

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOÇA TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

İlknur MUTİ

Şubat, 2009

İZMİR

FOÇA TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı

İlknur MUTİ

Şubat, 2009

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

İLKNUR MUTİ, tarafından **PROF. DR. M. YALÇIN KOCA** yönetiminde hazırlanan “**FOÇA TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından birYüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. M. Yalçın KOCA

Yönetici

Prof. Dr. Gültekin TARCAN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Halil KÖSE

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yöneten ve değerlendiren değerli hocam Prof. Dr. M. Yalçın KOCA'ya saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar ve büro çalışmalarımın çeşitleri aşamalarında yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Erhan AKAY ve Dr. Cem KINCAL'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasında yardımlarını gördüğüm Jeo. Müh. Gökhan KELLEÇİOĞLU'na ve Jeo. Müh. Murat GÖKSAL'a teşekkür ederim.

Ayrıca, bana her zaman destek olan aileme teşekkür ederim.

İlknur MUTİ

FOÇA TÜFLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

ÖZ

Tüfler, Türkiye'nin batısında Foça ve İzmir çevresinde geniş yayılım sunar. Tüfler genellikle pümeks dokusuna sahiptir. Foça yöresinde ve Ege Bölgesi'nin farklı yerlerinde mevcut ana mühendislik yapıları tüfler üzerinde yer almaktadır. Tüfler genellikle dayanım açısından sert zemin-zayıf kaya sınırındadırlar. Ayrıca, yüzeysel koşullarda ve atmosferik etkilerle de dağılabilmektedirler. Bu açıdan tüfler, ayrışmış ve boşluklu yapıya sahip olup mühendislik uygulamalarında sorunlu malzemeler olmuşlardır. Gözlemsel olarak ayrışma derecesi tayinlerinin uygulanabilirliğini kontrol etmek için; ayrışma derecesi belirlenmiş örnekler üzerinde sonradan aşağıda takip edilen araştırmalar yapılmıştır.

a) Kaya rneklerinin petrografik incelemesi yapılmış farklı ayrışma derecelerindeki tüflerin mineral bileşim tabloları hazırlanmıştır.

b) Ana elementler ve oksitlerin yüzde oranları kimyasal analiz çalışmaları ve x-ray difraksiyon çalışmaları ile belirlenmiştir.

c) Farklı ayrışma derecesindeki tüflerin mühendislik özellikleri ve P-Dalga hızları belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Ayrışma derecesi, Foça, Mühendislik zellikleri, P-Dalga hızı, Tf

ENGINEERING GEOLOGY OF THE FOCA TUFF

ABSTRACT

Tuffs occur widely around Foca town and Izmir city in western Turkey. Tuffs generally have pumice texture. Main engineering structures are being built in around the Foca town and different places in Aegean region, which are partially on tuffs. Tuffs with respect to the strength are being generally in the limit between weak rock and hard soil. Additionally, tuffs slake on exposure to the atmosphere. In this reason weathered tuffs caused some problems in many respect of engineering practice. Weathering grade of tuffs have been established macroscobicy and the following further investigations have been caried out on the weathering grade determined samples to check the applicability of observational weathering grade determinations in this study.

a) Petrographic study of the rock samples were carried out and modal analysis tables were prefered for each weathering grade.

b) Main element and oxides ratio's for each weathering grade were determined from the chemical analysis and x-ray diffractograms.

c) Engineering properties and P - Wave velocities of tuffs with different weathering grades were determined.

Keywords: Foca, Engineering properties, P - Wave velocities, Weathering grade, Tuff

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v

BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....1

1. Giriş.....	1
1.1 Çalışma Alanı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	1
1.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.4 Önceki Çalışmalar.....	4

BÖLÜM İKİ – ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ.....9

2. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	9
------------------------------------	---

BÖLÜM ÜÇ - MİNERALojİK, PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR.....13

3.1 Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar.....	13
3.1.1 Mikroskop Çalışmaları.....	13
3.1.2 X-Ray Difraksiyon Çalışmaları.....	20
3.2 Jeokimyasal Çalışmalar.....	24

BÖLÜM DÖRT – MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ.....27

4.1 Ayırışma.....	27
4.1.1 Ayırışmanın Tipleri.....	29

4.1.1.1 Fiziksel Ayrışma.....	30
4.1.1.1.1 Basınçtan Kurtulma.....	30
4.1.1.1.2 Donma ve Çözünme Olayları.....	30
4.1.1.1.3 Genleşme ve Büzülme Olayları.....	31
4.1.1.1.4 Aşınma (Abrasion).....	32
4.1.1.1.5 Yeni Kristallerin Oluşumu.....	32
4.1.1.2 Kimyasal Ayrışma.....	32
4.1.1.2.1 Oksidasyon-Redüksiyon.....	34
4.1.1.2.2 Hidratasyon.....	34
4.1.1.2.3 Karbonatlaşma.....	34
4.1.1.2.4 Erime.....	35
4.1.1.2.5. Hidroliz.....	35
4.1.1.3 Biyolojik Ayrışma.....	36
4.1.2 Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı.....	37
4.1.3 Kayaçlarda Ayrışma Derecesinin Tanımlanması.....	39
4.2 İndeks Özellikleri ve P-dalga Hızı.....	42
4.3 Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı.....	47
4.3.1 Amaç.....	47
4.3.2 Cihaz.....	47
4.3.2.1 Yükleme Cihazı.....	47
4.3.2.2 Yükleme Tablaları.....	47
4.3.3 Deney Numuneleri.....	49
4.3.4 Deneyin Yapılışı.....	49
4.3.5 Hesaplama.....	50
BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR.....	54

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1. Giriş

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

1.1 Çalışma Alanı

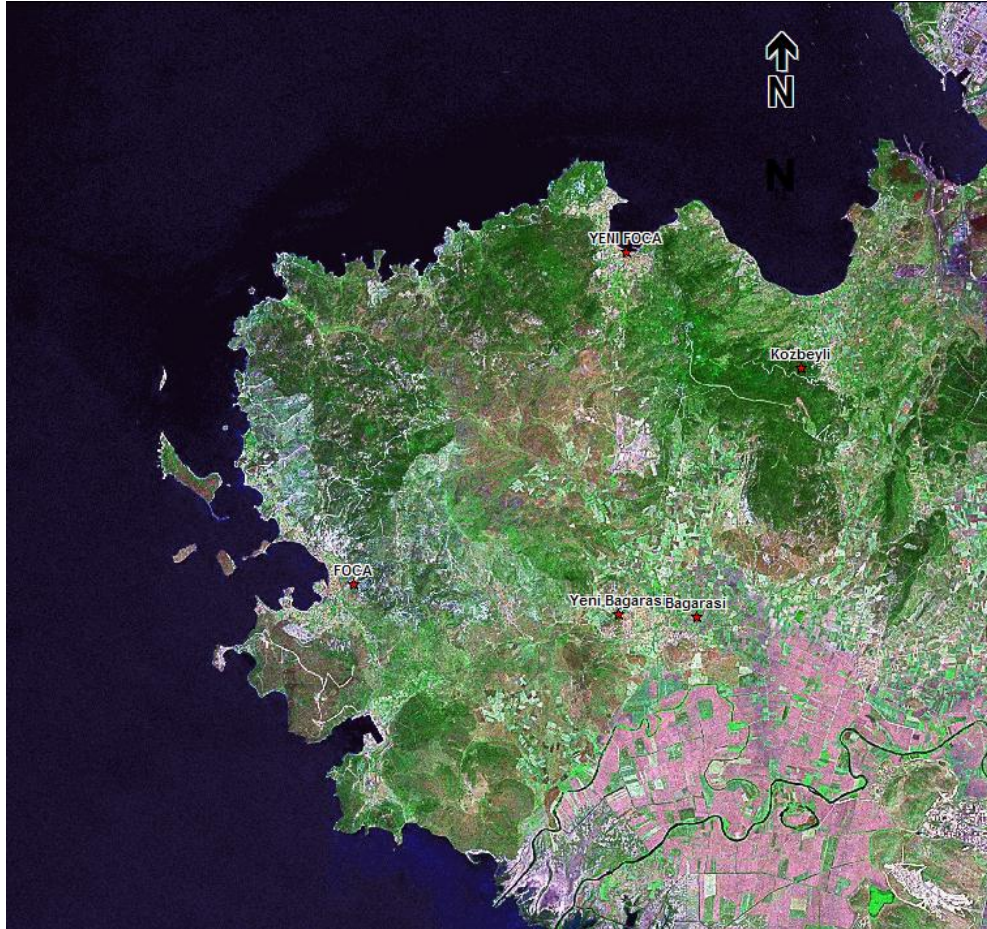
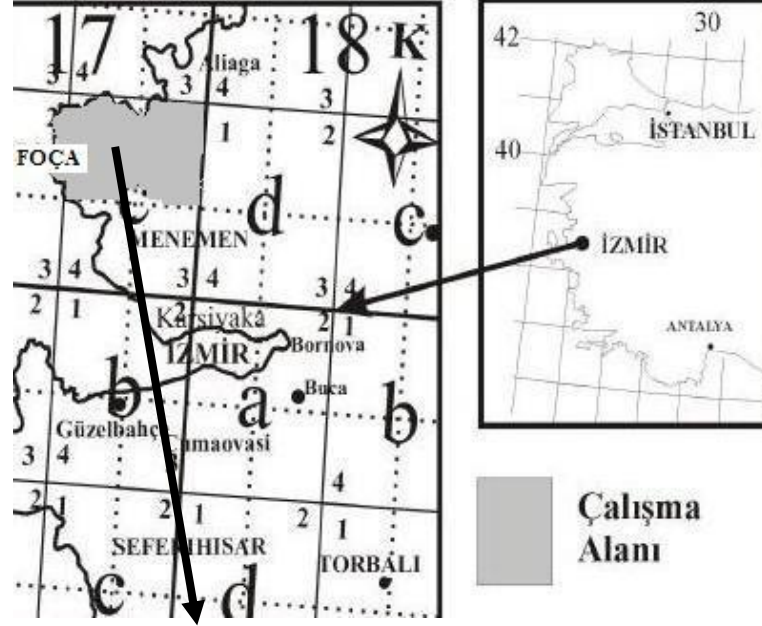
İzmir'in 70 km. kuzey batısında yeralan çalışma alanı Foça İlçesi'nde yer alır. Çalışılan alan Türkiye'nin 1/25000 ölçekli topografik haritalarının Urla K17-c1 ve K17-c2 paftalarında yer alır (Şekil 1.1). Foça ilçesi ile, Kozbeyli, Bağarası ve Yenibağarası köyleri inceleme alanı içerisinde yer alan yerleşim bölgeleridir. Bölgeye ulaşım asfalt yol ile sağlanmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

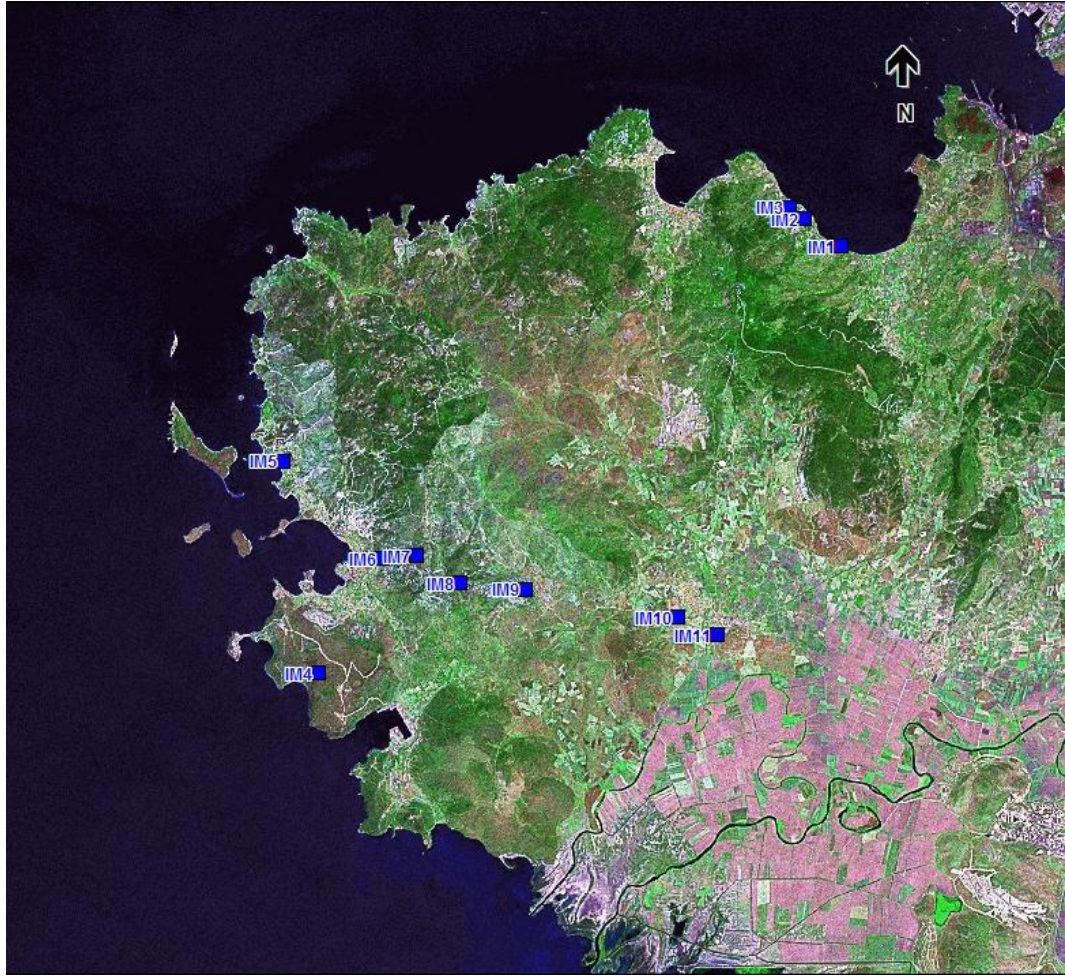
Çalışmanın amacı, arazi çalışmaları ile çeşitli ayrışma derecelerine göre sınıflandırılan tüflerin minerolojik ve kimyasal özelliklerini belirlemektir. Ayrıca, tüflerin ayrışma derecelerine bağlı olarak değişen mühendislik parametrelerinin belirlenmesidir (Şekil 1.2).

Tüfler yüzeysel koşullarda ve su ile temaslarında çok çabuk ayrışıp kil minerallerine dönüşebilen volkanik malzemelerdir. Bu özellikleri nedeniyle sert zemin – zayıf kaya sınıfında yer alırlar. Tüflerin bu özelliklerinin bilinmesi “tüflerin temel olması açısından” önemlidir. Ayrıca, tüfler açılacak yarmalarda ve oluşacak şevlerde yüzeysel koşulların etkisine maruz kalacaktır. Bu durum onların mühendislik özelliklerini doğrudan etkileyecektir. Değişik ayrışma

derecelerindeki tüflerin mühendislik parametrelerindeki değişikliklerin neler olduğunun bilinmesi bu tezin araştırması kapsamındadır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2 Örneklerin alındığı noktaları gösteren harita

1.3 İklim ve Bitki Örtüsü

Bölge kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak olan Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. İzmir ili içinde en az yağış alan ilçelerden biridir. Rüzgarlı gün sayısı fazladır. Akdeniz bitki örtüsüne sahip olan bölgede geniş makilik alanların yanında kızılçam ormanları da mevcuttur

1.5 Önceki Çalışmalar

LUMB (1962), “Hızlı Ayrışmave Bozuşmanın Kaya Özelliklerine Etkisi” adını taşıyan çalışmasında kayaların bozunmasının; toplam efektif poroziteye, gözenek boyutlarına, gözenek boyu dağılımına, çekme mukavemetine, iyon tipine ve gözenek sıvılarının konsantrasyonuna, nemletme-kuruma, donma-erime sıcaklığına tesir ettiğini belirtmiştir.

Araştırmacı, kayaların fiziksel özellikleri ile nitel bağlantılar arasındaki ilişkilerini saptayarak; hızlı ayrışmanın kayaların mühendislik özelliklerine etkisini incelemiştir. İklim sertliği ve tipinin fiziksel ve kimyasal ayrışmada önemli iki etken olduğunu belirterek; laboratuvar şartlarında kayalar üzerinde normal fiziksel ayrışma durumunu hızlandırarak, hızlandırılmış ayrışma deneyleri yapmıştır. Buna göre, birim hacim ağırlığı azaldıkça, su absorpsiyonu artmaktadır. Kayalar içerisinde absorbe olan su nemletme sırasında genişleme, donma ve kuruma sırasında büzüşmeye neden olur. Bu olay kayaların donma ve ergime dönemlerinde niçin bozuştuğunu açıklamaktadır. Su içeriği arttıkça nemlenme sırasında genişleme daha büyük olur. Kaya içerisinde mikrogözeneklerde bulunan bu su da düşük bir buhar basıncında bulunarak bunun sonucunda da gözeneklerdeki basınç genişlemeye neden olmaktadır. Donma olayı gözenekler içinde absorbe olmuş sudan daha büyük buhar basıncına sahip olduğundan, bu kayalarda çekme-kırılmaya sebep olur. Absorbe olmuş suyu barındıran numuneler mikro dalga fırınlarda ısıtıldığında absorbe olmuş suda daha düşük özgür enerji olduğu saptanmıştır.

Kayaların fiziksel ayrışma derecelerinin hem çevresel koşullara hem de kayanın mineral bileşimine ve gözenek yapısına bağlı olduğunu, küçük gözeneklerde de absorbe olmuş suyun osmotik sıvıların genişleme ve kaya yüzeyine verdiği de hesaba alınması gerektiğini belirtmiştir.

İZDAR VE ÖZGENÇ (1977), Bölgede doğudan batıya doğru sıralanan ve İzmir-Ankara zonuna paralel olan üç tektonik hattın, volkanik faaliyetin gelişmesinde önemli rol oynadığını belirtirler.

- Menemen-Osmancalı-Kınık hattı
- Cumaovası-İzmir-Üçpınar hattı
- Foça-Zeytindağ-Bergama hattı

Menemen-Osmancalı-Kınık hattı volkanları andezitik lavlarla eş yaşlı volkanik kayalardır. Cumaovası-İzmir-Üçpınar ve Foça-Zeytindağ-Bergama hattında asidik volkanik faaliyetler oluşmuştur (riyolitik piroklastikler ile perlit, pekştayn, veriyolit türündeki volkanik kayalar). Asit volkanlar faaliyet Dasiyen'de çok şiddetlidir. Cumaovası yöresi alkali riyolit-riyolit ve perlit içerir. Volkanik faaliyet, Kretase yaşlı Dereboğazı fayının batısında ve buna paralel KD-GB doğrultulu faylara bağımlı olarak göl ortamı içinde gelişmiştir.

İzmir bölgesinde yer alan volkanik kayalar genellikle andezit-bazalt türünde olup kalkalkalen karakterdedir.

ERGUVANLI VE YÜZER (1985), Ocak işletmelerini etkileyen mühendislik jeolojisi parametrelerinin incelendiği çalışmada, işletmeleri etkileyen ana parametreler, rezerv, mikro jeolojik parametreler (kristal dane şekli,doku, v.b.) ve makro jeolojik parametreler (tabaka, çatlak, fay, erime boşluğu v.b.) olarak üç ana başlık altında toplamıştır. Araştırmacılar “mühendislik jeolojisi parametreleri” olarak bilinen bu parametrelerin belirlenmesi için ayrıntılı 1/1000 ve 1/5000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritalarının hazırlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

FREITAS & LEE (1989), Yazarlar kayaların mühendislik özelliklerinin ayrışma derecesiyle değiştiğini belirtmişlerdir. Korean bölgesindeki kayaları tanımladıktan sonra onları; taze, az ayrışmış, orta derecede ayrışmış, yüksek derecede ayrışmış ve tamamen ayrışmış olarak sınıflamışlardır. Kaya materyalini sınıflandırırken göze alınması gereken özelliklerin başlıcalarını; renk değişimi, kimyasal ayrışma ve fiziksel bozunmanın derecesi, orijinal dokunun korunup korunmaması, kayacı oluşturan minerallerdeki değişimleri tanımsal ve sayısal olarak açıklamışlardır. Fiziksel ayrışmanın durumunun nadiren tanımlanabileceğini, sınıflama yapılırken kimyasal ayrışmanın etkisinin daha ağırlıklı olarak belirtildiğini vurgulamışlardır.

Korean granitlerinde ise fiziksel ayrışmanın etkilerinin kimyasal ayrışma kadar gözlemlendiğini belirtmektedirler. Ayrıca, orijinal dokunun CW (tamamen ayrışmış) derecesine kadar korunduğunu, RS (Rezidüel zemin) derecesinde ise orijinal dokunun kaybolduğunu, humuslaşma ve bitki köklerinin bulunduğu ayrışma derecesinin rezidüel zemin olduğu ve bunun Korean granitlerinde gözlemlendiğini belirtmektedirler.

Kaya kütlesi sınıflamasında ise orijinal dokunun varlığını, eklemler boyunca renk değişikliğinin derecesini, eklemler boyunca ayrışma derecesini, açık olan süreksizliklerdeki mevcut kaya-toprak dolgusunun oranının etken olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, granitik materyalin ayrışma şemasını hazırlamışlardır; kayacı taze, az ayrışmış, orta derecede ayrışmış, yüksek derecede ayrışmış, tamamen ayrışmış ve rezidüel toprak olarak 6 ayrışma derecesi sınıfına ayırdıktan sonra fiziksel bozunma ve kimyasal ayrışma derecelerini de göz önünde tutarak görsel tanımlamalarda bulunmuşlardır. Sonuç olarak araştırmacılar, ayrışma şemasının hazırlanmasında, ayrışma tanımlaması ve sınıflaması yapılmasında kaya materyali ve kaya kütlesi için ayrı ayrı özel terimler kullanılmasının gerekliliğini, ayrışmış materyalin tanımlamasında jeolojik tanımlama ile mekanik değerlendirmenin bir arada kullanılmasını, ayrışmış kütlenin tanımlanmasında ise; hem materyalin bileşenlerini (nelerden oluştuğunu) hem de hacimsel oranlarının hesaba katılması gerektiğini ve sonuç olarak da kaya kütlesinin mühendislik davranışlarında ayrışmanın etkisinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Fookes (1991), ayrışmanın kayaların agrega olarak kullanılma özelliklerini önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre kayaların mühendislik özellikleri ile agrega darbe dayanımları, agrega olma niteliklerini belirleyici önemli parametrelerdir.

TUĞRUL (1995), Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özellikleri üzerine ayrışmanın etkilerini araştırmış, ayrışmayı geliştiren faktörleri inceleyerek; ayrışmadan etkilenen bazaltlar için yeni bir ayrışma derecesi sınıflaması geliştirmiştir. Her ayrışma sınıfını petrografik ayrışma indeksi kavramı ile sayısal

olarak ifade etmiştir. Bu indeksin doğruluğunu, mikro çatlak yoğunluğu ve kimyasal indekslerle kontrol etmiştir. Ayrıca fiziksel, mekanik özellikler ile bu indeks değerleri karşılaştırılarak; belirli bir ayrışma sınıfından sonra bazaltların kayaç özelliklerini yitirmeleri ile ilgili olarak mühendislik özelliklerinde büyük oranda değişimlerin olduğunu saptamıştır.

GEMİCİ (1996), “Narlıdere Yöresindeki Şeyllerin Mühendislik Özellikleri” adını taşıyan çalışmada; değişik ayrışma derecelerindeki farklı şeyl tiplerinin mühendislik özelliklerini incelemiştir. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyini şeyllerin duraylılıklarını tanımlamak için kullanmıştır. Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyinden önce ve sonra şeyl parçalarının biçimindeki değişimi “fraktal boyutu” yöntemiyle açıklamıştır. Bu çalışmaya göre, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyinden önce ve sonra fraktal boyutundaki azalma arttıkça; ayrışma derecesi artmakta, duraylılık azalmaktadır.

CERYAN (1999), “Ayrışmış Kayaçlarda Kimyasal Ayrışma İndeksleri ile Mühendislik Özellikleri Arasındaki İlişkiler” adını taşıyan çalışmada, ayrışmış kayaçlarda kimyasal değişimi ifade etmek ve ayrışma derecelerini sayısal olarak tanımlamak için kimyasal ayrışma indeksini kullanmıştır. Araştırmacı ayrıca kimyasal ayrışma indeksleri ile kayacın fizikomekanik özellikleri arasında sayısal ilişkiler belirlemiştir. Doğakent-Giresun yöresindeki Harşit granitik kayaçlarında gelişen dört ayrışma profilinden alınan örnekler için kimyasal ayrışma indekslerini hesaplamış, ayrıca kimyasal ayrışma indeksleri ile tek eksenli basınç direnci, çekme direnci, dinamik elastisite modülü ve tanjant elastisite modülü arasındaki ilişkileri saptayama çalışmıştır. Ca, Na, Mg ve K’nın jeokimyasal olarak hareketli etmenler olduğundan ve kimyasal yıkanma sonucu bu elementlerin birim hacimdeki kaya malzemesinde miktarının azaldığını belirtmiştir. Bu nedenle ayrışmış malzemedeki CaO, Na₂O, MgO ve K₂O’nun hacimsel konsantrasyonlarının toplamının sağlam kayaçtaki toplamına göre değişimini kimyasal yıkanma oranı kabul etmiştir. Ayrışma ürünlerindeki Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂ ve SiO₂’nin hacimsel konsantrasyonlarının toplamının incelenen örnekteki toplamına oranını kimyasal ürün indeksi olarak tanımlamıştır.

KOCA (1999), İzmir yöresinde volkanik kayaçların bozunma ürünü killerin oluşum şekillerini ve mühendislik özelliklerini incelemiştir. Ayrıca, değişik bozunma derecelerine sahip andezitlerde bozunmanın derecesi arttıkça porozite, boşluk oranı, su içeriği, hacimce ve ağırlıkça su emme değerlerinin arttığını buna karşılık; birim hacim ağırlık ve direnç değerlerinin azaldığı vurgulanmıştır. Yazar, andezitlerin indeks özelliklerini dikkate alarak; kayacın ayrışma profilini tanımlamıştır.

TUĞRUL VE YILMAZ (2006), Birçok ocak yerinde, kayaçların bileşim ve dokuları, organik madde ve kavkı içeriği, yapısal unsurların kayaç kalitesine etkisi, farklı ayrışma türleri ve ürünleri, kayaçların kökeni ile ilgili zararlı bileşenler vb. unsurların çok kısa mesafelerde değiştiği, bu nedenle, ocaklarda işletim öncesi mühendislik jeolojisi araştırmalarının yapılması ile bu alanlarda bulunan kayaçların kalite değişimlerinin belirlenmesi, ocak üretiminin planlanmasında önemli rol oynadığını vurgulamıştır. Detaylı jeolojik araştırmalar yapılmadan açılacak ocaklar ile ilgili sakıncalara dikkat çekmiş ve bu bağlamda, ocak alanlarında yapılması gereken detaylı mühendislik jeolojisi araştırmalarına değinmiştir

BÖLÜM İKİ

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

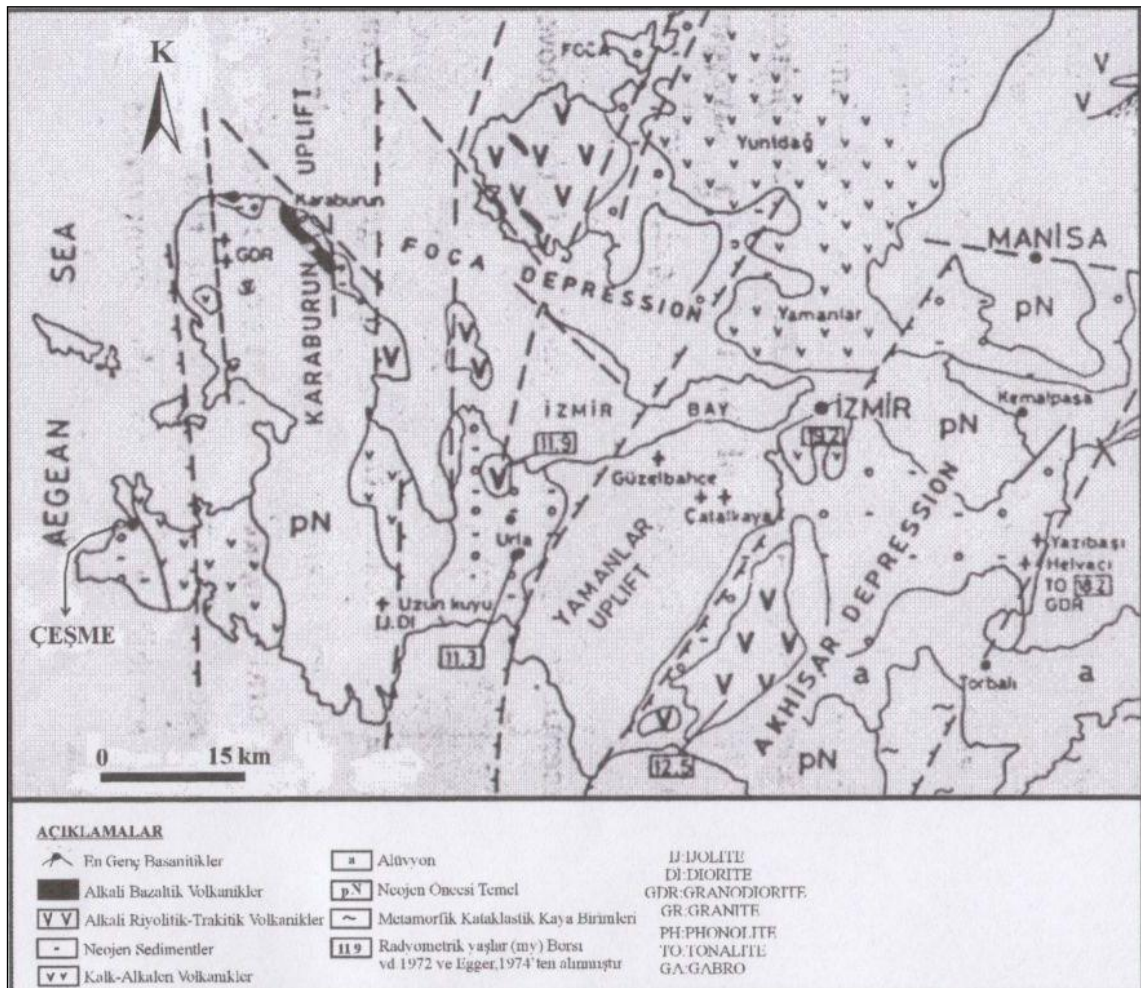
2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Batı Anadolu Yarımadası'nda üç farklı bileşimde volkanik kayalar yaygındır (Şekil 2.1).

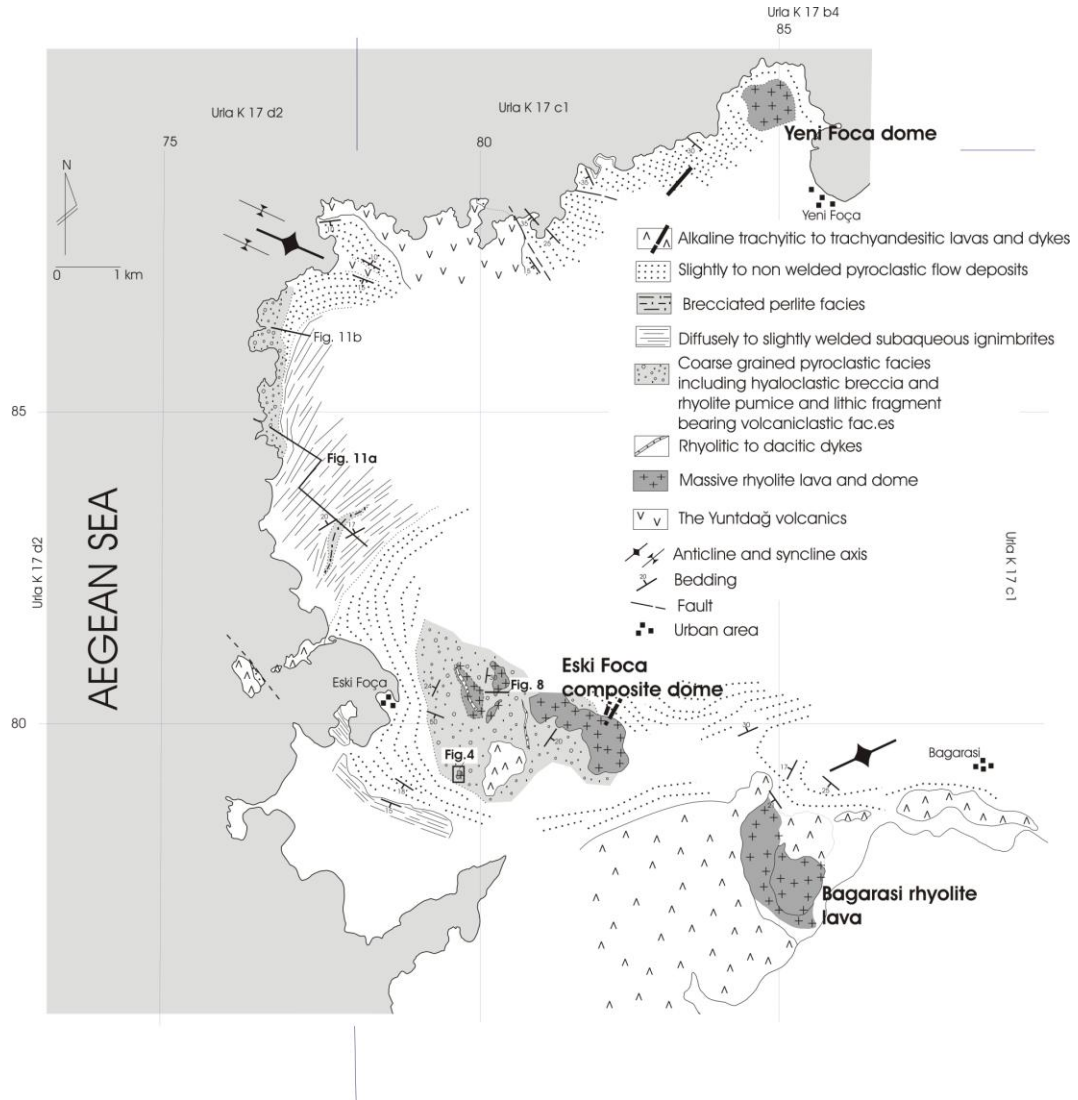
- Kalk-Alkalen Volkanikler (Calc-Alkaline volcanics)
- Alkali Riyolitik-Trakitik Volkanikler (Alkali Rhyolitic Trachytic volcanics)
- Alkali Bazaltik volkanikler (Alkali Basaltic volcanics)

Foça' da yaygın olarak alkali riyolitik ve trakitik volkanikler yer alır. Kalk alkalen volkaniklere rastlanmaz.

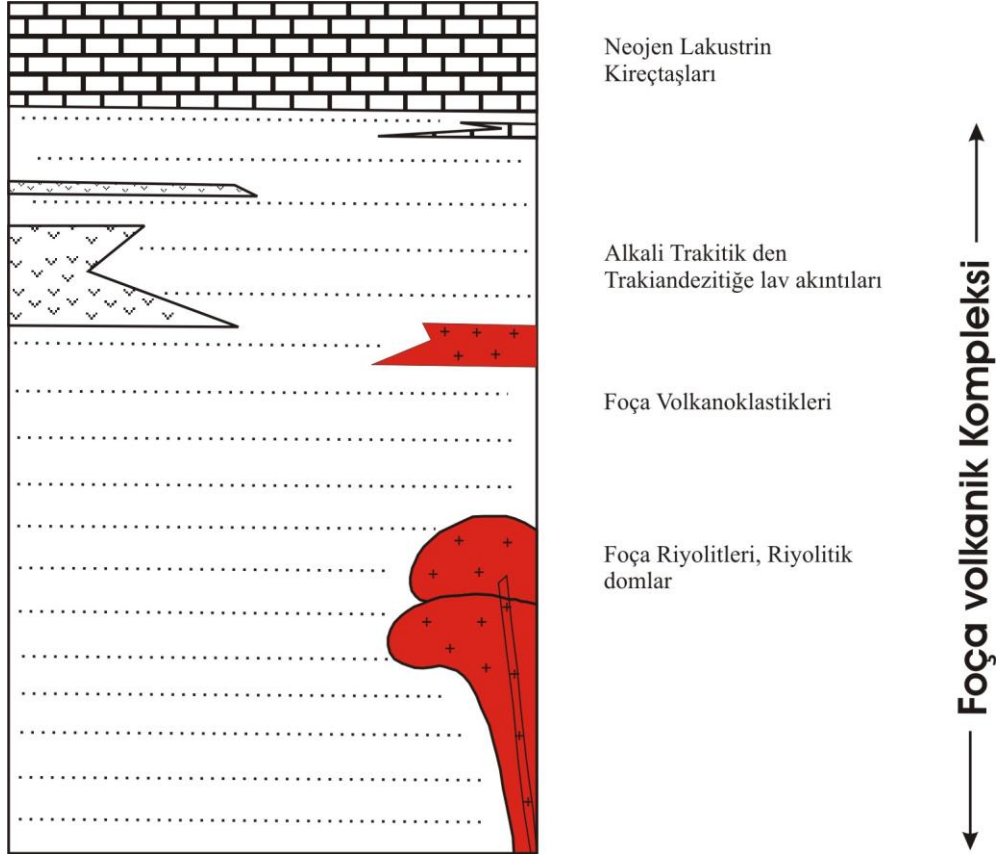
Foça volkanik kompleksi çoğunlukla masif riyolit ve felsik volkanoklastik kayalardan oluşmuştur. Ayrıca, alkali lavlara ve traki-andezitik dayklara da rastlanır. Çalışma alanında masif riyolitler dom şekilli-yarı volkanik stoklar halinde gözlenirler. Volkanoklastik kayalar bu domlarla bağlantılıdır (Şekil 2.2). Foça volkanik kompleksi dereceli geçiş yaparak Neojen kireç taşları tarafından üstlenirler (Şekil 2.3).



Şekil 2.1 Batı Anadolu volkanik kayaçlarının yayılımı



Şekil 2.2 Çalışma alanının jeoloji haritası (Akay ve Erdoğan, 2001)



Şekil 2.3 Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti (Akay ve Erdoğan, 2001' den değiştirilerek)

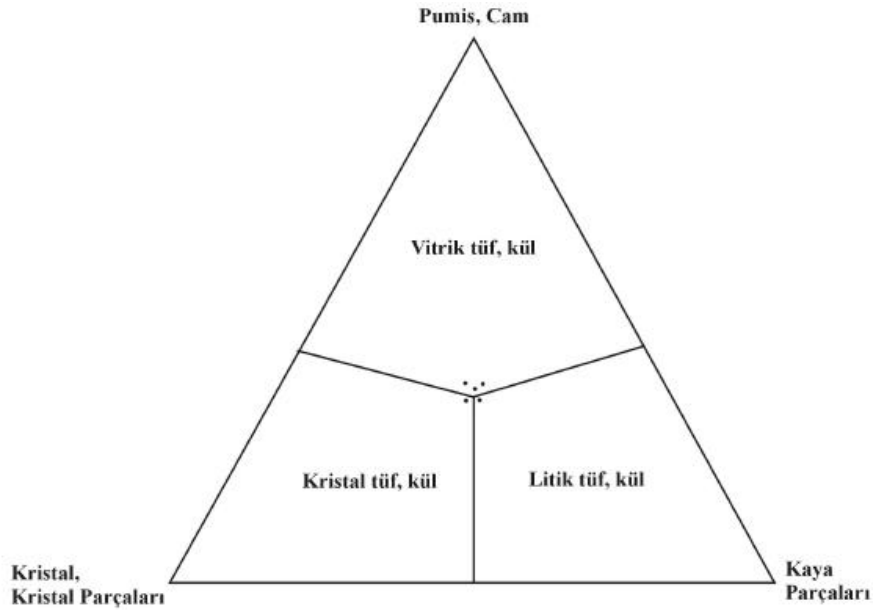
BÖLÜM ÜÇ

MİNERALojİK, PETROGRAfİK VE JEOKİMYASAL ÇALIŞMALAR

3.1 Mineralojik ve Petrografik Çalışmalar

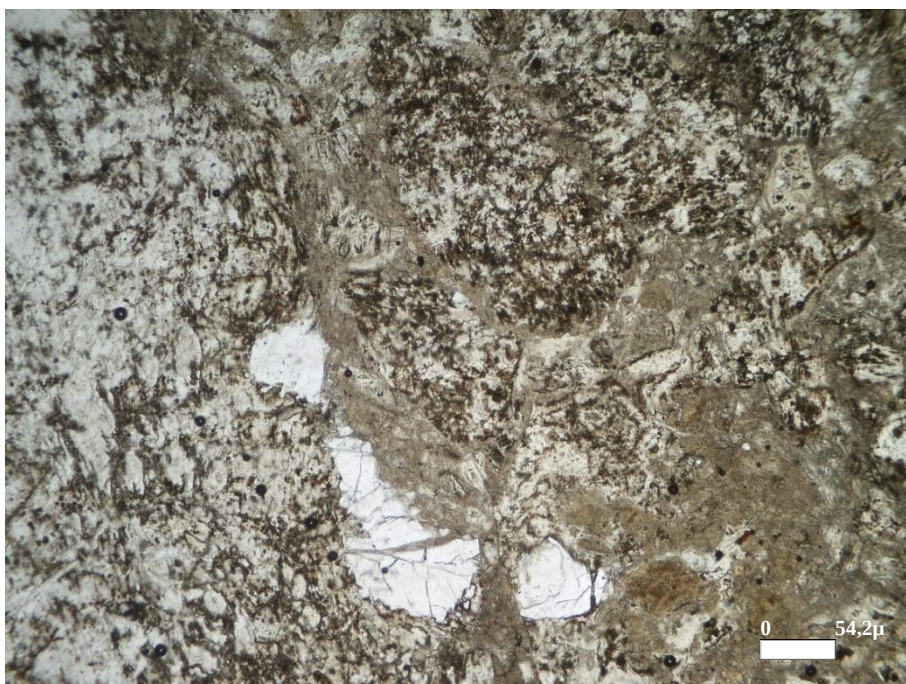
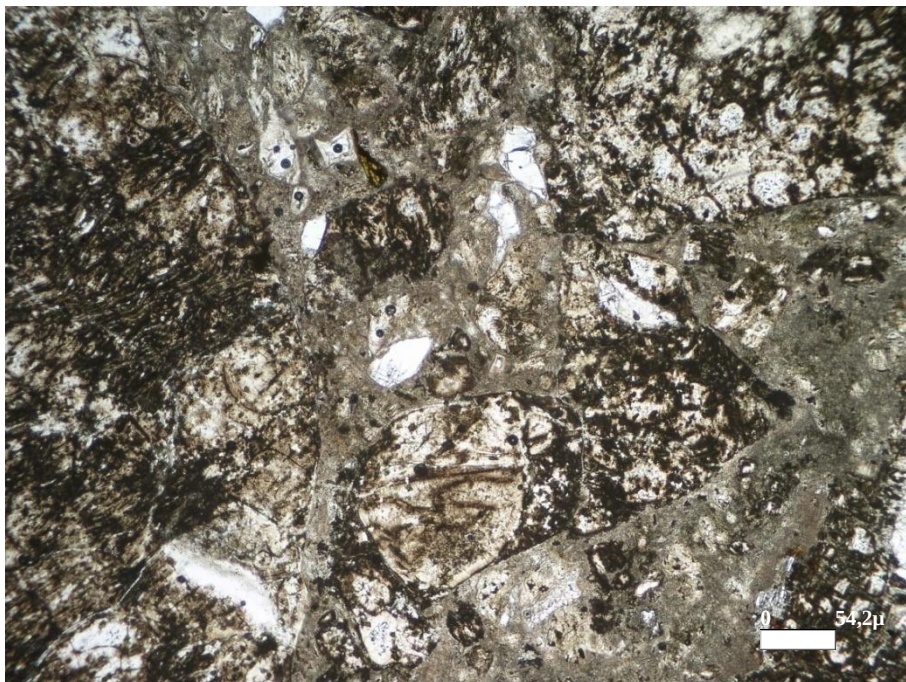
3.1.1 Mikroskop çalışmaları

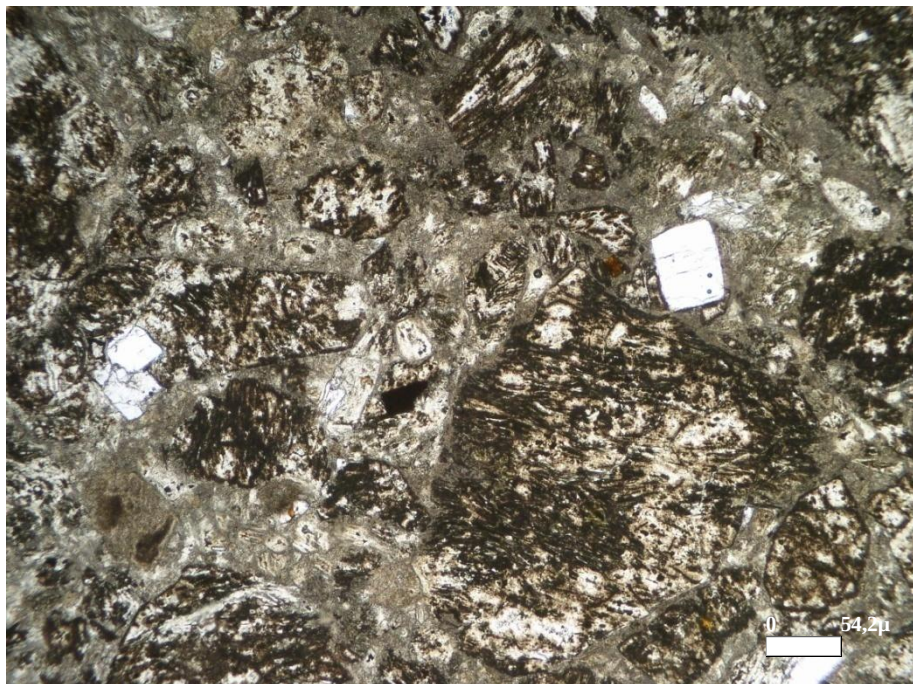
Çalışma alanından alınan tüf örnekleri üzerinde mikroskopik incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelere göre matriks kuvars, kuvarsit, biotit, plajiolklas, kalsit ve bu minerallere ait mikrokristaller ile volkanik ve volkanik kökenli olmayan kaya kırıntısı ve camsı (vitrik) bir hamurdan oluşmaktadır. Bu bileşenlerin türüne ve miktarına göre adlandırılması Şekil 3.1’ de belirtildiği gibi yapılmaktadır.

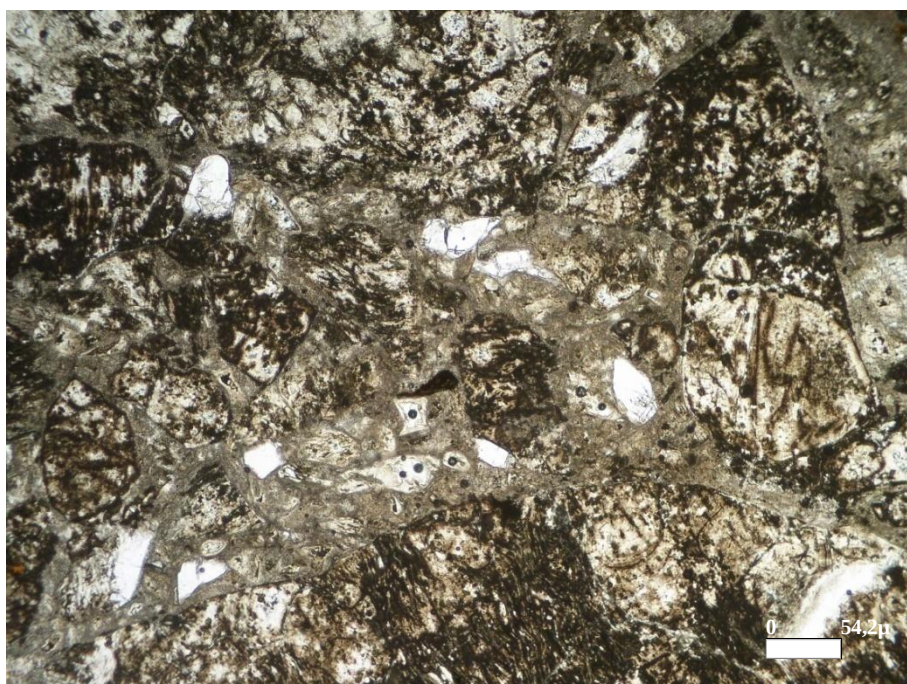
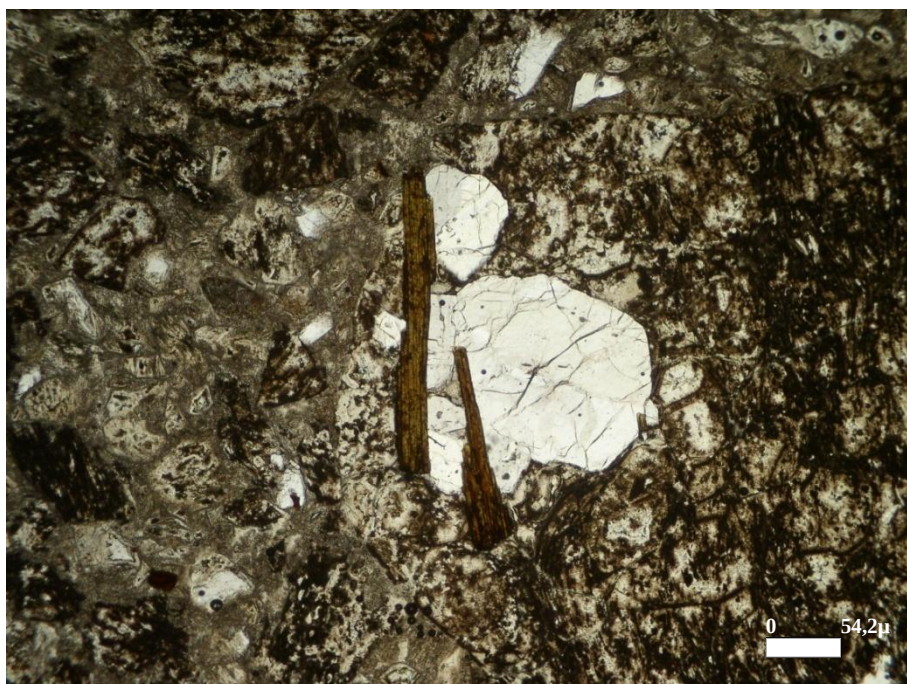


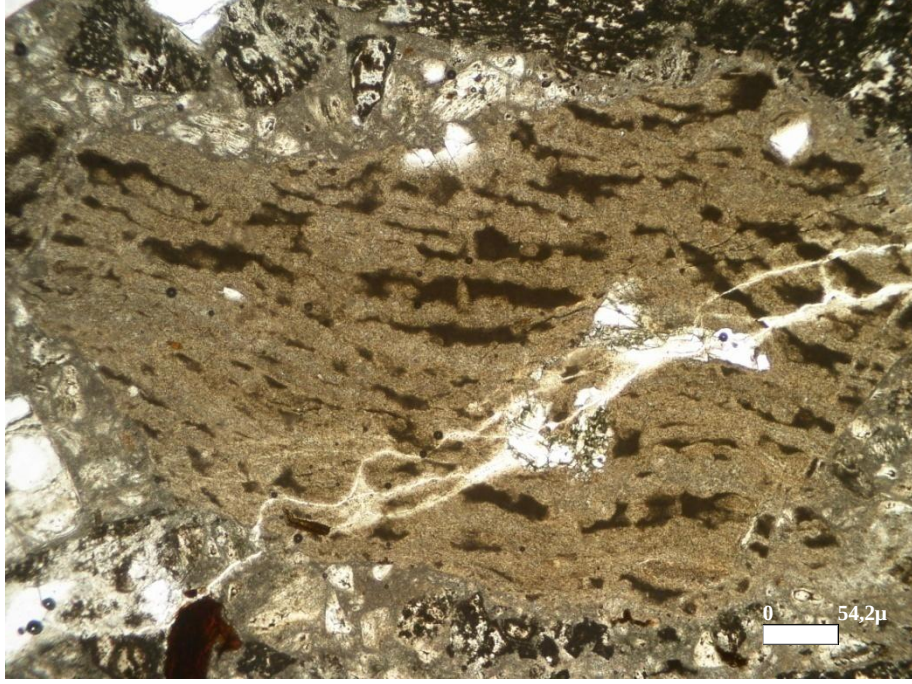
Şekil 3.1 Tüflerin içerdikleri bileşenlerin türüne ve miktarına göre adlandırılmaları (Erkan, 1994)

Elde edilen veriler ışığında Şekil 3.1’ deki üçgen diyagramda çalışma alanındaki tüfler değerlendirilmiş ve pümeks dokulu vitrik tüf oldukları belirlenmiştir. Şekil 3.2’de IM_7 nolu örneğine ait mikroskop görüntüleri verilmiştir.



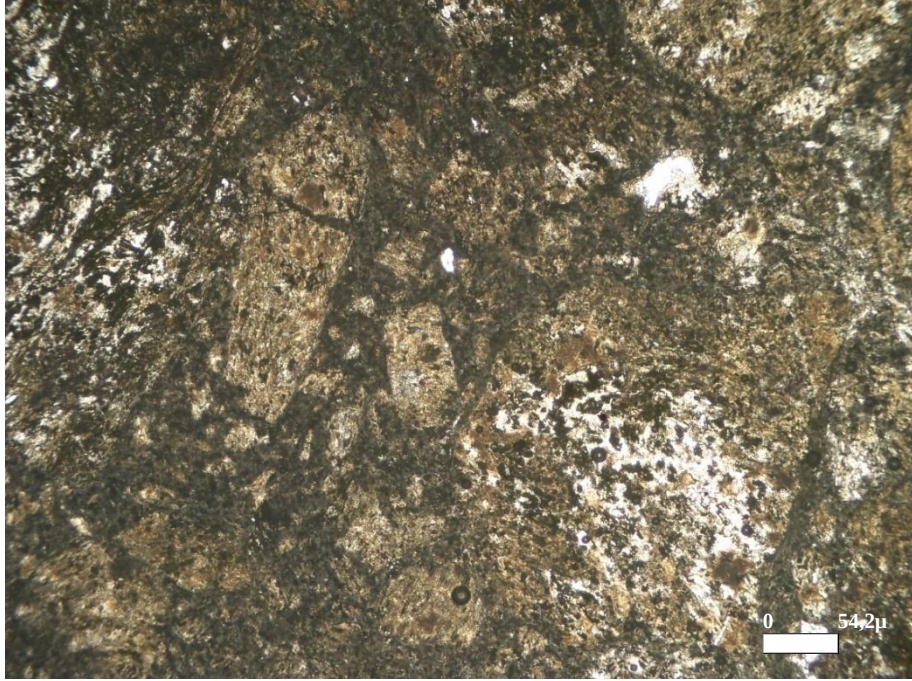






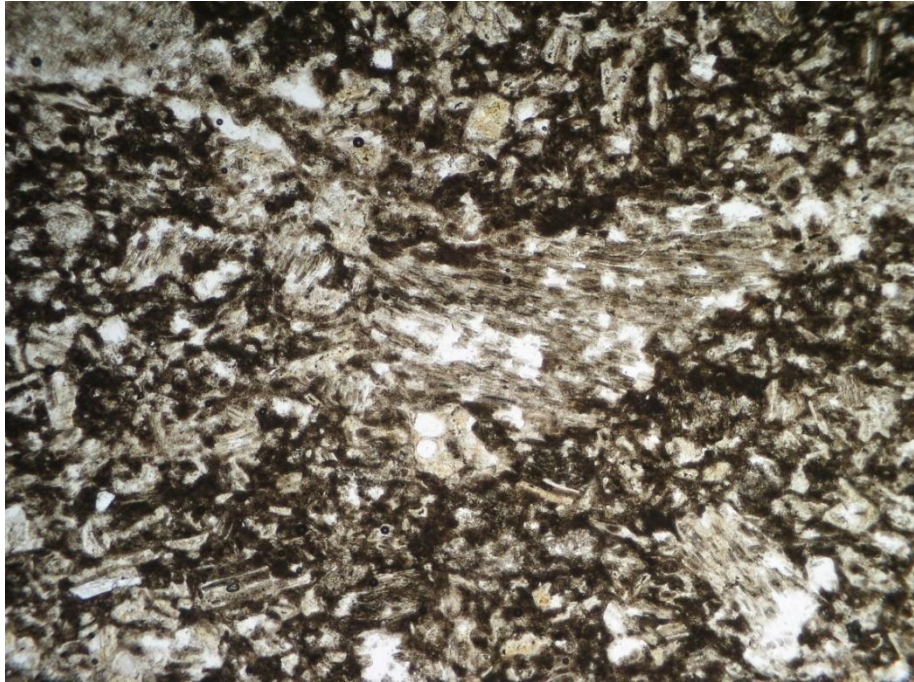
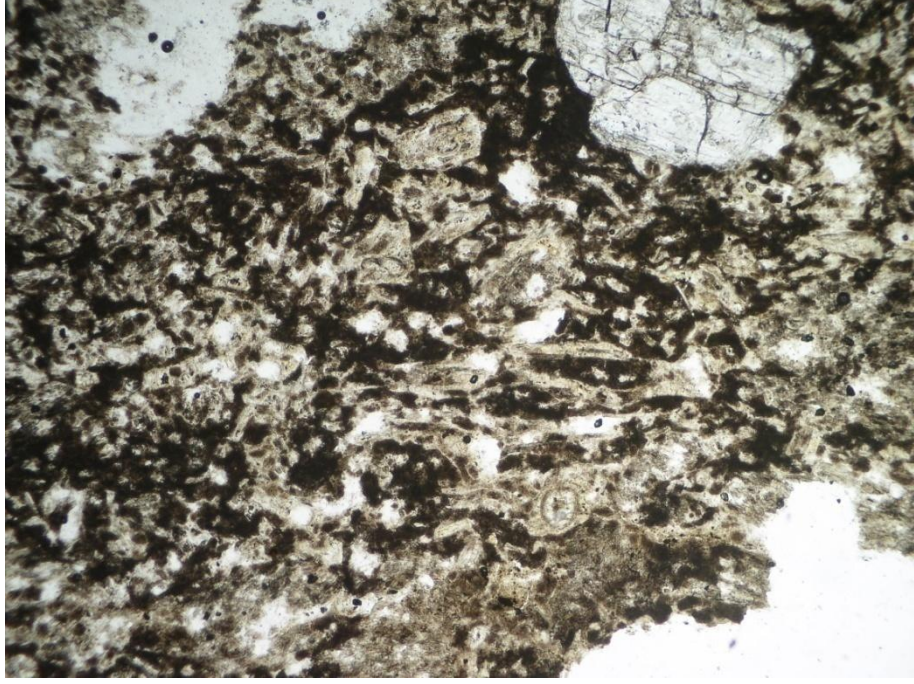
Şekil 3.2 IM_7 nolu örneğe ait mikroskop görüntüleri (+N)

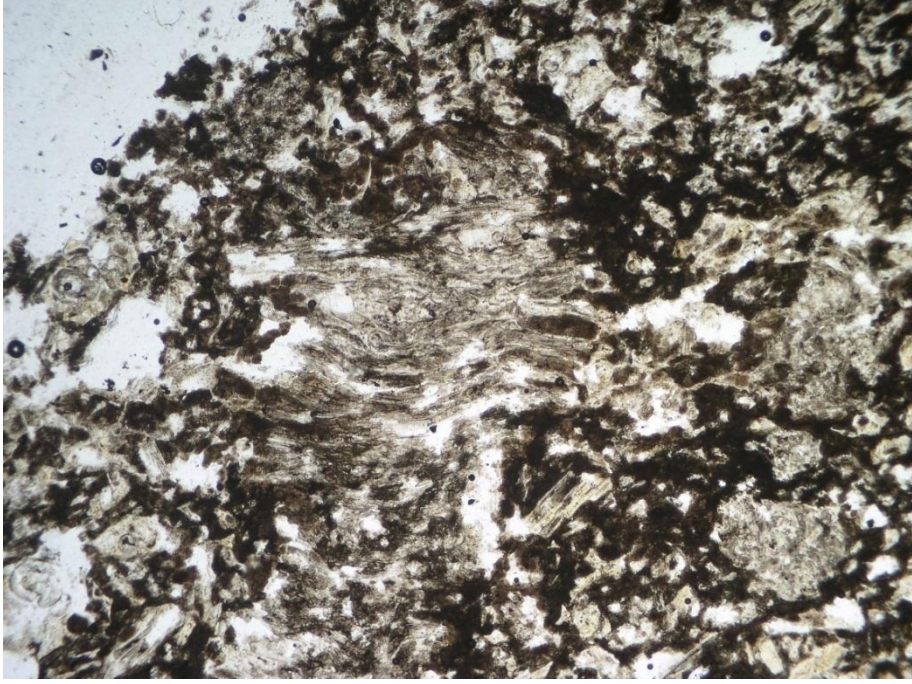
Şekil 3.3' te IM_8 nolu örneğe ait volkanik lav kırıntılarının (riyolit) ve altere olmuş biotit kırıntılarının mikroskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.3 IM_8 nolu örneğe ait mikroskop görüntüsü (+ N)

Şekil 3.4' de IM_9 nolu örneğe ait riylolitik kaya kırıntıları ve pümeks kırıntılarının görüntüsü verilmiştir.





Şekil 3.4 IM_9 nolu örneğe ait mikroskop görüntüleri (+N)

3.1.2 X-Ray Difraksiyon Çalışmaları

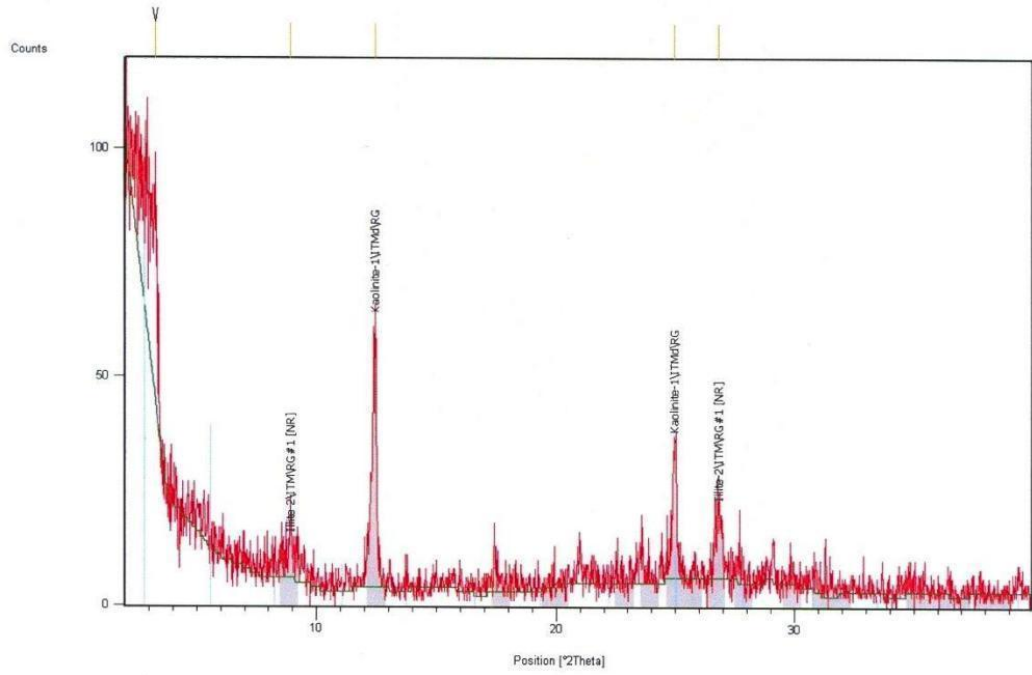
Bu çalışma katı ve toz örneklerin yapılarındaki çeşitli kristal formlar veya fazlar hakkında bilgi veren analitik bir tekniktir. Bu teknik malzemelerin içerdiği fazlar ve bu fazların konsantrasyonu, kristal olmayan fazların miktarı ve kristal boyutu hakkında bilgi verir.

Alınan örnekler yaklaşık 60 mikron civarında öğütüldükten sonra 150 mg. örnek homojen bir şekilde karıştırılır ve tutucu içerisine bastırılarak düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde difraksiyon cihazına yerleştirilir. Elde edilen difraksiyon diyagramında sürekli spektrum üzerindeki piklerin hangi 2θ açılara karşılık geldiği belirtildikten sonra Bragg kırınım koşulunu ($n\lambda = 2d \sin\theta$) sağlayan her 2θ ya karşılık gelen “d” mesafeleri hazırlanmış kataloglardan belirlenir. Bu parametreler A_0 (angstrom) boyutundadır. Bu piklerin en büyüğünün şiddeti 100 kabul edilerek diğer piklerin bu piklere göre bağlı şiddeti hesaplanır.

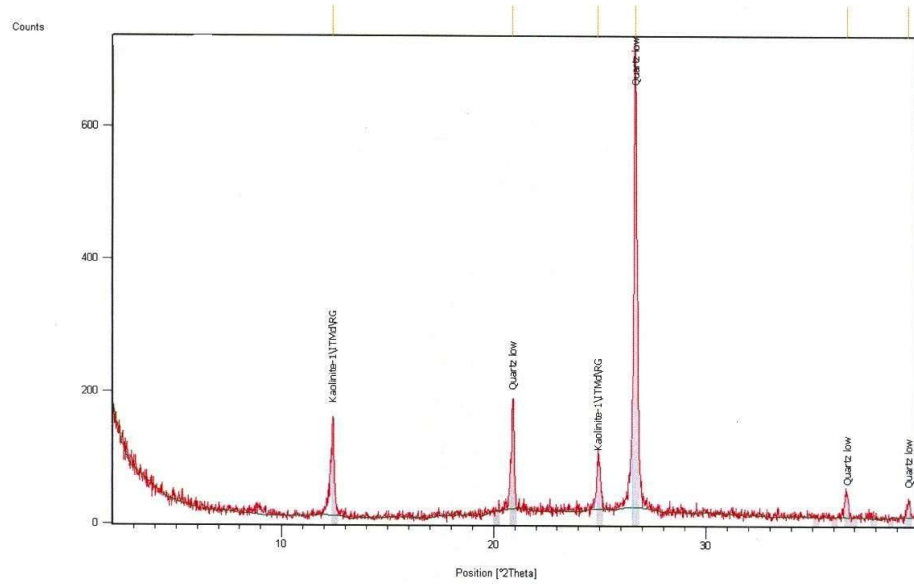
Daha sonraki aşamada bu piklerin hangi fazlara ait olduğunun belirlenmesi işlemi yapılır. Doğadaki tüm minerallerin kendisine ait bir difraksiyon diyagramı vardır. Bu amaçla American Society for Testing material (ASTM) tarafından oluşturulan difraksiyon indeksleri kullanılır. Bu standart kartlardan yararlanılarak bir örnekeki kristalli yapıya sahip fazları belirlemek mümkündür.

Çalışma alanından alınan 6 adet tüf örneği üzerinde yapılan difraksiyon çalışmaları sonucunda örneklerde kalsit, kuvars, plajioloklas, K-feldspat, Simektit, İllit, Kaolenit ve Tridimit mineralleri tespit edilmiştir.

Difraksiyon çalışmaları ile mineral içerikleri belirlenen 6 örnek içerisinde IM_1, IM_4, IM_6, IM_7, IM_9 ve IM_11 nolu örneklerin difraksiyon diyagramları sırasıyla Şekil 3.5’ de verilmiştir.

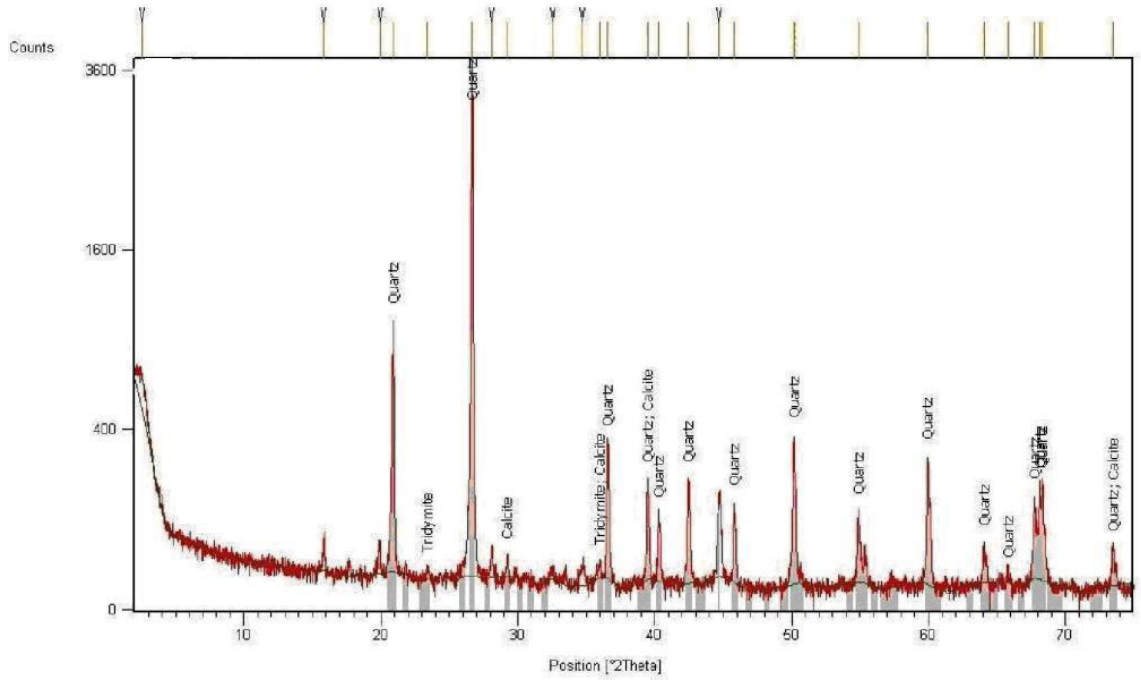


IM_1 nolu örneğin difraksiyon diyagramı

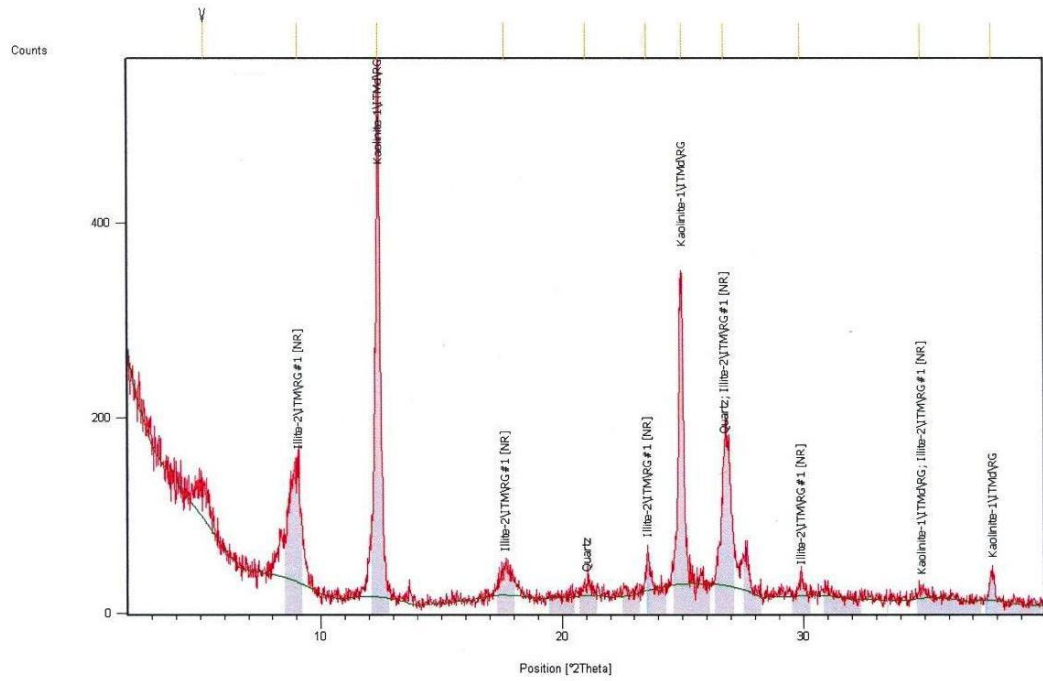


IM_4 nolu örneğin difraksiyon diyagramı

IM_7 nolu örneğin difraksiyon diyagramı



IM_9 nolu örneğin difraksiyon diyagramı



IM_11 nolu örneğin difraksiyon diyagramı

Şekil 3.5 X-Ray Difraksiyon Diyagramları

3.2 Jeokimyasal Çalışmalar

Çalışma alanındaki değişik ayrışma derecelerine sahip tuf örneklerinin kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla araziden taze örnekler toplanmış ve bunlar üzerinde kimyasal analizler yapılarak ana element içerikleri saptanmıştır. Örneklerin ana element kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.1’ de sunulmuştur.

Tablo 3.1 Çalışma alanındaki değişik ayrışma derecelerine sahip tuf örneklerine ait ana element kimyasal analiz sonuçları

Element % → Örnek No ↓	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Kızd. Kaybı	Toplam
IM_1	51,85	15,73	7,51	6,41	7,69	3,69	3,373	0,981	0,147	0,306	1,71	99,4
IM_2	58,3	19,46	4,7	0,16	1,48	8,93	7,2	0,099	0,179	0,037	1,14	99,69
IM_3	57,3	19,07	4,58	0,1	1,38	7,63	5,98	0,102	0,136	0,036	1,51	97,83
IM_4	59,03	16,93	5,02	2,75	5,81	4,05	3,179	0,72	0,101	0,263	1,71	99,56
IM_5	54,56	16,31	5,91	5,12	7,02	3,8	2,607	0,835	0,11	0,407	2,89	99,47
IM_6	61,14	18,15	4,45	0,71	1,09	4,48	9,34	0,67	0,083	0,245	1,59	99,94
IM_7	59,55	17,38	5,42	1,92	5,44	4,05	3,751	0,847	0,047	0,281	0,72	99,41
IM_8	53,41	16,91	5,46	0,31	5,13	4,26	6,59	0,827	0,357	0,290	6,29	99,83
IM_9	53,08	17,22	5,79	4,03	8,64	3,8	2,679	0,947	0,97	0,352	3,03	99,67
IM_10	51,95	16,33	7,07	7,08	8,64	3,29	1,923	0,857	0,116	0,264	2,52	100,1
IM_11	51,47	15,35	6,56	4,9	8,62	1,71	2,245	0,696	0,119	0,17	7,65	99,49

Kayaçların kimyasal bileşiminde ayrışmayla oluşan değişimleri sayısal olarak ifade etmek için değişik kimyasal indeksler araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. (Reiche, 1943; Ruxton, 1968; Parker, 1970; Nesbitt ve Young, 1982; Harnois, 1988) (Tablo 3.2)

Tablo 3.2 Kimyasal ayrışma indeksleri

a-) Ayrışma Potansiyeli indedsi, (Reiche, 1943) $WPI = \frac{(K_2O + N_2O + CaO + MgO - H_2O) \times 100}{(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + K_2O + N_2O + CaO + MgO)}$		b-) Ruxton Oranı, (Ruxton, 1968) $RO = \frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	
c-) Ürün İndeksi, (Reiche, 1943) $PI = \frac{SiO_2 \times 100}{(SiO_2 + TiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO)}$		d-) Parker İndeksi,(Parker,1970) $PrI = \frac{2Na_2O}{0,35} + \frac{MgO}{0,90} + \frac{2K_2O}{0,25} + \frac{CaO}{0,70}$	
e-) Değiştirilmiş Ayrışma İndeksi, (Vogel, 1973) $MWPI = \frac{(K_2O + N_2O + CaO + MgO) \times 100}{(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + K_2O + N_2O + CaO + MgO)}$		f-)Vogt Oranı,(Vogt,1927) $VO = \frac{Al_2O_3 + K_2O}{N_2O + CaO + MgO}$	
g-) Kimyasal Alterasyon İndeksi (Nesbitt ve Young, 1982) $CIA = \frac{Al_2O_3 \times 100}{Al_2O_3 + N_2O + CaO + K_2O}$		h-)Kimyasal Ayrışma İndeksi (Harnois,1988) $CIW = \frac{Al_2O_3 \times 100}{Al_2O_3 + N_2O + CaO}$	
i-) Miura indeds (Miura, 1973) $W_m = \frac{(MnO + FeO + K_2O + N_2O + CaO + MgO)}{(Al_2O_3 + Fe_2O_3 + H_2O)}$		j-) Hareketlilik İndeksi (İrfan, 1996) $Im\ ob = \frac{(Mobf - Mobw)}{Mobf}$ (Mobf: ve Mobw: Sağlam ve ayrılmış kayaçta (K ₂ O + N ₂ O + CaO) toplamını göstermektedir)	
h-) Kimyasal ürün indeksi (Ceryan, 1999b) $Iku = \frac{B' - C'}{B'}$ (B': İncelenen örnekteki, C': Örneğin sağlam kalan kısmındaki hacimsel konsantrasyon olarak (Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ +TiO ₂) toplamı)		k-) Kimyasal yıkanma indeksi (Ceryan, 1999b) $Iku = \frac{A' - B'}{A'}$ (A':Sağlam kayaçtaki, B': incelenen örnekteki, hacimsel konsantrasyon olarak (CaO + Na ₂ + MgO + K ₂) toplamı)	

Taze kayaların, değişik ayrışma derecelerindeki malzemeye doğru ve nihayet toprağa dönüşümünü sonuçlayan temel değişim; sağlam mineral oranının azalması, ayrılmış mineral, mikrokırık ve boşlukların, ayrışma ürünlerinin artması ve bu süreçle birlikte kayaç dokusunun değişmesidir. Araştırmacılar petrografik incelemelerle, söz konusu değişimlerin belirlenmesine dayanan, bir çok petrografik indeks geliştirmişlerdir. Bunların bir kısmı karmaşık ve pratikte uygulanmasında zorluk çıkartacak şekildedir, bir kısmı ise daha çok volkanik kayalar için geliştirilmiştir.

Ayrışma derecesi arttıkça Parker İndeksi, Kimyasal Ayrışma İndeksi ve Vogt oranları artmaktadır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Hesaplanan ayrışma indeks değerleri

Örnek No	Parker İndeksi Değerleri (Parker, 1970)	Vogt Oranı (Vogt, 1927)	Kimyasal Ayrışma İndeksi (Harnois, 1988)	Ayrışma Derecesi
IM_1	66,15	1,074	58,02	SW
IM_2	63,32	1,52	65,15	SW
IM_3	62,52	0,84	67,91	SW
IM_4	59,93	1,59	63,20	HW
IM_5	58,29	1,18	60,12	MW
IM_6	62,67	1,68	76,52	MW
IM_7	63,05	1,85	64,68	MW
IM_8	64,97	1,19	64,30	SW
IM_9	59,96	1,208	58,06	HW
IM_10	54,39	0,93	56,76	MW
IM_11	55,48	0,155	59,77	HW

BÖLÜM DÖRT

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

4.1 Ayrışma

Yerkabuğu; tektonizma, orojenez, erozyon, taşınma gibi olaylarla devamlı değişmektedir. Dolayısıyla, bir zamanlar derin ortamda oluşmuş olan mineraller başka bir zamanda kendilerini yeryüzüne yakın bir ortamda bulabilirler. Bu yeni ortamın (ikincil) şartları, eski ortamın (birincil) şartlarından çok farklıdır. Özellikle basınç ve sıcaklık azalmış olup ortamda bol miktarda su, oksijen, karbondioksit bulunmaktadır. Minerallerde canlılar gibi, değişken bir ortamdan etkilenebilmekte ve varlıklarını uzun süre devam ettiremeyerek değişmekte ve bozunmaktadırlar. Sonuçta, eski minerallerin bazı elementleri çözelti haline geçerken, bir kısım elementleri de yeni ortamın şartlarına daha uygun ikincil kuşak mineralleri meydana getirmektedirler. Bozunma tahrip edici bir olaydır; düzenli ve masif kayalar bozunarak, parçalanarak kırıntılı hale; iri taneli kristaller ufak taneli yeni kristallere dönüşürler. Bütün bu değişikliklerin nedeni mineraller ile ortam arasında yeni bir termodinamik dengenin kurulabilmesi içindir.

Kayaçların indeks ve mühendislik özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerden biri ayrışmadır. Ayrışma, kayaçların oluşumundan sonra onların özelliklerini havanın ve suyun etkisiyle değişmesine sebep olan en önemli işlevlerden birisi olup., onların bünyesindeki minerallerin kimyasal yapısının değişmesine, ikincil minerallerin oluşmasına, porozite ve boşluk oranının artmasına ve de dayanımlarının azalmasına neden olmaktadır (Beavis, 1985)

Ayrışma fiziksel, kimyasal ve biyolojik olabilmektedir. Ayrıca önceden magmatik suların etkisiyle alterasyona uğramış kayalar daha sonra ayrışma işlevlerinin etkisinde kalabilirler. Ayrışma sonucunda kayaç oluşturan mineraller kil mineralleri gibi ikincil minerallere dönüştürülürler. Kil mineralleri ise çoğu kez mühendislik

alışmalarında sorun yaratırlar. Kayaçların ayrışma derecelerinin tespit edilmesi onların kaya kütle sınıflaması, kazılabilirlik ve yapı taşı olarak kullanımları açısından önemlidir. Ayrışmanın derecesi, ilk aşamada kayalarda meydana gelen renk değişimleri ile belirgin olur. Bu renk değişikliklerinin oranı, ayrışma derecesiyle artış göstermektedir. Ayrışma derecesinin artmasıyla kayacın rengine ilaveten doku ve yapısında da değişimler meydana gelmektedir (İrfan ve Dearmen, 1978).

Kayaçların ayrışma derecelerinin artmasıyla, indeks ve mühendislik özellikleri de değişmektedir. Mühendislik çalışmalarına yönelik olarak kaya materyalini sınıflandırma yöntemlerinden biri de ayrışma derecesidir (Fookes vd., 1971). Kayanın i ve dış yapısında meydana gelen ayrışmanın derecesinin tayini, içindeki parametrelere bağlıdır. Örneğin petrografik (kayacın yapısı ve dokusu, bileşimi), dayanım indeksi ve porozite gibi zellikler. Kayaç sınıflandırılmadan önce tüm testlerin yapılması gereklidir. Ayrıca, ayrışma derecesine bağlı olarak kayacı sınıflamak da pratikte oldukça zor bir durum teşkil etmektedir. Pratikte sıkı sık bunun çözümünü kayacın rengine ve görsel karakteristiklerine bakarak yaparız. İkinci problem; kayacın materyal özelliklerine dayandırarak, basit bir şekilde kaya kütlesini (rock mass) tanımlamaya çalışmaktır.

Ayrışma; kaya materyali ve kaya kütlesi özelliklerinin ikisinin birden fiziksel ve kimyasal değişimlerinin sonucudur. Yüzeyde kalan kayaçların çoğu Yüksek Basınç ve / veya Yüksek Sıcaklığa maruz kalarak bu sürecin ürünleri oluştururlar. Eğer kayaç oluşumu yüzeydeki fiziksel ve kimyasal şartlardan açıkça bir farklılık gösteriyorsa, kayacın dokusu ve minerallerindeki değişiklik yeni fiziko-kimyasal rejim ile açıklanabilir.

Kayacın ayrışma derecesinin tesbitinde zemin oranı, kaya ve zeminin birbirlerine göre göreceli oranları mükemmel arazi kriteri olarak değerlendirilebilir. Fakat nihai karar yukarıdaki kriterlerle birlikte indeks deneylerinin yapılmasından sonra verilmelidir.

Bir dizi indeks test kayaçların ayrışma derecelerinin tayininde kullanılmalıdır. Fakat indeks deneylerinin tümü bu tayin için gerekli değildir (Beavis, 1985).

- Kayanın tanımı, dokusu ve rengini içerir (materyal ve kütle)
- Dayanım indeksi (nokta yükleme indeksi, materyal)
- Süreksiklik ara uzaklığı (spacing) (kaya kütlesi söz konusu ise)
- Porozite (materyal)
- Kaya/zemin oranı (kütleli özellik olarak)
- RQD % (kütleli özellik olarak)
- Mikro indeksler (materyal)
- Mikropetrografik indeks
- Mikrofracture indeks

4.1.1 Ayrışmanın Tipleri

Genel olarak bozunma fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların bir sonucudur. Kayaçlar mekanik olarak parçalanmış, ufalanmış ancak kayaçta önemli bir kimyasal veya mineralojik değişiklik meydana gelmemiş ise buna “Fiziksel Bozunma” denilmektedir. Eğer kayaçta önemli kimyasal veya mineralojik değişiklikler meydana gelmiş ise buna da “Kimyasal Bozunma” denilmektedir.

Biyolojik faaliyetler hem fiziksel hem de kimyasal bozunmaya neden olmaktadır. Hayvan ve bitkilerin fiziksel ve kimyasal etkileri ile oluşan bozunmaya “Biyolojik Bozunma” denir. Bu biyolojik etki belirli bir rol oynamayabilir ancak bozunmanın derecesi ile bitki yoğunluğu ve tipi arasında yakın bir ilişkinin bulunduğu da bir gerçektir. Bitkiler ve hayvanlar kimyasal bozunmaya neden olabilecek ve kayaçlara etki edecek organik maddeleri sağlayabilirler.

Genellikle bozunma bölgelerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar aynı anda hüküm sürerler. Bazı ortamlarda bir çeşit bozunma diğerine göre daha etkin olabilir. Örneğin, çok kurak (çöl) ve çok soğuk (kutup) bölgelerinde fiziksel bozunma, kimyasal bozunmadan daha fazla etkin olabilir. Fakat yağışlı ve sıcak bölgelerde kimyasal bozunma çok daha etkindir.

4.1.1.1 Fiziksel Ayırışma

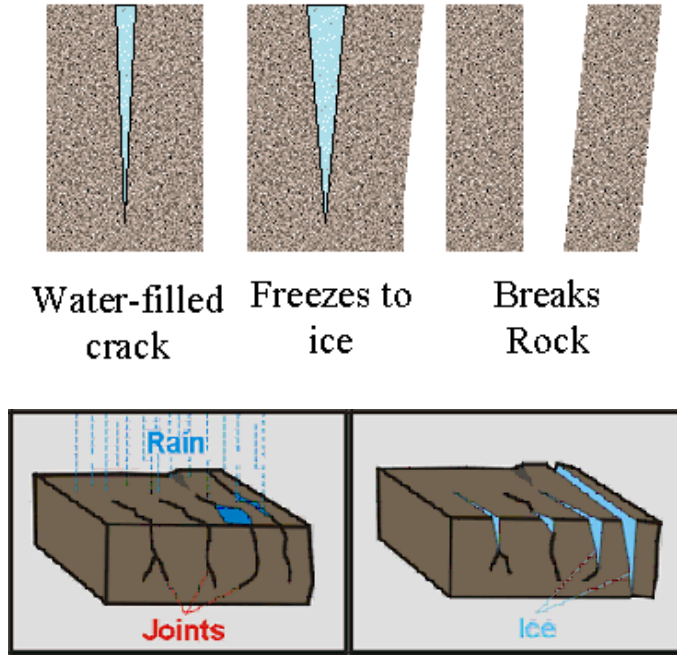
Fiziksel ayırışmayı kayacı oluşturan kütle ve materyal özelliklerindeki bozulmalara göre 2 'ye ayırabiliriz:

- Kaya kütlesi içindeki süreksizliklerin neden olduğu mekanik kütle kırılmaları (Blok Parçalanması)
- Kaya materyalinde oluşan mekanik kırılmalar (Taneli Parçalanma) minerallerin klivaj düzlemleri ve mikro-süreksizlikler tarafından kontrol edilmekte yada bunlar ayırışmaya neden olmaktadır.

4.1.1.1.1 Basınçtan Kurtulma. Fiziksel ayırışmaya önderlik eden en önemli etken kayaçların “basınçtan kurtulması” olayıdır. Erozyon nedeni ile yükü hafifleyen ve yüzeye yaklaşan kayaçların üzerindeki basıncın azalışı, kayaç kristallerinin genişlemesine neden olmaktadır. Kristallerdeki genişleme miktarı çeşitli kristal yönlerine göre değişmektedir. Bunun sonucu olarak kristalleri birbirinden ayıran düzlemler boyunca çatlamlar görülür. Bu çatlakların çoğu erozyon düzlemine paraleldir. Çatlakların sayısı ve büyüklüğü yüzeyde çok fazla olup, derinlere doğru azalır.

4.1.1.1.2 Donma ve Çözünme Olayları. Fiziksel bozunmaya neden olan ikinci önemli etken “donma ve çözünme” olayıdır. Kayaçlar içindeki boşluklara ve çatlaklara giren su donunca hacminde %9 oranında bir genişleme olur. Bu hacim artışı kayaçta büyük bir basınç oluşturur ve dolayısıyla kayaç, çatlaklar boyunca parçalanır. Suyun donabildiği gölgelerde donma ve çözünme olayı yılda pek çok defa olur ve her seferinde kayacı biraz daha parçalar (Şekil 4.1).

Frost Wedging



Şekil 4.1 Donma – Çözünme Olaylarının Oluşum Mekanizması

4.1.1.1.3 Genleşme ve Büzülme Olayları. Büyük sıcaklık değişiklikleri nedeniyle meydana gelen “ genleşme ve büzülme” olayları da kayaçların fiziksel parçalanmalarına etki edebilir.

Doğadaki malzemeler, sıcaklığın artmasıyla genişler, azalmasıyla büzülür. Gün boyu güneş ışınlarının etkisinde kalan kayaçlar ısınır, gece ise soğur. Genleşme ve büzülme olaylarının uzun zaman ve devamlı olması halinde kayalarda fisür ve çatlaklar oluşur ve olayın sürekliliği sonucunda kayalarda parçalanmalar ve ufalanmalar meydana gelir. Aslında kayaçlara ısı iletkenliği açısından bakıldığında, kötü iletkenlerdir. Bu nedenle yüzeydeki sıcaklık, derinlere göre daha yüksek olur. Genleşme büzülme olayında, kayacın minerolojik bileşimi ve tane büyüklüklerinin önemi büyüktür. Koyu renkli mineraller, açık renkli minerallere oranla daha çok ısı absorbe ederler. Bunun sonucunda aynı kayaçta farklı noktalarda, farklı genleşme oluşur. Farklı genleşme farklı basınçlara neden olur ve kayaç daha kolay parçalanır. Sıcaklık değişiminin etkisi daha çok çöl ikliminin hüküm sürdüğü yerlerde belirgindir.

Bilindiği gibi bu iklim bölgelerinde gece gündüz arasındaki sıcaklık farkı çok fazladır. Bu tür ayrışmaya termik ayrışma da denilmektedir. Ayrıca genleşme ve büzülme nedeniyle iri kristalli kayalar ince kristalli olanlara oranla daha hızlı fiziksel parçalanmaya uğrarlar (İrfan, 1981).

4.1.1.1.4 Aşınma (Abrasion). Aşınma; katı kayaç ile çarpışarak taşınan parçaların kırılması ve ezilmesi anlamına gelir. Aşınma bir çok ortamda meydana gelebilir; hızlı akarsu ortamları, fırtına dalgalarına bağlı sahiller, sert rüzgarlı çöl ortamları ve buzul ortamları. Böyle ortamlar aşınmış kayalar ile yüklü ortamlardır.

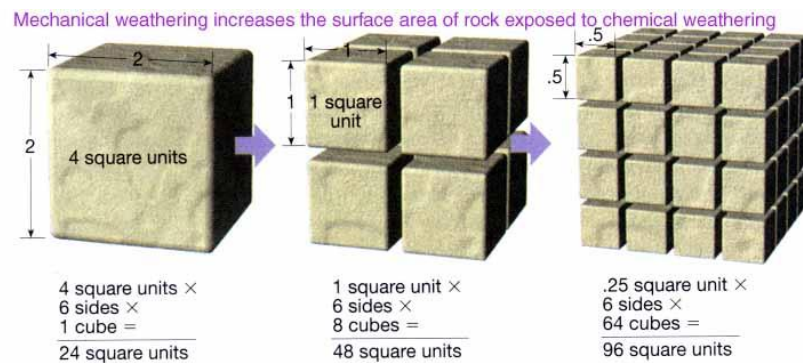
4.1.1.1.5 Yeni Kristallerin Oluşumu. Yağış suları, kayaların içerdiği süreksizlikler ve boşluklar boyunca derinlere doğru hareket ederler. Hareketleri esnasında değişik minerallerden oluşmuş kayalardan geçerler. Bu geçiş esnasında bazı mineralleri eritirler. İçinde bol mineral eritmiş sularda sıcaklık ve basınç değişimi yada buharlaşma olursa mineral konsantrasyonları artar ve geçtikleri çatlaklarda yeniden kristallenerek yeni mineraller oluştururlar. Kristallerin oluşması ve büyümeleri aynen suyun donmasına benzer şekilde, çatlak yüzeylerine basınç yaparlar. Meydana gelen basınç kayacın direncinden fazla olursa kayaç parçalanır. Örneğin anhidritli bir ortamda, anhidrit suyun etkisi ile jipse dönüşür ve bir hacim artması olur. Hacim artmasında basınç oluşturarak kayaların parçalanmasına, ufalanmasına neden olur.

4.1.1.2 Kimyasal Ayrışma

Kimyasal ayrışma, kayaları oluşturan minerallerin kimyasal olaylar sonucunda ikincil minerallere dönüşmesi olayıdır. Buna kimyasal alterasyon da denilmektedir. Doğada iki tür kimyasal ayrışma görülmektedir. Birincisi yüzeye yakın kısımlardaki ikincisi ise derinlerde. Yüzeye yakın ayrışma dış etkenlere, yüzey sularına ve kayacın direncine bağlı olarak meydana gelir. Derindeki kimyasal ayrışma (alterasyon) yüzeyin altında, farklı derinliklerdeki olaylarla ilgilidir.

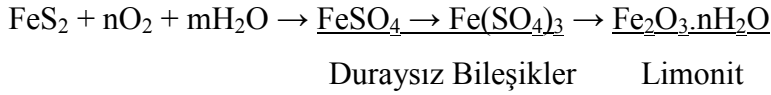
Yüzeysel kimyasal ayrışmada en önemli etkenler, yağış suları, oksijen, karbondioksit ve organik asitlerdir ve oksijen miktarına bağlıdır. Ayrıca suda eriyen değişik tuz ve asitlerle birlikte humik asitlerde kimyasal ayrışmayı hızlandırırlar. Yüzeysel ayrışmanın derinliği kayaçların permeabilitesine, yeraltı suyuna, iklim koşullarına (yağış, sıcaklık, buharlaşma) kayaçların petrografisine (doku,yapı) bağlıdır. Ayrıca ayrışma zonunda yeraltı su seviyesinin mevsimlik alçalıp yükselmeleri, kapilerite durumlarına da dikkat etmek gerekir. Kimyasal ayrışmada etkili olan diğer bir faktörde suyun pH derecesidir. Tüm bu etkenlere bağlı olarak gelişen kimyasal reaksiyonlar oksidasyon-redüksiyon, hidratasyon, karbonasyon, kayaçların erimesi ve hidrolizdir.

Kimyasal ayrışma birçok yerde fiziksel ayrışmadan daha etkilidir.Hemen hemen tüm mineralleri etkiler. Özellikle quartz kimyasal bozunma sırasında en az etkilenen mineraldir. Genellikle fiziksel ayrışma ürünlerine bakarak bozunan kayaçların cinsini saptamak mümkündür. Ancak, kimyasal ayrışma ürünlerine bakarak bozunan kayaçların cinsini saptamak o kadar kolay değildir.Aynı zamanda kimyasal ayrışma sırasında kayaçtaki elementlerin bir çoğu çözülmüş halde yer altı suları ve akarsularla ortamdand uzaklaştırılırlar. Saf kireçtaşı ve dolomit gibi kayaçlar kimyasal bozunma sonucunda tamamen çözünerek ortamdand kaybolup gidebilirler. Fiziksel ayrışma sonucunda kayaçlar parçalanarak ufalamakta ve su, oksijen, karbondioksit gibi aktif kimyasal etmenler için daha geniş reaksiyon yüzeyleri ortaya çıkarmaktadırlar (Şekil 4.2).

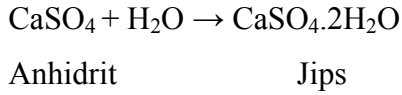


Şekil 4.2 Fiziksel Bozunmanın Kimyasal Bozunmaya Etkisi

4.1.1.2.1 Oksidasyon-Redüksiyon. Bu olaylar iyonlar arasında elektron alış-verişi sırasında meydana gelen enerji ile ilgilidir. Bir element ortama elektrik vererek değerliğini yükseltmekte ise bu element oksitleniyor demektir ve elektron veren ortamda bir redüksiyon ortamıdır. Aşınmada Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli (Eh) doğrudan doğruya suda çözünmüş halde bulunan oksijen miktarına bağlıdır. Bundan dolayı su tablası üzerinde kalan atmosfer oksijeni ile daima temasta bulunan bölgelerde elementlerin bir çoğu oksitlenebilir. Özellikle birincil minerallerdeki Fe^{+2} ve Mn^{+2} iyonları bu bölgede oksitlenerek daha yüksek değerlikli oksit veya hidroksitleri oluştururlar.



4.1.1.2.2 Hidratasyon. Su moleküllerinin kimyasal yapıya girmesi demektir. Bunun en basit örneği anhidrit ($CaSO_4$) mineralinin hidratasyona uğrayarak Jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) mineraline dönüşmesidir.



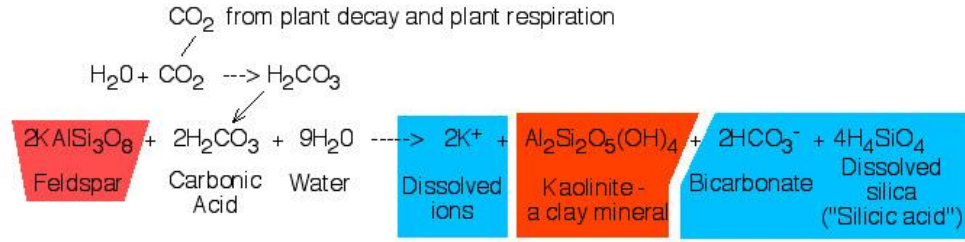
Genel olarak hidratasyon olayı minerallerin kimyasal yapısı üzerinde büyük bir değişiklik yapmaz. Fakat, kayaçların ayrışmalarında etkili olan hidroliz, iyonlaşma gibi diğer olayların oluşabilmesi için ortam hazırlar.

4.1.1.2.3 Karbonatlaşma. Bir tür ayrışma yoludur. İkinci 1 karbonat ve bikarbonatlar, kalsiyum oksit, magnezyum, potasyum, ve diğer elementler gibi bazı ayrışma ürünleriyle karbondioksitin birleşmesi sonucu meydana gelirler. Tüm yüzey suları erimiş halde, atmosfer orjinli karbondioksit içerirler. Ayrışmış kayaçlardan süzülen bu sular, çatlak ve tabaka yüzeylerinde kristallenerek kireçtaşı tortullarını oluştururlar.

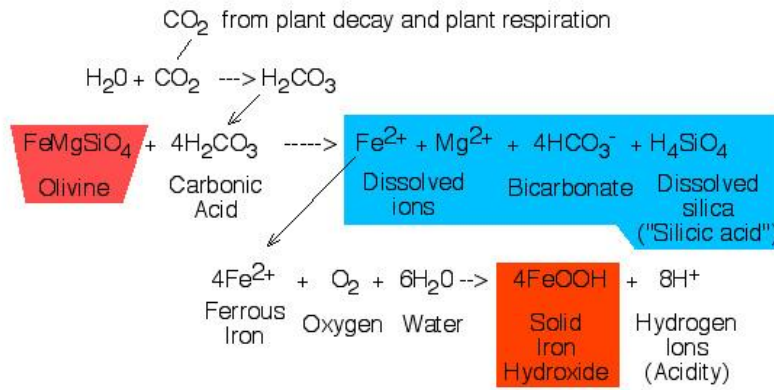
4.1.1.2.4 Erime. Kayaçların ve minerallerin erimeside kimyasal ayrışmanın bir türüdür. Suyun kayaçları eritme kabiliyeti, suyun saflığına, sıcaklığına ve reaksiyon zamanına bağlıdır. Mineraller suda aynı derecede erime özelliğine sahip değildir. Kayatuzu, jips gibi minerallerden oluşan evaporitler suda çok kolay erimelerine karşın, kireçtaşı ve dolomitler daha az ve zor erirler. Kayacın erimesi sonucunda içlerinde büyük boşluklar oluşur. Boşluklar ise, mühendislik projelerinde, çözümleri büyük sorunlar getiren problemleri oluştururlar. Zamanın fonksiyonu olarak gelişen erime boşluklarına tuzlu, jipsli ve kireçtaşı sahalarında çok rastlanır. İçinde kil mineralleri içeren kireçtaşlarının erimesi ile, kil ve kuvars mineralleri yüzeyde artık toprak oluşturur. Bu tür topraklara Terra-Rossa adı verilir.

4.1.1.2.5 Hidroliz. OH^- ve H^+ iyonlarının kristal yapıya girmesi demektir. Silikatların bozunmalarında en büyük rolü hidroliz oynamaktadır. Hidroliz sırasında kristaldeki K^+ , Na^+ , Ca^{+2} gibi katyonların bazlarının yeri H^+ iyonları tarafından doldurulmakta ve bu iyonlar çözelti haline geçerek veya kolloidler üzerine adsorbe olarak kristal yapıdan atılmaktadır. Arta kalan elementlerin çoğu OH^- iyonları ile birleşerek farklı kolloidler oluştururlar. Hidroliz olayı ortamdaki H^+ iyon konsantrasyonu ile yakından ilgilidir. Asidik ortam, minerallerin hidrolizini hızlandırmaktadır (Şekil 4.3) .

Hydrolysis of Potassium Feldspar:



Hydrolysis of Olivine:



LBR 3/2002

Şekil 4.3 Silikatların Hidrolizi

4.1.1.3 Biyolojik Ayrışma. Biyolojik ayrışmayı, biyofiziksel ve biyokimyasal olarak iki kısımda düşünmek mümkündür. Kayaçların biyofiziksel ayrışması canlıların neden oldukları fiziksel bir parçalanmadır. Bunların en önemlisi çatlaklar içinde büyüyen bitki köklerinin neden olduğu basınç nedeni ile kayaçların parçalanmalarıdır. Bazı bölgelerdeki toprak ve daha derinlerde yaşamlarını sürdüren çok sayıda solucan, karınca ve köstebek gibi hayvanların faaliyetleri oldukça etkin olabilir. Bunlara, insanoğlunun gittikçe artan kayaçları parçalayıcı faaliyetleri de eklenebilir.

Biyokimyasal ayrışma, biyofiziksel ayrışmaya göre çok daha etkilidir. Bitki kökleri devamlı olarak çevresine CO₂ gazı verir. Nitekim topraktaki CO₂ miktarının büyük bir kısmı bu şekilde oluşmuştur. CO₂ 'in hidratasyonu ile oluşan karbonik asit

çevredeki mineralleri kimyasal yol ile parçalamaktadır. Bu sırada çözelti haline geçen K, Si ve diğer elementlerin bir kısmı bitkiler tarafından emilmektedir.

Toprağa düşen ve daha sonra bozunan bitki artıkları, minerallerin parçalanmalarında rol oynayan çeşitli bileşikler oluşturur. Organik reaksiyonların oluşmasında bakteri ve mantar gibi mikroorganizmaların faaliyetleri çok önemlidir. Bu faaliyetler sonucunda hümik asit gibi organik asitler ile nitrik asit, amonyak, hidrojen gibi diğer minerallerin bozunmalarını sağlayan birçok organik ve inorganik ürünler oluşmaktadır.

4.1.2 Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı

Süreksizlik yüzeylerini içeren kayacın dayanımı, özellikle süreksizlik yüzeylerinin dolgusuz ve birbiriyle temas halinde olması koşulunda, makaslama dayanımı ve deformabilite açısından son derece önemlidir. Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş veya biraz daha derinde hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı bu yüzeylerin ve yakın civarındaki kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle yakından ilişkilidir. Bozunmanın derecesine bağlı olarak, süreksizlik yüzeylerinin dayanımı ana kayaç malzemesinin dayanımından daha düşük olabilir. Dolayısıyla hem kayaç malzemesinin, hem de kaya kütlelerinin bozunma durumunun tanımlanması, süreksizlik yüzeylerinin dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımını bu denli yakından ilgilendiren bozunmanın, mekanik parçalanma ve kimyasal ayrışma gibi iki önemli sonucu vardır. Genel olarak kayaç üzerinde fiziksel ve kimyasal faktörler birlikte etkirler. Ancak, iklim koşullarına bağlı olarak, bunlardan biri diğerinden daha baskın olabilir. Fiziksel bozunma, süreksizliklerin açıklıkları boyunca meydana gelir ve kayacın parçalanması sonucu mineral tanelerine dilinim ve kırıkların gelişerek yeni mikro süreksizliklerin oluşumuna neden olur. Kimyasal bozunma ise, kayaçlarda renk değişimi ve özellikler silikat minerallerinin kil minerallerine dönüşmesiyle sonuçlanmaktadır. Ancak, kuvars gibi dayanıklı bazı mineraller bu etkilere karşı direnç göstererek değişmeden kalırlar. Kimyasal bozunma sonucunda karbonat ve

tuz minerallerinin çözünmesi de önemlidir. Ayrıca süreksizlik yüzeylerindeki mineral sıvamaları veya kaplamaları da, özellikle yüzeyler düz ve pürüzsüz ise, makaslama dayanımını bir ölçüde etkileyebilmektedir. Bu açıdan gözlemler sırasında, süreksizlik yüzeylerindeki mineral kaplamalarının veya sıvamalarının tanımlanmasında yarar vardır. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımına etkisi açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, önce kaya kütlelerinin, daha sonra kayaç malzemesinin ayrışma derecesinin tanımlanması gerekir. Bu amaçla önerilmiş ve arazi çalışmaları sırasında pratik olarak kullanılabilecek bozunma sınıflama ölçütü, kayaç malzemesi için Tablo 4.1 de verilmiştir.

Dayanımın tahmin edilmesi amacıyla basit deneylerden veya Schmidt çekicinden yararlanılmaktadır. Ayrıntılı tanımlama ölçütleri Tablo 4.2’ de verilen basit deneyler, süreksizlik yüzeylerinde veya bu yüzeyleri temsil eden kayaç malzemesi üzerinde yapılabilir. Bu deneylerde tahmin edilen dayanım tamamen göreceli olup, kayaç malzemesini temsil eden el örneklerinde, bıcak veya jeolog çekici darbeleriyle kayacın ufalanmasına veya kırılmasına göre zayıf, orta vb. gibi tanımlamalar esas alınmaktadır.

Tablo 4.1 Kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflaması (ISRM, 1981)

Tanım	Tanımlama Ölçütü
Taze (Bozunmamış)	Kayaç malzemesinin bozunduğuna dair görünür bir belirti yoktur.
Rengi Değişmiş	Orijinal kayaç malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kayaç malzemesinin orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş- Dağılmış	Kayacın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kayaç malzemesi tamamen bozunarak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılındır.

Tablo 4.2 Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımına ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM, 1981)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, σ_c (Mpa)
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	Kayaçın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0,25 – 1,10
R1	Çok zayıf kayaç	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye ufalanan kayaç, çakı ile doğranabilir.	1,0 – 5,0
R2	Zayıf kayaç	Kayaç, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayaçın yüzeyinde iz bırakır.	5,0 – 25
R3	Orta derecede zayıf kayaç	Kayaç, çakı ile doğranmaz. Kayaç örneği jeolog çekici ile yapılacak sert ve tek bir darbeye kırılabilir.	25 - 50
R4	Sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için, jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50 – 100
R5	Çok sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	100 - 250
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	Kayaç örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	>250

4.1.3 Kayaçlarda Ayrışma Derecesinin Tanımlanması

Ayrışmanın derecesi genel olarak; deney çukurlarında, şev aynalarında, tünel veya galerilerde ve sondaj karot örneklerinde tanımlanabilir. Kaya kütlelerinin bozunması; bozunmaya uğramış malzemenin kütledeki dağılımına, bozunmanın süreksizlikler üzerindeki etkisine ve kayaçtaki renk değişimlerine göre değerlendirilir. Kaya üzerindeki etkisine ve kayaçtaki renk değişimlerine göre değerlendirilir. Kaya kütlelerinin bozunma derecelerine göre tanımlanması için Tablo 4.3 kullanılır.

Tablo 4.3 Kayaçlarda Ayırışma Derecelerinin Tanımlanması

Tanımlama Ölçütü	Tanım	Simge
Ana kayaçta renk değişimi yok, dayanımda bir azalma veya bozunmayla ilgili diğer etkiler söz konusu değil.	Taze Kaya(Fresh)	F
Kayacın süreksizliklerine yakın olan kesimlerinde çok az renk değişimi gözleniyor, süreksizlik yüzeyleri açık ve renkleri çok az değişmiş. Kayaç taze kayaca oranla fark edilebilir bir zayıflık göstermiyor.	Az Ayırışmış Kaya (Slightly Weathered Rock)	SW
Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir ve renkleri değişmiş, bozunma kayacın içine nüfuz etmeye başlamış. Kayaç fark edilir ölçde zayıflamış.	Orta Derecede Ayırışmış Kaya (Moderately Weathered Rock)	MW
Kayacın rengi değişmiş, süreksizlikler açık olabilir, yüzeylerinin rengi ve süreksizliklere yakın kesimlerde orijinal doku değişmiş, bozunma kayacın iç kesimlerini daha fazla etkilemiş, ancak ana kayaç halen gözlenebiliyor.	Çok Ayırışmış Kaya (Highly Weathered Rock)	HW
Kayacın rengi değişmiş ve kayaç toprak zemine dönüşmüş ancak orijinal dokusu genel olarak korunmuş. Seyrek olarak ana kayaca ait küçük parçalar bulunabilir.	Tamamen Ayırışmış Kaya (Completely Weathered Rock)	CW

Şekil 4.4 ‘de çalışma alanında bulunan bir şeve ait ayırışma dereceleri tanımlanmıştır.



Şekil 4.4 Çalışma alanındaki tüflere ait ayrışma profilinden bir görünüm
(⁴88500/⁴²88300)

4.2 İndeks Özellikleri ve P-Dalga Hızı

Değişik ayrışma derecelerinde farklı lokasyonlardan alınan tuf örneklerinin indeks özellikleri belirlenmiş ve P-Dalga hızları tanımlanmıştır. Kayaçların indeks özellikleri saptanırken TS 699' da belirtilen esaslara uyulmuştur. P- Dalga hızları pundit aleti kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 4.5).

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır jeoteknik uygulamalar içinde kullanılmaktadırlar. Bunlar jeofizik çalışma alanlarında ve kayaçların mühendislik özelliklerinin labaratuvarlarda saptanmasında kullanılırlar. Bu teknikler uygulanmasının kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır. Denemeler, dolgu tayininde ve kaya sınıflamalarında sismik hızın saptanması ile yapılmaktadır. Kaya kütle deformasyonu ve basıncın tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu) ve kayacın su içirme derecesinin saptanması sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır.

Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde ultrases ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas bir şekilde düzeltilmiş örnekler, bu yüzeylere gres sürülerek sismik analizatörü (alıcı-verici) arasına verici yerleştirilerek impulsun geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılır. Sonrasında boyları ölçülen karot numuneleri algılayıcılar arasına yerleştirilir ve göstergeden dalgaların kayaçtan geçme hızları okunur. Bulunan bu değerler kullanılarak dalga hızları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$V = L / T$$

Burada;

V : P ve S dalda hızı (m/sn)

L : Karot boyu (m)

T : Dalganın örneği geçme zamanı (sn)



Şekil 4.5 Sonik hız ölçmede kullanılan pundit aleti

Sismik hız, kaya kütlesi içindeki sarsıntı dalgalarının yayılım hızına karşılık gelir. Bu değer kaya kütlesi içindeki mineral bileşimini, yoğunluğu, poroziteyi, elastisiteyi ve kırılma derecesini etkiler. IAEG (Anon 1979a)' nin kayalar için tanımladığı ses hız sınıflaması Tablo 4.4' te gösterilmiştir. Volkanik kayalar genellikle 5000 m/s' den fazla ses hız değerine sahiptir. Bu değer metamorfik kayalarda 3500 m/s' den fazladır. Sedimenter kayalarda 4500 m/s ve 1500 m/s arasında çeşitli değerler alma eğilimindedir.

Tablo 4.4 P-Dalga hızı sınıflaması (I.A.E.G. (Anon, 1979a))

Sınıf	P-Dalga Hızı (m/s)	Tanımlama
1	2500' den az	Çok düşük hız
2	2500 – 3500	Düşük hız
3	3500 – 4000	Orta hız
4	4000 – 5000	Yüksek hız
5	5000' nin üzeri	Çok yüksek hız

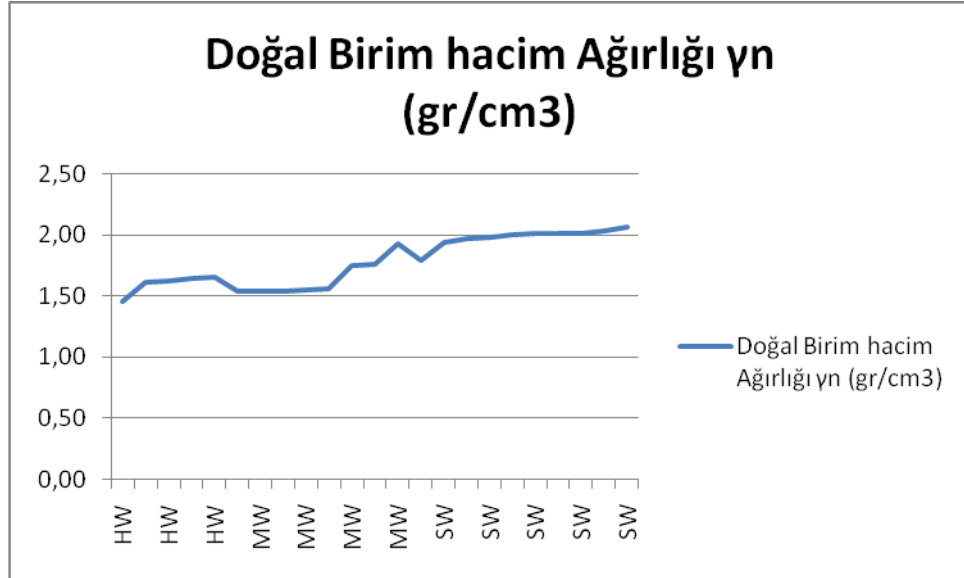
Farklı ayrışma derecesine sahip tuf örneklerinin indeks özellikleri ve P-Dalga hızı değerleri Tablo 4.5’ de verilmiştir.

Tüflerin ayrışma derecesi ile indeks özellikleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’ da sunulmuştur.

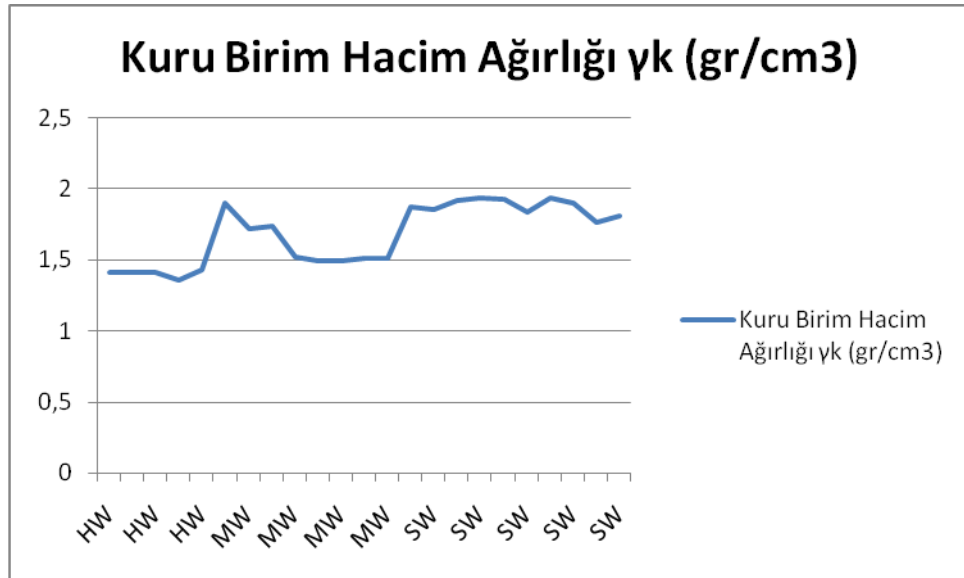
Tablo 4.5 Farklı ayrışma derecesindeki tüflerin indeks özellikleri ve P-Dalga hızı değerleri

Ayrışma Derecesi	Örnek No	γ_n (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)	n (%)	e (%)	ω (%)	V _p (m/s)
SW	IM 1_1	2,00	1,88	2,04	16,0	19,0	8,5	2662
SW	IM 1_2	1,98	1,86	2,03	17,0	20,0	9,0	2778
SW	IM 2_1	2,01	1,92	2,14	22,4	28,9	11,7	3140
SW	IM 2_2	2,06	1,94	2,12	17,4	21,1	9,0	3019
SW	IM 3_1	2,01	1,93	2,05	11,7	13,2	6,0	4035
MW	IM 3_2	1,92	1,90	2,06	16,7	20,1	8,8	3450
HW	IM 3_3	1,65	1,41	1,72	31,6	46,1	22,4	2581
SW	IM 4_1	1,93	1,84	2,03	19,0	23,0	10,3	3409
MW	IM 4_2	1,74	1,72	1,92	19,6	24,3	11,4	3155
SW	IM 5_1	2,03	1,94	2,08	14,0	16,3	7,2	3453
MW	IM 5_2	1,76	1,74	1,93	18,8	23,2	10,8	2922
SW	IM 6_1	2,01	1,90	2,05	15,0	17,6	7,9	2713
MW	IM 6-2	1,55	1,52	1,77	25,0	33,3	16,5	2512
SW	IM 7_1	1,79	1,77	1,96	19,2	23,8	10,9	2880
MW	IM 7-2	1,53	1,50	1,74	24,1	31,8	16,1	2439
SW	IM 8_1	1,97	1,81	2,01	20,0	25,0	11,0	2610
MW	IM 8-2	1,53	1,50	1,75	25,1	33,6	16,8	2353
MW	IM 9_1	1,54	1,51	1,76	24,8	32,8	16,4	2484
HW	IM 9_2	1,64	1,41	1,72	30,3	43,5	21,4	2531
MW	IM 10_1	1,53	1,51	1,75	24,5	33,2	16,2	2385
HW	IM 10_2	1,62	1,41	1,70	29,7	42,3	21,1	2418
HW	IM 11_1	1,61	1,36	1,69	33,4	50,0	24,6	2035
HW	IM 11_2	1,45	1,43	1,71	28,1	39,1	19,6	2103

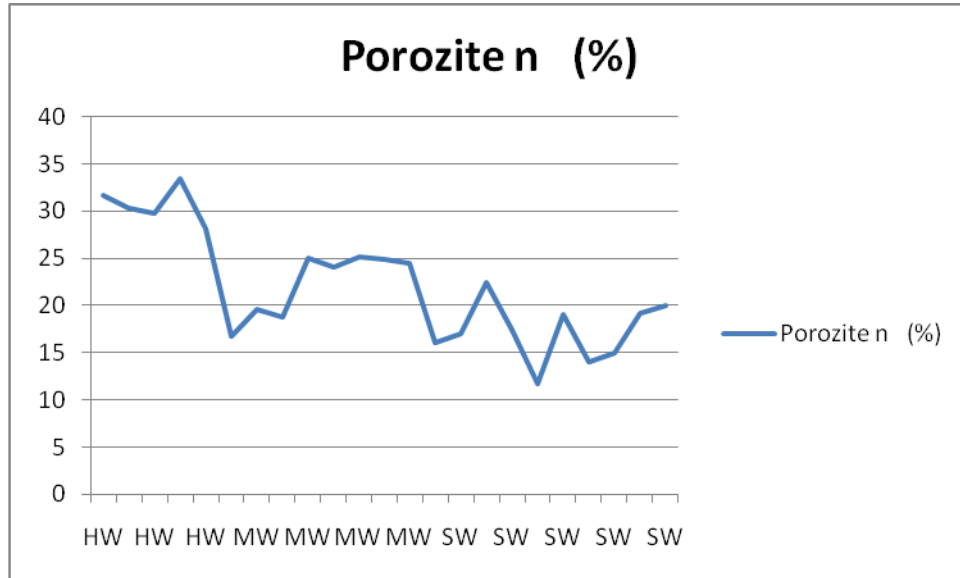
(Tablodaki; γ_n (gr/cm³): Doğal Birim hacim Ağırlık, γ_k (gr/cm³): Kuru Birim hacim Ağırlık, γ_d (gr/cm³): Doygun Birim hacim Ağırlık, n (%): Porozite, e (%): Boşluk Oranı, ω (%): Su İçeriği, V_p (m/s): P-Dalga Hızı'dır)



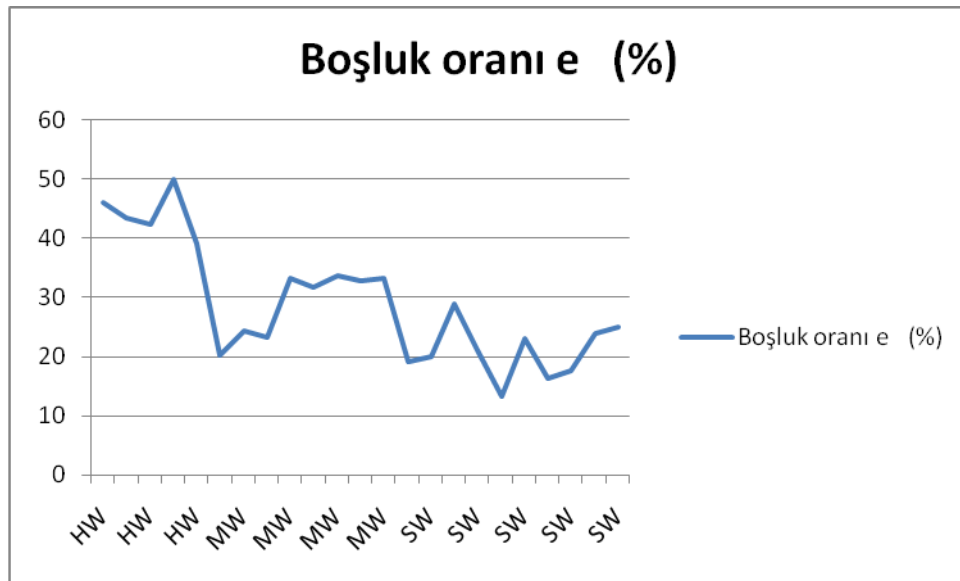
Şekil 4.5 Ayrışma derecesi ile doğal birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki



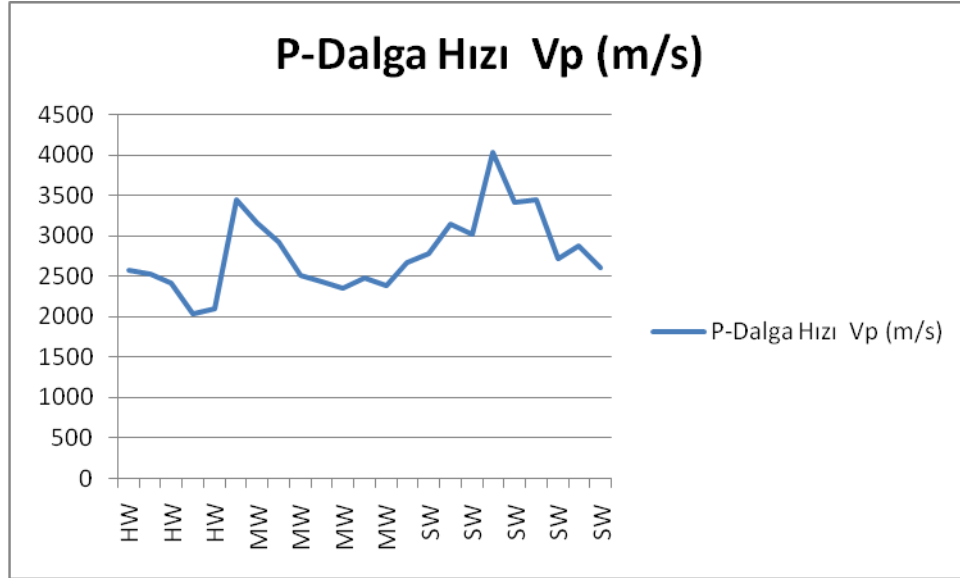
Şekil 4.6 Ayrışma derecesi ile kuru birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki



Şekil 4.7 Ayrışma derecesi ile porozite arasındaki ilişki



Şekil 4.8 Ayrışma derecesi ile boşluk oranı arasındaki ilişki



Şekil 4.9 P-Dalga hızı ile ayrışma derecesi arasındaki ilişki

4.3 Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı

4.3.1 Amaç

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda yaygın biçimde kullanılması amacıyla yapılır. Deneyler ISRM (1972) 'ye göre yapılmıştır.

4.3.2 Cihaz

4.3.2.1 Yükleme Cihazı

Yükleme cihazı, kayaç numunelerine tek eksenli yük uygulama ve bu yük miktarını ölçmeye yarar (Şekil 4.10).

4.3.2.2 Yükleme Tablaları

Deney cihazında, iki adet yükleme tablası bulunmaktadır. Bu tablalardan birisi oynak bir küresel yatak üzerine oturtulmuş, diğeri ise sabittir. Yükleme tabla

yüzeylerinin pürüzlülükleri (bir yüzeydeki en alçak ve en yüksek noktalar arasındaki fark) 0,025 mm' yi aşmamalıdır (ISRM, 1972). Küresel yatak üzerine oturtulmuş tablanın çapı, en az kayaç numune çapı kadar ve en çok bu çapın iki katı kadar olmalıdır. Oynak tablaya ait küresel yatağın merkezi, kayaç numunesinin yük uygulanan yüzey merkezi ile aynı olacak biçimde ayarlanabilmektedir. Yükleme tablasının oynak kısmı küresel yatak içine iyice oturtulmuş olmalı, fakat yükleme yüzeyi herhangi bir yönde döndürülebilmeli ve bu yüzeye az bir eğim verilebilmelidir.



Şekil 4.10 Tek eksenli sıkışma dayanımı deney cihazı

4.3.3 Deney Numuneleri

- Deney numuneleri düzgün dairesel silindir biçiminde olmalı ve aşağıda belirtilen toleranslar içinde kalmalıdır. Numunenin yan yüzeyi, genellikle düz olmalı ve tüm uzunluğu boyunca pürüzlülüğü 0,13 mm' den az olmamalıdır. Numunenin iki ucu birbirine paralel ve uzun dik eksene kesilmelidir. Bu iki uç yüzey pürüzlülükleri 0,025 mm' den az oluncaya kadar taşlanarak parlatılmalıdır. İki yüzeyin uzun eksenle dik açıdan sapma 1000 mm'de 1 mm'yi geçmemelidir. Numune boyu, numunenin dairesel yüzü üzerinde, değişik noktalardan kpmperatör gezdirilerek ölçülür. Böylece bulunan sonuçlardaki sapma, numune çapı 50 mm' den çok olduğunda, 0,05 mm' yi, numune çapı 42 mm (BX ölçülü karot) olduğunda 0,04 mm' yi ve çapın 25 mm olduğu durumlarda 0,025 mm' yi geçmemelidir.
- Böylece yukarıda belirtilen dik açıdan sapmanın 1000 mm' de 1 mm' yi geçmemesi sağlanmış olur. Kayaç numune boyunun çapına oranı; $L = 2D$, $L = 2,5D$ ve çapı 54 mm (NX çaplı karot)2 den küçük olmamalıdır. Kayaç numunesi ile yükleme tabla yüzeyleri arasına hiç bir madde konulmamalı ve numune yüzeylerine yukarıda belirtilen taşlama ve parlatma dışında hiç bir işlem uygulanmamalıdır.
- Deney sırasında numune rutubet miktarı, basma dayanım deney sonuçlarına önemli ölçüde etki edebilir. Numuneler hazırlandıktan sonra deney yapılincaya kadar en az 15 gün oda sıcaklığında ve atmosfer koşullarında tutulmalıdır. Basma dayanım deneyinin tümü kuru olarak yapılması istendiğinde, etüvde $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 2 de değişmez ağırlığa kadar kurutulur.

4.3.4 Deneyin Yapılışı

Deneyler en az 10 numune üzerinde yapılır.

- Her deneyden önce küresel yatağın oynaklığı kontrol edilir. Yükleme tablalarının ve deney numunesinin yüzeyleri iyice silinerek temizlenir ve deney numunesi alt tablanın üzerine yerleştirilir. Deney numune eksenini ile küresel yatak üzerinde tablanın basınç merkezi aynı olacak biçimde gerekli ayarlamalar yapılır. Numuneye uygulanacak yükün yüzeye eşit olarak dağılımını sağlamak için, oynak tabla numune yüzeyine tümüyle değecek biçimde ayarlanır.
- Yükleme sürekli olarak olabildiği kadar değişmez bir yükleme hızı ile, kırılmayı 5 – 15 dakikalık bir süre içinde oluşturacak biçimde ayarlanır.

4.3.5 Hesaplama

Numunenin tek eksenli sıkışma dayanımı;

$$\sigma_c = F / A \text{ eşitliğinden hesaplanır. (kg/cm}^2\text{)}$$

F: Yenilme anında kaydedilen yük (kgF)

A: Silindirik örneğin en kesit alanı (cm²)

Tüflerde yapılan tek eksenli basınç direnci deneyinde karot alımının zorluğundan dolayı bazı numunelerde $L = 2D$ kuralına uyulmuş ve bazı düzeltme formülleri kullanılarak tek eksenli sıkışma dayanımı değeri saptanmıştır.

Pratikte kullanılan yaygın düzeltme formülü:

$$\sigma_c' = \frac{\sigma_c}{\frac{b}{h} \times 0,24 + 0,88} \quad (\text{ASTM D 2938-79}).$$

σ_c : Deney sırasında ölçülen tek eksenli basma dayanımı değeri(kg/cm²)

σ_c' : Düzeltilmiş tek eksenli basma dayanımı değeri (kg/cm²)

b: Karot çapı (cm)

h: Karot boyu (cm)

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi toplamda 19 örnek üzerinde yapılmıştır. Bu örneklerden 5 tanesi oldukça ayrılmış (HW), 6 tanesi orta derecede ayrılmış (MW) ve 8 tanesi de az ayrılmış (SW) numunelerdir (Tablo 4.6)

Tablo 4.6 Deney numunelerine ait tek eksenli sıkışma dayanımı sonuçları

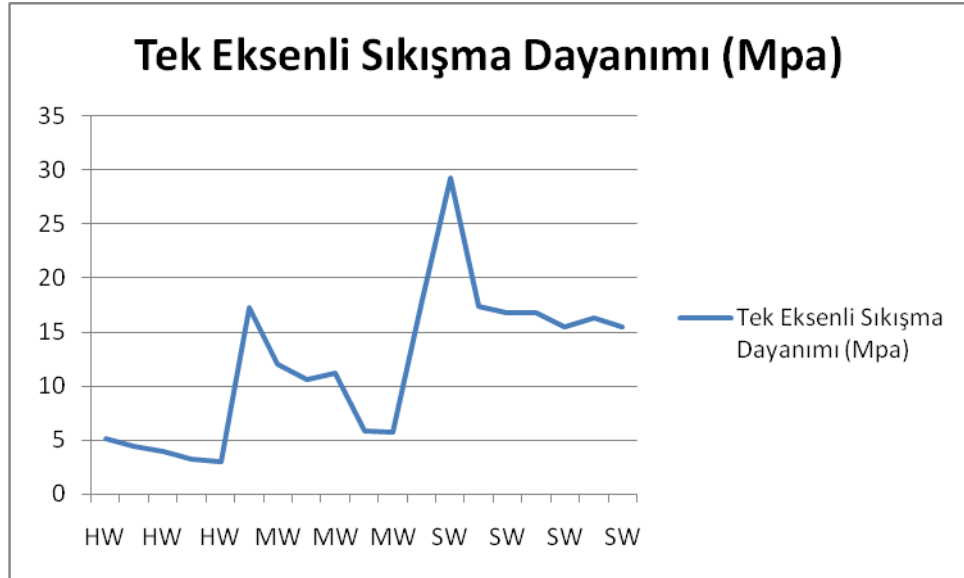
Ayrışma Derecesi	Örnek No	Çap (cm)	Boy (cm)	Yenilme Yüğü (kgF)	Alan (cm ²)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (kg/cm ²)	Düzeltilmiş Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (kg/cm ²)
HW	IM 3_3	5,35	10,75	1131	22,56	50,13	50,16
HW	IM 9_2	5,35	9,83	1018	22,56	45,12	44,65
HW	IM 10_2	5,38	10,76	912	22,73	40,12	40,12
HW	IM 11_1	5,38	9,55	759	22,73	33,39	32,88
HW	IM 11_2	5,27	10,76	660	21,90	30,14	30,21
MW	IM 3_2	5,35	10,8	3882	22,56	172,08	172,27
MW	IM 5_2	5,3	10,83	2654	22,06	120,29	120,60
MW	IM 6_2	5,21	10,82	2252	21,40	105,25	105,72
MW	IM 8_2	5,4	10,8	2563	22,90	111,94	111,94
MW	IM 9_1	5,32	10,84	1300	22,23	58,47	58,60
MW	IM 10_1	5,33	10,8	1272	22,40	56,80	56,89
SW	IM 1_1	5,4	10,78	4017	22,90	175,42	175,38
SW	IM 2_1	5,39	9,16	6849	22,90	299,08	292,87
SW	IM 3_1	5,30	10,78	3810	22,06	172,71	173,22
SW	IM 4_1	5,32	10,8	3711	22,23	166,93	167,48
SW	IM 5_1	5,34	10,77	3740	22,40	166,96	167,43
SW	IM 6_1	5,36	9,55	3532	22,56	156,56	154,29
SW	IM 7_1	5,32	10,76	3680	22,60	162,83	163,05
SW	IM 8_1	5,36	9,55	3532	22,56	156,56	154,29

IAEG (Anon, 1979a) 'ya göre yapılan sınıflama aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 4.7) (1MPa = 10 kg/cm²)

Tablo 4.7 IAEG (Anon ,1979a)' ya göre Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Sınıflaması

Ek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	Tanım
> 230	Çok Yüksek Dayanımlı
120 - 230	Çok Dayanımlı
50 – 120	Dayanımlı
15 – 50	Orta Derecede Dayanımlı
1,5 - 15	Zayıf dayanımlı

Şekil 4.11' de ayrışma derecesi ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 4.11 Tek eksenli sıkışma dayanımı ile ayrışma derecesi arasındaki ilişki

BÖLÜM BEŞ

SONUÇLAR

Foça Yarımadasında yer alan tüflerden değişik ayrışma derecelerine sahip örnekler alınarak başlangıçta bu örnekler üzerinde petrografik ve kimyasal analizler yapılmıştır. Daha sonra, değişik ayrışma derecelerine sahip tüf örneklerinden alınan NX çaplı karot örneklerinin fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm çalışmalarla ilgili sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Petrografik çalışmaların sonucunda tüflerin, pümeks dokulu vitrik tüf oldukları belirlenmiştir.

2. Değişik ayrışma derecelerine sahip örneklerin kimyasal analizleri yapılmış ve ana mineral içerikleri belirlenmiştir. %CaO miktarı arttıkça, % kızdırma kaybının arttığı görülmüştür.

Değişik ayrışma derecelerine sahip örneklerin difraksiyon çalışmaları sonucunda örneklerde kalsit, kuvars, plajioloklas, K-feldspat, Simektit, İllit, Kaolenit ve Tridimit mineralleri tespit edilmiştir.

3. Değişik ayrışma derecelerine sahip tüflerin ayrışma derecesi ile fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Buna göre;

- Ayrışma derecesinin artması ile porozite (n) ve boşluk oranı (e) değerlerinin düştüğü, doğal birim hacim ağırlığının (γ_n) arttığı görülmüştür.

- Ayrıca ayrışma derecesinin artması ile P-dalga hızı değerinin düştüğü görülmüştür.

4. Değişik ayrışma derecesindeki tüf örnekleri üzerinde tek eksenli sıkışma deneyi yapılmış, deney numunelerine ait tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca ayrışma derecesinin artması ile tek eksenli sıkışma dayanımının düştüğü gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akay, E., Erdoğan, B., (2001). Formation of subaqueous felsic dome and accompanying pyroclastic deposits on the Foça Peninsula (İzmir). *International Geology Review*, v.43, n.7, 661-674
- Anon, (1979a). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I- Rock and Soil Materials. *Bull. Int. Ass. Engg. Geol.*, 19, 364 – 371
- American Society of Testing Material D 2938 - 79: Standart Method of Test for Unconfined Compresive Strength of Rock Core Specimens In: 1980. *Annual Book of A.S.T.M. Standarts*, Part 19, 440 - 443
- Beavis, F. C. (1985). Rock weathering. *Engineering geology* Blackwell scientific (325-335). Meulbourne.
- Ceryan, Ş. (1999). Ayırışmış kayaçlarda kimyasal ayrışma indeksleri ile mühendislik özellikler arasındaki ilişkiler. 52. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı*, 9-16.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1985 Mermer Ocak İşletmelerini Etkileyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri, *II Uluslar Arası Mermer Semp.*, 2. 1-8 İstanbul Mermer İhc. Birliği Yayını, İstanbul.
- Erkan, Y. (1994). *Magmatik Petrografi Ders Notları*, Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, sayfa 124-139
- Fookes, P. G., Dearman, W. R., & Franklin, J. A. (1971). Some enginnering aspects of rock weathering with field examples from Dartmoor and elsewhere. *Q.J.I. Engng. Geo.*,4, 139-185.

Fookes, P.G., 1991, Geomaterials, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24, 3-15.

Gemici, Ü. (1996). *Engineering properties of shales in Narlıdere area*. Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, In Partial Fulfilment of the Requirements for the Master Degree in Geological Engineering, İzmir.

Harnois, I. (1988). The CIW Index. *Sedi. Geology*, 55, 319 - 322

International Society for Rock Mechanics. (1981). ISRM Suggested Methods: Rock characterization, testing and monitoring. E. T. Brown, (Ed.), *Pergomon Pres* (211). London.

İrfan. T. Y., & Dearmen, W. R. (1978). Engineering classification and indeks properties of a weathering granite. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 17, 79-90.

İrfan T. Y. (1996). Mineralogy, fabric properties and classification of weathered granites in Hong Kong. *Q. J. Engng Geol.* 29, 5-35.

Koca, M. Y. (1999). İzmir yöresinde andezitlerin bozunma ürünü killerin oluşum şekilleri ve mühendislik özellikleri. *51. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 42/2, 25-39.

Lumb, P. (1962). The properties of decomposed granite. *Geotechnique*, 12, 226-243.

Nesbitt, H. W., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic Climates and Plate Motions Inferred from Major Element Chemistry of Lutites. *Nature*, 299, 715-712.

Parker, A. (1970). An Index of Weathering for Silicate Rocks. *Geol. Mag.*, 501-504.

- Reiche, P. (1943). Graphics Representation of Chemical Weathering. *J. Sedi. Petrology*, 13, 58-68.
- Ruxton, B. D. (1968). Measures of degree of Chemical Weathering of Rocks. *J. Of Geol.*, 76, 518-527.
- Tuğrul, A. (1995). *Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özelliklerine ayrışmanın etkileri*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayınlanmamış).
- Tuğrul, A. Ve Yılmaz M., 2006, Taş Ocaklarında Kayaç Kalitesinin Değişimini ve Ocak Yerlerinde Mühendislik Jeolojisi Araştırmalarının Önemi. 4. *Ulusal KirmataG Sempozyumu Bildiriler Kitabı* 63-72
- TS.699/Ocak 1978; UDK 691.2. *Tabii yapı taşları-muayene ve deney metodları*.
- Ulusay, R. (2001). *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38.