tschermak-Brezina (RTB) meteorit sınıflandırma sistemi adı verilen bu yöntem uluslararası alanda kabul görmüştür. 1907 yılında ilk kez Farrington tarafından sınıflandırmalar için kimyasal yöntemler kullanılmıştır. Sonrasında ise, 1916-1920 yılları arasında British Museum Mineraloji bölümü müdürü Prior tarafından kimyasal analiz yöntemleri kullanılarak daha detaylı sınıflandırılma yapılmıştır. Prior'ın bu sınıflandırma yöntemine "Prior Kuralları" denilmektedir. 1920'de son şeklini Prior'ın sınıflandırması, uzun yıllar kullanılmış ve 1967 yılında Mason tarafından güncellenmiştir. Günümüzde kullanılan sınıflandırmanın temelleri Prior ve Mason'ın çalışmalarına dayanmaktadır. Modern yöntemler kullanılarak yapılan sınıflandırma, meteoritin petrolojik incelemesi, kimyasal yapısı ve oksijen izotopları karakteristiklerine dayanmakta ve yeni elde edilen meteoritlerle birlikte gelişim ve genişlemesini sürdürmektedir (Grady, 2014; Weisberg ve diğ., 2006).

Meteoritleri, demirli, taşlı, taşlı-demirli şeklinde üçe ayırmak yanlış olmaz. Ancak günümüzdeki örneklerin çokluğu ve kendi aralarındaki farklılıklardan dolayı daha detaylı bir sınıflandırmaya ihtiyaç vardır. Tez kapsamında vermiş olduğumuz sınıflandırmada, üç ana başlık; Kondritler, Primitif Akondritler ve Farklılaşmış Akondritler olarak belirlenmiştir. Bunların altında sınıflar, sınıfların altında klanlar, klanların altında gruplar ve grupların altında da alt gruplar şeklinde devam eder. Bu sınıflandırma şeması Şekil 2.17'de gösterilmektedir. Bu çalışmaya alternatif çalışmalar da mevcuttur (Weisberg ve diğ., 2006).



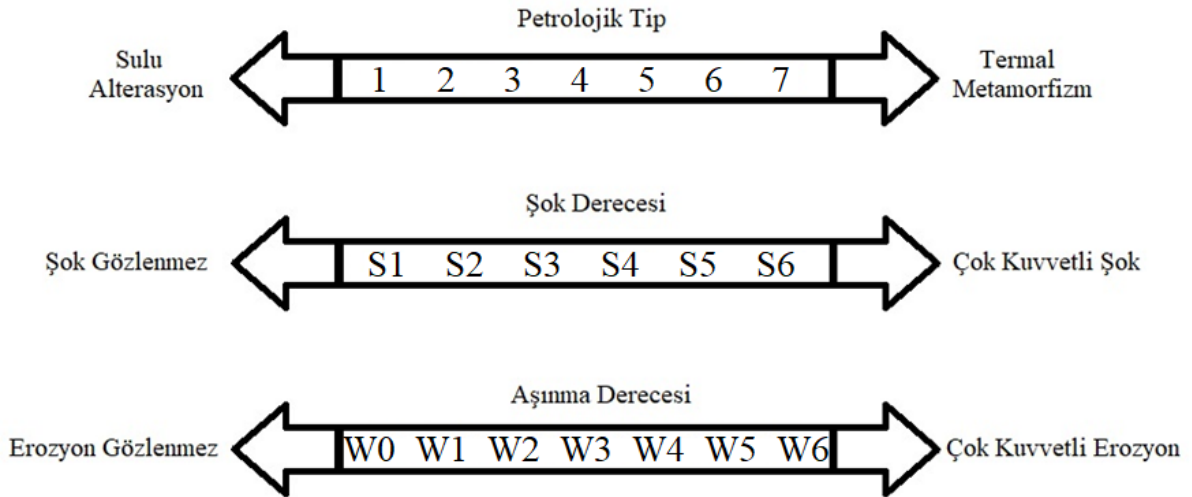
Şekil 2.17: Meteoritlerin sınıflandırılması. Kondritler, Primitif Akondritler, Farklılaşmış Akondritler.

Şekilde bazı kısaltmalar kullanılmıştır. Bu terimler orijinal halleriyle şu şekildedir;

URE: Urelite, BRA: Brachite, ACA: Accapulcoite, LOD: Lodranite, WIN: Winonaite, ANG: Angrite, AUB: Aubrite, HOW: Howardite, EUC: Eucrite, DIO: Dioganite, MES: Mesosiderite, MG PAL: Main-Group Pallasite, ES PAL: Eagle Station Pallasite, PP PAL: Pyroxane Pallasite, SHE: Shergottite, NAK: Nakhilite, CHA: Chassignite, OPX: Orthopyroxenite.

Meteoritlerin sınıflandırılmasında birincil veri kaynakları, petrolojik karakter (doku ve mineral dağılımı), kimyasal bileşenler ve O-izotoplarının dağılımıdır. Kimi zaman bunlardan yalnızca bir tanesi yeterli olurken kimi zaman da alt grupları belirlemek için hepsine ihtiyaç duyulabilir. Düşüğü gözlemlenen meteoritler için genel bir sınıflandırma yapılabilir. Örneğin demir meteorit ya da palasit grubu meteoritler hatta kondritler bile fiziksel incelemeyle anlaşılabilirler. Ancak detaylı bir sınıflandırma için (örneğin karbonlu meteoritler) kimyasal analizler şarttır. Bu işlem için elektron mikro-prob analizi kullanılabilir. Literatürde yaygın bir tercihtir.

Her bir meteoritin sınıflandırılmasında kullanılan bileşenlere ek olarak kondritler için bazı parametreler göz önüne alınmaktadır. Bunlar; petrolojik tip, şok derecesi ve aşınma derecesi şeklindedir. Bunlar Şekil 2.18’de gösterilmektedir.



Şekil 2.18: Petrolojik Tip, Şok Derecesi ve Aşınma Derecesi.

Aşınma derecesi W ile gösterilir ve seviyesine göre W0-W6 arasında belirlenir;

W0: Görünür bir oksidasyon yoktur.

W1: Oksidasyon yeni başlamıştır. Oksitlenmiş kenarlar ve damarlar gözlenebilir.

W2: Metal orta derecede (%20-60) oksidasyona uğramıştır.

W3: Aşırı (%60-95) oksidasyon gözlenir.

W4: Komple (>%95) bir oksidasyon söz konusudur. Değişim gözlenmez.

W5: Mafik silikatlar çatlaklar boyunca farklılaşmaya başlamıştır.

W6: Silikatlar büyük oranda mineralojik değişime uğramıştır.

Aşınma derecesi meteoritin yeryüzünde geçirdiği zamanla da doğru orantılıdır. Şekil 2.18’de gösterilmiştir (Wlotzka, 1993).

Şok derecesi S ile gösterilir ve şiddetine göre S1-S6 arasında gözlenir;

S1: Şok gözlenmez.

S2: Çok zayıf (<4-5 GPa) şok gözlenir.

S3: Zayıf şok (5-10 GPa) söz konusudur.

S4: Orda derecede (15-20 GPa) gözlenir.

S5: Güçlü şok (45-55 GPa) söz konusudur.

S6: Çok güçlü şok (75-90 GPa) söz konusudur ve erimeler gözlemlenir.

Şok aşaması çarpan taşın ağırlığı ve hızıyla birlikte düştüğü bölgenin yapısı ile de ilişkilidir. Şekil 2.17’de gösterilmiştir (Stöffler ve diğ., 1991; Rubin, 1997).

Petrolojik tip 1-7 arasında ifade edilir ve kimyasal grubun sonuna eklenerek (CM1, CK4 gibi) gösterilir. Her grup için tüm tipler söz konusu değildir. Ayrıca tam sayılardan farklı olarak rasyonel olarak da (3,4 gibi) ifade edilebilirler, bunlara da “Alt-tip” denir. Bu meteoritin içeriğine bağlıdır. Şekil 2.18’de gösterilmiştir.

Petrolojik tipi belirlemede kullanılan kriterler 1967 yılında oluşturulmaya başlamıştır. Bu alandaki çalışmaların çoğalması ve artan numunelerle birlikte, zamanla değişmiş ve gelişmiştir. Dinamik bir çalışma alanı olduğundan dolayı da zaman içindeki evrimi devam edecektir. Tablo 2.12’de ayrıntılı bir şekilde petrolojik tip şeması verilmiştir. Olivin, piroksen ve feldspat oranları, nikel içerikli metaller ve sülfatlar, matrikkondrül dağılımı, kondrüllerin yapısı (cam halde, değişmiş ya da çizgili), karbon ve su yüzdesi petrolojik tipi belirlemek için

kullanılır (Schmus ve Wood, 1967; Sears ve Dodd, 1988; Brearley ve Jones, 1998; Weisberg ve diğ., 2006).

Tablo 2.11: Petrolojik Tip Gösterimi.

Kriter	1	2	3	4	5	6	7
Olivin	---	>%5		≤%5	Homojen		
Düşük-Ca piroksen	---	Çoğunlukla monoklinik		>%20 monoklinik	>%20 monoklinik	≤%20 monoklinik	Orthorombik
Peldspat	---	Küçük-birincil taneler		İkincil, <2µm taneli	İkincil, 2-50µm taneli		İkincil, >50µm taneli
Kondrül cam	Değişmiş/Yok	Çoğunlukla değişmiş/Az korunmuş	Net, İzotopik	Camlaşmış	Gözlenmez		
Metal: Ni (wt%)	---	<20, Teanit az/gözlenmez	>20, Teanit ve Kamasit kusma yapısındadır				
Sülfat: Ni (wt%)	---	>0.5	<0,5				
Matriks	Düzgün taneli opak		Opak-saydam	Saydam, tekrar kristallenmiş			
Kondrül-Matriks	Kondrül yok	Keskin kondrül hatları		Bazı kondrüller fark edilir, azı keskin köşelidir	Zayıf çizgili kondrüller	Birincil yapı parçalanmış	
Karbon (wt%)	3-5	0,8-2,6	0,2-1	<0,2			
Su (wt%)	18-22	2-16	0,3-3	<1,5			

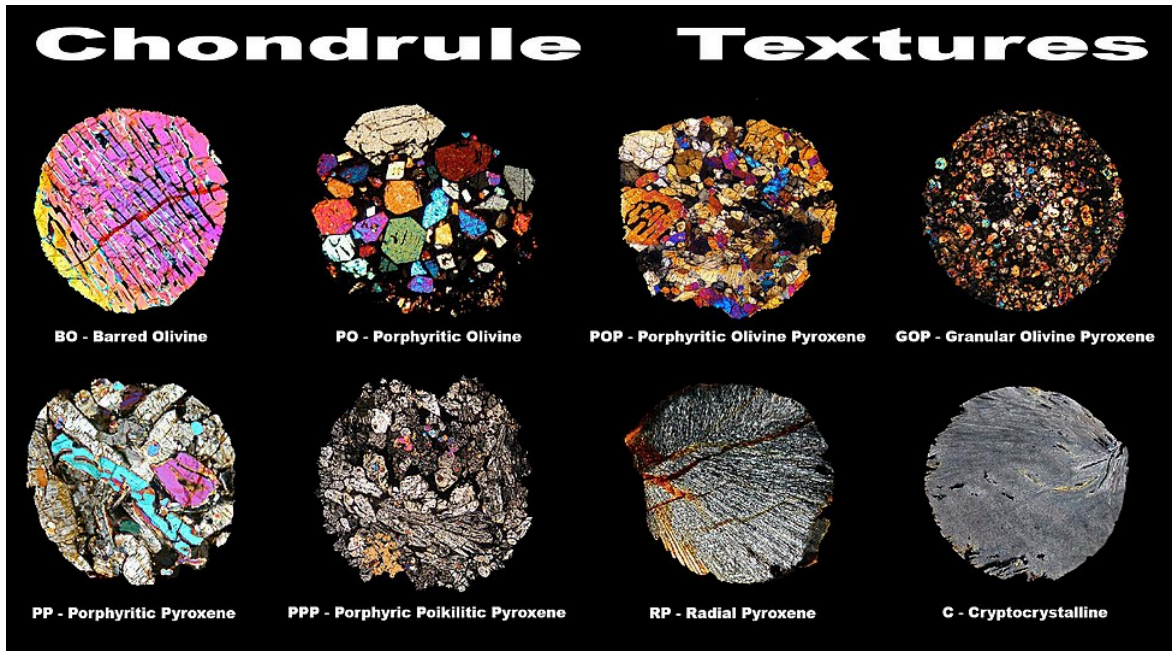
Meteorit veri tabanında yapılan tarama sonucunda yaklaşık 70 bin meteorit listelenmektedir. Bu meteoritlerin %63'ü Antarktika'dan bulunmuştur. %15.5'i ise Kuzey-Batı Afrika bölgesinde bulunmuştur. Geri kalan %21.5 ise bu bölgelerin dışında kalan bölgelerde bulunmuş ya da düşmesi sonucu toplanmıştır. Üç ana türe bakacak olursak ise yaklaşık %80 ile kondritler, en yaygın meteoritlerdir (MetBull, 2019).

2.7.1. Kondritler

Kondritler, yapısındaki çeşitli boyutlarda, kondrül adı verilen küreciklerden dolayı bu ismi almışlardır. Kondrüller oluşma mekanizmaları hala netliğe kavuşmamıştır. En fazla kabul gören teoriler; Güneş aktivitelerinin etkisiyle, doğrudan sıvılaşmayla, ışımayla, manyetik etkiyle, parçacık-parçacık çarpışmasıyla (diferensiyel dönme de dahil), protoplanet dinamikleriyle, yıldızlararası olaylar sonucunda ve şok dalgalarıyla oluştuğu şeklindedir (Sears, 2004).

Sorby (1877), Boss ve Graham (1993), Shu ve diğ. (1996) Güneş aktivitelerinin ya da Güneş'ten saçılan maddelerin kondrülleri oluşturabileceğini savunmaktadırlar. Liffman (1992) Güneş'e 0,1 AB'den daha yakın 400 m boyutlarındaki bir cismin üzerindeki kondrüllerin kaynağının güneşten gelen madde akıntılarının olduğunu savunmaktadır. Wood (1963) Güneş'teki gazın doğrudan yoğunlaşması ile kondrüllerin oluşabileceğini savunmaktadır. Whipple (1966) erken Güneş nebulasından geçen ışınların etkileşimiyle oluştuğunu söyler. Sonet (1979) ile Levy ve Araki (1989) manyetik alanların ve plazmanın kondrüllerin oluşumunda etkili olduğunu ileri sürmektedir. Lange ve Larimer (1973) nebula içinde bulunan parçacıkların etkileşmesi sonucu kondrüllerin oluşumunu savunurlar. Rasmussen ve Wasson (1982) bu mekanizmada özellikle diferensiyel dönmenin kondrüller üzerinde etkili olduğunu savunmaktadır. Podolak ve Cameron (1974) katı maddelerin proto-gezegenin (örneğin Jüpiter) dış kısımlarından iç kısımlarına doğru ilerlemesi ile birlikte, burada oluşan maddelerin Asteroid Kuşağı'na taşınması sonucu oluşabileceğini ileri sürmüşlerdir. Hood ve Horanyi (1993) ise ilkel bulutsudaki şok dalgaları sonucunda kondrüllerin oluştuğunu savunmaktadırlar.

Kondrül yapıları farklılıklar göstermektedir, dolayısıyla kondrüller yapılarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Gooding ve Keil (1981) çalışmasında 6 farklı kondrül yapısından bahsetmektedir. Bu çalışmaya göre; PO (Porfiritik Olivin), PP (Porfiritik Piroksen), POP (Porfiritik Olivin-Piroksen), BO (Bared/Sade Olivin), RP (Radial/Dairesel Piroksen), C (Cryptocrystalline/Kriptokristalin) şeklindedir. Ancak bu çalışmadan sonra bulunan/toplanan meteoritler ile yapılan çalışmalar sonrasında, GOP (Granüllü Olivin-Piroksen) ve PPP (Porfirik Poikilitik Piroksen) de dahil edilerek 8 kondrül yapısı ortaya çıkmıştır. Bu yapılar Şekil 2.19'da verilmiştir.



Şekil 2.19: Çeşitli kondrül yapıları.

Kondritler çeşitli kimyasal içerikte olabilirler. Karbonlu, sıradan, enstatit olmak üzere üç ana sınıfta incelenirler. EH ve EL, Enstatit sınıfını oluşturur. H, L ve LL ise sıradan kondrit gruplarıdır. Geri kalanlar ise karbonlu kondritleri oluştururlar. R ve K türü kondritlerde alt-grup olarak ele alınmaktadır. Tablo 2.13'te Kondritlerin gruplara ayrılmasında kullanılan çeşitli özellikler verilmiştir. Bu tabloda K ve CB sayısal olarak az olduklarından ötürü verilmemiştir (Sears, 2004).

Tablo 2.12: Kondritlerin kondrül, metal ve matrix dağılımı.

	EH	EL	H	L	LL	R	CK	CV	CO	CH	CR	CM	CI
Kondrül çapı	0,2-0,6	0,8	0,3	0,7	0,9	0,4	0,7	1	0,2-0,3	<0,1	0,8	0,3	---
Metal tanelerinin çapı	---	---	0,2	0,18	0,14	---	---	---	---	6	---	---	---
Kondrül bolluğu	20-40	20-40	65-75	65-75	65-75	≥40	15	35-40	35-40	~70	52	~15	0
Metal bolluğu	22	18	16	6	2	0,2	<0,01	0-7	0-5	20	6,3	0	0
Matrix bolluğu	<5	<5	10-15	10-15	10-15	35	75	40-50	30-40	5	44	~60	100

R tipi kondritler adını Rumuruti'nin baş harfinden, K tipi kondritler de Kakangari'nin baş harfinden almaktadır. Diğer kondrit tipleriyle benzerlik göstermezler. İkisi arasındaki ayırım, R kondritlerde %40'a kadar matrix, %40'dan fazla kondrül yapı ile %0,1'den az metal-sülfat içerik gözlenir. K kondritlerinde ise, %20-30 kondrül yapı, %60-70 matrix ile %10 civarı

metal-sülfat içerik gözlenir (Weisberg ve diğ., 2006; Scott ve Krot, 2007; Weisberg ve diğ., 1996).

2.7.1.1. Karbonlu Kondritler

Adından da anlaşılacağı gibi karbon içerikle meteoritlerdir. Tüm meteoritlerin yaklaşık %3,5'ini oluştururlar ve büyük çoğunluğu Antarktika ve Kuzey-Batı Afrika'dan toplanmıştır. CI, CM, CO, CV, CK, CR, CH ve CB olmak üzere sekiz başlıkta incelenebilirler. Aralarındaki bazı benzerliklerden dolayı bunların birkaçı birlikte de incelenmektedir (Örneğin CM-CO klanı, CV-CK klanı ve CR-CH-CB klanı). Tamamı matrix yapıda olduğundan CI diğerlerine benzemez bundan dolayı diğerlerine dahil edilmez. Hepsinin başındaki C yapılarındaki karbondan dolayıdır. Diğer harfler ise örnek teşkil eden meteoritlerden gelmektedirler. I: Ivuna, M: Mighei, O: Ornans, V: Vigarano, K: Karoonda, R: Renazzo, H: Yüksek metal içeriğinden dolayı, B: Bencubbin. Ayrıca CV tipindekiler CV_R (Reduced), CV_A (Allende tipi) ve CV_B (Bali tipi) olmak üzere üç alt gruba ayrılırlar. Buradaki temel ayırım demir ve nikel bolluklarıdır (Leshin ve diğ., 1997; Endress ve Bischoff, 1993; Weisberg ve diğ., 1997).

CH grubundaki meteoritler diğerlerinden farklı olarak yüksek metal (%20) içerirler. Bir başka yüksek metal içerikli grup ise CB grubudur. Bunlar ise %70 civarında metal içerirler. CBA ve CBB olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar ve buradaki temel ayırım yine demir ve nikel bolluklarıdır (Weisberg ve diğ., 2001; Weisberg ve diğ., 2002; Wasson ve Kallemeyn, 1990; Bischoff ve diğ., 1993).

Son olarak, yeni bir karbonlu kondrit grubu olan CY de bu sınıfa dahil edilmektedir. Burada "Y" harfi, Antarktika'daki Yamato dağlık bölgesinden toplanan Yamato meteoritlerinden dolayıdır (Ikeda, 1992).

2.7.1.2. Sıradan Kondritler

Sıradan kondritler OC (Ordinary Chondrite) şeklinde gösterilir ve üç grupta incelenirler. L, LL ve H şeklinde ayrılan sıradan kondritler içerdikleri toplam demir içeriğine göre gruplandırılırlar. Toplam demir içeriği düşük olanlar L, yüksek olanlar H, düşük demir ve metalik demir içerikli olanlar da LL olarak ayrılırlar (Prior, 1916; Keil ve Fredrikson, 1964).

Üç ana grupta benzer mineraloji gösterirler. Ancak içeriklerindeki küçük farklılıklar birbirlerinden ayırt edilmelerini sağlar. Bu farklar yaklaşık olarak toplam hacmin yüzdesi olarak Tablo 2.14'te gösterilmiştir (Rubin, 1996; Keil ve Fredrikson, 1964; Afiattalab ve Wasson, 1980; Hutchinson, 2004; Scott ve Krot, 2007).

Tablo 2.13: Sıradan kondritlerin içerik dağılımı.

	H	L	LL
Olivin	40	50	60
Düşük Ca-Piroksen	30	25	15
Yüksek Ca-Piroksen	5	5	5
Feldspat	10	10	10
Kromit	<1	<1	<1
Fosfat	<1	<1	<1
Metal	8	3	2
Troilit	7	7	5

2.7.1.3. Enstatit Kondritler

Enstatitler adını demirsiz ortopiroksenlerden yani esnatatitlerden alırlar. Sayıları çok fazla değildir. Petrolojik olarak tip 3-7 aralığındadırlar. Şok dereceleri ise genellikle 2-4 civarındadır. İki alt gruba ayrılırlar; EH ve EL. İkisi arasındaki fark içeriklerindeki toplam demir oranından, ya da metal-sülfid bileşiklerinden kaynaklanır. EH, %30 civarı, EL ise %25 civarı demir içerir. Tablo 2.15'te EH ve EL için toplam hacmin yüzdelik dağılımı verilmiştir (Huss ve diğ., 2006; Rubin ve diğ., 1996; Zhang ve diğ., 1996).

Tablo 2.14: EH ve EL meteoritlerinin bileşenleri.

	EH	EL
Kalsiyum-Alüminyum	Eser	Eser
Kondrüller	60-80	60-80
Matrix	<10	<10
Metal-Sülfid	8	15
Kondrül boyutları (mm)	0,22	0,55

2.7.2. Primitif Akondritler

İçeriklerinde kondrül yapıları gözlenmeyen ve herhangi bir değişime uğramamış meteoritler primitif akondritler olarak isimlendirilir. Benzer özellik gösteren gruplar klan oluştururken, bazıları da yalnızca grup halinde incelenirler.

2.7.2.1. Urelit grubu

Urelitler, karbon içerikli olivin ve piroksen bileşenlerinin, metal, sülfür ve az miktarda silikat ile karışmasıyla oluşmuş meteoritlerdir. Olivin ve piroksen yapıları çoğunlukla 1 mm çapındadır. Sınıf ya da klan oluşturmazlar. Urelit grubu olarak incelenirler. Ancak olivin-pijonit, olivin-ortopiroksen ve olivin-polimiktik olmak üzere üç alt türü mevcuttur (Weisberg ve diğ., 2006).

2.7.2.2. Braçit grubu

Braçitler olivine zengin akondritlerdir. Çeşitli petrolojilerde olabilirler. 0,1-2,7 mm aralığında taneli yapıları içerirler. İçerikli genel olarak, %74-98 olivin, %4-15 ojit, %0-15 Pilajioklas, %0,5-2 demir-sülfür, %3-7 fosfat ve eser miktarda ortopiroksen içerir (Mittlefehldt ve diğ., 1998).

2.7.2.3. ACA-LOD Klanı

Akapulkoitler ve lodranitler akondrit klanı oluştururlar. Akapulkoitler ince taneli (150-230 µm) olivin, piroksen, pilajioklas, metal ve triolitit yaklaşık olarak eş olarak dağılım gösterdiği meteoritlerdir. Lodranitler ise iri taneli (540-700 µm) olivin, piroksen ve pilajioklas içerikli meteoritlerdir. İçeriklerinde farklılık gözlenmesine rağmen oksijen izotop bileşimleri benzerdir ve bu sebepten aynı klanda incelenir (Nagahara, 1992; Mittlefehldt ve diğ., 1998; Schultz ve diğ., 1982; McCoy ve diğ., 1996).

2.7.2.4. WIN-IAB-IIICD Klanı

Winonaitler, genellikle kondrit mineralojisine ve kimyasal bileşimine sahip olsa da tekrar kristalleşme gösterdikleri için akondrit meteorit sınıfına girmektedir. Yapısındaki demir, nikel-demir-sülfat damarlar kondritlerden ayrılmalarını sağlar. IAB ve IIICD meteoritleri ise demir meteoritlerdir. Sınıflandırma yapılırken kimi zaman diğer demir grupları ile birlikte

sınıflandırılır ancak farklılaşma göstermediklerinden ötürü winonaitler ile birlikte bu klanda yer alır. Bu üç meteorit türünün klan oluşturması ise aynı oksijen izotop dağılımını göstermelerinden kaynaklıdır. Ancak IIICD meteoritlerinin ana cisminin farklı olduğu düşünülmektedir (McCoy ve diğ., 1993; Benedix ve diğ., 2000).

2.7.3. Farklılaşmış Akondritler

Farklılaşmış akondritlerde de kondrül yapılar görülmez. Bu meteoritleri primitif meteoritlerden ayıran farklılaşmasıdır. Farklılaşma meteoritin yalnızca termal bir olay sonrası değişmesi değildir. Yüksek sıcaklıklardaki ergiyik halde bulunan maddenin magma denizleri oluşturmasından kaynaklıdır. Bu meteoritler, daha sonradan bir çarpıma sonucu ana cisimden ayrılmış olabilirler. Ya da ilk oluşum sırasında magmanın ana cisimden dışarı atılması şeklinde de oluşmuş olabilirler (Hutchinson, 2004).

2.7.3.1. Angritler

Angritler, bazaltik kompozisyona sahip magmatik meteoritlerdir. İri taneleri (2-3 mm) kalsiyum-alüminyum-titanyum bakımından zengin piroksen, kalsiyum bakımından zengin olivin ve anortik pilajiooklastan oluşurlar. İsmi Angra dos Reis'ten almaktadırlar. Ancak ilginçtir bu meteorit diğer meteoritlere benzemez. Oksijen izotop bileşimleri HED ve mesosideritlerle benzerlik göstermektedir (Prinz ve diğ., 1977; Mittlefehldt ve diğ., 1998).

2.7.3.2. Aubritler

Aubritler ya da diğer isimleriyle enstatit akondritler, iri breccia içine dağılmış demir-oksit içermeyen enstatitlerden oluşan meteoritlerdir. Mineraloji ve oksijen izotop dağılımı açısından enstatitlere çok benzerler. Ancak bu iki meteorit arasında herhangi bir bağ bulunamamıştır. İsmi Fransa'nın Aubres bölgesine düşen aynı isimli meteoritten almaktadır (Keil, 1968; Keil, 1986; Reid ve Cohen, 1967).

2.7.3.3. 4 Vesta (HED) Meteoritleri

Kısaca HED klanı da denilen ve 4 Vesta asteroidinden geldiği düşünülen meteoritlerdir. Howarditler ökrit ve diojenitlerin fiziksel karışımından oluşmuşlardır. İçeriğinde regolit yapıda breccia gözlenebilir. Ökritler, iki alt türde incelenebilir. Yapısına göre bazaltik ve gabroik olarak adlandırılırlar. Diojenitler, çoğunlukla ortopiroksen bileşenli gözlenirler. Bu üç

meteoritte volkanik bileşenlidir. Tablo 2.16’da bileşenleri hacminin %’si olarak verilmiştir (Grady ve diğ., 2014; Delaney ve diğ., 1984; Takeda, 1997).

Tablo 2.15: 4 Vesta (HED) meteoritleri.

	Diojenit	Gabroik Ökrit	Bazaltik Ökrit	Howardit
Olivin	<5	---	<1	<5
Piroksen	85-100	40-50	50-60	60
Pilajoklas	<5	50-60	30-50	40
Kromit & İlmenit	<5	<1	<5	<1
Metal & Sülfat	<5	<1	<1	<1

2.7.3.4. Mesosideritler

Mesosideritler hem metal hem taş içeriklidir. Bu sebepten dolayı geçmişte palasitler ile birlikte taşlı-demirli meteoritler olarak incelenmişlerdir. Ancak günümüzde başlı başına bir grup oluşturmaktadırlar (Weisberg ve diğ., 2006).

Mesosideritlerin üç sınıfı vardır. Bunlar pilajoklas ve düşük kalsiyumlu piroksen bolluklarına göre ayrılırlar. Ayrıca bu üç sınıfa ek olarak bir de 1-4 arası tipleri vardır. Bu tipler, ince yapılı matrix ve değişim gözlenmiyorsa tip-1; orta derecede tekrar kristalleşmiş bir matrix gözleniyorsa tip-2; yüksek derecede tekrar kristalleşme gözleniyorsa tip-3; erimiş bir matrix breccia şeklinde ise tip-4. Mesosideritlerin bileşenleri Tablo 2.17’de hacminin %’si cinsinden verilmiştir (Mittlefehldt ve diğ.,1998; Hewins, 1988; Powell, 1971).

Tablo 2.16: Mesosiderit sınıfları.

	A	B	C
Pilajoklas	>25	10-25	<10
Düşük Kalsiyumlu Piroksen	<65	65-85	>85

2.7.3.5. Demir meteoritleri

Ayrırt edilmesi kolay olan meteoritlerdendir. İçeriklerindeki yüksek demir bileşenlerinden dolayı aynı boyutlu diğer cisimlerden daha ağırdırlar. Füzyon kabuğu diğer meteoritlere oranla daha belirgin ve damar şeklindedir. Yersel kayaçlardan kolayca ayrırt

edilebilmelerinden dolayı bulunan meteoritler içerisinde yüzde olarak çok fazla yer tutarlar (Grady ve diğ., 2014).

İlk kez yapısal olarak sınıflandırılmaya başlanmışlardır. Bu sınıflandırma, kamasit kalınlığı ve nikel bolluğundan yararlanılmaktadır. Tablo 2.18’de kamasit bantlarının kalınlığı mm cinsinden, nikel bolluğu ise ağırlık yüzdesi cinsinden verilmiştir (Buckwald, 1975).

Tablo 2.17: Demir meteoritlerin yapısal sınıflandırması.

	Sembol	Kamasit kalınlığı	Nikel bolluğu	Demir grubu
Heksahedrit	H	>50	4,6-6,1	IIAB, IIG
En kaba oktahedritler	Ogg	3,3-50	5,6-7	IIAB,IIG
kaba oktahedritler	Ogg	1,3-3,3	6,1-8,5	IAB, IC, IIE, IIIAB, IIIE
Orta oktahedritler	Om	0,5-1,3	7,1-10,6	IAB, IID, IIE, IIIAB, IIIF
İnce oktahedritler	Of	0,2-0,5	7,3-13	IID,IIICD, IIIF, IVA
En ince oktahedritler	Off	<0,2	11,1-18,1	IIC, IIICD
Plesit oktahedritler	Opl	<0,2	9,2-16	IIC, IIF
Yapısız	D	<0,03	16-60	IIF, IVB

Meteoritlerin kimyasal olarak sınıflandırılmasına 1950’li yıllarda başlanmıştır. Başlangıçta nikel ve galyum dağılımları incelenmiştir. Daha sonraları ise galyum ve germanyum bolluklarına dayanılarak bir sınıflandırmaya gidilmiştir. Roma rakamları ile I-IV arasında yapılan sınıflandırmada birden dörde doğru galyum ve germanyum bileşenlerde (ölçümler ppm olarak yapılır) azalma görülür. Daha sonraki zamanlarda artan örnekler ve buna bağlı olarak artan analizlerle birlikte gruplar arası geçişler, birleşmeler olmuştur. Son olarak I-IV arası olan sınıflandırmaya harfler de eklenerek daha geniş kapsamlı bir sınıflama oluşturulmuştur. Demir grubu meteoritlerin bileşimleri Tablo 2.19’da verilmektedir (Lovering ve diğ., 1957; Wasson ve Kimberlin, 1967; Wai ve Wasson, 1977; Grady ve diğ., 2014).

Tablo 2.18: Demir grubu meteoritlerin içerikleri.

Element	W	Ir	Ni	Co	Cr	As	Au	Cu	Ga	Ge
Birim	ppm	ppm	mg/g	mg/g	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
IC	0,83-2,38	0,07-10	61-70	4,4-4,7	14-60	4,3-8,7	0,57-1,04	112-143	42-54	85-250
IIAB	1,39-3,53	0,12-42,7	53,5-60,4	4,46-4,71	36-590	3,91-7,43	0,55-0,87	127-138	59,5-60,6	167-182
IIIC	0,9	9,5	93-115	5,4	66-106	7-7,4	---	233-234	37-39	88-114
IID	2,07-4,04	3,99-22,6	96-111,4	6,4-7,01	31-202	4,06-13,5	0,56-1,53	241-320	70,6-85,6	78-99,1
IIIF	0,53-2,1	0,75-23	106-143	6,4-7,2	---	4,4-17,3	0,62-1,86	291-334	8,9-11,6	99-193
IIIG	0,13-0,26	0,01-0,12	41,8-46,4	0,08-5,35	10-16	14,6-19,9	1,19-1,63	86-94	34,5-44,7	38,6-71
IIIAB	0,34-1,41	0,02-11,8	75,7-101,9	4,91-5,58	12-125	3,41-21,2	0,51-2,25	109-180	18-22,2	32,8-51
IIIE	0,42-1,59	0,11-2,25	78,1-96	4,64-5,1	30-410	3,11-15,4	0,53-1,90	123-152	16,9-19,7	30,2-37,7
IIIF	0,4-1,88	0,01-8,3	68-85	4,3	193-1565	1,1-4,5	0,27-2,87	80-164	6,3-7,2	0,7-1,1
IVA	0,28-0,69	0,12-3,43	72,3-111,3	3,77-4,23	10-572	2-14,5	0,61-2,76	108-209	1,68-2,52	0,09-0,14
IVB	2,86-4,72	12,4-27,5	159-180	4,72-7,89	15-275	0,21-1,08	0,06-0,17	0,9-1,3	170-272	31-68

2.7.3.6. Palasitler

Palasitler de mesosideritler gibi taş ve demir içeriklidir. Bu sebepten dolayı geçmişte birlikte ve taşlı-demirli olarak incelenmişlerdir. Ayrıca bazı kaynaklarda metalce zengin akondritler olarak da isimlendirilirler (Weisberg ve diğ., 2006).

Temel olarak üç gruba ayrılırlar; MG PAL-Ana Grup Palasitleri, ES PAL-Kartal İstasyonu Palasitleri, PP PAL-Piroksen Palasitleri. PP PAL kendi içinde klinopiroksen ve ortopiroksen palasitleri olmak üzere iki başlıkta incelenir. Temel bileşenleri olivin olmakla birlikte kendi aralarında ayırt edilmelerinde piroksen, troilit ve metal bolluklarından yararlanılır. Bu üç palasit grubunun içerik bollukları hacmin %'si olarak Tablo 2.20'de verilmiştir (Buseck, 1977; Scott, 1977; Clayton ve Mayeda, 1996; Wasson ve Choi, 2003).

Tablo 2.19: Palasitlerin bileşen oranları.

	Metal	Olivin	Piroksen	Troilit
MG PAL	15-65	35-85	Eser	0,1-7
ES PAL	20-25	75-80	Eser	---
PP PAL	24-85	15-60	0,02-35	1

Palasitler tamamen farklı dış görünüşleri ile diğer bütün meteoritlerden kolayca ayırt edilebilirler. Şekil 2.20’de 2005 yılında İngiltere’de bulunan Hambleton meteoriti görülmektedir.¹⁴



Şekil 2.20: Hambleton (MG PAL) meteoriti.

2.7.3.7. Ay Meteoritleri

Ay meteoritleri doku, petroloji ve kimyasal içeriklerine göre sınıflandırılırlar ve diğer meteoritlerden ayırt edilirler. Ayrıca diğer meteoritlerden farklı oksijen izotopu dağılımı gösterirler (Ay ile benzer). Tüm bunlara rağmen geniş bir yelpazede karşımıza çıkarlar. Yer üzerinden toplananlara ek olarak Apollo ve Luna ay görevleri ile birlikte toplanan örneklerde mevcuttur. Bu örnekler elimizde bulunan Ay meteoritleri ile benzer özellikler göstermektedir (Weiaberg ve diğ., 2006).

Elimizde olan tüm Ay meteoritleri bulunan sınıfa giren (düşme olayı gözlenmemiş) meteoritlerdir ve tamamına yakını Antarktika ve Kuzey-Batı Afrika bölgesinden toplanmıştır (Grossman, 2010). Ay meteoritlerini incelemeye kullanılan bir diğer yöntem ise uzaktan algılamadır. Elimizde bulunan laboratuvar verileri ile Ay’ın jeolojik/mineralojik haritaları karşılaştırılarak da bir sonuca varmamız mümkündür (Gillis, 2010).

2.7.3.8. Mars Meteoritleri

Mars meteoritleri Mars’ın kabuğundan geldiği ileri sürülen meteoritlerdir. SNC (Shergotty, Nakhla ve Chassigny) meteoritleri diye de adlandırılırlar. Üç alt türde ve ALH 84001 olarak

¹⁴ http://www.encyclopedia-of-meteorites.com/test/Hambleton_don_edwards.jpg

incelenirler. ALH 84001 içeriğinde ortopiroksenden dolayı (%96) OPX Mars meteoriti olarak da incelenebilir. ALH 84001'i diğerlerinden ayırdan en önemli özelliği ise içeriğindeki fosillerdir. Bu fosillerden dolayı Mars temelli bir hayattan söz etme ya da bu konuda araştırma yapma olanakları doğmuştur (McSween ve Treiman, 1998; Nyquist ve diğ., 2001; McKay ve diğ., 1996). Ancak bu mikrofosillerin gerçekten uzaydaki bir yaşamsal bir faaliyetin sonucu olup olmadığına dair bazı tartışmalar vardır.

Shergottitler Mars meteoritlerinin büyük çoğunluğunu oluştururlar ve bazaltik bileşim gösterirler. Nakhlitler ise içeriklerindeki karbonat ve sülfatlar ile diğer Mars meteoritlerinden ayrılırlar. Chassignitler ise %90 olivin içerikleri ve nadir elementler ile diğerlerinden ayrılırlar (Grady, 2014).

3. MALZEME VE YÖNTEM

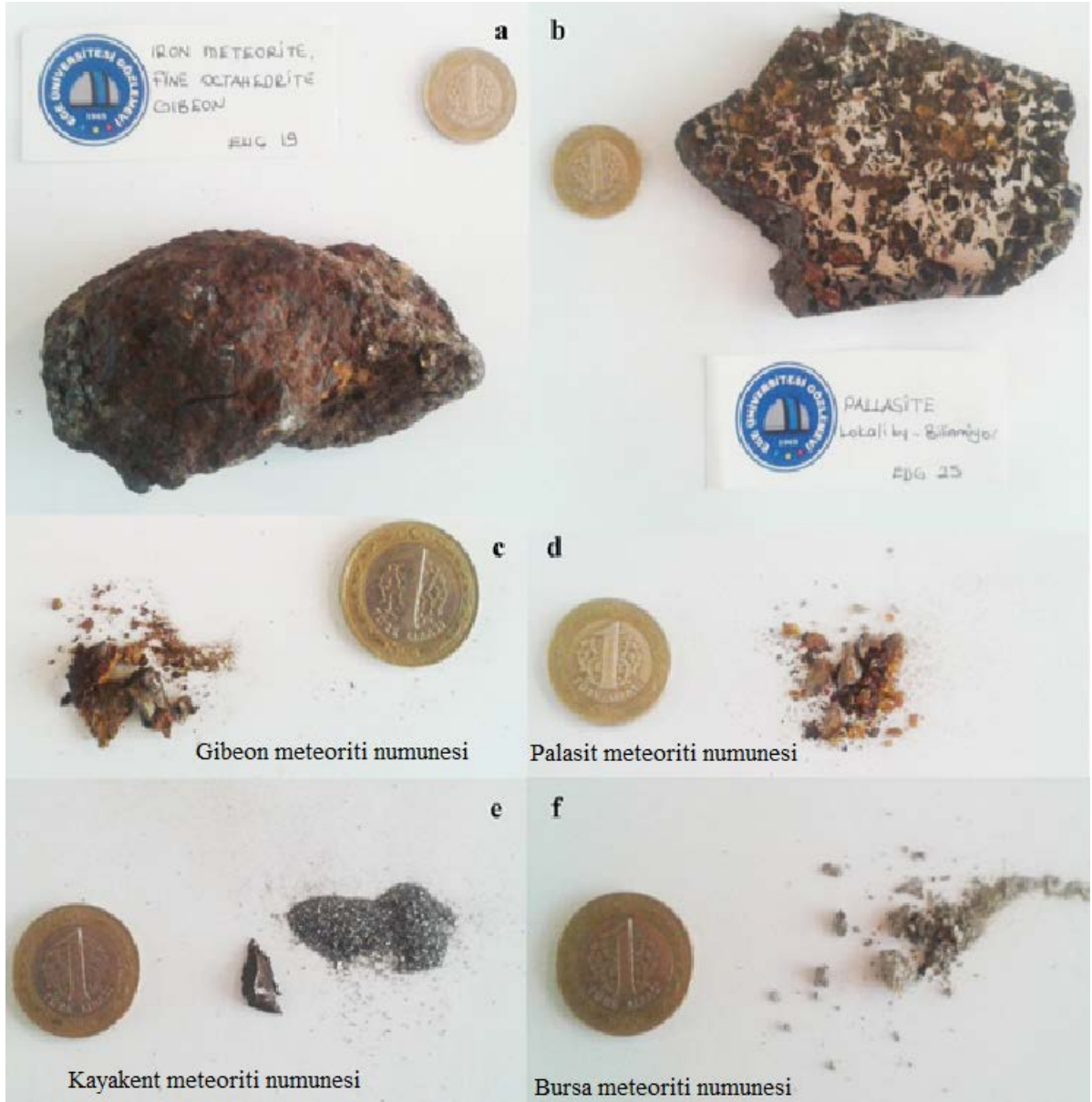
Analizlerini gerçekleştirdiğimiz örnekler EÜ Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, MTA Tabiat Tarihi Müzesi ve İÜ Astronomi Uzay Bilimleri Bölümü'nden temin edilmiştir.

İncelenen meteoritler Tablo 3.1'de verilmiştir. Meteoritler için gerekli numune miktarı genelde 5-10 g arasındadır. Eğer meteorit kütle olarak büyükse %10 civarında bir numune gereklidir. Biz incelediğimiz numuneler için 1-2 g temin ettik. İncelenen tüm numuneler tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Numune temin edilen örnekler.

Temin edildiği kurum	Temin edilen örnek
Ege Üniversitesi	Kayakent meteoriti
	Bursa meteoriti
	Palasit meteoriti
	Gibeon meteoriti
İstanbul Üniversitesi	Çanakkale meteoriti
MTA	Sivas meteoriti

İncelediğimiz meteoritlerden bazılarına ait görseller/alınan numuneler Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: İncelenen meteorit görselleri/alınan numuneler. a-Gibeon meteoriti, b-Palasit meteoriti, c-Gibeon meteoriti numunesi, d-Palasit meteoriti numunesi, e-Kayakent meteoriti numunesi, f-Bursa meteoriti numunesi.

Analiz aşamasına gelene kadar yapmış olduğumuz araştırma, oluşturduğumuz alt yapı ve proje bütçesini de göz önünde bulundurarak uygun analizler belirlenmiştir. Bunun sonucunda sırası ile SEM, XRD ve ICP-MS analizlerinde karar kılınmıştır.

3.1. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOPU (SEM)

Mikroskoplar; Optik, X-Işın, Elektron ve Taramalı-Sonda mikroskoplar şeklinde ayrılmışlardır. Elektron mikroskopları ise, Geçişli (TEM), Taramalı (SEM), Taramalı-Geçişli (STEM) ve Analitik Elektron Mikroskopu (AEM) olarak sınıflanır (Egerton, 2005).

İlk SEM Max Knoll tarafından 1935 yılında icat edilmiştir. Ancak bu cihazı yapmasında birçok bilim insanının katkısı vardır. Hans Busch'un yüklü parçacıkların magnetik alanda eğri yol izlemeleri üzerine yaptığı çalışmalarını, de Broglie'nin dalga-parçacık ikilemi çalışmaları izlemiş, ardından Ernst Ruska'nın 1931 yılında ilk geçişli elektron mikroskopunu yapması SEM'in yapılmasına zemin oluşturmuştur. Ruska ve Knoll'un SEM'i icat etmek için yaptıkları ortak çalışmalar da bulunmaktadır. İlk yapılan cihazın ardından geliştirme ve hataları ortadan kaldırmak için ise; Vladimir Zworykin, Charles Oatley, Thomas E. Everhart, Richard F. M. Thornley ve Albert Crewe'un yapmış olduğu çalışmaları sayabiliriz. Ayrıca Ernst Ruska elektron optiğine yapmış olduğu katkılardan dolayı 1986 yılında nobel ödülüne layık görülmüştür (Bogner ve diğ., 2007).

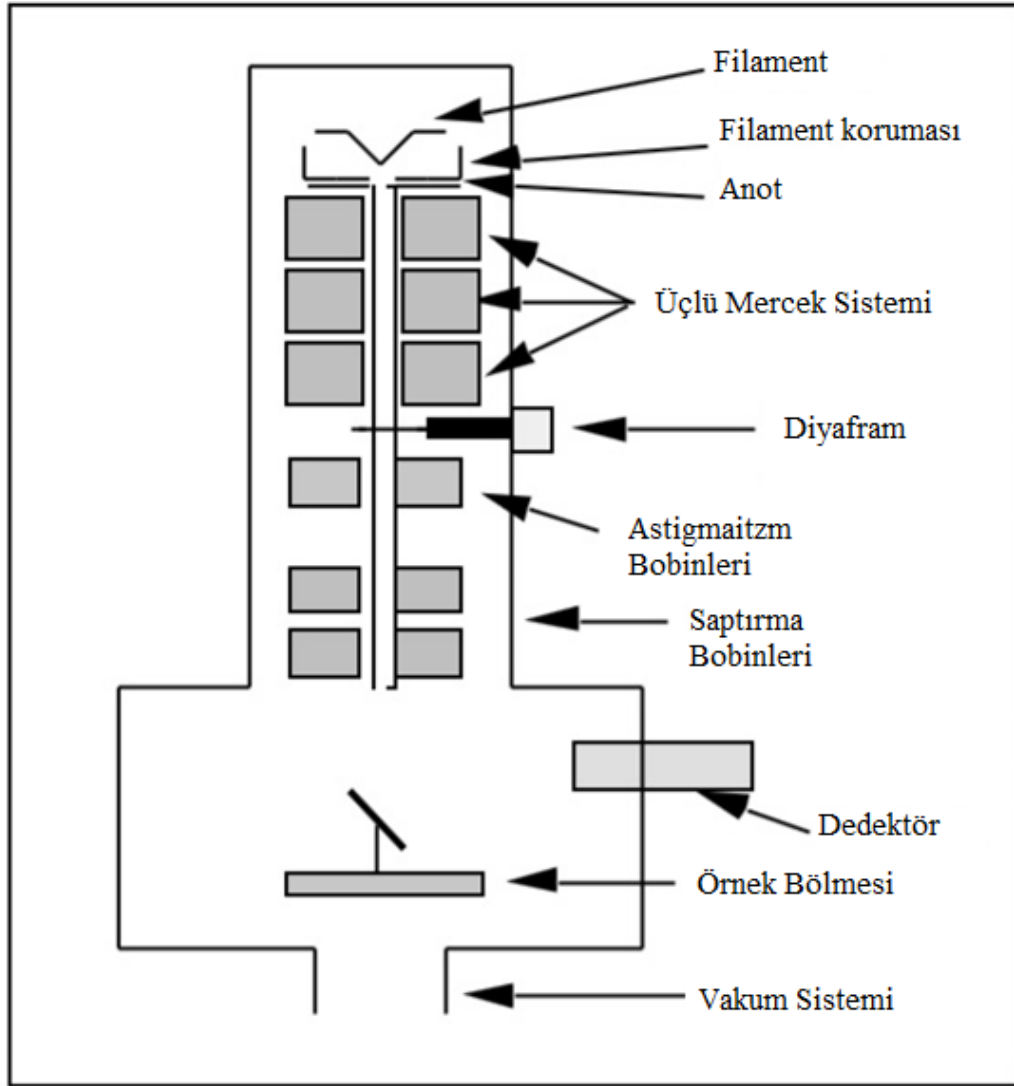
Günümüzde kullanılan bir SEM cihazı Şekil 3.2'de verilmiştir.¹⁵



Şekil 3.2: SEM cihazının görünümü.

¹⁵ <https://tscientific.com/product/analytical-uhr-schottky-emission-scanning-electron-microscope-su-70/>

SEM cihazını oluşturan bileşenler şu şekildedir; Elektron Tabancası, Elektromagnetik Mercekler, Toplayıcı Diyaframlar, Numune Haznesi, Vakum Sistemi, Görüntüleme/Kayıt Aygıtları ve Altyapı (Güç kaynağı, titreşimsiz ortam, bilgisayar vb.) Cihazın bileşenlerinin sıralı şeması ise Şekil 3.3'te verilmiştir (Dunlap ve Adaskaveg, 1997).

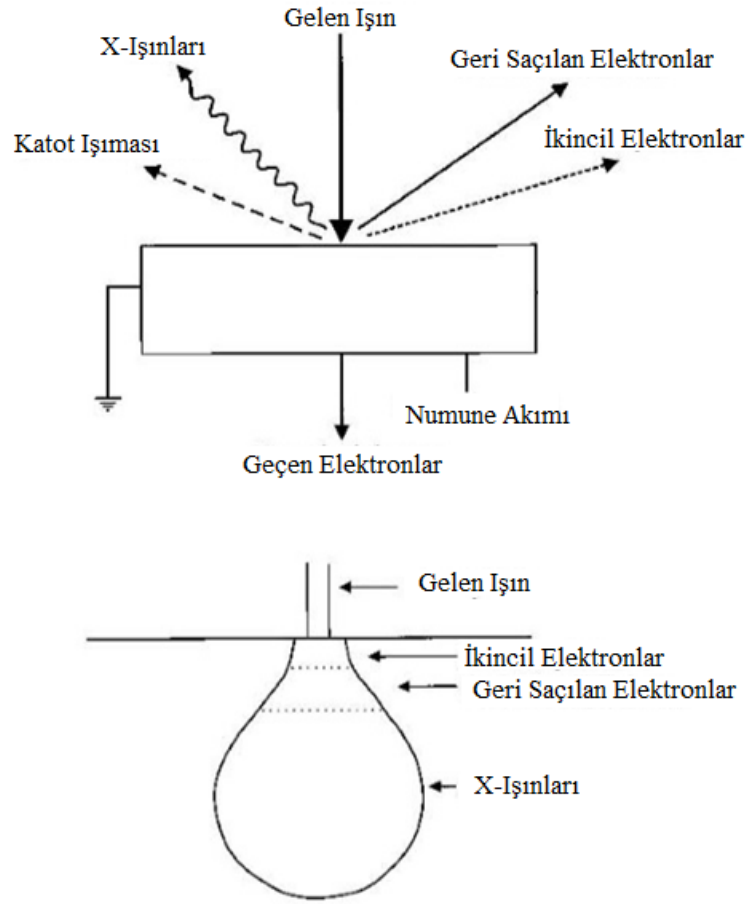


Şekil 3.3: SEM cihazının şematik görüntüsü.

Cihaz ilk kullanılmaya başladığı zamanlarda, elektron üretimi için, tungsten tel ya da LaB_6 kullanılmaktaydı. Ancak modern cihazların hemen hepsinde alan salım tabancası (FEG) kullanılmaktadır. FEG, daha fazla elektron üretebilir, elektronlar küçük bir alandan yayılır, ısı üretmez ve yüksek çözünürlük sağlarlar. Ancak ortamın 10^{-9} torr mertebesine kadar vakumlanmış olması gereklidir. Toplayıcı mercekler, kaynaktan gelen elektron demetlerini bir

araya toplar ve paralel hale gelmesini sağlar. Diyafram elektron demetlerini toplar ve objektif lenslerin elektronları numune yüzeyini bombardımana uğratmasını sağlar. Numune haznesi incelenmek istenen örneğin tutulduğu yerdir. Tamamen yalıtılmış bir ortamdır. İncelenmek istenen numune buraya yerleştirilmeden önce bir iletken ile kaplanmalıdır. Tabii bu durum incelenmek istenen örneğe de bağlıdır. Biz almış olduğumuz görüntülerde, daha sora yapacağımız XRD ve ICP-MS analizlerinin yanlış sonuçlar vermemesi için bir kaplama kullanmadık. Vakum sistemi için mekanik, turbo, difüzyon ve iyon pompalar kullanılmaktadır. Farklı sistemlerin kullanılmasındaki amaç ne kadarlık bir vakumlu ortama ihtiyaç duyacağımıza bağlıdır. FEG için iyon pompalar kullanılarak 10^{-10} torra kadar vakumlu ortam sağlanmaktadır. Tüm bu süreçlerden sonra oluşan ya da saçılan elektronlar, x-ışınları, fotonlar ve numune kaynaklı akımlar, her biri için ayrı bir algılayıcı yardımı ile tespit edilir. Oluşacak elektronlar ya da x-ışınları numuneye gönderilen elektron ışınlarının gerilimi ve numune yüzeyinden ne kadar derine ulaştığı ile ilişkilidir. Bu sebepten ötürü çalışmanın amacına uygun gerilim ve sonuç olarak uygun bir algılayıcı seçilmelidir. Tüm bu işlemlerden sonra veriler bilgisayar ortamına aktarılır ve görüntü alınmış olur (Zhou ve diğ., 2006).

Numune yüzeyinin elektron ışınlarıyla etkileşimi sonucunda, elastik ya da elastik olmayan çarpışmalar oluşabilir. Atomun yörüngesindeki elektronlarla çarpışarak oluşan ikincil elektronlar (SE) düşük enerjili (en fazla 50 eV) elektronlardır. Foto katlandırıcı tüpler yardımı ile tespit edilebilirler SE için 10KeV civarı bir gerilim ve numune yüzeyinde (10 nm) bir etkileşim yeterlidir. Atomun çekirdeği ile çarpışarak geri saçılan elektronlar (BSE) hemen hemen elektron ışınları ile aynı enerjiye sahiptirler. BSE için yüksek gerilim gereklidir ve numune yüzeyinden ışınların numunenin derinliklerine (300 nm) ulaşması gerekir. Enerjiler SE'ye göre daha yüksektirler ve fotokatlandırıcı tüplerle tespit edilemezler. Bunlar için katı hal dedektörleri kullanılır. Eğer numune yeterince inceltilmiş ve numuneye yüksek gerilimli elektronlar yollanmışsa bu elektronlar numunenin içinden geçerler. Numune bölgesinin altına yerleştirilen bir algılayıcı ile tespit edilirler (Geçişli Elektrom Mikroskobu; TEM için kullanılır). Eğer görüntüleme dışında, kimyasal bir veri elde etmek istiyorsak numune yüzeyine çok yüksek enerjili ışınlar yollayıp, bu ışınların numunenin derinliklerine (1000 nm) ulaşmasını sağlamalıyız. Böylece numuneden karakteristik x-ışınlarının salınımını sağlamış oluruz. Bu salınan x-ışınlarını ise EDX ya da WDX dedektörleri ile tespit edip, numunenin kimyasal içeriği hakkında bilgiye ulaşabiliriz. SEM cihazında algılayabildiğimiz sinyaller ve bu sinyallerin kaynağı Şekil 3.4'te verilmiştir (Goodhew ve diğ., 2001).



Şekil 3.4: SEM ile tespit edilebilen sinyaller ve bunların oluşum bölgeleri.

Her cihazda olduğu gibi SEM’de de bir takım avantajlar ve dezavantajlar mevcuttur. Diğer mikroskoplar da ulaşamadığımız çözünürlük gücü, büyütme katsayısı ve çözünürlük derinliğinin yüksek olmasını avantajları olarak sayabiliriz. Eksi yönleri ise inceleme sırasında vakumlu ortama ihtiyaç duyulması, iletken olmayan numuneler için iletken bir kaplama yapılmasına gerek olması, yüksek bakım ve temin masraflarını sayabiliriz. Ayrıca işlem sırasında da oluşan hatalar da mevcuttur. BSE’den kaynaklı yüzey yapısındaki detay eksiklikleri; SE’den kaynaklanan ve numune yüzeyindeki köşelerde meydana gelen köşe etkileri; aşırı yüklemeye dolaylı olarak oluşan parlamalar; Numunenin zarar görmesi; kullanılan ışıklardan kaynaklanan ve görüntü üzerinde oluşan kirlenmeler oluşabilecek olası hatalardır. Bu hatalardan bazılarını oluşan elektron ışınlarının gerilimi değiştirilerek ortadan kaldırmak mümkündür.

Şekil 3.5'te tez kapsamında alınan bir SEM görüntüsü verilmiştir. Görselin altında yer alan ifadelerden, 100 µm ölçek, İÜ Chem. Eng. (İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği) ise görüntünün alındığı laboratuvardır. Bu görüntüde yer verilen diğer kavramlar şu şekildedir;

HV: Kullanılan elektronların gerilimini (High Voltage) gösterir.

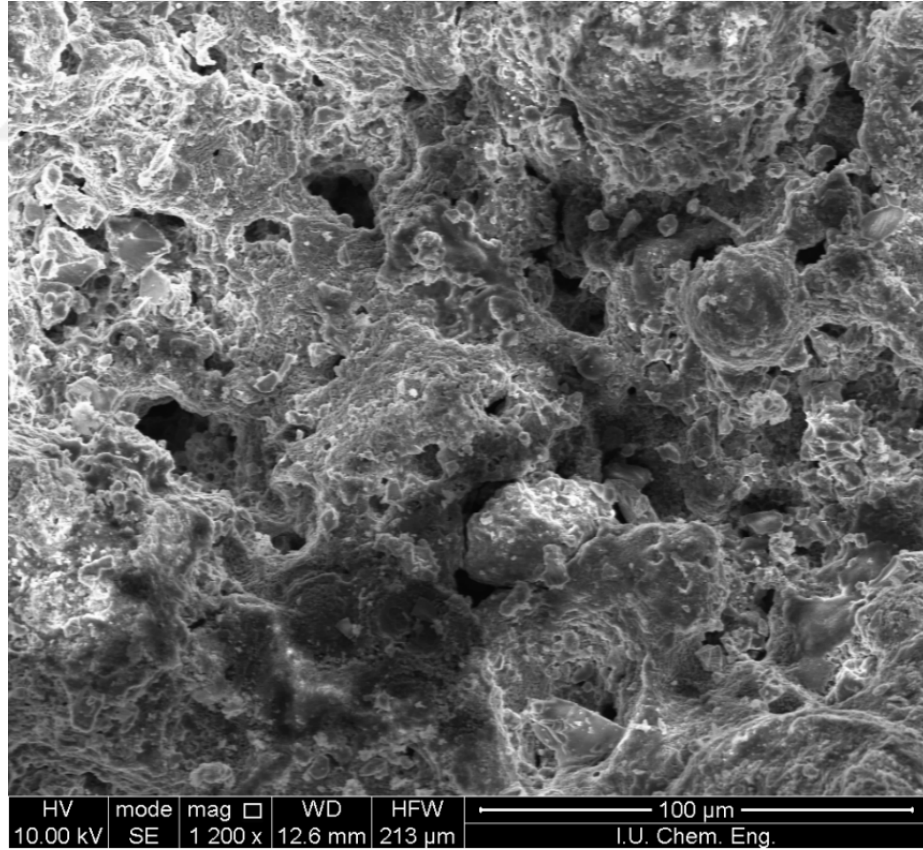
Mode: Kullanılan dedektörü belirtir.

Mag: Büyüktme (Magnification) katsayısını gösterir.

WD: Numune yüzeyinden olan uzaklığı (Working Distance) gösterir.

HFW: Görüntünün yatay eksen uzunluğunu (Horizontal Field Distance) gösterir.

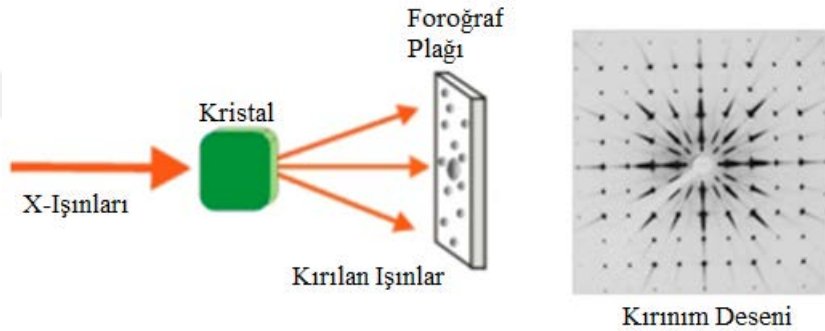
Tez kapsamında almış olduğumuz SEM görüntüleri FEI Quanta 450 FEG-EDS marka cihazla İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nde alınmıştır.



Şekil 3.5: Sivas meteoritinin SEM görüntüsü.

3.2. X-IŞIN KIRINIMI (XRD)

X-Işınları, Wilhelm Röntgen tarafından 1895 yılında keşfedilmiştir. Röntgen bu keşfinden dolayı 1901 yılında Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülmüştür. Ayrıca bu ödül, tarihteki ilk Nobel Fizik Ödülü'dür. Röntgen'in bu çalışması radyolojinin temelini oluşturmuştur. Zaman zaman gama ışınları, ses dalgaları gibi diğer başka elektromanyetik dalgalar kullanılsa da radyolojide en yaygın olarak kullanılan ışın x-ışınlarıdır. X-ışın kristalografisi ise Max von Laue tarafından keşfedilmiştir. Laue, "X -ışınlarının kristaller tarafından kırılması" keşfinden dolayı 1914 yılında nobel fizik ödülüne layık görülmüştür. Şekil 3.6'da x-ışınlarının oluşturduğu kırınım deseni görülmektedir. Sir William Henry Bragg ve Sir William Lawrence Bragg bu çalışmalardan yararlanarak x-ışın spektroskopisini bulmuşlardır. Baba-oğul "Kristal yapıların x-ışınları yardımıyla analizi" çalışmasıyla 1915 yılında Nobel Ödülü'nü paylaşmışlardır. Ayrıca Sir William Lawrence Bragg şimdiye kadar bu ödülü alan en genç (25 yaş) bilim insanıdır.¹⁶



Şekil 3.6: X-ışınlarının kırınım deseni oluşması.¹⁷

X-ışınlarının birçok kullanım alanı vardır (Sağlık, sanat, bilim gibi). Bu alanlarda da farklı tekniklerde kullanılabilir. XRD'nin temelini ise x-ışınları kullanılarak alınan spektrum oluşturmaktadır. Bu yöntemin iki farklı türü vardır; tek kristal yöntemi ve toz yöntemi. Yani numunenin fiziksel durumuna göre isimlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında toz yöntemi kullanılmıştır. Literatürde isimlendirmeler farklı yapılsa da aksi belirtilmediği sürece bu tez çalışmasında XRD'yi XRD toz yöntemi olarak kullanacağız.

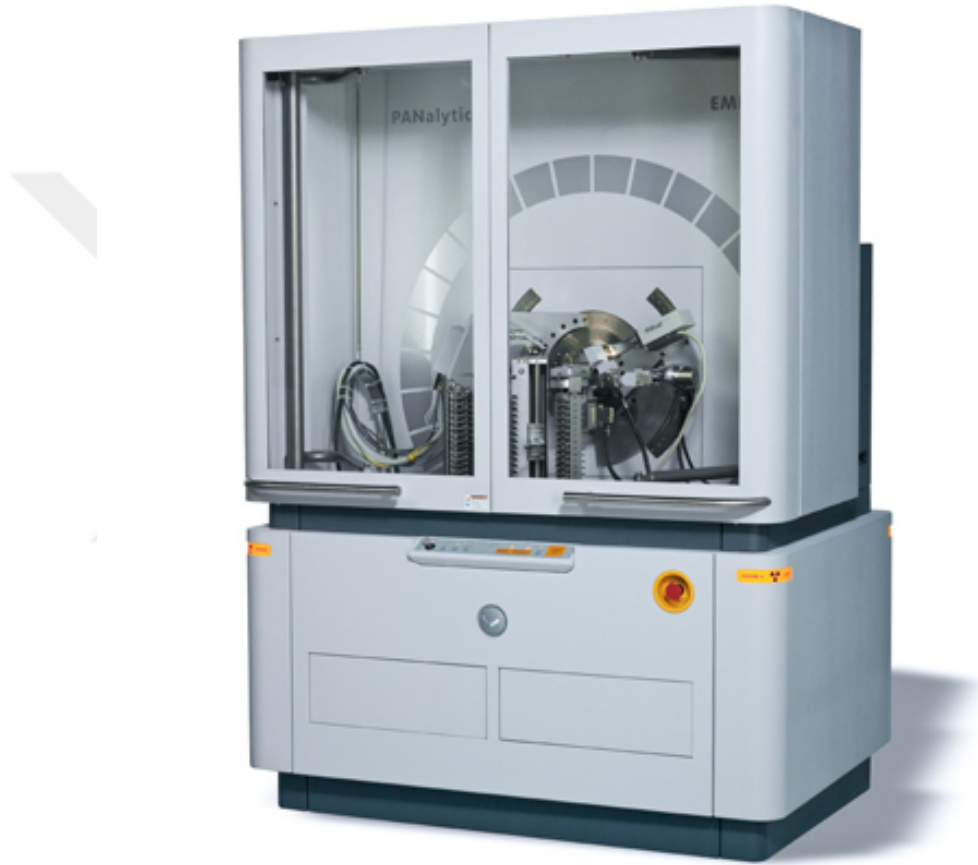
XRD analizi, numune spektrumunun çekimiyle birlikte, elde edilen çekimin veri tabanı/kütüphane ile eşleştirilmesi yöntemiyle numunenin içerdiği mineralleri ve kristal yapıyı

¹⁶ http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1915/

¹⁷ http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_02-en.html

tain edebilen bir yöntemidir. XRD analizinden tutarlı bir sonuç elde edebilmek için 1-5 g arasında bir numuneye ihtiyaç vardır. Ancak bu numunenin türüne göre değişiklik gösterebilir.

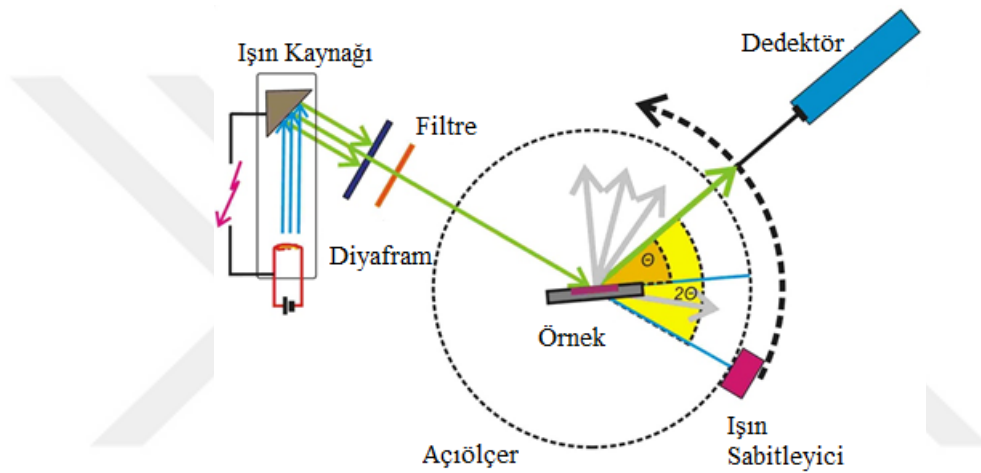
Modern bir XRD Cihazı Şekil 3.7’de verilmiştir. Cihaz, oluşturulan x-ışınlarının neden olacağı olumsuz etkileri önlemek için koruyucu bir alan içine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.7: XRD cihazının görünümü.

XRD Cihazını oluşturan bileşenler ise şu şekildedir; X-Işın Tüpü, Optik Düzenekler, Numune Bölmesi, Monokromatör, X-Işın algılayıcısı, Açılı Ölçer, Bilgisayar ve Koruyucu faktörler. Kaynaktan çıkan x-ışınları optik düzenekler yardımı ile numune üzerine düşürülür. Numuneden kırılarak yoluna devam eden ışınlar optik düzeneklerden geçerek monokromatör yardımı ile algılayıcıda toplanır. Bu işlem, dairesel bir düzenek üzerine konumlanmış olan algılayıcının açıölçer boyunca döndürülmesi ile devam eder. Numune bir eksen etrafında θ açısı kadar dönerken algılayıcı ise 2θ açı kadar döndürülmelidir. Bu işlem θ - 2θ çekimi olarak

adlandırılır ve Şekil 3.8'de verilmiştir. Çekim işlemi ise algılayıcının ulaşabildiği maksimum açıya kadar devam ettirilir. Çekim işlemi sonucunda her 2θ konuma karşılık gelen bir yoğunluk diyagramı oluşur. Bu diyagram her bir madde için özeldir ve tayin bunlara göre yapılmaktadır. Oluşturulan diyagrama Toz Kırınım Dosyası (PDF) adı verilir. Bilgisayarda kurulu olan bir program yardımı ile elde edilen diyagram karşılaştırılır, diyagrama karşılık gelen maddeler tespit edilir. Karşılaştırma için genelde Uluslararası Kırınım Veri Merkezi'nin (ICDD) verileri kullanılmaktadır. Bu veriler periyodik olarak güncellenmektedirler (Yeniyo, 2009)



Şekil 3.8: θ - 2θ Çekim düzeneği.

ICDD verileri dışında kullanılan veriler de mevcuttur. Amerikan Mineraloji Topluluğu ve Kanada Mineraloji Topluluğu'nun ortaklaşa hazırladığı ve Rusya Bilimler Akademisi Deneysel Mineraloji Enstitüsü'nün hazırladığı veri tabanlarını sayabiliriz.^{18,19}

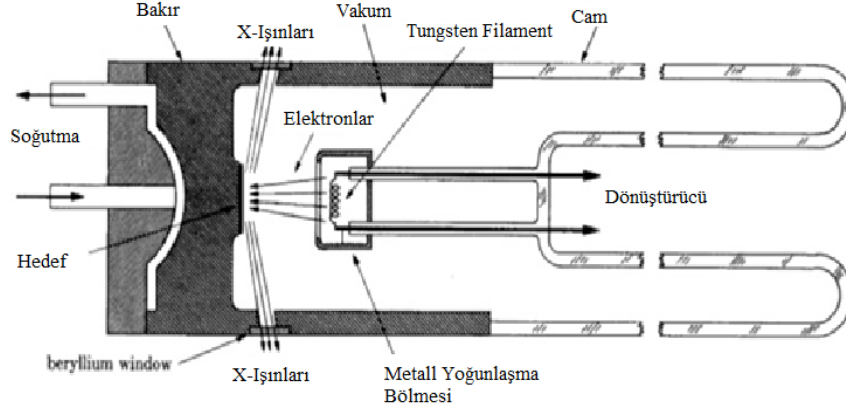
Oluşturulan PDF dosyalarının iki şekli vardır. PDF1 adı verilen dosya, d uzunluğunu ve bağlı yoğunluk bilgisini içerir. PDF2 adı verilen dosya ise daha kapsamlı olup, PDF1'e ek olarak hücre parametreleri, yoğunluk ve maddeye ait diğer bilgileri de içerir.

X-ışın tüpü, anot, katot, metal bölme, soğutma sistemi ve vakumlanmış camdan oluşan bir düzenektir. Buradaki temel prensip, ısıtılan katottan çıkan elektronların hızlandırılarak anodun yüzeyine çarpması ve x-ışınlarının oluşmasıdır. Soğutma sistemi oluşan sıcaklık için gereklidir. Anot için de yüksek atom numaralı metaller tercih edilmelidir. Genel olarak bakır

¹⁸ <http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>

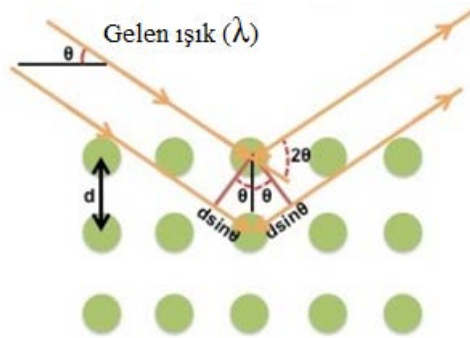
¹⁹ <http://database.iem.ac.ru/mincryst/index.php>

(Cu) kullanılmaktadır. X-Işın tüpünün şematik görüntüsü Şekil 3.9’da verilmiştir (Cullity, 1978).



Şekil 3.9: X-ışın tüpünün şematik görünümü.

Numuneye yüzeyine gönderilen x-ışınları kristal yapıya göre kırınım gösterirler. Kırılarak monokromatör yardımı ile algılayıcı tarafından toplanan ışınlar ise Bragg Yasası ($n\lambda=2d\sin\theta$) yardımı ile düzlemler arası mesafe hesaplanabilir, bunun sonucunda Miller indislerini ve dolayısıyla hücre yapıları bulunabilir. Gelen ışınlar ile giden ışınların aldıkları yol farkından yola çıkarak yapılan hesaplama Şekil 3.10’da verilmiştir (Jenkins, 1999).



Şekil 3.10: Bragg Yasası'nın şematik gösterimi.

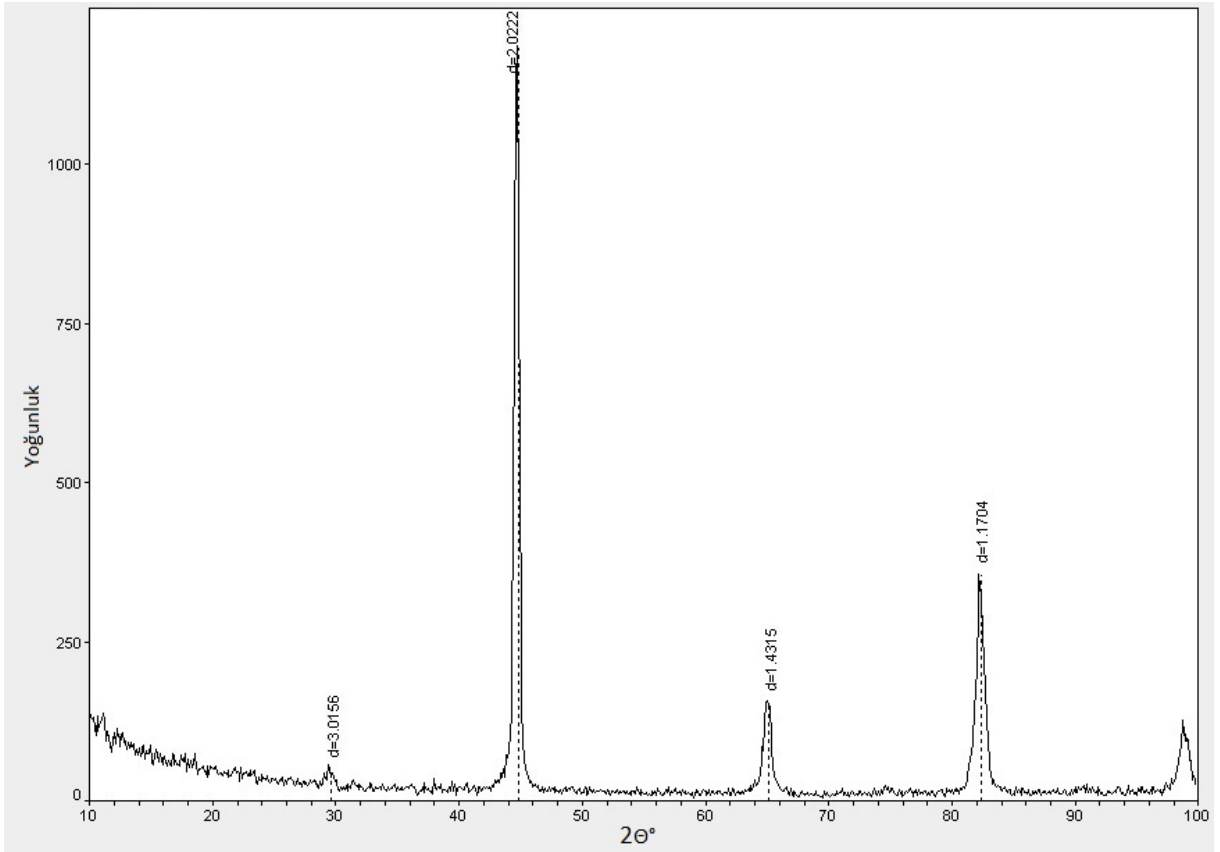
Bazı kusurlar ya da maddenin özellikleri nasıl bir desen oluşacağını belirler. Piklerin konumu birim hücrelerin boyutu ve simetrisi hakkında bilgi vermektedir. Arka alandaki saçılmalar, numunenin iyi hazırlanmadığını ya da numune tutucunun iyi doldurulmadığı zamanlarda ortaya çıkar. Ayrıca amorf madde çekimlerinde de rastlanabilir. Piklerin bağıl yoğunlukları

birim hücrelerdeki atomik dağılımı göstermektedir. Piklerin şekli ise parçacık boyutları ve bozulmalara göre şekillenir. Tabii bunları göz ile anlamak çok mümkün değildir ama bir karşılaşma yapıldığı zaman anlaşılabilir (Harris, 2001).

Doğru bir şekilde hazırlanmış (öğütülmüş) numune doğru deseni almamız konusunda en önemli parametredir. Numune, ilgili hazneye eşit büyüklüklerde ve hiçbir şekilde boşluk bırakmadan yerleştirilmiş olmalı. Aksi halde desen çekiminde tutarsızlıklar ve yanlış bilgiler yer alacaktır. Numune hazırlama kısmındaki bir diğer önemli konu ise sterilizasyondur. Numunenin öğütüleceği havan ya da elektronik öğütücüler temiz ve bir önceki işlemde herhangi bir artık bırakılmamış şekilde kullanıma hazır olmalıdır.

Tez kapsamında yapmış olduğumuz XRD çekimlerini, İÜ TTM MERLAB'da bulunan, 200 Vac 2q 20 A/50 Hz güç kapasitesine sahip Rigaku D/Max-2200/PC marka cihaz ile gerçekleştirdik. Bu cihazda Cu (A4 1L-Cu/60kV,2W) kaynaklı bir x-ışın tüpü, Thermo NESLAB (M100) marka soğutucu, grafit monokromatör ve PDF dosyalarını karşılaştırmak için Jade 6.5 programı kullanılmaktadır.

Tez Kapsamında almış olduğumuz desenlerden biri Şekil 3.11'de verilmiştir. Burada X-ekseni 2θ açısını, Y-ekseni ise bu açığa karşılık gelen x-ışın yoğunluğunu temsil etmektedir. Piklerin üzerinde yer alan "d" sayıları ise Bragg Yasası'ndan yola çıkarak hesaplanan düzlemler arası mesafedir ve yine bu mesafeden yola çıkarak Miller İndisleri, yani kafes yapıları hesaplanabilir.



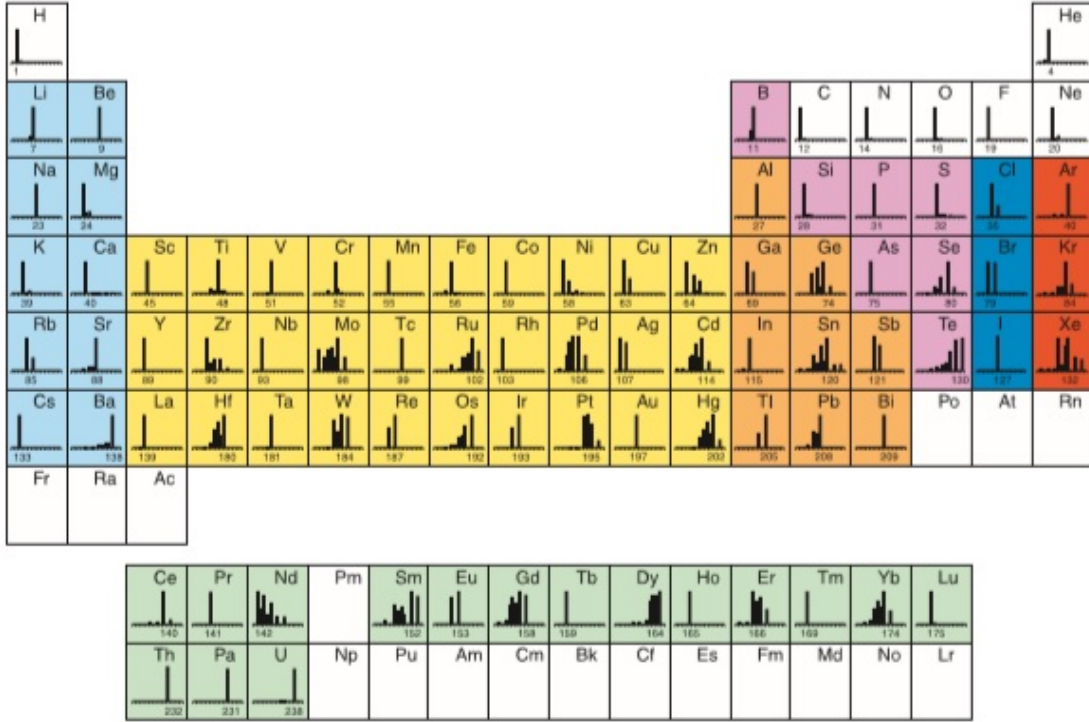
Şekil 3.11: Kayakent meteoriti XRD deseni.

3.3. İNDÜKTİF OLARAK YÜKLENMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROSKOPİSİ (ICP-MS)

Spektroskopi, elektromagnetik dalgalar kullanılarak maddenin elementel, moleküler veya yapısal özelliklerinin tespit edilmesi tekniğidir. Kullanılan ışınım/dedektöre ya da maddenin durumuna göre çeşitli isimler alabilmektedir (McNaught ve Wilkinson, 1997).

ICP-MS, iki birimden oluşan bir kütle spektroskopisi türüdür. MS bir analitik kimya tekniğidir. Kimyasalların tipini ve bolluğunu, gaz iyonlarının kütle-yük oranına göre dağılımını ölçülerek tanımlar. 10^{15} de 1 parçaya kadar periyodik tabloda yer alan birçok elementi tespit edebilir. Şekil 3.12'de ICP-MS ile tespit edilebilen elementler verilmiştir. Beyaz zeminli olanlar tespit edilemeyen elementlerdir. Tespit edilemeyen elementleri bileşik halde tespit etmek mümkündür. Örneğin tez kapsamında oksijen elementi için bir bolluk bulunmamasına rağmen oksijen bileşikleri (SiO_2 , AlO_3 gibi) için bolluk değerleri saptanmıştır. ICP kısmı analizi yapılacak olan numunenin iyonlaşacağı kısımdır. Analizi

yapılacak numune bu bölüme gönderilmeden önce çözelti haline getirilmelidir (Pröfrock ve Prange, 2012).



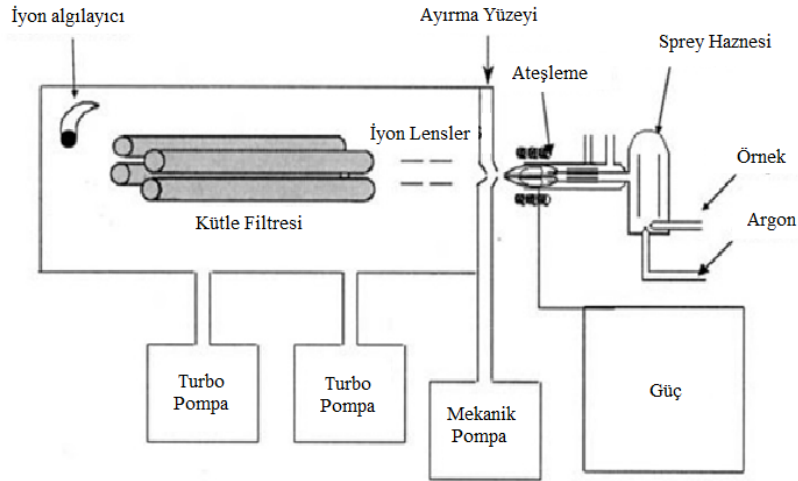
Şekil 3.12: ICP-MS cihazıyla tespit edilebilen elementler.

ICP kısmını oluşturan bölümde, numunenin sıvı bir çözelti ve argon gazının ayrı ayrı tutulduğu haznelere vardır. Bu haznelere yeter miktardaki gaz ve sıvılar sprey odasına iletilir. Buradan bir sprey yardımı ile plazmaya dönüşecekleri ateşleme bölgesine gönderilirler.

-Numune Bölümü: Analizi yapılacak maddenin sıvı (çözelti) halde yerleştirildiği bölgedir. Çözelti haline getirilmesinin sebebi, katı madde kalması durumunda analiz sonuçlarının hatalı çıkmasıdır. Numune buradan bir pompa yardımı ile argon gazının bulunduğu hazneye püskürtülmektedir.

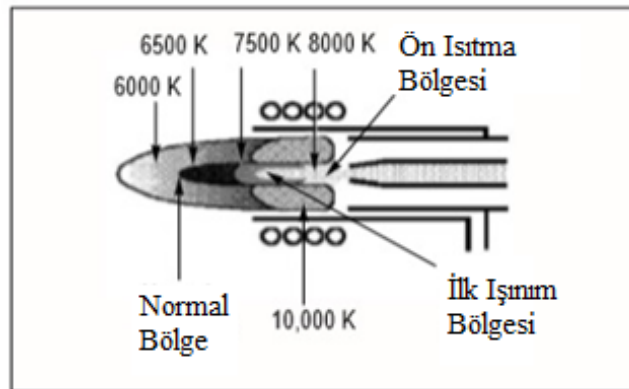
-Ateşleme Ünitesi: argon gazı ile birlikte analizi yapılacak maddenin plazmaya dönüştürüldüğü bölgedir. ICP ve MS kısımlarını ayıran bir bağlantı noktası vardır. Plazma bu bölgeden geçerek iyon lenslerine ulaşır. İyon lensleri yüksüz parçacıkları ve fotonları ayırarak yüklü parçacıkları "Kütle Filtresi" dediğimiz, kütle/yük oranının tespit edileceği cihazlara yönlendirilmesini sağlar. Burada kütle/yük oranlarına göre tespit edilen maddeler algılayıcı

tarafından sayılarak tespit edilirler. Son olarak veri işlemeyi ve kontrolü sağlayan bir bilgisayar aracılığı ile çıktılara ulaşılabilir. Ayrıca MS ve bağlantı bölmesi mekanik ve turbo pompalar yardımı ile vakumlu bir ortam haline getirilmektedir. Şekil 3.13'te şematik bir gösterim verilmiştir (Thomas, 2004).



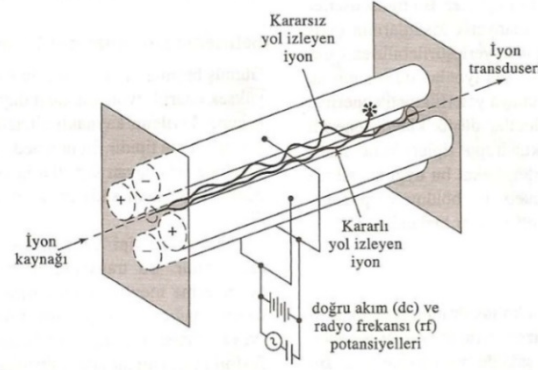
Şekil 3.13: ICP-MS cihazı şematik gösterimi.

Oluşturulacak plazma için genellikle Argon gazı kullanılmaktadır. Bunun sebebi, argon gazının birinci iyonlaşma enerjisinin (15.67 eV) periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjisinden büyük olmasıdır. Yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılan argon gazı iyi bir iyon kaynağı oluşturmaktadır. Böylece bu elementler kolayca iyonlara dönüşebilmektedir. Şekil 3.14'te ateşleme bölgesinin şematik gösterimi verilmiştir (Thomas, 2004).



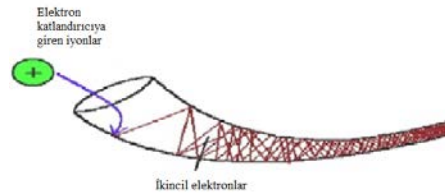
Şekil 3.14: Plazma ateşleme bölgesinin şematik gösterimi.

Her cihazda kullanılan kütle filtreleri çeşitlilik göstermektedir. Kullanılan bazı cihazlar, Magnetik sektör, uçuş-zamanlı, çift odaklamalı, iyon tuzaklı ve kuadrapol kütle spektrometreleri olarak ayrılırlar. Kuadrapol kütle spektrometreleri maliyet ve kullanım süresi açısından diğerlerine göre daha avantajlıdırlar. Ayrıca tarama süresi olarak da 100 milisaniyenin altında çalışmaktadırlar. Paralel olarak yerleştirilmiş dört çubuğun (karşılıklı olanlar aynı elektriksel yükse sahip) arasından, potansiyel fark uygulanarak hızlandırılan iyonların geçmesi ile spektrum oluşturulur. Negatif ve pozitif yüklü çubuklardaki yüklerin oranı sabit tutularak artırılır. Böylece geçiş sırasında sapmalar yaratılır. Sapmadan kuadrapolden geçerek algılayıcıya ulaşan iyonlar ise m/z değerlerine göre tespit edilirler. Kuadrapolün şematik gösterimi Şekil 3.15'te verilmiştir (Skoog ve diğ., 2006).



Şekil 3.15: Kuadrapol kütle spektrometresinin şematik gösterimi.

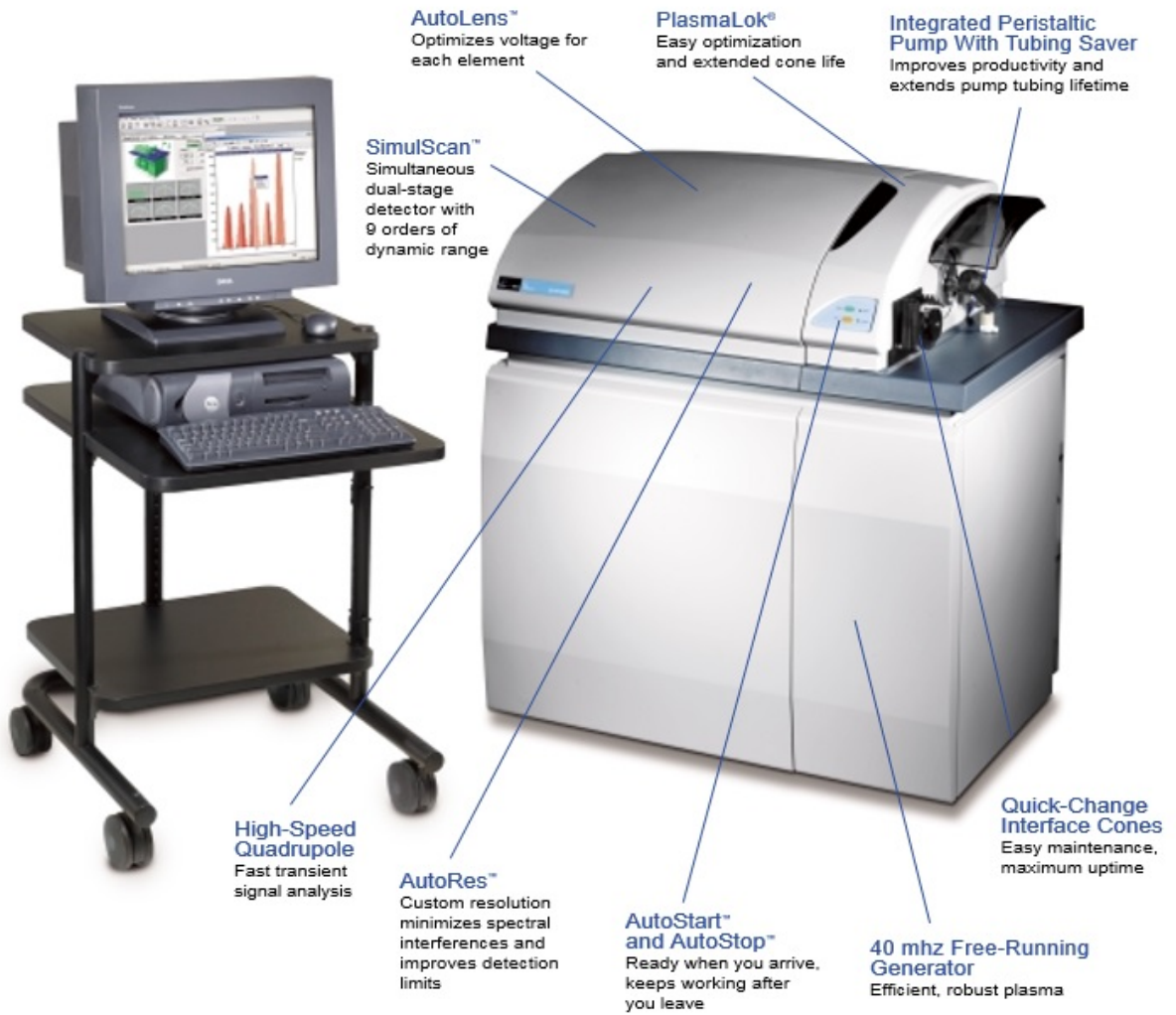
ICP-MS cihazlarında genelde elektron çoğaltıcı algılayıcılar kullanılır. Huni ya da boynuz şeklinde olan bu cihazlar, iyonların ters yükünde bir gerilim uygularlar. Kuadrapolden geçen iyonlar bu algılayıcılara çarparak içeri doğru ilerlerler. Süreç devam ettikçe m/z oranlarına göre yoğunluk oluştururlar. Bu yoğunluklar da bilgisayar yardımı ile kayıt altına alınırlar. Cihazın şematik görünümü Şekil 3.16'da verilmiştir (Batsala ve diğ., 2012).



Şekil 3.16: İyon algılayıcısı.

ICP-MS'in diğer diğer yöntemlere göre artıları ise, çok az miktarda numuneye ihtiyaç duyması ve bu az miktardaki numune ile çok düşük milyarda bir (ppb) hassasiyetle ölçüm yapabilmesidir. Aynı anda birden fazla element ya da bileşik analizini de gerçekleştirebilmektedir. Analiz sonucunda istenilen bir elementin yüzdelik değerlerini de görmek mümkündür (Ammann, 2007).

Tez kapsamında The ELAN 9000 marka bir ICP-MS sistemi kullanılmıştır. Kullanılan cihaz Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.17: The Elan 9000 marka ICP-MS cihazı.

3.4. METEORİT ANALİZLERİ İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLER

Meteorit analizleri için kullandığımız yöntemler dışında birçok yöntem mevcuttur. Kullanılan yöntemleri belirlerken, proje bütçesi, numune miktarı ve aldığımız eğitimi göz önünde bulundurduk.

Aldığımız SEM görüntülerine ek olarak, aynı cihaz ve EDX dedektörü ile görüntünün element dağılım haritasına da ulaşabilirdik. Kısıtlı bütçeden dolayı sadece topografik bir inceleme yapabildik. Ancak meteorit analizlerinde SEM-EDX kullanılan diğer yöntemlerden biridir.

Element bolluğu analizleri için kullanılan bir diğer yöntem ise XRF'dir. X-Işınları kullanılarak örnekten ikincil x-ışınları üretilir ve bu üretilen ışınların dalgaboyu da her bir element için farklıdır. Souçlar ppm ve % mertebesinde verilir. Tez kapsamında element tayini için ICP-MS kullanılmıştır. ICP-MS'i tercih etmemizin sebebi daha az numune ile daha fazla sonuca ulaşabilmemizdir. XRF analizini yapabilmek için kütle olarak daha fazla numuneye ihtiyaç vardır.

Raman Spektroskopisi kullanılan bir diğer yöntemdir. Adını Raman Saçılmasını bulan Sir Chandrasekhra Venkata Raman'dan alır. Kabaca ışığın yapmış olduğu elastik olmayan saçılmadan dolayı oluşan spektrumun incelenmesine dayanır. Yaklaşık olarak her 10^7 ışın tanesinden 1 tanesi Raman Saçılması'na uğramaktadır.

Eğer meteoritin yaşını tespit etmek istiyorsak izotop analizi yapmamız gerekir. Bu tez kapsamında bütçesel sebeplerden dolayı bir yaş analizi yapılmamıştır, ancak meteoritlerin ana cisimlerini belirlerken izotop analizi yapılması gerekmektedir.

4. BULGULAR

İncelenen örneklerin ağırlıkları ICP-MS analizinden önce ölçülmüştür. SEM ile görüntüleme için herhangi bir kayıp söz konusu değildir. Ancak XRD için numunenin toz haline getirilmesi sırasında az da olsa kayıp söz konusu olabilmektedir. ICP-MS işlemi esnasında ise tüm numune buharlaşmıştır. Tablo 4.1’de numuneler, ağırlıkları ve tipleri verilmiştir.

Tablo 4.1: Tez kapsamında analizi yapılan örnekler. EÜ, İÜ, ve MTA’dan temin edilen örneklerin isimleri (sergilenirken aldıkları isimler), ağırlıkları ve tipleri.

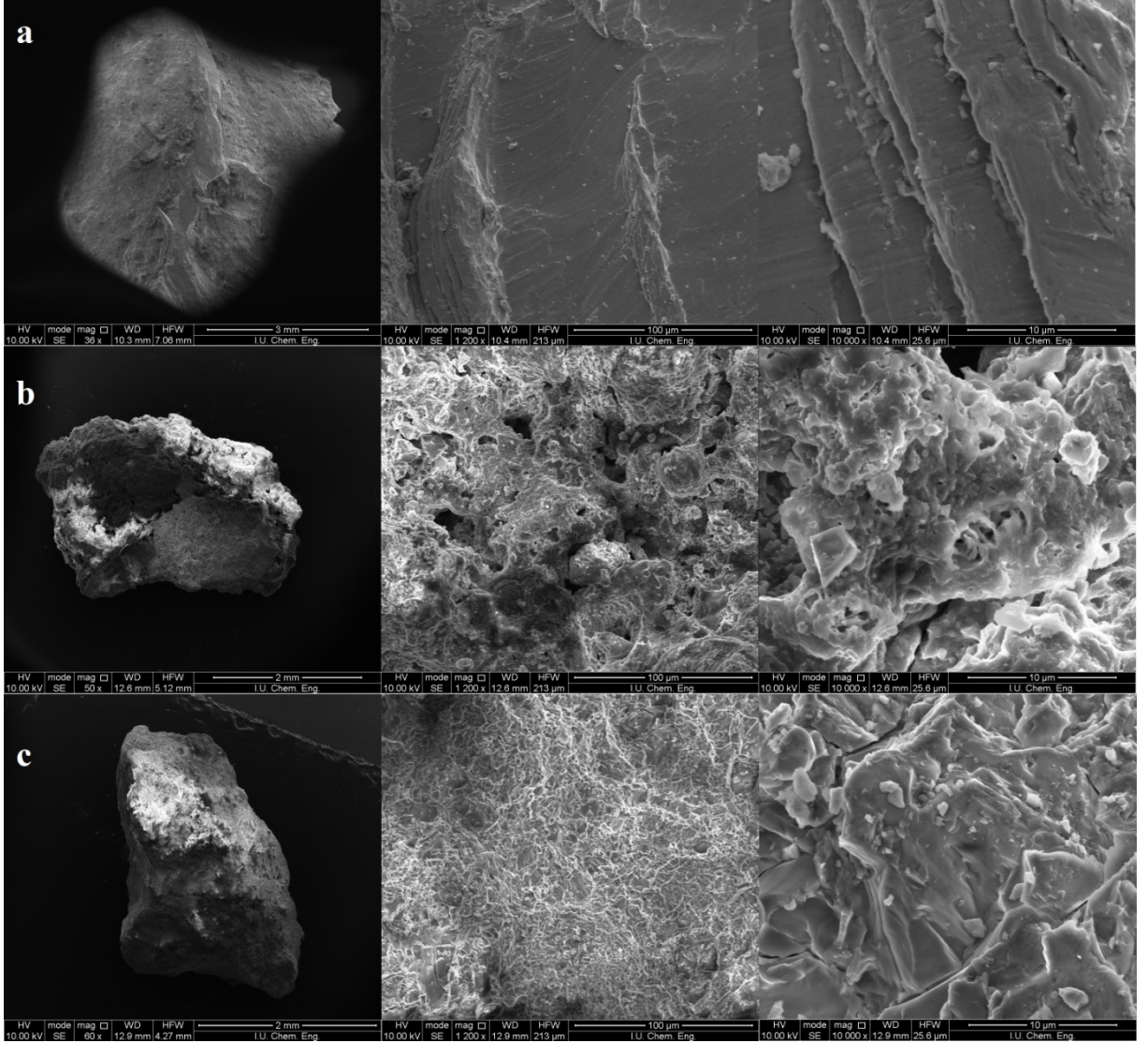
Örneğin alındığı kurum	Alınan örnek	Ağırlık (g)	Tipi
Ege Üniversitesi	Kayakent Meteoriti	1,27	Demir
	Bursa Meteoriti	0,61	L6
	Pallasite Meteoriti	0,66	Pallasit
	Gibeon Meteoriti	1,13	Demir
İstanbul Üniversitesi	Çanakkale Meteoriti	3,88	L6
MTA	Sivas Meteoriti	0,30	H6

4.1. SEM GÖRÜNTÜLERİ

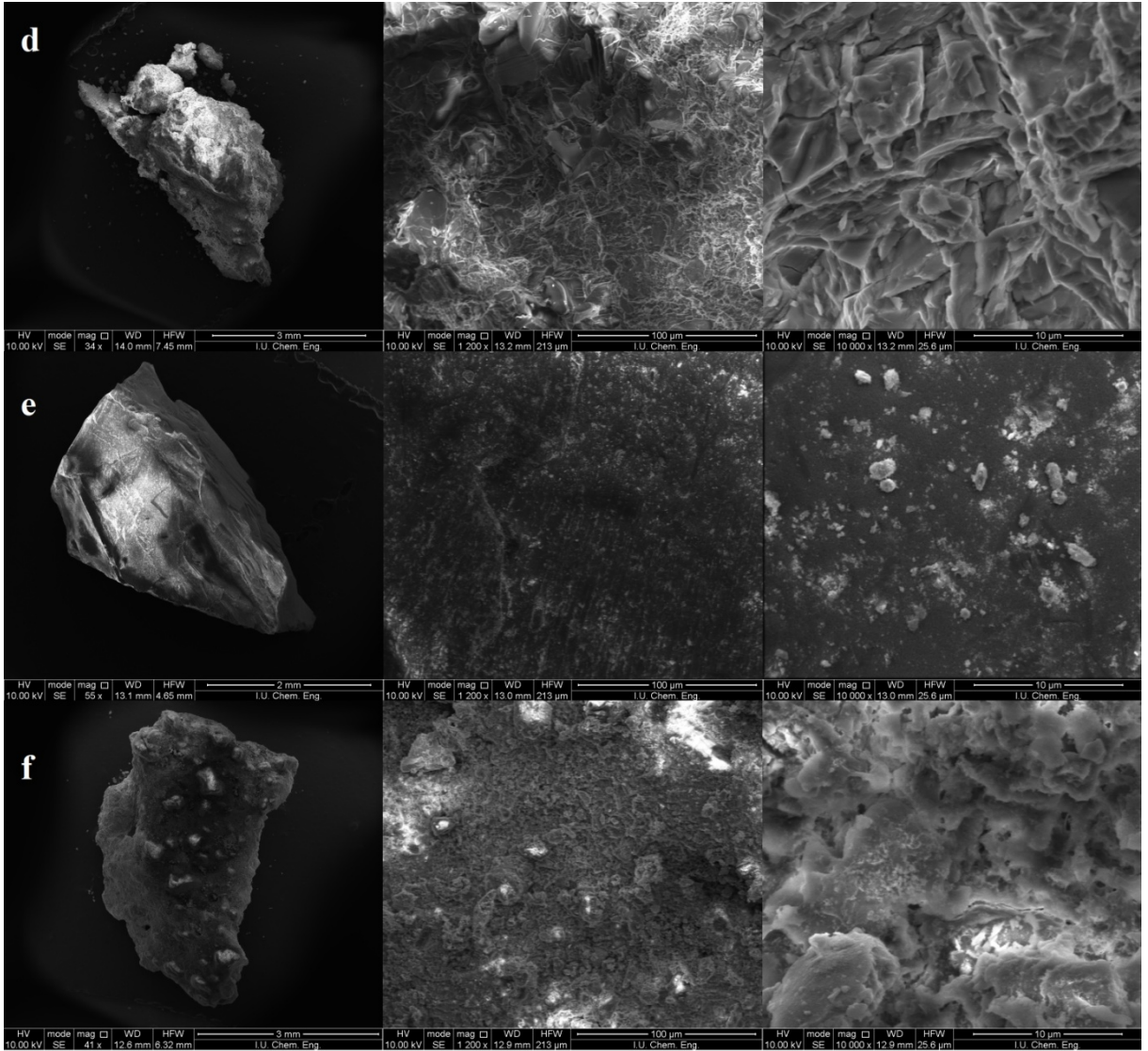
Tez kapsamında yapılan ilk analiz SEM cihazı ile yapılan yüzey taramasıdır. Bu tarama ile birlikte numunenin topografik/morfolojik özellikleri incelenmiştir. Bütçesel sebeplerden dolayı (daha sonraki analizler de düşünülerek) element haritaları bu çalışmada çıkartılmamıştır.

Elimizde bulunan 6 numunenin her biri çeşitli büyütme güçleri kullanılarak elektron mikroskopu ile görüntülenmiştir. Özellikle farklılık gösteren bölgelerin detaylı incelemeleri yapılmıştır. Tez kapsamında her bir numune için üç tane görüntü verilmiştir. Numunenin tamamı, 1200x ve 10000x ile alınan görüntüler tez kapsamında, Şekil 4.1’de verilmiştir.

SEM görüntüleri e^- kullanılarak oluşturulan görüntülerdir. Yüzeydeki e^- birikmesini önlemek ve iletimini sağlamak adına görüntü alınmadan önce numune uygun bir element ile kaplanır (örneğin altın). Ancak biz daha sonra XRD ve ICP-MS analizleri yapacağımız için ve sonuçlarda tutarsızlıklar oluşturmamak adına bu kaplama işlemini yapmadık. Bu sebepten dolayı bazı görüntülerde parlamalar oluşmuştur.



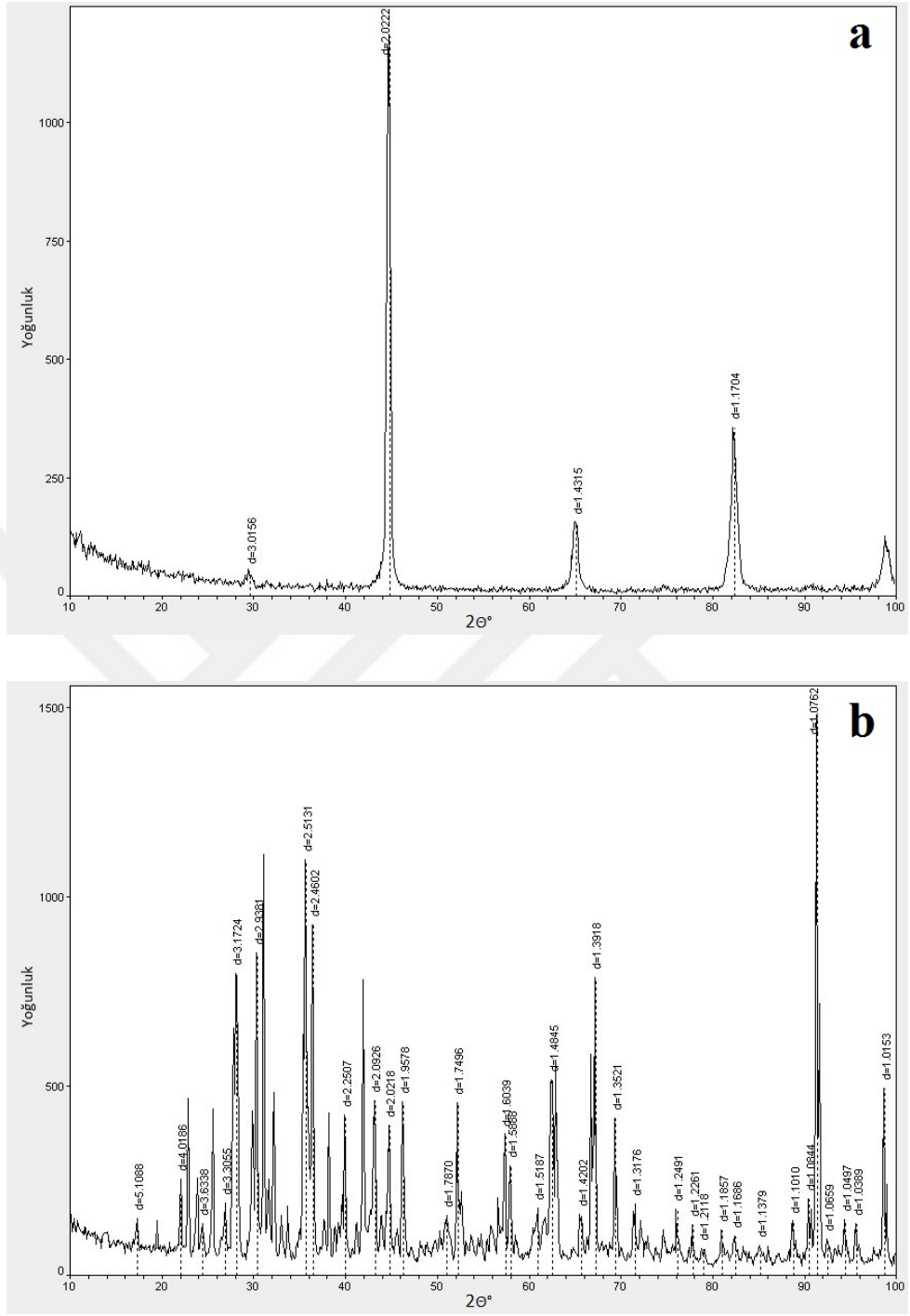
Şekil 4.1: Meteoritlerin SEM görüntüleri; a) Kayakent meteoriti, b) Sivas meteoriti, c) Bursa meteoriti.



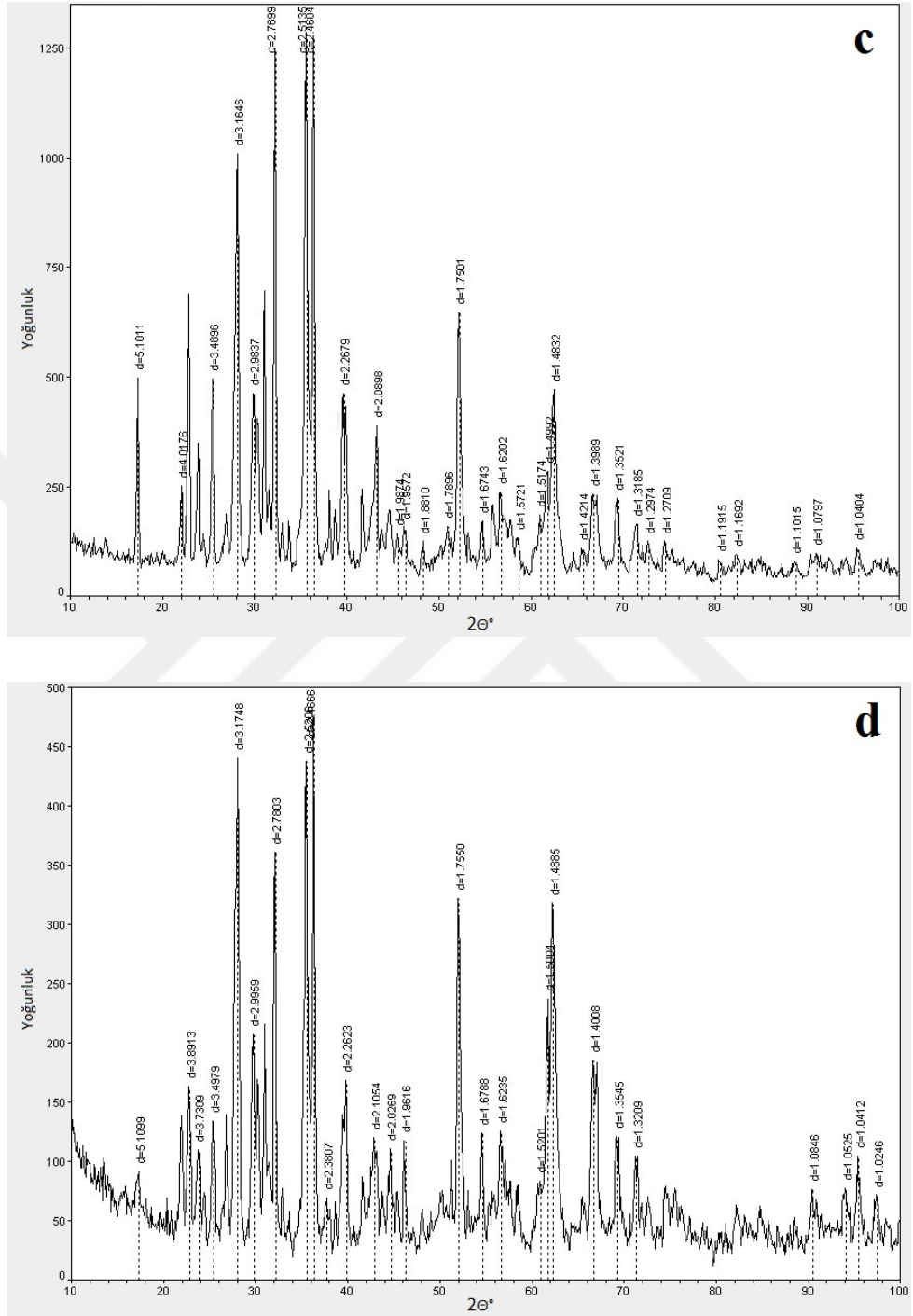
Şekil 4.1 (devam): d) Çanakkale meteoriti e) Palasit meteoriti, f) Gibeon meteoriti.

4.2. XRD SONUÇLARI

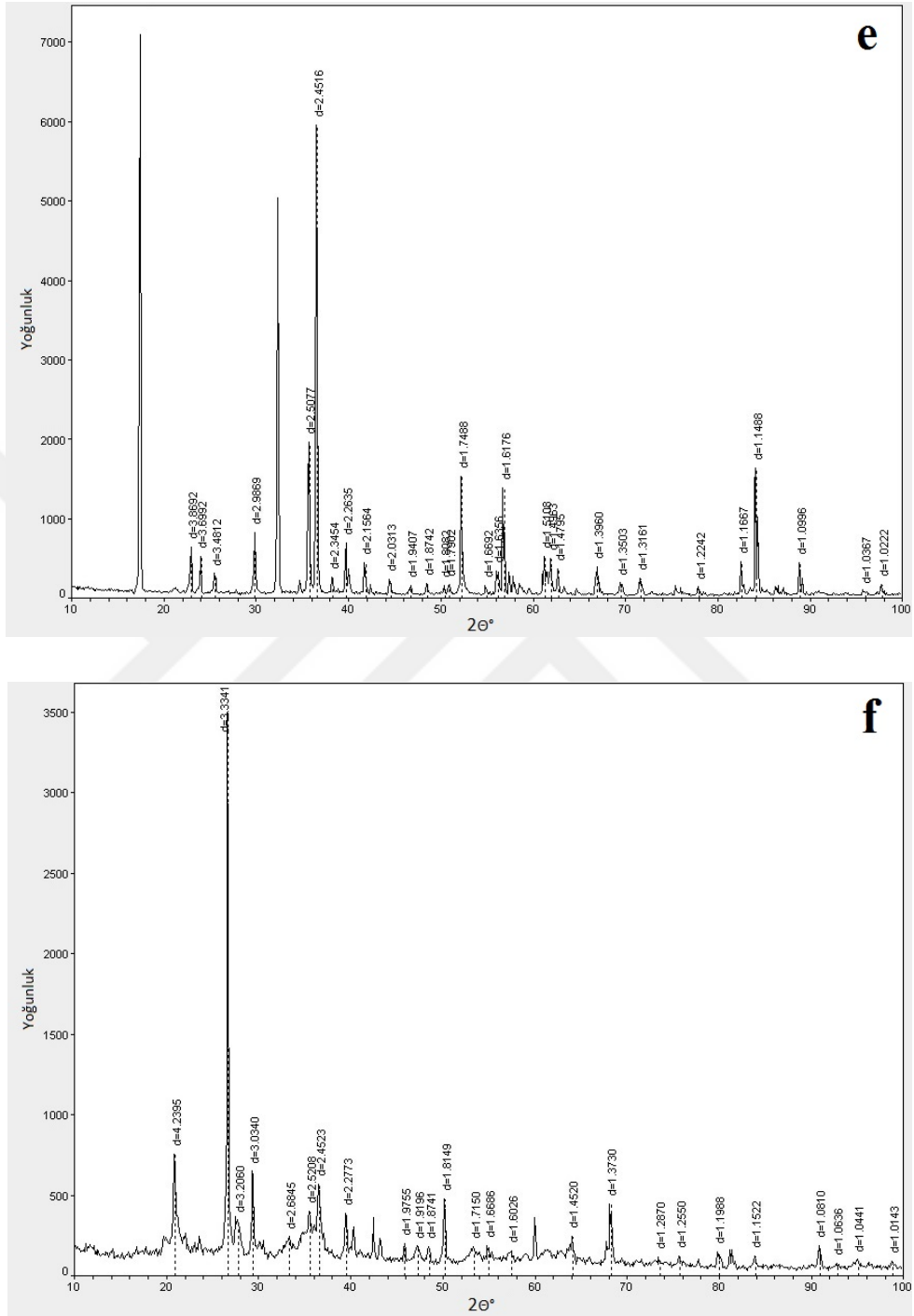
Bu tez kapsamında incelenen tüm örneklerin XRD spektrumları ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Yatay eksen, XRD toz kırınım metodun için tercih edilen $2\theta^\circ$ açısını, dikey eksen ise dedektörde algılanan x-ışını yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 4.2: Meteoritlerin XRD spektrumları a) Kayakent meteoriti, b) Sivas meteoriti.



Şekil 4.2 (devam): c) Bursa meteoriti, d) Çanakkale meteoriti.



Şekil 4.2 (devam): e) Palasit meteoriti, f) Gibeon meteoriti.

Analizin devamında, Jade 4.5 programı kullanılarak yapılan indirgeme/kütüphane eşleştirmesi sonucunda ulaşılan bileşen/mineraller ise Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Meteoritlerin XRD sonuçları. Numunede tespit edilen bileşenler, formülleri ve kristal sistemleri gösterilmektedir.

Meteorit	Bileşen	Formül	Kristal Sistemi
Kayakent	Demir	Fe	Kübik
	Germanyum Demir	Fe _{0.84} Ge _{0.16}	
	Kobalt Germanyum Manganez	Co ₂ GeMn	
	Paslanmaz Çelik	Fe-Cr	
	Krom-Demir-Nikel	Ni-Cr-Fe	
	Kamasit	Fe,Ni	
	Vairoit (Wairauite)	CoFe	
	Kobalt-Demir	Co ₃ Fe ₇	
Sivas	Vüstit	FeO	Kübik
	Albit	Na(Si ₃ Al)O ₈	Triklinik
	Manezoferrit	MgFe ₂₊₃ O ₄	Kübik
	Manganez Alüminyum Oksit	Mn ₂ AlO ₄	Kübik
	Forsterit	Mg ₂ SiO ₄	Ortorombik
	Albit, Kalsiyen	(Na,Ca)Al(Si,Al) ₃ O ₈	Triklinik
	Anortit, Sodyen	(Ca,Na)(Si,Al) ₄ O ₈	Triklinik
	Kukeit-Ia (Cookeite-Ia)	(Al ₄ Li)(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	Monoklinik
	Lityum Demir Oksit	Li _{0.5} Fe _{2.5} O ₄	Kübik
Gibeon	Kuars	SiO ₂	Heksagonal
	Silikon Sülfür	SiS ₂	Heksagonal
	Kurşun Bizmut Vanadyum Oksit	Pb ₄ BiVO ₈	Triklinik
	Moissanit	SiC	Heksagonal
Pallasite	Germanyum Demir	Fe _{0.8} Ge _{0.16}	Kübik
	Manezoferrit	MgFe ₂₊₃ O ₄	Kübik
	Maghemit	Fe ₂ O ₃	Tetragonal
	Kobalt Germanyum Manganez	Co ₂ GeMn	Kübik
Bursa	Albit	Na(Si ₃ Al)O ₈	Triklinik
	Forsterit	(Mg,Fe) ₂ SiO ₄	Ortorombik
	Forsterit	Mg ₂ SiO ₄	Ortorombik
	Kurşun Bizmut Oksit	Pb ₅ Bi ₈ O ₁₇	Ortorombik
Çanakkale	Demir	Fe	Kübik
	Maghemit	Fe ₂ O ₃	Tetragonal
	Donpekorit (Donpeacorite)	MgMnSi ₂ O ₆	Ortorombik
	Kobalt Demir	Co ₃ Fe ₇	Kübik
	Moissanit	SiC	Heksagonal

Yapılan analizlerde indirgemelerde insan hatasını minimumu indirmek esastır. Spektrum alırken, toz numunenin hazneye uygun yerleştirilmesi çok önemlidir. Ancak numune alırken de uygun şekilde almak gereklidir. Bizim burada yaptığımız hata Kayakent meteoritinde ortaya çıkmıştır. XRD sonuçlarında paslanmaz çelik görülmektedir ve numune alımı sırasında demir testere kullanılmasından kaynaklıdır.

Kristal sistemlerini yedi başlıkta inceleyebiliriz. Ancak bunlar farklı simetrilere sahip olabildiklerinden 32 tane kristal sistemi vardır. Bu yedi sistem ve sahip oldukları simetritler şu şekildedir; Küb-İzometrik (5), Heksagonal (7), Trigonal (5), Tetragonal (7), Rombusol-Ortorombik (3), Monoklinal (3), Triklinal (2). Kristalin biçimini büyüdükleri ortam koşulları belirlediğinden aynı türler farklı kristal yapı da gösterebilirler (Yeniyo, 2009).

4.3. ICP-MS SONUÇLARI

Tez kapsamında yapılan son analiz ICP-MS cihazı ile bazı mineral ve elementlerin tayinidir. Kalan bütçe de göz önünde bulundurularak yapılabilecek en kapsamlı analiz yapılmıştır. Kanada'da bulunan Bureau Veritas Mineral Laboratories'te yapılan analizler için, şirketin bize sunduğu olanaklar dahilinde LF201, AQ200 ve TC003 paketleri seçilmiştir. LF201 element ve mineral analizleri içermektedir. AQ200 sadece element analizlerini içerir. TC003 ise toplam karbon (C) ve sülfür (S) analizini kapsar.

TC003 paketi, toplam içerikteki karbon (C) ve sülfür (S) değerlerinin yüzdelik olarak ölçülmesini kapsar ve sonuçlar Tablo 4.3'te verilmiştir. Hem bu ölçümde hem de AQ200 paketi kapsamındaki ölçümlerde numune miktarının azlığı sorun yaratmıştır. Analizi yapan operatörlerin özverisi sayesinde çoğundan sonuç alınmıştır. Ancak sağlıklı ölçümler için minimum miktarın 5g/numune olduğu tarafımıza önceden bildirilmiştir.

Tablo 4.3: TC003 paketi kapsamında yapılan TOT/C ve TOT/S analizi sonuçları.

	TOT/C	TOT/S
Kayakent	0,18	<0,02
Sivas	0,22	1,45
Gibeon	1,81	0,12
Çanakkale	0,04	2,3

LF201 paketi kapsamında yapılan elemental analiz sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir. Bütün değerler ppm mertebesinde, 0,01 ile 8 arasında değişen hassasiyetlerle ölçülmüştür.

Tablo 4.4: LF201 paketi kapsamında yapılan element analizlerinin sonuçları.

Element (ppm)		Kayakent	Sivas	Gibeon	Pallasite	Bursa	Çanakkale
Ba	1	3	10	189	16	20	9
Be	1	<1	2	<1	<1	<1	1
Co	0.2	3920.9	834.5	1982.1	154.1	800.7	367.7
Cs	0.1	<0,1	<0,1	1.6	<0,1	<0,1	<0,1
Ga	0.5	17.0	6.3	59.5	<0,5	4.8	4.5
Hf	0.1	<0,1	<0,1	1.6	<0,1	0.1	0.2
Nb	0.1	1.0	22.2	3.3	<0,1	0.2	0.3
Rb	0.1	<0,1	2.2	22.9	0.5	3.2	2.7
Sn	1	8	<1	4	2	<1	<1
Sr	0.5	<0,5	9.2	159.8	1.8	11.6	10.8
Ta	0.1	<0,1	0.1	0.3	<0,1	<0,1	<0,1
Th	0.2	<0,2	<0,2	2.6	<0,2	<0,2	<0,2
U	0.1	<0,1	<0,1	0.6	<0,1	<0,1	<0,1
V	8	<8	47	<8	15	55	63
W	0.5	1.0	<0,5	1.1	<0,5	<0,5	<0,5
Zr	0.1	0.3	5.8	58.9	1.7	6.5	6.3
Y	0.1	0.3	1.9	5.1	0.4	1.5	2.5
La	0.1	1.0	1.1	7.7	0.9	0.5	0.4
Ce	0.1	0.3	1.2	13.0	0.8	1.0	1.5
Pr	0.02	0.08	0.15	1.61	0.10	0.14	0.13
Nd	0.3	<0,3	0.5	5.9	0.4	0.6	0.5
Sm	0.05	0.05	0.17	1.05	0.15	0.18	0.18
Eu	0.02	<0,02	0.06	0.21	<0,02	0.04	0.07
Gd	0.05	0.27	0.24	0.96	0.17	0.32	0.46
Tb	0.01	0.02	0.06	0.17	0.02	0.04	0.05
Dy	0.05	<0,05	0.25	0.83	<0,05	0.30	0.30
Ho	0.02	0.03	0.07	0.18	<0,02	0.11	0.09
Er	0.03	0.04	0.26	0.46	<0,03	0.21	0.25
Tm	0.01	<0,01	0.03	0.08	<0,01	0.03	0.03
Yb	0.05	0.05	0.13	0.57	<0,05	0.15	0.22
Lu	0.01	0.03	0.05	0.12	<0,01	0.05	0.04

LF201 paketi kapsamında yapılan mineral analizlerinin sonucu Tablo 4.5'te verilmiştir. İki mineral dışında (Fe_2O_3 ; 0,04 ve Cr_2O_3 ; 0,02) tüm mineraller 0,01 hassasiyetle ölçülmüştür. Sonuçlar, analizi yapılan mineralin diğer bütün minerallere göre yüzdelik payını göstermektedir.

Tablo 4.5: LF201 paketi kapsamında yapılan mineral analizlerinin sonuçları.

Mineral	Ağırlık	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	Cr_2O_3	Toplam
Birim	g	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hassasiyet	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,01
Kayakent	1,27	0,08	0,03	95,29	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	0,27	0,04	0,012	101,29
Sivas	0,30	33,93	1,81	44,24	22,20	1,58	0,75	0,07	0,10	0,19	0,44	0,473	107,27
Gibeon	1,13	16,38	2,73	62,26	0,39	2,44	0,36	0,59	0,14	1,01	0,02	0,010	90,16
Pallasite	0,66	40,81	0,22	17,21	42,46	0,03	0,01	<0,01	<0,01	0,34	0,24	0,081	101,97
Bursa	0,61	37,15	2,16	34,11	23,95	1,67	0,91	0,11	0,10	0,15	0,32	0,486	102,64
Çanakkale	3,88	41,46	2,26	28,67	25,83	1,87	0,96	0,10	0,11	0,17	0,35	0,533	103,54

AQ200 paketi kapsamında yapılan elemental analizlerin sonuçları Tablo 4.6 da verilmiştir. Altın (Au) ppb birimiyle, geri kalan tüm elementler ppm birimiyle ölçülmüştür. Kayakent ve Sivas meteoritlerinin miktarlarının çok az olması sebebi ile bu paket kapsamında bu meteoritlerinden sonuç alınamamıştır.

Tablo 4.6: AQ200 paketi kapsamında yapılan element analizlerinin sonuçları.

Element	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Bi	Ag	Au	Hg	Tl	Se
Birim	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm
Hassasiyet	0.1	0.1	0.1	1	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.01	0.1	0.5
Gibeon	6.6	68.7	5.0	23	>10000,0	10.9	<0,1	0.3	<0,1	0.9	793.1	0.04	0.1	0.8
Pallasite	0.7	8.9	1.8	8	6148.6	1.1	0.1	<0,1	<0,1	<0,1	37.7	0.03	<0,1	0.5
Bursa	0.8	97.2	20.0	52	>10000,0	<0,5	<0,1	<0,1	0.1	<0,1	212.8	0.11	<0,1	8.8
Çanakkale	0.8	87.3	0.2	18	>10000,0	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	171.8	0.10	<0,1	7.8

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Meteorit alanında yapılan araştırmalar yalnızca astronomiyle ilgili değildir. Jeoloji, biyoloji, kimya ve hatta endüstri değerinden dolayı özel sektörü de kapsamaktadır. Meteorit araştırmalarına genel olarak bakacak olursak, erken güneş sisteminin araştırılmasında; gezegenler, gezegen uyduları, asteroitler ve yıldızlararası ortamın bileşenlerinin tespitinde; olası bir insanlı Ay ya da Mars (doğrudan ya da Ay'dan gidişler) görevlerinde inişin gerçekleşeceği uygun bölgenin belirlenmesinde; astromadencilik alanında doğru hedefin belirlenmesi gibi konularda bize ışık tutmaktadır. Tüm bunların ötesinde Güneş Sistemi'nin incelenmesini en ekonomik yoldan bize sağlar.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de sergilenmekte olan (İÜ, EÜ ve MTA bünyesinde) altı adet meteorit incelenmiştir. Meteoritlerin morfolojileri hakkında bilgi edinmek için SEM ile yüzey taraması; kristal yapı ve mineral bileşiklerini belirlemek için XRD kırınım yöntemi; element bolluklarının ve oksit bileşenlerini belirlemek için ICP-MS yöntemi kullanılmıştır.

Şekil 4.1 incelendiğinde, benzer tip meteoritlerin benzer bir görüntü verdiği anlaşılmaktadır. Birer kondrit olan Sivas, Bursa ve Çanakkale meteoritleri morfolojik olarak birbirlerini andırmaktadırlar. Yüksek demir içerikli bir meteorit olan Kayakent meteoriti ise oldukça farklı (sade ve basit) bir morfoloji göstermektedir. Yine bir demir meteoriti olan ancak Kayakent kadar yüksek bir bileşene sahip olmayan Gibeon meteoriti ile palasit meteoriti de farklı yüzey görüntüsü sergilemektedirler. Yüzey incelemeleriyle doğrudan bir şeyler söylemek doğru olmayabilir ancak aralarında karşılaştırma yapılabilir.

Şekil 4.2'de ise XRD spektrumları görülmektedir. Yine burada da, benzer meteoritler benzer spektrumlar göstermektedir. Kayakent meteoriti diğerlerine kıyasla keskin hatlı ve gürültüsüz bir spektrum vermiştir. Sivas, Bursa ve Çanakkale meteoritleri ise daha fazla pik içeren ve gürültülü spektrumlar sunmaktadır. Palasit ve Gibeon meteoriti ise kondritler kadar karmaşık olmayan ancak Kayakent (demir meteoriti) kadar da net olmayan az gürültülü bir spektrum vermektedir.

Toplanan spektrumlar yardımıyla tespit edilen bileşenler ve kristal sistemleri Tablo 4.2'de gösterilmektedir. Her bir meteorit farklı sistemler barındırmaktadır. Sadece Kayakent

meteoritinin incelenmesi sonucu tek bir sistem (kübik) tespit edilebilmiştir. İncelenen diğer meteoritlerde tespit edilen sistemler şu şekildedir; Sivas meteoriti; kübik, monoklinik, triklinik ve orthorombik; Gibeon meteoriti, triklinik ve hegzagonal; Palasit meteoriti; künik ve tetragonal; Bursa meteoriti, triklinik ve orthorombik; Çanakkale meteoriti, Kübik, tetragonal, hegzagonal ve orthorombik. Bu analizin sonucunda ayrıca bir kontaminasyon da göze çarpmaktadır. Kayakent meteoritinde paslanmaz çelik tespit edilmiştir ve bunun kaynağı numune alımı sırasında kullanılan aparat parçalarının numuneye karışmasıdır. Kristal sistemlerinin önemi, kristalin oluşum yeri hakkında bize bilgi verebilmesidir ve aynı kristal farklı sistemlerde gelişebilir ancak bu araştırmalar farklı bir çalışmanın konusudur.

Kayakent meteoriti ile ilgili literatürde detaylı bir çalışma ya da veri bulunmamaktadır. Görsel inceleme sonucunda bile anlaşılabilen, damarlı bir kabuk yapısıyla dikkat çeken ve çok ağır olan bir meteorittir. Bizim yaptığımız analiz sonucunda %95,29 demir (Fe_2O_3) bileşeni ve 3920,9 ppm kobalt (Co) tespit edilmiştir. Demir meteoritler için önemli olan volfram (W) 1 ppm, galyum (Ga) 17 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu meteorit literatürde IIIAB demir meteoriti olarak yer almaktadır²⁰.

Sivas meteoritinin geçmişte incelendiği bir yüksek lisans tez çalışmasında, meteoritlerin bileşimindeki bazı minerallerin (Olivin, piroksen, plajioklas, trolit, kamasit ve taenit) incelenmesi sonucunda %80-85 silikat, %15-20 metalik mineraller gözlenmiştir. Meteorit türü olarak ise “taşlı demir-tipi” önerilmiştir. (Tuğrul, 2001). Yine Sivas meteoriti ile ilgili başka bir çalışma sonucunda ise silikat bileşenlerinin oranı %40-50 olarak tespit edilmiş, siderolit olarak sınıflandırma önerilmiştir (Çağatay ve Çopuroğlu, 1990). Yapılan analizlerin sonuçlarındaki farklılıklar, kullanılan yöntemlerden veya geçmiş yıllardakullanılan daha düşük teknolojiye sahip deney sistemlerinden kaynaklanıyor olabilir. Sivas meteoriti için bu tez kapsamında yaptığımız analiz sonucunda %33,93 silikat (SiO_2), %44,24 demir (Fe_2O_3) ve %22,2 magnezyum (MgO) bileşeni ile 10 ppm baryum (Ba), 834,5 ppm kobalt (Co), 22,2 niobyum (Nb) ve 47 ppb vanadyum (V) bu numunede tespit edilmiştir. Sivas meteoriti literatürde H6 sıradan kondrit olarak yer almaktadır.²¹ Ancak bu meteoritin başka bir sınıfa ait olabileceği ile ilgili detaylı bir çalışma Çiftçi (2019 yılında kendisi ile görüşülmüştür) tarafından yayınlanmak üzere hazırlanmaktadır. Bursa meteoritinin incelendiği çalışmada ise, silikat bileşenleri %75-80 olarak tespit edilmiştir. Yapılan diğer incelemelerle birlikte H5 ya

²⁰ <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

²¹ <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

da H6 sınıfı bir meteorit olabileceği önerilmiştir (Çağatay ve Çopuroğlu, 1990). Bizim yaptığımız analiz sonuçlarına göre, %37,16 silikat (SiO_2), %34,11 demir (Fe_2O_3) ve %23,95 magnezyum (MgO) bileşeni ile 20 ppm baryum (Ba), 800,7 ppm kobalt (Co), 11,6 ppm stronsiyum (Sr) ve 55 ppm vanadyum (V) tespit edilmiştir. Literatürde L6 sıradan kondrit olarak yer almaktadır.

Çanakkale meteoriti için bizim yaptığımız analiz sonuçlarında %41,46 silikat (SiO_2), 34,11 demir (Fe_2O_3) ve 23,95 magnezyum (MgO) bileşeni ile 367,7 ppm kobalt (Co), 10,8 stronsiyum (Sr) ve 63 ppm vanadyum (V) tespit edilmiştir. Çanakkale meteoriti literatürde L6 sıradan kondrit olarak yer almaktadır²².

Palasit meteoriti içinde sadece demir ve olivin barındırmasından dolayı yarı opak ve yarı saydam yapısı sebebi ile görsel olarak diğer meteorit türlerinden kolayca ayırt edilebilir. Yaptığımız analizler sonucu % 40,81 silikat (SiO_2), %17,21 demir ve %42,46 magnezyum bileşeni ile 16 ppm baryum (Ba), 154,1 ppm kobalt (Co) ve 15 ppm vanadyum (V) tespit edilmiştir. Literatürdeki hangi meteorit olduğu bilinmemektedir ancak palasit sınıfındadır.²³

Gibeon meteoriti bulunan en eski meteoritlerden biridir. Ancak incelediğimiz Gibeon meteoritin orijinal Gibeon meteoriti olup olmadığı konusunda soru işaretleri vardır. Gibeon, uluslararası veritabanına göre yüksek demir içerikli IVA sınıfı bir demir meteorittir. Yaptığımız analiz sonucunda %16,38 silikat (SiO_2) ve %62,26 demir (Fe_2O_3) ile 189 ppm baryum (Ba), 1982,1 ppm kobalt (Co), 59,5 ppm galyum (Ga), 22,9 ppm rubidyum (Rb), 159,8 ppm stronsiyum (Sr), 58,9 ppm zirkonyum (Zr), 13 ppm seryum (Ce), 68,7 bakır (Cu), 23 ppm çinko (Zn), 10,9 arsenik (As) ve 0,793 ppm altın (Au) tespit edilmiştir. Bu bağlamda demir meteoritlerin sınıflandırılmasında belirleyici olan elementlerden volfram, arsenik ve altın, literatür verileriyle uyumaktadır. Galyum değeri ise olması gerekenin (1,68-2,55 ppm) üstünde, bakır değeri ise olması gereken değer (108-209) ise altındadır.

Uluslararası alanda yürütülen, özellikle Antarktika ve Kuzey-Batı Afrika'daki meteorit toplama bölgelerine düzenlenen arama ve toplama seferleri sonucu mevcut meteorit sayıları ve buna bağlı olarak da yapılan çalışmalar artış gözlemlenmektedir. Ülkemizden de bu

²² <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>

²³ Literatürde 121 palasit bulunmaktadır. Bizim incelediğimiz bunlardan biri de olabilir, farklı bir palasit de olabilir.

bölgelerdeki araştırmalara katılımlar başlamıştır. Örneğin Antarktika'dan toplanan bazı meteoritler ölkemize getirilmiş ve incelemelerine başlanmıştır. Ulusal olarak baktığımız da ise, oluşturulan çalışma grupları ve bu uzantıda gerçekleştirilen toplantılar, meteorit alanında yapılacak alışmara daha fazla katılımın olması ve çalışmaların daha profesyonel hale getirilmesi için gayretler sergilenmektedir. Ayrıca, lisansüstü seviyede öğrenciler yetiştirilmekte ve tez çalışmaları yürütölmektedir.

Yapılan bu tez kapsamında elde edilen veriler literatürde çok az ya da hiç bir çalışma yapılmamış bazı Türk meteoritlerinin incelenmesi açısından önemlidir. Bu veriler ileride daha detaylı araştırmalarda kullanılabilir. Aynı meteoritlerden alınacak örnekler ile farklı analiz yöntemleri kullanılarak yapılacak incelemelerin sonucunda elde edilen verilerle birleştirilebilir. şu an için numune temininde sıkıntılar yaşanmaktadır ancak bu sorun aşıldığı takdirde bu çalışma genişletilerek daha detaylı hale getirilerek bahsi geçen meteoritlerin daha detaylı karakterizasyonlarının yapılması hedeflenmektedir. Örnek vermek gerekirse, bu meteoritlerde hiç organik madde aranmamış, numuneler kozmokimya açısından hiç değerlendirilmemiştir. Ek olarak, SEM görüntüleri ile sadece morfolojik bilgiler edinilirken EDX cihazı yardımı ile detaylı element haritaları çıkartılabilir. Gibeon ve palasit meteoritleri ile daha detaylı çalışmalar yapılarak literatüre katkı yapılabilir.

Sonuç olarak meteoritler alanında yapılan bu tez çalışmasının, literatüre katkı sunmasının yanında bu alanda yapılabilecek sonraki çalışmalara dikkat çekmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Afiattalab, F., Wasson, J.T., 1980, Composition of the metal phases in ordinary chondrites: implications regarding classification and metamorphism, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44(3), 431-466.
- Ammann, A.A., 2007, Inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP MS): A versatile tool, *Journal of Mass Spectroscopy*, 42 (4), 419-427.
- Batsala, M., Chandu, B., Sakala, B., Nama, S., Domatoti, S., 2012, Inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS), *IJRPC*, 2 (3), 671-680.
- Benedix, G.K., McCoy, T.J., Keil, K., Love, S.G., 2000, A petrologic study of the IAB iron meteorites: Constraints on the formation of the IAB-winonaite parent body, *Meteoritics and Planetary Science*, 35, 1127–1141.
- Bischoff, A., Palme, H., Schultz, L., Weber, D., Weber, H., Spettel, B., 1993, Acfer 182 and paired samples, an iron-rich carbonaceous chondrite: Similarities with ALH85085 and relationship to CR chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 2631–2648.
- Bogner, A., Jouneau, P.H., Basset, D., Gauthier, C., 2007, A history of scanning electron microscopy developments: Towards "wet-STEM" imaging, *Micron*, 38 (4), 390-401.
- Boss, A.P., Graham, J.A., 1993, Clumpy disk accretion and condrule formation, *Icarus*, 106, 168-178.
- Brearley, A.J., Jones, R.H., 1998, Chondritic meteorites, *Planetary Materials*, 36, C1.
- Buckwald, V.F.B., 1975, *Handbook of Iron Meteorites*, University of California Press, Berkeley.
- Buseck, P.R., 1977, Pallasite meteorites-mineralogy, petrology and geochemistry, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41 (6), 711-740.
- Clayton, R.N., Mayeda, T.K., 1996, Oxygen isotope studies of achondrite, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60 (11), 1999-2017.
- Cullity, B.D., 1978, *Elements of x-ray diffraction*, Addison Wesley Publishing Company, USA.
- Çağatay, A., Çopuroğlu, İ., 1990, Türkiye'deki bazı meteoritlerin mineralojisi, *MTA Dergisi*, 1990, 111, 89-90.
- Dağcı, M., 1997, *Türkiye'de meteorit kraterlerinin landsat uydu görüntülerinde aranması*, Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi.

- Delaney, J.S., Prinz, M., Takeda, H., 1984, The polymict eucrites, *Journal of Geophysical Research*, 89, C251-C288.
- Dunlap, M., Adaskaveg, J.E., 1997, *Introduction to the scanning electron microscope theory, Practice & Procedures*, U.C. Davis, California.
- Egerton, R.F., 2005, *Physical principles of electron microscopy and introduction to TEM, SEM, and AEM*, Springer, New York, ISBN: 0-387-25800-0.
- Endress M., Bischoff, A., 1993, Mineralogy, degree of brecciation, and aqueous alteration of CI chondrites Orgueil, Ivuna, and Alais, *Meteoritics*, 28, 345–346.
- Engel, M.H., Macko, S.A., 1997, Isotopic evidence for extraterrestrial non-racemic amino acids in the Murchison meteorite, *Nature*, 389, 265-268.
- Fathalizadeh, A., 2012, Eski Çağ'da demirin üretim teori ve teknolojisi, *Metalurji*, 164, 53-60.
- French, B.M., 1998, *Traces of catastrophe: A handbook of shock-metamorphic effects in terrestrial meteorite impact structures*, Lunar and Planetary Contribution, Houston.
- Frias, J.M., 2010, Meteorites and impacts: Research, cataloguing and geoethics, *Seminario SEM*, 10, 75-87.
- Gillis, J.J., Jolliff, B.L., Korotev, R.L., 2004, Lunar surface geochemistry: Global concentrations of Th, K, and FeO as derived from lunar prospector and Clementine data, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68 (18), 3791-3805.
- Grady, M., Pratesi, G., Cecchi, V.M., 2014, *Atlas of Meteorites*, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN: 978-0-521-84035-4.
- Gooding, J.L., Keil, K., 1981, Relative abundances of chondrule primary textural types in ordinary chondrites and their bearing on conditions of chondrule formation, *Meteoritics*, 16 (1). 17-43.
- Goodhew, P.J., Humphreys, J., Beanland, R., 2001, *Electron microscope and analysis 3rd edition*, Taylor & Francis, New York, ISBN:378-074809686.
- Grossman, J.N., 2010, *The Meteoritical Bulletein Database*, <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>, Ziyaret Tarihi: 14 Haziran.
- Hewins, R.H., 1988, Petrology and pairing of mesosiderites from Victoria Land, Antarctica, *Meteoritics*, 23 (2), 123-129.
- Hodge, P., 1994, *Meteorite craters and impact structures of the Earth*, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN: 978-0-521-36092-0.
- Hood, L.L., Horanyi, M., 1991, Gas dynamic heating of chondrule precursor grains in the solar nebula, *Icarus*, 93, 259-269.

- Huss, G.R., Rubin, A.E., Grossman, J.N., 2006, *Thermal Metamorphism in Chondrites, Meteorites and Early Solar System II*, In:Lauretta, D. (Ed.), McSween, H.Y. (Ed.), University of Arizona Press, Tuscon, 567-586.
- Hutchinson, R., 2004, *Meteorites: A petrologic , chemical and isotopic synthesis*, Cambridge University Press, New York, ISBN: 0-521-47010-2, 15-16.
- IAU F1, 2017, *Definitions on terms in meteor astronomy*, https://www.iau.org/static/science/scientific_bodies/commissions/f1/meteordefinitions_approved.pdf, [14 Haziran 2019].
- Janches, D., Brown, P., Jenninskens, P., Jopek, T.J., Kanuchova, Z., Kokhirova, G.I., Koseki, M., Rudawska, R., Rodriguez, J.M.T., Watanabe, J.I., *Nomenclature rules for meteor showers*, https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Dokumenty/shower_nomenclature.php, [Ziyaret tarihi: 14 Haziran 2019].
- Jenkins, R., 1999, *X-ray fluorescence spectrometry*, Wiley, USA, ISBN:9780471299427.
- Jenninskens, P., 2006, *Meteor Showers and Their Parent Body*, Cambridge University Press, New York, ISBN: 978-0-521-85349-1.
- Keil,K., Fredrikson, K., 1964, The iron, magnesium, and calcium distribution in coexisting olivines and rhombic pyroxenes of chondrites, *Journal of Geophysical Research*, 69 (16), 3487-3515.
- Keil, K., 1968, Mineralogical and chemical relationships among enstatite chondrites, *Journal of Geophysical Research*, 73 (22), 6945-6976.
- Keil, K., 1989, Enstatite meteorites and their parent bodies, *Meteoritics*, 24 (4), 195-208.
- Kızıllırmak, A., 1957, *Meteorit tozlarının günlük miktarlarının ölçülmesi için objektif bir metod*, Doktora, Ege Üniversitesi.
- Kinsman, J.H., 2014, Meteor showers in the Ancient Maya hieroglyphic codices, *Meteoroids 2013*, 3-5 Aralık 2013 Poznan, Poznan, Wydawnictwo Naukowe UAM, ISBN: 978-83-232-2726-7, 110-124.
- Korotev, R.L., 2017, *Some meteorites statistics*, http://meteorites.wustl.edu/meteorite_types.htm, [Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2019].
- Kring, D.A., 2017, *Guidebook to the geology of Barringer meteorite crater, Arizona (a.k.a. Meteor crater) 2nd edition*, Luna and Planetary Institute Contribution, Arizona,
- Lange, D.E., Larimer, J.W., 1973, Chondrules: An origin by impacts between dust grains, *Science*, 182, 920-922.
- Leshin, L.A., Rubin, A.E., McKeegan, K.D., 1997, The oxygen isotopic composition of olivine and pyroxene from CI chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 835–845.

- Scott, E.R.D., 1977, Pallasites-metal composition, classification and relationships with iron meteorites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(4), 349-360.
- Levison, H.F., 1996, Comet taxonomy, *ASP Conference Series*, 107, 173-191.
- Levy, E.H., Araki, S., 1989, Magnetic reconnection flares in the protoplanetary nebula and the possible origin of meteorite chondrules, *Icarus*, 81, 74-91.
- Levy, D.H., 2015, *David Levy's guide to observing meteor showers*, Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 978-0-521-69691-3.
- Liffman, K., 1992, The formation of condrules via ablation, *Icarus*, 100, 608-620.
- Lovering, J.F., Nichiporuk, W., Chodos, A., Brown, H., 1957, The distribution of gallium, germanium, cobalt, chromium, and copper in iron and stony-iron meteorites in relation to Ni content and structure, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 11(4), 263-278.
- Martins, Z., Botta, O., Fogel, M.L., Sephton, M.A., Glavin, D.P., Watson, J.S., Dworkin, J.P., Schwartz, A.W., Ehrenfreund, P., 2008, Extraterrestrial nucleobases in the Murchison meteorite, *Earth and Planetary Science Letters*, 270, 130-136.
- Marvin, U., 1993, The Meteoritical Society: 1933-1993, *Meteoritics*, 28, 261-314.
- McBride, K.M., Satterwhite, C.E., Righter, K., Curation of Antarctic meteorites at NASA Johnson Space Center, 73, *Annual meeting of Meteoritical Society*, 26-30 Augustos New York.
- McCoy, T.J., Scott, E.R.D., Haack, H., 1993, Genesis of the IIICD iron meteorites: Evidence from silicate-bearing inclusions, *Meteoritics*, 28, 552-560.
- McCoy, T.J., Keil, K., Clayton, R.N., Mayeda, T.K., Bogard, D.D., Garrison, D.H., Huss, G.R., Hutcheon, I.D., Wieler, R., 1996, A petrologic, chemical and isotopic study of Monument Draw and comparison with other acapulcoites: Evidence for formation by incipient partial melting, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 2681-2708.
- McKay, D.S., Gibson, E.H., Keprta, K.L.T., Vali, H., Romanek, C.S., Clemett, S.J., Chillier, X.F.D., Maechling, J.R., Zare, R.N., 1996, Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001, *Science*, 273, 924-930.
- McNaught, A.D., Wilkinson, A., 1997, *Compendium of chemical terminology 2nd edition*, Wiley, USA, ISBN:978-0865426849.
- McSween Jr., H.Y., Treiman, A.H., 1998, Martian meteorites, *Planetary Materials*, Papike J.J. (Ed.), *Reviews in Mineralogy*, 36, USA, 6-53.
- Mittlefehldt D.W., McCoy, T.J., Goodrich, C.A., Kracher, A., 1998, *Non-chondritic meteorites from asteroidal bodies*, *Planetary Materials*, In: Papike, J.J. (Ed.), *Reviews in Mineralogy*, 36, USA, 4-495.

- Nagahara, H., 1992, Yamato-8002: Partial melting residue on the “unique” chondrite parent body, *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Meteorites No:5,5-7* Haziran Tokyo,Tokyo, 191–223.
- Nyquist, L.E., Bogard D.D., Shih, C.Y., Greshake, A., Stöffler, D., Eugster, O., 2001, Ages and geologic histories of martian meteorites, *Space Science Reviews*, 96, 105-164.
- NomCom, 2015, *Categorization of finds and falls*, <https://www.lpi.usra.edu/meteor/docs/falls-finds.pdf>, [Ziyaret tarihi: 14 Haziran 2019].
- NomCom, 2015, *Guidelines for meteorite nomenclature*, <https://www.lpi.usra.edu/meteor/docs/nc-guidelines.htm>, [Ziyaret tarihi 14 Haziran 2019].
- Podolak, M., Cameron, A.G.W., 1974, Possible formation of meteoritic condrules and inclusions in the precollapse Jovian Protoplanetary atmosphere, *Icarus*, 23, 323-333.
- Powell, B.N., 1971, Petrology and chemistry of mesosiderites-II. Silicate textures and compositions and metal-silicate relationships, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35, 5-34.
- Prinz, M., Keil, K., Hlava, P.F., Berkley, J.L., Gomes, C.B., Curvello, W.S., 1977 Studies of Brazilian meteorites, III. Origin and history of the Angra dos Reis achondrite, *Earth Planetary Science Letters*, 35, 317–330.
- Prior, G.R., 1916, On the genetic relationship and classification of meteorites, *Mineralogical Magazine*, 18, 26-44.
- Pröfrock, D., Prange, A., 2012, Inductively coupled plasma–mass spectrometry (ICP-MS) for quantitative analysis in environmental and life sciences: A review of challenges, solutions and trends, *Applied Spectroscopy*, 66 (8), 843-868.
- Rasmussen, K.L., Wasson, I.T., 1982, A new lightning model for condrule formation, Condrules and Their Origins, *Lunar and Planetary Institute*, 53.
- Reid, A.M., Cohen, A.J., 1967, Some characteristics of enstatite from enstatite achondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31 (4), 661-670.
- Rubin, A.E., 1996, Kamacite and olivine in ordinary chondrites: Intergroup and intragroup relationships, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54 (5), 1217-1232.
- Rubin, A.E., 1997, Mineralogy of meteorite groups, *Meteoritics & Planetary Science*, 32, 231-247.
- Rubin, A.E., Scott, E.R.D. Keil, K., 1997, Shock metamorphism of enstatite Chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61 (4), 847-858.
- Rubin, A.E., Grossman, J.N., 2010, Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions, *Meteoritics & Planetary Science*, 45 (1), 114-122.

- Rudawska, R., Kanuchova, Z., Jopek, T., *List of all meteor showers*, https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Roje/roje_lista.php?corobic_roje=0&sort_roje=0, [Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2019].
- Schmus, W.R.V., Wood, J.A., 1967, A chemical-petrologic classification for chondritic meteorites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31 (5), 747.
- Scott, E.R.D, Krot, A.N., 2007, *Chondrites and their components*, Meteorites, Comets and Planets, In: Davis, A.M. (Ed.), Elsevier-Pergamon, Oxford, 130-202.
- Sears, D.W.G., Dodd, R.T., 1988, *Overview and classification of meteorites*, Meteorites and the Early Solar System, In: Kerridge, J.F. (ed), Matthews, M.S. (ed), The University of Arizona Press, Tuscon, 3-31.
- Sears, D., 2004, *The origin of chondrules and chondrites*, Cambridge University Press, New York, ISBN:978-0-521-83603-6.
- Shu, F.H., Sheng, H., Lee, T., 1996, Toward an astrophysical theory of chondrites, *Science*, 271, 1545-1552.
- Shultz, L., Palme, H., Spettel, B., Weber, H.W., Wänke, H., Christophe, M.L., Lorin J.C., 1982, Allan Hills A77081: An unusual stony meteorite, *Earth Planetary Science Letters*, 61, 23-31.
- Skoog, D.A., Holler, F.J., Crouch, S.R, 2006, *Principles of instrumental analysis 6th edition*, Cengage Learning, USA, ISBN:978-0495012016.
- Sonet, C.P., 1979, On the origin of chondrules, *Geophysics Research Letters*, 6, 677-680.
- Sorby, H.C., 1877, On the structure and origin of meteorites, *Nature*, 15, 498-498.
- Stöffler, D., Keil, Klaus, K., Scott, E.R.D., 1991, Shock metamorphism of ordinary chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55(2) 3845-3867.
- Takeda, H., 1997, Mineralogical records of early planetary processes on the howardite, eucrite, diogenite parent body with reference to Vesta, *Meteoritics and Planetary Science*, 32(6), 841-853.
- Tapur, T., Bozyiğit, R., 2016, Konya ili obruklarının turizm potansiyeli, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 34, 253-267.
- Thomas, R., 2004, *Practical guide to ICP-MS*, Marcel Dekker, New York, ISBN: 0-8247-5319-4.
- Tuğrul, A., 2001, *Şeyhhalil (Sivas-Yıldızeli) meteoritinin mineralojik ve petrografik incelenmesi*, Yüksek Lisans, Niğde Üniversitesi.
- Wai, C.M. Wasson, J.T., 1977, Nebular condensation of moderately volatile elements and their abundances in ordinary chondrites, *Earth and Planetary Science Letters*, 36, 1-13.

- Wasson, J.T., Kimberlin, J., 1967, The chemical classification of iron meteorites; II, Irons and pallasites with germanium concentrations between 8 and 100 ppm., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31 (2), 149-178.
- Wasson, J.T., Kallemeyn G.W., 1990, Allan Hills 85085: A subchondritic meteorite of mixed nebular and regolithic heritage, *Earth Planetary Science Letter*, 101, 148–161.
- Wasson, J.T., Choi, B.G., 2003, Main-group pallasites: chemical composition, relation to IIIAB irons and origin, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(16), 3079-3096.
- Weisberg, M.K., Prinz, M., Clayton, R.N., Mayeda, T.K., Grady, M.M., Franchi, I., Pillinger, C.T., Kallemeyn, G.W., 1996, The K (Kakangari) chondrite grouplet, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(21), 4253-4263.
- Weisberg, M.K., Prinz, M., Clayton, R. N., Mayeda, T.K., 1997, CV3 chondrites; three subgroups, not two, *Meteoritics & Planetary Science*, 32, 138–139.
- Weisberg, M.K., Prinz, M., Clayton, R.N., Mayeda, T.K., Sugiura, N., Zashu, S., Ebihara, M., 2001, A new metal-rich chondrite grouplet, *Meteoritics & Planetary Science*, 36, 401–418.
- Weisberg, M.K., Boesenberg, J.S., Ebel, D.S., *Lunar and Planetary Science XXXIII*, Gujba and the origin of the CB chondrites, 11-15 Mart 2002, Teksas, Houston,, Lunar and Planetary Institute, (CD-ROM).
- Weisberg, M.K., McCoy, T.J., Krot, A.K., 2006, *Systematics and evolution of meteorite classification*, Meteorites and the Early Solar System II, In: Lauretta, D.S. (ed), McSween Jr., H.Y. (ed), Bölüm I, The University of Arizona Press, Tuscon, ISBN: 978-0-8165-2562, 19-52.
- Whipple, F.L., 1966, Condrules: Suggestions concerning their origin, *Science*, 153, 54-56.
- Wlotzka, F., 1993, A weathering scale for the ordinary chondrites, *Meteoritics*, 28 (3), 460.
- Wood, J.A., 1963, The origin of condrules and condrites, *Icarus*, 2, 152-180.
- Yeniyol, M., 2009, *Mineraloji*, İstanbul, ISBN:978-605-60847-4-4.
- Yang, H.J., Park, C., Park, M.G., 2005, Analysis of historical meteor and meteor shower records, Korea, China and Japan, *Icarus*, 175 (1), 215-225.
- Zhang, Y., Huang, S., Schneider, D., Benoit, P.H., DeHart, J.M., Lofgren, G.E., Sears, D.W.G, 1996, Pyroxene structures, cathodoluminescence and the thermal history of the enstatite chondrites, *Meteoritics and Planetary Science*, 31 (1), 87-96.
- Zhou, W., Apkarian, R.P., Wang, Z.L., Joy, D., 2006, *Fundamentals of scanning electron microscopy (SEM)*, Scanning microscopy for nanotechnology, In: Zhou, W. (ed.), Wang, Z.L. (ed.), Springer, New York, ISBN:978-0-378-39620-0.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Özcan Çalışkan
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	09.12.1986
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	+905364309186
E-Posta Adresi	caliskanozcan@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ege Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Mezuniyet Yılı	27.06.2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri

Yüksek Lisans (Devam)	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Bilim Tarihi
Program Adı	Bilim Tarihi

Önlisans	
Üniversite	Anadolu Üniversitesi
Fakülte	Açık Öğretim Fakültesi
Bölümü	Dış Ticaret
Mezuniyet Yılı	2012

Lisans	
Üniversite	Anadolu Üniversitesi
Fakülte	İşletme Fakültesi
Bölümü	Konaklama İşletmeciliği
Mezuniyet Yılı	2015

Önlisans	
Üniversite	Anadolu Üniversitesi
Fakülte	Açık Öğretim Fakültesi
Bölümü	Fotoğrafçılık ve Kameramanlık
Mezuniyet Yılı	2017
Önlisans	
Üniversite	Anadolu Üniversitesi
Fakülte	Açık Öğretim Fakültesi
Bölümü	Tarım
Mezuniyet Yılı	2019
Lise	
İsmi	Mecidiyeköy Lisesi
Alan	Sayısal
Mezuniyet Yılı	2003

Makale ve Bildiriler
Poster, Meteorites of Turkey, Meteoroids 2013, Poznan, Polonya, 2013.
Poster, Results of the SEM, XRD and ICP-MS Analysis From Some Meteorites in Turkey, Meteoroids 2016, Noordwijk, Hollanda, 2016.
Katılımcı, MetSoc2018, Moskova, Rusya, 2018.
Katılımcı, International Astronomical Union General Assambley XXX, Viyana, Avusturya, 2018.
Katılımcı, IMC2018, Pezinok-Modra, Slovakya, 2018
Bildiri, Molecular Composition of A Recent Lunar Meteorite; Nortwest Africa 11474, MetSoc2019, Sapporo, Japonya, 2019.