**T.C.**
**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**
**AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**
**AFET YÖNETİMİ PROGRAMI**
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# DOĞAL AFETLER YÖNÜYLE TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİ

**Furkan KAÇAR**

**DANIŞMAN**
**PROF.DR. Gökhan TENİKLER**

**2023**

**T.C.**
**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**
**AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**
**AFET YÖNETİMİ PROGRAMI**
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# DOĞAL AFETLER YÖNÜYLE TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİ

**Furkan KAÇAR**

**DANIŞMAN**
**PROF.DR. Gökhan TENİKLER**

**İZMİR-2023**

**TEZ ONAY SAYFASI**

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Doğal Afetler Yönüyle Türkiye’de Volkanik Alan Yönetimi” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

..../..../2023

Furkan KAÇAR

İmza

**ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Doğal Afetler Yönüyle Türkiye'de Volkanik Alan Yönetimi**

**Furkan KAÇAR**

**Dokuz Eylül Üniversitesi**

**Sosyal Bilimler Enstitüsü**

**Afet Yönetimi Anabilim Dalı**

**Afet Yönetimi Programı**

**Yeryüzünde yaşanan birçok afet, toplumların yaşam standartları üzerinde ciddi baskılar oluşturabilmektedir. Volkanik kökenli afetlerin sonuçları da fiziksel, sosyal ve psikolojik yönden bireyleri etkileyebilmektedir. Geçmiş yıllardan beri yeryüzünde faaliyet gösteren volkanik hareketlilikler, Dünya'daki birçok coğrafi şeklin oluşumunu sağlamıştır. Volkanik aktiviteler, iklim, çevre, ekonomi, turizm ve havacılık üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu durum afet yönetimi kapsamında değerlendirildiğinde, volkanik tehlikelere karşı toplumların ve yaşam alanlarının güvenliğini sağlamak en temel görevlerden biri olarak düşünülmektedir.**

**Volkanik aktivitelerin sonuçlarından etkilenme potansiyeline sahip ülkelerde uygulanan volkanik alan yönetimi çalışmaları, toplumun bilinçlendirilmesi ve uygun adımlar atılarak olayların yönetilmesi aşamasında problemler taşıyabilmektedir.**

**Bu tez çalışmasında, dünya ve Türkiye'deki mevcut volkanik alan yönetimine dair çalışmalara yer verilmiş, bu çalışmalar afet yönetimi çerçevesinde değerlendirilerek Türkiye'de oluşturulması muhtemel bir volkanik alan yönetimi sırasında atılacak adımlara dair çıkarımlarda bulunulmuştur.**



**Anahtar Kelimeler: Afet, Volkan, Volkanizma, Volkanik Aktivite, Volkanik Alan Yönetimi**

**ABSTRACT**

**Master's Thesis**

**Volcanic Zone Management in Türkiye in terms of Natural Disasters**

**Furkan KAÇAR**

**Dokuz Eylül University**

**Graudate School of Social Sciences**

**Department of Disaster Administration**

**Disaster Administration Program**

**Most of the natural disasters that takes place on earth may have serious pressure on societies life standards. The results of volcanic disasters may effect people as physical, social and psychological ways. Volcanic mobilities operating on earth since past years, provide the formation of most of the geographical figures. Volcanic activities create important effects on climate, environment, economy, tourism and aviation. When this situation is evaluated as part of disaster management, it's thought that providing security for society's and habitats against volcanic dangers is thought one of the most basic mission.**

**The studies of volcanic zone management applied in the countries which has the potential of effecting from the results of volcanic activities, may have some problems in the process of societies consciousness raising and suitable steps in management of these subjects.**

**In this thesis study, it's given place to current worlds and Türkiye's volcanic zone's management studies, these studies are evaluated in terms of disaster management and it's deduced that for the steps in while any possible volcanic area management.**

**Keywords: Disaster, Volcano, Volcanism, Volcanic Activity, Volcanic Zone Management**

**DOĞAL AFETLER YÖNÜYLE TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİ**

**İÇİNDEKİLER**


TEZ ONAY SAYFASI İİ
YEMİN METNİ İİİ
ÖZET İV
ABSTRACT İV
KISALTMALAR X
TABLOLAR LİSTESİ Xİ
ŞEKİLLER LİSTESİ Xİİ

GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM
KAVRAMSAL ÇERÇEVE

1.1.AFET KAVRAMI 3
1.1.1. Afet Türleri 5
1.1.1.1. Doğa Kaynaklı Afetler 5
1.1.1.2. İnsan Kaynaklı Afetler 6
1.1.1.3. Karma (Hibrit) Afetler 8
1.1.2. Afet Yönetimi ve Evreleri 8
1.2. VOLKANİZMA KAVRAMI 12
1.2.1. Volkanların Oluşum Mekanizması 13
1.2.2. Volkan Tipleri ve Oluşturduğu Yer Şekilleri 16
1.2.2.1. Kül Koni Volkan Tipi 16
1.2.2.2. Stratovolkanlar(Kompozit Volkanlar) 17
1.2.2.3. Kalkan Volkanları 17
1.2.2.4. Volkan Kubbeleri 18
1.2.2.5. Maar 19
1.2.2.6. Kaldera 20
1.2.2.7. Gayzer 20

1.2.3. Volkanların Etkileri 21
1.2.3.1. Volkanik Aktivitelerin Çevre ve Sağlık Üzerine Olan Etkileri 22
1.2.3.2. Volkanik Aktivitelerin Göç Üzerine Olan Etkileri 24
1.2.3.3. Volkanik Aktivitelerin Ekonomi Üzerine Olan Etkileri 27
1.2.3.4. Volkanik Aktivitelerin İklim Üzerine Olan Etkileri 29
1.2.3.5. Volkanik Aktivitelerin Turizm Üzerine Olan Etkileri 31
1.2.3.6. Volkanik Aktivitelerin Meydana Getirdiği Fırsatlar 32

İKİNCİ BÖLÜM

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE VOLKANLARIN DURUMU

2.1. DÜNYA'DA VOLKANLARIN DURUMU, DAĞILIMI VE AKTİVİTELERİ 36
2.1.1. Dünya'da Sık Aktiviteleri Bakımından Öne Çıkan Volkanik Alanlar 41
2.2. TÜRKİYE'DE VOLKANLARIN DURUMU, DAĞILIMI VE AKTİVİTELERİ 43
2.2.1. Acıgöl Volkanik Alanı 45
2.2.2. Ağrı Volkanik Alanı (Ararat) 46
2.2.3. Erciyes Volkanik Alanı 48
2.2.4. Girekol Volkanik Alanı 49
2.2.5. Gölcük Volkanik Alanı 50
2.2.6. Göllüdağ Volkanik Alanı 52
2.2.7. Hasan Dağı Volkanik Alanı 53
2.2.8. Karacadağ Volkanik Alanı 57
2.2.9. Karapınar Volkanik Alanı 59
2.2.10. Kula Volkanik Alanı 60
2.2.11. Nemrut Dağı Volkanik Alanı 63
2.2.12. Tendürek Dağı Volkanik Alanı 64
2.3 GEÇMİŞTE DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YAŞANMIŞ ÖNEMLİ VOLKANİK OLAYLAR 66
2.3.1. Tarih Boyunca Dünya Üzerinde En Çok Can Kaybı Sayısı Meydana Getiren Bazı Volkanik Patlamalar 67
2.3.1.1. Milattan Önce 1627-1600 Santorini(Thera) Volkanı Patlaması 68
2.3.1.2. Milattan Sonra 79 Yılı Vesuvius Volkanı Patlaması 70

2.3.1.3. 1257 Samalas Volkanik Patlaması 71
2.3.1.4. Nisan 1815 Tambora Volkanı Patlaması 72
2.3.1.5. 20 Mayıs 1883 Krakatau Volkanı Patlaması 73
2.3.1.6. 8 Mayıs 1902 Pelée Volkanı Patlaması 74
2.3.1.7. 13 Kasım 1985 Nevado del Ruiz Volkanı Patlaması 77
2.3.2. Türkiye'de Holosen Dönemde Yaşanmış Bazı Önemli Volkanik Patlamalar 78
2.3.2.1. 1441 Nemrut Dağı Volkan Patlaması 79
2.3.2.3. 1855 Yılı Tendürek Volkanı Patlaması 84

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**
**DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİ**

3.1. DÜNYADA VOLKANOLOJİ ÇALIŞMALARI 86
3.1.1. Uluslararası Volkanoloji ve Dünya'nın İç Kimyası Derneği (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior- IAVCEI) 89
3.1.1.1. IAVCEI Volkanik Tehlike ve Risk Komisyonu (IAVCEI Commission on Hazards and Risk-CHVR) 91
3.1.2. Smithsonian Enstitüsü Küresel Volkanizma Programı (Smithsonian Institution Global Volcanism Program-GVP) 92
3.1.3. Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu-Volkan Tehlikeleri Programı (United States Geological Survey-Volcano Hazards Program -USGS) 93
3.1.4. Dünya Volkan Gözlemleri Örgütü (World Organization of Volcano Observatories-WOVO) 95
3.1.5. Volkanik Aktivitenin Orta Kızılötesi Gözlemlenmesi Projesi (Middle InfraRed Observation of Volcanic Activity-MIROVA) 98
3.1.6. Anonim Sismoloji Araştırma Kuruluşları (Incorporated Research Institutions for Seismology-IRIS) 98
3.1.7. Dünya Derin Karbon Gazı Giderme Projesi (Deep Earth Carbon Degassing-DECADE) 99
3.1.8. Volkanik Küresel Risk Tanımlama ve Analiz Projesi (Volcano Global Risk Identification and Analysis Project-VOGRIPA) 100

3.2. DÜNYADA VOLKANLARA KARŞI ALINAN ÖNLEMLER 101
3.3. DÜNYADA VOLKANİK ALAN YÖNETİM ÖRNEKLERİ 104
3.3.1. Amerika Birleşik Devletleri Volkanik Alan Yönetim Modeli 105
3.3.1.1. Volkan Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi 108
3.3.1.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme 111
3.3.1.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık 112
3.3.1.4. Volkanik Alan Yönetimi İçin Oluşturulan Ürünler 115
3.3.1.5. Volkanik Alan Yönetiminde Eğitim 117
3.3.1.6. Volkanik Alan Yönetimi İçin Haberler, Multimedya ve Bağlantılar 118
3.3.2. İtalya Volkanik Afet Yönetimi 119
3.3.2.1. Volkanik Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi 122
3.3.2.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme 124
3.3.2.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık 125
3.3.2.4. Volkanik Alan Yönetimi İçin Oluşturulan Ürünler 126
3.3.2.5. Volkanik Alan Yönetiminde Eğitim 128
3.3.3. Filipinler Volkanik Alan Yönetimi 129
3.3.3.1. Volkanik Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi 132
3.3.3.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme 133
3.3.3.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık 134
3.4. TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR VE ÖNERİLER 135
3.4.1. Türkiye'de Volkanoloji Çalışmaları 136
3.4.2. Türkiye'de Volkanik Aktivite Gösteren Alanların ve Potansiyel Risklerin Değerlendirilmesi 140
3.4.3. Türkiye'de Volkanik Alan Yönetimine İlişkin Öneriler 142

SONUÇ 153
KAYNAKÇA 156

## KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| **ABD** | Amerika Birleşik Devleti |
| **AFAD** | Afet ve Acil Durum Başkanlığı |
| **CBS** | Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| **EM-DAT** | Afet Acil Durum Veri Tabanı |
| **IAG** | Uluslararası Jeoloji Birliği |
| **IAGA** | Uluslararası Jeomanyetizma ve Havacılık Derneği |
| **IAPSO** | Okyanus Fizik Bilimleri Birliği |
| **IASPEI** | Uluslararası Sismoloji ve Yerkürenin İç Fiziği Derneği |
| **IAVCEI** | Uluslararası Volkanoloji ve Dünyanın İç Kimyası Derneği |
| **IDNDR** | Uluslararası Doğal Afetleri Azaltma On Yılı |
| **IEDA** | Dünya Entegre Veri Uygulamaları |
| **IGBP** | Uluslararası Jeosfer ve Biyosfer Programı |
| **IMEWS** | Volkanik Patlama ve İlgili Sismik Faaliyetler |
| **InSAR** | Interferometrik Yapay Açıklıklı Radar |
| **IUGG** | Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği |
| **MODIS** | Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spekroradyometresi |
| **MTA** | Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü |
| **NOAA** | Ulusal Okyanus Bilimi ve Atmosfer İdaresi |
| **NSF** | Ulusal Bilim Vakfı |
| **OLI** | Operasyonel Arazi Görüntüleyici |
| **TAMP** | Türkiye Afet Müdahale Planı |
| **TARAP** | Türkiye Afet Risk Azaltma Planı |
| **UNESCO** | United Nations Educational Scientific and Cultural Organization |
| **UNICEF** | Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu |
| **USGS** | ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu |
| **VEI** | Volkanik Patlama İndeksi |
| **VHUB** | Volkan Araştırma ve Risk Hafifletme |
| **VIIRS** | Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometre Paketi |
| **WHO** | Dünya Sağlık Örgütü |
| **WOVO** | Dünya Volkan Gözlemleri Örgütü |
| **WOVO** | Dünya Volkan İzleme Örgütü |

## TABLOLAR LİSTESİ

**Tablo 1:** Doğal Afetlerin Sınıflandırılması s. 6

**Tablo 2**: İnsan Kaynaklı Afetlerin Sınıflandırılması s. 7

**Tablo 3:** Holosen Dönem'de Aktivite Göstermiş Olan ve Aktif Statüde Yer Alan Volkanların Ülkelere Göre Dağılım Sayısı s. 38

**Tablo 4:** 2022 Yılında Meydana Gelmiş Bazı Volkanik Hareketlilikler ve Sonuçları s. 40

**Tablo 5:** 2023 Yılı İçerisinde Başlayan Volkanik Hareketlilikler (14 Nisan 2023 Tarihi Esas Alınmıştır) s. 41

**Tablo 6:** Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun Ülke Genelinde Kullandığı Volkanik Uyarı Sistemi ve Havacılık Renk Kodu Sistemi s. 109

**Tablo 7:** İtalya'da Etna Volkan'nın Uyarı Sistemi s. 123

**Tablo 8:** PHIVOLCS Uyarı Seviyesi Sistemi Mayon Volkanı Örneği s. 132

## ŞEKİLLER LİSTESİ

**Şekil 1:** Afet Yönetiminin Evreleri s. 10
**Şekil 2:** Kül Koni Volkan Tipi s. 16
**Şekil 3:** Stratovolkan (Kompozit Volkan) s. 17
**Şekil 4:** Kalkan Volkanı s. 18
**Şekil 5:** Volkan Kubbeleri s. 18
**Şekil 6:** Maar s. 19
**Şekil 7:** Kaldera s. 20
**Şekil 8:** Gayzer s. 21
**Şekil 9:** Holosen Volkanların Dünya Üzerindeki Dağılımı s. 37
**Şekil 10:** Türkiye'de Holosen Dönemde Aktif Olmuş Volkanların Harita Üzerindeki Gösterimi s. 45
**Şekil 11:** Acıgöl Volkanik Alanı s. 46
**Şekil 12:**Ağrı Volkanik Alanı (Ararat) s. 48
**Şekil 13:** Erciyes Volkanik Alanı s. 49
**Şekil 14:** Girekol Volkanik Alanı s. 50
**Şekil 15:** Gölcük Volkanik Alanı s. 52
**Şekil 16:** Göllüdağ Volkanik Alanı s. 53
**Şekil 17:** Schmitt ve Diğerlerinin 2014 Yılında Yaptıkları Çalışmayı Konu Alan Görsel s. 55
**Şekil 18:** Hasan Dağı Volkanik Alanı s. 57
**Şekil 19:** Karacadağ Volkanik Alanı s. 58
**Şekil 20:** Karapınar Volkanik Alanı s. 60
**Şekil 21:** Kula Volkanik Alanı'nda Bulunan Ayak İzi ve Kanlıtaş s. 62
**Şekil 22:** Kula Volkanik Alanı s. 62
**Şekil 23:** Nemrut Dağı Volkanik Alanı s. 64
**Şekil 24:** Tendürek Dağı Volkanik Alanı s. 66
**Şekil 25:** 1902 Pelée Volkan Patlaması Öncesi ve Sonrasına Ait Görseller s. 76
**Şekil 26:** Nemrut Volkan'ının 1441 Yılında Meydana Getirdiği Aktiviteyle Açığa Çıkan ve Kantaşı Olarak İsimlendirilen Kalıntı s. 81
**Şekil 27:** 2 Temmuz 1840 Patlaması Öncesi(a) ve Sonrası(b) Ağrı Dağı ve Yakınında Bulunan Akori (Ahuri) Köyü s. 83

**Şekil 28:** Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun Ülke Genelinde Kullandığı Volkanik Uyarı Simgeleri s. 110
**Şekil 29:** Hasan Dağı Bölgesi'nde Tehlike Bölgelerini Gösteren Harita s. 139
**Şekil 30:** Türkiye'de Patlama Potansiyeline Sahip Volkanların İllere Olan Uzaklığını Gösteren Harita s. 141
**Şekil 31:** Türkiye'de Patlama Potansiyeline Sahip Volkanların Risk Seviyeleri s. 142

# GİRİŞ

Volkanlar tarih boyunca görkemli yapıları nedeniyle insanlığı etkilemiştir. Henüz teknolojinin gelişmediği ve volkanlara ait hareketlerin gözlemlenemediği dönemlerde bile insanlar, volkanların patlayıcılığını resmetmiş hatta dinsel ritüellerinde ve efsanelerde dahi bahsetmiştirler.

Dünyanın var olmasıyla birlikte oluşan volkanlar, günlük yaşama dahil olmuş ve meydana getirdiği patlamalar ile insan hayatını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemiştir. Günümüzde dünya genelinde birçok volkanik alan, aktivite göstermektedir. Bu aktiviteler, kimi ülkeler için ölümcül sonuçlar doğururken kimi ülkelerde olaylara karşı yapılan planlamalar ile birlikte daha az etki göstermektedir.

Volkanların meydana getirdiği etkileri anlamak ve bu etkilerin bir felaket boyutunu almasını önlemek, afet yönetiminin temel amaçlarından biridir. Çünkü modern afet yönetim sistemi daha çok önlem almak, hazırlıklı olmak ve olası riskleri en aza indirmek üzerine inşa edilmiştir. Bu doğrultuda dünya genelinde özellikle volkanik patlama olayını sık bir şekilde yaşayan ülkelerin, afet yönetimi kapsamında gerçekleştirdiği "volkanik alan yönetimi" önem teşkil etmektedir.

Türkiye'de, volkanik alanların bulunması ve olası bir aktivitede can ve mal kaybına neden olabilecek riskler barındırması, çalışmanın temel dayanağını oluşturmaktadır. Uzun süredir volkanik aktivite yaşamamış Türkiye'de, konuyla ilgili bilincin artırılması için ne gibi çalışmalar yapılabilir ve bu çalışmalar için hangi kurum ve kuruluşlar görev alabilir gibi sorulara yanıt bulmak amaçlanmıştır. Mevcut afet yönetim sistemi içerisinde dünya ve Türkiye'deki volkanik alan yönetimine dair faaliyetlerin değerlendirildiği bu çalışmada, dünyadaki örneklerden çıkarımlar yapılarak Türkiye'deki volkanik alan yönetimine dair atılabilecek adımlara yer verilmiştir.

Doğa kaynaklı afetler yönüyle Türkiye'de bir volkanik alan yönetimini ele alan bu tez çalışması üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, kavramsal bir çerçeve oluşturularak, afet ve volkanizma kavramlarına yer verilmiş ve bu kavramlar detaylandırılarak volkanik alan yönetimi için temel bilgilerin oluşturulması amaçlanmıştır.

İkinci bölümde dünyada ve Türkiye'de volkanik alanların durumu, dağılımı ve aktivitelerine yer verilmiştir. Dünya ve Türkiye'de yer alan volkanik alanların

aktif, uyuyan veya sönmüş haldeki durumları, çeşitli coğrafyalardaki dağılımı ve günümüzde aktivite meydana getiren volkanik alanlar ile geçmişte öne çıkan aktiviteler göstermiş volkanik alanlara yer verilmiştir.

Çalışmanın son kısmı olan üçüncü bölümde ise dünyada ve Türkiye'de gerçekleştirilen volkanoloji çalışmalarına ve bu konuda faaliyetler yürüten kurum ve kuruluşlara, volkanik faaliyetlere karşı alınan önlemlere yer verilmiş ve dünyadaki volkanik alan yönetimi örnekleri incelenerek Türkiye'de gerçekleştirilebilecek volkanik alan yönetiminde atılabilecek adımlara dair önerilerde bulunularak değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada, kurumsal bir takım verilerin alınmasında yeterli bürokratik olanakların sağlanamaması nedeniyle Türkiye özelinde gerçekleştirilen ve her bir volkanik alanı kapsayan detaylı risk değerlendirmelerine yer verilememiştir.

# BİRİNCİ BÖLÜM
# KAVRAMSAL ÇERÇEVE

## 1.1.AFET KAVRAMI

Değişen iklim, insan kaynaklı doğanın tahribatı ve yeryüzündeki yapının doğal süreç sonucu değişimi yeni olay ve afetlerin oluşmasını tetikleyerek insanların olağandışı durumlara karşı olan hazırlık ve müdahalelerinin de yeniden gözden geçirilmesi sonucunu doğurmaktadır. Bu durum afet kavramının stabil ve kesin yargılara dayanan ifadelerle tanımlanmasını da zorlaştırmaktadır. Bu yüzden afetin tanımı, farklı kurumlar tarafından çeşitli şekillerde ele alınarak olabilecek en geniş ve kapsamlı tanımlar ortaya çıkarılmıştır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD) göre afet; "toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay. Afet bir olayın kendisi değil, doğurduğu sonuçtur" şeklinde tanımlanmıştır (AFAD, 2022).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) hazırladığı eğitim paketi raporunda afeti; "normal varoluş koşullarını bozan ve etkilenen toplumun uyum sağlama kapasitesini aşan düzeyde acıya neden olan bir olaydır" ifadesi ile açıklamıştır (WHO, 2023). Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) tanımına göre afet, olayın doğurduğu sonuçlar değil direkt olarak olayın gerçekleşmesidir.

1988 yılında Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi tarafından temelleri atılan ve Dünya Sağlık Örgütü ile birlikte Belçika Hükümeti tarafından da desteklenen Uluslararası Afet Veritabanı'na (EM-DAT) göre afet kavramı olayın gerçekleşmesi olarak tanımlanmıştır. EM-DAT' a göre afet; "yerel kapasiteyi aşan, ulusal veya uluslararası düzeyde dış yardım talebi gerektiren büyük hasara, yıkıma ve insanların acı çekmesine neden olan, öngörülemeyen ve genellikle ani gerçekleşen bir olaydır. Genellikle doğadan kaynaklansa da afetler insan kökenli olabilir" şeklinde tanımlanmıştır (EMDAT, 1999).

Afetin tanımı farklı kavramların açıklanması gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Zira bu kavramlar afet olgusu ile çok yakından ilişkilendirilebilir.

Örneğin "olay" kavramının afete dönüşmesi için meydana geldikten sonra maddi ve manevi olarak bazı sonuçlar doğurması gerekir. Benzer şekilde "zarar görebilirlik, kapasite ve risk" gibi kavramlar afet yönetiminin döngüsünde var olan ifadelerdir. Afet ile ilişkilendirilen bazı kavramlar şunlardır;

- **Tehlike:** Yaşam kaybına, yaralanmaya veya diğer sağlık etkilerine, mülk hasarına, sosyal, ekonomik veya çevresel bozulmaya neden olabilecek bir süreç, olgu veya insan faaliyetidir. (UNDRR, 2015).
- **Başa Çıkma Kapasitesi:** İnsanların, kuruluşların ve sistemlerin mevcut beceri ve kaynakları kullanarak olumsuz koşulları, riskleri veya felaketleri yönetme yeteneğidir (UNDRR, 2015).
- **Risk:** Tehlikenin bölgede bulunan nüfus, yerleşim yerleri ve doğa veya kültürel kaynaklı zenginlikleri üzerinde meydana getirebileceği olumsuz sonuçlarıdır. (Kadıoğlu, 2008: 4)
- **Zarar Görebilirlik:** Bireylerin veya varlıkların, tehlikenin olumsuz sonuçlarını öngörme, bunlara karşı direnme ve bunlardan kurtulma kapasitelerini belirleyen durumlardır. (Wisner ve Nivaran, 2003)

Afetler yeryüzünde birden meydana gelebileceği gibi yıllarca yavaş gelişerek de oluşabilir. Kuraklık, kıtlık ve iklim değişikliği gibi afetler uzun sürelerde gerçekleşirken deprem, sel, tsunami ve volkan patlamaları gibi afetler ise aniden ortaya çıkabilmektedir. Bu gibi durumlarda önceden hazırlık ve baş edebilme kapasitesinin güçlendirilmesi olası bir afetin etkilerinin en aza indirilmesi açısından önem arz etmektedir. Afetler doğa kaynaklı meydana gelebileceği gibi gelişen teknolojinin kullanılması ve artan hammadde ihtiyaçları nedeniyle insan kaynaklı da ortaya çıkabilmektedir. Endüstriyel kazalar, ulaşım kazaları, göçler ve patlamalar (kimyasal, nükleer ve mayın vb.) insanların neden olduğu afet çeşitleridir. Dünya üzerinde yapılan birçok savaş ise hammadde ihtiyacının artması ve buna bağlı olarak kaynak bakımından zengin ülkelerin sömürgeci devletler tarafından ele geçirilmek istenmesi nedeniyle meydana gelmiştir. Bu da büyük yıkımların oluşmasına ve çok fazla can kaybının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

### 1.1.1. Afet Türleri

Afetler yeryüzünde çok farklı şekillerde meydana gelebilmektedir. Bu farklılık da afetlerin sınıflandırılmasındaki çeşitliliği zorunlu kılmıştır. Çünkü afetler meydana geldiği bölgeye, süresine ve kaynaklarına göre farklılık gösterir. Genel olarak afet türleri iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar; doğa kaynaklı afetler ve insan kaynaklı afetlerdir. Ayrıca literatürde üçüncül bir afet türünün varlığı tartışılmaktadır. Hem insan hem de doğadan ötürü kaynaklanan bu afet türünde insanların meydana getirdiği tahribat sonucunda doğanın bu duruma karşı bir tepki vermesi ile afet meydana gelmektedir. Bu durum bazen de tersi şeklinde olmakta ve doğada meydana gelen olayın insanlar tarafından kötü bir şekilde yönetilmesi ile birlikte afet meydana gelebilmektedir.

#### 1.1.1.1. Doğa Kaynaklı Afetler

Doğal afetler doğadan güç alarak deprem, volkanik patlama, kasırga, sel, tsunami, yangın ve aşırı sıcaklıklar olarak yeryüzünde oluşabilir. Bu afetler jeolojik, meteorolojik, hidrolojik, klimatolojik ve biyolojik kökenli olarak meydana gelebilmektedir (Noji, 1991: 271). Farklı kökenlerden gelen afetler toplumun yaşam biçimini ani ve hızlı bir şekilde değiştirebilir. Bu değişimi engellemek ve normal hayatın akşını sağlamak için doğal afetlere karşı oluşturulacak en iyi yaklaşım modeli risk temelli olmalıdır. Doğada var olan tehlikelerin saptanması ve bu tehlikelerin nerede, nasıl ve ne şiddette meydana geleceğine yönelik politikalar geliştirilmesi ile beraber afet yönetimi daha çok risk odaklı hale gelecektir. Böylece doğa kaynaklı afetler, alanında uzman olan farklı disiplinlerdeki bilim insanlarının da tanımlaması ile birlikte daha az can ve mal kaybına neden olacaktır (Dölek, 2021). Doğal afetler içerisinde yer alan volkanik patlamalar dünyanın birçok noktasında meydana gelmektedir. Özellikle Pasifik Okyanusu çevresinde yoğun olan volkanik hareketlilik, Türkiye'de de aktif olarak yer almaktadır. Meydana geldiğinde çoğunlukla yakın çevresinde önemli hasara neden olan volkanik patlamalar, günlük yaşamın düzenini bozmakta ve daha sonrasında ikincil etkiler meydana getirebilmektedir.

**Tablo 1:** Doğal Afetlerin Sınıflandırılması

| | |
|---|---|
| **Dünya Yüzeyinin Altından Kaynak Alan Doğal Afetler** | • Deprem<br>• Tsunami<br>• Volkanik Patlamalar |
| **Topoğrafik Afetler** | • Heyelan<br>• Çığ |
| **Meteorolojik/Hidrolojik Afetler** | • Rüzgâr Fırtınaları (Tayfunlar, Siklonlar ve Kasırgalar)<br>• Dolu ve Kar Fırtınası<br>• Seller<br>• Kuraklık<br>• Orman Yangınları |
| **Biyolojik Afetler** | • Isı/Soğuk Dalgaları<br>• İstilalar (Çekirge, Böcek)<br>• Salgın Hastalıklar (Covid-19, Sıtma, Kolera, HIV vb.) |

**Kaynak:** Taib, Z. M., Jaharuddin, N. S., ve Mansor, Z. D. (2016). A review of flood disaster and disaster management in Malaysia. *International Journal of Accounting & Business Management*, *4*(3).

#### 1.1.1.2. İnsan Kaynaklı Afetler

İnsanoğlu yeryüzünde yaşamını daha iyi sürdürmek, yaşadığı sınırları genişletmek ve merakını gidermek amacıyla tarih boyunca birçok yenilik gerçekleştirmiştir. Bu yenilikler insanlığa yarar sağlasa da zaman zaman meydana gelen talihsizlik, ihmal ve bireylerin hırslarına dayanan olaylar çok büyük felaketlerin oluşmasına zemin hazırlamıştır (Tuncer, 2022: 164). Birinci Dünya Savaşı sonrası Almanya ile savaşın galibi olan müttefikler arasında imzalanan Versay Antlaşması'nın getirdiği ağır şartlar ve Almanya'nın o yıllarda izlediği saldırgan politikalar, insanlık tarihinin en ağır sonuçlanan insan kaynaklı afetlerinden biri olan İkinci Dünya Savaşı'na yol açmıştır. Literatürde teknolojik afetler olarak da adlandırılan insan kaynaklı afetler, biyolojik, kimyasal ve nükleer kazalar, siber saldırılar, ulaşım kazaları ve göç gibi insan ihmali, kastı veya dikkatsizliği sonucunda

meydana gelebilmektedir (Boduroğlu, 2017). Özellikle modern sanayi toplumlarının giderek artması ve bunların getirdiği teknolojik ilerlemeler ile birlikte yeni ihtiyaç alanlarının oluşması daha öncesinde var olmayan teknolojilerin yeryüzünde konuşlandırılmasını gerek kılmıştır. Bu da olası risklerin artmasına zemin hazırlamış ve yeni geliştirilen teknolojilerin de afet yönetimi açısından sorgulanmasına yol açmıştır (Coleman, 2006). Zira 26 Nisan 1986 yılında Sovyetler Birliği'ne bağlı Ukrayna Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti'nde meydana gelen Çernobil Nükleer Santral Kazası sonucunda yakın ülkeler de bu durumdan etkilenmiştir. Türkiye de kazadan sonra birtakım önlemler almak zorunda kalmış ve üç aşamalı bir çalışma yürütmüştür. Bunlar; canlı hayatını etkileyen acil durumu kontrol altına almak, siyasi bir politika oluşturmak ve uluslararası ilişkilerde mutabakat sağlamaktır (Kılıç, 2017: 161).

**Tablo 2:** İnsan Kaynaklı Afetlerin Sınıflandırılması

| | |
|---|---|
| **Sosyo-Teknik Afetler** | • Patlamalar (Kimyasal, Nükleer ve Mayın)<br>• Yangınlar<br>• Kirlilik (Kimyasal Kirlilik, Asit Yağmurları ve Atmosfer Kirlenmesi)<br>• Kaçaklar ve Toksik Salınımlar<br>• Sanayi Kazaları |
| **Ulaşımdan Kaynaklanan Afetler** | • Hava Yolu Kazaları<br>• Kara Yolu Kazaları<br>• Deniz Yolu Kazaları<br>• Demir Yolu Kazaları |
| **Üretimden Kaynaklanan Afetler** | • Bilişim Sistemleri Arızası<br>• Hatalı Üretilen Malların Dağıtımı |
| **Ulusal ve Uluslararası Hareketlilikten Kaynaklanan Afetler** | • Sivil Grevler ve İtaatsizlikler<br>• Terör Saldırıları<br>• Ülkeler Arası Savaşlar<br>• Göç |

**Kaynak:** Taib, Z. M., Jaharuddin, N. S., ve Mansor, Z. D. (2016). A review of flood disaster and disaster management in Malaysia. *International Journal of Accounting & Business Management*, *4*(3).

#### 1.1.1.3. Karma (Hibrit) Afetler

Afetlerin literatürde genellikle insanlardan veya doğadan güç alarak meydana geldiği belirtilmektedir. Fakat zaman zaman bir olayın tek başına doğadan veya insandan güç alarak afet boyutunu alması mümkün olmamaktadır. Ibrahim Mohamed Shaluf 2007 yılında yaptığı bir çalışma ile birlikte "karma(hibrit)" bir afet türünün varlığından bahsetmiştir. Shaluf'a göre doğa veya insan kaynaklı meydana gelen bir olay birbirini destekler nitelikte güçlenerek yeni bir boyut alıp can ve mal kaybı ile birlikte psikolojik ve sosyal kayıpları da doğuruyorsa bu durumda karma (hibrit) bir afetten söz edilebilir. Örneğin, ormanların insan eli tarafından tahribatı sonucunda şiddetli yağmurlar ile birlikte heyelan afeti meydana gelebilmektedir. Burada ilk durumda ne doğa ne de insan kaynaklı bir afetten söz edilemezken bunların birleşimi sonucunda bir felaket ortaya çıkabilmektedir. Karma afetlere; sel ve taşkın olabilecek alanlara yapılan inşaatlar sonucunda görülen afetler, çığ veya volkanik patlamaların meydana gelebileceği alanlarda kurulan yerleşim yerlerinin zarar görmesi ve heyelan örnek verilebilir (Shaluf, 2007).

### 1.1.2. Afet Yönetimi ve Evreleri

Afetler yeryüzünün var olmasından bu yana dönemin koşullarına uygun olarak çeşitli şekillerde meydana gelmiştir. Geçmiş yüzyıllarda daha çok doğadan kaynaklanan afetler, teknolojinin gelişimi ile birlikte insan faaliyetlerinden kaynaklanan afetler ile artış göstermiştir. Fakat teknolojinin gelişmesi sadece afetlerin görülme sıklığını artırmamış bunun yanında birtakım fırsatlar da yaratarak afetlerin önlenmesine ve etkilerinin azaltılmasına da yardımcı olmuştur. Dünyada afet yönetiminde paydaş olan birçok aktör izlediği politikalar ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte attığı yeni adımlarla afet risklerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Fakat riskin yok edilebilir bir seviyeye getirilmesi ise mümkün görülmemektedir. Çünkü doğada var olan tehlikeler başka bir doğa veya insan kaynaklı etkilerle tekrar tetiklenerek aktif bir felaket haline gelebilmektedir. Bu yüzden yeryüzünde tüm ülkelerin kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları ile birlikte diğer paydaşları da dâhil eden aktif bir afet yönetim sürecine sürekli ve

sonsuz olarak sahip olma ihtiyacı yadsınamayan bir gerçektir (Lettieri, Masella ve Radaelli, 2009: 125).

Afetler çok farklı şekillerde insan hayatını etkileyebilir veya varlıklar üzerinde olumsuz etkiler doğurabilir. Oluş zamanı ve sırası da tam olarak bilinemeyen afetler bu yönüyle önceden hazırlanma, etkilerini araştırma, toplumu bilinçlendirme ve planlama gibi konularda insanoğlunu mecburiyette bırakmaktadır (Erkal ve Değerliyurt, 2009: 151). Afet yönetiminin temelini oluşturan bu çalışmalar özellikle 1950'li yıllardan sonra hız kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı'nın neden olduğu ölümler ve savaşta kullanılan silahların etkileri insanlığı daha sonra temelinde sivilin olduğu bir koruma politikasına itmiştir. Soğuk Savaş'ın hakim olduğu ve özellikle nükleer, kimyasal ve biyolojik tehditlerin büyük potansiyel taşıdığı dönemin sonları olan 90'lı yıllara kadar "sivil koruma" temelli yaklaşımlar afet yönetimine hakim olmuştur. 90'lı yıllardan 2000'li yılların ortasına kadar kırsaldan kente göçler ve artan sanayileşme ile birlikte sadece birey temelli değil daha bütüncül ve çoğunluğu kapsayan bir afet yönetim anlayışı benimsenmiştir. 2010'lu yıllardan itibaren ise daha çok risk temelli, afet öncesi hazırlığa ve kapasitenin güçlendirilmesine odaklanan, bununla birlikte afet sırası ve sonrasında yapılacakları afet meydana gelmeden önce araştıran, bütün paydaşların rolünün net olarak tanımlandığı bir bütünleşik afet yönetim sistemine odaklanılmıştır (Yaman, Ayrancı ve Helvacıoğlu, 2020: 206-207).

Günümüzde afet yönetimi toplumu da içine alan, kamu kurumları ve sivil kuruluşlar ile birlikte üniversiteleri de kapsayan bütünleşik bir yapıdadır. Afet yönetimi:

> *Riskli alan ve konuların tespiti; doğal, teknolojik, sosyal, beşeri, politik koşulların kontrolü; rasyonel plan, politika ve yöntemlerin geliştirilmesinin sağlanması; karar alıcı ve uygulayıcıların eğitimi dâhil, her detayın düşünülerek yönlendirilmesi, farkındalığın artırılması ve bir kültür olarak benimsetilmesi ile ilgili yönetimde "planlamadan kontrole" kadar olan süreci kapsayan, merkezinde kamu yönetiminin yer aldığı, disiplinlerarası bir çalışmadır* (Karaman, 2017: 2-3).

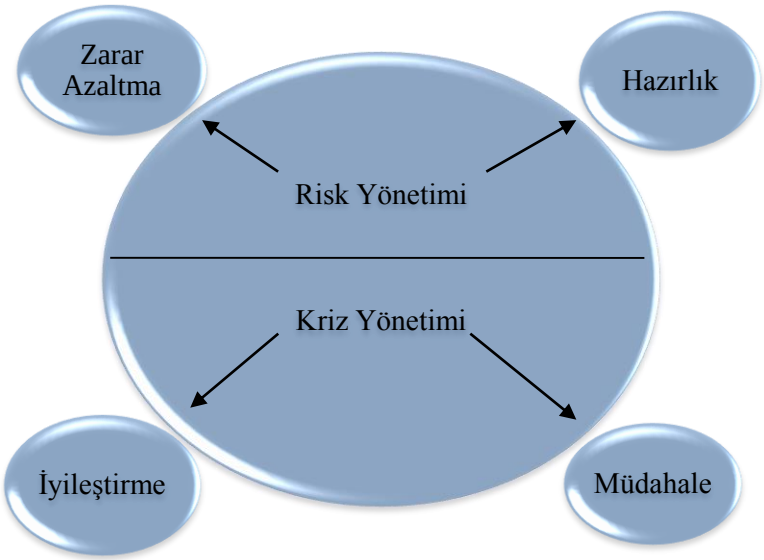
Afetlerin neden olduğu karmaşık durumlar afet yönetimin farklı evrelerde incelenmesini de beraberinde getirmiştir. Bu evreler genel olarak birbirini takip ederken şiddetli felaketlerin meydana geldiği durumlarda ise zaman zaman iki evrenin aynı anda planlanması da söz konusu olmaktadır (Taştan, 2015). Örneğin, 6

Şubat 2023 tarihinde Türkiye'de Kahramanmaraş merkezli meydana gelen depremler müdahale ve iyileştirme çalışmalarının bazı zamanlarda birlikte yürütülmesine neden olmuştur.

Türkiye'de 2009 yılına kadar Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Acil Durum Genel Müdürlüğü, Sivil Savunma Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi ve Afet Merkez Koordinasyon Kurulu gibi çeşitli birimler afet yönetiminde görev almıştır (Kemaloğlu, 2015). 2009 yılında ise 5902 sayılı kanun ile birlikte afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, dönemin Başbakanlığına bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur (Resmi Gazete, 2009). 15 Temmuz 2018 tarihinde ise Cumhurbaşkanlığı Hükümet Sistemi kapsamında 4 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı İçişleri Bakanlığı'na bağlanmıştır (AFAD, 2009).

Afet yönetimi dört farklı aşamadan meydana gelmektedir. Bu aşamalarda yapılan çalışmalar afet öncesinde "risk yönetimi", afet sonrasında ise "kriz yönetimi" adı altında toplanmaktadır. Birbiri ile ilişkisi bulunan bu aşamalar Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Şekil 1:** Afet Yönetiminin Evreleri



- **Zarar Azaltma:** Afetin meydana gelmesinin ardından müdahale ile başlayan ve oluşabilecek afete kadar geçen sürede mevcut ve yeni etkileri en az indirmek için yapılan tüm fiziki ve yönetimsel çalışmalardır. Bu çalışmalar toplumun da katılımını sağlayacak şekilde genişletilmelidir (Güler, 2008: 35).
- **Hazırlık:** Hazırlık evresi, afet meydana geldiğinde olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla hızlı ve etkili bir yaklaşımı öngören ve afet meydana gelmeden gerçekleştirilen evredir. Bu evrede yapılanlar; afet yönetim planlarının oluşturulması, toplumun eğitim ve tatbikatlar ile afete hazır hale getirilmesi, afet anında bölgede bulunacak personelin eğitilmesi, depo ve stok durumun oluşturulması ve kapasitenin güçlenmesi için altyapının oluşturulması şeklindedir (Şengün ve Temiz, 2007: 265).
- **Müdahale:** Afet meydana geldikten sonra oluşan hasarı, normali dışına çıkan günlük yaşamı ve olağanüstü durumları kontrol altına almak, acil olarak ilk yardım faaliyetlerini yürütmek ve hayati işlevleri ayakta tutmak, olağan yaşamı bir an önce eskisine döndürmek amacıyla yapılan çalışmalardır. (Ekşi, 2015: 93).
- **İyileştirme:** Afetten etkilenen toplumun gelecekteki afet riskini önlemek veya azaltmak için geçim kaynaklarının ve sağlığının yanı sıra ekonomik, fiziksel, sosyal, kültürel ve çevresel varlıklarının, sistemlerinin ve faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma ve yeniden inşa ilkeleriyle uyumlu hale getirilmesidir (UNDRR, 2015).

Türkiye'de mevcut afet yönetimi sistemi içerisinde etkin kurum Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'dır (AFAD). AFAD, afet yönetiminin evreleri olan zarar azaltmadan iyileştirmeye kadar planlama, hazırlık, kamu ve sivil kurum ve kuruluşlarının koordinasyonu, barınma, kurtarma ve eğitim gibi birçok faaliyeti gerçekleştirmektedir. Bu faaliyetler farklı afet türlerine göre önceden hazırlanmış planlar doğrultusunda yürütülmektedir. Türkiye'de 2015 yılında Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) yürürlüğe girmiştir. TAMP'ın amacı; afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemektir. Ayrıca 2022 yılında Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP) yürürlüğe girmiştir. TARAP'ın

da amacı; afet risklerini en aza indirebilmek için afetler olmadan gerçekleştirilmesi gereken faaliyetleri bir süreç dahilinde sorumluları ve sorumlulukları ile birlikte tanımlayan sürdürülebilir bir plan olmasıdır (AFAD, 2009). Türkiye'nin modern dönemde afetleri yönetmek için yürürlüğe koyduğu bu iki ana planda yer alan birçok afet türü mevcuttur. Bunlara yönelik yapılacak çalışmalar ve bu çalışmalarda rol üstlenecek paydaşlar belirtilmiştir. Fakat bu afetler arasında volkanik olaylara ilişkin çalışmalar yer almamaktadır. Benzer şekilde Mevzuat Bilgi Sistemi'nde de volkanik bir olaya yönelik tasarının olmaması ve geliştirilen çalışmaların akademik çevreler ve bazı kurum ve kuruluşlar ile sınırlı kalması ileride meydana gelebilecek volkanik kökenli bir afete karşı riskleri artıracaktır.

## 1.2. VOLKANİZMA KAVRAMI

Yeryüzü, yüzyıllar boyunca çeşitli durumlardan etkilenerek meydana gelmiştir. Bu durumlardan birisi de volkanizmadır. Volkanizma, temel olarak magmanın yeryüzüne çıkması olayıdır. Britannica Ansiklopedisi volkanizmayı; "volkanlar, gayzerler ve fümeroller dâhil olmak üzere erimiş kayanın, piroklastik parçaların veya sıcak su ve buharının yüzeysel deşarjı ile ilişkili çeşitli süreç ve fenomenlerin herhangi biridir" şeklinde tanımlamıştır (Britannica, 2023). Volkanların Ansiklopedisi'nde ise volkanizma; "içten türemiş magmanın yüzey birikintileri oluşturmak üzere püskürmesi" olarak ifade edilmiştir (Sigurdsson ve diğerleri, 2015: 702).

Volkanizma olayına neden olan magma derinlerde çeşitli düzeylerde basınca maruz kalmaktadır. Bu basınç hafiflediğinde ise magma yüzeye doğru hareket etme şansı bulmaktadır. Bunun sonucunda meydana gelen patlamaya "volkanik patlama", magmanın yeryüzüne varmak için kullandığı bacaya ise "volkan" adı verilmektedir (Akyürek, 2022: 281). Volkanizma olayı gerçekleşirken magma yer kabuğunu aşamaz ve yüzeye çıkamazsa "derinlik volkanizması" adı verilir. Fakat magma yer kabuğunu aşarak yüzeye ulaşırsa buna "yüzey volkanizması" denir (Sür, 1994: 29).

### 1.2.1. Volkanların Oluşum Mekanizması

Volkanlar ya da diğer adıyla yanardağlar tarihsel süreç içerisinde çok eski dönemlerden beri patlamalar meydana getirmiştir. Bu patlamalar eski çağlarda mağaradaki resimlere dahi ilham kaynağı olmuş teknolojinin ilerlemesi ile de takip edilebilir hale gelmiştir. Patlama meydana geldiğinde açığa çıkan magma; erimiş kaya, kristaller ve çözünmüş gazdan oluşmaktadır. Yeraltında bulunan magma, çevresindeki kayaçlardan daha az yoğun şekilde bulunmaktadır ve gaz basıncı ile dünya yüzeyine doğru itilmektedir. Bunun sonucunda yeryüzündeki zayıf ve kırık noktalardan geçerek veya direkt olarak bir patlama meydana getirerek dışarı çıkmaktadır. Bu olaya "volkanik patlama", lavların zamanla birikerek patlamaya neden olabilecek bir şekil almasına da "volkanik arazi" adı verilmektedir (USGS, 2023).

Dünya üzerinde volkanizmanın durumu volkanologlar tarafından farklı kategorilerde değerlendirilebilmektedir. Volkanların aktiflik durumuna göre yapılan sınıflamaya göre "sönmüş", "hareketsiz (uykuda)" ve "aktif" ifadeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Volkanologlar tarafından farklı şekillerde de kategorize edilen bu terimler, genel olarak Holosen Dönem olarak adlandırılan ve yaklaşık olarak 11.700 yıl önce başlayıp günümüze kadar gelen süreci kapsayacak şekilde değerlendirmeye alınmaktadır.

Sönmüş volkan; son on bin yıl içerisinde hareketlilik göstermemiş, patlama gerçekleştirmeyen ve gelecekte de gerçekleştirmesi beklenmeyen volkanlar olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla gerçekleşmiş volkanik hareketlilik Holosen Dönem'in öncesine aitse ve Holosen Dönem içerisinde bir hareketlilik oluşmamışsa o alana ilişkin "sönmüş volkan" ifadesi kullanılmaktadır. Hareketsiz volkan, aktif faaliyet göstermeyen fakat yeryüzündeki hareketlilik veya farklı bir sebepten ötürü her an aktif hale gelebilecek bir volkanı tanımlamaktadır (Szakács, 1994). Fakat "Uyuyan volkan" tabiri, her an patlamaya hazır fakat uzun süredir faaliyet göstermemiş volkanik alan için kullanılmaktadır. Bu noktada volkanologlar , "aktif volkan" ifadesinin de ikiye ayrılabileceğini tartışmaktadır. Genel kanıya göre bir volkan eğer Holosen Dönem içerisinde hareketlilik göstermişse "aktif ya da potansiyel aktif volkan" olarak tanımlanmaktadır. Bir volkan günümüzde belli aralıklarla patlama meydana getiriyor ve o noktada lav akışı, küller ve akıntılar meydana geliyorsa aktif

statüsünde değerlendirilmektedir. Herhangi bir hareketlilik gözlenmiyor fakat Holosen Dönem içerisinde patlama meydana getirmiş ve herhangi bir nedenden dolayı tekrar aktif hale gelebilecek bir volkan ise "uykuda olan volkan veya potansiyel olarak aktif volkan" olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte binlerce yıl hareketlilik göstermemiş fakat volkanik bölgedeki sismik hareketlilik ve zemin deformasyonu nedeniyle tetiklenerek patlama meydana getirmiş volkanlar da bulunmaktadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan St. Helens Volkanı günümüzden 11000 yıl ile 4000 yıl önce olan sürecin arasında herhangi bir patlama meydana getirmemiştir. Fakat bu volkan o tarihten itibaren belli aralıklarla aktivite sergilemektedir. Bu yüzden uzmanlar gözlemevlerinin sadece aktif statüsünde yer alan volkanlar için değil aynı zamanda diğer volkanlar için de çalışmalar geliştirebileceğini belirtmektedir (USGS, 2023).

Amerika Birleşik Devletleri'ne bağlı Smithsonian Evrensel Volkanizma Enstitüsü'ne göre günümüzde bu kategoride yer alan 1324 aktif volkan bulunmaktadır. Bunlardan 10 tanesi ise Türkiye'de yer almaktadır (Smithsonian, 2013). Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'na göre aktif volkan sayısı 1350 olarak tescil edilmiştir. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü verilerine göre ise Türkiye'de 14 potansiyel aktif volkan bulunmaktadır.

Volkanlar, patlama meydana getirirken farklı şekillerde davranabilir. Bu farklılık, canlılar için kaynağı tek bir sebebe dayalı olmayan ve çok geniş alanlara yayılabilen durumları da beraberinde getirmektedir. Yer kabuğunun altında yer alan magma odalarında farklı yapıda materyaller bulunmaktadır. Bu materyaller, volkanik alan harekete geçerken çeşitli şekillerde yüzeye atılır. "Volkan davranışları" olarak adlandırılan bu durumlar ise şu şekildedir;

- **Volkan Külleri:** Bir volkan patlama meydana getirdiğinde en belirgin olarak ortaya çıkan ve çevreye ciddi zararlar verebilen maddelerdir. Küçük çapta ve ince şekilde kırılan kayaç parçalarından oluşan volkanik küller, volkanın ağız kısmı olan kraterde bulunabileceği gibi aynı zamanda lav patlamalarından da meydana gelebilmektedir. Volkanın patlamasıyla birlikte havaya atılan küller görüş mesafesinin azalmasına, havanın kararmasına ve canlıların nefessiz kalarak yaşamını yitirmesine neden olabilmektedir (Güngör, 2020).

- **Volkanik Bombalar:** Volkanik bir patlama esnasında dışarıya atılan lavların zamanla katılaşarak bir kaya gibi şekil almasıdır. Bu şekli alan volkanik bombalar havadan yere inerken canlılara ve çevreye zarar verebilmektedir (Cañón-Tapia, 2017).
- **Piroklastik Akıntılar:** Volkanda meydana gelen patlayıcı püskürmeler ile birlikte bulutlar meydana gelebilmektedir. Piroklastik akışlar genellikle söz konusu bulutların, yani kaya ve gaz parçalarından oluşan yüksek sıcaklık ve hız ile karakterize edilen havadan daha yoğun maddelerin çökmesinden kaynaklanır. Piroklastik akıntılar volkanın yamacında aşağı doğru akarken su ile karışırsa çamur akıntılarına(lahar) neden olabilir (Protezionecivile, 2023).
- **Lahar(Çamur Akıntısı):** Lahar, bir volkandaki kanal boyunca hızla akan su, çamur ve volkanik kaya karışımıdır. Laharlar, patlamalar sırasında, sonrasında veya hareketsiz dönemde dahi oluşabilmektedir. Canlılar ve mülk üzerinde büyük bir tehdit oluşturan laharlar, çok az veya hiç uyarı olmadan meydana gelebilmekte ve yüksek hızlarda büyük mesafeler kat ederek yollarına çıkan her şeyi yok edebilmektedir (Major ve diğerleri, 2018: 3024).
- **Lav:** Yer altının derinliklerinde bulunan odalarda yer alan magma püskürmeler ile yeryüzüne atılmaktadır. Bu püskürme ile yeryüzüne ulaşan magmaya da lav adı verilir. Püskürme olayının meydana gelmesinde ise derinliklerde yaşanan yoğunluk farkı ve basınç etkili olmaktadır. Lav akıntıları yavaş veya hızlı bir şekilde gelişebilmektedir. Yüksek derecede ısı içeren lavlar, soğuduğunda ise katılaşarak siyah renk almaktadır (Griffith, 2000: 477)
- **Volkanik Gazlar:** Magmada bulunan gazlar volkanik bir aktivite esnasında uygun boşluklardan geçerek dışarı salınabilmektedir. Su buharının yanı sıra karbondioksit ve kükürt dioksit gibi zehirli gazların da havaya karışması canlı popülâsyonu için de tehdit oluşturmaktadır (MTA, 2022).

### 1.2.2. Volkan Tipleri ve Oluşturduğu Yer Şekilleri

Volkanlar, dünyanın çeşitli noktalarında farklı coğrafyalarda bulunmaktadır. Aynı zamanda birçok volkan kendine has bir görüntü sergilemektedir. Bazı volkanlar bir koniyi andırırken bazıları ise daha düzensiz formlarda bulunabilmektedir. Her volkanın kendine özgü bir patlama süresi, şekli ve volkanik özellikleri vardır. Bu durum volkanların patlama meydana getirdikten sonra farklı şekiller almasını sağlamaktadır. Örneğin Türkiye'de bulunan Ağrı Dağı volkanik patlama sonucu yamaçlardan inen lavın soğuması ile oluşmuş bir stratovolkan iken Manisa'da bulunan Kula Volkanik Arazisi ise bazalt akıntılar ile oluşmuş geniş bir alanı kaplamaktadır. Literatürde genel olarak üç farklı volkan türünden bahsedilirken bu rakam diğer volkan türleri ile de desteklenebilmektedir. Patladığında farklı şekillerle oluşabilen volkanik araziler şu şekilde sınıflandırılabilir;

#### 1.2.2.1. Kül Koni Volkan Tipi

Kül koni volkan tipi, dünyada en yaygın olarak görülen volkan tiplerinden biridir. Genellikle ağız kısmında kaldera bulundururken aynı zamanda koni biçiminde ve dik şekilde arazide konumlanmıştır.

**Şekil 2:** Kül Koni Volkan Tipi



**Kaynak:** Geology.com. (2023). "Cinder Cones". https://geology.com/volcanoes/cinder-cones/, (05.05.2023)

Bu volkan tipi çoğunlukla düzensiz ve kabarcık şekilli lav parçalarının püskürtülmesi ile birlikte oluşmaktadır. Püskürmeler ise genellikle volkan tabanından meydana gelerek koyu renkli lavlar üretir ve volkanın etrafını çevreler (NPS, 2023).

#### 1.2.2.2. Stratovolkanlar(Kompozit Volkanlar)

Stratovolkanlar, oluşumu itibariyle dünyada yaygın olarak bulunmaktadır. Bu oluşumun altında yatan nedenler ise volkanik bir patlama sırasında açığa çıkan lavların akış tarzı ve malzemelerin özellikleridir. Kompozit volkanlar olarak da adlandırılan stratovolkanlardan çıkan lavlar daha çok asidik durumda ve akışkanlığı yavaş lavlardır. Bu yüzden patlama sonrasında yamaçlardan aşağı doğru hareket ederken piroklastik akıntılar ile birlikte karışarak katmanlar oluşturur. Böylece birbiri ardına kat kat dizilmiş ve nihayetinde koni şeklini alan bir yapı ortaya çıkmaktadır.

**Şekil 3:** Stratovolkan (Kompozit Volkan)



**Kaynak:** Smithsonian Institution. (2023). " Fujisan". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=283030, (09.05.2023)

İtalya'da bulunan Vezüv ve Etna Volkanları, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan ve 1980 yılında büyük bir patlama meydana getiren St. Helens Volkanı ile birlikte Türkiye'de bulunan Ağrı, Hasan ve Erciyes Dağı stratovolkan sınıfında yer almaktadır (Koçaklı ve Zorer, 2019: 155).

#### 1.2.2.3. Kalkan Volkanları

Kalkan volkanları, düşük viskozite (akmaya karşı gösterilen direnç) ve çoğunlukla bazaltik yapıda olan lavların volkanın eteklerinde birikmesiyle

oluşmuştur. Bu lavlar akışkan bir halde olduğu için hızlı hareket etmekte ve yüksek eğimlerde birikim yapamamaktadır. Böylece kalkan volkanları düşük açılı olarak konumlanmaktadır. Kalkan adı ise İzlanda'daki bir savaşçının kalkan benzeri profilini sergileyen "Skjalbreidhur" (geniş kalkan) yanardağından gelmektedir.

**Şekil 4:** Kalkan Volkanı



**Kaynak:** Smithsonian Institution. (2023). " Skjaldbreiður". https://volcano.si.edu/gallery/ShowImage.cfm?photo=GVP-05768, (09.05.2023)

3.000 ila 80.000 km³ arasındaki hacimlerle okyanus kalkanları (Mauna Loa, Hawaii) dünyanın en büyük kalkan volkanlarıdır (Paris, 2013). Türkiye'de Güneydoğu Anadolu'da bulunan Karacadağ da kalkan volkan türüne örnektir.

### 1.2.2.4. Volkan Kubbeleri

Volkan kubbeleri yüksek viskozite içeren lavların patlamadan sonra yavaş hareket etmesi ile oluşmaktadır. Kubbeler genellikle küçük olmakla birlikte çoğu ağız kısmında bir krater barındırmamaktadır.

**Şekil 5:** Volkan Kubbeleri



**Kaynak:** Oregon State University. (2010). "Lava Domes". https://volcano.oregonstate.edu/lava-domes, (09.05.2023)

Magma içindeki gazın azalması ile meydana gelen patlamalarda da oluşabilen kubbeler tekil olarak bir şekil alabileceği gibi aynı zamanda kümeler halinde de volkanik arazilerde bulunabilmektedir. Büyük bir patlama sonrası volkanik bir dağın ağız kısmında bulunan kalderada da zaman içinde kubbe oluşumları gözlemlenebilmektedir (NPS, 2023).

#### 1.2.2.5. Maar

Volkanik patlamalar sonucunda magmadan gelen lavların oluşturduğu krater şeklindeki yapılardır. Bu yapının su ile dolması sonucu maar gölleri meydana gelebilmektedir. Maarlar, volkanik patlama meydana geldiğinde püskürtülen malzemenin su oranına bağlı olarak oluşabilmektedir. Su içeriği yüksek püskürmeler ile birlikte meydana gelen deformasyonlar sonucunda alçak ve gevşek bir göl yüzeyi meydana gelebilmektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'da görülen Maarlar genç jeolojik arazilerde de oluşabilmektedir.

**Şekil 6:** Maar



**Kaynak:** Millliyet Gazetesi. (2010). "Meke Gölü". https://www.milliyet.com.tr/gundem/meke-golu-kurakliktan-tuzlasti-1315621, (09.05.2023)

Türkiye'de Konya'da yer alan Meke Maarı da volkanik kökenli oluşmuş bir yapıdır ve "Dünyanın Nazar Boncuğu" olarak da adlandırılmaktadır (Seib, Kley ve Büchel, 2013).

### 1.2.2.6. Kaldera

Volkanın meydana getirdiği büyük hacimli patlamalar sırasında derinliklerde yer alan magma odasının veya üzerindeki zeminin çökmesi sonucu oluşan şekillerdir. Bu patlamalar sırasında piroklastik serpintiler, magma ve volkanik kayaçlar dışarı atılabilmektedir. Kaldera meydana geldikten sonra üzerinde volkan kubbeleri ve konileri gibi yapılar oluşabilmektedir.

**Şekil 7:** Kaldera



**Kaynak:** Vikipedi. (2023). "Kaldera". https://tr.wikipedia.org/wiki/Kaldera, (09.05.2023)

Kalderayı oluşturan volkanik çökme olayları farklı şekillerde meydana gelebilmektedir. Bunlar, magma odasının tamamen çökmesi ya da volkanik alanı tetikleyen stres veya tektonik bir uyarı ile gerçekleşen patlamalardır (Aguirre-Díaz ve J, 2008).

### 1.2.2.7. Gayzer

Gayzerler, yerin altında bulunan suların magma veya ısı bakımından yüksek halde bulunan kayaçlar ile teması sonucu volkanik çatlaklardan veya fay kırıklarından yukarı doğru fışkırdığı volkanik şekillerdir. Su ile dolu olan yer altı odası patlama meydana geldikten sonra tekrar dolarak sıcak bir hal alabilmektedir. Gayzerler belli aralıklarla sıcak su fışkırtarak görsel açıdan da farklılıklar sunabilmektedir.

**Şekil 8:** Gayzer



**Kaynak:** Tübitak. (2014). "Gayzerler Nasıl Oluşur?". https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gayzerler-nasil-olusur, (09.05.2023)

Dünyada en ünlü gayzer alanlarından bir tanesi Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Yellowstone Ulusal Parkı'dır (Britannica, 2023).

### 1.2.3. Volkanların Etkileri

Dünya üzerinde farklı ölçekte patlama meydana getirebilen birçok aktif volkan yer almaktadır. Bu volkanlar genellikle kıta kenarlarında, adalarda ve su altında yer almaktadır. Özellikle "Ateş Çemberi" olarak adlandırılan Pasifik Okyanusu'nun etrafı volkanik dağlar ile çevrilmiş durumdadır. Geçmişte de aktivitesi yüksek patlamalar meydana getiren bu bölgedeki volkanların yanı sıra dünyanın geri kalan kısmı da volkanik açıdan oldukça zengin alanlara sahiptir. Avrupa'da bulunan İtalya, Yunanistan ve İzlanda'daki volkanlar ile birlikte Hint Okyanusu'nun doğu kısmında yer alan Endonezya ve Filipinler gibi ülkelerde yer alan volkanlar sık sık aktif hale gelerek ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir. Bu derecede yoğun volkanik aktivite meydana gelen Dünya yüzeyinde bir patlamanın ortaya çıkaracağı sonuçlar, volkanik bölgenin yakın çevresi için katastrofik olabilirken geriye kalan diğer alanlar için de ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Günümüzden yaklaşık olarak 74 bin yıl önce Endonezya'nın Sumatra Adası'nda yaşanan Toba Felaketi sonucu yakın çevredeki tüm canlı popülasyonu yok olmuş dünya ise 5 ila 10 yıl arasında sürecek bir sıcaklık azalmasına maruz kalmıştır. Bu değişen sıcaklık nedeniyle tüm dünyada buzul soğukları başlamış ve çok sıcak olan ekvator çevresi hariç nüfusun büyük bir kısmının yok olduğu düşünülmüştür (Yiğitbaşıoğlu, 2018).

Volkanik bir patlama meydana geldiğinde sadece fiziksel değil aynı zamanda psikolojik ve sosyal bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Büyük patlamalardan sonra insan hayatının normal rutininin dışına çıkması, yakınlar ile birlikte taşınmazların da kaybedilmesi psikolojik olarak zor bir sürece işaret ederken felaketin meydana geldiği noktada yaşanan altyapı eksikliği, barınma ve beslenme gibi temel sorunlar nedeniyle insanlar bulundukları noktalardan göç ederek sosyal dengelerin de değişmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda volkanik patlamaların görsel açıdan büyük bir dikkat çekmesi bölgeye olan ilgiyi artırmakta ve basın ile birlikte turistleri noktaya çekmektedir.

#### 1.2.3.1. Volkanik Aktivitelerin Çevre ve Sağlık Üzerine Olan Etkileri

Volkanik patlamalar meydana geldiğinde etkileri, sadece olay anı ve hemen sonrasını değil aynı zamanda çok daha uzun yıllar alacak süreçleri de kapsamaktadır. Zira patlama meydana geldikten sonra bölgede bulunan hayvan ve bitki popülasyonunun ciddi zarar görmesi yeniden yapılanması zor ve uzun yıllar alan bir süreci başlatmaktadır. Özellikle volkan çevresinde yaşayan ve tür bakımından nadir görülen popülasyonların zarar görmesi türleri yok olma noktasına kadar getirmektedir. Borgný Katrínardóttir ve arkadaşları 2010 yılında İzlanda'da meydana gelen Eyjafjallajökull Volkan Patlaması'ndan sonra yaptıkları çalışmada patlamanın yakın habitatta meydana getirdiği etkileri araştırmışlardır. Özellikle volkanik külden dolayı küçük kuş popülasyonunun ve yakın çevredeki canlıların üreme sayısındaki azalmanın temel nedenini külün verdiği zarara bağlı besin kaynağı eksikliği olarak saptamışlardır (Borgný Katrínardóttir ve diğerleri, 2015).

Volkanların etkileri farklı şekillerde hissedilebilmektedir. Bir volkan patlama meydana getirdiğinde birincil etki olarak çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Volkanın aktivitesi sadece bulunduğu yerel ve bölgesel konumu değil aynı zamanda küresel ortamı da etkilemektedir. Özellikle volkanik bir patlama meydana geldiğinde ortaya çıkan ısı küresel bir etki yaratırken; açığa çıkan gazlar, aerosoller ve küller ise çevresel etkileri oluşturmaktadır. Patlamadan sonra havanın soğumasına da neden aerosollerlerin yanı sıra kül ve bulutlar, deniz ve kara ekosistemleri üzerinde yoğunlaşarak ciddi zararlar oluşturabilmektedir. Canlıların

solunum yolunda tahribata, göz ve burun kaşıntılarına da neden oluşturmaktadır. Volkanik bölgelerde bulunan çatlak ve boşluklardan havaya karışan karbondioksit (CO2) ise atmosferde yoğun bir şekilde bulunarak canlı yaşamının tehlikeye girmesine neden olmaktadır. 1991 yılında yaklaşık olarak beş yüz yıl sonra aktif hale gelen ve Filipinler'in Luzon Adası'nda bulunan Pinatubo Volkanı meydana getirdiği patlama sonucunda 1-3 yıl arasında bir soğumaya neden olmuştur. Bu soğuma aynı zamanda küresel yağış oranlarına da etki etmiştir.

Volkanik patlama sonucunda oluşan küller karaya veya suya düşerek çeşitli etkiler oluşturabilmektedir. Küller karaya düştüğünde ekosistemin örtülmesine, insanların ve solunum yapan diğer canlıların etkilenmesine ve drenajların tıkanmasına yol açabilmektedir. Küller aynı zamanda yağmur suları ve diğer sular ile temas ederek kimyasal türlerin de salınmasında rol alabilmektedir. Okyanus ve denizlere düşen volkanik küller besinlerin bozulmasına yol açan kimyasallar oluşturarak canlı yaşamının devamlılığını tehdit etmektedir. Ayrıca deniz ve okyanusa sınır noktada bulunan volkanların meydana getirdiği patlamalar sonucunda dışarı atılan lavlar deniz veya okyanus sularına karışarak ısı dengesinin bozulmasına, oksijen seviyesinin azalmasına ve su seviyesinin yükselerek kıyılarda taşkınlar ve tsunami oluşmasına neden olabilmektedir (Mather, 2015). Volkanik aktivite ile meydana gelen lavlar sadece sudaki yaşamı değil aynı zamanda karada da birtakım sorunları beraberinde getirmektedir. Yüksek sıcaklıkta bulunan lavların çevreye yayılması ile birlikte özellikle dağlık alanlarda orman yangınları oluşabilmektedir. Bu orman yangınları eğer kontrol edilemezse yayılım gösteren lavların etkisi ile birlikte daha büyük alanları da yok edebilmektedir. Lavlar aynı zamanda yerleşim yerlerine de yayılarak ev, tesis, fabrikalar, turistik alanlar, tarihi eserler ve ticari alanlar gibi birçok noktada zararlar oluşturabilmektedir. Örneğin, Fransa'da bulunan Pelée Volkan'ının 1902 yılında meydana getirdiği patlamada limana taşınan akıntılar gemilerin alev almasına ve Martinik'te bulunan St. Pierre şehrinin yangınlar sebebiyle yok olmasına neden olmuştur (Quah ve diğerleri, 2022).

Volkanik patlamalar ile birlikte habitat ciddi zararlar görebilmektedir. Sıcaklığı yüksek olan lavlar eğimli tepelerden inerken önüne gelen hayvan, bitki ve akarsuların yok olmasına neden olmaktadır. Özellikle nesli tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan canlıların doğal yaşam alanlarının tahribatı sonucunda bölgede

besin kaynağı azalmakta ve barınma gereksinimleri karşılanamamaktadır. 1980 yılında St. Helen Volkan'ında meydana gelen patlama bunun en tipik örneğidir. Patlama ile birlikte yaklaşık olarak 24 bin hayvanın yaşamını yitirdiği belirtilmiştir. Öte yandan bir bölgede geçim olarak kritik öneme sahip alanların lavlar altında kalması hem hayvan ve bitkileri hem de insan yaşamını direkt olarak olumsuz yönde etkilediği gibi aynı zamanda bu bölgedeki faaliyetlerin de kesintiye uğramasına neden olmaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Alaska'ya bağlı Cook Inlet Bölgesi'nde Redoubt Volkan'ının 1989 ve 1990 yıllarında meydana getirdiği patlamalar sonucunda bölgede etkin bir rol oynayan balıkçılık sektörü doğrudan etkilenmiştir. Cook Inlet Bölgesi'nde balıkçılığın sadece ticaret amaçlı değil ayrıca bölge sakinleri tarafından sportif faaliyetler ve eğlence amaçlı da yapılması miktarı yüz milyonlarca dolara ulaşan bir geliri de beraberinde getirmektedir. Fakat Redoubt Volkan'ının 1989 ve 1990 yılında meydana getirdiği aktiviteler bu sektörün ciddi şekilde olumsuz etkilenmesine yol açmıştır. Aynı zamanda bölgede bulunan ladin, kavak ve söğüt ağaçları da patlamadan sonra oluşan lahar akıntıları nedeniyle büyük ölçüde yok olmuştur. Lahar ve lavların meydana getirdiği akıntılar volkanik bölgeye yakın olan alanlarda yapılan tarım faaliyetlerin birincil olarak etkilenmesine ve bu alanların tahribatına yol açmaktadır. Bundan dolayı da bölge sakinlerinin aldığı verim düşmekte ayrıca alandaki bütün canlıların beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçları da sekteye uğramaktadır (Dorava ve Milner, 1999).

Volkanik patlamaların çevre üzerinde oluşturduğu etkilerden biri de heyelanlardır. Eğimi fazla olan volkanik alanlarda lahar ve lav akıntılarının yağmur suyu ile birleşmesi sonucu kütlesel olarak toprak kaymaları meydana gelebilmektedir. Volkanik patlama ile birlikte daha fazla enerji kazanan heyelanlar, yüksek hızları nedeniyle ciddi tehlikeler oluşturabilmektedir. Dünya üzerinde yaklaşık olarak 400 volkanın bu tür kapasiteye sahip olabileceği belirtilmektedir (Mousavi, 2017).

#### 1.2.3.2. Volkanik Aktivitelerin Göç Üzerine Olan Etkileri

Göç, temelinde bireylerin ya da toplumların belli sebeplerden ötürü bulundukları yerden başka bir noktaya hareket etme, oraya yerleşme davranışları

olarak ifade edilmektedir. Tarih boyunca insanlar, çok farklı sebeplerden ötürü yaşadıkları alanları terk etmek zorunda kalmış veya yarar sağlayan belli sebeplerden ötürü daha iyi noktalara göç etmişlerdir. Göç tipolojisine göre göçler şu iki başlık altında da incelenebilmektedir. Bunlar; insanların bulundukları alanı siyasi, toplumsal ve ekonomik nedenlerden ötürü terk etmek durumunda kaldıkları "zorunlu göç" ve daha iyi yaşam ümidiyle gerçekleştirdikleri "gönüllü göç"lerdir. Çok eski çağlardan beri meydana gelen volkanik patlamalar da zaman zaman gönüllü göçe kapı açsa da çoğunlukla toplumları yaşadıkları yerlerden ederek zorunlu göçe neden olmuştur. Özellikle volkanik bir patlamanın meydana getirdiği çok yönlü yıkım; insanları ve onların gerçekleştirdiği tarımsal, ticari, turistik ve spora yönelik faaliyetleri doğrudan etkileyerek yaşaması zor bir alanın oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Volkanik patlamadan sonra oluşan küllerin tarım alanları, yerleşim yerleri, ticari alanları etkilemesi sonucunda birçok insan geçim kaynağı olan faaliyetlerini bırakmak zorunda kalıp daha iyi olanak bulma ümidi ile farklı şehirlere taşınmaktadır. Öte yandan büyük bir volkanik patlama sonucunda yaşanılan kentte lavların yok ettiği altyapı, tesisler ve haneler sebebi ile de insanlar, en temel ihtiyacı olan barınma faktöründen yoksun kalmaktadır. Bunun sonucunda da volkanik alan yönetimine bağlı olarak yapılan çağrılarla geçici veya kalıcı olarak bulundukları şehri terk etmek zorunda kalmaktadırlar.

Volkanik patlamalar göçün sebeplerinden biri olarak görülmektedir. Öyle ki geçmiş çağlarda dünyanın tümünü etkileyecek şekilde meydana gelen çok yıkıcı patlamalar oluşmuştur. Günümüzden yaklaşık olarak 75 bin yıl önce gerçekleşen Endonezya'nın Sumatra Adası'ndaki Toba Volkanik Patlaması nedeniyle birçok insan yaşamını yitirmiştir. Yaşamını sürdürebilen bireylerin ise Afrika Kıtası'nda yer aldığı öne sürülmüştür. Daha sonrasında ise günümüzden 60-70 bin yıl önce Afrika'dan büyük bir göç hareketliliğinin yaşandığı düşünülmüştür. Bu tarihler de Toba Volkanik Patlaması ile tutarlı bir zaman çizelgesi sunmaktadır (Varol ve Gültekin, 2016). Benzer şekilde Endonezya'da bulunan Tambora Volkanı'nın 1815 yılında meydana getirdiği patlama ile birlikte sıcaklık 2.5 santigrat azalmıştır. Bu sebepten ötürü 1816 yılı Temmuz ayında Avrupa'da donma olayları ortaya çıkmış ve bu yüzden o yaza "yaz yaşanmayan yıl" adı verilmiştir. Daha sonrasında devam eden soğuk hava ve donma olayları nedeniyle 1819 yılına kadar tarım ürünleri verimsiz

hale gelmiş ve yeterli besin kaynağı elde edilememiştir. Bunun sonucunda da bölge sakinleri Avrupa'dan Amerika'ya göç etmek zorunda kalmıştır (tr.wikipedia.org). 2021 yılında ise Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nde yer alan Nyiragongo Volkan'ının aktif hale gelmesi ile birlikte can kayıpları yaşanmış ve altın madeninde çökme meydana gelmiştir. Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu(UNICEF)'na göre 5 bin kişi komşu ülke olan Ruanda'ya olmak üzere en az 25 bin kişi bulundukları noktadan göç etmek zorunda kalmıştır (Euronews, 2021).

Volkanların meydana getirdiği patlamalar ile oluşan göçler genellikle zorunlu göç olarak ifade edilse de zaman zaman patlamaların meydana getirdiği fırsatlardan yararlanmak isteyen insanlar volkanın yakın çevresine göç etmektedir. Zira volkanlar, oluşturdukları patlamalar sonucunda bitkilerin büyümesi için gerekli olan element ve mineralleri sağlayan külleri arazilere dağıtmaktadır. Bitkilerin daha iyi kök ve nem emilimini sağlayan küller, verimli tarım alanları oluşturarak insanların bölgeye gönüllü olarak göç etmesine olanak sağlamaktadır (volcanoes.usgs.gov). Volkanik aktivite bakımından Avrupa Kıtası'nda öne çıkan ülkelerden biri olan İtalya'da Napoli şehrinde bulunan Vezüv Volkanı'nın çevresinde yaşayan insanlar, geçmişte çok büyük yıkımlara neden olan bu dağın yakınında hayatlarını halen sürdürmektedir. Öyle ki Vezüv Volkanı çevresinde yaklaşık olarak iki milyon insan yaşamaktadır. Sanayi merkezleri, liman ve küçük tarım alanları barındıran Napoli şehrinde bulunan Vezüv Volkanı aynı zamanda farklı sektörlerin gelişmesine ve bölgenin göç almasına zemin hazırlamaktadır. Vezüv'ün yamaç kısmında lavların oluşturduğu verimli alanlarda ise üzüm bahçeleri bulunmakta ve "İsa'nın Gözyaşı" olarak adlandırılan şaraplar burada üretilmektedir (Britannica, 2023). Volkanik patlamaların ve volkanik alanlarda meydana gelen gayzerlerin görsel açıdan bir cazibe oluşturması aynı zamanda sıcak sularda bulunan minerallerin terapi açısından sağladığı faydalar nedeniyle volkanik bölgeye turistlerin ilgisini çekmektedir. Geçmiş zamanlarda aktif olmuş volkanların tarihi olarak ilgi çekmesi ve macera turizmine olanak sağlaması volkanların çevresinde turizme bağlı olarak gönüllü göç hareketlerinin yaşanmasına katkıda bulunmaktadır (Cooper, Sigurdsson ve Lopes, 2015). Dünya üzerinde birçok toprak parçası ve adalar da volkanik patlamalar sonucu oluşarak insanlığa yeni yaşam alanları sunmuştur. Böylece insanlar buralara göç ederek hayatlarını sürdürmüşlerdir.

### 1.2.3.3. Volkanik Aktivitelerin Ekonomi Üzerine Olan Etkileri

Afetler yeryüzünün vazgeçilmez unsurlarından biridir ve artan insan ihtiyacı nedeniyle de giderek çeşitliliğini artırmaktadır. Bir afet meydana geldiğinde can kayıplarına ve ciddi yaralanmalara neden olurken aynı zamanda maddi olarak da ağır sonuçlar doğurmaktadır. Volkanik patlamalar da maddi açıdan ciddi yükler getiren afetler arasında yer almaktadır. Bir volkanik patlama meydana geldiğinde yerel ve ulusal olarak mali yükü artırırken aynı zamanda uluslararası alanda da birtakım sonuçlar doğurabilmektedir. Patlamanın meydana geldiği bölgede tarım, ticaret ve sanayi gibi unsurları direkt olarak etkileyen volkanlar bu sektörlerde meydana gelen üretim krizi ve altyapı hasarı nedeniyle de tedarik zincirinin bozulmasına ve özellikle dünya çapında nadir olarak bulunan besin ve malzemelerin de başka noktalara aktarılmasına engel olmaktadır.

Her afet gibi volkanik patlamaların oluşturduğu ekonomik etkiler de iki ana başlık altında değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki patlamadan hemen sonra oluşan, kısa süreli ve yıkıcı olayların yarattığı etkilerdir. Volkanik aktivite ile birlikte yakınlarda bulunan ev, fabrika, iş yeri, tesisler, altyapı ve ticaret limanları gibi alanların etkilenmesi barınma ihtiyacını artırırken aynı zamanda üretim araçlarının zarar görmesine ve doğrudan ekonominin negatif yönde etkilenmesine neden olmaktadır. İş yerlerinin zarar görmesi ve meydana gelen patlamaların sıklığının belli süre devam etmesi kısa sürede yatırımcıların geri çekilmesine, iş gücünün zayıflamasına, korku ve belirsizliğe yol açmaktadır. Patlama meydana geldiğinde oluşan lavlar ve lahar akıntıları nedeniyle hanelerin fiziki zarar görmesinin yanı sıra nehir ve dere yataklarının da bu tür akıntılar ile taşması veya yönünün değişmesi insan faaliyetlerini durma noktasına getirmekte ve sonuç olarak ekonomik açıdan olumsuz sonuçlar doğmasına zemin hazırlamaktadır (Benson, 2005).

Volkanik alanın bulunduğu bölgede meydana gelen artçı hareketler ve bölgedeki yerleşim yerlerinin hasarı nedeniyle insanlar başka şehirlere göç etmek zorunda kalabilmektedir. Bu gibi durumlarda ise afetin meydana geldiği bölgede konut ve iş yeri fiyatları düşüşe geçerken göçlerin yaşandığı diğer şehirlerde ise fiyatların artış gösterdiği görülebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yer bilimci ve istatistik uzmanlarından oluşan bir ekip, ülkede uzun yıllardır var olan fakat 2006 yılında standartlaştırılan "Volkanik Uyarı Seviyesi" adlı sistemin ülke

çapında en tehlikeli olarak görülen üç bölgedeki (St. Helens Dağı, Hawaii'deki Kīlauea ve California'daki Long Vadi Kalderası) etkilerini 1974'ten 2016 yılına kadar olan verileri kapsayacak şekilde analiz etmişlerdir. Yapılan bu çalışmanın sonucuna göre hem düşük hem de yüksek seviyede oluşturulan uyarı seviyelerinde her üç bölge için de iş göstergeleri ve konut üzerinde olumsuz kısa süreli etkilerin meydana geldiği tespit edilmiştir. En önemli olumsuz etkinin ise 1982-1983 ve 1991-1997 yılları arasında Kaliforniya'nın Long Vadi Kaldera bölgesinde görüldüğü saptanmıştır. Mono Gölü, Mammoth Dağı ve çok popüler Mammoth Kayak Alanı'na ev sahipliği yapan bu karmaşık volkanik bölgenin, uzun süreli ve günlük hayatı etkileyen huzursuzluk yaşadığı kanısına varılmıştır (Peers ve diğerleri, 2021).

Volkanik patlamaların meydana getirdiği ikincil ekonomik etkiler daha çok uzun vadede görülmektedir. Patlamanın yakınında bulunan bölgedeki altyapı ve yaşam alanlarının yeniden tesis edilmesi uzun süren ve maliyeti oldukça yüksek olan sonuçlar doğurabilmektedir. Zira özellikle yeniden yapılanma sürecini inşa edecek olan kamu ve özel sektörde bölgeye karşı oluşan güven kaybı nedeniyle aşılması zor olan bir süreç baş gösterebilmektedir. Hasar gören alanlarda üretilen malların daha düşük sayılarda elde edilmesi, ekonomik ve hızlı ürün transferi sağlayan yolların yerini alternatiflerine bırakmak zorunda kalması ve etkin talep unsurunun zarar görmesi nedeniyle piyasada yer alan ucuz ürünlerin yerini daha maliyetli ürünlerin alması sonucu genel ekonomik yük artmaktadır. Ayrıca yaralanma ve ölümler nedeniyle artan tıbbi talep sonucunda yapılan harcamalar uzun vadede diğer alanlara ayrılan kaynakların da etkilenmesine yol açabilmektedir. Bu yüzden yine uzun vadede hükümetlerin sağlık, ticaret, turizm ve diğer ilgili alanlarda yapacağı harcamalar mevcut bütçenin yeniden hesaplanmasına ve dış borçlanmaya da neden olabilmektedir. Ayrıca ekonomide yaşanan güven kaybı ve negatif göstergeler sebebiyle artış gösterebilecek olan enflasyonu kontrol altına almak adına da hükümetler mali politikalarında birtakım değişimlere gitmek zorunda kalabilmektedir (Benson, 2005).

Yapılacak tüm bu çalışmaların ise uzun vadeli sorunlar getiren bir süreci kapsar şekilde tasarlanması gerekmektedir. Çünkü bir volkanik patlamanın ekonomi üzerindeki uzun vadeli etkileri yıllarca farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, 1991 yılında Filipinler'de bulunan Pinatubo Volkan patlamasının yaklaşık

olarak yedi milyar dolar ekonomik maliyet oluşturduğu düşünülmektedir. Fakat ekilebilir arazilerin birçoğunun lahar akıntıları altında kalması ve buna bağlı olarak üretilen tarım ürünlerinin ve bölgesel iş gücünün ciddi şekilde azalması sonucunda bölgedeki olumsuz ekonomik göstergelerin uzun süreli bir hal aldığı düşünülmektedir (Britannica, 2023).

Volkanların uzun sürede oluşturduğu bir diğer olumsuz ekonomik etki de lavlar ve çamur akıntılarıyla birlikte yok olma noktasına gelen turizm tesisleri ve tarihi eserlerdir. Özellikle ülkelerin bütçelerine ciddi katkılar sağlayan turizm gelirleri volkanik patlamalardan olumsuz etkilenebilmektedir. Patlamanın meydana geldiği bölgede var olan suların küller tarafından örtülmesi rafting, deniz turizmi ve diğer su sporlarını etkilerken turistik konaklama olanakları sunan alanlar da volkan bulutları, lav ve akıntılar nedeniyle tahliye edilebilmektedir. Ayrıca volkanlardan çıkan zehirli gazların havaya karışması sonucunda da bölge sakinleri ve ziyaretçilerin bulundukları konumu terk etmek zorunda kaldıkları durumlar da ortaya çıkabilmektedir. Öte yandan özellikle volkanik bir dağın yamaçlarından akan akıntıların tarihi eserleri yok etmesi ya da müzelerin geçici veya kalıcı olarak kapatılması sonucunda da tarih turizmi olumsuz yönde etkilenebilmekte ve ülkelerin ekonomileri üzerinde negatif etkiler bırakabilmektedir.

#### 1.2.3.4. Volkanik Aktivitelerin İklim Üzerine Olan Etkileri

Volkanların oluşturduğu patlamaların etkileri çok farklı şekillerde sonuçlanabilse de şüphesiz tüm yeryüzünü etkileyecek en önemli yönü iklim ile ilişkilidir. Öyle ki çok eski çağlardan beri meydana gelen volkanik hareketlilikler ilkel toplumlarda dahi büyük etkiler yaratmış ve o çağlarda yaşayan insanlar da bu etki karşısında volkanların büyüklüğünü kabul ederek onları mağara duvarlarına resmetmiş hatta ibadetlerini volkanlara taparak gerçekleştirmişlerdir. Bu derece büyük bir etkinin var olmasındaki temel sebep ise volkanik hareketlerin yaratabileceği devasa patlamalar ve bununla birlikte oluşan gürültü, püskürmeler ve toz bulutları olarak tahmin edilebilmektedir. Kısa dönemde volkanik dağın çevresi için bu durumları gösteren volkanik hareketlilik uzun dönemde ise tüm canlı hayatını etkileyecek şekilde iklim değişikliğinin temel sebeplerinden biri haline gelebilmektedir. Tarihsel örneklere bakıldığında da durum farklı olmamaktadır. 1815

yılında Endonezya'daki Tambora Volkan'ının patlaması sonucu Avrupa'da yaz aylarında sıcaklıkların düşmesi ve elde edilen hasat veriminin azalması, 1883 yılında yine Endonezya'daki Krakatoa Patlaması sonucu sıcaklığın iki santigrat derece düşmesi, Amerika Birleşik Devletleri'nde 1980 St. Helens Volkanik Patlaması ve Meksika'da bulunan El Chichon Volkan'ının patlamaları ile iklimin etkilenmesi bunlara örnek gösterilebilir.

Volkanlar temel olarak patladığında dünya yüzeyine gelen ışınları emerek, onları belli süre tutarak ya da geri göndererek ısının ulaşmasını engellemektedir. Bunun altında yatan neden ise patlamalar ile birlikte açığa çıkan sülfür gazlarının atmosfere yayılmasıdır. Tarih boyunca meydana gelmiş birçok patlamada bu gazların yarattığı sonuçlar etkili olmuştur. Yüzeydeki güneşlenmenin azalmasına ve yüzey soğumasına neden olan bu durum volkanik patlamalarla birlikte etrafa yayılan aerosoller ile de desteklenmektedir. Bunun sonucunda ise okyanuslarda ısı azalması, yağış miktarlarında değişim ve aerosollerin atmosferi etkilemesi ile ozon tabakasında incelmeler meydana gelebilmektedir (Marshall ve diğerleri, 2022). Öte yandan volkanik patlamalar ile birlikte atmosfere salınan karbondioksit de güneş ışınlarını tutarak atmosfere yansıtmayabilir. Bu durumun sonucunda ise dünya üzerinde sera gazı etkisi nedeniyle sıcaklık artışları da gözlemlenebilmektedir. Fakat gerçekleşen bu olay, insanların neden olduğu ve temelinde karbondioksit salınımı olan sera gazı etkisinden çok daha az seviyede meydana gelmektedir.

İklimin değişmesine neden olacak şekilde patlamalar meydana getirebilen volkanlar; yeryüzünde canlıların yaşam alanlarında sıcaklıkların artmasına ya da azalmasına neden olarak su kaynaklarının etkilenmesine, hava sıcaklıklarının değişerek canlı yaşamının doğrudan zarar görmesine veya tarım alanları ve mahsullerinin verimine etki ederek elde edilen ürünlerin miktarlarında değişiklikler yaşanmasına neden olabilmektedir. Fakat bazı araştırmacılar da tüm bunların temelinde yatan volkanik hareketliliğin oluşmasına neden olacak sebeplerden birinin de iklim değişikliği olabileceğini savunmaktadırlar. Bu durum iklim değişikliği ve volkanik patlamalar ilişkisinin birbirini tetikler şeklinde olmasını da düşündürmektedir. Zira Jeoloji uzmanı Gioachino Roberti Kanada'da bulunan Meager Volkanı üzerinde yaptığı çalışmalarda iklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklıkların bu volkanik dağ üzerinde erimeler meydana getirerek tabakaların

çekilmesine neden olduğunu ve bunun sonucu olarak da dağın belli bölümlerinde toprak kaymaları yaşandığını tespit etmiştir. Bu toprak kaymaları ile birlikte oluşan mağaralara da volkanik gazların dolduğunu belirten Roberti, iklim değişikliğinin neden olduğu buzul hareketleri ile volkanik gaz ve magma hareketlerinin ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur (Roberti, Roberts ve Lit, 2021).

#### 1.2.3.5. Volkanik Aktivitelerin Turizm Üzerine Olan Etkileri

Turizm, bir ülkenin ekonomik açıdan kalkınabilmesi için hayati önem taşıyan sektörleri içerisinde yer almaktadır. Ülkeye yapılan ziyaretler sonucunda sağlanan hareketlilik ve ulaşımın getirdiği maddi artılar aynı zamanda bölgesel konaklama ve seyahat ile de desteklenmektedir. Ülkeler de farklı şekillerde turizm gelirleri sağlamaktadır. Kimi ülkeler daha çok yaz turizmi ile ön plana çıkarken kimi ise kış ve kayak turizmi açısından gelişmiş yapıda bulunmaktadır. Bazı ülkeler ise tarihi ve doğal güzellikleri ile ziyaretçileri kendisine çekme fırsatı yakalamaktadır. Dünya üzerinde yer alan bazı ülkeler volkanik dağlara sahipken bu durumun yarattığı olumsuz etkileri de üstlenmek durumunda kalmaktadır. Tarihsel sürece bakıldığında özellikle Endonezya başta olmak üzere Filipinler, İtalya, Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika gibi ülkelerde volkanların sık olarak aktif hale geldiği gözlemlenebilmektedir. Volkanik patlamaların meydana getirdiği eşsiz görsellerin turistlerin ilgisini çekmesi volkanik bölgeye olan ilgiyi artırmakla beraber birtakım problemleri de beraberinde getirmektedir. Kül, lav, lahar akıntıları ve zehirli gazların etkili olduğu bölgede yapılan turizm faaliyetlerini durma noktasına getiren patlamalar aynı zamanda tesisler ve yerleşim alanlarına zarar vererek yapılan rezervasyonların iptal edilmesine neden olmaktadır. Volkanik patlamanın yarattığı belirsizlikler ve artçı patlamalar nedeniyle bölgede turizm faaliyetleri askıya alınabilmektedir. Örneğin, Endonezya'nın popüler bir turizm noktası olan Bali'de 2017 yılında meydana gelen Agung Volkan hareketliliği nedeniyle sene sonuna kadar bir milyona yakın ziyaretçinin rezervasyonlarını iptal etmek durumunda kaldığı aktarılmıştır. Dönemin Turizm Bakanı olan Arif Yahya da yapığı açıklamada ağustos ve aralık ayları arasında günde 15 bin turist ağırlayan bölgedeki volkanik hareketlilik nedeniyle sene sonuna kadar yaklaşık olarak 665 milyon dolarlık kaybın oluşabileceğini söylemiştir (Anadolu Ajansı, 2017). Bölgede meydana getirdiği lav

ve lahar akıntıları nedeniyle fiziki alanlara zarar vererek konaklama imkanını sınırlayan volkanlar aynı zamanda oluşturdukları küller ve toz bulutları ile birlikte de uçaklarda bulunan pilotların görüş mesafesini azaltarak yapılacak olan seyahatlerin iptal olmasına neden olabilmektedir. Öyle ki İzlanda'da bulunan Eyjafjallajökull Volkan'ının 2010 yılında meydana getirdiği patlama ile birlikte tüm Avrupa başta olmak üzere dünyanın farklı noktalarında turistik veya seyahat amaçlı uçuşlar iptal edilmek zorunda kalınmıştır. Türkiye'de de Trakya'nın kuzeyi ve Karadeniz'in güneybatısında 18 ve 19 Nisan 2010'da yapılan 10000 ile 30000 feet arasındaki uçuşlar iptal edilmiştir (Özdemir ve Deniz, 2015).

Günümüzde aktif volkanlar patlama faaliyetlerine devam etse de geçmiş zamanlarda aktif hale gelmiş ve artık sönmüş volkan statüsünde yer alan birçok alan mevcuttur. Hawaii'de Mauna Kea, Japonya'da Fuji Volkanı, Afrika'da Kilimanjaro ve İtalya'da Vezüv bu alanlara en iyi örneklerdir. Sönmüş volkanlar patlama meydana getirmese de şekillerinin oluşturduğu cazibeler sayesinde her yıl birçok insanı bölgeye çekmekte ve yerel halk için geçim kaynağı oluşturmaktadır. Aynı zamanda volkanın geçmiş zamanlarda meydana getirmiş olduğu patlamaların geride bıraktığı izler ve kalıntıları görmek isteyen insanlar rehberler eşliğinde turlar düzenleyerek müzeleri de gezme fırsatı yakalamaktadır. İtalya'da bulunan Vezüv Volkan'ının milattan sonra 79 yılında meydana getirdiği patlama nedeniyle bugünlere ulaşan birçok kalıntı mevcuttur. Zira patlamanın şiddetinin fazla olması nedeniyle yakında bulunan Pompei ve Herculaneum şehirleri piroklastik akıntılar altında kalmış ve binlerce kişi yaşamını yitirirken taşlaşmıştır (Güngör, 2020).

#### 1.2.3.6. Volkanik Aktivitelerin Meydana Getirdiği Fırsatlar

Volkanik aktiviteler canlı yaşamı ve yeryüzü için çok farklı etkiler doğurmaktadır. Bu etkilerin var olmasındaki ana nedenler ise volkanların yıkıcılığı ile birlikte ülkelerin afet yönetim sistemlerinin zaafları olabilmektedir. Çünkü meydana gelen bir afet her ne kadar potansiyel bir etkiye sahip olsa da ülkeler için asıl yıkıcı olan afet yönetiminden ve kapasite eksikliğinden kaynaklanan riskin artarak kötü sonuçlar doğurmasıdır. Fakat volkanik patlamalar meydana geldiğinde olumsuz sonuçlarla birlikte birtakım fırsatları da beraberinde getirmektedir. Bu da yıkıcı etkilerine karşı volkanların çevresinde yaşayan canlıların varlığını açıklar

niteliktedir. Geçmiş yüzyıllarda daha ilkel bir şekilde volkanların sağladığı fırsatlardan yararlanan insanoğlu, patlama ile birlikte yeryüzüne atılan kayalardan av aletleri türetmiş ve volkanik akıntıların yön verdiği sel sularına göre yaşam alanlarını değiştirerek sulak noktalarda tarım faaliyetleri gerçekleştirmişlerdir. Modern dönemde ise insanlar volkanik patlamaların oluşturduğu manzaralar sayesinde turizm faaliyetlerine yön vermiştir. Bununla birlikte her ne kadar tehlikeli olsa da bazı aktif volkanların çevresinde konumlanmış ve yeraltından çıkan zengin madenleri işleme fırsatı bulmuşlardır. Ayrıca patlama esnasında dışarı atılan lavlar; demir, magnezyum, çinko, potasyum ve kalsiyum gibi mineralleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle bitkinin büyümesi, suyun hızlı emilmesi ve topraktan elde edilen verimi önemli derecede artıran bu mineraller sayesinde volkanik arazi ve çevresinde verimli tarım arazileri oluşabilmektedir. Science Dergisi'nde yayımlanan bir makalede volkanik patlamalar bakımından dünyada önde gelen noktalardan biri olan Hawaii Adaları'na yerleşen Avrupalılar sulak alan isteyen nişastalı bitkiler yetiştirmişlerdir. Kısmen kurak olan Hawaii bölgesinde ise istedikleri bitkileri yetiştirebilen bu insanların başarılı olmasındaki temel nedenin verimli volkanik alanlar olduğu düşünülmüştür (Tübitak, 2021).

Volkanik alanlarda meydana gelen kırık ve çatlaklar lav akıntıları, gazlar ve sıcak sular için birer yol oluşturmaktadır. Her ne kadar lav ve gazlar canlılar için ölümcül sonuçlar doğursa da özellikle gayzer şeklinde yeryüzüne püskürtülen sıcak sular hem görsel açıdan hem de sağladığı faydalı mineraller sayesinde ziyaretçileri bölgeye çekmektedir. Gayzer ve kaplıca olarak sağlıklı sular meydana getiren bu bölgeler Rusya, Şili ve İzlanda'da yoğunlaşmaktadır. Türkiye'de de Denizli ve Afyon illeri başta olmak üzere Ege Bölgesi'nde fay kırıkları ve volkanik alanlara bağlı olarak jeotermal yatakları bulunmaktadır. Bu jeotermal kaynaklar enerji ihtiyacı için yenilebilir fırsatlar sunmakta ve çevreye olan zararları minimuma indirmektedir. Türkiye de buna yönelik çalışmalarına 1960'lı yıllarda başlasa da günümüze kadar taşımış ve devam ettirmektedir. Örneğin, Denizli ilinde bulunan Kızıldere jeotermali 2006 yılında 94 milyon kWh elektrik üretimi sağlamıştır. 2008 yılında artarak 60 MWe olan üretim, 2010 yılında ise üç kat daha fazla enerji sağlayarak yenilenebilir kaynakların önemini bir kez daha göstermiştir (Erkul, 2012). Dünyada da kaplıca, gayzer ve volkanik alanlardan çıkan sıcak sularla sağlanan

enerjilere iyi örnekler vardır. İzlanda'da bulunan ve 2010 yılında patlama meydana getiren Eyjafjallajökull Volkanı üzerinde yenilenebilir kaynak oluşturması için projeler düzenlenmiştir. İzlanda'nın volkanik aktivite bakımından önde gelen bir ülke olması nedeniyle jeotermal projeler ön plana çıkmaktadır. Zira ülkede en az yirmi beş jeotermal sağlayabilecek aktif volkanik alan vardır ki 2020 yılında toplam elektriğin %99'u, enerjinin ise %70'i bu kaynaklardan sağlanmıştır (Wikipedia, 2023).

# İKİNCİ BÖLÜM
# DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE VOLKANLARIN DURUMU

Afetlerin meydana getirdiği etkiler her tür afet için farklılık gösterebilmektedir. Çeşitli afetler farklı ülkelerde değişken etkiler yaratarak toplumların direncini kırabilmektedir. Bu yüzdendir ki ülkeler, afet yönetim sistemleri içerisinde sonuçları en ağır olan afetlere daha çok önem vermekte ve afet yönetim planlamalarını da bu şekilde oluşturabilmektedir. Deprem, sel, heyelan, çığ, yangın ve fırtına gibi afetler hemen hemen her ülke için kritik önem teşkil etse de volkanik aktiviteler de günümüzde birçok ülke için ciddi potansiyel tehlike oluşturabilmektedir. Özellikle Pasifik Okyanusu çevresinde etkili olan bu hareketlilik Avrupa ve Amerika Kıtası da dâhil hemen hemen yeryüzünün birçok noktasında konumlanmaktadır. Bugün dünya üzerinde yaklaşık olarak 1400 volkan aktif halde bulunmaktadır. Geçmişte Endonezya, Japonya, İzlanda ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde ciddi patlamalar meydana getirerek can ve mal kaybına, kıtlığa ve iklimin değişmesine neden olan volkanik aktiviteler hala günümüzde etkisini sürdürmektedir. Son olarak 2022 yılında Şili'de bulunan Villarrica Volkanı, Endonezya'da bulunan Semeru Volkanı, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Mauna Loa Volkanı patlama meydana getirmiş bunun yanında yine 2023 yılında Rusya'da bulunan Shiveluch Volkanı da patlama meydana getirerek kül bulutlarının şehri istila etmesine yol açmıştır (Euronews, 2022). Öte yandan İtalya'da bulunan Etna ve İzlanda'daki volkanlar da yıl içerisinde belli aralıklarla aktif hale gelerek canlı yaşamı ve taşınmazlar için tehdit oluşturmaktadır.

Türkiye'de yer şekilleri oluşumu en çok üçüncü jeolojik zaman olarak adlandırılan tersiyer zamanda gerçekleşse de tam olarak tamamlanması dördüncü jeolojik zaman olan kuaterner dönemde gerçekleşmiştir (Dölek ve Sönmez, 2016). Bu yüzden genç, kırıklı ve engebeli bir yapıdadır. Ayrıca Türkiye'de volkanizma sonucu oluşan volkanik alanlar da bulunmaktadır. Bu volkanik alanlar tarihsel süreç içerisinde zaman zaman aktif hale gelmiş ve canlı yaşamı için de önemli sonuçlar doğurmuştur. Dünya Volkanoloji Birliği'ne göre bir volkanın aktif olabilmesi için Holosen olarak adlandırılan ve yaklaşık olarak son 10000 yılı kapsayan süreç içerisinde patlama meydana getirmesi gerekmektedir. Türkiye'de de 13 volkan bu

süreç içerisinde aktivite göstermiştir. Bunlar; Manisa'da Kula, Aksaray'da Hasan Dağı, Kayseri'de Erciyes, Konya'da Karapınar ve Acıgöl, Niğde'de Göllüdağ, Diyarbakır'da Karacadağ, Doğu Anadolu'da da Süphan, Kars, Girekol, Tendürek, Nemrut ve Ağrı Dağı'dır. Bunlar içerisinde Girekol, Kars Platosu ve Süphan Dağı'nda meydana gelen aktivitelerin son 10.000 yıl içerisinde gerçekleştiği tahmin edilse de henüz net olarak teyit edilememiştir (Atıcı ve Türkecan, 2017).

## 2.1. DÜNYA'DA VOLKANLARIN DURUMU, DAĞILIMI VE AKTİVİTELERİ

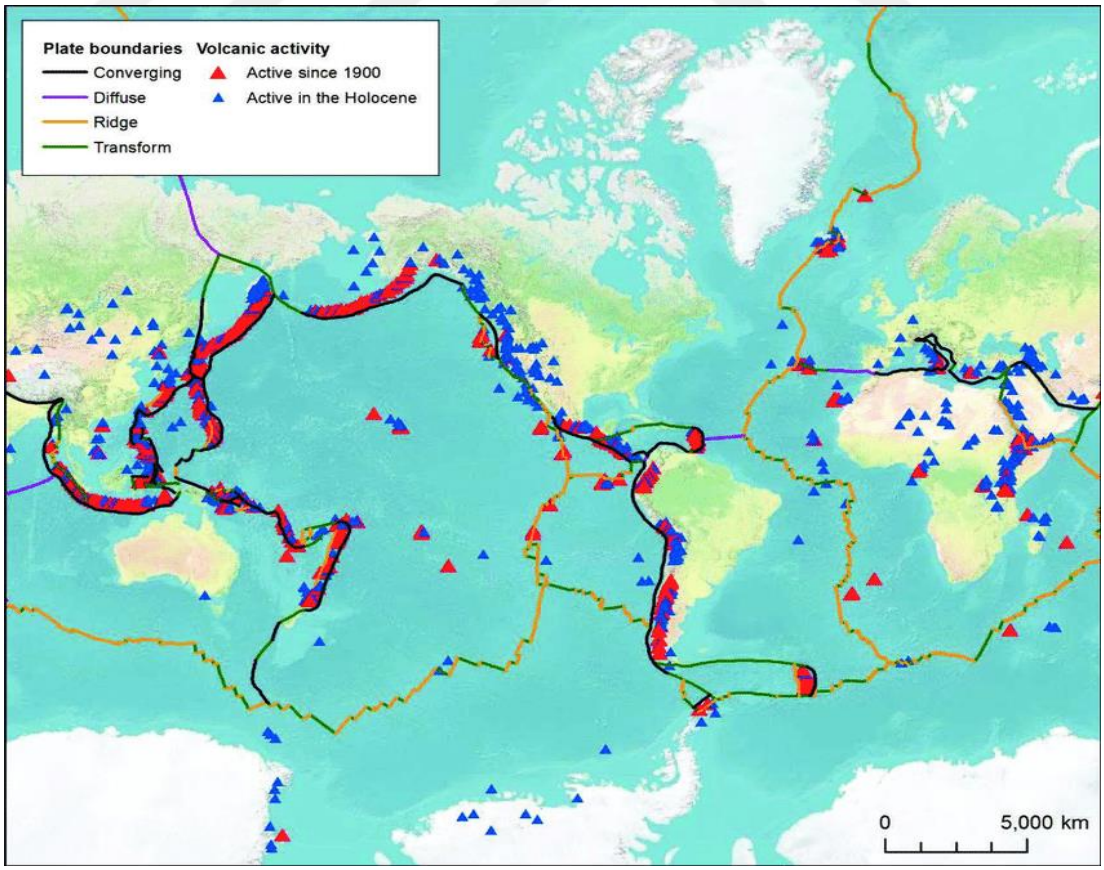
Volkanik aktiviteler Dünya üzerinde birçok alanda hareketlilik göstermektedir. Bunun yanında Güneş sistemindeki diğer gezegenlerde ve Ay'da da volkanik aktiviteden söz edilmektedir. Öyle ki Mars, Jüpiter ve Neptün'de de volkanik alanlar bulunmaktadır. Fakat canlı yaşamının temelini oluşturan Dünya'da bulunan volkanların meydan getirdiği yıkım kalıcı bir felaket şeklinde olabilmektedir. Volkanlar, yaklaşık olarak 4.5 milyar yıl önce meydana getirdiği patlamalar ile birlikte Dünya'nın atmosferinde etkili olmuş, gezegenin ilk kabuğunu oluşturmuş ayrıca su ve yerleşime yön vererek yaşamın şekillenmesinde etkili olmuştur. Günümüzde de etkisini devam ettiren volkanik hareketlilikler dünyayı saran kül ve aerosoller üretirken aynı zamanda dalgıçlar tarafından deniz tabanlarında gözlemlenen patlamaları da oluşturarak yeni adaların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Meydana getirdiği şiddetli patlamalar ile birlikte yıkıcı etkiler gösterebilen volkanlar aynı zamanda zengin tarım alanları, jeotermal ısı ve özellikle maden yatakları olmak üzere meydana getirdiği ekonomik değerler ile birlikte bazı fırsatları da yaratmaktadır (Siebert, Simkin, ve Kimberly, 2011).

Yüzyıllardır patlama meydan getiren volkanlar bugün de hareketliliğini sürdürmektedir. Kimi volkanlar sönmüş olarak Dünya üzerinde yer alsa da aktif olan volkanlar meydana getirdiği patlamalar ile birlikte rutin hayatın dengelerini bozmaktadır. Dünya'da bulunan volkanlara yönelik çalışmalar gerçekleştiren, düzenli olarak veri akışı sağlayarak volkanların aktiviteleri hakkında insanların bilinçlendirilmesini hedef alan ve merkezi Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan

Smithsonian Kurumu Küresel Volkanizma Programı'na göre Dünya üzerinde yaklaşık olarak son 12000 yıl içerisinde (Holosen Dönem) hareketlilik göstermiş 1350 volkan yer almaktadır. 1991 yılından itibaren ise bu volkanlardan ortalama yılda 56 ila 88 kadarı faaliyete geçmektedir. 79 farklı ülkenin yanı sıra Antarktika'da da bulunabilen Holosen Dönem'e ait volkanlara yenilerinin eklenebileceği de belirtilmektedir. Fakat Smithsonian Kurumu'na göre volkanik aktivitenin artış eğiliminde olmadığı ifade edilmektedir (Smithsonian, 2013).

Dünya üzerinde Holosen Dönem'de aktivite gösteren 1350 volkanın dağılımı özellikle Avrupa, Asya, Amerika ve Afrika Kıtası'nda varlık gösterirken aynı zamanda Pasifik Okyanusu çevresinde de yoğun olarak gözlemlenebilmektedir. Bu volkanlardan bazıları yaklaşık olarak son 12000 yıl içerisinde patlama getirmişse de birçoğu da 1900'lü yıllardan beri belli aralıklarla hareketlilik göstererek ciddi risklerin oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 9'da Holosen Dönem'e ait volkanların Dünya üzerindeki dağılımı gösterilmiştir.

**Şekil 9:** Holosen Volkanların Dünya Üzerindeki Dağılımı



**Kaynak:** Loughlin, S. C., Sparks, R. S. J., Sparks, S., Brown, S. K., Jenkins, S. F., & Vye-Brown, C. (Eds.). (2015). *Global volcanic hazards and risk*. Cambridge University Press.

Şekil 9'da görüldüğü üzere Dünya üzerinde hemen hemen her alanda potansiyel patlama eğiliminde olan volkanik alanlar bulunmaktadır. Bu alanlardan Holosen Dönem'de aktivite göstermiş olanlar şekilde mavi renk ile Holosen Dönem içerisinde 1900 yılından itibaren günümüze kadar olan süreci kapsayacak şekilde olan aralıkta patlama meydana getirenler ise kırmızı renkte gösterilmiştir. Holosen Dönem'de aktivite göstermiş olan volkanların ülkelere göre olan dağılımında en öne çıkan ülkelerde Endonezya, Japonya, Şili, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Meksika, Papua Yeni Gine, Filipinler, Tonga ve İzlanda başı çekmektedir. Tablo 3'te ülkelerde bulunan ve yaklaşık olarak son 12000 yıl içerisinde hareketlilik göstermiş olan volkanların sayısı yer almaktadır.

**Tablo 3:** Holosen Dönem'de Aktivite Göstermiş Olan ve Aktif Statüde Yer Alan Volkanların Ülkelere Göre Dağılım Sayısı

| Ülke Adı | Volkan Sayısı | Ülke Adı | Volkan Sayısı |
|---|---|---|---|
| 1. Cezayir | 3 | 40. Ürdün | 1 |
| 2. Antarktika (Kıta) | 19 | 41. Kenya | 21 |
| 3. Arjantin | 34 | 42. Madagaskar | 5 |
| 4. Ermenistan | 5 | 43. Meksika | 36 |
| 5. Avustralya | 4 | 44. Moğolistan | 3 |
| 6. Azerbaycan | 2 | 45. Hollanda | 2 |
| 7. Bolivya | 10 | 46. Yeni Zelanda | 24 |
| 8. Myanmar | 1 | 47. Nikaragua | 17 |
| 9. Kamerun | 3 | 48. Nijer | 1 |
| 10. Kanada | 24 | 49. Kuzey Kore | 2 |
| 11. Yeşil Burun | 2 | 50. Norveç | 2 |
| 12. Çad | 4 | 51. Panama | 2 |
| 13. Şili | 91 | 52. Papua Yeni Gine | 46 |
| 14. Çin | 10 | 53. Peru | 17 |
| 15. Kolombiya | 14 | 54. Filipinler | 38 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 16. Komorlar | 2 | 55. Portekiz | 13 |
| 17. Kosta Rika | 10 | 56. Rusya | 117 |
| 18. Cibuti | 4 | 57. Ruanda | 3 |
| 19. Dominika | 5 | 58. Saint Kitts ve Nevis | 2 |
| 20. Dr Kongo | 4 | 59. Aziz Lucia | 1 |
| 21. Ekvador | 35 | 60. Saint Vincent-Grenadinler | 1 |
| 22. El Salvador | 20 | 61. Samoa | 2 |
| 23. Ekvator Ginesi | 3 | 62. Suudi Arabistan | 8 |
| 24. Eritre | 8 | 63. Solomon Adaları | 8 |
| 25. Etiyopya | 53 | 64. Güney Afrika | 2 |
| 26. Fiji | 3 | 65. Güney Kore | 3 |
| 27. Fransa | 18 | 66. İspanya | 8 |
| 28. Gürcistan | 2 | 67. Sudan | 4 |
| 29. Almanya | 1 | 68. Suriye | 1 |
| 30. Yunanistan | 5 | 69. Tayvan | 2 |
| 31. Grenada | 2 | 70. Tanzanya | 6 |
| 32. Guatemala | 23 | 71. Tonga | 21 |
| 33. Honduras | 3 | 72. Türkiye | 10 |
| 34. İzlanda | 35 | 73. Uganda | 7 |
| 35. Hindistan | 2 | 74. Birleşik Krallık | 13 |
| 36. Endonezya | 120 | 75. Amerika Birleşik Devletleri | 162 |
| 37. İran | 1 | 76. Vanuatu | 17 |
| 38. İtalya | 13 | 77. Vietnam | 2 |
| 39. Japonya | 122 | 78. Yemen | 11 |

**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "Volcano Information Sources by Country". https://volcano.si.edu/resource_infosources.cfm, (09.06.2023)

Aktif volkanlar patladığında etkisini daha çok kül bulutu, lavlar ve piroklastik akıntılar ile birlikte göstermektedir. Bu etkiler günümüzde artan nüfus ve teknolojinin getirdiği yeniliklerle oluşan sanayi merkezleri ve endüstri üzerinde ciddi olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Tablo 3'de de görüldüğü üzere aktif olarak nitelendirilen volkanların nüfusun nispeten fazla olduğu ve aralarında sanayi ve tarım açısından gelişmiş ülkelerin de bulunduğu noktalarda sayısının fazla olması bu

ülkelerde uygulanan afet yönetim anlayışında volkanizmanın ön plana çıkmasına neden olmuştur. Zira tabloda yer alan birçok ülkede volkanlar geçmişte çok yıkıcı patlamalar meydana getirmiştir. Bunun yanında bu volkanların günümüzde de hareketli durumda olduğu belirtilmektedir. 2022 yılına bakıldığında Endonezya, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Kosta Rika, El Salvador, Şili, Papua Yeni Gine, Tonga, Filipinler ve Vanuatu gibi ülkelerde ciddi volkanik hareketler yaşanmıştır. 2023 yılında ise 14 Nisan'a kadar olan süreçte altı yeni volkanik hareketlilik gözlemlenmiştir. Bunlardan bazıları birkaç gün sürerken bazılarının aktivitesi ise halen sürmektedir. Tablo 4'te 2022 yılında meydana gelmiş hareketlilikler dönemsel olarak ele alınarak patlamaların neden olduğu sonuçlar belirtilmiştir.

**Tablo 4:** 2022 Yılında Meydana Gelmiş Bazı Volkanik Hareketlilikler ve Sonuçları

| **Volkanın Adı** | **Volkanın Bulunduğu Ülke** | **Aktivite Dönemi** | **Meydana Getirdiği Sonuçlar** |
|---|---|---|---|
| Ambae | Vanuatu | Aralık 2021-Şubat 2022 | Zirvede yer alan krater gölünde yeni koni oluşumu gözlemlenmiştir. |
| Sabancaya | Peru | Nisan 2022-Ekim 2022 | Belirtilen tarihler arasında gaz, kül ve termal aktiviteler gözlemlenmiştir. |
| Taal | Filipinler | Nisan 2022- Ekim 2022 | Küçük patlamalar meydana getirmiştir. |
| Erebus | Antarktika (Kıta) | Şubat 2022 | Termal aktiviteler meydana gelmiştir. |
| Home Reef | Tonga | Eylül 2022-Ekim 2022 | Kül oluşumlarının yanı sıra yeni ada oluşumu meydana gelmiştir. |
| Manam | Papua Yeni Gine | Mayıs 2022-Ekim 2022 | Kül bulutları ve termal aktivite meydana gelmiştir. |
| Krakatau | Endonezya | Mayıs 2022-Ekim 2022 | Kül bulutları ve termal aktivite meydana gelmiştir. |
| Chikurachki | Rusya | Mayıs 2022-Ekim 2022 | Kül bulutları ve termal anormallikler meydana gelmiştir. |
| Nrvados de Chillan | Şili | Haziran 2022-Ekim 2022 | Kül bulutları, piroklastik akışlar ve termal aktivite meydana gelmiştir. |
| Semisopochnoi | Amerika Birleşik Devşetleri | Haziran 2022-Kasım 2022 | Aralıklı patlamalar ve kül bulutları gözlemlenmiştir. |
| San Miguel | El Salvador | Kasım 2022 | Sık patlamalar, kül emisyonları ve yüksek gaz çıkışları gözlemlenmiştir. |

**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "Recent Bulletin Reports". https://volcano.si.edu/, (09.06.2023)

Tablo 5'te ise 2023 yılında meydana gelen altı yeni patlamaya ilişkin detaylara yer verilmiştir:

**Tablo 5:** 2023 Yılı İçerisinde Başlayan Volkanik Hareketlilikler (14 Nisan 2023 Tarihi Esas Alınmıştır)

| Volkanın Adı | Volkanın Bulunduğu Ülke | Aktivite Dönemi | Meydana Getirdiği Sonuçlar |
|---|---|---|---|
| Marapi | Endonezya | 7 Ocak 2023- 14 Nisan itibariyle devam Ediyor | Dumanlar ve gaz çıkışı nedeniyle halk kraterden 3 km uzaklaştırılmıştır. |
| Chikurachki | Rusya | 28 Ocak - 8 Şubat 2023 | Patlamalar nedeniyle kül, gaz ve buhar çıkışları gözlemlenmiştir. |
| Epi | Vanuatu | 31 Ocak - 23 Şubat 2023 | Volkanik depremler ve buharlaşma nedeniyle halk, bölgeden 2 km uzakta tutulmuştur. |
| Ambae | Vanuatu | 20 Şubat 2023- 13 Nisan itibariyle devam ediyor | Volkanik depremler, kül,buhar ve gaz çıkışları vardır. Ayrıca lav akıntıları da meydana gelmiştir. |
| Kita-Loto | Japonya | 27 Mart - 27 Mart 2023 | Volkanik hareketlilik ile birlikte bölgedeki sularda renk değişimi meydana gelmiştir. |
| Ulawun | Papua Yeni Gine | 28 Mart - 28 Mart 2023 | Patlama ile birlikte volkanik depremler ve bulut oluşumları meydana gelmiştir. |

**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "What was erupting in the year...?". https://volcano.si.edu/faq/index.cfm?question=eruptionsbyyear&checkyear=2023, (09.06.2023)

### 2.1.1. Dünya'da Sık Aktiviteleri Bakımından Öne Çıkan Volkanik Alanlar

Dünya üzerinde yer alan kimi volkanlar diğerlerine göre daha ön plandadır ve bu volkanlara yönelik afet yönetimi faaliyetleri daha yoğundur. Bu durumun altında yatan temel neden ise söz konusu volkanların tarihsel süreç içerisinde meydana getirdiği patlamaların sıklığı ve büyüklüğüdür. Bu patlamalar farklı şekillerde oluşarak dikkat çekebilmektedir. Bazı volkanlar çok sık olarak patladığı için bazı volkanlar da patladığında çok fazla can ve mal kaybına neden olduğu için ön plana

çıkmaktadır. Çok sık olarak patlama meydana getiren volkanlar risk yönetimi açısından öncelik teşkil etmektedir. Zira patlama olasılığı diğer volkanik alanlara göre daha yüksek olabilmektedir. Son 100 yıla bakıldığında belli aralıklarla aktivite göstermiş birçok volkan bulunmaktadır. İtalya'da bulunan Stromboli ve Etna sık olarak aktif hale gelerek yaşamsal tehdit oluşturmaktadır. Özellikle Stromboli Volkanı'nın Tiren Denizi içerisinde yer alması oluşabilecek lav akıntılarının denize kıyısı olan noktalarda su taşkınları oluşturması açısından tehlikeli olmaktadır. Aynı zamanda Etna Volkanı'nın Avrupa'nın en büyük ve aktif volkanı olması da önemli derecede lav akışının yaşanmasına ve bölge halkının sık sık uyarı amacıyla çalan çan seslerine kulak vermesine neden olmaktadır. Bunların yanı sıra İzlanda'da bulunan Fagradalsfjall ve Grímsvötn volkanları da son yıllarda aktif hale gelmiş ve sık olarak hareketlilik gösteren noktalardır. Afrika Kıtası'nda bulunan Etiyopya'da yer alan Erta Ale Volkanı ve Kongo'daki Nyiragongo Volkanı da meydana getirdiği aktivitelerin sık olması nedeniyle dikkat çeken diğer iki volkandır. Özellikle Nyiragongo Volkanı görüntüsü ile dikkat çekerken aynı zamanda dünyanın en büyük lav gölüne de sahiptir. Ayrıca Kongo'da yer alan Nyamuragira ve Tanzanya'da bulunan Ol Doinyo Lengai volkanları da kıtada yer alan ve sık aktif hale gelen diğer volkanlardır. Dünya üzerinde volkanik hareketlilik bakımından en önde gelen ülke olan ve birçok ada barındıran Endonezya'da da sık aktif hale gelen volkanlara rastlanmaktadır. Ülkede bu volkanlardan bazıları Dukono, Merapi, Semeru, Kerinci, Raung, Karangetang, Soputan, Krakatau ve Sangeang Api'dir. Amerika Kıtası incelendiğinde Kuzey Amerika'da yer alan Meksika'da bulunan Popocatépetl Volkanı sık olarak aktif hale gelmektedir. Bazı tarihçiler ise volkanın geçmiş patlamaları ile birlikte meydana getirdiği lahar akıntılarının piramitleri de yok ettiğini düşünmektedir. Bu volkanın yanı sıra Guatemala'da bulunan Fuego ve Pacaya, Nikaragua'da yer alan Masaya ve La Soufriere Volkanı kıtanın kuzeyinde sık aktif olan diğer volkanlardır. Güney Amerika'da ise Ekvador'da Revendator ve Sangay, Şili'de ise Nevados da Chillan volkanları aktivitesinin sıklığı bakımından dikkat çekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise Hawaii'de yer alan Kilauea ve Mauna Loa ile birlikte Alaska'da bulunan Veniaminof Volkanı aktifliklerini korumaktadır (Forbes, 2021).

Pasifik Okyanusu çevresi ve Amerika Kıtası dışında bulunan diğer bölgelerde de aktif volkanik hareketlilik yaşanmaktadır. Rusya'da son olarak 2023 yılı başında aktivite gösteren Shiveluch Volkanı yanı sıra Karymsky ve Ebeko volkanları da aktif özellikler göstermektedir. Öte yandan volkanik aktivite bakımından önden gelen ülkelerden olan Vanuatu'da Lopevi, Japonya'da Sakurajima, Kikai ve Suwanosejima ile birlikte Filipinler'de yer alan Taal, Pinatubo, Mayon ve Kanlaon volkanları da sık aktivite göstererek dikkatleri çekmektedir. Ayrıca Antarktika Kıtası'nda yer alan Erebus Volkanı da sık aktif hale gelen ve Dünya üzerinde en güneyde bulunan volkanik alandır (Smithsonian, 2013). Aktiflik bakımından öne çıkan bu volkanların yanı sıra tarihte meydana getirdiği ölümcül patlamalar ve yıkımlar nedeniyle de dikkat çeken bazı volkanlar vardır. Geçmişte patlama meydana getirerek birçok insanın hayatına mal olan lav, lahar akıntıları ve zehirli gazlar türeten volkanlar, volkanik alan yönetimlerinin farklı ülkelerce benimsenmesine ve volkanik bölgenin ihtiyaçlarına göre şekillenmesinde rol oynamıştır.

## 2.2. TÜRKİYE'DE VOLKANLARIN DURUMU, DAĞILIMI VE AKTİVİTELERİ

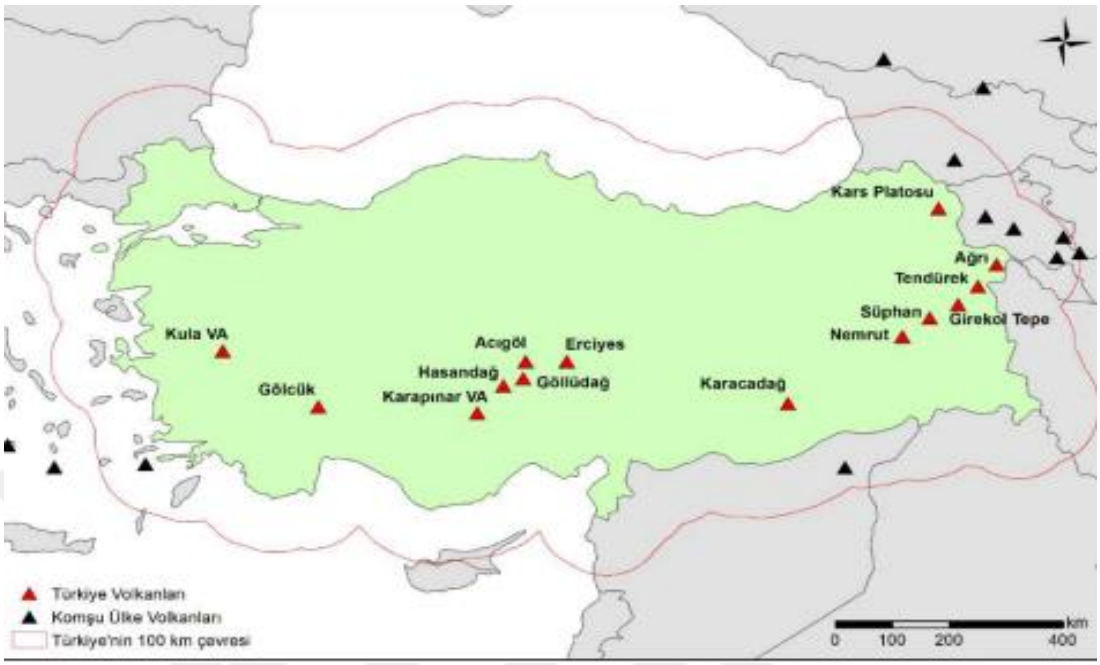
Türkiye oluştuğu jeolojik zamanlar nedeniyle genç yapıda bir ülkedir. Yüksek noktaların ve kırıklı yapının geniş yer kapladığı ülkede aynı zamanda volkanik alanlar da önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de Neojen volkanik arazisi, genellikle yıpranma nedeniyle ilk görünümünü kaybetmiş volkanik alanlardır. Kuaterner volkanik alanlar ise geçmişten bugüne kadar görünümü nispeten koruyabilmiş alanları ifade etmektedir ve Türkiye'de bu oluşumlara da rastlanmaktadır (Sür, 1994). Anadolu coğrafyasında geçmiş yıllardan beri volkanik hareketlilikler ile ilgili çeşitli ipuçlarına rastlanmıştır. Çatalhöyük'te mağara duvar resmi olarak işlenen volkan patlaması ve volkanik patlamalar ile oluşmuş kalıntılara rastlanılması bunlara verilebilecek en iyi örnekler arasındadır. Dünya Volkanoloji Birliği'ne göre Türkiye'de Holosen Dönemde hareketlilik göstermiş ve potansiyel aktif statüde değerlendirilmesi gereken 14 volkan yer almaktadır. Bunun yanı sıra geçmiş zamanda oluşmuş fakat Holosen Dönemde aktivite göstermemiş alanlar da mevcuttur ve Nevşehir'de bulunan Kapadokya buna iyi bir örnek teşkil etmektedir. Ayrıca

Holosen Dönemde aktivite gösterdiği düşünülen fakat teyit edilemeyen alanlar da yer almaktadır. Bunlar; Girekol, Gölcük, Kars Platosu ve Süphan'dır. Atıcı ve diğerleri (2021), Birleşmiş Milletlerin Global Volkanik Risk Değerlendirme Raporu'nu esas alarak yaptıkları ve Türkiye'de var olan volkanların risk değerlendirmesini yansıtan çalışmanın sonucunda volkanları risk değerlerine göre sınıflandırmışlardır. Buna göre; Erciyes, Gölcük, Hasandağı ve Nemrut Volkanı yüksek risk, Ağrı, Tendürek, Acıgöl, Süphan, Göllüdağ, Kula, Girekol alanları orta risk ve Karacadağ, Karapınar ve Kars Platosu ise düşük risk olarak kategorize edilmiştir. Türkiye'de potansiyel aktif statüde değerlendirilen volkanlar;

- Batı Anadolu'da Kula Volkanik Arazisi,
- İç Anadolu'da Hasan Dağı, Erciyes, Karapınar, Göllüdağ ve Acıgöl volkanik alanları,
- Güneydoğu Anadolu'da Karacadağ,
- Doğu Anadolu'da ise Süphan, Kars, Girekol, Tendürek, Nemrut ve Ağrı Dağı volkanik arazileridir (MTA, 2022).

Bilinen son patlamaların 1840 Ağrı Dağı ve 1855 Tendürek Dağı'nda gerçekleştiği tespit edilen Türkiye'de Batı Anadolu'da bulunan Manisa'da yer alan Kula Volkanik Arazisi 4 Eylül 2013 tarihinde United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) tarafından "Jeopark Alanı" ilan edilmiştir. Ayrıca İç Anadolu'da bulunan Hasan Dağı'nda volkanizmaya bağlı gaz çıkışları da gözlemlenmekte ve bazı kısımlarında kar tutulmasının kısa sürmesi gibi olaylar gerçekleşmektedir. Bu sebepten ötürü Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mersin Üniversitesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Aksaray Üniversitesi ile Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Aksaray ve Niğde AFAD il müdürlükleri ile birlikte Hasan Dağı çevresinde GPS istasyonları kurularak volkanın izlenmesine dayanan bir proje hayata geçirilmiştir (Anadolu Ajansı, 2021).

**Şekil 10:** Türkiye'de Holosen Dönemde Aktif Olmuş Volkanların Harita Üzerindeki Gösterimi




**Kaynak:** Atıcı, G., Gündoğdu, E.A., Çobankaya, M., Yurteri, E., Karaman, B., Dağlıyar, A., Demirci, B., Sparks, S., Brown, S., Woodhouse, M., Blundy, J., Gottsmann., J., Cashman, K., Biggs, J., Aspinall, W. 2020, "Afet Riskinin Azaltılması ve Acil Müdahalenin Geliştirilmesi İçin Türkiye'de Volkanik Riskin Belirlenmesi" TÜBİTAK 116Y480 Uluslararası İkili İş birliği Proje Sonuç Raporu, 1067s. Ankara.

### 2.2.1. Acıgöl Volkanik Alanı

Acıgöl Volkanı, İç Anadolu Bölgesi'nde Nevşehir'de yer almaktadır. Nevşehir ilinin nüfusu 31 Aralık 2022 verilerine göre 310.011'dir (TUİK, 2022). Acıgöl Volkanik Alanı'nın Nevşehir merkez ile mesafesi karayoluyla 23 km, Kayseri merkez ile arası ise 100 km'dir. Başkent Ankara'ya olan uzaklığı ise 280 km'dir. Bu noktalar arası ulaşım ise karayolu ile sağlanmaktadır. Buradaki volkanik tepe kaldera tipinde olup daha öncesinde var olan kalderanın kalıntısı olarak bulunmaktadır. 7x8 km alana sahip volkan; maar, lav domları, bazaltik lav akıntıları ve piroklastik koniler içermektedir. 1683 metre yüksekliğindeki volkanik alanda; 5 km içinde 127.863, 10 km içinde 127.863, 30 km içinde 218.469 ve 100 km içinde 2.253.483 kişi yaşadığı düşünülmektedir. Bu volkan aynı zamanda milattan önce 7810, 6230, 3500, 2370 ve son olarak yine milattan önce 2080 yıllarında patlama meydana

getirmiştir. Bugün itibariyle Türkiye'de bulunan Holosen Dönem volkanları içerisinde yer alan alan, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün yaptığı çalışmalarda "orta derecede riskli" grupta yer almaktadır (Atıcı ve diğerleri, 2021).

**Şekil 11:** Acıgöl Volkanik Alanı



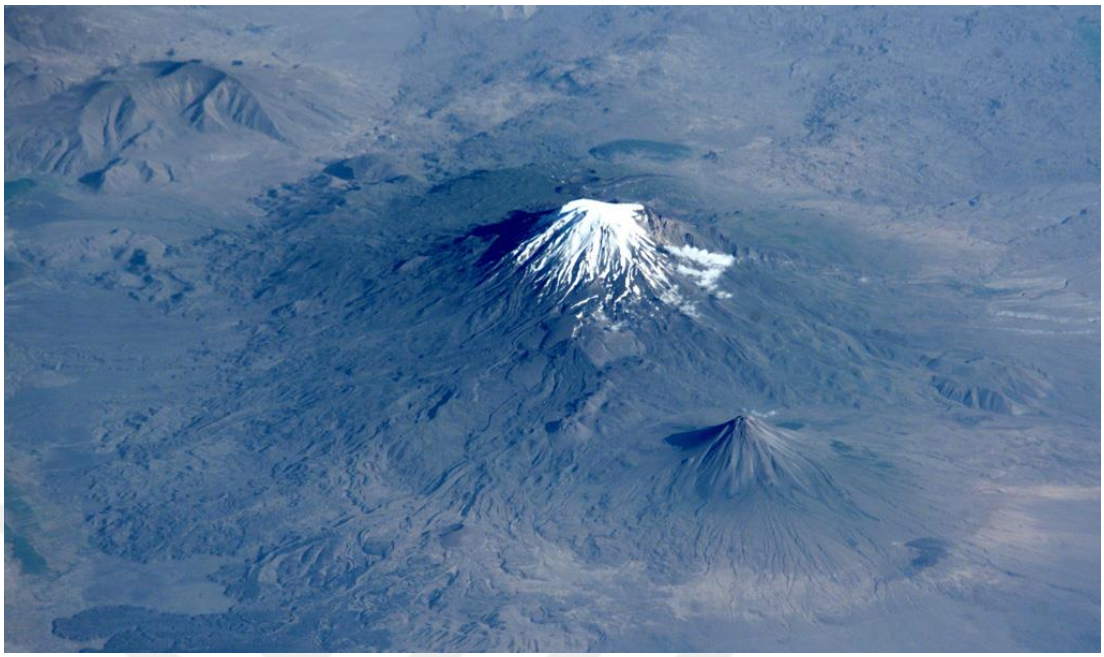
**Kaynak:** Vikipedi. (2023). "Acıgöl". https://tr.wikipedia.org/wiki/Ac%C4%B1g%C3%B6l_maar%C4%B1, (14.06.2023)

### 2.2.2. Ağrı Volkanik Alanı (Ararat)

Ağrı Volkanı, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan çift tepeli bir stratovolkandır. Türkiye'de bulunan en yüksek dağ olan volkanın yüksekliği 5165 metredir ve iki büyük konisi bulunmaktadır. Bunlar, buzullar ile kaplı olan Küçük Ağrı ve Büyük Ağrı'dır. İlin Doğubayazıt ilçesi ise doğuda İran ile sınır oluşturmaktadır. Çevresinde bulunan komşu iller ise güneyinde Van, Bitlis, Muş kuzeyinde Kars ve Iğdır, batısında ise Erzurum'dur. Volkanın bulunduğu alan ile Ağrı merkez arası karayoluyla 125 km, volkana en yakın diğer il olan Iğdır'a uzaklık ise 85 km'dir. Başkent Ankara ile Ağrı Volkanı arası mesafe de yaklaşık olarak 1200 km'dir. 31 Aralık 2022 verilerine göre Ağrı ilinin nüfusu 510.626 olarak tespit edilmiştir. Ağrı Volkanı çevresinde yer alan nüfus ise 5 km'de 25, 10 km'de 1.239, 30 km'de 135.563 ve 100 km'de ise 2.811.646'dır (TÜİK, 2022). Tarihsel süreçte

konilerin oluşmasıyla birlikte Büyük Ağrı'da lav kubbeleri meydana gelirken Küçük Ağrı'da ise piroklastik koniler oluşmuştur. Volkanın, üzerinde tespit edilen piroklastik akış çökeltileri nedeniyle yaklaşık olarak milattan önce 3000 yılına tekabül eden dönem olan Tunç Çağı'nda patlama meydana getirdiği düşünülmektedir. Öte yandan volkan üzerinde yapılan çalışmalarda Holosen Dönemde Temmuz 1840 yılında da patlama meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu patlamada püskürmeler ile birlikte toprak kayması ve piroklastik akışlar da görülmüştür. Milattan önce yaklaşık olarak 3000 ve 550 yıllarında doğrulanmış patlama meydana getirdiği düşünülmektedir (Smithsonian, 2013). Bununla birlikte 1450 ve 1783 yıllarında belirsiz patlamalar oluştuğu da tahmin edilen volkana yönelik Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün yaptığı çalışmalarda volkan "orta derecede riskli" grupta değerlendirilmiştir (Atıcı ve diğerleri, 2021). 2001 yılında uzay mekiği tarafından da fotoğraflanan volkan, Ermenistan'a da yakın bir konumda bulunmaktadır ve orada yer alan çalışmalara da konu olmuştur. Karakhanian ve diğerleri (2002), yaptıkları çalışmada Ermenistan ve komşusu olan ülkeler için bölgedeki Holosen Döneme ait volkanların risk faktörlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda özellikle Ermenistan, Türkiye, İran ve Nahcivan'ın kesişim noktasında yer alan ve nüfus, sanayi ve tarım bakımından ciddi potansiyele sahip Ağrı için geçmiş patlamaların analizine dayanarak gelecekte patlama riski olabileceğini aktarmışlardır. Ağrı Volkanı bulunduğu bölge itibariyle soğuk bir iklimde konumlanmakta ve düzenli olarak kar yağışı almaktadır. Bu yüzden volkan üzerinde uzun süreli kar görülebilmektedir.

**Şekil 12:**Ağrı Volkanik Alanı (Ararat)



**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "Ararat". https://volcano.si.edu/gallery/ShowImage.cfm?photo=GVP-11101, (14.06.2023)

### 2.2.3. Erciyes Volkanik Alanı

Erciyes Volkanı, İç Anadolu Bölgesi'nde Kayseri'de yer alan, aşınmış bir stratovolkandır. Kayak merkezi olarak da ilgi gören bu alan İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan en yüksek noktadır ve 3916 metredir. Volkanın, ticaret ve nüfus açısından önemli gelişme kaydetmekte olan şehirlerden biri olan Kayseri merkez ile uzaklığı karayoluyla 25 km ve başkent Ankara ile olan mesafesi ise 370 km'dir. Komşusu olan iller; batıda Peribacaları ile ünlü olan Nevşehir ve diğer batı komşusu Niğde, güneyinde Adana, güneydoğusunda Kahramanmaraş, kuzeybatısında Sivas ve kuzeyinde ise Yozgat'tır. 31 Aralık 2022 verilerine göre Kayseri nüfusu 1.441.523'tür (TÜİK, 2022). Erciyes Volkan'ının bulunduğu alanda yaşayan nüfus; 5 km içinde 1.715, 10 km içinde 8.036, 30 km içinde 767.813 ve 100 km içinde 1.817.720'dir (Smithsonian, 2013). Volkan etrafında yer kabuğu oynamaları sonucu gelişen dom ve kubbeler bulunmaktadır. Volkanın tarihi süreci ise yaklaşık olarak bir milyon yıl önce patlama ve püskürmelere bağlı kaldera çökmesi ile başlamıştır. Volkan üzerinde bugüne kadar patlamalar, lav akıntıları, piroklastik akışlar ve kubbe

oluşumları meydana gelmiş ve son belgelenen patlamasında ise doğu tarafında büyük bir çığa neden olmuştur. Bunun yanında Roma Dönemi'nde Kapadokya eyaletindeki sikkeler üzerinde de olası tasvirler meydana getirdiği düşünülmektedir. Bilinen son doğrulanmış patlaması ise yaklaşık olarak milattan önce 6880 yılında meydana gelmiştir (Smithsonian, 2013). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün yaptığı çalışmalarda volkanın gelecekte patlama meydana getireceği senaryoda lav akıntıları, tefra yağışları, laharlar ve piroklastik akıntıların oluşabilceği ifade edilmiş (MTA, 2022) ve aynı zamanda Atıcı ve diğerleri, (2021) yaptıkları çalışmada Erciyes Volkan'ını "yüksek riskli" sınıfta kategorize etmişlerdir.

**Şekil 13:** Erciyes Volkanik Alanı



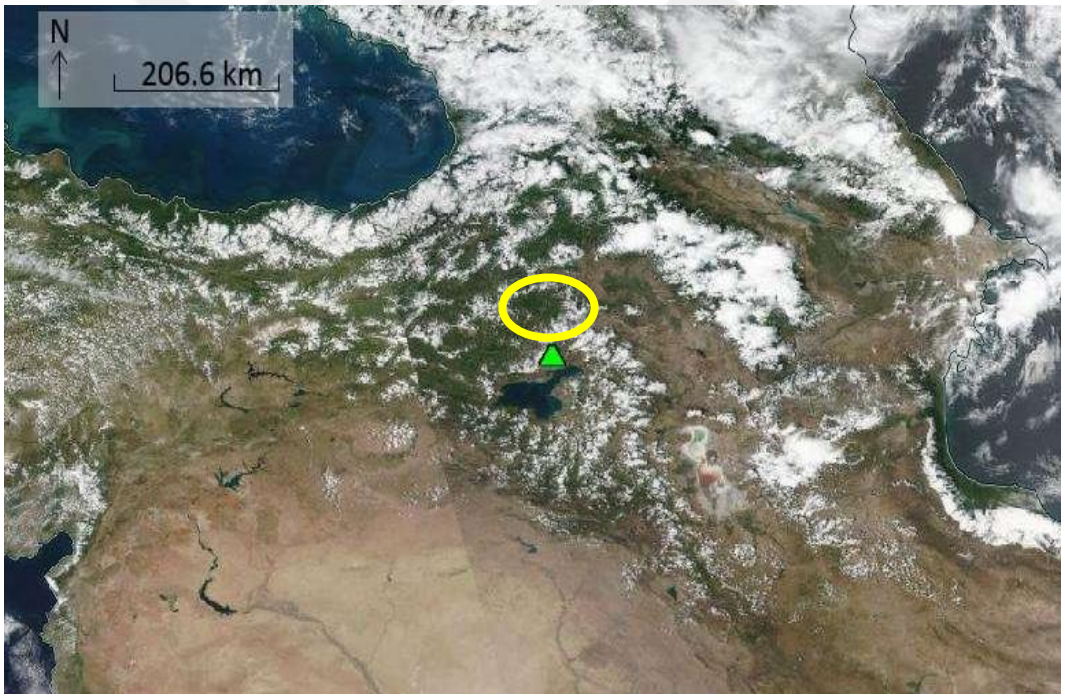
**Kaynak:** Gelbilgial. (2015). "Erciyes Dağı". https://gelbilgial.blogspot.com/2015/07/erciyes-dagi.html, (16.06.2023)

### 2.2.4. Girekol Volkanik Alanı

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Van iline bağlı Erciş ilçesinde yer alan Girekol Volkanik Alanı kalkan tipinde oluşum göstermiştir. Yüksekliği 2145 m olan volkanın Van merkez ile olan uzaklığı karayolu ile yaklaşık olarak 110 km'dir. Başkent Ankara ile olan mesafesi ise yaklaşık 1200 km'dir. İran ile doğu sınırını oluşturan Van'ın komşusu olan iller ise kuzeyde Ağrı, batıda Bitlis, güneybatıda Siirt ve

güneyde Hakkâri'dir. Son nüfus sayımına göre Van nüfusu, 1.128.749'dur (TÜİK, 2022). Girekol'un bulunduğu çevrede yaşayan nüfus ise 5 km'de 1.149, 10 km'de 8.524, 30 km'de 168.136 ve 100 km'de 1.614.661'dir (Smithsonian, 2013). Son bilinen patlaması Pleistosen Dönem olduğu tahmin edilen volkanın doğu kısmında Tendürek Volkanı bulunurken barı kısmında ise Süphan Volkanı bulunmaktadır. Bazaltik lav akışları ve piroklastik kayaçların görüldüğü alanın konumlanmasında Erciş fayı da rol oynamıştır. Girekol'un son aktivitesinin Holosen Dönemde de meydana gelmiş olabileceğini düşünülse de bu durum teyit edilememiş fakat Türkiye'deki potansiyel aktif volkanlar içerisinde değerlendirilmiştir. (MTA, 2022). Atıcı ve diğerleri (2021), volkanik tehlike indeksi ve simülasyonlar ile oluşturdukları modellemeler sonucunda Girekol'u "orta derecede riskli" olarak sınıflandırmışlardır.

**Şekil 14:** Girekol Volkanik Alanı




**Kaynak:** Volcano Discovery. (2023). "Girekol Volcano Satellite Images". https://www.volcanodiscovery.com/girekol-satImages.html, (16.06.2023)

### 2.2.5. Gölcük Volkanik Alanı

Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde bulunan Göller Yöresinde yer alan Isparta ili, Gölcük Volkanik Alanı'na ev sahipliği yapmaktadır. Bu alan kaldera şeklinde olup

ve günümüzde kaldera içerisinde göl bulunmaktadır. Gölün etrafında boyu 150-300 metreyi bulan volkanik küle sahip tepeler yer almaktadır. Gölün çapı 1500 metreyi bulurken derinliği ise bazı noktalarda 32 metreyi bulmaktadır. Volkanik alanın yüksekliği ise 1380 metredir. Türkiye'de bulunan iki kalderadan (Nemrut ve Gölcük) biri olan Gölcük'ün Isparta merkeze olan uzaklığı da karayolu ile 12 km'dir (Isparta Valiliği, 2023). Volkanik alanın başkent Ankara ile olan uzaklığı ise yaklaşık olarak 400 km'dir. Isparta'nın Göller Yöresindeki komşu illeri; güneybatısında Burdur, kuzeyinde Afyon, doğusunda Konya ve güneyinde ise Antalya'dır. Ülke geneli son nüfus sayımına göre 445.325 nüfusa sahiptir (TÜİK, 2022). Gölcük Volkanik Alanı'nda bilinen son patlamanın Holosen Dönem içerisinde görüldüğüne dair kanıtlar teyit edilmese de yapılan araştırmaların çoğunda volkanik aktivitelerin günümüzden yaklaşık olarak 24.000 yıl önce Pleistosen Döneminde gerçekleştiği ifade edilmektedir. Bölgede var olan aktif faylar boyunca ortaya çıkan lavlar, volkan konilerini meydana getirmiştir. Gölcük Volkanik Alanı da bu şekilde meydana gelerek patlamalar ile birlikte parçalanmış, bazı noktalarda lav domları ve akıntılar ile doldurulmuş ve nihayetinde çökmelerle de kaldera oluşumu meydana gelmiştir (Smithsonian, 2013). Günümüzde Tabiat Parkı olarak ilgi gören bu alan volkanizmanın da verdiği bereketli topraklar nedeniyle akçakesme, tespih çalısı, laden, katırtırnağı ve geven gibi birçok bitkiye ev sahipliği yapmaktadır. Volkanik alan ile ilgili birçok araştırmacı da bölgenin riskli bir alan olduğunu ve aktivite meydana getirebileceğini belirtmiştir. Isparta'daki Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürü Prof. Dr. Nevzat Özgür 2012 yılında yaptığı açıklamada yöredeki aktivitenin fazla olduğunu ve Gölcük Volkanik Alanı'nın altında 230'yakın deprem olduğunu belirtmiştir. Meydana gelen bu depremler nedeniyle de volkanik hareketlilik yaşanabileceğini savunan Özgür, gaz çıkışlarının devam ettiğini belirterek yöredeki köylerde cihazlar ile ölçüm yapacaklarını ve diğer üniversiteler ile izleme istasyonları kurabileceklerini ifade etmiştir (Habertürk, 2021).

**Şekil 15:** Gölcük Volkanik Alanı



**Kaynak:** Isparta Valiliği. (2023). "Gölcük Tabiat Parkı". http://www.isparta.gov.tr/golcuk-tabiat-parki, (16.06.2023)

### 2.2.6. Göllüdağ Volkanik Alanı

Göllüdağ, İç Anadolu Bölgesi'nde Niğde ilinde yer alan lav kubbesi tipinde bir volkandır. Yüksekliği 2143 metre olan volkan, Hasan Dağı ile Acıgöl volkanik alanının arasında konumlanmaktadır. Volkan ile Niğde merkez arası uzaklık kara yolu ile yaklaşık olarak 50 km, başkent Ankara ile olan mesafesi ise 300 km'dir. Niğde ilinin yakınlarında bulunan diğer iller; kuzey tarafında Aksaray, Nevşehir ve Kayseri, güneyinde ise Konya, Adana ve Mersin'dir. 31 Aralık 2022 nüfus sayımına göre nüfusu 365.419'dur (TÜİK, 2022). Volkanik alan çevresinde nüfusun dağılımı ise 5 km yakınında 835, 10 km yakınında 20.644, 30 km'de 155.618 ve 100 km içerisinde 2.049.981'dir (Smithsonian, 2013). Gelişimine Orta Pleyistosen döneminde başlayan volkanik alan, püskürmeler yaratarak 12 km çaplı bir kalderanın da oluşmasına neden olmuştur (Erturaç ve diğerleri, 2017). Volkanik alanda bulunan obsidyenlerin yaşının ise 1,33 ila 0,84 milyon yıl arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Çevresinde lav domları ve cüruf konileri bulunan Göllüdağ, bazı araştırmacılara (Keller J. 1980) göre korunmuş görünümü nedeniyle Holosen

Döneme ait bir alan olarak değerlendirilmektedir. Göllü Dağ'ın batısındaki Şahin Kalesi kubbe kompleksinde ve kuzeyindeki Erdaş Dağı masifinin güney yamacında hidrotermal değişimler ve kaplıcalar bulunmaktadır (Smithsonian, 2013). Atıcı ve diğerlerinin (2021), yaptıkları çalışmalarda Göllüdağ "orta derecede riskli" statüsünde yer almaktadır. Ayrıca tepe kısmında Hitit Dönemi'ne ait yerleşke de bulunan volkanik alanda kazı çalışmaları yapılmaktadır (Hittitemonuments, 2023).

**Şekil 16:** Göllüdağ Volkanik Alanı



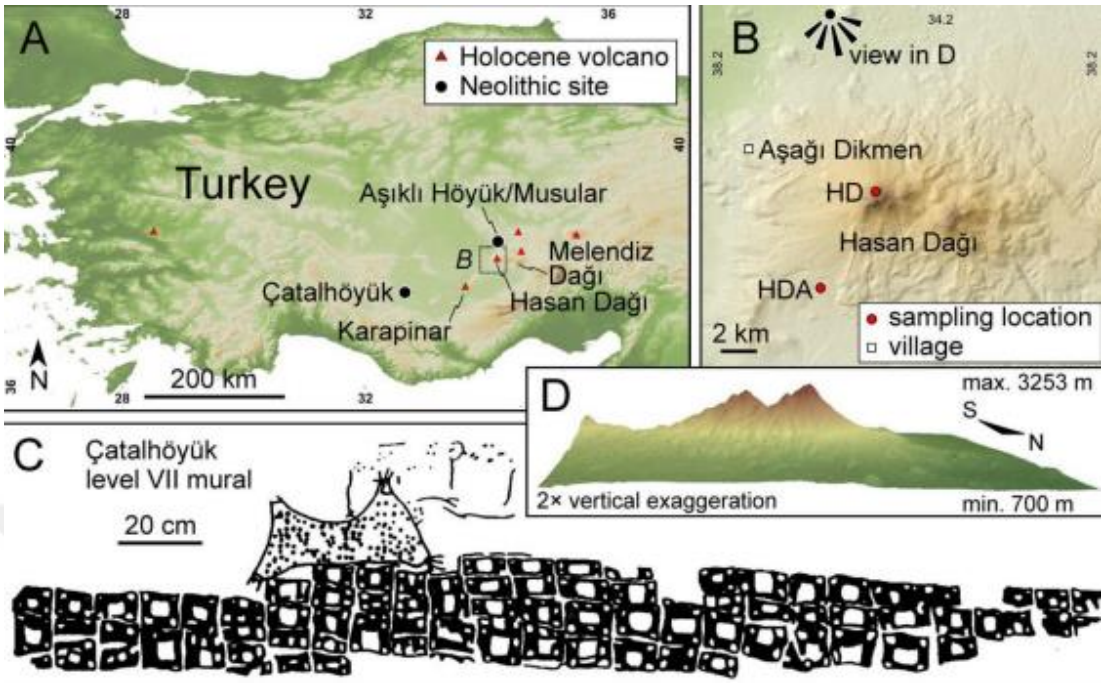

**Kaynak:** Hittite Monuments. (2023). "Göllüdağ Lions". https://www.hittitemonuments.com/golludag/golludag01.jpg, (16.06.2023)

### 2.2.7. Hasan Dağı Volkanik Alanı

İç Anadolu Bölgesi'nde Aksaray ilinde bulunan Hasan Dağı Volkanik Alanı, tam konum olarak Niğde ile Aksaray arasında bulunmaktadır. Türkiye'nin büyük stratovolkanlarından biri olan dağın yüksekliği 3268 metredir. Bu dağın yanında ise yüksekliği 3069 olan Küçük Hasan Dağı bulunmaktadır. Volkanik bölge adını, Selçuklular Döneminde vali olarak görev yapan ve Süleyman Şah tarafından atanan Ebul Gazi Musa Hasan Bey'den almıştır (Eskin, Tuncer ve Demirçivi, 2017). Hasan Dağı Volkanik Alanı ile Aksaray merkez arası uzaklık kara yolu ile 35 km, Niğde

merkez ile olan uzaklık ise yaklaşık olarak 85 km'dir. Volkanik alanın başkent Ankara'ya olan mesafesi de 270-300 km'dir. Aksaray'ın komşu illeri; doğuda Nevşehir, güneydoğuda Niğde, batıda Konya, kuzeyde Ankara ve kuzeydoğuda ise Kırşehir'dir. Ayrıca şehir Türkiye'nin önemli göllerinden biri olan Tuz Gölü'ne de ev sahipliği yapmaktadır. Son yapılan nüfus sayımına göre Aksaray'da 433.055 kişi yaşamaktadır (data.tuik.gov.tr). Hasan Dağı Volkanik Alanı'nın çevresinde yaşayan nüfus ise 5 km içinde 235, 10 km içinde 4.979, 30 km içinde 174.584 ve 100 km içinde 1.362.673'tür (Smithsonian, 2013). Günümüzden yaklaşık olarak 13 milyon yıl önce püskürmelere başladığı tahmin edilen volkanın (MTA, 2022), 8 milyon yıl önce meydana getirdiği patlamalarda açığa çıkan andezit, bazalt ve granit gibi kayaçlar o dönem ocak, kap, öğütme taşları, ve balta gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır (Eskin, Tuncer ve Demirçivi, 2017). Modern yapısı ise Miyosen Dönemin ortalarına kadar uzanan alanın, dört ana bazaltik-riyolitik volkanik kompleksin en genci olan ve en geç kaldera içinde inşa edilen bu yapısı, lav kubbeleri ile birlikte Hasan Dağı ve Küçük Hasan Dağı'nı oluşturmaktadır. Lav domları ve piroklastik akış birikintileri Hasan Dağı Volkanik Alanı'nda görülmektedir. Bununla birlikte cüruf konileri ve lav akıntıları da alanda yer almaktadır. Volkanik alanda milattan önce 7600-7500 civarında meydana gelen ve kaldera oluşumuna neden olan patlamaların, Neolitik Çağ'da tasvir edilen resimlerle de ilişkisi olduğu ve insanların yaşamını da etkilediği düşünülmektedir (Volcanodiscovery, 2023). Bununla birlikte bölgedeki jeolojik kanıtlar da Holosen Döneme kadar devam eden aktivitenin bulunduğunu göstermektedir (Smithsonian, 2013). Hasan Dağı Volkanik Alanı'nda gözlemlenen ve bazı noktalarda akan karın uzun süre kalmaması ve gaz çıkışları gibi olaylar, volkanın derinliklerinde yatan aktif olabilecek magmanın varlığını düşündürmektedir (Aksaray AFAD, 2022). Bunun yanında Schmitt, Aydar ve diğerleri (2014), Çatalhöyük'te bir volkan tasvirinin belirlenmesine yönelik yaptıkları araştırmada Hasan Dağı Volkanik Alanı'ndan aldıkları pomza örneğini yaş tayini ile belirlemişler ve 8.97 bin yıllık bir geçmişe sahip olduğu kanısına varılan örneğin, Çatalhöyük'te tasvir edilen resim ile uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Bu gibi Hasan Dağı Volkanik Alanı'nın aktivitesini belgeleyen ve gaz çıkışlarının da olduğunu belirtilen çalışmalar sayesinde volkanın ilerleyen süreçte de aktivite gösterebileceği düşünülebilir.

**Şekil 17:** Schmitt ve Diğerlerinin 2014 Yılında Yaptıkları Çalışmayı Konu Alan Görsel




**Kaynak:** Schmitt, A. K., Danišík, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, İ., & Lovera, O. M. (2014). Identifying the volcanic eruption depicted in a neolithic painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey. *PloS one*, *9*(1), e84711.

Şekil 17'de A kısmında gösterilen kırmızı renkli noktalar Holosen Döneme ait volkanların konumunu gösterirken siyah renkli noktalar ise Neolitik Sit Alanlarını göstermektedir. B kısmında ise çalışmada kullanılan pomzanın örnekleme alanı belirtilmiştir. C kısmında Çatalhöyük'te yer alan ve Hasan Dağı'nı tasvir ettiği düşünülen duvar resmi yer almaktadır. D kısmında da Hasan Dağı Volkanik Alanı'nın ikiz zirvelerinin üç boyutlu görünümü bulunmaktadır.

Hasan Dağı Volkanik Alanı bölge olarak İç Anadolu'da ve birçok ilin yakınında yer almaktadır. Bu yüzden olası bir aktivitede sadece konumlandığı Aksaray ve Niğde değil aynı zamanda sınır komşuları da doğrudan etkilenme potansiyeline sahip olabilir. Öyle ki Türkiye'de son zamanlarda bu volkanik alan ile ilgili çalışmalar da artmıştır. Gerek gaz çıkışları gerekse duvar resimlerinin tasvirleri ile aktivitesi üzerinde hem fikir olunan bölgede, meydana gelen küçük ve orta büyüklükteki depremlerin tektonik kökenli olmasının yanı sıra volkanik hareketlilik yüzünden de meydana gelebileceği düşünülmektedir. Bu sebeplerden ötürü de bölgedeki deformasyonların da incelenmesi gerektiği kanısına varılmıştır

(TÜBİTAK, 2021). Bu kapsamda Aksaray Üniversitesi'nin yürütücü olduğu ve Aksaray İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, MTA Genel Müdürlüğü ile Mersin Üniversitesi ve Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi ortaklığında gerçekleştirilen bir proje başlatılmıştır. "Hasan Dağı Volkanizmasının Tektonik ve Volkanik Açıdan Jeodezik ve Fiziksel Sensörler İle İzlenmesi" başlıklı proje, "Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1001 Deprem Araştırmaları Çağrısı" kapsamında da desteklenmiştir. Proje kapsamında bölgedeki volkanik veya tektonik kökenli deformasyonlar incelenerek depremlerin temel sebebinin anlamaya çalışılacağı belirtilmiştir. Bu kapsamda, bölgede kampanya tipi ve sürekli Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ölçmeleri, radar görüntülerinin kullanıldığı İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar (InSAR) ölçümleri, tiltmetre ölçümleri, sıcaklık ölçümleri, gaz ölçümleri ve fay ve çatlaklara dönük yapısal ve kinematik ölçümler yapılması kararlaştırılmıştır (Niğde Üniversitesi, 2021). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından 2020 yılında Niğde ve çevresini etkileyen depremlerle ilgili Aksaray Afet ve Acil Durum Müdürü Cezmi Türkmen, yaptığı açıklamayla Hasan Dağı Volkanik Alanı'nda aktivite yaşandığını ifade etmiştir. Türkmen, volkanizmanın deprem ile ilişkili bir jeolojik olay olduğunu belirterek Tuz Gölü fay hattında meydana gelen depremin bölgeye yakın olan Hasan Dağı volkanizmasını da etkileyebileceğini söylemiştir. Hasan Dağı Volkanik Alanı'nda yerin altında bulunan suyun normal sıcaklık değerleri dışında magma sıcaklığına bağlı olarak buharlaştığını ve böylece volkanik alanda su buharı çıkışlarının gözlemlendiğini belirtmiştir. Bu yüzden bölgede sıcaklık ölçümleri, gaz ölçümleri ve fiziksel ölçümler yapacaklarını belirten Türkmen, aynı zamanda bölgede, magma tabakasında hareketlilik ve yükselmeler meydana geldiğini ve bu durumun da Hacettepe Üniversitesi ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından kendilerine rapor edildiğini ifade etmiştir (Sputniks, 2021). Son patlamasının milattan önce yaklaşık olarak 6600'lü yıllarda gerçekleştiği tahmin edilen Hasan Dağı Volkanik Alanı'na yönelik Atıcı ve diğerlerinin (2021), yaptıkları çalışmalarda volkanik alan "yüksek risk" grubunda değerlendirilmiştir.

**Şekil 18:** Hasan Dağı Volkanik Alanı



**Kaynak:** Volcano Hotspot. (2015). "Hasan Dag, Mount Hasan, Hasan Dağı". https://volcanohotspot.files.wordpress.com/2015/02/hasan-mountain.jpg, (18.06.2023)

### 2.2.8. Karacadağ Volkanik Alanı

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Diyarbakır ilinde bulunan Karacadağ, kalkan tipi bir volkandır. Fakat tam konum olarak Diyarbakır ile Şanlıurfa illeri arasında konumlanmaktadır. Yüksekliği 1957 metre olan volkan, yayvan şekli nedeniyle diğer volkanik alanlardan nispeten ayrılmaktadır. Diyarbakır merkez ile olan uzaklığı 75 km olan volkanik alanın, Şanlıurfa merkez ile mesafesi de 155 km'dir. Karacadağ'ın başkent Ankara'ya olan uzaklığı ise kara yolu ile yaklaşık olarak 950 km'dir. Diyarbakır'ın komşu illeri ise doğuda Batman ve Muş, batıda Şanlıurfa, Adıyaman ve Malatya, kuzeyde Elazığ ve Bingöl, güneyde ise Mardin'dir. 31 Aralık 2022 nüfus sayımına göre yaşayan il genelinde ikamet eden kişi sayısı 1.804.880'dir (TÜİK, 2022). Volkanik alanın çevresinde yaşayan nüfus ise 5 km içinde 2.157, 10 km içinde 6.718, 30 km içinde 93.286 ve 100 km içinde 2.344.496'dır. Bazaltik yapısı nedeniyle dikkat çeken volkanik alan, Arap ön bölgesinde ve Anadolu levhası sınırının yaklaşık olarak 150 km uzağında bulunmaktadır. Tarihi süreç içerisinde özellikle doğu kanadında patlamalar meydana

getiren volkan, Pliyosen Dönemden beri aktivite göstermiştir (Smithsonian, 2013). Kuvaterner Dönemde de aktivite gösterdiği düşünülen Karacadağ'ın volkanizması genellikle yarıklardan açığa çıkan püskürmelerle başlamış ve zaman içerisinde birbiri üstüne katlanarak kalkan şeklinde geniş çaplı bir hal almıştır. Lav akıntılarından elde edilen yaş tayinleri ile de volkanın Holosen Dönemde de aktivite göstermiş olabileceği düşünülmektedir (MTA, 2022). Alman dergisi Der Spiegel, 2006 yılındaki bir sayısında Köln şehrinde bulunan Max Planck Bitki Islahı Araştırma Enstitüsü'nün günümüzde bulunan birçok türdeki tahıl ürünlerinin atasının Karacadağ volkanı eteklerinde bulunan bir bitki olduğunu keşfeden araştırmalar yapıldığını ifade etmiştir (Volcanodiscovery, 2023). Atıcı ve diğerleri (2021), meydana getirdikleri saha araştırmasında Karacadağ Volkanik Alanı'nı "düşük risk" sınıfında değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu volkanik alanın, GAP Bölgesi Turizm Odaklı Tanıtım ve Markalaşma Projesi kapsamında öne çıkarılmak istenen Mezopotamya kimliğinin bir parçası olarak "Mezopotamya'nın altın üçgeni yol haritası" çerçevesinde bazı noktaları ile jeopark statüsü alması için UNESCO'ya başvuruda bulunulmuştur (Karacadağ Kalkınma Ajansı, 2021).

**Şekil 19:** Karacadağ Volkanik Alanı



**Kaynak:** Anadolu Ajansı. (2020). "'Lav yolu salgın sürecinde bisiklet ve doğa tutkunları için izole rota oldu". https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/lav-yolu-salgin-surecinde-bisiklet-ve-doga-

tutkunlari-icin-izole-rota-oldu/2002579, (18.06.2023)

### 2.2.9. Karapınar Volkanik Alanı

İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Konya'nın Karapınar ilçesinde bulunan volkanik alan 1302 metre yüksekliğe sahiptir. Cüruf konileri, lav akıntıları, patlama krateri ve maardan oluşan alan; Karacadağ, Meke Gölü ve Acıgöl gibi volkanik noktaları da içerisine almaktadır. Bölgede aynı zamanda Miyosen Dönemdeki volkanizma nedeniyle oluşan dağlar da yer almaktadır. Bunlar Obruk Platosunun güney kısmında yer alan Üzecek Dağı ve Karacadağ'dır. Meke Gölü maar şeklinde olan yapısı ile dikkat çeken bir görünüme sahipken "Dünya'nın Nazar Boncuğu" olarak adlandırılmaktadır ve 2005 yılında Ramsar Alanı olarak ilan edilmiştir. Ayrıca bu göl birinci derece doğal sit alanıdır ve 260 hektarlık bir kısmı Tabiat Anıtı statüsündedir (Yılmaz, 2010: 157). Karapınar Volkanik Alanı'nın Konya merkez ile olan uzaklığı kara yolu ile yaklaşık olarak 100 km iken başkent Ankara ile olan uzaklığı ise 310 km'dir. Volkanik alanın bulunduğu Konya, yüzölçümü olarak Türkiye'nin en büyük ilidir ve merkez konumda olması nedeniyle fazla sayıda komşu ile sahiptir. Bunlar; kuzeyden Ankara, batıdan Isparta, Afyonkarahisar ve Eskişehir, güneyden Mersin, Karaman ve Antalya, doğudan ise Niğde ve Aksaray'dır. 31 Aralık 2022 nüfus sayımına göre 2.296.347 kişi Konya'da ikamet etmektedir (TÜİK, 2022). Karapınar Volkanik Alanı'nın çevresinde yaşayan nüfus ise 5 km'de 46.013, 10 km'de 46.013, 30 km'de 73.698 ve 100 km'de 1.220.961'dir (Smithsonian, 2013). Karapınar Volkanik Alanı'nda farklı zamanlarda oluşmuş, özellikleri bakımından farklılık gösteren ve günümüze kadar iyi korunmuş birçok volkanik şekil yer almaktadır. Bunlar; volkan konileri, maarlar, kül konileri ve lav örtüleridir (Çakır ve diğerleri, 2016). Karapınar Volkanik Alanı Kuvaterner Dönemde farklı zaman aralıklarında aktivite gösterirken bu aktiviteler genellikle akıcılığı fazla olan akıntılarla gerçekleşmiş ve bu yüzden yüksekliği diğer volkanik alanlara göre nispeten daha az olan alanlar oluşmuştur. Ayrıca meydana gelen aktivitelerle birlikte ürünler açığa çıkarken zayıf noktalardan yol edinmişlerdir. Volkanik alanda cüruf, tüf ve lav gibi bazaltik ürünler ile oluşmuş Acıgöl Maarı başta olmak üzere bazı noktalarda gaz çıkışları da gözlemlenmektedir (MTA, 2022). Atıcı ve diğerleri (2021), yaptıkları risk analizi araştırmasında Karapınar Volkanik Alanı'nı "düşük

risk” kategorisine almışlardır.

**Şekil 20:** Karapınar Volkanik Alanı



**Kaynak:** Atlas Dergisi. (2013). “Orta Anadolu Volkanları, Uyuyan Devler”. https://www.atlasdergisi.com/kesfet/bilim-haberleri/orta-anadolu-volkanlari-uyuyan-devler.html, (19.06.2023)

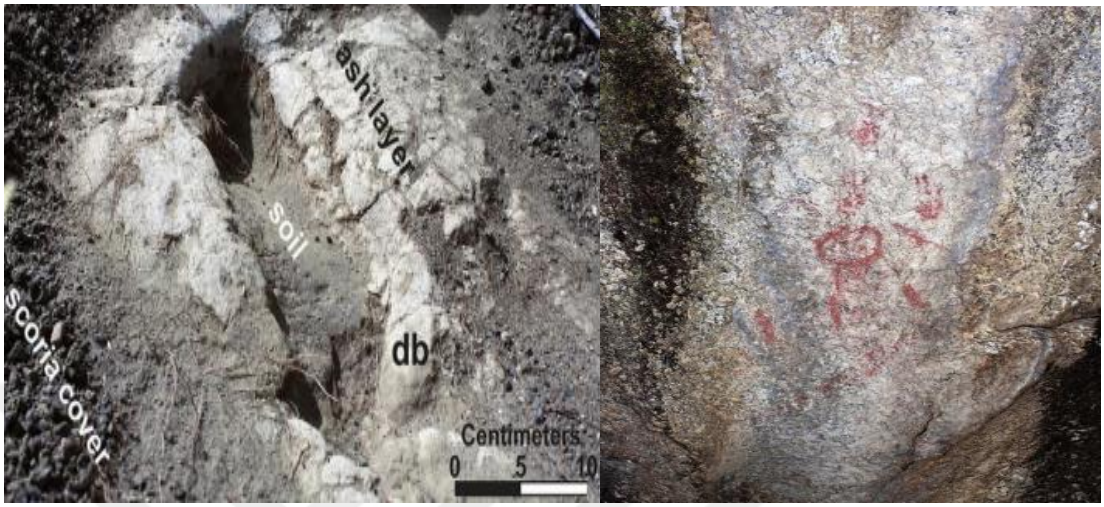
### 2.2.10. Kula Volkanik Alanı

Kula Volkanik Alanı, Ege Bölgesi’nde yer alan Manisa ilinde bulunan genç bir volkanik arazidir. Dördüncü jeolojik zamanda da aktivite gösteren alan, tarih boyunca çeşitli dönemlerde aktif olmuştur. Bu yüzden tarihsel süreç içerisinde Kula Volkanik Alanı “Yanık Ülke (Katakekaumene)” olarak da adlandırılmıştır (Kültürportalı, 2012). Batı Anadolu’da bulunan volkanizmayı oluşturan alanlardan biri olan bölgede, küçük ya da büyük birçok volkan bulunmaktadır. Geniş bir alana yayılan arazi olması nedeniyle volkanik alanın yüksekliği 750 metredir. Kula Volkanik Alanı’nın Manisa merkez ile olan uzaklığı karayolu ile yaklaşık olarak 100 km’dir. Bölgenin en büyük yerleşim birimi olan İzmir ile olan uzaklığı da 150 km’dir. Başkent Ankara ile olan uzaklığı ise 450 km civarındadır. Manisa ilinin komşuları; doğudan Uşak ve Kütahya, güneyden Aydın ve Denizli, kuzeyden

Balıkesir ve batıdan ise İzmir'dir. Son nüfus sayımına göre 1.468.279 kişi Manisa'da ikamet etmektedir (TÜK, 2022). Kula Volkanik Alanı'nın çevresinde yaşayan nüfus ise 5 km içerisinde 66.866, 10 km içerisinde 66.866, 30 km içerisinde 187.845 ve 100 km içerisinde 2.655.406'dır. Bölgede, yaşları Pleistosen Döneme ait 1.1 milyon ila 10.000 yıl arasında değişen cüruf konileri, maarlar, lav tünelleri ve diğer volkanik ürünler bulunmaktadır. Tarihsel dönemlerin birçoğunda aktivite gösterdiği düşünülen volkanik alanın ilk aşamada kalderada meydana gelen kırık ve çatlaklar nedeniyle lav akışı ürettiği gözlemlenmiştir. İkinci ve üçüncü aşamalarda ise doğu-batı yönlü lav akışları meydana gelerek yakın çevrede bulunan yerleşim yerlerine kadar ilerlemiştir. Holosen Döneme kadar devam ettiği kabul edilen aktiviteleri oluşturan Kula Volkanik Alanı, Türkiye'de en batıda konumlanmış volkanizmadır (Smithsonian, 2013). İzmir-Ankara karayolundan da görülebilen volkanik alanda birçok tepe bulunmaktadır ve bunların en yüksekleri de Sandal ve Kara Divlit'dir. Yaklaşık olarak 600-700 metre yüksekliğinde bir yayla üzerinde konumlanan alanın volkanları kuzeybatı-güneydoğu şeklinde dizilmiştir. Volkanik alanın yaşlı konilerinde krater kısmı daha iri iken genç oluşumlu konilerde ise daha küçüktür. Yaklaşık olarak yetmiş tane olan bu konileri, oluşturdukları bazaltik ve siyah renkteki lav akıntıları çevrelemektedir (Kültürportalı, 2012). Kula Volkanik Alanı'nda bulunan Çakallar Volkanı yakınlarında 1968 yılında insan ayak izleri tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra bölgede, Çakallar Volkan'ını tasvir ettiği düşünülen bir piktogram da bulunmuştur. Bu piktogram "Kanlıtaş" olarak adlandırılmıştır ve bulunan insan ayak izlerinin çok yakınında yer almaktadır. Ulusoy ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada, iki farklı tarihleme yöntemi gerçekleştirerek bölgedeki Kanlıtaş ve insan ayak izlerinin Tunç Çağı'nda insanları etkileyen volkanik patlamalar sonucu oluşturulduğu kanısına varmışlardır. Kula Volkanik Alanı, 2013 tarihinde 12'ncisi düzenlenen Avrupa Jeopark Konferansı'nda, UNESCO tarafından Türkiye'nin ilk ve tek jeoparkı ilan edilmiştir. Türkiye'deki genç volkanizmanın önemli örneklerinden biri olan bu alanda bulunan ayak izleri, volkanın patlamasına dair tarihsel bir kanıt niteliğindedir. Dünyada Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, İtalya ve Macaristan gibi ülkelerde yer alan ayak izleri koruma altına alınmış olsa da Kula Volkanik Alanı'nda bulunanlar ise zaman zaman farklı şekillerde zarar görmüştür (Körbalta, 2018: 192). Atıcı ve diğerleri (2021) Türkiye'nin volkanlarına yönelik yaptıkları risk analizi çalışmasında

Kula Volkanik Alanı'nı "orta derecede riskli" statüde değerlendirmişlerdir.

**Şekil 21:** Kula Volkanik Alanı'nda Bulunan Ayak İzi ve Kanlıtaş




**Kaynak:** Ulusoy, I., Sarıkaya, M. A., Schmitt, A. K., Şen, E., Danišík, M., & Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. Quaternary Science Reviews, 212, 187-198.

Şekil 21'de sol tarafta cüruf örtüsü ve kül tabakası arasında dönemin insanlarından birine ait olduğu düşünülen ayak izi gösterilmiştir. Sağ tarafta ise bu ayak izinin yakınlarında bulunan ve Çakallar Volkanı patlamasını tasvir ettiği düşünülen Kanlıtaş piktogramı yer almaktadır.

**Şekil 22:** Kula Volkanik Alanı



**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "Kula". https://volcano.si.edu/gallery/ShowImage.cfm?photo=GVP-11457, (20.06.2023)

### 2.2.11. Nemrut Dağı Volkanik Alanı

Doğu Anadolu Bölgesi'nin Bitlis ili sınırları içerisinde yer alan Nemrut Volkanik Alanı'nın doğusunda Van Gölü ve Tatvan ilçesi, batısında Muş Ovası, güneyinde Bitlis ili, kuzeyinde ise Ahlat ve Nazik Gölü bulunmaktadır. Yüksekliği 2948 metre olan volkanın türü ise stratovolkandır. Tepesinde bulunan kaldera nedeniyle görsel açıdan da etkili olan volkanın bu kaldera içirisinde Nemrut Gölü bulunmaktadır. Nemrut Dağı Volkanik Alanı'nın Bitlis merkez ile olan uzaklığı karayolu ile 45 km'dir. Aynı zamanda Van Gölü'nü de çevreleyen ve göle çok yakın bir konumda bulunan volkanik alandır. Bu alanın başkent Ankara'ya olan uzaklığı da yaklaşık olarak 1000 km'dir. Bitlis ilinin komşuları; doğudan Van ili ve Van gölü, güneyden Siirt ve Batman, batıdan Muş ve kuzeyden Ağrı'dır. 31 Aralık 2022 nüfus sayımına göre nüfusu 353.988'dir (TÜİK, 2022). Nemrut Dağı Volkanik Alanı'nın çevresinde ikamet eden nüfus ise 5 km içerisinde 608, 10 km içerisinde 7.399, 30 km içerisinde 230.531 ve 100 km içerisinde 1.618.263'tür (Smithsonian, 2013). Son bilinen patlamasının 1441 yılında olduğu düşünülen ve bu patlamada lav akışları da üreten Nemrut, volkanik patlamalar sonucunda oluşmuş bir alandır. Genç bir volkan olan dağda meydana gelen patlamalar nedeniyle tepe noktasının dik yapısı kısmen yok olmuş ve yerini kratere bırakmış, kraterin içerisinde ise göl ile birlikte lav domları meydana gelmiştir. Ayrıca volkanın geçmişte oluşturduğu aktiviteler nedeniyle tepe kısmında açığa çıkan lavlar, volkan konisinde üst üste yığılımlar meydana getirerek stratovolkan görünümlü bir yapı oluşturmuştur. Kuvaterner Dönemde yapısını tamamlayan volkanın günümüzdeki krater kenarında bulunan iki farklı piroklastik tabakası, volkanın 1411 ve 1441 yıllarında meydana getirdiği patlamaları kanıtlar niteliktedir. Nemrut Dağı Volkanik Alanı'nın tepesinde bulunan krater etrafında en yüksek tepe olan Sivritepe 2935 m, Doğu Nemrut Tepesi 2625 m, güneydeki Tursuktepe 2828 m ve batıdaki Nemrut Dağı Tepesi 2801 m yüksekliktedir. Yapılan topoğrafik çalışmalar sonucunda alanda meydana gelen patlamalar ile birlikte geçmişte yüksekliği 4100 metre olan alanın bugün 2935 metre ie en yüksek nokta olan Sivritepe'ye kadar alçaldığı ifade edilmiştir. Pliyosen ve

Pleistosen Dönemde de aktivite gösteren volkan andezit, bazalt ve piroklastik ürünler meydana getirmiştir. Holosen Dönemde daha çok çökmelerin görüldüğü volkan böylece önce patlamaların daha sonra da çökmelerin yaşandığı bir alan olmuştur (Tatvan Kaymakamlığı, 2023). Nemrut'un çok yakınında bulunan Van Gölü'ndeki tabakalarda Holosen Döneme ait püskürmeler yer aldığı belirtilmiştir. 27 Holosen Dönemi aktivitesi, sıcak su çıkışları ve geçmiş dönemlerde yaşanan hareketlilikler nedeniyle bu bölge, Türkiye'nin potansiyel olarak en aktif volkanik alanlarından birisi olarak kabul edilmektedir (MTA, 2022). Atıcı ve diğerleri (2021) de yaptıkları modelleme çalışmasında Nemrut Dağı Volkanik Alanı'nı "yüksek riskli" olarak değerlendirmişlerdir.

**Şekil 23:** Nemrut Dağı Volkanik Alanı



**Kaynak:** Tatvan Kaymakamlığı. (2023). "Kültür ve Turizm". http://www.tatvan.gov.tr/kultur-turizm#gallery-1, (21.06.2023)

### 2.2.12. Tendürek Dağı Volkanik Alanı

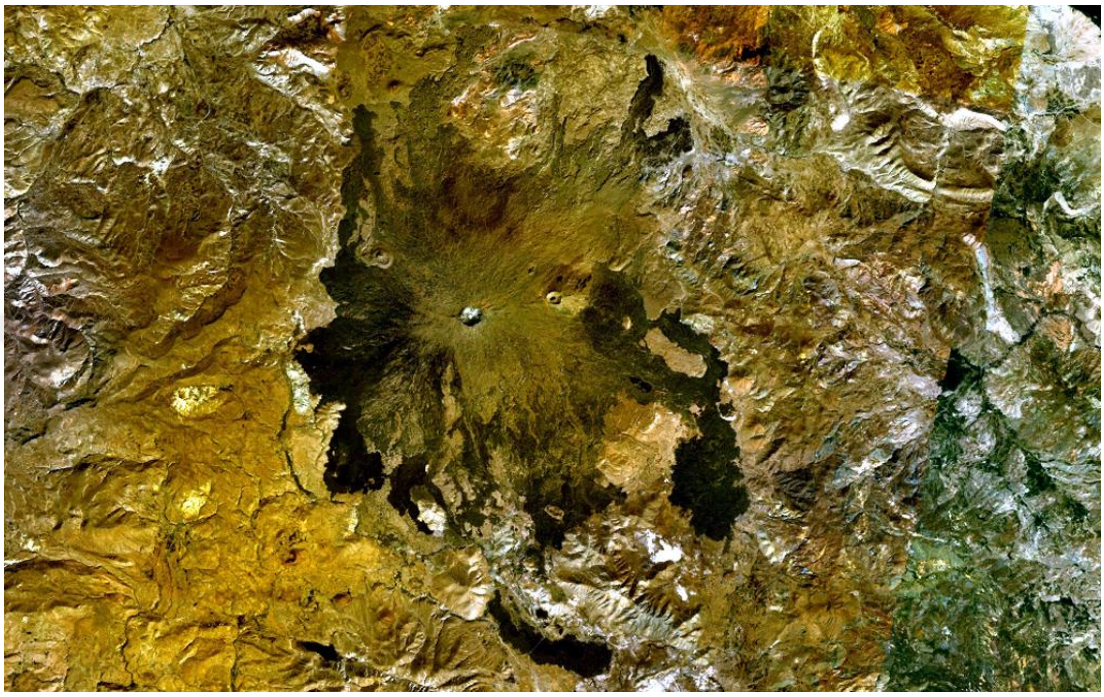
Tendürek Dağı Volkanik Alanı, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Ağrı'nın Doğubayazıt ilçesi ile Van'ın Çaldıran ilçeleri arasında konumlanmış bir kalkan volkandır. Yüksekliği 3514 metre olan volkanın tepe noktasında yükselen iki farklı koni bulunmaktadır (Smithsonian, 2013). Tendürek Volkanı, tarihsel süreçte yanar

bir şekilde aktif olduğundan tandıra benzetilmiş ve bu tandır ismi türetilerek Tendürek adını almıştır (Doğubayazıt Kaymakamlığı, 2019). Tendürek Dağı Volkanik Alanı'nın Ağrı merkez ile olan uzaklığı karayolu ile yaklaşık olarak 125 km, Van merkez ile olan uzaklığı ise yaklaşık olarak 185 km'dir. Başkent Ankara'ya olan uzaklığı da 1200 km civarındadır. Ağrı'nın komşu illeri; doğuda İran (Maku İli, Bazargan İlçesi), batıda Erzurum İli, kuzeyde Kars ve Iğdır illeri, güneyde Bitlis ve Van illeri, güneybatıda ise Muş İli'dir. 31 Aralık 2022 nüfus sayımına göre Ağrı nüfusu 510.626'dır (TÜİK, 2022). Tendürek Dağı Volkanik Alanı çevresinde yaşayan nüfus 5 km içerisinde 550, 10 km içerisinde 5.060, 30 km içerisinde 173.581 ve 100 km içerisinde 1,938,900'dür. Tendürek'in iki konisinden biri olan ve batı kısmında yer alan koni, trakit dikenli bir yapıda bulunan duvar ile örtülmüştür. Batı kanadına göre daha düz bir yapıda bulunan doğu konisinin tepesinde bir krater bulunmaktadır ve bu krater göl içermektedir. Tarihsel süreç içerisinde aktivite gösteren Tendürek Dağı, batı krater kısmından açığa çıkan lav akıntıları ile birlikte yayılan volkanizma sonucunda günümüzde yaklaşık olarak 500-600 $km^2$lik bir alanı kapsamaktadır. Volkanik alanda zirve kalderası oluşumlarının ardından kuzey-güney yönlü çatlaklardan çok miktarda patlamalar meydana gelmiş ve bazaltik akışlar üretilmiştir. Yaklaşık 2500 yıl önce güneydoğu kanadında patlama meydana getiren volkan (Smithsonian, 2013), 1855 yılında Doğubayazıt'ın 12,5 km güneyinde bulunan Topariz köyünde de gaz ve kül içeren patlamalar oluşturarak Türkiye'nin en genç aktivite gösteren volkanik alanı olmuştur. Ayrıca volkandan çıkan gaz ve sıcak su buharları bulunmaktadır ve buradan çıkan ürünler de Ağrı Dağı'na kadar taşınmıştır (MTA, 2022). Tendürek Volkanı'nın iki kraterinde de hidrotermal ve fümerol aktivite gözlemlenmiştir ve bu krateri çevreleyen kalderada 2003 ve 2010 yılları arasında 11 mm/yıl çökme meydama gelmiştir (Ulusoy ve diğerleri, 2019). Mevcut jeolojik ve jeomorfolojik verilere göre Tendürek Volkanı günümüzde gelişiminin kaldera aşamasına gelmiştir ve potansiyel olarak aktif volkanik alan statüsünde yer almaktadır (Lebedev ve diğerleri, 2016: 341). Atıcı ve diğerleri (2021), Türkiye'deki volkanlara yönelik çalışmalarında Tendürek'i, "orta derecede riskli" olarak sınıflandırmışlardır. Karakhanian ve diğerlerinin (2002) çalışmalarında sunduğu Ermeni belgelerinde Tendürek Volkanı ile ilgili şunlar aktarılmıştır;

> *"1855'te Bayazet'in ele geçirilmesinden sonra Rus birlikleri, Türk mevzilerinin güneyinde, Tondrik(Tendürek) Dağı'nın kuzey eteğinde Tapariz Köyü'nde kamp*

*kurdu. Geceleri top atışlarını andıran gök gürültüsü sesleri duydular. Taraflardan her biri, diğerinden şüphelenerek silahları aldı. Bununla birlikte, seslerin kükürt ve ateşle tüten Tondrik Dağı'nın içinden geldiği anlaşıldı. Tapariz Köyü civarında ve biraz yolunda küllü sıvı akıntıları fark edildi."*

**Şekil 24:** Tendürek Dağı Volkanik Alanı



**Kaynak:** Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Tendürek Dagi". https://volcano.si.edu/gallery/ShowImage.cfm?photo=GVP-11548, (21.06.2023)

## 2.3 GEÇMİŞTE DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YAŞANMIŞ ÖNEMLİ VOLKANİK OLAYLAR

Tarih boyunca dünya üzerinde birçok volkan aktif hale gelmiş ve eski çağlardan beri insanların yaşamına etki etmiştir. Zira mağara duvarlarına işlenen resimler, bulunan ayak izleri veya belgelerde anlatılan durumlar bunların en önemli örneklerini oluşturmaktadır. Geçmişten beri insanlığı etkilemiş bu volkanik olaylar kimi zaman çok yönlü bir etki yaratmazken kimi zaman ise canlıların yaşamına doğrudan etki etmiştir. Öyle ki dinozorların neslinin tükenmesinde dahi volkanik patlamaların etkilerinden söz edilmektedir. Drexel Üniversitesi'nde öğretim üyesi olarak çalışmalarını sürdüren Loÿc Yanderkluysen, dinozorların sonunu getiren etkenlerden birinin de volkanik patlamalar olabileceğini savunmuştur.

Yanderkluysen, asteroittin Dünya'ya çarpması sonucu meydana gelen depremlerle birlikte volkanik patlamaların tetiklendiğini ve böylece 300 bin yıl devam eden volkanik aktivitelerin yaşandığını belirterek bu durumun da dinozorların sonunu hazırlamış olabileceğini ifade etmiştir (Euronews, 2019). Dünya üzerinde hâlihazırda birçok aktif volkanik alanın bulunması ve uyuyan volkanların dahi geçmişte büyük patlamalar meydana getirdiği düşünüldüğünde, etkisi ölümcül olabilen bu doğa olayının ileride de devam edeceği düşünülebilir. Bu yüzden geçmişte patlamalara maruz kalmış birçok ülke bu duruma uyum sağlamış ve bugün itibariyle volkanlarla birlikte yaşamayı öğrenmiştir. Bunun en önemli nedeni ise volkanik alanda uygulanan etkin bir afet yönetimi ve volkanların insanlara sağladığı fırsatlardır. Geçmişte dünyada meydana gelen ve en ölümcül sonuçlar doğuran volkanik patlamalar farklı ülkelerde görülse de bunların birçoğu Endonezya'da meydana gelmiştir. Özellikle Tambora ve Krakatoa'nın 1800'lü yıllarda gösterdiği aktiviteler, yakın tarihteki en önemli volkanik olaylardır. On binlerce insanın ölümüne ve yerleşim noktalarının hasar almasına neden olan bu afetlerin yanı sıra Avrupa Kıtası'nda İzlanda ve İtalya gibi ülkelerde de tarihsel süreç içerisinde benzer durumlar meydana gelmiştir. İtalya'da bulunan Vezüv Volkan'ının milattan sonra 79 yılında oluşturduğu patlama ve İzlanda'da yer alan Laki Volkanı patlamaları, bölgede yaşayan insanların hayatını kaybetmesine, şehirlerin haritadan silinmesine ve yıllarca süren kıtlık dönemlerinin başlamasına neden olmuştur. Bu gibi örnekler verilebileceği gibi tarih boyunca dünya üzerinde meydana gelen önemli volkanik patlamalar genellikle Volkanik Patlama İndeksi ve neden olduğu can kaybı sayısı üzerinden sınıflandırılmaktadır.

### 2.3.1. Tarih Boyunca Dünya Üzerinde En Çok Can Kaybı Sayısı Meydana Getiren Bazı Volkanik Patlamalar

Geçmişten bugüne dünyadaki yaşamın sürdürülmesinde göçler, savaşlar, icatlar, devrimler, yer hareketleri ve salgınlar gibi birçok unsur etkili olmuştur. Volkanik patlamalar da bu unsurlar arasında yer almaktadır. Yeryüzünün şekillenmesinde önemli paya sahip olan tektonik hareketler sonucunda oluşabilen volkanik aktiviteler, canlıların yaşamına kimi zaman fırsatlar getirse de çoğu vakit bir felaket boyutunda zararlar oluşturabilmektedir. Büyük patlamalar meydana

getirdiğinde sadece bölgedeki canlıları etkileyecek akıntıları değil aynı zamanda küresel çapta kül yayılımı ve sıcaklık azalması gibi sonuçları da oluşturabilen volkanlar, çevre üzerinde de ciddi zararlar meydana getirerek yıllarca sürecek bir yiyecek ve içecek kıtlığına da neden olabilmektedir. Geçmiş tarihlerde İzlanda'daki Laki ve Endonezya'daki Tambora volkanlarında yaşanan hareketlilik nedeniyle yaşanan kıtlıklar, Avrupa'da günlük yaşamın değişmesinde önemli rol oynamıştır. Yeryüzündeki birçok volkan ise patlama meydana getirdiğinde lav ve lahar akıntıları, küller, zehirli gazlar ve boğucu dumanlar nedeniyle direkt olarak insanların ölümüne veya ağır şekilde yaralanmalarına neden olmuştur. Özellikle bu patlamalar, Volkanik Patlama İndeksi yüksek olan aktivitelerdir. 1982 yılında United States Geological Survey'den Chris Newhall ve Hawaii Üniversitesi'nden Stephen Self tarafından tasarlanan Volcanic Explosivity Index (VEI) yani Volkanik Patlama İndeksi, volkanın patlayıcılığını ölçen bir sistemdir. Bu sisteme göre patlayıcılığın değerini belirlemek için ürün hacmi, patlama bulut yüksekliği ve "nazik" ten "devasa" ya kadar değişen terimlere dayandırılan nitel gözlemler kullanılmaktadır. Sınıflandırma ise 0 ila 8 arasında yapılmaktadır ve 8, çok büyük süper volkan (Yellowstone-ABD) patlamalarını temsil etmektedir. 0 ila 8 arasında artan her bir değer ise 10 kat daha büyük bir patlamaya işaret etmektedir (USGS, 2023). Volkanik Patlama İndeksi yanında volkanların meydana getirdiği patlamaların büyüklüğünün tartışılabileceği bir diğer nokta da neden olduğu can kayıplarıdır. Bu durumda geçmişten günümüze kadar dünya üzerinde bazı volkanlar meydana getirdiği can kayıpları ile ön plana çıkmaktadır. Bu volkanlar da aşağıda belirtilmiştir.

#### 2.3.1.1. Milattan Önce 1627-1600 Santorini(Thera) Volkanı Patlaması

Ege Denizi ve Yunanistan'da yer alan Santorini Volkanik Adası, daha çok grup halinde volkanların konumlandığı bir noktadır. Yunanistan'ın 200 km güneydoğusunda yer alan volkan, milattan önce (M.Ö.)1627-1600 yılları arasında olduğu tahmin edilen patlaması ile birlikte yaklaşık olarak 20.000 insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Wikipedia, 2023). Bir kaldera körfezine benzeyen noktada volkanik alana bakan köylerden oluşan Santorini, turizm bakımından ilgi gören bir nokta olarak anılsa da tarihte, adayı ön plana çıkaran bir diğer husus milattan önce (M.Ö.) 1627-1600 arasında olduğu öngörülen volkanik patlamasıdır.

Hemen hemen dört ana kalkan volkanın buluşmasıyla oluşan bu volkanik ada grubunun en genç kalderası Geç Tunç Çağı patlaması olan ve yaklaşık olarak M.Ö. 1600'lü yıllara denk gelen aktivite ile gerçekleşmiştir. Bu patlama sonrasında ise M.Ö. 197 yıllarında meydana gelen aktivitelerle birlikte kaldera merkezine yakın bir konumda bulunan ve iki ada oluşturan lav kubbeleri meydana gelmiştir. Milattan sonra 1650 yılında ise Santorini'nin yaklaşık 6,5 km kuzeydoğusunda yer alan Kolumbo Denizaltı Volkan'ında bir denizaltı patlaması oluşmuştur. Adanın meydana getirdiği ve en ölümcül patlama olan Santorini Patlamasının M.Ö. 1627-1600 yılları arasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Volkanik Patlama İndeksi'ne göre bu patlama büyüklüğünün 7 olduğu tespit edilmiştir (Smithsonian, 2013). Santorini Adası'nın tarihi ise Girit'teki Minos Uygarlığından, bölgedeki denizcilik yaşamına ve Yunan mitolojisine kadar uzanan bağlantılar içermektedir. Birçok tarihçiye göre Santorini Patlaması Geç Tunç Çağında bölgede yaşayan Minos Uygarlığının sonunu getirmiştir. Bu yüzden günümüzde Santorini, Thera Patlaması ya da Minos Patlaması olarak da bilinmektedir. M.Ö. 1600 yıllarda aktivite gösterdiği düşünülen volkan patlama anında çökmüş ve yaklaşık olarak 73 $km^2$lik bir alan sular altında kalmıştır. Öte yandan patlama ile oluşan tsunami dalgaları Ege Adaları ve Türkiye kıyılarını vurmuş fakat en çok hasar ise Girit'te oluşmuştur. O tarihlerde volkanın patladığı noktada yaşamını sürdüren Minos Uygarlığı ise neredeyse yok olma noktasına gelmiştir. Ayrıca bazı tarihçiler, Minos Uygarlığının yok olmasının insanlığın bilimsel, kültürel ve ticari açıdan gelişimi için bir kırılma noktası olduğunu ve bu durumun insanlığın gelişmesini yavaşlattığını savunmaktadırlar (Güngör, 2020). Zira Santorini patlaması ile açığa çıkan toprak, tüf ve kül-kireç karışımı olan hidrolik çimentolarla ada üzerindeki birçok ev inşa edilmiş ve verimli volkanik topraklarda üzümlerden şarap üretilerek sebze ve meyveler ihraç edilmiştir. Bunun yanında volkanın patladığı kesin tarih ile de ilgili çalışmalar sürmektedir. Bölgede bir zeytin dalından alınan organik materyalin incelenmesi sonucu Minos Patlaması tarihinin %95,4 olasılıkla M.Ö. 1627-1600 yılları arasında gerçekleştiği tespit edilmiştir (Gorokhovich, 2013). Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Arizona Üniversitesi'nden Tree Ring Laboratuvarı Uzmanı Charlotte Pearson'ın başını çektiği bir grup uzman ise Santorini Patlaması ile ilgili tahmin edilen tarihi doğrulamak amacıyla Antarktika ve Grönland'dan gelen ağaç halkaları ve buz

verilerini sıralayarak bir çalışma yapmışlardır. Bunun yanında yüksek çözünürlüklü bazı teknikler kullanarak sülfat ve tefra kalıntılarını da incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda Santorini Patlamasının gerçekleştiği tarih olarak ifade edilen 1628 tarihinin aslında Alaska'da bulunan Aniakchak Volkan'ına ait olduğunu belirtmişlerdir (Arizona Üniversitesi, 2022).

#### 2.3.1.2. Milattan Sonra 79 Yılı Vesuvius Volkanı Patlaması

İtalya'nın Campania Bölgesi'nde yer alan Napoli kenti sınırları içerisinde yükselen Vesuvius Volkanı, 1281 metre yüksekliğe sahip bir stratovolkandır. Tarihte meydana getirdiği patlamalar ile birlikte dünyanın en ünlü volkanlarından biri haline gelmiş ve 17.000 yıl önce aşamalı olarak oluştuğu düşünülen Monte Somma Volkan'ı içerisindeki devasa kalderada inşa edilmiştir. En ünlü patlamasını milattan sonra (M.S.) 79 yılında gösteren Vesuvius, o tarihte olduğu gibi son 17.000 yılda da çok geniş hacimli piroklastik akışlar meydana getirerek sekiz büyük volkanik patlamaya ev sahipliği yapmıştır. 1631 ila 1944 yılları arasında büyük zararlara yol açan ve piroklastik akışlar üreten patlamalar oluşturmuştur. En ölümcül aktivitesi M.S. 79 yılında kaydedilmiş ve Volkanik Patlama İndeksi'ne göre patlama büyüklüğü 5 olarak tespit edilmiştir (Smithsonian, 2013). Patlama ile birlikte yaklaşık olarak 13.000 üzerinde insanın yaşamını kaybettiği tahmin edilmektedir (en.wikipedia.org). Vesuvius Volkanı, öğlen saatlerinde meydana getirdiği büyük patlamayla yakınında bulunan ve Napoli Körfezi'ne kadar uzanan, Herculaneum, Oplonti ve Stabiae şehirlerini çıkardığı piroklastik akışlar ile yutmuş ve neredeyse Campania Bölgesi'nin yok olmasına neden olmuştur. Patlamanın ilk aşamasında yüksek bir püskürme sütunundan dışarıya atılan ponzalar etrafa yayılmıştır. İkinci aşamada ise piroklastik akıntılar meydana gelmiş ve volkanın etrafında konumlanan yerleşim yerlerinde, yüksek sayıda can kaybı ve ciddi maddi hasarlara yol açmıştır. Volkanın yakınında bulunan Pompeii'de can kayıplarının birçoğu binalardaki çatı çökmesinden veya volkandan gelen akıntıların yarattığı kinetik enerji ile birlikte görülen fiziksel ölümler olmuştur. Bunların yanında volkandan çıkan zehirli gaz ve küller de insanların boğularak hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Pompeii'de yer alan binaların durumu ise volkanik patlamanın açığa çıkardığı ürünlere göre farklılık göstermiştir. Pirokastik akışların ve diğer akıntıların (lav, lahar vb.) daha

yoğun gözlemlendiği doğu-batı yönlü duvarlar, kuzey-güney yönlü olanlara göre daha çok yıkıma maruz kalmış fakat bazı bölgelerde ise bu durum tersi yönünde gerçekleşmiştir. Ayrıca volkandan patlama ile birlikte açığa çıkan ürünlerin, binaların daha çok üst kısımlarında hasar meydana getirdiği ve zemin katların nispeten daha sağlam olduğu tespit edilmiştir (Giacomelli, 2003). Volkanın patladığı kesin tarih ile ilgili de araştırmalar hala sürmektedir. Literatürde daha çok 24 Ağustos tarihinde oluştuğu ifade edilen patlamanın aslında aynı yılın ekim ve kasım ayları arasında da ortaya çıkmış olabileceği düşünülmektedir. Doronzo ve diğerleri (2022)' ne göre M.S. 79 yılında meydana gelen patlamada volkanın zarar verdiği bölgeyi görmek ve bilimsel çalışmalarına araştırma yapmak amacıyla yola çıkan Doğa Filozofu ve Araştırmacısı Gaius Plinius'un, patlamaya ilişkin ipuçları verdiği ve volkanın patladığı noktadan aktardığı mektuplarının Orta Çağda çevrildiği düşünülmektedir (Doronzo ve diğerleri, 2022).

#### 2.3.1.3. 1257 Samalas Volkanik Patlaması

Dünya üzerinde volkanik aktivite bakımından en önde gelen ülkelerden biri olan Endonezya'nın Lombok Adası'nda bulunan Samalas Volkanı aslında bileşik bir yapı olan Rinjani Volkan'ının kalderasını oluşturmaktadır. 6 x 8,5 km ve oval biçimindeki kaldera, volkanın batı tarafını tamamen kesmiştir. Kalderanın oluşumu ise 1257 yılında meydana gelen patlama ile birlikte gerçekleşmiştir. Patlama ile birlikte yeni oluşan Barujari Konisi volkana içi dolu bir göl kalderası görünümü kazandırmıştır. Bu göle de Segara Anak adı verilmiştir. Zaman zaman orta düzeyde patlamalar meydana getirerek Segara Anak Gölü içerisine lav akışlarının girmesine neden olan volkan, 1257 yılında oluşturduğu patlama ile birlikte Volkanik Patlama İndeksi' ne göre 7 büyüklüğünde bir aktivite sergilemiştir (Smithsonian, 2013). Bu patlamada 15.000 ila 20.000 insanın hayatını kaybetmiştir. (Wikipedia, 2023). 1257 yılındaki patlama freatik yani buhar patlaması tarzı şeklinde başlamış, daha sonrasında ise magmanın çıkışını içeren bir aşama meydana gelirken ponza yağmurları da oluşmuştur. Bunlara ek olarak kısmen de olsa Samalas'ın batı kanadındaki vadide daha çok etkili olan piroklastik akışlar ve kül serpintileri ortaya çıkmıştır. Toplam volkandan çıkan malzemenin yaklaşık olarak 40 $km^3$ olduğu patlama, 13. Yüzyılın iklimi üzerinde de etkili olmuştur. Kuzey Yarımkürede

patlamaya bağlı olarak özellikle Avrupa Kıtası'nda iki yıl boyunca hava değişimleri gözlemlenmiş ve patlamanın Küçük Buz Çağı'na dahi etkisi olduğu ifade edilmiştir. Bu sebepten ötürü de dönem boyunca sosyal ve politik dengelerin değiştiği düşünülmektedir (Malawani, 2022). Ayrıca meydana gelen iklim değişikliğinin 1258 yılında Kuzey Amerika ve Avrasya'nın orta enlemlerinde daha yaygın yaz soğutması şeklinde yaşandığı ifade edilirken, İskandinavya ve Sibirya'daki kayıtlarda ise 1259'da en yüksek soğumanın hissedildiği ortaya koyulmuştur (Büntgen ve diğerleri, 2022). 1257 Patlaması, havaya salınan kükürt açısından da dünyadaki en öne çıkan aktivitelerden biri olarak belirtilmiştir. Patlamadan sonra buz çekirdeklerinde yer alan kükürt birikiminin 1815'te meydana gelen ve tarihin en çok can kaybına neden olan volkanik aktivitesi Tambora Patlamasından iki kat fazla hacimli olduğu tespit edilmiştir (Guillet ve diğerleri, 2017). Volkanın tam olarak patlama tarihi üzerine yapılan çalışmalarda ise tarihi kayıtlar ve tefra dağılımları incelenmiş ve volkanın 1257 yılının Mayıs-Ekim ayları arasında patladığı öne sürülmüştür (Lavigne ve diğerleri).

#### 2.3.1.4. Nisan 1815 Tambora Volkanı Patlaması

Endonezya'nın Küçük Sunda Adaları'nın bir parçası olan Kuzey Sumbawa'daki Sanggar Yarımadası'nın çoğunu kaplayan Tambora Volkan'ı tarihsel süreç içerisinde birçok kez aktif hale gelmiştir. En yıkıcı patlamasını 10 Nisan 1815 tarihinde gösteren volkan, 71.000 ila 250.000 arasındaki ölüm nedeniyle tarihteki en çok can kaybı sayısına neden olan volkanlardan biridir (Wikipedia, 2023). Stratovolkan tipinde olan bu alanın yüksekliğinin 1815 patlamasından önce 4000 metre olduğu fakat 10-11 Nisan 1815 tarihlerinde meydana gelen patlama ile birlikte zirvenin çökerek 7×6 km genişliğinde ve 1 km derinliğinde bir kaldera oluşturduğu ifade edilmektedir. Bu yüzden patlamadan sonra volkanın yüksekliği 2850 metre olarak tespit edilmiştir. Tambora Volkan'ının 1815'teki patlaması ile birlikte sadece Sumbawa Adası'nda 10.000 kişinin açığa çıkan piroklastik akışlar ve lavlar nedeniyle kaybolduğu düşünülmektedir. Bunun yanında komşu adalarda ve patlamanın neden olduğu kıtlık ve hastalıklar nedeniyle sadece Sumbawa'da 50.000 kişinin yaşamını yitirdiği ifade edilmektedir. Ayrıca volkanik patlamanın meydana getirdiği ve tüm dünyada etkisini gösteren -1 derece sıcaklık düşmesi nedeniyle

Avrupa ve Kuzey Amerika'da donma olayları yaşanmış ve birçok insan bu durumdan etkilenirken mahsuller de zarar görmüş ve tarım ile uğraşanlar başka noktalara göç etmek zorunda kalmıştır. 1816 yılında yaz aylarının soğuk geçmesine neden olan bu durum nedeniyle o yıla "yaz yaşanmayan yıl" adı verilmiştir (earthobservatory.nasa.gov). Tüm bu etkileri nedeniyle Tambora Volkan'ının dünya genelinde 71.000 üzerinde insanın hayatını kaybetmesine neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca patlamanın büyüklüğü Volkanik Patlama İndeksi'ne göre 7 olarak kabul edilmektedir (Smithsonian, 2013). 1815 patlamasına yönelik araştırmalarda volkanın, 30-50 $km^3$ hacimli magma püskürttüğü ifade edilmektedir. Ayrıca patlama sırasında açığa çıkan piroklastik akıntılar, volkanın eteklerinden aşağıya doğru inmiş ve denize dökülmüştür. Bunun sonucunda ise Sumbawa'nın diğer bölgelerinde, Sanggar Yarımadası'nda ve Moyo Adası'nda kıyı şeridini yükselterek tsunamiler yaşanmasına neden olmuştur. Patlama ile birlikte açığa çıkan kaba küller ve ponza taşları yakında bulunan Sanggar Yarımadası'ndaki volkanın çevresine düşerken ince olan küllerin birçoğu denize dökülerek su kirliliğine ve sudaki yaşamın etkilenmesine neden olmuştur. Küllerin tespit edildiği en uzak nokta ise Tambora'dan 1300 km ötede bulunan Batı Java olmuştur (Gertisser ve Self, 2015: 132-133).

#### 2.3.1.5. 20 Mayıs 1883 Krakatau Volkanı Patlaması

Krakatau Volkanı, Endonezya'nın Sunda Boğazı'nda Java ve Sumatra adaları arasında bulunan büyük bir kalderaya sahip stratovolkandır. Volkan, MS 416 yılındaki patlamasına kadar deniz seviyesinin altında 300 metre ve deniz seviyesinin üstünde 1800 metre çıkıntıya sahip olmuştur (Britannica, 2023). Volkanın milattan sonra 416 yılında meydana getirdiği aktivite ile birlikte bir kısmının çökmesi sonucunda 7 km genişliğinde bir kaldera oluşmuştur. Daha sonrasında ise 1883'teki patlamaya kadar Danan, Perbuwatan ve Rakata adında üç volkan birleşmiştir. Fakat 1883'te meydana gelen patlama ile birlikte oluşan kaldera çökmesi sonucu Danan ve Perbuwatan kısımları yok olmuş ve Rakata'nın da kalıntıları kalmıştır (Smithsonian, 2013). 20 Mayıs 1883 tarihinde volkanın konilerinden biri aktif hale gelmiş ve kül taşıyan bulutların yüksekliği 10 km'ye kadar ulaşmıştır. Bunun yanında volkanın çıkardığı patlama sesleri ise 160 km uzaklıkta yer alan Batavia'da duyulmuştur

(Britannica, 2023). Daha sonrasında ise haziran ve ağustos ayları arasında patlamalarına devam eden volkan, 27 Ağustos 1883'te yine şiddetli bir patlama meydana getirerek külü 80 km ileride görülen bir aktivite göstermiştir. Patlamalar sonucunda Sumatra ve Java kıyılarına ulaşan piroklastik akıntılar nedeniyle tsunamiler meydana gelmiş ve 36.000 den fazla insan yaşamını yitirmiştir. Patlamaların büyüklüğü Volkanik Patlama İndeksi 'ne göre 6 olarak kayıtlara geçmiştir (Smithsonian, 2013). Krakatau'nun 1883'teki aktivitesi ile birlikte 20 $km^3$lük bir volkanik ürün dışarıya atılmış ve yüksek miktardaki kül de yaklaşık olarak 800.000 $km^2$lik alana yayılmıştır. Bu yüzden çevrede 2 ila 3 gün arasında süren bir karanlık yaşanmıştır. Ayrıca çok geniş alana yayılan kül ve tozlar nedeniyle ertesi sene boyunca kırmızı ve turuncu gün batımları görülmüştür. Bunun yanında volkandan atılan ponza taşları da gemilerin önünü kesecek kadar büyük hacimli şekilde fırlatılmıştır. Patlamanın ardından ise geriye okyanus suyu ile kaplı ve yüksekliği ancak 780 metreyi bulan bir şekil kalmıştır. Belli bir süre sessizliğini koruyan volkan, 1927 yılında deniz seviyesinin altında meydana getirdiği patlamalar ile birlikte tekrar aktif hale gelmiş ve 1928 yılında deniz seviyesinin altından yeni bir koni yükselmiştir. Bu koniler birleşerek küçük bir adaya dönüşmüş ve buraya da "Anak Krakatau (Krakatau'nun Çocuğu) adı verilmiştir. Volkan o günden beri zaman zaman aktivite göstererek riskli bir alan oluşturmaktadır (Britannica, 2023). Krakatau'nun 1883 yılında meydana getirdiği aktivite sırasında bölgede araştırmalarını sürdüren Hollandalı jeolog Rogier DM Verbeek, patlamadan sonra gözlemlerini aktarmıştır. 1884 yılında patlama ile ilgili bir makale yayımlayan Verbeek, dışarıya atılan gaz ve küllerin 15-20 km yükseklikteki hava akımlarına kadar taşındığını ve bu yüzden donacaklarını aynı zamanda da bu küllerin dünyanın etrafında minik kristaller halinde dolaşacağını belirtmiştir. Ayrıca aynı dönemde İspanya'da yağan karlarda Krakatau'dan yayılan küllerin bileşimine ait parçacıklar bulunması da bu kanıyı destekler niteliktedir (Schaller ve diğerleri).

#### 2.3.1.6. 8 Mayıs 1902 Pelée Volkanı Patlaması

Karayipler'de Antil Denizi'nde Fransa'ya bağlı Martinik Adası'nda bulunan Pelée Volkanı, 1372 metre yüksekliğe sahip bir stratovolkandır. Sonuncusu geç Pleistosen Döneminde meydana gelen yapılaşmalarla birlikte volkanın modern

dönemdeki temelleri atılmıştır. Dik bir görünüme sahip olan volkanın yamaçları piroklastik akış yatakları tarafından örtülmektedir. Zirvede ise 1902 ve 1929 patlamalarının mirası olan iki lav kubbesi bulunmaktadır. Son 5000 yılda yaklaşık olarak yirmiden fazla büyük patlama oluşturan volkan, 1792 ve 1851-1852 yıllarında orta dereceli freatik patlamalar meydana getirse de en yıkıcı ve ölümcül patlamasını Volkanik Patlama İndeksi 'ne göre büyüklüğü 4 olan 1902 patlaması ile göstermiştir (Smithsonian, 2013). 20. Yüzyılın en ölümcül volkanik patlaması olarak tarihe geçen aktivitede yaklaşık olarak 30.000 insan yaşamını yitirmiştir. 8 Mayıs 1902 günü yerel saat ile 08.02'de gerçekleşen patlamada, fazla miktarda oluşan piroklastik akıntılar nedeniyle volkanın 7-8 km kuzeyindeki Saint-Pierre şehri ciddi zarar görmüştür. Kasabada bulunan 28.000 kişi dakikalar içerisinde yaşamını yitirirken sağ kurtulanların sayısının 1-3 kişi arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Tanguy 1994: 95). Patlamadan sonra 20 Mayıs 1902'de tekrar bir piroklastik akıntı meydana gelmiş ve yine ciddi durumlara yol açmıştır. Bu olayın ardından ise piroklastik akıntılara yönelik çalışmalar artmış ve araştırmacılar, 8 Mayıs'tan iki ay sonra bölgeye giderek Saint-Pierre'deki hasarlı alanları, fiziksel yaralanmaları ve tortu özelliklerini incelemişlerdir. (Gueugneau ve diğerleri 2022: 2). Fransız araştırmacı Lacroix'in bölgede yer alan ve yakın çevredeki yerli halk ile yaptığı görüşmelere ait ifadeler şu şekildedir:

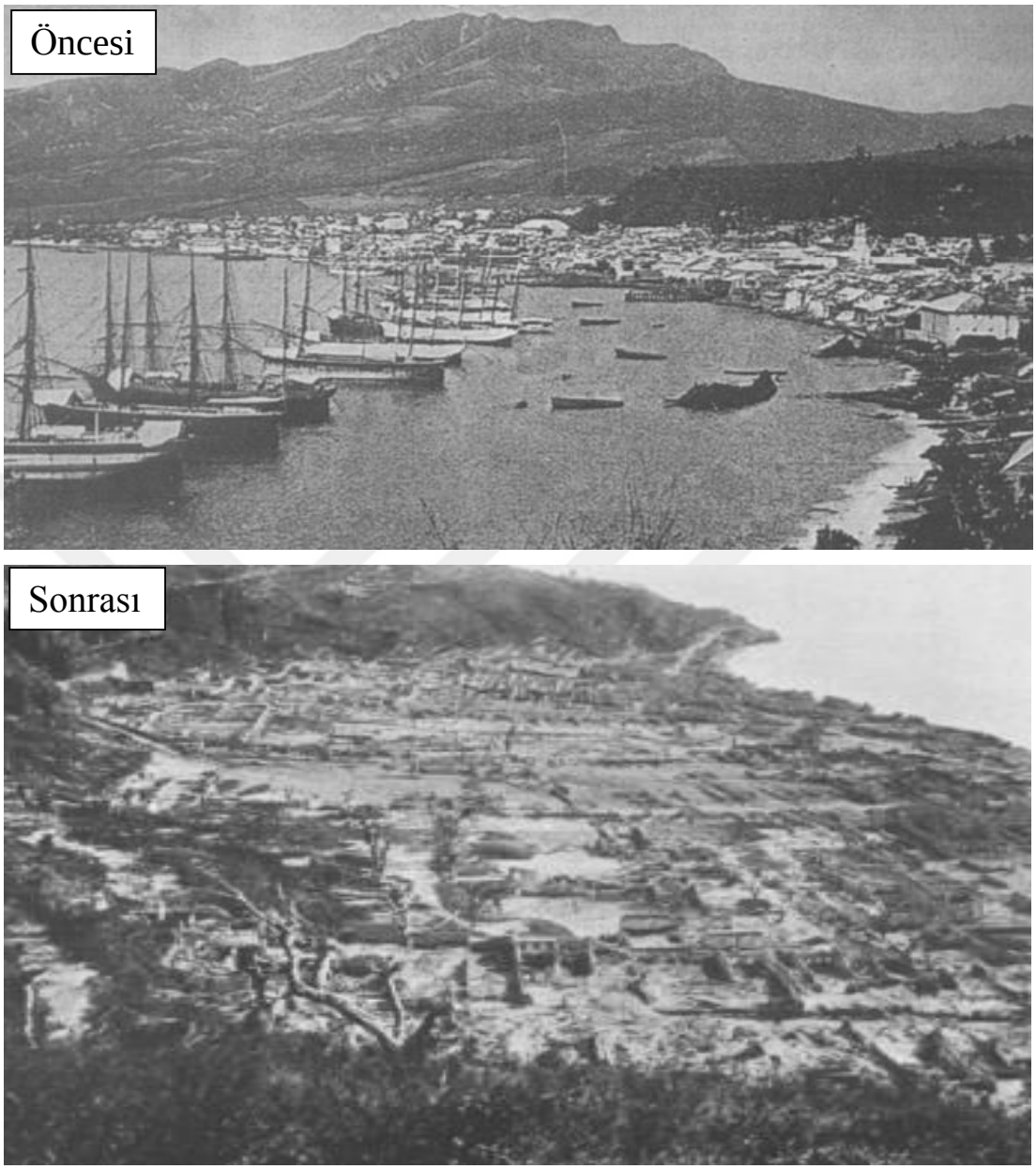
Patlamanın meydana geldiği bölgenin kuzeydoğusunda bir noktada bulunan Victor Albert:

> *"Yer titriyordu, sanki bir depremmiş gibi değil, dağın içinde muazzam savaşlar oluyormuş gibi... Pelée Dağı aniden titredi ve kraterden bir tür inilti yükseldi. Hava ölü gibiydi ve korkunç, berbat bir sesle sağır oldum. Her şey kırılmış gibi görünüyordu. Olağan şimşekten daha göz kamaştırıcı bir şimşek çaktı. Aynı zamanda, Pelée Volkan'ının zirvesinde oluşan bir bulut, kelimenin tam anlamıyla Saint-Pierre'in üzerine o kadar hızlı düştü ki bir kimsenin kaçması imkânsızdı."* şeklinde olayı tarif etmiştir.

Saint Pierre'nin güneydoğusunda bulunan Emilie Dujon ise şunları ifade etmiştir:

> *"Muazzam bir patlamadan sonra, görünüşe göre yanardağın açık kanadından büyük bir patlama meydana geliyor. Yoğun olmasına rağmen yine de şimşeklerin içinden geçen bir duman kütlesi ise birdenbire şehre inerek, her yöne doğru genişleyip kül ve ateşten bir dağ gibi büyüdü."* (Tanguy, 1994: 95-96)

**Şekil 25:** 1902 Pelée Volkan Patlaması Öncesi ve Sonrasına Ait Görseller




**Kaynak:** (Tanguy, J. C. (1994). The 1902–1905 eruptions of Montagne Pelée, Martinique: anatomy and retrospection. Journal of volcanology and geothermal research, 60(2), 87-107.). (Gueugneau, V., Kelfoun, K., Charbonnier, S., Germa, A., & Carazzo, G. (2020). Dynamics and impacts of the May 8th, 1902 pyroclastic current at Mount Pelée (Martinique): new insights from numerical modeling. Frontiers in Earth Science, 8, 279.)

Pelée Volkan patlamasında bazı araştırmacılara göre kasabada kurtulan birkaç kişiden biri mahkûm olan Ludger Sylbaris'dir. Patlama anında tek hücreli ve taş duvarlı bir hapishanede olan Sylbaris, kimi iddialara göre patlamadan birkaç gün

önce hapsedilmiştir (Wikipedia, 2023). Bunun yanında Pelée Volkanı, dramatik yönden ağır bir olay olarak yıllarca hafızalarda yer edinmiş ve adı; bu tür kül, gaz ve ölümcül maddeler saçan patlamalarda kullanılmak üzere "nuée ardente (ateşli bulut)" olarak benimsenmiştir (Brtannica, 2023).

#### 2.3.1.7. 13 Kasım 1985 Nevado del Ruiz Volkanı Patlaması

Nevado del Ruiz, Kolombiya'nın başkenti Bogota'nın 129 km batısında yer alan bir stratovolkandır. Yüksekliği 5279 metre olan volkanın kapladığı alan 200 $km^2$den fazladır ve geniş buzullara ev sahipliği yapmaktadır. Zirvesinde ise 1 km genişliğinde ve 240 metre derinliğinde bir krater bulunmaktadır. Pleistosen Dönemden beri andezitik lav ve piroklastik akıntılarla inşa edilen volkanın yapısında modern koninin görünümü ise eski yapının içinde oluşmuş lav kubbesi kümesinden meydana gelmektedir. Zaman içerisinde gelişen patlamalardan kaynaklı heyelanlar sonucunda dik duvarları ve tepeleri zarar görmüştür. 1700'lü yıllara dayanan patlama geçmişi, volkanın üzerindeki buzul tabakalarının erimesine ve 1985 patlaması gibi lahar akıntılarına neden olan aktiviteler yaşanmasına yol açmıştır. Tarihte yaşanan ve en ölümcül volkanik hareketliliklerden biri olarak tarihe geçen Nevado del Ruiz Patlaması 13 Kasım 1985 tarihinde meydana gelmiş ve Volkanik Patlama İndeksi 'ne göre büyüklüğü 3 olarak tespit edilmiştir (Smithsonian, 2013). Oluşturduğu lahar akıntısı ve çıkardığı lavlar nedeniyle yaklaşık olarak 25.000 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Barberi ve diğerleri (1990), Ekim 1985 tarihinde Kolombiya hükümetinin talebi üzerine İtalyan Dışişleri Bakanlığı'nın görevlendirdiği bir heyet olarak Nevado del Ruiz bölgesini ziyaret etmişlerdir. Buradaki görevlendirmenin amacı ise volkanın durumunu değerlendirmek, volkanda patlaması en muhtemel alanları ve tehlikeleri noktaları belirlemek ve halkın korunması için en uygun sivil koruma önlemlerini Kolombiya makamlarına iletmek olmuştur. Bu rapor ekim ayında yerel yöneticilere ve Sivil Savunma Komitesine teslim edilmiştir. 13 Kasım'da meydana gelen patlama öncesinde 1984 yılında, volkanın krater bölgesinde fümerol aktiviteler ve yerel olarak hissedilen anormal derecede yüksek sismik aktiviteler meydana gelmiştir. 11 Eylül 1985 tarihinde ise krater bölgesinde artan sıcak gaz çıkışı ve duvar çökmeleri nedeniyle krater tabanı geçici olarak tıkanmış ve freatik bir patlama meydana gelmiştir. Bunun sonucunda

ise lahar akıntıları oluşmuş ve Rio Azufrado Vadisi'nde 30 km boyunca yol almıştır. Barberi ve diğerleri 19 Ekim 1985 tarihinde bölgeyi ziyaret ettikleri esnada volkanın kraterinde üç yıl öncesine göre çok daha yüksek bir fümerol aktivitenin yaşandığını kaydetmişlerdir (Barberi ve diğerleri, 1990: 1-2). 13 Kasım 1985 günü büyük bir patlama meydana getiren volkan, magmanın dışarıya atılmasına ve dağda bulunan buz ve kar kütlesinin erimesine neden olmuş, bu yüzden de su oluşumu gözlemlenmiştir. Meydana gelen su ile birlikte volkandan atılan lav ve küllerin de karışmasıyla lahar akıntıları oluşmuş ve Azufrado ve Lagunilla nehir kanalları aracılığıyla volkanın doğu yamacından aşağı doğru hareket etmiştir. Volkana 50 km mesafede bulunan Lagunilla Nehri üzerindeki Armero kasabası bu gelen lahar akıntıları nedeniyle tamamen yok olmuş ve yaklaşık olarak 25.000 kişi yaşamını yitirmiştir. Ayrıca lahar akıntıları volkanın yakınında bulunan Guali Nehri'ni de taşırmış ve bundan etkilenen Claro Nehri de taşarak Chinchiná kasabasında 1.000 kişinin daha yaşamını yitirmesine neden olmuştur (Britannica, 2023). 20 ila 90 dakika arası süren patlamada buz örtüsünün alanı azalarak yaklaşık 25 $km^2$den 20.8 $km^2$ye gerilemiştir. En önemli buz kütlesi kayıpları ise piroklastik akışların fazla olduğu ve buz örtüsünün nispeten daha ince görüldüğü alanlarda meydana gelmiştir (Thouret ve diğerleri 2007:117). Patlama ile birlikte Kızılhaç ve yerel sivil savunma ofisleri bilgilendirilmiş ve bölgesel sivil savunma koordinatörü Rafael Perdomo bu bilgiyi ulusal merkezlere iletmiştir. Bu durum üzerine Sivil Koruma Departmanı ve Kızılhaç'tan oluşan ekip olağanüstü toplanarak yerel sivil savunma istasyonlarına ve bölgedeki polis merkezlerine talimat vermiş ve bölgenin hazırlığı için gerekli aktiviteleri başlatmıştır. Buna rağmen gerek daha öncesindeki volkanik alan yönetim planlarının eksiklikleri gerekse yakın çevrede ve Nevado del Ruiz'de yaşanan önceki aktivitelerin büyüklüğünün az olması ve diğer kasabalarda yaşanan aktivitelerin daha dikkat çekmesi 13 Kasım patlamasının ölümcül sonuçlar doğurmasına yol açmıştır (Voight, 1990).

### 2.3.2. Türkiye'de Holosen Dönemde Yaşanmış Bazı Önemli Volkanik Patlamalar

Anadolu coğrafyasında var olan volkanizma çok eski zamanlardan beri aktif olmuş ve zaman zaman patlamalar meydana getirmiştir. Çatalhöyük'te yer alan ve

Hasan Dağı'na ait olduğu düşünülen volkanik patlama tasviri, Kula Volkanik Alanı'nda bulunan ayak izleri ve Kanlıtaş örnekleri ile görgü tanıklarının belgelere kaydettiği notlar, eski çağlardan beri Anadolu'da bir volkanik hareketliliğin yaşandığını kanıtlar niteliktedir. Öte yandan bu volkanik kayıtların kesin can ve mal kaybına neden olduğuna dair bilgiler çok kısıtlıdır. Özellikle milattan önce yaşanan volkanik aktivitelerin az sayıda yazılı belgeler ve resim tasvirleri ile sınırlı kalması, Türkiye'de var olan ve patlaması muhtemel volkanların oluşturabileceği riskleri anlamakta kısıtlılık teşkil etmektedir. Fakat bunun aksine Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve milattan sonra meydana getirdiği kesin aktivitelerle can ve mal kaybına da neden olduğu tahmin edilen volkanlar da bulunmaktadır. Ağrı, Nemrut ve Tendürek volkanları yakın geçmişte meydana getirdiği aktiviteler ve bunun sonucunda oluşturduğu can ve mal kayıpları ile Holosen Dönemde aktivite gösterdiği düşünülen diğer volkanlardan ayrılmaktadır. Merkezi ABD'de bulunan Smithsonian Küresel Volkanizma Kurumu'na göre Türkiye'de Holosen Dönem içerisinde aktivite gösterdiği düşünülen 10 volkanik alan olsa da patlama tarihinin kesin olarak onaylandığı 5 volkanik alan bulunmaktadır. Ağrı, Nemrut, Tendürek, Acıgöl ve Erciyes'ten oluşan bu grup içerisinde Acıgöl ve Erciyes volkanlarının meydana getirdiği patlamalara ilişkin veriler sınırlıdır. Öte yandan Volkanik Patlama İndeksi (VPİ)'ne göre büyüklüğü tek tespit edilebilen patlama, 2 Temmuz 1840'ta Ağrı Volkan'ında 3 büyüklüğünde yaşanmıştır (Smithsonian, 2013).

#### 2.3.2.1. 1441 Nemrut Dağı Volkan Patlaması

Nemrut Volkanı, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Bitlis ilinde bulunan bir stratovolkandır. Ağrı, Süphan ve Tendürek ile birlikte Van Gölü'nü çevrelemektedir. Koni oluşumu yaklaşık olarak bir milyon yıl önce gerçekleşmeye başlamış ve 400.000 yıl öncesinde ciddi patlamalar meydana getirmiştir. Nemrut Volkan'ının tepesinde yaklaşık 250.000 sene önce piroklastik püskürmeler ile meydana gelen büyük bir krater bulunmaktadır ve bu kraterin batı tarafında bir göl yer almaktadır. Kraterin oluşumu için de neredeyse 65 $km^3$ piroklastik ürünün açığa çıktığı belirtilmektedir (Karaoğlu ve Kılıç, 2017). Nemrut Volkan'ının son faaliyetlerinin 1441 yılının yanı sıra 1597 ve 1692 yıllarında da gerçekleştiği düşünülmektedir. Günümüzde hala kaldera içerisinde fümerol aktiviteler ile birlikte düşük seviyede

volkanik sismik olaylara sebep olmaktadır (Ulusoy ve diğerleri, 2012). Nemrut'un kuzey tarafında bulunan fay hattında kırıklar vardır ve derin çukurlar oluşmuştur. 1441 yılında meydana gelen patlama ile birlikte günümüzde Nemrut Kalderası'nın yakınında bulunan bu kırıklardan siyah ve koyu kızıl renkli bazaltik lavlar çıkmıştır (Karaoğlu ve Kılıç, 2017). Bu lavlar da kuzey-güney yönlü hareket ederek günümüzde dahi görülebilecek bir manzara oluşturmuştur. Ayrıca lav çıkışı ile birlikte riyolit obsidyen püskürmeleri de meydana gelmiştir (Sumita ve Schmincke, 2013: 19). Bölgede var olan bir efsaneye göre de volkan çevresinde yer alan lavların Kral Nemrut'un ölümü sırasında vücudundan çıkan kanların karşılığı olduğu düşünülmektedir. Bu sebepten ötürü de patlamalarla birlikte volkandan çıkan başta lav olmak üzere diğer ürünler "Nemrut'un Pis Kanı" olarak adlandırılmış ve bu yüzden 1960'ta bölgede yapılan çalışmalarda da bölge, "Nemrut Kantaşı" isminde haritalarda yerini almıştır (Karaoğlu ve Kılıç, 2017: 29). Net olarak can ve mal kaybının tespit edilemediği 1441 patlaması ile ilgili olarak Karakhanian ve diğerleri (2002), Ermeni Kronolojisi Hatıra Notlarından elde ettikleri ifadeyi yayımlamışlardır. O İfade şu şekildedir;

> *"1441 yılında Khlat(Ahlat) ve Baghesh(Bitlis) kasabaları arasındaki Nemrut Dağı, korkunç bir fırtına gibi aniden gürledi; Dağın geniş bir çatlağın nasıl yarıldığını ve çatlaktan puslu duman ve kokuşmuş alev çıktığını görünce tüm ülke ürperdi. Çocuklar bu kokudan bıktı ve yanan alevden kaynayan taşlar, beş kangoun ağırlığındaki devasa taşlar gökyüzüne fırlatıldı; yangın iki günlük seyahat mesafesinden görüldü. Khlat(Ahlat) kasabası o gök gürültüsünden titriyordu. Dağ yarılarak koca bir uçurum açmış, zirvedeki taşlar kaynayıp eriyerek birbirine yapışmış ve bu yıllarca böyle devam etmiş."*

**Şekil 26:** Nemrut Volkan'ının 1441 Yılında Meydana Getirdiği Aktiviteyle Açığa Çıkan ve Kantaşı Olarak İsimlendirilen Kalıntı



**Kaynak:** Karaoğlu, Ö., & Kılıç, S. (2017). Nemrut Volkanı ve Kral Nemrut'un Efsanesi. Mavi Gezegen, 22, 28-37.

#### 2.3.2.2. 2 Temmuz 1840 Ağrı(Ararat) Dağı Volkan Patlaması

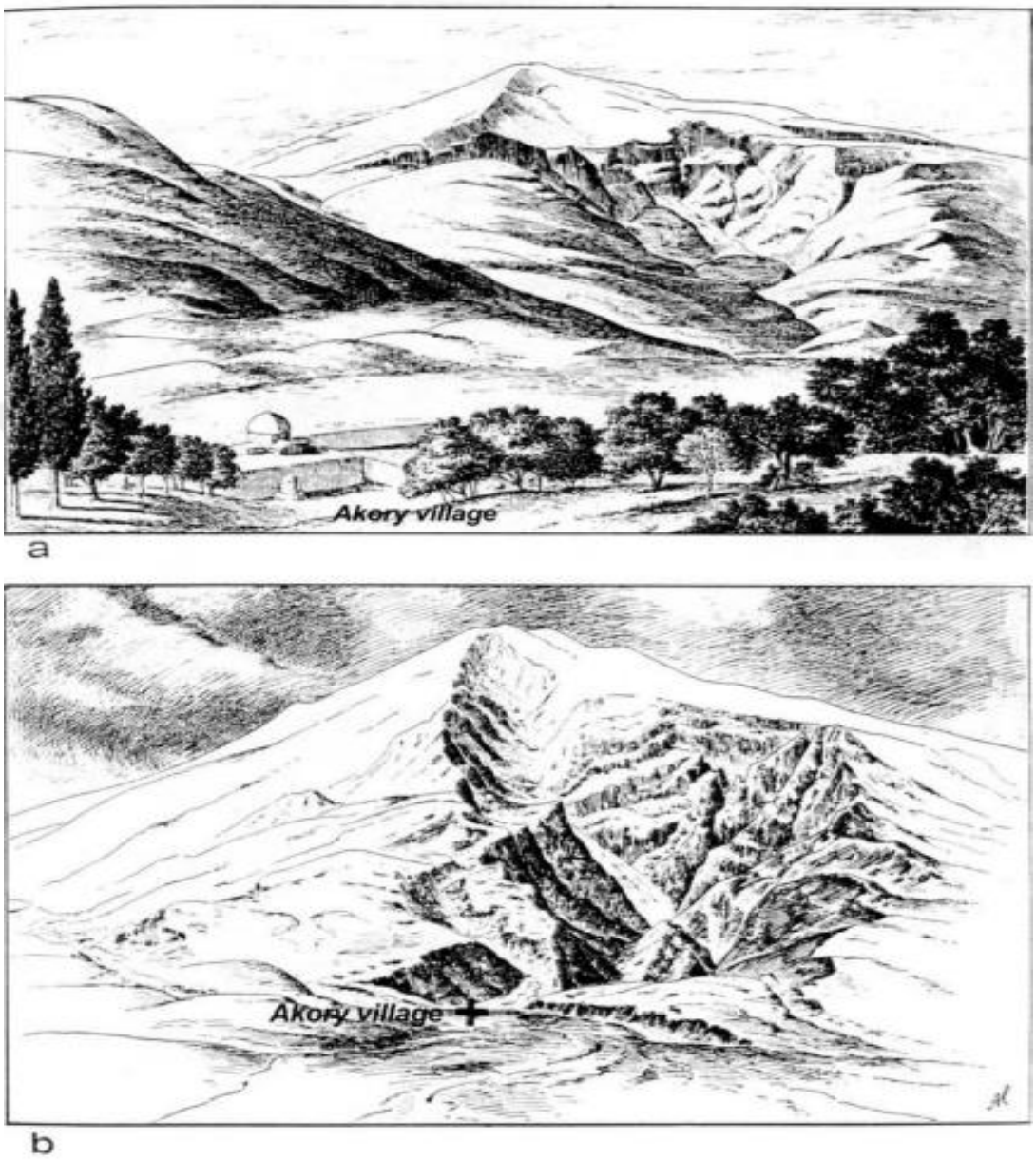
Ağrı Volkanı, Türkiye'de M.S. aktivite gösteren üç volkandan bir tanesidir. Türkiye'nin en yüksek dağı da olan yer, son patlamasını 2 Temmuz 1840 tarihinde meydana getirmiş ve patlamanın büyüklüğü VPİ'ye göre 3 olarak tespit edilmiştir. Tarihsel süreç içerisinde M.Ö. 2450, M.Ö. 550 ve 2 Temmuz 1840 tarihlerinde doğrulanmış patlamalar gerçekleştiği tespit edilen volkanın aynı zamanda 1450 ve 1783 yıllarında da net olarak doğrulanamamış patlamalar meydana getirdiği düşünülmektedir (Smithsonian, 2013). 2 Temmuz 1840 günü Ağrı Volkan'ında bir freatik patlama meydana gelmiştir. Patlama ile birlikte 7.4 büyüklüğünde deprem de hissedilmiş ve volkanın zirvesinde toprak kaymaları yaşanmıştır. Toprak kaymaları ve volkanın oluşturduğu patlamadan çıkan ürünler, Ağrı Dağı'nın çevresinde konumlanan birçok köy ile birlikte Doğubayazıt ilçesi, İran'ın Maku şehri ve Azerbaycan'daki Ordubad şehirlerine zarar vermiştir. Bunun sonucunda ise depremin de etkisiyle bölgede yaklaşık olarak 10.000 kişi yaşamını yitirmiştir. Bunun ardından Rus Ordusu Baş Mühendisi Voskoboinikov (1840) ve Alman Jeolog Abich (1846),

olayın bir deprem olduğunu ve buna bağlı olarak Ağrı Volkan'ının hareketlilik gösterdiğini söyleyerek heyelanın da bu olayların sonucu olduğunu savunmuşlardır. Fakat Alman Jeolog Wagner (1848), deprem ve heyelanın Ağrı Volkanik Patlaması sonrası gerçekleştiği değerlendirmesinde bulunmuştur. Karakhanian ve diğerleri (2002), olayla ilgili araştırmacıların döneme ait eserlerinde ve Ağrı Piskoposluğunun ruhban arşivlerinde patlamaya ilişkin görgü tanıklarının anlattıklarını paylaşmışlardır. Bu kimselerin bazı ifadeleri şu şekildedir;

- "Bulut içeriden parlak, kırmızı ve mavi ışıkla aydınlatılırken etrafa keskin ve ekşi bir kükürt kokusu yayıldı. İri taşlar, manastır ve köyden yukarı ve aşağı yönde atıldı ve 3-4 km mesafeden yere düştü. Buna, kanyonda top atışlarına benzeyen keskin sesler eşlik ediyordu."
- "Bulut, Ararat (Ağrı)'ın zirvesine yükseldi ve altından başka bir kırmızı, parlak ve koyu renkli toz bulutu büyük bir hızla aşağı yuvarlandı."
- "Bir anda, karanlık bir bulut kasırgası Akori (Ahuri) köyüne saldırdı, köyü yok etti ve 1900 köylüyü öldürdü. Köy bahçelerindeki ağaçları yaktı ve onları köklerinden söktü. Bunun ardından heyelan köye ve manastıra kadar indi." (Karakhanian ve diğerleri, 2002: 338)

Ağrı Volkanı'nda meydana gelen 1840 tarihli patlama, gerçekleştirdiği yıkım ve can kaybı ile birlikte yakın dönemde Anadolu'da gerçekleşen en dikkat çekici volkanizma hareketlerinden biri olmuştur. Volkan üzerinde 10.000 yıllık yani Holosen Döneme ait eski lavlar da keşfedilmiştir. Bunun yanında volkanın bazı kanatlarından sıcak su ve gaz çıkışları da gözlemlenmektedir (Yılmaz ve diğerleri, 1998: 181).

**Şekil 27:** 2 Temmuz 1840 Patlaması Öncesi(a) ve Sonrası(b) Ağrı Dağı ve Yakınında Bulunan Akori (Ahuri) Köyü




**Kaynak:** Karakhanian, A., Djrbashian, R., Trifonov, V., Philip, H., Arakelian, S., & Avagian, A. (2002). Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 113(1-2), 319-34

#### 2.3.2.3. 1855 Yılı Tendürek Volkanı Patlaması

Tendürek Dağı, Ağrı'da bulunan ve M.S. Türkiye'de kesin olarak aktivite gösterdiği bilinen bir volkandır. M.Ö. 550 yılında da patlama meydan getirmiş olabileceği düşünülen volkanın yakın tarihteki önemli patlaması 1855 yılında gerçekleşmiştir. Volkan, batı krateri tarafından dışarıya atılmış lav akıntıları ile kaplanmıştır. Tarihsel süreç içerisinde kuzey-güney eğilimli çatlak ve kırıklardan patlamalar meydana gelerek sıvı bazaltik akışları oluşmuştur. Yaklaşık olarak 2500 yıl önce güneydoğu kanadında bulunan bir delikten patlama meydana gelmiştir. Türkiye'de Holosen Dönemde meydana gelen son patlama yeri olan Tendürek Volkan'ının bu aktivitesi 1855 yılında yaşanmış, volkanda gaz ve kül atılımları görülmüştür (Smithsonian Enstitüsü, 2013). 1855 yılında Osmanlı Devleti, Fransa ve İngiltere ile Rus İmparatorluğu arasında yapılan Kırım Savaşı sırasında meydana gelen gürültülerden bazılarının savaş alanından değil Tendürek Volkan'ının patlamasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Bu konu ile ilgili olarak Karakhanian ve diğerleri (2002), Ermeni asıllı bir tarihçi ve papaz olan Ghevont Alishan'ın yayımladığı belgelerden aldıkları ifadeleri araştırmalarında sergilemişlerdir. Buna göre savaş esnasında patlama meydana getiren Tendürek Volkanı ile ilgili şu ifadelere yer verilmiştir;

> *"1855'te Bayazet'in ele geçirilmesinden sonra Rus birlikleri, Türk mevzilerinin güneyinde, Tondrik Dağı'nın kuzey eteğinde yer alan Tapariz(Günümüzde Çetenli) Köyü'nde kamp kurdu. Geceleri top atışlarını andıran gök gürültüsü sesleri duydular. Taraflardan her biri, diğerinden şüphelenerek silahları aldı. Bununla birlikte, seslerin kükürt ve ateşle birlikte tüten Tondrik(Tendürek) Dağı'nın içinden geldiği anlaşıldı. Tapariz Köyü civarında ve yollarında küllü sıvı akıntıları fark edildi."*

Tendürek Volkan'ının 1855 yılında patladığını kanıtlar nitelikte olan bu ifadenin yanı sıra Ermenistan'daki saha verileri de volkanın belirtilen tarihte patlama meydana getirdiğini tespit etmiştir (Karakhanian ve diğerleri, 2002: 342, ek 1.).

# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
# DÜNYA VE TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİ

Geçmişten günümüze dünya genelinde birçok afet meydana gelmiştir. Çoğu zaman canlı ölümlerine ve ciddi yıkımlara neden olan bu durumlar için insanoğlu birtakım önlemler almıştır. İlerleyen teknoloji ve buna bağlı olarak gelişen endüstriyel ve teknolojik hayat ile birlikte bireylerin sadece kendisi değil aynı zamanda yaşadığı çevrede bulunan diğer yapılar da afetlerden etkilenen unsurlar arasındadır. Zira bir afet sırasında hayatı riskte olan bir birey, afetin etkisinden kendini korumayı başarabilse de çalıştığı iş yerinin veya yaşadığı evin zarar görmesiyle de afetten etkilenebilmektedir. Bunun yanında büyük çapta meydana gelen afetler, bölgede direkt olarak etkilenmeyen insanların dahi sosyal ve psikolojik yaşamlarına darbe vurabilmektedir. Tüm bu sebeplerden ötürü özellikle 2000'li yıllar ile birlikte dünyada afet yönetim anlayışı bireyden daha çok birey ve yaşadığı çevre olarak genişletilmiş ve bir bütün olarak ele alınmıştır. Afet yönetim anlayışları benimsenirken ülkeler, kendi içinde birtakım yönetim modellemeleri gerçekleştirmektedir. Fakat bunu yaparken özellikle tüm dünyada etki gösterebilecek afetlere (küresel ısınma, kuraklık, savaş vb.) karşı da işbirliği ve protokoller geliştirilebilmektedir. Ülke sınırları içerisinde jeolojik, iklimsel, klimatolojik ve teknolojik afetlerin meydana gelme sıklığına bağlı olarak farklı afet türleri için öncelik sırasına uygun afet yönetim modelleri de geliştirilebilmektedir. Örneğin fay hatlarının yoğun olduğu ülkeler daha çok deprem ve volkanik patlamalar gibi afetlere yönelik bir yönetim anlayışı sergilerken sel, çığ, hortum ve kasırga gibi afetleri yoğun yaşayan ülkeler de klimatolojik etkenli bir afet yönetim anlayışı benimsemektedir. Bu açıdan bakıldığında volkanizma ile oluşmuş yatakları bulunan ve geçmişten bu yana volkanik patlamaları sık olarak yaşayan ülkeler afet yönetim sistemlerinde volkanik alan yönetimine de yer vermektedirler.

Dünya üzerinde yaklaşık olarak 1350 tane aktif volkan bulunmaktadır ve özellikle Hint Okyanusu yanında yer alan ve Pasifik Okyanusu'nu neredeyse tamamen çeviren bir aktif volkan çemberi bulunmaktadır (USGS, 2023). Bu "ateş çemberi" olarak adlandırılan bölge etrafında bulunan ve volkan patlamalarına maruz kalan 13 ülke ve Antarktika Kıtası bulunmaktadır. Bu ülkeler; Endonezya, Yeni

Zelanda, Papa Yeni Gine, Filipinler, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri, Şili, Kanada, Guatemala, Rusya, Peru, Solomon Adaları ve Meksika'dır. (Howstuffworks, 2021). Bu ülkelerden özellikle Endonezya, Amerika, Japonya ve Filipinler gibi ülkeler sık ve büyük ölçekli volkanik patlamalara maruz kalmaktadır ve bu yüzden afet yönetim sistemleri içerisinde volkanik alan yönetimi ciddi önem teşkil etmektedir.

Dünyanın farklı noktalarında meydana gelen volkanik aktiviteler ile ilgili çalışmalar çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmalar yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası alanda bir iş birliği gerektirebilmektedir. Zira tarihte, gerçekleştiğinde sadece bulunduğu bölgeyi veya ülkeyi etkileyen değil aynı zamanda uluslararası alanda da etki gösteren birçok volkanik patlama yaşanmıştır (Ör. 1815 Tambora ve 2010 Eyjafjallajökull Patlamaları). Bu sebepten ötürü dünya üzerinde akademik çalışmaların yanı sıra volkanın oluşturduğu tehlikeleri de (volkanik kül, laharlar, volkanik gazlar vb.) referans alarak oluşturulmuş birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bu kurum ve kuruluşların çalışmalarının ortak amacı, volkanik tehlikeler nedeniyle yaşanabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirebilmektir. Bunun için de volkanların yapısı gereği farklı disiplinlerin (jeoloji, sismoloji volkanoloji, jeodezi, jeofizik vb.) bir arada uyum içinde çalıştığı disiplinler arası ortaklıkların gereği açıktır.

## 3.1. DÜNYADA VOLKANOLOJİ ÇALIŞMALARI

Volkanoloji, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'na göre; "volkanizma, magma akışı ve yeryüzünün yüzeyindeki bir menfezden meydana gelen püskürme ile ilgili süreçlerle ilgilenen jeoloji dalı" şeklinde tanımlanmıştır (USGS, 2023). Britannica Ansiklopedisi'nde ise volkanoloji; "volkanik olayların bütün yönlerini ele alan jeolojik bir bilim disiplinidir" olarak tanımlanmaktadır. Volkanoloji, volkanların oluşumu, dağılımı ve sınıflandırılmasının yanı sıra yapıları ve bir patlama sırasında fırlatılan malzeme türleri (piroklastik akışlar, lav, toz, kül ve volkanik gazlar gibi) ile ilgilenmektedir. Dünyada volkanolojik araştırmaya yönelik ilk adımların M.S. 79 yılında meydana gelen Vesuvius Patlamasını incelemeye giden Romalı Doğa Bilimci ve Yazar Gaius Plinius tarafından atıldığı ifade edilmektedir (Britannica, 2023). Plinius'un M.S. 79

yılında meydana gelen patlamada bölgeye gidip inceleme yaparken yaşamını yitirdiği düşünülmektedir. Volkanolojik çalışmaların belirgin olarak dünya genelinde 19. yüzyılda başladığı belirtilmektedir. Çalışmaların bu tarihlerde başlama nedenlerinin ilki 1808 yılında Aimé Bonpland ve Alexander von Humboldt tarafından yazılan ve volkanolojinin temellerinden bahseden Voyage de Humboldt et Bonpland kitabının yazılmasıdır. Daha sonra Nisan 1815'te büyük bir yıkıma neden olan Endonezya'daki Tambora Volkan Patlaması, 1841 yılında dünyadaki ilk gözlemevi olan Vesuvius Gözlemevi'nin kurulması ve Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nde 1879 yılında bir kongre kararıyla kurulan ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu da çalışmalara katkı sağlamıştır. (Sciencing, 2023; USGS, 2023). 1900'lü yıllarda ise çalışmalar, volkanların farklı şekilde aktivite göstermesi ile birlikte genişleyerek devam etmiştir. 1902 yılında meydana gelen Pelée Volkan Patlaması, çoğunlukla piroklastik akışların neden olduğu ve o güne kadar öngörülmemiş bir patlama türü olarak bilinmiştir. Daha sonrasında ise bu afet üzerinde volkanoloji çalışmaları yoğunlaşmış ve bu tür piroklastik akışlar şeklinde meydana gelen patlamalar için "nuée ardente (ateşli bulut)" ifadesi kullanılmaya başlanmıştır (Gueugneau ve diğerleri, 2020). 1900'lü yıllarda devam eden volkanoloji çalışmaları ile birlikte 1919 yılında Uluslararası Volkanoloji ve Dünya'nın İç Kimyası Derneği'nin temelleri atılmış, tam olarak oluşumu ise 1967'de tamamlanmıştır (Cas, 2022). 1970'li yılların sonlarına kadar volkanoloji genel olarak; volkanik yer şekillerinin jeomorfolojisine, volkanik alanlara ve patlamaların tarihsel olarak sınıflandırılmasına odaklanmıştır. Bu durum, volkanizmanın ana kaynağı olan magmanın erime süreçlerinin göz ardı edilmesine zemin hazırlamış ve volkanların oluşum mekanizmasına dair yapılan araştırmaların yüzeysel kalmasına neden olmuştur (Sigurdsson ve diğerleri, 2000:19). Bu şekilde kısmen ilerleyen volkanoloji çalışmaları için dönüm noktası, 1980 yılında ABD'nin Washington eyaletinde bulunan St. Helens Volkan'ının meydana getirdiği patlama olmuştur. Bu tarihten itibaren özellikle başta ABD olmak üzere dünya genelinde volkanoloji çalışmaları artış göstermiştir (Sciencing, 2023).

Günümüzde volkanoloji çalışmaları disiplinler arası olarak yürütülmektedir. Çünkü volkanik yapılar sadece tek bir tehlikenin var olduğu oluşumlar değildir ki bu yüzden volkanik patlamayı meydana getiren unsurlar, çok yönlü bir çalışmayı gerekli

kılmaktadır. Yeryüzünün derinliklerinden yukarı çıkan magmanın bu süreçte geçirdiği evrim, volkanik patlama ile açığa çıkan gaz, lav, akıntılar ve diğer ürünlerin incelenmesi ve volkanik hareketliliklerin tespit edilmesi gibi çok yönlü çalışmaları kapsayan bu alanda, farklı disiplinlerden araştırmacılar birlikte çalışmaktadır. Volkanın fiziksel oluşumları inceleyen volkanologlar daha çok volkanik patlama süreçlerini ve birikintilerini incelerken jeofizikçiler ise daha çok sismoloji, (volkanik aktiviteye sebep olabilecek depremler için) yerçekimi, manyetikler ve diğer jeofizik ölçümleri incelemektedir. Volkanoloji alanında diğer bir disiplin olan Jeodezi, volkanik aktivite veya zemin deformasyonu ile ilgili olarak Dünya'nın şeklindeki değişiklikleri inceleyen bir uzmanlık alanı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca volkanik patlama sırasında açığa çıkan kaya, gaz, lav ve akıntı gibi ürünleri de jeokimyacılar incelemektedir. Bunun yanında bilim insanları; volkanik tehlikelerin uzaktan algılanması (uydular veya uzak kameralar kullanılarak), volkanik süreçlerin matematiksel modellemesi, coğrafi bilgi sistemleri haritalaması, elektronik geliştirme, bilgisayar programlama ve tehlike eğitimi konularında da volkanolojiye katkıda bulunmaktadırlar (USGS, 2023).

Günümüzde volkanların incelenmesi için disiplinler arası bir birliktelik sağlanırken bu çalışmalar farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yürütülmektedir. Ülkelerin çeşitli bakanlıklarına bağlı kurumların yürüttüğü çalışmaların yanı sıra sivil toplum kuruluşları ve üniversitelerin akademik düzeyde yürüttüğü projeler volkanolojiye katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmalar, yerel düzeyde il afet müdürlükleri tarafından idare edilirken, ulusal düzeyde sivil savunma servisleri tarafından ve akademik düzeyde ise üniversite ve diğer bilim akademileri tarafından yürütülebilmektedir. Dünya üzerinde yer alan birçok volkanik alana dair gözlemevleri kurulması ve volkanik aktivitelerin yerinden izlenmesi de ancak bu şekilde çok katılımlı bir uygulama ile sağlanmaktadır. Fakat dünyada gözlemevlerinin kurulması oldukça maliyetli ve farklı disiplinleri ilgilendiren bir çalışma olduğu için sınırlı sayıda gözlemevi bulunmaktadır. Öte yandan dünya üzerinde var olan birçok Holosen volkanın izlenmesi için gözlemevi bulunmaz iken özellikle bağımlı devlet konumunda bulunan birçok ülke de bağlı olduğu ülkelerin gözlemevleri aracılığıyla volkanlarına yönelik tehlikeleri saptayabilmektedir. Bu durum özellikle volkanların oluşturduğu potansiyel risklere yönelik olarak anında

atılacak adımların etkinliğini tartışmaya açabilmektedir.

Dünyadaki volkanik hareketliliği gözlemlemek, etkilerini anlayabilmek, olası riskleri en aza indirmek ve eğer bu mümkün değilse volkanik patlama anında yapılacakların etkinliğini artırmak amacıyla birçok ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar, çoğu zaman uluslararası işbirliği gerektiren projeler olurken bazı durumlarda ise ulusal çerçevede, tehlikeli olan volkanlara yönelik spesifik çalışmalar da yapılabilmektedir. Özellikle 1980'ler ile birlikte artan volkanoloji çalışmalarında, volkanların oluşum mekanizmasını anlamak ve volkanik bir patlama anında açığa çıkan ürünlerin oluşturabileceği riskleri en aza indirmek için bu durumlara yönelik çeşitli kurum ve kuruluşlar meydana getirilmiştir. Dünyada farklı alandaki çalışmaları ile volkanoloji disiplinine katkıda bulunan bazı ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlara ve bunlara bağlı gerçekleştirilen projelere aşağıda yer verilmiştir.

### 3.1.1. Uluslararası Volkanoloji ve Dünya'nın İç Kimyası Derneği (International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior- IAVCEI)

Dünya üzerinde uluslararası volkanoloji çalışmaları ile ilgilenen ve Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (International Union of Geodesy and Geophysics-IUGG) kapsamında yer alan bir dernektir. Dernek; volkanoloji araştırmaları, volkanik felaketleri hafifletme çabaları, magmatik jeokimya ve petroloji, jeokronoloji, volkanojenik mineral yatakları, üst manto ve kabuktaki magmaların oluşumu ve yükselişinin fiziğini incelemektedir. Roma'da 2-10 Mayıs 1922 tarihleri arasında düzenlenen Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (International Union of Geodesy and Geophysics-IUGG) Birinci Genel Kurulu'nda "Section de Vulcanologie (Volkanoloji Bölümü)" adlı bölüm, derneğin kurucu bölümlerinden biri haline gelmiş ve böylece IAVCEI'nin temelleri atılmıştır. Bu isim daha sonra 1930 yılında Stockholm'de düzenlenen Dördüncü IUGG Genel Kurulu'nda "Association Internationale de Vulcanologie (Uluslararassı Volkanoloji Derneği)" olarak değiştirilmiştir. IAVCEI'nin bugünkü adı ise 1971 yılında Moskova Genel Kurulu'nda kabul edilmiştir. IAVCEI, üyeleri dört yılda bir değişen bir yürütme komitesi tarafından yönetilmektedir ve diğer uluslararası kurum ve

kuruluşlar ile işbirliği yaparak bilimsel projeler de yürütmektedir. Dernek resmi olarak "Bulletin of Volcanology (Volkanoloji Bülteni)" adlı dergiyi kullanarak volkanolojik araştırma sonuçlarının yayımlanmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda volkanolojik araştırmaların gereği olan disiplinler arası çalışmalar nedeniyle IUGG'nin birçok kuruluşu ile işbirliği yapmaktadır. Bu kuruluşlar; Uluslararası Sismoloji ve Yerkürenin İç Fiziği Derneği (IASPEI), Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG), Uluslararası Hidrolojik Bilimler Birliği (IAHS), Uluslararası Jeomanyetizma ve Havacılık Derneği (IAGA), Uluslararası Meteoroloji ve Atmosfer Bilimleri Birliği (IAMAS) ve Uluslararası Okyanus Fizik Bilimleri Birliği (IAPSO) gibi volkanların oluşturabileceği risk alanlarında çalışmalar yapan ve bu çalışmaların topluma ulaşmasını sağlayan oluşumlardır. (IAVCEI, 2023).

IAVCEI, volkanik risklerin azaltılması için sadece IUGG kapsamında yer alan kuruluşlar ile değil aynı zamanda uluslararası birçok kurum ve kuruluşlar ile de iş birliği içerisinde faaliyetlerini yürütmektedir. Bu kapsamda UNESCO ile bir ortaklık söz konusudur ve UNESCO, volkanik afetlerin hafifletilmesi amacıyla yazılan makalelere ve hazırlanan videolara destek olmuştur. IAVCEI aynı zamanda bir komisyonu olan IAVCEI Dünya Volkan Gözlemevleri Örgütü (WOVO) aracılığıyla Volkanik Patlama ve İlgili Sismik Faaliyetler (IMEWS) için UNESCO Uluslararası Mobil Erken Uyarı Sistemleri ile bağlantılar kurmaktadır. Bunun yanında IAVCEI, Birleşmiş Milletler İnsani İşler Departmanı ile de faaliyetler yürütmektedir. IAVCEI, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından 1990 ve 1999 yılları arasında yürütülmesi onaylanan ve gelişmekte olan ülkelerde, doğal afetlerin neden olduğu can kaybı, mal hasarı, sosyal ve ekonomik bozulmalara bağlı Uluslararası Doğal Afetleri Azaltma On Yılı'nın (IDNDR) amaçlarına uygun bir şekilde çalışmalarını yürütmüştür. Bu kapsamda IAVCEI, Volkanik Tehlikelerin Hafifletilmesi Komisyonu'nun bir alt komisyonunda özel bir grup oluşturarak faaliyetlerine devam etmiştir. IAVCE'nin katılım sağladığı bir diğer uluslararası projesi de Uluslararası Bilim Konseyi aracılığıyla geliştirilen Uluslararası Jeosfer ve Biyosfer Programı (IGBP)'dır. IGBP'nin amacı karbondioksit, kükürt dioksit, metan ve diğer gazların çevre üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Bu kapsamda volkanik bir patlama anında açığa çıkan zararlı gazların araştırılması için de iş birliği yapılmaktadır. IAVCEI, Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği (IUGS)'ne çeşitli kongre ve programlarda eş

destekleyici unsur olmaktadır. Bunun yanında Uluslararası Litosfer Programı (ILP)'nın çalışmalarına da katkıda bulunmaktadır (IAVCEI, 2023). Ayrıca IAVCEI, volkanik verileri sağlamak amacıyla dünyanın önde gelen volkanik araştırma kurum ve kuruluşları olan Smithsonian's Küresel Volkanizma Programı, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu, Endonezya, Filipinler, Japonya, İsviçre, Kanarya Adaları ve İtalya'da bulunan kurumlar ve üniversiteler ile iş birliği gerçekleştirmektedir. Bu ülkelerle birlikte yine Fransa, Ekvator, İtalya'da kurulan gözlemevlerinden de verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca ABD'de yer alan üniversiteler ile ortak çalışmalar gerçekleştirerek ülkedeki Ulusal Jeoloji Servisi'nin faaliyetlerinden veriler elde etmektedir.

#### 3.1.1.1. IAVCEI Volkanik Tehlike ve Risk Komisyonu (IAVCEI Commission on Hazards and Risk-CHVR)

IAVCEI'nin bir başka komisyonu olan Volkanik Tehlike ve Risk Komisyonu, volkanik tehlikelerin toplum üzerindeki etkilerini azaltmak için çalışan volkanoloji dalına katkıda bulunmak için oluşturulmuş bir komisyondur. Komisyon; tehlikeleri, meydana gelme kapsamlarını ve olasılıklarını anlamaya, ölçmeye ve iletmeye ve yakından uzağa etkilerini ve yarattıkları toplumsal güvenlik açıklarını değerlendirmeye odaklanmaktadır (IAVCEI-CVHR, 2023). IAVCEI'nin bir komisyonu olmasına karşın volkanoloji konusunda ele aldığı farklı başlıklar ile birlikte bu alanda önde gelen bir oluşum olarak ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda ele alınan önemli başlıklar şunlardır;

- **Tehlike Haritalaması:** Volkanik alanda meydana gelebilecek tehlikelere bağlı olarak gerekirse modellemeye de dayanan bir fiziksel haritalama sürecini kapsamaktadır.
- **Tehlike Değerlendirmesi:** Farklı ülkelerde bulunan volkanların spesifik yapıları, volkanik alana yönelik özel değerlendirmeler, bölgesel volkanik tehlikeler ve volkanik sahadaki diğer tehlikeleri kapsayan modelleme ve saha çalışmalarını vurgulamaktadır.
- **Risk Değerlendirmeleri:** Tehlike değerlendirmelerinin maruz kalma ve savunmasızlık çalışmaları ile birlikte entegrasyonunu konu alan çalışmalardır.
- **Risk İletişimi ve Algısı:** Volkanik alanda tehlike altında bulunan

popülasyona yönelik uygulanan ve volkanik aktivite hakkında teknik veya uyarı amaçlı yapılan bilgiler ile bu bilgilerin ilgili toplum tarafından etkili bir şekilde eyleme dökülmesini sağlayan çalışmaları kapsamaktadır.

- **Politikaya Entegrasyon:** Volkanik tehlikeler konusunda yapılan ve toplumun gereksinimlerinin ön planda olduğu çalışmaların karar vermede son nokta olan yöneticiler ile olan entegrasyonunu içeren çalışmaları kapsamaktadır (IAVCEI-CVHR, 2023).

IAVCEI Volkanik Tehlike ve Risk Komisyonu kapsamında faaliyet gösteren Volkanik Tehlike Haritaları Programı da dünyadaki birçok volkan hakkında haritalama çalışmaları yaparak volkanolojiye önemli katkıda bulunmaktadır. Bu programın amacı; farklı ülkelerde bulunan çeşitli volkanların oluşturduğu tehlikeleri ve bunu ele alan kitlelerin meydana getirdiği verileri bir bütün halinde kapsamlı olarak ortaya koyarak kaynak oluşturmaktır. Bunun yanında program, volkanik tehlike haritaları geliştirilmesi için de bir kaynak kitap aracılığıyla kılavuz niteliğinde sayılabilecek yönerge ve esaslar sağlamaktadır. Bu programın web sitesinde volkanlara yönelik oluşturulan veri tabanında arama yapılacak volkan için çeşitli kategoriler oluşturulmuştur. Bu kategoriler; temel harita araması, gelişmiş harita araması, volkana göre harita araması ve ülkeye göre volkan harita araması şeklinde sıralanabilmektedir. Ayrıca Volkan Tehlikeleri Harita Programı, 04.02.2023 tarihi itibariyle 53 ülkede 14 farklı dilde 612 volkanı kapsayan 1823 tehlike haritası içermektedir (Volcanic Hazard Maps, 2023).

### 3.1.2. Smithsonian Enstitüsü Küresel Volkanizma Programı (Smithsonian Institution Global Volcanism Program-GVP)

Volkanoloji çalışmalarında dünyanın en önde gelen ülkelerinden biri olan ABD'de yer alan Küresel Volkanizma Programı (GVP), sadece ülke içindeki volkanlara ait değil aynı zamanda dünyadaki tüm volkanlar hakkında da geniş verilere sahip bir kurumdur. Bu program Washington DC'deki Ulusal Doğa Tarihi Müzesi Maden Bilimleri Departmanı'nda yer almaktadır. GVP'nin asıl odak noktası dünya üzerinde son 10.000 yılda aktivite gösteren volkanları ve patlamalarını anlamaktır. GVP, misyonu olarak gördüğü küresel volkanik aktiviteler hakkında belgeleme yapmak, volkanları anlamak ve bu bilgileri yaymak için dört ana aşamayı

takip etmektedir. Bu aşamalar; araştırma, raporlama, arşivleme ve sosyal yardımlardan oluşmaktadır. Ayrıca GVP bünyesinde bulunan veriler, kurumun volkanları belgelemeye başladığı 1968 yılından beri geliştirilmektedir. GVP, son 10.000 yılda aktif olan volkanların mevcut ve geçmiş aktivitelerini belgeleyerek bu konuda en öncü kurumlardan biri olarak çalışmaktadır. GVP, dünyanın herhangi bir noktasında meydana gelen volkanik hareketliliğin raporlanması, veri haline getirilmesi ve görüntülerinin alınması ile birlikte bu belgelerin diğer ilgili kurum ve kuruluşlara aktarılmasında kritik öneme sahiptir. Elde edilen bu verilerin de raporlama süreci, haftalık olarak ve literatür ile gözlemevlerinin de dahil edilmesiyle oluşan geniş rapor olarak iki türlü gerçekleşmektedir. GVP, elinde bulunan verileri; uluslararası ortaklarına, bilim insanlarına, sivil toplum kuruluşlarına ve topluma açık bir şekilde yayımlayarak volkanik aktiviteler hakkındaki bilinci artırmaktadır (Smithsonian, 2013).

GVP, dünyada yer alan birçok kurum ve kuruluş ile iş birliği yaparak volkanik aktiviteler konusunda bilimsel verilere dayanan kanıtlar sunmaktadır. Bu veriler, volkanoloji alanında çalışan birçok araştırmacı, kurum ve kuruluş için kaynak niteliği taşımaktadır. GVP'nin iş birliği yaptığı program, kurum ve kuruluşlar şu şekildedir; ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS), Dünya Volkan İzleme Örgütü (WOVO), Dünya Entegre Veri Uygulamaları (IEDA), Volkan Araştırma ve Risk Hafifletmesi (VHUB), Uluslararası Volkanoloji ve Dünya'nın İç Kimyası Derneği (IAVCEI), Ulusal Okyanus bilimi ve Atmosfer İdaresi (NOAA) (Smithsonian, 2013).

### 3.1.3. Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu-Volkan Tehlikeleri Programı (United States Geological Survey-Volcano Hazards Program -USGS)

Jeoloji ve volkanoloji araştırmaları bakımından gelişmiş ülke olan ABD'de yer alan bir diğer önemli kurum ise ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'dur. Özellikle uluslararası alanda yaptığı iş birlikleri ve birçok disiplinden araştırmacıyı barındırdığı yapısı ile birlikte USGS, volkanik aktiviteler konusunda da örnek teşkil etmektedir. 1879 yılında bir kongre kararıyla oluşturulan USGS, İçişleri Bakanlığı'na bağlı olarak bilimsel çalışmalarını yürütmektedir. Birçok alanda toplumun gelişen

ihtiyaçlarına yanıt bulmak ve çevre, kaynak ve kamu güvenliği alanlarında veri sağlamak için farklı disiplinlerden uzmanlar ile birlikte çalışmalar yürütmektedir. USGS; ekosistemler, arazi kullanımı, enerji ve mineral kaynakları, doğal tehlikeler, su kullanımı ve mevcudiyeti, Dünya'nın halka açık özelliklerinin güncellenmiş haritaları ve görüntüleri hakkında çalışmalar yapan ve karar vericilere bilgi sunan bilim temelli birincil federal kaynaktır (USGS, 2023). USGS kapsamında yer alan ve ofisi Reston-Virginia'da bulunan Volkanik Tehlikeler Programı (VHP) ise ABD'de yer alan 170 potansiyel aktif volkana yönelik faaliyetler yürütmektedir. Fakat bunun yanında dünyada bulunan diğer ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlar ile birlikte proje ve araştırmalar yürüterek volkanik tehlikelere karşı örnek teşkil edebilecek çalışmalar yapmaktadır. Ayrıca kapsamlı bir gözlemevi ağına sahip olan USGS Volkanik Tehlikeler Programı, bu yönüyle de volkanik hareketliliğin tespiti aşamasında katkılar sunmaktadır. USGS Volcano Hazards Programı'nın misyonu, volkanik süreçlere ilişkin bilimsel bir anlayışa dayalı olarak volkan tehlikeleri hakkında etkili tahminler, uyarılar ve bilgiler sunarak kamu güvenliğini artırmak ve patlamalardan kaynaklanan sosyal ve ekonomik kesintileri en aza indirmektir.

VHP, birtakım teknik araçlar yardımıyla volkanlara yönelik izlemeler gerçekleştirerek bilim adamlarının volkanik davranışı yorumlamalarına, patlamaları tahmin etmelerine, olası patlama etkilerini belirlemelerine ve durumsal farkındalık yaratarak toplumun bilinçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu izlemeler volkanın çok yönlü tehlikelerine paralel olarak sismik, jeodezik, hidrolojik ve jeokimyasal alanlarda yapılabilmektedir. Havadan ve uydudan gerçekleştirilen uzaktan algılama teknolojisi ile birlikte gaz emisyonları, topografik değişiklikler, kül bulutları ve lav akışları dâhil olmak üzere birçok volkanik risk önceden tahmin edilebilmektedir. Ayrıca modellemeler ile birlikte yapılan değerlendirmeler sonucunda volkanın olası davranışı esnasında kül, lav ve lahar akıntıları gibi ürünlerin izleyeceği yollar önceden tespit edilmektedir. Bunun yanında volkanların geçmiş dönemdeki aktiviteleri de incelenerek ilerde patlama meydana getirme olasılığı da hesaplanmaktadır. Toplumun katılımı ile birlikte hazırlanan volkan tehlike planlamaları da bireylerin sürece doğrudan katılımını sağlamakta ve aynı zamanda volkanlar hakkındaki kişisel bilincin artmasına katkıda bulunmaktadır (USGS, 2023).

VHP, birçok farklı bilim dallarından (jeofizik, sismoloji, jeodezi, jeoloji, jeokimya vb.) araştırmacılar ile çalışırken aynı zamanda yerel, eyalet, ulusal ve uluslararası alandaki acil durum yetkili servisleri ile de ortak faaliyetler yürütmektedir. Bunlardan bazı örnekler ise ABD Ordusu Mühendisler Birliği, Üniversiteler, Kaliforniya Acil Durum Hizmetleri Kurumu, Smithsonian Küresel Volkanizma Programı, gözlemevleri (Alaska, Kaliforniya, Cascades, Hawaiian, Yellowstone) vb. şeklinde sıralanabilmektedir. Bunun yanında VHP, dünya çapında volkanik çalışmalarını yürütmek için ABD Dışişleri Bakanlığı aracılığıyla Volkan Afet Yardım Programı (VDAP)'nı görevlendirmektedir. VDAP, USGS ve ABD Uluslararası Kalkınma Ajansı Dış Afet Yardım Ofisi'nin ortak bir programıdır ve genel merkezi Washington'daki Cascades Volkan Gözlemevi'nde bulunmaktadır. VDAP, volkanik kökenli acil durumlara hazırlanmak ve müdahale etmek için uluslararası alanda ev sahibi ülkelerle birlikte iş birliği içerisinde çalışmalarını yürütmektedir. (USGS, 2023).

### 3.1.4. Dünya Volkan Gözlemleri Örgütü (World Organization of Volcano Observatories-WOVO)

IAVCEI'nin bir komisyonu olan Dünya Volkan Gözlemevleri Örgütü (WOVO), dünyadaki volkan gözlemevleri için oluşturulmuş bir örgüttür. Üyeleri, volkanların gözetimini yapan ve çoğu zaman yetkilileri ve halkı volkanik hareketliliklere karşı uyarmaktan sorumlu faaliyetleri düzenleyenlerdir. Smithsonian Enstitüsü Küresel Volkanizma Programı ve ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu ile işbirliği bulunan bu örgütün hedefleri şunlardır;

- Gözlemevleri ve diğer volkanları izleyen kurum ve kuruluşlar arasındaki iletişimi sağlamak ve yapılabilecek çalışmalar için iş birliği oluşturmaya teşvik etmek,
- WOVO'ya üye olan gözlemevlerinin izleme ağı ve personellerinin volkan izleme materyallerini geliştirmek ve devamlılığını sağlamak,
- Üye gözlemevlerinden birinin isteği doğrultusunda geçici bilimsel destek sağlamak amacıyla hükümetleri, uluslararası kuruluşları ve volkan izleme konusunda yardım arayan diğerlerini uygun üye gözlemevlerine yönlendirmektir (WOVO, 2019-2023)

WOVO'ya dünya üzerindeki birçok gözlemevi üyedir ve buradaki çalışmalar sayesinde volkanik tehlikeler ile ilgili dünyanın farklı noktasındaki araştırmacılar fikir alışverişi içerisinde bulunabilmektedir. Aynı zamanda buradan sağlanan veriler sayesinde dünyanın farklı noktalarında bulunan aynı tip volkanlara yönelik çalışmalarda veri kaynağı da sağlanabilmektedir. Dünyada WOVO'ya üye olarak bu çalışmalara katkı sağlayan ülkeler ve gözlemevleri şunlardır;

- Deception Volkan Gözlemevi, Erebus Dağı Volkan Gözlemevi (Antarktika)
- Jeofizik ve Volkanolojik Araştırma Birimi (Kamerun)
- Jeoloji Araştırmaları Volkan Gözlemevi (Kanada)
- Cape Verde Volkan Gözlemevi [Yeşil Burun Cumhuriyeti (Cape Verde)]
- Güney Andes Volkan Gözlemevi (Şili)
- Heilongjiang Wudalianchi Volkanik Gözlemevi (Çin)
- Pasto Sismik ve Volkanik Gözlemevi, Manzales Volkan Gözlemevi ve Popayan Volkanolojik ve Sismolojik Gözlemevi (Kolombiya)
- Karthala Volkanolojik Gözlemevi (Komorlar)
- Goma Volkanolojik Gözlemevi (Kongo)
- Arenal ve Miravalles Sismik ve Volkanik Gözlemevi ve Sismik ve Volkanik Gözlemevi (Kosta Rika)
- Yer Bilimleri Enstitüsü Gözlemevi ve Ulusal Bölgesel Çalışmalar Servisi (El Salvador)
- Jeofizik Enstitüsü Gözlemevi (Ekvator)
- Pel Dağı Volkanolojik Gözlemevi, Piton de la Fournaise Volkanolojik Gözlemevi, Volkanolojik Gözlemevleri, Soufri Volkanolojik ve Sismolojik Gözlemevi ve Batı Hint Adaları-Montserrat Volkan Gözlemevi (Fransa)
- Atina Ulusal Gözlemevi ve Santorini Adası Gözlemevi (Yunanistan)
- Ulusal Afet Koordinatörlüğü Gözlemevi ve Santiaguito Volkan Gözlemevi (Guatemala)
- Meteoroloji Ofisi Gözlemevi, İskandinav Volkanoloji Enstitüsü Gözlemevi ve İzlanda Üniversitesi Bilim Enstitüsü Gözlemevi (İzlanda)
- Volkanoloji, ve Jeoloji Tehlikelerini Azaltma Merkezi Gözlemevi (Endonezya)
- Ulusal Jeofizik ve Volkanoloji Enstitüsü Gözlemevi, Etna Gözlemevi ve

Vezüv Gözlemevi (İtalya)

- Asama Volkan Gözlemevi, Aso Volkanoloji Laboratuvarı Gözlemevi, Hirosaki Üniversitesi Deprem ve Volkan Gözlemevi, Coğrafi Araştırma Enstitüsü Gözlemevi, Japonya Jeolojik Araştırması Gözlemevi, Kirishima Volkan Gözlemevi, Kusatsu-Shirane Volkan Gözlemevi, Nansei-Toko Depremler ve Volkanoloji Gözlemevi ve Usu Volkan Gözlemevi (Japonya)
- Chiapas Vulcanolão İzleme Merkezi, Colima Üniversitesi Volkanolojik Gözlemevi ve Popocatepetl Volkan Gözlemevi (Meksika)
- Jeoloji ve Nükleer Bilimler Enstitüsü Gözlemevi (Yeni Zelanda)
- Arequipa Volkan Gözlemevi (Peru)
- Volkan Gözlemevleri (Filipinler)
- Afonso Chaves-Azores Gözlemevi ve Aes Üniversitesi Volkan Gözlemevi (Portekiz)
- Volkanoloji ve Sismoloji Enstitüsü Gözlemevi ve Kamçatkan Volkanik Püskürme Müdahale Ekibi Gözlemevi (Rusya)
- Kanarya Adaları Volkan İzleme Programı ve Teknoloji ve Yenilenebilir Enerji Enstitüsü Gözlemevi (İspanya)
- Alaska Volkan Gözlemevi, Kaliforniya Volkan Gözlemevi, Cascades Volkan Gözlemevi, Hawaii Volkan Gözlemevi ve Yellowstone Volkan Gözlemevi (ABD) (WOVO, 2019-2023)

Volkan gözlemevleri birçok volkanik tehlikeyi önceden saptayarak bu durumlara karşı hazır olunmasını sağlasa da bu verilerin her ülkenin farklı gözlemevlerinde bulunması ve bir bütün olarak topluma ve araştırmacılara sunulamaması en büyük dezavantajların başında gelmektedir. Bu yüzden WOVO ilgili konuda bir çalışma başlatarak dünya çapındaki volkanik hareketliliğin bir veri tabanı olarak WOVOdat'ı hayata geçirmiştir. Bu sayede volkanik krizler, karşılaştırmalı çalışmalar ve patlama öncesi süreçlerle ilgili temel araştırmalara öncülük etmeyi planlamaktadır. WOVOdat'ın merkezi ise şu anda Singapur Dünya Gözlemevi'nde bulunmaktadır (WOVOdat, 2023).

### 3.1.5. Volkanik Aktivitenin Orta Kızılötesi Gözlemlenmesi Projesi (Middle InfraRed Observation of Volcanic Activity-MIROVA)

Volkanik Aktivitenin Orta Kızılötesi Gözlemlenmesi Projesi (MIROVA), İtalya'da bulunan Floransa ve Torino Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen, volkanik aktiviteden kaynaklanan ısı radyasyonunu ve yerini tespit etmek ve bunu ölçmek için geliştirilmiş otomatik bir sıcak nokta tespit sistemidir. MIROVA'nın ana hedefleri ise volkanın faaliyeti sırasında gözlemevlerini destekleyici çalışmalarda bulunarak potansiyel olarak aktif volkanlardaki huzursuzluğu tespit etmek ve en çok aktif olan volkanlarda ise uzun dönemlere dayanan bir kızılötesi uydu veri tabanı oluşturmaktır. MIROVA'nın çalışma prensibi, farklı algoritmalara dayanan sensörlerden elde edilen verilerin kızılötesi radyasyonuna entegrasyonu ile birlikte gerçek zamana yakın veriler üretmek üzerinedir. Proje başlangıcında Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi (MODIS) sensörüne dayanan veriler şu anda farklı sensörlerden alınan verilere de dayanmaktadır. Bu sensörler; Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometre Paketi (VIIRS), Multispektral Enstrüman (MSI) ve Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI)'dir. Bunun yanında MIROVA, Volkanik Radyasyon Gücü (VRP)'nü de kapsayan bir projedir. VRP, bir uydu edinimi sırasında volkanik aktivite tarafından yayılan ısının bir ölçümünü temsil etmektedir. Projenin web sitesinde ülkelere ve volkanlara göre kategorize edilmiş olarak yapılan değerlendirmelerin yanı sıra son yapılan güncel çalışmalar da yer almaktadır. Proje, İtalyan Sivil Koruma Departmanı (Volkanik Risk Merkezi) adına Laboratorio di Geofisica Sperimentale (LGS)-Floransa Üniversitesi (İtalya) tarafından desteklenmektedir (Coppola ve diğerleri, 2020).

### 3.1.6. Anonim Sismoloji Araştırma Kuruluşları (Incorporated Research Institutions for Seismology-IRIS)

Volkanik alandaki sismolojik hareketliliğin izlenmesi için çalışmalar yapan kuruluşların meydana getirdiği bir konsorsiyumdur. Ulusal Bilim Vakfı (NSF)'nın desteği ile birlikte 1984 yılında temelleri atılan Anonim Sismoloji Araştırma Kuruluşları (IRIS); sismolojik verilerin toplanması, yönetimi ve dağıtımı için bilim tesislerinin işletilmesine dayanan ve iş birlikçileri 100'den fazla ABD

üniversitesinden oluşan bir birlikteliktir. IRIS kapsamında uygulanan programlar ile birlikte bilimsel araştırma, eğitim ve sismik tehlikelerin azaltılması konularında ilerleme kaydetmek amaçlanmaktadır. Bu sayede volkanik alanlarda meydana gelen hareketliliklerin de tespit edilebileceği öngörülmektedir. ABD'nin Delaware eyaletinde kurulan IRIS'ın merkezi ise Washington DC'de bulunmaktadır. IRIS, ABD'de yer alan eğitim kuruluşları ve neredeyse tüm üniversiteleri kapsarken aynı zamanda yabancı kuruluşlar ve ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu ile de iş birliği sağlamaktadır. IRIS'ın destekçileri ise Ulusal Bilim Vakfı ve Programları, Earthscope, federal kurumlar, üniversiteler ve özel kuruluşlardır. Bu iş birliğinin temel hedefleri şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Sismik ve diğer jeofizik yöntemleriyle birlikte Dünya'nın özelliklerini saptamak ve sismik kaynakların araştırılmasını sağlamak,
- Sismik ve diğer jeofizik veri ve bilgilerinin ağ bağlantıları ve diğer yollar ile belli bir standartta ücretsiz ve sınırsız olarak paylaşılmasını sağlamak,
- Sismolojik araştırma ve eğitimi ilerletmek, yer bilimleri iş gücünün çeşitliliğini genişletmek ve genel kamuoyunda yer bilimleri okuryazarlığını geliştirmek için IRIS üyeleri, bağlı kuruluşları ve diğer kuruluşlar arasında işbirliğini teşvik etmektir (IRIS, 2023).

### 3.1.7. Dünya Derin Karbon Gazı Giderme Projesi (Deep Earth Carbon Degassing-DECADE)

Hala gelişme aşamasında olan bu proje, Smithsonian Enstitüsü Küresel Volkanizma Programı, Haritalama Gazı Emisyonları Veritabanı (MaGa) ve EarthChem Jeokimyasal Portalı iş birliği ile geliştirilmiştir. Bu proje volkanik aktiviteler esnasında karbondioksit ($CO_2$) gazının atmosfere olan akışını belirlemek için sabit veya güncel metot ve teknolojileri kullanmayı amaçlamaktadır. Proje kapsamında şu anda dünyada gaz salınımı bakımından en aktif durumda bulunan 150 volkanik alandan 20 tanesine $CO_2$ izleme ağı kurulmaktadır. Proje kapsamında çalışanlar, volkanik aktiviteler ile birlikte doğrudan salınan karbon gazlarının da atmosferden arındırılması için doğrudan gaz örneklemesi ve analizi ile eriyik kalıntılarına dayanan laboratuvar çalışmaları gerçekleştirmektedir (Smithsonian GVP, 2013). Dünya'nın derinliklerinden manto litosferi, kabuk, hidrosfer ve

atmosfere dağıtılan karbon konsantrasyonu artarak iklim değişikliğine yönelik önemli etkilerde bulunabilmektedir. DECADE Projesi ile birlikte elde edilen bulgular sonucunda volkanik patlamalar ile salınan karbon gazı ve derinliklerde yatan karbon döngüsü konusunda bulgular edinmek amaçlanmaktadır. Ayrıca oluşturulacak volkan emisyon veri modellemeleri ile birlikte potansiyel olarak meydana gelebilecek bir patlama konusunda bilim insanları uyarıla bilinecektir (DBpedia, 2023).

### 3.1.8. Volkanik Küresel Risk Tanımlama ve Analiz Projesi (Volcano Global Risk Identification and Analysis Project-VOGRIPA)

Volkanik Küresel Risk Tanımlama ve Analiz Projesi (VOGRIPA), volkanizma nedeniyle yüksek risk altındaki yerleri belirlemek, küresel çapta volkanik hareketliliği analiz etmek ve volkanik tehlike ve risk hakkındaki bilgi birikimini oluşturmak ve geliştirmek amacıyla faaliyete geçirilmiş bir projedir. Proje ile birlikte dünyanın birçok noktasında bulunan volkanik risk değerlendirmelerinin kolaylaştırılması ve volkanik tehlike verilerinin sistemli bir şekilde analiz edilmesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte volkanik alan yönetiminde risk ve kriz değerlendirmelerinde yeni yaklaşımların da geliştirilebileceği vurgulanmaktadır. Özellikle Volkanik Patlama İndeksi (VPI) bakımından büyük patlama meydana getirmiş volkanlar veri tabanını oluşturmaktadır. Projenin ilk adımı olan Geniş Büyüklükte Patlayıcı Volkanik Püskürmeler (LaMEVE) adlı veri tabanı kullanıma açılarak bilgi akışı sağlanmıştır. Bu veri tabanı, Kuvaterner Dönemin başlangıcına kadar uzanan, Volkanik Patlama İndeksi (VPI) 4 veya daha büyük olan ve meydana geldiğinde bölgesel ve hatta küresel olarak önemli olabilecek can kaybı sayısı, ciddi toplumsal bozulma ve ekonomik kayıp barındıran küresel patlamalar hakkında veriler içermektedir (VOGRIPA, 2023). VOGRIPA, Smithsonian Enstitüsü, Japonya Jeoloji Araştırmaları Kurumu ve Birleşik Krallık Jeoloji Araştırmaları Kurumu ile iş birliği yapmaktadır. Merkezi Birleşik Krallık ’ta bulunan projenin yürütücülüğünü ise Bristol Üniversitesi üstlenmektedir. Avrupa Araştırma Konseyi tarafından Ocak 2009’dan itibaren 5 yıl kaynak alan projeye aynı zamanda Münih Re tarafından da fon sağlanmaktadır. VOGPIRA aynı zamanda Birleşik Krallık Jeoloji Araştırmaları Kurumu personeli ile birlikte kubbe oluşturan volkanik patlamalarla ilgili ilk tehlike

veri tabanı üzerinde çalışmak için New York Eyalet Üniversitesi ile resmi bir ortaklık kurmuştur. Güney Florida Üniversitesi de, özellikle Japonya'daki patlamalara odaklanarak ve büyüklük-frekans analizinde ve eksik kaydın etkisindeki istatistiksel uzmanlık yoluyla projeye dahil olmuştur. VOGRIPA ayrıca Bayan Anja Dufresne (Canterbury Üniversitesi, Yeni Zelanda) tarafından bir araya getirilen ve volkanik tehlikelere bağlı çökme yapılarına ilişkin morfolojik verileri içeren volkanik heyelanlar hakkında bir veri tabanı erişimine de sahiptir (VOGRIPA, 2023).

## 3.2. DÜNYADA VOLKANLARA KARŞI ALINAN ÖNLEMLER

Volkanik tehlikeler oluşumu nedeniyle çok farklı şekillerde risk oluşturabilmektedir. Bir volkan patlama meydana getirdiğinde dışarıya sadece lav değil bununla birlikte kül, çamur akıntıları, zehirli gazlar ve kaya parçaları da atabilmektedir. Bu yüzdendir ki volkanik tehlikelere karşı alınabilecek önlemlere ilişkin yollar tek bir planlama ile gerçekleşememektedir. Özellikle volkanoloji alanında disiplinler arası çalışmalar yapan bilim insanları da bu konu ile ilgili olarak volkanların yapısına uygun şekilde önleme faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Volkanik patlamaların oluştuğu esnada yapılabileceklerin yanı sıra patlamadan önce geliştirilen planlama ve hazırlık safhaları da kritik öneme sahip olabilmektedir. Bu yüzden dünya üzerinde volkanik aktivitelerin neden olduğu tehlikeleri önlemek adına birçok kurum ve kuruluş iş birliği yaparak projeler gerçekleştirmektedir. Dünya ölçeğinde volkanik aktiviteleri çalışmalarında önemli yer edinen Uluslararası Volkanoloji ve Dünyanın İç Kimyası Derneği (IAVCEI), volkanların meydana getirdiği patlamaların canlı ve çevre üzerinde olan etkilerini azaltmak için birçok alt komisyon oluşturmuştur. Bu komisyonlar da alanında uzman bilim insanları, gönüllüler ve diğer katılımcılar ile birlikte volkanların oluşturduğu ve farklı disiplinlerin varlığını gerektiren alanlarda çalışmalarını yürütmektedir. Sismoloji, jeodezi, hidrolojik bilimler, jeomanyetizma ve havacılık, meteoroloji ve atmosfer ve okyanus bilimleri gibi volkanların meydana getirdiği ürünlerin oluşturduğu tehlikeler kapsamında var olan çok geniş bir çalışma alanı, önlemler konusunda faaliyetler gerçekleştirmektedir. Ayrıca IAVCEI, volkanik tehlikelerin oluşturabileceği etkilerini en aza indirmek ve bu konuda toplumda bir bilinç yaratmak amacıyla farklı komisyonlar kurmuştur. Bu komisyonlar kendi içlerinde uzmanlık alanlarına göre

ayrılmakta ve volkanik tehlike öncesi, sırası ve sonrasında alınabilecek önlemlere yönelik veriler sağlamaktadır. IAVCEI kapsamında yer alan komisyonlar şunlardır; Volkanik Gazların Kimyası Komisyonu, Volkanik Göller Komisyonu, Volkan Jeolojisi Komisyonu, Volkanik Bulutlar Komisyonu, Uluslararası Volkanik Sağlık Tehlikesi Ağı (IVHHN), Kaldera Çökmesi Komisyonu, Patlayıcı Volkanizma Komisyonu, Büyük Magmatik Eyaletler Komisyonu, Monogenetik Volkanizma Komisyonu, Denizaltı Volkanizma Komisyonu, Volkanojenik Tortular Komisyonu, Volkan Jeolojik Mirası ve Koruma Altındaki Volkanik Manzaralar Komisyonu, Volkanik ve Magmatik Tesisat Sistemleri Komisyonu, Volkanik Tehlikeler ve Risk Komisyonu, Volkanik İstatistik Komisyonu, IAVCEI/IACS Volkan-Buz Etkileşimi Komisyonu ve IAPSO/IASPEI/IAVCEI Ortak Tsunami Komisyonu (IAVCEI, 2023).

Dünya üzerindeki volkanik hareketliliğin etkilerini en aza indirmek ve buna karşı önlem almak isteyen ülkeler ortak bir çaba içerisinde farklı iş birlikleri ve projeler gerçekleştirmenin yanı sıra kendi volkanik afet yönetimleri içerisinde de bu duruma çözüm aramaktadırlar. Özellikle volkanik hareketlilik bakımından dünyanın önde gelen ülkelerinden olan ABD, Endonezya, Japonya, Filipinler ve İtalya gibi ülkelerin volkanik afet yönetim modellemeleri içerisinde planlamadan yeniden yapılanma aşamasına kadar gerçekleştirilecek önleme faaliyetleri yer almaktadır. Bu çalışmalar volkanik tehlikeler sonucu açığa çıkan kül, lav, çamur akıntıları ve gaz salınımlarına yönelik koruyucu ve önleyici tedbirleri içermektedir. Bunun yanında eğitim, iletişim ve tatbikat gibi volkanik tehlikelerin öncesinde yapılan önleme faaliyetleri için hayati öneme sahip adımların gerçekleştirilmesi aşamasında planlamalar ve gözlemlere dayanan sayısal veriler oluşturulmaktadır. Özellikle bir volkanik patlamanın daha öncesinde hareketlilikler sezilebilmesi amacı ile kurulan volkan gözlemevleri, volkanik huzursuzluğun artmasını tespit edebilmekte ve böylece bölge halkı ve yerel yöneticiler için de duruma adapte olma şansı vermektedir. Bu kapsamda dünya üzerinde Dünya Volkan Gözlemevleri Örgütü (WOVO)'ne üye olarak gözlemevi verilerini paylaşan ve bu konuda bilim insanlarının çalışmalarına katkıda bulunan ülkeler aynı zamanda bu çalışmaların sonucunda kendi riskli bölgeleri için de volkanik tehlike önlemleri gerçekleştirebilmektedirler.

Volkanik bölgede gerçekleştirilen izlemeler ile birlikte volkanların davranışı da neredeyse anlaşılabilmektedir. Bunun için uygulanan çeşitli gözlem türleri mevcuttur. Bunlar; depremler, yer hareketleri, volkanik gazlar, kayaç kimyası ve su kimyası hakkında bilgiler sunan çeşitli gözlemlerdir. Bu veriler sayesinde volkanik patlama gerçekleşmeden önce hareketlilik tespit edilerek erken uyarı sistemleri geliştirilmekte ve böylece olası bir patlama anında oluşacak can kaybı ile birlikte sosyoekonomik kayıplar da önlenebilmektedir. Bunun yanında izlemeler ile birlikte volkanik aktivitenin seyri de tespit edilebilmektedir. Örneğin, 2004 yılında ABD'de gerçekleşen St. Helens Dağı Volkanik Patlaması sırasında bilim insanları deformasyon ve uydu verileri ile birlikte diğer izleme araçlarını da incelemişlerdir. İnceleme sonunda magmanın veya volkanik sıvının yüzeye doğru hareket ettiğini tespit etmişler ve türünü saptayarak hızla harekete geçmişlerdir. Bu durum bölgede yaşanabilecek can ve mal kaybı riskini de en aza indirmiştir (USGS, 2023).

Volkanik tehlikeleri önleme konusunda en önemli şart, ilgili konuda var olan bilgidir. Volkanın geçmiş tarihlerde meydana getirdiği patlamaların incelenmesi ve gelecekte meydana getirebileceği patlamaları tahmin etmek adına kurulacak sistemler ile birlikte volkanik tehlikelere karşı en temel önlemler alınabilmektedir. Bunun yanında farklı volkanik bölgelerde yapılan jeolojik haritalandırmalar ile birlikte volkanik alanın yaşı, alanın türü ve dağılımı hakkında bilgi sahibi oluna bilinmektedir. Volkanın patlama geçmişine dair yapılan analizler ile birlikte de mevcut patlama aralığının tahmin edilmesi ve volkanın geçmişte meydana getirdiği hareketliliğe paralel bir aktivitenin meydana gelme olasılığı da hesaplanabilmektedir. Ayrıca volkanik bölgenin jeomorfolojisinin önceden bilinmesi volkanik aktiviteler sırasında açığa çıkan ve daha çok akış gösteren lav, çamur akıntıları ve piroklastik akışlar gibi ürünlerin izleyeceği yol açısından önem teşkil etmektedir. Zira bu ürünler volkanın yamaçlarından aşağıya doğru hareket ederken nehir ve dere yatakları gibi yollar boyunca ilerleyebilmektedir.

Volkanik patlamaların öncesinde yapılan planlama ve hazırlık aşamalarında kullanılan bir diğer önemli unsur ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'dir. CBS, volkanik tehlike ve risklerin düzenlenebilmesi için verilerin analizine dayanmaktadır. Bu veri analizlerinin de doğru bir şekilde ilgili alanlara ve topluma dağıtımı sonucunda potansiyel volkanik afet riskleri en aza indirilebilmektedir. CBS, farklı

kaynaklardan elde edilen tekil bilgilerin sisteme entegrasyonunu ve bunların düzenli olarak güncellenmesini sağlamaktadır. Ayrıca CBS'nin kullanıcılar tarafından farklı aşamalar için esnek kullanılabilir yapısı ve özellikle volkanik risk için oluşturulan modelleme ve simülasyon çalışmalarındaki etkinliği de volkanik tehlikeleri önleme sürecine doğrudan katkıda bulunabilmektedir. CBS'ye yönelik bu konuda en iyi örneklerden birisi Kamerun Dağı'nda gerçekleşmiş ve CBS'nin esnek yapısının sorgulanabildiği bir çalışma ortaya konulmuştur. Arazi ve İnsan Faaliyetleri Üzerindeki Volkanik Etki Riskini Azaltma Projesi (MIAVITA) çalışmasına göre Kamerun Dağı'nda gerçekleştirilen projede CBS alışık olmayan bireylerin dahi rahatlıkla anlayabileceği bir CBS uygulamasının esnekliği test edilmiştir. Buna göre yerel volkan gözlemevleri ve sivil toplum kuruluşlarından veriler alınarak volkanoloji alanında uzman bilim insanlarının anlayabileceği tarzda uzaktan algılama yöntemleri ve herhangi bir kullanıcının algılayabileceği standart harita uygulamaları geliştirilmiştir. Sonuçta ise CBS ile oluşturulmuş verilerin genel kullanıcı gereksinimlerine yanıt verebildiği ve esneklik gösterebildiği tespit edilmiştir (Bignami, 2012:52). Böylece volkanik tehlikeleri önleme faaliyetlerinin CBS ile entegre edilmiş çalışmalarda daha kolay anlaşılır ve toplumun geniş kesimi tarafından algılanabilir hale gelebileceği düşünülebilir. Bu da volkanik kökenli tehlikelerin önlenmesi için geniş bir toplum katılımı ve sağlam veriye dayanan çalışmaların gelişmesine olanak tanıyabilmektedir.

## 3.3. DÜNYADA VOLKANİK ALAN YÖNETİM ÖRNEKLERİ

Dünya genelinde birçok ülkede aktivite gösteren volkanik hareketlilik, canlı yaşamı ve çevresi için önemli tehdit oluştururken aynı zamanda afet yönetim uzmanlarının sürekli olarak bu konu özelindeki ilgisini de güncel tutmaktadır. Öyle ki volkanik patlamalar her ne kadar bazı ülkelerde aktivite sıklığı fazla olan doğal afetlerden biri olarak meydana gelse de uzun süreli uyku döneminin ardından ciddi sonuçlar doğuran patlamalar da oluşturabilmektedir. Bu gibi oluşturabileceği riskler açısından büyük potansiyel taşıyan durumlar için de afet yönetim sistemleri içerisinde önceden hazırlık, planlama, eğitim ve kapasite geliştirme gibi çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte olası bir volkanik aktivite sırasında meydana gelebilecek can ve mal kaybını da en aza indirmek için müdahale çalışmalarının

yerinde ve zamanında yapılması gerekmektedir. Bu da ancak afet yönetim sistemleri içerisinde paydaş olan kurum ve kuruluşlar ile birlikte sivil toplum ve üniversitelerin atacağı adımlar ve geliştireceği yöntemler ile mümkün olabilmektedir. Dünya üzerinde de yapılan volkanoloji çalışmaları farklı disiplinlerin katılımıyla birlikte volkanik risklerin en aza indirmek için gerçekleştirilmektedir. Volkanik hareketliliğin izlenmesi, modelleme ve simülasyonlar ile analiz edilmesi, tahliye ve müdahale planlarının oluşturulması, eğitim ve tatbikatlar gerçekleştirilmesi, iletişim araçlarının etkin kullanılması ve yeniden yapılanma gibi aşamalar volkanik afet yönetimi içerisinde yer alan ve kurum ve kuruluşlar tarafından benimsenen çalışmalardır. Dünyada yer alan ve volkanik hareketlilik bakımından büyük potansiyele sahip ülkeler de bu çalışmaların yapılabilmesi için kendi afet yönetim sistemleri içerisine volkanik alan yönetimini de dâhil etmişlerdir. Dünyada volkanik kökenli afetlere maruz kalma bakımından en önde gelen ülkelerden olan ABD, İtalya ve Filipinler'in volkanik alan yönetimlerine bu çalışmada yer verilmiştir.

### 3.3.1. Amerika Birleşik Devletleri Volkanik Alan Yönetim Modeli

Amerika Birleşik Devletleri, afetlere maruz kalma bakımından dünyanın en önde gelen ülkelerinden biridir ve toprak parçasının genişliği, yaşayan nüfus sayısının fazla olması ve endüstriyel yaşamın gelişmiş olması nedeniyle afetlerden etkilenme olasılığı oldukça yüksektir. Bu yüzden 1950'li yıllar ile birlikte artan Soğuk Savaş ikliminde ABD, Federal Sivil Savunma İdaresi'ni kurmuş ve hayata geçirmiştir. Bu tarihi takip eden yıllarda meydana gelen afetler için yeni düzenlemeler yapılarak 1970 yılında da afetlerde zarar gören yer ve işletmeler için kredi destekleri, vergi yardımı ve kamu alanlarının onarımını içeren çalışmalar düzenlenmiş ve kanunlar çıkarılmıştır. Sonraki yıllarda ise afetlere müdahale aşamasında federal, eyalet ve yerel olarak ortaklıklar oluşturulsa da planlama, hazırlık ve eğitim gibi aşamalarda eyaletlerde yaşanan ayrımlar nedeniyle yüzün üzerinde federal oluşumlar meydana gelirken bunun yanında eyalette ve yerel yönetimlerde de farklı kurum ve departmanlar ortaya çıkmıştır (Yaman, 2021: 73). Bunun sonucunda afet yönetiminde yaşanan çok başlılık ve koordinasyon eksikliği nedeniyle 1 Nisan 1979 yılında dönemin ABD Başkanı Jimmy Carter, Federal Acil

Durum Yönetim Ajansı (Federal Emergency Management Agency-FEMA)'nın kurulması kararını imzalayarak FEMA'nın temellerini atmıştır. 11 Eylül 2001 terör saldırılarından sonra iç güvenlik tehdidinin artması ve acil duruma müdahale ihtiyacı görüşlerinin artması nedeniyle 2002 yılında dönemin ABD Başkanı George W. Bush, ABD İç Güvenlik Bakanlığı'nın (DHS) kurulmasına yol açan İç Güvenlik Yasasını imzalamış ve oluşturulan İç Güvenlik Bakanlığı'na FEMA'yı da dâhil etmiştir. 20.000 binden fazla çalışanı bulunan FEMA'nın çalışma prensibi "daimi" ve "gönüllü" şeklinde tasarlanmıştır. Merkezi Washington, DC'de yer alan FEMA'nın ülke çapında on bölge ofisi de bulunmaktadır (FEMA, 2023).

ABD, Smithsonian Küresel Volkanizma Programı (GVP)'na göre 162 tane aktif volkana sahip bir ülkedir ve bu konuda yapılan çalışmalar çok geniş çapta ve farklı disiplinler ile birlikte ilerlemektedir. ABD'nin jeolojik araştırmalar için kurduğu Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS); sismoloji, volkanoloji, jeoloji, çevre sağlığı, gezegen bilimi, okyanus bilimi ve enerji vb. gibi çok farklı disiplinlerde çalışmalar yürütmektedir. ABD'nin doğal kaynaklarını ve onu tehdit eden tehlikelerini incelemek için 3 Mart 1879 tarihinde oluşturduğu USGS'nin merkezi Reston Virginia'dadır. ABD İçişleri Bakanlığı'na bağlı olarak çalışan kurumun yaklaşık olarak da 9 bin çalışanı bulunmaktadır (Wikipedia, 2023). USGS, Afet Yardım Yasası (PL 93-288-Stafford Yasası) kapsamında depremler, volkanik patlamalar ve toprak kaymaları için lider federal kurum olarak görevlendirilmiştir (U.S. Department of the Interior, 2006). Bu kurum çatısı altında ABD'de yer alan volkanlara dair araştırmalar yürüterek volkanik tehlikeler konusunda etkin olmayı amaçlayan "Volkanik Tehlikeler Programı (VHP)" yer almaktadır. VHP'nin misyonu; bilimsel bilgiye dayalı olarak volkan tehlikeleri hakkında etkili tahminler, uyarılar ve bilgiler sağlayarak kamu güvenliğini oluşturmak ve volkanik aktivitelerden kaynaklanan sosyal ve ekonomik kayıpları minimuma indirmektir. VHP, mevcut ve patlama potansiyeline sahip volkanların izlenmesi, incelenmesi ve analiz edilerek tehlike unsurlarının USGS'deki afet ve acil durum uzmanlarına aktarılmasını sağlamaktadır. Böylece program, potansiyel volkanik alanlar ile ilgili bilimsel bilgilerin toplanması ve bunların yorumlanarak yetkililerin ve toplumun bilinçli bir şekilde hareket etmesine olanak sağlamaktadır. (USGS, 2023).

ABD'de volkanik alan yönetimi için ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu Volkanik Tehlikeler Programı en temel oluşum olarak faaliyetlerini yürütmektedir. Volkanlara yönelik yapılan tüm çalışmaların sonuç ve değerlendirmeleri yerel, eyalet ve ülke düzeyindeki ilgili bakanlıklara ve acil durum kurum ve kuruluşlarına aktarılarak acil durum planları, tehlike eğitimi ve tahliye gibi çalışmaların yapılmasına katkıda bulunmaktadır. Ülkede yer alan volkanik alanların VHP'nin idaresinde var olan beş gözlemevi (Alaska, Kaliforniya, Cascades, Hawaii, Yellowstone) tarafından izlenmesi, nasıl faaliyetler gösterdiklerine dair araştırmalar yapılması ve tehlike değerlendirmesi ile başlayan süreç birbirini destekleyerek devam etmektedir. Bu da VHP'nin temel misyonu olarak tanımlanmaktadır. Volkan gözlemevleri bu üç temel misyonun yanında, aktif iletişim veya sosyal yardımlar yoluyla halka, acil durum müdahale topluluklarına, ilgili eyalet ve federal kurum yöneticilerine volkanik tehlikeler konusunda farkındalık oluşturacak raporlar veya bilgiler sunmaktadır. Böylece toplumun volkanik tehlikelere karşı olan direnci artmakta ve aynı zamanda volkanlara karşı iş birliği ve acil durum planlarının geliştirilmesi sağlanmaktadır. Acil durum müdahale planları da bir volkanik patlama esnasında oluşturulabileceği gibi aynı zamanda gözlemevleri bilim adamları, acil durum yöneticileri ve konu uzmanlarının görüşleri dahilinde volkanik huzursuzluk öncesinde de yapılabilmektedir. VHP bu çalışmaların yanında analitik yazılımların daha da standartlaştırılması ve gözlemevleri arasındaki ortak çalışabilirliğin artması için de faaliyetler yürütmektedir. Yapılan bu çalışmalar, VHP'nin iş birliği içinde olduğu tüm uluslararası, ulusal, eyalet ve yerel kurum ve kuruluşlar ile paylaşılmaktadır. Bu kurum ve kuruluşlar volkanik risklerin meydana geldiği alanda etkilenen tüm canlı ve çevre için faaliyetler yürüten oluşumlardır. Örneğin, Washington eyaletinde St. Helens ve Adams volkanik alanları için koordinasyon planlaması yapılırken Washington Askeri Departmanı Acil Durum Yönetim Bölümü, ABD Orman Hizmetleri-Gifford Pinchot Ulusal Ormanı Yönetimi, USGS Cscades Volkan Gözlemevi, Washington Doğal Kaynaklar Departmanı Jeoloji Araştırmaları Bölümü, bölge şerifi ve bölge acil durum müdürleri; planlama, koordinasyon, iş birliği, tahliye, eğitim vb. gibi birçok çalışmada rol ve sorumluluklara sahiptir. Böylece ülke genelinde her volkanik bölge, tahliye, eğitim, acil durum planlaması vb. gibi çalışmalar için temel verilere sahip olmakta ve nihayetinde bütüncül bir

volkanik alan yönetimi gerçekleştirilebilmektedir (USGS, 2022).

USGS Volkanik Tehlikeler Programı (VHP), volkanik alan yönetiminde kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler, gözlemevleri, sivil toplum ve diğer paydaşları kapsar şekilde yapılacak birçok çalışmayı kategoriye ayırarak sınıflandırmıştır. Buna göre; volkan uyarı sistemi, volkanik bölgede kurulan izleme sistemleri, volkanların meydana getirebileceği tehlikelere ilişkin sistem, volkanik patlamaya hazırlık sistemi, volkanlara yönelik haritalamalar, tehlike değerlendirmeleri ve planlamalar bulunmaktadır. Bunun yanında ABD'deki volkanlar için sağlanan veriler, yapılan yayınlar, volkanik tehlike eğitimleri, yazılım sistemi, ABD volkanlarına yönelik multimedya ve volkanlara yönelik haberler ve sosyal medya ağları da detaylı bir şekilde ele alınarak volkanik alanın yönetimine dair çalışmalar oluşturulmuştur. Bu çalışmaların hazırlık, planlama ve uygulama aşamalarında volkanın bulunduğu bölgeye özel, farklı kurum ve kuruluşlar sürecin içinde yer almaktadır. USGS VHP verilerinin temel oluşturduğu bu kurum ve kuruluşlar, acil durum planlaması, eğitim ve tahliye gibi konularda bölgeye has özellikler nedeniyle farklı kurum ve kuruluşlar ile de iş birliği yapmaktadır. USGS VHP'nin volkanik alan yönetiminde temel verileri sağladığı farklı süreçlere aşağıda yer verilmiştir.

#### 3.3.1.1. Volkan Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi

Volkan bildirimi, bir volkanın aktivitesinde yaşanan olası hareketliliği paylaşmak için kullanılan bir sistemdir. Bu bildirim, patlamanın olası sonuçları ve tehlikeleri hakkında bilgiler içermektedir. ABD özelinde VHP tarafından bu bildirim türleri beş farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Bunlar;

- **Volkan Faaliyet Bildirimi:** Uyarı seviyesi (Normal, Danışma Seviyesi, İzleme ve Uyarı) değişikliklerini veya uyarı seviyesi içindeki önemli aktiviteyi (lav akışı, kül yağışı ve piroklastik akışlar gibi) bildirmektedir.
- **Günlük, Haftalık veya Aylık Güncelleme:** Volkanik aktivite hakkında durumsal farkındalığın artırılması için belli aralıklarla paylaşılan güncellemeleri kapsamaktadır.
- **Durum Raporu:** Devam eden huzursuzluk veya patlama olayları esnasında volkanın davranışı veya volkanı izleme faaliyetleri ile ilgili gelişmeleri

kapsamaktadır.

- **Havacılık için Volkan Gözlemevi Bildirimi:** Kül ve bulutların neden olabileceği olası riskleri önlemek amacıyla havacılık sektörüne özel olarak gerçekleştirilen bildirimleri içermektedir.
- **Bilgi Beyanı:** Volkanik aktivite sırasında meydana gelebilecek bilgi kirliliğini önlemek, izleme ile ilgili yapılan değişiklikleri aktarmak veya uzun süreli tahminler yapmak için oluşturulan bildirimlerdir (USGS, 2023).

Volkanik uyarı sistemi, dünya çapında uluslararası bir standart taşımamaktadır. Bunun en temel nedenleri ise farklı ülkelerde yer alan volkanların davranışındaki değişiklikler ve bu volkanların izlenmesindeki farklı metotların uygulanmasıdır. Bunun yanında farklı ülkelerde renk kodları ve sembollerin de toplum tarafından algılanması çeşitlilik göstermektedir. Bu durum sonucunda volkanik uyarılar için her ülke farklı uyarı sistemi gerçekleştirirken havacılık uyarı renk kodu sistemi ise uluslararası bir standart göstermektedir (WOVO, 2019-2023).

ABD'de VHP, volkanik uyarı seviyeleri için "normal, danışma, izleme ve uyarı" dan oluşan bir volkanik uyarı sistemi kullanmaktadır. VHP, volkanik uyarı sistemini ayrıca uluslararası standarda uygun olarak havacılık renk kodu sistemine de adapte etmiştir. Bunun yanında uyarı seviyesi sembolleri de kullanmaktadır. ABD'de yer alan volkanik uyarı sistemi ve havacılık renk koduna ait örneğe tablo 6'da yer verilmiştir.

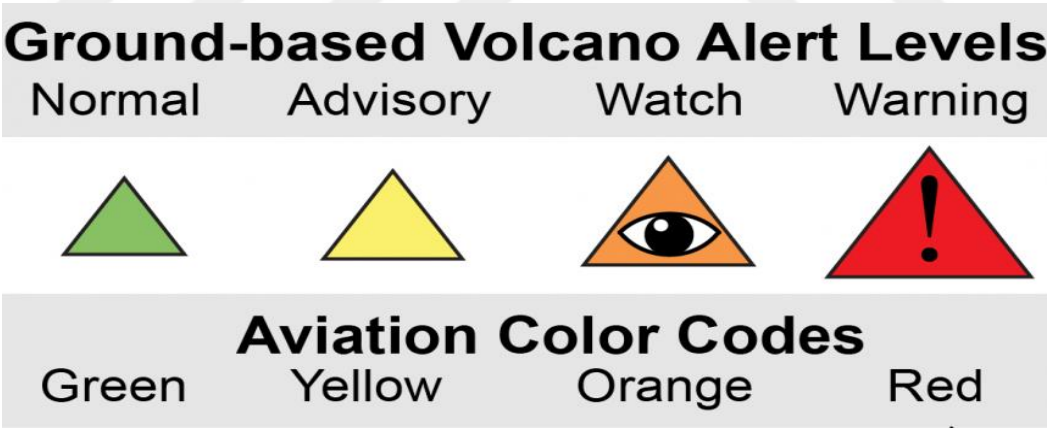
**Tablo 6:** Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun Ülke Genelinde Kullandığı Volkanik Uyarı Sistemi ve Havacılık Renk Kodu Sistemi

| **Volkanik Uyarı Seviyesi (Ulusal)** | **Volkanik Aktivite** | **Havacılık Renk Kodu Sistemi (Uluslararası)** | **Volkanik Aktivite** |
|---|---|---|---|
| Normal | Volkan, patlamayan durumdadır veya aktiviteden sonra tamamen durağan hale geçmiştir. | Yeşil | Volkan, patlamayan durumdadır veya aktiviteden sonra tamamen durağan hale geçmiştir. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Danışma | Volkanda bazı huzursuzluklar vardır veya büyük bir patlamadan sonra aktivite önemli derecede azalmıştır. Ancak izlemeler devam etmektedir. | Sarı | Volkanda bazı huzursuzluklar vardır veya büyük bir patlamadan sonra aktivite önemli derecede azalmıştır. Ancak izlemeler devam etmektedir. |
| İzleme | Volkan, artan patlama potansiyeline sahiptir veya patlama devam etmekte ancak tehlikeler sınırlı halde bulunmaktadır. | Turuncu | Volkan, artan patlama potansiyeline sahiptir veya volkanik kül emisyonu yok veya çok az olacak şekilde patlama devam etmektedir. |
| Uyarı | Tehlikeli, patlamaya yakın, devam etmekte veya şüphelenilmektedir. | Kırmızı | Volkanik külün atmosfere salınmasıyla patlama yakındır veya devam eden püskürmeyle birlikte önemli miktarda atmosfere salınan volkanik kül emisyonundan şüphelenilir. |

**Kaynak:** United States Geological Survey. (2023). "Volcanic alert-levels characterize conditions at U.S. volcanoes". https://www.usgs.gov/programs/VHP/volcanic-alert-levels-characterize-conditions-us-volcanoes, (02.07.2023)

**Şekil 28:** Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun Ülke Genelinde Kullandığı Volkanik Uyarı Simgeleri




Kaynak: United States Geological Survey. (2023). "Alert Level Icons". https://www.usgs.gov/media/images/volcano-alert-levels, (02.07.2023)

VHP tarafından volkanik aktiviteler için akılda kalıcılığı artırmak, ABD'deki volkanları simgelere göre kodlamak ve bunu yaparken havacılık renk kodlarına uyumunu gerçekleştirmek için yeşilden kırmızıya doğru artan endişeleri temsil eden simgelemeler kullanılmıştır.

### 3.3.1.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme

Volkanların meydana getirebileceği muhtemel riskleri incelemek için USGS VHP'de görev alan araştırmacılar, çeşitlik izleme teknikleri ile birlikte volkanın uyanış habercisi olan bazı verileri tespit edebilmektedir. Bunun için çeşitli izleme araçları ve teknikler kullanan araştırmacılar, elde ettikleri verileri volkanologlar ile paylaşmaktadır. Volkanologlar ise geçmiş volkan patlamalarından elde edilen veriler ile izleme ağlarından gelen verileri karşılaştırarak gelecekte bir volkanik aktivitenin yaşanabilme olasılığını ve eğer yaşanacaksa da ne zaman meydana geleceğini tahmin edebilmektedir. Elde edilen veriler aynı zamanda ilgili gözlemevleri ile paylaşılarak patlama tahmininin gelişmesine de katkıda bulunulmaktadır. USGS VHP kapsamında görev alan volkanik araştırmacıların volkanların izlenmesinde kullandığı farklı gözlem türleri mevcuttur. Bunlar şu şekilde sıralanabilmektedir;

- **Depremler:** Volkanların içerisinde ve çevresinde birçok aktiviteden dolayı depremler meydana gelebilmektedir. Birçok kez fay kırılmalardan oluşan bu süreç zaman zaman da magma ve volkanik gazların yukarı doğru hareketi ile oluşan stres değişikliklerinden kaynaklanabilmektedir. Bunun sonucunda ise volkanik depremler meydana gelebilmektedir. USGS VHP'de bulunan volkan sismologları da bu olaya yönelik araştırmalar yürütmektedir. Volkanın 20 km yakınına kurulan ve en az 6-8 depremölçerden oluşan sismik ağlar ile birlikte elde edilen veriler diğer disiplinlerden gelen veriler ile birleştirilerek volkanik tehlike süreçleri hakkında bilgi edinilmektedir (USGS, 2023).
- **Deformasyon:** Volkanik alanın yüzeyinde meydana gelen değişimler genellikle yer altında hareket gösteren magma, gaz veya diğer sıvıların bir yansıması olarak yeryüzünde karşılık bulmaktadır. USGS VHP de bu deformasyonları tespit etmek amacıyla Global Konumlandırma Sistemi (GPS), eğim ölçer ve InSAR (İnterferometrik Sentetik Açıklıklı Radar) kullanmaktadır.
- **Gaz ve Su:** USGS VHP, volkanik bir patlama öncesinde ve sırasında gaz ve suları ölçerek kimyasını, sıcaklığını ve seviyelerini tespit etmektedir. Böylece volkanın sakin dönemlerinde gaz ve su değerleri tespit edilerek farklı

zamanda oluşabilecek patlamaların öncülleri sayılan gaz ve suların değişkenliği tespit edilebilmektedir.

- **Hidroloji:** Volkanik yamaçlar genellikle ince kül, gevşek ve parçalanmış kayalardan oluşmaktadır. Bu yapıların yağmur suyu ile birlikte karışması sonucunda volkanik laharlar kendilerine geniş kanallar oluşturarak önüne gelen birçok şeyi yok etmektedir. Bunun yanında taşıdığı tortu ile birlikte dere ve nehir yataklarına akarak burada suya basınç uygulamakta ve bunun sonucunda barajların çökmesine ve sel ile birlikte yerleşim yerlerinin zarar görmesine neden olmaktadır. USGS VHP hidroloji uzmanları konuyla ilgili olarak 1987'de North Fork Toutle Nehri boyunca, tortuyu Cowlitz ve Columbia nehirlerine taşınmadan önce tutmak için bir tortu tutma yapısı inşa etmişlerdir. Böylece volkana yakın yerleşim bölgelerindeki sel riskini de azaltmayı amaçlamışlardır (USGS, 2023).
- **Isı-Termal:** Bazı volkanlar, gayzerler, kaplıcalar, lav akıntıları veya lav kubbeleri gibi termal açıdan belirti uyandırabilecek özelliklere sahiptir. Bu yüzden düzenli olarak izlenerek anormal bir değer belirlendiğinde volkanik huzursuzluğun meydana geldiği düşünülebilmektedir. USGS VHP uzmanları, üç tür volkanik termal özelliği incelemektedir. Bunlar; gaz menfezleri ve fümeroller gibi buharın baskın olduğu alanlar, suyun hâkim olduğu özellikle gayzer, kaplıca ve krater gölü gibi alanlar ve lav akışları, lav kubbeleri ve piroklastik akışların yoğun olduğu lav ağırlıklı alanlardır.
- **Topoğrafik Değişiklikler:** Volkanın yüzey şekillerinde meydana gelen büyüme, erozyon, çökme ve diğer değişimler volkanik aktivite ile ilgili fikir verebilmektedir. Bu yüzden USGS VHP'de yer alan uzmanlar, Dijital Yükseklik Modelleri (DEM) adını verdikleri sistem ile birlikte zemin yüzeyinin haritalarını oluşturarak volkandan püsküren lav hacmini, kubbe büyüme oranını vb. hesaplayabilmektedir (USGS, 2023).

#### 3.3.1.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık

Volkanik bir patlama aniden gerçekleşebilen bir doğal olaydır. Bu olay karşısında toplumların ve acil durum yöneticilerinin hazırlıksız yakalanması,

yaşanabilecek can ve mal kaybını da artırma potansiyeline sahiptir. Bu durumda, volkanik hareketlilik meydana gelmeden önce hazırlıkların yapılması en temel güvenlik önlemi olarak ön plana çıkmaktadır. USGS VHP ve kapsamındaki gözlemevleri, risk altındaki toplumları önceden uyarmak, yetkililere can ve mal kaybını engellemek için hazırlayacakları acil durum müdahale planlarında bilgi ve zaman kazandırmak için bazı hazırlık verileri sunmaktadır. Bu veriler, volkanın izlemesi ile elde edilen değerlendirmeleri esas alan çalışmalardan oluşmaktadır. USGS VHP'ye göre hazırlık sürecini şu şekilde gerçekleştirilmektedir; USGS VHP çatısı altındaki gözlemevlerinde çalışan uzmanlar, volkanik aktiviteyi izlemekte, volkan tehlikelerini değerlendirmekte, yaklaşan patlamalar için uyarılar sağlamakta ve resmi bir sistem ile volkan bildirimlerini oluşturmaktadır. Bunun yanında yerel, eyalet ve ulusal çapta volkan koordinasyon planlarına da katılmaktadır. Bu aşamadan sonra yerel yönetim ve diğer kamu kurumları da kendi bölgelerinde acil durum planları geliştirip uygulayarak yerel tehlikeler ve acil durum talimatları hakkında topluma eğitim ve bildirim sağlamaktadır. Ayrıca bu kurumlar, volkanik patlama sırasında bölge sakinlerine kapatmalar, tahliye yolları ve kurtarma önerileri hakkında da bilgiler sağlamaktadır. Son aşamada ise bölgedeki toplumun yaşadıkları alandaki volkanik tehlikeleri bilmeleri ve acil durumlarda yetkililerin talimatlarına uymaları belirtilmektedir. Ayrıca bireysel veya aile çapında bir volkanik acil durum planı yapılması ve acil durum kiti (solunum maskesi, gözlük, yedek kontakt lensler, temizleme solüsyonu ve kül karşı boşlukları kapatmak için bant) hazırlanması da tavsiye edilmektedir (USGS, 2023).

ABD'de USGS ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ortaklığı sonucunda tasarlanan insansız hava aracı (drone) ile birlikte volkanik patlamaların önceden tespit edilmesine yönelik çalışmalar başlamıştır. Bu araçlar, volkanların meydana getirebileceği yıpratıcı gaz ve çalkantılı sallantılara karşı dayanıklı bir şekilde tasarlanmıştır. Önceden planlanan uçuş rehberi sayesinde volkan çevresinde görülen tehlikeleri tespit ederek termal bilgiler de sağlayabilmektedir. Drone aynı zamanda volkanik bölgede salınan gazları da algılayabilecek şekilde tasarlanmıştır (NASA, 2022).

ABD'de volkanik tehlike bölgeleri beş eyalet kapsamında değerlendirilerek planlama, hazırlık, izleme ve eğitim vb. gibi bütün temel faaliyetlerin USGS ve bu

eyaletteki yetkililer ile birlikte koordinasyon içinde yapılması kararlaştırılmıştır. Buna göre bu beş eyalet şunlardır; Alaska, Kaliforniya, Hawaii, Oregon ve Washington. USGS VHP, volkanik tehlikelere (kül, lav akışı, volkanik gazlar, çanur akıntıları vb.) hazırlık için bu beş bölgede bulunan farklı departmanlar ile iş birliği yaparken aynı zamanda uluslararası alanda da veri akışı sağlamaktadır. Bölgesel hazırlık için kaynak olabilecek kurum ve kuruluşlara aşağıda yer verilmiştir.

- **Uluslararası Volkanik Kül İnsan Sağlığı Ağı (IVHHN):** Volkanik kül, gaz ve diğer salınımlarının insan sağlığı üzerindeki etkilerini anlamak için iş birliği sağlanmaktadır.
- **Uluslararası Kızıl Haç Volkan Tehlikelerine Hazırlık (IFRC):** Volkanik bir patlamaya hazırlanmak, patlamada hayatta kalmak ve patlamadan kurtulmak için atılması gereken adımlar konusunda özellikle Amerikan Kızıl Haç organizasyonunu da dâhil ederek yapılan çalışmaları kapsamaktadır.
- **Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri (CDC):** ABD'yi dünya çapındaki hastalıklardan korumak adına çalışan CDC, volkanik patlamalara hazırlanma ve patlama olayları sırasında ve sonrasında ne yapılması gerektiğine dair tavsiyeler de sunmaktadır.
- **Alaska Eyaleti Anchorage Belediyesi:** Alaska Yarımadası, Kodiak Adası, Kenai Yarımadası ve Cook Inlet'teki sakinlerle ilgili olan volkanik kül hazırlık bilgileri sunmaktadır.
- **Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA)-Ulusal Hava Durumu Servisi-Volkanik Kül Danışma Merkezi:** Alaska havacılık sektörüne, diğer devlet kurumlarına ve halka atmosferdeki volkanik kül için tahminler ve uyarılar sağlamaktan sorumlu kuruluşlar olarak çalışmalar yapmaktadır.
- **Kaliforniya Acil Durum Hizmetleri Ofisi:** Kaliforniya Eyaletindeki risk altında olan alanlar için volkanik tehlikeler, hazırlık ve kurtarma hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır.
- **Hawaii Sivil Savunma Ofisi:** Hawaii'de volkanik faaliyetle ilgili mesajlar, uyarılar ve tahliye bilgileri için birincil kaynak olarak faaliyet göstermektedir.
- **Hawaii Mevcut Kükürt Dioksit ve Partikül Koşulları:** Hawaii Volkanları Ulusal Parkı ve çevresinde çeşitli kaynaklardan çıkan volkanik gaz dumanlarının yaklaşık yönünü ve kapsamını gösteren USGS verilerini

içermektedir.

- **Hawaii Adasındaki Doğal Tehlikeler ve Volkanik Tehlikenin Azaltılması:** Hilo'daki Hawaii Üniversitesi tarafından adadaki volkanik tehlikeler ile ilgili veriler içeren bir sayfadır.
- **Oregon Eyaleti Acil Durum Yönetimi Ofisi:** Bölgedeki jeolojik tehlikeler, eğitim, teknoloji ve acil durum müdahalesi hakkında bilgi içermektedir.
- **Oregon Eyaleti Jeoloji ve Maden Endüstrileri Departmanı Volkanik Tehlike Bilgileri:** Oregon eyaletindeki volkanik tehlikelerle ilgili bilgi ve kaynaklara yönelik ek bağlantılar içeren web sayfasıdır.
- **Washington Acil Durum Yönetimi Bölümü:** Çeşitli tehlikeler için haberler, tehlikelerin tanımı, hazırlık ipuçları ve eğitim fırsatları içermektedir.
- **Pierce County, Washington Volkanik Patlama Hazırlığı:** Özellikle Rainier Dağı bölgesi için volkanik patlama hazırlığı ve risk azaltmaya odaklanan web sitesidir.
- **Washington Eyaleti Sağlık Bakanlığı:** Volkanik bir patlamadan önce veya sonra ne yapılabilir ve bölgeye kül düşerse ne yapılmalıdır gibi bilgileri içermektedir.
- **Washington Eyaleti Doğal Kaynaklar Departmanı Volkan ve Lahar Tehlikeleri:** Volkan ve lahar tehlikelerinin yanı sıra acil durum hazırlıklarını konu alan çalışmalar bulunmaktadır (USGS, 2023).

#### 3.3.1.4. Volkanik Alan Yönetimi İçin Oluşturulan Ürünler

Bir volkanik tehlikenin yönetilebilmesi için gerekli olan hazırlık, müdahale ve hafifletme aşamalarında kullanılabilecek tüm materyal ve bilgiler bu başlık altında yer almaktadır. USGS VHP'nin amacı; bu kaynakların volkanik tehlike öncesi, sırası ve sonrasında topluluklar, kamu görevlileri, işletmeler, kamu hizmeti sağlayıcıları, altyapı uzmanları ve halk tarafından doğru kullanılmasını sağlayarak risklerin en aza indirilmesine olanak tanımaktır. USGS VHP'nin sağladığı bu kaynaklar şu şekilde sıralanabilmektedir;

- **Jeolojik Haritalar:** Jeolojik haritalar volkanik alanda bulunan kaya birikintilerinin tipini, yerini ve yaşını göstermektedir. Buradan alınan

örneklerin jeologlar tarafından incelenmesi sonucunda da kayaçların yaş tahminleri ile birlikte volkanik aktivitenin sıklığı ve olaylar arasındaki duraklamaların uzunluğu tespit edilebilmektedir. Bununla birlikte volkanın geçmişteki davranışının gelecekte de potansiyel oluşturması, yapılacak tehlike değerlendirmeleri ve planlamalarında önem teşkil etmektedir. USGS VHP'de ABD'de yer alan bütün volkanik bölgeler ve buralarda bulunan her bir volkan için jeolojik haritalar tasarlanmıştır (USGS, 2023).

- **Tehlike Değerlendirmeleri:** Bu raporlar volkanik alanda gelecekte meydana gelmesi muhtemel risklerin türlerini ve olasılıklarını gösteren yayınlardır. Geçmiş yıllarda ilgili volkanik alanda meydana gelen aktivitelere de yer veren rapor, yine ilgili volkanik bölgedeki volkanik tehlikelerin (kül, lav, lahar vb.) etki alanlarını gösteren harita çalışmalarına da yer vermektedir. Tehlike değerlendirmeleri raporu, volkanik aktivite sırasında etkili bir acil durum planlaması yapmak için en önemli temel kaynak bilgileri sağlarken aynı zamanda ABD'de yer alan beş farklı volkanik bölge ve buralardaki her bir volkan için ayrı ayrı tasarlanmıştır.
- **Kül Tehlikeleri Bilgisi:** USGS VHP, yapıları, enerji üretimini ve iletimini, su bölgelerini, kara ve hava taşımacılığını, tarımı ve insan sağlığını kül tehlikelerinden korumak için Volkanik Kül Yağışı Etkileri Çalışma Grubu'nu kurmuştur. Bu grup, volkanik kül olayları hakkında pratik bilgiler ve öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılacak eylemleri içeren çalışmalar yürütmektedir. Ayrıca volkanik dumanlarla başa çıkmak, volkanik patlamadan dolayı meydana gelen kül dağılımını ve çökelmesini önlemek amacıyla "Ash3D" adlı uygulamayı gerçekleştirmiştir (USGS, 2023).
- **Heyelan ve Lahar Modelleri:** Volkanlardan çıkan lahar ve bunların meydana getirebileceği heyelan risklerini ve olası hareket yollarını önceden tahmin etmek, tahliye ve acil durum planlamalarının bu risk modellemelerine göre yapılması sağlamak amacıyla USGS VHP uzmanları, akış yolu geometrilerinin istatistiksel analizlerine ve akış fiziğinin matematiksel analizlerine dayalı bilgisayar modelleri geliştirmektedir. Bu bilgisayar modelleri Laharz_py ve D-Claw'dır.
- **Koordinasyon Planları:** ABD'de volkanik afet yönetim sistemi, coğrafya

gereği ve yönetim şeklinden dolayı yerel, eyalet ve ulusal çapta olmak üzere çok farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yürütülmektedir. Bu yüzden USGS VHP de ülke çapındaki volkanik alanlarda uygulanabilecek koordinasyon planlarına ortaktır. Bu koordinasyon planları, ABD'de yer alan ve farklı eyaletlere ayrılmış volkanik bölgeler ve buralardaki volkanik alanların her biri için ayrı ayrı tasarlanmıştır. Bu planlarda, tehlike anında volkanik bölgede yapılacak çalışmalar, iş birliği, koordinasyon, görev alacak kurum ve kuruluşlar ve varsayımlar gibi birçok bilgi mevcuttur (USGS, 2023).

#### 3.3.1.5. Volkanik Alan Yönetiminde Eğitim

Volkanik alanların eğitimindeki temel amaç, gelecekteki potansiyel patlamaların riskleri hakkında toplumun ve karar alıcıların bilgi edinmesini sağlamak ve bu riskleri azaltabilmeleri için yapacakları çalışmalar hakkında gerekli motivasyonu sağlamaktır. Bazı zamanlarda volkanik aktiviteler arasındaki süreçler uzun olabilmekte ve bu yüzden de toplumlar yaşadıkları afeti ve etkilerini unutabilmektedir. Bu sebepten ötürü USGS VHP, ABD ve diğer ülkelerde dramatik volkanik patlama olayı yaşamış topluluklardan bilgi akışı sağlayarak olayları ilişkilendirebilir bir şekilde anlatmayı ve toplumun hassasiyetini artırmayı amaçlamaktadır. USGS VHP, savunmasız toplulukların yerel ve eyalet düzeyindeki yetkilileri ile toplantılar gerçekleştirerek koordinasyon planları çerçevesinde eğitim süreçlerinin işlemesini sağlamaktadır. Burada eyalet acil durum yönetim departmanı, eyalet jeoloji araştırmaları kurumu ve eyalet gözlemevinin uzmanları bulunmaktadır. Ayrıca VHP, programda yer alan uzmanlar tarafından hazırlanan tehlike değerlendirme raporlarının verilerini kullanarak toplumun da içine dahil olduğu acil durum müdahale planlarının halka anlatılmasına yardımcı olmaktadır. Bunun yanında beş gözlemevi de toplumun hazırlık ve eğitimi için sürdürülen sunumlar, ortaklıklar ve diğer faaliyetler için sosyal yardım çabaları da göstermektedir.

Volkanik eğitimler, okul sınıflarında, toplulukların güvenlik ile ilgili grup ve çalışmalarında ve evde aileler tarafından sağlanabilmektedir. USGS VHP bu konuda bireyleri eğitmeyi amaçlayan eğiticiler için öğretmen eğitimleri, öğretmen eğitim kaynakları ve eğitim makaleleri sunarak toplumda volkanik bilincin artmasına olanak sağlamaktadır. USGS VHP'nin sunduğu bazı eğitim materyalleri şunlardır; levha

tektoniğini açıklamak için "Bu Dinamik Gezgen" adlı öğretim kaynağı, "Arka Bahçenizde Volkanla Yaşamak" adlı volkanik bilgiler içeren ve ders planlarında kullanılabilecek bir kılavuz, "USGS Fotoğraflı Volkanik Terimler Sözlüğü" ve bazı volkanlara dair spesifik gözlemevi kaynakları. Ayrıca USGS VHP, yerel yönetimler ve üniversite jeologları, ülkedeki volkanik bölgeleri ziyaret eden birçok turist, rehber ve araştırmacılar için her bir volkanik eyalet ve burada bulunan volkanlara özgü saha kılavuzları hazırlayarak bilgilendirici bir rehberlik sunmayı amaçlamıştır (USGS 2023).

#### 3.3.1.6. Volkanik Alan Yönetimi İçin Haberler, Multimedya ve Bağlantılar

USGS VHP temelinde başlatılarak yerel, eyalet ve federal düzeyde birçok kurum ve kuruluşların katılımıyla gerçekleştirilen volkanik alan yönetimi içerisinde haberler, multimedya ve gerekli yetkililer ve kurumları içeren bağlantılar önem teşkil etmektedir. Zira toplum, volkanik bir risk ile olay öncesinde, sırasında ve sonrasında başa çıkabilmek için birçok kez bilimsel bir yardıma ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada ABD'de yer alan volkanlar ile ilgili VHP uzmanları tarafından yapılan haberler ve makale içerikli bilimsel yayınlar, en net volkanik bilgileri hızlı bir şekilde topluma iletmekte önemli bir aşamadır. Bunun yanında volkanik tehlikeler ile ilgili danışman niteliğinde olan USGS VHP volkan afet yardım personelleri ve gözlemevleri uzmanları, topluma doğru ve net bilginin sağlanması aşamasında kritik öneme sahiptir. Bu yüzden USGS VHP bu kimseler ve kurumların iletişim bilgileri, sosyal medya hesapları ve mail adreslerini de paylaşarak ulaşılabilirliği artırmaktadır. Ayrıca USGS VHP uzmanlarının sahadaki çalışmalara ve diğer kurum ve kuruluşlarla birlikte gerçekleştirdiği araştırma ve toplantılara dair görsel ve videolu bir medya sistemi kurularak toplum tarafından elde edinilen bilimsel bilgilerin görsel ve videolar ile de desteklenmesi sağlanmıştır. Bu multimedya sistemi volkanik aktivite bölgesinde kurulan kamera görsel ve videoları ile de desteklenmektedir (USGS, 2023).

### 3.3.2. İtalya Volkanik Afet Yönetimi

İtalya, coğrafi konumu gereği deprem, sel, volkanik tehlikeler ve kuraklık gibi birçok afete maruz kalmaktadır. Bu yüzden afet yönetimi konusunda önde gelen çalışmalar yapan bir ülkedir. Ülkede afet yönetim sistemi sivil savunma temelli gerçekleşmektedir. Bu yüzden yapısal bir örgütlenme yerine ulusal, bölgesel, özerk iller ve belediyeler gibi birçok noktada koordineli sivil savunma yaklaşımları faaliyet sağlamaktadır. Bu faaliyetlerin iş birliği içerisinde etkin ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi için de 1992 yılında 225 sayılı kanunla Ulusal Sivil Koruma Servisi kurulmuştur. Bu servis, afetlerden ve bunların yıkıcı etkilerinden can, mal, yerleşim yerleri, hayvanlar ve çevrenin korunmasına yönelik tüm faaliyetlerin yürütülmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda sivil toplum kuruluşları ve özel sektörü de dahil eden bir afet ve acil durum yönetimi anlayışı sergilemektedir (European Commission, 2023). Ülkede sivil koruma politikalarına karar verme yetkisi, Bakanlar Kurulu Başkanı'na yani Başbakan'a veya tayin ettiği İçişleri Bakanı'na aittir. Ulusal çapta sivil koruma hizmetlerinin koordinasyonu ve faaliyetlerinin desteklenmesi ise Sivil Koruma Bakanlığı'na aittir. İtalya'da bir afet veya acil durum meydana geldiğinde sivil koruma temelli yerinden yönetim anlayışı olduğu için önlem ve müdahale çalışmalarının başlama noktası ilgili bölgedeki belediye başkanıdır. Belediye başkanı burada birincil sivil koruma otoritesi olarak görev almaktadır. Ancak meydana gelen büyük afetlerde ise il, bölge ve ulusal çapta yetkililer belirlenerek olarak yetki derecesi artırılmaktadır. Sivil Koruma Bakanlığı ulusal çapta etki gösterecek bir afet meydana gelmeden ilgili belediye, il veya bölgeye destek ve koordinasyon çalışması sağlamaktadır (Yaman, 2021: 97-98).

İtalya, Avrupa Kıtası'nda en aktif volkanizma yapılarına sahip ülkelerden biridir. İtalyan Sivil Koruma Bakanlığı'nda ve ABD Smithsonian Küresel Volkanizma Programı'nda yer alan verilere göre İtalya'da on tane Holosen Dönemde faaliyet gösteren volkan bulunmaktadır. Bunlar; Stromboli, Vulcano, Etna, Vesuvio (Vezüv), Campi Flegrei, Ischia, Pantelleria, Colli Albani, Lipari, Panarea ve sualtı volkanlarıdır. Sivil Koruma Bakanlığı, doğrudan Ulusal Sivil Koruma Dairesi ile veya Ulusal Sivil Koruma Dairesi ve bunun yanında iş birliği içinde olduğu kurum ve kuruluşlarla İtalya'daki volkanik riskin tahmini, önlenmesi ve hafifletilmesi

çalışmalarını yürüterek olası bir patlama anında da can ve mal kaybını en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Protezione Civile, 2023).

İtalya'da volkanik alan yönetimi ile ilgili çalışmalar, Ulusal Sivil Koruma Servisi'nin merkezi konumda bulunduğu yerel ve bölgesel kurum ve kuruluşlar (il, ilçe ve bölge sivil koruma departmanları, Ulusal Jeofizik ve Volkanoloji Enstitüsü, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve özel kuruluşlar) ile yönetilmektedir. Ülkenin afet yönetiminde gösterdiği yerel, bölgesel ve ulusal çapta farklı kurum ve kuruluşların çeşitli aşamalarda olaya dahil olması gibi volkanik alan yönetiminde de benzer bir durum yaşanmaktadır. İzleme, planlama, uyarı seviyeleri oluşturma, eğitim ve haritalandırma gibi çalışmalar, Ulusal Sivil Koruma Servisi'nin koordinasyonunda farklı kurum ve kuruluşlar tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bu volkanik çalışmalar, Ulusal Sivil Koruma Servisi'nin koordinasyonunda yerel ve bölgesel düzeyde gerçekleştirilebilirken aynı zamanda ulusal çapta yaşanabilecek volkanik aktivitelere karşı ülke geneline yayılan çalışmalar da yapılabilmektedir. Ulusal Sivil Koruma Departmanı'nın bilimsel danışma organı olarak Büyük Risklerin Öngörüsü ve Önlenmesi Ulusal Komisyonu görev almaktadır. İtalya'daki volkanların gözlemlenmesi ve olası aktivitelerinden sorumlu kurum Ulusal Jeofizik ve Volkanoloji Enstitüsü (INGV)'dür. Gözlem ve aktiviteye bağlı izlemeler için İtalya'daki volkanlar, her bölgede bir referans gözlemevi tarafından izlenecek şekilde sınıflandırılmıştır. Bu gözlemevlerinin raporları ve oluşturduğu veriler, INGV tarafından hazırlanan tehlike değerlendirmeleri ile birlikte, uygun prosedürler çerçevesinde Ulusal Sivil Koruma Dairesi'ne, bölgesel sivil koruma yapılarına, ilde yetkili valilere ve ilçedeki belediye başkanlarına gönderilir. Ulusal Sivil Koruma Dairesi, INGV uzmanları, Ulusal Sivil Koruma Dairesi'nde çalışmalarını yürüten volkanologlar ve yerel yöneticileri de dahil ederek volkanik alarm seviyesi, yerel ve ulusal ölçekte patlama senaryoları ve ilgili analizlere dayanarak volkanın aktivite gösterebileceği aralığı, bilimsel danışma organı olarak görev yapan Büyük Risklerin Öngörüsü ve Önlenmesi Ulusal Komisyonu'nun da onayını alarak tanımlar (INGV, 2023). Ulusal Sivil Koruma Dairesi ve meydana getirdiği çalışma grubu, volkanlar için ülke genelinde standart bir uyarı sistemi geliştirse de Etna ve Stromboli gibi sürekli aktivite gösteren volkanlar için bölgedeki ilgili gözlemevi (Etna Gözlemevi), Ulusal Sivil Koruma Dairesi'nin onayı dahilinde ilçe, il ve bölgedeki ilgili acil

durum yetkilileri ile Etna ve Stromboli'ye özel uyarı seviyeleri geliştirebilmektedir.

İtalya'nın volkanik alan yönetiminde acil durum planlamaları, volkanların patlama potansiyeline paralel olarak yerel veya ulusal düzeyde gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, Vezüv Volkanı için kırmızı uyarı seviyesinde ulusal çapta bir acil durum planlamasının varlığı gerekli görülmüştür. Bu kapsamda volkanın bulunduğu bölge olan Campania Sivil Koruma Departmanı acil durum planı çerçevesinde gerçekleştirilen tahliye planları için öncül kurum olarak faaliyet göstermektedir. Fakat bu kurumun yapacağı acil durum planlamalarına, Ulusal Sivil Koruma Dairesi tarafından koordine edilen ve ulusal çapta meydana gelecek volkanik bir olayda etkili görev alabilecek bölge ve yerel yöneticileri de dahil edilmektedir. Bu bölge ve yerel yöneticiler, özellikle Campania Bölgesi'nde bulunan Vezüv Volkan'ının patlamasından sonra tahliye edilen nüfusa ev sahipliği yapabilecek yakın bölge ve illerden yetkililer olmaktadır (Protezione Civile, 2023).

İtalya'da yapılan volkanik çalışmalar aynı zamanda uluslararası alandaki volkan tehlike komisyonları tarafından da ilgi çekmektedir. Bunun yanında Avrupa'nın en aktif olan volkanlarından ikisini (Etna ve Stromboli) barındıran İtalya, Avrupa Birliği'nin çeşitli komisyonları tarafından yürütülen birçok ortak projeye de katılım sağlamaktadır. Bu projelerden bazıları şu şekildedir;

- **Avrupa Volkanoloji Gözlemevleri ve Araştırma Altyapıları Ağı Projesi (Eurovolc):** Bir Avrupa komisyonu projesi olan çalışma, İzlanda Meteoroloji Ofisi tarafından koordine edilmektedir. Projenin amacı, mevcut ve gelişmekte olan ulusal ve Avrupa çapında araştırma altyapılarını destekleme, kullanma ve iyileştirme yeteneğine sahip, entegre ve uyumlaştırılmış bir Avrupa volkanoloji topluluğu oluşturmaktır. Böylece tüm Avrupa'da ortak bir çaba geliştirmek ve volkanoloji ile ilgili ortak faaliyetler yürütmek amaçlanmıştır. Bu proje, İtalya, İzlanda, Portekiz, Yunanistan (volkanik adalar) ve Fransa'da (denizaşırı bölgeler) gözetim ve izlemeden sorumlu volkanolojik gözlemevlerinin yanı sıra volkanik riskten sorumlu sivil koruma makamlarını da içermektedir. İtalya özelinde bu projeye katılım sağlayan kurumlar ise INGV ve Ulusal Sivil Koruma Servisi'dir (Protezione Civile, 2023).
- **Mediterranean Supersite Vulcanoes Projesi (Med-SUV):** Projenin amacı; Akdeniz bölgesindeki volkanik tehlikeler ile ilgili volkanik sistemlerin

anlaşılmasını geliştirmek ve bilimsel yapılar ile sivil koruma yetkilileri arasındaki koordinasyonu daha etkin hale getirmek için yararlı olan üç test sahası volkanlarının (Vezüv, Campi Flegrei, Etna) izlenmesi için yeni altyapıları optimize etmek ve geliştirmektir. Proje INGV tarafından koordine edilirken İtalya, Almanya ve Fransa'daki jeolojik araştırma merkezleri, gözlemevleri ve üniversiteler de çalışmada rol almaktadır (Protezione Civile).

- **Avrupa ve Latin Amerika'da Volkanik Huzursuzluk Projesi (Vuelco):** Avrupa komisyonu tarafından finanse ve koordine edilen çalışmanın amacı; Avrupa ve Latin Amerika'da volkanik huzursuzluk fenomeninin altında yatan süreçleri anlayarak volkanik krizleri yönetme kapasitesinin arttırılmasını sağlamaktır. Bu kapsamda İtalya'dan Ulusal Sivil Koruma Bakanlığı projede yer almaktadır. Araştırmanın test alanları ise İtalya (Campi Flegrei), İspanya (Teide), Batı Hint Adaları (Soufriere Hills, Morne aux Diables), Meksika (Popocatepetl, Colima) ve Ekvator (Cotopaxi)'dur (Protezione Civile, 2023).
- **Arazi ve İnsan Faaliyetleri Üzerindeki Volkanik Etki Riskinin Azaltılması ve Değerlendirilmesi Projesi (MIAVITA):** Avrupa birliği tarafından finanse ve koordine edilen proje, gelişmekte olan ülkelerde volkanik riskin azaltılması ve yönetimine yönelik yedinci çerçeve program kapsamında faaliyete geçirilmiştir. Avrupa ülkeleri ve uluslararası alandan ülkelerin katılımıyla gerçekleşen projede İtalya adına da Sivil Koruma Servisi faaliyet göstermektedir. Projenin test sahası olan ülkeler ise Kamerun, Endonezya, Filipinler ve Cape Verde'dir (Protezione Civile, 2023).

#### 3.3.2.1. Volkanik Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi

İtalya'daki volkanların bildirimi, INGV'ye bağlı olan gözlemevleri veya üniversiteler ve diğer araştırma merkezleri tarafından oluşturulan gözlemevlerinin raporlar ve tehlike değerlendirmelerinin yerel ve bölgesel düzeydeki yetkili organlara (belediye, valilik ve bölgesel yer bilimleri departmanları gibi) iletilmesi ile sağlanmaktadır. Gözlemevleri aynı zamanda Ulusal Sivil Koruma Servisi'ne de raporları iletmektedir ve Ulusal Sivil Koruma Servisi gerekli gördüğü bildirimleri Büyük Riskler Komisyonu-Volkanik Risk Sektörü'nün de görüşlerini alarak yerel,

bölgesel ve ulusal çapta ilgili organlara ileterek yayımlanmasını sağlar. İtalya'daki volkanlara yönelik uyarı sistemi ise volkanik tehlikelerin artmasına bağlı olarak yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkler içeren "renk kodu" sistemi ile yapılmaktadır. Bu uyarı sistemi volkan üzerinde devam eden izleme parametrelerinin bir kombinasyonu sonucu elde edilmektedir. Uyarı seviyelerinin ilanı ise gözlemevleri izleme raporlarının INGV tarafından Ulusal Sivil Koruma Servisi'ne gönderilmesi ile yapılmaktadır. Ulusal Sivil Koruma Dairesi bu uyarı seviyelerinin ilanı için INGV tehlike ve değerlendirme raporlarının yanı sıra yerel ve bölgesel departmanlarda bulunan uzmanların ve Büyük Riskler Komisyonu-Volkanik Risk Sektörü'nün de görüşlerini dikkate almaktadır. Böylece volkanın aktivite durumuna göre uyarı seviyeleri arasında değişiklikler de yapılabilmektedir. İtalya'daki volkanların uyarı sistemi ülke genelinde hazırlanan renk kodu sistemine dayansa da volkanik aktivite bakımında sıklık gösteren Etna, Stromboli ve Vulcano gibi volkanlara özel, olası etki senaryolarını da içeren uyarı sistemleri geliştirilmiştir. Buradaki temel amaç, hem tehlike ve risklerin değerlendirilmesi hem de operasyonel faaliyetlerin etkinleştirilmesi açısından farklı kurumsal ve bölgesel düzeylerin sorumluluk profillerini ve yeterliliklerini daha iyi çerçevelemektir.

**Tablo 7:** İtalya'da Etna Volkan'ının Uyarı Sistemi

| **Uyarı Seviyesi** | **Volkanın Durumu** | **Devam Eden veya Beklenen Aktiviteler** | **Olası Senaryolar** |
|---|---|---|---|
| Yeşil | Faaliyet yoktur veya çok düşüktür. Parametre izlemeleri düşük düzeydedir. | Zirve kraterinde gaz sürekli olmayan gaz ve kül bulutları oluşumu gözlemlenmektedir. | Zirve alanında ve volkanik yamaçlarda gaz ve kül serpintilerinin görülmesi beklenir. |
| Sarı | Faaliyet düşük ile orta seviye arasındadır. Ortalama sürelerde parametre izlemeleri gerçekleştirilmektedir. | Püsküren sütunlar ve kül bulutları, çatlaklardan akan lavlar ve zirve konisinin bazı bölümlerinin çökmesi ile oluşan piroklastik akışlar sık şekilde tekrarlar. | Krater alanı ve çevresinde cm'den m'ye kadar değişen volkanik ürün serpintileri, volkan çevresindeki turistik noktalarda ve altyapılarda görülür. Bununla birlikte şiddetli rüzgarlar ile yerleşim noktalarına da yayılabilir. Yerleşim yerlerine ve altyapılara kadar ulaşmayan lav veya piroklastik akışlar görülebilir. |
| | Faaliyet yüksek seviyededir. Zamanla | Püsküren sütunlar ve kül bulutları, | Krater alanı ve çevresinde cm'den m'ye kadar değişen |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Turuncu | artan parametre izlemeleri yapılmaktadır. | çatlaklardan akan lavlar ve zirve konisinin bazı bölümlerinin çökmesi ile oluşan piroklastik akışlar kalıcı şekilde oluşur. Bunun yanında yoğun zemin deformasyonu, depremler ve buna bağlı kayma olayları gerçekleşir. | volkanik ürün serpintileri, volkan çevresindeki turistik noktalarda ve altyapılarda görülür. Bununla birlikte şiddetli rüzgarlar ile yerleşim noktalarına da yayılır ve ciddi sağlık sorunlarına yol açar. Turistik alan, yerleşim yerleri ve yerleşim olmayan noktalarda dahi lav ve piroklastik akış görülebilir. Yerleşim noktalarında altyapı hasarı oluşabilir. |
| Kırmızı | Faaliyet çok yüksek düzeydedir. Parametre izlemeleri hızla artmaktadır. | Püsküren sütunlar ve kül bulutları, çatlaklardan akan lavlar ve zirve konisinin bazı bölümlerinin çökmesi ile oluşan piroklastik akışlar yoğun ve kalıcı şekilde gerçekleşir. Püskürme ve deformasyon nedeniyle yoğun ve patlayıcı lav çıkışı gözlemlenir. Güçlü depremler ve kayma olayları yaşanır. | Kraterden atılan tüm volkanik ürünler (kül, lav, piroklastik akış vb.) Etna Bölgesi'nin dışına çıkarak yerleşim yerlerinde ve canlılarda ciddi sorunlara yol açabilir. (Altyapı hasarı, yerleşim yerleri hasarı, solunum sıkıntıları vb.) |

**Kaynak:** Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Etna-Tabella sui liveli di allerta". https://rischi.protezionecivile.gov.it/en/volcanic/volcanoes-italy/etna/, (04.07.2023)

### 3.3.2.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme

İtalya'daki volkanların izlenmesi ve olası aktivitelerden sağlanacak verilerin oluşturulmasını sağlayan kurum Ulusal Jeofizik ve Volkanoloji Enstitüsü (INGV)'dür. INGV'ye bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren farklı gözlemevleri mevcuttur. Bu noktalar şu şekildedir; Napoli bölgesinde bulunan volkanlar (Vesuvius, Campi Flegrei, Ischia), Napoli'nin INGV bölümündeki Vezüv Gözlemevi tarafından gözlemlenirken, Sicilya Bölgesi'nde bulunan volkanlar (Etna, Stromboli, Vulcano, Pantelleria), Katanya'nın INGV bölümündeki Etna Gözlemevi tarafından gözlemlenmektedir. Colli Albani ise Ulusal Deprem Gözlemevi'nin Roma'da bulunan bölümü tarafından gözlenir (INGV, 2023). Geriye kalan diğer volkanlar da INGV'nin diğer bölümleri (ör. Palermo), üniversiteler ve araştırma enstitüleri

tarafından gözlemlenmektedir (Protezione Civile, 2023). Gözlemevlerine göre ayrılan bu volkanlara yönelik yapılan sismolojik, jeofizik, jeodezik ve volkanolojik izlemelerin hepsi ilgili volkanın gözlemevinde gerçekleşmektedir. Örneğin Campi Flegrei, Vezüv Ischıa volkanları Napoli'de bulunan Vezüv gözlemevi tarafından izlenmektedir. Burada yapılan izleme faaliyetlerinden bazıları şunlardır;

- **Sismolojik İzleme:** Campania Bölgesi'nde bulunan volkanik alanlarda (Vezüv, Campi Flegrei, Ischia) yaşanan sismik aktiviteler, yüksek dinamik dijital istasyonlar ve geniş bant sismometreleri tarafından tespit edilebilmektedir (Osservatorio Vesuviano, 2023).
- **Jeodezik İzleme:** Campania volkanlarının jeodezik izlemesi, sürekli veri toplama sistemleri (GPS Ağı, Tiltmetrik Ağı, Mareografik Ağı) ve periyodik ölçüm sistemleri (Altimetrik Ağı, Gravimetrik Ağı, SAR interferometrisi) ile gerçekleştirilmektedir (Osservatorio Vesuviano, 2023).
- **Jeokimyasal İzleme:** Volkanlardan çıkan gaz emisyonlarının incelenmesine dayanan jeokimyasal izleme, volkanın faaliyet durumunu değerlendirmeye izin veren özel bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır (Osservatorio Vesuviano, 2023).
- **Volkanolojik İzleme:** Volkanolojik izlemeler, fumarol bölgenin alansal dağılımındaki değişiklikleri vurgulamak için ayrı noktalarda veya daha yüksek sıcaklığa sahip alanlarda zeminde ölçülen sıcaklık değerlerinde zaman içinde herhangi bir değişikliğin tespit edilmesi ile geçekleştirilmektedir. Kızılötesi kamera ağı ve periyodik ölçümler ile izlemeler sağlanabilmektedir (Osservatorio Vesuviano, 2023).

#### 3.3.2.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık

Volkanik olaylara hazırlık için en temel şart olan volkanik veriler İtalya'da, INGV ve buraya bağlı gözlemevleri tarafından sunulmaktadır. İlgili gözlemevindeki uzmanlar, her bir volkan için farklı izleme sistemleri ve geçmişte meydana gelen patlamaların analizine dayanan olası tehlike değerlendirmeleri sunmaktadır. Böylece ileride meydana gelebilecek patlamalara ilişkin en doğru hipotezler öne sürülebilmektedir. Ulusal Sivil Koruma Servisi ise gözlemevleri tarafından sağlanan

verilerin senaryo planlarına dönüştürülmesi, volkanik risk hakkındaki bilgilerin derinleştirilmesi ve sivil koruma amaçlı geliştirilecek metot ve eylemler için proje temelli çalışmalar yürütmektedir. Bu projelerden bazıları; volkanik patlamaların kıyılarda meydana getirebileceği risklere yönelik çalışmaları kapsayan MaGIC Projesi ve İtalyan Uzay Ajansı ile birlikte yürütülen ve uzay izleme sistemlerinden elde edilen veriler ile gözlemevleri verilerinin entegrasyonunu sağlayan Asi Projesi'dir (Protezione Civile, 2023). Ulusal Sivil Koruma Servisi bu projelerin yanında volkanın bulunduğu bölgedeki yerel ve bölgesel departmanlar, INGV bölümü ve sivil toplum kuruluşları ile birlikte tatbikatlar da gerçekleştirmektedir. Örneğin, 7-9 Nisan 2022 tarihlerinde Vulcano Adası'nda "volkanik risk için Ulusal Sivil Koruma Planı" adlı tatbikat gerçekleştirilmiştir. Bu tatbikata, INGV, Sicilya Bölgesel Sivil Koruma Dairesi, Messina Hükümeti Bölge Ofisi ve Lipari Belediyesi yetkilileri de katılmıştır (Protezione Civile, 2023). Ulusal Sivil Koruma Servisi, volkanik afet yönetiminde hazırlık için yapılabilecek çalışmaları derlemiş aynı zamanda uygulanması gereken talimatlara da yer vermiştir. Buna göre lav akıntısı, volkanlar tarafından atılan volkanik bomba, volkanik kül, gaz çıkışları, piroklastik akışlar ve volkanik aktivite kökenli toprak kaymaları durumunda atılabilecek adımlara yönelik bilgilere değinilmiştir. Volkanik aktiviteye hazırlık için yapılan bir diğer çalışma ise ulusal planlardır. Bu planlar, Stromboli, Vulcano Adası, Vezüv, ve Campi Flegrei için halihazırda mevcuttur. Planlamalar, volkanın yakın çevresini, izleme ağlarını, bölgeye erişim noktalarını, acil telekomünikasyon ağlarını koordinasyon merkezlerini, alarm seviyesini ve olası senaryoları ve aktivite sırası, sonrası ve öncesindeki çalışmaları içeren bilgilerden oluşmaktadır. Ulusal Sivil Koruma Servisi aynı zamanda gözlemevleri ile video konferanslar düzenleyerek bölgelerdeki volkanik aktiviteler hakkında bilgi almakta ve böylece uyarı seviyelerini ilan etmektedir.

#### 3.3.2.4. Volkanik Alan Yönetimi İçin Oluşturulan Ürünler

İtalya'da volkanik alan yönetimi için INGV ve Ulusal Sivil Koruma Servisi'nin başını çektiği üniversiteler, araştırma merkezleri, yerel sivil koruma departmanları gibi kurum ve kuruluşlar materyaller oluşturmaktadır. Bunlar, genellikle volkanik tehlikenin en aza indirilmesi için bilimsel bilgilere dayanan

raporlamalar, veri analizleri, jeolojik haritalar, yerel ve ulusal acil durum planlamaları ve kongre ya da seminerlerden oluşabilmektedir. Bu materyallerin meydana getirilmesinde INGV ve ilgili uzmanlık dalları (jeofizik, jeodezi, jeokimya ve volkanoloji gibi) bilimsel verilere dayanan tekil raporlama ve değerlendirmeler oluşturabileceği gibi Ulusal Sivil Koruma Servisi'nin koordinasyonunda toplanan ve yerel temsilciler (vali), üniversiteler ve gözlemevleri temsilcilerinden oluşan bir komisyon da ulusal ve yerel düzeyde uygulanacak planlar oluşturabilmektedir. Bunun yanında birçok karmaşık veri analizi gerektiren izleme raporları, jeolojik haritalamalar ve acil durum planları gibi çalışmalar, çok farklı kurum ve kuruluşların sürece katılımı ile birlikte istişare içerisinde oluşturulabilmektedir.

- **Haritalar:** İtalya'da volkanik hareketliliğin zaman içinde yeryüzünde getirdiği değişimleri incelemek için gözlemevleri tarafından izlemeler gerçekleştirilmekte ve haritalandırmalar yapılmaktadır. Vezüv, Etna, Palermo ve diğer araştırma merkezleri gözlemevlerinde yapılan bu çalışmaların sonuçları INGV'ye aktarılarak Ulusal Sivil Koruma Dairesi ve yerel ve bölgesel düzeydeki kurum ve kuruluşlara iletilmektedir.
- **Tehlike Değerlendirmeleri ve Olası Senaryolar:** Volkanik alanın tehlikelerine karşı INGV ve gözlemevleri, mevcut durumdaki tehlikeleri gerçek zamanlı izleme, gözlem ve modellemeler ile tespit edebilmektedir. Mevcut verileri de Ulusal Sivil Koruma Servisi ve yerel ve bölgesel temsilciler ile paylaşan INGV, gelecekteki olası senaryolar için temel bilgileri aktarmış bulunmaktadır. Ulusal Sivil Koruma Servisi koordinasyonluğunda toplanan üniversiteden araştırmacılar, yerel ve bölgesel uzmanlar, diğer alanlardan uzmanlar ve Büyük Riskler Komisyonu temsilcileri, olası senaryoları belirleyerek volkan uyarı sistemi içine bunu dahil etmektedirler.
- **Acil Durum Planları:** Bu planlar, üç ana bölümden oluşmaktadır. İlgili volkana özel coğrafi, volkanolojik, izleme unsurlarını ve operasyonel yönetimi destekleyen maddeleri içeren bir birinci bölümden bulunmaktadır. İkinci bölümde ise planlama için uyarı seviyeleri ve olası senaryolar yer almaktadır. Üçüncü kısımda da üç farklı aşama (uyarı, ön alarm ve alarm) için, çeşitli kapasitelerde ilgili yetkili tarafların gerekli olduğu eylem ve

faaliyetleri açıklayan maddeler yer almaktadır (Protezione Civile, 2023). Bu acil durum planları, belediyelere, valiliklere, bölgesel sivil koruma departmanlarına ve Ulusal Sivil Koruma Servisi'ne sunulmaktadır.

#### 3.3.2.5. Volkanik Alan Yönetiminde Eğitim

İtalya'da volkanik bir alana yönelik bilincin oluşturulması ve bunun artırılması için Ulusal Sivil Savunma Servisi koordinasyonunda INGV ve gözlemevleri ile birlikte sivil toplum kuruluşları da faaliyetler yürütmektedir. Bu kapsamda INGV ve Ulusal Sivil Koruma Dairesi'nin iş birliği içerisinde olduğu farklı projeler vardır. Bu projeler, İtalya'daki volkanların tanıtılması ve olası tehlikelere karşı halkın eğitilmesini içermektedir. Bunun yanında İtalya'daki volkanik afet yönetimi içerisinde yapılan birçok eğitim temelli projenin okul çağındaki bireylere yapılması dikkat çekmektedir. Yapılan projelerden bazıları şu şekildedir;

- Çevrenin, bölgenin ve toplumun korunması için her gün küçük hareketlerden başlayarak herkesin aktif rol oynayabileceği sivil koruma temelli olan ve okul kamplarını içeren "ben de sivil korumayım" adlı proje (Protezione Civile, 2023)
- Bilgi ve farkındalığı teşvik etmek ve risk önleme ve azaltma girişimlerini etkinleştirmek için INGV tarafından tasarlanan ve okullarda gerçekleştirilen "Edurisk" projesi (Edurisk,2009),
- 7 ila 12 yaşındaki bir grubun Uluslararası Dünya Gezegeni Yılı (6-18 Temmuz 2008) vesilesiyle İtalyan volkanlarını keşfetmesini sağlamak için INGV tarafından gerçekleştirilen "Minivulcanologi" projesi (Minivulcanologi, 2008),
- Okul dönemi içerisinde gerçekleştirilen yarışma, etkinlik ve ders anlatımları da INGV'nin gözlemevi araştırmacıları aracılığıyla gerçekleştirdiği diğer faaliyetlerdir (INGV, 2023).

### 3.3.3. Filipinler Volkanik Alan Yönetimi

Filipinler, afetlere maruz kalma noktasında dünyada en önde gelen ülkelerden biri konumundadır. Zira bulunduğu coğrafya olan Asya Kıtası ve Pasifik Okyanusu çevresi ciddi derecede sismik ve volkanik hareketlilik, tayfunlar ve tsunami meydana gelebilen bir noktadır. Bu yüzden tarih boyunca 1991 Pinatubo Volkan Patlaması ve 2013 Haiyan Tayfunu gibi bunlara benzer büyük doğal afetlerden etkilenmiştir. Bu da ülke genelinde uygulanan sivil koruma politika ve eylemlerinin gelişmesine zemin hazırlamıştır. Özellikle devletin bir yapılanması olan Bilim ve Teknoloji Departmanı (DOST) altında birçok servis bulunmakta ve ülkedeki doğal afetler için çalışmalar yürütmektedir. Bu servisler olağan durumun izlenmesi ve incelenerek raporlar hazırlanmasında detaylı çalışmalar yapmaktadırlar. DOST'un yapılanmasında bilim ve teknoloji temelli çalışmalar yaparak hizmet sunan servisler şunlardır;

- Filipin Atmosfer, Jeofizik ve Astronomik Hizmetler İdaresi (PAGASA)
- Filipin Volkanoloji ve Sismoloji Enstitüsü (PHIVOLCS)
- Filipin Fen Lisesi (PSHSS)
- Bilim ve Teknoloji Bilgi Enstitüsü (STII)
- Fen Eğitimi Enstitüsü (SEI)
- Teknoloji Uygulama ve Tanıtım Enstitüsü (TAPI)

DOST yapılanmasında 16 tane bölge ofisi bulunmaktadır. Her bölge ofisi, bölge operasyonları müsteşarının gözetimi altında olan bir bölge müdürü tarafından yönetilmektedir. Bu ofis, bölgelerdeki insanlara etkin bilimsel ve teknolojik hizmetler sunarak aynı konularda diğer devlet kurumları ve yerel yönetim birimleri ile koordinasyonu sağlamaktadır. DOST'un ayrıca 80 ilde bilim ve teknoloji merkezi de bulunmaktadır (DOST, 2017).

Filipinler'de afet yönetimi ile ilgili sorumluluğun büyük bir kısmı Ulusal Afet Riskini Azaltma ve Yönetim Konseyi (NDRRMC)'ne aittir. Bu konsey, ülke genelinde yerel alanlardan başlayarak bölgesel ve ulusal alanda her kademede etkili bir afet yönetiminin gerçekleştirilmesi için ana faktör olarak çalışmalarını yürütmektedir. NDRRMC'nin tarihi ise 1954 yılına dayanmaktadır. O yıl hükümet, Ulusal Sivil Savunma İdaresi (NCDA)'ni kurmuş ve yerel ve ulusal düzeyde bu konseyin merkezlerini yaygınlaştırmıştır. Hükümet, tüm devlet dairelerinde afet

kontrol birimlerinin oluşturulmasını koordine etmek, denetlemek ve uygulamak için bu konseyi görevlendirmiştir. 1978 yılında ise Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile birlikte Ulusal Afet Koordinasyon Konseyi (NDCC) kurulmuştur. Bu konsey, Filipinler'in afet yönetimi için en üst politika oluşturma organı ve odak noktası haline gelmiş, ilçe, il ve bölgelerde yerel afet koordinasyon konseyleri kurmuştur. 2010 yılında Filipin Kongresi tarafından kabul edilen Filipin Afet Riski Azaltma ve Yönetimi Yasası (PDRRM) ve 2009 İklim Değişikliği kapsamında NDCC ile birlikte NDRRMC kurulmuştur. NDRRMC, çok sektörlü bir afet koordinasyon, planlama ve politika koordinasyon organı olarak sadece devlet kuruluşlarını değil, aynı zamanda hükümet dışı, sivil sektör ve özel sektör kuruluşlarının çalışmalarını da kapsamaktadır. Afete hazırlık, müdahale, önleme ve hafifletme ile rehabilitasyon ve iyileştirme çalışmaları için de ulusal kurumların yanı sıra yerel afet risk azaltma ve yönetim ofisleri ((LDRRMO) oluşturulmuştur (Kim, Yang ve Torneo, 2022: 15).

Filipinler, Ateş Çemberi olarak adlandırılan bölgede, çok büyük depremler ile volkanik hareketliliklerin yaşandığı Pasifik Okyanusu'nun batısında yer almaktadır. Bu da ülkeyi volkanik tehlikeler konusunda ciddi derecede risk altında bırakmaktadır. Öyle ki geçmiş yıllarda 1911 Taal Volkan Patlaması, 1991 Pinatubo Volkan Patlaması ve 2006 yılında gerçekleşen Mayon Volkan Patlamasında yaklaşık olarak toplam 3000 kişi yaşamını yitirmiştir (Worlddata, 2023). Filipinler'de son 10.000 yıl içerisinde faaliyet gösteren ve aktif statüde değerlendirilen 24 volkan bulunmaktadır (Reyes ve diğerleri, 2018). Ülkede afetlerin yönetimi ile ilgilenen en üst nokta olan NDRRMC'nin bünyesinde birçok kurum yer almaktadır. Bu kurumlardan "Bilim ve Teknoloji Departmanı (DOST)" altında yer alan "Filipin Volkanoloji ve Sismoloji Enstitüsü (PHIVOLCS)" nün bünyesinde volkanik aktiviteler, deprem, tsunami ve heyelan gibi yer hareketlerine bağlı afetlere yönelik yapılan çalışmalar yer almaktadır. PHIVOLCS'un misyonu, uyarı, afete hazırlık ve hafifletme için zamanında, kaliteli ve sosyal açıdan kapsayıcı bilgi ve hizmetler sağlamaktır. Bunu yaparken de volkanik patlamalar, depremler, tsunamiler ve diğer ilgili tehlikelerin izlenmesi, doğru tahmin edilmesi ve bunlara eğilimli alanların belirlenmesi ve kapsamlı afet riskinin azaltılması için toplum kapasitesinin teknolojiler ile güçlendirilmesi amaçlanmaktadır (PHIVOLCS, 2023). PHIVOLCS, ülkede volkanlar konusunda en aktif çalışmaları yapan kurumdur. Volkanların

izlenmesi ve etkilerinin tahmin edilmesi, uyarı düzeyleri sağlanması, volkanlara yönelik hazırlıklar gerçekleştirilmesi, volkan tehlike haritalarının oluşturulması ve eğitim materyallerinin meydana getirilmesi aşamalarında çalışmalar yapmaktadır. NDRRMC ise volkanik alanın yönetiminde daha çok iletişim, uyarı sinyalleri, acil ulaşım ve tahliye, mühendislik, ilk yardım planlamaları, rehabilitasyon ve toplum eğitimi konularında faaliyet göstermektedir. Bunun yanında büyük bir kurumsal ağa sahip olan ve bu kurumların acil durum ve afet anlarında koordinasyonunu sağlayan NDRRMC, volkanik bir patlama anında olay yerine gönderilecek emniyet güçleri, itfaiye ve sivil toplum kuruluşları ekiplerinin de koordinasyonunu sağlamaktadır. NDRRMC, volkanik bir patlama olmadığı dönemde ise belediye, il ve bölge çapındaki Yerel Afet Risk Azaltma ve Yönetim Ofisi (LDRRMO) ile birlikte volkanlara yönelik afet müdahale sistemlerini iyileştirmeyi amaçlayan çalışmalar geliştirmektedir. Bu çalışmalar, belediye düzeyinde faaliyet gösteren LDRRMO temsilcilerinden en üst ulusal yetkili kurum olan NDRRMC'ye kadar tavsiye verilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Leone ve Gaillard, 1999: 2-3).

PHIVOLCS, 1990 yılından beri sismik ve volkanik aktivite uyarıcısı sıfatıyla NDRRMC'nin bir üyesi olarak çalışmalarını yürütmektedir. 1990 yılı Filipinler'deki volkanik alan yönetimi için kritik bir tarihtir. Zira hemen bir sene sonra 1991 Pinatubo Volkan Patlaması gerçekleşmiş ve NDRRMC ve PHILVOLCS'un birlikte çalıştığı ilk volkanik alan yönetimi ciddi derecede sınanmıştır. Patlama meydana gelmeden önce PHIVOLCS tarafından volkana yönelik yapılan erken teşhis, verimli şekilde olayın ilk aşamalarının yönetilmesini sağlamıştır. Bu teşhis, volkanın daha önce gerçekleştirdiği patlamalara ve jeolojik haritalarının incelenmesine dayandırılmıştır. Böylece volkan riskleri gerçekleşmesi muhtemel bir şekilde tanımlanmış, 10 $km^2$ içindeki Aetas ve çevre köylerinde yaşayan risk altındaki nüfusun PHIVOLCS tarafından boşaltılması talep edilmiştir. Ayrıca patlamanın yaşandığı 15 Haziran 1991 tarihi öncesinde 7 Haziran günü ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) da bölgede PHIVOLCS ile çalışmalarına başlamış ve 7-18 Haziran tarihleri arasında volkanın 40 $km^2$ yakınındaki alanların boşaltılması talebini NDRRNC yetkililerine ve yereldeki makamlara iletmiştir. Bu alanlardaki nüfusun büyük çoğunluğunun belirtilen tarihlerde tahliye edilmesi ile patlama sonunda hayatını kaybedenlerin çoğunluğunu çatı çökmeleri ve salgınlardan hayatını

kaybedenler oluşturmuştur (Leone ve Gaillard, 1999: 2-3).

#### 3.3.3.1. Volkanik Alan Yönetiminde Bildirim ve Uyarı Sistemi

Filipinler'de volkanlara yönelik çalışmalar geliştiren en önde kurum olan PHIVOLCS, ülkede yer alan altı volkanın her birine dair ayrıntılı bir alarm seviyesi gerçekleştirmiştir. Bu volkanlar; Bulusan, Hıbok-Hıbok, Kanlaon, Mayon, Taal ve Pinatubo'dur. PHIVOLCS uyarı sistemini birçok ülkede olan volkanik afet yönetimindeki gibi renk kodu sistemi ile değil 0'dan 5'e olan uyarı seviyesi sistemi ile gerçekleştirmektedir. Bunlardan; 0: uyarı yok, 1: düşük volkanik huzursuzluk seviyesi, 2: orta seviyede volkanik huzursuzluk, 3: yüksek düzeyde volkanik huzursuzluk, 4: patlamaya yakın tehlike ve 5: devam eden tehlikeli püskürmeyi ifade etmektedir. PHIVOLCS, volkanik uyarı seviyeleri arasında bildirim sağlanırken bazı sürelere uyulması gerektiğini belirtmektedir. Buna göre; seviye 5'ten 4'e geçilirken tehlikeli faaliyet durduktan sonra en az 24 saat beklenilmesini, seviye 4'ten 3 veya 2'ye geçilirken aktivite seviyesinin 4'ün altına düşmesinden sonra en az 2 hafta beklenilmesini ve seviye 3'ten seviye 2'ye geçilirken aktivite seviye 3'ün altına düştükten sonra 2 hafta beklenilmesi talimatlarını vermektedir. PHIVOLCS ayrıca altı volkana özel 0'dan 5'e kadar uyarı seviyelerini gösterirken her aşamada yapılacak çalışmalara dair önerilere yer vermiştir (PHIVOLCS, 2018). Volkanik alanlarda olağan bir durum dışında aktivite yaşanırsa PHIVOLCS bu durumu ilk olarak ilgili yerel yönetimler ile paylaşmaktadır. Bunun yanında volkanın anormal durumuna ilişkin dair yayımladığı veriler ile birlikte toplumun ve ulusal düzeydeki diğer kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 8**: PHIVOLCS Uyarı Seviyesi Sistemi Mayon Volkanı Örneği

| Uyarı Seviyesi | Volkanik Alandaki Aktiviteler | Yorum ve Öneriler |
|---|---|---|
| 0: Uyarı yok | Volkanik aktivitelerde ve izleme parametrelerinde değişim yoktur. | 6 km yarıçaplı Daimi Tehlike Bölgesi'ne (PDZ) giriş tavsiye edilmemektedir, çünkü öncüler olmadan freatik patlamalar ve kül püskürmeleri meydana gelebilmektedir. |
| 1: Anormal | Düşük seviyeli huzursuzluk, sismisitede hafif artış ve az | Aktivite hidrotermal, magmatik veya tektonik kaynaklı olabilir. 6 km |

| | | |
|---|---|---|
| | miktarda gaz çıkışları gözlemlenebilir. | yarıçaplı PDZ'ye giriş yoktur. |
| 2: Artan huzursuzluk | Orta derecede huzursuzluk, düşük ila orta düzeyde sismik aktivite, ve artan gaz çıkışları meydana gelebilir. Bununla birlikte volkanik deformasyonlar yaşanabilir. | Muhtemelen magmatik kökenli huzursuzluk sonunda patlamaya neden olabilir. 6 km yarıçaplı tehlikeli bölge, krater kenarının alçak olduğu kısımda 7 km'ye kadar uzatılabilir. |
| 3: Tehlikeli ve püskürmeye yönelik artan eğilim | Nispeten yüksek huzursuzluk, volkanik depremler ve titreme daha sık hale gelebilir. Gaz akışında daha fazla artış ve zirve alanında kaya düşmeleri meydana gelebilir. Şiddetli buharlaşma ve kalıcı deformasyonlar görülebilir. | Magma kratere yakındır. Eğilim artan huzursuzluk şeklinde ise, haftalar içinde patlama mümkündür. Tehlike bölgesinin krater kenarının alçak olduğu kısımda genişletilmesi değerlendirilecektir. |
| 4: Tehlikeli ve patlamaya yakın | Yoğun huzursuzluk, kalıcı titremeler ve birçok düşük frekanslı depremler oluşabilir. Gaz emisyon seviyesi sürekli artış veya ani düşüş gösterebilir. Yoğun krater parıltısı, lav kubbesi, lav çeşmesi ve zirve alanında lav akışı görülebilir. | Tehlikeli püskürme birkaç gün içinde mümkündür. Tehlikeli bölgesinin krater kenarının alçak olduğu kısımda 8 km veya daha fazla uzatılması tavsiye edilecektir. |
| 5: Tehlikeli patlama | Tehlikeli patlama devam etmektedir. piroklastik akışların, uzun püskürme sütunlarının ve yoğun kül yağışının oluşumu gözlemlenebilir. | Piroklastik akışlar, özellikle krater kenarının alçak kısımlarına bakan oluklar ve kanallar boyunca aşağıya doğru akabilir. Püskürme ilerledikçe ek tehlike alanları belirlenebilir. Püskürtme kolonunun yüksekliğine veya rüzgar sürüklenmesine bağlı olarak, kül bulutu uçaklar için risk oluşturabilir. |

**Kaynak:** Department of Science and Technology -PHIVOLCS. (2023). " Volcano Monitoring (Alert Levels)". https://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php/volcano-hazard/volcano-alert-level, (05.07.2023)

### 3.3.3.2. Volkanik Alan Yönetiminde İzleme

Filipinler'de volkanik izlemelerden sorumlu kurum PHIVOLCS'tur ve bu kuruma bağlı yedi tane gözlemevi bulunmaktadır. Bu gözlemevleri uyarı seviyesi sisteminde var olan Bulusan, Hıbok-Hıbok, Kanlaon, Mayon, Taal, Pinatubo ve bunlara ek olarak Matutum and Parker gözlemevidir. Buralarda volkanlara yönelik çeşitli izleme sistemleri kurulmuştur. Kısa veya geniş süreli sismik hareketleri inceleyen sismograflar, volkanik noktaların konumunu belirleyen global konum

belirleme sistemleri (GPS), eğimi tespit etmek amacıyla kurulan elektronik tilt sensörleri, gaz ölçüm sistemleri ve kameralar Filipinler'deki volkanik aktivitelerin tespit edilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tüm izleme verileri ilgili gözlemevi tarafından alınarak internet veya uydu iletişimi yoluyla gerçek zamanlı olarak PHIVOLCS'a aktarılır. PHIVOLCS ise bu verileri değerlendirerek anormal bir durum saptaması halinde yerel, bölgesel ve ulusal yetki merkezlerine (LDRRMO ve NDRRMC) iletir. Gözlemevleri ayrıca bölgesindeki çeşitli paydaşlara ve topluluklara PHIVOLCS bilgi hizmetlerinin sağlanması için bölge ofisi ve kaynak merkezi olarak hizmet vermektedir (PHIVOLCS, 2023).

#### 3.3.3.3. Volkanik Alan Yönetiminde Hazırlık

Filipinler'deki volkanik hareketliliğe yönelik yapılacak hazırlıkların temel bilgi akışını sağlayan kurum PHIVOLCS'tur. Bu kurum, hükümet ve NDRRMC dahilinde verilen yetkilere dayanarak volkanik tehlikelerin tahmin ve erken uyarısını sağlamaya yönelik çalışmalar yapmakta ve bunu yerel, bölgesel ve ulusal düzeydeki kurum ve kuruluşlara aktarmaktadır. Ayrıca tatbikatlar ve olası senaryo çalışmaları ile birlikte toplumdaki volkanik afetlere yönelik bilincin artmasını sağlarken aynı zamanda patlama anında uygun davranışın sergilenmesine de katkıda bulunmaktadır. PHIVOLCS zaman zaman Filipinler Madenler ve Jeolojik Birimler Bürosu, Ulusal Jeolojik Bilimler Enstitüsü ve üniversiteler ile sivil toplum kuruluşlarıyla iş birliği yaparak volkanik tehlikeler konusunda analizler, tahminler ve uyarı planları oluşturmaktadır. Ayrıca volkanik bölgelerde patlamadan önce yerel halkın uyarılması ve tahliye planlarına uymalarını sağlamak adına birtakım hazırlık faaliyetleri NDRRMC tarafından yürütülmektedir. NDRRMC, yerel ve bölgesel düzeydeki ofislerini faaliyete geçirmenin yanında itfaiye, emniyet güçleri ve sivil toplum kuruluşları arasındaki koordinasyonu da sağlayarak medya iletişimi ve eğitimler ile birlikte tahliye planlarına olan güvenin oluşmasını sağlamaktadır. Bu tahliye planlarına yönelik hazırlık çalışması özellikle patlama esnasında bulunduğu noktayı terk etmek istemeyen bireylerin önceden bilgilendirilmesini amaçlamakta ve çadır kamplar, okullar ve diğer güvenli binaların tahliyede kullanılacağını anlatmaktadır (Leone ve Gaillard, 1999: 4). PHIVOLCS, Filipinler'de yaşayan toplumun volkanik afetlere karşı duyarlılığını artırmak ve bilgi edinmeleri sağlamak için bazı yazılımlar

ve web siteleri geliştirmiştir. Bu siteler, volkanların oluşturduğu lav akışı, lahar ve volkanik tsunami gibi tehlikelerin haritalamasını, mevcut tehlikelerini, tehlikelerin analizini ve bu tehlike bölgelerinde risk altında bulunan yerleşim yerlerini ve nüfus sayısını göstermektedir. Bu programlar ile birlikte basit bir ara yüz ile volkanik bölgede yaşayan toplumun olası volkanik risk ve tehlikelere hızlı erişimi amaçlanmıştır (HazarHunterPH, 2023).

## 3.4. TÜRKİYE'DE VOLKANİK ALAN YÖNETİMİNE İLİŞKİN ÇALIŞMALAR VE ÖNERİLER

Uluslararası Volkanoloji ve Dünya'nın İç Kimyası Derneği'ne göre Türkiye'de son 10.000 yılda aktivite göstermiş 14 tane volkanik alan bulunmaktadır. Çatalhöyük'te yer alan mağara resimlerinde Hasan Dağı'na ait olduğu düşünülen tasvir, Manisa'da bulunan Kula Volkanik Arazisinde ayak izleri, (Atıcı ve Türkecan, 2017: 1) Osmanlı-Rusya arasındaki Kırım Savaşı sırasında bölgedeki insanların Tendürek Volkan'ının patladığına dair ifadeleri geçmişte Türkiye'de volkanik hareketliliğin yaşandığını kanıtlamaktadır. En son patlamanın 1855 yılında Tendürek Volkan'ında yaşandığı tespit edilen Anadolu coğrafyasında o tarihten itibaren herhangi bir patlama gerçekleşmemiştir. Fakat Nemrut, Hasan, Gölcük ve Erciyes Dağı gibi alanlarda zaman zaman gaz ve buhar çıkışları gözlemlenebilmektedir (MTA, 2022). Bu durum başta aktivite gösteren bu dört volkanik alanların yanında Türkiye'deki diğer dokuz alanın da incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Merkezi Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Smithsonian Küresel Volkanizma Programı da Türkiye'de bulunan Holosen Döneme ait volkanlar hakkında patlama tarihi, oluşumları ve şu andaki aktiviteleri hakkında bilgiler vererek bu volkanları türlerine göre sınıflandırmıştır. Atıcı ve diğerleri (2021), Türkiye'nin volkanlarına yönelik yaptıkları modelleme çalışmaları ile risk değerlendirmeleri yapmışlar ve volkanları düşük riskli, orta riskli ve yüksek riskli olarak sınıflandırmışlardır. Ayrıca Karakhanian ve diğerleri (2002), Ermenistan için risk oluşturan çevre ülkelerdeki volkanlara yönelik tarihsel patlama süreçlerine dayalı çalışma yapmışlar ve Türkiye'deki Ağrı, Tendürek ve Nemrut volkanlarının patladığına dair ifadelere yer vermişlerdir. Çalışma sonucunda özellikle Ermenistan, Türkiye, İran ve Nahcivan'ın

kesişim noktasında yer alan, yoğun bir nüfusa, çok ilçeli bir yapıya ve önemli tarım, enerji ve sanayi tesislerine sahip olan Ağrı için geçmiş patlamaların analizine dayanarak gelecekte patlama riski olabileceğini aktarmışlardır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün öncülüğünde ise volkanların izlenmesi, çeşitli modellemelerle tehlikelerinin belirlenmesi ve bunların değerlendirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar üniversiteler ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ortaklığında da geliştirilmektedir.

### 3.4.1. Türkiye'de Volkanoloji Çalışmaları

Yerküresi ve çevresi ile ilgili araştırma ve değerlendirmeler yapan bilim insanları 1919 yılında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG)'ni kurmuşlardır. Bu kuruluşun kurulumunda öncülüğü ise Uluslararası Volkanoloji ve Dünyanın İç Kimyası Derneği (IAVCEI) yapmıştır. Günümüzde IAVCEI, IUGG'ye üye birliklerden biri olarak faaliyetlerini yürütmektedir. Türkiye de bu duruma paralel olarak çalışmalar yapmış fakat volkanoloji çalışmaların temelleri atılması 1940'lı yılların sonunda gerçekleşmiştir. 1948 yılında Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG) genel kurul toplantısına katılım ile başlayan süreç, 1968 yılına kadar ülke içinde resmi bir jeodezi ve jeofizik kurumunun olmaması nedeniyle üniversiteler ve diğer kamu kurumları tarafından birbirinden ayrı olarak yapılan çalışmalarla geçmiştir. Bu koordinasyon eksikliğini gidermek, jeodezi ve jeofizik alanlarında çalışmalar yapmak ve uluslararası alanda ilgili konu ile ilgili ülkenin temsilini artırmak için Bakanlar Kurulu'nun 29.08.1968 tarih ve 6/10612 sayılı kararı ile Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) kurulmuştur. Karar, 16.09.1968 tarihinde Resmi Gazete' de yayımlanmıştır. 1983 yılında yeniden düzenlenen TUJJB Yönetmeliği ile birlikte komisyonların kurucu ve yürütücü kurumları yeniden belirlenirken Türkiye Ulusal Volkanoloji ve Arziçi Kimyası Komisyonu (TUVAK)'nun kurucu ve yürütücü kurumu olarak da MTA Genel Direktörlüğü görevlendirilmiştir. Türkiye Ulusal Volkanoloji ve Arziçi Kimyası Komisyonu (TUVAK) aynı zamanda IAVCEI'ye üyedir. TUVAK, geçmişten günümüze kadar volkanlar hakkında olan problemler üzerinde araştırma yapmak, volkanlar ile ilgili ulusal alanda yapılacak inceleme, araştırma ve çalışmaları teşvik ve koordine etmek, volkanlar ile ilgili gezi, seminer ve eğitimler gibi faaliyetlerde

bulunmak ve volkanik aktiviteler hakkında ulusal uyarılarda bulunmak için çalışmalarını yürütmektedir (TUVAK, 2023).

Türkiye'de volkanoloji alanında yapılan çalışmaların öncü kurumu Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'dür ve 14 Haziran 1935 tarihinde kurulmuştur. MTA, yerbilimi alanında Türkiye'deki kurum ve kuruluşlara ve topluma bilgi sağlamak için araştırmalar gerçekleştirmektedir. Kurum, maden arama çalışmaları, jeoloji ve jeofizik haritaları, jeotermal etütler, jeokimya, deniz ve yerkabuğu araştırmaları gibi birçok alanda faaliyet göstermektedir. Bu kurum volkanların incelenmesi, saha araştırmaları, risk analizleri ve tehlike haritaları gibi çalışmaları yürütmektedir. Bu kapsamda 2017 yılında Türkiye'den MTA'nın yürütücülüğünü yaptığı, Bristol Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesinin Volkanoloji grubu ve Montserrat Volkan Gözlemevi (MVO)'nin dahil edildiği TURKVOLC Projesi gerçekleştirilmiştir. Bu proje aynı zamanda TÜBİTAK ve Research Councils UK Kurumu tarafından da desteklenmiştir (MTA, 2022). TURKVOLC'un Projesi'nin amaçları şu şekilde sıralanmaktadır;

- Türkiye'deki volkanik tehlike ve risklerin anlamak, öğrenmek ve bu konudaki bilinci arttırmak,
- Gelecekte yalanması muhtemel bir volkanik kaynaklı afete yönelik acil durumlara hazırlık düzeyini ve buna yönelik toplum bilincini geliştirmek,
- Türkiye'de geçmişte yaşanmış volkanik olayları ve tarihlerini belirlemek ve gelecekteki patlamalarda oluşabilecek muhtemel tehlikeleri araştırmak,
- Gözlem ve izlemeler ile birlikte Türkiye'deki volkanların püskürme aktivitelerini incelemek,
- Türkiye'deki volkanların tehlikelerine karşı acil durum ve afetlerde kullanılabilecek veya bu tehlikelerin uzmanlar ya da toplum tarafından fark edilmesini sağlayacak tehlike haritaları geliştirmek,
- Nüfus ve altyapının olası bir aktivite durumunda maruz kalabileceği riskleri ve buna yönelik alınabilecek tedbirleri araştırmak ve olası patlamanın sonuçlarına yönelik acil durum planları yapılması için tehlike değerlendirmeleri yapmak,
- Toplumun volkanik aktivitelere karşı direncini artırmak için bilim insanlarına, halka, yerel ve ulusal düzeydeki yetkililere ve acil durum

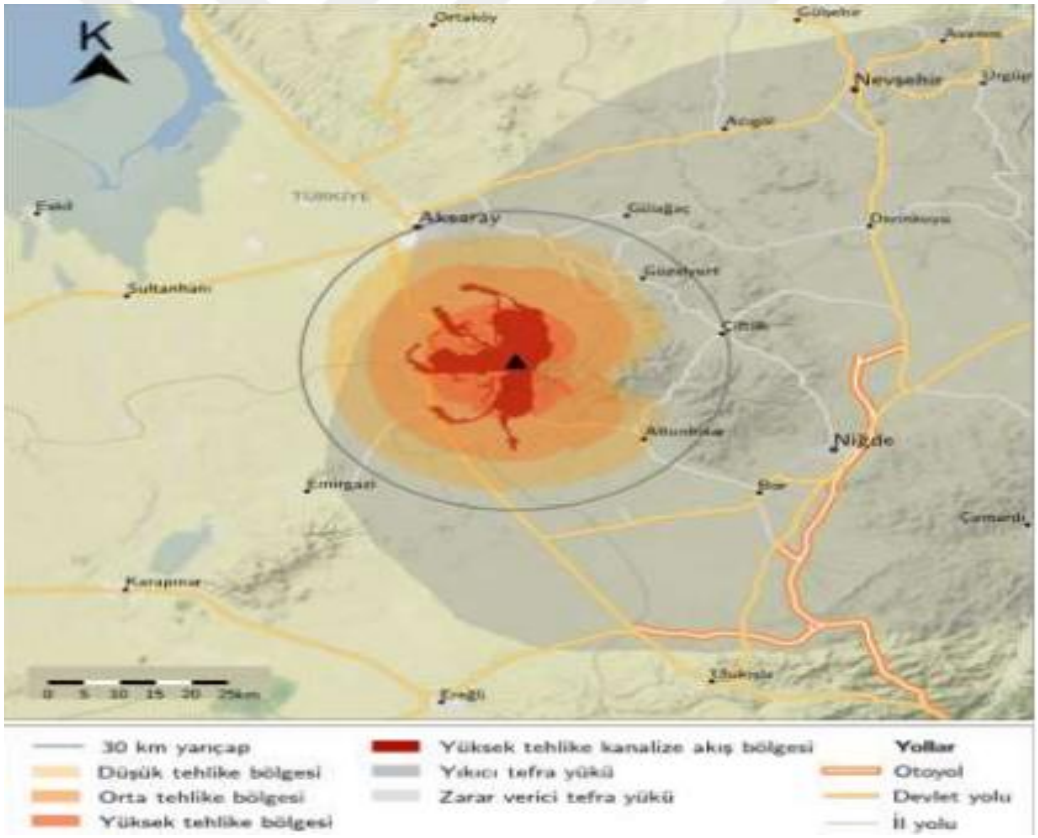
yöneticilerine bilgi ve eğitici araçların sağlanması amaçlanmaktadır (MTA, 2022).

TURKVOLC Projesi, Türkiye'deki volkanlara yönelik en geniş çapta bilgileri veren projedir. Ülkedeki volkanik alanlar; aktif volkanlar, aktivitesi teyit edilmemiş olası aktif volkanlar ve aktif olmayan volkanlar şeklinde sınıflandırılmıştır. Ayrıca her volkanik alan hakkında patlama tarihi, bulunduğu coğrafya, çevresinde yaşayan nüfus, güncel aktivite durumları ve volkanın en yakın şehre uzaklığı gibi bilgilere de yer verilmiştir. Proje kapsamında ayrıca volkanik bir patlama anında oluşabilecek tehlikelere (kül, lav ve piroklastik akışlar gibi) karşı alınabilecek tedbirlere de yer verilmiştir. Proje, ülke volkanları için önemli sayılacak eğitim ve arazi faaliyetleri yürütmüştür. Projede yer alan Bristol Üniversitesi ve Montserrat Volkan Gözlemevi ekip üyeleri MTA'nın Ankara merkezinde MTA uzmanlarına ve üniversitelerden gelen konuklara eğitici dersler vermişlerdir. TURKVOLC ekibi ayrıca 2017'de Erciyes Dağı, Hasan Dağı, Acıgöl ve Göllü Dağ'da, 2018 yılında ise Manisa-Kula Volkanik Arazisinde saha çalışmaları geçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda volkanik yüzeyler incelenmiş, yaş tayini için örnekler alınmış ve GPS'ler kurularak yakın bölgeler için volkanik risk değerlendirmeleri yapılmıştır (MTA, 2022).

Türkiye'de volkanolojik çalışmalar özellikle MTA'nın girişimleri ile birlikte dikkat çekmiştir. Bu konu hakkında 2022 yılında dönemin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Fatih Dönmez verilen soru önergesine yanıt olarak Türkiye'de yer alan volkanlara yönelik çalışmaların yapıldığını vurgulamıştır. Bakan konuşmasında, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan ve özellikle Erciyes, Hasan, Gölcük ve Kula volkanları hakkında gaz çıkışı, sıcaklık ve ph değişimleri ile gözlemlenen volkanik aktivitenin varlığına yönelik yapılan "Anadolu'daki Aktif Volkanların Volkan İzleme Yöntemleri ile Takibi" adlı projeyi ifade etmiştir. Bakan aynı zamanda TÜBİTAK, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ve Bristol Üniversitesi tarafından yürütülen "Afet Riskinin Azaltılması ve Acil Durum Eylem Planlarının Yapılabilmesi İçin Türkiye'de Volkanik Riskin Belirlenmesi" adlı projeden de bahsederek projenin, Türkiye'de bulunan 14 potansiyel aktif volkanik alana yönelik yapılan patlama geçmişi, tehlike analizi ve senaryo bazlı tehlike haritalarını da içerdiğini vurgulamıştır. Aynı zamanda proje ile birlikte potansiyel volkanların çevresinde bulunan nüfus, yollar, havalimanları, hastaneler, endüstriyel

alanlar, okullar ve tarım alanlarının da haritalandırıldığı ifade edilmiştir (Ensonhaber, 2022). Bu yapılan çalışmalar ve elde edilen veriler, MTA tarafından volkanların bulunduğu ilgili bazı il AFAD müdürlüklerine gönderilerek İl Afet Risk Azaltma Planlarının içine dahil edilmiştir. Örneğin, Aksaray'da bulunan Hasan Dağı Volkanik Alanı'na ilişkin olası patlamada maruz kalma haritası, patlama sonucu etkilenecek nüfus-mesafe oranını yansıtan veriler, patlamadan etkilenebilecek nüfus yoğunluk haritası ve maruziyet tablosu oluşturulmuştur. Ayrıca en kötü senaryo ile muhtemel senaryoları yansıtan harita ve değerlendirmeler paylaşılarak ülkenin patlama potansiyeli en yüksek olan volkanlardan birine yönelik bilincin artırılması amaçlanmıştır (AFAD, 2022).

**Şekil 29:** Hasan Dağı Bölgesi'nde Tehlike Bölgelerini Gösteren Harita




**Kaynak:** AFAD. (2022). "Aksaray İl Risk Azaltma Planı (İRAP)", https://aksaray.afad.gov.tr/il-planlari, (06.07.2023)

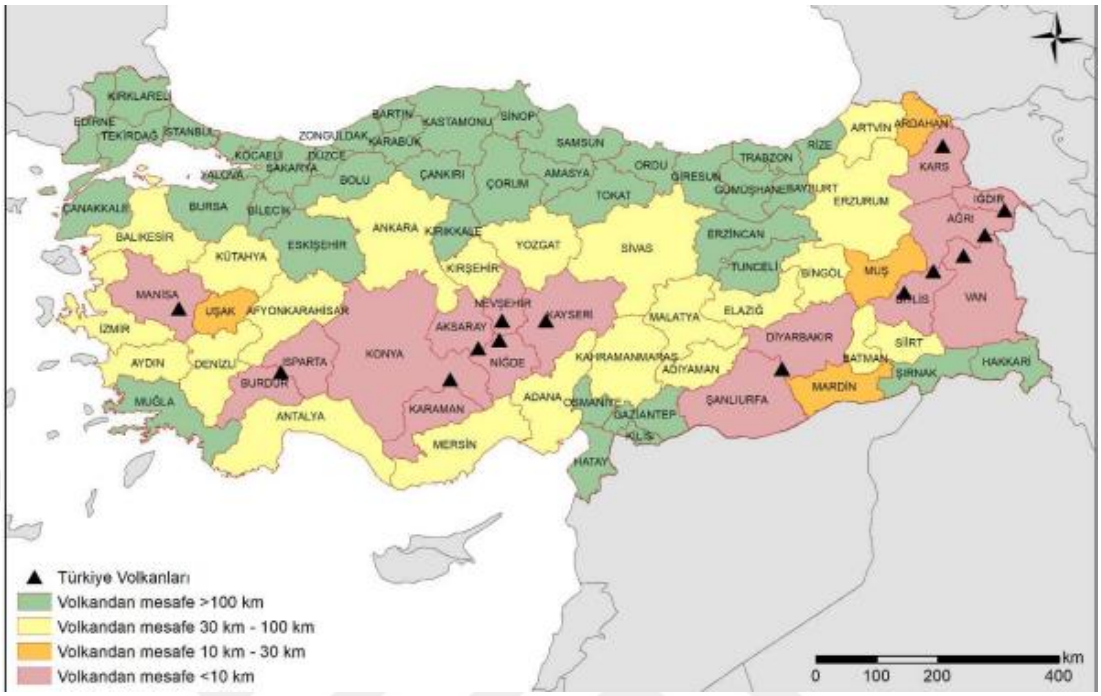
Hasan Volkan'ına yönelik yapılan bir diğer çalışma ise volkan hareketlerinin izlenmesine yöneliktir. Proje yürütücüsü Aksaray Üniversitesi ile Aksaray İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Niğde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, MTA Genel

Müdürlüğü, Mersin Üniversitesi ve Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi ortaklığında gerçekleştirilen projenin başlığı "Hasan Dağı Volkanizmasının Tektonik ve Volkanik Açıdan Jeodezik ve Fiziksel Sensörler İle İzlenmesi" dir. Bu proje aynı zamanda "Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1001 Deprem Araştırmaları Çağrısı" ile destek bulmuştur (Niğde Üniversitesi, 2021).

### 3.4.2. Türkiye'de Volkanik Aktivite Gösteren Alanların ve Potansiyel Risklerin Değerlendirilmesi

Türkiye günümüzde volkanik patlamalar yaşayan bir ülke değildir. Ülkedeki en son patlama 1855 yılında Tendürek Volkan'ında meydana gelmiştir (Smithsonian, 2013). Fakat bu durum ülkenin volkanik risk potansiyelinin olmadığı anlamına gelmemektedir. Zira Türkiye'de Holosen Dönemde aktivite gösterdiği tespit edilen 14 potansiyel aktif volkanik alan bulunmaktadır. Bu alanlar; önceki bölümlerde de ifade edildiği üzere Batı Anadolu'da Kula Volkanik Arazisi ve Isparta Gölcük Volkanik Alanı, İç Anadolu'da Karapınar, Acıgöl, Erciyes, Göllüdağ ve Hasan Dağı Volkanik Alanı, Güneydoğu Anadolu'da Karacadağ Volkanik Alanı, Doğu Anadolu'da ise Ağrı, Nemrut, Tendürek, Süphan, Kars Platosu ve Girekol Tepe Volkanik Alanı'dır. Jeolojik veriler, tarihsel süreçte patlamalara ilişkin elde edilen veriler ve istatistiklere göre 21. yüzyılda Türkiye'de bir patlama meydana gelme olasılığı %70 olarak ifade edilmiştir. Ayrıca volkanik tehlike bakımında üst sıralarda bulunan 95 ülke içerisinde Türkiye 14. Sırada bulunmaktadır. Volkanik patlama kayıtları, potansiyel olarak aktif olan volkanların çoğunluğunun Volkanik Patlama İndeksi 'ne göre 4 ila 6 şiddet aralığında bir patlama meydana getirmesini işaret etmektedir. Bu şiddet aralığında meydana gelen bir volkanik patlamanın özellikle nüfusun yoğun olduğu alanlarda neden olacağı can kaybı sayısının da fazla olacağı düşünülebilir. Ayrıca patlama potansiyeli olan volkanların birçoğunun ticaret, yerleşim ve tarım yönünden güçlü olan İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde olması olası riskleri de artırmaktadır. Bu volkanların 30 km içerisinde çevresinde yer alan nüfus yaklaşık olarak üç milyonun üzerindedir (Atıcı ve diğerleri, 2020).

**Şekil 30:** Türkiye'de Patlama Potansiyeline Sahip Volkanların İllere Olan Uzaklığını Gösteren Harita

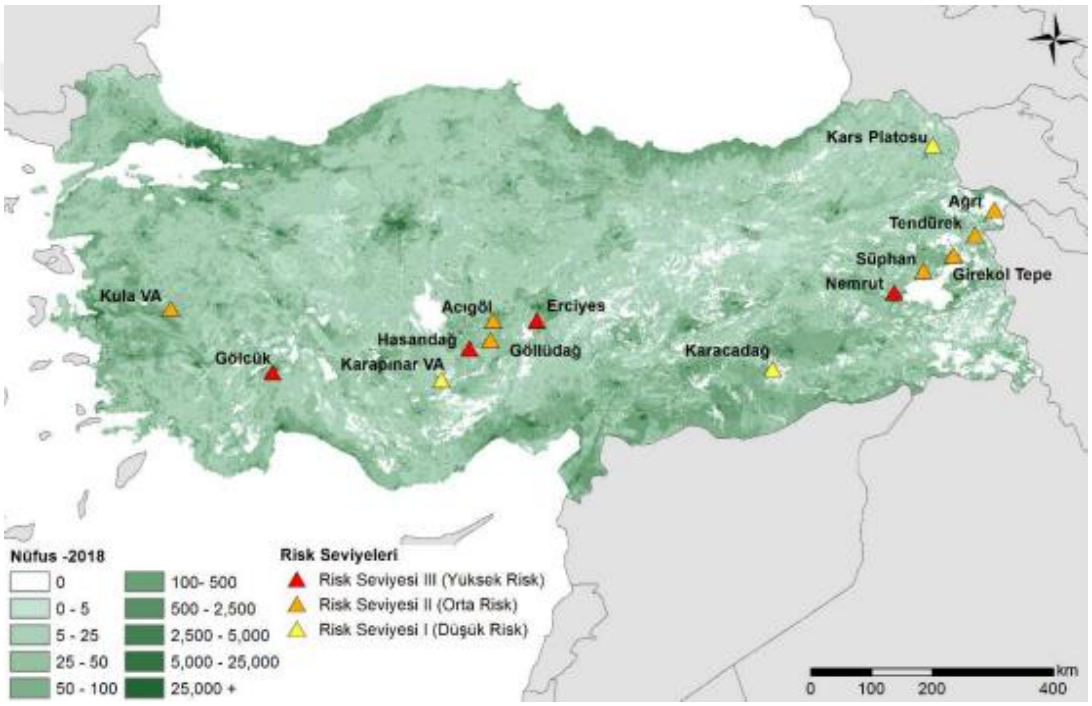



**Kaynak:** Atıcı, G., Gündoğdu, E.A., Çobankaya, M., Yurteri, E., Karaman, B., Dağlıyar, A., Demirci, B., Sparks, S., Brown, S., Woodhouse, M., Blundy, J., Gottsmann., J., Cashman, K., Biggs, J., Aspinall, W. 2020, "Afet Riskinin Azaltılması ve Acil Müdahalenin Geliştirilmesi İçin Türkiye'de Volkanik Riskin Belirlenmesi" TÜBİTAK 116Y480 Uluslararası İkili İş birliği Proje Sonuç Raporu, 1067s. Ankara.

Volkanik hareketlilikler dünyada birçok noktada meydana gelmesine rağmen volkanik alan çevresinde insanlar yaşamını sürdürmektedir. Bunun en temel sebepleri, volkanların ekonomik yönden meydana getirdiği fırsatlar ve gelişen volkanik alan yönetim sistemlerinin etkinliğidir. Ülkeler, ilerleyen teknoloji ile birlikte volkanların izlenmesi için GPS, izleme radarları, eğim araçları ve uydular gibi birçok yönteme başvurarak volkanik aktivitelerin büyük oranda önceden tespit edilmesini sağlamaktadırlar. Türkiye'de de volkanik araştırmalar konusunda en önde gelen kurum olan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılan volkanik tehlikelerin simülasyonlarla değerlendirilmesi sonucu volkanik tehlike haritaları oluşturulmuştur. Potansiyel olarak aktivite meydana getirebilecek volkanik alanlara yönelik risk değerlendirmeleri yapılarak düşük, orta ve yüksek riskli olarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre; Hasan Dağı Volkanik Alanı,

Erciyes Dağı Volkanik Alanı, Nemrut Dağı Volkanik Alanı ve Gölcük Volkanik alanı "yüksek riskli volkanik alan" olarak değerlendirilmiştir. Acıgöl Volkanik Alanı, Göllüdağ Volkanik Alanı, Ağrı Dağı Volkanik Alanı, Girekol Tepe Volkanik Alanı, Kula Volkanik Alanı, Süphan Volkanik Alanı ve Tendürek Dağı Volkanik Alanı "orta riskli volkanik alan" olarak değerlendirilmiştir. Karapınar Volkanik Alanı, Karacadağ Volkanik Alanı ve Kars Platosu Volkanik Alanı ise "düşük riskli volkanik alan" sınıfında derecelendirilmiştir.

**Şekil 31:** Türkiye'de Patlama Potansiyeline Sahip Volkanların Risk Seviyeleri




**Kaynak:** Atıcı, G., Gündoğdu, E.A., Çobankaya, M., Yurteri, E., Karaman, B., Dağlıyar, A., Demirci, B., Sparks, S., Brown, S., Woodhouse, M., Blundy, J., Gottsmann., J., Cashman, K., Biggs, J., Aspinall, W. 2020, "Afet Riskinin Azaltılması ve Acil Müdahalenin Geliştirilmesi İçin Türkiye'de Volkanik Riskin Belirlenmesi" TÜBİTAK 116Y480 Uluslararası İkili İş birliği Proje Sonuç Raporu, 1067s. Ankara.

### 3.4.3. Türkiye'de Volkanik Alan Yönetimine İlişkin Öneriler

Türkiye'de volkanik alanların oluşumu yaklaşık 20 milyon yıl önce Tersiyer Dönemde başlamış ve zaman içerisinde devam etmiştir. Ülkede yüksek risk barındıran volkanlar, Anadolu'nun batısı, doğusu ve tam ortasında konumlanarak

olası bir aktivitede ülkenin genelini etkileyebilme potansiyeline sahiptir. Coğrafi alan olarak geniş yer tutan bu volkanik alanlara rağmen ülkede son 160 yılda herhangi bir volkanik patlama yaşanmaması ve son aktivitenin de 1855 yılında Tendürek Volkan'ında gerçekleşmesi, volkanik aktiviteyle ilgili olan farkındalığın ülke genelinde düşük olmasına neden olmuştur (Atıcı ve diğerleri, 2020). Oysa tüm dünyada son 10.000 yıl içerisinde aktivite gösteren volkanlar, aktif statüde değerlendirilerek bu alanlara yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar, dünya genelinde farklı ülkelerde çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Çünkü her ülkenin volkan yapısı farklılık göstermekte ve aynı zamanda etkileyeceği coğrafyadaki nüfusun patlamalara vereceği yanıt da değişebilmektedir.

Volkanik alan yönetiminde önde gelen ülkelerdeki çalışmaların planlanma ve uygulaması çoğunlukla geçmişteki meydana gelen aktiviteler yüzünden yaşanan olaylardan çıkarılan dersler üzerine inşa edilmiştir. Volkanik bir patlamanın ani gelişmesi ve kısa sürede yıkıcı sonuçlar doğurması özellikle erken uyarı, izleme, gözlem ve tahliye gibi çalışmaların daha fazla ön plana çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Bu konuda da ülkeler farklı yapılanmalar içerisinde volkanik tehlikelere karşı veriler üretmek için volkanik afet yönetim sistemleri altında çeşitli çalışmalara yer vermektedir. Bu çalışmalar, genellikle gözlemevlerinin volkanları izleme ve gözlemlemesi ile başlarken, buradan elde edilen verilerin uzmanlar tarafından analiz edilerek ilgili kurum ve kuruluşlara aktarılmasıyla daha çok volkanik alanda yapılacak eylemlerden oluşan acil durum ve tahliye planlamaları gerçekleştirilmektedir. Tüm bu aşamalarda farklı ülkelerde yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde yapılan çalışmaları koordine eden bir kurum da bulunmaktadır. Bu kurum ABD'de eyalet yöneticileri veya sivil koruma departmanları iken İtalya ve Filipinler gibi ülkelerde ise ulusal sivil koruma servisleridir.

ABD, İtalya ve Filipinler'in volkanik afet yönetim modelleri incelendiğinde temelde verilerin sağlanmasından sorumlu bir kurum bulunmaktadır ve yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde faaliyet gösteren kurumlar ile iş birliği içinde koordineli bir şekilde çalışmalar yapmaktadır. Türkiye'de hâlihazırda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nün patlama potansiyeli olan volkanlara yönelik tehlike değerlendirmeleri, risk analizleri ve modellemeleri, jeoloji ve tehlike haritaları ve volkanik tehlikelere karşı toplumun yapması gereken davranışlara yönelik bilgiler

içeren belgeleri kapsayan çalışmaları bulunmaktadır. Fakat bu çalışmaların ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde faaliyete geçebilmesi için oluşumu kanunlara dayanan ve volkanik alan yönetiminde izleme, gözlem ve değerlendirme gibi aşamaların veri sağlamasından sorumlu bir kurumun oluşturulması veya MTA'ya bu yetkilerin volkanik izleme ve gözlem alanında tam olarak verilmesi gerekmektedir. Zira şu anda Türkiye'de volkanlara yönelik yapılan izleme ve gözlem çalışmaları, Hasan Dağı'nda yapılan "Hasan Dağı Volkanizmasının Tektonik ve Volkanik Açıdan Jeodezik ve Fiziksel Sensörler İle İzlenmesi" projesinde olduğu gibi yürütücülüğünü üniversitelerin yaptığı çalışmalarla sınırlıdır. Fakat bu projelerin sürdürülebilirliği, volkanik bilincin ülke genelinde tüm topluma yayılması aşamasındaki yetersizliği ve ağır maliyetlerin karşılanamaması gibi nedenlerden dolayı sorgulanabilmektedir. Ayrıca oluşturulacak kurum ile Türkiye'nin patlama potansiyeline sahip volkanları hakkında en güncel verilerin sağlanması ve bunların şeffaflık ile paylaşılması sonucu; volkanoloji alanında çalışan bilim uzmanlarına, üniversitedeki akademisyenlere ve toplumun geniş kesimine bilgi akışının yapılması sağlanabilir. Bu durum, volkanik aktivitelere yönelik araştırma ve bilincin gelişmesine katkı sağlayabilir.

Türkiye'nin devlet yapısı ve afet yönetim sistemi incelendiğinde de ABD'den farklı olarak üniter bir devlet yapısı ortaya çıkmakta ve bu da Filipinler veya İtalya örneğinde olduğu gibi ulusal, bölgesel ve yerel düzeyde koordinasyonu sağlayan bir kurumun oluşturulması ihtiyacını doğurmaktadır. Oluşturulan bu kurum, verilerin sağlanmasından sorumlu olacak kurum ile koordinasyonlu bir şekilde çalışmalarını yürütebilir.

Türkiye'de afet yönetiminde deprem, sel, heyelan, çığ, endüstriyel kazalar ve yangınlar gibi birçok afete karşı hazırlık, müdahale ve rehabilitasyon çalışmaları yapan AFAD'ın bünyesinde, volkanik alanlar ile ilgili acil durum planlamaları, tahliye planları, risk analizi ve tehlike değerlendirmeleri gibi çalışmaları yapabilecek uzmanların olması AFAD'ı volkanoloji alanında etkin kurum olması için ön plana çıkarmaktadır. AFAD, bu çalışmaları diğer afetlere yönelik yaptığı gibi bir daire oluşturarak sağlayabilir. Halihazırda MTA ve yüksek riskli olarak sınıflandırılan Gölcük, Erciyes, Nemrut ve Hasan Dağı Volkanik Alanı'nın bulunduğu illerin (Isparta, Kayseri, Bitlis ve Aksaray) il afet müdürlükleri, İl Afet Risk Azaltma Planı

(İRAP) kapsamında iş birliği yapmaktadır. MTA, bu volkanların oluşturabileceği riskler ile ilgili risk analizleri, etki senaryoları ve olası aktivitede etkilenecek alanların haritalandırılması gibi çalışmalarını ilgili AFAD müdürlüklerine sunmaktadır. Yeni oluşturulacak kurumlar ayrıca uluslararası birçok alanda volkanoloji çalışmaları için iş birliği içerisinde bulunabilir. Türkiye'de şu an MTA, Bristol Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi ve Montserrat Volkan Gözlemevi (MVO) ile birlikte gerçekleştirilen TURKVOLC Projesi'nin yanı sıra uluslararası alanda IAVCEI'ye üye olarak faaliyet gösteren TUVAK bulunmaktadır. Fakat bu uluslararası iş birliği ve projelerin artırılması gerekmektedir. Örneğin, dünya genelinde volkanların gözlemlenmesine yönelik faaliyetler yürüten ve gözlemevlerinden gelen verilerin kamuoyuna aktarılmasını sağlayan IAVCEI alt komisyonu WOVOdat ile Türkiye'nin bir ortak çalışması ya da birlikteliği bulunmamaktadır. Bu da Türkiye'den gelen volkanik aktivite verilerinin yayımlanmasını engellemekte ve uluslararası alanda Türkiye volkanlarına yönelik çalışmalar yapacak olan araştırmacıların, bilgiye ulaşmasına engel olmaktadır. Bu yüzden ülke genelindeki volkanlara yönelik araştırmaların uluslararası alanda yaygınlaşması zaman alacaktır.

Türkiye'de volkanik alanlarda uyarı seviyeleri ve bildirimlerinin sağlanması da ancak izleme ve gözlem yapan yeni bir kurumun oluşturulması ile mümkün olabilecektir. Öyle ki dünyadaki örnekler incelendiğinde volkanik uyarı seviyelerine ancak bölgedeki sismik, termal, hidrolojik ve topoğrafik incelemeler sonucunda karar verilebilmektedir. Fakat uyarı seviyesi sistemleri dünyada uluslararası bir standarda sahip değildir. Filipinler, İtalya ve ABD uyarı seviyesi sistemlerinde olduğu gibi her ülke volkan yapısı ve tehlikelerine göre buna karar vermektedir. Ayrıca uyarı seviyeleri oluştururken İtalya'da olduğu gibi akılda kalıcılığı artırmak ve genel standarda ulaşmak adına yeşil, sarı, turuncu ve kırmızıdan oluşan renk kodu uyarı seviyeleri kullanılabilir. Bunun yanında ABD'de USGS'nin meydana getirdiği gibi uyarı seviyeleri farklı semboller ile tasarlanabilir. Fakat bunu Türkiye'ye uyarlarken toplum yapısının da ele alınması gerekmektedir. Zira ABD'de uyarı seviyeleri için kullanılan simgeler Türk toplumunun zihninde farklı anlamlar taşıyabilir ve bu da uyarı seviyelerinin yanlış anlaşılmasına sebep olabilir. Bu yüzden simgesel uyarı seviyesi gibi dünyada farklı örnek oluşturan çalışmaların Türkiye'de uygulanırken

analizi gerekebilir. Bunun için de topluma yönelik anket çalışmaları veya görüşmeler yapılarak simgelerin toplumdaki karşılığı bulunabilir.

Volkanik patlama etkilerinin azaltılabilmesi için en temel nokta, sürekli olarak izleme ve anormal faaliyetlerin tespit edilmesidir. Bu açıdan volkanik patlamalara karşı önlem geliştiren birçok ülke gibi Türkiye'de de gözlemevlerinin kurulması gereklidir. Bu gözlemevlerinin özellikle Türkiye'de potansiyel aktif volkan statüsünde yer alan Kula, Gölcük, Karapınar, Hasan Dağı, Acıgöl, Göllüdağ, Erciyes, Karacadağ, Nemrut, Süphan, Ağrı, Tendürek ve Kars Platosu volkanik alanlarının çevresinde yer alması, ani gelişen ve beklenmedik hareketliliğin hızlı tespiti açısından önemlidir. Bu gözlemevleri, izleme ve gözlemden sorumlu şekilde oluşturulacak yeni kurum veya yetkilendirilecek MTA bünyesinde çalışmalarını sürdürebilir. Gözlemevleri ayrıca ABD ve İtalya örneğinde olduğu gibi olası bir volkanik afet durumunda karışıklığın önlenmesi ve acil durum planlarının daha hızlı gerçekleştirilebilmesi için potansiyel aktif volkanların bulunduğu Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerine konumlandırılabilir. Bu yerlerde, ulusal volkanik alan yönetiminin koordinasyonunu sağlayacak AFAD veya diğer kurumlar tarafından bölgesel müdürlükler kurularak volkanik aktiviteler konusunda acil müdahale planlarının bölgesel düzeyde yapılması sağlanabilir. Bunun yanında bu müdürlükler kendi bölgesindeki volkanik tehlikelerin artması durumunda AFAD veya oluşturulacak diğer kurum ile planlamalar yaparak İtalya'da Stromboli ve Etna volkanları için uygulanan sistem gibi o bölgedeki volkana özel etki senaryoları veya daha farklı acil durum ve tahliye planları oluşturabilir. Buradaki temel sebep ise patlayıcılığı ve risk durumu yüksek olan volkanlara karşı standart planlamaların gelişen duruma yanıt verememesidir.

Türkiye'de bulunan potansiyel aktif 14 volkanik bölgenin oluşturduğu riskler, toplumun direnç seviyesine göre değişiklik gösterebilir. Zira Türkiye'de potansiyel aktif volkanlara dair bilgi ve veri eksikliği, olası volkanik patlama durumuna hazırlık sürecini de etkileyebilmektedir. Bilgilerin kamuoyuna aktarılma aşamasındaki kurumsal eksiklik nedeniyle volkanik tehlikeler konusunda bilincin artırılamaması ve kurumsal koordinasyonların sağlanamaması muhtemeldir. Bu durum, olası bir volkanik patlama öncesinde hazırlık sürecinin tamamlanamamasına neden olabilir. Volkanlara dair temel bilgi akışında yaşanan kurumsal eksiklik nedeniyle ilçe, il,

bölge ve ulusal düzeydeki yetkili kurumlar tarafından acil durum ve tahliye planları, tatbikatlar ve eğitimler gibi hazırlık sürecinin temel fonksiyonları kısmen sağlanabilir. Bununla birlikte ulusal ve uluslararası alanda yapılabilecek proje ve iş birlikleri de bilgi eksikliğinden ötürü sekteye uğrayabilir. Ayrıca volkanik tehlike bölgesinde yaşayan nüfusun mutlaka mevcut volkanik tehlikeler (lahar, lav, kül, piroklastik akışlar ve heyelanlar) hakkında bilgi sahibi olması sağlanmalıdır. Zira olası bir patlamada ilk etkilenecek kesim, volkan çevresinde yaşayan nüfustur. Bu problemlerin üstesinden gelmek için atılabilecek en temel adım, volkanik alanlar ve tehlikeleri ile ilgili gerçek izlemelere ve gözlemlere dayanan veriler oluşturabilmek ve bunu bir kurum veya kuruluş aracılığıyla topluma yayabilmektir. Çalışmalar yapılırken de sivil toplum kuruluşları, özel sektör, üniversiteler ve diğer kamu kurumlarından yardımlar alınabilir ve eğitici seminerler düzenlenebilir. Toplumdaki volkanik alan ve tehlikelerine yönelik bilinci artırmak için Filipinler'de PHIVOLCS tarafından hayata geçirilen ve volkanın çevresindeki tehlike ve riskleri gösteren bir ara yüz (HazardHunterPH) oluşturulabilir. Bu ara yüz sayesinde toplum, volkanik tehlikeler konusunda bilgi sahibi olabilir. Özellikle volkanın yamaçlarından aşağı doğru akan lav, lahar ve piroklastik akışların yerleşim yerlerinde izleyeceği muhtemel yolları gösteren risk modellemeleri gerçekleştirilebilir. Bu durum, teknolojinin getirdiği fırsatları kullanma noktasında Türkiye'deki volkanik alanlar için önemli bir aşama olabilir.

Türkiye'de volkanlara hazırlık konusunda mevcut durum analiz edildiğinde MTA ve onun bünyesinde oluşturulan TURKVOLC Projesi ön plana çıkmaktadır. Bu projede volkanik tehlikelere (kül, lahar, balistikler, volkanik gaz) ilişkin tanımsal ifadelere yer verilerek kavramsal bilincin artırılması hedeflenmiştir. Ayrıca volkanik olaylara hazırlık, acil durum kiti hazırlanması ve volkanik kül yağışı durumunda yapılması gerekenler için bazı web sayfaları önerilmiştir. Bunlar; patlama anında ve sonrasında yapılacak çalışmalara dair bilgiler içeren, ulusal veya uluslararası alanda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların (Kızılhaç, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu ve Yeni Zelanda Jeolojik ve Nükleer Bilimler Enstitüsü) web sayfalarıdır. Bunun yanında kül, lav ve lahar akışları gibi volkanik tehlikelerden nasıl korunacağına dair posterler hazırlanmış ve kısa videolarla desteklenmiştir. Toplumun volkanik afete karşı hazırlığını güçlendiren bu çalışmaların ülke genelindeki yerel ve

bölgesel ofislerde de geliştirilmesi sağlanmalıdır. Bu ofisler, MTA'ya bağlı olarak kurulabileceği gibi aynı zamanda AFAD'ın halihazırda il müdürlükleri çatısı altında da geliştirilebilir ve buralarda çalışmaların yaygınlaşması sağlanabilir.

Volkanik alan yönetimi konusunda ABD, Filipinler, İtalya ve Japonya gibi ülkeler; teknolojik yönden gelişmiş sismik monitörler, termal kameralar, volkan gazı gidericiler ve GPS gibi gözlem ve izleme araçlarına sahiptir. Bunun yanında geçmiş yıllarda bu ülkelerde yaşanan volkanik kökenli afetler, tecrübelerle birlikte daha etkili bir volkanik alan yönetimi gerçekleştirmeyi sağlamıştır. Bu yüzden 1991 yılında meydana gelen Pinatubo Volkan Patlamasında Filipin Volkanoloji ve Sismoloji Enstitüsü (PHIVOLC) ve ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'nun yaptığı gibi ortak volkanik izleme ve değerlendirme çalışmaları yapılabilir. Zira 1991 patlamasında bu iki kurum birlikte hareket ederek patlamadan bir hafta öncesinde bölgedeki nüfusun bir kısmının tahliye kararını vermiş ve patlamaya yakın süreçte ise alanın çoğunu boşaltmışlardır. Ayrıca TURKVOLC Projesi'nde sunulan bilgi içerikli çalışmaların bu ülkeler ile yapılacak iş birlikleri çerçevesinde genişletilmesi sağlanabilir. MTA'nın organizasyonunda özellikle volkanik tatbikatlar yönünden etkili bir konumda bulunan İtalyan Ulusal Sivil Koruma Servisi ile de ortak çalışmalar yürütülerek seminer, kongre, fuar ve tatbikat gibi faaliyetler gerçekleştirilebilir.

Volkanik aktivitelerden kaynaklı riskleri en aza indirmek ve hazırlık, müdahale ve hafifletme çalışmalarını etkili ve vaktinde yapabilmek için bilimsel bilgiye dayanan kaynakların olması önemlidir. Kaynaklar, bazen kül bulutu dağılımını tahmin eden kompleks bir modelleme sonucu elde edilirken kimi zaman da geçmiş patlamalardan analizler yapılarak da elde edilebilmektedir. Bunun yanında Türkiye'deki mevcut volkanik aktiviteye yönelik kaynaklar incelendiğinde özellikle volkanik alanlar ile ilgili olan yayın ve makalelerin daha çok yer bilimleri alanında çalışılan teknik bilgiler olduğu görülebilmektedir. Oysa bu teknik bilgilerin uygun değerlendirmeler ile afet yönetimine yarar sağlayacak şekilde temel alınması, volkanik bir alan ile ilgili tehlike ve risklerin daha anlaşılır hale gelmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda özellikle volkanik alanları inceleyen ve araştırmalar yapan jeofizikçiler, jeodezi uzmanları ve jeokimyacıların afet yönetiminden sorumlu olan kurum ve kuruluşlardaki acil durum uzmanları ile yapacağı çalışmalar, temelini

tahminden öte bilimden alan bir planlamanın yapılmasını sağlayacaktır.

Volkanik araziye yönelik oluşturulan jeolojik haritalar, volkanların yapısına dair kaya birikintilerinin tipi, yeri ve yaşı gibi ayrıntılara yer verirken buradan elde edilen verilere dayanan çalışmalarla acil durum ve tahliye planlarının yapılmasına da olanak sağlamaktadır. Çünkü volkanologlar, volkanların gelecekte meydana getireceği patlamaları tahmin edebilmek için volkanik arazilerde bulunan ürünlerin yapısını incelemektedir. Bu durumda geçmişte meydana gelmiş patlamalar sırasında lav, lahar ve piroklastik akışların volkanın hangi kanadından aktığının belirlenmesi gelecekte olası bir patlamada yaşanacak riski azaltmak açısından önemlidir. Bu akış yollarının doğru tahmin edilmesi volkanik afet yönetimi sırasında uygulanacak acil durum planlamalarında yer alan kaçış yolları ve tahliye bölgeleri gibi unsurların belirlenmesinde kritik öneme sahip olacaktır. Ayrıca volkanik bölgede yaşayan nüfusun ve oluşturulan ticaret, tarım, eğitim ve turizm tesislerinin haritalara dayanan tehlike değerlendirmeleri sonucu konumlandırılması da volkanik patlama anındaki riskleri en aza indirecek ve aynı zamanda nüdahale aşamasında yapılacak çalışmalara etkinlik kazandıracaktır. Türkiye'de jeolojik haritaların hazırlanması görevini MTA üstlenmektedir. Özellikle volkanik kaynaklı acil durum sırasında görev alacak yerel veya bölgesel yönetimlerle birlikte ulusal düzeyde koordinasyonu sağlayan AFAD'ın, MTA ile iş birliği içerisinde çalışması ve MTA tarafından hazırlanan jeolojik haritaların volkanik patlamalar öncesinde hazırlık, sonrasında ise kurtarma ve tahliye gibi aşamalarda kullanılması afet yönetiminin daha etkin yaplmasını sağlayacaktır.

Dünyada volkanik afet yönetim modellemeleri incelendiğinde volkanik aktiviteye bağlı olarak yaşanan acil durum veya afetler sırasında görev alması gereken birçok kurum ve kuruluşun koordinasyon planları çerçevesinde eylem ve sorumlulukları tanımlanmaktadır. Bu durumun altında yatan temel neden ise volkanik bir patlamanın neden olduğu çok yönlü yıkımdır. Öyle ki volkanların meydana getirdiği lav, lahar ve piroklastik akışlar, kül bulutları, balistikler (volkanik bombalar), ve toprak kayması gibi tehlikeler, acil durum anında görev alacak kurum ve kuruluşların gerekliliğini oluşturmaktadır. Volkanik bir patlamanın olası etkileri düşünüldüğünde yerleşim yerlerinin lav ve lahar akıntıları altında kalması, altyapıların zarar görmesi ve ayrıca ormanlarda da lavlar nedeniyle yangınlar

meydana gelmesi muhtemeldir. Türkiye'de özellikle yüksek risk derecesinde sınıflandırılmış Gölcük, Hasan, Nemrut ve Erciyes volkanik alanlarının böyle bir patlama meydana getirebileceği düşünüldüğünde olay anında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, AFAD ve yerel yönetimler (özellikle itfaiye hizmetleri açısından)'in yer alması can ve mal kaybının önlenmesi için gereklidir. Benzer şekilde volkanik küllerin neden olduğu küller nedeniyle canlıların solunum sistemlerinde sorunlar oluşabilir, göz rahatsızlıkları ve cilt tahrişleri meydana gelebilir. Bu duruma hazırlık ve müdahalede Sağlık Bakanlığı ile AFAD ve MTA koordinasyonu daha çok ön plana çıkabilir. Özellikle kül bulutlarının havadaki ani ve geniş çaplı yayılımlardan ötürü uçaklardaki pilotların görüş mesafesi azalabilir ve havaalanlarındaki pistler zarar görebilir. Zira 2010 yılında İzlanda'da meydana gelen Eyjafjallajökull Volkan Patlaması nedeniyle Türkiye'de Trakya'nın kuzeyi ve Karadeniz'in güney batısında bazı uçak seferleri iptal edilmiştir (Özdemir ve Deniz, 2015). Böyle bir anda olası volkanik riskleri aktaran kurumun oluşturulması veya MTA'nın bu görevi üstlenmesi sağlanabilir. İletilen bilgilerin de Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ile birlikte Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndaki yetkililer ile değerlendirilmesi sağlanabilir. Tüm bu çalışmaların Türkiye'de farklı afet türlerine yönelik müdahalede yer alacak kurum ve kuruluşların eylem ve sorumluluklarını belirlemeye yönelik yapılan en kapsamlı planlama olan Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)'da yer alması sağlanabilir. Zira TAMP içerisinde olay türüne yönelik yer alması gereken hizmet grupları incelendiğinde volkanik akitiveteler ile ilgili herhangi bir planlama gerçekleştirilmemiştir. Bunun yanında planlanan olay türleri içerisinde volkanik aktiviteler bulunmamaktadır. Benzer şekilde 2022 ile 2030 yılları arasını kapsayan dönemde afet risklerini en aza indirmeyi ve afet olmadan önce yapılacak faaliyetleri belirlemeyi amaçlayan Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP) içerisinde de volkanik aktivitelere yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca AFAD'ın 2019-2023 arasındaki yılları kapsayan stratejik planında da volkanik aktiviteler ile ilgili ifadelere yer verilmemiştir. Bu durum volkanik aktivite meydana gelme olasılığı yüksek olan Türkiye için mevcut risklerin artması anlamına gelmektedir.

Dünya üzerinde meydana gelen birçok afette olduğu gibi volkanik patlamalarda da olayın öncesinde yapılacak çalışmalar, toplumların afete karşı vereceği yanıtta en kritik noktalardan biridir. Bu kapsamda özellikle volkanik tehlikelere karşı yapılacak eğitim çalışmaları, toplumun var olan tehlikeleri anlaması ve buna karşı çözüm yolları arayacak şekilde bilinçlenmesi için önem teşkil etmektedir. Fakat volkanik patlamalar çok uzun yıllar gerçekleşmedikten sonra bir anda aktif hale gelebilir. Bu durumda patlamaların meydana getirdiği yıkım ve etkiler toplum tarafından unutulabilir. Bu yüzden topluma yönelik belli aralıklarla volkanik aktivitilerin meydana getirdiği yıkım ile ilgili eğitim temelli çalışmalar düzenlenebilir. Bunu yaparken geçmişte volkanik patlamalardan etkilenmiş toplumlarda yaşayan bireylerden yardım alınabilir. Özellikle Türkiye gibi volkanik aktivitelere yönelik bilincin zayıf olduğu ülkelerde bu çalışmaların uluslararası iş birlikleri çerçevesinde genişletilmesi gerekmektedir. Türk toplumunun volkanik aktiviteler konusunda bilincini artırmak ve topluma temel bilgileri aktarmak amacıyla küçük yaşlardan başlayan eğitimler verilebilir. Buna yönelik ABD'de USGS tarafından uygulanan; eğitimcilere volkanik aktivite eğitimi verilmesi, ilgili konuya ilişkin öğretmenlere bilgi kaynağı sağlanması ve eğitim makaleleri gibi çalışmaların Türkiye için de yapılması sağlanabilir. Zira Türkiye'de volkanik aktivite gösterebilecek alanlara yönelik bilgilerin ortaöğretim seviyesinde coğrafya dersi kapsamında aktarılması tam anlamıyla gerçekleşmemektedir. Türkiye'de ortaöğretim aşamasında kullanılan ders kitapları incelendiğinde özellikle 10. sınıf ders kitaplarında dünya ve Türkiye'deki volkanizma ve volkanik yer şekilleri hakkında bilgilere yer verildiği ve volkanik alanların haritalandırıldığı görülmektedir. Bunun yanında Yıldırım Yayınları'nın hazırlamış olduğu 10. sınıf coğrafya ders kitabında volkanik toprakların veriminden bahsedilmiş ve özellikle Nemrut Dağı'nda geçmişte yaşanmış aktivitelerden bahsedilerek hidrotermal, fümerolik ve sismik aktivitelerin sürdüğü belirtilmiştir. Ayrıca Ağrı, Nemrut ve Tendürek volkanlarının geçmişteki aktivitelerinden bahsedilmiş fakat Türkiye'deki volkanlar için "sönmüş" ifadesi kullanılmıştır. Benzer şekilde 10 sınıf coğrafya dersi için diğer bir ders kitabı olan MEB Yayınları'nın kitabında "günümüzde Türkiye'de aktif volkana rastlanmamaktadır" ifadesine yer verilmiştir. Ayrıca Türkiye'de meydana gelen son aktivite için Nemrut Volkan'ının 1441 ve 1443 yıllarında oluşturduğu aktivitelerden

bahsedilmiştir. Fakat Türkiye'de son volkanik aktivite 1855 yılında Tendürek Volkan'ında yaşanmıştır. Bu ders kitaplarının Türkiye'de yer alan ve potansiyel aktif statüde değerlendirilen 14 volkanik alan için de bilgilere yer vermesi sağlanmalıdır. Ayrıca bu alanların potansiyel aktif statüde olduğu düşünüldüğünde "sönmüş" ya da "aktif volkana rastlanmamaktadır" ifadelerinin "potansiyel aktif" olarak güncellenmesi gerektiği ifade edilebilir. Volkanoloji eğitimleri için üniversitelerde lisansüstü eğitim aşamasında uzmanlık alanlarına yönelik teşvikler artırılabilir ve destekleyici staj çalışmaları yapılabilir.

## SONUÇ

Dünya'nın oluşumundan beri volkanik aktiviteler, yeryüzünün şekillenmesi, sıcaklıkların değişmesi ve canlı hayatının etkilenmesinde önde gelen faktörlerden biri olmuştur. Volkanik tehlikeler, çok yönlü etkileri ile birlikte toplumdaki yaşamın zorunlu veya isteğe bağlı olarak yeniden yapılanmasına zemin hazırlamıştır. Eski çağlarda daha çok kutsallığına inanılan volkanik aktiviteler, teknolojinin gelişmesi ve bilimde yaşanan devrimler nedeniyle riskleri önlenebilir seviyede gerçekleşen olaylar haline gelmiştir. Fakat Dünya üzerinde halen birçok volkanik alan aktif bir şekilde faaliyet göstermekte ve çevresi için risk unsurları barındırmaktadır.

Volkanik alanlar, barındırdığı tehlikeler nedeniyle karmaşık acil durumlara ve büyük afetlere neden olabilmektedir. Bu yüzden dünyada volkanik aktivite yaşayan birçok ülke, bu olaylara yönelik alan yönetimi gerçekleştirmiş ve riskleri en aza indirmeyi hedeflemişlerdir. Ülkeler, volkanik alanda meydana gelebilecek riskleri azaltmak için hazırlık, planlama, izleme, müdahale, tahliye, eğitim ve iletişim gibi birçok alanda çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar, farklı ülkeler özelinde faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar ile uluslararası alanda çalışmalar yürüten organizasyonlar arasında iş birliği ve projeler ile gerçekleştirilebilmektedir.

Dünyadaki ABD, İtalya ve Filipinler örneklerinin yanı sıra Türkiye'deki mevcut volkanik alan yönetimi çalışmalarını da kapsayan bu araştırmada özellikle bu ülkelerde oluşturulan kurumsal yapılanma ve buna bağlı olarak atılan adımlara yer verilmiştir. Dünyadaki volkanik alan yönetimlerine dayalı örnekler incelendiğinde organizasyonel anlamda volkanların izlenmesinden sorumlu bir kurum veya kuruluşun yer aldığı ve buradan elde edilen verilerin değerlendirmeler sonucu ülkenin yerel, bölgesel ve ulusal makamlardaki ilgili yetkililere aktarıldığı görülmektedir. Daha sonrasında ise bu makamlar elde edilen verilere dayanarak volkanik bir alanda atılacak tüm adımlara dair planlamalar gerçekleştirmektedir. Türkiye'de ise mevcut durumda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) dışında volkanik alanlar için izleme, gözlem ve değerlendirmelere dayanan çalışmalar yapacak tam yetkili bir kurumun olmaması ve mevcut çalışmaların üniversiteler özelinde projelerle sınırlı kalması bu alandaki temel eksiklik olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca yapılacak bu çalışmaların uygulanması ve koordinasyonu aşamasında etkili olacak bir kurumun bulunmaması da diğer problemli noktadır. Tüm

bu değerlendirmelere göre Türkiye'de volkanik alanlara yönelik çalışmalar gerçekleştiren MTA'nın temel verileri sağlama noktasında etkin kurum haline getirilmesi ve bunun mevzuatlarla düzenlenmesi gerekmektedir. Öte yandan ülkedeki tüm afetler için hazırlıktan rehabilitasyona kadar bütün aşamalarda ve kurum ve kuruluşların koordinasyonunda afet yönetiminin en yetkili kurumu olan AFAD'ın, volkanik alan yönetimi için de bu çalışmaları sağlaması gerekmektedir.

Volkanik bir alana yöneik yapılacak tüm çalışmalar ülke örneklerinde olduğu gibi afet yönetiminin tüm aşamalarına entegre edilmelidir. Sadece olay öncesi ve anı değil bununla birlikte volkanik patlamadan sonra gerçekleştirilecek rehabilitasyon ve tahliye gibi aşamalarda da yeni sorunlar meydana gelebilmektedir. Zira volkanik patlama bölgesinde yer alan nüfusun zorunlu nedenlerle başka alanlara yerleştirilmesi yıllardır yaşamını burada sürdüren toplumlar için zor bir hal alabilmektedir. Bu yüzden volkanik patlamalar öncesinde yeni alanlara taşınan topluma yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar, genellikle volkanik patlamanın etkilemediği fakat volkanik bölgeye en yakın şehirlerde gerçekleştirilebilir. Bunun yanında patlamadan etkilenen bireylere yönelik acil yardım ek fonları yürürlüğe konulabilir, olanaklar dahilinde iş imkanı sağlanabilir, eğitim kurumlarının kapasitesi artırılabilir, yeni yerleşim merkezleri ve evler inşa edilebilir. Yeni yerleşim merkezlerinde yaşayanların geçimini sağlamak için farklı şehirlerde fabrikaları veya iş yerleri bulunan işletmelerin, tahliyelerin gerçekleştirildiği yeni bölgede ortak bir düzene dayanan geçim ve verimlilik merkezleri kurması sağlanabilir ve burada çalışanların büyük bir kısmını volkan patlamasından tahliye edilen bireyler oluşturabilir. Yapılacak çalışmaların maliyeti de özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve bireysel yardımlar tarafından ulusal seviyede sağlanabileceği gibi küresel alanda fon oluşturularak yardımların toplanması sağlanabilir.

Dünyada volkanik alan yönetimi için çalışmalar gerçekleştiren birçok ülkenin aktif bir volkana sahip olduğu görülebilmektedir. Bu durum, toplumun volkanik kaynaklı afetlere maruz kalabileceğini yansıtmakta ve bu yüzden toplumda olası aktiviteye karşı doğal bir duyarlılık oluşmaktadır. Fakat Türkiye'de uzun yıllardır meydana gelmemiş volkanik aktiviteler nedeniyle bu duruma karşı duyarlılık seviyesi yeterli düzeyde değildir. Özellikle eğitim kısmında yapılan çalışmaların da

kapsamlı bir şekilde gerçekleşmemesi duruma katkı sağlar niteliktedir. Türkiye'de volkanik araştırmaları artırmak ve toplumda bu konuya yönelik bilinç oluşturmak için üniversitelerde yapılan çalışmaların desteklenmesi ve MTA ile birlikte AFAD ve sivil toplum kuruluşlarının da düzenleyeceği seminer, konferans ve tatbikatlar ile eğitim konusunda sürece dahil edilmesi gerekmektedir. İlköğretim ve ortaöğretim seviyelerinde verilen sosyal bilgiler ve coğrafya derslerinde Türkiye'de bulunan volkanik alanların tümü hakkında bilgilere yerilmesi sağlanmalı ve "potansiyel aktif volkanik alan" ifadesi kullanılmalıdır.

## KAYNAKÇA

AFAD. (2009). "AFAD ve Tarihçesi". https://www.afad.gov.tr/afad-hakkinda, (14.04.2023)

AFAD. (2009). "Türkiye Afet Müdahale Planı". https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/2419/files/afet_mud_pl_resmig_20122013.pdf, (20.04.2023)

AFAD. (2014). "Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü". https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu, (30.03.2023)

AFAD. (2022). "Aksaray İl Risk Azalta Planı (İRAP)", https://aksaray.afad.gov.tr/il-planlari, (06.07.2023)

Aguirre-Díaz ve J, G. (2008). Types of collapse calderas. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 3, 012021.

Aksaray Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. (2022). "Aksaray İl Risk Azaltma Planı". https://aksaray.afad.gov.tr/il-planlari, (18.06.2023)

Akyürek, Ö. (2022). Volkan Patlamalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İzlenmesi: Cumbre Vieja Volkanı (İspanya) Örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 8(2), 280-291.

Anadolu Ajansı. (2017). "Agung Yanardağı'ndaki hareketlilik turizmi olumsuz etkiledi". https://www.aa.com.tr/tr/dunya/agung-yanardagindaki-hareketlilik-turizmi-olumsuz-etkiledi/985748, (04.06.2023)

Anadolu Ajansı. (2021). "Türkiye'nin en genç volkanlarından Hasan Dağı 3 yıl boyunca incelenecek". https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turkiyenin-en-genc-

volkanlarindan-hasan-dagi-3-yil-boyunca-incelenecek/2454149, (12.06.2023)

Atıcı ve diğerleri. (2021). "Türkiye'de Volkanik Risk". https://www.researchgate.net/publication/353033064_Turkiye'de_Volkanik_Risk, (13.06.2023)

Atıcı, G. ve Türkecan, A. (2017). Anadolu'nun Volkanları. *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 22: 1-18.

Atıcı, G., Gündoğdu, E.A., Çobankaya, M., Yurteri, E., Karaman, B., Dağlıyar, A., Demirci, B., Sparks, S., Brown, S., Woodhouse, M., Blundy, J., Gottsmann., J., Cashman, K., Biggs, J., Aspinall, W. (2020). Afet Riskinin Azaltılması ve Acil Müdahalenin Geliştirilmesi İçin Türkiye'de Volkanik Riskin Belirlenmesi. *TÜBİTAK 116Y480 Uluslararası İkili İşbirliği Proje Sonuç Raporu*, 1067s. Ankara.

Barberi, F., Martini, M., ve Rosi, M. (1990). Nevado del Ruiz volcano (Colombia): pre-eruption observations and the November 13, 1985 catastrophic event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42(1-2), 1-12.

Bignami, C. (2012). Handbook for volcanic risk management: Prevention, crisis management and resilience. In *Handbook for volcanic risk management: Prevention, crisis management and resilience*. MiaVita. Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Boduroğlu, M. H. (2017). "Doğal Afet Yönetiminde Etkinlik, Özel İhtisas Komisyonu Raporu". https://www.trakyaka.org.tr/upload/Domain/trakyaka/280620133V20YA.pdf, (12.04.2023)

Büntgen, U., Smith, S. H., Wagner, S., Krusic, P., Esper, J., Piermattei, A., ve Oppenheimer, C. (2022). Global tree-ring response and inferred climate variation following the mid-thirteenth century Samalas eruption. *Climate Dynamics*, 1-16.

Cañón-Tapia, E. (2017). Mechanism of formation of volcanic bombs: insights from a pilot study of anisotropy of magnetic susceptibility and preliminary assessment of analytical models. *Bulletin of Volcanology*, 79(7).

Cas, R. A. (2022). The centenary of IAVCEI 1919–2019 and beyond: origins and evolution of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior. *Bulletin of Volcanology*, 84(2), 15.

Charlotte Benson. (2005). Volcanoes and Economy. Volcanoes and the Environment. (ss.440-467). Cambridge University Press.

Chester, D. (1993).Volcanoes, SocietyandCulture. VolcanoesandSociety (ss.404). London: Cambridge UniverstyPress

Coleman, L. (2006). Frequency of man-made disasters in the 20th century. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 14(1), 3–11.

Coppola ve diğerleri (2020). Thermal Remote Sensing for Global Volcano Monitoring: Experiences From the MIROVA System. *Frontiers in Earth Science*, 7.

Çakır, K, Acar, C,, Kavurmacı, F,Coşkun, A. ve Akgül E. (2016). Karapınar Öneri Jeopark Alanı'nın Volkanik Jeositleri. Türkiye Volkanoloji Çalıştayı.

DBpedia. (2023). "About: Deep Earth Carbon Degassing Project". https://dbpedia.org/page/Deep_Earth_Carbon_Degassing_Project, (30.06.2023)

Department of Science and Technology -PHIVOLCS. (2023). " About PHIVOLCS". https://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php/about-us/about-phivolcs, (05.07.2023)

Department of Science and Technology -PHIVOLCS. (2023). " Volcano Observatory". https://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php/volcano-hazard/volcano-monitoring2/volcano-observatory, (05.07.2023)

Department of Science and Technology -PHIVOLCS. (2023). "Volcano Monitoring (Alert Levels)". https://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php/volcano-hazard/volcano-alert-level, (05.07.2023)

Department of Science and Technology. (2017). "Organızational Structure". https://www.dost.gov.ph/transparency/about-dost/organizational-structure.html, (05.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). " Progetto Eurovolc: per rafforzare la comunità vulcanologica europea". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/progetto-eurovolc--per-rafforzare-la-comunit--vulcanologica-europea/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). " Progetto MiaVita". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/progetto-miavita/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Aggiornamento del Piano nazionale di protezione civile per il Vesuvio". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/aggiornamento-del-piano-nazionale-di-protezione-civile-il-vesuvio/, (03.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Approfondimenti rischio vulcanico". https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/vulcanico/approfondimenti/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Campi scuola "Anch'io sono la protezione civile": l'edizione 2023". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/campi-scuola-anchio-sono-

la-protezione-civile-ledizione-2023/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Esercitazione Vulcano 2022". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/esercitazione-vulcano-2022-0/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Progetto Med-Suv". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/progetto-med-suv/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Progetto Vuelco: Volcanic Unrest in Europe and Latin America". https://www.protezionecivile.gov.it/it/approfondimento/progetto-vuelco--volcanic-unrest-in-europe-and-latin-america/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Rischi Stromboli". https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/vulcanico/vulcani-italia/stromboli/, (04.07.2023)

Dipartimento della Protezione Civile. (2023). "Rischio vulcanico. Le attività". https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/vulcanico/attivita/, (03.07.2023)

Dipartimentodella Protezione Civile. (2023). "Volcanic Eruptions". https://rischi.protezionecivile.gov.it/en/volcanic/volcanic-eruption//, (04.05.2023)

Doğubayazıt Kaymakamlığı. (2019). "Doğubayazıt Tarihçesi". http://www.dogubayazit.gov.tr/dogubayazit-tarihcesi, (21.06.2023)

Dorava, J. M., ve Milner, A. M. (1999). Effects of recent volcanic eruptions on aquatic habitat in the Drift River, Alaska, USA: implications at other cook inlet region volcanoes. *Environmental management*, 23(2), 217.

Doronzo, D. M., Di Vito, M. A., Arienzo, I., Bini, M., Calusi, B., Cerminara, M., ... ve Zanchetta, G. (2022). The 79 CE eruption of Vesuvius: A lesson from the past and the need of a multidisciplinary approach for developments in volcanology. *Earth-Science Reviews*, 231, 104072.

Dölek, İ, Sönmez, E. (2016). Türkiye'nin Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri. (ss.10-28)

Dölek, İ. (2020). Afetler ve afet yönetimi. *Pegem Akademi Yayıncılık*, Ankara.

Edurisk, (2009). "Chi siamo". https://www.edurisk.it/chi-siamo/, (04.07.2023)

Ekşi, A. (2015). Afet önetiminde İçsel Denetim Aracı Olarak Etik. *International Journal of Economic & Administrative Studies*, 8(15).

EM-DAT. (1999). "EM-DAT Glossary". https://www.emdat.be/Glossary, (03.04.2023)

Encyclopædia Britannica. (2023). "Krakatoa". https://www.britannica.com/science/volcanic-eruption, (22.06.2023)

Encyclopædia Britannica. (2023). "Mount Pelée". https://www.britannica.com/place/Mount-Pelee, (22.06.2023)

Encyclopædia Britannica. (2023). "Mount Ruiz". https://www.britannica.com/place/Andes-Mountains, (23.06.2023)

Encyclopedia Britannica. (2023). "Vesuvius". https://www.britannica.com/place/Vesuvius, (31.05.2023)

Encyclopedia Britannica. (2023). "Volcano". https://www.britannica.com/science/volcano/Secondary-damage, (02.06.2023)

Encyclopedia Britannica. (2023). "volcanology". https://www.britannica.com/science/volcanology, (27.06.2023)

Encyclopedia Britannica. (2023). “Hot Springs and Geysers”.https://www.britannica.com/science/volcano/Volcanoes-and-geothermal-energy. (09.05.2023)

Encyclopedia Britannica. (2023). “Volcanism”. https://www.britannica.com/science/seamount, (25.04.2023)

Ensonhaber. (2022). "Türkiye'nin Volkan Haritası". https://www.ensonhaber.com/yasam/turkiyenin-volkan-haritasi, (14.06.2023)

Erfurt-Cooper, P., Sigurdsson, H., ve Lopes, R. M. (2015). Volcanoes and tourism. In The encyclopedia of volcanoes (ss. 1295-1311). Academic Press.

Erkal, T., ve Değerliyurt, M. (2009). Türkiye’de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.

Erkul, H. (2012). Jeotermal enerjinin ekonomik katkıları ve çevresel etkileri: Denizli-Kızıldere jeotermal örneği. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 10(19), 115-133.

Erturaç, M. K., Okur H., ve Ersoy, B. (2017). Göllüdağ Volkanik Kompleksi İçerisinde Kültürel ve Jeolojik Miras Öğeleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(1), 17-34.

Eskin, B., Tuncer, M., ve Demirçivi, B. M. (2017). Alternatif turizm çeşidi olarak ekolojik turizm: Hasan Dağı örneği. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 15-26.

Euronews. (2019). "Dinozorların sonunu asteroit mi yoksa yanardağlar mı getirdi?". https://tr.euronews.com/2019/02/22/dinazorlarin-sonunu-asteroit-mi-yoksa-yanardaglar-mi-getirdi, (21.06.2023)

Euronews. (2021). "Nyiragongo Yanardağı Patlaması". https://tr.euronews.com/2021/05/24/kongo-da-24-saat-icinde-yanardag-patlad-alt-n-madeninde-gocuk-meydana-geldi-en-az-28-kisi-, (30.05.2023)

Euronews. (2022). "Volkan patlaması". https://tr.euronews.com/tag/volkan-patlamasi, (06.06.2023)

European Commission. (2023). "European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations-Italy". https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/national-disaster-management-system/italy_en, (03.07.2023)

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2023). "History of FEMA". https://www.fema.gov/about/history, (30.06.2023)

Forbes. (2021). "The 27 Most Active Volcanoes In The World And What Could Erupt Next". https://www.forbes.com/sites/jimdobson/2021/04/09/the-27-most-active-volcanoes-in-the-world-and-what-could-erupt-next/?sh=380c0d747836, (12.06.2023)

Gertisser, R., ve Self, S. (2015). The great 1815 eruption of Tambora and future risks from large-scale volcanism. *Geology Today*, 31(4), 132-136.

Giacomelli, L., Perrotta, A., Scandone, R., ve Scarpati, C. (2003). The eruption of Vesuvius of 79 AD and its impact on human environment in Pompeii. *Episodes Journal of International Geoscience*, 26(3), 235-238.

Gladson I. (2004). *Natural DisastersandOtherEmergencies, WhatYouShouldKnow: A Family Planning andSurvival Guide*, FrontlinePublishers.

Gorokhovich, Y. (2013). Santorini Eruption. In P. Bobrowsky, *Encyclopedia of Natural Hazards.* (ss. 884-895). Springer-Verlag.

Griffiths, R. W. (2000). The dynamics of lava flows. *Annual review of fluid mechanics*, 32(1), 477-518.

Gueugneau, V., Kelfoun, K., Charbonnier, S., Germa, A., ve Carazzo, G. (2020). Dynamics and impacts of the May 8th, 1902 pyroclastic current at Mount Pelée (Martinique): new insights from numerical modeling. *Frontiers in Earth Science*, 8, 279.

Guillet, S., Corona, C., Stoffel, M., Khodri, M., Lavigne, F., Ortega, P., ... ve Oppenheimer, C. (2017). Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records. *Nature geoscience*, 10(2), 123-128.

Güler, H. H. (2008). Zarar azaltmanın temel ilkeleri. *Afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri*, 35-50.

Güngör, Y. (2020). Dünyayı etkileyen önemli afetler ve alınan dersler. Ders Notları, İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul, https://auzefalmsstorage. blob. core. windows. net/auzefcontent/ders/dunyayi_etkileyen_onemli_afetler_ve_alinan_dersler/index. html (Erişim Tarihi: 30.04. 2020).

Güngör, Y. (2020). Volkanizma. Dünyayı Etkileyen Önemli Afetler ve Alınan Dersler(ss.112).İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını.

Habertürk. (2012). "Gölcük Yanardağı Aktifleşebilir". https://www.haberturk.com/yasam/haber/766470-golcuk-yanardagi-aktiflesebilir, (16.06.2023)

Head, J. W., ve Wilson, L. (2015). Volcanism on Mercury. In *The Encyclopedia of volcanoes* (ss. 701-716). Academic Press.

Hittite Monuments. (2023). "Göllüdağ Lions". https://www.hittitemonuments.com/golludag/index.htm, (16.06.2023)

Howstuffworks. (2021). "7 Hot Facts About the Pacific Ring of Fire". https://science.howstuffworks.com/environmental/earth/geology/ring-of-fire.htm#:~:text=, (25.06.2023)

IAVCEI Commission on Volcanic Hazard and Risk. (2023). " Commission on Volcanic Hazard and Risk". https://cvhr.iavceivolcano.org/, (29.06.2023)

IAVCEI Commission on Volcanic Hazard and Risk. (2023). "General Commission Goals for Next Five Years". https://cvhr.iavceivolcano.org/about/general-commission-goals-for-next-five-years/, (29.06.2023)

IAVCEI. (2023). "Commissions". https://www.iavceivolcano.org/commissions-networks/, (30.06.2023)

IAVCEI. (2023). "Links with IUGG and other organizations". https://www.iavceivolcano.org/about/links-with-iugg-and-other-organizations/, (28.06.2023)

IAVCEI. (2023). "What is IAVCEI". https://www.iavceivolcano.org/about/, (27.06.2023)

IAVCEI-CVHRVolcanic Hazard Maps. (2023). "Home". https://volcanichazardmaps.org/, (29.06.2023)

Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). (2023). "About IRIS". https://www.iris.edu/hq/about_iris#mission-statement, (29.06.2023)

INGV. (2023). "Calendari". https://istituto.ingv.it/it/risorse-e-servizi/formazione-e-informazione/calendari-scolastici.html, (04.07.2023)

Isparta Valiliği. (2023). "Gölcük Tabiat Parkı". http://www.isparta.gov.tr/golcuk-tabiat-parki, (16.06.2023)

Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia. (2023). "Surveıllance Servıce Of Actıve Volcanoes". https://www.ingv.it/en/monitoring-and-infrastructure/surveillance/active-volcano-surveillance-service, (03.07.2023)

Kadıoğlu, M. (2008). Modern Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri. *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri* (s. 4)

Karacadağ Klkınma Ajansı. (2021). "Karacadağ Jeopark UNESCO Yolunda". https://www.karacadag.gov.tr/haber/11988/karacadag-jeopark-unesco-yolunda/, (18.06.2023)

Karakhanian, A., Djrbashian, R., Trifonov, V., Philip, H., Arakelian, S., ve Avagian, A. (2002). Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factors for Armenia and adjacent countries. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 113(1-2), 319-344.

Karaman, Z. T. (2017). Afet yönetimine giriş ve Türkiye'de örgütlenme. *Bütünleşik Afet Yönetimi (Ed. Zerrin Toprak Karaman, Asuman Altay), Birleşik Matbaacılık, İzmir*, 1-39.

Karaoğlu, Ö., ve Kılıç, S. (2017). Nemrut Volkanı ve Kral Nemrut'un Efsanesi. *Mavi Gezegen*, 22, 28-37.

Katrínardóttir, B., Alves, J. A., Sigurjónsdóttir, H., Hersteinsson, P., ve Gunnarsson, T. G. (2015). The effects of habitat type and volcanic eruptions on the breeding demography of Icelandic Whimbrels Numenius phaeopus. *PloS one*, 10(7), e0131395.

Kemaloğlu, M. (2015). Türkiye'de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 52, 126-147.

Kiliç, N. (2017). Çevre ve Dış Politika İlişkisi: Çernobil Kazası ve Türk Dış Politikasına Yansıması. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 151-179.

Kim, J., Yang, S. B., ve Torneo, A. R. (2022). A Comparative Examination of Disaster Organizations in the Philippines, South Korea, and the United States. *Asia-Pacific Social Science Review*, 22(1).

Koçaklı, K, ve Zorer, H. (2019). Strato-Volkanlarda Jeomorfolojik Evrim; Etrüsk Dağı Örneği/Geomorphological Evolution In Stratovolcanoes, Sample Of Etrusk Mountain. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss.154-164)

Körbalta, H. (2018). Kula Volkanik Jeoparkı Yönetim Planı" İçin Öneriler. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42(2), 191-214.

Lavigne, F., Degeai, J. P., Komorowski, J. C., Guillet, S., Robert, V., Lahitte, P., ... ve De Belizal, E. (2013). Source of the great AD 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(42), 16742-16747.

Lebedev, V. A., Sharkov, E. V., Ünal, E., ve Keskin, M. (2016). Late Pleistocene Tendürek volcano (Eastern Anatolia, Turkey): I. Geochronology and petrographic characteristics of igneous rocks. *Petrology*, 24, 127-152.

Leone, F., ve Gaillard, J. C. (1999). Analysis of the institutional and social responses to the eruption and the lahars of Mount Pinatubo volcano from 1991 to 1998 (Central Luzon, Philippines). *GeoJournal*, 49, 223-238.

Lettieri, E., Masella, C., ve Radaelli, G. (2009). Disaster management: findings from a systematic review. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 18(2): 117-136.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Erciyes Dağı". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/erciyes, (16.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Girekol Tepe". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/girekol-tepe, (16.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Hasan Dağı".https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/hasan-dagi, (18.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Karacadağ". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/karacadag, (18.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Karapınar Volkanik Alanı". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/karapinar, (18.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Nemrut Dağı". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/nemrut, (21.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Tendürek Dağı". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/tendurek, (21.06.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Turkvolc-Hakkımızda". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/hakkimizda, (06.07.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Turkvolc-Projenin Amaçları". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/projenin-amaclari, (06.07.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "TurkVolc'un Faaliyetleri". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/turkvolcun-faaliyetleri, (06.07.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Türkiye'nin Volkanları". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/turkiyenin-volkanlari, (06.07.2023)

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2022). "Volkanik Tehlikeler". https://www.mta.gov.tr/turkvolc/tr/volkanik-tehlikeler, (04.05.2023)

Major, J. J., Pierson, T. C., ve Vallance, J. W. (2018). *Lahar—River of volcanic mud and debris* (No. 2018-3024). US Geological Survey.

Malawani, M. N., Lavigne, F., Sastrawan, W. J., Sirulhaq, A., ve Hadmoko, D. S. (2022). The 1257 CE cataclysmic eruption of Samalas volcano (Indonesia) revealed by indigenous written sources: Forgotten kingdoms, emergency response, and societal recovery. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 432, 107688.

Marshall, L. R., Maters, E. C., Schmidt, A., Timmreck, C., Robock, A., ve Toohey, M. (2022). Volcanic effects on climate: recent advances and future avenues. *Bulletin of Volcanology*, 84(5), 54.

Mather, T. A. (2015). Volcanoes and the environment: Lessons for understanding Earth's past and future from studies of present-day volcanic emissions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 304, 160-179.

Minivulcanologi. (2008). "Minivulcanologi". https://medialab.sissa.it/minivulcanologi/, (04.07.2023)

Mousavi, S. M. (2017). Landslide susceptibility in cemented volcanic soils, ask region, Iran. *Indian Geotechnical Journal*, 47(1), 115-130.

NASA. (2022). “Volcano-observing Drone Flights Open Door to Routine Hazard Monitoring”. https://www.nasa.gov/feature/ames/volcano-observing-drone-flights-open-door-to-routine-hazard-monitoring/, (08.07.2023)

Nasa Earth Observatory. (2009). "Mount Tambora Volcano, Sumbawa Island, Indonesia". https://earthobservatory.nasa.gov/images/39412/mount-tambora-volcano-sumbawa-island-indonesia, (21.06.2023)

National Park Service. (2023). "Volcanic Domes". https://www.nps.gov/articles/000/domes.htm, (09.05.2023)

National Park Services. (2023). "Cinder Cones". https://www.nps.gov/articles/000/cinder-cones.htm, (05.05.2023)

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi. (2021). "Üniversitemizin Paydaşı Olduğu “Hasan Dağı Volkanizmasının Tektonik ve Volkanik Açıdan Jeodezik ve Fiziksel Sensörler İle İzlenmesi” Başlıklı Projeye TÜBİTAK Desteği". https://www.ohu.edu.tr/haber/universitemizin-paydasi-oldugu-hasan-dagi-volkanizmasinin-tektonik-ve-volkanik-acidan-jeodezik-ve-fiziksel-sensorler-ile-izlenmesi-baslikli-projeye-tubitak-destegi/21531, (18.06.2023)

Noji, E. K. (1991). Natural disasters. *Critical care clinics*, 7(2), 271-292.

Osservatorio Vesuviano. (2023). "Monitoraggio Geochimico". https://www.ov.ingv.it/index.php/monitoraggio-geochimico, (04.07.2023)

Osservatorio Vesuviano. (2023). "Monitoraggio Geodetico". https://www.ov.ingv.it/index.php/monitoraggio-geodetico, (04.07.2023)

Osservatorio Vesuviano. (2023). "Monitoraggio Sismologico". ov.ingv.it/index.php/monitoraggio-sismologico, (04.07.2023)

Özdemir, E. T., ve Deniz, A. (2015). Yanardağ Patlamalarının Türkiye'deki FIR Sahaları Üzerine Etkisi: Volkanik Kül İçin 14 Nisan 2010 Örnek Olay İncelemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(5), 149-154.

Paris, R. (2013). Shield volcano. Encyclopedia of Earth Sciences Series, 910–911.

Peers, J. B., Gregg, C. E., Lindell, M. K., Pelletier, D., Romerio, F., ve Joyner, A. T. (2021). The Economic Effects of Volcanic Alerts—A Case Study of High-Threat US Volcanoes. *Risk analysis*, 41(10), 1759-1781.

Quah, J. Y., Hayes, J. L., Fitzgerald, R. H., Lerner, G. A., Jenkins, S. F., Wilson, T. M., ... ve Fleischmann, C. (2022). Fire From Volcanic Activity: Quantifying the threat from an understudied hazard.

Resmi Gazete. (2009). "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun". https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090617-1.htm, (14.04.2023)

Reyes, P. J. D., Bornas, M. A. V., Dominey-Howes, D., Pidlaoan, A. C., Magill, C. R., ve Solidum Jr, R. U. (2018). A synthesis and review of historical eruptions at Taal Volcano, Southern Luzon, Philippines. *Earth-science reviews*, 177, 565-588.

Roberti, G., Roberts, N. J., ve Lit, C. (2021). Climatic influence on volcanic landslides. Volcanic Debris Avalanches: *From Collapse to Hazard*, 121-141.

Schaller, N., Griesser, T., Fischer, A., Stickler, A., ve Onnımann, S. (2009). Climate effects of the 1883 Krakatoa eruption: Historical and present perspectives. *Vjschr. Natf. Ges. Zürich*, 154, 31-40.

Schmitt, A. K., Danišík, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, İ., ve Lovera, O. M. (2014). Identifying the volcanic eruption depicted in a neolithic painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey. *PloS one*, 9(1), e84711.

Sciencing. (2023). "The History of Volcanology". https://sciencing.com/history-volcanology-5397406.html, (27.06.2023)

Seib, N., Kley, J. ve Büchel, G. (2013). Identification of maars and similar volcanic landforms in the West Eifel Volcanic Field through image processing of DTM data: Efficiency of different methods depending on preservation state. *International Journal of Earth Sciences*, 102(3), 875–901.

Shaluf, I. M. (2007). Disaster types in Malaysia: an overview. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 16(5): 704-717.

Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., Rymer, H., ve Stix, J. (2015). Volcanism on Mercury. *The encyclopedia of volcanoes*. (ss. 701-716). Elsevier.

Sigurdsson, H., Houghton, B., Rymer, H., Stix, J., & McNutt, S. (2000). The history of volcanology. *Encyclopedia of volcanoes*, 15-37.

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "About GVP".https://volcano.si.edu/gvp_about.cfm, (28.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Ararat". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213040, (14.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Erciyes Dagi". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213010, (16.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Girekol". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213022, (16.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Gölcük". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213801, (16.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Göllüdag". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213003, (16.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Hasan Dagi". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213002, (18.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Karaca Dag". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213011, (18.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Karapinar Field". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213001, (18.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Krakatau". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=262000, (22.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Kula". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213000, (19.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Nemrut Dagi". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213020, (21.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Nevado del Ruiz". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=351020, (23.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Pelée". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=360120, (22.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Rinjani". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=264030&vtab=Photos, (23.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Santorini". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=212040, (23.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Tambora". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=264040, (21.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Tambora-External Sites". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=264040#, (30.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Tendürek Dagi". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=213030, (21.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Turkey Volcanoes". https://volcano.si.edu/volcanolist_countries.cfm?country=Turkey, (25.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2013). "Vesuvius". https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211020, (24.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "Frequent Questions". https://volcano.si.edu/faq/index.cfm, (09.06.2023)

Smithsonian Institution Global Volcanism Program. (2023). "What volcanoes are the most noteworthy?". https://volcano.si.edu/faq/index.cfm?question=eov_noteworthy, (12.06.2023)

Smithsonian Institution. (2013). "Turkey Volcanoes". https://volcano.si.edu/volcanolist_countries.cfm?country=Turkey, (06.07.2023)

Smithsonian Institution. (2023). "How many active volcanoes are there?". https://volcano.si.edu/faq/index.cfm?question=activevolcanoes, (03.05.2023)

Sputnik Türkiye. (2021). "AFAD: Depremler sonrası Hasan Dağı volkanı harekete geçti". https://sputniknews.com.tr/20211118/afad-depremler-sonrasi-hasan-dagi-volkani-harekete-gecti-1050928647.html, (18.06.2023)

Sumita, M., ve Schmincke, H. U. (2013). Impact of volcanism on the evolution of Lake Van II: temporal evolution of explosive volcanism of Nemrut Volcano (eastern Anatolia) during the past ca. 0.4 Ma. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 253, 15-34.

Sür, Ö. (1994). Türkiye'de volkanizma ve volkanik yerşekilleri. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Dergisi*, S, 3, 29-52.

Szakács, A. (1994). Redefining active volcanoes: a discussion. Bulletin of Volcanology, 56(5), 321–325.

Şengün, H., ve Temiz, A. (2007). Afet yönetimi ve Karabük. TMMOB Afet Sempozyumu, 7Aralık, 261-278.

Taib, Z. M., Jaharuddin, N. S., ve Mansor, Z. D. (2016). A review of flood disaster and disaster management in Malaysia. *International Journal of Accounting & Business Management*, 4(3).

Tanguy, J. C. (1994). The 1902–1905 eruptions of Montagne Pelée, Martinique: anatomy and retrospection. *Journal of volcanology and geothermal research*, 60(2), 87-107.

Taştan, B. (2015). Çoklu afet risk yönetiminde tehlike ve zarar görebilirlik belirlenmesi için gereksinim analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (31), 366-397.

Tatvan Kaymakamlığı. (2023). "Nemrut Krateri". http://www.tatvan.gov.tr/nemrut-krateri, (21.06.2023)

The Universty of Arizona News. (2022). "Researchers home in on Thera volcano eruption date". https://news.arizona.edu/story/researchers-home-thera-volcano-eruption-date, (23.06.2023)

Thouret, J. C., Gibert-Malengreau, B., Vargas, C. A., Naranjo, J. L., Vandemeulebrouck, J., Valla, F., ve Funk, M. (2007). Volcano–glacier interactions on composite cones and lahar generation: Nevado del Ruiz, Colombia, case study. *Annals of Glaciology*, 45, 115-127.

ToughtCo. (2021). "How Does a Volcano Work?". https://www.thoughtco.com/what-happens-when-a-volcano-erupts-4151722, (26.03.2023)

Tubitak. (2016). "Volkanik Topraklar Neden Verimlidir?". https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/volkanik-topraklar-neden-verimlidir, (05.06.2023)

Tuncer, C. O. Kamu Yönetimi Bağlamında Afet Yönetiminde Örnek Bir Uygulama: AYDES. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi*, 2022(59), 158-180.

TUVAK. (2023). "Tuvak Hakkında". https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/tuvak-hakkinda, (06.07.2023)

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK). (2021). "Hasan Dağı Volkanizmasının Tektonik ve Volkanik Açıdan Jeodezik ve Fiziksel Sensörler İle İzlenmesi". https://deprem.tubitak.gov.tr/assets/pdf/06_Ogleden_Sonra_Oturumlar/OglenSalonB/OzetKontrolOglenB/06_Hac%C4%B1%20Murat%20Y%C4%B1lmaz_Ozet.pdf, (18.06.2023)

Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). "Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2022". https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685#:~:text=, (14.06.2023)

Türkiye Kültür Portalı. (2012). "Kula Volkanları-Manisa". https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/manisa/gezilecekyer/kula-volkanlari, (19.06.2023)

U.S. Department of the InterıorOffice of Congressional and Legislative Affairs. (2006). "Volcanic Hazards". https://www.doi.gov/ocl/Volcanic-Hazards#:~:text=The%20USGS%20and%20its%20Federal,volcanoes%20are%20erupting%20(Mount%20St., (01.07.2023)

Ulusoy, I., Sarıkaya, M. A., Schmitt, A. K., Şen, E., Danišík, M., ve Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. *Quaternary Science Reviews*, 212, 187-198.

Ulusoy, İ., Çubukçu, H. E., Aydar, E., Labazuy, P., Ersoy, O., Şen, E., ve Gourgaud, A. (2012). Volcanological evolution and caldera forming eruptions of Mt. Nemrut (Eastern Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 245, 21-39.

Ulusoy, İ., Çubukçu, H. E., Mouralis, D., ve Aydar, E. (2019). Nemrut Caldera and Eastern Anatolian volcanoes: fire in the highlands. *Landscapes and Landforms of Turkey*, 589-599.

UNDRR. (2015). "Afet Riskinin Azaltılmasına İlişkin Sendai Çerçeve Terminolojisi".https://www.undrr.org/terminology/hazard, (03.04.2023)

UNDRR. (2015). "Afet Riskinin Azaltılmasına İlişkin Sendai Çerçeve Terminolojisi".https://www.undrr.org/terminology/capacity,(03.04.2023)

UNDRR. (2015). "Afet Riskinin Azaltılmasına İlişkin Sendai Çerçeve Terminolojisi". https://www.undrr.org/terminology/recovery, (18.04.2023)

United States Geolagical Survey. (2023). "Information About Volcanologists". https://www.usgs.gov/observatories/cascades-volcano-observatory/information-about-volcanologists#:~:text=, (27.06.2023)

United States Geological Survey. (2017). "Volcano Hazard Program, Glossary-VEI". https://volcanoes.usgs.gov/vsc/glossary/vei.html, (21.06.2023)

United States Geological Survey. (2022). "Active, Dormant and Extinct Volcanoes".https://www.usgs.gov/observatories/yvo/news/active-dormant-and-extinct-clarifying-confusing-classifications, (08.06.2023)

United States Geological Survey. (2022). "The Volcano Hazards Program — Strategic Science Plan for 2022–2026". https://pubs.er.usgs.gov/publication/cir1492, (01.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). " USGS provides volcanic ash cloud forecasts and ashfall information". https://www.usgs.gov/programs/VHP/usgs-provides-volcanic-ash-cloud-forecasts-and-ashfall-information, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "About Volcanoes". https://www.usgs.gov/programs/VHP/about-volcanoes, (28.04.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Be ready for the next volcanic event". https://www.usgs.gov/programs/VHP/be-ready-next-volcanic-event, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Comprehensive monitoring provides timely warnings of volcano reawakening", https://www.usgs.gov/programs/VHP/comprehensive-monitoring-provides-timely-warnings-volcano-reawakening, (30.06.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Coordination Plans". https://www.usgs.gov/programs/VHP/coordination-plans, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Digital Elevation Models (DEMs) map changes to a volcano's topography". https://www.usgs.gov/programs/VHP/digital-elevation-models-dems-map-changes-volcanos-topography, (02.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Education". https://www.usgs.gov/programs/VHP/education, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Geologic maps tell the history of a volcano's formation". https://www.usgs.gov/programs/VHP/geologic-maps-tell-history-volcanos-formation, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "How many active volcanoes are there on Earth?". https://www.usgs.gov/faqs/how-many-active-volcanoes-are-there-earth#:~:text=, (25.06.2023)

United States Geological Survey. (2023). "How the volcano observatories around the world and international organizations cooperate on research and monitoring of active volcanoes?", https://www.usgs.gov/observatories/yvo/news/how-do-volcano-observatories-around-world-and-international-organizations#:~:text=, (27.06.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Monitoring Volcano Seismicity Provides Insight to Volcanic Structure". https://www.usgs.gov/programs/VHP/monitoring-volcano-seismicity-provides-insight-volcanic-structure, (02.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "News". https://www.usgs.gov/programs/VHP/news, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Regional Preparedness Resources". https://www.usgs.gov/programs/VHP/regional-preparedness-resources, (03.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Rivers and Lakes Transport and House Volcanic Material". https://www.usgs.gov/programs/VHP/rivers-and-lakes-transport-and-house-volcanic-material, (02.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Science data catalog-volcanology", https://data.usgs.gov/datacatalog/browse/topics/volcanology, (27.06.2023)

United States Geological Survey. (2023). "USGS operates five U.S. Volcano Observatories". https://www.usgs.gov/programs/VHP/usgs-operates-five-us-volcano-observatories, (28.06.2023)

United States Geological Survey. (2023). "Volcano Notifications Deliver Situational Information". https://www.usgs.gov/programs/VHP/volcano-notifications-deliver-situational-information, (02.07.2023)

United States Geological Survey. (2023). "What We Do-Volcano Hazards Program". https://www.usgs.gov/programs/VHP/what-we-do-volcano-hazards-program, (28.06.2023)

United_States_Geological_Survey#Volcano_Early_Warning_Systems, (01.07.2023)
USGS. (1980). "The economıc effects of the eruptıons of mt. st. helens". https://volcanoes.usgs.gov/vsc/file_mngr/file-78/pub1096.pdf, (30.05.2023)

Voight, B. (1990). The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection. *Journal of volcanology and geothermal research*, 44(3-4), 349-386.

Volcano Dıscovery. (2023). "Hasan Dagı Volcano". https://www.volcanodiscovery.com/hasan_dagi.html, (18.06.2023)

Volcano Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA). (2023). "VOGRIPA Home". https://www2.bgs.ac.uk/vogripa/index.cfm, (30.06.2023)

Volcano Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA). (2023). "Partners and sponsors". https://www2.bgs.ac.uk/vogripa/view/controller.cfc?method=partners, (30.06.2023)

Wikipedia. (2023). “Eyjafjallajökull”. https://tr.wikipedia.org/wiki/Eyjafjallaj%-C3%B6kull, (28.03.2023)

Wikipedia. (2021). "Ludger Sylbaris". https://en.wikipedia.org/wiki/Ludger_Sylbaris, (22.06.2023)

Wikipedia. (2023). "İzlanda'da Jeotermal Enerji". https://en.wikipedia.org-/wiki/Geothermal_power_in_Iceland, (05.06.2023)

Wikipedia. (2023). "List of volcanic eruptions by death toll". https://en.wikip-edia.org/wiki/List_of_volcanic_eruptions_by_death_toll, (21.06.2023)

Wikipedia. (2023). "Santorini". https://tr.wikipedia.org/wiki/Santorini, (23.06.2023)

Wikipedia. (2023). "United States Geological Survey". https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Geological_Survey, (01.07.2023)

Wikipedia. (2023). "Volkanik Kış". https://tr.wikipedia.org/wiki/Volkanik_k%C4%B1%C5%9F, (26.05.2023)

Wisner, B. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. Psychology Press.

World HealthOrganization. (2002). “Disasters&Emergencies”. https://apps.who.int/disasters/repo/7656.pdf, (30.03.2023)

World Organization of Volcano Observatories. (2019-2023). "Members'

Observatories Directory". https://wovo.iavceivolcano.org/observatories, (28.06.2023)

World Organization of Volcano Observatories. (2019-2023). "Volcanic Alert Levels". https://wovo.iavceivolcano.org/volcanic-alert-levels/9-volcanic-alert, (02.07.2023)

World Organization of Volcano Observatories. (2019-2023). "What we do". https://wovo.iavceivolcano.org/, (28.06.2023)

Worlddata.info. (2023). "Volcanoes in the Philippines". https://www.worlddata.info/asia/philippines/volcanoes.php, (05.07.2023)

WOVOdat. (2023). "WOVOdat". https://www.wovodat.org/, (28.06.2023)

Yaman, D. F. (2021) Dünya'da ve Ülkemiz'de Afet & Acil durum Yönetimi ve Güncel Yaklaşımlar.

Yaman, F., Ayrancı, E., ve Helvacıoğlu, İ. H. (2020). Türkiye'nin Ulusal Afet ve Acil Durum Yönetim Sisteminin Mevcut Hali ve Yeni Bir Yönetim Modeli Önerisi. *Resilience*, 4(2), 205-220.

Yıldırım Güngör, "Dünyayı Etkileyen Afetler Ve Alınan Dersler", İstanbul Üniversitesi, s.112

Yılmaz, M. (2010). Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviye Değisimlerinin Yaratmış Olduğu Çevre Sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 2(2), 145-163.

Yılmaz, Y., Güner, Y., ve Şaroğlu, F. (1998). Geology of the Quaternary volcanic centres of the East Anatolia. *Journal of volcanology and geothermal research*, 85(1-4), 173-210.

Yiğitbaşıoğlu, H. (2018). Süper Volkanlar Ve Küresel Etkileri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (1), 80–86.