

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI'NIN BATISINDAKİ KRETASE VOLKANİTLERİNİN
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE YAPI TAŞI OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Berna AKGÜR

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI'NIN BATISINDAKİ KRETASE VOLKANİTLERİNİN
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE YAPI TAŞI OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Berna AKGÜR
(505121302)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505121302 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Berna AKGÜR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**İSTANBUL BOĞAZI'NIN BATISINDAKİ KRETASE VOLKANİTLERİNİN MALZEME ÖZELLİKLERİ VE YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU İstanbul Teknik Üniversitesi	
Jüri Üyeleri :	Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL İstanbul Teknik Üniversitesi	
	Yrd. Doç. Dr. Murat YILMAZ İstanbul Üniversitesi	

Teslim Tarihi : 15 Aralık 2014
Savunma Tarihi : 20 Ocak 2015

ÖNSÖZ

Tez konusu seçiminde ve tezimi hazırlarken nasıl bir yol izlemem gerektiği hakkında bilgi veren, beni yönlendiren, her zaman yardımcı olan, danışman hocam sayın Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU'na teşekkür ederim.

Petrografik incelemeler sırasında yardımcı olan sayın Prof. Dr. Bektaş UZ ve Dr. Orhan YAVUZ'a teşekkür ederim.

Laboratuvar deneylerimi yaparken her türlü yardımı sağlayan teknisyen Yüksel ILGAR'a ve ince kesitlerimi hazırlayan Mehmet Ali ORAL'a teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, eğitim öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen aileme, özellikle de arazi çalışmalarında beni yalnız bırakmayan, arazide benimle birlikte her yere gelen anneme teşekkür ederim.

Aralık 2014

Berna AKGÜR
(Jeoloji Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Çalışma Yöntemleri.....	3
2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI	5
2.1 Coğrafi Konum ve Morfoloji	5
2.2 İklim ve Bitki Örtüsü.....	6
2.3 Ulaşım	6
3. GENEL JEOLojİ.....	9
3.1 Bölgesel Jeoloji	9
3.2 İnceleme Alanının Jeolojisi	11
3.2.1 Garipçe formasyonu.....	14
3.2.1.1 Garipçe formasyonuna ait volkanik kayaların mineralojik-petrografik özellikleri	18
3.2.2 Meşetepe formasyonu	22
3.2.3 Alüvyon	24
3.3 Yapısal Jeoloji	24
3.4 Jeolojik Evrim	26
4. MALZEME JEOLojİSİ.....	29
4.1 Laboratuvar Çalışmaları	29
4.1.1 Fiziksel deneyler	30
4.1.1.1 Birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme ve porozite deneyleri	30
4.1.1.2 Donma çözülme deneyi.....	33
4.1.1.3 Ses hızının ölçülmesi	35
4.1.2 Mekanik deneyler	39
4.1.2.1 Sürtünmeli aşınma (böhme) dayanımı deneyi.....	39
4.1.2.2 Nokta yükleme deneyi	40
4.1.2.3 Tek eksenli basınç deneyi	43
4.1.3 Agrega deneyleri.....	47
4.1.3.1 Los Angeles deneyi	47
4.1.3.2 Mikro-deval deneyi	48
4.1.3.3 Darbe dayanım deneyi	49
4.1.3.4 Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyi	50
4.1.3.5 Magnezyum sülfat deneyi	52
5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	55

5.1 Andezitinin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği	55
5.1.1 Renk ve görünüm	55
5.1.2 Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması	56
5.1.3 Mekanik özellikler	58
5.2 Andezitin Restorasyon Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği	60
5.3 Garipçe Andezitinin Kıyı Tahkimatı ve Dolgusunda Kullanılabilirliği	63
5.3.1 Kayaç türleri ve sınır değerler.....	64
5.3.2 İdealize kaya kalitesi.....	66
5.3.3 Kaya kalitesinin değerlendirilmesi	66
5.4 Garipçe Andezitinin Türkiye’de İşletilen Diğer Volkanik Kayaçlarla Karşılaştırılması	67
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Sondajlara ait veriler.	29
Çizelge 4.2 : AVE-105 numaralı sondajın 5-20 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.	31
Çizelge 4.3 : AVE-106a numaralı sondajın 30-50 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.	32
Çizelge 4.4 : AVE-109 numaralı sondajın 20-30 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.	32
Çizelge 4.5 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin don sonu kütle kaybı.	35
Çizelge 4.6 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan örneklerin P dalga hız değerleri.	37
Çizelge 4.7 : Karotlardan alınan örneklerin aşınma dayanımları.	40
Çizelge 4.8 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin nokta yükleme dirençleri.	42
Çizelge 4.9 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin basınç dayanımları.	46
Çizelge 4.10 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan donma-çözülme işlemine tabi tutulmuş karot örneklerinin basınç dayanımları.	46
Çizelge 4.11 : Los Angeles deneyinin sonucu.	48
Çizelge 4.12 : Mikro-deval deneyinin sonuçları.	49
Çizelge 4.13 : Darbe ile parçalanma deneyinin sonucu.	50
Çizelge 4.14 : Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları.	51
Çizelge 4.15 : 2. çevrim değerine göre suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi sınıflaması.	52
Çizelge 4.16 : Magnezyum sülfat don kaybı deneyinin sonucu.	52
Çizelge 5.1 : Garipçe Amfibollü Andezitinin ortalama fiziksel özelliklerinin standartlarda aranan değerler ile karşılaştırılması.	56
Çizelge 5.2 : Kayaçların gözenekliliklerine göre sınıflandırılması (Anon, 1979).	56
Çizelge 5.3 : Kayaçların kuru birim hacim ağırlıklarına göre sınıflandırılması (Anon, 1979).	57
Çizelge 5.4 : Sonik hız sınıflaması ve ortalama P-dalga hızı.	58
Çizelge 5.5 : Iliev (1967)'e göre ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri arasındaki ilişki.	58
Çizelge 5.6 : Garipçe Andezitinin ortalama mekanik özellikleri ve standartlarda öngörülen değerler ile karşılaştırılması.	59
Çizelge 5.7 : Kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflandırılması.	59
Çizelge 5.8 : Erdoğan (1991) tarafından TSE 2513'de yapılması önerilen yapı taşı sınıflaması.	60
Çizelge 5.9 : Kayaçların nokta yük dayanım direncine göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975).	60

Çizelge 5.10 : Yarmadan çıkacak andezit malzemesinin hacmi.....	64
Çizelge 5.11 : Tahkimat taşının özellikleri ile deney sonuçlarının karşılaştırılması.	65
Çizelge 5.12 : Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).	66
Çizelge 5.13 : Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı için rehber (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).	66
Çizelge 5.13 (devam) : Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı için rehber (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).	67
Çizelge 5.14 : Garipçe Andezitinin Türkiye’de işletilen diğer volkanik kayalarla karşılaştırılması.	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İnceleme alanının yer bulduru haritası.	5
Şekil 3.1 : Batı Pontid tektonik kuşağını oluşturan zonlar.	9
Şekil 3.2 : İnceleme alanının ölçeksiz genelleştirilmiş dikme kesiti (Keskin vd., 2003'den düzenlenerek).	13
Şekil 3.3 : Garipçe Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak gelen Meşetepe Formasyonu'nun görünümü. (Üçüncü Boğaz Köprüsü'nün Garipçe ayağı uzantısındaki şantiye alanı) Bakış KD'dan GB'ya doğru.	14
Şekil 3.4 : Rumelifeneri limanında görülen blok-kül akıntıları. Bakış KD'dan GB'ya doğru.	15
Şekil 3.5 : Garipçe'nin Boğaz kıyı kesiminde görülen blok-kül akıntıları. Bakış GD'dan KB'ya doğru.	15
Şekil 3.6 : Garipçeköy'ün kıyı kesiminde blok-kül akıntıları arasındaki yeşil renkli andezitik lavın görünümü. Bakış GD'dan KB'ya doğrudur.	16
Şekil 3.7 : Rumelifeneri kalesinin kuzeybatısında görülen andezit bileşimli lavlar. Bakış B'dan D'ya doğru.	17
Şekil 3.8 : Rumelifeneri kalesinin doğusunda bulunan farklı lavların görünümü. Bakış G'den K'ye doğru.	17
Şekil 3.9 : Ave-105 numaralı sondajdan alınan andezitin polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas, Pr; piroksen).	19
Şekil 3.10 : Ave-109 numaralı sondajdan alınan ayrıışmış andezitin polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas).	20
Şekil 3.11 : Rumelifeneri Kalesi'nden alınan andezitik lavın polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas, Pr; piroksen).	21
Şekil 3.12 : Garipçe'den alınan andezit örneğinin polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas, Pr; piroksen).	22
Şekil 3.13 : Meşetepe Formasyonuna ait kumlu birimin görünümü. Rumelifeneri'nin kuzeybatısı. Bakış D'dan B'ya doğru.	23
Şekil 3.14 : Garipçe'nin kuzeybatısında görülen çakıllı kumlu birim. Bakış G'den K'ye doğru.	23
Şekil 3.15 : Rumelifeneri kalesi etrafında görülen lavlarda akma yapısı ve ana çatlak sistemi.	25
Şekil 3.16 : Rumelifeneri Kalesi'nin batısında görülen doğrultu atımlı fay. Bakış D'dan B'ya doğru.	26
Şekil 4.1 : 0.01 gr hassasiyetli tartıda tartılıp (a) suya doymun ağırlığı, (b) hacmi belirlenen bir örnek.	30
Şekil 4.2 : Etüvde kurutulan örnekler.	30
Şekil 4.3 : Donma-çözölme deneyinde örneklerin su içinde bekleme evresi.	33
Şekil 4.4 : Donma-çözölme deneyinde örneklerin bazılarında oluşan çatlakların görünümü.	34

Şekil 4.5 : Donma-çözülme periyodu sayısının artması sonucunda bazı örneklerde oluşan dağılmalar.	34
Şekil 4.6 : P dalga hızının ölçülmesi.....	36
Şekil 4.7 : Deney örneklerinin kuru ve doymuş halde iken P dalgasını iletme hızları.	36
Şekil 4.8 : AVE-105 numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doymuş haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.	38
Şekil 4.9 : AVE-106a numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doymuş haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.	38
Şekil 4.10 : AVE-109 numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doymuş haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.	38
Şekil 4.11 : Sürtünme ile aşınma kaybı (böhme) deney aleti.	39
Şekil 4.12 : Deneyde aşındırıcı tozun döner tablaya konulması (a), örneğin düşey eksen etrafında 90°döndürülmesi (b).	40
Şekil 4.13 : Kırılma anındaki nokta yükün ölçümü.	41
Şekil 4.14 : Nokta yükleme deneyi (a) öncesi, (b) sonrasında kırılan numuneler.	41
Şekil 4.15 : Tek eksenli basınç deneyinin karot örnekleri üzerinde uygulanması.	43
Şekil 4.16 : Tek eksenli basınç deneyinde kullanılan silindirik numuneler.	44
Şekil 4.17 : Tek eksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin deney sonrasındaki görüntüleri.	44
Şekil 4.18 : Donma-çözülme sonrası tek eksenli basınç deneylerinde kullanılan numuneler.	45
Şekil 4.19 : Donma-çözülme sonrası tek eksenli basınç deneyinde kullanılan örneklerin deney sonrası durumları.	45
Şekil 4.20 : Los Angeles deney aleti.....	47
Şekil 4.21 : Los Angeles deneyi sonunda 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan malzeme.	47
Şekil 4.22 : Mikro-deval deney aleti.....	48
Şekil 4.23 : Darbe deneyi sonunda elde edilen numunenin elenmesi.....	49
Şekil 4.24 : Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deney aleti ve deneyin yapılışı.	51
Şekil 5.1 : Cormon (1973)'e göre andezitlerin yapı malzemesi sınıflandırılmasındaki yeri.	57
Şekil 5.2 : İnceleme alanı yakınında volkanik kayaların kullanıldığı tarihi yapılar.	61
Şekil 5.3 : Garipçe Kalesi'nin genel görünümü.....	62
Şekil 5.4 : Garipçe Kalesi'nin yapımında kullanılan andezitik kayacın yakından görünümü.	62
Şekil 5.5 : Garipçe Andeziti ve Türkiye'de işletilen diğer volkanik kayaların fiziksel özelliklerinin standartta aranan değerlerle kıyaslanması.	68
Şekil 5.6 : Garipçe Andeziti ve Türkiye'de işletilen diğer volkanik kayaların mekanik özelliklerinin standartta aranan değerlerle kıyaslanması.	69

İSTANBUL BOĞAZI'NIN BATISINDAKİ KRETASE VOLKANİTLERİNİN MALZEME ÖZELLİKLERİ VE YAPI TAŞI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

İnceleme alanı İstanbul Boğazı'nın batısında, Sarıyer ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır. Bölgede geniş alanlarda görülen volkanik kayaların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde açılacak otoyol yarmasının bulunduğu bölgede, yarmadan elde edilecek volkanik malzemenin kullanım olanakları da irdelenmiştir. Araziden elde edilen örnekler laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuş ve böylece otoyol kazılarından çıkacak malzeme miktarı ve nitelikleri ortaya konularak, bölgedeki volkanik kayacın yapı ve tahkimat taşı olarak kullanım olanakları incelenmiştir.

İnceleme alanında bölgenin jeolojisini belirlemek için Demirciköy, Rumelifeneri ve Garipçe sınırları içinde arazi çalışmaları yapılmış ve böylece bölgenin 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası ve kesiti hazırlanmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda bölgede Garipçe Formasyonu ve Meşetepe Formasyonu bulunmaktadır. Üst Kretase yaşlı Garipçe Formasyonu genel olarak andezit, bazaltik andezit bileşimli blok-kül akıntıları, ayrılmış andezit ve andezitik lavlardan oluşmaktadır. Garipçe Formasyonu'na ait dört adet örneğin ince kesiti hazırlanmıştır ve mineralojik-petrografik incelemeleri yapılmıştır. İncelemeler sonucunda örneklerin andezit ve ayrılmış andezit olduğu belirlenmiştir. Volkanik birimleri örten Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Meşetepe Formasyonu kum, kil, killi kum, çakıllı kum gibi birimlerden oluşmaktadır.

Kuzey Marmara Otoyoluna ait yarmanın yapılacağı güzergah boyunca proje firması tarafından yapılan araştırma sondajlarından alınan karot örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Fiziksel deneyler kapsamında kuru birim hacim ağırlık, doymun birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, porozite, boşluk oranı, don kaybı deneyleri TS 699'a uygun olarak yapılmış ve hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar TS 10835 (Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan andezit, 1993) ve TS 2513 (Doğal yapı taşları, 1977)'te yer alan veriler ile karşılaştırılmıştır. ISRM 1981'e göre de P-dalga hızı belirlenmiştir.

Mekanik deneyler kapsamında tek eksenli basınç dayanımı, sürtünmeden dolayı aşınma kaybı, nokta yük dayanımı deneyleri ISRM (1981)'ye göre yapılmış ve standartlarda istenen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Örneklerin agrega olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek adına Los Angeles aşınma, Mikro-deval aşınma direnci, suda dağılmaya karşı dayanıklılık, darbe dayanımı ve magnezyum sülfat don kaybı deneyleri TS 699 ve TS EN 1097-1-2 ye göre yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Yapılan fiziksel deney sonuçlarına göre andezitin; kuru birim hacim ağırlığı 2.37 gr/cm^3 , don kaybı % 2.16, porozitesi % 10.82, ağırlıkça su emme oranı % 4.60, P-dalga hızı 2585.5 m/s olarak bulunmuştur.

Yapılan mekanik deney sonuçlarına göre andezitin; tek eksenli basınç dayanımı 216 kgf/cm^2 , sürtünmeden dolayı aşınma (Böhme) kaybı $22.1 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, nokta yükleme dayanımı 1.66 MPa olarak bulunmuştur.

Yapılan agrega deney sonuçlarına göre andezitin; Los Angeles aşınma dayanımı % 36, Mikro-deval aşınma dayanımı % 53, darbe dayanımı % 10.95, suda dağılmaya karşı dayanımı % 81.53, magnezyum sülfat çözeltisinde don kaybı % 78.12 olarak bulunmuştur.

Yarmadan ne kadar malzeme çıkacağını belirlemek için rezerv hesabı yapılmıştır. Km: 86+115 ve Km: 86+740 aralığında yapılacak yarma için proje firmasının hazırladığı proje planları ve kesitler kullanılarak 50 m aralıklı 14 adet kesitte toplam rezerv hacmi belirlenmiştir. Buna göre toplam rezerv miktarı 1534752,146 ton bulunmuştur.

Deneylerden elde edilen veriler ile andezitin yapı taşı, restorasyon malzemesi ve tahkimat taşı olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir. Sonuçlara göre andezitin düşük basınç dayanımı, yüksek su emme, don kaybı ve aşınma kaybı değerleri ile dış mekanlarda döşeme ve kaplama malzemesi olarak kullanılması uygun değildir.

İnceleme alanı içerisindeki tarihi kalelerde esas yapı taşı olarak yöre andezitinin kullanıldığı saptanmıştır. Bu kalelerin aslına uygun restore edilmesi istendiğinde aynı bölgede bulunan andezitik kayaçların kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tahkimat taşı olarak yüksek ayrışma derecesi, düşük kaya kalitesi, düşük dayanımı, yüksek don kaybı ve su emmesi değerleri ile gereken standartları sağlamadığından kullanılması uygun değildir.

Tüm koşullar değerlendirildiğinde andezit kayacının iç mekan kaplama taşı, restorasyon malzemesi ve dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir.

INVESTIGATION ON MATERIAL PROPERTIES AND USABILITY AS A BUILDING STONE OF CRETACEOUS VOLCANITES IN THE WESTERN SIDE OF BOSPHORUS

SUMMARY

The study area is located north of Sarıyer district and west of the Bosphorus. The main scope of this study is to investigate the material properties and usability of the volcanic rocks between Rumeli Kavağı and Kilyos at the northern region of Garipçe. Samples obtained from investigated area has been tested in the laboratory for determination of the quality of the material in this region. The core specimens obtained from site investigation boreholes on the route of the Northern Marmara Motorway were used in experimental studies. It is also focused to take out the possibilities to use the rock materials of motorway excavations in this region.

Natural stones are one of the oldest construction materials known and have been used for a long time by the people. At the beginning, building stones used to fulfill for sheltering need are come into use the decoration works in time. Most of structures and works of art starting from the first civilization were made by natural building stones. In modern time, they are used in several types of buildings and commercial buildings for different purposes. Additionally, natural stones in a wide of area such as renewal of the old house, the reconstruction of historic buildings like mosque, cathedral, castles, regulation of the public places of major city centers, recreation areas, slab of road and paving, curbstones, retaining wall, roofing, coastal armoring, breakwater and dam construction, aggregate production are used.

There are numerous artefacts made of natural stone in Ancient Greek, Roman, Byzantine, Seljuk and Ottoman periods in the Anatolia. The use of andesite as natural material comes until today in the Anatolian civilizations. It has also continued to be used in different applications at the modern period of Turkish Republic.

Andesites are generally pinkish and greyish in colours and have high abrasion resistant, slip-obstacle, decorative that makes it possible to use.

The field studies within the area of Demirciköy, Rumelifeneri and Garipçe were continued to find out the geological characteristics of the study area. As a result of field survey, a geology map and section in the scale of 1/10.000 of the region was prepared.

It is observed that the Garipçe Formation occurs as the base geological unit in studied area and it is overlain by Meşetepe formations in the region. Upper Cretaceous Garipçe Formation consists of generally block-ash flow composition of basaltic andesite, andesite and andesitic lavas.

Thin sections of rock samples obtained from studied area were prepared and mineralogical-petrographic examinations were conducted. As a result it is determined that test samples generally contain plagioclase and pyroxene phenocrystals in their texture. Amphibole and opaque minerals are also observed in these samples. As a result of petrographic examinations the volcanic rock in studied area could be defined as andesite.

Late Oligocene-Early Miocene Meşetepe Formation covering the volcanic units consists of not cemented sedimentary layers such as sand, clay, clayey sand, gravel.

The laboratory studies were conducted on core samples taken from various depths of investigation boreholes belong to Northern Marmara Motorway alignment crossing the study area. All of the tests suggested for building stones in Turkish Standards (TS) and International Society for Rock Mechanics (ISRM) are conducted.

Physical properties such as dry unit weight, saturated unit weight, water absorption by weight, porosity, void ratio, weight loss after freeze-thaw cycles are determined according to TS 699. The results were compared with values given in TS 10835 (Andesite Used as Facing and Building Stone, 1993) and TS 2513 (Natural Building Stones, 1977). The P-wave velocities of tested specimens are also measured according to ISRM (1981) for further evaluations.

Uniaxial compressive strength, abrasion due to friction, point load strength are also determined by mechanical tests conducted according to ISRM specifications. The results of these tests are also compared with values suggested in related standards.

The Los Angeles, micro-deval, slake durability, impact and magnesium sulfate tests were conducted according to TS 699 and TS EN 1097-1-2 to evaluate the possibilities of usage of andesite in studied area

The results of physical and sonic tests on andesite specimens indicated that average values are as follows.

Dry unit weight: 2.37 gf/cm³,
Weight loss after freezing: 2.16 %,
Apparent porosity: 10.82 %,
Water absorption by weight: 4.60 %,
P-wave velocity 2585.5 m/s.

Similarly, the average values obtained from mechanical and durability tests are listed below.

Uniaxial comprehensive strength: 21.6 MPa
Abrasion resistance: 22.1 cm³/50 cm²
Point load index: 1.66 MPa.
Los Angeles abrasion value: 36 %,
Micro-deval abrasion resistance 53 %,
Impact strength 10.95 %,
Slake durability index 81.53 %,
Magnesium sulfate value: 78.12 %

Additionally, the reserve of andesite material will be obtained excavations on the route of highway is calculated by using 14 parallel cross-sections. The spaces between cross-section are 50 m and they were located between the Km: 86+115 and Km: 86+740 using the project plans and cross-sections prepared by the project

company. As a result of this calculation, it is understood that 1534752,146 tons of andesite material will be obtained from highway cuts in studied area.

The values mentioned above which correspond main engineering properties to make a decision for selecting building stone are evaluated and compared with volcanic stones to be used in Turkey. As a result, it is understood that Garipçe Andesite has low strength material and negatively affected by atmospheric agents. Therefore, the use of andesite as flooring and coating materials at outdoor are not suitable.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, İstanbul Boğazı'nın batı yakasında, Rumelikavağı-Kilyos arasında geniş alanlarda görülen volkanik kayaçların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde açılacak otoyol yarmasının bulunduğu bölgede, yarmadan elde edilecek volkanik malzemenin kullanım olanakları da irdelenmiştir. Bu kapsamda proje güzergâhını da içine alan geniş bir alanda araştırmalar sürdürülmüş ve araziden elde edilen örnekler laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuştur. Sonuçta otoyol kazılarında çıkacak malzeme miktarı ve nitelikleri ortaya konmuş, bölgedeki volkanik kayacın yapı taşı olarak kullanım olanakları incelenmiştir.

Doğal yapı taşları insan hayatına binlerce yıl önce girmiştir. Önceleri barınma ihtiyacını gidermek için kullanılan doğal yapı taşları zamanla barınmanın dışında süsleme ve dekor işlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. İlk medeniyetlerden başlayarak yapılar ve sanat eserleri doğal yapı taşları kullanılarak yapılmıştır. Yeni yapılan binalarda ve ticari yapılarda büyük alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, doğal yapı taşları eski evlerin yenilenmesi amacıyla da, cami, katedral, kale gibi tarihi yapılara yeniden hayat kazandırmak yanında büyük kent merkezlerinin halka açık umumi yerlerinin düzenlenmesinde, rekreasyon alanlarında, yol ve kaldırım döşemesi, bordur taşı, duvar ve dayanma yapısı malzemesi, çatı örtüsü, kıyı tahkimatı, dalgakıran ve baraj inşaatı, agrega üretimi gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Anadolu medeniyetleri içinde andezitin doğal malzeme olarak kullanımı günümüze kadar gelmektedir. Cumhuriyet tarihimizde çokça kullanılmaya devam etmiştir. Pembe ve gri renklerde, aşınmaya dayanıklı, kaymaya engel ve dekoratif olması kullanılmasını olanaklı kılmaktadır.

Doğal yapı taşlarının renk, doku ve mineralojik bileşimlerine göre; estetik görünümlü, homojen yapılı, fiziksel, mekanik ve kimyasal etkilere dayanıklı, oyma ve süslemeler için uygun özelliklere sahip olması istenir.

Yapı malzemesi olarak kullanılacak doğal taşlarda; TS 10835 (1993), ISRM (1981) ve TS 699 'a (1987) göre gereken fiziksel ve mekanik deneylerin yapılması istenmektedir. Diğer birçok yabancı standartlarda da benzer deneylerden elde edilen değerler taşın kullanım yeri ve kullanım şekliyle ilgili kararlarının alınmasında göz önünde tutulmaktadır. Deneyler sonucunda elde edilen verilerle doğal taş standartlarındaki veriler karşılaştırılmış ve yapı taşı olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Tahkimat taşı olarak kullanılacak doğal taşlarda; TS 699 (1987), TS 2513 (1977), TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004)'e göre gereken laboratuvar deneyleri yapılmış ve sonuçlara göre de kullanıma uygun olup olmadığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bölgedeki yarmaların geometrisi, yarmaların bulunduğu kesimlerde yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre oluşturulan birbirine paralel ve sistematik jeolojik kesitler yardımıyla malzeme kalitesinde göz önünde tutularak kazı malzemesi hacimleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonunda kalite açısından sınıflandırılarak hacmi belirlenen malzemenin kullanım olanakları ve koşulları tartışılmıştır.

1.1 Çalışmanın Amacı

İnceleme alanı ve yakın civarındaki tarihi ve antik yapıların duvar ve döşemelerinde bölgeden elde edilen volkanik kayaçların kullanıldığı bilinmektedir (Başol vd., 2010). Ayrıca, İstanbul'daki tarihi yapıların bazılarında kaynağı farklı olan ve il arazisi dışından sağlandığı tahmin edilen andezit ve dasit karakterli volkanik taşların kullanıldığı bilinmektedir (Mahmutoğlu vd., 2003). Bu çalışmada, İstanbul Boğazı'nın batı yakasında, Rumelikavağı-Kilyos arasında geniş alanlarda görülen volkanik kayaçların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde açılacak otoyol yarmasının bulunduğu bölgede, yarmadan elde edilecek volkanik malzemenin kullanım olanakları da irdelenmiştir. Ayrıca bölgedeki

volkanik kayaçların kentin tarihi yapılarının yenilenmesinde kullanımının mümkün olup olmadığı hususunda da bir değerlendirme yapılmıştır.

Günümüzde yapılarda genellikle yüzeyleri düzeltilerek parlatılmış doğal taş ürünleri sıklıkla kullanılmaktadır. Özel işlemlerle yüzeyi pürüzlü hale getirilmiş ve parlatılmadan kullanılan cephe kaplaması ve döşeme uygulamaları da son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Yapıların düşey yüzeylerinde (iç ve dış), taban döşemesinde, merdiven basamaklarında ve dekoratif amaçlı gerçekleştirilen her türlü kaplamalarda kullanılan taşlar ticari piyasada "mermer" olarak isimlendirilmektedir (Anon, 2001). İnşaat sektöründe doğal taşların kullanımındaki artışa paralel olarak kullanılan taş türü ve çeşitliliği giderek artmaktadır.

Son 20 yıl içinde, başta Ankara olmak üzere birçok kentte çevre düzenlemesi, park, bahçe, duvar ve yaya yollarında andezit ve bazalt kullanımı oldukça artmıştır. Ayrıca, iç pazarın büyümesiyle birlikte Avrupa kent peyzajı projelerinde de doğal taşlar gün geçtikçe daha çok tercih edilmektedir.

1.2 Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma literatür taraması, saha gözlemleri, deney yapımı ve rapor yazımı şeklinde gerçekleşmiştir.

Çalışma alanı, İstanbul ilinin Sarıyer ilçesine bağlı Demirciköy, Rumelifeneri ve Garipçe semtlerini kapsayan Kuzey Marmara Otoyolunu da içine alan yaklaşık 25 km²'lik alanı kapsamaktadır.

Bu alanda öncelikle bölgeyi tanımak için saha çalışmaları yapılarak 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış ve enine kesitler çizilmiştir.

Haritalama sırasında 1/10.000 ölçekli topografik harita baz alınmış, ölçümlerde Brunton tipi jeolog pusulası, kayaçların numune alınmasında jeolog çekici ve arazide el numunelerinin incelenmesinde lup kullanılmıştır.

Mineralojik ve petrografik incelemeler için çalışma alanında yüzeylenen birimlerden, eski tarihi yapılardan ve sondaj karotlarından örnek alınmıştır. Bu incelemeler için örnekler taş kesme ve ince kesit atölyesinde işleminden geçirilmiş, hazırlatılan ince kesitler daha sonra polarizan mikroskopla incelenmiştir. Bu yolla örneklerin

mineralojik bileşimi ve dokusu tayin edilmiş, ince kesitlerin fotoğrafları çekilmiş ve kayaç tanımlamaları yapılmıştır.

Üç adet araştırma sondajından alınan karot örneklerinde laboratuvarında fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Fiziksel deney olarak örneklerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlığı, porozitesi, ağırlıkça su emme değeri ve don sonrası ağırlık kaybı değerleri bulunmuştur. Mekanik deney olarak tek eksenli basınç, sürtünmeden dolayı aşınma kaybı, nokta yükleme deneyleri yapılmıştır. Ayrıca malzemenin P-dalga hızları ölçülmüştür.

Yukarıdakilere ilaveten malzemenin darbeye, donma-çözölmeye ve aşınmaya karşı dayanımını belirlemek üzere Los Angeles aşınma dayanımı, magnezyum sülfat ($MgSO_4$) çözeltisinde don kaybı, darbe dayanımı, Mikro-Deval aşınma dayanımı, suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyleri yapılmıştır.

Otoyol yarmasından elde edilen malzemenin miktarını belirlemek için yol güzergahı boyunca alınan en kesitler kullanılmıştır. 50 m aralıkla alınan jeolojik en kesitler yardımıyla yarmadan çıkacak malzemenin toplam rezervi hesaplanmıştır.

kayalık falezlere bırakır. İstanbul Boğazı girişindeki Rumelifeneri açıklarında yer alan kayalıklara Öreke Adaları denir.

Boğaz kıyıları oldukça girintili çıkıntılıdır. Sahildeki en önemli koylar Büyükdere, Tarabya ve İstinye; başlıca burun ise Yeniköy'dür.

İnceleme alanı olan Demirciköy iç kesimlerde yer alırken, Rumelifeneri ve Garipçe köyleri boğaza kıyı noktalarda yer almaktadır.

2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Sarıyer İlçesi coğrafi konumu ve fiziki coğrafya özellikleri nedeniyle aynı enlemdeki birçok yerleşimden farklı özellikler taşımaktadır.

Boğaziçi, Akdeniz ve Orta Avrupa, Kuzey bölgesi Batı Karadeniz iklimi karakterindedir.

Sahil şeridinde mevsimine göre değişen antisiklon ve siklon hava akımları bölgeye kuru ve durağan hava şartları, depresyonlar ise bol yağış getirmektedir. Bölge kış mevsiminde yağışlı, yaz aylarında ise rüzgârlar sabit, sıcak ve yağışlar azdır.

İlçe sınırları içerisindeki ortalama sıcaklık +20 derece, ölçülebilen en yüksek sıcaklık ise +40 derecedir. Yılda ortalama 727 kg yağmur düşmektedir.

Sarıyer, bitki örtüsü bakımından İstanbul'un en zengin ilçelerinden birisidir. Belgrad Ormanlarının doğu uzantıları ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Bununla beraber Rumeli Kavağı, Rumeli Feneri ve Kilyos'u kapsayan alanlar da ormanlarla kaplıdır. Karaçam, sahilçamı, fıstıkçamı, kızılçam ve meşe yaygın orman bitkileridir.

2.3 Ulaşım

Sarıyer İlçesi'nde yaşayanlar deniz ve kara yollarından yararlanarak kentin öbür kesimlerine ulaşırlar. Denizyolu ulaşımı semtlerdeki iskelelerden (Sarıyer, Rumelikavağı, Yeniköy, Emirgan, İstinye, Büyükdere) İDO'nun vapurlarıyla sağlanır. İlçe kıyılarında balıkçı teknelerinin sığındığı bazı iskeleler vardır. Bunlardan başlıcaları Rumelifeneri'nde ki balıkçı barınağı ile Sarıyer'deki küçük dalgakırandır.

Kentin batı kesimini İstanbul Boğazı yakınından Karadeniz kıyısına bağlayan karayolları Sarıyer İlçesi'nde sona erer. İlçede dört önemli karayolu ekseni vardır.

Bunlardan biri Boğaz kıyısını izleyen ve değişik semtlerde farklı adlar taşıyan “sahil yolu”, ikincisi ise Zincirlikuyu'dan gelip Tarabya kavşağından sonra Hacı Osman Bayırı adıyla anılan ve Kefeliköy'de sahil yoluna bağlanan Büyükdere Caddesi'dir. Büyükdere Caddesi, İstinye'den ve Tarabya'dan da sahil yoluna bağlanmaktadır. Üçüncü önemli karayolu ekseni, batı ayağı Rumelihisarı'nda olan Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'yle kenti Anadolu yakasına bağlayan batı-doğu doğrultulu çevre yoludur. Dördüncüsü yapımı 2012 yılında tamamlanan Çayırbaşı – Sarıyer tünelidir.

İlçe merkezinden Beşiktaş ve Taksim'e otobüs, 4. Levent ve Beşiktaş'a da minibüs seferleri vardır. M2 Metro Hattının son durağı olan Hacıosman'dan metroya binerek Levent, Mecidiyeköy, Taksim güzergâhından Şişhane durağına kadar ulaşılabilir. M2 Metro hattı 2011 yılında tamamlanmıştır.

Ayrıca 2015 yılında bitmesi planlanan 3. Boğaz Köprüsü hem taşıt hem de tramvay geçişi ile karayolu ekseninin önemli bir ayağını oluşturacaktır.

3. GENEL JEOLojİ

3.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanının bulunduğu İstanbul İli, Batı Pontid tektonik kuşağı içerisinde yer alır. Bu tektonik kuşak güneyde İzmir-Ankara-Erzincan suture zone ile sınırlanır. Batı Pontid kuşağının temeli, üç farklı kıtasal topluluk ile temsil edilir: 1. Batıda Trakya bölgesinde temeli oluşturan Istranca masifi, 2. Paleozoyik yaşlı bir çökel seri ile temsil edilen İstanbul zonu, 3. Sakarya kıtasıdır (Okay, 1994; Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Batı Pontid tektonik kuşağını oluşturan zonlar.

Niteliği henüz açıklığa kavuşturulamamış önemli bir tektonik olayla yan yana gelmiş bulunan, metamorfizma gösteren istif “Istranca Masifi”, metamorfizma göstermeyen istif ise “İstanbul Zonu” dur. Trakya yarımadasının kuzey kesiminde özellikle Tekirdağ-Edirne arasında geniş alanlar kaplayan şist, kuvarsit ve mağmatitleri içeren Istranca Masifi metamorfitlerinin küçük bir bölümü, Çatalca ilçesinin batı ve kuzey kesimlerinde İstanbul il sınırları içine girer.

İstanbul Zonu, Boğaz’ın her iki yakasında ve Kocaeli yarımadasında geniş alanlar kaplayan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşta metamorfizma göstermeyen kaya birimlerini içerir.

İstanbul ili, Erken Paleozoyik-Kuvaterner aralığında oluşmuş çok sayıda kaya birimlerini kapsar. Bölgede bulunan birimler Ordovisiyen’den Alt Karbonifer’e

kadar uyumlu bir istif oluştururlar. Genellikle kırıntılı ve karbonatça zengin bu birimler, tektonizmayla karışık bir yapı kazanmışlardır. İnceleme alanındaki Paleozoik yaşı birimler Gözdağ, Dolayoba, Kartal, Tuzla, Baltalimanı ve Trakya formasyonudur.

En altta yer alan Ordovisiyen yaşı Gözdağ formasyonu, başlıca mika pullu kumtaşıdan oluşur. Gözdağ formasyonu üzerine Silüriyen yaşı Dolayoba formasyonu gelir. Dolayoba formasyonu, sıkı tututurulmuş kireçtaşılarından, kuvars kırıntılı kumtaşılarından ve yumrulu – bantlı kireçtaşılarından oluşur. Kireçtaşları genellikle resifal özelliktedir. Dolayoba formasyonu üzerine, Devoniyen yaşı Kartal ve Tuzla formasyonları gelir. Kartal formasyonu; iri taneli kireçtaşı merceklerinden, yer yer karbonatlı şeyllerden, grovaplardan ve bol fosilli killi kireçtaşılarından meydana gelmiştir. Tuzla formasyonu ise; yumrulu kireçtaşı, kalkerli şeyl ve tabakalı çörtlerden oluşmuştur. Alt Karbonifer yaşı Baltalimanı formasyonu, Tuzla formasyonu üzerine gelir. Çok sınırlı yüzlekler halindedir. Bu birim siyah renkli laminalı çörtlerden ibarettir. Trakya formasyonu ise; başlıca kahverenkli kumtaşı (grovak), şeyl ve kireçtaşı merceklerinden oluşur.

İstanbul il sınırları içinde Jura-Erken Kretase aralığını temsil eden kaya birimleri saptanamamıştır. Bundan dolayı Triyas yaşı kaya birimleri üzerine Üst Kretase yaşı birimler uyumsuz olarak gelmiştir.

Çalışma alanındaki Üst Kretase yaşı volkanik topluluk temel kayalarıyla tektonik dokanaklı olup, batıda Kısırkaya (Sarıyer)’den doğuda Şile’ye kadar olan alanda ve genellikle Karadeniz’e kıyı alanlarda yüzlekler verir (Yavuz, 2008).

Üst Kretase yaşı volkanik topluluğun Tetis Okyanusu’nun kuzey kolunun kuzeye doğru dalmasına bağlı magmatik bir yay serisi olduğu konusunda çoğu araştırmacı arasında genel bir görüş vardır (Boccaletti vd., 1973, 1974 ve 1978; Manetti vd., 1979; Pecerrillo ve Taylor, 1976; Aiello vd., 1977; Stanisheva-Vassileva, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981; Görür, 1988 ve 1991; Stanisheva-Vassileva ve Daieva, 1990; Vassileff ve Stanisheva-Vassileva, 1981; Yenyol ve Ercan, 1989/1990; Yılmaz vd., 1997; Tüysüz, 1999; Okay vd., 1994 ve 2001; Kamenov vd., 2004). Ancak yay modeline karşı iki farklı görüş daha bulunmaktadır: Bunlardan birincisinde volkanik topluluğun, Paleotetis okyanusunun yay ardında oluşmuş olduğu ileri sürülmektedir (Bektaş vd., 1995, 1999 ve 2001). Bu görüşe sahip

araştırmacılar Karadeniz'in tabanının Paleotetis'e ait eski okyanus tabanı olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Robertson vd. (1996) tarafından ileri sürülen ikinci görüşe göre ise, bu kuşağın Batı Karadeniz havzasının açılımı sırasında gelişmiş riftleşmeye bağlı bir volkanik kenar istifi olduğudur.

İstanbul kuzeyinde yüzeylenen ve Kavaklar grubu olarak isimlendirilen Üst Kretase yaşlı volkanojenik istif, birbirleri ile uyumlu (1) Bozhane, (2) Garipçe ve (3) Kısırkaya formasyonlarından meydana gelir (Keskin vd., 2003). Volkanitler; bazalt, bazaltik andezit, andezit, dasit ve riyodasit bileşiminde volkanoklastikler, lavlar, epiklastik çökeller ve bu birimleri değişik açılarda kesen aynı bileşimli dayklardan oluşur. Bozhane formasyonu başlıca silisiklastik türbiditlerden oluşur. Garipçe formasyonu blok-kül akıntıları, matriks destekli veya tane destekli, kütle akıntıları şeklinde izlenir. En üstte yer alan Kısırkaya formasyonu, olivinli bazaltik lav ile bunların epi- ve piro-klastik eşdeğerlerinden ve üst kısımda görülen kalkarenit seviyesinden oluşur. Kavaklar grubu, belirli zonlar boyunca ortaç ve bazik dayklar tarafından kesilmektedir.

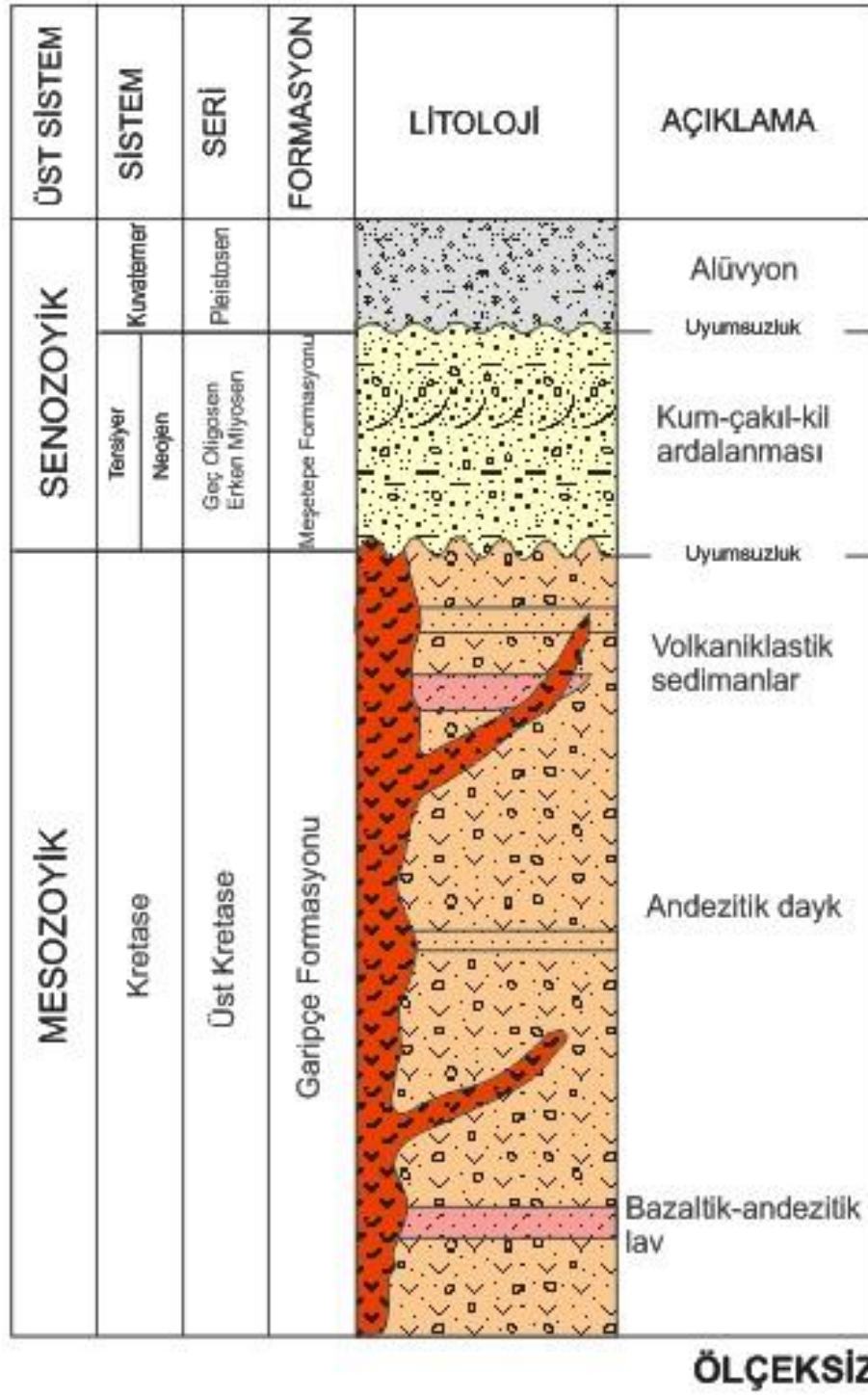
Eosen'de Anadolu'nun büyük bölümünü etkisi altına alan kompresif hareketler, İstanbul ilini de kapsayan Marmara havzasında yoğun kıvrımlanma ve faylanmalara neden olmuştur. Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kaya birimlerinin Üst Kretase- Erken Eosen yaşlı istiflere bindirmesine neden olan ve bölgenin Karadeniz'e bakan kuzey kesimini kabaca KKB-GGD doğrultusunda kesen Sarıyer-Şile Fayı'nın bu hareketlerden dolayı oluştuğu düşünülmektedir (Chaput ve Hovasse 1930, Baykal 1943, Akartuna 1963). Orta Eosen'de transgresyona uğrayıp, denizle kaplanan bölge Orta-Geç Oligosen'de Trakya havzasının bütününe etkileyen tektonik hareketlere bağlı olarak, yeniden yükselmiş ve Günümüze değin süren bir karalaşma sürecine girmiştir. Geç Oligosen-Geç Miyosen aralığını temsil eden akarsu birikintileri bölgedeki üst çökel istifi oluşturmuştur.

3.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kaya birimlerinden oluşmaktadır. İstanbul'un kuzeyinde, Karadeniz kıyısı boyunca yüzeyleyen volkano-sedimenter istif değişik araştırmacılar tarafından Sarıyer Formasyonu (Pehlivan, 1990), İstanbul Volkanitli Filişi ve İstanbul Volkaniti (Bayrak ve Murat, 1990), Kilyos Volkanitli Flişleri, Sarıyer Gurubu (Yurtsever, 1996), İsaklı Formasyonu ve Riva

Formasyonu'nu kapsayan Yemişliçay Gurubu (Gedik vd., 2004), Bozhane Formasyonu, Garipçe Formasyonu ve Kısırkaya Formasyonu'nu kapsayan Kavaklar Gurubu (Keskin vd., 2003) gibi birçok isimle adlandırılmıştır. Söz konusu kırıntılı ve volkanitlerden oluşan alan üzerinde yer alan Sarıyer ilçesinin adının, istifin tümü için formasyon adı olarak korunması önerilmiştir. İstifin alt düzeyinde kırıntılılar üst düzeyinde ise volkanitler egemendir. Özgül (2005) tarafından, birbiriyle yanal ve düşey geçişli olan ve birbirine ait kayatürlerini arakatkılar halinde kapsayabilen bu iki düzeyin, tek bir formasyona ait üyeler olarak adlandırılması ve bu düşünce ile, Keskin vd. (2003) tarafından kullanılan Bozhane, Garipçe ve Kısırkaya formasyon adlarının, Sarıyer Formasyonu kapsamında olmak üzere, “Bozhane Üyesi”, “Garipçe Üyesi” ve “Kısırkaya Üyesi” olarak üye derecesine indirgenmiştir. Volkanosedimenter istif inceleme alanının büyük bir kesiminde Oligosen-Miyosen yaşlı, karasal sedimentler ile uyumsuz olarak örtülür.

Bu çalışmada Keskin vd. (2003) tarafından belirlenen formasyon adları kullanılmış olup, çalışma alanın da Kavaklar grubundan sadece Garipçe Formasyonu yer almaktadır. Senozoyik yaşlı birimden ise Meşetepe Formasyonu ve alüvyon yer almaktadır (Şekil 3.2). Ek-1'de Garipçe, Rumelifeneri ve Demirciköy arasında kalan çalışma alanının jeoloji haritası ve kesitleri verilmiştir.



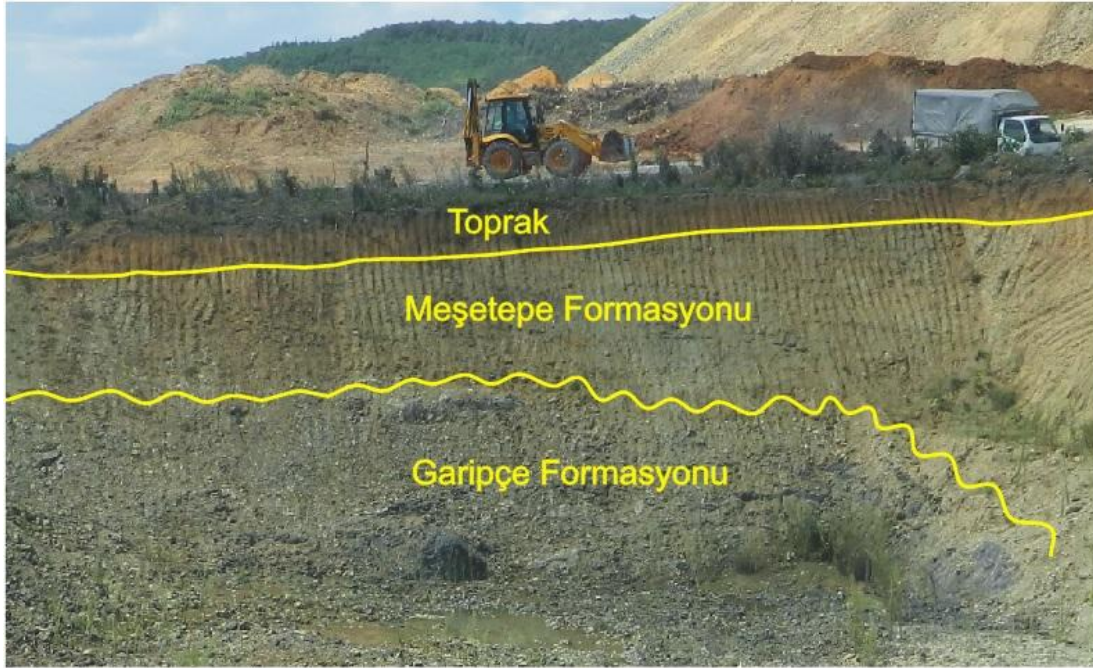
Şekil 3.2 : İnceleme alanının ölçeksiz genelleştirilmiş dikme kesiti (Keskin vd., 2003'den düzenlenerek).

3.2.1 Garipçe formasyonu

Tanım: İnceleme alanında stratigrafik istifte en altta bulunan ve geniş yayılım gösteren bu birim Keskin ve diğerleri (2003) tarafından Garipçe Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

Formasyon Kavaklar grubunun ağırlıklı litolojisini oluşturur ve başlıca volkanoklastik sedimentler ($> \% 98$) ve az oranda lavlardan ($< \% 1-2$) ve bunları kesen dayklardan oluşur. Birim üstte Senozoyik yaşlı birimler ile uyumsuz olarak örtülür (Şekil 3.3).

Formasyonun en iyi yüzlekleri Garipçe civarında, Garipçe ile Rumelifeneri arasında ki kıyı kesiminde, Rumelifeneri limanında, Rumelifeneri Kalesi civarında gözlemlenmiştir.



Şekil 3.3 : Garipçe Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak gelen Meşetepe Formasyonu'nun görünümü. (Üçüncü Boğaz Köprüsü'nün Garipçe ayağı uzantısındaki şantiye alanı) Bakış KD'dan GB'ya doğru.

Litoloji: 2000 m'yi aşkın kalınlığıyla Garipçe Formasyonu'nun egemen litolojisi, istifin yaklaşık $\% 98$ 'ini oluşturan volkaniklastik sedimentlerdir. Volkaniklastik sedimentler tabaka kalınlığı yer yer 50 m'yi aşan kaba kırıntılılar ile temsil edilir (Keskin vd. 2003). Bunlar genellikle blok-kül akıntıları, volkanik breş, akma breşi, hyaloklastitler, volkanojenik kumtaşı şeklinde görülür. Bloklar yarıyuvarlak, yarıköşeli bazıları ise köşeli olarak gözlenmektedir. Blok boyutları ortalama 5-30 cm

arasındadır. Bazı yerlerde blokların oranı matrikslerin oranına göre fazla iken, bazı yerlerde tam tersi durum söz konusudur (Şekil 3.4, 3.5). Birim Garipçeköy koyu civarında en iyi yüzleklere sahiptir. İstif içinde kumtaşları ve silttaşları çok az bir yer tutar ve ana olarak istifin üst kesiminde görülür. Kumtaşı tabakalarında derecelenme, ripple marklar ve çapraz tabakalar gözlenir.

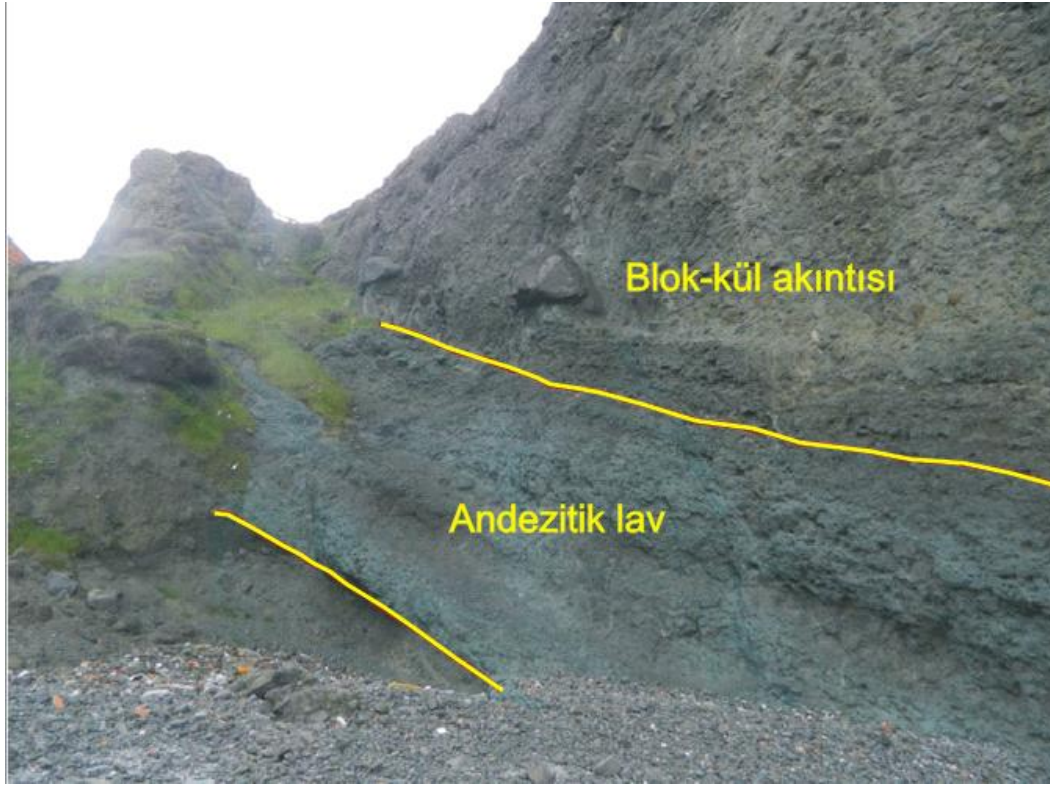


Şekil 3.4 : Rumelifeneri limanında görülen blok-kül akıntıları. Bakış KD'dan GB'ya doğru.



Şekil 3.5 : Garipçe'nin Boğaz kıyı kesiminde görülen blok-kül akıntıları. Bakış GD'dan KB'ya doğru.

Kuzeye doğru Rumelifeneri ile Garip    y arasında, Karadeniz kıyı kesiminde blok-k  l akıntıları arasında gri, yeşilimsi gri renkli lav seviyesi izlenir (  ekil 3.6).



Şekil 3.6 : Garip    y'  n kıyı kesiminde blok-k  l akıntıları arasındaki yeşil renkli andezitik lavın görünümü. Bakış GD'dan KB'ya doğrudur.

Formasyon   ste doğru Rumelifeneri civarında yaygın yüzleklere sahip koyu gri, yeşilimsi gri masif lavlara geçer (  ekil 3.7). Lavlar andezit ve bazaltik andezit bileşimlidir ve Rumelifeneri Kalesi civarında en iyi y  zleklerini verir. Bu alanda ayrıca ilk evre lavları ile son evre lavları da i   i   izlenmektedir. Bu ilişki, farklı çıkış yerlerinden çıkıp akan birimlerin i   i   geliştiğini d    nd  rmektedir (Yavuz, 2008). İlk evre lavları kırmızı-pembe renkte iken son evre lavları koyu gri-yeşilimsi siyah renktedir (  ekil 3.8).

Ya  : Kavaklar grubunu oluşturan Kısırkaya Formasyonu'nun en üstünde bulunan, birkaç metre kalınlıklı kalkarenitlerden elde edilen verilere göre istif   st Kretase (Maastrichtiyen) ya  lıdır (Keskin vd. 2003).



Şekil 3.7 : Rumelifeneri kalesinin kuzeybatısında görülen andezit bileşimli lavlar. Bakış B'dan D'ya doğru.



Şekil 3.8 : Rumelifeneri kalesinin doğusunda bulunan farklı lavların görünümü. Bakış G'den K'ye doğru.

3.2.1.1 Garipçe formasyonuna ait volkanik kayaların mineralojik-petrografik özellikleri

Araziden ve üçüncü boğaz köprüsünün bağlandığı hatta açılan araştırma sondajlarından alınan örneklerin ince kesitleri hazırlanarak polarizan mikroskopta incelenmiştir. Kesitlerde plajiyoklas mikrolitlerinden oluşan bir hamur içinde dağılmış fenokristaller yaygın olarak plajiyoklas ve piroksendir. Ayrıca opak mineraller ile amfibol minerali de gözlenmiştir. Her bir kesitin açıklaması aşağıda verilmiştir.

- ÖRNEK 1: AVE-105 Sondajın 17.00-18.00 m'sinden alınmıştır.

Doku: AVE-105 numaralı araştırma sondajının 17.00 – 18.00 m derinliğinden alınan örneğin dokusu mikrolitik-porfiriktir.

Matriks, az oranda mikrolitli daha çok camsaldır. Matriks içinde piroksen ayrışım izleri vardır. Ayrıca piroksenlerde şekilsiz-oval ve farklı boyutlu, boşluk içinde (cidarlarında, iç yüzeylerde) opaklaşma ve zonlara rastlanır (Şekil 3.9).

Mineraller (Fenokristaller):

Fenokristaller farklı taneli, dağılmış, kırıklı halde ve deformasyon geçirmiştir.

Plajiyoklas: Genellikle yarıözşekilli, iri fenokristalli ve matriks içinde mikrolit olarak izlenmiştir. Bazı plajiyoklaslarda polisentetik ikizlenme görülmektedir.

Piroksen: Matriks içinde dağılmış, yarı özşekilli, 2 dilinimli (90°), opak ayrışım izleri taşır.

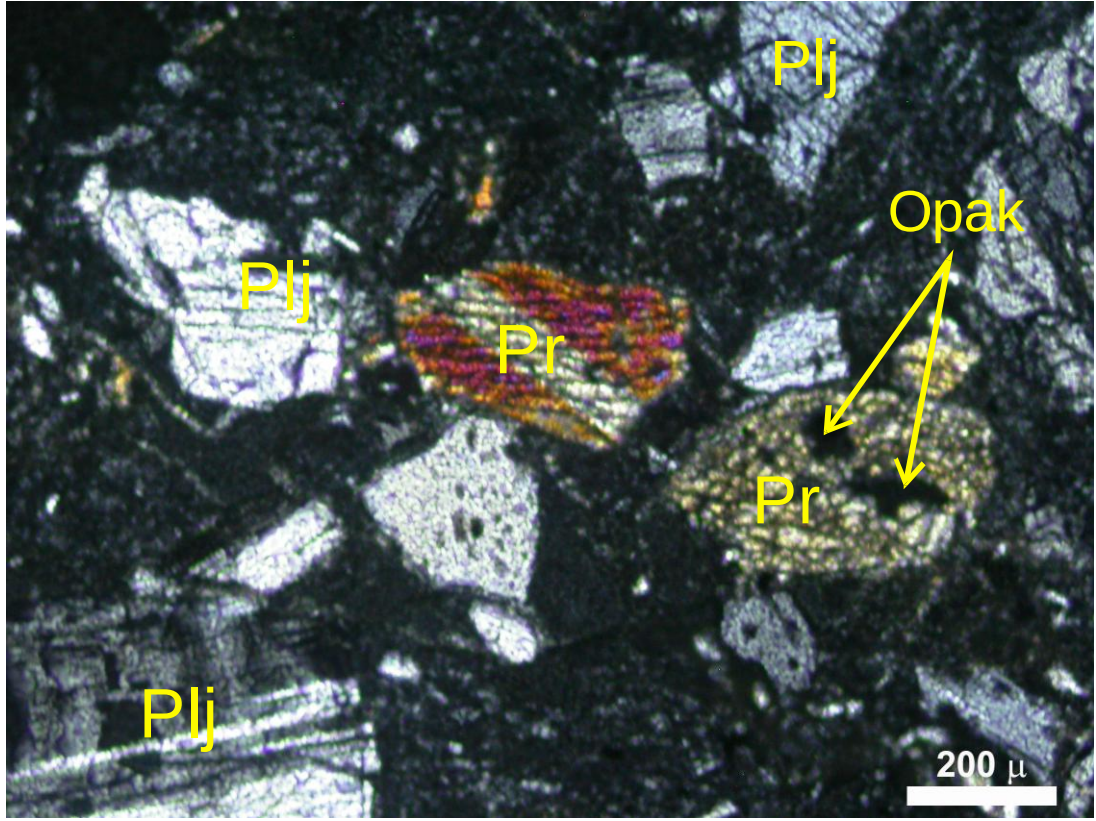
Opak cevher: İnce ve iri taneli, çoğunlukla aşınmış şekillerden oluşur.

Mineral Bileşimi-Modal Oran

Plajiyoklas, ojit ve opak cevher (% 6-7) den oluşan fenokristaller yaklaşık % 25-30 oranında bulunmaktadır.

Mikrolit, volkanik cam ve opak cevher (ayrışım demiroksit) den oluşan matriks yaklaşık % 70-75 oranında bulunmaktadır. Cam oranı mikrolitten fazladır.

Kayaç tanımı: Kayacı oluşturan minerallere göre bu örnek; piroksenli andezit olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.9 : Ave-105 numaralı sondajdan alınan andezitin polarizan mikroskopunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajiolklas, Pr; piroksen).

- ÖRNEK 2: AVE-109 sondajının 19.50 – 21.00 m’sinden alınmıştır.

Doku: Üçüncü boğaz köprüsünün boğazın batı yakasındaki uzantısında bulunan tepelik kısımda açılmış AVE-109 numaralı araştırma sondajının 19.50 – 21.00 m derinliğinden alınan örneğin dokusu mikrolitik-porfiriktir. Ayrışım ürünü kalsit doku içinde çok yaygın bulunmaktadır. İkincil mineral olarak klorit, epidot, kalsit oluşmuştur (Şekil 3.10).

Mineraller (Fenokristaller):

Plajiolklas: İlizli ve yarı özşekilli olan plajiolklaslar, az oranda bulunup, çoğunluğu aşırı alterasyon sonucu ikincil mineral olarak kalsite dönüşmüştür.

Piroksen: Büyük bir kısmında alterasyon sonucu klorit oluşumu görölmektedir ve birlikte içiçe yer alırlar.

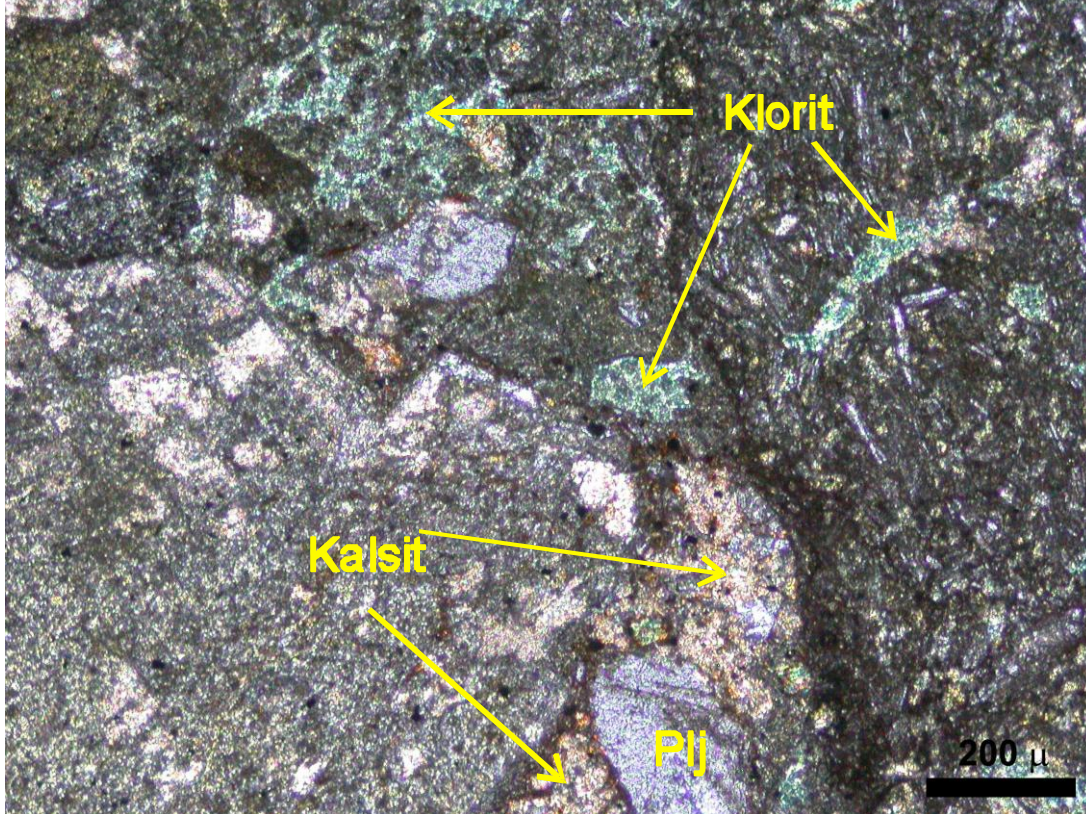
Matriks: Mikrolitik şekilli, plajiolklas özellikli kısmen kalsitleşmiştir.

Mineral Bileşimi-Modal Oran

Plajiolklas (altere kalsit), piroksen (altere klorit) ve opak cevherden oluşan fenokristaller yaklaşık % 25-30 oranında bulunmaktadır.

Mikrolitik plajioklas (az oranda), kalsit ve demiroksitten oluşan matriks yaklaşık % 70-75 oranında bulunmaktadır.

Kayaç tanımı: Tümden ayrılmış (plajioklas mikrolit hariç), mikrolit hamurlu, andezit.



Şekil 3.10 : Ave-109 numaralı sondajdan alınan ayrılmış andezitin polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas).

- ÖRNEK 3: Rumelifeneri Kalesi kuzey duvarından alınmıştır.

Doku: Kale duvarından alınan bu örnek porfirik dokuludur. Matrikste mikrolit oranı cam oranından fazladır. Plajioklas, piroksen mikrolitlerinde akma izi görülmektedir (Şekil 3.11).

Mineraller (Fenokristaller):

Plajioklas: Albit ve polisentetik ikizli, zonlu plajioklaslar, özşekilli ve yarı özşekillidir.

Piroksen: Özşekilli, iki yönde dilimli, ikizlenme (ojit), çok kırıklı-eziklidir. Alterasyon sonucu oluşan opak mineraller görülmüştür.

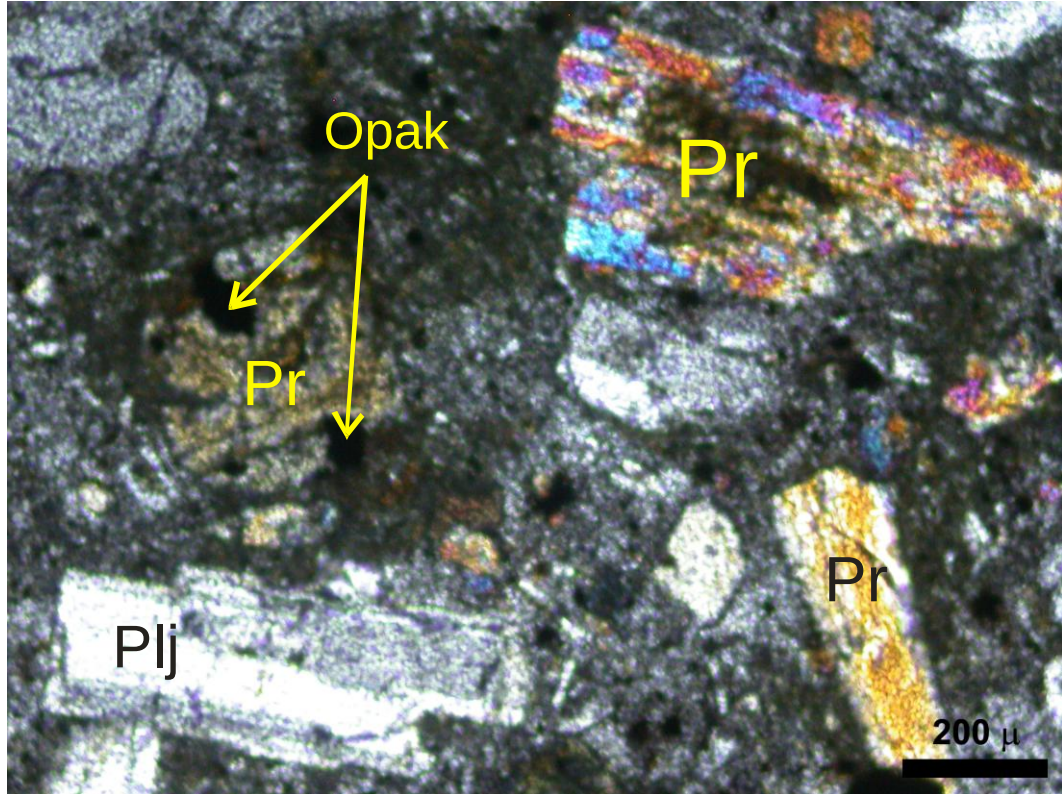
Opak (%10-12): Siyah renkli cevher özellikli, ince ve orta taneli, kare kenarlı veya aşınmış oval şekildedir. Cevher mineralleri izlenir.

Mineral Bileşimi-Modal Oran

Plajioklas (labrodorit) (% 20-25), piroksen (klinopiroksen, ojit) (% 5-10) ve opak cevher (% 10-15) den oluşan fenokristaller yaklaşık % 40-45 oranında bulunmaktadır.

Mikrolit+plajioklas+ojit (% 30-45), volkanik cam (% 10-15) ve opak cevher (demiroksit) (% 3-4) den oluşan matriks yaklaşık % 55-60 oranında bulunmaktadır.

Kayaç tanımı: Piroksenli andezit



Şekil 3.11 : Rumelifeneri Kalesi’nden alınan andezitik lavın polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas, Pr; piroksen).

• ÖRNEK 4: Garipçe Köyünden alınmıştır (KM-24).

Doku: Garipçe’nin güneydoğusundan alınan bu örnek mikrolitik porfirik dokuludur.

Matriks: Mikrolitlerde akma izi görülmektedir. Hamurdaki cam oranı mikrolitten fazladır (Şekil 3.12).

Mineraller (Fenokristaller):

Plajioklas: Yarı öz ve özşekilli, albit ve polisentetik ikizli, içinde piroksen inklüvüzyon (kapanım)ları olan plajioklaslarda zonlaşma da görülmüştür.

Piroksen (ojit): 90° dilinimli, öz ve yarı özşekilli, ayrıışmış daha çok kırıklıdır. Piroksen plajioklaslarla içiçe girmiştir.

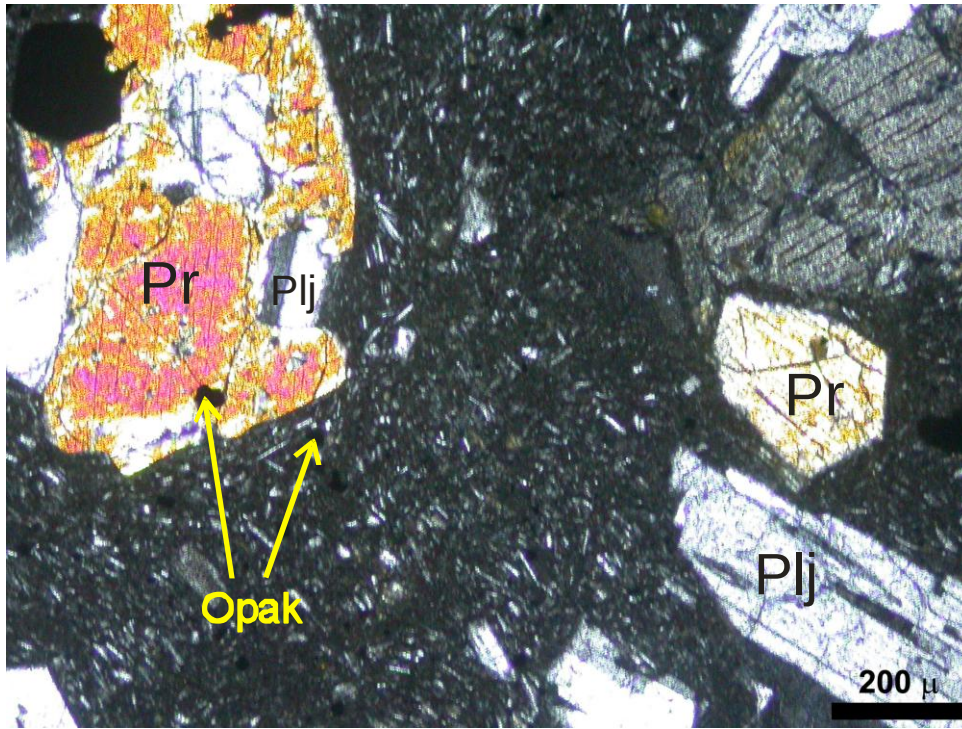
Opak cevher siyah renkli, kare kenarlı veya aşınmış şekillerde ince ve iri tanelidir (cevher minerali). %17-20 oranlarındadır. Az kırıklı ve ayrıışmaya rastlanmaz.

Mineral Bileşimi-Modal Oran

Plajioklas, ojit ve opak cevher (% 10-15) den oluşan fenokristaller yaklaşık % 35-40 oranında bulunmaktadır.

Plajioklas ve piroksen mikroliti, volkanik cam ve opak cevher (demiroksit) den oluşan matriks yaklaşık % 60-65 oranında bulunmaktadır. Cam oranı mikrolitten fazladır.

Kayaç tanımı: Piroksenli andezit.



Şekil 3.12 : Garipçe’den alınan andezit örneğinin polarizan mikroskobunda ki görünümü. Çapraz ışık $\times 10$. (Plj; plajioklas, Pr; piroksen).

3.2.2 Meşetepe formasyonu

Tanım: Adını Meşetepe’den alan bu formasyon ilk olarak Gedik ve diğerleri (2005) tarafından adlandırılmıştır ve Garipçe Formasyonu’nun üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir.

İnceleme alanında geniş alanlar kaplayan Meşetepe Formasyonu genel olarak kömür arakatlı kil, gevşek tutturulmuş siltli-kumlu kil, killi kum ve az oranda çakıllardan oluşur (Yavuz, 2008). Çalışma alanında Rumelifeneri’nin kuzeybatısında,

Demirciköy'ün güneyinde ve Garipçe'nin kuzeybatısında gözlemlenmiştir. Başlıca sarı-koyu sarı renkli kum ile gevşek tutturulmamış sarımsı ve koyu kahverenkli çakıl-kum-kil ar dalanmasından oluşur (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 : Meşetepe Formasyonuna ait kumlu birimin görünümü. Rumelifeneri'nin kuzeybatısı. Bakış D'dan B'ya doğru.

Litoloji: Formasyon yaygın olarak sarı-sarımsı kahverenkli, gri renkli, ince-orta taneli kum, gri, koyu sarı renkli kumlu kil ile tutturulmamış, az tutturulmuş, sarımsı ve koyu kahverenkli çakıl-kum-kil ar dalanmasından oluşur (Şekil 3.14). Formasyon göl, akarsu ve yelpaze ortam çökelleri ile temsil edilir (Yavuz, 2008).



Şekil 3.14 : Garipçe'nin kuzeybatısında görülen çakıllı kumlu birim. Bakış G'den K'ye doğru.

Yaş: Formasyonun kömürlü seviyelerinden palinolojik yaş tayini yapılmış olup Neojen'in yaygın görülen pollenlerinin örnekte bulunmaması sebebiyle, birimin Türkiye'deki benzer stratigrafik konum ve yaş aralığındaki benzer kaya türleri de göz önünde bulundurularak Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı olduğu kabul edilmiştir (Gedik vd., 2005).

3.2.3 Alüvyon

Alüvyonlar genellikle derelerin içinde silt, kil, çakıl ve kumlardan meydana gelen gevşek tutturulmuş çökellerden oluşmaktadır.

3.3 Yapısal Jeoloji

Batı Pontid tektonik kuşağının İstanbul Zonu içerisinde yer alan inceleme alanı, İstanbul-Kocaeli yarımadası içinde olmasından dolayı Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde yer almaktadır.

Kocaeli Yarımadası'nda tektonik hareketlere bağlı olarak, kıvrımlı yapılardan çok kırıklı yapıların gelişmiş olduğu tektonizmanın izleri yoğun olarak izlenir (Gedik vd., 2005).

İnceleme alanında bulunan birimler birbirinin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Meşetepe Formasyonu Paleozoyik yaşlı birimler, Triyas çökelleri ve inceleme alanındaki Üst Kretase yaşlı birimlerin üzerine diskordans ile gelmektedir.

İnceleme alanındaki en önemli tektonik yapı unsuru, D-B uzanımlı olan Sarıyer-Şile Bindirme Hattıdır (Chaput ve Hovasse 1930, Baykal 1943, Akartuna 1963). İstanbul'un kuzey kesimlerinde, batıda Sarıyer-Zekeriyaköy doğuda ise Riva güneyindeki alanları inceleyen Akartuna (1963), Paleozoyik yaşlı birimlerin güneyden kuzeye doğru Üst Kretase yaşlı volkanik birimler üzerine itilmiş olduklarını belirtmiştir. Sarıyer-Şile Bindirme Hattı inceleme alanının dışında Sarıyer'den kuzeybatı yönünde Zekeriyaköy, Gümüşdere güney kesiminde izlenir. Ayrıca bu hat Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Meşetepe-Kayalitepe Formasyonları ile örtülmektedir. Bu veriye göre bindirme Oligosen öncesinde oluşmuştur.

Garipçe ile Rumelifeneri arasında kıyı kesimde volkaniklastik birimler arasında KD-GB, KB-GD doğrultulu çatlaklar ölçülmüştür. Garipçe'nin kıyı kesiminde blok-kül akıntıları arasında süreksizliklerde yer yer kalsit dolguları bulunmaktadır.

Rumelifeneri kalesi civarında yaygın olarak görülen masif lavlarda akma yapısı ve soğumadan dolayı çatlak, kırık sistemi oluşmuştur (Şekil 3.15).

Karadeniz'e yakın kıyı kesimlerde doğrultu atımlı ve düşey atımlı birçok irili ufaklı fay bulunmaktadır. İstanbul Boğazı'nın Karadeniz'e açılan kesiminde Rumelikavağı Garipçe arasında dik yamaçlı topografyanın olması boğazdaki faylanmanın genç olabileceğini göstermektedir (Yavuz, 2008).



Şekil 3.15 : Rumelifeneri kalesi etrafında görülen lavlarda akma yapısı ve ana çatlak sistemi.

Rumelifeneri Kalesi'nin batı kesiminde doğrultu atımlı fay görülmektedir (Yavuz, 2008). Yeşilimsi gri renkli lav içindeki kırmızımsı pembe renkli andezitik lav bu fayla iki parçaya ayrılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 : Rumelifeneri Kalesi'nin batısında görülen doğrultu atımlı fay. Bakış D'dan B'ya doğru.

3.4 Jeolojik Evrim

İstanbul'un kuzeyinde, boğazın batı kesiminde Sarıyer ilçe sınırları içinde bulunan inceleme alanı, bölgesel tektonik birliklerden Pontidler'in batı bölümünde yer alır. Pontidler, Anadolu'nun tektonik birliklerinden biri olup, kuzeyde Karadeniz kıyıları ile Marmara bölgesi, Ege kıyıları ve Karaburun yarımadasına kadar uzanan Kuzeybatı Anadolu bölgesini içerir (Ketin, 1968). Volkanik kuşak, Bulgaristan'da ki Srednogoria'dan başlayarak Pontidler'in uzanımı boyunca doğuda Gürcistan ve Kafkaslar'a kadar Karadeniz'in güney sahiline paralel uzanır. Pontidler; Batı, Orta ve Doğu Pontidler olmak üzere üç bölümden oluşur. İnceleme alanının bulunduğu Batı Pontid kuşağının temeli de, üç farklı kıtasal topluluk ile temsil edilir: 1. Batıda Trakya bölgesinde temeli oluşturan Istranca masifi, 2. Paleozoyik yaşlı bir çökel seri ile temsil edilen İstanbul zonu, 3. Sakarya kıtasıdır (Okay, 1984; Okay ve Tüysüz, 1999).

Bölgedeki ilk havza içinde çökel kayaların gelişimi Paleozoyik'te başlar. İstanbul Zonu'nun temelini oluşturan kaya grupları Alt Paleozoyik (Ordovisiyen)'den itibaren oluşmuştur (Abdüsselamoğlu, 1963). Bu istifin açılmaya başlayan bir okyanusun kıta kenarı çökellerini temsil ettiği, jeotektonik açıdan pasif kıta kenarı istifi olarak

nitelendirildiği çökellerdir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Paleozoyik istif grovak, killi şist, kireçtaşı, kumtaşı gibi çökel kayalardan oluşmaktadır. Bu istiftten sonra altta konglomera seviyeleri ile başlayıp, üstte kumtaşı, kireçtaşı çökelleri içeren Triyas yaşlı birim yer alır (Yavuz, 2008). Bu birimden sonra volkanik topluluğun oluşturduğu Üst Kretase yaşlı birim gelir. İnceleme alanında bulunan volkanik birimlerin oluşumu ile ilgili farklı görüşler vardır. Bunlardan en çok kabul edilen görüş, Neotetis okyanusal litosferinin kuzey kolunun, kuzeye doğru İstanbul Zonu altına dalmasıyla bir aktif kıta kenarı yayının oluşmasıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz vd., 1997; Aydın vd., 1986; Görür, 1988; Okay vd., 1994 ve 2001; Keskin ve Tüysüz, 1999 ve 2001; Keskin ve Ustaömer, 2001). Üst Kretase'deki yitim ile kıta kenarında oluşan magmatik yay volkanik ürünler vermiş ve altındaki kıta, eşzamanlı olarak gerilme rejimi sürecinde normal faylar ile parçalanmaya başlamış ve böylece Karadeniz havzası bir yay ardı havza olarak açılmaya başlamıştır (Yılmaz vd., 1997). Karadeniz havzasının açılımı Paleosen-Erken Eosen dönemine kadar uzanır (Robinson vd., 1995). Ancak yay modeline karşı iki farklı görüş daha bulunmaktadır: (1) Volkanik topluluğun, Paleotetis okyanusunun yay ardında oluşmuş olduğu ileri sürülmüştür (Bektaş vd., 1995, 1999 ve 2001). Buna göre araştırmacılar, Karadeniz'in tabanının Paleotetis'e ait eski okyanus tabanı olabileceğini ileri sürmüşlerdir. (2) Diğer taraftan Robertson vd. (1996) bu kuşağın Batı Karadeniz havzasının açılımı sırasında gelişmiş riftleşmeye bağlı bir volkanik kenar istifi olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Keskin ve diğ., (2007)'ne göre Üst Kretase yaşlı volkano-sedimenter birimler, Türoniyen ile Geç Kampaniyen arasında kalan bir dönemde denizel bir ortamda gerilmeli bir tektonik rejimde çökelmiştir. Gelişen normal faylanmalar, yeni püskürmüş volkanik malzemenin sürekli olarak kitle şeklinde taşınmasına ve önceden taşınıp çökelmiş volkanoklastik malzemenin de tekrar taşınıp çökmesine neden olmuştur. Bu çökelim, havzada moloz akıntısı ve türbidit çökellerinin oluşumunu sağlamıştır.

Erken evre olarak isimlendirilen Türoniyen-Koniasiyen aralığında İstanbul kuzeyinde çok az oranda volkanizma içeren terriyen birimler çökelmiş ve Bozhane Formasyonu'na ait kırıntılı çökeller ile bunlarla ardalanmış volkanoklastik tabakalar (andezitik lav blokları) oluşmuştur. Bu dönemde tipik bir yay bileşimi içeren kalk alkali lavlar püskürmüştür. Geç Santoniyen ve Erken Kampaniyen döneminde Batı

Pontid kuşağında volkanizma durmuş ve terrijen birimler çökmeye devam etmiştir. Erken Kampaniyen’de İstanbul kuzeyinde Garipçe Formasyonu çökelirken, volkanizma tekrar başlamıştır. Geç evre olarak isimlendirilen bu dönemde volkanik aktivite şiddetini artırmış ve büyük hacimde volkanik malzeme üretilmiştir. Erken evredekinden daha da şiddetli gerçekleşen volkanik malzemenin kitle şeklinde aşındırılıp taşınmasıyla büyük hacimlerde kalın volkanoklastik çökel birimler oluşmuştur. Geç evrenin başlangıcında (Erken Kampaniyen), yüzeye püskürmüş lavların tümü kalk-alkali karakterdedir. Geç evrenin ortasına doğru alkali ve zayıf alkali lavlar püskürmeye başlamış ve kalk-alkali lavlarla aralanmışlardır. Bu iki farklı magma serisi, magma odasında evrimleri sırasında karışarak etkileşime uğramışlardır. Alkali lavlar artarak geç evrenin sonuna doğru egemen olurken giderek bazikleşmişlerdir. Böylece olivinli bazaltik lavlarla aralanmalı gelişen volkanojenik kumtaşlarını içeren Kısırkaya Formasyonu oluşmuştur. Farklı lavların oluşu, gerilmeli bir yay ortamının olduğunu göstermektedir.

Volkanik faaliyetin, Üst Kretase sonunda azalması ve sonlanması sırasında bölge yükselerek su üstüne çıkmış ve daha sonra başlayan aşınma evresinde aşınma düzlükleri gelişmiştir. Neojen döneminde oluşan göllerde çökelen kum ve kil serileri bölgedeki üst çökel istifi oluşturmuştur.

4. MALZEME JEOLojİSİ

İnceleme alanında bulunan volkanik kayacın malzeme özelliklerini belirlemek için Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde açılacak yarma boyunca farklı noktalarda yapılan 3 adet araştırma sondajından alınan karotlar kullanılmıştır. Deneyler yapıtaşı ve kıyı tahkimat taşı standartları ile sözleşmeleri göz önünde tutularak planlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile standartlarda aranan değerler karşılaştırılmış ve deney malzemesinin yapı veya tahkimat taşına uygunluğu irdelenmiştir.

4.1 Laboratuvar Çalışmaları

Malzeme deneyleri İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Deneylerde derinliği 50 m ye ulaşan üç adet sondajın 5-50 m leri arasından alınan toplam 45 karot numunesi kullanılmıştır. EK-2'de sondaj logları verilmiştir. Deneylerde TS 699 (1987), TS EN 1097-1 (2000) /-2 (2002) standartları ve ISRM (1981) de önerilen yöntemler göz önünde bulundurulmuştur. Deneylerin tümünde çapı 61 mm olan silindirik örnekler kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan örneklerin alındığı sondajlara ait bilgiler ve örnek alınan derinlikler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Sondajlara ait veriler.

Sondaj No.	Koordinatlar		km	Arazi Kotu (m)	Yeraltısı Seviyesi (m)	Sondaj Derinliği (m)	Örneklerin Alındığı Derinlik (m)
	x	y					
AVE-105	423998	4564551	86+165	113	2.30	35	5 - 20
AVE-106a	424098	4564499	86+270	118	7.20	50	30 - 50
AVE-109	424422	4564152	86+740	101	6.70	30	20 - 30

4.1.1 Fiziksel deneyler

4.1.1.1 Birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme ve porozite deneyleri

Araştırma sondajlarından alınan ve TS 699'a uygun hazırlanan karot örnekleri yıkanıp temizlenerek 48 saat saf su içerisinde bekletilmiştir. Bu süre tamamlandıktan sonra örnekler sudan çıkarılıp üzerlerindeki su nemli bir bezle alınarak 0.01 gr hassasiyetle ki elektronik tartı aleti yardımıyla tartılmış ve suya doygu ağırlıkları (W_2) bulunmuştur (Şekil 4.1.a). Daha sonra bu örnekler saf su içerisinde askıda tartılarak Arşimet hacimleri (V_T) bulunmuştur (Şekil 4.1.b). Bu işlemler bittikten sonra örnekler 24 saat $110^\circ \text{C} \pm 5^\circ \text{C}$ sıcaklığında ki etüvde kurutulup, kuru ağırlıkları (W_1) belirlenmiştir (Şekil 4.2).



(a)



(b)

Şekil 4.1 : 0.01 gr hassasiyetli tartıda tartılıp (a) suya doygun ağırlığı, (b) hacmi belirlenen bir örnek.



Şekil 4.2 : Etüvde kurutulan örnekler.

Ağırlıkları ve hacimleri belirlenen örneklerin;

Kuru birim hacim ağırlığı,

$$(\gamma_k) = W_1/V_T \quad (4.1)$$

Doygun birim hacim ağırlığı,

$$(\gamma_d) = W_2/V_T \quad (4.2)$$

Görünür Porozitesi,

$$(n_{ef}) = 100 \cdot ((W_2 - W_1) / \gamma_w) / V_T \quad (4.3)$$

Boşluk oranı,

$$e = 100 \cdot (n_{ef} / (100 - n_{ef})) \quad (4.4)$$

Ağırlıkça su emme

$$(W_a) = 100 \cdot (W_2 - W_1) / W_1 \quad (4.5)$$

değerleri bulunmuştur. Hesaplanan değerler Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : AVE-105 numaralı sondajın 5-20 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.

Sondaj No	Numune No	Kuru Ağırlık (gr) (W1)	Suya Doymuş Ağırlık (gr) (W2)	Hacim (cm ³) VT	Birim Hacim Ağırlık		n _{ef} (%)	e (%)	Wa (%)
					γ _k (gr/cm ³)	γ _d (gr/cm ³)			
AVE-105	1	888,25	935,63	384,73	2,31	2,43	12,32	14	5,33
	2	943,96	979,06	388,64	2,43	2,52	9,03	10	3,72
	3	874,48	921,86	379,58	2,30	2,43	12,48	14	5,42
	4	897,45	941,82	383,38	2,34	2,46	11,57	13	4,94
	5	902,63	948,22	385,83	2,34	2,46	11,82	13	5,05
	6	929,25	968,10	385,17	2,41	2,51	10,09	11	4,18
	7	946,50	977,00	382,87	2,47	2,55	7,97	9	3,22
	8	939,30	966,90	382,87	2,45	2,53	7,21	8	2,94
	9	898,00	930,24	367,88	2,44	2,53	8,76	10	3,59
	10	872,60	926,32	383,53	2,28	2,42	14,01	16	6,16
	11	413,13	443,55	185,68	2,22	2,39	16,38	20	7,36
	12	451,26	469,65	188,78	2,39	2,49	9,74	11	4,08
	13	445,14	459,39	184,23	2,42	2,49	7,73	8	3,20
	14	413,49	436,62	177,03	2,34	2,47	13,07	15	5,59
	15	417,20	443,36	185,10	2,25	2,40	14,13	16	6,27

Çizelge 4.3 : AVE-106a numaralı sondajın 30-50 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.

Sondaj No	Numune No	Kuru Ağırlık (gr) (W1)	Suya Doygun Ağırlık (gr) (W2)	Hacim (cm ³) VT	Birim Hacim Ağırlık		n _{ef} (%)	e (%)	Wa (%)
					γ_k (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)			
AVE-106a	1	925,23	965,28	381,37	2,43	2,53	10,50	12	4,33
	2	847,36	878,39	357,44	2,37	2,46	8,68	10	3,66
	3	828,56	867,99	359,35	2,31	2,42	10,97	12	4,76
	4	835,71	888,32	362,25	2,31	2,45	14,52	17	6,30
	5	803,36	855,60	351,27	2,29	2,44	14,87	17	6,50
	6	808,19	865,72	361,68	2,23	2,39	15,91	19	7,12
	7	794,31	860,06	358,57	2,22	2,40	18,34	22	8,28
	8	822,89	863,36	350,53	2,35	2,46	11,55	13	4,92
	9	809,12	866,80	356,41	2,27	2,43	16,18	19	7,13
	10	843,24	881,12	353,50	2,39	2,49	10,72	12	4,49
	11	460,17	488,09	195,64	2,35	2,49	14,27	17	6,07
	12	460,81	474,10	189,84	2,43	2,50	7,00	08	2,88
	13	431,04	448,80	184,43	2,34	2,43	9,63	11	4,12
	14	443,83	461,44	186,26	2,38	2,48	9,45	10	3,97
	15	436,78	457,42	184,76	2,36	2,48	11,17	13	4,73

Çizelge 4.4 : AVE-109 numaralı sondajın 20-30 m aralığındaki derinliklerinden alınan karot örneklerinin fiziksel özellikleri.

Sondaj No	Numune No	Kuru Ağırlık (gr) (W1)	Suya Doygun Ağırlık (gr) (W2)	Hacim (cm ³) VT	Birim Hacim Ağırlık		n _{ef} (%)	e (%)	Wa (%)
					γ_k (gr/cm ³)	γ_d (gr/cm ³)			
AVE-109	1	921,02	958,51	385,69	2,39	2,49	9,72	11	4,07
	2	973,93	1005,3	396,08	2,46	2,54	7,92	9	3,22
	3	932,53	963,65	380,04	2,45	2,54	8,19	9	3,34
	4	961,07	995,00	395,95	2,43	2,51	8,57	9	3,53
	5	821,12	862,50	349,82	2,35	2,47	11,83	13	5,04
	6	938,85	974,90	390,44	2,40	2,50	9,23	10	3,84
	7	955,13	984,62	388,33	2,46	2,54	7,59	8	3,09
	8	958,35	992,19	395,18	2,43	2,51	8,56	9	3,53
	9	941,32	978,62	391,60	2,40	2,50	9,53	11	3,96
	10	952,45	983,32	387,98	2,45	2,53	7,96	9	3,24
	11	457,73	473,68	188,33	2,43	2,52	8,47	9	3,48
	12	438,25	458,28	184,35	2,38	2,49	10,87	12	4,57
	13	456,99	471,42	185,50	2,46	2,54	7,78	8	3,16
	14	452,31	471,68	188,99	2,39	2,50	10,25	11	4,28
	15	451,06	470,83	188,88	2,39	2,49	10,47	12	4,38

4.1.1.2 Donma çözölme deneyi

Bu deney donma-çözölme çevrimi koşullarında, kayaçlarda çatlak oluşumu, kütle kaybı veya mukavemet değışikliğı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Don sonrası ağırlık kaybını belirlemek için boy/çap oranı 2/1 olan toplam 30 adet örnekten rastgele 15 adet örnek alınmıştır. Deney örnekleri, 24 saat etüvde kurutulmuştur. Daha sonra örnekler etüvden çıkarılıp oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0,1 g yaklaşımla tartılmıştır (W_1). Bu şekilde kurutulmuş olan deney numuneleri suya doygun hale getirilip, sıcaklığı -20°C olan dondurucuya konulmuş ve 2 saat bu sıcaklıkta bekletilmiştir. Numuneler bu süre sonunda dondurucudan çıkarılarak $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki su içerisine tamamen su altında kalacak şekilde daldırılıp ve en az 2 saat bu şekilde bekletilerek buzların tamamen erimesi sağlanmıştır (Şekil 4.3). Bu işlemlerin ardından numuneler tekrar dondurucuya konulup -20°C 'a kadar soğutulmuştur.



Şekil 4.3 : Donma-çözölme deneyinde örneklerin su içinde bekleme evresi.

Bu şekilde donma ve çözölme işlemi 25 kez tekrarlanarak her defasında deney örneğinde meydana gelen gözle görülür değışiklikler kaydedilmiştir.

Örneklerden bazılarında ilk periyotta ufak çatlaklar oluşmuştur. Periyotlar ilerledikçe birçok örnekte çatlaklar oluşup genişlerken bazıları ise dağılmıştır (Şekil 4.4, 4.5).

Bunun nedeni kayaçların içindeki fissürlere dolan suyun donmasına bağılı olarak genişmesidir. Sonuçta deneye tabi tutulan malzemenin donma çözölmeden etkilendiğı, çoğu örneklerin içerdiği özürlerin dağılmaya neden olduğı görölmüştür.



Şekil 4.4 : Donma-çözülme deneyinde örneklerin bazılarında oluşan çatlakların görünümü.



Şekil 4.5 : Donma-çözülme periyodu sayısının artması sonucunda bazı örneklerde oluşan dağılmalar.

Donma ve çözülme işlemlerinin sonunda deney numuneleri $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulup, soğutulduktan sonra 0,1 g yaklaşımla tartılmıştır (W_2).

Donma-çözülme sonunda don etkileri sebebiyle koparak ayrılan kısımlardan meydana gelen kütle azalması (don sonu kütle kaybı) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Dk = ((W_1 - W_2) / W_1) \times 100 \text{ (\%)} \quad (4.6)$$

Burada;

Dk : Don sonu kütle kaybı, %

W₁ : Örneğin deneyden önceki kuru kütlesi, g,

W₂ : Örneğin deneyden sonraki kuru kütlesi, g'dır.

Çizelge 4.5'te üç sondaj çalışmasından alınan toplam 15 adet örneğin don kaybı değerleri verilmiştir. Bu deney sonucunda don kaybı değeri ortalama % 2,16 bulunmuştur.

Çizelge 4.5 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin don sonu kütle kaybı.

Sondaj No	Örnek No	W1 (g)	W2 (g)	Dk (%)
AVE-105	1	888,25	869,33	2,13
	2	943,96	929,02	1,58
	4	897,45	880,41	1,90
	7	946,50	928,09	1,95
	10	872,60	851,37	2,43
AVE-106a	4	835,71	Dağıldı	-
	5	803,36	789,33	1,75
	6	808,19	Dağıldı	-
	8	822,89	804,63	2,22
	10	843,24	831,84	1,35
AVE-109	2	973,93	942,87	3,19
	3	932,53	Dağıldı	-
	7	955,13	925,19	3,13
	9	941,32	Dağıldı	-
	10	952,45	Dağıldı	-

4.1.1.3 Ses hızının ölçülmesi

Örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerin endirekt yöntemle kestirimi için, ultrasonik dalga hızları ölçülmektedir. Yöntem; örneğin bir ucundan verici (transducer) ile oluşturulan sesin diğer uçtan bir algılayıcı (reciever) tarafından alınması ve dalganın geçiş zamanının (t) kaydedilmesi esasına dayanır. Deneye tabi tutulan örneğin boyu (L) önceden ölçülerek kaydedildiğinden, bu iki veri kullanılarak

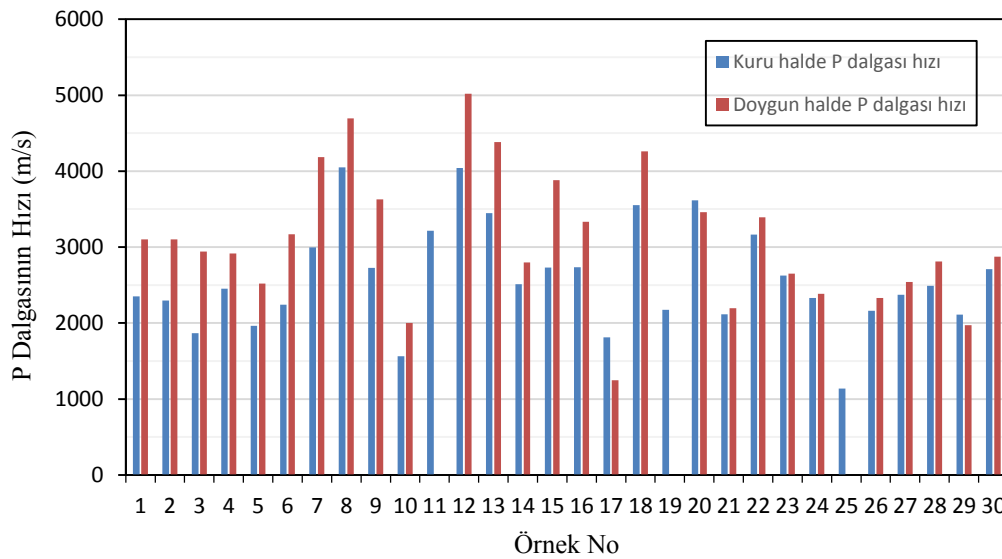
örnek içerisinde dalganın geçiş hızı hesaplanır. Deney örneklerinin boyu kumpas ile ölçülmüştür. Örnek kafaları ile alıcı ve verici arasında tam temasın sağlanabilmesi için özel bir jel kullanılmıştır. Deneyde Puntid marka ölçüm cihazının 1 Mhz frekansa sahip alıcı-verici başlıkları kullanılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : P dalga hızının ölçülmesi.

30 adet karot örneklerinin kuru ve suya doymuş hallerinde, ayrıca donma-çözölmeye giren örneklerin deney sonunda kuru hallerinde P dalga hızının ölçümü yapılmıştır. Deneyde elde edilen veriler Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6’da verilen değerler Şekil 4.7’de karşılaştırılmıştır. Bu şekilden; deneyde kullanılan örneklerin hemen hemen tümünün doymuş halde iken P dalgasını daha hızlı ilettikleri anlaşılar. Bu durum deneye tabi tutulan örneklerin boşluklu ve fissürlü yapıda olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 4.7 : Deney örneklerinin kuru ve doymuş halde iken P dalgasını iletme hızları.

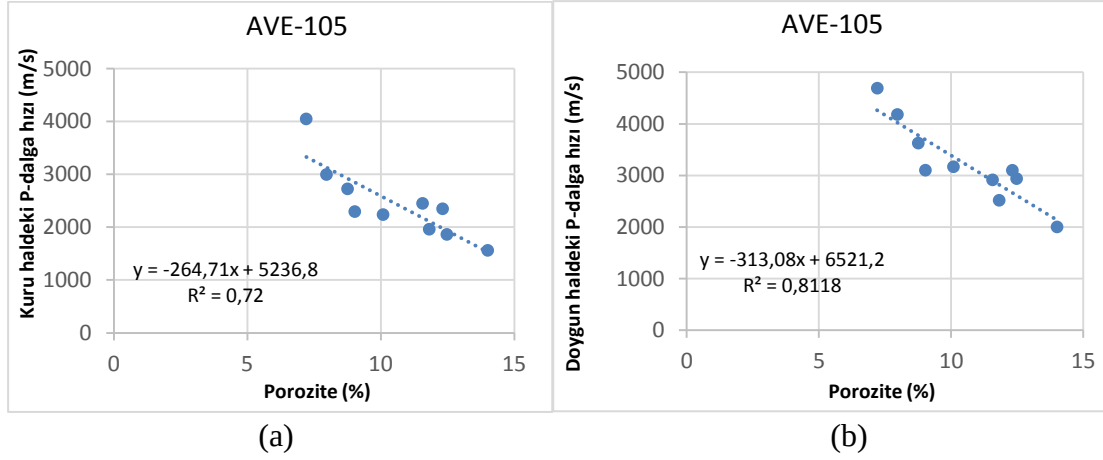
Çizelge 4.6 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan örneklerin P dalga hız değerleri.

Sondaj No	Örnek No	Boy (m)	P dalgasının hızı		
			Kuru (m/s)	Doygun (m/s)	Donma-çözülme sonrası (m/s)
AVE-105	1	0,129	2350	3101	539
	2	0,13	2297	3103	*
	3	0,127	1865	2940	*
	4	0,128	2452	2916	*
	5	0,129	1963	2520	*
	6	0,129	2240	3170	*
	7	0,128	2998	4183	*
	8	0,13	4050	4693	*
	9	0,123	2727	3628	*
	10	0,128	1563	2003	*
AVE-106 a	1	0,129	3217	Dağıldı	*
	2	0,12	4040	5021	*
	3	0,121	3447	4384	*
	4	0,122	2510	2798	*
	5	0,118	2731	3882	605
	6	0,122	2735	3333	*
	7	0,12	1813	1245	*
	8	0,118	3554	4260	2252
	9	0,119	2176	Dağıldı	*
	10	0,119	3617	3459	1200
AVE-109	1	0,13	2117	2196	*
	2	0,131	3164	3394	*
	3	0,127	2624	2651	*
	4	0,131	2331	2383	*
	5	0,117	1139	Dağıldı	*
	6	0,131	2162	2331	*
	7	0,131	2373	2539	*
	8	0,131	2490	2811	*
	9	0,131	2110	1973	*
	10	0,129	2710	2873	*
Ortalama P dalgası hızı			2585,5	3103,33	1149

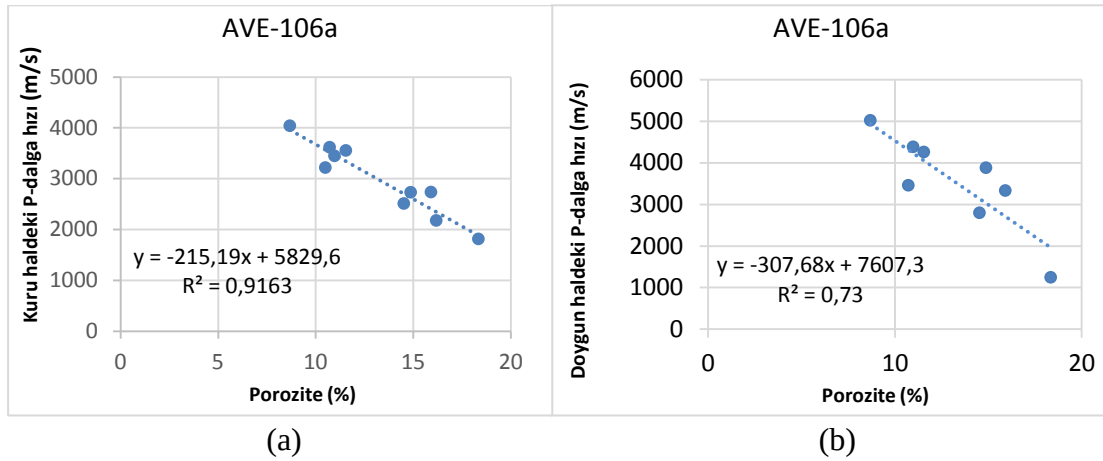
* İşaretiyle belirtilen örnekler donma çözülme işlemi sırasında dağılmıştır.

Örneklerin kuru ve doymuş haldeki P-dalga hızları ile poroziteleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Buna göre örneklerin P-dalga hızları ile poroziteleri arasında korelasyon katsayı değerlerinin yüksek olması bu özellikler arasında uyumlu bir

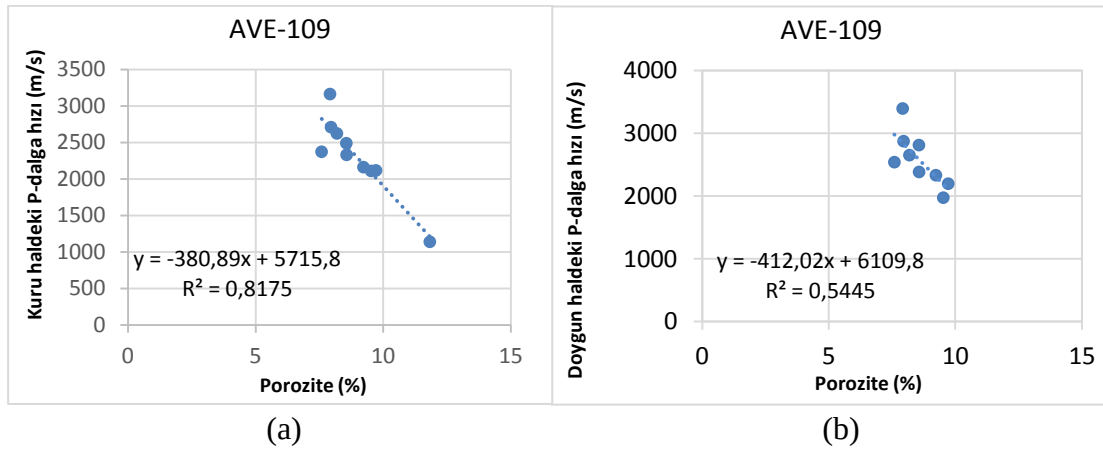
ilişki olduğunu göstermektedir. Grafiklerde porozite değeri arttıkça P-dalga hızının azaldığı görülmektedir. Her bir sondaj için ayrı ayrı yapılan ilişkilendirmeler Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.8 : AVE-105 numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doygun haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.



Şekil 4.9 : AVE-106a numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doygun haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.



Şekil 4.10 : AVE-109 numaralı araştırma sondajının porozite ve (a) kuru haldeki, (b) doygun haldeki P-dalga hızı arasındaki ilişki.

4.1.2 Mekanik deneyler

4.1.2.1 Sürtünmeli aşınma (böhme) dayanımı deneyi

Aşınma dayanımı; kayacın yüzeyindeki aşındırıcı maddelerle meydana getirilen aşınma miktarının ölçümüyle belirlenir. Deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında veya hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesi suretiyle yapılır. Bu deneyde boy/çap oranı 1/1 olan 15 adet silindirik örnek kullanılmıştır. Bu örneklerin hacim ve kuru birim hacimleri belirlenmiştir. Daha sonra örnekler Böhme yüzey aşındırma cihazında yüzey aşındırma deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde kullanılan Böhme yüzey aşındırma cihazı 30 dev/dak. hızla dönmesi ayarlanabilen 750 mm çapında bir aşındırma diski ne sahiptir (Şekil 4.11). Her yirmi iki devir sonunda disk otomatik olarak durmaktadır.



Şekil 4.11 : Sürtünme ile aşınma kaybı (böhme) deney aleti.

Deneyde 12 gr zımpara tozu sürtünme şeridi üzerine serpilmiş ve örneğin üzerine 2,68 kg' lık yük uygulanarak disk döndürülmüştür. 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerinden zımpara tozu ve aşınma ile deney numunesinden ayrılan kısımlar temizlenmiştir. Yeniden zımpara tozu konularak ve numune düşey eksenini etrafında 90° çevrilerek her örnek için 22 devirlik 18 aşınma periyodu yani 396 devir uygulanmıştır (Şekil 4.12).

İşlem sonunda hacim azalmasından yararlanılarak ortalama aşınma miktarları belirlenmiş, aşındırılan yüzeyin standartta ön görülen 50 cm² lik alana oranı dikkate alınarak aşınma dayanımı değeri hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).



(a)

(b)

Şekil 4.12 : Deneyde aşındırıcı tozun döner tablaya konulması (a), örneğin düşey eksenini etrafında 90°döndürülmesi (b).

Çizelge 4.7 : Karotlardan alınan örneklerin aşınma dayanımları.

Sondaj No	Örnek No	Aşınma öncesi ağırlık (g) W1	Aşınma sonrası ağırlık (g) W3	ΔW (g)	γ_k (gr/cm ³)	Aşınma Miktarı ΔV (cm ³)	Düzeltilmiş Aşınma Dayanımı (cm ³ /50cm ²)
AVE-105	11	413,13	374,82	38,31	2,22	17,22	29,48
	12	451,26	421,88	29,38	2,39	12,29	21,05
	13	445,14	415,51	29,63	2,42	12,26	21,00
	14	413,49	381,71	31,78	2,34	13,61	23,30
	15	417,20	377,76	39,44	2,25	17,50	29,96
AVE-106a	11	460,17	438,09	22,08	2,35	9,39	16,07
	12	460,81	435,87	24,94	2,43	10,27	17,59
	13	431,04	397,52	33,52	2,34	14,34	24,56
	14	443,83	415,83	28,00	2,38	11,75	20,12
	15	436,78	418,48	18,30	2,36	7,74	13,26
AVE-109	11	457,73	423,33	34,40	2,43	14,15	24,24
	12	438,25	410,50	27,75	2,38	11,67	19,99
	13	456,99	425,91	31,08	2,46	12,62	21,60
	14	452,31	417,24	35,07	2,39	14,65	25,09
	15	451,06	417,04	34,02	2,39	14,25	24,39
Ortalama Aşınma Dayanımı							22,11

4.1.2.2 Nokta yükleme deneyi

Bu deney kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır (Franklin ve Broch, 1972). Deney için boy/çap oranı 1/1 olan silindirik örnekler kullanılmıştır. Çapı ve boyu kumpas ile ölçülen numune, nokta yükleme deney cihazının konik uçları arasına (çap doğrultusunda) karotun eksenine dik yönde yerleştirilmiştir (Şekil 4.13).

Konik uçlar ile numune arasında açıklık kalmaması için silindirik yükleme tablası yükseltilerek yükleme yapılmış ve kırılma anındaki P yükü aletin göstergesinden okunmuştur (Şekil 4.14).



Şekil 4.13 : Kırılma anındaki nokta yükün ölçümü.



(a)

(b)

Şekil 4.14 : Nokta yükleme deneyi (a) öncesi, (b) sonrasında kırılan numuneler.

Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$I_s = P / D_e^2 \text{ (kPa)} \quad (4.7)$$

Burada;

I_s : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi, kPa,

P : Kırılma yükü, kN,

D_e : Eşdeğer karot çapı, mm'dir.

Çap doğrultusunda deneyde eşdeğer çap aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$D_e^2 = D^2 \quad (4.8)$$

Burada;

De : Eşdeğer karot çapı, mm,

D : Karot numunesinin çapı, mm'dir.

Deneyde kullanılan numunelerin çapı 50 mm den farklı olduğu için I_s değerinin standart bir karot çapına ($D = 50$ mm) göre düzeltilmesi gerekmektedir. Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi $I_{s(50)}$, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$I_{s(50)} = F \times I_s \quad (4.9)$$

Burada;

$I_{s(50)}$: Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi, kPa,

F : Boyut düzeltme faktörü'dür.

Boyut düzeltme faktörü (F),

$$F = (D_e / 50)^{0.45} \quad (4.10)$$

bağıntısı kullanılarak belirlenebilir.

Çizelge 4.8'de örneklerin nokta yükü dayanım değerleri verilmiştir. Standarda göre deney sonucu arasındaki en yüksek ve en düşük ikişer değer iptal edilerek, geriye kalan değerlerin ortalaması alınır. Bu sonuçlara göre ortalama $I_{s(50)}$ değeri 1,54 MPa'dır.

Çizelge 4.8 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin nokta yükleme dirençleri.

Sondaj No	Örnek No	Kırılma Yüğü (kN)	Örnek çapı (mm)	I_s (MPa)	F	$I_{s(50)}$ (MPa)
AVE-105 (5-20 m)	11	2,47	61	0,66	1,09	0,72
	12	6,52	61	1,75	1,09	1,91
	13	12,87	61	3,46	1,09	3,77
	14	2,59	61	0,70	1,09	0,76
	15	3,73	61	1,00	1,09	1,09
AVE-106a (30-50 m)	11	0,67	61	0,18	1,09	0,20
	12	15,90	61	4,27	1,09	4,66
	13	12,08	61	3,25	1,09	3,54
	14	8,07	61	2,17	1,09	2,36
	15	6,59	61	1,77	1,09	1,93
AVE-109 (20-30 m)	11	4,47	61	1,20	1,09	1,31
	12	2,03	61	0,55	1,09	0,59
	13	1,23	61	0,33	1,09	0,36
	14	3,34	61	0,90	1,09	0,98
	15	2,51	61	0,67	1,09	0,74
Ortalama Nokta Yükleme Direnci						1,54

4.1.2.3 Tek eksenli basınç deneyi

Basınç dayanımı, üzerlerine uygulanan basınç yüklerine karşı kayaçların kırılmadan önceki, dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bu deneyde amaç, L/D oranı 2-2,5 olan düzgün silindir biçimli kayaç örneklerinin, tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırlarının bulunmasıdır. Kayaçların basınç dayanımı hem sınıflama hem de yapı malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacağının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenirken, ISRM (1981) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır.

Tek eksenli basınç deneyi, 1600 kN yükleme kapasiteli MTS marka elektro-hidrolik pres makinesi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Deney için boy/çap oranı 2/1 olan karot örnekleri kullanılmıştır.

Tek eksenli basınç deneyleri, eksenel yük bindirilen kayaçların gerilme-deformasyon ilişkilerini ortaya koymaktadır. Basınç direnci, silindirik şekilde hazırlanan karotların yüzey alanına dik bir şekilde uygulanan basıncın oranıyla hesaplanır (Vardar, Mahmutoglu, 2010) (Şekil 4.15).

$$\sigma = P / A \quad (4.11)$$

σ = Basınç direnci (kg/cm^2)

P = Kırılma anında yükleme yüzeyine dik yönde uygulanan normal yük (kg)

A = Normal yükün etkidiği yüzeyin alanı (cm^2)



Şekil 4.15 : Tek eksenli basınç deneyinin karot örnekleri üzerinde uygulanması.

Donma-çözülme deneyine girmeyen 15 adet karot örneği ile donma-çözülme deneyine giren 15 adet örnekten deney sonrası sağlam kalan 9 adet örnek üzerinde tek eksenli basınç deneyi uygulanmıştır (Şekil 4.16, 4.17, 4.18, 4.19).



Şekil 4.16 : Tek eksenli basınç deneyinde kullanılan silindirik numuneler.



Şekil 4.17 : Tek eksenli basınç deneyinde kullanılan numunelerin deney sonrasındaki görüntüleri.



Şekil 4.18 : Donma-çözülme sonrası tek eksenli basınç deneylerinde kullanılan numuneler.



Şekil 4.19 : Donma-çözülme sonrası tek eksenli basınç deneyinde kullanılan örneklerin deney sonrası durumları.

Çizelge 4.9’da don öncesi, Çizelge 4.10’da don sonrası örnekler üzerinde uygulanan deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan karot örneklerinin basınç dayanımları.

Sondaj No	Derinlik (m)	Numune No	Boy (cm)	Çap (cm)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
AVE-105	5 - 20	3	12,7	6,1	208
		5	12,9	6,1	195
		6	12,95	6,1	238
		8	13	6,1	113
		9	12,3	6,1	127
AVE-106a	30 - 50	1	11,3	6,1	746
		2	12	6,1	232
		3	12,1	6,1	185
		7	12	6,1	-
		9	12,36	6,1	198
AVE-109	20 - 30	1	13	6,1	140
		4	13,1	6,1	106
		5	13,22	6,1	116
		6	13,1	6,1	325
		8	13,1	6,1	91
Ortalama Basınç Dayanımı					216

Çizelge 4.10 : AVE-105, AVE-106a ve AVE-109 numaralı sondajlardan alınan donma-çözülme işlemine tabi tutulmuş karot örneklerinin basınç dayanımları.

Sondaj No	Derinlik (m)	Numune No	Boy (cm)	Çap (cm)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
AVE-105	5 - 20	1	12,9	6,1	254
		2	13	6,1	140
		4	12,8	6,1	239
		7	12,8	6,1	139
		10	12,8	6,1	230
AVE-106a	30 - 50	4	12,2	6,1	*
		5	11,8	6,1	177
		6	12,2	6,1	*
		8	11,8	6,1	118
		10	11,9	6,1	304
AVE-109	20 - 30	2	13,1	6,1	49
		3	12,7	6,1	*
		7	13,1	6,1	*
		9	13,1	6,1	*
		10	12,9	6,1	*
Ortalama Basınç Dayanımı					183

* İşaretiyle belirtilen örnekler donma çözülme işlemi sırasında dağılmıştır.

4.1.3 Agrega deneyleri

4.1.3.1 Los Angeles deneyi

Los Angeles deneyi ile agregalarda meydana gelen parçalanma direnci tayin edilir. Deney için; AVE-105 (5-20 m), AVE-106a (30-50 m), AVE-109 (20-30 m) sondajlarından alınan numuneler çeneli kırıcıda kırılarak, 14 mm göz açıklığına sahip elekten geçen ve 10 mm açıklıklı eleğin üzerinde kalan kısım elenerek ayrılmıştır. Daha sonra bu malzeme yıkanıp, 24 saat $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'da etüvde kurutulmuştur. Deney aleti olan tamburun içine standartta öngörülen ağırlıktaki çelik bilyalar konulmuş ve 5000 gr'lık numune eklenmiştir. Deney tamburu 500 devir döndürüldükten sonra deney aleti otomatik olarak durmuştur (Şekil 4.20). Daha sonra tamburdan alınan deney numunesi 1,6 mm'lik elekten elenerek elek üzerinde kalan kısım tartılmıştır (Şekil 4.21). Çizelge 4.11'de Los Angeles deneyinin sonucu verilmiştir.



Şekil 4.20 : Los Angeles deney aleti.



Şekil 4.21 : Los Angeles deneyi sonunda 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan malzeme.

Los Angeles katsayısını belirlemek için aşağıdaki bağıntı kullanıldı.

$$LA = (5000 - m) / 50 \quad (4.12)$$

Burada;

m: 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan malzemedir.

Çizelge 4.11 : Los Angeles deneyinin sonucu.

Başlangıçtaki numune ağırlığı (g)	Deney sonrası 1.6 mm'lik elek üstünde kalan numune ağırlığı (g)	LA
5000	3213,40	36

4.1.3.2 Mikro-deval deneyi

Mikro-deval deneyi ile agregaların suda darbeye aşınmaya karşı direnci ölçülmektedir. Deney için 10 mm ilâ 14 mm aralığındaki tane büyüklüğüne sahip agregalar kullanılmıştır. Deney kısmı, her biri 500 g kütleye sahip iki deney numunesinden oluşmaktadır. Her bir deney numunesi, ayrı bir tamburun içine yerleştirilip, her bir tambura, (5000 ± 5) g'lık bir yük oluşturmak için yeterli miktarda çelik bilya ve 2,5 L su ilâve edilmiştir.

Kapağı kapatılan her bir tambur, iki adet mil üzerine yerleştirilip, 12000 devir tamamlanıncaya kadar döndürülmüştür (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 : Mikro-deval deney aleti.

Deneyden sonra, her bir tambur için agrega ve çelik bilyalar bir kaptan toplanıp, bilyalar alınarak agregalar yıkanmıştır. Temizlenen agregalar 24 saat etüvde kurutulduktan sonra 1,6 mm'lik elekten elenmiş ve elek üzerinde kalan malzeme tartılmıştır. Çizelge 4.12'de mikro deval deney sonucu verilmiştir.

Her bir deney numunesi için Mikro-Deval katsayısı (MDE), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$MDE = (500 - m) / 5 \quad (4.13)$$

Burada;

MDE : Mikro-Deval katsayısı,

m : 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerinde tutulan fraksiyonun kütlesi, g'dır.

Çizelge 4.12 : Mikro-deval deneyinin sonuçları.

	Deney öncesi numune ağırlığı (g)	Deney sonrası 1.6 mm'lik elek üstünde kalan numune ağırlığı (g)	MDE
1. Tambur	500	226,76	54,65
2. Tambur	500	249,02	50,20
Ortalama			53

4.1.3.3 Darbe dayanım deneyi

Darbe ile parçalanma değeri SZ, agregaların darbeye karşı göstermiş oldukları mekanik direncin ölçüsünü verir. Bu deney için, 8 mm - 10 mm tane büyüklüğünde numune kullanılmıştır. Deney numunesi, darbe deneyi makinesinin harcı içerisine doldurulup düzleştirilir. Numuneye 370 mm yüksekliğe çıkan tokmak ile 10 defa darbe uygulanır. Darbeler bittikten sonra deney numunesi alınarak 8 mm: 5 mm: 2 mm: 0,6 mm: 0,2 mm'lik beş deney eleğinin en üstündeki 8 mm'lik eleğe dökülür ve elenir (Şekil 4.23). Çizelge 4.13'de darbe dayanım deneyi sonucu verilmiştir.



Şekil 4.23 : Darbe deneyi sonunda elde edilen numunenin elenmesi.

5 deney eleği ve tavanın üzerinde kalan malzemenin kütlesi, deneyden önceki deney numunesinin kütlece yüzdesi olarak hesaplanır. Buradan, 5 deney eleğinden geçen malzeme miktarı kütlece yüzde olarak hesaplanır.

5 deney eleğinin her birinden geçen malzeme miktarının kütlece yüzdeleri toplanır ve kütle miktarının toplamı yüzde olarak (M) verilir.

Darbe ile parçalanma değeri SZ, yüzde olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$SZ = M / 5 (\%) \quad (4.14)$$

Burada:

SZ: Darbe ile parçalanma değeri

M: Beş deney eleğinin her birinden ayrı ayrı geçen kütlelerin %.sinin toplamıdır.

Çizelge 4.13 : Darbe ile parçalanma deneyinin sonucu.

8 mm'lik elekten geçen malzeme (%)	5 mm'lik elekten geçen malzeme (%)	2 mm'lik elekten geçen malzeme (%)	0.6 mm'lik elekten geçen malzeme (%)	0.2 mm'lik elekten geçen malzeme (%)	TOPLAM (M)	SZ
32,02	12,44	6,74	2,51	1,03	54,74	10,95

4.1.3.4 Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyi

Bu deneyde amaç, taş numunesinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği dayanıklılığın belirlenmesidir. Deney ISRM (1981) e göre yapılmıştır. Deney için AVE-105 (5-20 m), AVE-106a (30-50 m) ve AVE-109 (20-30 m) sondajlarından alınan yaklaşık 20 şer gram ağırlığında 20 kırmataş parçası seçilerek yıkanmış, köşeleri yuvarlatılmış ve etüvde kurutulmuştur. Deney sırasında iki adet tambur kullanılmıştır ve kullanılan tamburlar, kapakları ile birlikte tartılarak kütleleri D, kaydedilmiştir. Her bir tambura 10 adet numune konularak, tambur+numune tartılmıştır (A). Tambur, şeffaf hazne içine yerleştirilerek ve tamburun ekseninin 20 mm altına kadar şeffaf hazne su ile doldurularak tamburlar eş zamanlı olarak 10 dakika süre ile döndürülmüştür (Şekil 4.24). 10 dakika sonunda tamburlar hazneden alınarak kapağıyla ve içlerinde kalan numunelerle birlikte tekrar etüve konularak 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuruma sonunda tambur ve kalan numunenin toplam kütlesi B, tayin edilmiştir.

Ardından bu aşamalar tekrarlanarak ikinci çevrimin sonunda tambur ile içinde kalan numunelerin toplam kütlesi C, tayin edilmiştir.



Şekil 4.24 : Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deney aleti ve deneyin yapılışı.

Suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi (ikinci çevrime göre) tamburda en son kalan malzemenin deneyin başlangıcındaki malzemeye oranı şeklinde ifade edilir ve aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır. Çizelge 4.14’de deney sonucu verilmiştir.

$$I_{d2} = ((C-D) / (A-D)).100 (\%) \quad (4.15)$$

Burada;

I_{d2} : İki çevrim için suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi, %,

A: Tambur ve örneğin toplam kütlesi, g,

B: Birinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi, g,

C: İkinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi, g,

D: Tamburun kütlesi, g’dır.

Çizelge 4.14 : Suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları.

	Tambur ağırlığı (g)	Tambur+Numune toplam ağırlığı (g)	2. Çevrim sonunda tambur+kalan numunenin ağırlığı (g)	I_{d2} (%)
1. Tambur	1788,21	2282,61	2180,96	79,44
2. Tambur	1804,36	2315,43	2231,67	83,61
Ortalama				81,53

Örneklerin 2 çevrim sonucunda suda dağılmaya karşı dayanıklılıkları açısından Anon (1979)'a göre “ orta derecede dayanımlı” kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 : 2. çevrim değerine göre suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi sınıflaması.

Suya dayanım indeksi (I_d) iki çevrim	Sınıflama	I_{d2} (%)
0-30	Çok düşük	81,53
30-60	Düşük	
60-85	Orta	
85-95	Orta yüksek	
95-98	Yüksek	
98-100	Çok yüksek	

4.1.3.5 Magnezyum sülfat deneyi

Bu deney, magnezyum sülfata daldırılması ve takiben etüvde kurutulması yolu ile periyodik işleme maruz bırakılan agrega malzemesinin davranışlarını değerlendirmek amacıyla yapılır. Deney için, ağırlığı belirlenen (M_1), tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında olan agregalar 17 saat boyunca doymun magnezyum sülfat çözeltisi kap içerisine daldırılmıştır. Daldırma işleminden sonra örnek çözeltiden çıkarılarak 2 saat suyu süzölmüş ardından 24 saat etüvde kurutulduktan sonra 5 saat boyunca soğutulup, tekrar çözeltiye konmuştur. Bu şekilde 5 defa aynı işlem yapılmıştır. 5. döngü sonunda etüvden çıkarılıp soğutulan örnek magnezyum sülfattan temizlenene kadar yıkanmıştır. Daha sonra etüvde kurutulan deney numunesi 10 mm'lik eleklerle elenip, elek üstünde kalan kısım tartılmıştır (M_2). Çizelge 4.16'da magnezyum sülfat don kaybı deneyinin sonucu verilmiştir.

Çizelge 4.16 : Magnezyum sülfat don kaybı deneyinin sonucu.

Deney numunesinin ilk kütlesi (g)	Deney sonrası 10 mm'lik elek üstünde kalan agrega kütlesi (g)	Magnezyum sülfat don kaybı (%)
430,79	94,25	78

Deney numunesinin magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde olarak (MS) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır:

$$MS = 100.(M_1-M_2) / M_1 \quad (4.16)$$

Burada;

M_1 : Deney numunesinin ilk kütlesi, g

M_2 : Deneyden sonra 10 mm'lik elekte kalan agreganın kütlesi, g'dır.

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma kapsamında yapılan deneylerin sonuçları ile standart değerler karşılaştırılmıştır. Bunun neticesinde bölgedeki volkanik kayacın yapı taşı ve restorasyon taşı olarak kullanılabilirliğine yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur. Ayrıca, inceleme alanının içinden geçen Kuzey Marmara Otoyolunun Garipçe kesimindeki yol yarmasından çıkan malzemenin deniz yapılarında tahkimat taşı olarak kullanılabilirliği irdelenmiştir. Son olarak deney sonuçları ülkemizde üretilen benzer karakterdeki kayaçların özellikleri ile kıyaslanmıştır.

5.1 Andezitin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği

Doğal taş ve mermerlerin kullanım yerlerinin seçilmesinde birçok faktör göz önüne alınmaktadır. Bunlar genellikle atmosfer etkilerinden kaynaklanan dış faktörler ile taşın kendi yapısal özelliklerinden kaynaklanan iç faktörlerdir. Bir yapının neresinde nasıl bir mermer kullanılacağı veya hangi amaçla kullanılacağı, bu faktörlere göre saptanmalıdır. Bu nedenle, kullanılacak olan doğal taşların mineralojik, petrografik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir.

Andezitlerin kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla TS 2513 Doğal Yapı Taşları (1977), TS 10835 (1993) (Andezit - Yapı Ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan) ve TS 1910 (1977) (Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar) standartlarına uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, andezitlere standartlarda öngörülen analiz ve deneyler TS 699'a uygun olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar andezitlerin yapı taşı olarak kullanılabilirliği açısından irdelenmiştir.

5.1.1 Renk ve görünüm

Bölgede yer alan andezitler genellikle koyu gri, siyah, yeşilimsi gri renklere sahiptir. Bu renklerin dışında yörede kırmızımsı, pembe ve gri renk dağılımları da izlenmektedir. Bileşimindeki açık (feldspat) ve koyu renkli (az miktarda biyotit ve hornblend) mineraller nedeniyle kayaç benekli bir görünüm sunmaktadır.

5.1.2 Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

TS 699’a uygun olarak yapılan deneyler sonucunda elde edilen fiziksel özelliklerin aritmetik ortalamaları ve TS standartlarında aranan değerler Çizelge 5.1’de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Buna göre, andezitlerin ortalama birim hacim kütlesi (2.37 gr/cm^3), TS 1910 sayılı standart değerini sağlarken, TS 10835 ve TS 2513 sayılı standart değerlerinin altında kalmıştır. Ortalama kütlece su emmesi (% 4.60), TS 10835, TS 2513 ve TS 1910’a göre fazladır. Gözeneklilik derecesi (% 10.82), TS 10835 standart değerine göre fazla iken TS 1910 standart değerini sağlamaktadır. Don sonrası ağırlık kaybı (% 2.16), TS 2513’e göre standart değerini sağlarken, TS 10835’e göre sınır değerin üzerindedir.

Andezit örneklerinin fiziksel özelliklerinden gözeneklilik derecesine göre (Anon, 1979) “orta boşluklu” kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.1 : Garipçe Amfibollü Andezitinin ortalama fiziksel özelliklerinin standartlarda aranan değerler ile karşılaştırılması.

Fiziksel Özellikler	Çalışma alanı andezit (ortalama değerler)	TS 10835 Andezit	TS 2513	TS 1910
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	2,37	> 2,55	> 2,55	> 2,30
Ağırlıkça Su Emme (%)	4,60	< 0,7	< 1,8	< 0,75
Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	2,16	< 1	< 5	-
Görünür Gözeneklilik (%)	10,82	2	-	< 12

Çizelge 5.2 : Kayaçların gözenekliliklerine göre sınıflandırılması (Anon, 1979).

Tanımlama	Porozite (%)
Çok Yüksek	>30
Yüksek	30-15
Orta	5-15
Düşük	1-5
Çok Düşük	<1

Kuru birim hacim ağırlığı baz alınarak yapılan Cormon (1973) kullanılabilirlik sınıflandırılmasında, andezitler normal yapı malzemeleri sınıfında yer almaktadır (Şekil 5.1). Bu nedenle, yoğunluğunun az olmasından dolayı bazı kullanım yerlerinde avantaj sağlayabilecektir. Özellikle binalarda iç ve dış kaplamalarda diğer doğal taş ve mermerlere göre, binaya getireceği yükün daha az olması tercih nedeni olabilmektedir.

KURU BİRİM HACİM AĞIRLIĞI (gr/cm ³)	MALZEME SINIFI	AĞIR YAPI MALZEMELERİ	Garipçe Andezit
		YARI AĞIR YAPI MALZEMELERİ	
		NORMAL YAPI MALZEMELERİ	
		GEÇİŞ MALZEMELERİ	
		HAFİF YAPI MALZEMELERİ	
		ÇOK HAFİF YAPI MALZEMELERİ	

Şekil 5.1 : Cormon (1973)’e göre andezitlerin yapı malzemesi sınıflandırılmasındaki yeri.

Deneye tabi tutulan andezit örneklerinin ortalama kuru birim hacim ağırlığı Anon (1979) sınıflamasına göre ‘orta’ kuru birim hacim ağırlığına sahip kayaç gurubuna girmektedir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Kayaçların kuru birim hacim ağırlıklarına göre sınıflandırılması (Anon, 1979).

Sınıf	γ_k (kN/m ³)	Tanımlama
1	< 17.65	Çok düşük
2	17.65 – 21.57	Düşük
3	21.57 – 25	Orta
4	25 – 26.97	Yüksek
5	> 26.97	Çok yüksek

P-dalga hızına göre yapılan değerlendirilmesi;

Kayaçlarda yapılan sonik hız deneyinde P-dalga hızının sınıflamadaki yeri Çizelge 5.4’de verilmiştir. Yapılan deney sonucuna göre andezitin P-dalga hızı ‘düşük hız’ olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 5.4 : Sonik hız sınıflaması ve ortalama P-dalga hızı.

Sınıf	Sonik Hız (m/s)	Tanımlama	Ortalama P-dalga hızı (m/s)
1	< 2500	Çok düşük hız	2585,5
2	2500 - 3500	Düşük hız	
3	3500 - 4000	Orta hız	
4	4000 - 5000	Yüksek hız	
5	> 5000	Çok yüksek hız	

Kayaçların P-dalga hızlarıyla ayrışma dereceleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi için Çizelge 5.5 kullanılmıştır. Bu veriye göre 2585,5 m/s P-dalga hızı ile örnekler ‘oldukça ayrışmış’ kaya sınıfına girmektedir.

Çizelge 5.5 : Iliev (1967)’e göre ayrışma dereceleri ve ultrasonik hız değerleri arasındaki ilişki.

Ayrışma Derecesi	Ultrasonik Hız (m/sn)
Taze kaya	>5000
Az ayrışmış	4000-5000
Orta derecede ayrışmış	3000-4000
Oldukça ayrışmış	2000-3000
Aşırı derecede ayrışmış	<2000

5.1.3 Mekanik özellikler

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla ISRM (1981)’de öngörülen yöntemler kullanılarak tek eksenli basınç, sürtünmeden dolayı aşınma kaybı ve nokta yükleme deneyleri yapılmış ve standartlarda istenilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Andezit örneklerinin basınç dayanımları ortalaması 216 kg/cm² olarak bulunmuştur. Bu değer TS 2513 (1977) ve TS 10835 (1993) sayılı standartlarda öngörülen değer in altında kalmıştır (Çizelge 5.6).

Doğal taşların kaplama olarak kullanıldığı yerlerde en önemli özellik olan sürtünmede aşınma kaybı 22,11 cm³/50 cm² olarak saptanmıştır ve sadece TS 10835 (kaplama) standart değerini sağlamıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 : Garipçe Andezitinin ortalama mekanik özellikleri ve standartlarda öngörülen değerler ile karşılaştırılması.

Fiziksel Özellikler	Çalışma alanı andezit (ortalama değerler)	TS 10835 Andezit		TS 2513	
		Taşıma	Kaplama	Taşıma	Kaplama
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	21,6	> 100	> 60	> 50	
Sürtünmeden Dolayı Aşınma Kaybı (cm ³ /50.cm ²)	22,1	< 17	< 28	< 15	< 10

Garipçe Andezitinin tek eksenli basınç dayanımı değeri, Deere ve Miller “birleştirilmiş mühendislik sınıflamasına göre “çok düşük dayanımlı kayaç” grubuna girmektedir (Çizelge 5.7). Bu özelliği ile taban döşemelerinde kullanılamaz olduğu anlaşılr.

Çizelge 5.7 : Kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflandırılması.

Tanım	Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm ²)
Çok Yüksek Dayanımlı	>2000
Çok Dayanımlı	2000-1000
Orta Dayanımlı	1000-500
Düşük Dayanımlı	500-250
Çok Düşük Dayanımlı	<250

Andezitlerin en düşük tek eksenli basınç dayanımı değerine göre Erdoğan (1991) “TSE 2513’de Yapılması Önerilen Yapı Taşı Sınıflaması”na göre tek eksenli basınç dayanımına göre “çok hafif-hafif yapıtaşı” grubuna girmektedir (Çizelge 5.8). Birim hacim ağırlıklarına göre, “normal yapı taşları” sınıfında yer almaktadır. Bu özelliği ile taban döşemesinde kullanılamayacağı ancak iç cephe kaplamasına uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.8 : Erdoğan (1991) tarafından TSE 2513’de yapılması önerilen yapı taşı sınıflaması.

Yapı Taşı Sınıfı	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	En Düşük Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Standarta Eklenmesi Gereken Yeni İlke
Çok Hafif	< 1,50	50	Sıva tutma yeteneği araştırılmalı
Hafif	1,50 – 2,00	250	Taban döşemesinde kullanılmaz
Normal	2,00 – 2,50	400	Taban döşemesinde kullanılmaz İç cephe kaplamasına uygun
Ağır Yapı Taşı	> 2,50	> 400	Taban döşemesinde ve Dış cephe kaplamasında kullanılabilir

Kayaçların nokta yük dayanımına göre değerlendirilmesi;

Bieniawski (1975) tarafından nokta yük direncine göre yapılan Çizelge 5.9’daki sınıflandırmada andezitlerin ortalama 1,54 MPa değeri ile “düşük dayanımlı kaya” sınıfında yer aldığı görülmektedir.

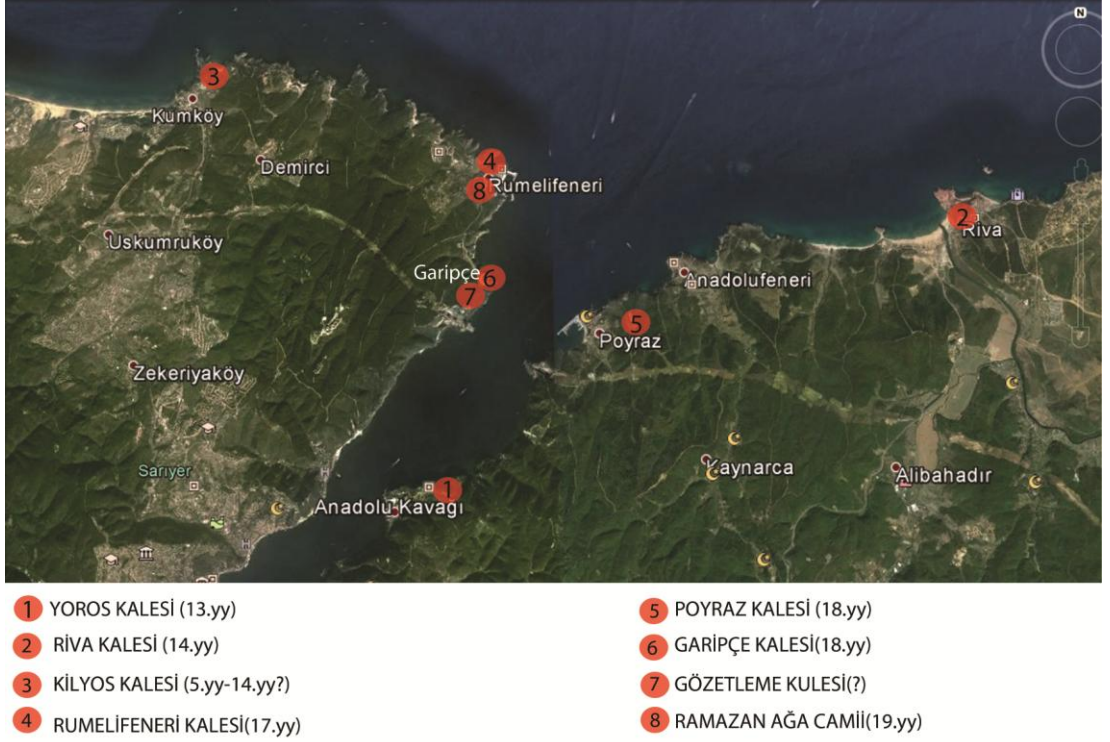
Çizelge 5.9 : Kayaçların nokta yük dayanım direncine göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975).

Kaya Sınıfı	Nokta Yük Dayanım Direnci (MPa)
Çok Düşük Dayanımlı	<1
Düşük Dayanımlı	1 – 2
Orta Dayanımlı	2 – 4
Yüksek Dayanımlı	4 – 8
Çok Yüksek Dayanımlı	>8

5.2 Andezitin Restorasyon Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği

Restorasyon; bir mimari eseri, bir tablo veya bir heykel gibi herhangi bir sanat eserinin zamanla veya başka bir nedenle zarar görmüş, bozulmuş kısımlarını, o eserin sanat değerine ve eski şekline zarar vermeksizin sanat bakımından tamir ve ıslah (rehabilite) etmektir. Restorasyonun amacı tarihi eser ve dokuların özgün biçimleriyle korunarak, gelecek kuşaklara aktarılmasıdır.

İstanbul Boğazı’nın batı ve doğusunda çoğunluğu kıyı kesimde bulunan tarihi kaleler bulunmaktadır. Bu kalelerin yapımında Garipçe Formasyonu’na ait andezit, bazaltik andezit türündeki kayaçlar kullanılmıştır (Şekil 5.2). Bazı kalelerin tamamı bu kayaçtan yapılırken bazılarında ise ana yapı taşı olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.2 : İnceleme alanı yakınında volkanik kayaçların kullanıldığı tarihi yapılar.

Çalışma alanında bulunan Garipçe Kalesi de bu kalelerden biridir. Bu kale, İstanbul'un Avrupa yakasının kuzeyinde, İstanbul Boğazı'na ve Karadeniz'e sahili bulunan Sarıyer ilçesinin Garipçe semtinde bulunmaktadır ve 18.yy.da inşa edilmiştir.

Cenevizlilerden kalma olan Garipçe Kalesi, Macar asıllı Fransız mimar Baron François de Tott'a Padişah III. Mustafa tarafından yaptırılmıştır. Antik Çağ'da Lykion Limen (Likyalıların Limanı) adı verilen koyda kayalıklar üzerine inşa edilen kale Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından bir süre kullanılmıştır. Kalenin bozulan bölümleri betonarme malzemeyle yenilenmiştir.

Kalenin yapımında kullanılan malzemeye bakıldığında, bölgede bulunan bazaltik andezitik, andezitik kayaçlardır. Kale yığma taş ve tuğla malzeme ile yapılmış olup duvarı boyunca belirli aralıklarla koyulmuş küçük boyutlu, beşik kemerli gözetleme pencereleri yer almaktadır (Şekil 5.3).

Kalenin günümüzdeki durumuna bakıldığında taşların arasındaki bağlayıcı harçlar özelliklerini kaybetmiştir. Bazı yerlerde bitki oluşumları görülmektedir (Şekil 5.4). Kalenin alt kesiminde tonoz bulunmaktadır. Tonozu oluşturan tuğlaları bağlayan harçta görülen bozulmalar nedeniyle bazı yerlerde tuğlalar düşmüştür.



Şekil 5.3 : Garipçe Kalesi'nin genel görünümü.



Şekil 5.4 : Garipçe Kalesi'nin yapımında kullanılan andezitik kayacın yakından görünümü.

Kale duvarlarında yapılan inceleme ve gözlemlerden yapı taşı olarak kullanılan Garipçe andezitinde ileri düzeyde kopma, parçalanma, aşınma ve ayrışma yapıları gözlenmiştir.

Sonuçta; inceleme alanı içerisindeki tarihi Rumeli Feneri, Kilyos ve Garipçe Kalelerinde esas yapı taşı olarak yöre andezitinin kullanıldığı saptanmıştır. Bu kalelerin aslına uygun restore edilmesi istendiğinde aynı bölgede bulunan andezitik kayaların kullanılabileceği düşünülmektedir.

5.3 Garipçe Andezitinin Kıyı Tahkimatı ve Dolgusunda Kullanılabilirliği

Deniz yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde dikkate alınan başlıca özellikler; renk, yoğunluk, su emme, porozite, süreksizliklerin özellikleri, ayrışma durumu, sağlam kayanın mukavemeti, blok bütünlüğü, blok şekli, blok ağırlığı ve boyutu olarak sıralanabilir. Kıyı tahkimatında kullanılacak kaya malzemesi yerinde yapılacak ayrıntılı gözlem ve değerlendirilme ile laboratuvar çalışmalarının sonuçlarına dayalı olarak seçilmektedir. Bölgedeki andezitin bu amaçla kullanılıp kullanılamayacağı irdelenmiştir. Bunun için öncelikle inceleme alanından geçen Kuzey Marmara Otoyolu yarmasından çıkacak malzeme miktarı belirlenmiştir. Belirlenen hacmin kullanım olanağı araştırılmıştır.

Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde, 86+115 ve 86+740 kilometreleri arasında, toplam 625 m uzunluğunda, ortalama derinliği 30 m olacak yarma için rezerv hesabı yapılmıştır. Rezerv hesabı yapılırken yarmayı projelendiren firma tarafından hazırlanan yol plan ve kesitleri ile sondaj çalışmalarından yararlanılmıştır. Yarma hattında dik 14 adet birbirine paralel ve 50 m aralıklı kesitler alınmıştır. Topografik kesitler sondaj verileri ve arazi gözlemleri yardımıyla jeolojik kesitlere dönüştürülmüştür. AUTOCAD programı kullanılarak hazırlanan kesitlerin her birinin kesit alanları m² cinsinden hesaplanmıştır. EK-3'de hazırlanan kesitler verilmiştir. Bu alanlar kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla birbirini izleyen komşu kesitler arasındaki dilimler için andezit hacimleri m³ cinsinden belirlenmiştir. Her bir dilim için, bu yöntemle hesaplanan hacimler Çizelge 5.10'da verilmiştir.

$$V_i = ((A_1 + A_2) / 2) \cdot H \quad (5.1)$$

V_i = İki kesit arasındaki dilimin hacmi,

A_1 = Birinci kesitte ölçülen alan (m²),

A_2 = İkinci kesitte ölçülen alan (m²),

H = Kesitler arası mesafe (m),

Dilimler arasında kalan tüm hacimler toplanarak toplam jeolojik hacim belirlenmiştir. Bulunan toplam hacim, andezitin birim hacim ağırlığı ile çarpılarak rezerve dönüştürülmüştür.

Deneyler sonucunda malzemenin ortalama birim hacim ağırlığı 2,37 ton / m³ bulunarak toplam rezerv;

$$RT = \gamma \cdot VT \quad (5.2)$$

$$RT = 2,37 \text{ ton / m}^3 \cdot 647574,745 \text{ m}^3 = 1534752,146 \text{ ton olarak bulunmuştur.}$$

RT = Toplam rezerv (ton),

γ = Birim hacim ağırlık (ton/m³),

VT = Toplam hacim (m³) dir.

Çizelge 5.10 : Yarmadan çıkacak andezit malzemesinin hacmi.

KM	ALAN (m ²)	H (m)	V (m ³)
86+110.00	780,3518	50	57843,7575
86+160.00	1533,3985	50	69030,8975
86+210.00	1227,8374	50	48511,4475
86+260.00	712,6205	50	23223,7475
86+310.00	216,3294	50	9535,68
86+360.00	165,0978	50	15890,2425
86+410.00	470,5119	50	48152,0175
86+460.00	1455,5688	50	102834,5325
86+510.00	2657,8125	50	85863,315
86+560.00	776,7201	50	26520,955
86+610.00	284,1181	50	28755,4325
86+660.00	866,0992	50	53939,82
86+710.00	1291,4936	50	77472,9
86+760.00	1807,4224	50	
TOPLAM HACİM (V_T)			647574,745

5.3.1 Kayaç türleri ve sınır değerler

Deniz yapıları kapsamında kullanılan kaya malzemesi esas olarak koruyucu tabaka, filtre tabakası ve çekirdek / dolgu malzemesinden oluşur. Kaya malzemelerin tahkimat için kullanılabilirliğini saptamaya yönelik parametreler ve ilgili sınırlar değişik kaynaklarda verilmektedir.

Bu malzemelerin genel, fiziksel, kimyasal ve dayanıklılık özelliklerinin belirlenmesinde ve deney metotları için;

TS EN 13383-1, 2004a Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) Bölüm 1: Özellikler

TS EN 13383-2, 2004b Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) Bölüm 2: Deney Metotları Standartları esas alınarak, kullanılacak malzemenin;

• **Kıyı Mühendisliği El Kitabı (1991)** (manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering) / CIRIA (İngiltere İnşaat Sektörü Araştırma ve Enformasyon Kurumu) ve CUR (Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standartlar Merkezi)

• **Karayolları Teknik Şartnamesi (2006)**

gibi kaynaklar da öngörülen koşulları sağlaması istenir. Tahkimat taşının özellikleri, arazi ve laboratuvar deneyleri ve ilgili şartname limitleri Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’ de verilmiştir. Bu bağlamda tahkimat taşının taze-az ayrışmış, geniş eklem aralığına sahip veya masif yapıda, homojen, sağlam, sert, aşınma, don ve hava tesirlerine karşı dayanıklı, TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 standartlarında belirtilen nitelikleri taşıması ve Çizelge 5.11’de istenen özelliklere uygun olması istenmektedir.

Çizelge 5.11 : Tahkimat taşının özellikleri ile deney sonuçlarının karşılaştırılması.

Deney	Şartname Limitleri	Garipçe Andeziti’nin Özellikleri	Uygunluk
Ayrışma derecesi	I-II	II-III-IV	
Süreksizlik aralığı (m)	1,00+	0,6 - 2	
RQD (%)	80-100	52,7	
Doygun Yüzey Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	≥ 2,50	2,37	-
Su Emme Oranı %	≤ 0,5	4,60	-
Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	≥ 500	216	-
Kaba Agregada Los Angeles Aşınma Direnci %	≤ 40	36	+
Tabii Don Dayanımı %	≤ 5	2,16	+
Don Kaybı Deneyi (MgSO ₄) %	≤ 25	78,12	-
Sürtünme ile Aşınma Kaybı	≤ 15 cm ³ / 50 cm ²	22,11	-

5.3.2 İdealize kaya kalitesi

İdealize kaya kalitesini temsil eden tipik parametreler; ayrışma derecesi, süreksizlik aralığı, RQD, porozite, su emme, tek eksenli basınç dayanımı ve kaya yoğunluğudur. Bu parametrelerin dışında blok boyutu, süreksizliklerin nicelik ve niteliği, mukavemet parametreleri, darbeye dayanıklılık vb. dikkate alınmaktadır. Uygun malzemenin seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususlar Çizelge 5.12’de verilmektedir.

Çizelge 5.12 : Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).

Deney veya Gözlem	Koruyucu Tabakalar	Filtre Tabakaları	Çekirdek / Dolgu
Ayrışma derecesi	I-II	I-II	I-II
Süreksizlik aralığı (m)	1.00+	0.50+	0.20+
RQD (%)	80-100	75-100	55-100
Porozite (%)	0-5	0-10	0-10
Su emme (%)	< 2.0	< 2.5	< 3.0
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	> 100	> 100	> 50
Kaya yoğunluğu (kg/m ³)	> 2600	> 2600	> 2000

5.3.3 Kaya kalitesinin değerlendirilmesi

CIRIA ve CUR kayaçların dayanıklılığı ile ilgili olarak rehber niteliğinde bir tablo hazırlanmış ve malzeme özellikleri açısından “çok iyi”, “iyi”, “marjinal” ve “zayıf” olmak üzere 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 5.13). Uygulamada “çok iyi” ve “iyi” sonuçlara sahip kayalar tercih edilmektedir. Yapılan deney sonuçlarına göre araziden alınacak malzemenin dayanıklılığı ‘zayıf’ır.

Deney sonuçları ile tüm veriler karşılaştırıldığında malzemenin deniz yapılarında kullanılacak tahkimat taşı için uygun olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.13 : Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı için rehber (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).

Deney	Çok İyi	İyi	Marjinal	Zayıf	Açıklamalar	Garipçe andeziti için değerler
Kaya yoğunluğu (gr/cm ³)	>2,9	2,6-2,9	2,3-2,6	<2,3	Hidrolik stabiliteyi etkileyen fiziksel özellik. Sıkı fakat ayrılmış bazik kayalar dışında sağlamlığın iyi bir göstergesi.	2,37

Çizelge 5.13 (devam) : Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı için rehber (CIRIA special publication 83 / CUR Report 154).

Deney	Çok İyi	İyi	Marjinal	Zayıf	Açıklamalar	Garipçe andeziti için değerler
Su emme (%)	<0,5	0,5-2,0	2,0-6,0	>6,0	Parçalanmaya karşı direncin tek en önemli göstergesi. Ayrışma direncinin iyi bir göstergesi.	4,6
Don kaybı (MgSO ₄) %	<2	2-12	12-30	>30	Ayrışmaya karşı direnci gösterir. Sıcak kuru iklimlerde kullanılacak poroz sedimanter kayalar için önemli bir deney	78,12
Donma / çözülme kaybı (%)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2,0	>2,0	Dondurucu kış iklimler için önemli bir deney (özellikle baraj gövdeleri). Su emme ile iyi bir korelasyon	2,16
Nokta yükleme indeksi I _{s(50)} (MPa)	>8,0	4,0-8,0	1,5-4,0	<1,5	Yeni çatlaklar boyunca oluşan kırılmalara karşı direnci gösterir. Çok sayıda örnek için hızlı bir deney. Büyük blokların darbe dayanımı için yanıltıcı olabilir.	1,54

5.4 Garipçe Andezitinin Türkiye’de İşletilen Diğer Volkanik Kayalarla Karşılaştırılması

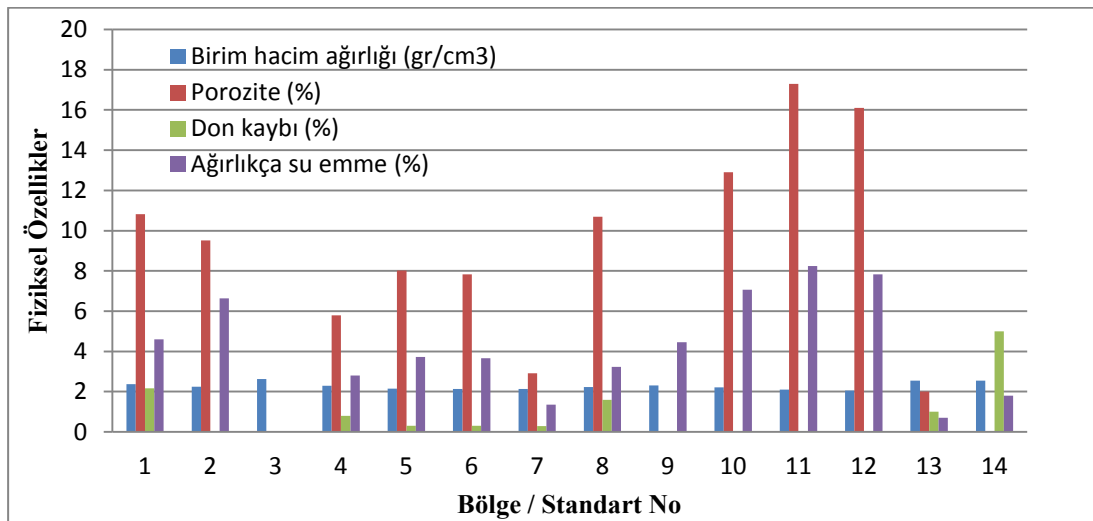
Garipçe’de bulunan volkanik kayalar üzerinde, standartların belirlediği fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, porozite ve don sonrası ağırlık kaybı deneyleri yapılarak andezitlerin fiziksel özellikleri belirlenirken, tek eksenli basınç dayanımı, sürtünmeden dolayı aşınma kaybı deneyleri ile de mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu deney sonuçları ile Türkiye’nin farklı şehirlerinde bulunan volkanik kayaların özellikleri Çizelge 5.14’de karşılaştırılmıştır (Şimşek, 2003; Kuşçu vd., 2003; Koca vd., 2001; Çelik ve Kavas, 2001; Erguvanlı ve Ahunbay, 1989; Özçelik vd., 2003).

Garipçe andeziti, Türkiye’de işletilen diğer volkanik kayalar ile fiziksel özellikleri bakımından karşılaştırıldığında bazı volkanik kayalar ile benzerlik göstermektedir

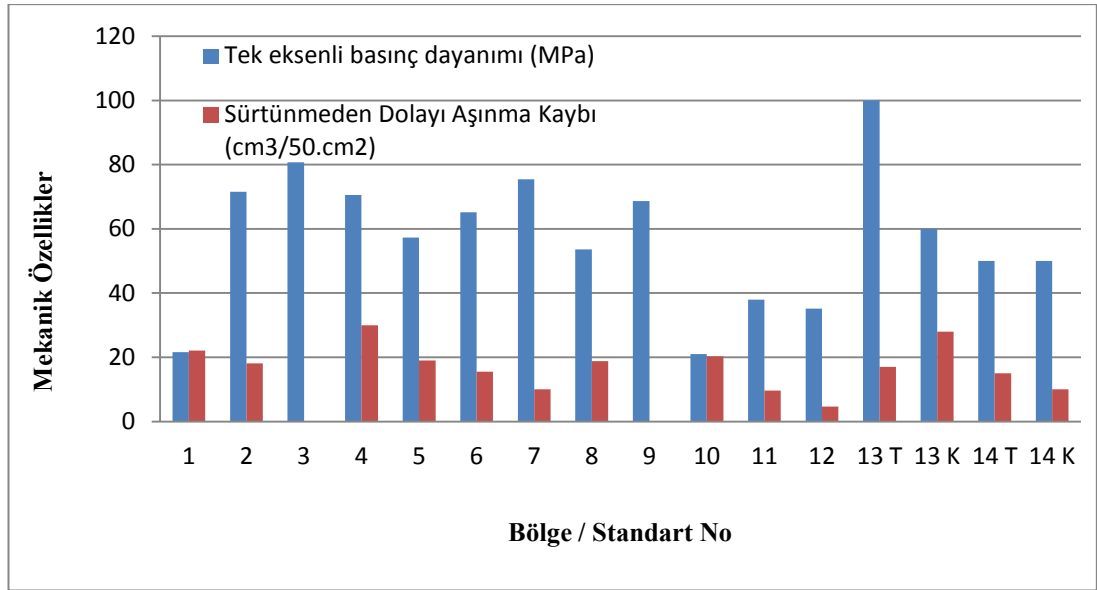
(Şekil 5.5). Ancak mekanik özelliklerden tek eksenli basınç dayanımı ülkemizde işletilen diğer volkanik kayaların hemen hemen tümünden daha düşüktür (Şekil 5.6).

Garipçe andeziti en çok Balya volkanitleri ile benzerlik göstermektedir. İzmir-Bergama Cumhuriyet Meydanı'nda kullanılan Balya volkanitleri otobreşik andezit ve andezitik tüflerden oluşmaktadır. İzmir-Bergama Cumhuriyet Meydanı'ndaki açık hava tiyatrosunun oturma yerleri için blok kesme taş, amfinin çevre düzenlenmesinde parke taşı ve de yan cephelerde kaplama taşı olarak pembe andezit taşları kullanılmıştır. Andezitler sonradan havanın ve suyun etkisiyle atmosferik koşullarda bozunarak günümüzde işlevini yerine getiremeyecek duruma gelmişlerdir. Ayrıca, andezitlerin bulundukları yerlerde önceden belirli bir ayrışma derecesine sahip oldukları taş ocaklarında yapılan gözlemler ve ince kesit analizlerinden anlaşılmaktadır. Fiziksel olarak taşlarda ıslanma ve kurumaya bağlı olarak parçalanma ve ufalanma şeklinde mekanik ve hidroliz yoluyla feldspatların kil minerallerine dönüşmesi şeklinde yüzeysel koşullarda gelişen kimyasal bozunmalar meydana gelmiştir. Cumhuriyet meydanı parçalanmış ve üzeri aşınmış andezit taşlarıyla kaplı olarak harap bir görünüm sunmaktadır. Önceden taşlarla ilgili yeterli deney ve yerinde gözlemin yapılmaması uygulamada yanlış taş kullanım tercihleri para-emek ve zaman kaybına neden olmuştur. (Koca vd., 2001).

Bu sonuçlara göre Garipçe andezitinin yapıtaşı olarak kullanılmasının pek uygun olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 5.5 : Garipçe Andeziti ve Türkiye’de işletilen diğer volkanik kayaların fiziksel özelliklerinin standartta aranan değerlerle kıyaslanması.



Şekil 5.6 : Garipçe Andeziti ve Türkiye’de işletilen diğer volkanik kayaların mekanik özelliklerinin standartta aranan değerlerle kıyaslanması.

Çizelge 5.14 : Garipçe Andezitinin Türkiye’de işletilen diğer volkanik kayalarla karşılaştırılması.

Bölge / Standart No	Bölge	Birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Porozite (%)	Don kaybı (%)	Ağırlıkça su emme (%)	Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm ²)	Aşınma Kaybı (cm ³ /50 cm ²)
1	Garipçe Andeziti	2,37	10,82	2,16	4,60	215,71	22,11
2	Gölbaşı-Ankara	2,24	9,51	0,04	6,64	716,00	18,10
3	Çubuk-Ankara	2,62	-	-	-	807,11	0,15
4	Elvanpaşa-Afyon	2,29	5,80	0,79	2,80	706,00	30,00
5	Ağın-Afyon (kırmızı)	2,15	8,02	0,31	3,73	572,70	19,00
6	Ağın-Afyon (pembe)	2,14	7,83	0,30	3,66	652,05	15,50
7	Ağın-Afyon (gri)	2,14	2,91	0,28	1,36	755,20	10,00
8	Korgun-Çankırı (pembe)	2,23	10,70	1,59	3,23	535,96	18,76
9	Kurşunlu-Çankırı (siyah)	2,31	-	-	4,45	687,49	-
10	Balya-Balıkesir	2,21	12,90	-	7,06	210,00	20,27
11	Şirinçavuş-Balıkesir (trakitik tüf)	2,10	17,29	-	8,24	380,00	9,60
12	Karamürsel-Od taşı (andezitik tüf)	2,06	16,10	-	7,83	352,00	4,64
13	TS 10835	Taşıma	> 2,55	< 1	< 0,70	> 1000	< 17
		Kaplama				> 600	< 28
14	TS 2513	Taşıma	> 2,55	< 5	< 1,80	> 500	< 15
		Kaplama					< 10

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında İstanbul Boğazı'nın batısında, Sarıyer ilçesinin kuzeyinde yer alan volkanik kayaçların malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda Kuzey Marmara Otoyolu'nun Garipçe kesiminde açılacak otoyol yarmasının bulunduğu bölgede, yarmadan elde edilecek volkanik malzemenin kullanım olanakları da irdelenmiştir. Araziden elde edilen örnekler laboratuvar ortamında deneye tabi tutulmuş ve böylece otoyol kazılarında çıkacak malzeme miktarı ve nitelikleri ortaya konularak, bölgedeki volkanik kayacın yapı ve tahkimat taşı olarak kullanım olanakları incelenmiştir.

Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar TS 2513 Doğal Yapı Taşları (1977) ve TS 10835 (1993) e göre 'Andezit - Yapı Ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliği' irdelenmiş ve kullanılabilme olanakları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Kuzey Marmara Otoyolu'nun İstanbul Boğazı batı yakasındaki güzergahının boğaza komşu kesimini de içine alan yaklaşık 25 km²'lik bir alanın 1/10.000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri hazırlanmıştır.
2. Çalışma alanında temeli Garipçe Formasyonu'na ait Kretase yaşlı volkanik kayaçlar oluşturur. Bu birimi Meşetepe Formasyonu'na ait killi-kumlu-çakıllı Miyosen yaşlı ayrık kayaçlar uyumsuzlukla örtmektedir. Dere yataklarında ise güncel alüvyoner oluşumlarla karşılaşılır.
3. Bölgedeki volkanik kayaçların petrografik-mineralojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla araziden derlenen örneklerin ince kesitleri hazırlanmış ve polarizan mikroskop altında incelenmiştir. İncelemeler sonucunda Kretase yaşlı volkanik kayaçların andezitik bileşimli oldukları belirlenmiştir.
4. Otoyol güzergahının açılan sondajlarda üstte Meşetepe formasyonu yer alırken, alta doğru Garipçe formasyonunu oluşturan tümüyle ayrıışmış andezit ve yer yer aglomera seviyeli andezite geçilmiştir.

5. Otoyol araştırma sondajlarından alınan karot örnekleri üzerinde fiziksel deneyler kapsamında kuru birim hacim ağırlık, doygun birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, porozite, boşluk oranı, don kaybı deneyleri yapılmış olup ayrıca P-dalga hızı da belirlenmiştir. Mekanik deneyler kapsamında tek eksenli basınç dayanımı, sürtünmeden dolayı aşınma kaybı, nokta yük dayanımı deneyleri ve agrega deneyleri olarak da Los Angeles aşınma, Mikro-deval aşınma direnci, suda dağılmaya karşı dayanıklılık, darbe dayanımı ve magnezyum sülfat don kaybı deneyleri yapılmıştır.
6. Andezitin ortalama birim hacim ağırlığına göre normal yapı malzemesi sınıfına girmekte olup, standartlarda istenilen değerin altındadır.
7. Ortalama su emme değeri % 4,60 ile standartta istenen değerin üstündedir.
8. Ortalama donma-çözülme sonrası ağırlık kaybı değeri % 2,16 bulunmuştur. Bu değer TS 10835'göre istenilen değerin üzerinde iken TS 2513'göre istenilen sınırlar içinde kalmaktadır.
9. Bölgedeki volkanik kayaçların porozitesi % 10,82 olup, yapı taşı standartlarında istenen değerin çok üstündedir. Deneye tabi tutulan örnekler çok boşluklu kaya sınıfına girmektedir.
10. Ortalama P-dalga hızı 2585,5 m/sn dir. Bu değere göre kayaç 'düşük hız' sınıfına girmektedir. Dolayısıyla zayıf kayaç niteliği taşındığı anlaşılmaktadır.
11. Tek eksenli basınç dayanımı ortalama olarak 216 kg/m^2 'dir. Bu değer yapı taşı standartlarında öngörülen değerin altında kalmaktadır. Basınç dayanımına göre Garipçe andezitinin çok düşük dayanımlı kaya sınıfına girdiği anlaşılmıştır.
12. Sürtünmeden dolayı aşınma kaybı değeri ortalama $22,1 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olarak belirlenmiş olup, bu değer TS 2513'te istenen sınırın üzerindedir. Ancak, TS 10835'e göre kaplama taşları için istenen (< 28) değerin altındadır.
13. Nokta yük dayanım değeri ortalama 1,54 MPa dır. Bu değer kayacın 'düşük dayanımlı kaya' sınıfına girdiğini göstermektedir.
14. Tahkimat taşı olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla yapılan deneylere ilaveten olarak Los Angeles ve donma-çözölmeye (magnezyum sülfat) karşı dayanım (kütle kaybı) deneyleri yapılmıştır. Los Angeles aşınma değeri % 36 ile standarda agrega standardındaki en üst sınır değerin altındadır. Magnezyum sülfat çözeltisi kütle kaybı değeri % 78 ile TS EN 13383-2 standardının istediğı değerin (≤ 25) çok üzerindedir.

15. Ayrıca, bölgeden geçen karayolu yarması boyunca yapılan sondaj çalışmaları yardımıyla, kazıdan çıkacak andezit malzemesinin rezervi hesaplanmıştır. Belirlenen toplam rezerv miktarı 1534752,146 ton olup, karada veya denizde tahkimat veya altyapı amacıyla oluşturulacak dolguların çekirdek kısmında kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde bölgedeki andezitik kayaçların yapıtaşı standartlarında aranan özellikleri sağlamadığı görülmüştür. Tek eksenli basınç değerinin düşük olması, su emme değerinin ve porozitesinin yüksek olması özellikle dış mekanlarda kullanımını engellemektedir. Bununla birlikte iç mekanlarda sadece kaplama taşı olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, inceleme alanı içerisindeki tarihi kalelerde esas yapı taşı olarak yöre andezitinin kullanıldığı görülmüştür. Bu durum, tarihi kalelerin aslına uygun restorasyonunda bölgeden seçilerek elde edilecek andezitin kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, Ş.** (1963). İstanbul Boğazı Doğusunda Mostra Veren Paleozoyik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahedeler. *MTA Derg.*, no. **60**, s. 1-7, Ankara.
- Aiello, E., Bartolini, C., Boccaletti, M., Gocev, P., Karagjuleva, J., Kostadinov, V. and Manetti, P.** (1977). An Upper Cretaceous Intra-Arc Basin, *Sedimentary Geology*, V. **19**, pp. 39-68.
- Akartuna, M.** (1963). Şile Şarıyajının İstanbul Boğazı Kuzey Yakalarında Devamı. *MTA Dergisi*, **61**, 14-20.
- Anon.** (1979). Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* **19**, 364–371.
- Anon.** (2001). "D.P.T VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel ihtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeleri Alt Komisyonu, Yapı Malzemeleri Cilt II. Çalışma Grubu Raporu", Ankara.
- Avşar, R., Mahmutoglu, Y. ve Şans, G.** (2011). Kızılıcaköy-Şile Civarındaki Bazaltın Kırmataş Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi. 6. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, Sivas.
- Başol, B., Şahin, M., Baykır, M. ve Akıncı, G.** (2010). Riva Kalesi Yapı Taşları, Sıva ve Harçlarının Petrografisi ve Kaynak Alanı, Restorasyon-Konservasyon Çalışmaları, Sayı 5, İBB KUDEB, İstanbul, s. 24-30.
- Baykal, F.** (1943). Şile Bölgesinin Jeolojisi. *İst. Üniv. Fen Fak. Mecm. C. 7 E.* 3p: 166-233, İstanbul.
- Bayrak, A. ve Murat, M.** (1990). İstanbul ve Kocaeli İleri Dolayının 1/100000 Ölçekli Derlenmiş Jeoloji Haritası (yayımlanmamış).
- Bektaş, O., Çapkinoğlu, Ş., and Akdağ, K.** (2001). Successive Extensional Tectonic Regimes During the Mesozoic As Evidenced by Neptunian Dykes In the Pontide Magmatic Arc, Northeastern Turkey, *International Geology Review*, **43**.
- Bektaş, O., Şen, C., Atıcı, Y., and Köprübaşı, N.** (1999). Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related volcanism Towards the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey), *Geological Journal*, **34**, p. 95-106.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K., and Özgür, S.** (1995). Cretaceous Rifting of the Eastern Pontide Carbonate Platform, NE Turkey; The Formation of Carbonate Breccias and Turbidites as Evidence of a Drowned Platform, *Geologia*, **57**, 233-244.

- Boccaletti, M., Manetti, P., and Peltz, S.** (1973). Evolution of the Upper Cretaceous and Cenozoic Magmatism in the Carpatian Arc: Geodynamic Significance, *Mem. Soc. Geol. It.*, V. **12**, pp. 267-277.
- Boccaletti, M., Manetti, P., and Peccerillo, A.** (1974). Hypothesis on the Plate Tectonic Evolution of the Carpatho-Balkan Arcs, *Earth and Planetary Science Letters*, V. **23**, pp. 193-198.
- Boccaletti, M., Manetti, P., Peccerillo, A., and Stanisheva-Vassileva, G.** (1978). Late Cretaceous High-Potassium Volcanism in Eastern Srednogorie,, Bulgaria, *Geological Society of American Bulletin*, V. **89**, pp. 439-447.
- Chaput, E., and Hovasse, R.** (1930). Observations Sur La Structure Du Neogene Des Environs de Constantinople. Publ. Inst. Geol. Univ. de Stamboul, No. 5, pp. 1-2, İstanbul.
- Cormon, P.** (1973). Beton de Granulats Legers, Edition Eyrolles, Paris.
- Çelik, M. Y. ve Kavas, T.** (2001). Elvanpaşa (Afyon) Trakiandezitlerinin Jeolojisi ve Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması.
- Deere, D.U. and Miller, R.D.** (1966). Engineering Classification And Index Properties For Intact Rock, Univ. Illinois, Uech.Rept., Tr-65-116.
- Erdoğan, M.** (1991). Doğal Yapıtaşı Standartlarına İlişkin Görüş ve Öneriler, *Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*. Jeoloji Mühendisliği Bölümü II. Sayı: **6**, Isparta, s. 153-159.
- Erguvanlı, K. ve Ahunbay, Z.** (1989). Mimar Sinan'ın İstanbul'daki Eserlerinde Kullandığı Taşların Mühendislik Jeolojisi ve Mimari Özellikleri. *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, İstanbul, s. 111-112.
- Franklin, J.A., and Broch, E.** (1972). The point load strength test. *International Journal of rock mechanics and mining science* . **9**, 669-97.
- Gedik, İ., Duru, M., Pehlivan, Ş. ve Timur, E.** (2005). Türkiye Jeoloji Haritaları İstanbul F22c Paftası. No: **11-13**, MTA Jeoloji Etüdleri Dairesi.
- Görür, N.** (1988). Timing and Opening of the Black Sea Basin, *Tectonophysics*, V. **147**, pp. 247-262.
- Görür, N.** (1991). Aptrian-Albian Palaeogeography of Neo-Tethyan Domain, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, V. **87**, pp. 267-288.
- Howe, J. A.** (2001). The Geology of Building Stones. İTÜ Mustafa İnan Kütüphanesi, s. 103-106.
- Iliev, I. G.** (1967). An Attempt to Estimate the Degree of Weathering of Intrusive Rocks From Their Physico-Mechanical Properties, in Proceedings of the 1st Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon, pp. 109-114.
- ISRM.** (1981). Uluslararası Kaya Mekaniği Sınıflaması.
- Kamenov, B., Yanev, Y., Nedialkov, R., Moritz, R., Peytcheva, I., Von Quadt, A., Stoykov, S., and Zartova, A.** (2004). An Across-Arc Petrological Transect Through the Central Srednogorie Late Cretaceous Magmatic

Centers in Bulgaria, Bulgarian Geological Society, *Annual Scientific Conference 'Geology 2004'*, 16-17.12.2004, 35-37.

- Keskin, M., and Tüysüz, O.** (1999). Geochemical Evidence for Nature and Evolution of the Rift Volcanism Related to the Opening of the Black Sea, Central Pontides, Turkey, EUG10, *Journal of Conference Abstracts*, Vol. 4, no: 1, p. 816.
- Keskin, M. and Tüysüz, O.** (2001). Genesis of the Rİft Volcanism and Basin Formation Related to the Opening of the Black Sea During Late Cretaceous, Western Pontides, Turkey, EUG11 in Strasbourg, France, *Journal of Conference Abstracts*, Vol. 5, p. 732.
- Keskin, M. and Ustaömer, T.** (2001) Stratigraphy and Geochemistry of Cretaceous Volcanosedimentary Units in the North of Istanbul: Development of a Volcanic Rifted Margin, Western Pontides, Turkey, EUG11 in Strasbourg, France, *Journal of Conference Abstracts*, Vol. 5, p. 732.
- Keskin, M., Ustaömer, T. ve Yenyol, M.** (2003). İstanbul Kuzeyinde Yüzeyleyen Üst Kretase Yaşlı Volkano-Sedimenter Birimlerin Stratigrafisi, Petrolojisi ve Tektonik Ortamı, *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu*.
- Keskin, M., Ustaömer, T. ve Yenyol, M.** (2007). İstanbul Kuzeyindeki Üst Kretase Volkanojenik İstiflerinin Magmatik Evrimi ve Jeodinamik Ortamı. *İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III*, İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi, İstanbul.
- Ketin, İ.** (1966). Anadolulun Tektonik Birlikleri: *MTA Der.*, **66**, 20-34.
- Koca, M. Y., Yavuz, A. B. ve Kıncal, C.** (2001). Andezitlerin Dış Mekan Kaplama Taşı Olarak Kullanımında Bergama Örneği. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Afyon.
- Kuşçu, M., Yıldız, A. ve Bağcı, M.** (2003). Investigation Of Ağın Andesite As A Building Stone (Iscehisar-Afyon, W-Turkey). *Industrial Minerals and Building Stones, International Symposium*, İstanbul.
- Mahmutoğlu, Y., Yüzer, E., Suner, F., Eriş, İ., Eyüboğlu, R.** (2003). Deterioration and Conservation of the Dolmabahçe Palace (İstanbul) Building Stones, *Proceeding of International Symposium, Industrial Minerals and Building Stones*, 343-352, İstanbul.
- Manetti, P., Peccerillo, A., and Poli, G.** (1979). *Chemical Geology*, V. **26**, pp. 51-63.
- Okay, A. I., Sengör, A. M. C. and Görür, N.** (1994). Kinematic History of the Opening of the Black Sea and its Effect on the Surrounding Regions, *Geology*, V. **22**, pp. 267-270.
- Okay, A. I., Tansel, I. and Tüysüz, O.** (2001). Obduction, Subduction and Collision as Reflected in the Upper Cretaceous – Lower Eocene Sedimentary Record of Western Turkey, *Geological Magazine*, V. **138 (2)**, pp. 117-142.
- Özçelik, Y., Bayram, F., Engin, İ. C. ve Eyüboğlu, A. S.** (2003). Bir Mermer Ocağında Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanılabilecek Bölgelerin Belirlenmesi ve Zon Haritasının Oluşturulması, *Türkiye IV Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı*.

- Özgül, N.** (2005). İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri. Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Pehlivan, R.** (1990). *Kemerburgaz-Bahçeköy-Gümüşdereköy-Çiftalan (İstanbul) Dolayının Jeolojisi ve Kil Mineralojisi*, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeo. Müh. ABD, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul (yayımlanmamış).
- Robertson, A.H.F., Dixon, J.E., Brown, S., Collins, A., Morris, A., Pickett, E., Sharp, I., and Ustaömer, T.** (1996). Alternative Tectonic Models for the Late Palaeozoic-Early Tertiary Development of Tethys in the Eastern Mediterranean Region, In A. Morris and D.H. Tarling (eds) *Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region. Geological Society Special Publication No. 105*, 239-263.
- Robinson, A.G., Spadini, G., Cloetingh, S. ve Rudat, J.** (1995). Stratigraphic Evolution of the Black Sea: Inferences from Basin Modeling, *Marine and Petroleum Geology* **12**, 821-835.
- Stanisheva-Vassileva, G.** (1980). The Upper Cretaceous Magmatism in Srednogorie Zone, Bulgaria: A Classification Attempt and Some Implication, *Geologica Balcanica*, V. **10**, 2; 15-36.
- Stanisheva-Vassileva, G., and Daieva, L.** (1990). Across-Arc Geochemical Variations of Late Cretaceous Magmatism in the Eastern Srednogorie, Bulgaria, *Geologica Balcanica*, V. **20**, 4; 78.
- Şengör, A. M. C. and Yılmaz, Y.** (1981). Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach, *Tectonophysics*, V. **75**, pp. 181-241.
- Şimşek, O.** (2003). Çankırı-Korgun Yöresi Pembe Andezit Taşlarının Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi, *Fen Bilimleri Dergisi*, Ankara.
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü.** (2007). Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları, Ankara, s. 11-12, 98-101.
- T.S. 1910** (1977). “Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Doğal Taşlar”, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. 2513.** (1977). ‘Doğal Yapı Taşları’, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. 699.** (1987). ‘Doğal Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları’, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. 10835.** (1993). ‘Andezit-Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan’, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. EN 1097-1.** (2000). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval), *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. EN 1097-2.** (2002). Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- T.S. EN 13383-1.** (2004). Koruma Tabakası Taşları (zırh taşı) - Bölüm 1: Özellikler, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.

- T.S. EN 13383-2.** (2004). Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) Bölüm 2: Deney Metotları Standartları, *Türk Standartları Enstitüsü Yayını*, Ankara.
- Tüysüz, O.** (1999). Geology of the Cretaceous Sedimentary Basins of the Western Pontides, *Geological Journal*, V. **34** (1-2), pp. 75-93.
- Vardar, M. ve Mahmutoglu, Y.** (2010). Jeomekanik Dersi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Vassileff, L., and Stanisheva-Vassileva, G.** (1981). Metallogeny of the Eurasian Copper Belt: Sector Bulgaria, *Geologica Balcanica*, V. **11**, 2; 73-87.
- Yavuz, O.,** (2008). *İstanbul Kuzeyi Volkanitlerinin Jeolojik ve Petrolojik İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C., and Şengör, A. M. C.** (1997). Geology and Tectonic Evolution of the Pontides. AAPG Memoir 68, 183-226.
- Yeniyol, M. ve Ercan, T.** (1989-1990). İstanbul Kuzeyinin Jeolojisi, Üst Kretase Volkanizmasının Petrokimyasal Özellikleri ve Pontidler'deki Bölgesel Dağılımı, *İ.Ü., Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, **7** (1-2), 125-147.
- Yurtsever, A.** (1996). İstanbul Yarımadasının (1/50.000 ölçekli haritasının) Jeolojisi. MTA Rap. No. **9989**, Ankara.
- Url-1** <<http://www.envanter.gov.tr/anit/index/detay/40648>>, alındığı tarih: 08.12.2014.
- Url-2** <<http://www.sariyer.bel.tr/sayfalar/738/sariyer-tarihi.aspx>>, alındığı tarih: 18.09.2014.
- Url-2** <http://tr.wikipedia.org/wiki/Garip%C3%A7e_Kalesi>, alındığı tarih: 13.09.2014.

EKLER

EK-1: Garipçe-Rumelifeneri ve Demirciköy Arasının Jeoloji Haritası ve Kesitleri

EK-2: Sondaj logları

EK-3: Yol boy ve en kesitleri (Rezerv hesabı için)

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Berna Akgür
Doğum Tarihi ve Yeri: 20.08.1988, İstanbul
E-posta : berna_tjn@hotmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
- **Yükseklisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği