



**YOLÇATI KÖYÜ (BİNGÖL) ÇEVRESİNDE YÜZEYLEYEN VOLKANİK
KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BETON
AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ**

Tuğçe BAYKARA

**Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM
EKİM-2016**

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

**YOLÇATI KÖYÜ (BİNGÖL) ÇEVRESİNDE YÜZEYLEYEN VOLKANİK
KAYAÇLARIN PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuğçe BAYKARA
(141116106)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Eylül 2016
Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Ekim 2016**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ragıp İNCE (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU (K.S.Ü)**

EKİM-2016

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada **“Yolçatı Köyü (Bingöl) Çevresinde Yüzeyleyen Volkanik Kayaçların Petrografik - Jeokimyasal Özellikleri ve Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği”** incelenmiştir.

Öncelikle çalışmalarım boyunca bilimsel katkı ve eleştirileriyle beni yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Sevcan KÜRÜM’e teşekkürlerimi borç bilirim.

Çalışmayı MF.16.08 numaralı proje ile finansal olarak destekleyen, arazi çalışmalarının jeokimya analizlerinin yapılmasındaki katkılarından dolayı, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında, inceleme alanındaki volkanik kayaçların agrega malzemesi olarak kullanılabilmesinin tesbiti için yapılan tüm deneyler ve çalışmalarında yardımcı olan Jeoloji Mühendisi H. Bayram TAŞKIRAN’a ve Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE birimi çalışanlarına teşekkür ederim.

Parlak kesitlerin incelenmesi sırasında yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ALTUNBEY’e teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında katkılarından dolayı abim Fakirullah BAYKARA’ya ve Arş. Gör. Abdullah SAR’a, bilgisayar programları konusundaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Onur ALKAÇ’a içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmam süresince benim yanımda olup bana desteklerini sunan tüm vefalı arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi, manevi her zaman yanımda olan, hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme de ayrıca teşekkür ederim.

Tuğçe BAYKARA
ELAZIĞ-2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	XI
KISALTAMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Önceki Çalışmalar.....	2
1.2. Çalışma Yöntemi.....	6
2. DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE NEOJEN MAGMATİK AKTİVİTE.....	8
3. STRATİGRAFİ.....	12
3.1. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Üst Oligosen).....	12
3.2. Solhan Volkanitleri (Üst Miyosen-Pliyosen).....	13
4. PETROGRAFİ.....	19
4.1. Andezitler.....	19
4.2. Bazaltik Kayaçlar.....	20
4.3. Trakitik Birimler.....	23
4.4. Dasitler.....	27
5. JEOKİMYA.....	29
5.1. Ana ve İz Element Jeokimyası.....	29
5.2. Çoklu Element Diyagramları.....	39

6. PETROJENEZ.....	42
6.1. Kısmi Ergime.....	42
6.2. Kaynak Magma ve Zenginleşme.....	45
7. VOLKANİKLERİN YAPI MALZEMESİ (AGREGA) OLARAK ÖZELLİKLERİ.....	49
7.1. Beton Agregasında Aranılan Özellikler.....	50
7.2. Yol Üst Yapısında Kullanılan Agregalarda Aranılan Özellikler.....	50
7.3. Agregaların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler.....	51
7.3.1. Los Angeles Metodu.....	51
7.3.2. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini (TS EN 1097-6).....	54
7.3.3. Agregalarda Dona Dayanıklılık (Magnezyum Sülfat Deneyi).....	58
7.3.4. Alkali Agrega Reaksiyonu (AAR).....	61
7.4. Kimyasal Özellikler.....	68
SONUÇLAR.....	69
KAYNAKLAR.....	72
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	96

ÖZET

İnceleme alanı, Doğu Anadolu bölgesinde, Bingöl ilinin yaklaşık 22 km KB'sında, Elazığ-Bingöl karayolu üzerinde bulunan Yolçatı köyü merkez olmak üzere, Sarıcan, Göçmezler, Bulgurcuk, Kuruca, Dikme, Gökçekanat köyleri ve çevreleri ile sınırlanmaktadır. Çalışma bölgesinde Orta Eosen-Ü. Oligosen yaşlı Kırgeçit Formasyonu kayaçları ile birlikte çalışma konusu olan Üst Miyosen-Pliyosen Solhan Formasyonu yüzeylemektedir. Çalışma bölgesinde Solhan Formasyonu genellikle tuf ve piroklastik breşlerden oluşan piroklastik kayaçlar ile lav akıntıları ile temsil edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, lav akıntılarının petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Arazide koyu siyah-grimsi renkli, yer yer soğuma çatlaklı ve tabakalanmalı yer yer de yuvarlaklaşmış büyük bloklar şeklinde bulunan lav akıntıları, kayaç türlerine göre farklı fiziksel ve morfolojik özellikler göstermektedir. Özellikle bazaltik lavlarda yuvarlaklaşmış büyük bloklar, ince kristalli, çok sert ve keskin kenarlar karakteristik iken diğer kayaç türlerinde çok kırılğan, çok çatlaklı, porfirik-veziküler doku gibi özellikler baskındır.

Solhan volkanitleri lav akıntılarında yapılan petrografik çalışmalarda kayaçların çoğunlukla bazalt, andezit ve trakit bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Genellikle porfirik- glomeroporfirik, ofitik-subofitik, veziküler ve trakitik dokulu olan kayaçlar, plajiyoklas-olivin-piroksen-sanidin fenokristalli, ve fenokristal indeks oranı $< \%35$ olarak bulunmaktadır. Genel olarak kayaçlarda yoğun olarak bulunan opak mineraller Ti-magnetit bileşimlidir. Asimilasyon, magma karışımı ve fraksiyonlaşma süreçlerine işaret eden dengesizlik dokuları bu kayaçlarda yaygın olarak gözlenmektedir. Kayaçların tüm kaya kimyasal analiz verilerine göre, alkalin ve subalkalin (kalkalkalin) özellikli iki farklı grup oluşturduğu gözlenmiştir. Element dağılımlarında genellikle benzer davranışlar gösteren bu kayaçların farklı kaynak bölgesinden ancak aynı fraksiyonlaşma süreçleri ile oluştuğu düşünülmektedir.

Çalışma alanında yer alan Sim Toprak ve Şakşak taş ocağı örneklerinin yapı malzemesi (agrega) olarak özelliklerinin incelenmesi sonucunda özgül ağırlığının ve dona dayanıklılığının agrega malzemesi olarak uygun olduğu, ancak bu örneklerin alkali azalması ve çözünen silis değeri bakımından kullanılabilirliğinin uygun olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Solhan volkanitleri, petrografi, jeokimya, magma karışımı, ayrımlaşma, agrega

ABSTRACT

THE PETROGRAPHIC AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE VOLCANIC ROCKS THAT OUTCROPPING IN THE YOLÇATI VILLAGE AROUND AND USABILITY AS A CONCRETE AGGREGATE

Study area, in eastern Anatolian region, in about 22 km northwest of Bingöl state, notably Yolçati village that situate on the way to Elazığ-Bingöl, Sarıcan, Görmezler, Bulgurcuk, Kuruca, Dikme, Gökçekanat villages and with these villages around, is limited. In study area, Middle Eocene-Upper Oligocene Kırkgeçit Formation with together study subject Upper Miocene-Pliocene Solhan Formation outcrop. Solhan Formation usually pyroclastic rocks that occur from tuff and pyroclastic breccia and lava flows is represented. In this study, petrographical and geochemical characteristics of lava flows is investigated.

In the area, lava flows that is dark colour, locally cooling crack, bedding, round the big blocks show different physical and morphological features according to rock types. Especially, while basaltic lavas are characteristic by round the big block, fine crystalline, extreme rigid and sharp-edged, other rock types have characteristics such as very fragile, fissured, porphyritic and vesicular texture.

As a result of petrographical study of lava flows of Solhan volcanites, it is determined that rocks are basalt, andesite and trachyte composition. Rocks usually demonstrate porphyritic, glomeraporphyritic, ophitic, sub-ophitic, vesicular and trachytic textures and consist of plagioclase, olivine, pyroxene, sanidine phenocrystal and rate of phenocrystal index is 35%. Generally, in the rocks, opaque minerals are common, and Ti-magnetite in composition. In balance textures that indicate assimilation, magma mixing, fractionation are commonly seen in these rock. According to whole rock analyse datasets, it is seen that rocks are separated into two different groups alkaline and sub-alkaline. It is thought that, these rocks that show usually same characteristic in element distribution are different source region, but occur from same fractionation process.

Sim Toprak and Şakşak quarry samples are analyzed as aggregate characteristics, and it is determined that, their specific gravity and frost resistance are suitable as aggregate material, however in terms of alkali reduction and solute silica values of these samples availability are not convenient.

Key Words; *Solhan volcanites, Petrography, Geochemistry, Magma Mixing, Differentiation, Aggregate*

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Earth).....	1
Şekil 1.2. Yolçatı Köyü (Bingöl yakın B'sı) jeolojik haritası.....	2
Şekil 2.1. Türkiye'nin ayrıntılı tektonik birlikleri haritası.....	8
Şekil 2.2. Türkiye'nin ayrıntılı Neo-tektonik haritası.....	9
Şekil 2.3. Bölgede yüzeyleyen Neojen volkanitlerin 1/500 000 ölçekli haritadaki yayılımı.....	11
Şekil 3.1. Gökçekanat köyü yolu üzerinde, Solhan Volkanitleri ve Kırkgeçit Formasyonunun görünümü.....	13
Şekil 3.2. Bingöl-Karakoçan yolu, yaklaşık 30.km yol yarmasında bazaltik lav akıntıları ile alttaki volkanosedimenterlerin görünümü.....	15
Şekil 3.3. Bingöl-Karakocan yolu, yaklaşık 25.km yol yarmasında tüf ve lavların görünümü.....	16
Şekil 3.4. Direkli köyü çevresinde piroklastik kayaçların görünümü.....	16
Şekil 3.5. Şakşak Tepe taş ocağında üstte soğuma çatlakları ve ince tabakalanmaların görünümü.....	17
Şekil 3.6. Gökçekanat köyü yolu üzerinde büyük bloklar şeklinde yuvarlaklaşmış bazaltik lavların görünümü.....	17
Şekil 3.7. Lav akıntısı ile tüfler arasındaki pişme zonunun görünümü.....	18
Şekil 3.8. Lav akıntısının alt düzeylerinde veziküler dokunun görünümü.....	18
Şekil 4.1. Andezitik kayaç örneklerinde gözlenen porfirik doku (a-b), (örn. no. B-3) ve plajiyoklas fenokristalinde gözlenen erime-çözünme yapıları (c-d), (örn. no. B-17), (Ç.N).....	20
Şekil 4.2. Plajiyoklaslardaki ikizlenmeler ile olivinlerde iddingsitleşmenin görünümü (örn. no. B-22), (Ç.N).....	21
Şekil 4.3. Bazaltlarda farklı dokuların görünümü (örn. no. B-17), (Ç.N).....	21
Şekil 4.4. Bazaltlarda gözlenen plajiyoklaslarda erime-çözünme ve kemirilme yapıları (a-c), (örn. no. B-17), ikizlenme ve zonlanma ile fenokristal ve mikrolitik hamur malzemesi (d-e), (örn. no. B-21) ve piroksen kapanımları görünümü (f), (örn. no. B-21) ile olivin ve piroksen fenokristallerinin görünümü (g-i), (örn. no. B-29), (Ç.N).....	22
Şekil 4.5. Ofitik ve subofitik dokuyu oluşturan plajiyoklas ve klinopiroksen mineralleri (a-b) ve kenarlarında iddingsitleşmenin gözleendiği olivinlerin (c,d) görünümü (örn. no. B-30), (Ç.N)....	23
Şekil 4.6. Trakitlerde glomeroporfirik doku ve yönlenmeli plajiyoklas mikrolitleri (a-b), (örn. no. B-1) ile sanidin fenokristallerinin görünümü (c-d), (örn. no. B-10), (Ç.N).....	24

Şekil 4.7. Trakiandezitlerde genel doku içerisinde, plajiyoklasların görünümü (örn. no. B-27), (Ç.N).....	25
Şekil 4.8. Trakiandezitlerde genel doku içerisinde, olivin (a) ve piroksenlerde (b-c) korona dokusunun görünümü (örn. no. B-32), (Ç.N).....	25
Şekil 4.9. Trakibazalt özellikte kayaç örneğinde gözlenen trakitik doku ve olivin minerali (a-b), (örn. no. B-24) ile piroksen ve olivin mineralinde gözlenen korona dokusunun görünümü (c-d), (örn. no. B-32), (Ç.N).....	26
Şekil 4.10. Dasitlerin görünümü (örn. no. B-31), (Ç.N).....	27
Şekil 5.1. Çalışma bölgesine ait örneklerin toplam Alkali-SiO ₂ diyagramı (Le bas ve diğ., 1986).....	30
Şekil 5.2. Solhan volkanitleri örneklerinin wichester ve Floyd (1977) diyagramında dağılımı...30	
Şekil 5.3. Örneklerin Alkali-Silis diyagramında dağılımı (Irvine ve Barager, 1971).....	32
Şekil 5.4. Çalışma bölgesi örneklerin SiO ₂ -K ₂ O diyagramındaki (Peccherillo ve Taylor, 1976) dağılımları.....	33
Şekil 5.5. Çalışma bölgesi örneklerin Co-Th diyagramındaki (Hastie et al, 2007) dağılımları.....	33
Şekil 5.6. Ana oksitlerin SiO ₂ 'e göre değişim gösteren Harker diyagramları (Harker, 1909).....	35
Şekil 5.7. İz element SiO ₂ 'e göre değişim gösteren Harker diyagramları (Harker, 1909).....	37
Şekil 5.8. Örneklerin Rb-Sr, Rb-Cs değişim diyagramları.....	39
Şekil 5.9. Çalışma konusu kayaç örneklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Mc Donough ve diğ., 1992).....	40
Şekil 5.10. Çalışma konusu kayaç örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Sun ve Mc Donough , 1989).....	41
Şekil 6.1. Çalışma konusu volkanitlerin ana oksit ve iz element değişim diyagramları (a) MgO-Zr, (b) SiO ₂ -Zr, (c) Rb-Ni, (d) Y-Zr, (e) Ce-Zr, (f) La-Zr (AFC: Özümleme (Fraksiyonel Kristalleşme); FC: Ayrımlaşma (Fraksiyonel Kristalleşme); Vektörler, minerallerin ayrımlaşma yönlerini göstermektedir.....	43
Şekil 6.2. Örneklerin K ₂ O/Th-La-Ta diyagramındaki dağılımları.....	46
Şekil 6.3. Çalışma bölgesine ait örneklerin Nb/La-La/Yb diyagramındaki dağılımı (Kaygusuz et al, 2011). HIMU: Yüksek μ değerine (yüksek U/Pb oranına) sahip manto, OIB: Okyanus ada bazaltları.....	46
Şekil 6.4. Örneklerin Nb/Y-Th/Y ilişkili diyagramındaki dağılımları (Görmüş, 2009).....	47
Şekil 6.5. İnceleme alanındaki kayaçların Hf/3 – Th – Nb/16 diyagramına göre dağılımları (Wood 1980) A: N tipi MORB, B: E tipi MORB ve toleyitik levha içi bazalt, C: Alkalın levha içi bazalt, D: Volkanik-yay bazaltları.....	48

Şekil 7.1. Los Angeles Aşınma Deney Aleti.....	51
Şekil 7.2. Sim toprak taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçlarının grafik halinde birlikte gösterilmesi.....	52
Şekil 7.3. Şakşak tepe taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçlarının grafik halinde birlikte gösterilmesi.....	53
Şekil 7.4. Uygun bir piknometre örneği.....	55
Şekil 7.5. Magnezyum sülfat deney aşamaları.....	60
Şekil 7.6. ASTM C 1260’da belirtilen elek aralığına sınıflandırılmış numune.....	64
Şekil 7.7. Harç numunesinin karıştırılması, yayılması ve kalıba yerleştirilmesi.....	65
Şekil 7.8. Harç numunesinin kalıptaki ve kalıptan çıktıktan sonraki görünümü.....	66
Şekil 7.9. Harç çubuklarının 80 °C su banyosunda ve çıktıktan sonraki görünümü.....	66
Şekil 7.10. (a) Elektronik ölçme cihazı ve referans çubuk. (b,c,d) ölçüm işlemi.....	67

TABLolar LİSTESİ VE EKLER

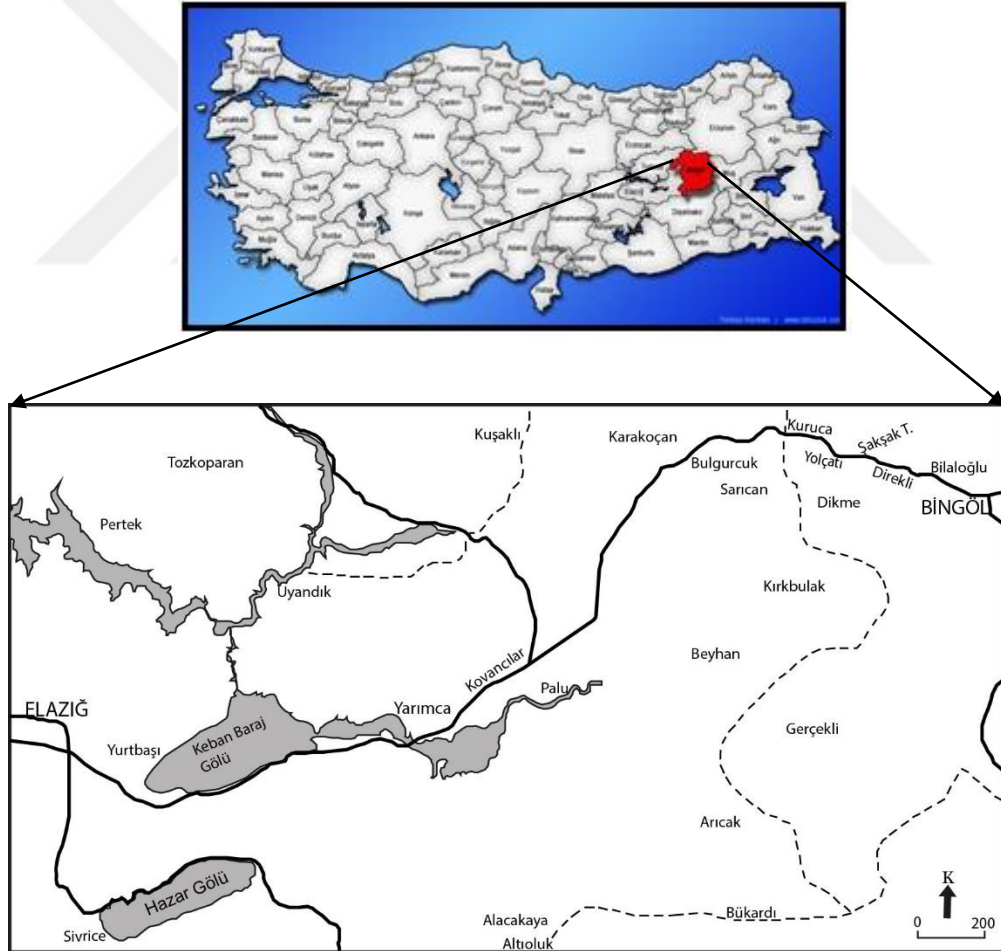
Tablo 5.1. Kayaç örneklerinin ana oksit (%ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu.....	31
Tablo 5.2. Solhan Formasyonu'na ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu....	38
Tablo 6.1. Solhan Formasyonuna ait örneklerin bazı element oranları.....	44
Tablo 7.1. Farklı cins agregalara ait aşınma dayanımı özellikleri.....	50
Tablo 7.2. Sim toprak taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçları.....	52
Tablo 7.3. Şakşak tepe taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçları.....	53
Tablo 7.4. Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi (piknometre metodu).....	56
Tablo 7.5. Sim Toprak taş ocağından alınan örnekte kaba agreganın tane yoğunluğu ve su emme oranının sonuçları.....	58
Tablo 7.6. Şakşak tepe taş ocağından alınan örnekte kaba agreganın tane yoğunluğu ve su emme oranının sonuçları.....	58
Tablo 7.7. Sim Toprak örneğinin magnezyum sülfat deney sonuçları.....	60
Tablo 7.8. Şakşak Taş Ocağı örneğinin magnezyum sülfat deney sonuçları.....	61
Tablo 7.9. Deney numunesi için gerekli elek aralığı ve miktarı.....	65
EK 7.1. Bingöl Sim Toprak taş ocağı ASR deney sonuçları.....	81
EK 7.2. Bingöl Şakşak Tepe taş ocağı ASR deney sonuçları.....	87
EK 7.3. Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi Sonuçları.....	93
EK 7.4. Bingöl Şakşak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi Sonuçları.....	94
EK 7.5. Agregate deneylerinin TS (Türkiye Standartları) aralıkları.....	95

KISALTMALAR

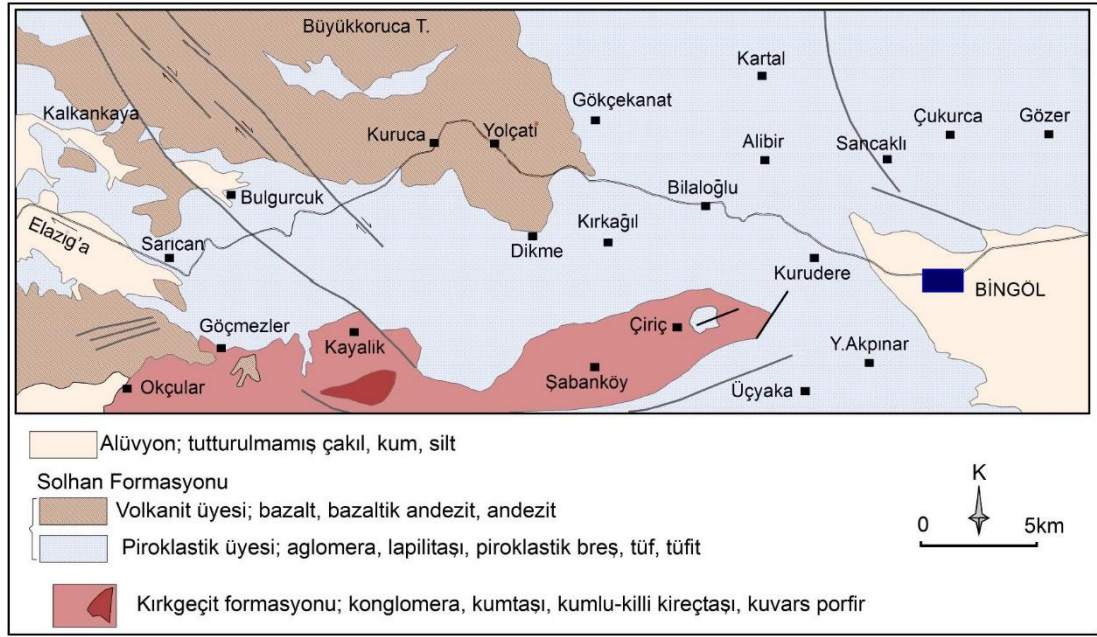
AAR	: Alkali Agrega Reaksiyonu
AKR	: Alkali Karbonat Reaksiyonu
ASR	: Alkali Silika Reaksiyonu
TS	: Türk Standartları
MTA	: Maden Tetkik Arama
Ç.N	: Çift Nikol
B-KB	: Batı-Kuzeybatı
K	: Kuzey
DAF/S	: Doğu Anadolu Fayı /Sistemi
AR-GE	: Araştırma-Geliştirme
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
DAYK	: Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı
NTE	: Nadir Toprak Element
HNTE	: Hafif Nadir Toprak Element
ANTE	: Ağır Nadir Toprak Element
LILE	: Büyük İyon Litofil Elementler (Large Ion Lithophile Elements)
HFSE	: Yüksek Değerlikli Elementler (High Field Strength Elements)
MORB	: Okyanus Ortası Sırtı Bazaltları (Mid-Ocean Ridge Basalt)
AFC	: Özümleme+Ayrımlaşma (Assimilation Fractional Crystallization)
FC	: Ayrımlaşma (Fractional Crystallization)
HIMU	: Yüksek μ değerine (yüksek U/Pb oranına) sahip manto
OIB	: Okyanus Ada Bazaltları (Ocean Island Basalts)

1. GİRİŞ

İnceleme alanı Doğu Anadolu bölgesinde, Bingöl ilinin yaklaşık 22 km KB'sında, Elazığ-Bingöl karayolu üzerinde bulunan Yolçatı köyü merkez olmak üzere, Sarıcan, Göçmezler, Bulgurcuk, Kuruca, Dikme, Gökçekanat köyleri ve çevreleri ile sınırlanmaktadır (Şekil 1.1). Çalışma bölgesi 1/25.000 ölçekli Elazığ K-44 a₂, b₁ paftaları içerisinde bulunmaktadır. Bölgenin, Doğu Anadolu aktif fay sistemi içerisinde bulunması ve Neojen volkanizmasının yaygın olması nedeniyle topoğrafyası oldukça serttir. Çalışma bölgesinde Orta Eosen yaşlı Kırgeçit formasyonu kayalar ile birlikte çalışma konusu volkanitler yüzeylemektedir. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, bölgede yüzeyleyen volkanik kayaların (Şekil 1.2) petrografik ve jeokimyasal özellikleri ve bu volkanitlerin beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google Earth).



Şekil 1.2. Yolçati Köyü (Bingöl yakın B'sı) çevresinin jeolojik haritası (Herece, 2008'den sadeleştirilerek alınmıştır).

1.1 Önceki Çalışmalar

Çalışma alanı ve dolayında, gerek bölgenin jeolojisine ve gerekse volkanizmasına ilişkin önemli katkılar oluşturmuş, birçok öncel araştırmacının çalışması vardır (Pamir ve Baykal, 1943; Tanoğlu, 1947; Lahn, 1950; Erinc, 1953; Altınlı, 1966; Şenalp, 1966; Şaroğlu ve Güner, 1981). Ayrıca daha güncel ve bölge veya konuyla ilgili olan çalışmalardan bazıları da aşağıda yer yer kronolojik sıraya göre özetlenmektedir.

Çalışma konusunu oluşturan volkanitler (Bingöl / Solhan volkanitleri), Yılmaz ve diğ. (1987) tarafından "Solhan volkanitleri" olarak adlanan volkanizmadır. Seymen ve Aydın (1972), bölgedeki volkanik faaliyetlerin, Bingöl'ün güneyinde Pliyo-Kuvaterner yaşlı gölsel-eski akarsu çökelleri ile yanal ve düşey geçişli olması nedeniyle, Miyosende başlayıp Pliyo-Kuvaterner'e kadar sürdüğünü ileri sürülmektedirler. Araştırmacılar, bölgede yaklaşık 1000 m kalınlığa erişen bu volkanitlerin, başlangıçta trakibazalt türde bazik lav ve aglomeralarla, daha sonra ise trakiandezitik ve andezitik lav, tuf ve aglomeralarla temsil edildiğini belirtmektedirler (Ercan ve diğ., 1990).

Yılmaz ve diğ. (1987), Solhan volkanitlerinin üç dönemde oluşumlarını tamamladıklarını, ilk dönemde (Üst Miyosen) zayıf alkalın nitelikli trakibazaltik lavlarla volkanik etkinliğin başladığını ve bu volkanitlerin genellikle alkalın nitelik taşıdıklarını belirtmişlerdir. Yine, Yılmaz (1984) ile Yılmaz ve diğ. (1987) bu volkanitlerin ilk ürünlerinin, Doğu Anadolu'nun maksimum kabuk kalınlığına henüz erişemediği dönemlerde üst mantodan, sığ derinliklerde kısmi ergime ile oluştuklarını, daha sonraki evrelerde oluşan volkanik ürünlerin ise kabuksal kökenli olduklarını belirtirler. Ayrıca, Yılmaz ve diğ. (1987), Muş-Bingöl yöresinde yaptıkları çalışmada Solhan volkanitleri olarak adlanan birimin Orta (?) -Üst Miyosen yaşında olduğunu, zayıf alkali karakter gösterdiğini ve Doğu Anadolu'da kabuğun maksimum kalınlığa erişemediği dönemde yukarı mantodan sığ derinliklerde kısmî ergimeyle oluştuğunu belirtmektedirler.

Solhan kuzeyinde çalışan Yılmaz ve diğ. (1988) ise, Solhan volkanitlerinin ilk evresine karşılık gelen volkanitleri "Bingöl dağı volkanitleri" olarak adlandırmış ve ana çıkış merkezlerinin Bingöl dağı kalderası olduğunu belirtmişlerdir. Aynı volkanizma Muş dolaylarında da yüzlekler vermekte olup, Üst Miyosen yaşlı andezitik ve bazaltik lavlarla ve bunların üzerinde yer alan Pleyistosen yaşlı daha asidik ürünlerle temsil edilirler (Şaroğlu ve Güner, 1981). Bölgede volkanitlerdeki çalışma daha çok Solhan ve kuzeyde Karlıova ve çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmalarda litolojik (ve petrojenetik?) farklılıklara bağlı olarak farklı adlandırmalar kullanılmıştır. Örneğin Bingöl çevresindeki volkanitlerde çalışan Buket (1988), bu volkanitleri, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı "Hamurpet volkanitleri" ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı "Keleştepe volkanitleri" olarak adlandırmıştır. Türkecan (1991) ise Güneydoğu Anadolu'da Muş yöresinde yaptığı çalışmada Pliyosen yaşındaki Volkanitlerin alkalın nitelikli olan ve plato lavları şeklinde bulunduğunu ancak bu volkanitlere toleyitik volkanizma ile peralkalen bir volkanizmanın da eşlik ettiğini belirtmektedir. Araştırmacı, gerek ana element gerekse iz element içeriklerinin bu volkanitlerin kıta içinde oluştuklarını gösterdiğini ve K/Ar radyometrik yaş tayinlerinin ile neomagmatizmanın ilk ürünlerini veren volkanizmanın Erken Pliyosende faaliyete başladığını belirtmiştir.

Yukarıda da belirtildiği gibi volkanizma ve bölgenin tektonik konumu dikkate alındığında bölgeyle ilgili olarak pek çok araştırmacı tarafından hazırlanmış birçok rapor ve yayın bulunmaktadır. Bölgenin tektonik konumu ve önemi de dikkate alındığında yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Arpat ve Şaroğlu (1972), "Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler" adlı çalışmalarında; Doğu Anadolu'da Karlıova ilçesi ile Hazar Gölü arasında sol yanal atım özellikleri gösteren bir fay zonunun bulunduğu, bu fay zonunun Güneydoğu Türkiye'de düşük ve ters açılı fayı da meydana getirmiş olan sıkıştırma kuvvetlerinin etkisiyle geliştiğini ifade etmektedirler.

Dewey ve diğ. (1986), Doğu Anadolu'nun kıtasal çarpışmanın kinematığını ve geometrisini çalışmak için dünyadaki en ideal yerlerden biri olabileceğini önermişlerdir. Neotektonik çarpışma fazının yaklaşık 12 My önce (Orta Miyosen) başladığını ve Arabistan'ın Avrasya'ya doğru kuzeye yaklaşımının kabuğun kalınlaşmasına ve kısalmasına ve kama şeklindeki Anadolu bloğunun Doğu Akdeniz'in dalan okyanusal litosfer üzerinde batıya doğru hareket etmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı çalışmada, Doğu Anadolu Transform Fayı üzerinde, Maraş-Çelikhan arasında kalan segment boyunca enerji birikiminin olduğunu ve bu enerjinin Çelikhan'dan başlayarak, güneye doğru ilerleyecek bir şok serisi ile açığa çıkacağını önermişlerdir.

Muehlberger ve Gordon (1987), DAFS'nin tek bir parça halinde değil de, farklı segmentler halinde hareket ettiğini ve bu segmentlerin farklı kayma oranlarına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca fay sistemindeki segmentleri iki grupta toplamışlardır. Bunlar; K-G yönlü sıkışma içinde yer alan ve sıkışmalı büküm şeklinde davranan segmentler ile farklı tiplerde olan ama neredeyse tam çizgisel doğrultu atımlı faylar şeklinde davranan segmentlerdir.

Yılmaz ve diğ. (1993), Güneydoğu Anadolu orojenik sisteminin Toros ve Arap platformları arasında kıtasal çarpışmanın sonucu olarak oluştuğunu belirterek, bölgenin doğu-batı uzanımlı ve güneyden kuzeye doğru Arap platformu, yığışım prizması zonu ve nap zonu olmak üzere kabaca üç zona ayrılabilirliğini belirtmişlerdir. Bu zonlardan Arap platformu'nun Erken Kambriyen-Orta Miyosen aralığında çökelmiş, çoğu denizel sedimanlardan oluştuğunu, yığışım prizması zonunun nap zonu ile Arap platformu arasında sıkışmış dar bir kuşaktan oluştuğunu, nap zonunun ise en yüksek yapısal seviyeleri temsil ettiğini belirtmişler ve nap zonunu da alt nap ve üst nap olmak üzere iki gruba ayırmışlardır.

Barka ve Reilinger (1997), Doğu Akdeniz bölgesinin ana tektonik özelliklerinin, güncel GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi) ölçümleri, sismisite ve neotektonik çalışmalarından elde edilen verilerle birleştirilerek, yeniden irdelenmesini hedeflemişlerdir. Alınan GPS ölçümlerine göre, Arabistan plakasının kuzey yönünde, Avrupa'ya göre, 23 ± 1 mm/yıl oranında hareket ettiğini ve bunun 10 mm/yılıının Kafkaslardaki kısalmasıyla karşılandığını belirtmişlerdir. Yine bu ölçüm sonuçlarına göre, Bitlis ön bindirmesindeki kayma miktarı 15mm/yıl, DAF için ise 11 ± 1 mm/yıl olarak bulunmuştur.

Çalışma konusu volkanitlerin agrega özelliklerinin araştırmasında yararlanılacak bazı çalışmalar ise aşağıda özetlenmiştir.

Giaccio ve diğ., (1992) yaptıkları çalışmada; bazalt, granit ve kireçtaşı agrega kullanılarak üretilen betonlar üzerinde basınç dayanımı, elastisite modülü, çekme gerilimi ve eğilme deneyleri yapmışlardır. Bu deneylerde betonun iç bağındaki çözümler ve süreksizlik sınırları incelenmiştir. Araştırmacılar, beton iç bağındaki çözümlerin nedenini, agreganın temizliğine,

sıkıştırılmasına, karışımına ve agregâ türüne göre değiştiği, süreksizlik sınırının ise agregaya göre değişmediğini iddia etmektedirler. Bununla birlikte, daha sert kayâçlardan elde edilen agregaların, mukavemet değerlerinin de yüksek çıktığı belirtilerek, bazalt, granit ve kireçtaşı içermeyen betonların, mukavemet değerlerinin düşük çıkacağını belirtmektedirler. Alexander ve Milne (1995) ise yaptıkları çalışmada; dört çeşit çimento karışımı ile yapılan betonlarda, agregâ çeşitlerinin beton mukavemetine etkisini incelenmişlerdir. Bu çalışmada, agregâ çeşidine bağlı olarak, basınç mukavemetlerinin de değiştiği gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, dolomit ve andezit agregalar ile portlant çimentosu kullanılarak yapılan betonlarda mukavemet değerinin büyük çıktığı, granit ve kuvarsit agregalarla yapılan betonlarda, özellikle erken yaşlarda elastisite modülünün düşük çıktığını belirtmişlerdir. Dört farklı agregâ kullanılarak yapılan betonlarda, agregâ ile çimento ara yüzeyinin, agreganın doğal yapısına göre değişik özellikler gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Neville (1996), agreganın sadece betonun dayanımını sınırlamakla yetinmeyip, istenmeyen özellikleri içermeleri halinde dayanım ve yapısal performansını negatif yönde etkilenebileceğini belirtmektedir. Betonda mukavemeti düşüren yaratabilen minareller (kil minarelleri, mikalar, feldspat minarelleri, sülfat veya demiroksit mineralleri gibi) agregâ olarak kullanılan kayâçların (magmatik, metamorfik ve sedimanter) mineral bileşimlerini ve bu minerallerin ayrışma dereceleri betonun taşıma gücü yönünden fiziksel ve mekanik özelliklerini direkt olarak etkilediğini belirtmektedir. Tasong ve diğ. (1998) ise farklı mineral yapısına sahip agregalar arasında önemli farklılıklar gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Kayâç yapısı ve kimyasal reaksiyonların beton dayanımında önemli bir fonksiyon oluşturduğunu belirtmişlerdir. Yeğinobalıya (1999) göre, köşeli ve yüzeyi pürüzlü agregaların yuvarlak taneli olanlara göre çimento hamuru ile daha kuvvetli bağ oluşturduğunu, agregâ yüzeyinin gözenekli olması durumunda da çimento tanelerinin bu bağı daha da kuvvetlendirdiği tespit etmiştir. Araştırmacı, agreganın mineralojik yapısının da bu bağda etkili olduğunu belirtmiştir.

Çalışkan (2003) yaptığı çalışmada, agregalar ile bağlayıcılar arasında zayıf ara yüzey olduğunu bu ara yüzey boyunca çatlakların ilerlediğini belirtmiştir. Ayrıca ara yüzeylerin beton performansında da etkili olduğunu, buna engel olmak içinde ara yüzey bölgesinin agregâ ile çimento matrisinin güçlü bir aderans yapacak şekilde yoğun olması gerektiğini belirtmiştir. şengöl ve diğ. (2003) de yaptıkları çalışmada, bazalt, kumtaşı ve üç farklı bölgeden alınan kalker agregaları kullanılarak hava sürükleyici katkı içeren ve içermeyen betonlar üretilerek, sertleşmiş betonların 28 günlük basınç ve eğilme dayanımları ile ultrases hızı değerleri saptamışlardır. Bu çalışmalar sonucuna göre hava sürüklenmiş betonların eğilme ve basınç dayanımlarının hava sürüklenmemiş betonlara göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Hava sürükleyici katkı içeren betonların dondan daha az etkilendiği ve agregâ türünün betonun donma- çözölme dayanıklılığını

etkilediği belirtilmiştir. Halili (2003) yaptığı çalışmada, kırma-eleme tesislerinde verimlilik ve kalitenin en uygun şartlarda sağlanabilmesi için kırma-eleme tesislerinin dizaynı, kırıcı, elek ve konveyör bant seçimi, kırılacak malzemenin jeolojik, teknolojik, jeomekanik ve yapısal özellikleri dikkate alınarak yapılması gerektiğini belirtmiştir. Özkahraman ve Işık'ın (2005) yaptıkları çalışmada ise karışım oranları ve kullanılan malzemeleri aynı olan fakat kimyasal ve mineralojik yapıları farklı olan 10 farklı agrega grubuyla oluşturulan numunelerde, en iyi beton özelliklerini %80–95 SiO₂ ve en az %0.5–3.4 CaCO₃ içeren agregaların verdiğini belirtmişlerdir.

1.2. Çalışma Yöntemi

Bu çalışma kapsamında, çalışma alanı olarak belirlenen bölgedeki Neojen volkanitlerin litolojik, petrolojik özelliklerinin ortaya konulması ve önceki çalışmalardaki sonuçlarla değerlendirilmesi ilk adım olarak hedeflenmiştir.

Yüksek lisans tezi kapsamında yapılan arazi çalışmaları 2016 yaz aylarında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında Brunton tipi jeolog pusulası, GPS (Magellan Sportrak Color), jeolog çekici, lup ve benzeri araçlardan yararlanılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında tüm yüzeylemelerden birimi olabildiğince temsil edebilecek nitelikte örnekleme yapılmaya çalışılmıştır.

Petrografik ve jeokimya örneklerinin laboratuvar çalışmaları aşamasında; öncelikle petrografik çalışmaları yürütmek üzere araziden derlenen el örneklerinden İTÜ ve Pamukkale Üniv. Jeoloji Müh. Böl. İnce kesit laboratuvarlarında ince kesitler yaptırılmıştır. Hazırlanan ince kesitlerin petrografik incelemeleri (mineral bileşimi, doku tayinleri ve isimlendirme ile alterasyon durumları) bölümümüzde bulunan polarizan mikroskoplar yardımıyla saptanmıştır. Bu incelemeler sonucunda gerekli görülen örneklerin özel durumlarını gösterir fotoğraflar çekilmiştir. Petrografik incelemeler sonunda altere olmamış ve çalışma bölgesini temsil edecek şekilde seçilen toplam 15 adet örneğin tüm kayaç kimyasal analizlerini yaptırmak için Kanada ACME laboratuvarına gönderilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, inceleme alanındaki volkanik kayaçların agrega malzemesi olarak kullanılabilmesinin tesbiti ikinci adım olarak hedeflenmiştir.

Çalışma alanında yer alan Sim Toprak ve Şakşak taş ocaklarından agrega malzemesi alınarak Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE bölümünde aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

1. Alkali silika reaksiyonu (ASR)
2. Agregalarda Dona Dayanıklılık (Magnezyum Sülfat Deneyi)
3. Agreganın Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı
4. Los Angeles Metodu

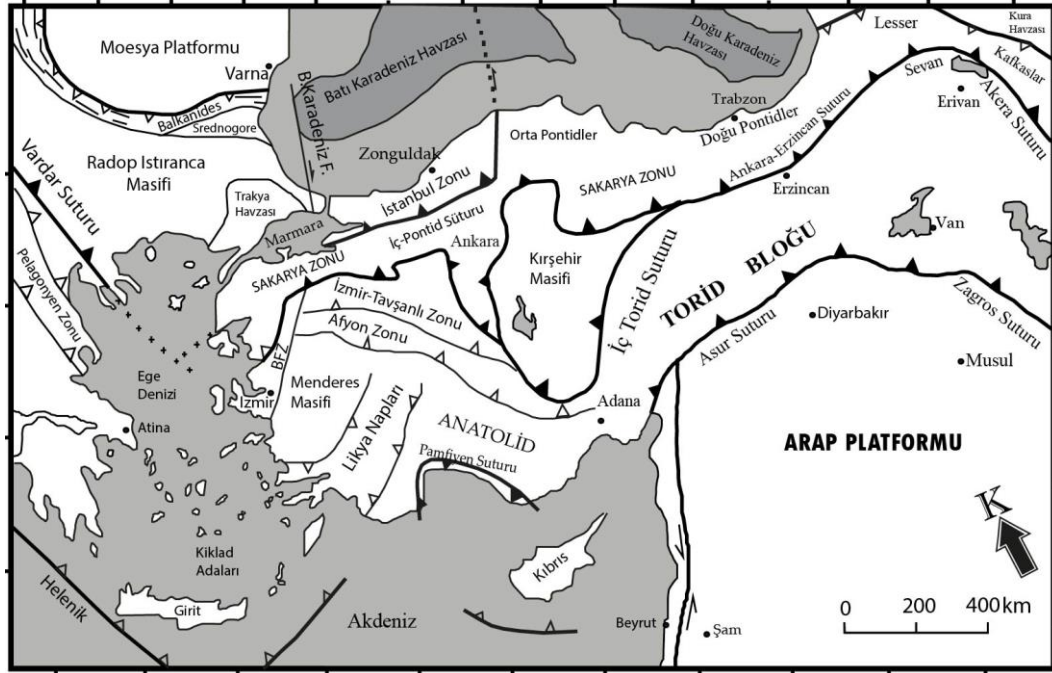
Çalışma alanından alınan agrega malzemesinin bir kısmında yapılan kükürt analizi için Elazığ Altınova Çimento Fabrikası laboratuvarları kullanılmıştır.

Büro çalışmaları, arazi çalışmaları öncesinde literatür derlemesi şeklinde başlamıştır. Arazi ve laboratuvarında yapılan çalışmalar neticesinde kimyasal analiz sonuçları çeşitli diyagramlarda değerlendirilerek tez yazımına başlanmıştır.



2. DOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE NEOJEN MAGMATİK AKTİVİTE

Türkiye'nin jeolojik olarak çeşitli tektonik ortamlarda oluşmuş, Pontitler, Anatolidler-Toridler ve Arap platformu gibi üç ana Alpin tektonik birimden oluştuğu kabul edilmektedir (Okay, 2008), (Şekil 2.1). Türkiye'deki genç tektonik dönem, Neo-Tetis okyanusunun Bitlis-Zagros kolunun, Şengör ve Yılmaz (1981)'a göre Jura'da açılan ve Paleosen-Eosen aralığında kuzeye dalımlı bir dalma-batma zonu boyunca Erken Miyosen'de kapanması ile başlar. Bitlis-Zagros Suture Zonu (BZSZ) boyunca devam eden çarpışmaya bağlı olarak sıkışma/yakınlaşma sonucunda kısalıp kalınlaşan Doğu Anadolu Bölgesi'nde, D-B yönlü kıvrım-bindirme kuşakları ve transform doğrultu atımlı faylar gelişmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Neo-tektonik olayların sonucu olarak, ülkemizde Kuzey Anadolu-Batı Anadolu "Gerilme", Orta Anadolu "Ova" ve Doğu Anadolu "Sıkışma" bölgesi olmak üzere dört farklı tektonik bölge oluşmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Türkiye'nin ayrıntılı tektonik birlikleri haritası. Okay (2008)'den sadeleştirilmiştir.

Doğu Anadolu Bölgesinin magmatik evrimi Doğu Akdeniz'in jeodinamik evrimi ve Arap-Anadolu dalma-batma süreci ve çarpışma volkanizması ile yakından ilgilidir. Bu olayın başlangıç zamanı konusunda açık bir fikir birliği henüz yoktur. Eosen sonu kadar yaşlı olabileceği gibi (Pearce ve diğ., 1990) Geç Miyosen (Innocenti ve diğ., 1982) veya Kuvaterner kadar genç bir yaş da olabilir. Ancak, Anadolu-Arap plakaları çarpışmasının bir plato oluşturacak şekilde yaklaşık 12-14 My'da Anadolu'nun doğu kesiminde bir yükselmeye sebep olduğu açık bir şekilde

belirtilmiştir (Doğu Anadolu Platosu; Aldanmaz ve diğ., 2000; Şengör ve diğ., 2003). Doğu Anadolu Neojen Kuvaterner volkanik bölgeleri orojenik süreçlerle önce kalınlaşan (Yılmaz ve diğ., 1987) daha sonra incelen kıtasal kabuk ile birlikte oluşan volkanizmanın en iyi örneklerinden birisi olarak kabul edilmektedir (Aldanmaz ve diğ., 2000; Şengör ve diğ., 2003; Keskin, 2003).



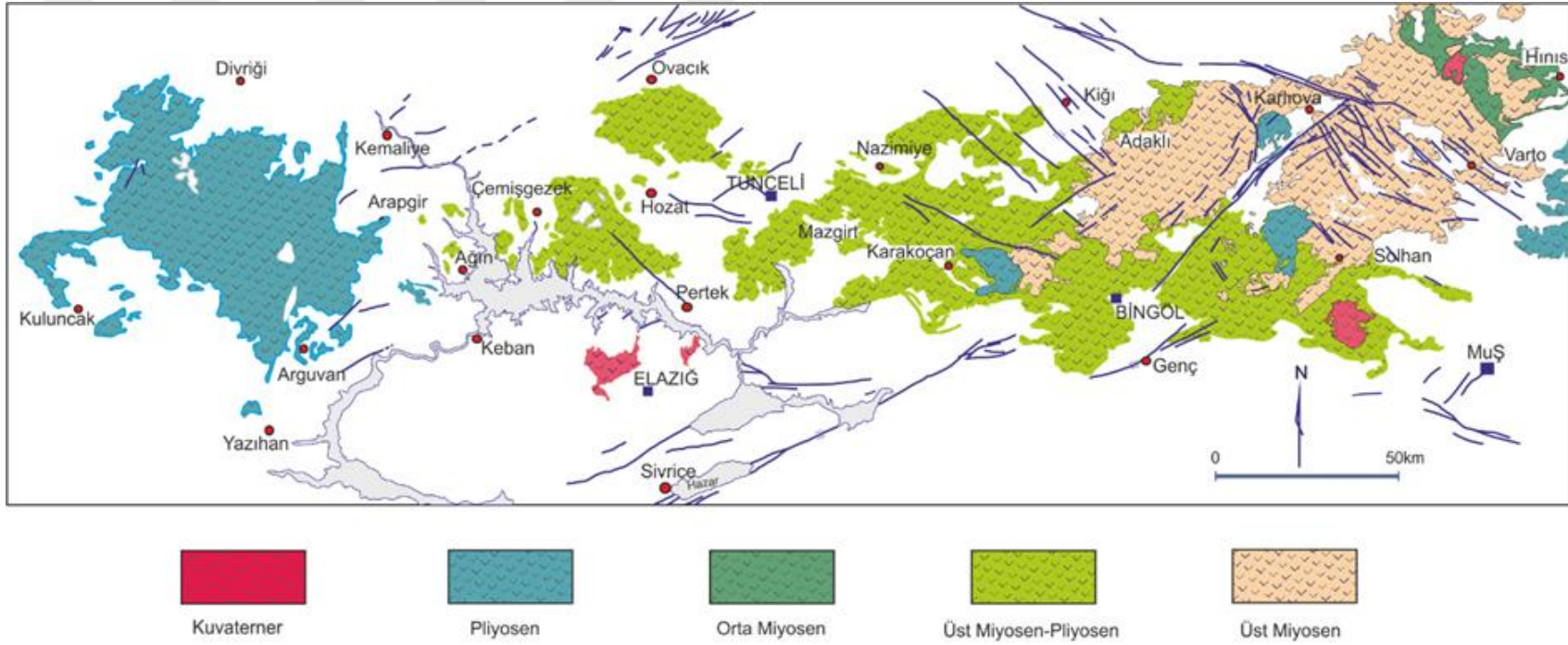
Şekil 2.2. Türkiye'nin ayrıntılı Neo-tektonik haritası (Bozkurt, 2001). **DSFZ:** Ölü Deniz Fay Zonu, **EAFZ:** Doğu Anadolu Fay Zonu, **NEAFZ:** Kuzey Doğu Anadolu Fay Zonu, **NAFZ:** Kuzey Anadolu Fay Zonu

Doğu Anadolu Yüksek Platosu (DAYP) olarak bilinen bu bölgenin kabuk yapısını anlamak için pek çok çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde DAYP kabuğunun ~45 km kalınlığında yığılma karmaşığından oluştuğu ve manto litosferinin çok ince veya olmadığı görüşü yaygın olarak kabul edilmiştir (Al-Lazki ve diğ., 2003; Gök ve diğ., 2003; Şengör ve diğ., 2003). Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı (DAYK) olarak da bilinen bölgede, Tersiyer boyunca değişik zamanlarda, farklı jeodinamik etkiler ile değişik volkanizma olayları gelişmiştir. DAYK'nın jeodinamik evrimi içerisinde DAYK'nın jeodinamik evrimini modelleyebilmek amacıyla, petrolojik ve jeokimyasal olarak pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalarda platoya yerleşen en yaşlı volkanik ürünlerin ana yükselme evresi ile yaklaşık olarak aynı yaşta olduğu ancak yaygın volkanizmanın 6-7 My'dan önce başlamadığı kabul gören bir görüştür (Pearce ve diğ., 1990 ve Şengör ve diğ., 2003). Geç Miyosen- Kuvaterner yaşlı magmatik evrenin doğası ve kökeni ise hala tartışmalıdır.

Doğu Anadolu sıkışma bölgesinin jeolojisine bakıldığında volkanik kayaçların çok önemli bir yer kapladığını görmekteyiz (Şekil 2.3). Bunun sonucu olarak, Tersiyer volkanizması için DAYK üzerindeki volkanik kayaçların jeolojik konumları, jeokimyasal ve petrolojik özellikleri

dikkate alınarak farklı jeodinamik evrim modelleri ileri sürülmüştür. Bu modellerden bazıları (Pearce ve diğ., 1990; Yılmaz ve diğ., 1998) bölgedeki volkanizmayı tek bir tektonik olay ile açıklarken bazı araştırmalarda ise DAYK'ın jeodinamik evrimi süresince gelişen farklı tektonik olaylar zinciri ile açıklamaya çalışmıştır (Innocenti ve diğ., 1976, 1982; Keskin, 2003).

Magmatizmanın petrojenezi ile ilgili Yılmaz ve diğ. (1987), üç aşamalı bir gelişme öne sürerken, Gülen (1982) çarpışmanın hemen sonrasında başlayan birinci evrede Solhan volkanitleri gibi zayıf alkali volkanizma, Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de başlayan ikinci evrede, K ve Ca bakımından zengin volkanizma, Pleistosen – Kuvaterner'de başlayan üçüncü evrede ise alkali bazaltik ürünler üreten volkanizma geliştiğini belirtmektedir. Keskin (2003) ise Geç Miyosen'den Kuvaterner'e kadar Doğu Anadolu magmatizmasının muhtemelen astenosferin pasif yükselimi, adiyabatik ergimeyi ve üzerleyen kabuğun sıcaklığını artırmasını yansıtabilecek şekilde andezitik-riyolitik kabuksal ergiyikten sodik-alkali olivin bazalta kadar değişen kompozisyonları meydana getirdiğini belirtmektedir. Yapılan jeokimyasal, izotopik ve radyometrik yaş verilerinin yetersiz olmasından dolayı bu kayaların zamansal dağılımı, petrojenezi ve yerleşimlerinin jeodinamik yapısı konusunda henüz fikir birliği oluşmamıştır.



Şekil 2.3. Bölgede yüzeyleyen Neojen volkanitlerinin 1/500 000 ölçekli haritadaki yayılımı (MTA, 2002'den derlenmiştir).

3. STRATİGRAFİ

Bingöl ve çevresinin stratigrafisi, Doğu Anadolu yığılma prizması içinde yer alan metamorfik kayalarla başlayıp, Oligo-Miyosen yaşlı çökellerle devam etmekte ve erken Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik kayalar ve örtü kayalarını oluşturan genç çökeller ile sonlanmaktadır (Dirik ve diğ., 2003).

Temel metamorfik kayaların görülmediği inceleme alanında, Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı çökeller (Kırkgeçit Formasyonu) ve çalışma konusu volkanikler yüzeylemektedir.

3.1. Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen-Ü. Oligosen)

Formasyon ilk defa Van'nın GD'sunda Kırkgeçit Bucağı çevresinde TPAO jeologları tarafından tanımlanmış ve adlandırılmıştır (Perinçek, 1979). Daha sonraki yıllarda Doğu Toroslar'da yapılan pek çok çalışmada formasyon aynı adla incelenmiştir. Doğu Toroslar'da batıda Maraş ve doğuda Van dolaylarına kadar geniş yüzeylemeler veren Kırkgeçit Formasyonunun ideal istif özelliği göstermeyip, yerel olarak yatay ve düşey yönde çok sık kayalar ve fasiye değişiklikleri gösterdiği ve tektonizma etkisinde dar, havzada tortullaştığı kabul edilmektedir (Perinçek, 1979, Turan; 1984; Sungurlu ve diğ. 1985; Özkul, 1988; Aksoy ve Tatar, 1990; Aksoy, 1993; İnceöz, 1994).

Bingöl yakın KB'sında Göynük vadisi çevresinde metamorfik kayalar ile volkanikler arasında gözlenen bu birim bol fosilli marn ve kireçtaşlarından oluştuğu, fosil içeriklerine göre killi marnların Üst Oligosen, kireçtaşlarının ise Akitanian-Alt Burdigalien olduğu kabul edilmektedir (Seymen ve Aydın, 1972).

Çalışma alanındaki Kırgeçit Formasyonu Sancak, Sarıcan, Göçmezler, Bulgurcuk, Kuruca, Dikme, Gökçekanat köylerinde yüzeyleme göstermektedir. Bölgede daha çok kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve killi marn litolojisinde gözlenir. Kaba ve ince tabakalanmalı olan birimde tabakalanmanın yönü ve eğimindeki farklılıklar bölgedeki aktif tektonizmanın etkisini işaret etmektedir (Şekil 3.1). Bölgede genellikle yumuşak bir topoğrafya oluşturan birim, litolojik özelliklerine de bağlı olarak ayrılmış-topraklaşmış olup, bitki anomalisi bakımından zengindir.



Şekil 3.1. Gökçekanat köyü yolu üzerinde, Solhan volkanitleri ve Kırkgeçit formasyonunun görünümü (Bakış yönü KB).

3.2. Solhan Volkanitleri (Üst Miyosen-Pliyosen)

Çalışma alanı ve çevresindeki volkanitlerde yapılan öncel araştırmalarda volkanik kayaların tümü tek formasyon kapsamında Üst Miyosen-Pliyosen, Pliyosen ve Kuvaterner gibi değişik yaşlarla tanımlanmışlardır (Pamir ve Baykal, 1943; Kıraner, 1957; Baykal, 1960; Altınlı, 1966; Tokel, 1966; Erdoğan, 1967; Özcan, 1967; Sungurlu, 1967; Tütüncü, 1967; Özyeğin, 1968; Birgili, 1968; Şaroğlu ve Güner, 1981; Türkünal, 1985; Buket ve Görmüş, 1986; Tutkun, 1987). Devam eden çalışmalarda ise Orta-Üst Miyosen yaşlı Solhan ve Pliyosen yaşlı Karlıova volkanitleri (Yılmaz, 1984; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz ve diğ., 1988), Pliyosen yaşlı Solhan formasyonu (Akay ve diğ., 1988; 1989) gibi farklı yaş ve adlarla tanımlanmıştır. Yılmaz (1984), Solhan volkanitlerinin tip kesitinin Solhan (Bingöl) ilçesinde yer aldığını ve istifin aglomeralarla ardalanmalı bazaltik lavlardan oluştuğunu belirtmektedir. Şaroğlu (1985) ise Doğu Anadolu Fayının (DAF) her iki tarafında da izlenen Solhan volkanitlerinin süreksiz olduğunu ve bu nedenle yerel farklılıklar gösterdiğini belirtmektedir. Araştırmacı, Bingöl KB'sındaki Göynük vadisinde görülen tip kesitte birimin kumtaşı, miltası, çakıltası ile başladığını ve aglomera ve andezitik-bazaltik lav akıntılarıyla ardalandığını üste doğru trakit ve andezitlerle devam edip, yoğun obsidiyenli aglomeralar ile sonlandığını belirtmiştir. Tarhan ve diğ., (1991), Hınıs-Varto-Karlıova çevresindeki Neojen volkanitlerde yaptığı petrolojik çalışmada, Solhan formasyonunun

tip yerinin Varto, Solhan ve Şeraffedin dağları olduğunu belirtip, formasyonun aynı ve farklı çıkış yerlerindeki farklı mineralojik bileşimli lav ve volkanik kırıntılardan oluştuğunu ileri sürmektedir. Araştırmacı Solhan formasyonunu hâkim stratigrafisinin kırıntılı volkanitlerden (piroklastik) oluştuğunu ve haritalanabilecek düzeyde kalınlığı ve yayılımı olan lav ve ignimbritleri ise formasyonun üyeleri olarak tanımlamıştır. Araştırmacı çalışmasında dört üye olarak ayırtladığı lavların belli bir stratigrafik dizilimlerinin olmadığını belirtip, bu lavların formasyonun farklı düzeylerinde tekrarlandığını belirtmektedir. Tarhan ve diğ., (1991), Solhan formasyonunun volkano-klastik (aglomera, volkanik breş, lapilli, tüf, kül) ile lav (bazalt, bazaltik andezit, andezitik bazalt, andezit, dasit, latit), kama, mercek ve ara katkılarından oluştuğunu belirtip, bunların yanı sıra ince-orta katmanlı tüfit, mam. Tüflü marn gölsel kireçtaşı, kumtaşı, aglomera ve silttaşı kaya birimlerini de kapsadığını belirtmektedir. Araştırmacı, bölgedeki Üst Miyosen yaşlı lav ve volkanoklastiklerin bileşimlerinin çıkış merkezlerine bağlı olarak bazalt-andezit-trakit-dasit türünde değişimler gösterdiğini, ancak, bazalt türü kayaların çok daha egemen olduğunu belirtmektedir.

Solhan volkanitlerinde yapılan çalışmalarda stratigrafik, radyometrik ve paleontolojik verilerin kullanıldığı yaşlandırmalarda, genel olarak benzer ve yakın sonuçların alındığı görülmektedir. Buna göre birimin yaşını K/Ar radyometrik yaşlandırmada Innocenti ve diğ., (1982), 5.6±0.3 My. olarak belirtirken, Türkecan (1991) ise 4.3±0.8 My.- 6.0±0.6 My. olduğunu belirtmektedir. Solhan volkanitlerinde yapılan ⁴⁰Ar/³⁹Ar radyometrik analizlerde, Chataigner ve diğ. (1998) obsidiyenlerde 4.2±0.1 My.-4.7±0.1 My. yaş aralığını belirlerken, Hubert-Ferrari ve diğ. (2009) ise bu volkanitlerin 5.39±0.12 My. yaşta olduğunu saptamışlardır. Bigazzi ve diğ. (1997), Solhan volkanitleri içerisindeki obsidiyenlerde yaptıkları Fission Track radyometrik yaşlandırmada kayacın yaşını 4.62±0.23 My. olarak saptarken, Poidevin ve diğ. (1998) ise bu volkanitlerin yaşının 5.11±0.42 My.-7.31±0.33 My. aralıkta değiştiğini belirtmektedirler.

Akay ve diğ. (1989) hem Solhan volkanitleri altındaki sedimanterlerden elde ettikleri fosillere dayanarak hem de Solhan Formasyonunun Erken-Geç Pliyosen yaşlı Zırnak formasyonu ile yanıl geçişli olduğunu belirtip birimin yaşını Erken-Geç Pliyosen olarak belirtmişlerdir.

şaroğlu (1985), Yılmaz ve diğ. (1987) ve Tarhan ve diğ., (1991) Solhan volkanitlerinin, bölgedeki birimlerle olan stratigrafik ilişkilerine dayanarak yaşının Orta?-Üst Miyosen olabileceğini belirtmektedirler.

Çalışma konusu volkanitler, Solhan volkanitleri olarak tanımlanmıştır. Hem çalışma bölgesindeki volkanitlerin esas olarak birincil volkanizma ürünü (lav akıntı ürünleri ve piroklastik) kayalardan oluşması hem de çalışmanın amacının (lav akıntılarının petrografik-jeokimyasal ve agrega özelliklerinin belirlenmesi) buna yönelik olmasından dolayı daha dar anlamıyla Solhan volkanitleri adlaması tercih edilmiştir. Ancak çalışma alanı içerisinde çok yerel olmakla beraber özellikle Karakoçan-Bingöl yol güzergâhında ve yol yarmasında olmak üzere, tabanda genellikle ince katmanlı ve kama şekilli tüfit, mam, tüflü mam seviyeleri, Tarhan ve diğ., (1991) tarafından tanımlanan Solhan formasyonu ile benzer litolojik özellikler göstermektedir (şekil 3.2).



şekil 3.2. Bingöl-Karakoçan yolu, yaklaşık 30.km yol yarmasında bazaltik lav akıntıları ile alttaki volkanosedimanterlerin görünümü (Bakiş yünü yaklaşık K).

Çalışma bölgesinde gözlenen piroklastikler, genellikle yumuşak bir topoğrafya oluşturmaktadır. Özellikle yol yarmalarında iyi gözlenen tüfler (Şekil 3.3) tabakalanması, lavlarla dokanak ilişkisi ve rengi gibi özelliklerle kolayca ayrılmaktadır. Tüflerin kalınlığı yol yarması boyunca yaklaşık 30 m kalınlığında ve yer yer tabakalanma göstermektedir. Direkli köyü çevresinde, lapilli ve volkanik çakıl, blok ve bombalardan oluşan, düzgün yüzey görüntüsü olmayan piroklastik kayaçların ise küçük kafalar şeklinde, yumrulu, çatlaklı bir yapı oluşturduğu görülmüştür (Şekil 3.4). Volkan bombaları grimsi renkte, çok yoğun gaz boşluklu, yer yer kalsit dolgulu ve yuvarlaklaşmışlardır.



Şekil 3.3. Bingöl-Karakoçan yolu, yaklaşık 25.km yol yarmasında tüf ve lavların görünümü (Bakış K'ye).



Şekil 3.4. Direkli köyü çevresinde piroklastik kayaçların görünümü (Direkli köyü yakın K'yi).

Lav akıntılarının daha yaygın olduğu çalışma bölgesinde lavlar, koyu siyah-grimsi renkli, yer yer soğuma çatlaklı ve ince tabakalanmalı (Şekil 3.5) yer yer de yuvarlaklaşmış büyük bloklar

şeklinde bulunmaktadır (Şekil 3.6). Lavların kırılğanlığı, rengi, çatlaklanması, dokusu, minerallerin boyutları, alterasyonlanması, bloklu, laminalı ve soğuma yapıları gibi fiziksel, mineralojik ve morfolojik özellikleri kayaçların türlerine göre farklılıklar göstermektedir. Özellikle bazaltik lavlarda yuvarlaklaşmış büyük bloklar (Şekil 3.6), ince kristalli, çok sert ve keskin kenarlar karakteristik iken diğer kayaç türlerinde çok kırılğan, çok çatlaklı, porfirik-veziküküler dokulu gibi özellikler baskındır. Genellikle feldispatların alterasyonlu olduğu bu kayaçlarda en belirgin özelliklerden birisi de lav akıntılarının alt sınırında pişme zonunun bulunmasıdır (Şekil 3.7). Pişme zonunun rengi ve kalınlığı lav akıntısının kalınlığı ve diğer özellikleriyle beraber alttaki piroklastik mazemenin türüne göre de değişim göstermektedir. Bazen bu lavlarda uzamış ve/veya yönlenmiş şekilde gaz boşlukları görülmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.5. Bingöl Şakşak tepe taş ocağında üstte soğuma çatlakları ve ince tabakalanmaların görünümü.



Şekil 3.6. Gökçekanat köy yolu üzerinde büyük bloklar şeklinde yuvarlaklaşmış bazaltik lavların görünümü.



Şekil 3.7. Lav akıntısı ile tüfler arasındaki pişme zonunun görünümü (Karakoçan-Bingöl yolu).



Şekil 3.8. Lav akıntısının alt düzeylerinde veziküler dokunun görünümü.

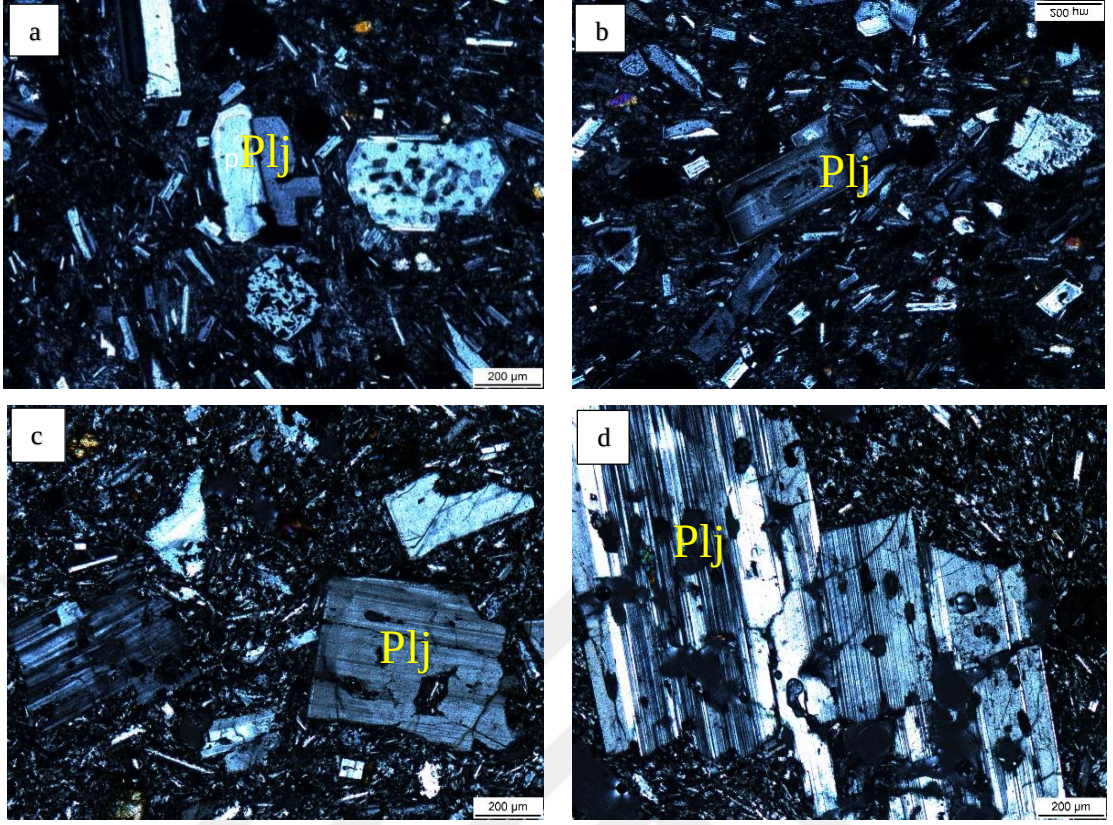
Çalışma bölgesinde yer alan Şakşak Tepe taş ocağındaki bazaltlar, siyahımsı-grimsi renkte, çok yoğun çatlaklı, sert ve dayanımlıdır (Şekil 3.5). Genellikle bazaltik lavların baskın olduğu Şakşak Tepe taş ocağı girişinde faylanma yüzeyleri görülmektedir. Çalışma bölgesinde Bingöl yakın B-KB'sında Sim toprak ve Şakşak tepe olarak bilinen bölgede yüzeyleyen volkanik kayaçların yapı malzemesi olarak bazı mekanik ve kimyasal özelliklerinin incelenebilmesi için bu taş ocaklarından agrega numuneleri alınarak Elazığ Altınova Çimento Fabrikasında kükürt analizi, Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE bölümünde Alkali silika reaksiyonu (ASR), Agregalarda Dona Dayanıklılık (Magnezyum Sülfat Deneyi) Agreganın Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı ve Los Angeles Metodu deneyler yapılmıştır.

4. PETROGRAFİ

İnceleme alanındaki volkanik kayaçların mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacı ile optik mikroskop incelemeleri yapılmıştır. Mikroskop incelemeleri, Pamukkale Üniv. ile İstanbul teknik Üniv. Laboratuvarlarında yaptırılan ince kesitler üzerinde alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılmıştır. Bu incelemelerle kayaçları oluşturan mineraller tanımlanmış, minerallerin birbiriyle olan ilişkileri belirlenerek dokusal özellikleri ortaya konulmuştur ve bu bilgiler sonucunda kayaçların petrografik tanımlamaları yapılmıştır. İnce kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda lavların andezit, trakiandezit, bazalt, trakibazalt, trakit ve dasit özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarında yaptırılan parlak kesitler ile bazı kayaç örneklerinde yoğun olarak bulunan opak minerallerin türleri tesbit edilmiştir.

4.1. Andezitler

Kayaç, porfirik, veziküler ve zayıf akıntı doku özelliği gösterir. Yüksek fenokristal indeksine sahip ve hamuru mikrolitik kristalindir. Hâkim fenokristal fazını plajiyoklas (yaklaşık % 35), sanidin ve piroksenler oluşturmaktadır. Plajiyoklas fenokristalleri oldukça değişken olup, özşekilli ve yarı özşekilli olarak bulunurlar. İkizlenmeli ve yer yer zonlanmalı olan hemen tüm plajiyoklas fenokristalleri genellikle çok yoğun alterasyonlu, erime çözünme yapıları gösterirler (Şekil 4.1). Plajiyoklaslarda bazen fenokristalin tamamı altere olmuşken, bazen düzensiz parçalar halinde, bazen de çatlak ve dilinimler boyunca alterasyonlanma görülmektedir. Diğer fenokristal fazı oluşturan sanidin, plajiyoklaslardan çok daha az oranda olup, düşük rölyefli, gri polarizasyon renkli, farklı boyutta bulunmaktadır. Plajiyoklaslarda olduğu gibi bazı özşekilli sanidin kristallerinde de erime-çözünme yapıları görülmektedir. Bazı sanidin fenokristallerinde ise plajiyoklasa benzer alterasyonlanma gözlenmektedir. Ancak, bu alterasyonlu zonlar olası olarak sanidin fenokristalleri içerisindeki plajiyoklas kapanımları olabilir. Hamur, esas olarak mikrolitik plajiyoklaslardan oluşmuştur. Kayaç genelinde alterasyonun yoğun olmasından dolayı mikrolitlerde de anortit oranı saptanamamıştır. Örneklerde mafik mineral olarak piroksenler gözlenmiştir. Psödomorf şeklinde opaklaşmış amfibol mineraller vardır. Kayaçta opak mineral az miktarda ve özşekilsiz küçük kristaller halindedir.



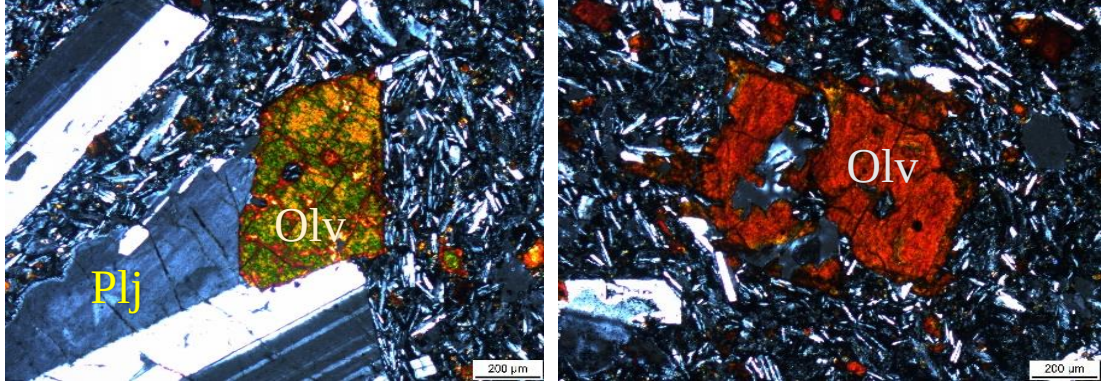
Şekil 4.1. Andezitik kayaç örneklerinde gözlenen porfiritik doku (a-b), (Örn. no. B-3) ve plajiyoklas fenokristalinde görülen erime-çözünme yapıları (c-d), (Örn. no. B-17), (Plj: Plsjiyoklas. Ç.N).

4.2. Bazaltik Kayaçlar

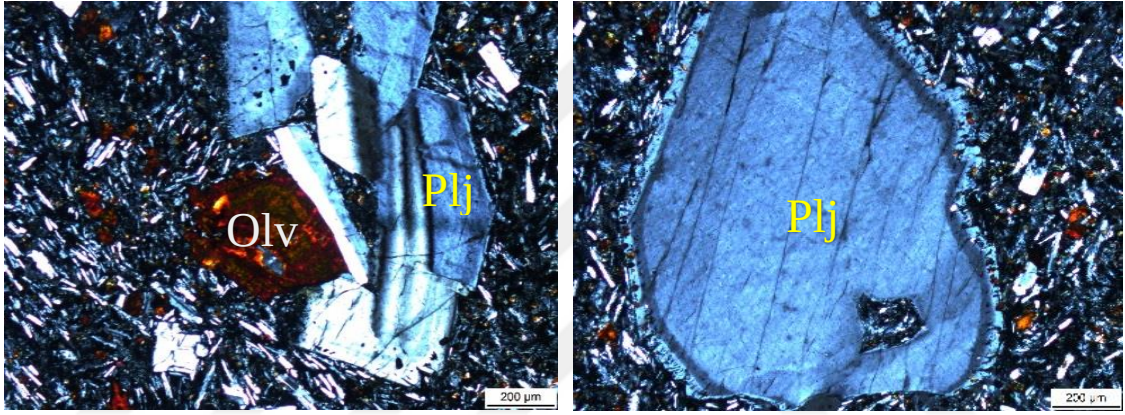
Bazaltik kayaçlar kendi içinde mineralojik ve dokusal farklılıklar gösterirler. Bu farklılıklar fenokristal bileşim ve dokusal özelliklerine göre aşağıda verilmiştir.

“Plajiyoklas ve olivinden oluşmuş, porfirik dokulu bazaltlar”

Bu kayaçlarda plajiyoklaslarda çok mükemmel zonlanma, olivinler de ise tamamen iddinksitleşmeler gözlenmektedir (Şekil 4.2). Bazı plajiyoklas fenokristallerinde erime-çözünme yapıları çok belirgindir. Fenokristallerle hamur malzemesi sınırlarının çok keskin olduğu bu kayaçlarda hamur malzemesi de fenokristal bileşimindedir. Bu bazaltlarda yer yer glomeroporfirikk doku, veziküler doku ve korona dokusu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. Plajiyoklasdaki ikizlenmeler ile olivinlerde iddingsitleşmenin görünümü (Örn. no. B-22), (Plj: Plsjiyoklas, Olv: Olivin. Ç.N).

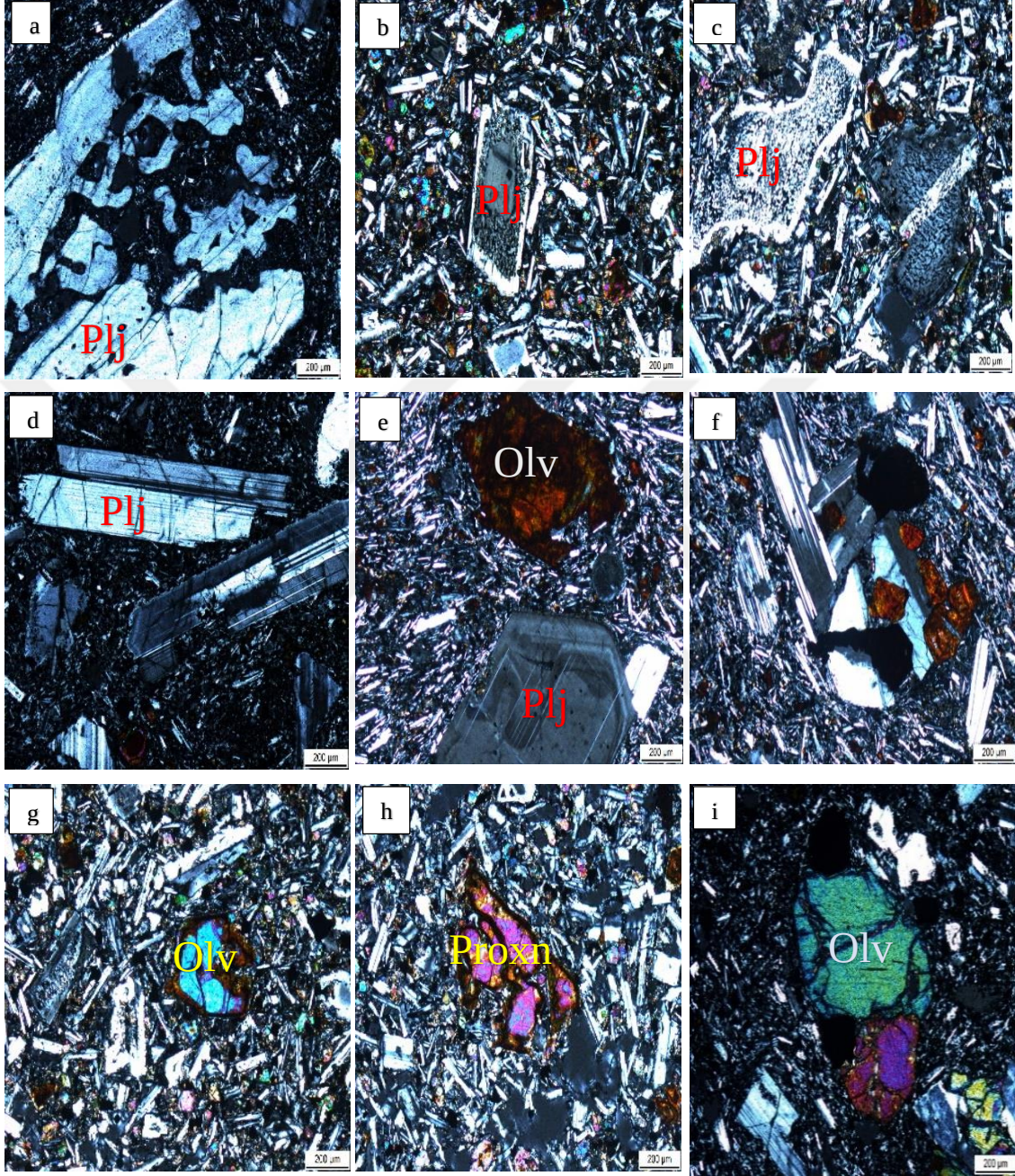


Şekil 4.3. Bazaltlarda farklı dokuların görünümü (Örn. no. B-22), (Plj: Plsjiyoklas, Olv: Olivin. Ç.N).

“Plajiyoklas, piroksen ve olivin fenokristallerinden oluşan bazaltlar”

Ana fenokristal fazı oluşturan plajiyoklaslar genellikle öz ve yarı özşekilli, ikizlenmeli ve bazen zonlanmalı ve çift dilinimlidirler. Erime çözünme ve yer yer kemirilmiş plajiyoklasların kenar kısımlarında ince bir zarf şeklinde yeniden büyüme zarfı gözlenmektedir (Şekil 4.4 a-c). Bu özellik magma karışması ve buna bağlı olarak minerallerin kemirilmesi ve dengeye ulaştıktan sonra yeniden büyümesi şeklinde açıklanabilir (Vernon, 2004). Genellikle plajiyoklaslarda ikizlenmeler ve zonlanmalar yaygındır (Şekil 4.4 d-e) bazı plajiyoklas fenokristallerine piroksen ve olivin kapanımları da görülmektedir (Şekil 4.4f). Olivinlerde değişik şekil ve oranlarda iddingsitleşmenin görüldüğü bu kayaçlarda, plajiyoklas fenokristallerinde piroksen ve opak mineral kapanımları yaygındır (Şekil 4.4). Genellikle porfirik dokunun az oranda da intersertal-intergranüler dokunun görüldüğü bu kayaçlarda hamur malzemesi fenokristal bileşimi ile aynı olup tüm mineraller mikrokristalindirler. Plajiyoklaslar latalar şeklinde iken diğer mineraller düzensiz kristaller şeklindedir. Kayaçta fenokristal ve hamur malzemesinin sınırları genellikle çok belirgindir (Şekil 4.4). Doku olarak korona dokusu, intersertal ve intergranüler doku türleri

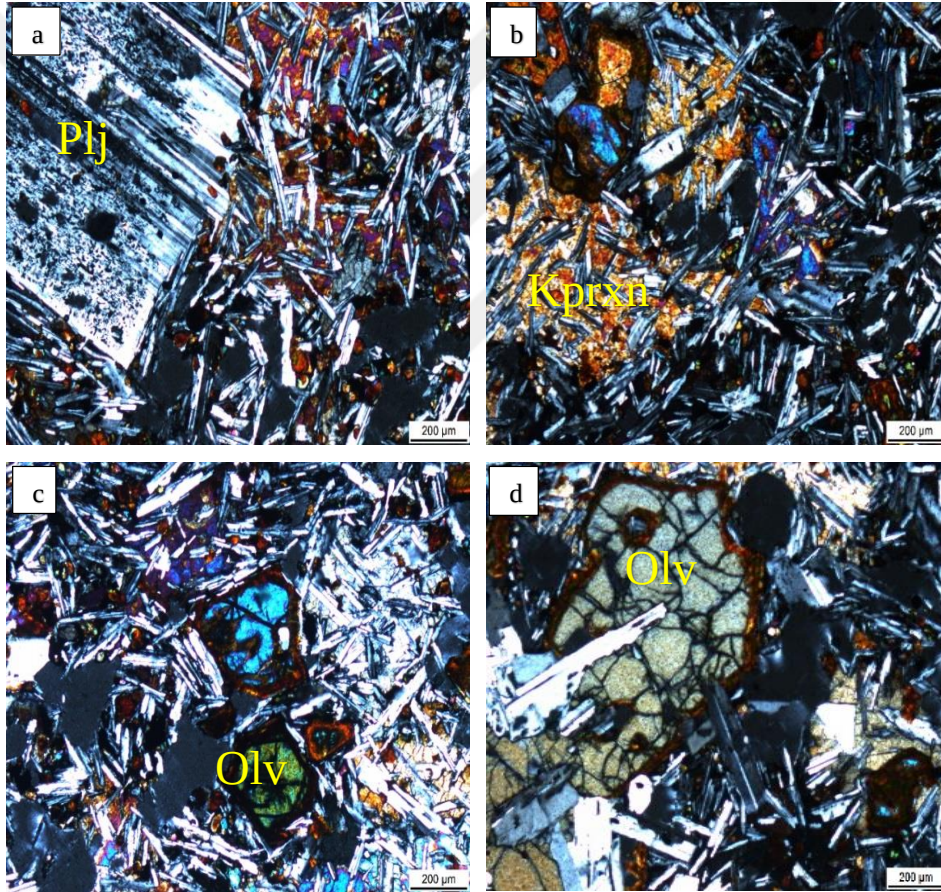
görülmektedir. Bazı örneklerde iri kristalli opak mineral yaygındır ve genellikle hamurda opak mineral çok baskındır.



Şekil 4.4. Bazaltlarda gözlenen plajiyoklaslarda erime-çözünme ve kemirilme yapıları (a-c), (Örn. no. B-17), ikizlenme ve zonlanma ile fenokristal ve mikrolitik hamur malzemesi (d-e) ve piroksen kapanımlarının görünümü (f), (Örn. no. B-21) ile olivin ve piroksen fenokristallerin görünümü (g-i), (Örn. no. B-29), (Plj: Plsjiyoklas, Olv: Olivin, Proxn: Piroksen. Ç.N).

“Plajiyoklas klinopiroksen ve olivinden oluşan ofitik-subofitik dokulu bazaltlar”

Kayaç mineralojik olarak diğer bazaltlar ile benzerlik gösterse de dokusal olarak çok farklıdır. Bu grup kayaçlarda ofitik-subofitik dokunun tipik özellikleri görülmektedir. Özşekilsiz ve farklı polarizasyon renkli klinopiroksen fenokristalleri uzamış plajiyoklas lataları ile dokuyu oluştururken, kayaçta özşekilli, ikizlenmeli, zonlanmalı ve erime-çözünme yapıları plajiyoklas fenokristalleri de bulunmaktadır (Şekil 4.5). Diğer fenokristal fazı oluşturan olivin mineralleri, çok çatlaklı ve genellikle çatlaklar boyunca iddingsitleşmiş olarak bulunmaktadır. Tüm bu mineraller mikrokristaller halinde kayacın hamur malzemesini oluşturmaktadır. Ancak plajiyoklas mikrokristalleri latalar halinde ve zonlanmalı olarak bulunurken mafik mineraller özşekilsiz mikrokristalindirler (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Ofitik ve subofitik dokuyu oluşturan plajiyoklas ve klinopiroksen mineralleri (a-b) ve kenarlarında iddingsitleşmenin gözlemlendiği olivinlerin (c-d) görünümü (Örn. no. B-30), (Plj: Plajiyoklas, Olv: Olivin, Kpxn: Klinopiroksen. Ç.N).

4.3. Trakitik Birimler

Trakitler: Trakitik ve porfirik-glomeroporfirik doku özelliği gösteren bu kayaç grubunun esas bileşenlerini plajiyoklas, sanidin ve olivin oluşturmaktadır. Kayaçta az oranda kuvars, amfibol,

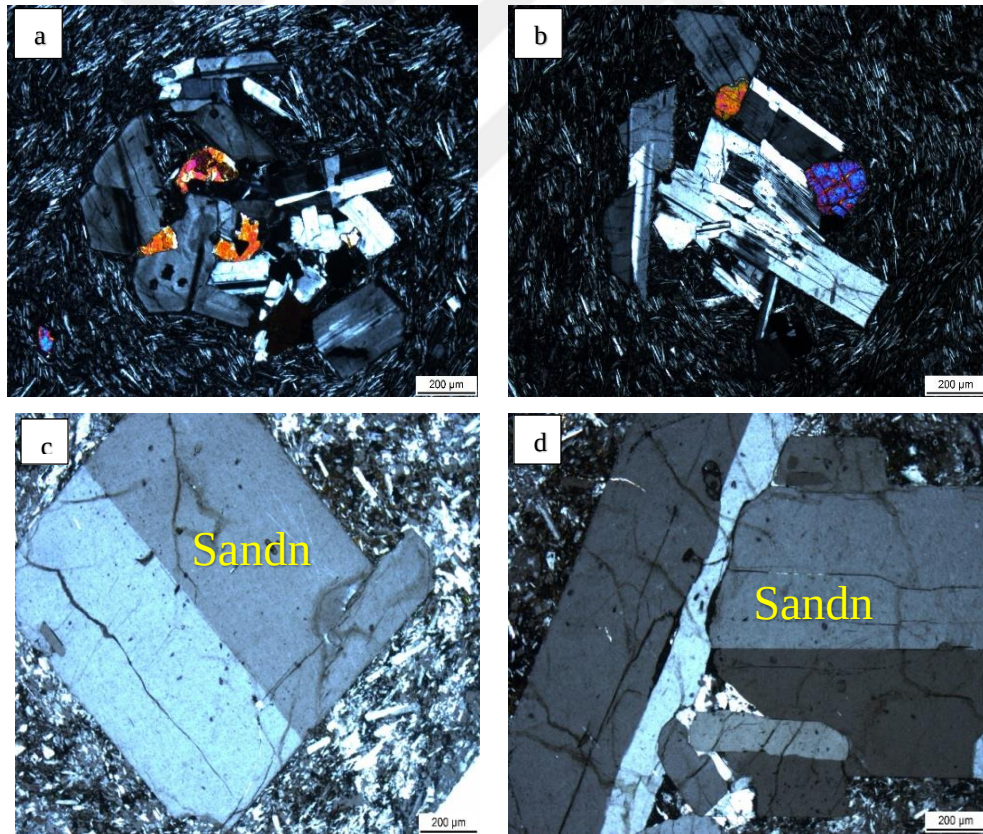
ortopiroksen, klinopiroksen, biyotit ve opak mineral vardır. Kayacın hamuru mikrolitik kristalindir.

Kayaçta bulunan plajiyoklaslar ikizlenmeli, yer yer zonlanmalı ve prizmatik şekilli fenokristal ve mikrolitik olarak görülürler. Mikrolitik plajiyoklaslar fenokristaller etrafında belirgin yönlenmeler oluşturmaktadır. Farklı boyut ve şekilli plajiyoklaslar ve çok daha az oranda özşekilsiz olivin fenokristalleri yer yer glomeroporfirik doku oluşturmurlar (Şekil 4.6a-b).

Kayacın esas bileşenini oluşturan sanidinlerin hamur malzemesi ile sınır ilişkisi belirgin olup, özşekli ve ikizlenmelidirler (Şekil 4.6c-d). Bazı sanidin fenokristallerinde plajiyoklasa benzer alterasyonlanma gözlenmektedir. Ancak, bu alterasyonlu zonlar olası olarak sanidin fenokristalleri içerisindeki plajiyoklas kapanımları olarak düşünülmüştür.

Olivinler özşekli, özşekilsiz boyut ve şekilleri değişkendir. Olivinlerde genellikle çatlak ve yer yer iddingsitleşme görülmektedir. Mafik mineral olarak az oranda bulunmaktadır.

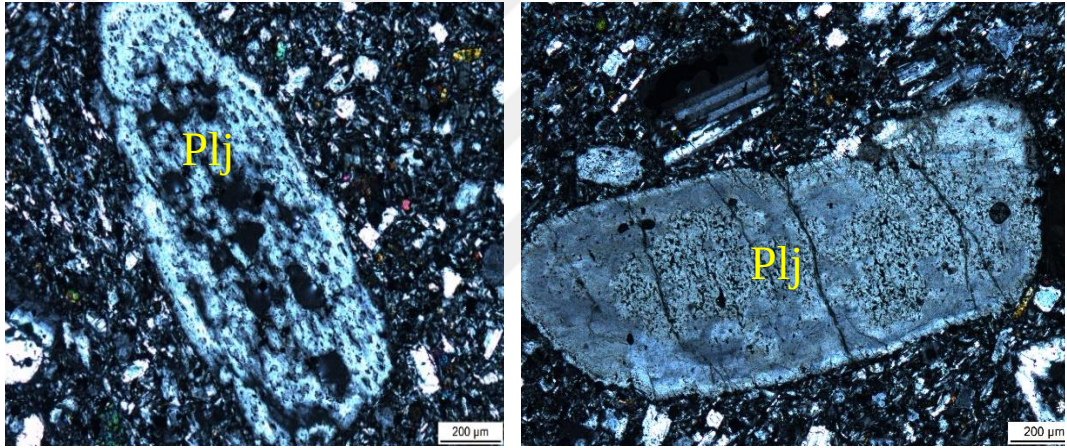
Kayaçta az oranda bulunan tüm mafik mineraller özşekilsiz ve genellikle küçük kristalidirler.



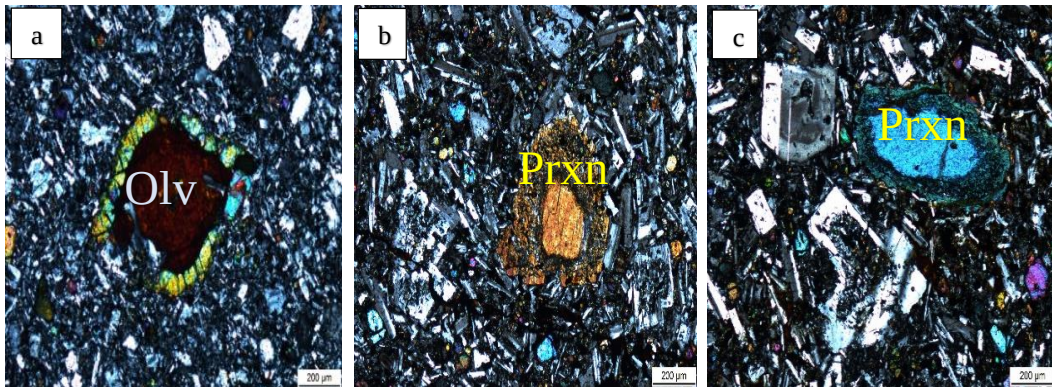
Şekil 4.6. Trakitlerde glomeroporfirik doku ve yönlenmeli plajiyoklas mikrolitleri (a-b), (Örn. no. B-1) ile sanidin fenokristallerinin görünümü (c-d), (Örn. no. B-10), (Sandn: Sanidin. Ç.N).

Trakiandezit: Kayaç mikrokristalin porfirik dokulu olup, fenokristal indeks oranı %35'in altındadır. Kayacın fenokristal bileşeni plajiyoklas, olivin ve piroksenden oluşmuştur. Hamur malzemesi mikrokristalindir ve bu mikrokristaller yer yer fenokristaller etrafında yönelimler gösterirler.

Plajiyoklas fenokristallerinde albit ikizlenmesi, zonlanma ve yer yer erime çözünme yapıları çok belirgindir (Şekil 4.7). Olivinler tamamen iddingsitleşmiş iken bazı olivinlerin kenarlarında korona dokusu oluşmuştur (Şekil 4.8). Zayıf yeşil bir pleokrizmanın gözlemlendiği piroksenlerde az oranda iddingsitleşme de gözlenmektedir. Bazı klinopiroksen minerallerinde yoğun alterasyonlanma, yer yer erime çözünme yapıları ve plajiyoklaslar tarafından mantolanmış klinopiroksen mineralleri de gözlenmektedir (Şekil 4.8). Bazı kayaçlarda asıl mafik mineral bileşimini piroksen oluştururken genellikle tüm Trakiandezitlerde mikrolitik hamur malzemesi fenokristal bileşimi ile aynıdır.

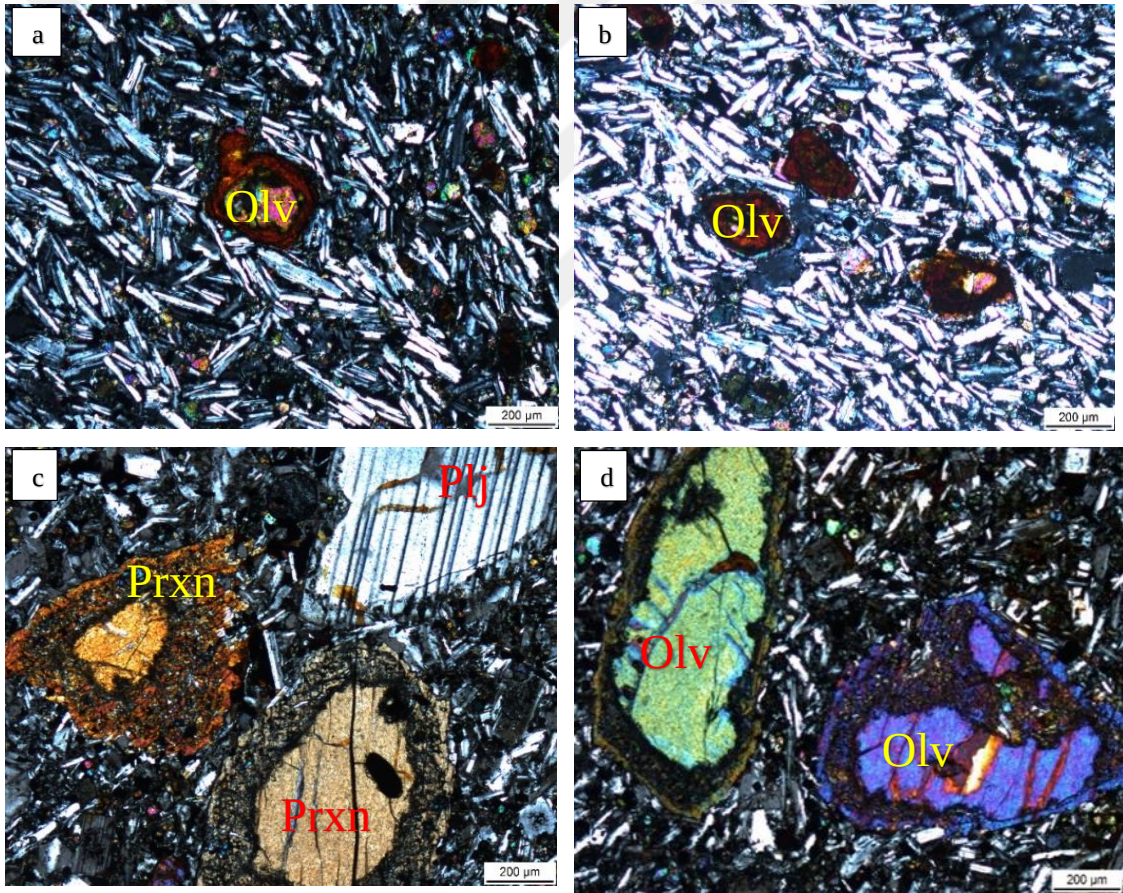


Şekil 4.7. Trakiandezitlerde genel doku içerisinde, plajiyoklasların görünümü (Örn. no. B-27), (Plj: Plajiyoklas. Ç.N).



Şekil 4.8. Trakiandezitlerde genel doku içerisinde, olivin (a) ve piroksenlerde (b-c) korona dokusunun görünümü (Örn. no. B-32), (Plj: Plajiyoklas, Olv: Olivin, Proxn: Piroksen. Ç.N).

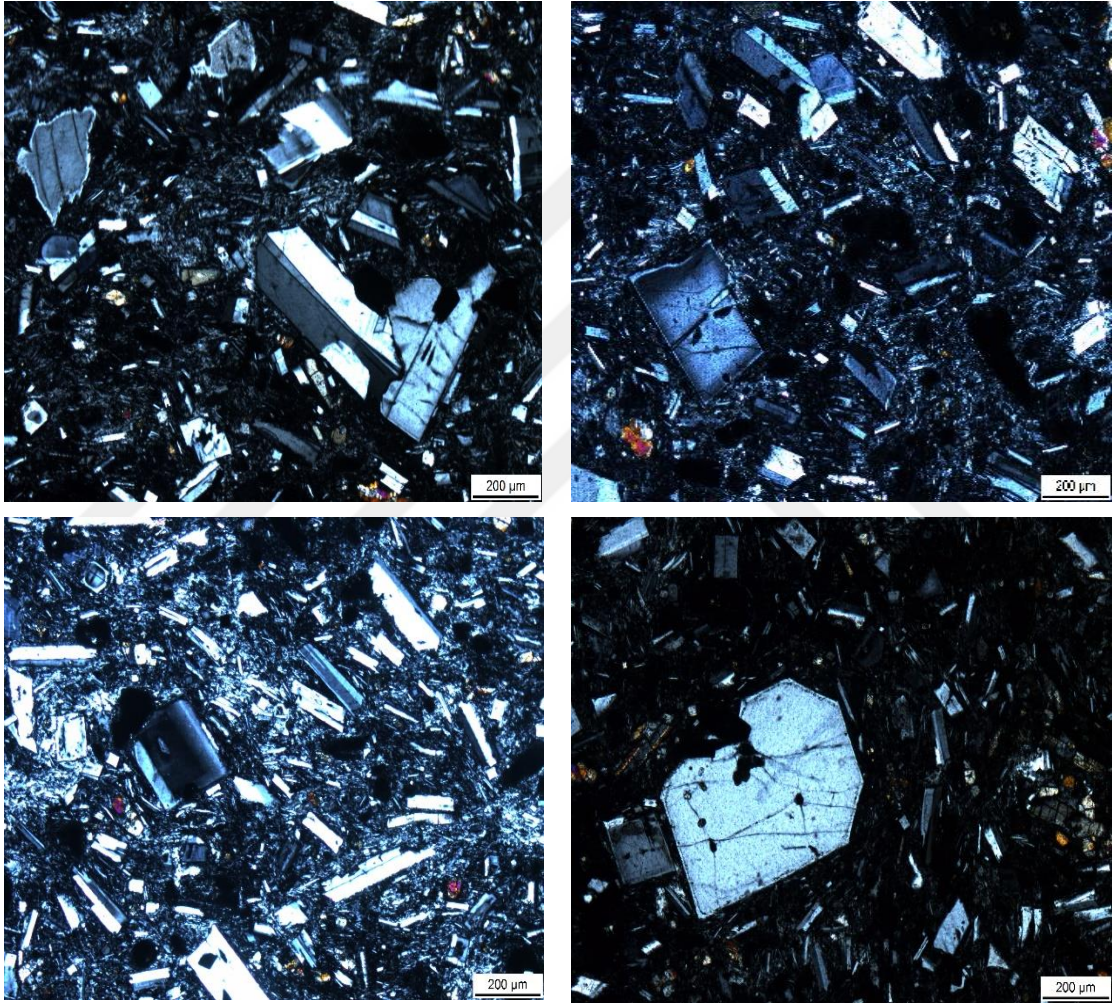
Trakibazalt: Trakitik ve seri porfirik doku özelliği gösteren bu kayaçlar plajiyoklas, klinopiroksen, olivin ve bazı örneklerde çok az sanidin mineralinden oluşmuştur. Yalnızca olivin mineralinin fenokristal faz olarak bulunduğu bazı örneklerde latalar halinde yönlenmiş plajiyoklaslarla beraber olivin fenokristalleri tipik trakitik dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 4.9a-b). Ayrıca bu örneklerdeki olivinlerde iddingsitleşme yaygındır. Trakibazalt olarak tanımlanan bazı örneklerin en belirgin özellikleri olivin ve piroksenlerde çok yaygın olarak korona dokusunun görülmesidir (Şekil 4.9c-d). Hyalo-porfiritik dokulu bu kayaçlarda mineral bileşimleri hem fenokristal faz olarak hem de hamur içerisinde mikrolitik olarak bulunmaktadır. Plajiyoklas fenokristallerinin ikizlenmeli ve yer yer erime-çözünme yapılarının gözleendiği bu kayaçta az oranda mikrolitik sanidin bulunmaktadır. Hamur malzemesindeki mikrolitik mineraller fenokristaller etrafında bazen yönlenme göstermektedir.



Şekil 4.9. Trakibazaltik özellikteki kayaç örneğinde gözlenen trakitik doku ve olivin mineralleri (a-b), (Örn. no. B-24) ile piroksen ve olivin minerallerinde gözlenen korona dokusunun görünümü (c-d), (Örn. no. B-32), (Plj: Plajiyoklas, Olv: Olivin, Proxn: Piroksen, Ç.N).

4.4. Dazitler

Bu grupta feldispat, kuvars, amfibol mineralleri kayacın esas minerallerini oluşturmaktadır. Fenokristaller çok iri. Hamur malzemesi ağırlıklı olarak felsik mineraller ve hornblendlerden oluşmuştur. Hamur malzemesi mikrokristalindir. Hamur oluşturan mikrolitler daha ince taneli porfirik dokuludur. Çok az miktarda karbonatlaşma görülmektedir. Yaygın bir şekilde kloritleşme vardır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Dazitlerin görünümü (Örn. no. B-31), (Ç.N).

Ayrıca Fırat Üniv Jeoloji Müh. Laboratuvarında yaptırılan parlak kesitler ile bazı kayaç örneklerinde yoğun olarak bulunan opak minerallerin türleri tesbit edilmiştir. İncelenen parlak kesit örnekleri B-17, B-32 ve B-35 ile ilgi değerlendirme aşağıda verilmiştir.

Kayacın % 20-25'lik kısmı saçınımlı küçük taneler halinde yer yer de iri taneler halinde manyetit ve hematitlerden oluşmaktadır. Ancak hematitlerin büyük çoğunluğunun

manyetitlerden dönüştüğü düşünülmektedir. Bu mineraller silikat mineralinin gözenek, boşluk, çatlak ve mineral sınırları arasındaki boşlukları dolduracak şekilde gelişmiştir. Silikat minerallerine göre oldukça ince taneli olup öz ve yarı öz şekilli bir yapıya sahiptirler.



5. JEOKİMYA

Çalışma alanında yüzeyleyen, Solhan volkanitleri (Formasyonu) lavlarında yapılan petrografik incelemeler sonucunda 15 örneğin ana oksit, iz ve nadir toprak element analizleri ACME Analytical Laboratories Ltd' de (Kanada) ücret karşılığı yaptırılmıştır. Ana element içerikleri ICP (Inductively Coupled Plasma) ile iz element içerikleri ise, ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) yöntemi ile yapılmıştır. Magmatik kayaçların majör ve iz element içeriklerini belirleyen temel etken magmanın türediği kaynağın bileşimi ve oluşumu sırasında geçirdiği süreçlerdir. Bu amaçla Tablo 5.1 ve 5.2'de verilen kimyasal analiz sonuçları ve bu değerlerden hesaplanan bazı parametreler yardımıyla, çalışma konusu kayaçların petrokimyasal özelliklerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

5.1 Ana ve İz Element Jeokimyası

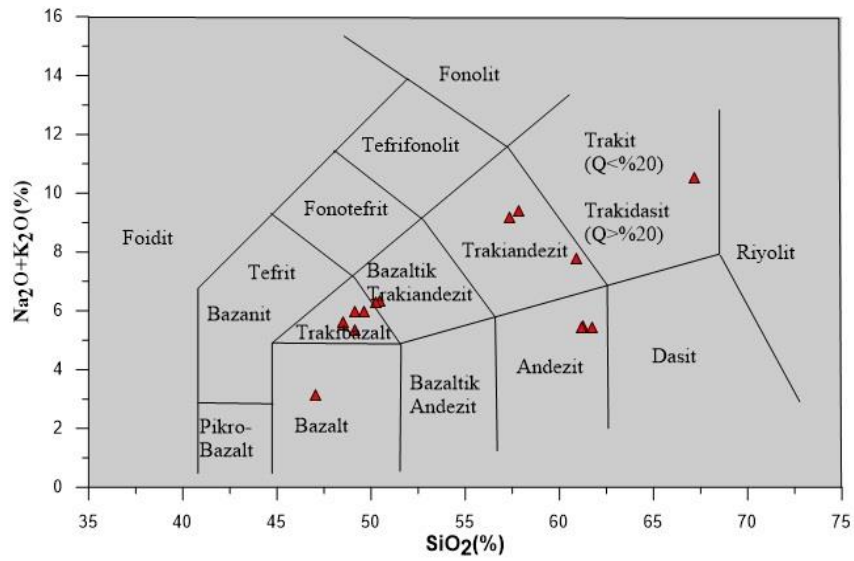
Çalışma konusu kayalarda yapılan 15 örneğin kimyasal analiz sonuçları Tablo 5.1 ve 5.2'de, verilmiştir. Örneklerden, B1 nolu örneğin analiz sonuçları, özellikle SiO_2 değeri de (% 60.93) olmak üzere pek çok ana element değerlerinde farklılık göstermektedir. Bu farklılık, bu örneğin ateşte kayıp (LOI) oranının (%1,1) fazla olmasının sonucu olarak da oluşabilir. Bilindiği gibi bazı elementlerin hareketliliği alterasyonlanmaya bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenlerle, B10 nolu bu örnek isimlendirme ve bazı diyagramların dışında, Harker diyagramları ve element oranları diyagramlarında değerlendirilmemiştir

Kayaçların ana element dağılımlarına genel olarak bakıldığında % SiO_2 değerleri %60.93-47.07, % Al_2O_3 değerleri % 17.80-16.46, Fe_2O_3 %11.98-5.4, MgO % 7.57-0.13 ve CaO % 5.97-0.48 arasındadır. Na_2O (% 5.75-2.82) ve K_2O (% 4.80-0.23) değerleri gibi diğer ana elementler (TiO_2 , MnO , P_2O_5) de kendi aralarında birbirine çok yakın değerlerde değişim göstermektedir.

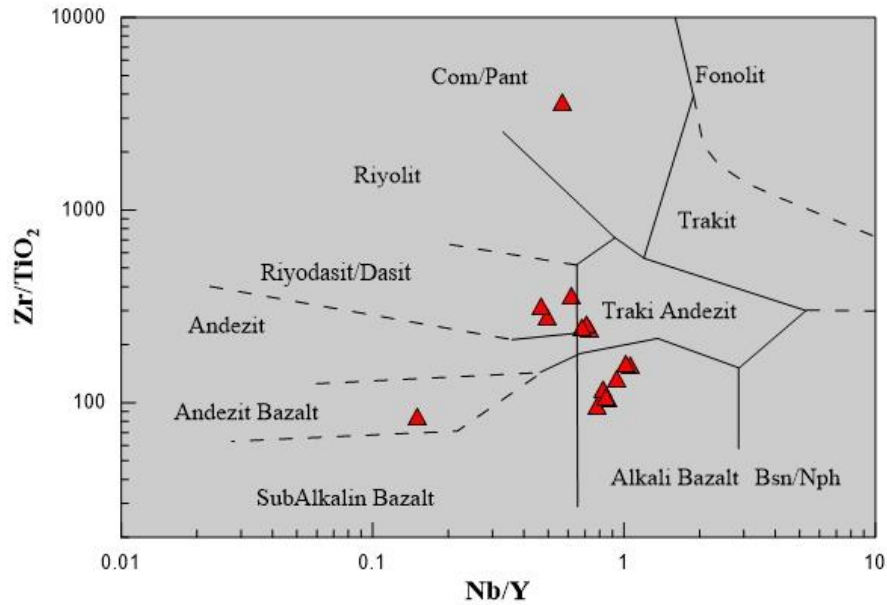
Bu element dağılımlarına genel olarak bakıldığında, örnekleri SiO_2 oranı %46-52 ile %57-63 olan iki gruba ayırabiliriz. Bu iki grup arasındaki farklı yoğunlaşma hemen tüm diyagramlarda belirgin şekilde farklılık oluşturmaktadır. Kayaçlardaki bu SiO_2 farklılaşmasına bağlı olarak diğer element dağılım diyagramlarında da görülmektedir.

Çalışma konusu kayaçlarda yapılan mikroskobik incelemeler sonucunda bazalt, andezit, trakibazalt/trakiandezit ve dasit bileşiminde olduğu belirlenen kayaçların, kimyasal verilere göre isimlendirilmelerini saptamak için, ana element ve iz element diyagramları kullanılmıştır (Şekil 5.1, 5.2). Ana element verilerinin kullanıldığı Le Bas ve diğ., (1986) toplam alkali-silis (TAS) diyagramına baktığımızda (Şekil 5.1), bazalt ve andezit bölgesindeki 3 örneğin dışında diğer örneklerin genel olarak alkalin bölgesinde ve trakitik özellikte (trakibazalt, bazaltik trakiandezit,

trakiandezit ve trakit/trakidasit) olduğu görülmektedir. Buna göre örneklerin hafif alkali-geçiş (transitional) volkanik topluluk oluşturduğu söylenebilir. B-1 nolu örneğin diyagramda bazalt bileşimini verdiği görülmektedir. Her ne kadar örneklerin düşük LOI değerleri bakımından alterasyonlanmanın az olduğu düşünülse de, alterasyona bağlı olarak alkali elementlerin hareketliliklerinin (mobilitelerinin) yüksekliğinden dolayı Zr, Ti, Nb, Y gibi daha az hareketli olduğu düşünülen elementlerin yer aldığı (Winchester ve Floyd 1977) diyagramı da kullanılmıştır (Şekil 5.2). Buna göre andezit/bazalt bölgesindeki 1 örneğin dışında diğer örneklerin alkali veya alkali geçiş bölgesinde bulunduğu görülmektedir.



Şekil 5.1. Çalışma bölgesine ait örneklerin toplam Alkali-SiO₂ diyagramı (Le Bas ve diğ., 1986).

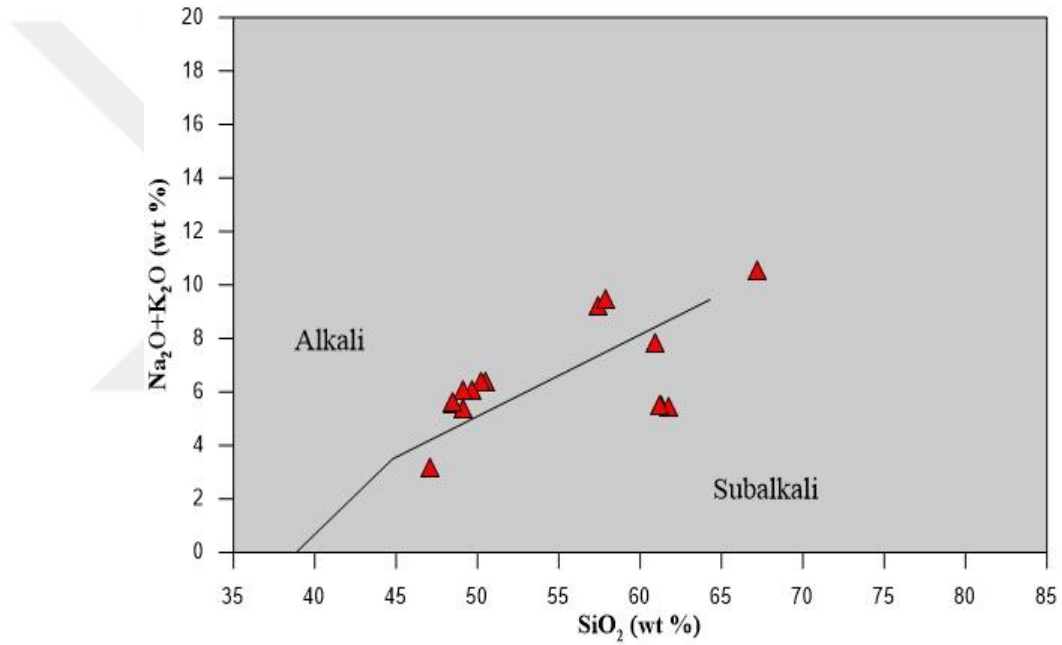


Şekil 5.2. Solhan volkanikleri örneklerinin Winchester ve Floyd (1977) diyagramında dağılımı.

Tablo 5.1. Kayaç örneklerinin ana oksit (% ağırlık) ve iz element (ppm) tablosu.

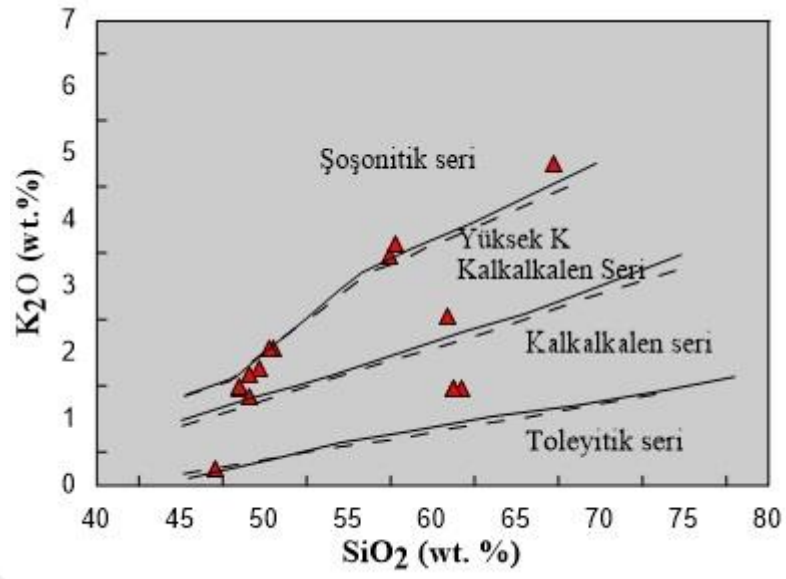
Örnek	B-1	B-3	B-5	B-8	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-16	B-25	B-26	B-27	B-30	B-34
SiO ₂	60.93	61.25	61.74	50.47	67.18	50.24	48.48	61.2	57.38	49.66	49.11	49.14	57.85	47.07	48.5
Al ₂ O ₃	16.92	16.62	16.46	16.58	13.9	16.61	16.73	16.54	17.79	16.7	16.81	16.82	17.8	17.10	16.58
Fe ₂ O ₃	6.08	5.66	5.4	11.58	5.16	11.54	11.88	5.69	7.52	11.21	11.79	11.37	7.22	10.78	11.98
MgO	1.38	3.24	2.92	5.05	0.13	4.48	6.49	3.06	2.22	6.15	6.02	6.47	2.02	7.57	6.11
CaO	4.21	6.01	5.78	6.31	0.48	6.36	7.93	5.97	4.15	7.37	7.33	8	3.93	11.58	7.81
Na ₂ O	5.22	3.98	3.94	4.24	5.68	4.24	4.04	3.97	5.71	4.22	4.3	3.98	5.75	2.85	4.09
K ₂ O	2.51	1.44	1.43	2.03	4.8	2.02	1.44	1.42	3.41	1.73	1.65	1.32	3.6	0.23	1.46
TiO ₂	0.96	0.85	0.81	2.08	0.46	2.07	2.33	0.86	1.15	2.08	2.27	2.35	1.07	1.74	2.31
P ₂ O ₅	0.37	0.21	0.2	0.72	0.04	0.73	0.46	0.22	0.23	0.49	0.5	0.44	0.22	0.19	0.46
MnO	0.11	0.09	0.09	0.17	0.25	0.16	0.17	0.09	0.14	0.16	0.17	0.16	0.14	0.16	0.17
LOI	1.1	0.5	1	0.5	1.6	1.2	-0.3	0.8	0.1	-0.1	-0.3	-0.4	0.2	0.4	0.2
Toplam	99.86	99.85	99.85	99.75	99.67	99.75	99.72	99.84	99.86	99.74	99.73	99.73	99.85	99.74	99.73
Ni	<20	45	45	69	<20	73	89	44	22	84	73	85	21	107	91
Sc	9	12	12	14	4	14	19	13	12	18	17	19	12	36	19
Ba	362	255	256	245	74	279	176	261	514	196	238	216	507	54	189
Be	3	3	2	<1	19	3	2	2	<1	1	11	2	3	<1	1
Co	9.7	21.1	19.6	34.9	2.7	35.8	43.9	21.8	16.3	39.1	40.9	42.7	15.1	53	45.7
Cs	2.2	1.2	1	0.2	1.9	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.6	1	<0.1	0.3
Ga	21.9	18.9	18.6	20.9	36.6	20.2	19.8	18	23.5	19	19.3	18.5	23.5	17.5	19.5
Hf	6.9	4.5	4.3	6.4	34.9	6.3	5	4.4	6.4	5.4	5.1	4.7	6.5	3	4.9
Nb	19.5	12.9	12.4	29.6	71.5	30.6	22.6	12.5	15.9	24.2	24.3	20.7	16.5	4.1	22.6
Rb	56.7	43.6	43.3	26.7	173.4	27.2	16	41	59.1	21.3	19.1	14.7	62.2	2	15.9
Sn	1	1	1	3	16	3	2	1	3	2	2	2	3	1	2
Sr	365.8	384	374	653.5	15	669.6	653.8	393.5	264.6	616.7	663.1	633.6	240.1	440.3	676.2
Ta	1.4	0.9	0.9	2	4.6	2.1	1.5	0.9	1.1	1.5	1.6	1.2	1.1	0.3	1.4
Th	8.9	7.4	7	3.4	23.2	3.6	2.3	7	6.5	2.8	2.4	2.3	7.2	0.5	2.2
U	2.9	2.2	2.3	1.3	4	1.2	0.9	2.1	0.9	1.2	1	0.9	0.8	0.2	0.8
V	48	102	95	115	<8	117	162	103	72	147	148	170	66	230	163
W	1.3	0.9	0.8	<0.5	0.9	<0.5	<0.5	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	336.9	199.7	201.7	318.5	1631	321	238.7	205.1	315	267.1	260.1	217.9	330.8	144.4	241
Y	31.5	17.8	17.6	28	125.8	30.3	26.4	18.4	31.9	26	29.6	26.5	35.4	27.1	26.5
Mo	1.2	0.8	0.5	1.1	0.5	1.1	1.8	0.6	1.6	1.3	2.2	1.2	1.2	0.5	1.2
Pb	1	1.6	2	2.4	19.1	2	1.3	1.5	3.6	1.4	0.9	0.9	2.6	1	0.8
Zn	42	19	21	75	139	74	74	26	63	50	78	69	64	48	70
Ni	1.5	15.5	17.9	66.6	1	68	81.8	17.9	18.1	73.8	67.5	73.9	16.3	87.2	83.9
Se	<0.5	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Magmatik kayalarda, magmatizma bileşimini veren magma serilerinin saptanmasında kullanılan belirli element konsantrasyonları ile subalkalen, alkalen ve peralkalen kayaç serileri belirlenmeye çalışılır. Irvine ve Baragar (1971)'in toplam alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)- SiO_2 diyagramı bu amaç için kullanılan en önemli diyagramlardan birisidir (Şekil 5.3). Buna göre, Şekil 5.3'te verilen toplam Alkali-Silis diyagramında görüldüğü gibi, isimlendirme diyagramlarıyla (Şekil 5.1, Şekil 5.2) uyumlu olarak, 2 örneğin dışında örneklerin büyük çoğunluğu alkali alanda olmak üzere diğer örnekler de alkali-geçiş alanında yer almaktadır. Magmanın ayrışması sırasında, toplam demirin ($\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{t})}$) davranışı, subalkali magma serilerinde toleyitik ve kalkalkali farklılaşma yönelimlerini belirlemesi bakımından önemlidir. Ancak çalışılan örnekler daha çok alkalen özellik gösterdiğinden örneklerdeki bu yönelimin nasıl geliştiği görülememiştir.

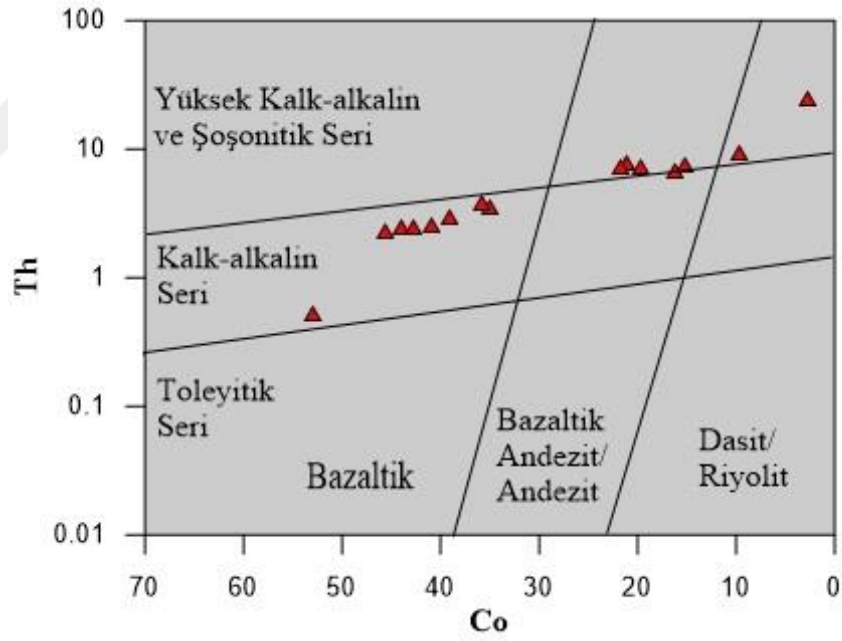


Şekil 5.3. Örneklerin Alkali-Silis diyagramında dağılımı (Irvine ve Baragar, 1971).

Çalışma konusu birimin toplam alkalice zengin olduğu Şekil 5.1 ve 5.3'te görülmüştür. Ancak bu örneklerde alkali bileşimi veren bileşenlerden Na_2O oranının daha yüksek olduğu K_2O bakımından ise orta ve yüksek K'lu kalkalkalen özellikli olduğu Şekil 5.4'te görülmektedir. Bu özellik, kalıcılığı yüksek elementlerden olan Th ve Co'nın kullanıldığı diyagramda da (Hastie diğ., 2007) örneklerin yüksek-K'lu kalkalkalen özellikli olması ve dasit bileşimli alana düşmesiyle teyit edilmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.4. Çalışma bölgesi örneklerin SiO₂-K₂O diyagramındaki (Peccerillo ve Taylor, 1976) dağılımları

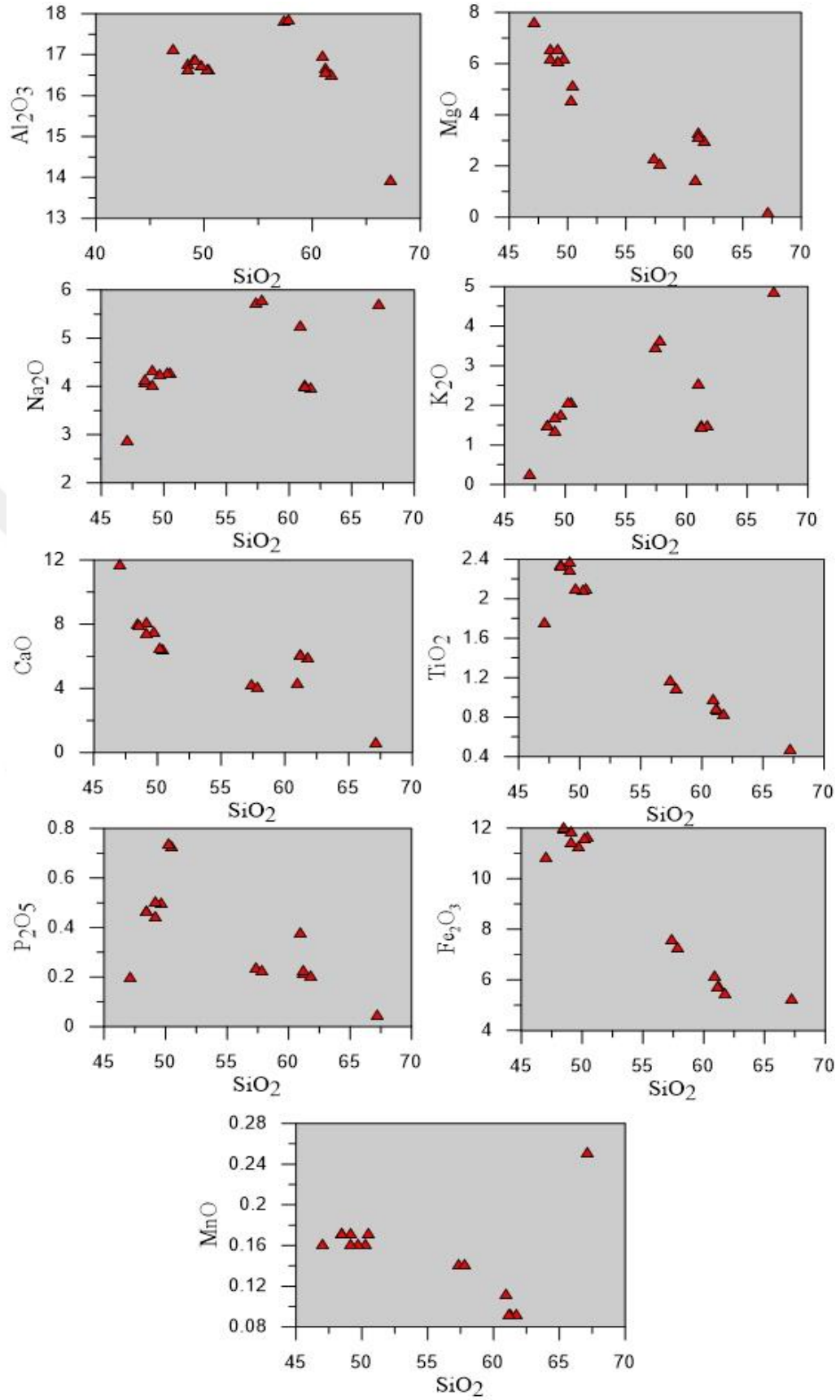


Şekil 5.5. Çalışma bölgesi örneklerin Co-Th diyagramındaki (Hastie ve diğ., 2007) dağılımları.

Çalışma konusu kayaların ana oksit içeriklerinin SiO_2 içeriğine göre değişimlerinin incelendiği Harker (1909) diyagramlarına bakıldığında (Şekil 5.6), volkanikların SiO_2 içeriğine göre bazik ve daha asidik bileşimliler olmak üzere iki farklı grup şeklinde bulunduğu görülmektedir. SiO_2 içeriğine göre bazik ve daha asidik bileşimliler olarak ayrılan bu iki grup örneklerin bazı ana element dağılımlarında da farklı yönelimler görülebilmektedir. Örneğin her iki grup için de en düzenli yönseme MgO , TiO_2 , CaO ve Fe_2O_3 dağılımlarında, negatif değişim şeklinde gözlenmektedir. Na_2O ve K_2O 'ın ise artan SiO_2 oranıyla birlikte zayıf bir pozitif yönseme gösterdiği görülür (Şekil 5.6). Örneklerin Al_2O_3 değerleri özellikle yüksek SiO_2 'li örneklerde çok belirgin bir negatif yönsemelidir. Bu iki grup kayaç içerisindeki en belirgin farklı yönelimler P_2O_5 ve MnO dağılımlarında gözlenmektedir. P_2O_5 diyagramında bazik bileşimli örnekler pozitif trend gösterirken daha asidik örnekler ise negatif bir yönelim göstermektedir. Benzer şekilde MnO te asidik örneklerde daha bazik olanlardan farklı olarak negatif yönseme göstermektedir. Ana oksitlerde gözlenen bu şekildeki negatif veya pozitif korelasyonlar, fraksiyonel kristalleşme süreçleri ile açıklanabilir. Örneğin magmada kristalleşme sırasında genel olarak, Ca-plajiyoklas, olivin, piroksen ve opak mineraller (manyetit, ilmenit) kristalleşmenin ilk evrelerinde eriyikten ayrılmakta ve dolayısıyla bu mineralleri oluşturan CaO , Fe_2O_3 , MgO , Al_2O_3 , MnO ve TiO_2 elementlerinde SiO_2 artışına göre bir azalma meydana gelmektedir. Daha sonraki evrelerde, arta kalan bu eriyikten Na-plajiyoklas, amfibol, mika ve daha sonra da ortoklas minerallerinin oluşması ile de bu minerallerin bünyesine giren Na_2O ve K_2O elementlerinde SiO_2 artışına bağlı olarak artış olmaktadır. P_2O_5 azalması ise apatit fraksiyonlaşmasını yansıtmaktadır.

Çalışma konusu volkanitlere ait iz elementlerin SiO_2 ile olan dağılımlarına bakıldığında (B10 nolu örnek değerlendirilmeye alınmamıştır) (Şekil 5.7), iz element davranışlarının genellikle ana elementlerle uyumlu oldukları görülmektedir. Bu elementlerden Ba, Rb ve Nb'da düşük SiO_2 içerikli örnekler zayıf ta olsa çok düzgün bir pozitif trend buna karşın daha asidik örnekler ise negatif bir trend şeklinde farklı yönsemeler göstermekte iken bazı elementlerde her iki grupta da birbiriyle uyumlu yönsemeler görülmektedir. Y, Sr ve Cs'da her iki grup örneklerde de belirgin olmayan bir yönseme görülürken, Th ve Zr'da düzgün, belirgin Hf'da ise daha az düzgün pozitif bir yönelim görülmektedir.

Şekil 5.7'de verilen iz element Harker diyagramlarında önemli dağılımlardan birisi Rb ve Ba'da görülmektedir. Bilindiği gibi, büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden (LILE) olan Rb ve Ba, fraksiyonel kristalleşme süreci içerisinde K'lu minerallerle (K-feldispat ve biyotit) beraber davranış gösterdiği için bu minerallerle beraber magmatik ergiyik içinde en son kristallenen ürünler olarak SiO_2 artışı ile birlikte pozitif bir trend göstermesi beklenir. Örneklerimizde, yukarıda da belirttiğimiz gibi bazik bileşimli örneklerden farklı olarak daha asidik bileşimli örneklerin negatif yönelim göstermesi magma karışımı veya farklı magma kökenini işaret eder.

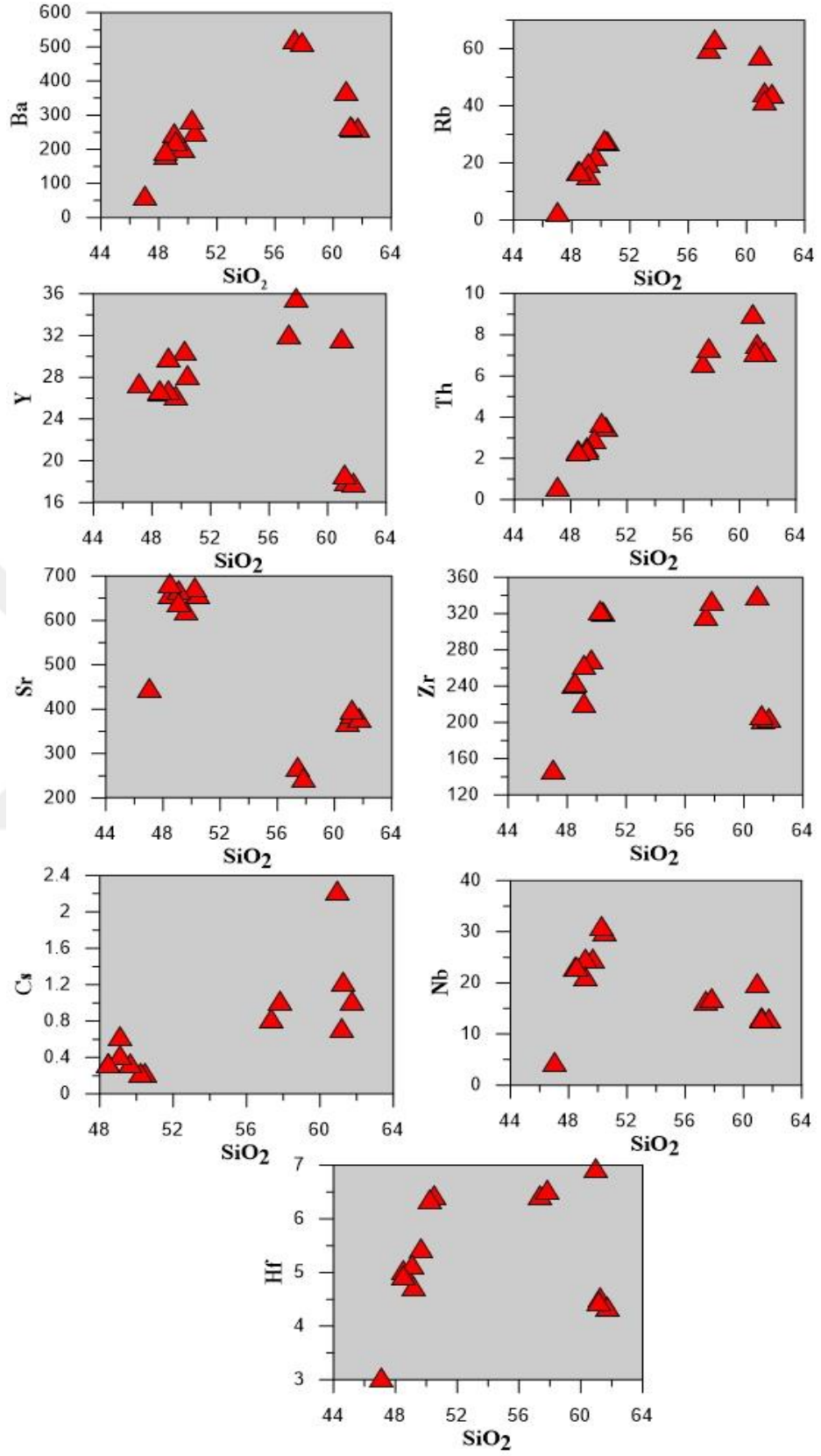


Şekil 5.6. Ana oksitlerin SiO₂ 'e göre değişimini gösteren Harker diyagramları (Harker, 1909).

LILE'lerden olan Sr, Ca veya Ca-plajiyoklaslarla uyumlu davranış göstermesi beklenir (Rollinson, 1993). Buna göre bazik örneklerde belirgin olmamakla beraber daha asidik olanlarda pozitif diyebileceğimiz bir trendle ters bir davranış sergilemektedirler. Cs elementi geç evre (düşük sıcaklık) kristalleşmesiyle oluşan minerallerin (biyotit ve K-feldispat) bünyelerine girdiği için (Mason ve Moore, 1982), beklenen pozitif trend, çalışma konusu asidik örneklerde gözlenirken daha bazik örneklerde zayıf da olsa tersi bir durum gözlenmektedir. Bu dağılım da normal bir fraksiyonlaşma serisini değil magma karışımını işaret etmektedir.

Kalıcılığı yüksek elementlerden (HFSE) olan Th, Zr ve Hf'da tüm örneklerde gözlenen pozitif yönelim, fraksiyonlaşmayla uyumluluk gösterirken yine bu elementlerden olan Nb ise asidik bileşimlilerde değil de bazik bileşimlilerde diğer elementlere uyumlu olarak zayıf, düzgün bir pozitif anomali göstermektedir. Bu grup elementlerden olan Y'da ise belirgin bir anomali olmamakla beraber bazik bileşimlilerde pozitif, asidik bileşimli örneklerde ise negatif diyebileceğimiz zayıf bir yönelim görülmektedir. Rb ve Ba, diyagramda artan ve azalan trendler şeklinde dağınık bir özellik göstermektedir. Her iki element de aynı minerallerin ayrımlaşmasını işaret etmektedir. Ba ve Rb elementleri iyon yarıçapları büyük olması nedeniyle, fraksiyonel kristalleşme sürecinde K'lu minerallerin (K-feldispat ve biyotit) bünyelerine girer ve magmatik ergiyik içinde K içeren mineraller en son kristallenen ürünler oldukları için, zenginleşmeye yol açarlar. Ba, sırasıyla K-Feldispat ve biyotitte daha çok yoğunlaşırken Rb, biyotit ve K-feldispatta yoğunlaşmaktadır. Cs elementinin granitik magmanın kristalizasyonu sırasında daha çok sıvı fazda zenginleşme eğiliminde olduğu ancak geç evre (düşük sıcaklık) kristalleşmeleriyle oluşan biyotit ve K-feldispat minerallerinin bünyelerine girdiği de bilinmektedir (Mason ve Moore, 1982). Buna göre diyagramda K elementi ile uyumlu olarak silise bağlı zayıf bir pozitif anomali göstermektedir.

Örneklerin LILE-LILE değişimlerini gösteren Rb-Sr ve Rb-Cs diyagramlarına bakıldığında (Şekil 5.8), Rb'un Sr ile negatif ilişkisi Cs ile pozitif ilişkisi diferansiyasyonu göstermektedir. Çünkü asidik magmanın ilk katılma evrelerinde daha çok Ca bakımından zengin plajiyoklaslar ve böylece Sr zenginleşmesi oluşurken, sıcaklığın düşmesine bağlı olarak K-feldispat mineralleri oluşacak ve böylece Rb bakımından bir zenginleşme oluşacaktır. Benzer şekilde Rb artışıyla paralel bir şekilde Cs da asidik magma oranına bağlı olarak artış göstermektedir. Her iki element için de bu şekildeki yönseme normal diferansiyasyonu göstermektedir.

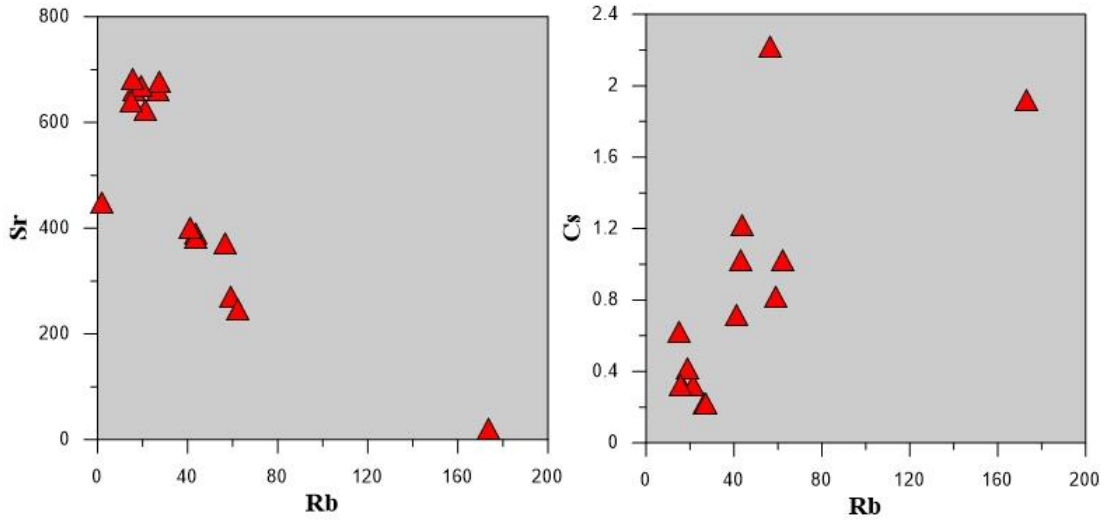


Şekil 5.7. İz element-SiO₂ değişim diyagramları (Harker, 1909).

Tablo 5.2. Solhan Formasyonu 'na ait örneklerin nadir toprak element (REE, ppm) tablosu.

Örnek	B-1	B-3	B-5	B-8	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-16	B-25	B-26	B-27	B-30	B-34
La	34.2	25.1	24.4	31.1	98.1	32	22.4	25	26.3	24.4	26.2	20.9	29.6	7.9	22.2
Ce	61.8	46.5	46.1	63.4	197.9	64	48.1	47.6	56.2	52	52.4	44.2	60	19.1	47.3
Pr	7.2	5.14	5	7.79	22.25	8.08	5.92	5.23	6.94	6.44	6.71	5.58	7.2	2.89	5.94
Nd	28.7	18.5	18.4	31.3	78.4	31.1	24	19.5	27.1	26.6	28.1	23.2	27.8	13.6	25
Sm	5.72	3.53	3.38	6.24	16.59	6.5	5.13	3.72	5.94	5.39	5.89	5.07	5.96	3.69	5.54
Eu	1.69	1.05	0.99	2.06	1.26	2.15	1.88	1.09	1.92	1.88	2.08	1.76	1.86	1.41	1.93
Gd	5.84	3.56	3.41	6.21	16.67	6.75	5.48	3.58	5.72	5.57	6.17	5.43	6.24	4.57	5.64
Tb	0.84	0.52	0.48	0.88	2.81	0.93	0.82	0.51	0.91	0.81	0.88	0.77	0.95	0.73	0.81
Dy	5.26	3.17	2.97	5.02	18.96	5.65	4.86	3.11	5.76	4.98	5.21	4.65	6.16	4.67	5.11
Ho	1.01	0.57	0.57	0.97	4.12	1.02	0.89	0.63	1.12	0.9	1	0.91	1.19	0.93	0.88
Er	3.01	1.65	1.66	2.72	13.12	2.7	2.55	1.76	3.24	2.53	2.77	2.55	3.6	2.74	2.55
Tm	0.45	0.24	0.24	0.39	2.12	0.38	0.35	0.24	0.46	0.36	0.37	0.35	0.52	0.4	0.36
Yb	2.81	1.63	1.53	2.42	14.28	2.5	2.24	1.62	3.12	2.25	2.37	2.22	3.49	2.44	2.15
Lu	0.45	0.24	0.23	0.36	2.11	0.38	0.33	0.25	0.49	0.35	0.35	0.32	0.55	0.37	0.35
(La/Lu)N	6.68	6.87	7.21	7.55	6.21	7.10	7.72	7.04	6.61	7.22	7.91	7.96	6.54	7.40	7.28
(Eu/Eu*)N	14.86	28.64	31.37	20.98	2.94	18.69	23.41	28.16	13.49	20.65	22.61	24.90	11.90	20.01	20.81

* Kondirit normalize değerleri, Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır



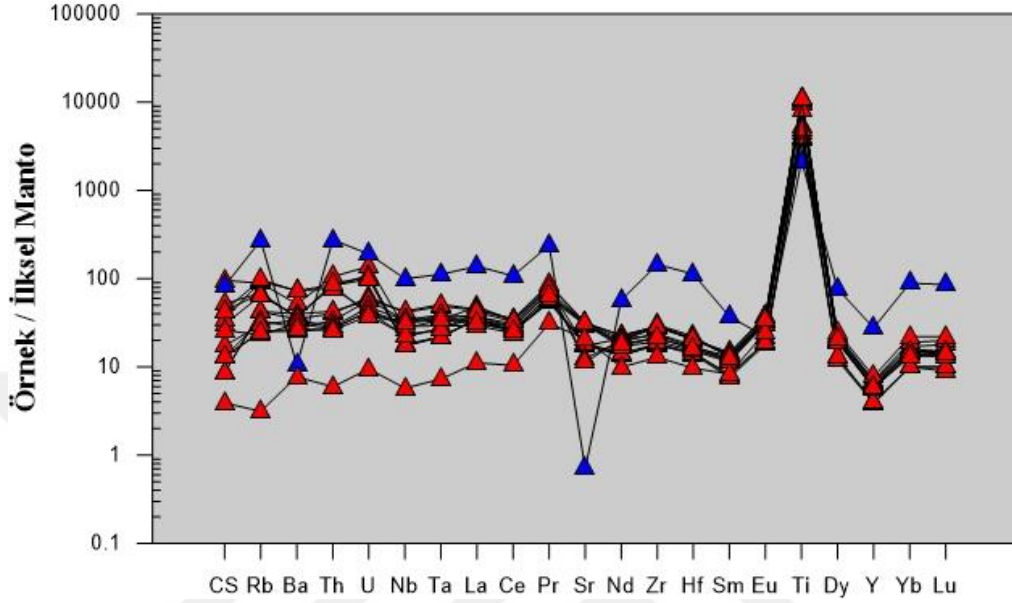
Şekil 5.8. Örneklerin Rb-Sr, Rb-Cs değişim diyagramlarında dağılımları.

5.2. Çoklu Element Diyagramları

Magmatik kayalarda birkaç ppm'den birkaç on ppm'e kadar değişebilen konsantrasyonlarda bulunan iz ve eser elementlerin (NTE), farklı tektonik ortam volkanikleriyle karşılaştırmak amacıyla o volkaniklerle normalize edilmiş çoklu-element diyagramları çizilmektedir. Normal farklılaşma süreci içerisinde geç evre magmatik mineraller olarak tanımlanan ve kayacın aksesuar bileşenlerini oluşturan minerallerde yoğunlaşan bu elementler, aksesuar bileşen mineralojisine bağlı olarak davranış sergilerler. Bu diyagramlarda bir magma serisinin kendi içindeki elementlerin zenginleşmesi ve fakirleşmesi incelenebildiği gibi, farklı nitelikteki manto kaynaklarından türeyen kayalar ve farklı tektonik ortamları temsil eden magmatik kayalar ile karşılaştırabilmek de mümkündür. Bu tür karşılaştırmalarla, incelenen örnekleri oluşturan magmanın hangi kaynak bileşenine benzerlik gösterdiği ve hangi tektonik ortamda oluştuğu konusunda bazı yaklaşımlarda bulunulabilir.

İnceleme konusu kayaların, İlksel Manto değerlerine göre normalleştirilerek elde edilen diyagramına bakıldığında (Şekil 5.9), çoğu örneklerin birbirine uyumlu davrandığı görülmektedir. Genel olarak tüm örneklerde özellikle Ti'da çok kuvvetli olmak üzere U ve Pr'da ise daha zayıf pozitif anomali, Nb ve Y'da ise zayıf negatif anomali görülmektedir. Genellikle diğer örneklerden farklı davranışlar gösteren B10 nolu örneğin hemen tüm element oranları diğer örneklerden fazla miktarda olduğu ancak Ba ve Sr'daki çok belirgin sapmaları dışında uyumu dikkat çekmektedir. Diyagramdaki pozitif Ti anomalisi kayalardaki Fe-Ti oksitlerle uyumluluk göstermekte ve bu minerallerin ayrımlaşmasını işaret etmektedir.

Örneklerdeki zayıf negatif Nb anomalisi kıtasal kabuğun karakteristik bir özelliği olarak kabul edilirken (Rollinson, 1993), kayaların gelişiminde yitimin veya metasomatizmadan etkilenmiş manto kamasının önemli bir rol oynadığı da kabul edilir (Pearce, 1982).

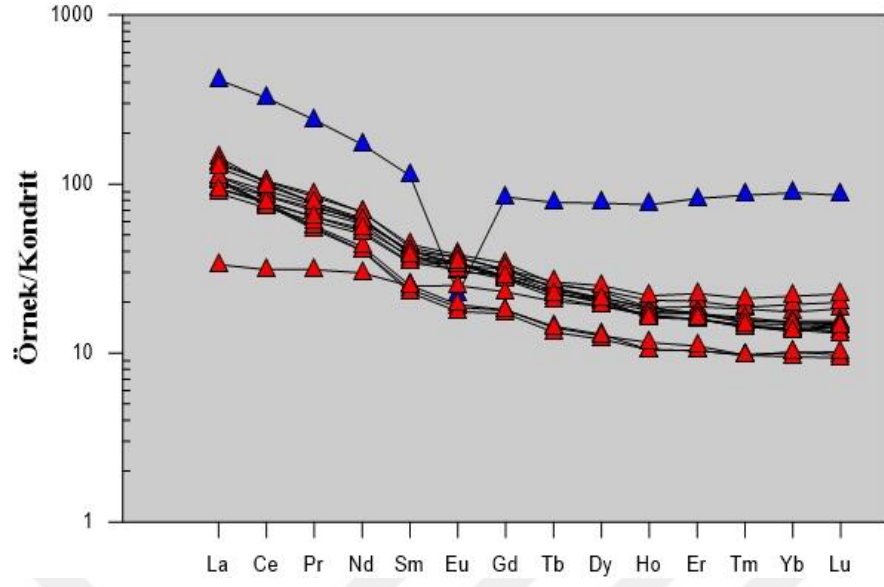


Şekil 5.9. Çalışma konusu kayalar örneklerinin ilksel mantoya göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (McDonough ve diğ., 1992).

Örneklerin, Kondrit değerlerine göre (Sun ve McDonough, 1989) normalleştirilerek elde edilen diyagramına (Şekil 5.10) bakıldığında, HNTÉ'lerden ANT elementlere doğru belirgin bir fraksiyonlanma görülmektedir. Diyagramda görülen yüksek HNTÉ/ANTE oranı, magmanın iz elementler bakımından zenginleşmiş bir kaynaktan veya düşük dereceli kısmi ergimeye uğramış olan eriyikten itibaren oluştuğu söylenebilir. Yine HNTÉ bakımından zenginleşme, yitim sonucu dalan levhanın kaynağa olan katkısı ile veya kabuksal bileşenlerin etkisiyle de gerçekleşebilir.

Örneklerde belirgin bir Eu anomalisinin olmaması, bu birimi oluşturan magma kaynağının daha önce bir plajiyoklas fraksiyonlaşmasına uğramadığını veya kayaların magmanın farklılaşmasının geç evrede oluşan ürünleri olmadığını göstermektedir.

Diyagramda diğer örneklerden HNTÉ bakımından yaklaşık 20 kat, ANTE bakımından ise yaklaşık 30 kat daha zenginleşmiş olan B10 bazalt örneğinin en belirgin özelliği çok kuvvetli negatif Eu anomalisi vermesidir. Negatif Eu anomalisi plajiyoklas fraksiyonlaşmasının göstergesi olabileceği gibi bu örneği oluşturan magmanın, diğer örnekleri oluşturan magmanın geç evre kristalleşmesiyle oluştuğu söylenebilir. Ancak bu örnekte olduğu gibi bazik bileşimli magmanın geç evrede oluşumu olası olmadığından bu durumun magma karışımı ile açıklanması daha olasıdır.



Şekil 5.10. Çalışma konusu kayaç örneklerinin kondrite göre normalize edilmiş iz element dağılım diyagramı (Sun ve McDonough,1989).

6. PETROJENEZ

Bu başlık altında, inceleme alanı bazik volkanik kayaçlarının mineralojik-petrografik özellikleri ve tüm kayaç jeokimyasal özellikleri, jeolojik konum içerisinde yorumlanarak petrojenez evrimi sunulacaktır. Ayrıca, çalışma bölgesindeki volkanik kayaçların kökenlerine açıklık getirmek ve bunların oluşumunda hangi magmatik süreç ve/veya süreçlerin etkili olduğunu belirlenmesinde, aşağıda verilen alt başlıklardan yararlanılmıştır.

6.1 Kısmi Ergime

Kısmi ergime modellemesi ile bir volkanik sisteme ait ürünlerin hangi tür manto kaynağından ve nasıl bir kısmi ergime türü ve derecesi ile türediği saptanabilir. Bu modelleme ile benzer ve farklı ürünler arasındaki ilişkiler ortaya konulduğu gibi, kısmi ergime sürecine kaynak olduğu düşünülen manto bileşenleri de (OIB, MORB, vb.) belirlenebilmektedir.

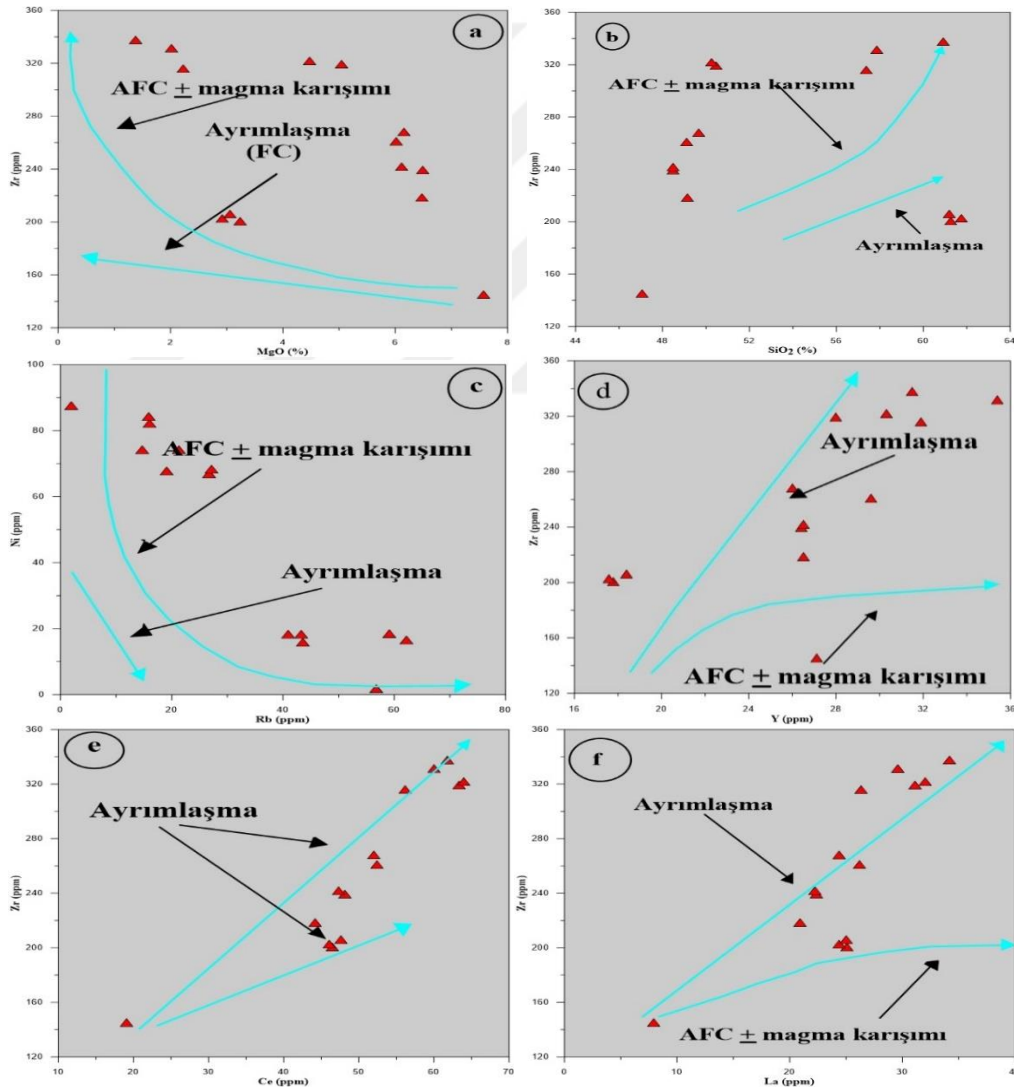
Fraksiyonel kristalleşme (ayırılma) ise magmatik kayaçların belirli ve tek bir sıcaklık derecesinde kristalleşmediği, kristalleşmenin bir sıcaklık aralığı boyunca geliştiği ve meydana gelen mineral çeşitlerinin ve kimyasal bileşimlerinin sıcaklığın azalması ile devamlı olarak değiştiği prensibine dayanmaktadır (Bowen,1928). Fraksiyonel kristalleşmede, kristalleşen minerallerin magmadan sürekli olarak ayrılması ile aynı magmatizma ürünü olan farklı bileşimdeki kayaç grupları oluşabilecektir. Bu durumu jeokimyasal veriler kullanarak belirlemek olasıdır. Örneğin Harker Diyagramlarında magmanın asidik bileşimini karakterize eden SiO_2 oranının artışına karşın K_2O ve Rb'un artması, TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO ve P_2O_5 içeriklerinin azalması fraksiyonel kristalleşmeyi en iyi şekilde açıklamaktadır.

Volkanitlerin ana magma bileşimleri üzerindeki, ayırılma ve kısmi ergime gibi magmatik süreçlerin etkilerini birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Bunun için genellikle uyumlu–uyumsuz element çiftlerinden oluşturulan diyagramlardan yararlanılmaktadır. Ayrıca ana ve iz element Harker diyagramlarında fraksiyonel kristalizasyonunun etkisi ile olivin ve klinopiroksen gibi ferromagnezyen minerallerin negatif trendleri ve bu minerallerle uyumlu olarak sıvı içerisindeki uyumlu elementlerin (Ni, Cr vs.) bolluk oranının azalması ve uyumsuz elementlerin (Th, La ve Nd vs.) bolluk oranının artması bu magmatik süreçlere işaret etmektedir.

Volkanik kayaçlarda Zr'un Y ve Nb ile olan ilişkisi kısmi ergime derecesini belirtir. Buna göre yüksek Zr/Y ve düşük Zr/Nb oranlarının genel olarak düşük derecedeki kısmi ergime sonucu, düşük Zr/Y ile yüksek Zr/Nb oranının ise yüksek derecedeki kısmi ergime sonucu olduğu kabul edilmektedir (Menzies ve Kyle, 1990). Çalışma konusu örneklerin düşük Zr/Y (5.33-12.97) ve

10.66-35.22 arasında değişen yüksek Zr/Nb oranları ile yüksek kısmi ergime derecesini işaret etmektedir (Tablo 6.1).

Volkanik kayalarındaki jeokimyasal değişimler, bu kayaların gelişiminde etken olan kısmi ergime, ayırılma, magma karışımı gibi magmatik olayların belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu amaçla bazı ana ve iz elementlerin Zr'a karşı değişimlerini belirlemek için örneklerin ikili değişim diyagramları çizilmiştir (Şekil 6.1). Bu diyagramlarda örneklerin genellikle doğrusal dağılımları fraksiyonlaşmanın asimilasyondan daha etkili olduğunu göstermektedir. Ancak örneklerde gözlemlendiği gibi yüksek LILE ve daha düşük HFSE değerleri ile LREE zenginleşmeleri, yitim süreci ve/veya magmanın yükselimi sırasında meydana gelen kabuksal bir kirlenmeye işaret etmektedir.



Şekil 6.1. Çalışma konusu volkanitlerin ana oksit ve iz element değişim diyagramları (a) MgO-Zr, (b) SiO₂-Zr, (c) Rb-Ni, (d) Y-Zr, (e) Ce-Zr, (f) La-Zr (AFC: Özümlenme+Ayrılma (Fraksiyonel Kristalleşme); FC: Ayrılma (Fraksiyonel Kristalleşme); Vektörler, minerallerin ayrılma yönlerini göstermektedir.

Tablo 6.1.Solhan Formasyonuna ait örneklerin bazı element oranları.

Örnek	B-1	B-3	B-5	B-8	B-10	B-11	B-12	B-13	B-14	B-16	B-25	B-26	B-27	B-30	B-34
Zr/Nb	17.28	15.48	16.27	10.76	22.81	10.49	10.56	16.41	19.81	11.04	10.70	10.53	20.05	35.22	10.66
Zr/Ba	0.93	0.78	0.79	1.30	22.04	1.15	1.36	0.79	0.61	1.36	1.09	1.01	0.65	2.67	1.28
Nb/Ba	0.05	0.05	0.05	0.12	0.97	0.11	0.13	0.05	0.03	0.12	0.10	0.10	0.03	0.08	0.12
La/Nb	1.75	1.95	1.97	1.05	1.37	1.05	0.99	2.00	1.65	1.01	1.08	1.01	1.79	1.93	0.98
Ba/Nb	18.56	19.77	20.65	8.28	1.03	9.12	7.79	20.88	32.33	8.10	9.79	10.43	30.73	13.17	8.36
La/Ta	24.43	27.89	27.11	15.55	21.33	15.24	14.93	27.78	23.91	16.27	16.38	17.42	26.91	26.33	15.86
K₂O/Th	0.28	0.19	0.20	0.60	0.21	0.56	0.63	0.20	0.52	0.62	0.69	0.57	0.50	0.46	0.66
Zr/Y	10.70	11.22	11.46	11.38	12.97	10.59	9.04	11.15	9.87	10.27	8.79	8.22	9.34	5.33	9.09
Nb/Y	0.62	0.72	0.70	1.06	0.57	1.01	0.86	0.68	0.50	0.93	0.82	0.78	0.47	0.15	0.85
Th/Y	0.28	0.42	0.40	0.12	0.18	0.12	0.09	0.38	0.20	0.11	0.08	0.09	0.20	0.02	0.08
La/Yb	12.17	15.40	15.95	12.85	6.87	12.80	10.00	15.43	8.43	10.84	11.05	9.41	8.48	3.24	10.33
Nb/La	0.57	0.51	0.51	0.95	0.73	0.96	1.01	0.50	0.60	0.99	0.93	0.99	0.56	0.52	1.02
Ba/Ta	258.57	283.33	284.44	122.50	16.09	132.86	117.33	290.00	467.27	130.67	148.75	180.00	460.91	180.00	135.00

6.2. Kaynak Magma ve Zenginleşme

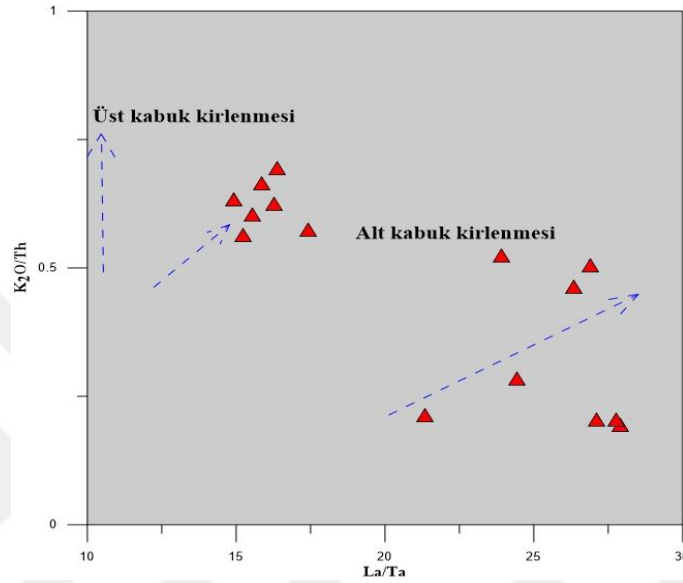
Volkanik kayalarda, magma kaynak bölgesinin veya magma etkileşiminin saptanmasında diğer petrojenetik çalışmalarda olduğu gibi element ve element oranlarından yararlanılır. Örneğin kayaların düşük (B10 nolu örnek hariç) Nb (4.1-71.5), Ta (0.3-4.6), Zr (144.4-1631.0), P_2O_5 (0.19-0.73) ve TiO_2 (0.46-2.35) içeriklerine sahip olması, bu kayaların yitim ile ilişkili volkanizmanın ürünü olabileceklerini göstermektedir (Pearce, 1982). Yine magmatik kayalarda, Zr/Ba oranları litosferik kaynaklı kayaların ayırt edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Düşük Zr/Ba (B10 nolu örnek hariç, 0.61-2.67) oranının dalma-batma ile zenginleşmiş Ba'ca zengin litosferik kaynağı temsil ettiği kabul edilmektedir (Menzies et al., 1991). Yine Nb/Ba oranı da, dalma-batma sürecinde Nb, Ta ve Ti elementlerinin fakirleşmesi ve kuvvetli uyumsuz element olan Ba'un eriyik içine geçmesiyle gerçekleşen zenginleşmeye bağlı olarak düşük değerler ortaya koymaktadır. Fitton ve diğ., (1988), tipik yay magmatizmasında Ba/Nb oranının 28'den büyük olduğunu belirtmiştir. Buna göre örneklerin Ba/Nb oranları en yüksek olarak 32.33 olmakla beraber genellikle 7.99-20.88 arasında olup <28'den küçük değerlerdedir. Benzer şekilde Gill (1981) de, Ba/Ta oranına önemini belirterek yay magmatizmasında Ba/Ta oranının 450'den büyük olduğunu ileri sürmektedir. Çalışma konusu örneklerdeki Ba/Ta oranı ise 117.33-467.27 arasında olup ortalama değer olarak <450 dir. Bu verilere göre her iki element oranı sonuçları da araştırmacıların belirttiği şekilde tam olarak yay magmatizmasını işaret etmemektedir.

Wiaver ve Tarney (1981), K, Th, La ve Ta elementlerinin kıtasal kabuğun ayırtedilmesinde önemini vurgulayarak, K ve La'nın üst kıtasal kabukta, Ta'nın ise alt kıtasal kabukta daha fazla olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, magmanın yukarı çıkışı sırasında meydana gelebilecek yan kayaç kirlenmesini belirlemek ve magmanın kaynağını yorumlamak amacıyla K_2O/Th 'a karşı La/Ta diyagramı çizilmiştir (Şekil 6.2). Buna göre, düşük La/Ta ve K_2O/Th oranına sahip olan örneklerin kabuksal kirlenmeden çok fazla etkilenmiş olmamasına karşın alt kıtasal kabuğun etkisi görülmektedir.

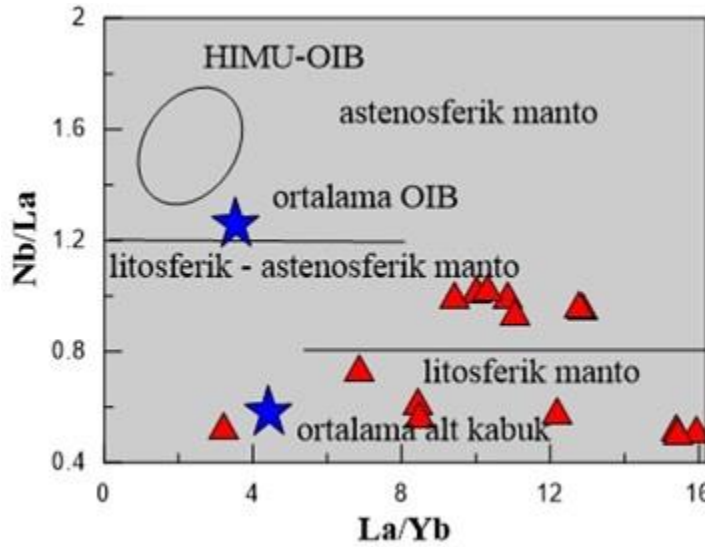
Benzer şekilde Thompson ve Morrison (1988) da astenosferden türeyen magmaların genel olarak La/Ta içeriğinin yaklaşık 10 civarında olduğunu belirtirken, De Paolo ve Daley (2000), bu oranın ~0,7 değerinde olmasının astenosferik bir kaynağı, yüksek olmasının ise litosferik bir kaynağı gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Huang ve diğ., (2000) ise La/Nb oranının düşük olmasının kıta içi zenginleşme, yüksek olmasının dalma-batma zenginleşmesini işaret ettiğini ileri sürmüştür.

Çalışma konusu kayaların La/Ta içeriğinin 15-20 ile 24-28 arasında iki farklı yoğunlukta ve orta değerlerde olması (Tablo 6.1) ve yine DePaolo ve Daley (2000)'in belirttiği gibi La/Nb oranının >1 olması volkanik kayaların oluşumunda litosferik kaynağın etken olduğuna işaret

etmektedir. Bu durum La/Yb-Nb/La diyagramında da (Şekil 6.3) görülmektedir. Diyagramda örneklerin Nb içeriğine bağlı olarak iki farklı yoğunlukta bulunduğu, dolayısıyla bazı örneklerin düşük Nb element oranına bağlı olarak litosferik manto özelliği vermesine karşın, bazı örneklerin yüksek Nb/La oranı ile astenosfer-litosfer (geçiş bölgesi) kökenli kaynağı işaret etmektedir.



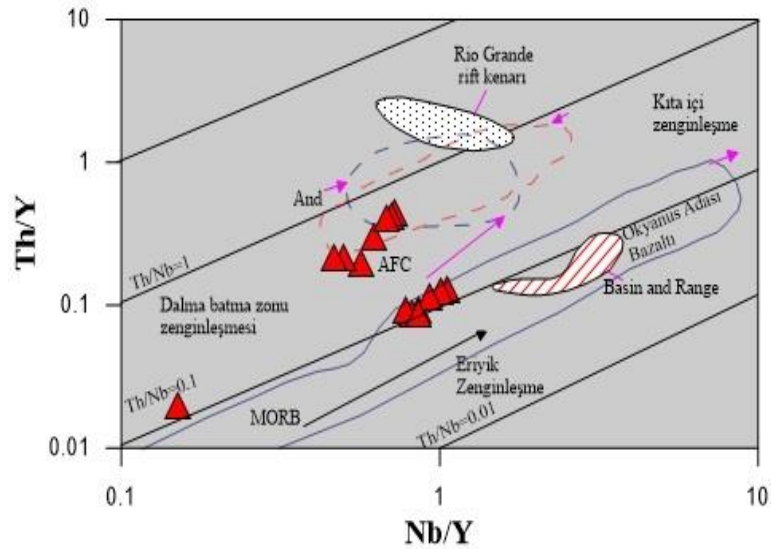
Şekil 6.2. Örneklerin K_2O/Th - La/Ta diyagramında dağılımları



Şekil 6.3. Çalışma bölgesine ait örneklerin Nb/La - La/Yb diyagramındaki dağılımı (Kaygusuz ve diğ., 2011). HIMU: Yüksek μ değerine (yüksek U/Pb oranına) sahip manto, OIB: Okyanus ada bazaltları.

Magmanın kaynak kayaktan ayrı olarak bileşimini değiştiren süreçlerden birisi de magma karışması ve/veya asimilasyon süreçleridir. Magma karışması, eş yaşlı mafik - felsik magmaların homojen (magma mixing) veya heterojen karışmaları (magma mingling) şeklinde oluşmaktadır (Yılmaz ve Boztuğ, 1994). Magmanın yerleşimi sırasında fiziko-kimyasal koşullara bağlı olarak yan kayalarla arasında gelişen etkileşim sonucunda oluşan değişim ise asimilasyon olarak tanımlanmaktadır. Magma karışması ve asimilasyon süreçlerinin belirlenmesinde, iz element değişim diyagramlarında hiperbolik eğilim, karakteristik özellik olarak kabul edilmektedir (Cox ve Okaes., 1984; Wilson, 1989).

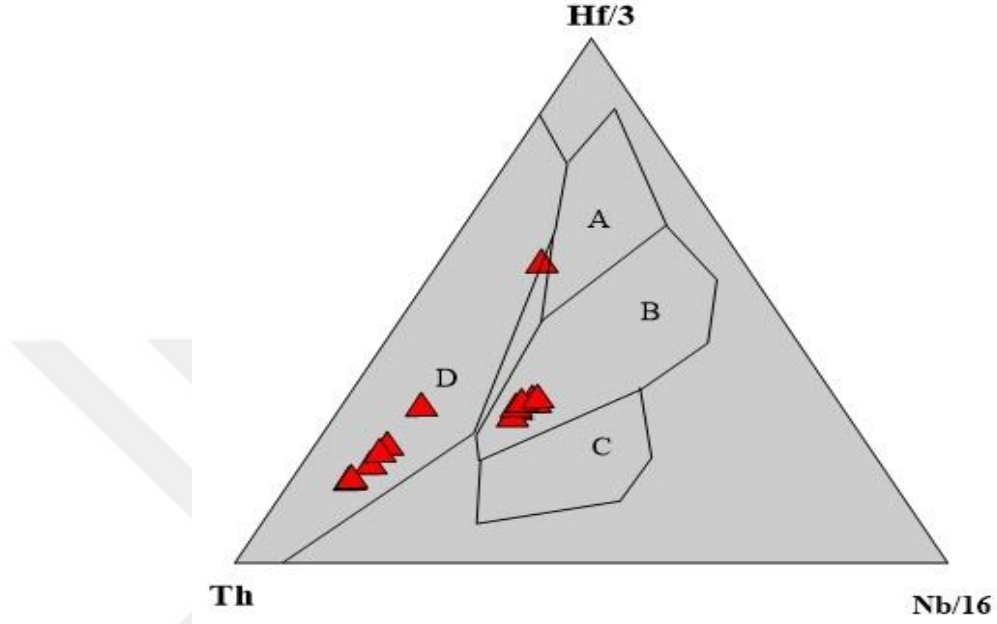
Bilindiği gibi kıtasal kabukta, Th elementi Nb elementine göre çok daha zengindir. Bu nedenle Th ve Nb arasındaki pozitif trend kıta içi zenginleşmeyi gösterirken, düşey trend ise dalma-batma zonu zenginleşmesini işaret etmektedir (Daniel ve diğ., 1998). Yine Th/Nb oranının yüksek olması bu kayaların kabuksal kirlenmesine işaret ederken, bu kirlenmenin yitim etkisiyle olabileceği gibi, oluşan magmanın yükselimi sırasında yan kayacı eriterek bünyesine alması ve bu şekilde bileşimini değiştirmesi şeklinde de gelişebildiği kabul edilmektedir. Buna göre Şekil 6.4'te verilen diyagramda örneklerin iki farklı dağılım gösterdiği ancak birbirine benzer yönelim gösterdikleri görülmektedir. Her iki grup örneğin de Nb/Y değerleri yaklaşık aynı, Th/Y değerleri ise farklılık göstermektedir. Örneğin bu iki grup kayacın kabuksal kirlenmeden farklı oranlarda etkilenmelerine karşın, asimilasyondan da etkilendiklerini ancak, dalma-batma zonu zenginleşmesi göstermedikleri görülmektedir.



Şekil 6.4. Örneklerin Nb/Y-Th/Y ikili değişim diyagramındaki dağılımları (Görmüş, 2009).

Çalışma konusu volkanitleri oluşturan magmanın kaynağının yorumlanmasında Hf/3 – Th – Nb/16 (Wood 1980) diyagramından da yararlanılmıştır (Şekil 6.5). Buna göre örneklerin bir

kısımının yay bazaltları bölgesinde diğer kısmının ise yine yay bazalt bölgesine yakın zenginleşmiş MORB kaynağını verdiği görülmektedir. Bu durum yukardaki verilerle uygunluk göstermektedir.



Şekil 6.5. İnceleme alanındaki kayaçların Hf/3 – Th – Nb/16 diyagramına göre dağılımları (Wood 1980)
A: N tipi MORB, B: E tipi MORB ve toleyitik levha içi bazalt, C: Alkalın levha içi bazalt, D: Volkanik-yay bazaltları.

7. VOLKANİKLERİN YAPI MALZEMESİ (AGREGA) OLARAK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, çalışma bölgesinde Bingöl yakın B-KB'sında Sim toprak ve Şakşak tepe olarak bilinen bölgede yüzeyleyen volkanik kayaçların yapı malzemesi olarak bazı mekanik ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Agrega; tabii ve yapay malzemenin, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış danelerinin bir yığınıdır. Agregaları ince ve iri agrega olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Çakıl doğal iri agregadır ancak kullanım alanına bağlı olarak genellikle iri agrega olarak çakıl yerine, doğal taş blokların konkasör denilen aletlerle parçalanması sonunda elde edilen kırmataş kullanılmaktadır. Bu nedenle kırmataş doğal iri agrega olarak tanımlanır (Şimşek, 2003).

Doğal agregalar nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz ve göl kenarları, taş ocakları gibi doğal kaynaklardan elde edilmiş fakat konkasörde kırma, eleme ve değişik tane boyu sınıflarına ayırma ve yıkama işlemleri dışında, doğadaki yapılarında değişiklik yaratacak hiçbir işlem uygulanmamış agregalardır (Erdoğan, 2003). Yapay agregalar ise bir endüstri kolunda yan ürün veya atık malzeme olarak ortaya çıkan malzemelerden üretilen agregalardır (Erdoğan, 2003).

Yapı malzemesi olarak kullanılan doğal agrega, yaklaşık olarak betonun % 75'ini oluşturan ve betonun iskeletini teşkil eden değişik boyutlara sahip kayaç ve minerallerdir. Betonun dayanım ve dayanıklılığına etki eden önemli faktörlerden biri olan agregalar, yol kaplamasında ve inşaat sektöründe ya doğrudan ya da başka maddelerle birleşerek yeni bir malzemenin bileşeni olarak kullanılmaktadır. Betonun işlenebilirliği, dayanımı ve geçirgenliği gibi özellikleri üzerinde etkili olduğu bilinen agrega özelliklerinin iyi bilinmemesi, agreganın potansiyeline uygun olmayan beton üretimi yapılmasına neden olabilir.

Yol kaplamasında kullanılan kırmataş, kırmataş tozu, a tipi mıcır, b tipi mıcır, stabilize ve temel altı malzemeler, agreganın kullanım şekillerinden bazılarıdır. Yol kaplamalarında agregalarda aranılan özellikler birbirine benzer ancak kaplamanın tipine (esnek ve rijit kaplama) kullanım amacına ve trafik hacmine göre agregalardan beklenen özelliklerde değişiklik gösterebilir. Karışım içindeki agregaların karıştırma, donanım, trafik ve hava etkileri sonucu mekanik bozulması genelde agreganın dayanıksız olmasına bağlı olmaktadır. Mekanik bozulma agrega tanelerinin nokta teması sonucu kırılması ile gerçekleşir ve zaman ve aşındırıcı temasa bağlı olarak daha da artar.

Farklı cins agregalara ait aşınma dayanımı özellikleri Tablo 7.1'de görülmektedir (Akıllı, 2012).

Tablo 7.1. Farklı cins agregalara ait aşınma dayanımı özellikleri (Akıllı, 2012).

Kayaç Tipi	Tipik L.A. Aşınma Kaybı (%)
Sert volkanik kayalar	10
Yumuşak kireçtaşları ve kumtaşları	60
Bazalt	10-17
Dolomit	18-30
Gnays	33-57
Granit	27-49
Kireçtaşı	19-30

7.1 Beton Agregalarda Aranılan Özellikler

İyi bir beton üretimi için agregalarda bulunması gereken koşullar şunlardır (Şimşek, 2003).

- 1- Agregalar sağlam olmalı, aşınmamalı, suyun etkisiyle yumuşamamalı, dağılmamalıdır.
- 2- Çimento bileşenleriyle zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir.
- 3- Danelerin biçimi, dokusu iyi olmalıdır.
- 4- Danelerin büyüklük bakımından dağılımı, amaca ve standartlara uygun olmalıdır.
- 5- Agregada içinde betona zarar verecek maddeler bulunmamalıdır.

7.2 Yol Üst Yapısında Kullanılan Agregalarda Aranılan Özellikler

Yol üst yapısında kullanılan agregalarda bulunması gereken koşullar şunlardır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2004).

- 1- Agregalar temiz, pürüzlü, sağlam danelerden oluşmalıdır.
- 2- Agregada içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil organik ve zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış halde bulunmamalıdır.
- 3- Agreganın don kaybı, aşınma kaybı ve soyulma mukavemeti amaca ve standartlara uygun olmalıdır.
- 4- Agreganın gradasyonu amaca ve standartlara uygun olmalıdır.
- 5- Agregaların kullanım alanına göre yassılık indeksi ve cilalanma değeri standartlara uygun olmalıdır.

7. 3. Agregaların Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler

7.3.1. Los Angeles Metodu (Parçalanma Direncinin Tayini) (TS EN 1097-2)

Bu deney agreganın aşınmaya karşı dayanıklılığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. **TS EN 1097-2** standartı yapı ve inşaat mühendisliğinde kullanılan yapay ve tabii iri agregaların parçalanma direncinin tayini için yapılan işlemleri kapsamaktadır. Los Angeles aşınma deneyi, darbeleme ve aşındırma etkilerinin agregada gradasyonu üzerinde oluşturduğu bozulmanın bulunmasını sağlamaktadır.

Los Angeles Aleti: Alet, iki ucu kapalı, iç çapı 71 cm ve iç uzunluğu 51 cm olan içi boş çelik bir silindirden ibarettir. Silindir içinden geçmeyen aksla yatay durumda dönmeyi sağlayacak şekilde yapılmıştır (Şekil 7.1). Agregada numunesi, dönen tamburda çelik bilyeler ile birlikte döndürülür. Dönme işlemi tamamlandıktan sonra 1,6 mm açıklı elekten kalan malzeme miktarı belirlenir. Deneyde kullanılacak numunede malzemenin tane büyüklüğü 10 mm 14 mm arasında, kütlesi en az 15 kg olmalıdır.

Deney, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır. İlave olarak, deney kısmının tane büyüklüğü dağılımı aşağıdaki şartlardan birine uygun olmalıdır.

- 12,5 mm deney eleğinden geçen agregada miktarı, % 60 ile % 70 arasında
- 11,2 mm deney eleğinden geçen agregada miktarı, % 30 ile % 40 arasında



Şekil 7.1. Los Angeles Aşınma Deney Aleti

Laboratuvar numunesi 10 mm - 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 11,2 mm – 14 mm (veya 12,5 mm) arasındaki fraksiyonları elde etmek için 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14 mm’lik deney elekleriyle elenmiştir. Her bir fraksiyon TS 3530 EN 933-1’in şartlarına uygun olarak yıkanıp sabit kütleye ulaşınca kadar (110 ± 5 °C) etüvde kurutulmuştur. Fraksiyonlar oda sıcaklığında soğutulur. Yukarıda verilen tane büyüklüğü dağılımı ilave özelliklere uygun 10 mm – 14 mm aralığında laboratuvar numunesi elde etmek için her iki fraksiyon da karıştırılır.

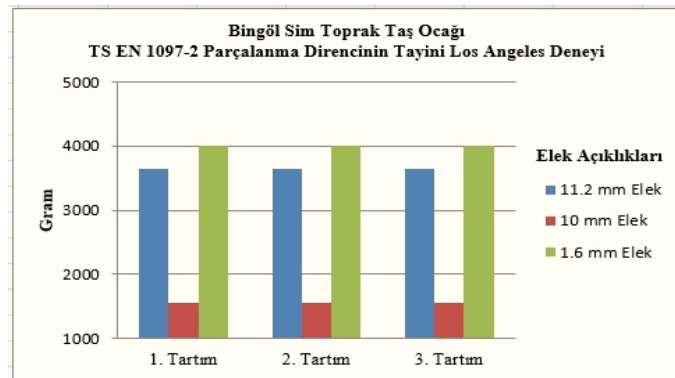
Karıştırılmış fraksiyonlardan hazırlanan numuneler TS EN 932-2'ye uygun miktarda deney numunesi parçasına azaltılır ve deney kısmının kütlesi (5000±5)gr olarak hazırlanmıştır. Numuneyi yüklemeyi önce tamburun temiz olup olmadığı kontrol edilir. Makineye önce bilyeler sonra numune konulur. Kapak kapatılır ve makine 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında sabit hızda 500 devir döndürülür. Agrega kaybı olmamasına dikkat edilerek bilyeler tepside alınır.

Tepsideki malzeme, 1.6 mm'lik elek kullanılarak TS 3530 EN 933-1'e göre yıkanarak elenmiştir. 1.6 mm elekte kalan kısım etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur (24 saat). Etüvden çıkartılan numune oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra, terazide tartılmış ve kütlesi m olarak kaydedilmiştir. Los Angeles aşınma değeri (LA), Eşitlik 7a kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 7.2 ve 7.3; Şekil 7.2-3).

LA= 5000-m /50 (7a). Burada; m= 1.6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon (Ünsal ve diğ., 2008).

Tablo 7.2. Sim Toprak taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçları.

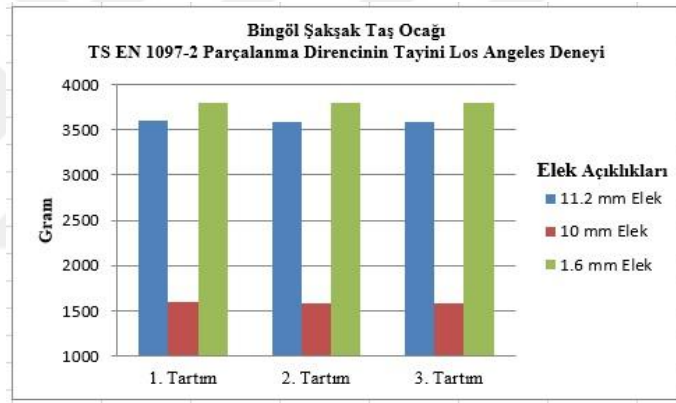
Sim Toprak Taş Ocağı TS EN 1097-2 Parçalanma Direncinin Tayini Los Angeles Deneyi						
11.2 mm Elek için			10 mm Elek için			
Kütle (gr)	Sembol	Değer	Kütle (gr)	Sembol	Değer	
1.Tartım	A	3650	1.Tartım	A	1550	
2.Tartım	B	3649	2.Tartım	B	1549	
3.Tartım	C	3646	3.Tartım	C	1547	
Yapılan Tartımlar (1.6 mm Elek)			HESAP			
Kütle	Sembol	Değer	Bulunan m değeri = (5000-4000)/5000*2 gr			
1.Tartım	A	4004	Yapılan İşlem	Sembol/Formül	Değer	Birim
2.Tartım	B	4003	Los Angeles Değeri	LA=(5000-m)/50	20	%
3.Tartım	C	4000				



Şekil 7.2. Sim toprak taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçlarının grafik halinde birlikte gösterilmesi.

Tablo 7.3. Şakşak tepe taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçları.

Şakşak Tepe Taş Ocağı						
TS EN 1097-2 Parçalanma Direncinin Tayini Los Angeles Deneyi						
11.2 mm Elek için			10 mm Elek için			
Kütle (gr)	Sembol	Değer	Kütle (gr)	Sembol	Değer	
1.Tartım	A	3600	1.Tartım	A	1600	
2.Tartım	B	3588	2.Tartım	B	1588	
3.Tartım	C	3588	3.Tartım	C	1588	
Yapılan Tartımlar (1.6 mm Elek)			HESAP			
Kütle (gr)	Sembol	Değer	Bulunan m değeri = (5000-3800)/5000*2 gr			
1.Tartım	A	3798	Yapılan İşlem	Sembol/Formül	Değer	Birim
2.Tartım	B	3797	Los Angeles	LA= (5000m)/50	24	%
3.Tartım	C	3800	Değeri			



Şekil 7.3. Şakşak tepe taş ocağından alınan örneğin Los Angeles Deney sonuçlarının grafik halinde birlikte gösterilmesi.

Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE Bölümü laboratuvarında hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan Los Angelse Aşınma Kaybı değeri için karıştırılmış fraksiyonlardan hazırlanan numuneler TS EN 932-2'ye uygun miktarda deney numunesi parçasına azaltılıp deney kısmının kütlesi (5000±5) gr olarak hazırlanmıştır. Makineye önce bilyeler sonra numune konulduktan sonra makine 31 devir/dakika ile 33 devir/dakika arasında sabit hızda 500 devir döndürülmüş ve 500 devir sonunda tepsideki malzeme 1,6 mm'lik elek kullanılarak TS 3530 EN 933 – 1'e göre hazırlanan deney numunesi yıkanarak elenmiştir. 1,6 mm eleğin üstünde kalan kısım etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur (24 saat). Etüvden çıkartılan numune oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra, terazide tartılmış Bingöl Sim Toprak Taş Ocağından alınan malzemesinin kütlesi 4000 gr ve Bingöl Şakşak Tepe Taş Ocağından alınan malzemesinin kütlesi 3800 gr

bulunmuştur. Los Angeles aşınma değeri (LA) ise %20 ve %24 değeri bulunmuştur. Standartlara göre nitelikli agregalar için 500 devirlik aşınma sonucu kaybın en fazla %30 olması gerekmektedir. Bu durumda standarda uygun olduğu gözlenmiştir.

7.3.2. Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini (TS EN 1097-6)

Bu deney, agregalarda tane yoğunluğu (birim hacim kütlesi) ve su emme (absorpsiyon) oranının tayini için yapılmaktadır. Deney için kullanılan metodlar tel sepet ve piknometre metodlarıdır. Çalışmamızda piknometre metodu kullanılarak agregaların tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini yapılmıştır.

Piknometre metodları: 31.5 mm göz açıklıklı elekten geçen, ancak 0,063 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregalar için kullanılır. Tane yoğunluğu, kütlenin, hacme oranından hesaplanır. Kütle, deney numunesi kısmını, doygun ve yüzeyi kurutulmuş halde ve tekrar etüvde kurutulmuş halde tartmak suretiyle tayin edilir. Hacim ise, piknometre metodundaki tartımlar yoluyla, yer değiştiren suyun kütlesinden tayin edilir.

Kullanılan Malzemeler

Su, Taze çeşme suyu ve demineralize su uygundur.

Deneyde kullanılan cihazlar

-**Hava dolaşımli etüv**, sıcaklığın $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ta tutulabilmesi için termostat ihtiva eden.

-**Terazi**, deney numunesi kısmının kütlesini, kütlenin % 0.1'ine tekabül eden doğrulukla tartabilen.

-**Su banyosu**, termostat kontrollü ve sıcaklığı $(22 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 'de tutulabilen.

-**Termometre**, doğruluğu 0.1°C olan.

-**Deney elekleri**, TS EN 933-2'de belirtilen göz açıklık şekline ve 0.063 mm, 4 mm, 31.5 mm ve 63 mm göz açıklık büyüklüğüne sahip.

-**Tepsiler**, uygun büyüklükte olan ve kütlesinde değişme olmadan hava dolaşımli etüvde ısıtılabilen.

-Yıkama donanımı

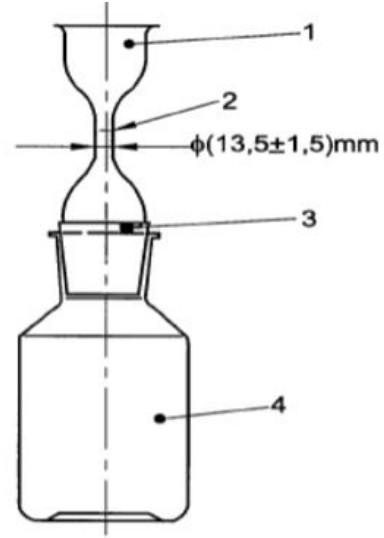
-Kronometre

-**Piknometre**, 250 ml ile 5000 ml arasında hacme sahip ve deney süresi boyunca, hacmi 0.5 ml mertebesinde kararlı olan bir cam şişe (Şekil 7.4).

Not: Piknometrenin hacmi, deney numunesi kısmının büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir.

-**Metal kalıp**, üst kısmının çapı (40 ± 3) mm, alt kısmının çapı (90 ± 3) mm ve yüksekliği (75 ± 3) mm kesik koni şeklinde olan. Metal kalıbın et kalınlığı en az 0,8 mm olmalıdır.

- Metal sıkıştırıcı**, (340 ± 15) g kütleli, (25 ± 3) mm olan dairesel kesitli bir karıştırma yüzeyi ihtiva eden ve metal kalıp ile birlikte kullanılan.
- Huni**, cam mamul (metal kalıp ve sıkıştırıcı kullanımına alternatif olarak).
- Tepsi**, alanı 0.1 m^2 'den daha küçük olmayan düz tabanlı, kenar yüksekliği 50 mm'den daha az olmayan ve suyu emmeyen bir malzemeden imâl edilmiş olan.
- Sıcak hava kaynağı**, saç kurutma makinası gibi.



Şekil 7.4. Uygun bir piknometre örneği. 1: Cam huni, 2: İşaret çizgisi, 3: Geniş boğazlı, düz tabanlı şişeye uygun huninin alt kısmı, 4: Geniş boğazlı, düz tabanlı şişe.

Piknometre metodu, 4 mm ile 31.5 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalar için.

Bu maddede açıklanan piknometre metodu, 4 mm ile 31.5 mm arasında tane büyüklüğüne sahip agregalarda kullanılmalıdır.

Deney numunesinin hazırlanması

Agregalardan numune alma, TS EN 932-1'e, numune azaltma ise, TS EN 932-2'e uygun olmalıdır. Agregada deney numunesi kısmının kütlesi, Tablo 7.4'de verilen kütle değerlerinden daha az olmamalıdır. Deney numunesi ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 31.5 mm ve 4 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 31.5 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

Tablo 7.4. Deney numunesi kısımlarının en az kütlesi (piknometre metodu)

En büyük agrega büyüklüğü mm	Deney numunesi kısmının kütlesi, en az kg
31,5	5
16	2
8	1

-Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometrede bulunan, (22 ± 3) °C sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsedilmiş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır.

-Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hâle getirilir ve deney numunesi kısmı, (22 ± 3) °C'da (24 ± 0.5) saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsedilmiş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

-Hapsedilmiş hava, vakum uygulamak suretiyle de uzaklaştırılabilir.

-Piknometre, su ilâve edilerek taşacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiç bir hava hapsedilmeden tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_2). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

-Agrega taneleri, sudan çıkarılır ve birkaç dakika süreyle kurumaya bırakılır. Piknometre tekrar su ile doldurulur ve kapak daha önce belirtildiği şekilde yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_3). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

- M_2 ve M_3 tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark, 2°C'yi geçmemelidir.

-Her bir deneyde piknometrenin hacmini ölçmek yerine, piknometre tekrar kalibre edilebilir. Bu durumda piknometre termostatlı bir banyoda, (kalibrasyon sıcaklığı $\pm 0,5$) °C sıcaklığa getirilir.

Suyu süzölmüş deney numunesi kısmı, kuru bezlerden birinin üzerine alınır. Bez üzerine yerleştirilen agrega tanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hâle geldiğinde, taneler, ikinci bir kuru, yumuşak emici bez üzerine aktarılır. Agregataneleri, kalınlığı bir agregatanesinden daha fazla olmayacak şekilde, bu ikinci bez üzerine yayılır ve görülebilir bütün su filmleri uzaklaştırılana kadar direk güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunur. Ancak bu durumda agrega taneleri, hâlâ rutubetli bir görünüm arz eder. Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarılır ve tartılır (M_1). Agregataneleri, hava dolaşımına bir etüvde, (110 ± 5) °C'de, sabit kütleye (M_4) kadar kurutulur.

-Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlesinin (M_4) % 0.1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla kaydedilir (Ünsal ve diğ., 2008).

Hesaplama ve sonuçların gösterilmesi

Tane yoğunlukları (ρ_a , ρ_{rd} ve ρ_{ssd}), megagram/metreküp cinsinden, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Görünür tane yoğunluğu} \quad : \rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)}$$

$$\text{Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

$$\text{Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu} \quad : \rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)}$$

Su emme oranı (WA_{24}), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlede bir yüzdesi olarak, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$$

Burada;

- M_1 : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g,
- M_2 : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g,
- M_3 : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,
- M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g

dır.

Tane yoğunluğu değerleri, $0,01 \text{ Mg/m}^3$, su emme oranı değerleri ise % 0,1 yaklaşımla ifade edilir.

Not 1 - Hesaplamalar, aşağıdaki eşitlik kullanılarak kontrol edilebilir:

$$\rho_{ssd} = 1 + \rho_{rd} - \frac{\rho_{rd}}{\rho_a}$$

Özgül ağırlık, agreganın hacmine karşılık gelen ağırlıktır. Bu özellik agrega kökeni hakkında bilgi verir ve beton bileşenlerinin hesabında kullanılmaktadır. Düşük özgül ağırlık sağlam olmayan malzemeyi, yüksek özgül ağırlık ise kaliteli betona uygun agregayı tanımlar. Betonda özgül ağırlığı 2.55 kg/dm^3 'ten küçük agreganın seçilmesinde dayanım ve dayanıklılık açısından yarar vardır. Normal agreganın özgül ağırlığının $2.50 - 2.70 \text{ kg /dm}^3$ arasında olması gerekir. TS EN 1097-6'ya göre uygun olarak hazırlanan deney numunelerinde gerçekleştirilen deneylerde iri agregalar için özgül ağırlık ve su emme değerleri bulunmuştur. (Tablo 7.5 ve 7.6). Bulunan değerler Sim Toprak Taş Ocağı için 2.6 kg/dm^3 , Şakşak Taş Ocağı için 2.69 kg/dm^3 olup, standarda uygun olduğu görülmüştür (Ünsal ve diğ., 2008).

Tablo 7.5. Sim Toprak taş ocağından alınan örnekte kaba agreganın tane yoğunluğu ve su emme oranının sonuçları.

Sim Toprak Taş Ocağı Kaba Agreganın Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini Piknometre Metodu		
M ₁	Doygun ve yüzeyi kuru agreg ağırlığı gr	2070.24
M ₂	Piknometre + Su + Agreg ağırlığı gr	5533.88
M ₃	Piknometre + Su ağırlığı gr	4260.60
M ₄	Etüvde kurutulmuş agreg ağırlığı gr	2026.47
$pa=M_4/(M_1-(M_2-M_3))$	Görünür (Zahiri) Tane Yoğunluğu g/m ³	2.691
$prd=M_4/(M_1-(M_2-M_3))$	Etüvde Kurutulmuş (Hacim) Tane Yoğunluğu g/m ³	2.543
$pssd=M_1/(M_1-(M_2-M_3))$	Doygun ve Yüzeyi Kurutulmuş Tane Yoğunluğu	2.598
$WA24=(100*(M_1-M_4))/M_4$	Su Emme Oranı %	2.160
$pssd=1+prd-(prd/pa)$	KONTROL	2.598

Tablo 7.6. Şakşak tepe taş ocağından alınan örnekte kaba agreganın tane yoğunluğu ve su emme oranının sonuçları.

Şakşak Taş Ocağı Kaba Agreganın Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini Piknometre Metodu		
M ₁	Doygun ve yüzeyi kuru agreg ağırlığı, gr	1789.34
M ₂	Piknometre + Su + Agreg ağırlığı, gr	5382.72
M ₃	Piknometre + Su ağırlığı, gr	4260.60
M ₄	Etüvde kurutulmuş agreg ağırlığı, gr	1751.98
$pa=M_4/(M_1-(M_2-M_3))$	Görünür (Zahiri) Tane Yoğunluğu, g/m ³	2.782
$prd=M_4/(M_1-(M_2-M_3))$	Etüvde Kurutulmuş (Hacim) Tane Yoğunluğu, g/m ³	2.626
$pssd=M_1/(M_1-(M_2-M_3))$	Doygun ve Yüzeyi Kurutulmuş Tane Yoğunluğu	2.682
$WA24=(100*(M_1-M_4))/M_4$	Su Emme Oranı, %	2.132
$pssd=1+prd-(prd/pa)$	KONTROL	2.682

7.3.3. Agregalarda Dona Dayanıklılık (Magnezyum Sülfat Deneyi) (TS EN 1367-2)

Soğuk iklimlerde üretilen betonun donma etkisiyle yüzeyinin soyulmaması ve bir bütün olarak parçalanmaması istenir. Betonun dona dayanıklılığında agreg a önemli rol oynar. Bu nedenle donma etkisinde kalacak betonlarda kullanılacak agreganın da dona dayanıklı olması istenir. Agregaların donma ve çözülme işleminden kaynaklanan hassasiyeti, öncelikle agreganın maruz kalacağı donma ve çözülme döngülerinin sıklığına, donma ve çözülmenin derecesine ve agreg a tanelerinin doygunluk derecesine bağlıdır yani daha çok iklim ve nihai kullanımla ilgilidir. İklim koşullarının yanı sıra, agreganın donma ve çözölmeye karşı hassasiyeti, tanelerin

dayanımına ve tanelerin içerisindeki boyut dağılımına da bağlıdır. Agreganın dona dayanıklılığı esas olarak don deneyleri ile belirlenir. Öte yandan, agregaya üzerine uygulanan don deneyiyle agreganın sağlamlığı hakkında da dolaylı olarak bilgi edinilir.

Agregaların donmaya ve çözölmeye karşı dayanıklılığı TS EN 1367– 1 no.lu Türk Standardına göre araştırılabilmektedir. Agregaların donmaya ve çözölmeye karşı dayanıklılığı araştırmak için en çok kullanılan yöntemler, TS 1367-2 no.lu Türk standartında belirtilen magnezyum sülfat deneyi ve ASTM-C-88’de anlatılan sodyum sülfat ve magnezyum sülfat deneyidir.

Bu deney, agreganın arka arkaya donma ve çözölme etkisine maruz bırakılması halinde gösterdiği davranış biçimi hakkında bilgi sağlayan bir deney yöntemini kapsar. Prensip olarak, atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulan ve belirli tane büyüklüğüne sahip agregalardan oluşan deney numunesi kısımları, 10 defa donma-çözölme döngüsüne maruz bırakılır. Burada, su altında -17.5°C’ a soğutma ve daha sonra da yaklaşık 20°C’de su banyosunda çözme işlemi gerçekleştirilir. Donma ve çözölme döngülerinin tamamlanmasından sonra agregalarda, çatlak oluşumu, kütle kaybı ve varsa mukavemet değışiklikleri gibi herhangi bir değışiklik olup olmadığı kontrol edilir.

Bu deney metodu, agregaya tarafından suyun iyice absorbe edilmesi amacıyla, agreganın atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulması ve su altında dondurma işleminden ibarettir.

Tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında olan agregalardan oluşan yaklaşık 500 gr deney numunesi doymuş magnezyum sülfat çözeltisine 5 kere daldırılır ve takiben etüvde kurutulur. Magnezyum sülfatın tekrar su alması ve agregaya numunesinde tekrarlanan kristalizasyon ile agregaya boşluklarında zararlı etkiler ortaya çıkar. Tane büyüklüğü 10 mm’den daha küçük malzemelerin oluşmasına neden olan zararlı etkilerin neden olduğu ufalanma ölçölür. Şekil 7.5’de magnezyum sülfat deneyi aşamaları (a) Deney numunesinin elekten elenmesi. (b) Hazırlanmış deney numunesi. (c) Numunenin tartılması. (d) Numuneyi magnezyum sülfat çözeltisine daldırmadan önce. (e) Numuneyi magnezyum sülfat çözeltisine daldırırken. (f) Numuneyi magnezyum sülfat çözeltisinden çıkarırken. (g) Numunenin son donma ve çözölme döngüsünde etüvden çıkarıldıktan sonra agregaya miktarı gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Magnezyum sülfat deney aşamaları.

Denklem 7b’de deney sonucu oluşan ağırlık kaybının hesabı verilmiştir.

M_1 : Deney numunesinin ilk kütlesi

M_2 : Deneyden sonra 10 mm.lik elek üzerinde kalan agrega miktarı

MS: Deney Sonucu Oluşan Ağırlık Kaybı

$$MS = [100 \times (M_1 - M_2)] / M_1 \quad (7b)$$

Taş ocağından kırılmış agrega örnekleri, Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE Bölümü laboratuvarında TS EN 1367-1’e uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan donma ve çözülme sonrası kütlece % kayıp magnezyum sülfat değeri %5.2 ve %1 bulunmuştur (Tablo 7.7-8). TS 706 EN 12620’ye göre magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen en yüksek don dayanıklılığı değerine göre % 18’den küçük olduğu için uygun olduğu gözlenmiştir (Ünsal ve diğ., 2008).

Tablo 7.7. Sim Toprak taş ocağı örneğinin magnezyum sülfat deney sonuçları.

		No: 1	No: 2
Deney Numunesinin İlk Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M_1	430.0	430.0
Deney Sonrası 10 mm Elekte Kalan Agreganın Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M_2	409.6	405.3
Magnezyum Sülfat Değeri (MS) (En yakın tamsayıya yuvarlanır) (%)	$MS = (M_1 - M_2) / M_1 \times 100$	4.7	5.7
		Ortalama	5.2

Tablo 7.8. Şakşak taş ocağı örneğinin magnezyum sülfat deney sonuçları.

		No: 1	No: 2
Deney Numunesinin İlk Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M_1	430.0	430.0
Deney Sonrası 10 mm Elekte Kalan Agreganın Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M_2	426.5	424.5
Magnezyum Sülfat Değeri (MS) (En yakın tamsayıya yuvarlanır) (%)	$MS=(M_1-M_2)/M_1*100$	0.8	1.2
		Ortalama	1

7.3.4. Alkali Agrega Reaksiyonu (AAR)

AAR betonda çatlamlara, kırılmalara ve bükülmelere neden olan kimyasal bir reaksiyondur. Gerek çimentodan gerekse agreg a bileşiminden gelen alkaliler hidroksite dönüşerek karbonatlı ve silikatlı agregalarla reaksiyona girebilmekte, reaksiyon sonucu oluşan yeni bileşikler reaksiyon öncesine oranla hacimsel olarak genişleyebilmekte ya da büzülebilmektedirler. Bu kimyasal olayın zincirleme bir şekilde zamanla ilerlediği ve reaksiyon süresinin bir aydan uzun yıllara kadar değiştiği gözlemlerle saptanmıştır.

AAR, alkali karbonat reaksiyonu (AKR) ve alkali silika reaksiyonu (ASR) olmak üzere başlıca iki tipi vardır (Neville, 1990). Çalışmamızda alkali silika reaksiyonu (ASR) deneyleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Alkali Silika Reaksiyonu (ASR); Gerek Türkiye’de gerekse diğer ülkelerde birçok betonarme yapıda hasarlar meydana getiren ASR, oldukça karmaşık kimyasal bir reaksiyondur. Bazı çimentoların içinde fazla miktarda bulunan sodyum oksit (Na_2O) ve potasyum oksit (K_2O) gibi alkali oksitler beton gözenek suyunda çözülerek sodyum hidroksit ($NaOH$) ve potasyum hidroksit (KOH) oluşturur ve aktif silis içeren agregalarla reaksiyona girerek, zamanla betonu çatlatan bir jel oluşumuna sebep olur (Neville, 1981). ASR’nin oluşturduğu reaksiyon ürünleri aşırı derecede su emme özelliği olan ürünlerdir. Su emme özelliği olan bu ürünler, suyu emdikçe şişip betonda içsel çekme gerilmeleri oluşturarak betonun genişmesine ve agreg a ile onu çevreleyen çimento hamurunun çatlamasına neden olur (Farny ve Kosmatka, 1998). Reaksiyonun neden olduğu genişleme belli bir sınırı aştığında beton için potansiyel bir tehlike oluşturur (Neville, 1981).

Betonda çatlamlara neden olan alkali silikat hidrat jeli bağıntı 7c ve 7d’de ifade edildiği gibi çimento hamurundan su emerek şişer, mikro çatlaklar oluşur ve yaygınlaşır. Betonun su emmesi artar, artan jel oluşumu çatlakları büyütür, özellikle çimento ara yüzeyine zarar vererek betonun parçalanmasına yol açar.

Alkali + Reaktif silika $\rightarrow$ Alkali silika jel ürünleri (7c)

Alkali silika jeli + Nem $\rightarrow$ Genleşme (7d)

ASR sonucu meydana gelen genleşme agreganın boyutu ile ilgilidir ve reaktif parçacığın, boyutu küçüldükçe genleşme artar ancak parçacık boyutu 20 µm'den daha küçük olduğunda bu artış sürekli değildir. Örneğin, sadece reaktif ince agreganın içeren betonlarda meydana gelen genleşme erken dönemde artar, daha ileri dönemlerde sabit kalır. Sadece reaktif iri agreganın kullanılarak üretilen betonlarda oluşan genleşme yavaş gelişir ancak uzun süre devam eder (Zhang ve diğ., 1999).

Agregadaki silika mineralleri kristalleşmiş ise kararlı, amorf ise reaktiftir, ancak kristalleşmiş olmalarına karşın SiO₂'nin tridimit ve kristobalit formları reaktiftir. Reaksiyon yüzeyi geniş, zayıf kristal dokulu, amorf, camsı ve mikro gözenekli agregaların ASR riski fazladır. Betonun alkalinitesi arttıkça ASR riski de artar çünkü alkali hidroksit çözeltisi, reaktif agregalarla reaksiyona kolayca girer. Yüksek konsantrasyonlu alkali çözeltisinin etkisinde silikanın kararlı formları bile güçlü silika bağlarının kopması nedeni ile reaksiyona girebilir. İçinde aktif silika bulunan ve ASR'ye yol açan agregaların kullanılması zorunlu ise bağlayıcı maddeye bir miktar puzolan malzeme ilave edilerek reaksiyon hızı azaltılabilmektedir (Bardan ve diğ., 2002; Postacıoğlu, 1987).

Genleşmeye neden olan ASR'nin oluşabilmesi için agregadaki reaktif silika formlarından başka, çimentoda yeterli miktarda Na₂O, K₂O gibi alkalinlerin bulunması ve ortamın nemli olması gerekir. Bu koşullardan herhangi biri olmazsa ASR nedeni ile genleşme, dolayısı ile çatlak oluşmayacaktır.

Bağıntı (7c) ve (7d)'de olduğu gibi ASR basitçe iki aşamada gösterilebilir. Oluşan jelin karakteristik bileşimi henüz tam olarak belirlenmemiştir ancak silisyum, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerdiği sanılmaktadır (Bardan ve diğ., 2002). Bazı kaynaklarda XRD analizinde bu ürünün zeolite benzediği ve kimyasal bileşiminin (NaAlSiO₄) 12.27H₂O veya Ca(Al-SiO₄) 12.27H₂O olduğu, jel ve kristal ürünlerinin agreganın harç ara yüzünde ve hava boşluklarında meydana geldiği belirtilmiştir (Marfil ve Maiza, 2001). ASR yüksek pH değerinde ortaya çıkar, çünkü reaktif silika ancak pH'ı yüksek çözeltide çözünür.

Betonda boşluk suyunun pH değeri çimentonun alkali içeriğine bağlıdır ve çimentonun alkali miktarı arttıkça artar. Betonda Ca(OH)₂ dengesini kurulduğu her noktada pH değeri en az 12,5'tir. Bu değer, alkali oranı yüksek çimento kullanıldığında 13,5 değerine ulaşabilir. Yüksek veya düşük alkali içeren çimentoların pH değerleri arasındaki 1.0 derecelik fark, hidroksit iyonu konsantrasyonunda 10 kat artışa işaret eder. Reaktif agregalar ile düşük alkali içeren çimentoların kullanılması gereğinin temelinde bu neden yatmaktadır (Bardan ve diğ., 2002).

Kalsiyum, jelin viskozitesini artırarak jelin şişme basıncını etkiler, jeldeki kalsiyum içeriğinin belirli bir değerinden sonra jelin şişme potansiyalinde bir azalma görülür. Düşük viskoziteli yani düşük kalsiyum içerikli ASR ürünleri çimento hamuru içinde şişme basıncı

yaratmadan da yayılabilir (Bardan ve diğ., 2002). Bu nedenle düşük alkali içeriğine sahip puzolan malzemelerin yüksek alkali içeriğine sahip olanlara kıyasla boşluk çözeltisindeki alkaliniteyi indirgemedi ve ASR sonucu oluşan genleşmeyi azaltmada daha etkili olduğu belirtilmiştir (Duchesne ve Berube, 2001). ASR nedeni ile oluşacak genleşmenin önlenmesi için bağlayıcı ortamın alkali içeriği düşük olmalı, dış kaynaklardan alkali gelmesi önemli, bir başka deyişle boşluk suyu PH'nın çok yüksek olması engellenmelidir (Mather, 1999).

Jelin beton içinde yayılırken uyguladığı hidrolik basınç nedeni ile oluşan genleşmeden başka, katı ürünlerin şişme basıncı da genleşmeye neden olabilir. Örneğin agreganın şişmesi sonucu kısmen yumuşak olan jel, bir kısmı su yardımı ile mevcut çatlakların içine süzülür, bu nedenle sert agreganın parçacıklarının şişmesinin beton için zararlı olduğu düşünülmektedir.

Agregada bulunan bazı kararsız bileşenlerin oksidasyon veya hidrasyonu da betonun hacim sabitliğini olumsuz etkiler. Çimentonun içindeki alkali oksitler, çimento hammaddelerinden kil veya kireçtaşından, özellikle de kilden kaynaklanır. Klinkerdeki alkaliler, alkali sülfat, alkali alüminat, alkali silikat formundadır.

Alkaliler özellikle klinkerdeki SO₃ ile birleşirler. Çimento, su ile karıştırılınca alkali sülfatlar sıvı fazına hızla çözünürler, ortamın hidroksit yoğunluğu artar. Reaksiyonun oluşabilmesi için çimentodaki alkali içeriğinin (7e) bağıntısı ile hesaplanan alkali eşdeğeri (Na₂O) eşdeğerinin % 0,6 değerini aşması gerekir. Ancak beton özelliklerine etki eden toplam alkaliler değil, arayer sıvısında çözünebilen alkali iyonlarıdır. Alkali iyonlarının etkisi birbirinden farklıdır (Akman, 2002).

$$(Na_2O)_e = Na_2O + 0,658 K_2O \quad (7e)$$

Alkaliler, beton bünyesine çimentodan başka, agreganın karışım suyu, beton katkı maddeleri, beton kür suyu, buz çözücü tuzlar, zemin suyu, deniz suyu ve endüstriyel atık sular vb. aracılığı ile de girebilir.

Suyun ASR' deki rolü, yukarıda açıklandığı gibi taşıyıcılığının yanı sıra jel hacminin artmasına neden olmasıdır. Betonun kurutulmasında ve ilerde su ile temasının önlenmesi reaksiyonun durdurulmasında etkilidir. Ortam tekrarlı ıslanma ve kuruma etkisine maruz ise bu olay, alkali iyonlarının göçünü hızlandırarak reaksiyon şiddetini artırır. Reaksiyonun başlayabilmesi için gerekli en düşük nem oranı, 20°C sıcaklıkta % 85'dir, ancak reaksiyon, daha yüksek sıcaklıklarda, %85'den düşük nem oranlarında da başlar (Bardan ve diğ., 2002).

ASR deney metotları; ASR deneylerini, agregalarda ve harç çubuklarında yapılan iki haftalık ve altı aylık deneyler olarak gruplandırmak mümkündür. ASR araştırmalarında, agregalarda

reaksiyona yol açabilen minerallerin belirlenmesine yönelik petrografik deneyler yapılması yararlı ancak tek başına yetersizdir, birkaç deneyin karşılaştırılmalı olarak uygulanması gerekir. ASR'nin betonda neden olduğu hacim artışı, farklı sıcaklık ve bağıl nemde tutulan harç çubuklarındaki boy değişimi ölçülerek araştırılır.

Birçok ülkede iki haftalık deneylerin altı aylık deney ile uyumu üzerinde ASTM C 227, ASTM C 1293, ASTM C 295, ASTM C 289 ve ASTM C 1260, Kanada Metodu, Danimarka Metodu, Kuzey Afrika Metodu, Çin ve Japon Metotları'na uygun farklı çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmamızda harç çubukları üzerinde yapılan deneylerde ASTM C 1260 (kısa süreli) standartları esas alınmıştır.

İki haftalık deney yöntemi ile alkali-silika reaktivitesi tayini yukarıda da belirtildiği gibi ASTM C 1260 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu deney metodunda amaç, deney süresince harç çubuklarını oluşturan agregalarda oluşabilecek ASR' nin araştırılmasıdır. Deney numunesinin hazırlanması için, numune TS EN 932-2'ye göre azaltılır. Tablo 7.9'da belirtildiği gibi istenilen elek aralığında ve miktarda numune hazırlanır. Şekil 7.6'de ASTM C 1260'da belirtilen elek aralığına ait sınıflandırılmış numune gösterilmiştir.



Şekil 7.6. ASTM C 1260'da belirtilen elek aralığına sınıflandırılmış numune.

Tablo 7.9. Deney numunesi için gerekli elek aralığı ve miktarı.

Elek Aralığı (mm)	Miktar (gram)
4,75 - 2,36	99
2,36 - 1,18	247,5
1,18 - 0,6	247,5
0,6 - 0,3	247,5
0,3 - 0,15	148,5

ASR deney yapımı sırasında, bir karışımdan alınacak malzeme miktarı yapım aşamaları aşağıdaki gibidir.

- 3 adet, 25x25x285 mm' lik harç çubuğu için toplam
- 990 gram yüzeyi kuru suya doymun haldeki agrega,
- 440 gram Portland çimentosu (CEM I 42.5 N)
- 206.8 gram su kullanılmaktadır. Prizma şeklindeki kalıba yerleştirilen harç numunesi bir gün boyunca laboratuvar ortamında bırakılır. Şekil 7.7’de harç numunesinin karıştırılması, yayılması ve kalıplara yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 7.7. Harç numunesinin karıştırılması, yayılması ve kalıba yerleştirilmesi.

Ertesi gün, Şekil 7.8’da gösterildiği gibi, prizma şeklindeki harç çubukları kalıptan sökülür.



Şekil 7.8. Harç numunesinin kalıptaki ve kalıptan çıktıktan sonraki görünümü.

Kumpas ile ilk boy ölçümü alındıktan sonra, Şekil 7.9’da gösterildiği gibi, 80°C’ye getirilmiş su banyosunda bir gün bekletilir. Harç prizmalar sıcak sudan çıkartılır.



Şekil 7.9. Harç çubuklarının 80 °C su banyosunda ve çıktıktan sonraki görünümü.

Uygun nem ve sıcaklık koşullarında (özel ölçüm odasında), Şekil 7.10’da görüldüğü gibi, elektronik ölçme cihazı ile referans çubuk ölçümleri de yapılarak, harç numunelerinin boy ölçümleri yapılır.



Şekil 7.10. (a) Elektronik ölçme cihazı ve referans çubuk, (b,c,d) ölçüm işlemi.

Numuneler 80°C NaOH çözeltisi (40 gram NaOH, 1000 ml saf su içerisine karıştırılır) içerisine uçları boştaki kalacak şekilde yerleştirilir. On dördüncü günde harç çubuklarının son ölçümü alınmalıdır. Deney süreci boyunca ilk boy değişimi okumasının ardından, on dört gün sonrası okuma süresi arasında üç ölçüm daha yapılmalıdır (Şekil 7.11, 12). Ayrıca hazırlanan NaOH çözeltisi yaklaşık olarak her üç günde bir yenilenir ve dansimetre ile yoğunluğu kontrol edilmelidir.

ASTM C 1260 deney yöntemine göre, deney süresi sonucunda, harç numunelerinin boy değişimi % 0,2'den fazla olduğu durumlarda, agreganın potansiyel reaktif olduğu kabul edilmektedir. Deney süresi sonucunda, harç numunelerinin boy değişimi % 0,1'den az olduğu durumlarda ise, agreganın reaktif olmadığı kabul edilmektedir. %0,2-%0,1 aralığında olduğunda ilave testler yapılarak asr reaktif olup olmadığı tespit edilir (Ünsal ve diğ., 2008).

ASR önleyici yöntemler

Daha öncede belirtildiği gibi, çimentonun alkali içeriği ve betonda bulunan çimento miktarı, çimento haricinden gelen alkali iyonları (katkı, agrega, betona dışardan penetre eden tuzlu su) agregada bulunan reaktif bileşenin miktarı, boyu ve reaktivitesi, betonun neme maruz kalma durumu ve ortam ısısı ASR' ye etki eden önemli faktörlerdir.

ASR'ye etki eden faktörler göz önünde bulundurulduğunda, reaksiyonun oluşumunu engellemek için düşük alkali içerikli çimento (% 0,6'dan az) kullanımı en etkili yöntemdir. Bununla beraber eğer agrega deniz agregası ise (deniz kumu, çakılı) ve / veya tuzlu bir ortamda bulunmuşsa mutlaka yıkanmalıdır. Yani agregada bulunan tuz uzaklaştırılmalıdır.

Eğer, düşük alkali içerikli çimento kullanılamıyorsa fırın cürufu, volkanik cam (ponza), pişirilmiş kil (kalsine edilmiş kil), uçucu kül ve silis dumanı beton dizaynına katılarak ortamda bulunan alkali miktarı azaltılabilir.

Betonu sulu ortamdan korumak gerekmektedir. Eğer betonda çatlak oluşmuşsa bu çatlakların uygun yöntemlerle tamirata ve izolasyonu yapılmalı ve böylelikle suyun betonun içine nüfuz etmesi engellenmelidir.

ASR' ye etki eden faktörler ortadan kaldırılınca, sözü geçen önlemler alınırsa, betonda çatlamalara, kırılmalara ve yapılarda yıkımlara yol açabilen ASR riski azaltılabilmektedir (Mehta, ve Monteiro, 2006).

7.3. Kimyasal Özellikler

İyi sıkıştırılmış betonlarda, hava akımı ve rutubet nedeniyle oksitlenen sülfatlar sülfat alüminat tuzları oluştururlar. Sülfatlar, betondaki kireç ve alüminyum bileşikleriyle reaksiyona girerler ve zamanla büyüyen kristaller meydana getirerek betonun parçalanmasına neden olabilirler. Bu nedenle sülfat miktarı ağırlıkça %1'den çok olmamalıdır. Örneklerde yapılan analiz sonucunda Şakşak tepe örneğinin sülfat değeri % 0.40, Sim Toprak örneğinin ise % 0.81 olduğu, bu verilerin de TSE standartlarına göre AS_{0,2} kategorisine uygun olduğu görülmüştür (Ünsal ve diğ., 2008).

SONUÇLAR

Doğu Anadolu Bölgesinde yapılan çalışmalarda birincil magmatik ürünlerle beraber volkanosedimanter birimler de içerdiği kabul edilen Solhan Formasyonunun çalışma bölgesinde daha çok tuf-piroklastik breş ve lav akıntılarıyla temsil edildiği gözlenmiştir. Bu nedenle çalışma konusu volkanik kayalar için Solhan volkanitleri tanımı kullanılmıştır.

Çalışma bölgesindeki piroklastik kayalar yer yer lapilli ve volkanik çakıl, blok ve bombalardan oluşmuş piroklastik breş ve özellikle yol yarmalarında zaman zaman tabakalanma gösteren tüflerden oluşmuştur. İstif, genellikle yumuşak bir topoğrafya oluşturmaktadır. Ancak bazen düzgün yüzey görüntüsü olmayan piroklastik kayaların, küçük kafalar şeklinde, yumrulu, çatlaklı bir yapı oluşturduğu da görülmüştür.

Çalışma bölgesinde yüzeyleyen lav akıntılarında yapılan petrografik incelemeler sonucunda, kayaların bazaltik, andezitik, trakitik ve dasit bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

Andezitler; porfirik, veziküler ve zayıf akıntı dokulu olup, yüksek fenokristal indeksine sahip ve hamuru mikrolitik kristalindir. Baskın fenokristal fazını plajiyoklas (yaklaşık % 35), sanidin ve piroksenler oluşturmaktadır. Psödomorf şeklinde opaklaşmış amfibol mineralleri yaygındır.

Bazaltik kayalar kendi içinde mineralojik ve dokusal farklılıklar gösterirler. Genel olarak intersertal-intergranüler, ofitik-subofitik, glomeroporfik ve veziküler doku ile özellikle olivinlerde korona dokusu görülmektedir. Bazı plajiyoklas fenokristallerinde erime-çözünme yapıları çok belirgindir ve yer yer yeniden büyüme zarfı gözlenirken, olivin fenokristallerinde genellikle çatlaklar boyunca iddingsitleşmeler görülmektedir.

Trakitik kayalar, trakit, trakibazalt ve trakiandezit olarak tanımlanmıştır. Bu kayaların belirgin optik özelliklerinden birisi genellikle mikrofenokristal veya mikrokristalin minerallerin fenokristaller etrafında yönelme göstermeleridir. Diğer kayaç gruplarında gözlenen mineralojik özellikler genellikle bu grup kayalarda da görülmektedir.

Lav akıntıları içerisinde daha az oranda bulunan dasitler, feldispat, kuvars ve amfibol minerallerinden oluşmuştur. Fenokristalleri çok büyük olan kayacın, mikrokristalin olan hamur malzemesi felsik mineraller ve hornblentlerden oluşmuştur.

Genellikle tüm lav akıntılarında yaygın olarak bulunan ve manyetit ve hematit olarak belirlenen opak minerallerden manyetitin daha çok Ti-manyetit ($\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+},\text{Ti})_2\text{O}_4$) bileşimli olduğu düşünülmektedir.

Plajiyoklas fenokristallerindeki cam kapanımları, zonlanmalar ve elek dokusu ile hornblendlerdeki opaklaşma ve psödomorf minerallerin oluşumu gibi dengesizlik dokuları

asimilasyon, magma karışımı ve fraksiyonlaşma süreçlerine işaret ederken, olivin ve piroksenlerdeki iddingsitleşmeler post-magmatik mineral oluşumunu göstermektedir.

Jeokimyasal isimlendirme diyagramlarında değerlendirilen volkanitlerin petrografik sonuçlarla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çalışma konusu birimin toplam alkalice zengin olduğu görülmüş olup ancak bu örneklerde alkali bileşimi veren bileşenlerden Na_2O oranının daha yüksek olduğu K_2O bakımından ise orta ve yüksek K'lu kalkalkalen özellikli olduğu görülmektedir.

Çalışma konusu kayaçların ana oksit içeriklerinin SiO_2 içeriğine göre değişimlerinin incelendiği Harker diyagramlarına bakıldığında, volkaniklerin SiO_2 içeriğine göre bazik ve daha asidik bileşimliler olmak üzere iki farklı grup şeklinde bulunduğu görülmektedir. Harker diyagramlarında bu iki grup kayaç genellikle belirgin ve birbiriyle uyumlu yönelimler gösterirken, P_2O_5 ve MnO dağılımlarında farklı yönelimler gözlenmektedir. Ana oksitlerde gözlenen bu şekildeki negatif veya pozitif korelasyonlar, fraksiyonel kristalleşme süreçlerine işaret etmektedir.

Örneklerin bazı ana ve iz element değişimleri ayrışmanın etkisini işaret ederken, bazı LILE-LILE değişim diyagramları (Rb-Sr, Rb-Cs) ise normal bir diferansiyasyonu göstermektedir.

Çoklu element (spider) diyagramlarında görülen Ti'daki çok belirgin pozitif anomali Ti-manyetit mineralinin varlığıyla uyumlu olduğu düşünülmektedir.

Kayaç örneklerinin La/Ta içeriğinin 15-20 ile 24-28 arasında iki farklı yoğunlukta ve orta değerlerde olması ve yine La/Nb oranının >1 olması volkanik kayaçların oluşumunda litosferik kaynağın etken olduğuna işaret etmektedir. Diyagramda örneklerin Nb içeriğine bağlı olarak iki farklı yoğunlukta bulunduğu, dolayısıyla bazı örneklerin düşük Nb element oranına bağlı olarak litosferik manto özelliği vermesine karşın, bazı örneklerin yüksek Nb/La oranı ile astenosfer-litosfer (geçiş bölgesi) kökenli kaynağı işaret etmektedir. $\text{K}_2\text{O}/\text{Th-La/Ta}$ diyagramında ise örneklerde alt kabuk kirlenmesi olduğu görülmektedir.

Çalışma konusu volkanitleri oluşturan magmanın kaynağının yorumlanmasında $\text{Hf}/3 - \text{Th} - \text{Nb}/16$ diyagramından da yararlanılmıştır. Buna göre örneklerin bir kısmının yay bazaltları bölgesinde diğer kısmının ise yine yay bazalt bölgesine yakın zenginleşmiş MORB kaynağını verdiği görülmektedir.

Volkaniklerin yapı malzemesi (agrega) olarak özelliklerini belirleyebilmek için çalışma bölgesindeki Sim Toprak ve Şakşak Tepede yüzeyleyen volkanik kayaçların bazı mekanik ve kimyasal özellikleri incelenmiş olup TSE standartlarına uygunluğu göz önünde bulundurularak bazı deneyler yapılmıştır. Yapılan çalışma ile analiz ve laboratuvar deneyleri sonucunda şu bulgular elde edilmiştir.

Yapılan analiz sonucunda, Sim Toprak taş ocağı % 0,81 ve Şakşak Tepe taş ocağı %0,40 sülfat değerleri ile TS EN 1744-1'e göre %1'den fazla olmadığı için uygun olduğu görülmüştür.

Örneklerin, Los Angeles aşınma kaybı % 20-24 olarak bulunmuş ve bu oranla malzemenin aşınmaya karşı oldukça dirençli olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin, özgül ağırlıklarının ve magnezyum sülfat kullanılarak elde edilen don dayanıklılığı değerine göre standarda uygun olduğu görülmüştür.

Ancak bu örneklerin, TS 706 EN 12620'ye göre deney sonucunda bulunan alkali azalması ve çözünen silis değerinin alkali reaktivite tayininde belirlenen ilişki bakımından zararlı olduğu belirlenmiştir.

Yine bu örneklerde % 0,47-0,48 arasında belirlenen ASR deney sonuçlarına göre, agrega malzemesinin kullanılabilirliğinin uygun olmadığı görülmüştür.

Ancak bu taş ocaklarından çıkarılan malzemeye ilgili olarak elde edilen olumsuz sonuçların, nem oranının yüksek olduğu bölgelerde kullanılamıyacağını oysa bölgemizde olduğu gibi düşük nem oranlı bölgelerde bu malzemenin her çeşit çimento ile birlikte kullanılabildiği kanaati oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- Akay, E., Göncüoğlu, M.C., ve Turhan, N., 1988.** Muş-1133 paftası: MTA Genel Müdürlüğü 1 :100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Ankara.
- Akay, E., Erkan, E. ve Ünay, E., 1989.** Muş Tersiyer havzasının stratigrafisi: MTA Derg., 109, 59-76, Ankara.
- Akıllı, A., 2012.** Bazalt Agregasının Mekanik Özelliğinin Yol Üstyapısında Kullanımı açısından İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta.
- Akman, M.S., 2002.** “Çimentolar İçindeki Çözünen Alkalilerin Miktar ve Türlerinin Beton ve Harç Özelliklerine Etkileri”, Çimento ve Beton Dünyası, sayı 7, sayfa 35 – 52.
- Aksoy, E. 1993.** Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri “General geological characteristic of west and south of Elazığ”. Turkish Journal of Earth Sciences 2, 113–123 “in Turkish with English abstract”.
- Aksoy, E., ve Tatar, Y., 1990.** Van İli doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doğa Müh. ve Çevre Bil. Derg. 14, 628-644.
- Alexander, M.G., Milne, T.L.,** Influence of Cement Blent and Elastic Modulus Of Concrete. Acı Materials Journal, no 92, May-June, 227-235, 1995.
- Aldanmaz, E., Pearce, J.A., Thirlwall, M.F. ve Mitchell, J.G, 2000.** Petrogenetic evolution of Late Cenozoic, post-collision volcanism in western Anatolia, Turkey. Journal of Voicanology and Geothermal Research. 102, 67-95.
- Al-Lazki, A., Seber, D., Sandvol, E., Turkelli, N., Mohamad, R., and Barazangi, M., 2003.** “Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the Anatolian plateau (eastern Turkey) and the surrounding regions”, Geophysical Research Letters, this section.
- Altınlı, İ.E., 1966.** Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun Jeolojisi: MTA Derg., 66, 35-74, Ankara.
- Arpat, E., ve Şaroğlu, F., 1972.** Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. MTA Dergisi, 78, 44-50.
- ASTM C 88., 1994.** Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 227 – 10.,** Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).
- ASTM C 289-07., 2016.** Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method).

- ASTM C 295., 2003.** Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregate for concrete, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 1260., 1999.** Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar Bar Method). Annual Book of ASTM Standards, ASTM Publication Office, Philadelphia, PA, pp. 650–653.
- ASTM C 1293., 2015.** Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction.
- Bardan, B., Yazıcı, H., Ün, H., 2002.** “Betonarme Yapılarda Kalıcılık – Durabilite”. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:298. ISBN: 975-441-189-1, sayfa 104-121.
- Barka, A. and R. Reilinger., 1997.** Active Tectonics of Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annali Di Geofisica*, X2(3), 587–610.
- Baykal, F., 1960.** Şeraffedin ve Çotela dağları dolayındaki jeolojik görüşler: MTA Rap., 2212 (yayımlanmamış). Ankara.
- Bigazzi, G., Yeğingil, Z., Ercan, T., Oddone, M., Özdoğan, M., 1997.** Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin Fizyon Track yöntemiyle yaş tayini. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 40, 2, 57-72.
- Birgili, Ş., 1968.** Muş bölgesi I: 25 000 ölçekli J 48 d3 , d4 ve Muş K 47 b2 paftalarının detay petrol etüdü hakkında rapor: MTA Rap., 1707 (yayımlanmamış), Ankara.
- Bowen, N. L., 1928.** The evolution of the igneous rocks: Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 334 p.; second edition, 1956, New York, Dover.
- Bozkurt, E., 2001.** Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica Acta* 14: 3-30.
- Buket, E., 1988.** Doğu Anadolu volkanik provenisinin jeokimyası: Varto (Doğu Anadolu) yöresindeki Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkaniklerin ana, iz, nadir toprak element içerikleri ve Sr, Nd izotop jeokimyası: Hacettepe Üniversitesinde Yerbilimlerinin 20.Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, 54.
- Buket, E. ve Görmüş, S., 1986.** Varto (Muş) havzasındaki Tersiyer yaşlı istifin stratigrafisi: Hacettepe Yerbilimleri Derg., 13, 17-29, Ankara.
- Chataigner, C., Poidevin, J.I., ve Arnaud, N.O., 1998.** “Turkish occurrence of obsidian and use by prehistoric peoples in the Near East from 14.000 to 6000 BP” *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85, 517-537.
- Cox, D. R., Oakes, D., 1984.** Analysis of Survival Data. Chapman and Hall, London.
- CSA, A23.2-94., 1994.** "Test Method for Detection of Alkali-Silica Reactive Aggregate By Accelerated Expansion of Mortar Bars", *Methods of Test for Concrete*. Canadian Standards Association, Ontario, Canada. 236-242,

- Çalışkan, S., 2003.** Agregada Cinsi ve Tane Boyunun Arayüzey Aderans Dayanımına Etkisi., Çimento ve Beton Dünyası, Sayı:41, 65-66, Ankara.
- Daniel, K., Hirshleifer, D., Subrahmanyam, A., 1998.** A theory of overconfidence, self-attribution, and security market under- and over-reactions. Journal of Finance 53, in press.
- De Paolo D. J., Daley E. E., 2000.** Neodymium isotopes in basalts of the south-west Basin and Range and lithospheric thinning during continental extension. Chem. Geol., 169: 157–185.
- Dewey, J.S., Hempton, W.R.; Kidd, W.S.; Şaroğlu, F., ve Şengör, A.M.C., 1986.** Shortening of Continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolian-a young collision zone: Coward Ries, eds., Collision Tectonics da., Geological Society Special Publication, 19, 3-36.
- Dirik, K., Yurur, T., Demirbağ, H., 2003.** 1 Mayıs 2003 Cimenli (Bingöl) Depremi Değerlendirme Raporu, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Duchesne, J., Berube, M.A., 2001.** Long term effectiveness of supplementary cementing materials against ASR, Proc. 11th International Conference on AlkaliAggregate Reaction in Concrete, June 11-16 2000, Québec, Canada, pp. 613-622.
- Ercan, T., Türkecan, A., Guillou, H., Satır, M., Sevin, D. ve Şaroğlu, R., 1990.** Marmara Denizi çevresindeki Tersiyer volkanizmasının özellikleri. MTA Derg., 120, 199-221.
- Erdoğan, T., 1967.** Erzurum-Hınıs bölgesi 1:25 000 ölçekli Erzurum-J47d1 d- paftalarının detay petrol etüdü: MTA Rap.. 4340 (yayımlanmamış). Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 2003.** “Betonu Oluşturan Malzemeler çimentolar ve agregalar” kitabı.
- Erinç, S., 1953.** Doğu Anadolu Coğrafyası: İst. Üniv. Coğrafya Enstitüsü Yayl., 15, 1245, İstanbul.
- Farny, J.A., Kosmatka, S.H., 1998.** “Betonda Alkali Agregada Reaksiyonun Teşhis ve Kontrolü”, American Concrete Pavement Association, 1-26.
- Fitton, J.G., James, D., Kempton, P.D., Ormerod, D.S., ve Leeman, W.P., 1988.** The role of lithospheric Mantle in the generation of Late Cenozoic basic magmas in the Western United States: J. Petrol. Spec. Lithospheric issue, 331-349.
- Giaccio, G., et al., High-Strength Concretes Incorporating Different Coarse Aggregates.** Acı Materials Journal, no 89, May-June, 242-247, 1992.
- Gill, J.B., 1981.** Orogenic Andesties and Plate Tectonics, 390 pp., Springer-Verlag, New York.
- Gök, R., Turkelli, N., Sandvol, Seber, D., and Barazangi, M., 2003.** “Sn Attenuation in the Anatolian and Iranian Plateaus and Surrounding Regions”, Geophysical Research Letters, this section.
- Görmüş, N.Y., 2009.** “Boyabat yöresi (Sinop) volkanik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası”, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilim. Enst., Doktora Tezi, 236s.

- Gülen, L., 1982.** “Sr, Nd and Pb isotope systematics of Ararat and Süphan volcanoes, Eastern Turkey”: EOS, Transactions American Geophysical Union 63, 27-52, 1145.
- Halili A., 2003.** Agregat Üretiminde Kırılma-Element ve Taşın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Önemi. Kancataş İnş. Mad. Tahh. San. Ltd. Şti. İşletme Müdürü Gebze, Kocaeli.
- Harker, A., 1909.** “The natural history of igneous rocks”. New York. Macmillan.
- Hastie, A.H., Kerr, A.C., Pearce, J.A., Mitchell, S.F., 2007.** Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: development of the Th–Co discrimination diagram. *Journal of Petrology* 48, 2341–2357. doi:10.1093/petrology/egm062.
- Herece, E., 2008.** Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, MTA Özel Yayın Serisi-13, Ankara.
- Huang,S., H.N.Pollack., P.-Y.Shen., 2000.** Temperature trends over the past five centuries reconstructed from bore hole temperature, *Nature*,403,756–758.
- Hubert-Ferrari, A., King, G., Van Der Woerd, J., Villa, I., Altunel, E. & Armijo, R. 2009.** Long-term evolution of the North Anatolian Fault: new constraints from its eastern termination. In: van Hinsbergen, D.J.J., Edwards, M.A. & Govers, R. (eds), *Collision and Collapse at the Africa-ArabiaEurasia Subduction Zone*. Geological Society, London, Special Publications 311, 133–154.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F. ve Villari, L., 1976.** “Evolution of the volcanism in the area of interaction between the Arabian, Anatolian and Iranian plates (Lake Van, Eastern Turkey)”: *Journal of Volcanology and Geoth.Res.*, 1, 103-112.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicati, F. ve Villari, L., 1982.** “Tertiary and Quaternary volcanism of the Erzurum-Kars area (Eastern Turkey)”, *Geochronological data and geodynamic evolution: Journal of Volcanology and Geoth.Res.*, 13, 223-240.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971.** “A guide of to the chemical classification of the common volcanic rocks”, *Can. Jour. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- İnceöz, M., 1994.** Harput (Elazığ) Yakın Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri: F.Ü. Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı Doktora Tezi (Yayınlanmamış) 112 sf. Elazığ.
- Karayolları Genel Müdürlüğü., 2004.** Dergisi, Sayı: 29, s.34.
- Kaygusuz El., Çetiner, H., Şahin, D., 2011.** LSIL/ASC-H (LSIL-H) in cervicovaginal smear: Histopathological outcomes and clinical significance. *TJPath*, 27, 45-50.
- Keskin, M., 2003.** “Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex”: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters*, 30(24), 1-4. doi:10.1029/2003GL018019.
- Kıraner, F., 1957.** Van bölgesi, Muş kuzeyi petrol jeolojisi inkişaf etüdü: MTA Rap., 2558 (yayınlanmamış), Ankara.

- Kiratzı, A.A., 1993.** “Active deformation in the Vrancea region, Romania.” *Peru Appl. Geophys.* , 140, p. 391-402.
- Lahn, E., 1950.** Erzurum havalisinin jeolojik bünyeleri: *MTA Derg.*, 2/19, 233-243, Ankara.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. And Zanettin, B., 1986.** “A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram”, *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Marfil S. A., Maiza, P. J., 2001.** Deteriorated pavements due to the alkali–silica reaction: A petrographic study of three cases in Argentina, *Cem. Concr. Res.* 31 (7) 1017-1021.
- Mason, B., and Moore, C. B., 1982.** *Principles of Geochemistry*, John Wiley and Sons, 344 pp. New York.
- Mather, B., 1999.** “How to make concrete that will not suffer deleterious alkali –silica reaction”, *Cement and Concrete Research* 29, sayfa 1277 –280.
- McDonough, W.F., Sun, S., Ringwood A.E., Jagoutz E. And Hofmann A.W., 1992.** “K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth’s mantle”. *Geochim. Cosmochim. Acta*, Ross Taylor Symposium volume.
- Mehta, P. K., Monteiro, P. J., 2006.** *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Menzies . J G., Ehret, D. L., Glass, A. D.M., Samuels, A. L., 1991.** The influence of silicon on cytological interactions between *Spaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus* . *Physiol . Mol . Plant Pathol* 39, 403-414 .
- Menzies, M. A., and Kyle, R., 1990.** Continental volcanism: a crust-mantle probe, in Menzies, M. A., editor, *Continental mantle*: Oxford, Oxford Science Publishers, p. 157–177
- Muehlberger, W.B., Gordon M.B., 1987.** Observations on the complexity of the East Anatolian fault, Turkey, *Journal of Structural Geology*. 9, 899-903.
- MTA., 2002.** 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Neville, A.M., 1981.** “Properties of Concrete”, Longman Scientific & Technical, 155–166.
- Neville, A.M., 1990.** “Properties of Concrete”, Longman Scientific & Technical. Third Edition, (1990), sayfa 158-163.
- Neville, A.M., 1996.** *Properties of Concrete*, Forth and Final Edit., John Wiley, G. Sons, 56-80
- Okay, A.I., Bozkurt, E., Satır, M., Yığıtbaş, E., Crowley, Q.G., Shang, C.K., 2008.** Defining the southern margin of Avalonia in the Pontides: geochronological data from the Late Proterozoic and Ordovician granitoids from NW Turkey. *Tectonophysics* (in press).
- Özcan, A., 1967.** Erzurum-Hınıs bölgesinde Erzurum-J47a3 a4 paftalarının detay petrol etüdü: *MTA Rap.*, 4128 (yayımlanmamış), Ankara.

- Özkahraman, H.T., Işık, E.C., 2005.** The Effect of Aggregates on Tensile Adhesion Strenght of Tiles. *Constraction and Building Materials*, Vol:9, No 4 251-255.
- Özkul, M., 1988.** Elazığ batısında Kırkgeçit formasyonu üzerinde sedimantolojik incelemeler. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 186 s. (yayınlanmamış), Elazığ.
- Özyeğin, G., 1968.** Muş bölgesi 1:25 000 ölçekli Erzurum-J47d; Muş-J47a2 paftalarının detay petrol etüdü hakkında rapor: MTA Rap., 4129 (yayımlanmamış), Ankara.
- Pamir, H.N., ve Baykal, F., 1943.** Bingöl bölgesi ile buranın şimal ve cenubundaki jeolojik yapı: MTA Rap., 1447 (yayımlanmamış), Ankara.
- Pearce, J.A., Bender, J.F., DeLong, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P J., Güney, Y., Şaroğlu, F., Pearce, J.A., 1982.** “Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries”, In: Thorpe, R.S. (Ed.), *Orogenic Andesites*. Wiley, Chichester, U.K., 525–547.
- Peccerillo, A., Taylor, S.R., 1976.** “Geochemistry of Eocene calc-alkalin volcanic rocks in the Kastamonu area, Northern Turkey *Contrib Miner Petrol*”. 58, 63-81.
- Perinçek, D., 1979.** GD Anadolu'da allohton birimler: 33. TJK Bilimsel ve Teknik Kurultayı bildirisi özetleri, 115-116.
- Poidevin, J.L., 1998.** Les gisements d'obsidienne de Turquie et de Transcaucasie: géologie, géochimie et chronométrie, in *L'obsidienne au Proche et Moyen Orient: du volcan à l'outil* (eds. M.-C. Cauvin, A. Gourgaud, B. Gratuze N. Arnaud, G. Poupeau, J.-L. Poidevin and C. Chataigner), 105–23, BAR International Series 738, Archaeopress, Oxford.
- Postacioğlu, B., 1987.** Beton (Agregalar, Beton) Cilt II. Teknik Kitaplar Yayın Evi, İstanbul, 403.
- Rollinson, H. R., 1993.** Using Geochemical Data Evaluation, Presentation, Interpretation. London (Logman Scientific and Techninical), xxvi+352 pp. Prices ISBN 0582067014.
- Seymen Ş., ve Aydın, A., 1972.** Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkisi. MTA Derg., 79, 1-8.
- Sun, S. ve Mc Donough, W.F., 1989.** “Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts. İmplications for mantle compositional processes”. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (eds.), *Magmatism in the ocean basins*, Special Publication 42. Geological Society of London, 312 pp.
- Sungurlu, O., 1967.** Erzurum-Hınıs bölgesinde 1:25 000 ölçekli Erzurum J47b3 , b4 paftalarına ait jeolojik detay rapor: MTA Rap.. 4176 (yayımlanmamış). Ankara.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kut, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E., Naz, H., 1985.** Elazığ-Hazar- Palu alanının jeolojisi. *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi*, 29, 83-191.
- Şaroğlu, F., ve Güner, V., 1981.** Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişmesine etki eden öğeler: jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri: *Türkiye Jeol.Kur.Bült.*, 24, 39-50.
- Şaroğlu, F., ve Yılmaz, Y., 1986.** Doğu Anolu'nun neotektoniği ile ilgili magmatizma: TJK Ketin Sempozyumu, 149-162.

- Şaroğlu, F., 1985.** Doğu Anadolu'nun neotektonik dönemde jeolojik ve yapısal evrimi: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, (yayımlanmamış). ; Güner, Y.; Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri: TJK Bült., 24, 39-50.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1981.** Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler; jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri: Türkiye Jeol.Kur.Bült., 24/2, 39-50.
- Şenalp. M., 1966.** Erzurum-Muş bölgesi 1:25 000 ölçekli Erzurum-J47a2 , b1 ve Karaköse-J48c, b3 paftalarının detay petrol etüdü: MTA Rap., 4188 (yayımlanmamış), Ankara.
- Şengör, A.M.C.and Yılmaz, Y., 1981.** “Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach”. Tectonophysics, 75: 181-241.
- Şengör, A.M.C. Özeren, S., Zor, E., ve Genç, T. 2003.** “Doğu Anadolu litosfer mekaniğine yeni bir yaklaşım”. İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Kuvaterner Çalıştay IV, 101-110
- Şengül, Ö., Taşdemir, C., Koruç, Ş., Sönmez, R., 2003.** Agregat Türünün Betonun Donma-Çözülme Dayanıklılığına Etkisi. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul.
- Şimşek, O., 2003.** Yapı Malzemesi II. İstanbul, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Yayın no:1374, S: 211 Ankara.
- Tanoğlu, A., 1947.** Zones d'altitude de la Turquie: determination et interpretation: Türk. Coğrafya Derg., 3, 37-55.
- Tarhan, N., Yusufoglu, H., Bağırsakçı, S., Papak, İ., ve Karabalık, N., 1991.** “Bingöl-Karlıova-Yedisu dolayının jeolojisi ve petrolojisi”, MTA Rap. 9448, Ankara.
- Tasong WS. Lynsdale CJ . Cripps JC., 1998.** "Aggregate-Cement Paste Interface II: Influence of Aggregate Physical Properties", Cement and Concrete Research, V. 28 (10), Pp. 1453-1465.
- Taşdemir, C., Özyurt, N., Ertuğrul, C., Kara, G., 2003.** Kırma kumun Beton Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Değerlendirme, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., 1988.** “Asthenospheric and lower lithospheric mantle contribution to continental extensional magmatism”: an example from the British Tertiary Province. Chemical Geology, 68, 1-15.
- Tokel, S., 1966.** 1966, Erzurum-Muş bölgesi 1:25 000 ölçekli Erzurum-J46c3 c4 paftalarına ait jeolojik rapor: MTA Rap., 4175 (yayımlanmamış), Ankara.
- Türk Standardı., 1997.** TS EN 932-1 Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler – Kısım 1 – Numune Alma Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 1999.** TS EN 932-2 Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması Metodu. Nisan, Ankara.

- Türk Standardı., 1999.** TS 3530 EN 933-1 Beton Agregalarının Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Dane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 1999.** TS 3530/ EN 933-1) Beton Agregalarında Çok İnce Malzeme Muhtevası Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 1996.** TS EN 933-2 Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Kısım 2: Tane Boyutu Dağılımı Tayini – Deney Elekları, Elek Göz Açıklıklarını Anma Büyüklükleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2000.** TS EN 1097-2 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2002.** TS EN 1097-6 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu Su Oranının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2001.** TS EN 1367-1 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2001.** TS EN 1367-2 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler -Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2003.** TS 706 EN 12620 Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk Standardı., 2000.** TS EN 1744-1 Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler- Kimyasal Analiz. Nisan, Ankara.
- Turan, M., 1984.** Baskü-Aydınlar (Muşar) yöresinin stratigrafisi ve tektoniğı: F.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora tezi (yayımlanmamış), Elazığ.
- Tutkun, S.Z., 1987.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Eşil (Erzincan) ve Karlıova (Bingöl) arasındaki kesiminin tektonostratigrafisi: Melih Tokay Jeoloji Simpozyumu, Bildiri özleri, ODTÜ, Ankara.
- Türkecan, A., 1991.** Muş Yöresindeki Pliyosen Yaşlı Volkanitlerin Petrolojisi, Mta Dergisi 112,85-101.
- Tütöncü, K., 1967.** Erzurum-J47c paftalarına ait genel jeoloji ve petrol imkanları: MTA Rap., 4120 (yayımlanmamış), Ankara.
- Ünsal, A., Şen, H., Eylül 2008.** “Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuar Deneyleri”, TC Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Kitabı, S.56-57-68.

- Vernon, R. H. 2004.** A practical guide to rock microstructure. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wiaver, B.L., Tarney, J., 1981.** Lewisian gneiss geochemistry and Archaean crustal development models. *Eart Planet. Sci. Lett.*, 51:171-180.
- Wilson, M., 1989.** İgneous Petrogenesis a global tectonic approach. Chapman and Hall. London.
- Winchester, J.A., Floyd, P.A., 1977.** Diagrams proposed by Winchester & Floyd (1977) for classification of volcanic rocks using incompatible element ratios.
- Wood, D. A., 1980.** “The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic.
- Yeğınobalı, A., 1999.** Betonun İç Yapısı, Türkiye Çimento Muhtasilleri Birliği Notları, No 3, 1999, Ankara. classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province”, *Earth and Planetary Science Letters*, 56, 11-30.
- Yılmaz, Y., 1984.** Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi: *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, İhsan Ketin Simpozyumu Özel Sayısı, 63-81, Ankara.
- Yılmaz, A., Terlemez, I., Uysal, Ş., 1988.** Hınıs (Erzurum güneydoğusu) dolaylarının bazı stratigrafik ve tektonik özellikleri: *MTA Derg.*, 108, 38-56, Ankara.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, C. 1993.** Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. *Tectonics*, 12, p. 1280–1297.
- Yılmaz, S. ve Boztuğ, D., 1994.** “Granitoyid petrojenezinde magma mingling/mixing kavramı”, *Jeoloji mühendisliği, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını*, Ankara, 44-45, 1-20.
- Yılmaz, Y.; Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1987** Initiation of the neomagmatism in East Anatolia: *Tectonophysics*, 134, 177-199.
- Yılmaz, Y., Moorbath, J.G., Mitchell, J.J., 1998.** Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia, Turkey. *J.Volcano. Geotherm. Res.* 44, 189-229.
- Zhang, T., Barry, R.G., Knowles, K., Heginbottom, J.A., Brown, J., 1999.** Statistics and characteristics of permafrost and ground-ice distribution in the Northern Hemisphere. *Polar Geography*, 23(2): 132–154.
- .

EKLER

EK 7.1. BİNGÖL SİM TOPRAK TAŞ OCAĞI ASR DENEY VERİLERİ

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (1.Karışım : %100 Orijinal Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀	8.529	Referans ₃	8.518	Referans ₇	8.504	Referans ₁₄	8.504
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	284	80	20.742	80	20.773	80	20.824	80	21.350
2	284	80	20.880	80	20.887	80	20.932	80	21.455
3	284	80	20.712	80	20.742	80	20.766	80	21.032
Ortalama		20.778		21.468		20.840		21.279	

Ek7.1' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (2.Karışım : %60 Orijinal %40 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	20.673	80	20.775	80	21.160	80	22.026
2	283	80	21.209	80	21.305	80	21.672	80	22.521
3	284	80	22.004	80	22.107	80	22.472	80	23.304
Ortalama		21.295		21.395		21.768		22.617	

Ek 7.1' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (3.Karışım : %45 Orijinal %55 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	20.188	80	20.444	80	20.838	80	21.698
2	283	80	19.773	80	20.033	80	20.544	80	21.317
3	283	80	20.237	80	20.459	80	20.536	80	21.824
Ortalama		20.066		20.312		20.639		21.613	

Ek 7.1' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (4.Karışım : %30 Orijinal %70 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016	Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)				
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016	3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016				
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016	7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016				
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀	Referans ₃		Referans ₇	Referans ₁₄			
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	21.427	80	21.775	80	21.801	80	23.330
2	284	80	21.131	80	21.457	80	21.506	80	23.075
3	283	80	21.875	80	22.148	80	22.911	80	23.852
Ortalama		21.477		21.793		22.072		23.418	

Ek 7.1' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (5.Karışım : %15 Orijinal %85 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	284	80	20.527	80	20.935	80	21.572	80	22.040
2	284	80	20.470	80	20.847	80	21.326	80	21.793
3	284	80	21.150	80	21.822	80	22.055	80	22.582
Ortalama		20.715		21.201		21.651		22.138	

EK 7.1' in devamı

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı Asr Deney Verilerinin Hesaplanması Ve Sonuçlarının Gösterilmesi

Harç çubuklarının uzama miktarı (G)aşağıdaki eşitlikten % olarak hesaplanır.

$$G=((L_3, L_7, L_{14})-L_0)/L_i$$

Burada okunan L_3, L_7, L_{14} : Alkali tankında 80 ± 2 °C' de 1 Normal NaOH içerisinde bekletilen 3., 7 ve 14. Günde uzama değerleri.

L_0 uzama: 80 ± 2 °C' de saf su bulunan, su banyosunda 24 ± 2 saat bekletildikten sonra okunan değeri (Sıfır okuma)

L_i : Kalıptan çıkarılan harç çubuklarının ilk okuma değerleri.

Agreganın uzama yüzdesi , üç sonucun ortalama değeri olarak %0,001 doğrulukta verilmelidir.

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (1.Karışım : %100 Orijinal Malzeme) için;

$$G_1=((L_3, L_7, L_{14})-L_0)/L_i$$

$$G_1=((21,270-20,778)/284)*100$$

$$G_1=0,1732$$

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (2.Karışım : %60 Orijinal-%40 Zararlı Malzeme) için;

$$G_2=((22,617-21,295)/284)*100$$

$$G_2=0,4654$$

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (3.Karışım : %55 Orijinal-%45 Zararlı Malzeme) için;

$$G_3=((21,613-20,066)/284)*100$$

$$G_3=0,5447$$

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (4.Karışım : %30 Orijinal-%70 Zararlı Malzeme) için;

$$G_4=((23,418-21,477)/284)*100$$

$$G_4=0,6858$$

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı (5.Karışım : %15 Orijinal-%85 Zararlı Malzeme) için;

$$G_5=((22,138-20,715)/284)*100$$

$$G_5=0,5010$$

$$G_{ortalama}=(G_1+G_2+G_3+G_4+G_5)/5$$

$$G_{ortalama}=(0,1732+0,4654 + 0,5447+0,6858 +0,5010)/5$$

$$G_{ortalama}=0,4809$$

EK 7.2. BİNGÖL ŞAKŞAK TAŞ OCAĞI ASR DENEY SONUÇLARI

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Şakşak Taş Ocağı (1.Karışım : %100 Orijinal Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀	8.529	Referans ₃	8.518	Referans ₇	8.504	Referans ₁₄	8.504
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	21.804	80	21.824	80	22.411	80	23.181
2	284	80	21.555	80	21.618	80	22.029	80	22.795
3	284	80	21.570	80	21.650	80	22.092	80	22.843
Ortalama		21.643		21.714		22.177		22.939	

EK 7.2' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Şakşak Taş Ocağı (2.Karışım : %60 Orijinal %40 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	284	80	21.186	80	21.560	80	22.560	80	23.608
2	284	80	20.181	80	20.563	80	21.475	80	22.443
3	284	80	13.236	80	13.580	80	14.408	80	15.301
Ortalama		18.201		18.567		19.481		20.447	

EK 7.2' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Şakşak Taş Ocağı (3.Karışım : %45 Orijinal %55 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	284	80	15.674	80	16.194	80	17.045	80	17.814
2	283	80	12.602	80	13.101	80	13.915	80	15.401
3	284	80	20.881	80	21.440	80	22.445	80	23.143
Ortalama		16.385		16.911		17.801		18.786	

EK 7.2' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Şakşak Taş Ocağı (4.Karışım : %30 Orijinal %70 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	20.097	80	20.152	80	21.159	80	22.330
2	283	80	18.710	80	19.295	80	20.347	80	20.907
3	284	80	20.845	80	21.544	80	22.530	80	23.616
Ortalama		19.884		20.330		21.345		22.284	

EK 7.2' in devamı

Numunenin Cinsi ve Orijini		Bingöl Şakşak Taş Ocağı (5.Karışım : %15 Orijinal %85 Zararsız Malzeme)							
Numunenin Üretim Tarihi		09.06.2016		Dökümde Kullanılan Çimento Cinsi		42.5 CEM-1 (Portlant Çimento)			
İlk Ölçüm Tarihi		10.06.2016		3 Günlük Ölçüm Tarihi		20.06.2016			
Sıfır Ölçüm Tarihi (Saf Su Ölçüm Tarihi)		17.06.2016		7 Günlük Ölçüm Tarihi		24.06.2016			
Test Standardı		KANADA CSA A23.2-25A		14 Günlük Ölçüm Tarihi		01.07.2016			
Referans ₁		Referans ₀		Referans ₃		Referans ₇		Referans ₁₄	
Numune No	İLK BOY 24 SAAT	SIFIR (SAF SU) ÖLÇÜM (L ₀)		3.GÜN (L ₃)		7.GÜN (L ₇)		14.GÜN (L ₁₄)	
	Kumpas ile (1/50 mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)	Ölçüm Sıcaklığı °C (t)	Boy Ölçümü (mm)
1	283	80	21.547	80	21.951	80	22.306	80	22.586
2	284	80	20.533	80	20.974	80	21.517	80	21.621
3	284	80	13.858	80	13.548	80	13.899	80	14.208
Ortalama		18.646		18.824		19.240		19.471	

EK 7.2' in devamı

Bingöl Şakşak Taş Ocağı Asr Deney Verilerinin Hesaplanması Ve Sonuçlarının Gösterilmesi

Harç çubuklarının uzama miktarı (G) aşağıdaki eşitlikten % olarak hesaplanılır.

$$G = ((L_3, L_7, L_{14}) - L_0) / L_i$$

Burada okunan L_3, L_7, L_{14} : Alkali tankında 80 ± 2 °C' de 1 Normal NaOH içerisinde bekletilen 3., 7. ve 14. günde uzama değerleri.

L_0 uzama: 80 ± 2 °C' de saf su bulunan, su banyosunda 24 ± 2 saat bekletildikten sonra okunan değeri (sıfır okuma)

L_i : Kalıptan çıkarılan harç çubuklarının ilk okuma değerleri.

Agreganın uzama yüzdesi, üç sonucun ortalama değeri olarak %0,001 doğrulukta verilmelidir.

Bingöl Şakşak Taş Ocağı (1.Karışım: %100 Orijinal Malzeme) için;

$$G_1 = ((L_3, L_7, L_{14}) - L_0) / L_i$$

$$G_1 = (20,939 - 21,643) / 284 * 100$$

$$G_1 = 0,4563$$

Bingöl Şakşak Taş Ocağı (2.Karışım: %60 Orijinal -%40 Zararlı Malzeme) için;

$$G_2 = (20,447 - 18,201) / 284 * 100$$

$$G_2 = 0,7936$$

Bingöl Şakşak Taş Ocağı (3.Karışım: %55 Orijinal -%45 Zararlı Malzeme) için;

$$G_3 = (18,786 - 16,385) / 284 * 100$$

$$G_3 = 0,8454$$

Bingöl Şakşak Taş Ocağı (4.Karışım : %30 Orijinal -%70 Zararlı Malzeme) için;

$$G_4 = (22,284 - 19,884) / 284 * 100$$

$$G_4 = 0,8400$$

Bingöl Şakşak Taş Ocağı (5.Karışım: %15 Orijinal -%85 Zararlı Malzeme) için;

$$G_5 = (19,471 - 18,646) / 284 * 100$$

$$G_5 = 0,2904$$

$$G_{ortalama} = (G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5) / 5$$

$$G_{ortalama} = (0,4563 + 0,7936 + 0,8454 + 0,8400 + 0,2904) / 5$$

$$G_{ortalama} = 0,47402$$

EK 7.3. Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi Sonuçları

Bingöl Sim Toprak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi			
Periyot	Numune Giriş	Numune Çıkış	Açıklamalar
1.	Tarih: 01.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih: 02.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
2.	Tarih:03.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih: 04.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.299 Sıcaklık: 25°C
3.	Tarih: 05.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih: 06.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
4.	Tarih: 07.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih: 08.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
5.	Tarih: 09.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati : 16.00	Tarih :10.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 25°C
	Tarih: 11.06.2016 Etüvden Çıkış Saati : 11.00 Soğuma-Yıkama : 24 Saat Etüvde Kurutma	Tarih: 12.06.2016 Kurumuş Numunenin Etüvden Çıkışı ve Elemesi : 16.00	

		No: 1	No: 2
Deney Numunesinin İlk Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M ₁	430.0	430.0
Deney Sonrası 10 mm Elekte Kalan Agreganın Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M ₂	409.6	405.3
Magnezyum Sülfat Değeri (MS) (En yakın tamsayıya yuvarlanır) (%)	$MS=(M_1-M_2)/M_1*100$	4.7	5.7
		Ortalama	5.2

EK 7.4. Bingöl Şakşak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi Sonuçları

Bingöl Şakşak Taş Ocağı Magnezyum Sülfat Deneyi			
Periyot	Numune Giriş	Numune Çıkış	Açıklamalar
1.	Tarih: 01.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih : 02.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
2.	Tarih: 03.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih : 04.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.299 Sıcaklık: 25°C
3.	Tarih: 05.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih : 06.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
4.	Tarih: 07.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati : 16.00	Tarih: 08.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 24°C
5.	Tarih: 09.06.2016 Çözeltiye Giriş Saati: 16.00	Tarih: 10.06.2016 Çözeltiden Çıkış Saati : 09.00 Süzülme Zamanı : 2 Saat Etüve Giriş Saati : 11.00	Yoğunluk: 1.298 Sıcaklık: 25°C
	Tarih: 11.06.2016 Etüvden Çıkış Saati: 11.00 Soğuma- Yıkama : 24 Saat Etüvde Kurutma	Tarih : 12.06.2016 Kurumuş Numunenin Etüvden Çıkışı ve Elemesi : 16.00	

		No: 1	No: 2
Deney Numunesinin İlk Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M ₁	430.0	430.0
Deney Sonrası 10 mm Elekte Kalan Agreganın Kütlesi, ± 0.1 gr doğrulukta (gr)	M ₂	426.5	424.5
Magnezyum Sülfat Değeri (MS) (En yakın tamsayıya yuvarlanır) (%)	$MS=(M_1-M_2)/M_1*100$	0.8	1.2
		Ortalama	1

EK 7.5. Çalışma alanında yer alan Bingöl Sim Toprak ve Şakşak Taş Taş Ocaklarından agrega malzemesi alınarak Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü Elazığ AR-GE bölümünde aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

1. Alkali silika reaksiyonu (ASR)
2. Agregalarda Dona Dayanıklılık (Magnezyum Sülfat Deneyi)
3. Agreganın Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı
4. Los Angeles Metodu (Darbeli Aşınma Deneyi)

Yukarıda yapılan deneylerin TS aralığı; (Ünsal ve diğ., 2008.)

Alkali Silika Reaksiyonu Harç Prizmalarının 14 Günlük Genleşme %'si	$\leq 25(M_{DE\ 25})$	CANADA CSA A23.2-25A
Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini	$\leq \% 1,0 (F1)$	TS EN 1367-2
Magnezyum Sülfat Kütlece Kayıp Değeri (Don Mukavemeti)	$\leq \% 18 (MS_{18})$	TS EN 1367-2
Doygun Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	$\leq 2,55$	TS EN 1097-6
Parçalanma Direncinin Tayini (Los Angeles Deneyi)	$\leq \% 35 (LA_{35})$	TS EN 1097-2

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe BAYKARA 27.05.1985 tarihinde Adıyaman ili Gerger ilçesine bağlı Güzelsu köyünde doğdu. İlk öğrenimini Güzelsu Köyü İlkokulunda, orta öğretimini Şanlıurfa (Hilvan) Mustafa Kemal İlköğretim Okulunda ve lise eğitimini ise Adıyaman (Kahta) Kahta Lisesi'nde bitirdi. 2009 yılında KSÜ Pazarcık MYO İşletme Yönetimi önlisans bölümünden ikinci olarak mezun oldu. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi Oltu Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı ve 2014 yılında fakülte birincisi olarak lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl içerisinde Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Mineraloji-Petrografi Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasına başladı ve 13.10.2016 tarihinde Tez Savunmasını yaparak bitirdi. 2016 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde İş Sağlığı ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans (Uzaktan Eğitim) çalışmasına başladı.

