

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İZMİR SEFERİHİSAR (BATI TÜRKİYE)
AFRİCANO MERMERLERİNİN JEOLJİSİ
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN
İNCELENMESİ

Özge ER

Ekim, 2011

İZMİR

**İZMİR SEFERİHİSAR (BATI TÜRKİYE)
AFRİCANO MERMERLERİNİN JEOLJİSİ
MALZEME ÖZELLİKLERİ VE
DURABİLİTESİNİN İNCELENMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı**

Özge ER

**Ekim, 2011
İZMİR**


YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGE ER, tarafından DOÇ. DR. ALİ BAHADIR YAVUZ yönetiminde hazırlanan “İZMİR SEFERİHİSAR (BATI TÜRKİYE) AFRİCANO MERMERLERİNİN JEOLJİSİ MALZEME ÖZELLİKLERİ VE DURABİLİTESİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Ali Bahadır Yavuz

Yönetici



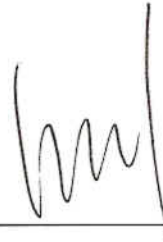
Prof. Dr. M. Yalçın Kora

Jüri Üyesi



M. Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışma bir haftalık arazi çalışması ve yaklaşık bir aylık laboratuvar çalışmasını kapsamaktadır.

Çalışma için numuneler Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Laboratuvar çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışma sürecince bana olan desteği, yardımları ve güveninden dolayı danışmanım Doç. Dr. A. Bahadır YAVUZ' a ve değerli bilgilerini benimle paylaşan Prof. Dr. Yalçın KOCA, Yrd. Doç. Dr. Bayram KAHRAMAN ve Yrd. Doç Dr. İsmail İŞİNTEK'e teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarında beraber çalıştığım Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm'ü mezunu Ercan Süleyman GÜNDEM ve Öykü BARUT'a ve her türlü destek ve yardımlarından dolayı Bahtiyar YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi öğrenim dönemimde de en büyük destekçim olan aileme bana olan güvenlerinden ve desteklerinden dolayı annem; Zeliha ER, babam; Metin ER ve kardeşim; Efecan ER'e sonsuz teşekkür ederim.

Özge ER

**İZMİR SEFERİHİSAR (BATI TÜRKİYE)
AFRİCANO MERMERLERİNİN JEOLJİSİ MALZEME ÖZELLİKLERİ
VE DURABİLİTESİNİN İNCELENMESİ**

ÖZ

Africano Mermerleri'nin jeolojisi, malzeme özellikleri ve durabilitesinin incelenmesi amacıyla İzmir ili, Seferihisar ilçesi, Sığacık Körfezi'nin doğusunda iki, Turgut Köyü'nün kuzeydoğusunda bir tane olmak üzere toplam üç adet antik blok taş ocağı ile ilgili çalışma iki ayrı aşamada yürütülmüştür.

Seferihisar, Sığacık Körfezi'nde ve Turgut Köyü'nde bulunan Africano breşik kireçtaşlarının üretildiği antik mermer ocaklarının mühendislik jeolojisi ile durabilitesi araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, ocak ve yakın çevresinin jeoloji haritası yapılmış ve kayacın stratigrafik konumu ile yayılım alanı saptanmıştır. Ayrıca, antik ocak şev aynaları üzerinde yürütülen detay süreksizlik ölçümleri ile ocak blok kireçtaşı üretimini etkileyen süreksizlik düzlemlerinin konumları ve çatlak ara uzaklıkları belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, ocaktan alınan ayrışmamış kaya örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile Seferihisar, Sığacık Körfezi'nde ve Turgut Köyü'nde bulunan breşik kireçtaşlarının mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kaya üzerinde uygulanan doygun - kuru tek eksenli basınç direnci oranı, tuz kristallenmesi, ıslanma - kuruma ve donma - çözünme deneyleri ile kayacın durabilitesi saptanmıştır. Ayrıca, deney öncesi ortalama gözenek boyu tayini yapılmış ve aşırı bozunma gösteren numuneler üzerinde SEM yüzey görüntüleri alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Africano mermeri, bozunma, breşik kireçtaşı, durabilite, ortalama gözenek boyutu, SEM analizi

**INVESTIGATION OF GEOLOGICAL AND MATEREIAL PROPERTIES
AND DURABILITY OF THE AFRICANO MARBLES FROM SEFERİHİSAR
İZMİR**

ABSTRACT

The so-called Africano marble is a marble used by the Romans from the mid of the I century BC. Blocks taken from inactive mines (nowadays) in antique age, can be seen all over the world especially in Rome. These quarries which are produced brecciated limestones exists near the Sığacık Gulf in Izmir city.

There are two quarries at east of the Sığacık Gulf and is one quarry in north-east of Turgut Köyü in Izmir. The research conducted to investigate geological, material properties and durability of Africano Marble is seperate two periods. At first step of this work, geological map of the quarry and its nearby was prepared and determined the stratigraphic position of the geological units and their ranges. Also detailed measurement of discontinuity, situation of discontinuity levels and joint spacing are determined.

At secont stage, some laboratory tests on the core samplestaken from the brecciated limestones in Seferihisar, Sığacık Gulf and Turgut Village were conducted. In addition, mineralogical, chemical, physical and mechanical properties of the rock were also determined as well as the durability tests such as strength ratio salt crystallization, wetting-drying and freezing-thawing. Besides, before experiments average pore size distribution of the rock has done and SEM surface views were taken from highly deformed core samples.

Keywords: Africano Marble, weathering, breccia limestones, durability, average pore size distribution, SEM analysis

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Yöntem.....	1
1.2. Çalışma Alanı	3
1.2.1 Africano Kireçtaşının Antik Roma Dönemindeki Kullanımı	5
1.2.2 I No’lu Antik Mermer Ocağı	7
1.2.3 II No’lu Antik Mermer Ocağı.....	13
1.2.4 III No’lu Antik Mermer Ocağı	19
BÖLÜM İKİ-GENEL JEOLJİ.....	25
BÖLÜM ÜÇ-MİNEROLOJİK ÖZELLİKLER	29
3.1 I No’lu Antik Mermer Ocağı.....	29
3.2 II No’lu Antik Mermer Ocağı.....	42
3.3 III No’lu Antik Mermer Ocağı	48
BÖLÜM DÖRT-KİMYASAL ÖZELLİKLER.....	50
BÖLÜM BEŞ-MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	55
5.1 Süreksizlik Düzlemlerinin Genel Özellikleri	55
5.1.1 I No’lu Antik Mermer Ocağı	56
5.1.2 II No’lu Antik Mermer Ocağı.....	58
5.1.3 III No’lu Antik Mermer Ocağı	62

5.2 Schmidt Çekici Ölçümleri	65
5.2.1 I No'lu Antik Mermer Ocağı	65
5.2.2 II No'lu Antik Mermer Ocağı	67
5.2.3 III No'lu Antik Mermer Ocağı	68
BÖLÜM ALTI-FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER	70
6.1 Giriş	70
6.1.1 Fiziksel Özellikler	71
6.1.2 Gerçek Yoğunluk	72
6.1.3 Porozite	73
6.1.4 Birim Hacim Ağırlık	75
6.1.5 Ağırlıkça Su Emme	77
6.1.6 Boşluk Oranı	79
6.2 Mekanik Özellikler	80
6.2.1 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi	81
6.2.2 Eğilme Direnci	84
6.2.3 Darbe Direnci	87
6.2.4 Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci	91
6.2.5 Nokta Yüğü Dayanım İndeksi	94
6.2.6 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	99
6.3 Africano Mermerleri'nin Durabilitesi	101
6.3.1 Giriş	101
6.3.2 Kuru ve Doygun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı	103
6.3.3 Donma Çözünme Deneyi	105
6.3.3.1 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri	106
6.3.3.2 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Kütle Kaybı	109
6.3.3.3 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı	111
6.3.4 Tuz (Na ₂ SO ₄) Kristallenmesi Deneyi	112

6.3.4.1 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri.....	115
6.3.4.2 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Kütle Kaybı.....	120
6.3.4.3 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı.....	122
6.3.4.4 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin SEM yüzey görüntüsü.....	123
6.3.5 Islanma Kuruma Deneyi.....	125
6.3.5.1 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri.....	126
6.3.5.2 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Kütle Kaybı.....	129
6.3.5.3 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı.....	130
6.4 Gözenek Boyutunun Tayini (Pore Size Distribution)	133
6.5 Ultrasonik Ses Hızı Tayini	138
BÖLÜM YEDİ-SONUÇLAR.....	142
KAYNAKÇA	151
EKLER.....	162

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Amaç ve Yöntem

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı yüksek lisans projesi kapsamında hazırlanmıştır. Çalışmada, İzmir ili Seferihisar ilçesi sınırları içerisinde bulunan, Antik Roma döneminde blok yapı taşı kaynağı olarak kullanılmış olan ve literatürde “Africano” ismi ile bilinen kireçtaşının jeolojik ve mühendislik özellikleri ile durabiliteleri araştırılmıştır.

Çalışma, arazi ve laboratuvar çalışması olmak üzere iki ayrı aşamada gerçekleşmiştir. Africano breşik kireçtaşlarının üretildiği üç ayrı bölgede yer alan antik blok taş ocakları ve yakın çevrelerinde yürütülen arazi çalışmalarında, ilk olarak antik mermer ocakları ve çevrelerinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılarak kayaçların stratigrafik konumları ve yayılım alanları belirlenmiştir. İkinci aşamada, antik blok taş ocaklarına ait üretim aynalarında yapılan detay süreksizlik ölçümleri ile kayaç içerisinde egemen olan süreksizlik düzlemlerinin genel özellikleri belirlenmiştir.

Laboratuvar çalışmalarında, antik bloktaş ocaklarından alınan kaya numuneleri üzerinde yapılan çalışmalar ile üç farklı bölgeden üretilmiş olan Africano kireçtaşının mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri ile durabilitesi saplanmıştır.

Tez kapsamında yürütülen arazi çalışmaları ile antik mermer ocaklarından alınan kaya numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1 Çalışma süresince yapılan laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar

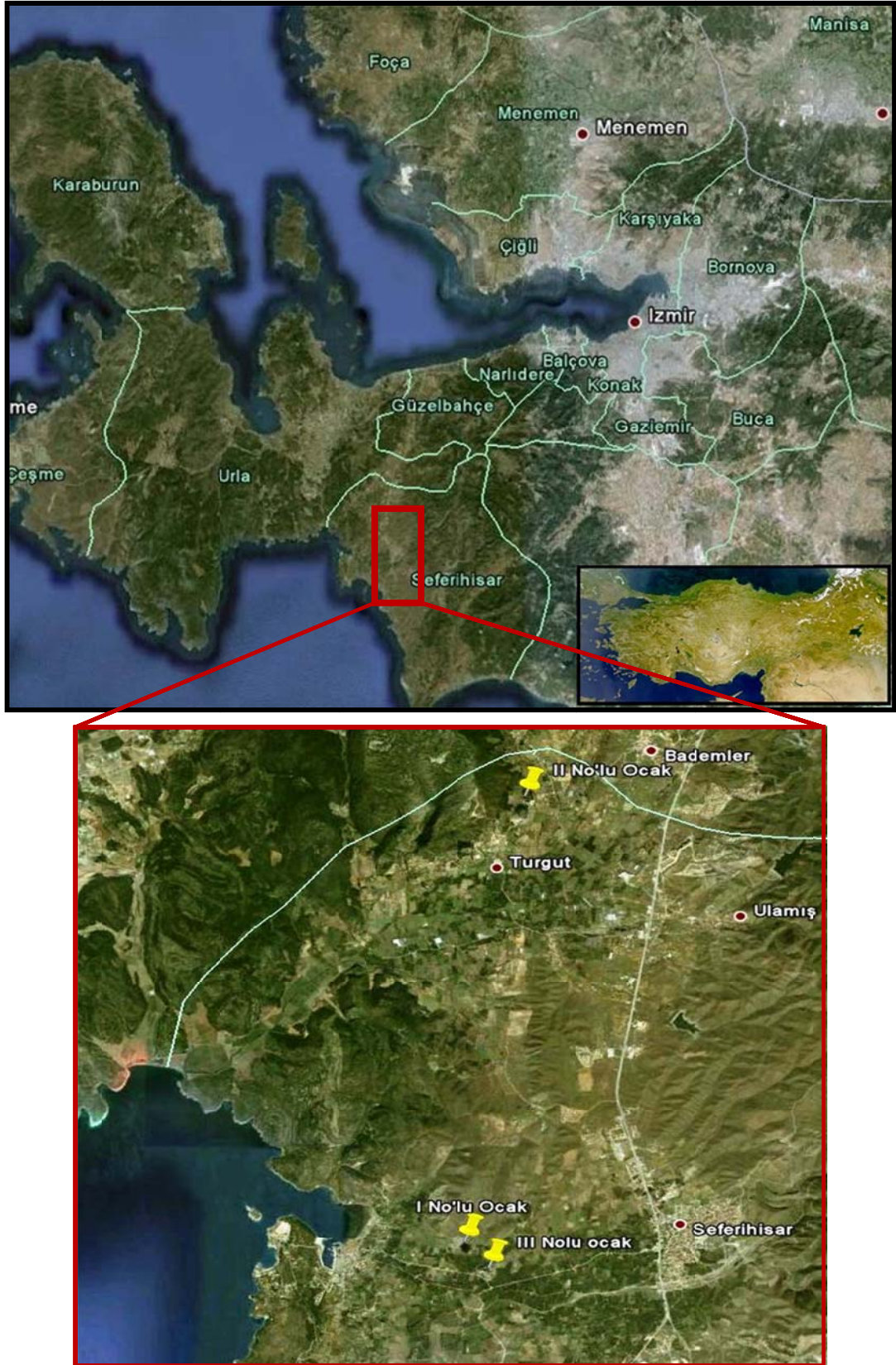
Analiz	Deney Türü	Uyulan Standartlar
Mineralojik Analiz	Polarizan Mikroskop	-
	Elektron Mikroskop (SEM)	Jeoljism 6060
Kimyasal Analiz	Atomic Absorption	-
Fiziksel Özellikler	Gerçek Yoğunluk	TS EN 1936
	Görünür Yoğunluk	TS EN 1936
	Toplam Porozite	TS EN 1936
	Görünür (Etkin) Porozite Su Emdirme Yöntemi İle	TS EN1936
	Görünür (Etkin) Porozite Civalı Porozimetre İle	ASTM D 4404
	Kuru Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Doygun Birim Hacim Ağırlık	TS 699
	Ağırlıkça Su Emme	TS 13755
	Boşluk Oranı	TS 699
	Ses Dalgası (Vp) İletkenliği	ISRM 1981
Mekanik Özellikler	Tek Eksenli Basınç Direnci	TS 1926
	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	TS 14157
	Eğilme Direnci	TS EN 12372
	Darbe Direnci	TS 699
	Brazillian (Indirect) Çekme Direnci	TS 7654
	Schmidt Sertliği	ISRM 1981
	Nokta Yük Dayanım İndeksi (I _{s50})	ISRM 1985

Tablo 1.1'in devamı

Durablite Belirleme	Donma-Çözünme Sonrası Kütle Kaybı	TS 699
	Tuz Kristallenmesi Sonrası Kütle Kaybı	TS EN 12370
	Islanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı	TS 699
	Doygunluk Katsayısı	RILEM 1980
	Gözenek Boyu Dağılımı	Civalı porozimetre
	Tek Eksenli Basınç Direnci (Doygun)	TS 1926

1.2 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İzmir il sınırları içerisinde Seferihisar ilçe merkezinin batısında Sığacık'ta ve kuzeyinde Turgut Köyü'nde yapılmıştır (Şekil 1.1). Africano Mermeri olarak adlandırılan kayaç antik dönemde işletilmiş olup günümüzde işletilmemektedir.



Şekil 1.1 Çalışma alanının Google Earth programından alınmış uydu görüntüsü

Bu çalışmanın konusunu oluşturan ve ilgili literatürde Africano Mermeri olarak bilinen breşik kireçtaşları, İzmir ili Seferihisar ilçesi sınırları içerisinde kalan Sığacık Mevkii ve 8 km kuzeyinde yeralan Turgut Köyü yakınlarında bulunan antik blok taş ocaklarından üretilmiştir (Şekil 1.1). Yörede Sığacık Körfezi'nin doğusunda iki tane, Turgut Köyü'nün kuzeydoğusunda bir tane olmak üzere toplam üç adet antik blok taş ocağı bulunmaktadır. Bu ocakların tamamı büyük miktarda blok üretimi yapılmış olan büyük ölçekli antik mermer ocaklarıdır. Bu antik mermer ocaklarından Sığacık Körfezi'nin batısında bulunan Karagöl Mevkii'ndeki ocak I No'lu, Turgut Köyü'nün kuzeydoğusunda bulunan ocak II No'lu ve I No'lu ocağın güneydoğusunda bulunan ocak ise III No'lu Africano Mermer Ocağı olarak isimlendirilmiştir. Jeolojik anlamda breşik kireçtaşı olan Africano kayacı Antik Roma döneminde doğal yapıtaşı olarak kullanıldığı ve literatürde de Africano mermeri olarak bilindiği için bu çalışmada da Africano mermeri olarak adlandırılmıştır.

1.2.1 Africano Kireçtaşının Antik Roma Dönemindeki Kullanımı

Africano olarak anılan mermer, MÖ 1. yy'ın ortalarından bu yana Romalılar tarafından kullanılmıştır (Ballance 1966, Corsi 1845).

Pontus Bölgesinin fethinden sonra Roma'ya birkaç blok ve nesne gönderen Konsül L.Licinius Lucullus (106-57 MÖ) den dolayı antik mermerin ismi *marmor luculleum* olarak bilinmektedir (Corsi 1845, Dubois 1908).

Geçmişte kayaç, Çeşme yakınlarındaki Sakız Adası'nda yanlışlıkla *Marmor chium* olarak isimlendirilmiştir. Gnoli tarafından Sakız Adası Mermer ocaklarının ve Ballance tarafından 1966'da Africano ocaklarının keşfinden sonra adı tam olarak atfedilmiştir (Pensabene ve Lazzarini 1998).

Teos antik kenti yakınında yeralan I No'lu antik mermer ocağında MS 140-165 yıllarına ait birçok ocak işaret ve yazıtlarının varlığı nedeniyle ocağın son kullanıldığı tarihle ait olabilecek 100 tane kadar ocak bloğu bulunmaktadır (Mielsch 1985).

Africano Mermerleri, koyu renkli matriks içerisinde breşleşmiş mermerdir. Genellikle siyah ve değişik boyutlarda, beyaza kaçan pembe, kırmızı, siyah veya gri gölgelidirler. Koyu yeşil matrikste (*Africano verde*) var olan çeşitleri ya da kırmızı beneklerle (*Bigio Africanato*) boyanmış gri matriks içerisinde olanları da mevcuttur (Pensabene ve Lazzarini 1998, Mielsch 1985).

Africano mermeri MÖ 1. yüzyılın ortalarında Roma'da ilk olarak Scaurus'un tiyatrosunda geçici olarak kullanılmıştır. Litaratüre göre, 360 sütundan fazla yerde yer almıştır. Augustean zamanında, Marcellus Tiyatrosu, Augustus Forum'u ve Emilia Basilikası gibi Roma'nın en önemli binalarında kullanılmıştır (Mielsch 1985, Ward Perkins 1966, Ballance 1966).

Flavian zamanında, Nepal yakınlarındaki Pozzuoli'de Serapeum olarak adlandırılan Huzur Tapınağı'nda görülmüştür. Milattan sonra ise 2. yüzyıl başlarında inşa edilen Trajan Forum'un basilikasında rastlanmıştır (Mielsch 1985, Ward Perkins 1966).

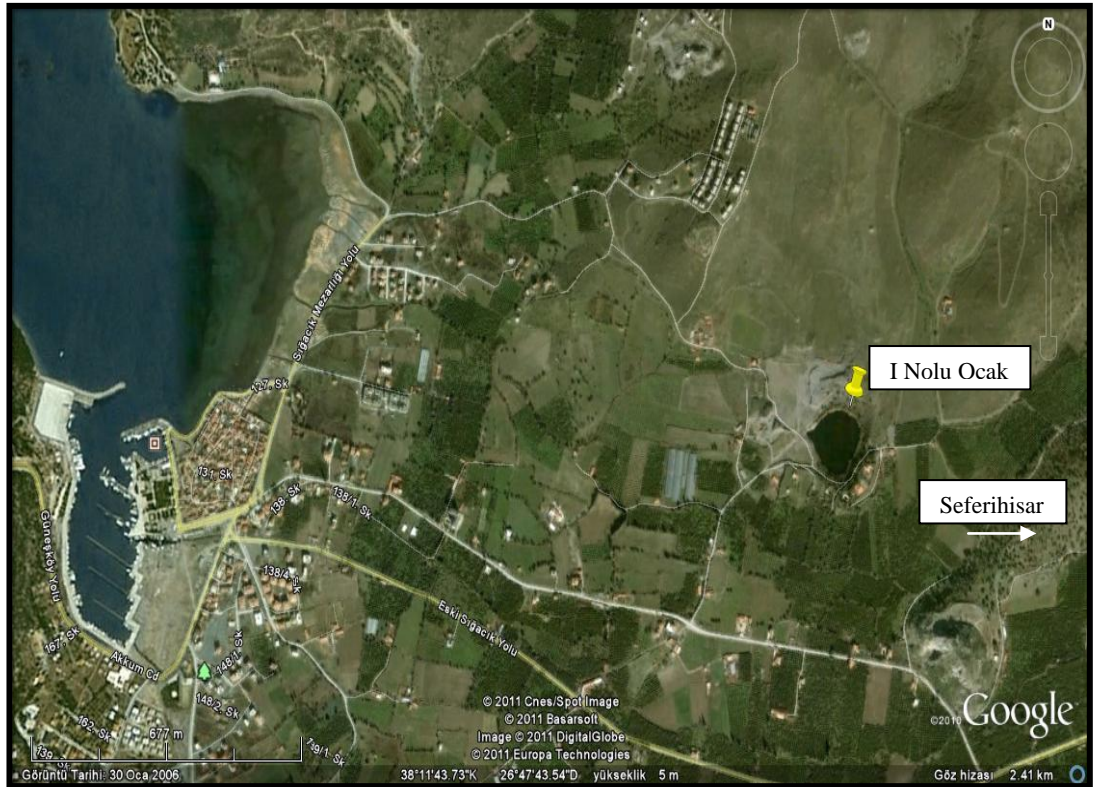
Hadrian zamanında ise, yüksek kaliteli Africano mermeri Roma'daki Panteon'un (yapım yılı 117-123 M.S.) yanında aynı zamanlarda tek parça halinde Ostia'da bulunan Capitolium tapınağının girişinde ve Roma yakınlarında Hadriam Villa'da kullanılmıştır (Ballance 1966, Corsi 1845, Dubois 1908).

Bu periodtan sonra ocaklardan iyi mermer bloğu üretilmemesinden dolayı, mermerin kullanımı azalmıştır. Bugün "Bigio Africanato" olarak tanınan ve Romalılar tarafından çok talep görmeyen gri renkli bloklar Karagöl civarında hala görülebilmektedir (Ward Perkins 1966, Pensabene ve Lazzarini 1998).

Çok küçük oranda da Africano Mermeri'nin Asya'da kullanıldığı görülmüştür, Örneğin Efes'te birkaç sütunda Africano Mermeri bulunmuştur (Mielsch 1985).

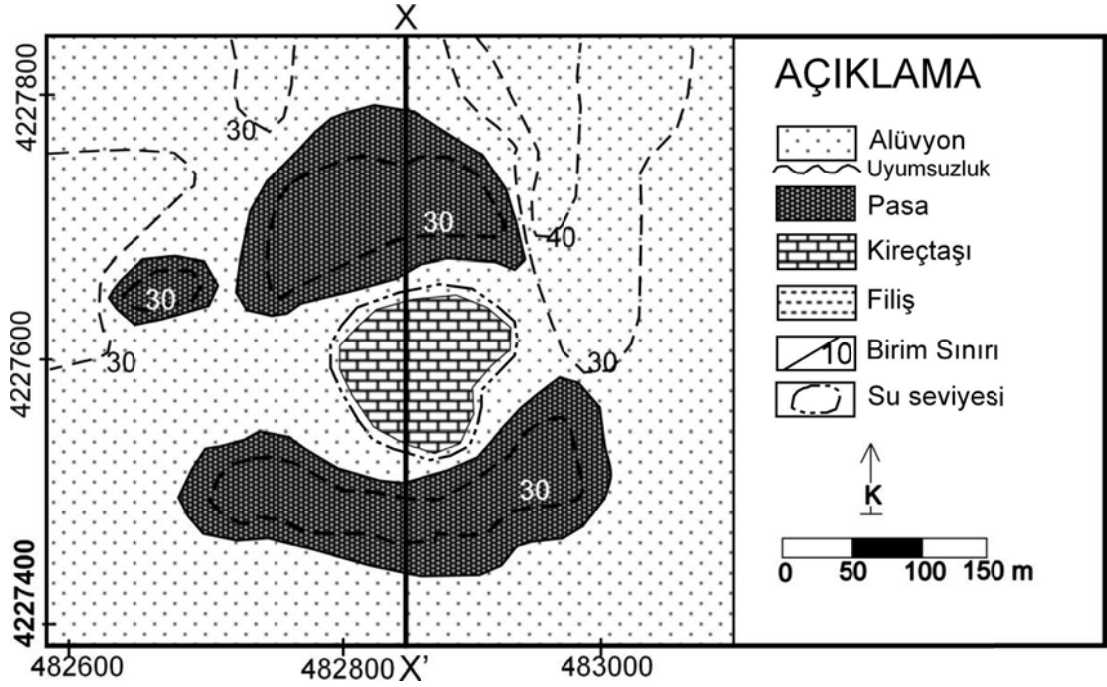
1.2.2 I No'lu Antik Mermer Ocağı

Seferihisar merkezinin batısında, Sıgacık yolu üzerinde, Karagöl mevkiinde yeralan I No'lu antik mermer ocağı Geç Kretase yaşlı filiş birimi içerisinde yeralan allakton kireçtaşı tehtaşı içerisinde açılmıştır. 291.200 m²'lik bir yayılım alanı olan kireçtaşı kütlesi antik Roma döneminde işletilmiş ve tamamen bitirilmiştir (Şekil 1.2). Bu ocaktan Roma döneminde Africano Verde (Ward Perkins 1966, Dubois 1908, Mielsch 1985, Pensabene ve Lazzarini 1998) ismi ile tanınan koyu yeşil matrikse sahip breşik kireçtaşları üretilmiştir (Şekil 1.5).

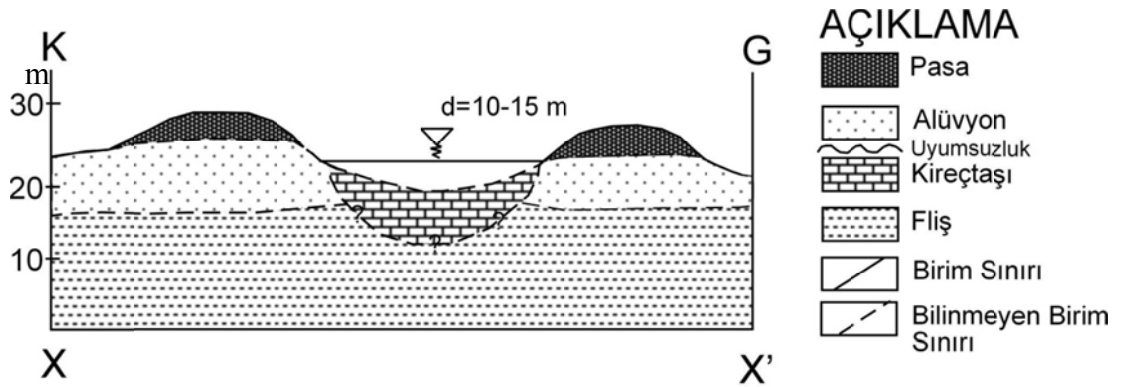


Şekil 1.2 I No'lu ocağın uydu görüntüsü

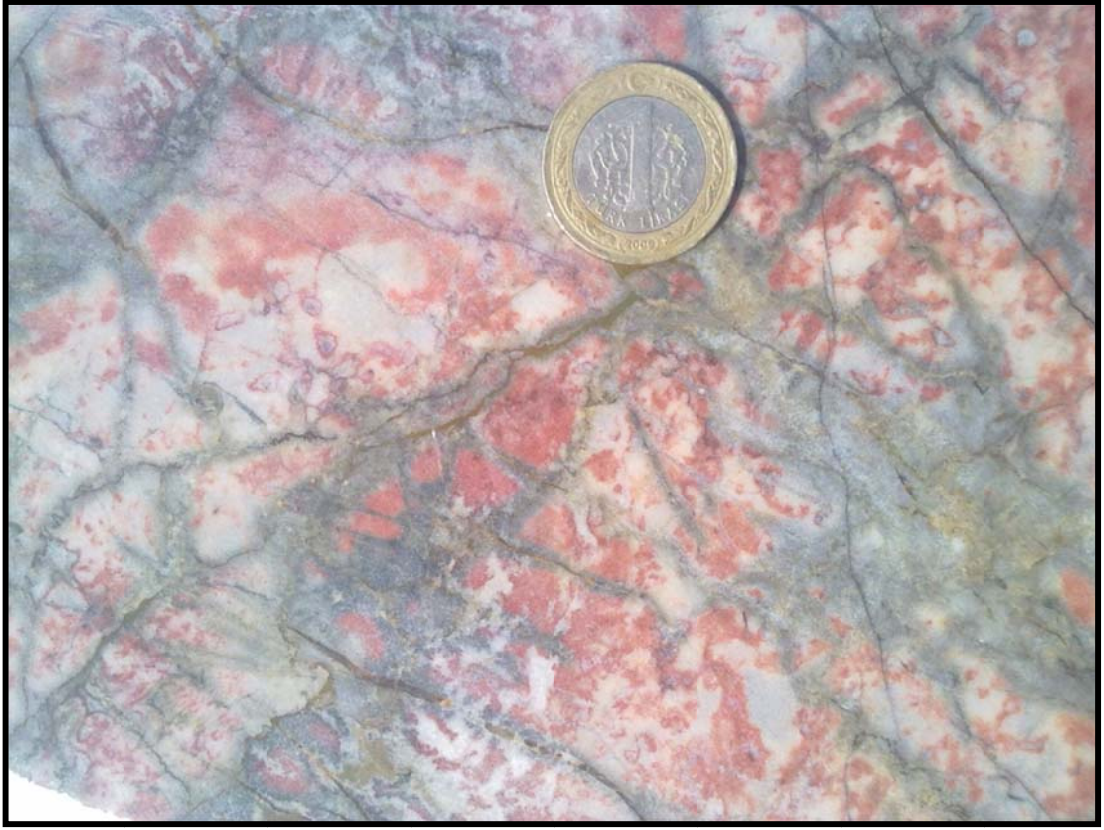
I No'lu antik mermer ocağı çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmış ve kesiti alınmıştır (Şekil 1.3, 1.4).



Şekil 1.3 I No'lu antik mermer ocağı ve çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası



Şekil 1.4 I No'lu antik mermer ocağının jeolojik kesiti



Şekil 1.5 I No'lu antik mermer ocağından üretilen kayacın (Africano Verde) parlatılmış yüzey görüntüsü

Yeşil renkli matriks içerisinde boyutları 10 ile 50 cm arasında değişen beyaz, gri ve kırmızı renkli kireçtaşı breşlerinden oluşan breşik kireçtaşlarının üretildiği antik ocağın yakın çevresinde, yarı işlenmiş blok ve sütun gibi antik objeler bulunmaktadır (Şekil 1.6, 1.7, 1.8). Bu blok ve sütunlar taşın genel yapısı hakkında bilgi edinmemize yardımcı olmuştur.



Şekil 1.6 I No'lu antik mermer ocağının yakınında bulunan sütun ve blok şeklindeki yarı işlenmiş antik objeler

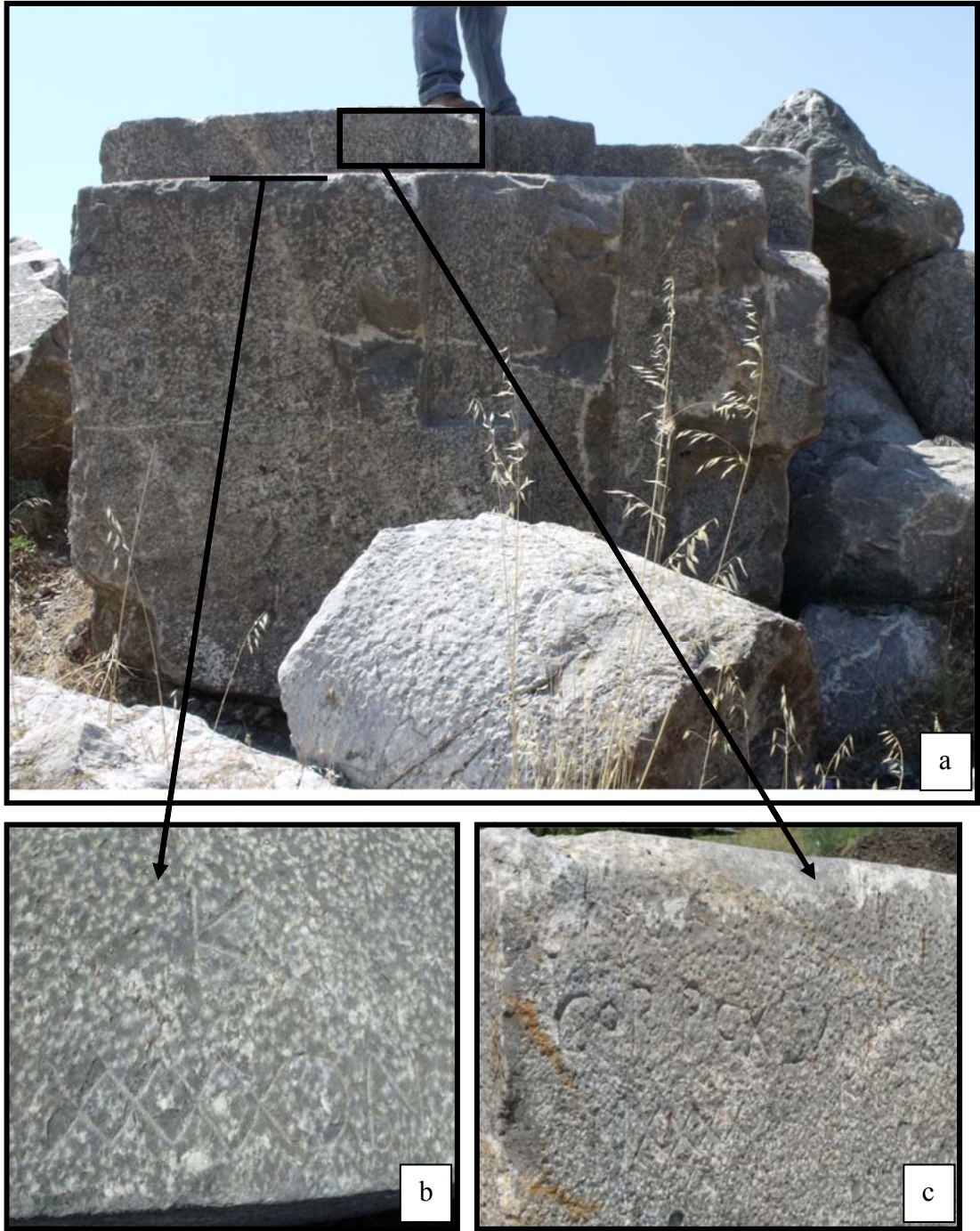


Şekil 1.7 I No'lu antik mermer ocağının yakınında bulunan yarı işlenmiş sütun



Şekil 1.8 I No'lu antik mermer ocağının yakınında bulunan yarı işlenmiş antik blok

I No'lu Africano blok taş ocağı yakınındaki bloklar üzerinde antik döneme ait yazı ve işaretler bulunmaktadır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 I No'lu antik mermer ocağının yakınında bulunan yarı işlenmiş kireçtaşı bloğu (a) ve blok üzerinde gözlenen antik döneme ait yazılar (b,c)

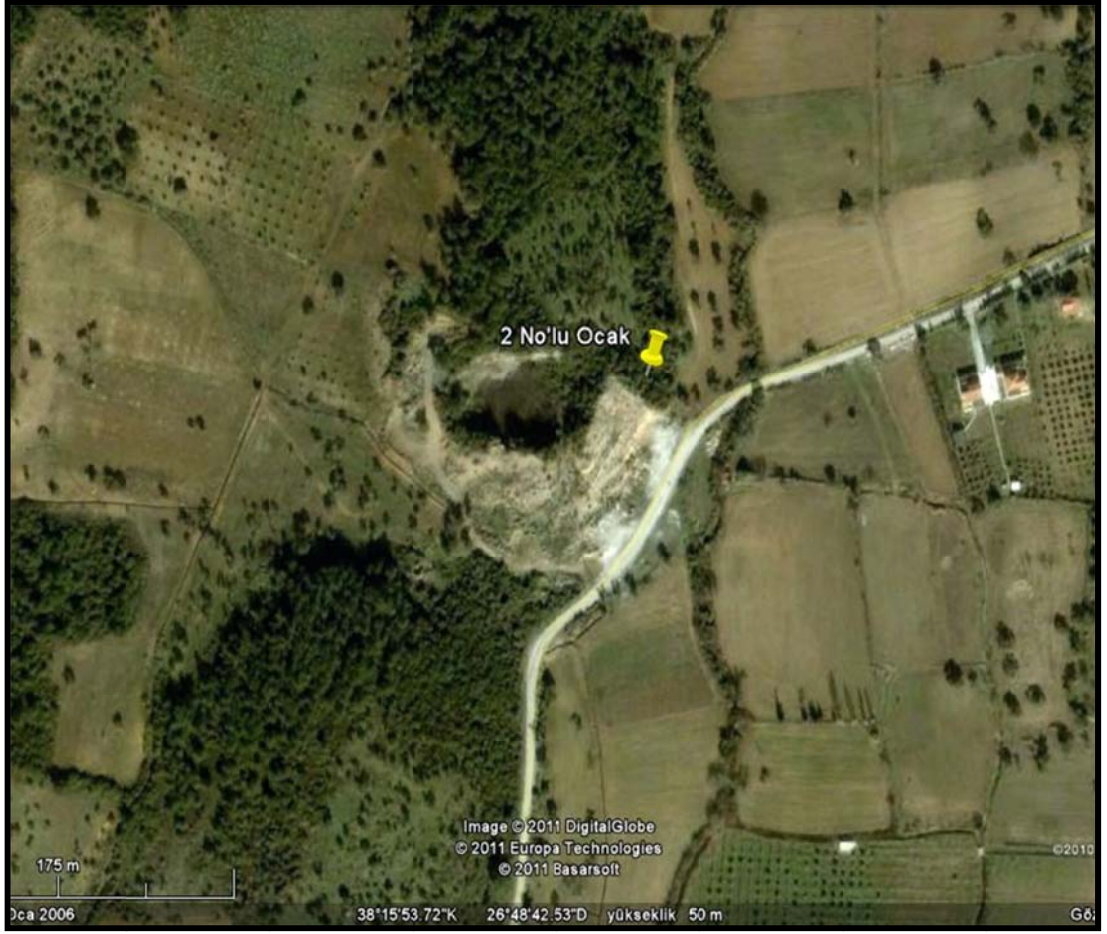
Antik ocağın kuzey ve güneyinde antik dönem blok taş üretimi sırasında açığa çıkan üretim atığı pasaların yığıldığı antik pasa tepecikleri yer almaktadır (Şekil 1.10).



Şekil 1.10 I No'lu Africano antik mermer ocağın içerisinde bulunan gölün ve yakınında yer alan antik pasaların genel görünümü

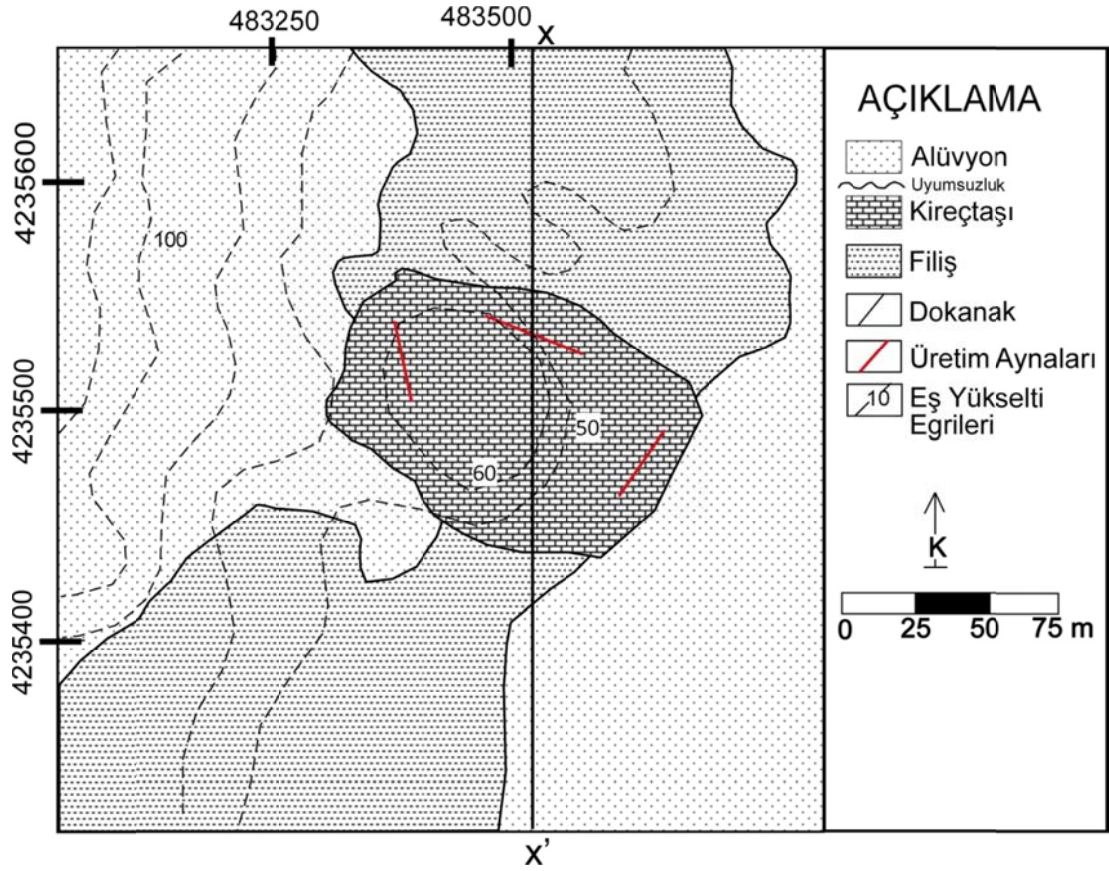
1.2.3 II No'lu Antik Mermer Ocağı

Turgut Köyü kuzeyinde yer alan II No'lu antik mermer ocağı yaklaşık olarak 218.318 m² yayılım sunan ve filiş içinde olistolik konumlu kireçtaşı bloğu üzerinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Ocağın, antik dönemde yoğun biçimde blok mermer üretiminde kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak; antik mermer ocağı içi oyulmuş bir tepe görünümündedir (Şekil 1.11).

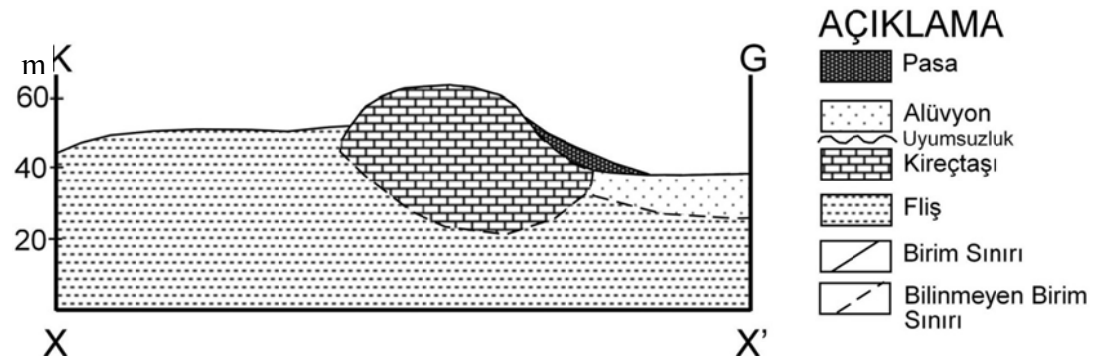


Şekil 1.11 II No'lu ocağın uydu görüntüsü

II No'lu antik mermer ocağı ve çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmış ve kesiti alınmıştır (Şekil 1.12, 1.13).



Şekil 1.12 II No'lu antik mermer ocağı ve çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası



Şekil 1.13 II No'lu antik mermer ocağının jeolojik kesiti

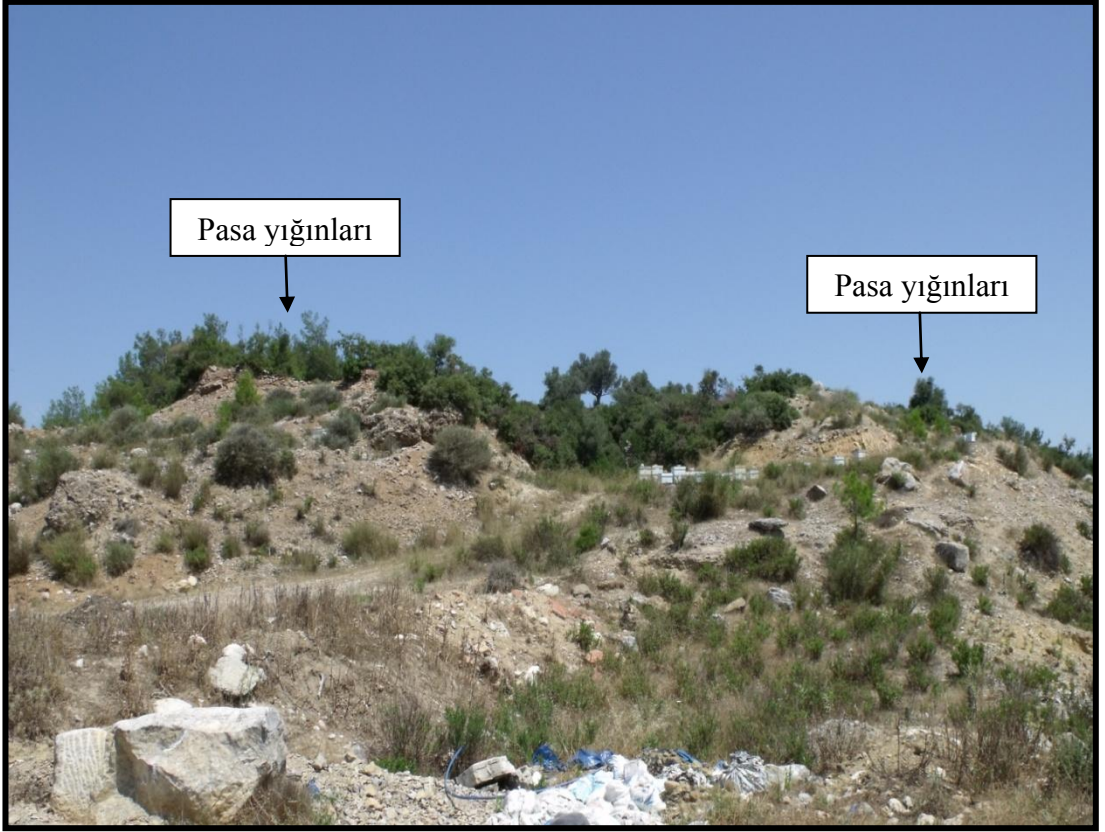
Kayaç, değişik renklerde kireçtaşı çakılları içerdiğinden oldukça renkli ve dekoratif bir görünüm sunmaktadır (Şekil 1.14). II No'lu antik mermer ocağında, yeşil renkli matriks içerisinde yer alan 0,5 – 30 cm arasında değişen boyutlarda beyaz, sarı ve kırmızı renkli kireçtaşı breşlerinden oluşan ve Antik Roma döneminde

Africano Verde (Ward Perkins 1966, Dubois 1908, Mielsch 1985, Pensabene ve Lazzarini 1998) olarak bilinen breşik kireçtaşlarından blok taş üretimi yapılmıştır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14 II No'lu antik mermer ocağına ait kayacın (Africano Verde) parlatılmış görünümü

II No'lu antik mermer ocağı çevresinde antik pasa ve yarı işlenmiş, antik kaya blokları yer almaktadır (Şekil 1.17). Bu bloklar ve pasalar taşın genel yapısı hakkında bilgi edinmemize yardımcı olmuştur (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 II No'lu antik mermer ocağına ait pasa yığınları



Şekil 1.16 II No'lu antik mermer ocağına ait pasanın yakın görünümü

Antik ocağın yakın çevresinde, maksimum 265x120x96 cm ve minimum 117x74x55 cm boyutlarında yarı işlenmiş kaya blokları yer almaktadır (Şekil 1.17, Ek 2).



Şekil 1.17 II No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde bulunan yarı işlenmiş antik kaya bloğunun ve kayacın genel görünümü

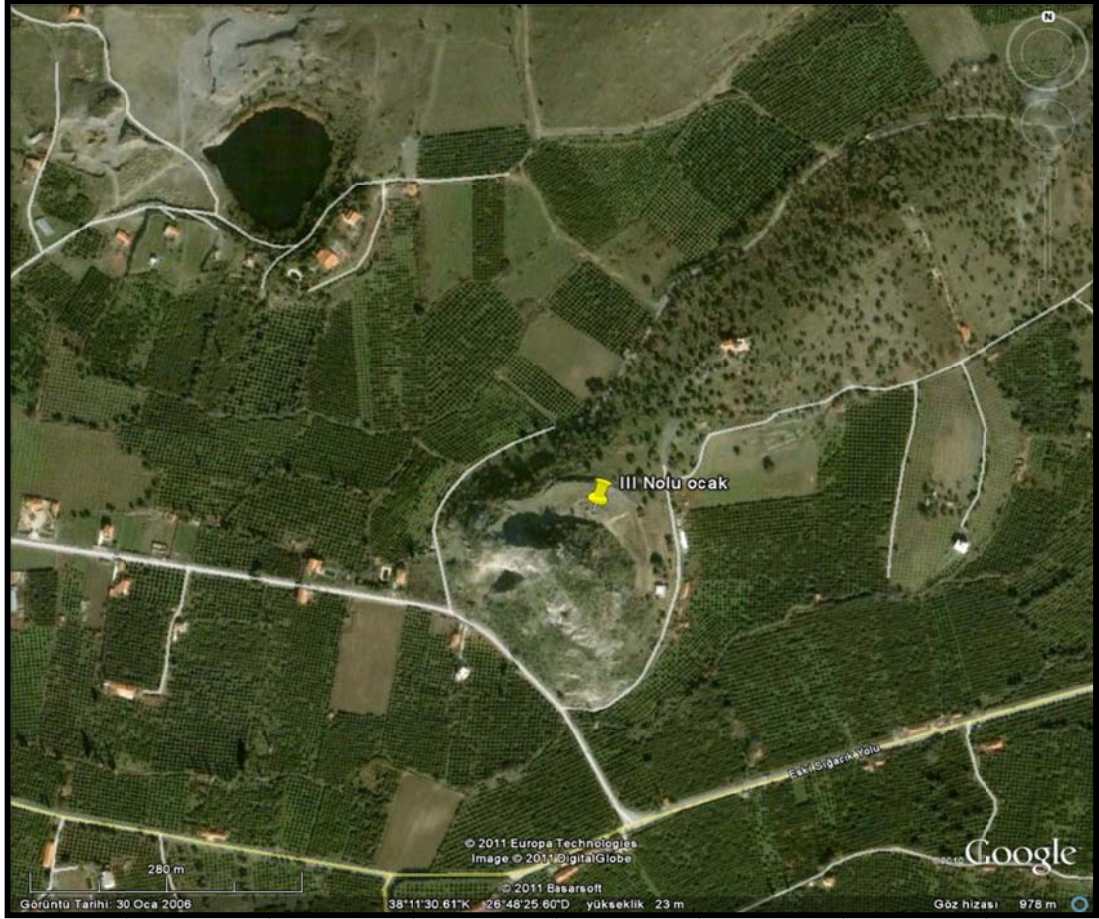
II No'lu antik mermer ocağında süreksizlik ölçümü yapılan şev aynalarından biri yaklaşık 13 m'dir (Şekil 1.18).



Şekil 1.18 II No'lu antik mermer ocağının üretim basamağının genel görünümü

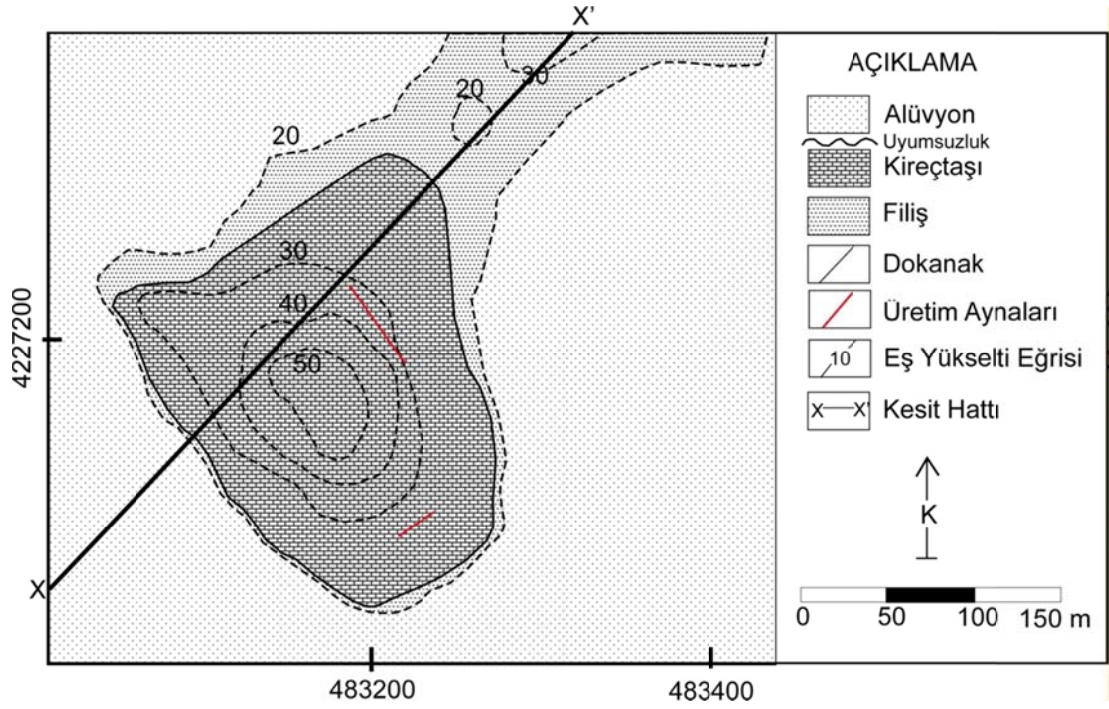
1.2.4 III No'lu Antik Mermer Ocağı

III No'lu antik mermer ocağı, Seferihisar merkezinin güney batısında Sığacık yolu üzerinde bulunmaktadır. Bu antik mermer ocağı yaklaşık olarak 864.000 m² yayılım sunan olistolit konumlu kireçtaşı bloğu üzerinde yer almaktadır (Şekil 1.19).

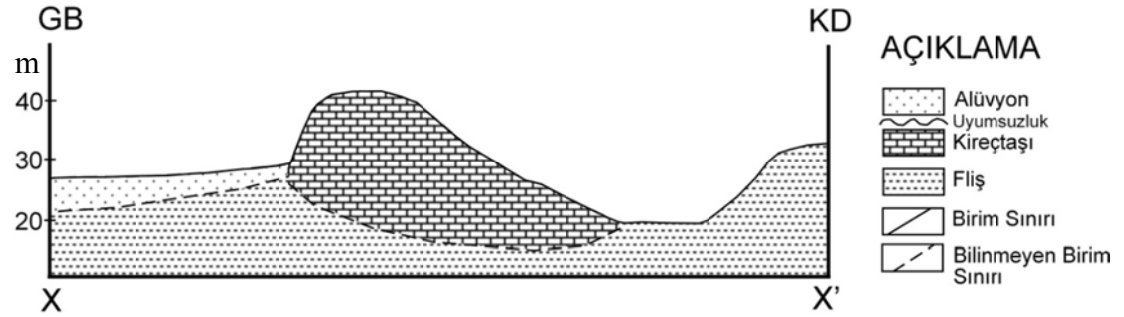


Şekil 1.19 III No'lu ocağın uydu görüntüsü

III No'lu antik mermer ocağı ve çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmış ve kesiti alınmıştır (Şekil 1.20, 1.21).



Şekil 1.19 III No'lu ocak ve çevresinin 1/1000 ölçekli jeolojik haritası



Şekil 1.20 III No'lu antik mermer ocağının jeolojik kesiti

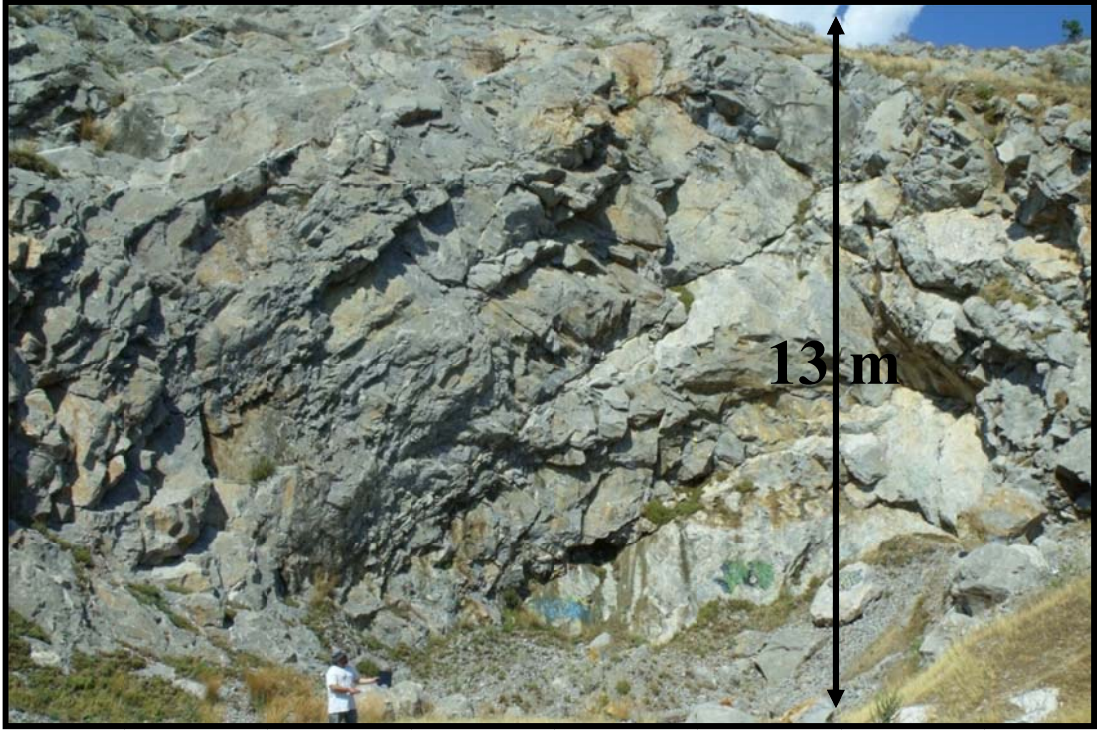
III No'lu, I ve II No'lu Africano antik mermer ocaklarında üretilmiş breşik kireçtaşından farklı özellikte, gri renkli, masif ve homojen karakterli kireçtaşlarında blok üretimi yapılmıştır. Bu ocaktaki üretim miktarı I ve II No'lu antik mermer ocaklarına oranla oldukça sınırlıdır. Bunun nedeninin, bu mermer ocağından Antik Roma döneminde daha az talep gören gri renkli Bigio Africano Mermeri'nin (Ward Perkins 1966, Dubois 1908, Mielsch 1985, Pensabene ve Lazzarini 1998) üretilmesi olduğu düşünülmektedir (Şekil 1.22).



Şekil 1.21 III No'lu antik mermer ocağından üretilen bej renkli kireçtaşının (Bigio Africano) parlatılmış yüzey görüntüsü



Şekil 1.22 III No'lu Africano Mermer ocağının genel görünümü



Şekil 1.23 III No'lu antik mermer ocağının alt üretim basamağının görünümü

Antik Roma döneminde iki ayrı basamakta blok taş üretimi yapılmış mermer ocağında, daha sonra güncel teknikler kullanılarak blok taş üretimi denenmiştir (Şekil 1.23). Ancak, kaya kütlesi içerdiği süreksizlik düzlemlerinin sıklığı nedeniyle, ekonomik boyutlarda (1,5 x 2,0 x 3,0 m) kaya bloklarının üretilmesi açısından uygun değildir (Şekil 1.24). Bu nedenle, ocaktaki güncel üretim kısa bir süre içerisinde sonlandırılmıştır. Ocak şev aynalarında antik dönem murç izleri ile güncel üretime ait olan patlatma izleri birlikte gözlenmektedir (Şekil 1.25).



Şekil 1.24 III No'lu ocağa ait murç izleri ve patlatma deliği

III No'lu antik mermer ocağı ve yakın çevresinde yapılan gözlemler sırasında ocak yakın çevresinde antik Roma döneminde üretilmiş herhangi bir yarı işlenmiş objeye rastlanmamıştır. Ancak, ocak üretim basamaklarında antik üretim (murç) izleri ile ocak yakın çevresinde antik dönem üretimi esnasında açığa çıkan pasaların depolandığı pasa yığınlarına rastlanılmıştır (Şekil 1.26).



Şekil 1.25 III No'lu ocağa ait pasa yığını

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	KAT	Simge	Birim Adı	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	Birim Adı	KAT	Birim Adı	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	HERSİYER	Miyosen	Q	O	Ovasel Bazalt		Alüvyon, alüvyon yelpazesi, yamaç molozu.	Uzunkuşu Sokulumu - Granitoid (G ₁)				
						UYUMSUZLUK						
							Bazalt ve bazalt-tüf.					
						UYUMSUZLUK						
							Volkanitler (m _{1,v}) ve piroklastik kayalar (m _{1,π}); genellikle andezit, dasit bileşimindeki lavlar, volkanik breşler ve bunların piroklastikleri ile riyodasit, andezit, trakit bileşimli tüf ve aglomeralar.					
						UYUMSUZLUK						
							Kireçtaşı, kalkerli çamurtaşı, kiltası, az olarak litarenit ve tüf.					
						UYUMSUZLUK						
							Çakıltaşı, litarenit, çamurtaşından ve yersel olarak kiltasından oluşur.					
						UYUMSUZLUK						
MESOZOYİK	KRETASE	Geç	K ₅	K ₅	Balklıova Fm		Alta karbonatlardan oluşan Karahasan kireçtaşı üyesi	IZMIR-ANKARA ZONU Kampaniyen-Daniyen Bernova Karmağacı				Kumtaşı-şeyl egemen matris içinde, kireçtaşı çakıl ve blokları, radyolarit, genellikle ayrılmış bazik volkanit, ultrabazik kaya, serpantin. Karmaşığın blokları; Karaburun istifine ait karbonat kütleleri (t ₂ k), serpantinleşmiş peridotitler (ψ) ile bazik volkanitler (k ₂ β).
						UYUMSUZLUK						
							Üstte kırıntılardan oluşan filiş fasiyesindeki Hanevbaşı üyesi					
						UYUMSUZLUK						
							Kireçtaşı ve killi kireçtaşı.					
						UYUMSUZLUK						
							Kireçtaşları, dolomitik kireçtaşları ve dolomitler.					
							Laminallı dolomitler, kireçtaşları ve dolomitlerle ardalanmalı					
							Kiltasları ara düzeyleri ile kuvarsitik kumtaşı mercekleri yer alır.					
							Kalın katmanlı, masif kireçtaşları.					
PALEOZOYİK	KARBONİFER	Baskırıyen	C	C	Alındere Fm		Massif kireçtaşı, ender olarak kumtaşı ara katkıları.					Kalınlıklar ölçeksizdir.
						UYUMSUZLUK						
							Heterojen litolojik özelliktedir, kısa mesafelerde yanallı fasiyes değişimi sunar. Kireçtaşı, marn, çört ve kumtaşı ara katkılarından oluşur. Radyolarit çakıllarından yapıllı çakıltaşları da yer alır.					
						UYUMSUZLUK						
							Kalın katmanlı, masif kireçtaşları.					
						UYUMSUZLUK						
							Laminallı dolomitler, kireçtaşları ve dolomitlerle ardalanmalı					
							Kiltasları ara düzeyleri ile kuvarsitik kumtaşı mercekleri yer alır.					
							Kalın katmanlı, masif kireçtaşları.					
						UYUMSUZLUK						
	Heterojen litolojik özelliktedir, kısa mesafelerde yanallı fasiyes değişimi sunar. Kireçtaşı, marn, çört ve kumtaşı ara katkılarından oluşur. Radyolarit çakıllarından yapıllı çakıltaşları da yer alır.											
UYUMSUZLUK												

Şekil 2.2 Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (M.T.A., 2002)

Çalışma alanında altta Paleozoyik-Karbonifer yaşlı, ender kumtaşı ara katkıları içeren masif kireçtaşları yer almaktadır. Bu birim Erdoğan ve diğ., (1990) tarafından Alandere Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bu birimi, Alt-Orta Liyas yaşlı Denizgiren Grubu kayaları uyumsuz olarak üstlemektedir. Erdoğan ve diğ., (1990) tarafından tanımlanan birim, kırıntılılar ve çörtlü karbonatlardan oluşan Gerence Formasyonu ve Karareis Formasyonu olarak ikiye ayrılmıştır.

Orta Triyas ve Jura birimleri alttan üste doğru; beyaz pembemsi, beyaz - açık gri renkli masif kireçtaşından oluşan Camiboğazı Formasyonu, açık gri laminalı dolomitler, megaladonlu kireçtaşları ve dolomitlerle aralanmalı olarak kırmızı yeşil renkli kilaşları ara düzeyleri ile kırmızı kuvarsitik kumtaşı mercceklerinden oluşan Güvercinlik Formasyonu, orta ve kalın tabakalı, düzgün katmanlanma sunan gri renkli kireçtaşları, dolomitik kireçtaşları ve dolomitlerden oluşan Nohutalan Formasyonu'ndan oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Jeoloji haritasında, Orta Triyas-Kraterse olarak gösterilen kireçtaşı birimini, Erdoğan (1990) Triyas'tan Alt Kretase'ye kadar değişen sığ denizel karbonat kütleleri olarak belirtmiştir. Bu birimi bej renkli biyoklastik kireçtaşı ve killi kireçtaşından oluşan Üst Kretase yaşlı Aktepe Formasyonu uyumsuz olarak üstlemektedir.

Balıkliova çevresindeki Üst Senoniyen, Triyas- Alt Kretase serisi üzerine açılal uyumsuzlukla, karbonat ve kırıntılı kaya birimlerinden oluşan Balıklıova Formasyonu gelmektedir (Erdoğan 1990).

Filiş fasiyesi genel olarak kırıntılı bir matriks ile değişik kaya türlerindeki bloklardan oluşmaktadır (Erdoğan 1990). Bornova Karmaşığı olarak tanımlanan birim; yeşil, kahverengimsi yeşil, kahvemsî sarı, pembemsi bej renklerde kumtaşı-şeyl egemen matriks içinde, kireçtaşı çakıl ve blokları, radyolarit, genellikle ayrışmış bazik volkanit, ultrabazik kaya, serpantinit ve farklı yaşlarda kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır.

Alt-Orta Miyosen, Urla çevresinde oldukça geniş alanda gözlenmiştir. Seferihisar'ın güneyinde yer yer veya devamlı seriler halinde yüzlek verir. Kaya (1979) başlıca kırmızımsı ve grimsi renklere çakıltası, litarenit, çamurtaşından ve yersel olarak kiltaşından oluşan birimi Çamlı Çakıltası adı altında incelemiştir. Miyosen yaşlı bu birim temel kayaları üstlerken, Urla kireçtaşı tarafından uyumlu olarak üstlenir (Kaya 1979). Urla kireçtaşı, marn, kiltası, az olarak litarenit ve tüften oluşmaktadır.

Çalışma alanında, Kuvaterner alüvyon yelpazesi, yamaç molozu şeklindedir. İzmir Körfezi'nde yelpaze deltaları körfezin güneyinde körfez içine doğru küçük diller şeklinde gözlenmektedir (Altun 2008).

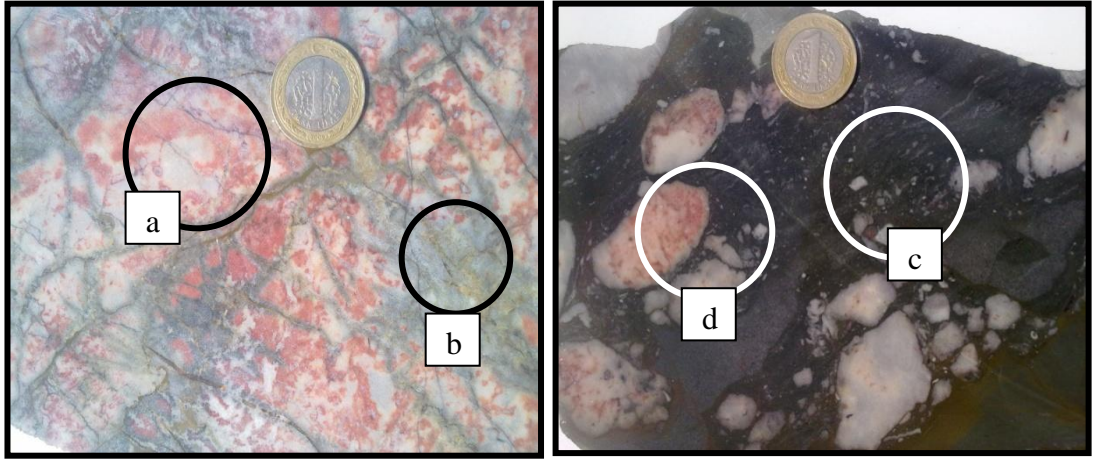
BÖLÜM ÜÇ

MİNERALojİK ÖZELLİKLER

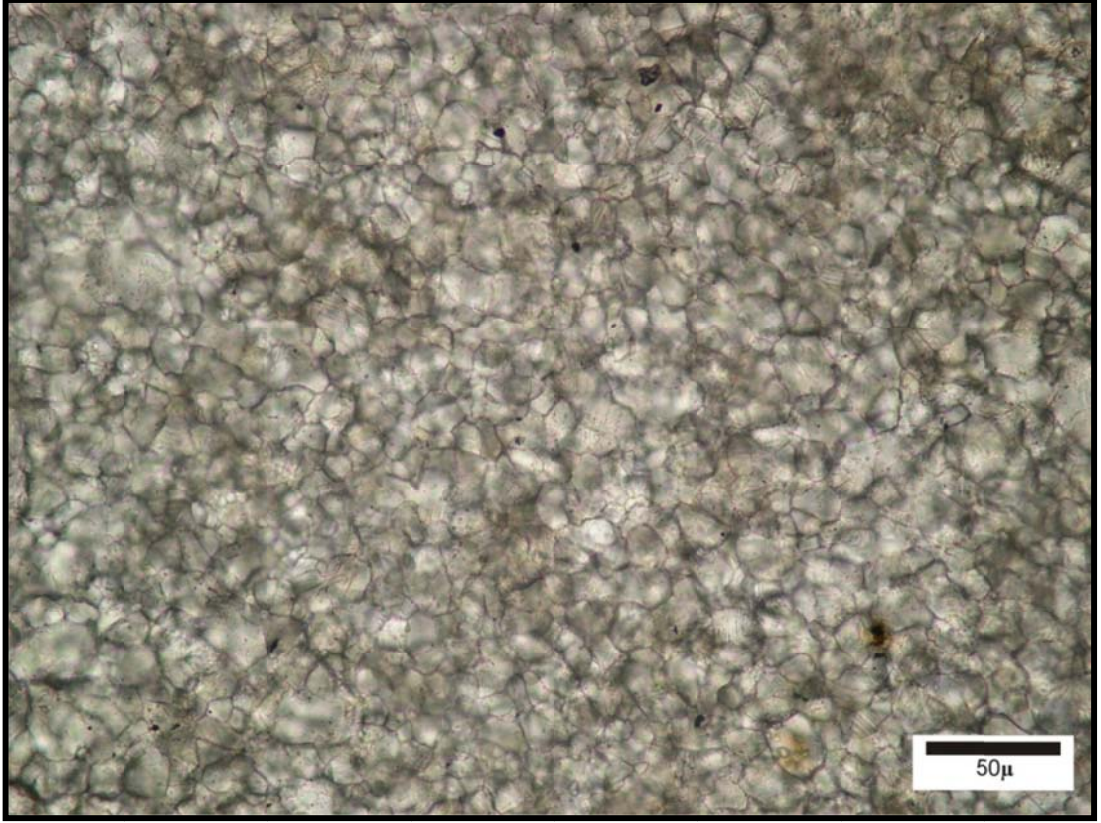
Seferihisar yöresi antik mermer ocaklarından üretilen Africano kireçtaşılarının mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile ocakların değişim gözlenen bölgelerinden alınan numunelerden çok sayıda ince kesit üretilmiş ve bu kesitler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop altında incelenmiştir.

3.1 I No'lu Antik Mermer Ocağı

Karagöl Mevkii'nden alınan breşik kireçtaşı örneğinin içerdiği çakıllar makroskobik olarak yeşil renkli matriks içinde beyaz (kırmızı çatlak dolgulu), kırmızı ve gri renkli çakıllar olarak gözükmektedir (Şekil 3.1). Kayacın heterojen bir içyapıya sahip olması nedeniyle, petrografik incelemeler kayacın içerdiği beyaz, kırmızımsı ve gri renkli çakıllar ise bunları bir arada tutan yeşil renkli matriksten üretilen ince kesitler üzerinde ayrı ayrı yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 I No'lu ocağa ait Africano Mermerleri'nin parlatılmış makro el numunesi üzerinde, incelenen ince kesitlerin gösterimi



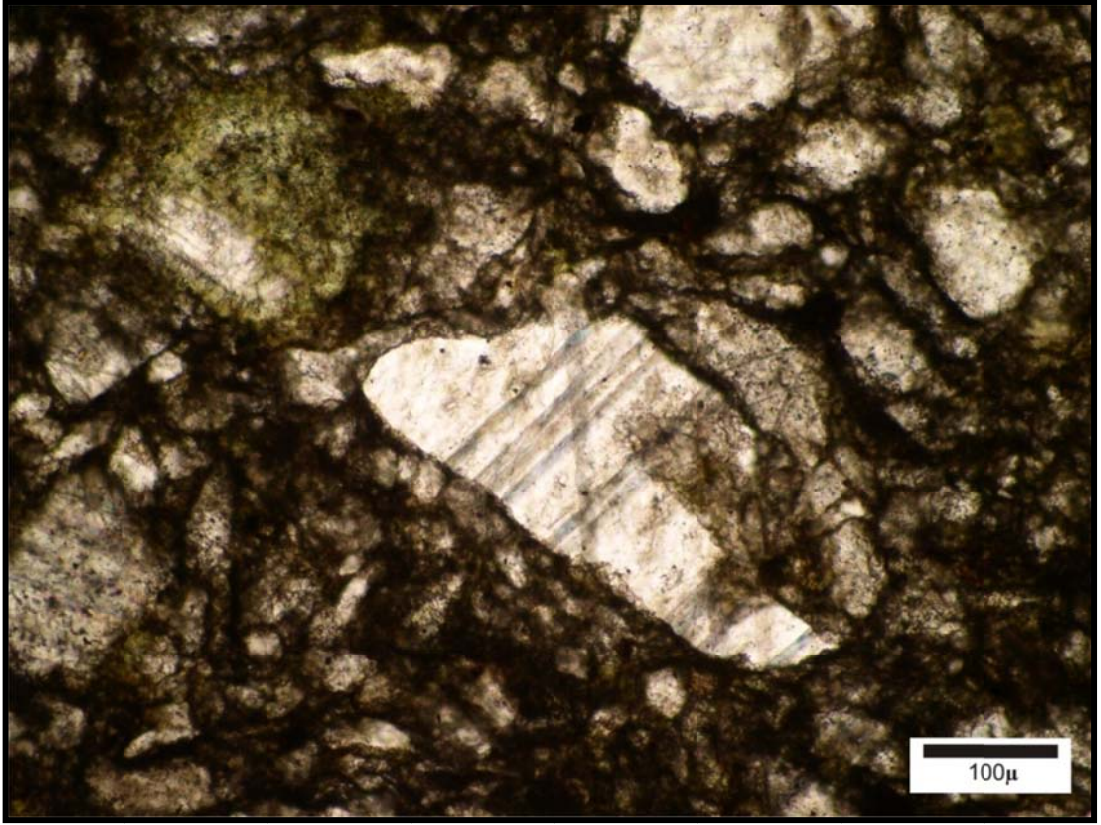
Şekil 3.2 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Mikrospar mozaik) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1a)

Ortalama kristal boyutu 25-50 μ arasındadır. Ancak, 10-25 μ arası kristallere de rastlanmıştır. Kayacın dokusuna mikrospar veya ince spar denir. Tümüyle ince, rekristalize olan bu kayaç, mikrospar mozaik ve bölümsel olarak dolospar olabilir (Şekil 3.2).



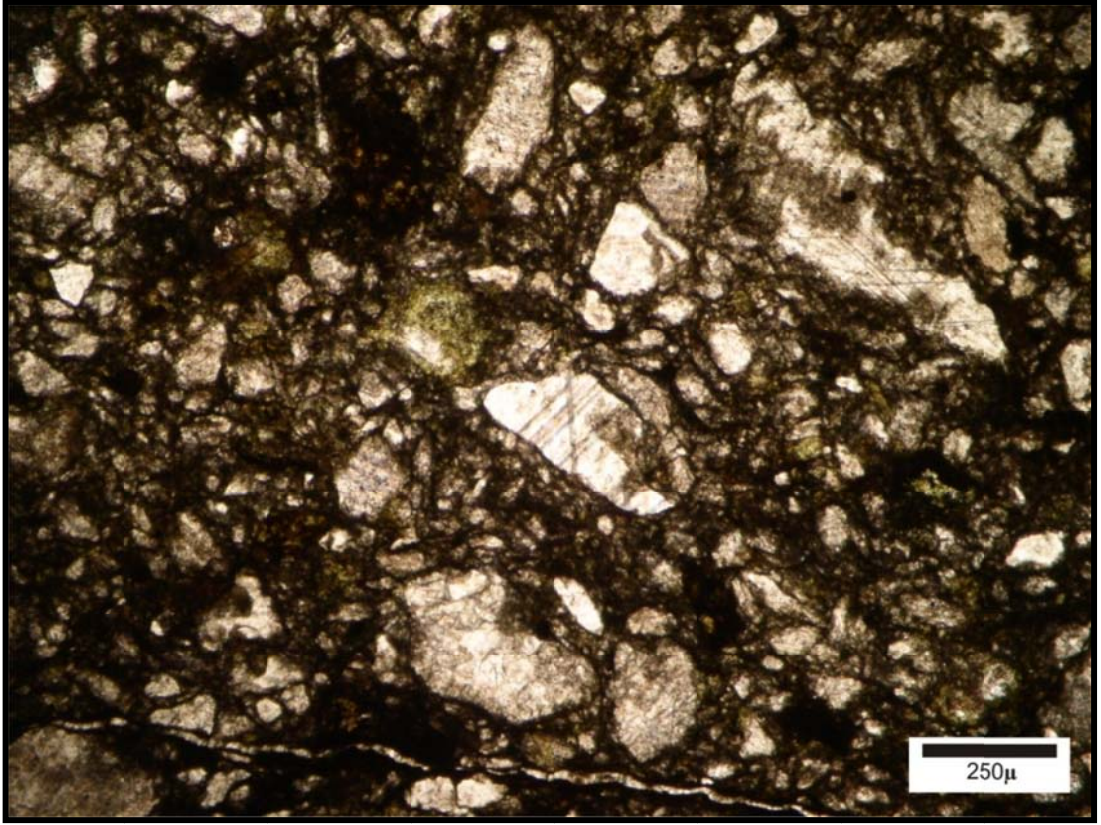
Şekil 3.3 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1a)

İçerdiği beyaz kısımları bir spar kümesi şeklinde gözlenen ileri derecede rekristalize olan örneğin ilksel kayasının biyoklast olabileceği düşünülmektedir. x4 büyütmele mercekle incelendiğinde; mikritik bir doku varlığı görülse de, x20 büyütmele mercek ile incelendiğinde, kristaller net olarak görülmüştür. Matriks; kireç, kil ve demiroksitlidir (Şekil 3.3).



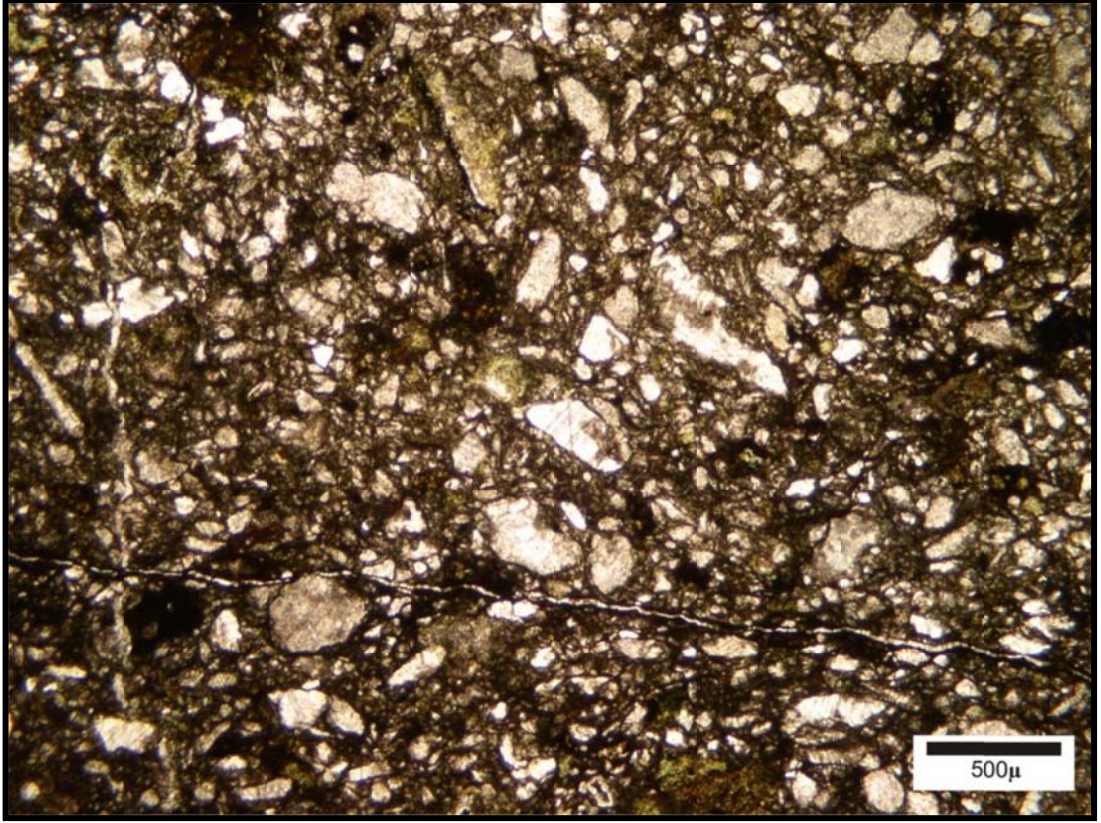
Şekil 3.4 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Litik vake) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1b)

Tüm bileşenleri kireçtaşı parçalarından oluşan örnek %90'dan çok kireçtaşı kumu içermektedir. %15 civarında kil aramaddede içeren kayaç kumtaşı sınıflamasına göre litik vake olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.4). Kayacın ayrıca silt ve kum boyutlu bileşenleri de vardır.



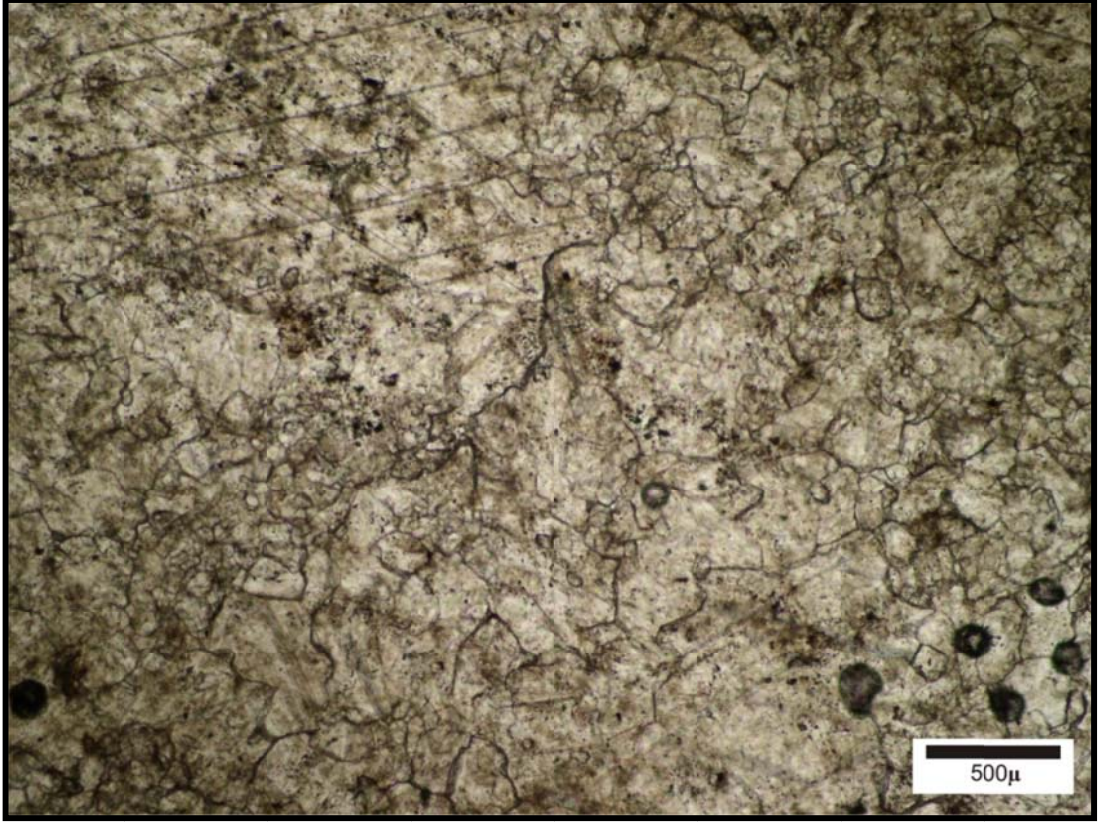
Şekil 3.5 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Bol kumlu çamurtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1b)

Tüm bileşenleri kalsit olan bol kumlu çamurtaşı, matriks içerisinde %70 oranında tane içermektedir. Tanelerin çoğu köşeli olduğu için, bu kayacın büyük bir kırıkta veya fay zonunda geliştiği söylenebilir (Şekil 3.5).



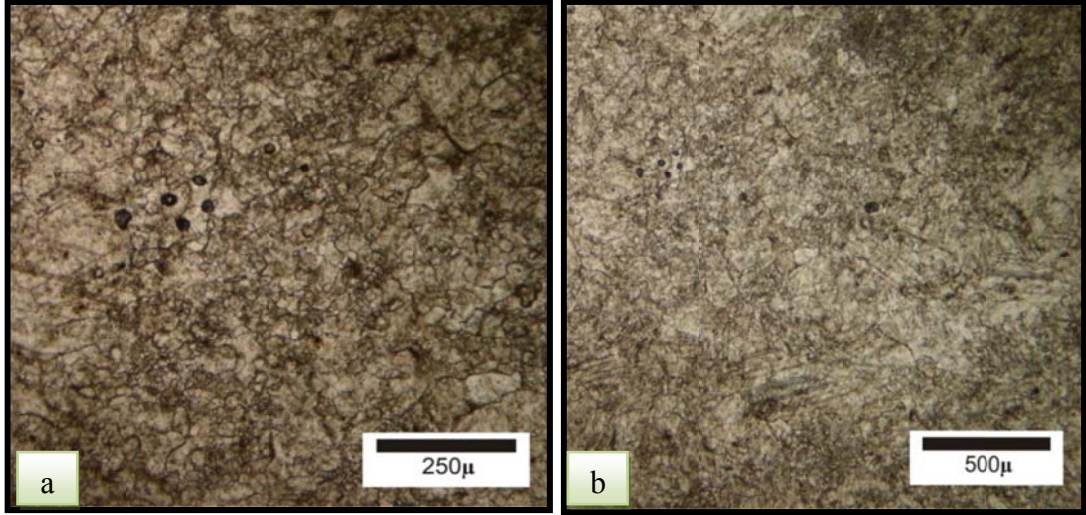
Şekil 3.6 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Ara madde destekli rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1b)

Silt ve kum boyu rekristalize karbonat kaya kırıntılarına sahip olan kayacın dokusu aramaddede desteklidir. Kristallerin dizilişi bir yönlenme göstermektedir. Kayacın bir makaslama zonunda veya fay kırığında gelişmiş olabileceği düşünülmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.7 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Sparkalsit dokulu rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Kayaç, tümüyle sınırları kil ve demiroksitli olan iri kristallerden oluşmuştur. Bölümsel olarak dolomitleşmiş, sparkalsit dokulu rekristalize kireçtaşıdır (Şekil 3.7).



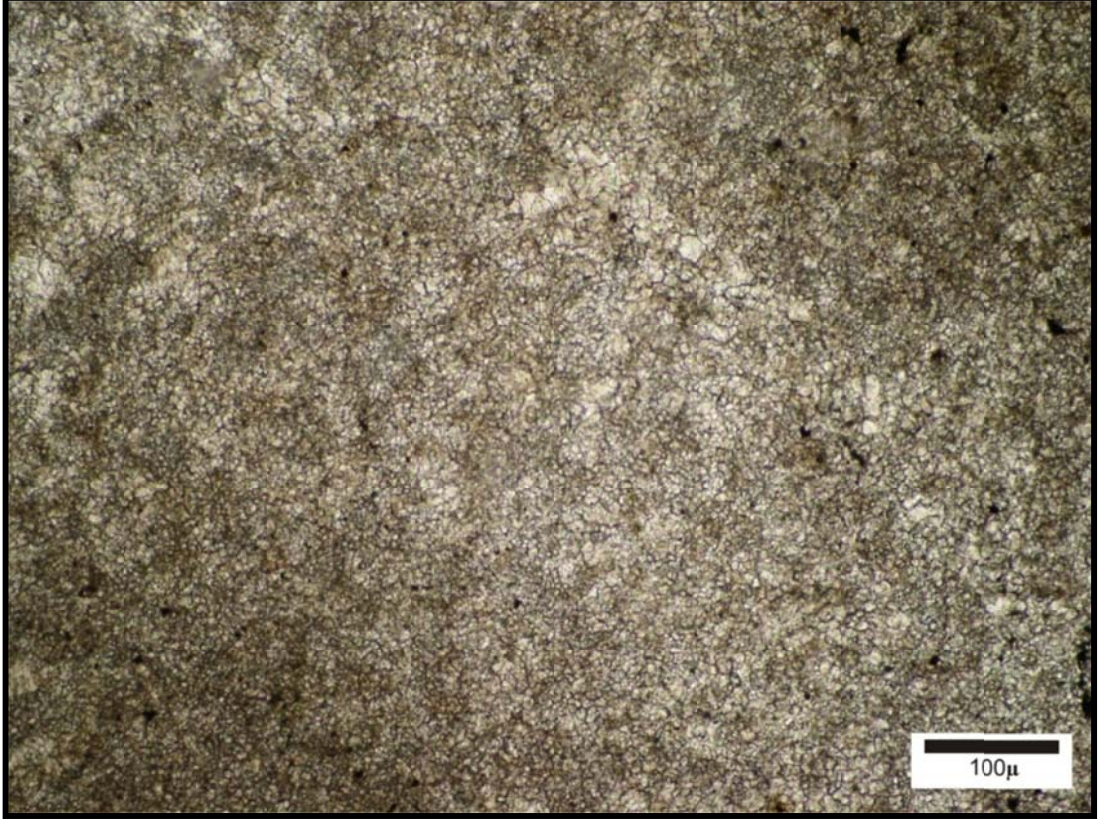
Şekil 3.8 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (rekristalize spar kalsit mozaik) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Stilobreşik doku gösteren kayaç ileri derecede rekristalize spar kalsit mozağıne dönüşmüştür. Basınç çözünmesinden sonra rekristalizasyon olmuştur. İri spar kalsitin dilinimleri oldukça belirgin olarak görülmektedir (Şekil 3.8).



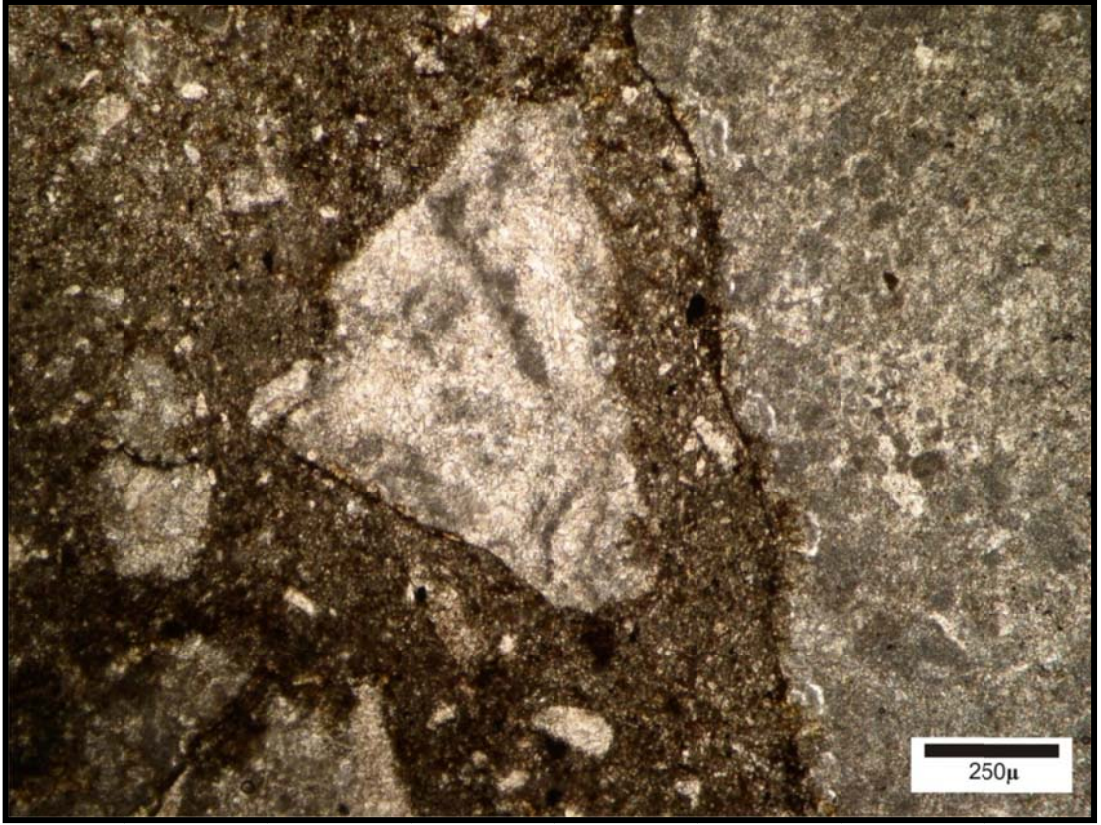
Şekil 3.9 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (mikrit içerisinde mikrospar) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Kayaçta çoğunlukla mikrit içerisinde mikrosparlar gözlenmiştir. Kireçtaşı ilksel durumunu kaybetmiş olup dolomitleşmiştir. Ancak basınç çözünmesi sınırında ilksel dokusuna ait fosil tespit edilmiştir (Şekil 3.9).



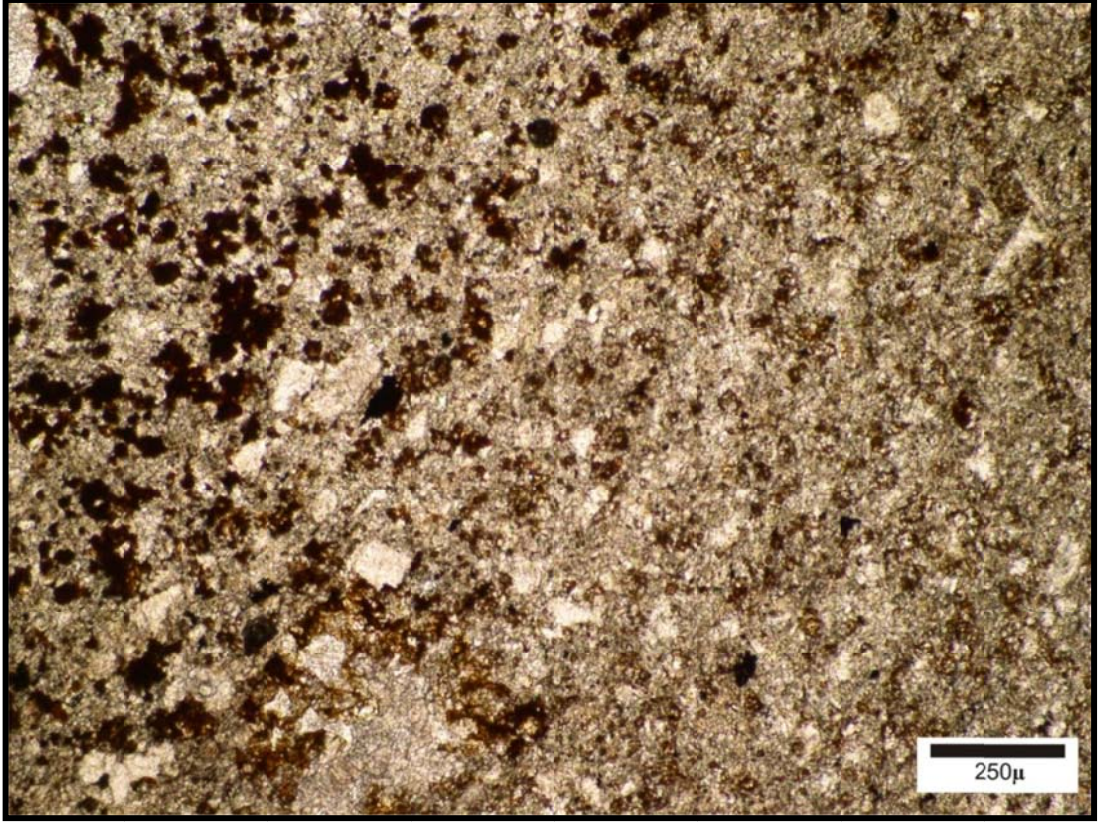
Şekil 3.10 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (dolospar) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Kayaç dolospar yapı göstermektedir. Dolomitler net olmamakla birlikte baklava dilimi şeklinde görülmektedir (Şekil 3.10).



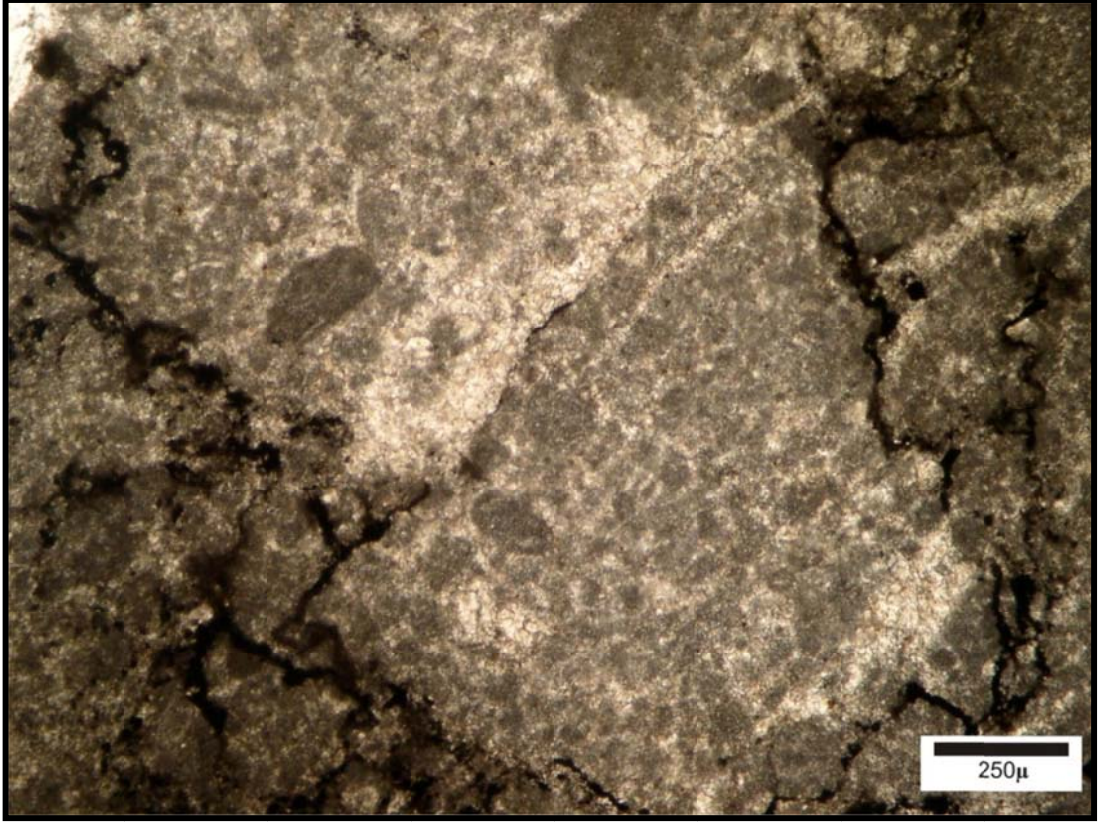
Şekil 3.11 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (breşik rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Breşik bir yapıya sahip olan bu kayaca breşik rekristalize kireçtaşı adı verilebilir. Basınç çözünmesiyle oluşan çatlak sınırı görünmektedir (Şekil 3.11). Kayacın ilksel hali bioklastlı mikritik kireçtaşıdır.



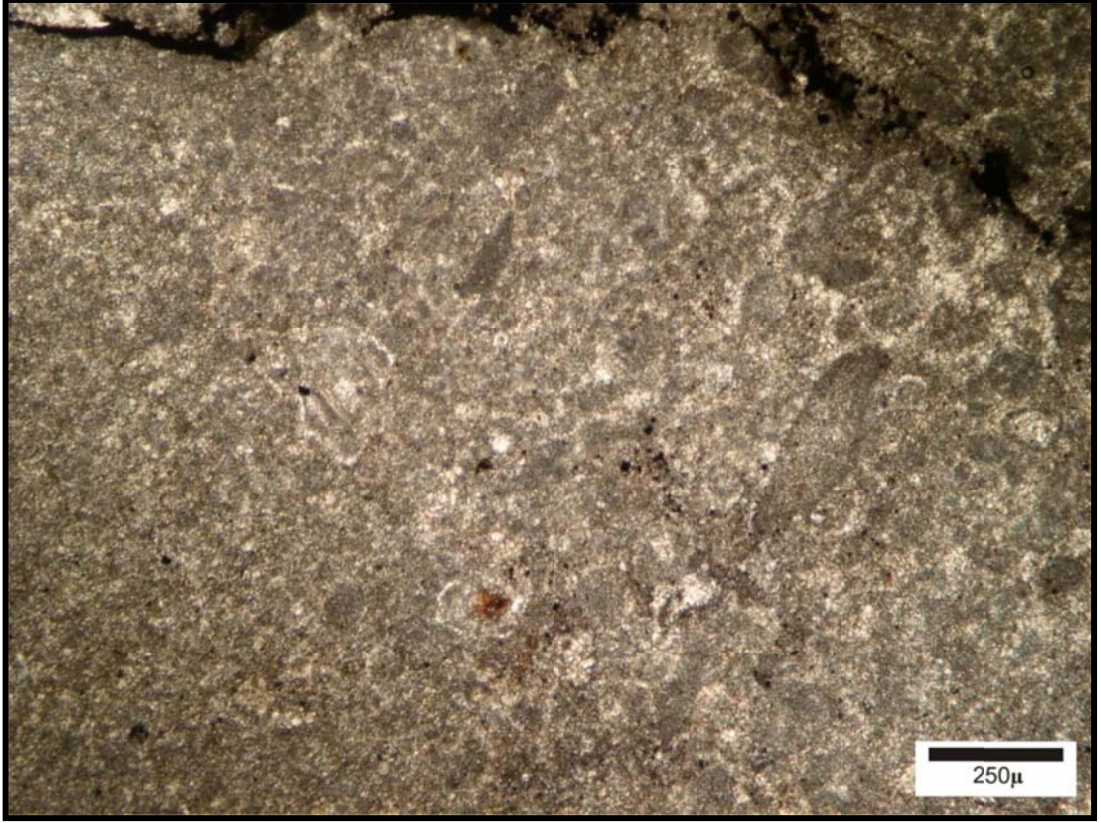
Şekil 3.12 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (dolomitleşmiş rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Kayaçta bölümsel olarak, taşlaşma sırasında oluşan demiroksitlenme görülmektedir. Bu kayaca, dolomitleşmiş rekristalize kireçtaşı adı verilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.13 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (İntra-pelsparit) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

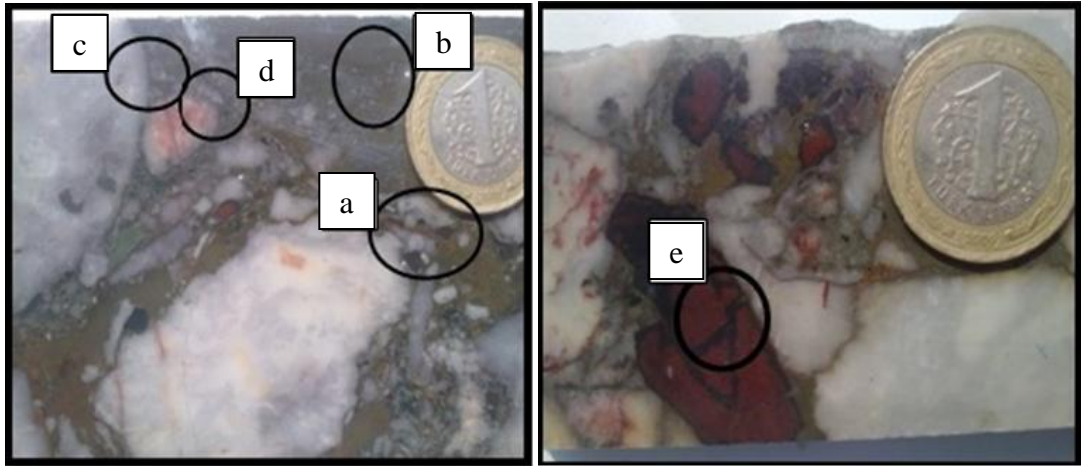
Kayacın ilksel dokusunda yersel olarak intraklast, pellet ve bioklastların varlığı gözlenmiştir. Kayaç basınç çözünmesi yüzeyleri boyunca stilobreşleşmiş ve bölümsel olarak intra-pelsparitik tane destekli bölümler gözlenmiştir (Şekil 3.13).



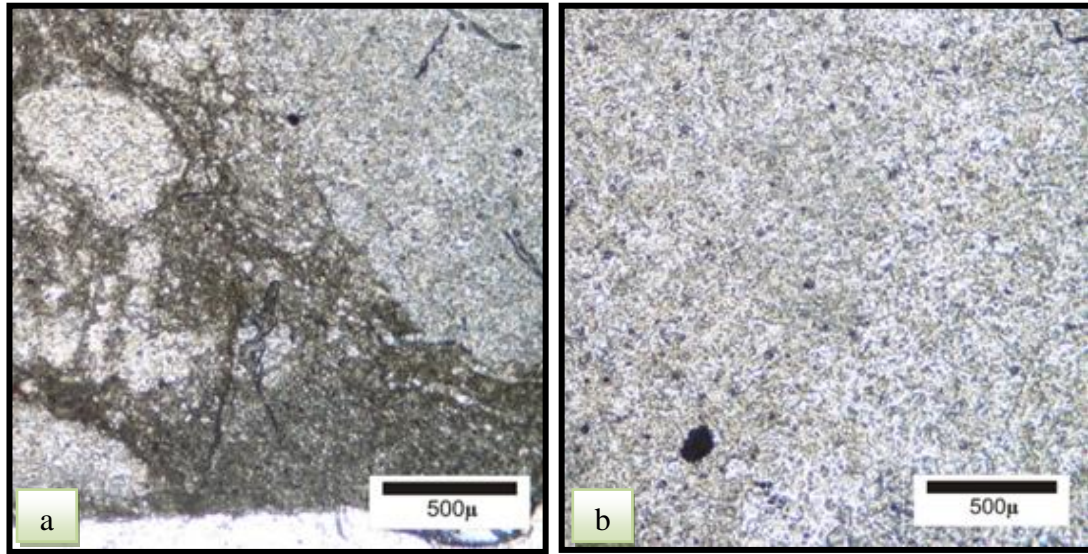
Şekil 3.14 I No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (bioklast ve intraklast) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.1d)

Ender olarak ilksel dokunun görülebildiği yerlerde bioklast ve intraklastlara rastlanmıştır (Şekil 3.14).

3.2 II No'lu Antik Mermer Ocağı

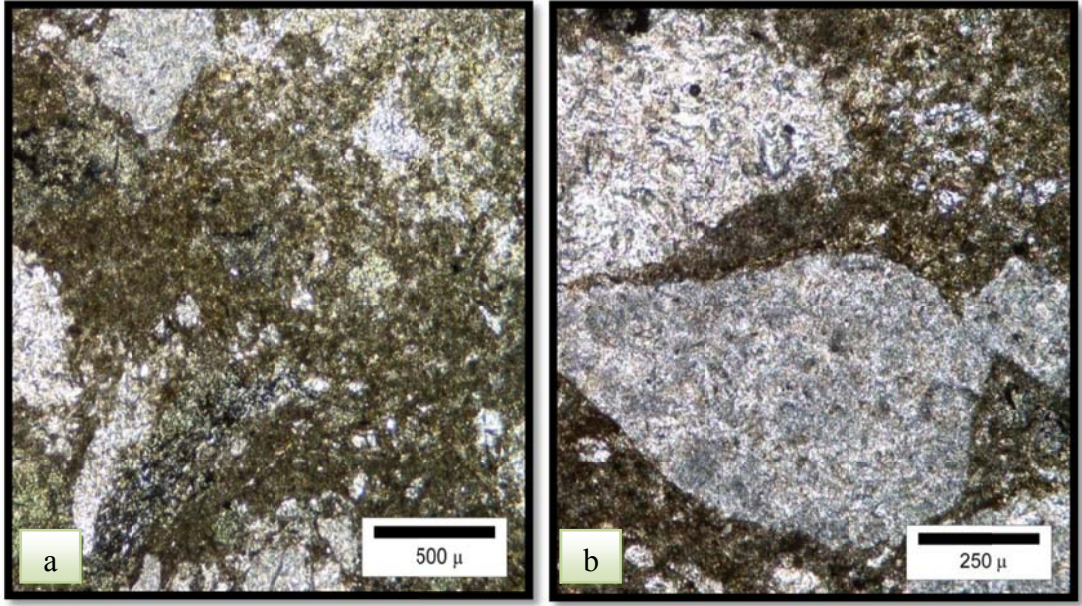


Şekil 3.15 II No'lu ocağa ait Africano Mermerleri'nin parlatılmış makro el numunesi üzerinde, incelenen ince kesitlerin gösterimi



Şekil 3.16 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Stilobreşik rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15a)

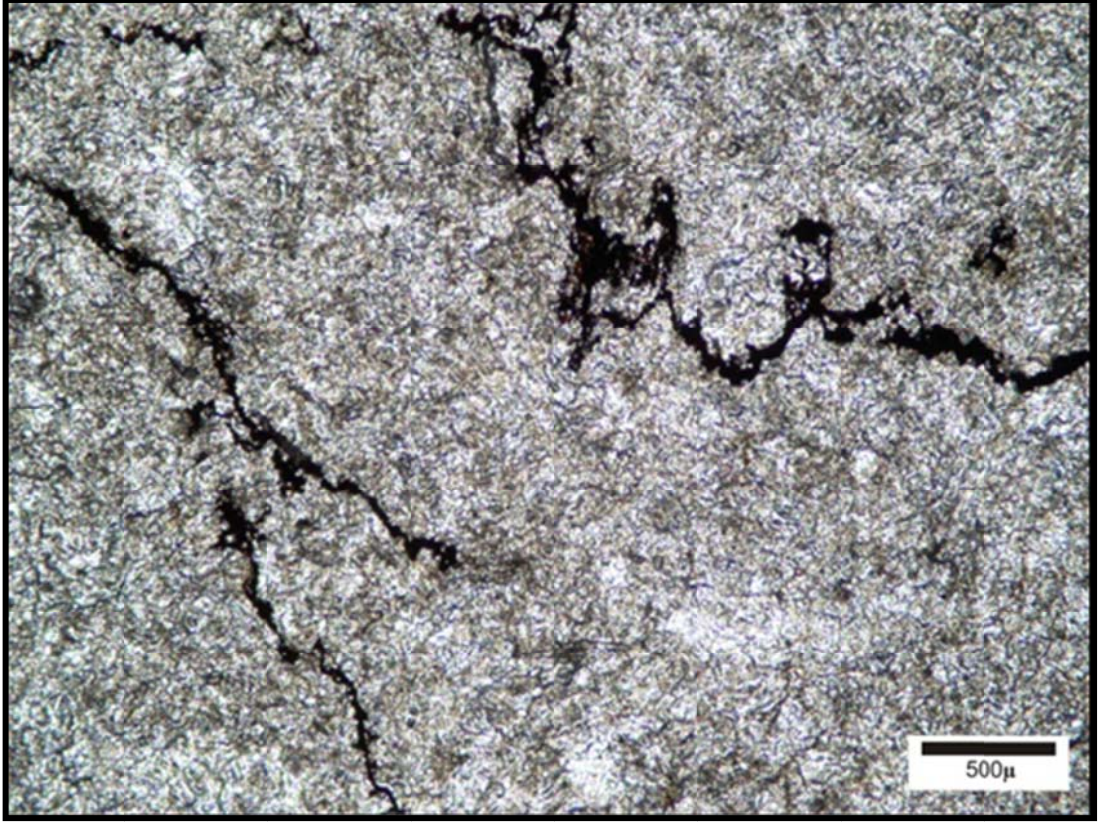
Stilobreşik rekristalize kireçtaşı; breş parçaları, mikrosparlı kalsit ve mikrit ile tanımlanabilir. Breş ara dolgusunun kireçli kil ve demiroksitten oluşmaktadır (Şekil 3.16).



a: Ara madde b: İçerdiği taneler

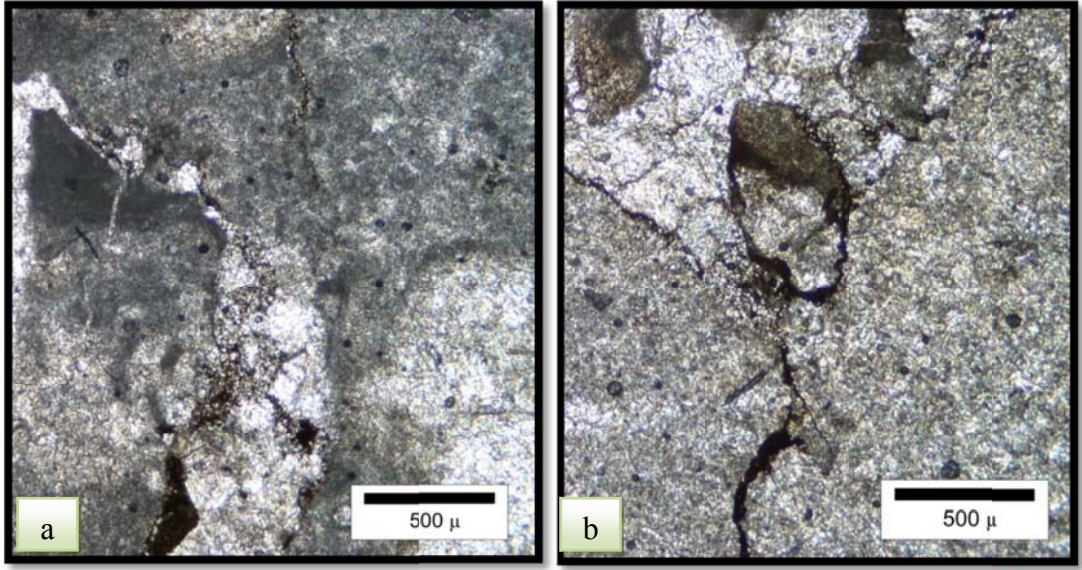
Şekil 3.17 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (çamurtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15a)

Kayacın ara maddesi koyu renkli ve yoğun olarak siltli kil, görel olarak az miktarda kuvars silti içermektedir. Yersel olarak çamurtaşı, genel olarak kumtaşı olarak adlandırılabilir. Tüm kumlar kireçtaşı parçalarından oluşmaktadır. Kireçtaşlarının boylanma ve yuvarlaklaşması kötü, küreselleşmesi orta derecelidir (Şekil 3.17).



Şekil 3.18 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15b)

Psödomikrospar ve psödomikrite dönüşmüş rekristalize kireçtaşının deforme olmuş basınç çözünmesi yüzeyleri (stilotitik) rekristalize olmuştur. Bölümsel olarak dolomitleşmiştir. Basınç çözünmesi yüzeyleri demir oksit dolguludur (Şekil 3.18).

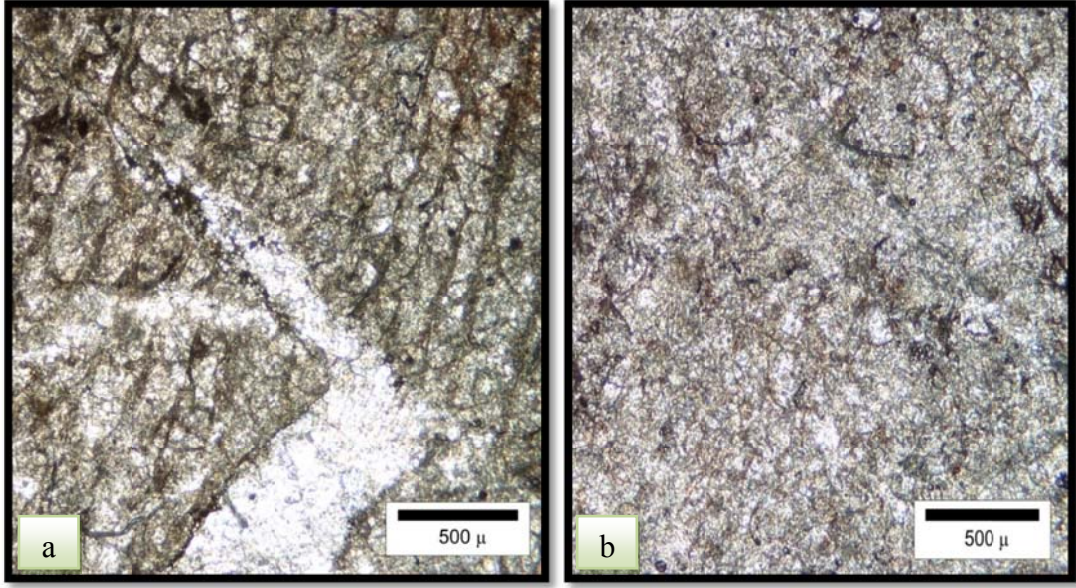


a: İlksel doku b: Stilobreşik doku

Şekil 3.19 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15c)

İleri derecede rekristalize stilobreşik dokulu kayaç, mikrospar, spar ve psödo mikritle temsil edilir. Kısmen ilksel dokuya rastlanmıştır. İlksel doku az miktarda biyosparit, daha yaygın olarak biyomikrit varlığı gözlenmiştir.

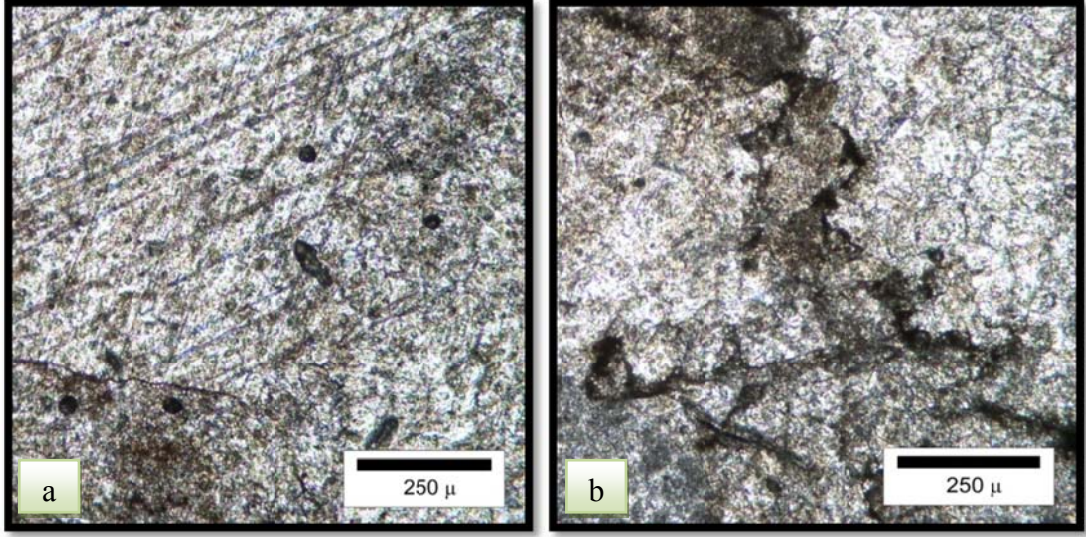
İri sparlar çatlak dolgusudur ve doku içerisinde deforme olmuştur. Deforme olan yerler sparkalsitle doldurulmuştur. Basınç çözünmesi yüzeyleri demir oksit dolguludur (Şekil 3.19).



a: Rekristalize olmuş bioklastlar b: Genel doku

Şekil 3.20 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (İleri derecede rekristalize stilobreşik doku) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15d)

Basınç çözünmesi yüzeyleri ve rekristalize olmuş biyoklastlar (mercan) demiroksit dolguludur. İleri derecede rekristalize stilobreşik dokuya sahip ve basınç çözünmesi yüzeyleri koyu demiroksit ve/veya mangan oksit dolguludur. Rekristalize doku daha çok mikrospar ve psödosparla temsil edilir. Kısmen görülen ilksel doku, kabuk alglerin ve mercanların oluşturduğu biyolitit (resif kayası) dokusu olabildiği tahmin edilmektedir. İlksel dokunun içerdiği organizma içi veya çatı arası boşluklar demiroksitleşmiş psödosparkalsitle doldurulmuştur (Şekil 3.20).

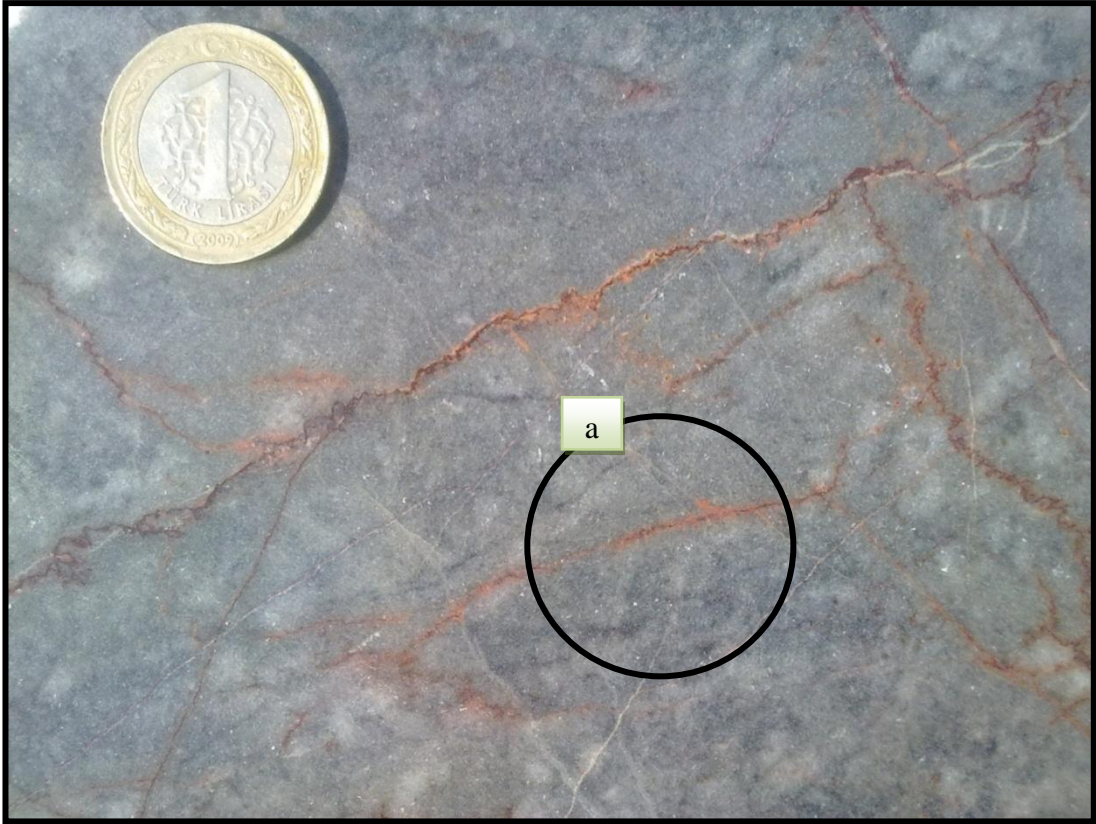


a: İri kalsit kristali b: Stilobreşik doku

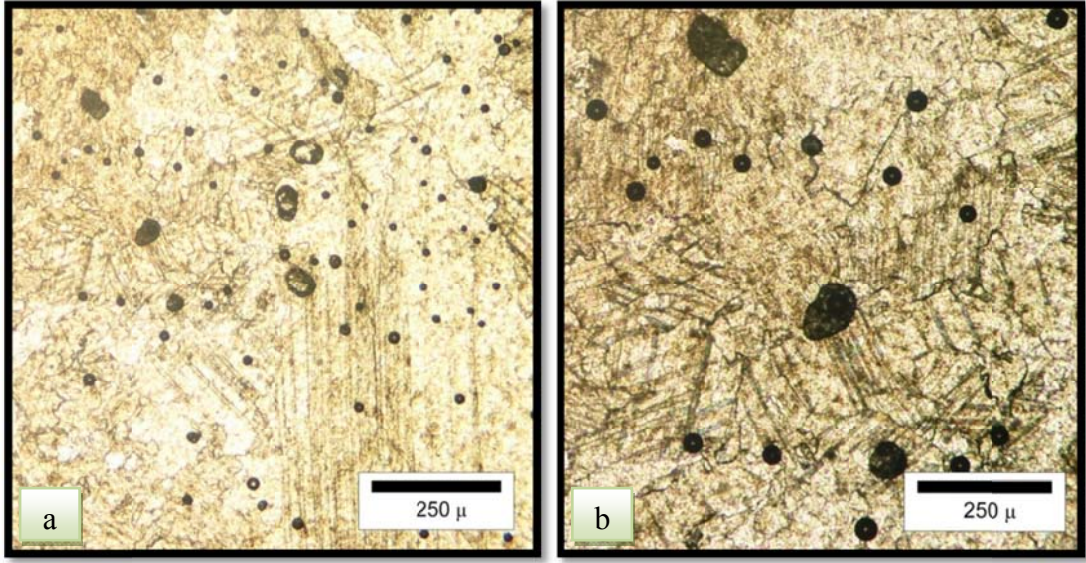
Şekil 3.21 II No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (Rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.15e)

İleri derecede rekristalize olan stilobreşik dokulu kireçtaşı iri kalsit kristalli ve basınç çözünmesi yüzeyleri demir oksit ve/veya mangan oksit dolguludur. Rekristalize doku en çok mikrospar ve psödosparla temsil edilir. Kısmen korunan ilksel doku mikrobial algal biyolitit dokusu ile temsil edilmektedir (Şekil 3.21).

3.3 III No'lu Antik Mermer Ocağı



Şekil 3.22 III No'lu ocağa ait Africano Mermerleri'nin parlatılmış makro el numunesi üzerinde, incelenen ince kesitlerin gösterimi



Şekil 3.23 III No'lu antik mermer ocağından üretilen breşik kireçtaşının (rekristalize kireçtaşı) polarizan mikroskobu altında görünümü (Şekil 3.22a)

Kayacın ismi rekristalize kireçtaşı, dokusu pseudospar kalsit mozaik olarak belirlenmiştir. Nadir olarak dolomit kristalleri içerdiği gözlenmiştir. Kristal boyutu en büyük 65x50 mic ve 55x50 mic, en küçük 18x50 mic, 10x50 mic ve 5x50 mic olarak belirlenmiştir (Şekil 3.23).

BÖLÜM DÖRT

KİMYASAL ÖZELLİKLER

Kimyasal bileşim, mermerlerin içindeki elementlerin oksit değerlerinin toplamıdır. Kimyasal analizlerde kayacın içindeki silisyum dioksit, demir oksit, alüminyum oksit, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat yüzde oranları tespit edilir. Bu oranların toplamının %100'e yaklaşması analizin doğruluğunu belirtmektedir (Boztaş ve diğ. 2009).

I, II ve III No'lu Africano mermer ocaklarından alınan kaya örneklerinin kimyasal analizleri ACME Analytical Laboratories LTD, Canada'da yaptırılmıştır. Analizlerde kayacın ana ve iz elementleri belirlenmiştir (Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, Ek 4, Ek 5).

Africano Mermerleri breşik kireçtaşı olduğu ve heterojen bir iç yapı sunduğu için kayacın içerdiği tüm çakıllardan ve yeşil matriksten alınan numunelerin kimyasal bileşimi saptanmıştır.

Kimyasal analizleri yapılan I No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin ana element oranları SiO_2 oranının % 0,46 - % 7,36, Al_2O_3 oranının % 0,10 - % 6,06, Fe_2O_3 oranının % 0,40 - % 11,57, MgO oranının % 0,13 - % 2,59, CaO oranının %38,74 - % 55,17, Na_2O oranının % <0,01, K_2O oranının % <0,01 - % 0,01, TiO_2 oranının % 0,01 - % 0,15, P_2O_5 oranının % 0,06 - % 2,35, MnO oranının % 0,03 - % 0,11 arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.1, 4.2,).

II No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin ana element oranları SiO_2 oranının % 0,10 - % 23,57, Al_2O_3 oranının % 0,03 - % 3,74, Fe_2O_3 oranının % 0,27 - % 8,23, MgO oranının % 0,06 - % 2,48, CaO oranının %32,67 - % 55,71, Na_2O oranının % <0,01 - 0,01, K_2O oranının % <0,01 - % 0,06, TiO_2 oranının % <0,01 - % 0,40, P_2O_5 oranının % 0,08 - % 3,86, MnO oranının % <0,01 - % 0,28 arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.1, 4.2).

III No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin ana element oranları SiO_2 oranının % 0,14 - % 0,20, Al_2O_3 oranının % 0,03 – % 0,05, Fe_2O_3 oranının % <0,04 – % 0,07, MgO oranının % 0,21 – % 0,50, CaO oranının %55,87 – % 56,40, Na_2O oranının % <0,01, K_2O oranının % <0,01, TiO_2 oranının % <0,01, P_2O_5 oranının % 0,02 – % 0,03, MnO oranının % <0,01 arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.1, 4.2).

Tablo 4.1 I, II ve III No'lu ocakların ana element analizi

<i>Metod</i>		<i>4A-4B</i>				
<i>Analiz</i>		<i>SiO₂ (%)</i>	<i>Al₂O₃ (%)</i>	<i>Fe₂O₃ (%)</i>	<i>MgO (%)</i>	<i>CaO (%)</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	2,85	1,71	3,56	0,99	50,38
	Beyaz Çakıl	0,47	0,10	0,40	0,37	55,12
	Kırmızı Çakıl	0,90	0,39	1,11	0,47	53,94
	Gri Çakıl	0,46	0,17	0,46	0,13	55,17
	Yeşil Matriks	7,36	6,06	11,57	2,59	38,74
II No'lu Ocak	Tüm Kaya	2,31	0,12	0,60	0,35	53,73
	Kırmızı Çakıl	1,05	0,13	0,62	0,41	54,62
	Beyaz Çakıl	0,63	0,10	0,27	0,41	55,20
	Gri Çakıl	0,10	0,03	0,53	0,06	55,71
	Yeşil Matriks	23,57	3,74	8,23	2,48	32,67
III No'lu Ocak	Tüm kaya	0,20	0,05	0,07	0,50	55,87
	Tüm kaya	0,14	0,03	<0,04	0,21	56,40

Tablo 4.2 I, II ve III No'lu ocakların ana element analizi

<i>Metod</i>		<i>4A-4B</i>				
<i>Analiz</i>		<i>Na₂O (%)</i>	<i>K₂O (%)</i>	<i>TiO₂ (%)</i>	<i>P₂O₅ (%)</i>	<i>MnO (%)</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	<0,01	<0,01	0,15	0,60	0,08
	Beyaz Çakıl	<0,01	<0,01	0,01	0,06	0,09
	Kırmızı Çakıl	<0,01	<0,01	0,06	0,23	0,11
	Gri Çakıl	<0,01	<0,01	0,02	0,09	0,03
	Yeşil Matriks	<0,01	0,01	0,66	2,35	0,11
II No'lu Ocak	Tüm Kaya	<0,01	0,01	<0,01	0,08	0,28
	Kırmızı Çakıl	0,01	0,01	0,01	0,10	0,21
	Beyaz Çakıl	<0,01	0,01	0,01	0,08	0,06
	Gri Çakıl	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	<0,01
	Yeşil Matriks	0,03	0,06	0,40	3,86	0,21
III No'lu Ocak	Tüm kaya	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
	Tüm kaya	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01

Kimyasal analizleri yapılan I No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,4 ppm, Cu oranının 0,9 ppm – 48,6 ppm, Pb oranının 0,2 ppm – 2,5 ppm, Zn oranının <1 ppm – 11 ppm, Ni oranının 4,8 ppm – 8,2 ppm, As oranının 5,6 ppm – 10,3 ppm, Cd oranının <0,1 ppm – 0,5 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm– 2,6 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.3, 4.4).

II No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,2 ppm, Cu oranının <0,1 ppm – 2,9 ppm, Pb oranının <0,1 ppm – 5,5 ppm, Zn oranının <1 ppm – 3 ppm, Ni oranının 2 ppm – 9,8 ppm, As oranının 4,2 ppm – 5,5 ppm, Cd oranının <0,1 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.3, 4.4).

III No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,1 ppm, Cu oranının <0,1 ppm – 0,1 ppm, Pb oranının <0,1 ppm – 0,2 ppm, Zn oranının <1 ppm, Ni oranının 2,1 ppm – 2,4 ppm, As oranının 5,11 ppm – 5,5 ppm, Cd oranının <0,1 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir (Tablo 4.3, 4.4).

Tablo 4.3 I, II ve III No'lu ocakların iz elementlerinin analiz

<i>Metod</i>		<i>IDX</i>					
<i>Analiz</i>		<i>Mo</i> <i>(ppm)</i>	<i>Cu (ppm)</i>	<i>Pb</i> <i>(ppm)</i>	<i>Zn</i> <i>(ppm)</i>	<i>Ni</i> <i>(ppm)</i>	<i>As</i> <i>(ppm)</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	0,2	0,9	0,2	<1	5,0	5,6
	Beyaz Çakıl	0,2	18,2	2,5	5	8,2	7,1
	Kırmızı Çakıl	<0.1	6,3	2,5	4	5,5	6,4
	Gri Çakıl	0,4	7,0	2,3	11	4,8	10,3
	Yeşil Matriks	<0.1	48,6	0,7	5	5,4	6,7
II No'lu Ocak	Tüm Kaya	<0.1	2,9	0,4	3	9,8	5,3
	Kırmızı Çakıl	<0.1	<0.1	<0.1	<1	2,8	4,8
	Beyaz Çakıl	0,1	<0.1	5,5	<1	2,0	5,0
	Gri Çakıl	0,2	<0.1	0,4	<1	3,5	4,2
	Yeşil Matriks	0,1	<0.1	0,3	<1	4,5	5,5
III No'lu Ocak	Tüm kaya	0,1	0,1	0,2	<1	2,1	5,5
	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.1	<1	2,4	5,1

Tablo 4.4 I, II ve III No'lu ocakların iz elementlerinin analiz

<i>Metod</i>		<i>IDX</i>				
<i>Analiz</i>		<i>Cd (ppm)</i>	<i>Ag (ppm)</i>	<i>Au (ppm)</i>	<i>Hg (ppm)</i>	<i>Bi (ppm)</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Beyaz Çakıl	0,4	<0.1	2,6	<0.01	<0.1
	Kırmızı Çakıl	0,4	<0.1	0,8	<0.01	<0.1
	Gri Çakıl	0,5	<0.1	1,2	<0.01	<0.1
	Yeşil Matriks	<0.1	<0.1	1,5	<0.01	<0.1
II No'lu Ocak	Tüm Kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Kırmızı Çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Beyaz Çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Gri Çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Yeşil Matriks	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
III No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1

BÖLÜM BEŞ

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Seferihisar Africano antik mermer ocaklarında yürütülen mühendislik çalışmaları arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak iki ayrı aşamada gerçekleşmiştir. Arazi çalışmalarında ilk olarak antik mermer ocakları ve yakın çevresinde yürütülen jeolojik haritalama çalışmaları ile ocakların 1/1000 ölçekli jeolojik haritaları yapılmış kayaçların yayılım alanları ve stratigrafik konumları belirlenmiştir. Daha sonra antik mermer ocakları içerisinde gözlenen üretim basamağı aynaları üzerinde yürütülen detay süreksizlik ölçümleri ile kayaların blok mermer kaynağı olarak kullanılabilirliğini etkileyen en önemli özelliği olan süreksizlik düzlemlerinin mühendislik özellikleri belirlenmiştir.

Antik mermer ocağı şev aynaları üzerinde ISRM 1981'e uygun olarak ya da 1,5 m yükseklikteki yatay hatlar boyunca yürütülen detay süreksizlik ölçümünde, yatay hattı kesen süreksizlik düzlemlerinin konumu ve çatlak ara uzaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen süreksizlik düzlemi konumları bilgisayar ortamında stereo programı yardımıyla stereografik projeksiyon üzerine aktarılmış ve kayaç içerisinde egemen olan süreksizlik seti sayısı ve konumları saptanmıştır. Arazide Schmidt çekici ile sertlik ölçümleri yapılarak Africano breşik kireçtaşının değişik bölümlerinin Schmidt sertlik değeri belirlenmiştir.

Antik mermer ocaklarından alınan blok kaya numuneleri üzerinde yürütülen laboratuvar çalışmalarında ise üç ayrı bölgede blok üretimi yapılmış olan Africano breşik kireçtaşının fiziksel ve mekanik özellikleriyle durabiliteleri saptanmıştır.

5.1 Süreksizlik Düzlemlerinin Genel Özellikleri

Süreksizlik düzlemlerinin konumu (eğim yönü–eğim açısı, doğrultu–eğim), süreksizlik seti sayısı ve çatlak ara uzaklığı mermer ocaklarındaki blok üretimi hakkında bilgi veren en önemli faktörlerdendir. Aynı zaman ocağa giriş ve ilerleme

yönünün belirlenmesinde de kaya kütlelerinin içerdiği süreksizlik düzlemlerinin genel özellikleri büyük önem taşımaktadır (Yavuz 2001).

5.1.1 I No'lu Antik Mermer Ocağı

I No'lu Africano antik mermer ocağının çukur ocak niteliğinde olması ve ocak için su ile dolu olması nedeniyle, arazi çalışmalarının yürütülebileceği üretim aynası ya da kaya yüzleği bulunmamaktadır (Şekil 5.1). Ancak antik mermer ocağının içerisinde yer aldığı kireçtaşı olistolitinin tamamen üretilerek bitirilmiş olması ve ocak yakınında bulunan ve hacmi 0,88 ile 11,65 m³ arasında değişen kaya bloklarının varlığından bu ocaktan blok çıkarıldığını dolayısıyla, ocağın az çatlaklı-masif bir yapıda olduğu düşünülmektedir (Tablo 5.1, Ek 1).



Şekil 5.1 Karagöl genel görünüm

I No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde bulunan yarı işlenmiş antik kaya bloklarının boyutları Tablo 5.1'de verilmiştir. Tablo 5.1'de de görüldüğü üzere 14 adet kaya bloğunun boyutları 3,28x2,4x1,48 m ve 1,65x0,95x0,56 m arasında

değişmektedir. Ayrıca, kaya bloklarının arasında bulunan silindirik şekilli kaya sütunlarının boy ve çapları 2,25x0,9 m ve 1,85x0,8 m olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1 I No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yer alan yarı işlenmiş antik kireçtaşı bloklarının boyutları

No	Boy (m)	Yükseklik (m)	En (m)	Hacim (m ³)
1	1,86	0,85	0,68	1,08
2	1,65	1,3	1,1	2,36
3	1,95	0,75	0,7	1,02
4	1,95	1,24	0,55	1,33
5	1,7	1,5	1,2	3,06
6	2,49	2,3	1,93	11,05
7	1,65	0,95	0,56	0,88
8	3,21	2,1	1,6	10,79
9	2	1,35	0,8	2,16
10	2,45	1,9	1,7	7,91
11	3,1	1,8	1,55	8,65
12	3,58	1,54	1,29	7,11
13	2,35	1,87	1,48	6,50
14	3,28	2,4	1,48	11,65
Ortalama ± Standart Sapma	2,37 ± 0,67	1,56 ± 0,52	1,19 ± 0,46	5,40 ± 4,12

I No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yer alan yarı işlenmiş antik kaya bloklarının boylarının 1,65 ve 3,58 m arasında değiştiği ve ortalama boylarının $2,37 \pm 0,67$ m olduğu, yüksekliğinin 0,75 ve 2,4 m arasında değiştiği ve ortalama yüksekliğin $1,56 \pm 0,52$ m olduğu, eninin ise 0,55 ve 1,93 m arasında değiştiği ve ortalama enin $1,19 \pm 0,46$ m olduğu tespit edilmiştir. Bu ölçümlere bağlı olarak, hacmin 0,88 ve 11,65 m³ arasında değiştiği ve ortalama hacmin $5,40 \pm 4,12$ m³ mertebesinde olduğu hesaplanmıştır (Tablo 5.1).

5.1.2 II No'lu Antik Mermer Ocağı

II No'lu Africano antik mermer ocağında, antik dönemde oluşturulmuş iki ayrı üretim aynasında detay süreksizlik ölçümleri yapılmıştır (Şekil 5.2, 5.3).



Şekil 5.2 II No'lu Africano antik mermer ocağı üretim aynasının görünümü



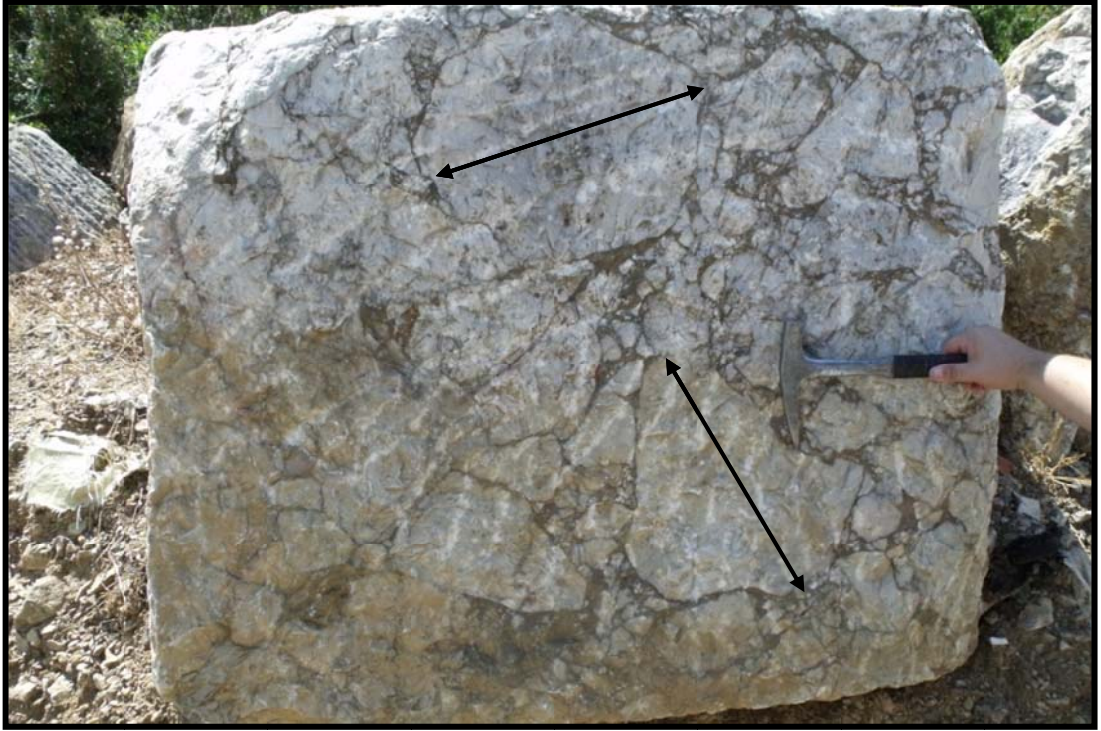
Şekil 5.3 II No'lu Africano antik mermer ocağı üretim aynasının görünümü

II No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde boyutları 265 x 120 x 96 cm ve 117 x 74 x 55 cm arasında değişen 6 adet yarı işlenmiş kaya bloğu bulunmaktadır (Tablo 5.2, Şekil 5.4, Ek 2).

Tablo 5.2 II No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yeralan yarı işlenmiş antik kireçtaşı bloklarının boyutları

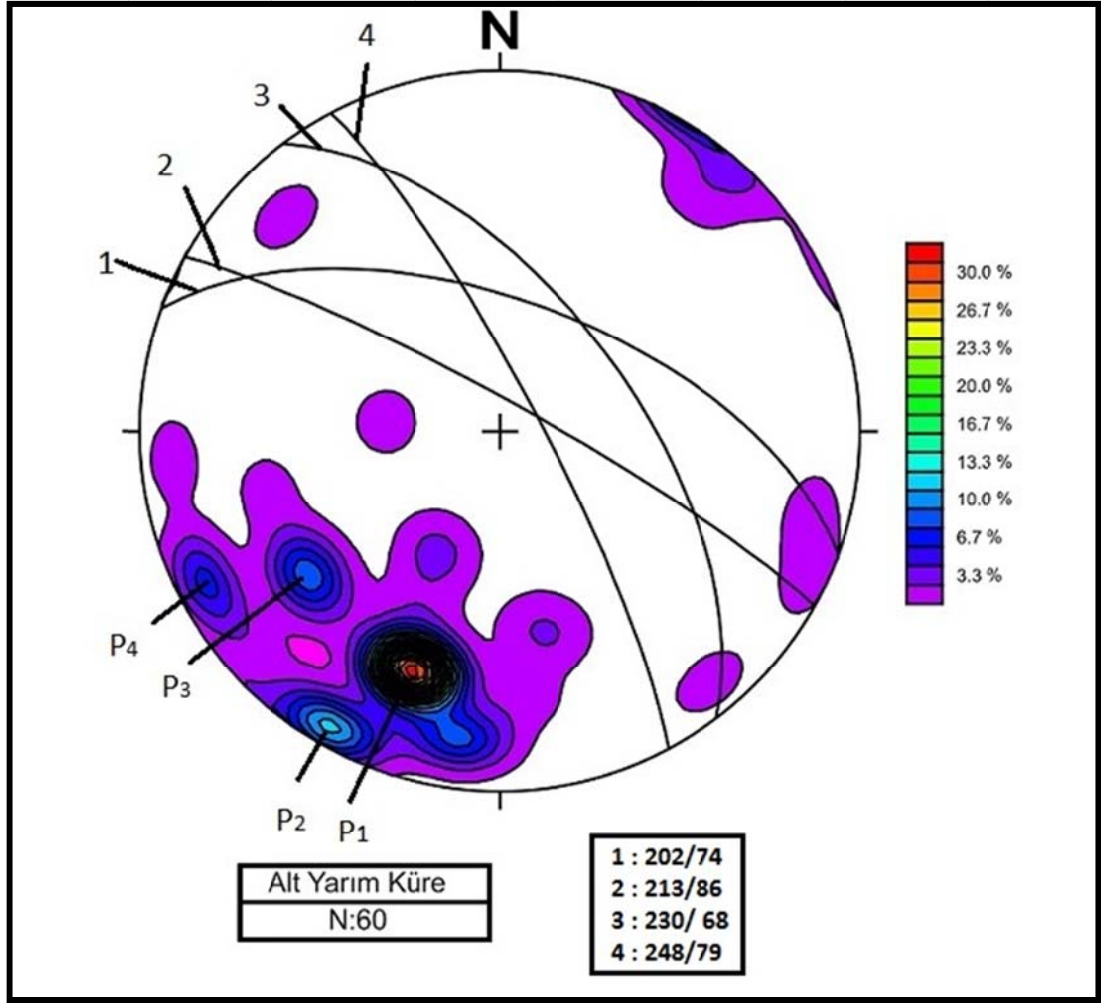
No	Boy (m)	Yükseklik (m)	En (m)	Hacim (m ³)
1	1,27	1,16	0,94	1,38
2	2,65	1,20	0,96	3,05
3	1,19	1,13	0,80	1,07
4	1,25	1,17	0,90	1,31
5	1,17	0,98	0,46	0,53
6	1,17	0,74	0,55	0,48
Ortalama ± Standart Sapma	1,45±0,59	1,06±0,18	0,77±0,21	1,30±0,94

II No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yeralan yarı işlenmiş antik kaya bloklarının boylarının 1,17 ve 2,65 m arasında değiştiği ve ortalama boylarının 1,45±0,59 m olduğu, yüksekliğinin 0,74 ve 1,20 m arasında değiştiği ve ortalama yüksekliğin 1,06±0,18 lduğu, enin 0,46 ve 0,96 m arasında değiştiği ve ortalama eninin 0,77±0,21 m olduğu tespit edilmiştir. Bunlara bağlı olarak hacmin 0,48 ve 3,05 m³ arasında değiştiği ve ortalama hacmin 1,30±0,94 m³ olduğu hesaplanmıştır (Tablo 5.2).



Şekil 5.4 Blok yüzleğinde görülen çakıl boyutu

II No'lu antik mermer ocağı şev aynasından pusula yardımıyla alınan 61 adet süreksizlik düzlemi ölçüsü “Stereo” programı yardımıyla bilgisayar ortamında stereografik projeksiyon üzerine aktarılmış ve kutup yoğunlaşma noktalarından itibaren çizilen büyük daireler yardımıyla antik mermer ocağı içerisinde egemen süreksizlik setlerinin konumları belirlenmiştir (Ek 6).



P_1, P_2, P_3 ve P_4 : Kutup yoğunlaşma noktaları

1, 2, 3 ve 4 : Kutup yoğunlaşma noktalarına ait büyük daireler

N : Toplam süreksizlik sayısı

Şekil 5.5 II No'lu antik mermer ocağında yer alan süreksizlik düzlemlerinin stereografik alt yarım küre projeksiyonu üzerindeki görünüşleri

II No'lu antik mermer ocağı şev aynasında yapılan süreksizlik ölçümleri sonucunda; aynı tektonik deformasyon sonucu oluşmuş, aynı süreksizlik takımına ait, birbirlerinden konumsal olarak çok az fark gösteren (202-248/68-86) çatlaklar belirlenmiştir. Arazide yapılan incelemelerde kayacın bu süreksizlik düzlemlerini değişik açılarda kesen kapalı kılcal süreksizlik düzlemlerini de içerdiği belirlenmiştir (Şekil 5.5).

II No'lu antik mermer ocağının çatlak ara uzaklıkları 0,13 ile 4,50 m arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Toplam 52 adet alınan çatlak ara uzaklığı

ölçümlerinin ortalama değeri 99,02 cm, standart sapması $\pm 82,85$ cm olarak belirlenmiştir (Ek 6).

5.1.3 III No'lu Antik Mermer Ocağı

III No'lu Africano antik mermer ocağında, antik dönemde oluşturulmuş 2 ayrı üretim aynasında detay süreksizlik ölçümleri yapılmıştır (Şekil 5.6, 5.7).

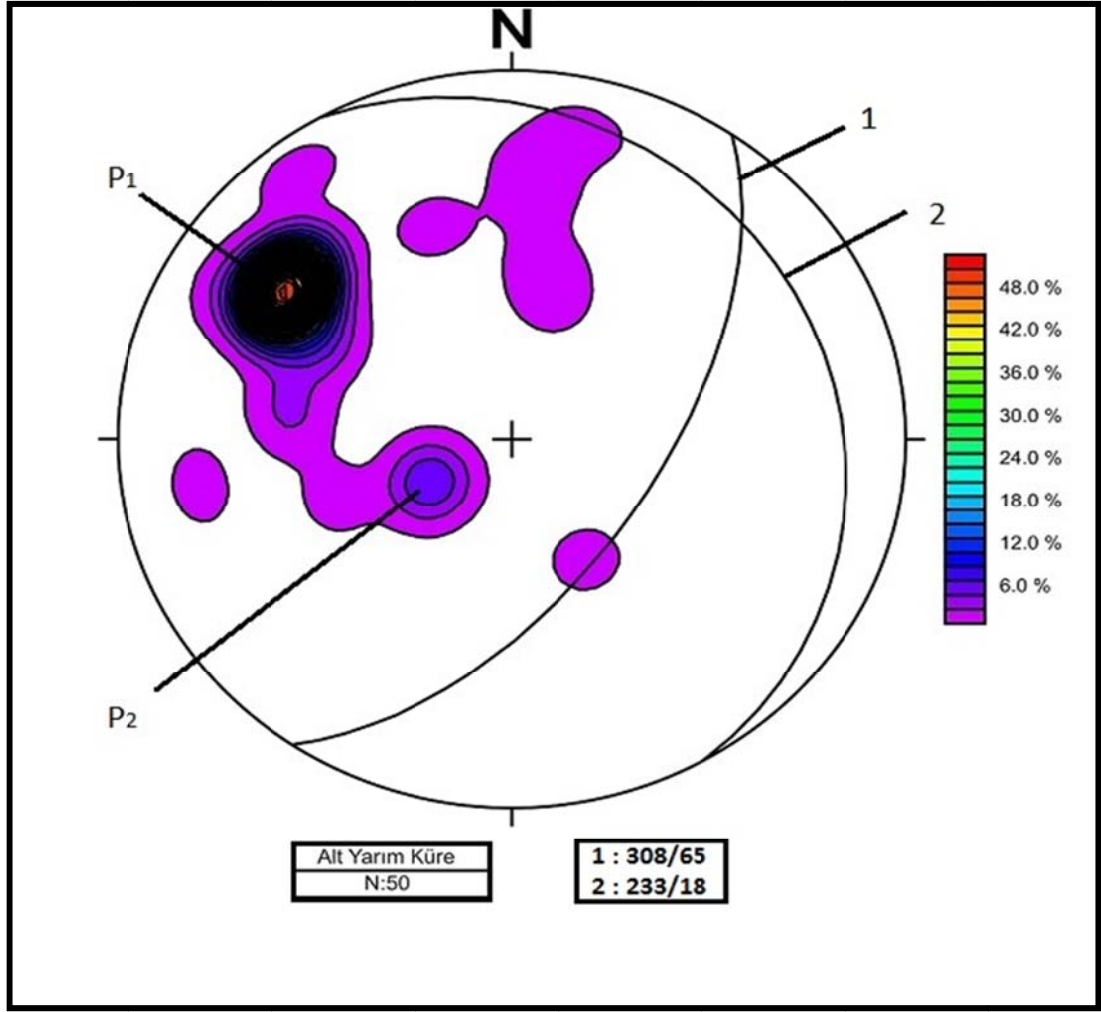


Şekil 5.6 III No'lu Africano antik mermer ocağı üst üretim basamağının görünümü



Şekil 5.7 III No'lu Africano antik mermer ocağı alt üretim basamağının görünümü

III No'lu Africano antik mermer ocağının üretim basamaklarında yürütülen süreksizlik düzlemi ölçümleri “Stereo” programı yardımıyla bilgisayar ortamında steografik projeksiyon üzerine aktarılmış ve kutup yoğunlaşma noktalarından itibaren çizilen büyük daireler yardımıyla mermer ocakları içerisinde egemen süreksizlik setlerinin konumları belirlenmiştir (Ek 7).



P_1 ve P_2 : Kutup yoğunlaşma noktaları

1 ve 2 : Kutup yoğunlaşma noktalarına ait büyük daireler

N : Toplam süreksizlik sayısı

Şekil 5.8 III No'lu antik mermer ocağında yer alan süreksizlik düzlemlerinin stereografik alt yarım küre projeksiyonu üzerindeki görünüşleri

III No'lu antik mermer ocağı şev aynasında yapılan süreksizlik ölçümleri neticesinde kaya kütlelerinin 308/65 ve 233/18 olmak üzere yüksek ve düşük eğim açısına sahip iki ayrı süreksizlik seti içerdiği belirlenmiştir. Arazide yapılan incelemelerde kayacın bu süreksizlik düzlemlerini değişik açılarda kesen kapalı kılcal süreksizlik düzlemlerini de içerdiği belirlenmiştir (Şekil 5.8).

III No'lu antik mermer ocağının çatlak ara uzaklıkları 0,25 ile 1,70 m arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Toplam 25 adet alınan çatlak ara uzaklığı

ölçümlerinin ortalama değeri 57 cm, standart sapması ± 30 cm olarak belirlenmiştir (Ek 7).

5.2 Schmidt Çekici Ölçümleri

Africano Mermerleri'nin Schmidt çekici ölçümleri, antik ocaklardan üretilmiş olan değişik boyutlardaki yarı işlenmiş antik kaya blokları üzerinde L tipi Schmidt çekici kullanılarak ISRM 1981'de öngörülen prosedüre uygun olarak yapılmıştır. Africano Mermerleri'nin Schmidt çekici ölçümleri, antik ocaklardan üretilmiş olan değişik boyutlardaki yarı işlenmiş antik kaya blokları üzerinde L tipi Schmidt çekici kullanılarak ISRM 1981'de öngörülen prosedüre uygun olarak yapılmıştır (Atkinson et al., 1978). Ölçümler esnasında Schmidt çekici kaya yüzeyi ile 90° açı yapacak şekilde dik olarak tutulmuştur (Şekil 5.9).

5.2.1 I No'lu Antik Mermer Ocağı

I No'lu ocağın çevresinde çok sayıda antik dönemden kalma terk edilmiş blok ve sütun vardır. Africano Mermerleri'nin litolojik olarak breşik kireçtaşı olması nedeniyle Schmidt çekici ölçümleri kayacın beyaz, kırmızı, gri çakıllarında ve matriksinde deney gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.9, Tablo 5.3, Ek 1).



Şekil 5.9 I No'lu ocakta Schmidt çekici deneyi yapılan bloklardan biri

Tablo 5.3 I No'lu antik mermer ocağı Schmidt sertliği değeri

Deney Alanı	N	Schmidt Sertliği Sınır Değeri	Ortalama Değer (\bar{X})	Standart Sapma (SD)
Pembe-kırmızı renkli çakıl	10	Max: 46 Min: 32	49,02	$\pm 1,41$
Beyaz renkli çakıl	10	Max: 50 Min: 28	48,94	$\pm 4,06$
Gri çakıl	10	Max: 50 Min: 28	46,53	$\pm 3,52$
Yeşil Matriks	10	Max: 48 Min: 20	41,35	$\pm 2,83$

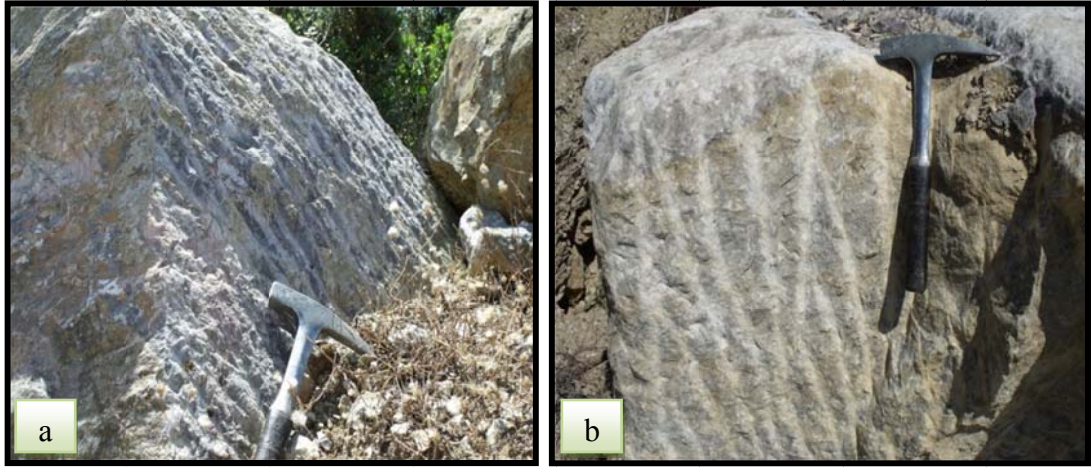
N: Deney sayısı

I No'lu ocakta bulunan Africano Mermeri bileşenlerinin ortalama Schmidt sertliği değerlerinin pembe-kırmızı renkli çakıllarda 49,20, beyaz renkli çakıllarda 48,94, gri

renkli çakıllarda 46,53 ve yeşil matrikste 41,35 olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.3, Ek 1).

5.2.2 II No'lu Antik Mermer Ocağı

Schmidt sertliği deneyi arazide antik dönemden kalan bloklar üzerinde yapılmıştır (Şekil 5.10, Tablo 5.4, Ek 2).



Şekil 5.10 Schmidt sertliği ölçümü alınan blokların bazıları (a-b)

Tablo 5.4 II No'lu antik mermer ocağı Schmidt sertliği değerleri

Ocak No	N	Schmidt Sertliği Sınır Değeri	Ortalama Değer (\bar{x})	Standart Sapma (SD)
II No'lu Ocak	10	Max: 46 Min: 20	48,33	±1,78

N: Deney sayısı

II No'lu ocakta bulunan Africano Mermeri 48,33 Schmidt sertliği değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.4, Ek 2).

5.2.3 III No'lu Antik Mermer Ocağı

Homojen bir yapıya sahip olan gri renkli Africano mermerinin üst ve alt basamağının hem şev yüzeyinde pürüzü az olan yerlerden ve antik dönemde işletilen murç izli yüzeylerden Schmidt sertliği ölçümü alınmıştır (Şekil 5.11, Tablo 5.5, 5.6, Ek 3).



Şekil 5.11 Schmidt çekici ölçümü alınan antik dönem murç izleri (a-b)

Tablo 5.5 III No'lu antik mermer ocağı üst basamak Schmidt sertliği değeri

Deney Alanı	Schmidt Sertliği Değeri	Ortalama Değer (\bar{x})	Standart sapma (SD)
Şev yüzeyi	Max: 52 Min: 30	43,04	±3,24

N: Deney sayısı

Tablo 5.6 III No'lu antik mermer ocağı alt basamak Schmidt sertliği değeri

Deney Alanı	Schmidt Sertliği Değeri	Ortalama Değer (\bar{x})	Standart sapma (SD)
Şev yüzeyi	Max: 46 Min: 30	44,80	±3,22

III No'lu ocakta bulunan Africano Mermeri üst basamakta 43,04, alt basamakta 44,80 Schmidt sertliği değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 5.5, 5.6).

BÖLÜM ALTI

FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLER

6.1 Giriş

Doğal kayaçların, atmosferik koşullar altında zaman içerisinde yaşanan ve deformasyona uğrayan canlı varlıklar gibi değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, kayaçların uzun süre deformasyona uğramadan sahip oldukları fiziksel ve mekanik özelliklere bağlı olarak genç kalmaları, ancak kullanım alanlarının doğru seçilmesiyle sağlanabilir. Montaj aşamasına gelinceye kadar oldukça uzun ve maliyetli bir süreç geçiren doğal yapı taşlarının, döşedikleri yerlerde uzun süreler hizmet verebilmeleri ve ekonomik olabilmeleri için, kullanım alanlarının doğru seçilmesi gerekmektedir. Doğal taşların, çevreleyen koşulları altında ve zaman içerisinde ayrışmaları doğal bir değişimdir. Doğal koşullar altında, varlığını sonsuza dek sürdürebilecek doğal bir malzemedен söz edilemez. Ancak, yapılarda kullanılacak doğal taşların bilinçli seçimi, yapının ayakta kalma süresini uzatmaktadır (Yavuz 2001). Doğal yapı taşlarının fiziko–mekanik özellikleri, bu kayaçların kullanım alanlarının belirlenmesinin dışında, kullanım alanlarındaki uzun dönem davranışlarının başka bir deyişle, durabilitelerinin saptanması açısından da son derece önemlidir.

Çalışmanın bu bölümünde, antik dönemde işletilen ve dünyanın birçok yerindeki antik kentlerde kullanıldığı görülen Africano mermerlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile durabilitesinin incelenmesi amacıyla bir seri laboratuvar deneyi yapılmıştır.

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda ilgili standartlara uygun olarak yürütülen çalışmanın ilk aşamasında antik mermer ocakları ve yakın çevresinde bulunan pasa yığınlarından alınan taze-az ayrılmış kaya bloklarından çok sayıda silindirik ve prizmatik kaya numuneleri üretilmiş ve bu numuneler üzerinde laboratuvar koşullarında yapılan deneylerle Africano Mermerleri'nin porozite, birim hacim

ağırlık, gerçek yoğunluk, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı, su emme kapasitesi ve ses hızı iletkenliği gibi fiziksel özellikleri ile suya doygun ve kuru tek eksenli basınç direnci, eğilme direnci, Böhme yüzeysel aşınma kaybı, darbe direnci, Brezillian indirekt çekme direnci, nokta yükleme direnci ve Schmidt sertliği gibi mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise Africano kireçtaşlarının atmosferik koşullar altında dayanıklılığının (durabilitesinin) belirlenmesi amacıyla, kireçtaşı numuneleri üzerinde hızlandırılmış yıprandırma deneyleri yapılmıştır. Bu amaçla ilgili standartlara bağlı kalarak kaya numuneleri üzerinde yapılan donma çözünme, ıslanma-kuruma, tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyleri uygulanmıştır. Bu deneyler sonrasında numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri tekrar belirlenmiş, yıprandırma deneylerinin Africano kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etki araştırılmıştır. Daha sonra taze ve yıpranma deneylerine tabi tutulmuş kaya yüzeylerinin SEM görüntüleri alınarak, yıprandırma deneylerinin etkisi gözlenmiştir.

6.1.1 Fiziksel Özellikler

Africano Mermerleri'nin fiziksel özellikleri antik mermer ocakları ve etrafında yer alan kaya bloklardan üretilen numuneler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir. Fiziksel özellikler 4x4x4 cm (15 adet) ve 7x7x7 cm (90 adet) olmak üzere toplam 105 adet küp numune üzerinde Türk Standartları'nda belirtilen yöntemlere uygun olarak yapılan deneylerle belirlenmiştir (Tablo 6.1, Ek 8). Laboratuvar deneylerinde kullanılan numuneler Torbalı Meslek Yüksek Okulu'nun taş kesme atölyesinde hazırlanmıştır.

Tablo 6.1 Kireçtaşı numunelerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri ve uyulan standartlar

Deney Adı	Uyulan Standartlar
Gerçek Yoğunluk	TS EN 1936
Toplam Porozite	TS 1936
Görünür (Etkin) Porozite Su Emdirme Yöntemi İle	TS 1936
Görünür (Etkin) Porozite Civalı Porozimetre İle	ASTM D 4404
Kuru Birim Hacim Ağırlık	TS 699 Mart 2009
Doygun Birim Hacim Ağırlık	TS 699 Mart 2009
Ağırlıkça Su Emme	TS 699 Mart 2009
Boşluk Oranı	TS 699 Mart 2009
Kütlece Doymuluk Katsayısı	TS 699 Mart 2009
Ses Hızı İletkenliği	TS EN 14579

6.1.2 Gerçek Yoğunluk

Gerçek yoğunluk deneyi TS EN 1936 standartlarına uygun olarak yapılmış ve hesaplamada aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Eşitlik 1). I, II ve III No'lu ocaklara ait elde edilen gerçek yoğunluk değerleri Tablo 6.2'de gösterilmiştir.

$$p_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \dots \dots \dots (1)$$

- p_r : Gerçek yoğunluk (gr/cm^3)
 p_{rh} : Suyun yoğunluğu (gr/cm^3)
 m_e : Numune ağırlığı (gr)
 m_1 : Piknometre, su ve numune ağırlığı
 m_2 : Saf su ile dolu piknometre ağırlığı (gr)

Tablo 6.2 Africano Mermeri'nin gerçek yoğunluk deneyi değerleri ve sonucu

Ocak No	N	Gerçek Yoğunluk (gr/cm ³)
I No'lu Ocak	1	2,77
II No'lu Ocak	1	2,76
III No'lu Ocak	1	2,73

N: Deney sayısı

6.1.3 Porozite

Porozite, kayaçların en önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Kayaçların içlerindeki boşluk hacimlerinin (V_b), toplam hacimlerine (V) oranı olan porozite, toplam ve etkin porozite olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Toplam porozite kayacın içerdiği tüm boşluk hacminin toplam hacime oranıdır. Etkin porozite ise kayacın içerisinde yer alan birbirleriyle ilişkili gözeneklerin neden olduğu boşluk hacminin toplam hacmine oranıdır. Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin tespiti ve durabilitelerinin saptanmasında daha çok etkin porozite değeri kullanılır. Bir kayacın porozitesinin yüksek olması, bu kayacın içerisinde birbirleriyle ilişkili gözeneklerin fazla olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumdaki kayaç içerisinde daha çok su alacak, daha çabuk kirlenecek, donma-çözünme ve ıslanma-kuruma olaylarından daha çok etkilenecek ve etkin porozitesi daha düşük olan aynı tür kayaca oranla daha kısa sürede bozunacaktır (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Africano Mermerleri'nin etkin porozitesi aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$n = \frac{V_b}{V_T} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

n : Porozite (%)

V_b : Boşluk hacmi (cm³)

V_T : Toplam hacim (cm³)

Africano Mermeri'nin görünür etkin porozitesi ortalama olarak I No'lu ocakta % $0,19 \pm 0,11$, II No'lu ocakta % $0,16 \pm 0,10$, III No'lu ocakta % $0,16 \pm 0,03$ olarak belirlenmiştir (Tablo 6.3, Ek 8). Africano Mermerleri Anon 1979a sınıflandırmasına göre "çok düşük" poroziteli kayalar grubuna girmektedir (Tablo 6.4). Africano mermerlerinin görünür porozitesi TS 1910 de öngörülen sınır değer altındadır (Tablo 6.5).

Tablo 6.3 Africano Mermeri'ne ait görünür porozite (n) değeri

Lokasyon	N	Görünür Porozite Değeri (%)	
		Ortalama	Standart Sapma
I No'lu Ocak	36	Ortalama	0,19
		Standart Sapma	$\pm 0,11$
II No'lu Ocak	31	Ortalama	0,16
		Standart Sapma	$\pm 0,10$
III No'lu Ocak	23	Ortalama	0,16
		Standart Sapma	$\pm 0,03$

N: Deney sayısı

Tablo 6.4 Kayaçların porozitelerine göre sınıflandırılmaları IAEG (Anon, 1979a)

Kaya Sınıfı	Görünür Porozite (%)
Çok Düşük	≤ 1
Düşük	1 – 5
Orta	5 – 15
Yüksek	15 – 30
Çok Yüksek	≥ 30

Tablo 6.5 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken porozite sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Görünür Porozite	< 2

Toplam porozite deneyi TS EN 1936'ya uygun olarak hesaplanmış ve aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Eşitlik 2).

$$p = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_r}\right) \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

p :Toplam gözeneklilik (%)

ρ_b :Görünür yoğunluk (kg/m³)

ρ_r :Gerçek yoğunluk (kg/m³)

Africano Mermeri'nin toplam porozitesi I No'lu ocakta % 1,63, II No'lu ocakta % 1,28 ve III No'lu ocakta % 0,78 olarak belirlenmiştir (Tablo 6.6).

Tablo 6.6 I, II ve III No'lu Antik Mermer ocaklarının toplam porozite değerleri

Deney adı	I No'lu Ocak	II No'lu Ocak	III No'lu Ocak
Toplam Porozite (%)	1,63	1,28	0,78

6.1.4 Birim Hacim Ağırlık

TS 699'a göre, birim hacim ağırlık (B. H. A) belli bir hacimdeki kayacın aynı hacimdeki ağırlığına oranıdır.

Kayaçların birim hacim ağırlıkları, onların fiziksel özelliklerinin yanı sıra dayanımları hakkında da fikir vermektedir. Yüksek birim hacim ağırlığına sahip kayalar genellikle düşük poroziteli, düşük su emme oranına sahip ve dayanımlı kayalardır (Erdoğan ve Yavuz, 2004).

Africano Mermerlerinin kuru ve suya doygun B. H. A. hesaplanırken aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır (Eşitlik 3-4).

$$\gamma_{\text{doygun}} = \frac{W_{\text{doygun}}}{V_T} \dots\dots\dots(3)$$

$$\gamma_{\text{kuru}} = \frac{W_{\text{kuru}}}{V_T} \dots\dots\dots(4)$$

γ_{doygun} : Doygun birim hacim ağırlık (gr/cm³)

γ_{kuru} : Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm³)

W_{doygun} : Doygun ağırlık (gr)

W_{kuru} : Kuru ağırlık (gr)

V_T : Toplam hacim (cm³)

I, II, ve III No'lu antik mermer ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının kuru ve suya doygun birim hacim ağırlıkları sırasıyla 2,73±0,02 gr/cm³, 2,73±0,04 gr/cm³, 2,71±0,003 gr/cm³ ve 2,73±0,03 gr/cm³, 2,73±0,04 gr/cm³, 2,71±0,002 gr/cm³ olarak belirlenmiştir (Tablo 6.7, Ek 8). Africano Mermerlerinin Anon (1979a) sınıflandırmasına göre “yüksek birim hacim ağırlına sahip kayalar” grubuna girmektedir (Tablo 6.8).

Africano Mermerleri'nin kuru ve suya doygun birim hacim ağırlıkları TS 1910, TS 2513 ve TS 11137'de öngörülen sınır değerin üstündedir (Tablo 6.9, 6.10, 6.11).

Tablo 6.7 Africano Mermerleri'nin ait kuru ve doygun birim hacim ağırlıkları

Lokasyon	N	Ortalama Değer (\bar{x}) ± Standart Sapma (SD)	Kuru Birim Hacim Ağırlık Değeri (gr/cm ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık Değeri (gr/cm ³)
I No'lu Ocak	36	Ortalama	2,73	2,73
		Standart Sapma	±0,02	±0,03
II No'lu Ocak	31	Ortalama	2,73	2,73
		Standart Sapma	±0,04	±0,04
III No'lu Ocak	23	Ortalama	2,71	2,71
		Standart Sapma	±0,003	±0,002

N: Deney sayısı

Tablo 6.8 Kayaçların birim hacim ağırlığına göre sınıflamaları IAEG (Anon, 1979a)

Kaya Sınıfı	Kuru B.H.A. (gr / cm ³)
Çok Düşük	< 1,8
Düşük	1,8 – 2,2
Orta	2,2 – 2,55
Yüksek	2,55 – 2,75
Çok Yüksek	> 2,75

Tablo 6.9 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	> 2,55

Tablo 6.10 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	> 2,55

Tablo 6.11 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken birim hacim ağırlığı sınır değeri (TS 11137)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (gr/cm ³)
Birim Hacim Ağırlık	> 2,16

6.1.5 Ağırlıkça Su Emme

TS 13755'e göre ağırlıkça su emme kayacın su emme kapasitesini belirten parametredir ve kayacın emdiği su ağırlığının kuru ağırlığına oranının yüzdesel ifadesidir.

Bir doğal yapı taşının ağırlıkça su emme değerinin belirtilen standartlarının üzerinde olması, bu kayacın düşük durabiliteli olmasına ve kullanım alan ve iklim

koşullarına da bağlı olarak, kısa bir süre içerisinde bozunmasına ve atmosferik kirlilikten etkilenmesine neden olacaktır (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Africano Mermerleri'nin ağırlıkça su emme değeri aşağıda verilen eşitlik yardımıyla saptanmıştır (Eşitlik 5).

$$A_w = \frac{W_d - W_k}{W_k} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

A_w : Ağırlıkça Su Emme (%)

W_k : Kuru Ağırlık (gr)

W_d : Doygun Ağırlık (gr)

I, II ve III No'lu antik mermer ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının ağırlıkça su emme değerleri sırasıyla % 0,06±0,04, % 0,07±0,04 ve % 0,06±0,01 olarak belirlenmiştir (Tablo 6.12, Ek 8).

Africano Mermerleri'nin ağırlıkça su emme değerleri TS 1910, TS 2513 ve TS 11137'de öngörülen sınır değerinin altındadır (Tablo 6.13, 6.14, 6.15).

Tablo 6.12 Africano Mermerleri'nin ağırlıkça su emme değerleri

Lokasyon	N	Ağırlıkça Su Emme (%)	
		Ortalama	Standart Sapma
I No'lu Ocak	36	0,06	±0,04
		0,07	±0,04
II No'lu Ocak	31	0,06	±0,01
		0,06	±0,01

N: Deney sayısı

Tablo 6.13 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken ağırlıkça su emme sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	< 0,75

Tablo 6.14 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken ağırlıkça su emme sınır değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	< 1,80

Tablo 6.15 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken ağırlıkça su emme sınır değeri (TS 11137)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Ağırlıkça Su Emme	< 4,0

6.1.6 Boşluk Oranı

Boşluk oranı, kayaçların içerdiği boşluk hacminin, katı kısmının hacmine oranının yüzdesel ifadesidir. Boşluk oranı da porozite gibi kayacın içerdiği boşluk hacmi hakkında bilgi vermektedir (TS 699).

Africano Mermerleri'nin boşluk oranı hesaplanırken aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Eşitlik 6).

$$e = \frac{V_b}{V_k} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

e : Boşluk oranı (%)

V_b : Boşluk hacmi (cm³)

V_k : Katı hacim (cm³)

I, II ve III No'lu antik mermer ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının boşluk oranı değerleri sırasıyla % $0,19 \pm 0,11$, % $0,16 \pm 0,10$ ve % $0,16 \pm 0,03$ olarak belirlenmiştir (Tablo 6.16, Ek 8).

Tablo 6.16 Africano Mermerleri'nin boşluk oranı değerleri

Lokasyon	N	Boşluk Oranı (%)	
I No'lu Ocak	36	Ortalama	0,19
		Standart Sapma	$\pm 0,11$
II No'lu Ocak	31	Ortalama	0,16
		Standart Sapma	$\pm 0,10$
III No'lu Ocak	23	Ortalama	0,16
		Standart Sapma	$\pm 0,03$

N: Deney sayısı

6.2 Mekanik Özellikler

Kayaç dayanımı, mekanik etkiler altında onların davranışını tanımlayan bir özelliktir (RILEM 1980). Kayaların gerilmeler altındaki davranışlarını denetleyen mekanik özellikler; kayaçların fiziksel, mineralojik ve dokusal özelliklerinin bileşkesi olarak ortaya çıkar. Ayrıca kayaçların mekanik özellikleri doygunluk derecesi ve su içeriği gibi fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişim sunar. Bu çalışmada I, II ve III No'lu Africano antik mermer ocağından alınan kaya numunelerinden elde edilen küp ve prizma şekilli örnekler üzerinde ve ilgili standartlarda belirtilen prosedüre uygun olarak yürütülen deneylerle mermerlerin kuru ve suya doygun tek eksenli basınç direnci, eğilme direnci, darbe direnci, Brezillian indirekt çekme direnci, nokta yükü dayanım indeksi ile Böhme yüzeysel aşınma kaybı bulunmuştur (Tablo 6.17).

Tablo 6.17'de Africano mermerlerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler ve bu deneylerde uygulanan standartlar belirlenmiştir.

Tablo 6.17 Mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler

Deney Adı	Uygulanan Standartlar
Tek Eksenli Basınç Direnci	TS EN 1926
Eğilme Direnci	TS EN 12372
Darbe Direnci	TS 699
Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci	TS 7654
Nokta Yüğü Dayanım İndeksi	ISRM 1985
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	TS 14157

6.2.1 Tek Eksenli Basınç Direnci Deneyi

Tek eksenli basınç direnci kayaçların en sık kullanılan materyal özelliklerindedir. Tek eksenli basınç direnci genel anlatımla kayaçların dayanımı hakkında fikir verir ve onları dayanım derecelerine göre sınıflandırmamızı sağlar. Bilindiği gibi doğal taşlar mimari yapılarda değişik bölgelerde kullanılmakta ve bu nedenle farklı tür ve büyüklükte gerilmelere maruz kalmaktadırlar. Kayaçların bu gerilmeler altında kırılmaya karşı gösterdikleri direncin önceden belirlenmesi, bulunduğu alanda uzun dönem durabilmesi açısından son derece önemlidir (Erdoğan ve Yavuz 2004).



Şekil 6.1 Tek eksenli basınç direnci test aleti

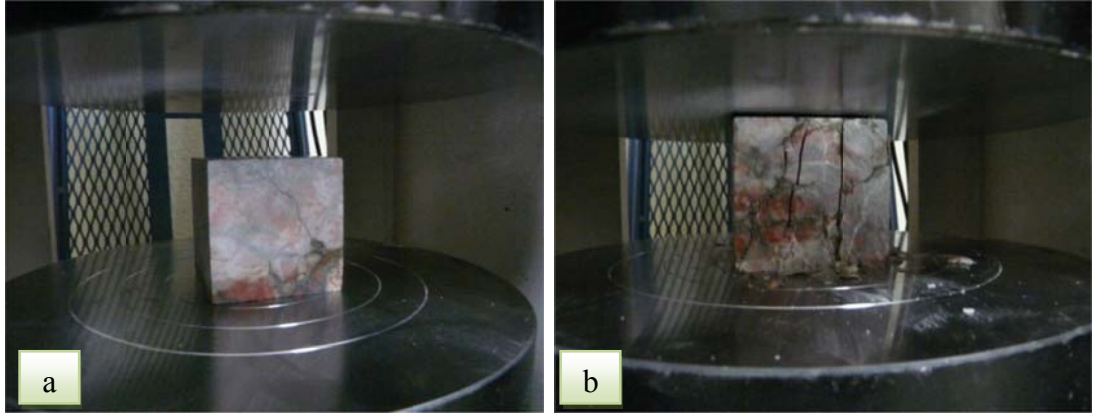
Africano Mermerleri'nin tek eksenli basınç direncinin belirlenmesi amacıyla Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında 200 Ton'luk tam otomatik hidrolik pres (Şekil 6.1) kullanılarak yapılan deneyde TS EN 1926 da öngörülen prosedür uygulanmıştır. 28 adet 7x7x7 cm boyutlarında küp şekilli kaya numunesinin taş parlatma makinesinde yüzeyleri düzeltilerek yüzey paralelliği ve parlaklığı sağlanmış ve 14 tane kuru, 14 tane suya doymuş numune üzerinde uygulanan deney sonucunda elde edilen veriler Tablo 6.18 ve Ek 9'te verilmiştir.

Tablo 6.18 Africano Mermerlerini üzerinde yapılan tek eksenli basınç direnci deneyi sonuçları

Lokasyon	Ortalama Değer (\bar{x}) ± Standart Sapma (SD)	N	Kuru T.E.B Direnci (kgf/cm ²)	N	Doymuş T.E.B Direnci (kgf/cm ²)
I No'lu Ocak	Ortalama	5	1335,7	5	1245,4
	Standart Sapma		±283,0		±167,0
II No'lu Ocak	Ortalama	5	1378,4	5	1349,1
	Standart Sapma		±202,6		±103,9
III No'lu Ocak	Ortalama	4	986,2	4	957,1
	Standart Sapma		±76,1		±162,7

N: Deney sayısı

I, II, ve III No'lu antik mermer ocağından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının kuru ve doymuş tek eksenli basınç dirençleri sırasıyla 1335,7±283,0 kgf/cm², 1378,4±202,6 kgf/cm², 986,2±76,1 kgf/cm² ve 1245,4±167,0 kgf/cm², 1404,3±103,9 kgf/cm², 957,1±162,7 kgf/cm² olduğu belirlenmiştir (Tablo 6.18, Ek 9).



Şekil 6.2 I No’lu antik mermer ocağından alınan kaya numunesinin tek eksenli basınç direnci altında kırılma şekli

Deere ve Miller 1966 sınıflamasına göre I ve II No’lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermerleri “yüksek dirençli kaya”, III No’lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermerleri ise “orta dirençli kaya” sınıfına girmektedir (Tablo 6.19). Ayrıca Africano Mermerleri’nin tek eksenli basınç dirençleri TS 1910, TS 2513 ve TS 11137 de öngörülen sınır değerlerin üzerindedir (Tablo 6.20, 6.21, 6.22).

Tablo 6.19 Kayaçların tek eksenli basınç dirençlerine göre sınıflandırılması (Deere and Miller, 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (kgf/cm ²)
Çok Yüksek Dirençli Kaya	> 2000
Yüksek Dirençli Kaya	2000 – 1000
Orta Dirençli Kaya	1000 – 500
Düşük Dirençli Kaya	500 – 250
Çok Düşük Dirençli Kaya	< 250

Tablo 6.20 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf/cm ²)
Tek Eksenli Basınç Direnci	> 500

Tablo 6.21 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf/cm ²)
Tek Eksenli Basınç Direnci	> 500

Tablo 6.22 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken tek eksenli basınç direnci sınır değeri (TS 11137)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf/cm ²)
Döşeme Zemin Kaplaması	>500
Duvar Kaplaması	>300

6.2.2 Eğilme Direnci

Eğilme standart boyutlardaki plakaların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Mermerlerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plaka şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyutu ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilmektedir (Kun 2000).

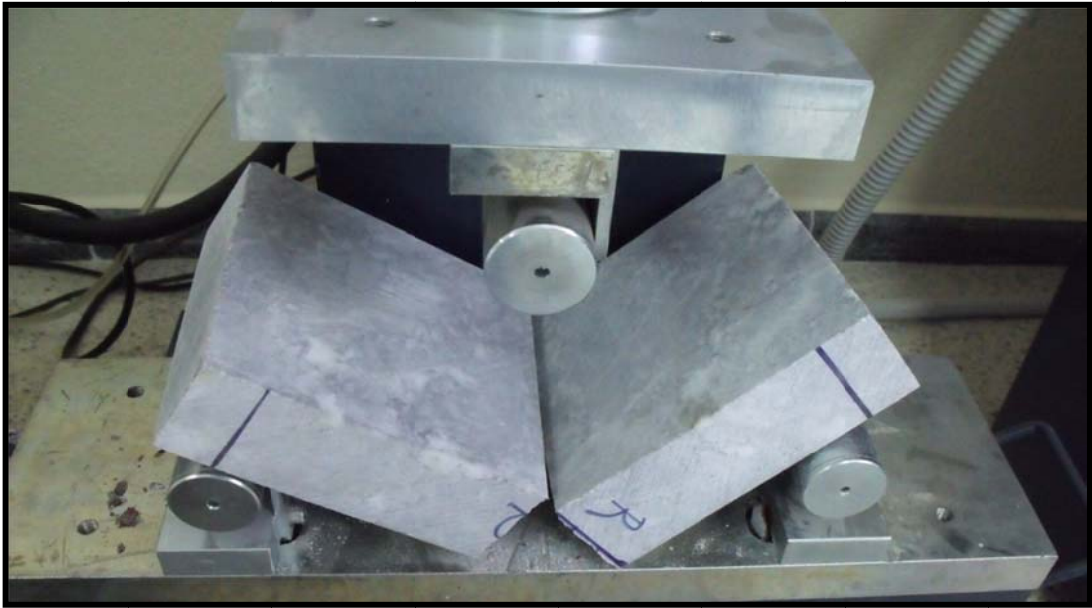
5x15x30 cm boyutlarında alt ve üst yüzeyleri birbirlerine paralel ve pürüzsüz hale getirilmiş dikdörtgen şeklindeki numuneler üzerinde TS EN 12372’de belirtilen prosedüre uygun olarak yapılan deneyde I, II ve III No’lu antik mermer ocaklarından alınmış olan numunelerin yük altında oldukça farklı değerlerde kırıldığı gözlenmiştir (Tablo 6.23). Yük altındaki numunelerin kırılma şekillerinin birbirlerinden oldukça farklı olduğu gözlenmiştir. Numunelerin bazıları yük uygulandığı mesnet doğrultusunda paralel düzlemler boyunca kırılırken (Şekil 6.4) bazıları ise süreksizlik düzlemleri boyunca kırılmıştır (Şekil 6.3).

Kırılma şekilleri ve eğilme dayanımları göz önüne alındığında mesnet doğrultusuna paralel bir düzlem boyunca kırılan I No’lu antik mermer ocağından alınan numuneler yüksek eğilme direnci değeri verirken, içerdiği demiroksitli süreksizlik düzlemleri boyunca düzensiz şekilde kırılan II No’lu numunelerin en

düşük eğilme direnci değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, II No'lu antik mermer ocağına ait numuneler üzerinde yapılan eğilme deneyi sonrasında elde edilen ortalamaya ait standart sapmanın oldukça yüksek olması ($51 \pm 23 \text{ kgf/cm}^2$) bu kayacın içerdiği kılcal süreksizlik düzlemlerinin, eğilme direncinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 6.3 II No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermerleri'nin eğilme direnci deneyinde içerdiği kılcal süreksizlik düzlemleri boyunca kırılma şekli



Şekil 6.4 III No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermerleri'nin eğilme direnci deneyinde üst mesnet doğrultusunda paralel bir düzlemde kırılma şekli

Deney, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yapılan eğilme direnci deneyi sonuçları aşağıda verilen eşitlik kullanılarak değerlendirilmiştir (Eşitlik 7).

$$E = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \dots \dots \dots (7)$$

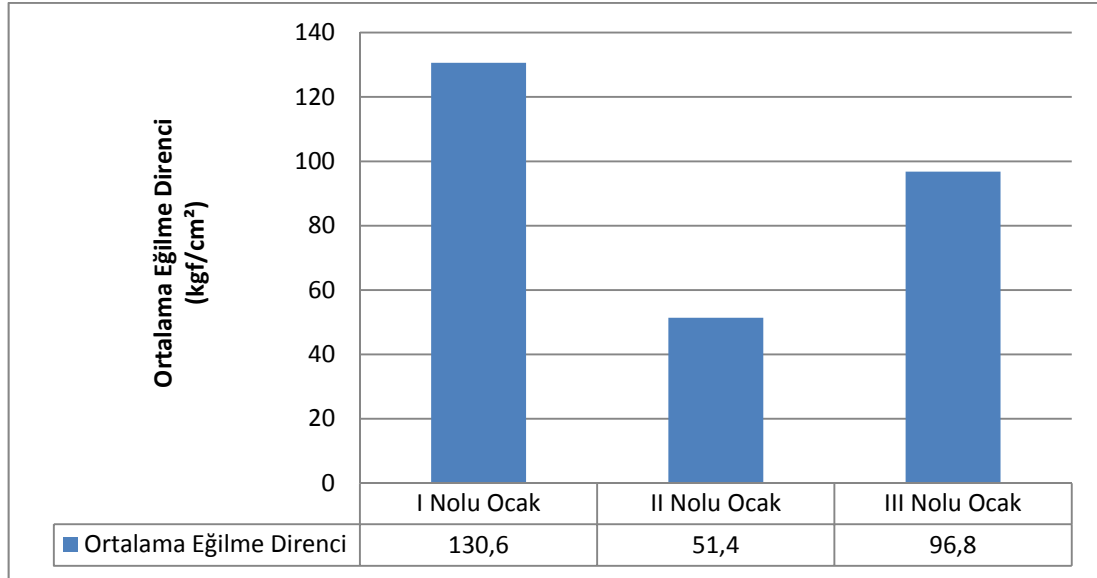
- δE : Eğilmeye karşı direnç (kgf/cm²)
 P : Kırılmaya neden olan yük (kg)
 L : Alt mesnetler arası mesafe (cm)
 b : Deney numunesinin genişliği (cm)
 h : Deney numunesinin kalınlığı (cm)

Tablo 6.23 Africano Mermeri'nin eğilme direnci değerleri

Lokasyon	N	Eğilme Direnci (kgf/cm ²)	
I No'lu Ocak	2	Ortalama	130,60
		Standart Sapma	±3,39
II No'lu Ocak	4	Ortalama	51,40
		Standart Sapma	±23,27
III No'lu Ocak	4	Ortalama	96,80
		Standart Sapma	±16,49

N: Deney sayısı

I, II ve III No'lu antik mermer ocağında elde edilen eğilme direnci değerleri sırasıyla 130,60±3,39 kgf/cm², 51,40±23,27 kgf/cm² ve 96,80±16,49 kgf/cm² olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.5, Tablo 6.23, Ek 10). Aynı zamanda eğilme direnci TS 1910, TS 2513 de öngörülen sınır değerlerin üstündedir (Tablo 6.24, 6.25).



Şekil 6.3 I, II ve III No'lu antik mermer ocağından üretilmiş olan Africano mermerlerinin eğilme dirençleri arasındaki ilişki

Tablo 6.24 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken eğilme direnci sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf/cm ²)
Eğilme Direnci	> 50

Tablo 6.25 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken eğilme direnci sınır değeri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgf/cm ²)
Eğilme Direnci	> 50

6.2.3 Darbe Direnci

Doğal yapı taşlarının mimari yapıların değişik bölgelerinde kullanıldıkları sırada farklı darbelere maruz kalırlar. Bu nedenle doğal yapı taşlarının kullanım yerinin doğru belirlenebilmesi için darbe direncinin bilinmesi gerekmektedir. Bir doğal yapı taşının darbe direncinin standartların altında olması durumunda darbelere maruz kaldığında kısa süre içerisinde çatlayacak, kırılacak ve kullanılamaz hale gelecektir (Erdoğan ve Yavuz 2004).

Darbe direnci deneyi Deney Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu kaya mekaniği laboratuvarında 12 tane küp (4x4x4 cm) numune üzerinde ve TS 699' da belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Darbe direnci aleti

Darbe direnci aşağıdaki toplam darbe sayısı eşitliği ile hesaplanmıştır (Eşitlik 8-9).

$$h : 0,04 \times V \dots\dots\dots(8)$$

h : Tokmak düşme yüksekliği (cm)

V : Numune hacmi (cm³)

$$D= n \times (n+1) \dots\dots\dots(9)$$

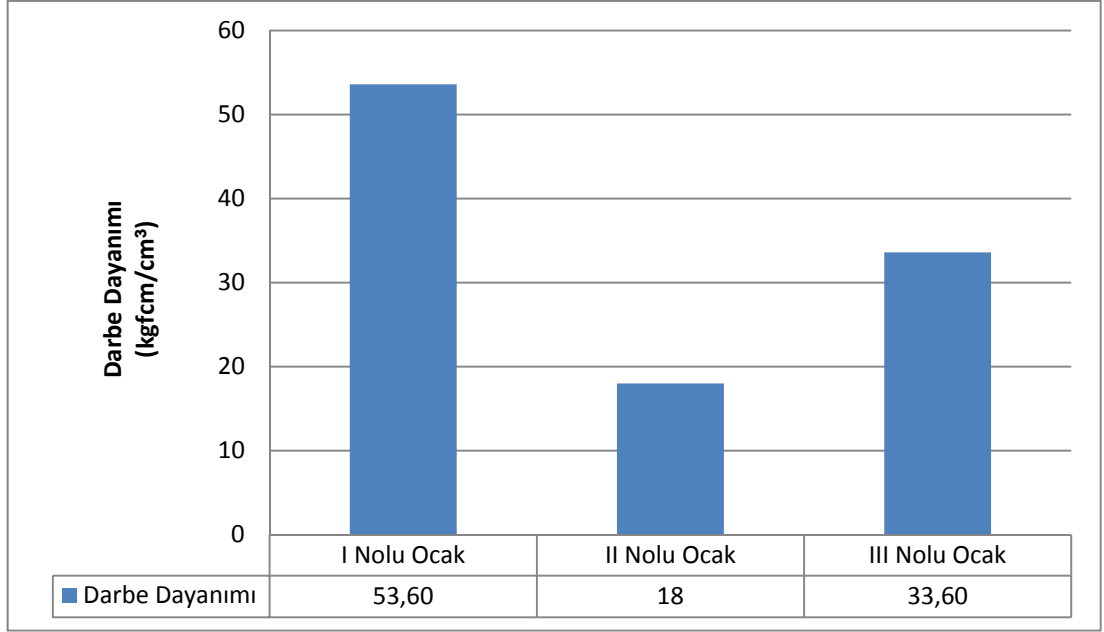
- D : Darbe direnci (kgfcm/cm³)
n : Kırılmaya neden olan darbe sayısı

Tablo 6.26 Africano Mermeri'nin darbe direnci

Lokasyon	N	Darbe sayısı (değişim aralığı)	Darbe Direnci (kgfcm/cm ³)	
			Ortalama	Standart Sapma
I No'lu Ocak	8	6-8	Ortalama	53,60
			Standart Sapma	±12,44
II No'lu Ocak	5	1-6	Ortalama	18
			Standart Sapma	±21,91
III No'lu Ocak	6	4-7	Ortalama	33,60
			Standart Sapma	±15,45

N: Deney sayısı

I, II ve III No'lu antik mermer ocağında elde edilen darbe direnci değerleri sırasıyla $53,60 \pm 12,44$ kgfcm/cm³, $18 \pm 21,91$ kgfcm/cm³ ve $33,6 \pm 15,45$ kgfcm/cm³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.7, Tablo 6.26; Ek 10). Africano Mermerleri'nin darbe direnci TS 1910, TS 2513 ve TS 11137'ye göre belirlenen değerlerin üzerindedir (Tablo 6.27, 6.28, 6.29).



Şekil 6.7 I, II ve III No'lu antik mermer ocağından üretilmiş olan Africano mermerlerinin darbe dirençleri arasındaki ilişki

Tablo 6.27 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken darbe direnci sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgfcm/cm ³)
Kırılma Darbe Sayısı	> 5

Tablo 6.28 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken darbe direnci sınır değeri (TS 2513)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgfcm/cm ³)	
	Kaplama	Döşeme
Darbe Direnci	> 6	> 12

Tablo 6.29 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken darbe direnci sınır değeri (TS 11137)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (kgfcm/cm ³)	
	Kaplama	Döşeme
Darbe Direnci	>4	>6

6.2.4 Brazilian (İndirekt) Çekme Direnci

Brazilian indirekt çekme direnci deneyi boy çap oranı (L/R) 0,5 olan numuneler üzerinde TS 7654'e uygun olarak 15 numune üzerinde yapılmış, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmış ve Africano Mermerleri'nin Brazilian (indirekt) çekme direnci deney sonuçları tabloda verilmiştir (Tablo 6.30, Ek 11).

$$B = \frac{2 \times P}{\pi \times R \times L} \dots \dots \dots (10)$$

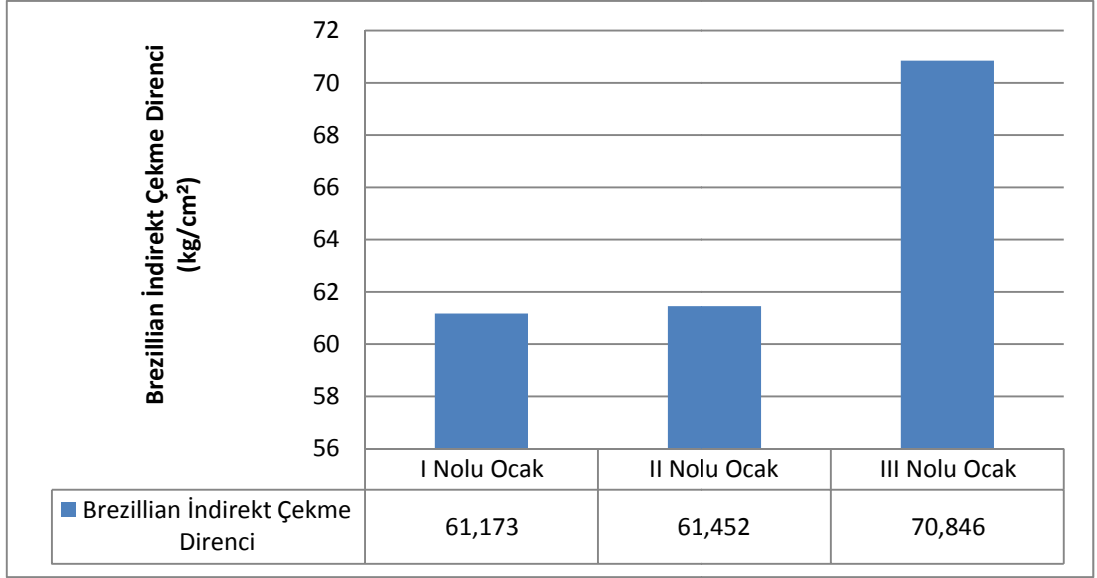
- B : Brazilian indirekt çekme direnci (kgf/cm²)
P : Kırılma yükü (kg)
R : Çap (cm)
L : Boy (cm)

Tablo 6.30 Africano Mermerleri'nin Brazilian (İndirekt) çekme direnci

Lokasyon	N	Brazilian İndirekt Çekme Direnci (kgf/cm ²)	
I No'lu Ocak	5	Ortalama	61,17
		Standart Sapma	±6,30
II No'lu Ocak	5	Ortalama	61,45
		Standart Sapma	±12,89
III No'lu Ocak	5	Ortalama	70,85
		Standart Sapma	±9,60

N: Deney sayısı

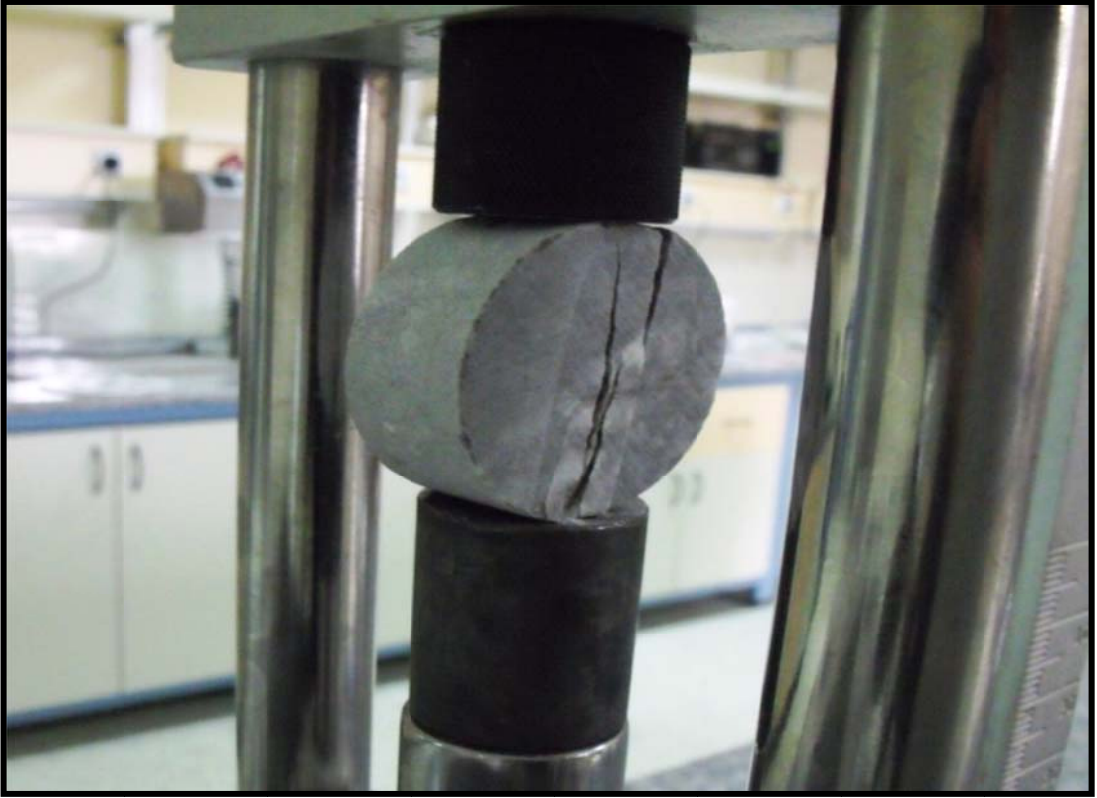
I, II ve III No'lu antik mermer ocağında elde edilen Brazillian indirekt çekme direnci değerleri sırasıyla 61,17±6,30 kgf/cm², 61,45±12,89 kgf/cm² ve 70,85±9,60 kgf/cm² olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.8, Tablo 6.30, Ek 11).



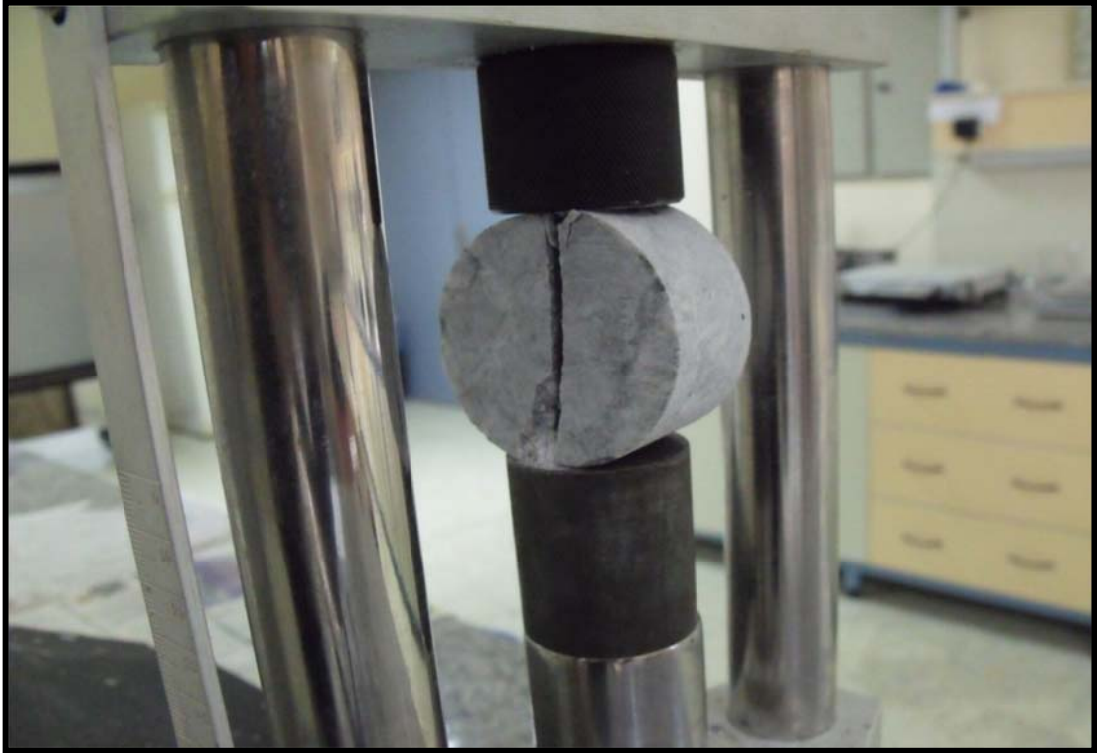
Şekil 6.4 I, II ve III No'lu antik mermer ocağından üretilmiş olan Africano mermerlerinin Brazilian çekme dirençleri arasındaki ilişki



Şekil 6.5 I No'lu ocaktan alınan breşik kireçtaşlarının Brazilian indirekt çekme direnci deneyi öncesindeki (a) ve sonrasındaki (b) görünümü



Şekil 6.6 II No'lu ocaktan alınan numunenin Brazillian indirekt çekme direnci deneyi sonrasındaki kırılma şekli



Şekil 6.7 III No'lu ocaktan alınan rekristalize kireçtaşının Brazillian indirekt çekme direnci deneyi sonrasındaki kırılma şekli

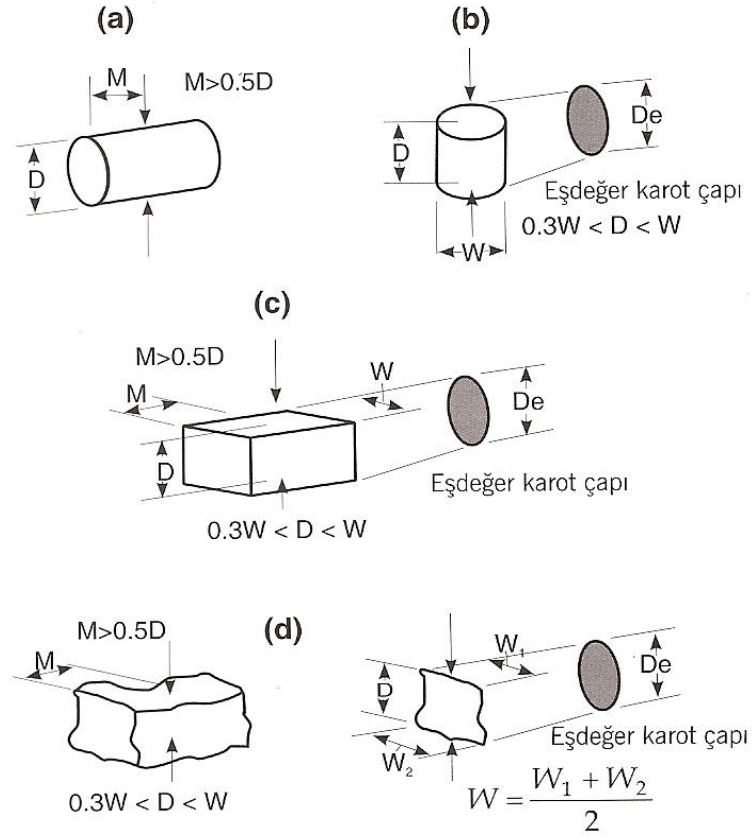
6.2.5 Nokta Yüğü Dayanım İndeksi

Bu deney kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yüğü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yüğü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak kullanılır. Bununla birlikte, günümüzde nokta yüğü dayanım indeksinin tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla pek kullanılmaması yönünde bir eğilim mevcuttur. Deney sonucu esas alınarak; kayacın “nokta yüğü dayanım indeksi” ve ayrıca “dayanım anizotropi indeksi” de hesaplanmaktadır (Ulusay 2005).

Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örnekler de kullanılabilir. Karot örneği konik yükleme başlıklarının arasına karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi,

- Çapsal deney (karot eksenine dik yönde yükleme)
- Eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme)
- Blok ve düzensiz örneklerle deney

olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir (Şekil 6.12).



Şekil 6.8 a. Çapsal, b. Eksensel, c. Blok ve d. Düzensiz Şekilli Örnekler (ISRM, 1985)

Nokta yük dayanım indeksi deneyi ISRM (1985)'e göre yapılmıştır. Deneylere ait sonuçlar Tablo 6.31'de verilmiştir. Deneyde $L \geq 0.5 D$ ve $0.3 A < D < A$ boyut limitleri kullanılarak nokta yük dayanım indeksi değerleri Eşitlik 11 ve 12 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$De = 1,128 \times \sqrt{d \times a} \dots \dots \dots (11)$$

- De : Eşdeğer çap (cm)
d : Numune yüksekliği (cm)
a : Numune genişliği (cm)

$$I = \frac{P}{De^2} \dots\dots\dots(12)$$

I : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi (kg/cm²)

P : Kırılma yükü (kg)

De2 : Eşdeğer çap (cm)

Bu çalışmada 54 mm çaplı ve boy/çap oranı 1 olan silindirik şekilli kaya numuneleri kullanılmıştır. Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi (Is₅₀) değerleri aşağıda Eşitlik 13 kullanılarak belirlenmiştir.

$$Is_{(50)} = \frac{P}{De^2} \times \frac{De}{50}^{0.45} \dots\dots\dots(13)$$

Is₍₅₀₎ : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi (kg/cm²)

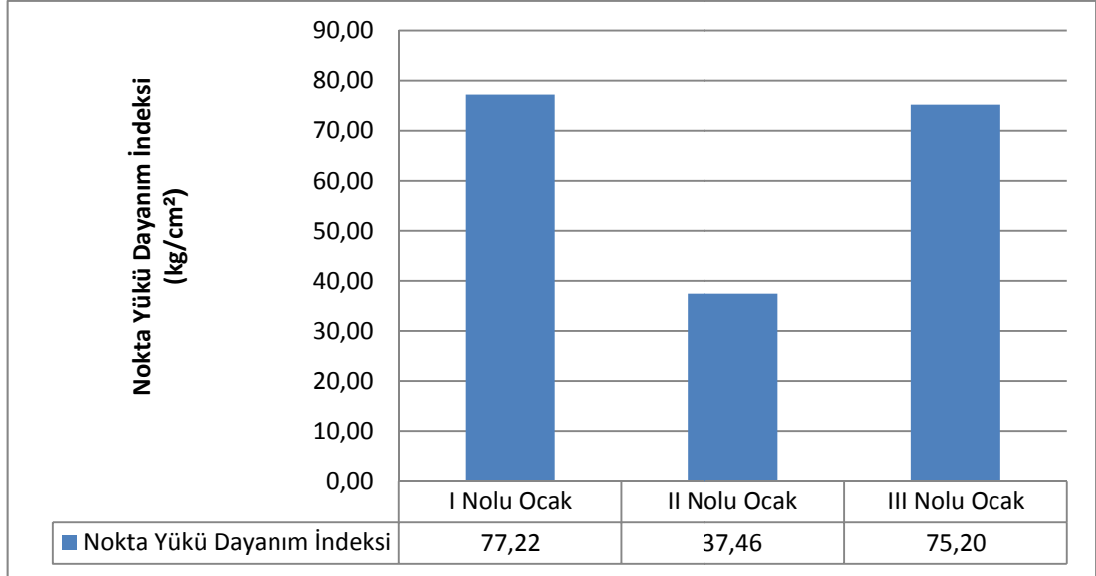
P : Kırılma yükü (kg)

De2 : Eşdeğer çap (cm)

Tablo 6.31 I, II ve III No'lu ocaklardaki nokta yükleme değerleri

Ocak No	N	Ortalama Değer (\bar{x}) ± Standart Sapma (SD)	Nokta Yükleme Değerleri (Is ₅₀) (kg/cm ²)
I No'lu Ocak	5	Ortalama	77,22
		Standart Sapma	±34,70
II No'lu Ocak	3	Ortalama	37,46
		Standart Sapma	±27,74
III No'lu Ocak	5	Ortalama	75,20
		Standart Sapma	±26,59

N: Deney sayısı



Şekil 6.13 I, II ve III No'lu antik mermer ocaklarına ait nokta yükleme değerleri

I, II ve III No'lu antik mermer ocağında elde edilen nokta yükleme dayanım indeks değerleri sırasıyla $77,22 \pm 34,70$, $37,46 \pm 27,74$ ve $75,20 \pm 26,59$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.13, Tablo 6.31, Ek 11).



Şekil 6.14 I No'lu ocaktan alınan numunelerin nokta yük dayanım indeksi deneyi sonrası kırılma şekilleri



Şekil 6.15 II No'lu ocaktan alınan numunelerin nokta yük dayanım indeksi deneyi sonrası kırılma şekilleri



Şekil 6.16 III No'lu ocaktan alınan numunelerin nokta yük dayanım indeksi deneyi sonrası kırılma şekilleri

6.2.6 Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı

Taban ve merdiven döşemesinde kullanılan mermer plakaları, özellikle insan trafiğinin yoğun olduğu yerlerde, zaman içerisinde sürtünmenin etkisiyle aşınmaktadırlar. Bu alanlarda kullanılacak levhaların aşınma kayıplarının önceden laboratuvar koşullarında belirlenmesi, uygun taş seçimine olanak sağlamaktadır. Doğal taşların sürtünme etkisiyle uğrayacakları aşınma kayıpları, laboratuvarında “Böhme Yüzeysel Aşınma Deneyi” yardımıyla bulunmaktadır (Erdoğan 1991).

Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu kaya mekaniği laboratuvarında (Şekil 6.17) TS 14157 ye uygun olarak yapılan deneyde 7x7x7 cm boyutlarında 13 adet küp numune kullanılmıştır. Deney sonuçları Tablo 6.32’de belirtilmiştir.



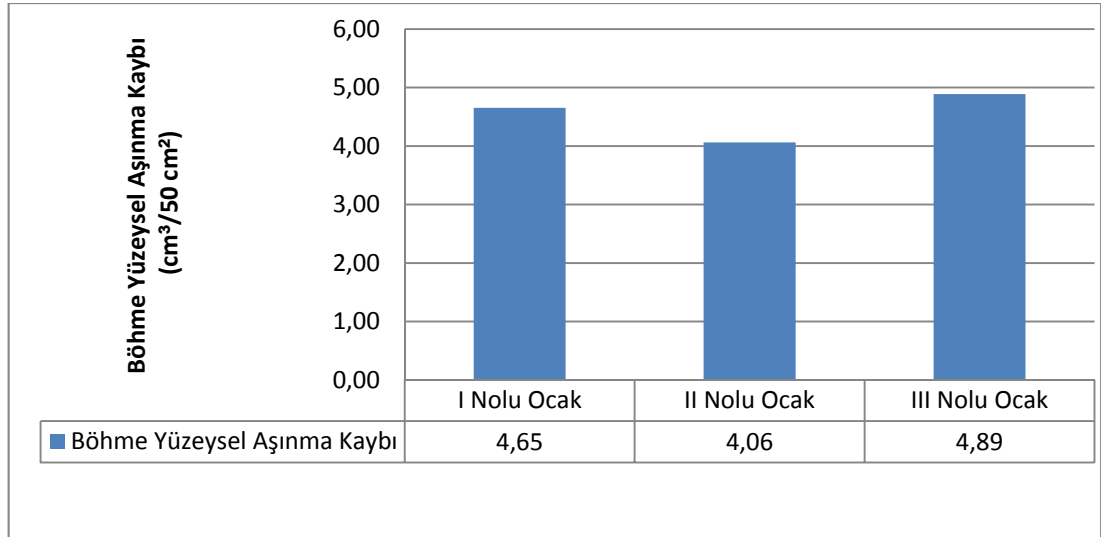
Şekil 6.17 Böhme yüzeysel aşındırma direnci aleti

Tablo 6.32 Africano Mermeri'nin böhme yüzeysel aşınma kaybı değerleri

Lokasyon	N	Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı (cm ³ /50 cm ²)	
I No'lu Ocak	5	Ortalama	4,65
		Standart Sapma	±0,55
II No'lu Ocak	5	Ortalama	4,06
		Standart Sapma	±0,17
III No'lu Ocak	3	Ortalama	4,89
		Standart Sapma	±0,31

N: Deney sayısı

I, II ve III No'lu antik mermer ocağında elde edilen Böhme yüzeysel aşınma kaybı değerleri sırasıyla $4,65 \pm 0,55$ cm³/50 cm², $4,06 \pm 0,17$ cm³/50 cm² ve $4,89 \pm 0,31$ cm³/50 cm² olarak hesaplanmıştır (Şekil 6.18, Tablo 6.32; Ek 12). Aynı zamanda böhme yüzeysel aşınma sonucu hacim kaybı TS 1910, TS 2513 ve TS 11137 de öngörülen sınır değerlerin altındadır (Tablo 6.33, 6.34, 6.35).



Şekil 6.18 I, II ve III No'lu antik mermer ocaklarına ait nokta yükleme değerleri

Tablo 6.33 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken aşınma kaybı sınır değeri (TS 1910)

Mekanik Özellik	Sınır Değer (cm ³ /50 cm ²)
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	< 15

Tablo 6.34 Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken aşınma kaybı sınır değeri (*TS 2513*)

Mekanik Özellik	Sınır Değer ($\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$)	
	Kaplama	Döşeme
Böhme Yüzeysel Aşınma Kaybı	< 15	< 10

Tablo 6.35 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama olarak kullanılması için sahip olmaları gereken aşınma kaybı sınır değeri (*TS 11137*)

Mekanik Özellikler	Sınır Değer ($\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$)
Döşeme Zemin	<10
Duvar Kaplaması	<15

6.3 Africano Mermerleri'nin Durabilitesi

6.3.1 Giriş

Kayaçların durabilitesi, onun bozunmaya karşı koyabilme ve geniş bir zaman periyodunun üzerinde orijinal görünüşünü, dayanımını, şeklini ve boyutunu kaybetmeme yeteneğinin ölçülmesidir (Sims 1991, Bell 1993).

Sıcaklık farkı, kayaçlarda genleşme ve büzülme, taneler arasında farklı yönde ve büyüklükte iç basınçlar oluşturur. Kayaçların bünyesinde gözle görülmesi mümkün olmayan kılcal çatlaklar (fissürler) gelişmeye başlar. Sıcaklık değişiminin tekrarlanması, fisür gelişimini hızlandırarak yeni çatlak ve kırıkların oluşmasına neden olur. Çatlakları giderek artan kayaç fiziksel anlamda parçalanır ve ufalanır. Çölde kum oluşumu bu tekrarların sonucudur. Bazı mineraller homojen genişirken bazıları ise heterojen genişir. Örneğin kalsit, ana eksen boyunca çok genişlemesine rağmen aksi yönde büzülme gösterir. Tekrarlanmış bir ısınma, farklı yönlerde bir araya gelmiş kalsit tanelerinin ara boşluklarını çatlatalabilir. Suyun ortama katılmasıyla süreç daha da hızlanabilir. Boşluk oranı artar tahribat hızlanır. Bu şekilde mermer bozulur taneler dökülür (Küçükkaya 1995).

Özenle seçilen, kötü atmosfer şartlarında bile uzun süre dayanıklılığını muhafaza eden taşlar belirli bir dönem sonra bozunmakta ve bazen bozunmanın hız kazanmasıyla yapının durabilitesi azalmakla beraber yok olmasına kadar gidebilen tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Taşların tahrip nedenlerinin başında jeolojik oluşuma bağlı olarak gelişen yapısal sorunlar gelmektedir. Kullanılacak yere ve amaca uygun doku ve özelliklerde taşların seçilmemiş olması ya da aynı taş ocağında olmasına rağmen farklı ve kötü özellikler gösteren katmanlardan taş seçilmesi ileride karşılaşılabilecek pek çok bozunmaya neden oluşturabilmektedir (Küçükaya 1995).

Çeşitli iklim koşulları altında kayaçların durabilitesi, heykel veya yapı inşaatında kullanılan doğal taşların yapısının sağlamlılığı için tanımlanan bir faktördür (Yavuz ve diğ., 2006).

Durabilite, doğal yapıtaşlarının kullanıldığı mühendislik projelerinin değişik bölgelerinde maruz kaldıkları çeşitli çevresel ayrıştırıcı etkilere karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir. Kayaçların durabilitesine etki eden çok sayıda ayrıştırıcı çevresel etki vardır. İslanma-kuruma, ısınma-soğuma, donma-çözünme, tuz kristallenmesi ve biyolojik aktiviteler kayaçların bozunma sürecinde önemli rol oynayan temel faktörlerdendir (Siegesmund ve Ruedrich 2011, Stück ve diğ., 2011, Reudrich ve diğ., 2011, Koralay ve diğ., 2011, Steinberger 2003, Topal ve Sözen 2003, Topal ve Doyuran 1997, Yavuz 2006).

Kayaçların değişik çevresel ayrıştırıcı koşullar altındaki davranışlarının belirlenmesi amacıyla kayaçlar üzerinde laboratuvar koşulları altında hızlandırılmış yıprandırma deneyleri uygulanır. Donma çözünme, ıslanma kuruma ve tuz kristallenmesi deneyleri en yaygın kullanılan hızlandırılmış yıpranma deneyleridir (Yavuz 2006, Topal ve Doyuran 1997, Topal ve Sözen 2003).

Kayaçların çevresel ayrıştırıcı koşullar altındaki durabilitelerinin değerlendirilmesi amacı ile geliştirilmiş değişik yöntemler bulunmaktadır. Gözenek boyu dağılımı, su emme kapasitesi, ıslak kuru tek eksenli basınç direnci oranı, statik

durabilite indeksi ve slake durabilite indeksi bu yöntemlerden bazılarıdır (Topal ve Doyuran 1997).

Bu çalışmada Africano Mermerleri'nin üretildiği I, II ve III No'lu antik mermer ocaklarından alınan kaya numuneleri üzerinde, ıslanma kuruma, donma çözünme, Na₂SO₄ tuz kristallenmesi deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda Africano Mermerleri'nin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki değişiklikler ile deney sonrası kütle kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca kayaçların durabilitesi su emme katsayısı, gözenek boyu dağılımı ve ıslak kuru tek eksenli basınç direnci oranı yöntemleri ile ayrı ayrı belirlenmiştir.

6.3.2 Kuru ve Doymun Tek Eksenli Basınç Direnci Oranı

Winkler (1993) kayaçların suya doymun ve kuru tek eksenleri arasındaki oranın kayacın durabilitesinin saptanmasında kullanılabileceğini belirtmiştir (Tablo 6.36).

Tablo 6.36 Kuru ve doymun tek eksenli basınç direnci oranına göre kaya durabilite sınıflaması (Winkler, 1993)

Sınıflandırma	Direnç Oranı (%)
Çok İyi	>90
İyi ve Güvenli	90 – 80
Daha Fazla Deney Gerekli	80-70
Hidrik Kuvvetler ve Donma Etkisine Karşı Güvensiz	70-60
Çok Düşük Kaliteli	<60

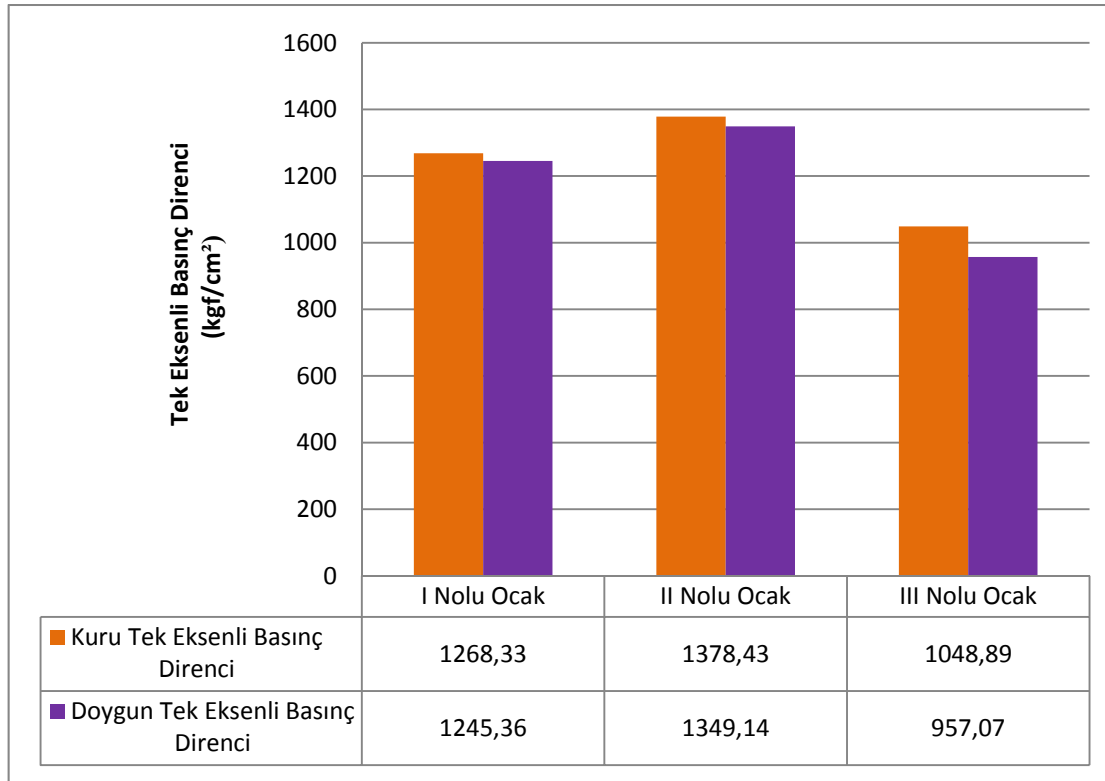
Africano Mermerlerinin durabilitelerinin saptanması amacı ile I, II ve III No'lu antik mermer ocaklarından alınan numuneler üzerinde kuru ve suya doymun koşullar altında tek eksenli basınç direnci deneyi yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.37'de verilmiştir.

Tablo 6.37 Kuru ve suya doygun Africano Mermerleri'nin tek eksenli basınç direnci ortalamaları

Lokasyon	N	Kuru TEBD (kgf/cm ²)	N	Suya Doygun TEBD (kgf/cm ²)	Direnç oranı (%)
I No'lu Ocak	5	1335,65±283,02	5	1245,36±166,96	93,26
II No'lu Ocak	5	1378,43±202,61	5	1349,14±103,92	97,88
III No'lu Ocak	4	986,21±76,13	4	957,07±102,72	97,05

N: Deney sayısı

TS EN 1926'ya göre uygun olarak suya doygun 7x7x7 cm boyutlu küp numuneler üzerinde yapılan TEBD deneyi sonucunda I,II ve III No'lu antik mermer ocağından üretilen Africano Mermerlerinin kuru ve suya doygun TEBD oranının I No'lu ocakta % 93,26, II No'lu ocakta % 97,88, III No'lu ocakta % 97,05 olduğu görülmüştür (Şekil 6.19, Tablo 6.37, Ek 13).



Şekil 6.19 Africano Mermeri'nin taze – doygun tek eksenli basınç direnci karşılaştırması

Tablo 6.37 ve Şekil 6.19’da görüldüğü üzere Africano Mermeri’nin doygun tek eksenli basınç direnci ile kuru tek eksenli basınç direnci değerleri, arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır. Bu nedenle Africano Mermerler’i Winkler (1997) sınıflandırmasına göre çok iyi durabiliteli kayaçlar grubuna girmektedirler (Tablo 6.36).

6.3.3 Donma Çözünme Deneyi

Don olayı, doğal taşların hasarında büyük rol oynamaktadır. Donma çözünme deneyinde numuneler, sacaklık ve nem değişikliği nedeni ile gerilim altında olurlar ve birbirleri ile farklı bozunma mekanizmaları gösterirler. Bu yüzden termohidrik ve nem genişmesi önemli bozunma prosesleridir (Siegesmund et al., 2011).

Atmosfer hareketleri ve nem, kayaçların bozunmasını hızlandıran olumsuz faktörlerdir. Isı farklılıkları ve don nemli ortamlarda kayaç içerisinde gerilmeler yaratarak parçalanma ve kopmalara neden olmaktadır (Küçükkaya 1995).

Donma çözünme deneyi, kristaller oluştuğu zaman kayaç içerisinde oluşabilecek gerilmeyi üretmek için yapılmaktadır (Topal 1999).

Bu etkiler genellikle bilinen bir miktar su içeren örneklerde 0 °C’nin altında ve üstündeki çeşitli sıcaklıklarda elde edilmektedir. Çözeltinin buz formuna dönmesinin nedeni bilinmemektedir. Buz kristallenmesi işlemi, kristal büyümesi ile mekanizmayı parçalayabilir. Normal atmosferik koşullarda, 0 °C deki saf su donmaktadır. Buna karşılık, su kristalleri gözenekli kayaçlarda çoğunlukla 0 °C nin altında donmaktadır (Rossi-Doria 1985, Siegesmund et al., 2011).

Mevsimlik donma çözünme döngüsü sonrasında, doğal taşların bozunması kayacın gözenek ve çatlaklarında depolanan su nedeniyle meydana gelir. Donan su, donma sırasında suyun hacminin %9 oranında genişlemesi nedeniyle materyal içerisindeki gözenekler basınca neden olmaktadır. Su genişmesinin neden olduğu bu basınç, kayacın çekme gerilmesine erişir. Donma-çözünme sonucunda kayaç

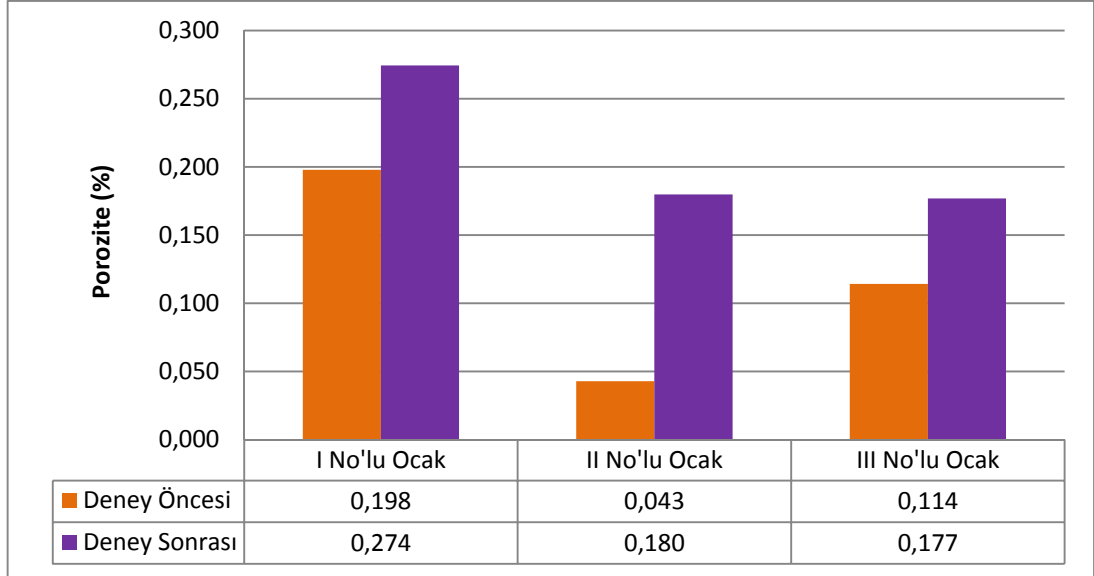
içerisinde yeni mikro çatlaklar gelişir, önceden var olanlar daha da derinleşir ve genişler. Çözünme sonrası su daha yeni gelişen mikro çatlakların içine göç edebilir (Yavuz ve diğ., 2006).

Hızlandırılmış bir kaya yıpratma deneyi olan donma-çözünme deneyi doğal taşlarda iklimsel değişimler sonrasında meydana gelen kütle kaybı ile fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler önceden tahmin etmemize olanak sağlar (Topal ve Doyuran 1997, Siegesmund ve Ruedrich 2011).

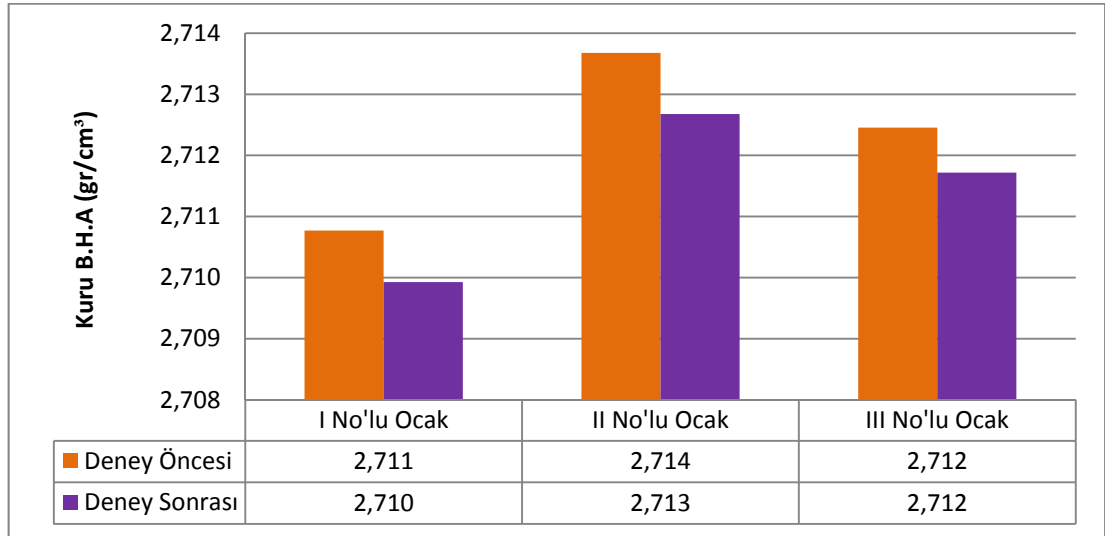
Bu çalışmada I,II ve III No'lu Africano antik mermer ocağından alınan 7x7x7 cm boyutlarında hazırlanan 15 adet küp şekilli kaya numuneleri üzerinde TS 699 da belirtilen prosedüre uygun olarak donma-çözünme deneyi yapılmış, deney sonrası numunelerde gözlenen kütle kaybı ile görünür porozite, birim hacim ağırlık, su emme ve boşluk oranı gibi fiziksel özellikleri ile tek eksenli basınç direnci değişimi araştırılmıştır.

6.3.3.1 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri

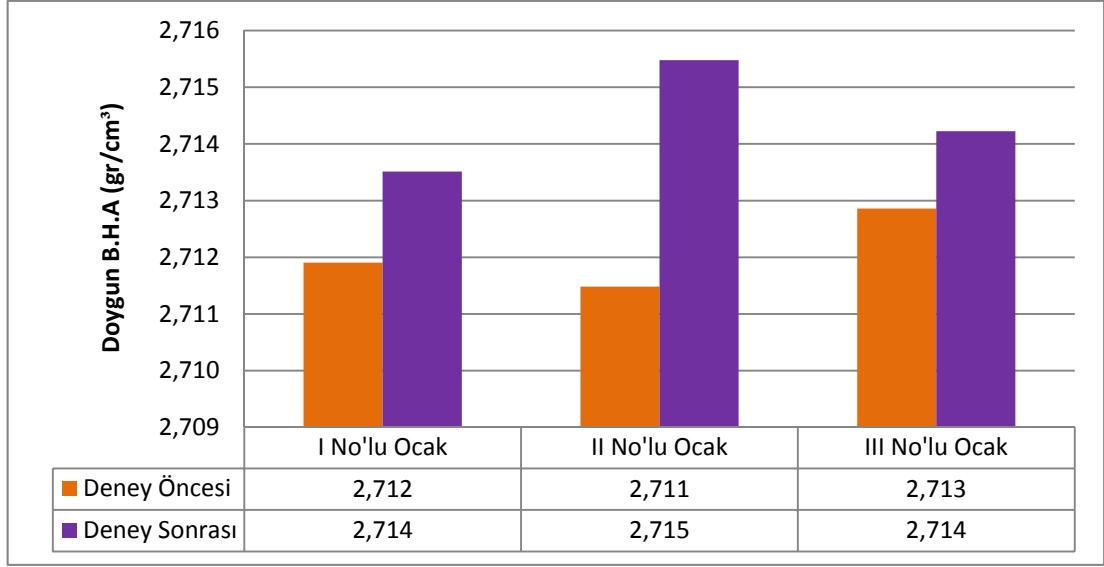
Africano Mermerleri üzerinde 40 periyot uygulanan donma-çözünme deneyi sonunda kayacın kuru, doymun birim hacim ağırlığı, boşluk oranı, ağırlıkça su emme ve porozite gibi fiziksel özellikleri saptanmış, bu özellikler kaya numunelerinin deney öncesi fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, Ek 14).



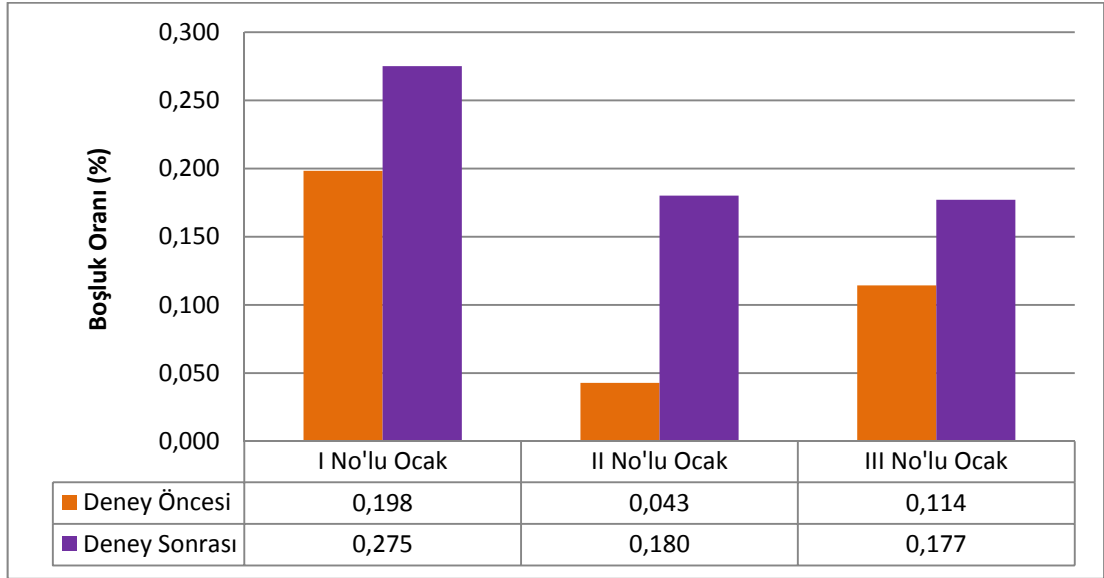
Şekil 6.20 Africano mermerlerinin donma çözünme öncesi ve sonrası görünür porozitelerindeki değişim



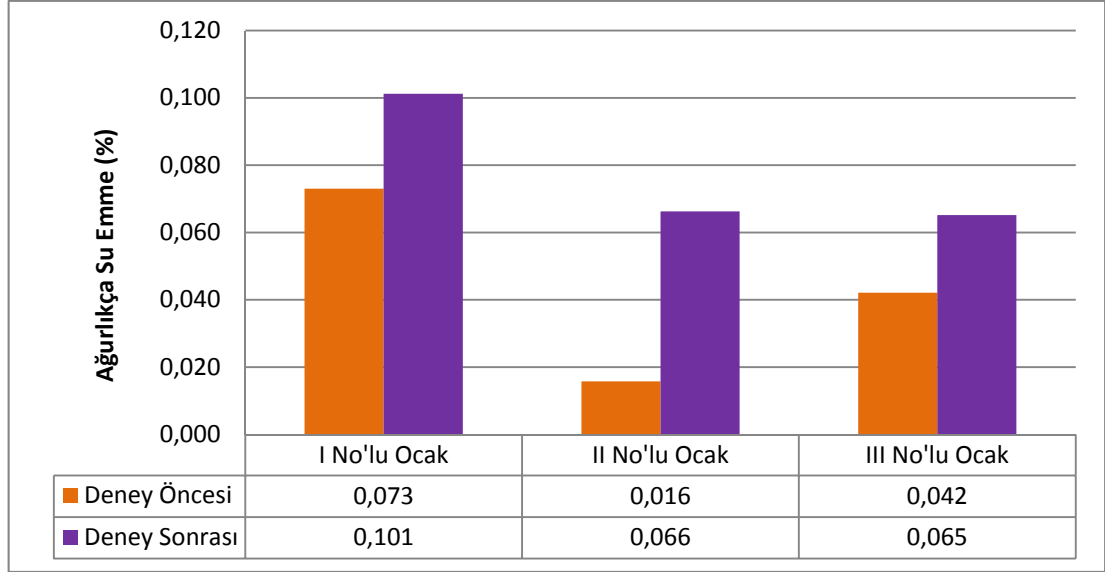
Şekil 6.21 Africano mermerlerinin donma çözünme öncesi ve sonrası kuru birim hacim ağırlığındaki değişim



Şekil 6.22 Africano mermerlerinin donma çözünme öncesi ve sonrası doymun birim hacim ağırlığındaki değişim



Şekil 6.23 Africano mermerlerinin donma çözünme öncesi ve sonrası boşluk oranındaki değişim



Şekil 6.24 Africano mermerlerinin donma çözünme öncesi ve sonrası kuru ağırlıkça su emme değerindeki değişimler

Donma-çözünme deneyi sonrası Africano Mermeri'nin alındığı I No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,03 oranında azalma, porozitesinde % 27,88 oranında, doymun birim hacim ağırlığında % 0,06 oranında, boşluk oranı değerinde % 27,93 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 27,85 oranında artış, II No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,037 oranında azalma, porozitesinde % 76,20 oranında, doymun birim hacim ağırlığında % 0,17 oranında, boşluk oranı değerinde % 76,24 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 76,19 oranında artış, III No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,027 oranında azalma, porozitesinde % 35,41 oranında, doymun birim hacim ağırlığında % 0,05 oranında, boşluk oranı değerinde % 35,45 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 35,40 oranında artış saptanmıştır (Şekil 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24).

6.3.3.2 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Kütle Kaybı

Africano Mermerleri üzerine uygulanan 40 periyot donma-çözünme deneyi sonunda kayacın kuru ağırlığı, deney öncesi kuru ağırlığı ile mukayese edilerek donma-çözünme sonraki kütle kaybı aşağıda verilen eşitlik yardımı ile saptanmıştır (Eşitlik 14).

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots \dots \dots (14)$$

w : Deney sonu kütle kaybı (%)

W1 : Deneye başlamadan önceki kuru ağırlık (gr)

W2 : Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Donma – çözünme deneyi sonrası kütle kaybı ortalamaları I No’lu ocakta % 0,02 ± 0,01, II No’lu ocakta % 0,03 ± 0,02, III No’lu ocakta % 0,03 ± 0,01 olarak belirlenmiştir (Tablo 6.38, Ek 14). Africano Mermerleri donma–çözünme deneyi sonrası kütle kaybı TS 1910, TS 2513 ve TS 11137’de öngörülen sınır değerinin altındadır (Tablo 6.39, 6.40, 6.41).

Tablo 6.38 Africano Mermerleri’nin donma çözünme deneyi sonrası kütle kaybı

Lokasyon	N	Donma-Çözünme Sonrası Kütle Kaybı (%)	
I No’lu Ocak	6	Ortalama	0,02
		Standart Sapma	±0,01
II No’lu Ocak	5	Ortalama	0,03
		Standart Sapma	±0,02
III No’lu Ocak	4	Ortalama	0,03
		Standart Sapma	±0,01

N: Deney sayısı

Tablo 6.39 Kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken donma – çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 1910)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	< 5

Tablo 6.40 Kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken donma – çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 2513)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	< 5

Tablo 6.41 Kireçtaşlarının yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken donma – çözünme deneyi sonrası kütle kaybı sınır değeri (TS 11137)

Fiziksel Özellik	Sınır Değer (%)
Don Sonrası Ağırlık Kaybı	< 2

6.3.3.3 Donma Çözünme Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı

I, II ve III No'lu antik mermer ocaklarından alınan ve 40 periyot donma-çözünme deneyine tabi tutulan 15 adet 7x7x7 cm boyutundaki küp kireçtaşı numunesi deney sonrası tek eksenli basınç direnci aletinde kırılmış ve elde edilen sonuçlar taze kireçtaşı numunelerinin tek eksenli basınç direnci ile karşılaştırılmıştır ve eşitlik 15 kullanılarak mermerlerin donma çözünme deneyi sonrası direnç kayıpları belirlenmiştir (Tablo 6.42, Ek 15).

Tablo 6.42 Donma – çözünme deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci ve kuru tek eksenli basınç direnci ortalamaları

Lokasyon	N	Ortalama Değer (\bar{x}) \pm Standart Sapma (SD)	Donma Çözünme Deneyi Öncesi TEB (Kuru) (kgf/cm ²)	Donma Çözünme Deneyi Sonrası TEB (Kuru) (kgf/cm ²)	Direnç Kaybı (%)
I No'lu Ocak	5	Ortalama	1268,33	1183	6,73
		Standart Sapma	$\pm 276,75$	$\pm 92,98$	
II No'lu Ocak	5	Ortalama	1378,43	1331,98	3,44
		Standart Sapma	$\pm 202,61$	$\pm 131,05$	
III No'lu Ocak	3	Ortalama	1048,89	1047,89	0,1
		Standart Sapma	$\pm 18,82$	$\pm 44,59$	

N: Deney sayısı

Donma-çözünme sonrası direnç değişimi farklı biçimlerde gelişmiş olan Africano Mermerleri deney sonrasında I No'lu ocakta % 6,73 ve II No'lu ocakta % 3,44

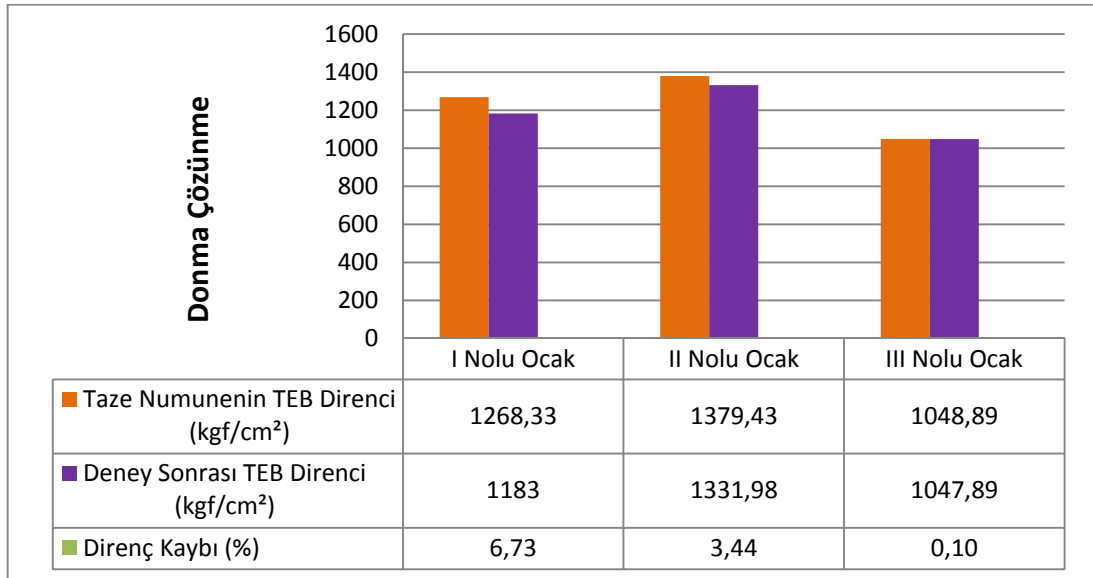
oranında direnç kaybı gelişmişken III No'lu antik ocaktan alınan numunelerin donma çözünme sonrası tek eksenli basınç direnci değerinde bir farklılık gelişmemiştir (Eşitlik 15, Şekil 6.25).

$$f = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100 \dots \dots \dots (15)$$

f : Deney sonunda meydana gelen direnç kaybı (%)

δ_1 : Taze (küp) numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²)

δ_2 : Deney sonrası numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²)



Şekil 6.25 Africano Mermerleri'nin Taze ve Donma – Çözünme Deneyi Sonrası Tek Eksenli Basınç Dirençlerinin Karşılaştırması

6.3.4 Tuz (Na_2SO_4) Kristallenmesi Deneyi

Gözeneklerde tuzun kristalizasyonu ile meydana gelen fiziksel gerilmenin sonucu olarak gözenekli materyale zarar verdiği uzunca bir süredir (Herodotus 420 BC, Luquer 1895) bilinmektedir (Taber 1916, Jutson 1918).

Tuz ayrışması birçok kişi tarafından arkeolojik sitelerdeki tarihsel mimari ve yapıların ve arkeolojik nesnelerin bozunmasında birinci etmenlerden biri olarak tanınmaktadır (Schaffer 1932, Lewin 1982).

Doğal kayaçlar, arkeolojik ve mimari anıtları kapsayan yapı ve heykelticilik gibi bizim vazgeçilmez kültürel mirasımızın birçoğunda kullanılmaktadır. Bunlar bizim için sadece estetik değerler değil ayrıca gelecek nesillere kaynak ve tarihsel kanıt olmaktadır. Tuz hasarını içeren çeşitli zararlı ayrışma süreçleri, kültürel mirasların sembollerini tehdit etmektedir (Winkler, 1994).

Kültürel miras ürünlerinin korunması için tuzun tutulmasından kaynaklanan hasarı azaltmak için bulunan ve üzerinde anlaşılan yollar büyük önem taşır (Torraca 1982, Amoroso & Fassina 1983, Goudie & Viles 1997).

Tuzların kristalizasyonu taş bozunmaları içinde en yaygın ve tahrip edici olanıdır. Kimyasal yapıları ne olursa olsun gözenekli kayaçların tümünde, donma ya da hava kirliliği bağlantısı olmaksızın etkili olmaktadır. Suda eriyebilen tuzlar, su ile taşınarak herhangi bir yolla taşın gözeneklerini ve çatlaklarına ulaşarak buharlaşır. Buharlaşma sonunda tuz, taşın yüzeyi ile kılcal çatlaklarında birikir. Kılcal çatlaklara taşınan tuz osmos şartlarını hazırlayarak, sürekli bir tuz birikimine neden olur (Topal 1997).

Taşın içindeki boşluklarda da kristallenme olur, buna gizli çiçeklenme denir. Kristallenme esnasında taş içinde basınç artar, fissürler (gözle görülemeyen çatlaklar) oluşur ve taş buralarda ayrışır. Çiçeklenme ile taş ve sıva kabarır, çözünür, dökülür veya yüzeydeki tuz birikimi kabuk oluşturarak kirliliğe neden olur (Küçükkaya 1995).

Çözülebilir başlıca tuzlar arasında $[CaSO_4 \cdot 2H_2O]$ (alçı taşı) , Na_2SO_4 (sodyum sülfat), $MgSO_4$ (magnezyum sülfat), K_2SO_4 (potasyum sülfat) ve $NaCl$ (sodyum klorür) sayılabilir. Sıcaklık yükseldiğinde tuz çözeltisinin doyma noktası yükselir. Çevresindeki tuz kristalleri de çözünür. Düştüğünde ise tekrar kristalleşir. Tuzların

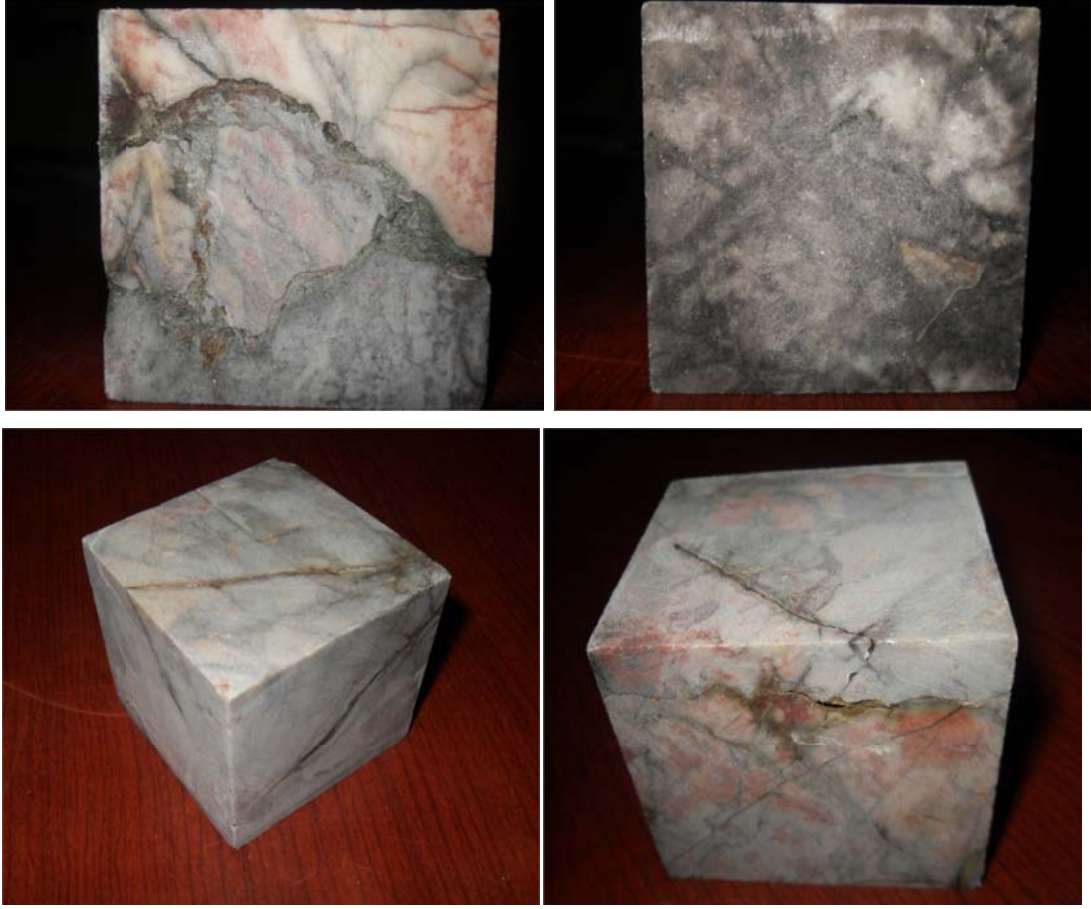
hidrasyon dereceleri arttıkça, hacimde büyüdüğü için parçalanma etkileri de artar (Arnold 1999).

Karbonatlı bileşiklerin asitle reaksiyonun sonucu karbondioksit ve su açığa çıkar. Reaksiyonun geri dönüşümü ise karbonik asidin açığa çıkmasına yol açabilir ya da CaCO_3 (sülfirik asit ile reaksiyona girerek jips [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] oluşabilir). Bu tepkime kireçtaşlarının köpürerek çözünmesi olayıdır. Yoğunluk ve sertliklerine göre tebeşirden mermere kadar değişen kireçtaşları esas olarak kalsiyum karbonat ve dolomit içerir. Bazı kireçtaşları asitlerle reaksiyona çabuk girdikleri halde, bazıları uygunsuz koşullar altında dahi çok dayanıklılık gösterir. Bunun nedeni ortamda ya da taşın bünyesinde bulunan kimyasalların farklı etkileşimlerle farklı yeni kimyasal yapılar oluşturulmasıdır (Küçükaya 1995).

Tuz etkisi, daha başka fiziksel ayrışma işlemlerinden çok daha zararlıdır. Bu etki gözenekli yapı materyalinin durabilitesinin bir ölçüsü olmaktadır (Luquer 1895, Goudie 1974).

Doğal yapıtaşları kullanım alanlarında değişik nedenlerle tuzlanmaya maruz kalırlar. Tuzlanma kaya durabilitesini olumsuz yönde etkileyen ve kayacın kısa süre içerisinde bozunmasına neden olan önemli faktörlerden birisidir. Bu nedenle, Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi kayaçların durabilitelerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir deneydir (Yavuz 2001).

Africano Mermerleri'nin tuz (Na_2SO_4) deneyi sonrası kütle kaybı hesaplanırken $7 \times 7 \times 7$ cm olmak üzere toplam 14 tane küp numune kullanılmıştır. Deney, TS EN 12370 de öngörüldüğü şekilde yapılmıştır. Standartta numunelerin 15 periyot tuz kristallenmesi deneyine tabi tutulmasını önermektedir. Africano Mermerleri'nin yüksek durabiliteli kayaçlar olması nedeni ile bu kaya üzerinde tuz kristallenmesi deneyi toplam 40 periyot uygulanmış, her 10 deney sonrası kayacın porozite, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı gibi fiziksel özelliklerindeki değişimler ile kütle kaybı değerleri ve 40. periyot sonrası tek eksenli direncindeki değişim saptanmıştır.



Şekil 6.26 İlk 10 Periyot sonunda numune yüzeylerinin görünümü

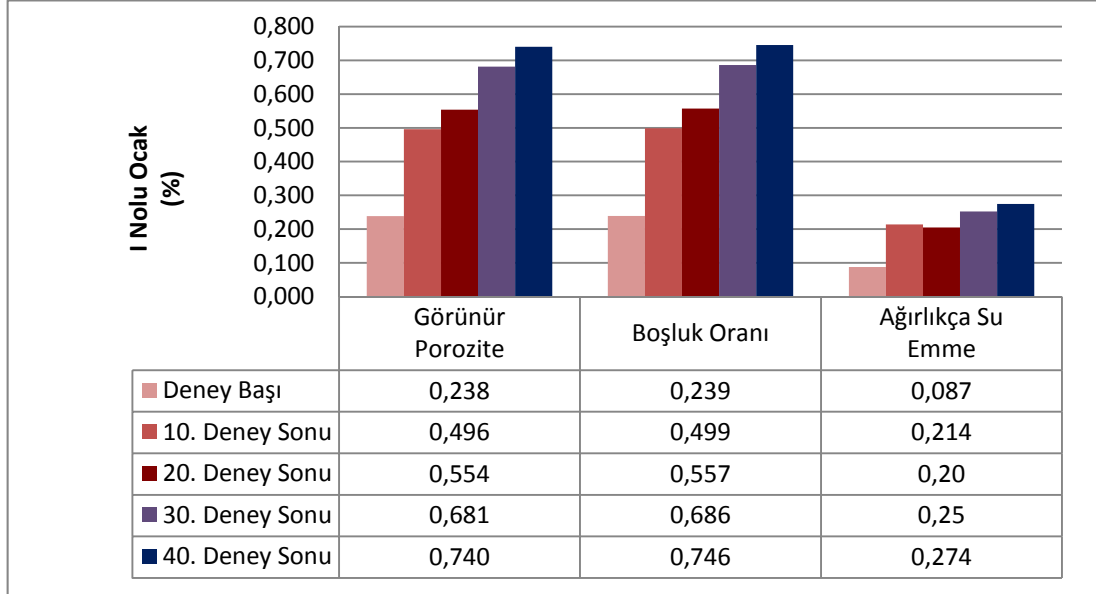
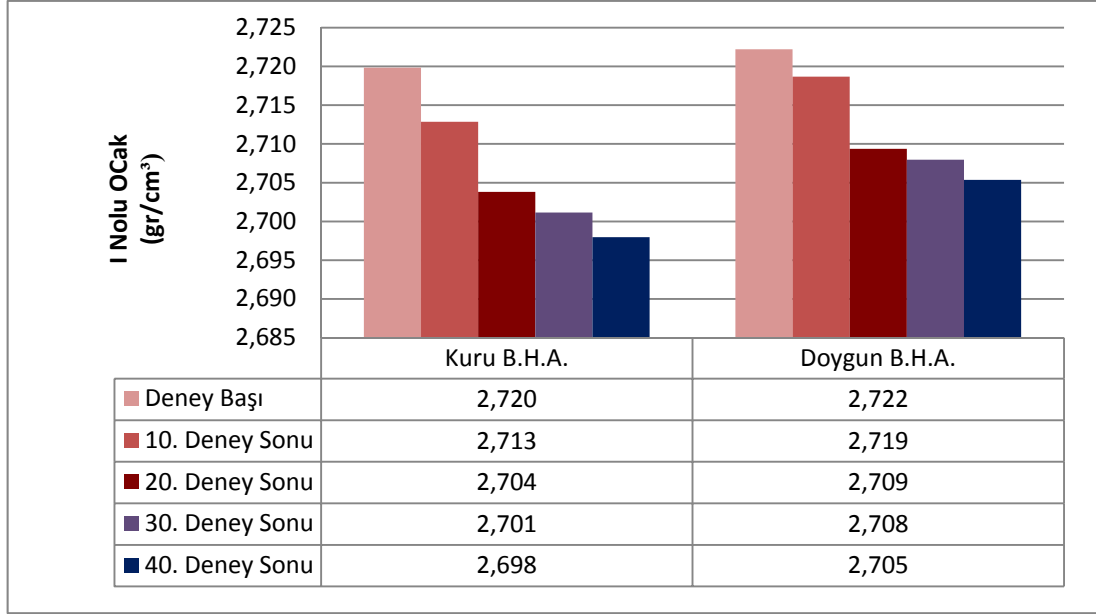
6.3.4.1 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri

Tuz kristallenmesi deneyinde, doğal çevresel koşullar altında meydana gelen tuz kristallenmesinin etkilerini yeniden üretmek için çalışılır (RILEM 1980, Rossi-Doria 1985, Topal 1997).

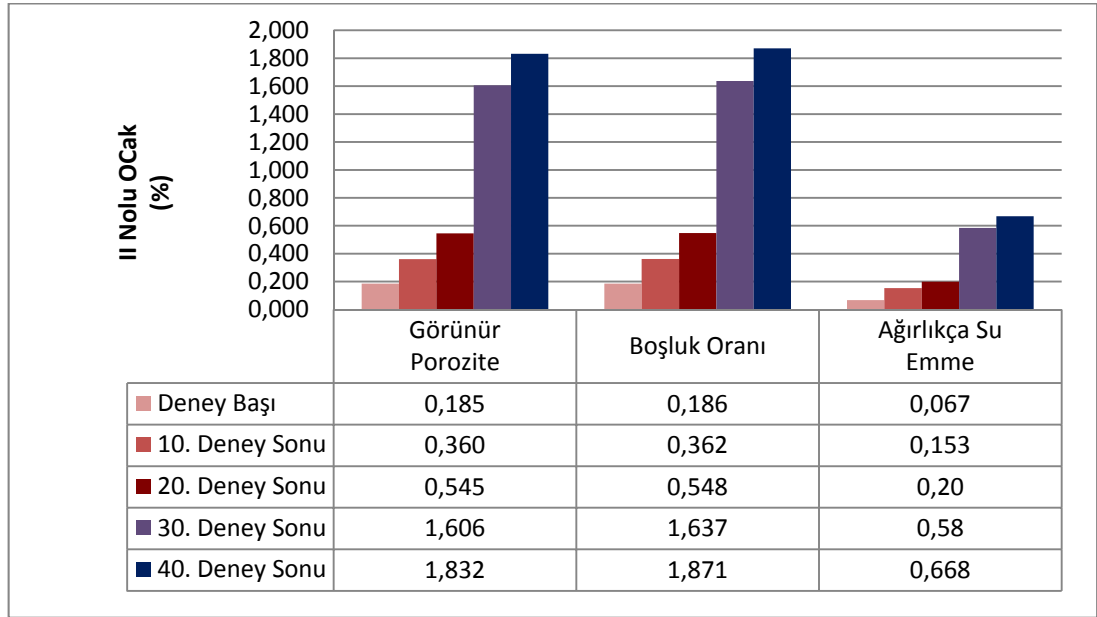
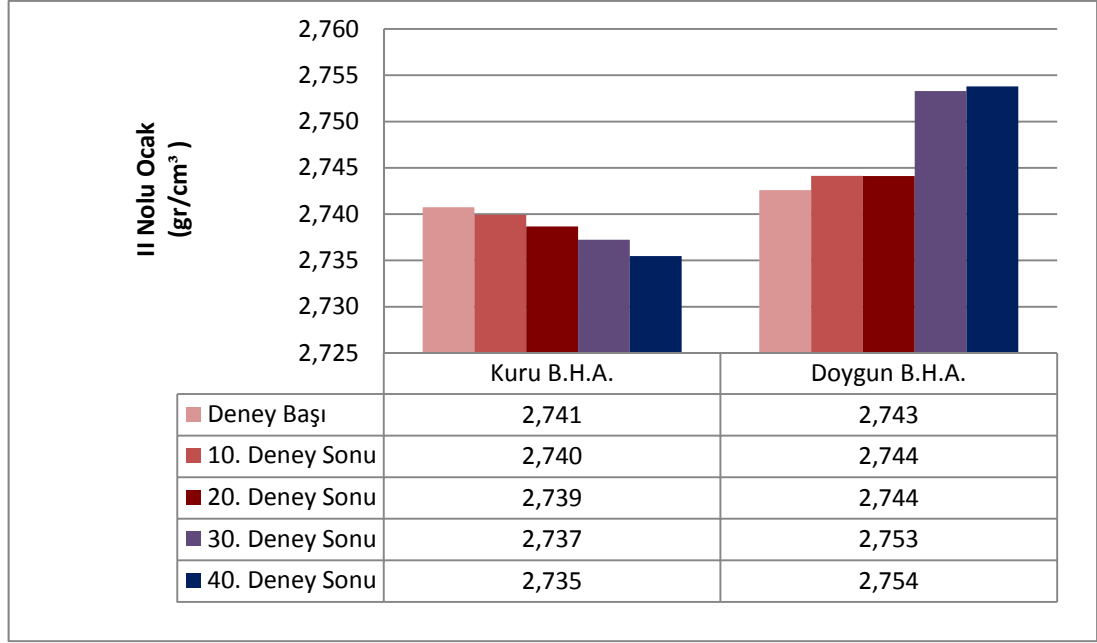
Yıkıcı etmenler gibi tuz çözeltisinin etkinliği için anahtar faktörlerden biri su ve/veya nemin bulunmasıdır. Çünkü suda çözüldüğü zaman sadece birbiriyle ilişkili gözeneklere doğru hareket edebilir ve içine girebilir. Bu nedenle kayaçların hidrik özellikleri kaya durabilite tahminlerinde kullanılmaktadır (Yu, Chiaki 2010).

Porozite, kapilarite ve buharlaşmayla kayacın içine doğru akan sıvının hareketinin etkilediği gibi gözenekli materyallerin tuz bozunması ile ilgili olduğu uzunca bir süredir bilinmektedir (Lucas 1925, Mamillian 1993). Su emme kapasitesi, birbiriyle ilişkili gözeneklerin dolaylı olarak ölçülmesi alternatif olarak bazı çalışmalarda durabilite göstergesi olarak kullanılır (Sperling ve Cooke 1985, Goudie ve Viles 1995).

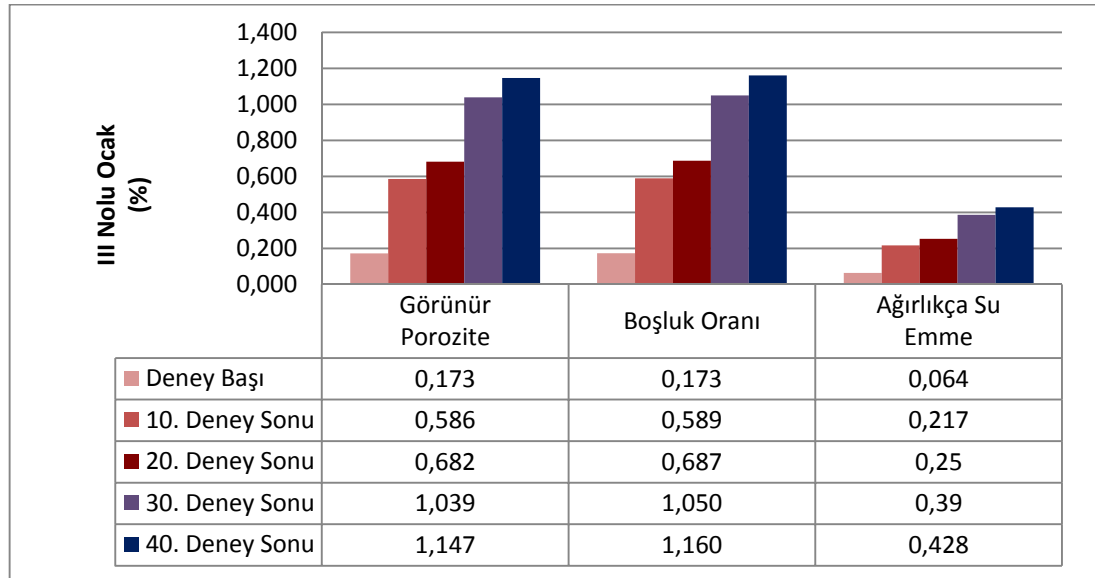
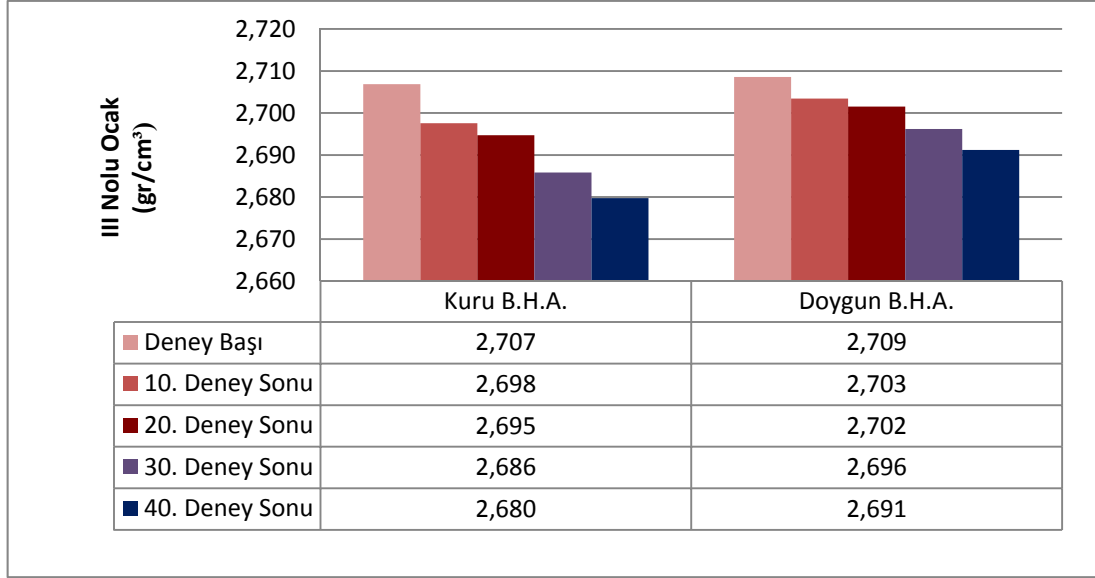
Numunelerin deneye başlamadan önceki fiziksel özellikleri ile deneyden sonraki fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 6.27, 6.28, 6.29, Ek 16).



Şekil 6.27 I Nolu ocağın Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası fiziksel özelliklerindeki değişimler



Şekil 6.28 II Nolu ocağın Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası fiziksel özelliklerindeki değişimler



Şekil 6.29 III No'lu ocağın Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası fiziksel özelliklerindeki değişimler

Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi 40. deneyi sonrası I No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,52, doymun birim hacim ağırlığında % 0,3 oranında azalma, boşluk oranında % 74,3, ağırlıkça su emme değerinde % 74,4 ve porozitesinde % 74,3 oranında artış, II No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,06, doymun birim hacim ağırlığında % 0,11 oranında azalma, boşluk oranında % 45,1, ağırlıkça su emme değerinde % 45,7 ve görünür porozitesinde % 45 oranında artış, III No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 1, doymun birim hacim ağırlığında % 0,64 oranında azalma,

boşluk oranında % 85,1, ağırlıkça su emme değerinde % 85,1 ve porozitesinde % 84,9 oranında artış saptanmıştır (Şekil 6.27, 6.28, 6.29).

6.3.4.2 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Kütle Kaybı

Numunelerin her 10 deneyin sonunda $\pm 0,01$ hassasiyet ile tartılan kuru ağırlığı ile deney basında tartılan kuru ağırlığı karşılaştırılmıştır ve kütle kaybı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmış, sonuçlar Tablo 6.43'de verilmiştir. (Eşitlik 16).

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots \dots \dots (16)$$

W : Deney sonu kütle kaybı (%)

W₁ : Deneye başlamadan önceki kuru ağırlık (gr)

W₂ : Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

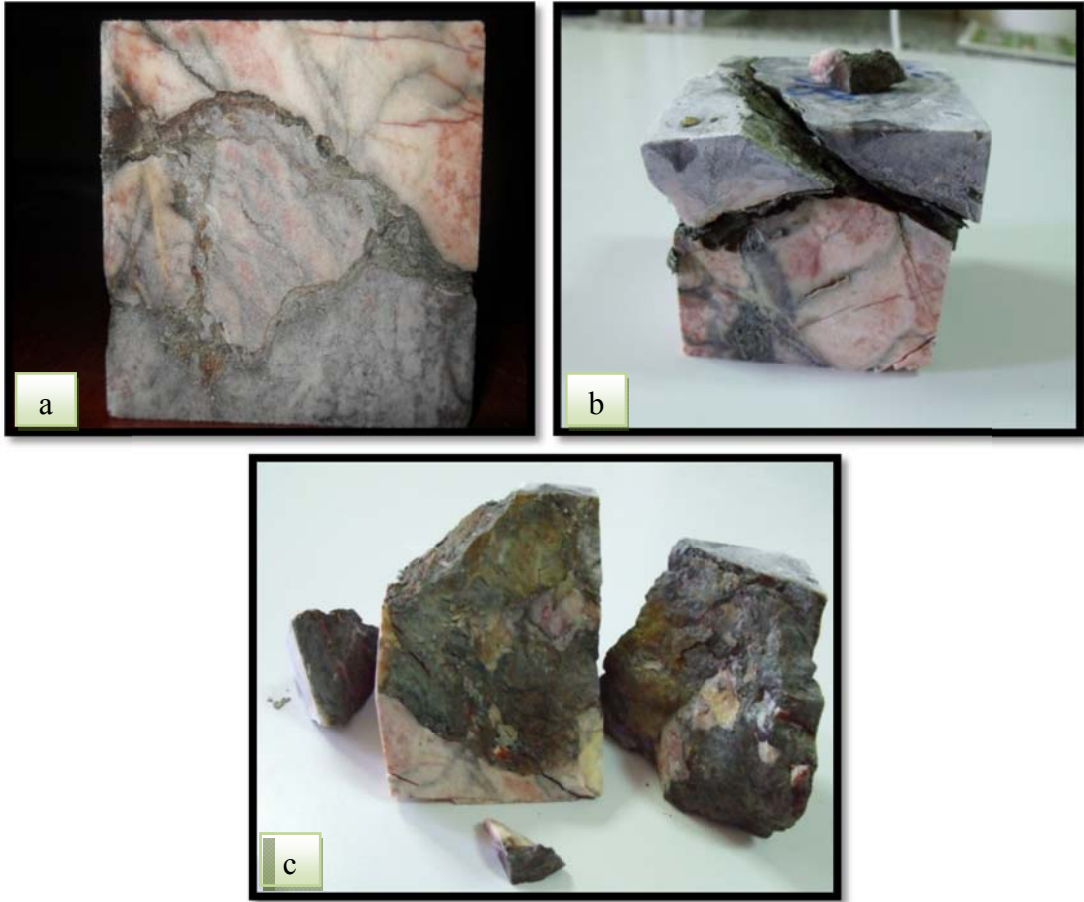
Tablo 6.43 Africano Mermeri'nin Tuz (Na₂SO₄) kristallenmesi deneyi sonrası kütle kaybı

Lokasyon	N	Na ₂ SO ₄ Sonrası Kütle Kaybı (%)		Standart Sapma
I No'lu Ocak	5	10 Deney Sonu	0,05	$\pm 0,04$
		20 Deney Sonu	0,07	$\pm 0,01$
		30 Deney Sonu	0,07	$\pm 0,03$
		40 Deney Sonu	0,17	$\pm 0,07$
II No'lu Ocak	5	10 Deney Sonu	0,10	$\pm 0,02$
		20 Deney Sonu	0,19	$\pm 0,02$
		30 Deney Sonu	0,57	$\pm 0,23$
		40 Deney Sonu	0,71	$\pm 0,30$
III No'lu Ocak	4	10 Deney Sonu	0,04	$\pm 0,04$
		20 Deney Sonu	0,16	$\pm 0,05$
		30 Deney Sonu	0,88	$\pm 0,89$
		40 Deney Sonu	1,71	$\pm 1,36$

N: Numune sayısı

40 kere tekrarlanan tuz kristallenmesi deneyi sırasında I No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,05\pm 0,04$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,07\pm 0,01$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,07\pm 0,03$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,17\pm 0,07$ olarak belirlenmiştir. II No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,10\pm 0,02$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,19\pm 0,02$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,57\pm 0,23$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,71\pm 0,30$ olarak belirlenmiştir. III No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,04\pm 0,04$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,16\pm 0,05$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,88\pm 0,89$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $1,71\pm 1,36$ olarak belirlenmiştir (Ek 16).

Tuz kristallenmesine karşı dayanım deneyi devam ederken bazı örnekler parçalanmış ve deneyden çıkarılmışlardır (Şekil 6.30).



Şekil 6.30 Na_2SO_4 tuz kristallenmesi deneyi sırasında 10. Periyottaki görünüm (a) ve 18. periyotta parçalanmış numunenin görünümü (b,c)

6.3.4.3 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı

Africano Mermerleri'nin tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası tek eksenli basınç dirençlerinde gelişen direnç kaybının saptanması için toplam 40 tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyine tabi tutulan 15 adet $7 \times 7 \times 7$ cm boyutundaki küp numune 200 tonluk hidrolik pres altında kırılmış ve kireçtaşlarının tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi sonrası tek eksenli basınç direnci saptanmıştır. Deney öncesi numuneler TS EN 12370'de belirtilen prosedüre uygun olarak yıkanmış, tuzlarından arındırılmış ve değişmez kütleye kadar kurutulmuştur (Tablo 6.44).

Tablo 6.44 Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi 40. periyot sonrası tek eksenli basınç direnci ve kuru tek eksenli basınç direnci ortalamaları

Lokasyon	N	Ortalama Değer (\bar{x}) \pm Standart Sapma (SD)	Tuz Kristallenmesi Deneyi Öncesi TEB (Kuru) (kgf/cm^2)	Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası TEB (Kuru) (kgf/cm^2)	Direnç Kaybı (%)
I No'lu Ocak	5	Ortalama	1335,65	907,70	32,04
		SD	$\pm 27,76$	$\pm 52,08$	
II No'lu Ocak	5	Ortalama	1378,43	1143,82	17,02
		SD	$\pm 19,87$	$\pm 173,84$	
III No'lu Ocak	4	Ortalama	986,21	630,74	36,04
		SD	$\pm 7,47$	$\pm 36,46$	

N: Deney sayısı

$$f = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100 \dots \dots \dots (17)$$

f : Deney sonunda meydana gelen direnç kaybı (%)

δ_1 : Taze numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm^2)

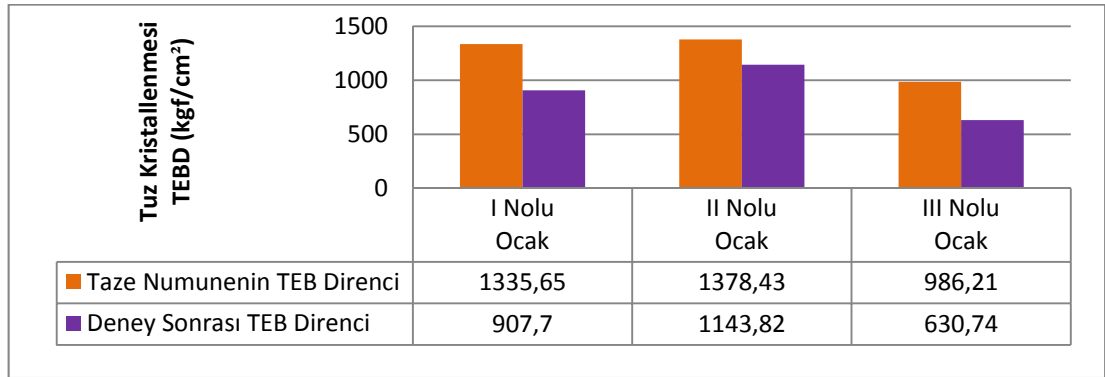
δ_2 : Deney sonrası numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm^2)

Tablo 6.45 Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı

Lokasyon	N	Direnç Kaybı (%)
I No'lu Ocak	5	32,04
II No'lu Ocak	5	17,02
III No'lu Ocak	4	36,04

N: Deney sayısı

Africano Mermerleri'nin tuz (Na_2SO_4) deneyi sonrası tek eksenli basınç direnç kaybı I ve III No'lu ocakta oldukça yüksek, II No'lu ocakta görece olarak daha az direnç kaybı gözlenmiştir. Yukarıdaki formül ile direnç kaybı I No'lu ocakta % 32,04, II No'lu ocakta % 17,02, III No'lu ocakta % 36,04 olarak hesaplanmıştır (Tablo 6.45, Şekil 6.31, Ek 17).

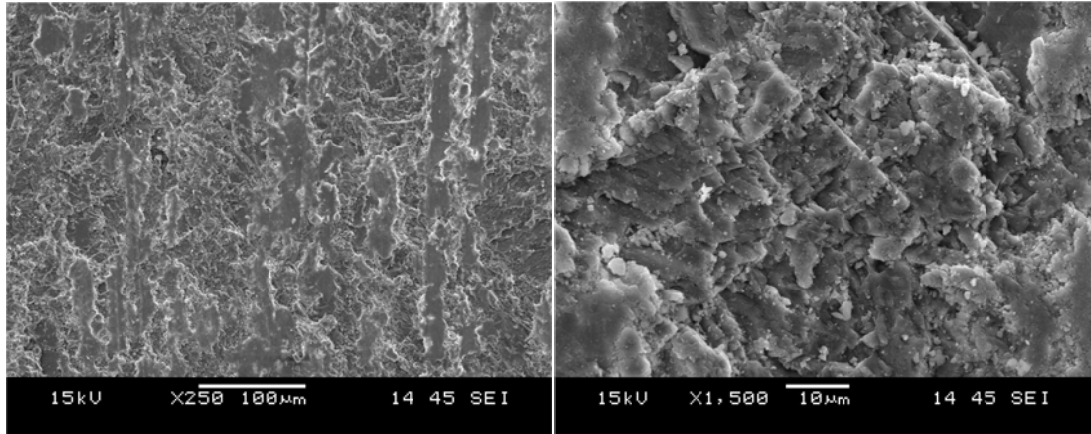


Şekil 6.31 Africano Mermeri'nin taze numune ile tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci karşılaştırması

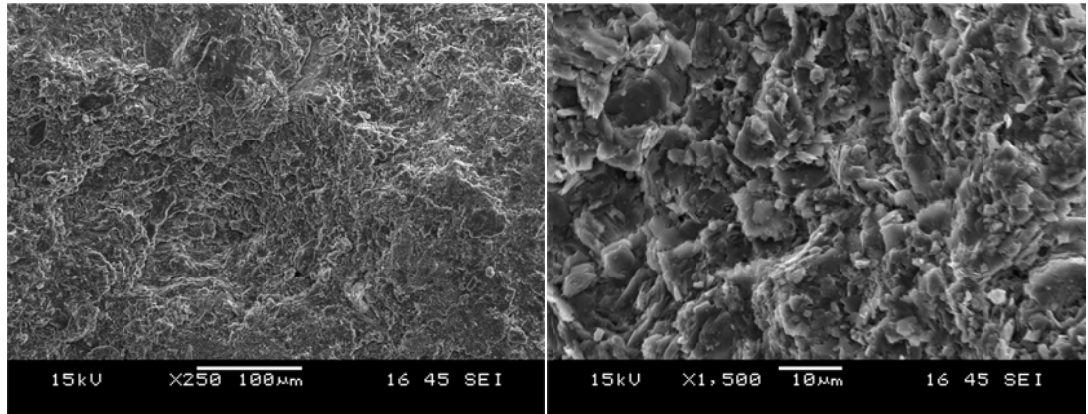
6.3.4.4 Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin SEM yüzey görüntüsü

Tuz kristallenmesi deneyi sonrası Africano Mermerleri'nin fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin yanı sıra yüzeylerinde görülen bozunma elektron mikroskobu (SEM) yardımı ile belirlenmiştir.

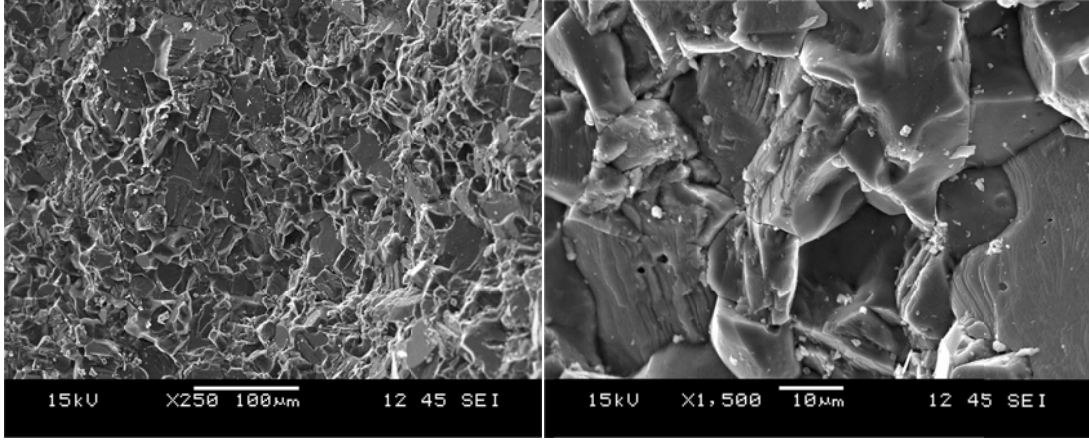
Dokuz Eylül Üniversitesi, Malzeme ve Metalurji Mühendisliği SEM Laboratuvarı'nda Jeoljism 6060 aleti yardımı ile taze ve hızlandırılmış buzunma deneyi (tuz kristallenmesi) sonrası numunelerin yüzeylerinden alınan kaya parçalarının 250 ve 1500 büyütmede SEM görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 6.32, 6.33, 6.34, 6.35).



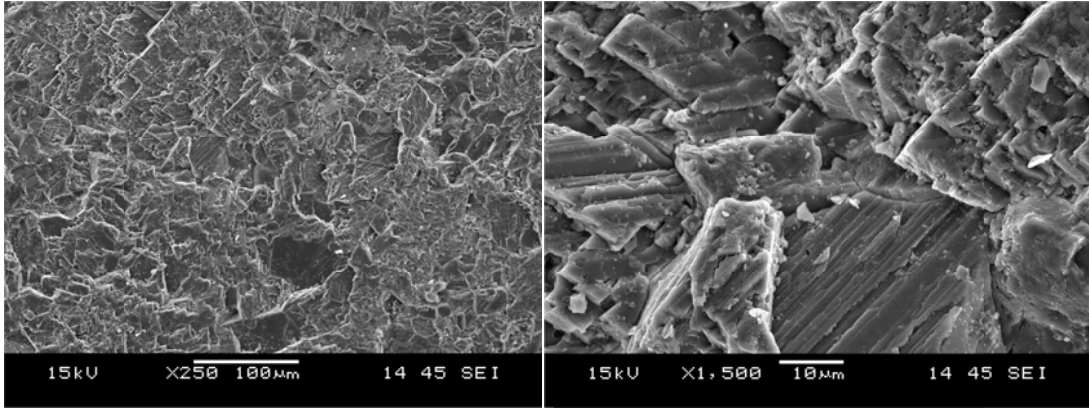
Şekil 6.32 I No'lu ocaktan alınan numunenin matriksinin tuz kristallenmesi deneyi öncesi SEM görüntüsü



Şekil 6.33 I No'lu ocaktan alınan numunenin matriksinin tuz kristallenmesi deneyi sonrası SEM görüntüsü



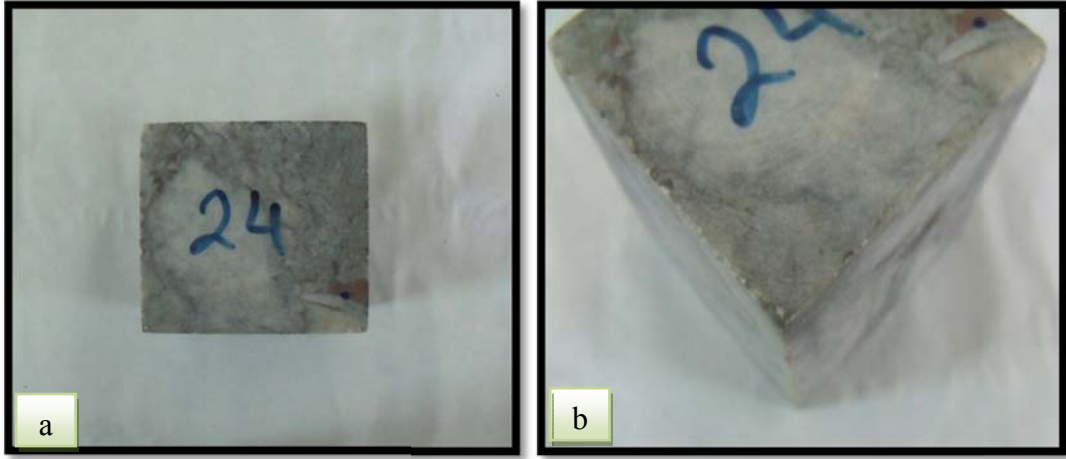
Şekil 6.34 III No'lu ocaktan alınan numunenin tuz kristallenmesi deneyi öncesi SEM görüntüsü



Şekil 6.35 III No'lu ocaktan alınan numunenin tuz kristallenmesi deneyi sonrası SEM görüntüsü

6.3.5 İslanma Kuruma Deneyi

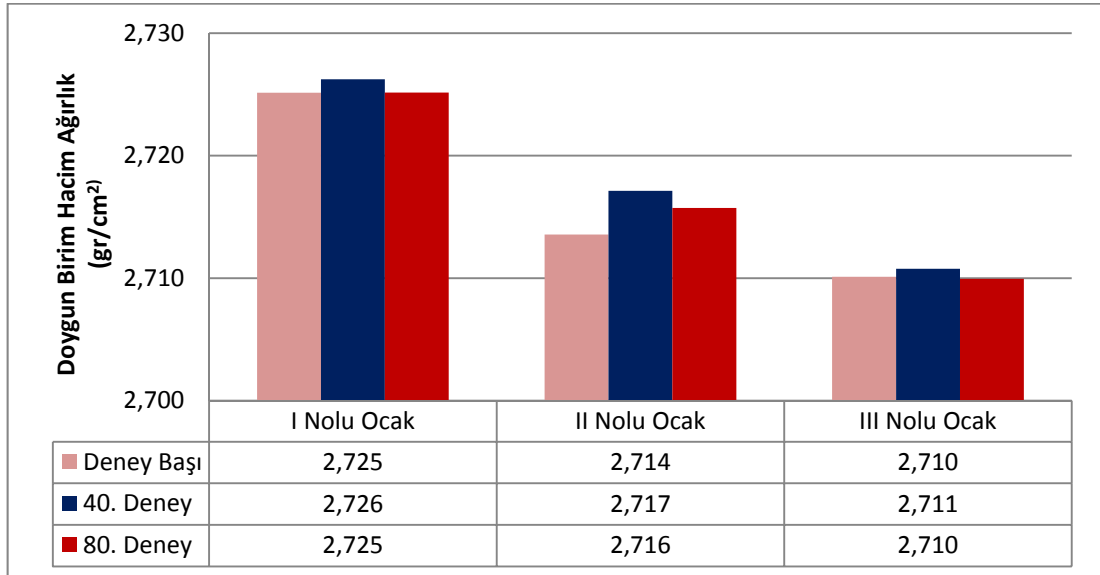
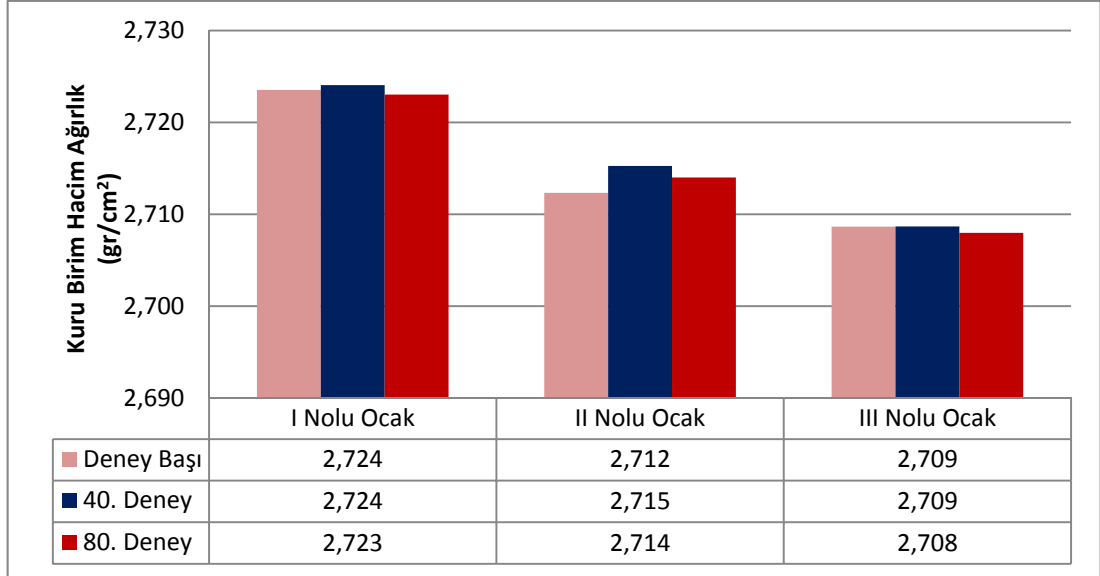
İslanma–kuruma deneyi doğal yapıtaşı olarak kullanılacak kayaların durabilitelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir deneydir (Yavuz 2006, Topal ve Sözen 2003, Topal 2009, Rossi-Manaresi 1976, Knöfel ve diğ., 1987). Africano Mermerleri'nin ıslanma–kuruma deneyi sonrası fiziksel özellikleri, kütle kaybı ve tek eksenli basınç direncindeki değişim incelenmiştir. 7x7x7 cm boyutlarındaki küp numuneler TS 699'da öngörüldüğü şekilde deneye tabi tutulmuşlardır. Toplam 80 kere tekrar edilen bu deney sonunda Africano Mermerlerinin porozite, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme ve boşluk oranı gibi fiziksel özelliklerindeki değişim ile toplam kütle kaybı ve tek eksenli basınç direncindeki değişim araştırılmıştır.



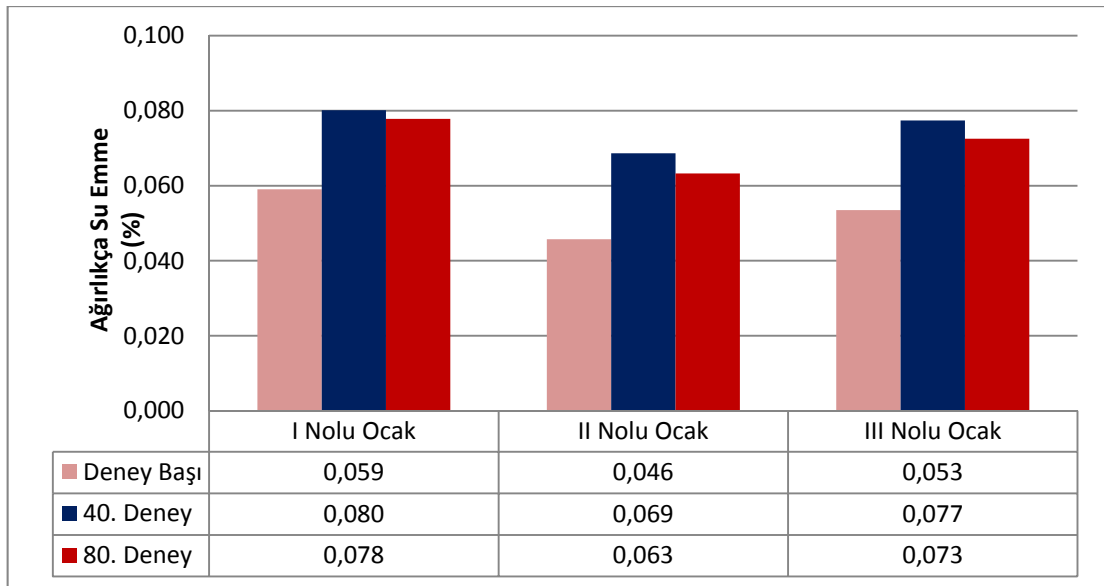
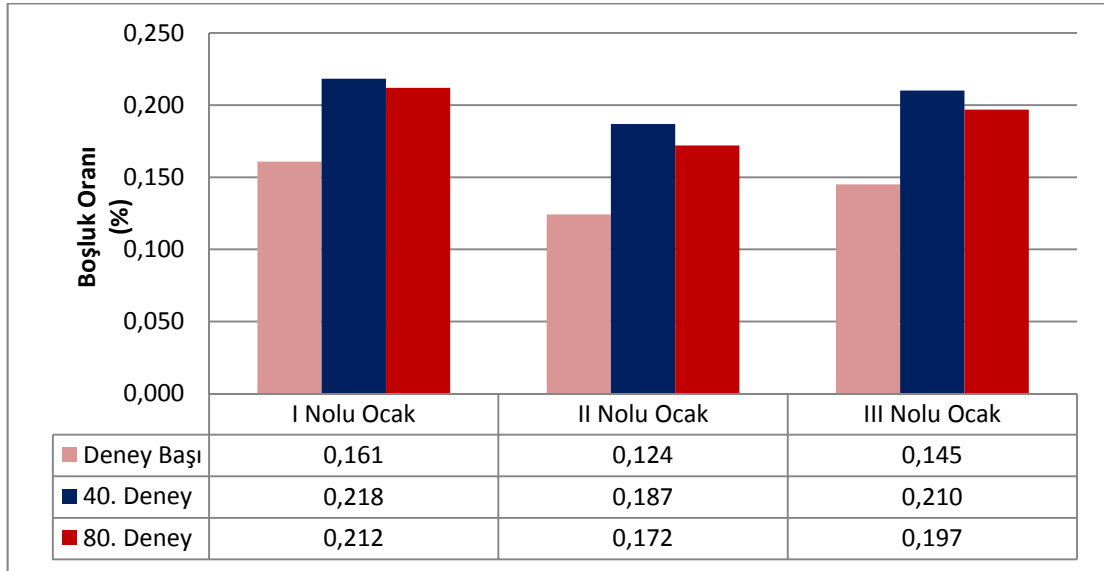
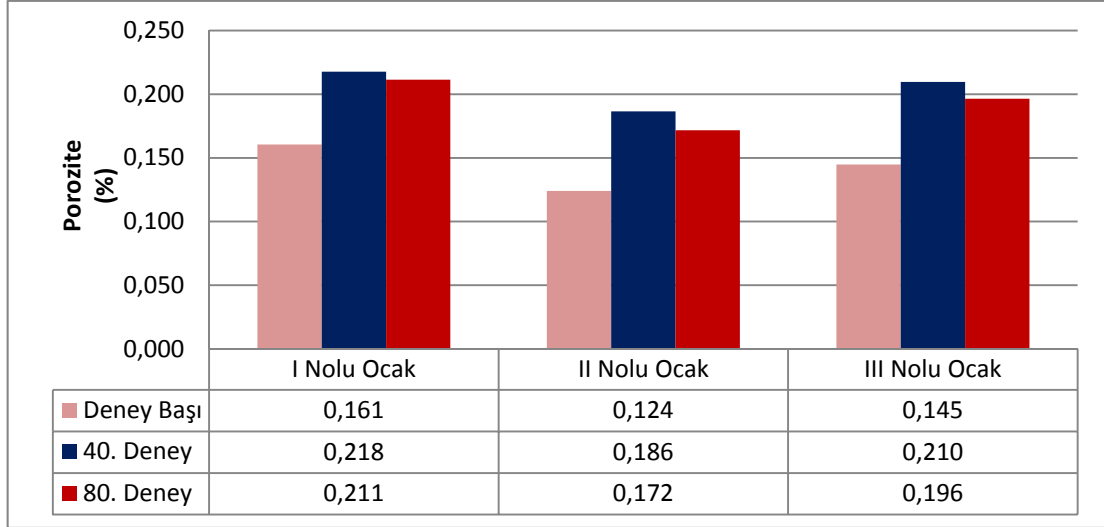
Şekil 6.36 Islanma kuruma deneyi öncesi numune görünümü (a-b)

6.3.5.1 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Fiziksel Özellikleri

Islanma–kuruma deneyine tabi tutulan kaya numunelerin deney sonu fiziksel özellikleri hesaplanmıştır. Numunelerin deneye başlamadan önceki fiziksel özellikleri ile deneyden sonraki fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 6.37,6.38, Ek 18).



Şekil 6.37 Islanma kuruma deney öncesi ve sonrası kuru-doygun birim hacim ağırlıkları



Şekil 6.38 Islanma kuruma deney öncesi ve sonrası porozite, boşluk oranı ve ağırlıkça su emme değeri

Islanma – kuruma deneyi sonrası I No’lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,08, doygun birim hacim ağırlığında % 0,06 azalma, boşluk oranında % 24,08, ağırlıkça su emme değerinde % 24,01 ve porozitesinde % 24,03 oranında artma, II No’lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,03, doygun birim hacim ağırlığında % 0,02 azalma, boşluk oranında % 27,71, ağırlıkça su emme değerinde % 27,72 ve porozitesinde % 27,68 oranında artma, III No’lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,03, doygun birim hacim ağırlığında % 0,01 azalma, boşluk oranında % 26,29, ağırlıkça su emme değerinde % 26,27 ve porozitesinde % 26,26 oranında artma görülmüştür (Şekil 6.37, 6.38).

6.3.5.2 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri’nin Kütle Kaybı

Islanma–kuruma deneyine tabi tutulan kaya numunelerin deney sonunda $\pm 0,01$ hassasiyet ile tartılan kuru ağırlığı ile deney basında tartılan kuru ağırlığı karşılaştırılmış ve kütle kaybı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmış ve değerler tablo 6.46’da verilmiştir (Eşitlik 18).

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots \dots \dots (18)$$

W : Deney sonu kütle kaybı (%)

W₁ : Deneye başlamadan önceki kuru ağırlık (gr)

W₂ : Deney sonrası kuru ağırlık (gr)

Tablo 6.46 Africano Mermeri'nin ıslanma – kuruma deneyi sonrası kütle kaybı

Lokasyon	N	Islanma Kuruma Sonrası Kütle Kaybı		Standart Sapma
		Ortalama (%)		
I No'lu Ocak	5	40 Deney Sonu	0,05	$\pm 0,03$
		80 Deney Sonu	0,06	$\pm 0,01$
II No'lu Ocak	6	40 Deney Sonu	0,04	$\pm 0,04$
		80 Deney Sonu	0,08	$\pm 0,05$
III No'lu Ocak	4	40 Deney Sonu	0,04	$\pm 0,07$
		80 Deney Sonu	0,05	$\pm 0,01$

N: Deney sayısı

80 kere yapılan ıslanma kuruma deneyi sırasında I No'lu ocakta 1. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,05 \pm 0,03$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) kütle kaybı % $0,06 \pm 0,01$ olarak belirlenmiştir. II No'lu ocakta 1. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,04 \pm 0,04$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) kütle kaybı % $0,08 \pm 0,05$ olarak belirlenmiştir. III No'lu ocakta 1. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,04 \pm 0,07$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) kütle kaybı % $0,05 \pm 0,01$ olarak belirlenmiştir (Ek 18).

6.3.5.3 Islanma kuruma Deneyi Sonrası Africano Mermerleri'nin Direnç Kaybı

Islanma–kuruma deneyine tabi tutulan 15 adet $7 \times 7 \times 7$ cm boyutlarındaki kireçtaşı numunesi deney sonunda 200 tonluk hidrolik pres yardımı ile tek eksenli basınç direnci saptanmış ve taze numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç direnci deneylerinden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır (Şekil 6.40). Islanma–kuruma deneyi sonrasında I No'lu ocağın % 10,76, II No'lu ocağın % 6,43, III No'lu ocağın % 3,38 oranında tek eksenli basınç direnci kaybına uğradıkları aşağıdaki formül kullanılarak saptanmıştır (Tablo 6.47, 6.48, Ek 19).

Tablo 6.47 Islanma – kuruma deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci ortalamaları

Lokasyon	Islanma Kuruma Deneyi Sonrası Direnç Değişimi			
	N	Ortalama Değer (\bar{x}) ± Standart Sapma (SD)	Kuru TEBD (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru TEBD (kg/cm ²)
I No'lu Ocak	5	Ortalama	1335,65	1191,95
		Standart Sapma	±27,76	±129,94
II No'lu Ocak	6	Ortalama	1378,43	1289,76
		Standart Sapma	±19,87	±193,56
III No'lu Ocak	4	Ortalama	986,21	952,91
		Standart Sapma	±7,47	±171,98

N: Deney sayısı

$$f = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100 \dots \dots \dots (17)$$

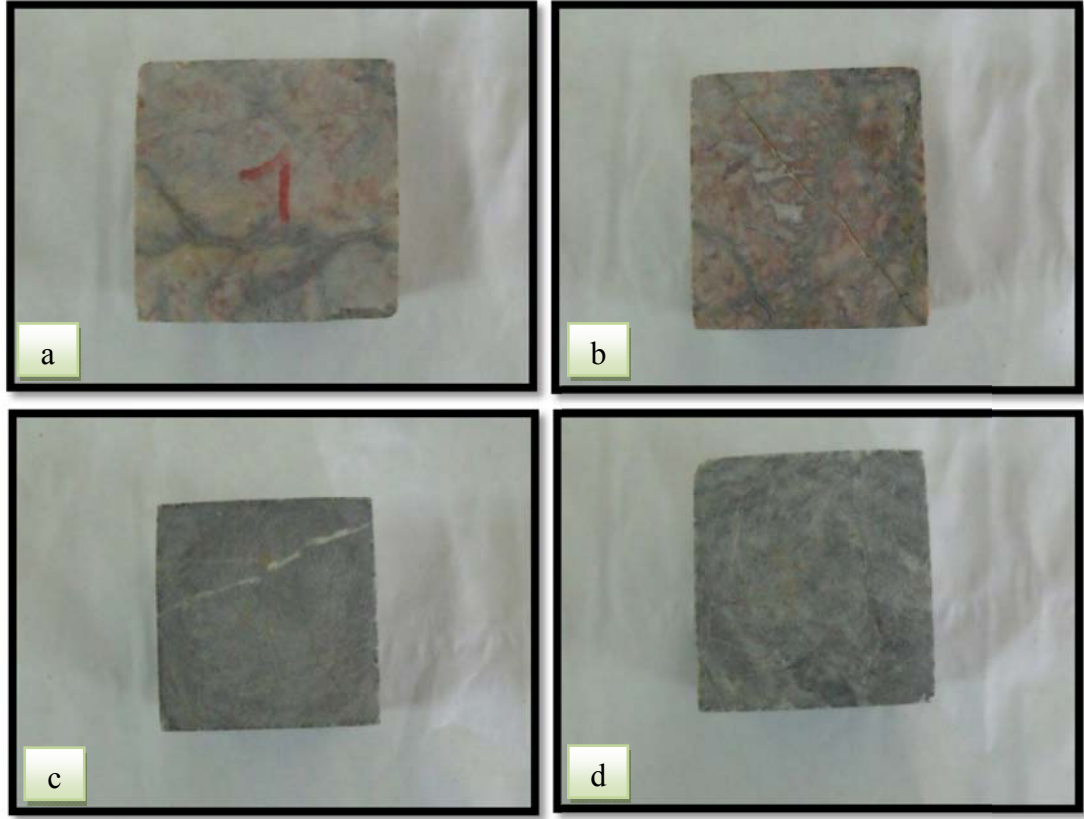
f :Deney sonunda meydana gelen direnç kaybı (%)

 δ_1 :Taze numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²) δ_2 :Deney sonrası numunelerin tek eksenli basınç direnci ortalaması (kgf/cm²)

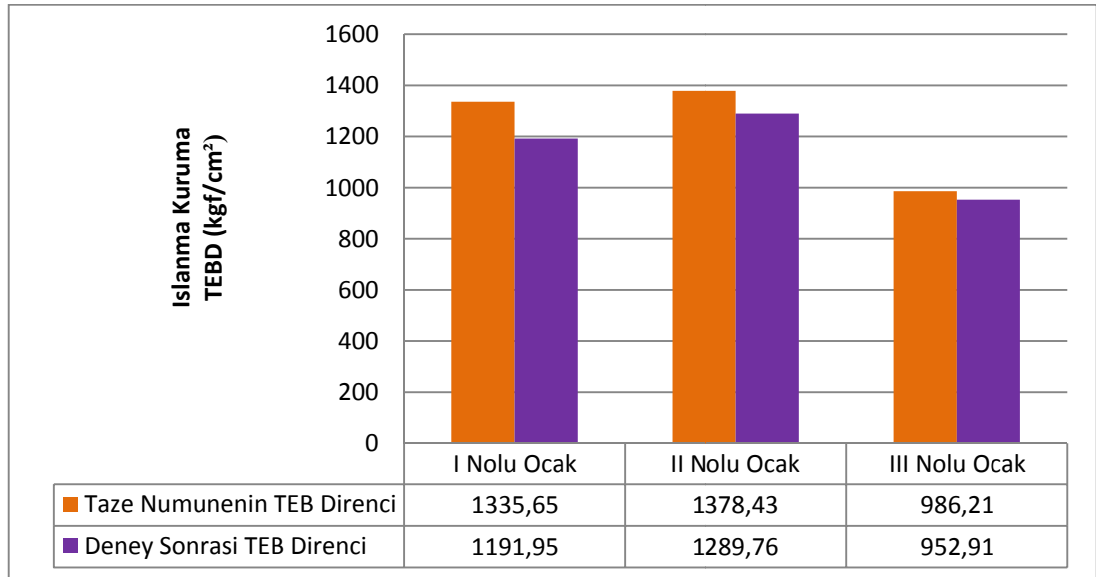
Tablo 6.48 Islanma kuruma deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci kaybı

Lokasyon	N	Direnç kaybı (%)
I No'lu ocak	5	10,76
II No'lu ocak	6	6,43
III No'lu ocak	4	3,38

N: Deney sayısı



Şekil 6.39 Islanma kuruma deneyi sonrası Africano Mermerleri'nin yüzey görüntüleri



Şekil 6.40 Africano Mermeri'nin taze numune ile ıslanma – kuruma deneyi sonrası tek eksenli basınç direnci karşılaştırması

6.4 Gözenek Boyutunun Tayini

Gözenek boyutunun tayini (PSD) kayaç içerisindeki sıvının taşınması ve yükselmesini kontrol eden, kaya durabilitesini belirlemede temel bir faktör olarak dikkate alınır (Vos 1976, Punuru ve diğ. 1990, Winkler 1997, Benavere ve diğ. 2004, Török ve diğ. 2005, Yu ve Oguchi 2010).

Gözenek boyutu kayaç durabilitesinde donma çözünme için önemli bir parametre olarak dikkate alınmaktadır. Larsen ve Candy (1969) gözenek suyunun kayacın dışına atılmadığı kritik gözenek boyutunu 5 μm 'nin altında olduğunu belirtmiştir.

Kayaçların donma çözünme sonrası durabilitesi açısından gözenek boyu dağılımı önemli bir parametredir (Topal ve Doyuran 1997).

Bu nedenle 5 μm 'den daha düşük gözenek boyutuna sahip kayaçlar, don zararından kolay etkilenirler (Topal ve Doyuran 1998).

Bundan başka, tuz kristallenmesi etkisine karşı kayacın hasar derecesini belirler. Örneğin düşük poroziteli bir kayaç, eğer önemli ölçüde mikro gözenek içeriyor ise tuz etkisine dayanıksız olabilir. Özellikle mikro gözeneklerin ortalama gözenek boyutu farklıysa toplamda aynı poroziteye sahip iki kayacın zararının derecesi farklıdır. Bunun dışında mikroporozite, tuz kristallenmesi hasarının en etkili nedeni olarak gösterilmektedir (Schaffer 1932, Sperling ve Cooke 1985, Ordóñez ve diğ. 1997, Yu ve Oguchi 2010). Aynı zamanda teorik çalışmalar gözenekli materyalin tuz kristallenmesi hasarını mikrogözeneklere bağlar (Wellman ve Wilson 1965, Scherer 1999, Flatt 2002, Stiger 2005a,b, Yu ve Oguchi 2010).

Bununla birlikte çeşitli alanlarda laboratuvar ve teorik araştırmalar kristalizasyon hasarını kolaylaştırdığı mikro gözeneklerin değişik boyutları rapor edilmiştir. Bunlar şöyledir; gözenek yarıçapı 0,05 μm 'den daha küçük (Steiger, 2005b, Scherer, 2006), 0,1 μm (Ordóñez ve diğ. 1997), 0,5 μm (Punuru ve diğ. 1990, Rossi-Manaresi ve Tucci 1991), 1 μm (Benavente ve diğ. 2004), 2,5 μm (Fitzner, 1988, Mod'd ve diğ.

1996) ve gözenek yarıçapı 0,5 ile 5 μ m (Zehnder ve Arnold 1989, Yu ve Oguchi 2010) arasında olmalıdır.

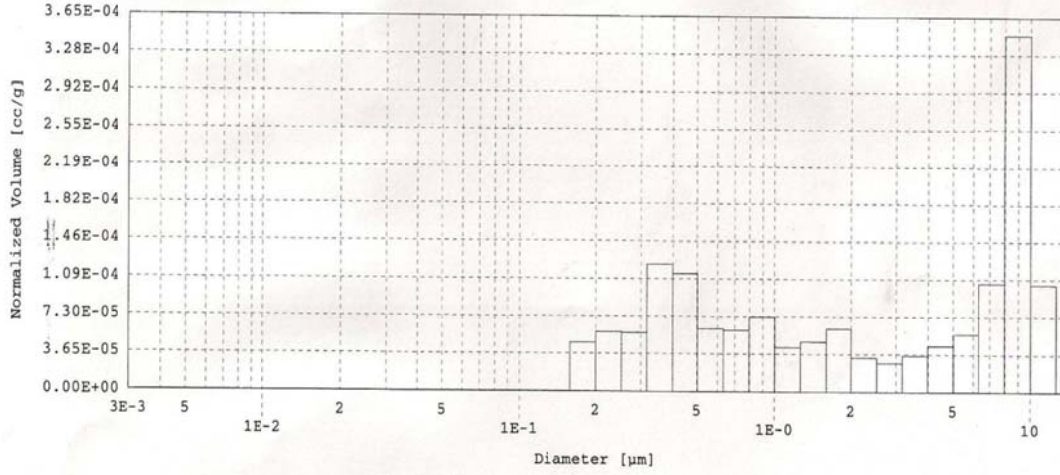
Africano Mermeri heterojen ve breşik bir kayaç olduğu için içerdiği çakıllardan ve matriksten ayrı ayrı numune alınıp gözenek boyutu hesaplanmıştır. Gri renkli kayaç, homojen olduğu için bu kayadan tek bir numune alınmıştır.

Africano Mermerleri'nin gözenek boyutu, civa porozimetresinin verilerinden hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, Africano Mermerleri'nin gözenek boyu tanımlaması, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'nda civalı porozimetre ile (Pore master 6) yapılmış ve elde edilen veriler yardımıyla kaya numunelerinin gözenek boyu dağılım grafikleri ile ortalama görünür gözeneklilik ve ortalama gözenek boyu değerleri hesaplanmıştır. Africano Mermerleri'nin efektif porozitesi I No'lu ocakta % 0,21 ile %1,49, II No'lu ocakta % 0,37 ile % 2,02 arasında değişiklik göstermektedir. III No'lu ocağın efektif porozitesi ise % 0,27 dir (Şekil 6.41, 6.42, 6.43, 6.44, 6.45, 6.46, 6.47, 6.48, 6.49).

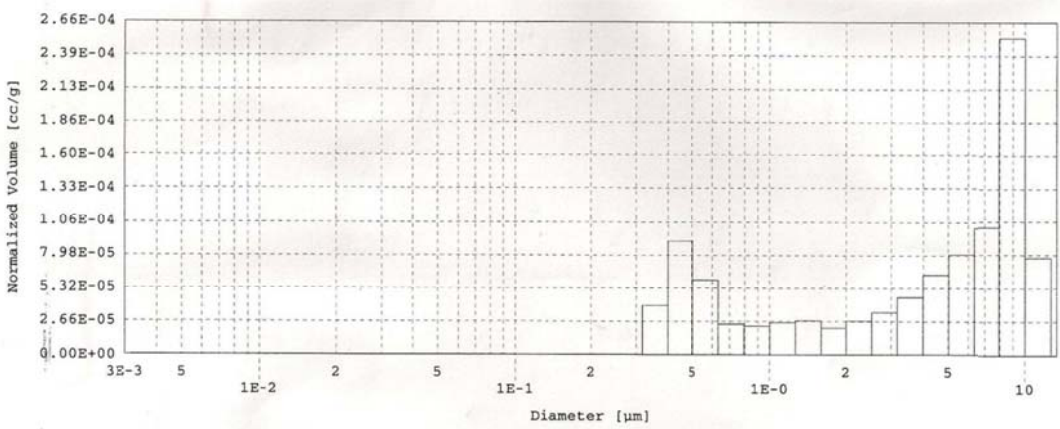
Africano Mermerleri'nin gözenek boyu ise, I No'lu ocakta 0,23 μ m ile 1,49 μ m, II No'lu ocakta ise 0,86 ile 1,67 μ m arasında değişim göstermektedir. III No'lu ocakta ise gözenek boyu 0,94 μ m'dir (Şekil 6.41, 6.42, 6.43, 6.44, 6.45, 6.46, 6.47, 6.48, 6.49).

I No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği beyaz çakıl numunesinin efektif porozitesi % 0,41, gözenek boyu 0,81 μ m olarak tespit edilmiştir.



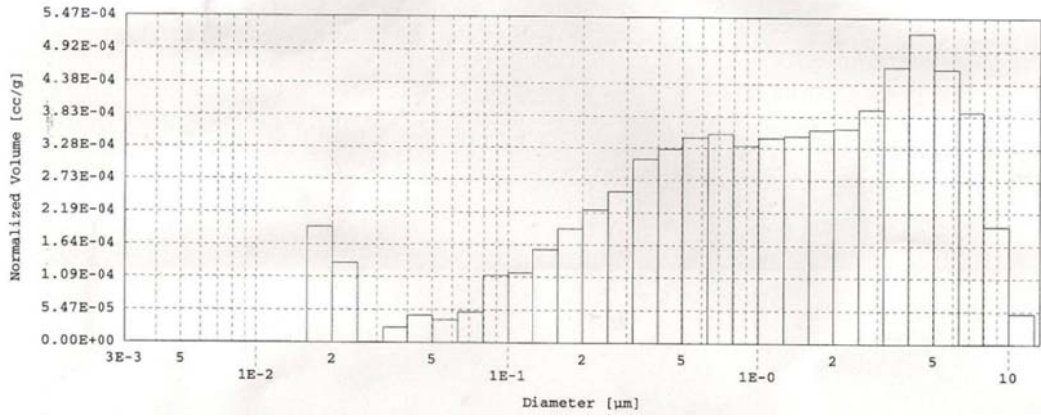
Şekil 6.41 I No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin içerdiği beyaz çakıl numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

I No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin kırmızı çatlak dolgulu temsili kaya numunesinin efektif porozitesi % 0,21, gözenek boyu 1,49 µm olarak tespit edilmiştir.



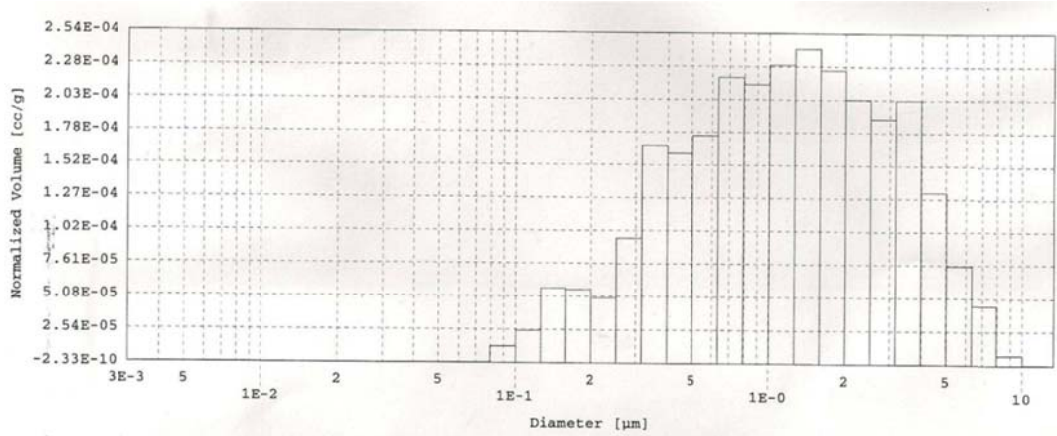
Şekil 6.42 I No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin kırmızı çatlak dolgulu temsili kaya numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

I No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği gri çakıl numunesinin efektif porozitesi % 1,49, gözenek boyu 0,23 µm olarak tespit edilmiştir.



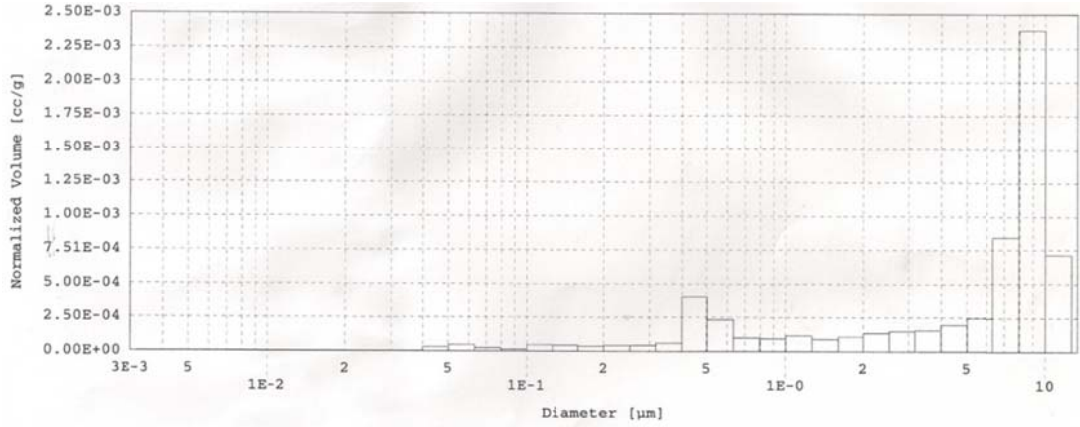
Şekil 6.43 I No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin içerdiği gri çakıl numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

I No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği yeşil matriksten alınan numunenin efektif porozitesi % 0,63, gözenek boyu 0,68 µm olarak tespit edilmiştir.



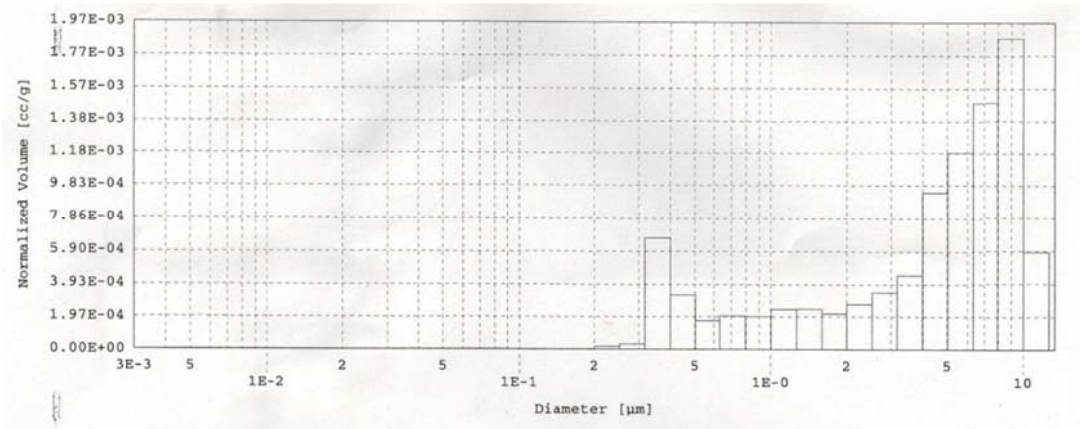
Şekil 6.44 I No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermerleri'nin içerdiği yeşil matriksten alınan numunenin gözenek boyu dağılım grafiği

II No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği yeşil matriksten alınan numunenin efektif porozitesi % 0,37, gözenek boyu 0,86 µm olarak tespit edilmiştir.



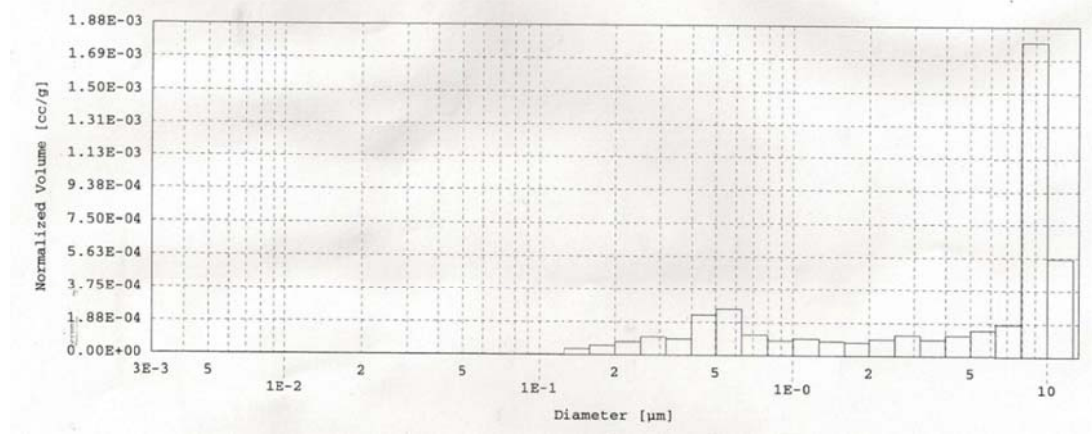
Şekil 6.45 II No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin içerdiği yeşil matriksten alınan numunenin gözenek boyu dağılım grafiği

II No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği beyaz çakıl numunesinin efektif porozitesi % 2,02, gözenek boyu 1,67 µm olarak tespit edilmiştir.



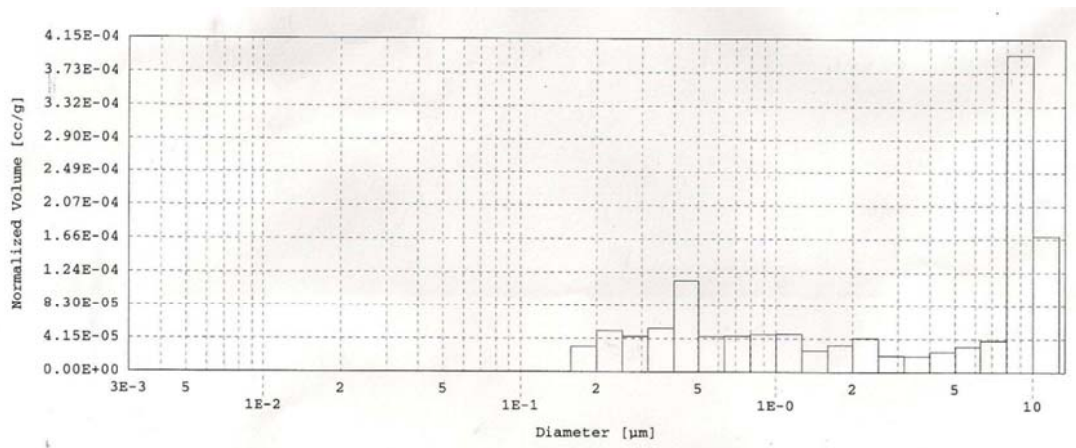
Şekil 6.46 II No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin içerdiği beyaz çakıl numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

II No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin içerdiği kırmızı çakıl numunesinin efektif porozitesi % 0,79, gözenek boyu 1,29 µm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.47 II No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin içerdiği kırmızı çakıl numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

III No'lu ocaktan alınan Africano Mermeri'nin homojen kaya numunesinin efektif porozitesi % 0,27, gözenek boyu 0,94 µm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.48 III No'lu antik mermer ocağından alınan Africano Mermeri'nin homojen kaya numunesinin gözenek boyu dağılım grafiği

6.5 Ultrasonik Ses Hızı Tayini

Bu deney, kayaç örnekleri içerisinde geçirilen sıkışma (P) ve makaslama (S) dalgalarının yayılma hızlarından yararlanılarak, kayaç malzemesinin dinamik Young modülü ile dinamik Poisson oranının tayini amacıyla yapılır. Yöntem, homojen ve izotrop veya çok az derecede anizotropiye sahip kayaçlarda uygulanabilir. Bu deneyle tayin edilen elastik sabitler, statik laboratuvar yöntemleriyle veya arazide

(yerinde) uygulanan tekniklerden elde edilen değerlerle çoğu kez uyumsuz ve genellikle daha yüksektirler (Ulusay 2005).

Ses, homojen kayalarda belirli bir hızda hareket ederken kayalarda süreksizlik olması durumunda yayılma hızında bir yavaşlama olur. Bu sayede çatlak yoğunluğu, sıklığı ve bunların kayaç içerisinde oluşturdukları ikincil parametreler hakkında genel bir bilgi edinebilir (Davis 1972).

Bu anlamda Africano Mermerleri üzerinde uygulanan tuz kristallenmesi, donma çözünme ve ıslanma kuruma deneyleri sonrasında gelişen bozunmanın saptanması amacıyla deney öncesi taze numuneler ile deneylere tabi tutulmuş numuneler üzerinde ses hızı ölçümleri (V_p) yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.49 ve Şekil 6.49, 6.50, 6.51’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

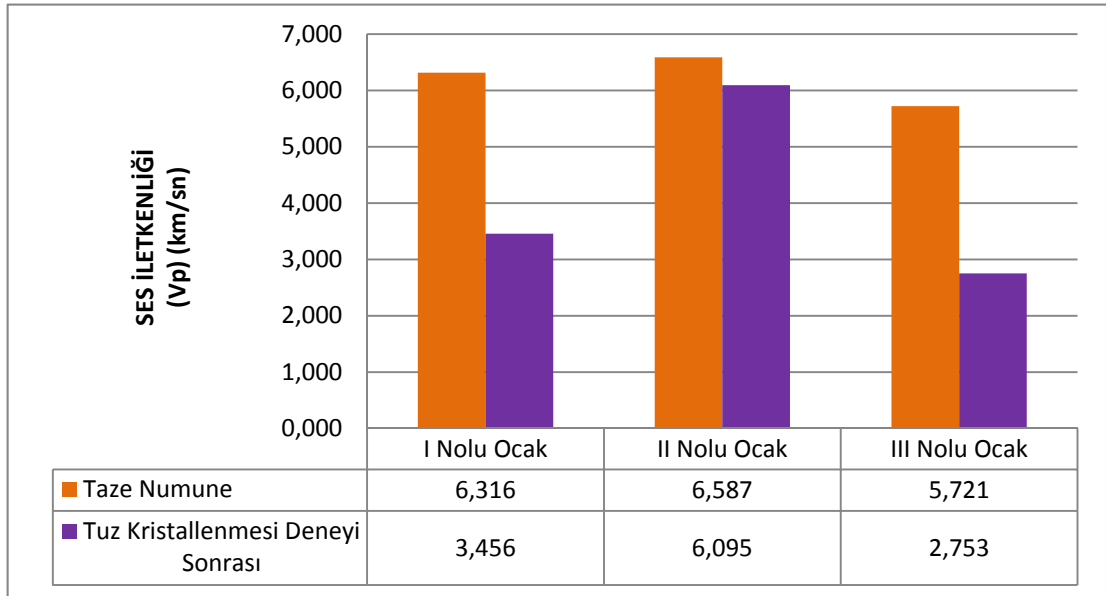
Tablo 6.49 Ultrasonik ses hızı iletkenliğinin, taze ve durabilite deneylerine maruz kalmasından sonraki değişimi

Ocak No	Ort. \pm S.S	N	Taze Numune (km/sn)	N	Tuz Kristal. Sonrası (km/sn)	N	Donma Çözünme Sonrası (km/sn)	N	Islanma Kuruma Sonrası (km/sn)
I No’lu Ocak	Ort.	5	6,21	4	3,46	4	5,41	7	6,29
	S.S		$\pm 0,32$		$\pm 0,18$		$\pm 0,51$		$\pm 0,07$
II No’lu Ocak	Ort.	5	6,59	4	6,10	6	6,31	5	5,92
	S.S		$\pm 0,19$		$\pm 0,29$		$\pm 0,22$		$\pm 0,74$
III No’lu Ocak	Ort.	4	5,72	4	2,75	4	5,26	4	5,14
	S.S		$\pm 0,19$		$\pm 0,34$		$\pm 0,31$		$\pm 0,37$

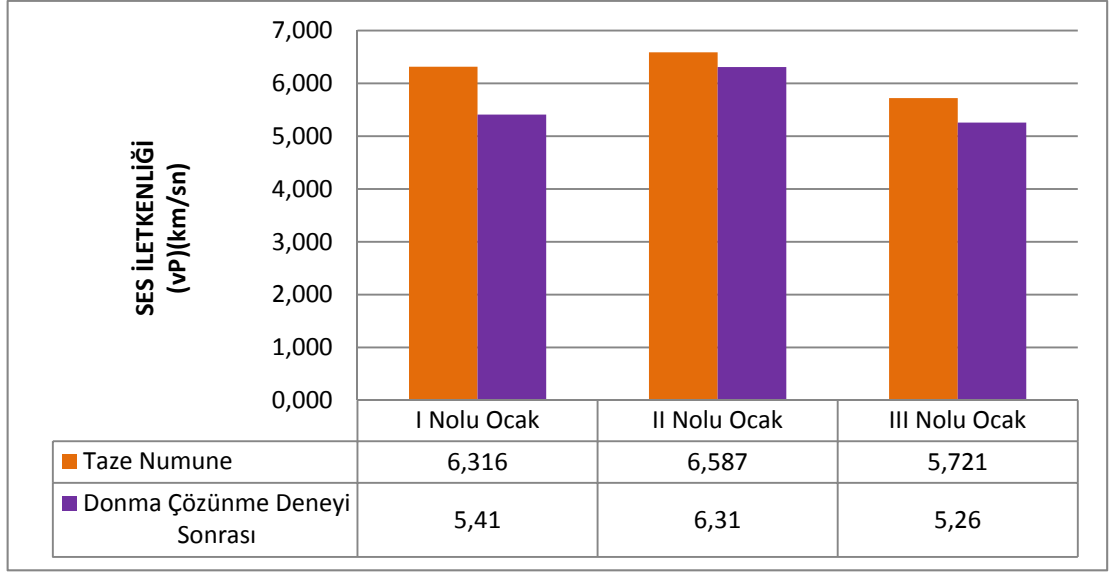
Ort: Ortalama S.S: Standart sapma N: Numune sayısı

Taze numunelerdeki ses hızı iletkenliği I No’lu ocakta 6,21 km/sn, II No’lu ocakta 6,59 km/sn, III No’lu ocakta 5,72 km/sn olarak ölçülmüştür. Tuz kristallenmesi

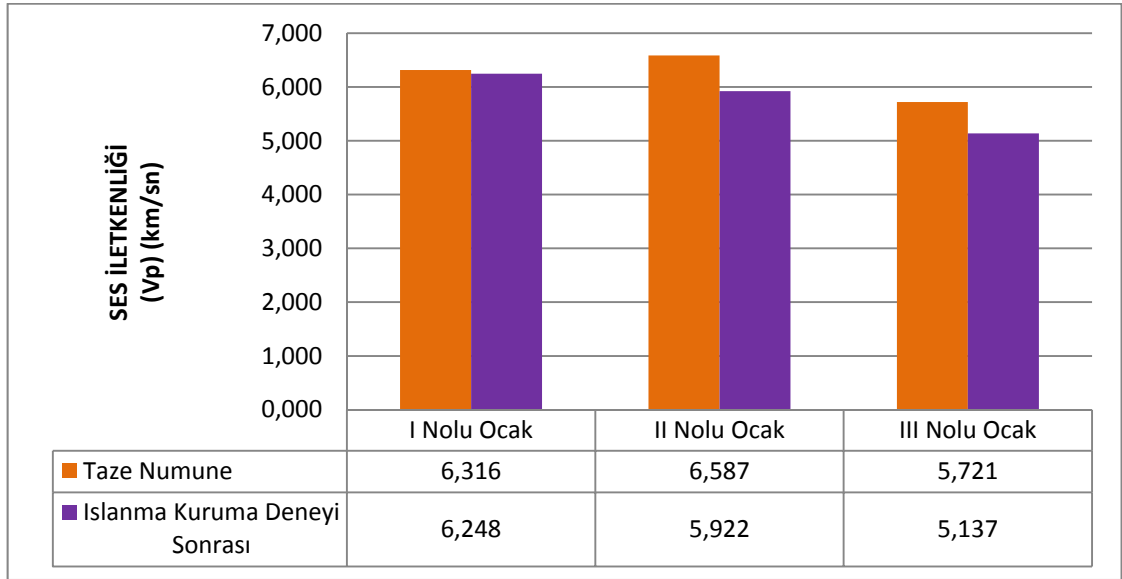
deneyi sonrasında numunlerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 3,46 km/sn, II No'lu ocakta 6,10 km/sn, III No'lu ocakta 2,75 km/sn olarak; donma çözünme deneyi sonrasında numunlerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 5,41 km/sn, II No'lu ocakta 6,31 km/sn, III No'lu ocakta 5,26 km/sn olarak; ıslanma kuruma deneyi sonrasında numunlerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 6,29 km/sn, II No'lu ocakta 5,92 km/sn, III No'lu ocakta 5,14 km/sn olarak değişim göstermiştir (Tablo 6.49; Şekil 6.50, 6.51, 6.52, Ek 20).



Şekil 6.49 Ultrasonik ses hızı iletkenliği deneyinin, taze numune ve tuz kristallenmesi deneyi sonrası değişimi



Şekil 6.50 Ultrasonik ses hızı iletkenliği deneyinin, taze numune ve donma çözünme deneyi sonrası değişimi



Şekil 6.51 Ultrasonik ses hızı iletkenliği deneyinin, taze numune ve ıslanma kuruma deneyi sonrası değişimi

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

İzmir Seferihisar'da bulunan Africano Mermerlerine ait 3 adet antik mermer ocağının 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmış, kesit alınmıştır. Ocaklarda yapılan süreksizlik ölçümleri sonucunda; II No'lu ocakta 202/74, 213/86, 230/68 ve 248/79 olmak üzere yüksek eğim açısına sahip ve yaklaşık olarak birbirlerine paralel konumlu 4 adet, III No'lu ocakta 308/65 ve 233/18 olmak üzere 2 adet süreksizlik setinin varlığı belirlenmiştir. Üretim basamakları gözlenebilen II ve III No'lu antik mermer ocaklarında hat ölçüm tekniği kullanılarak yapılan süreksizlik düzlemi ölçümleri sonucu, Africano mermerinin ortalama çatlak ara uzaklığının II No'lu ocakta $99,02 \pm 82,85$ cm, III No'lu ocakta 57 ± 30 cm olduğu belirlenmiştir.

I No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yer alan yarı işlenmiş antik kaya bloklarının boylarının 1,65 – 3,58 m arasında değiştiği ve ortalama boylarının $2,37 \pm 0,67$ m olduğu, yüksekliklerinin 0,75 – 2,4 m arasında değiştiği ve ortalama yüksekliğin $1,56 \pm 0,52$ m olduğu, enlerinin 0,55 -1,93 m arasında değiştiği ve ortalama enin $1,19 \pm 0,46$ m olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında I No'lu Africano mermer ocağından üretilmiş olan kaya bloklarının hacimlerinin 0,88-11,65 m³ arasında değiştiği ve ortalama hacmin $5,40 \pm 4,12$ m³ olduğu hesaplanmıştır.

II No'lu antik mermer ocağı yakın çevresinde yer alan yarı işlenmiş antik kaya bloklarının boylarının 1,17-2,65 m arasında değiştiği ve ortalama boylarının $1,45 \pm 0,59$ m olduğu, yükseklerinin 0,74-1,20 m arasında değiştiği ve ortalama yüksekliğin $1,06 \pm 0,18$ m olduğu, enlerinin 0,46-0,96 m arasında değiştiği ve ortalama enin $0,77 \pm 0,21$ m olduğu belirlenmiştir. Bu veriler ışığında II No'lu Africano mermer ocağından üretilmiş olan kaya bloklarının hacimlerinin 0,48-3,05 m³ arasında değiştiği ve ortalama hacmin $1,30 \pm 0,94$ m³ olduğu hesaplanmıştır.

Africano Mermerleri'nin bulunduğu I No'lu ocağın gerçek yoğunluğu 2,77 gr/cm³, görünür porozitesinin % 0,19± 0,11, toplam porozitesinin % 1,63, kuru birim hacim ağırlığının $2,725 \pm 0,02$ gr/cm³, doygun birim hacim ağırlığının $2,727 \pm 0,03$

gr/cm³, ağırlıkça su emme değerinin % 0,0582±0,0350, boşluk oranının % 0,1911±0,1116, tek eksenli basınç direnci değerinin ortalama 1335,65±283,02 kg/cm², Böhme yüzeysel aşınma kaybının ortalama 4,65±0,55 cm³/50cm², eğilme direncinin ortalama 130,6±3,39 kg/cm², darbe direncinin ortalama 53,60±12,44 kgcm/cm³, Brazilian (indirekt) çekme direncinin 61,173±6,30 kg/cm² ve nokta yükü dayanım indeksi 77,22±34,70 kg/cm² olduğu saptanmıştır (Tablo 7.1).

II No'lu ocağın gerçek yoğunluğu 2,76 gr/cm³, görünür porozitesinin % 0,1590±0,0960, toplam porozitesinin % 1,279, kuru birim hacim ağırlığının 2,725±0,04 gr/cm³, doymuş birim hacim ağırlığının 2,726±0,04 gr/cm³, ağırlıkça su emme değerinin % 0,0698±0,0397, boşluk oranının % 0,1594±0,0964, tek eksenli basınç direnci değerinin ortalama 1378,43±202,61 kg/cm², Böhme yüzeysel aşınma kaybının ortalama 4,06±0,17 cm³/50cm², eğilme direncinin ortalama 51,4±23,27 kg/cm², darbe direncinin ortalama 18±21,91 kgcm/cm³, Brazilian (indirekt) çekme direncinin 61,452±12,89 kg/cm² ve nokta yükü dayanım indeksi 37,46±27,74 kg/cm² olduğu saptanmıştır (Tablo 7.1).

III No'lu ocağın gerçek yoğunluğu 2,73 gr/cm³, görünür porozitesinin % 0,1603±0,0304, toplam porozitesinin % 0,78, kuru birim hacim ağırlığının 2,709±0,003 gr/cm³, doymuş birim hacim ağırlığının 2,710±0,002 gr/cm³, ağırlıkça su emme değerinin % 0,0592±0,0112, boşluk oranının % 0,1606±0,0305, tek eksenli basınç direnci değerinin ortalama 986,21±76,13 kg/cm², Böhme yüzeysel aşınma kaybının ortalama 4,89±0,31 cm³/50cm², eğilme direncinin ortalama 96,8±16,49 kg/cm², darbe direncinin ortalama 33,6±15,45 kgcm/cm³, Brazilian (indirekt) çekme direncinin 70,846±9,60 kg/cm² ve nokta yükü dayanım indeksi 75,20±26,59 kg/cm² olduğu saptanmıştır (Tablo 7.1).

Kayacın değişik bölümlerinden alınan numunelerin civalı porozimetre ile yapılan gözenek boyu dağılım analizi sonucunda gözenek boyunun çoğunlukla 5 µm'nin altında olduğu belirlenmiştir. Bu da, kayacın donma çözünme ve tuz kristallenmesine karşı hassas olduğunu göstermektedir.

Africano Mermerleri'nin efektif porozitesi I No'lu ocakta % 0,21 ile %1,49, II No'lu ocakta % 0,37 ile % 2,02 arasında değişiklik göstermektedir. III No'lu ocağın efektif porozitesi ise % 0,27 dir (Tablo 7.1).

Africano Mermerleri'nin gözenek boyu ise, I No'lu ocakta 0,23 μm ile 1,49 μm , II No'lu ocakta ise 0,86 ile 1,67 μm arasında değişim göstermektedir. III No'lu ocakta ise gözenek boyu 0,94 μm 'dir (Tablo 7.1).

Ocaklarda bulunan Africano Mermerleri'nin blok, sütun ve şev yüzeylerinde yapılan Schmidt çekici ölçümleri sonunda I No'lu ocaktaki Africano Mermeri bileşenleri pembe-kırmızı renkli çakıllar 49,20, beyaz renkli çakıllar 48,94, gri renkli çakıllar 46,53 ve yeşil matriks 41,35 Schmidt sertliği değerine, II No'lu ocağın 48,33 Schmidt sertliği değerine, III No'lu ocakta bulunan Africano Mermeri üst basamakta 43,04, alt basamakta 44,8 Schmidt sertliği değerine sahip olduğu saptanmıştır (Tablo 7.1).

Kimyasal analizleri yapılan I No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin major element oranları SiO_2 oranının % 0,46 - % 7,36, Al_2O_3 oranının % 0,10 - % 6,06, Fe_2O_3 oranının % 0,40 - % 11,57, MgO oranının % 0,13 - % 2,59, CaO oranının %38,74 - % 55,17, Na_2O oranının % <0,01, K_2O oranının % <0,01 - % 0,01, TiO_2 oranının % 0,01 - % 0,15, P_2O_5 oranının % 0,06 - % 2,35, MnO oranının % 0,03 - % 0,11 arasında değiştii gözlenmiştir.

II No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin major element oranları SiO_2 oranının % 0,10 - % 23,57, Al_2O_3 oranının % 0,03 - % 3,74, Fe_2O_3 oranının % 0,27 - % 8,23, MgO oranının % 0,06 - % 2,48, CaO oranının %32,67 - % 55,71, Na_2O oranının % <0,01 - 0,01, K_2O oranının % <0,01 - % 0,06, TiO_2 oranının % <0,01 - % 0,40, P_2O_5 oranının % 0,08 - % 3,86, MnO oranının % <0,01 - % 0,28 arasında değiştii gözlenmiştir.

III No'lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin major element oranları SiO_2 oranının % 0,14 - % 0,20, Al_2O_3 oranının % 0,03 - % 0,05, Fe_2O_3 oranının %

<0,04 – % 0,07, MgO oranının % 0,21 – % 0,50, CaO oranının %55,87 – % 56,40, Na₂O oranının % <0,01, K₂O oranının % <0,01, TiO₂ oranının % <0,01, P₂O₅ oranının % 0,02 – % 0,03, MnO oranının % <0,01 arasında değiştiği gözlenmiştir.

Kimyasal analizleri yapılan I No’lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,4 ppm, Cu oranının 0,9 ppm – 48,6 ppm, Pb oranının 0,2 ppm – 2,5 ppm, Zn oranının <1 ppm – 11 ppm, Ni oranının 4,8 ppm – 8,2 ppm, As oranının 5,6 ppm – 10,3 ppm, Cd oranının <0,1 ppm – 0,5 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm– 2,6 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir.

II No’lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,2 ppm, Cu oranının <0,1 ppm – 2,9 ppm, Pb oranının <0,1 ppm – 5,5 ppm, Zn oranının <1 ppm – 3 ppm, Ni oranının 2 ppm – 9,8 ppm, As oranının 4,2 ppm – 5,5 ppm, Cd oranının <0,1 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir.

III No’lu antik mermer ocaklarından alınan numunelerin iz element oranları Mo oranının <0,1 ppm – 0,1 ppm, Cu oranının <0,1 ppm – 0,1 ppm, Pb oranının <0,1 ppm – 0,2 ppm, Zn oranının <1 ppm, Ni oranının 2,1 ppm – 2,4 ppm, As oranının 5,11 ppm – 5,5 ppm, Cd oranının <0,1 ppm, Ag oranının <0,1 ppm, Au oranının <0,5 ppm, Hg oranının <0,01 ppm, Bi oranının <0,1 ppm arasında değiştiği gözlenmiştir.

Africano Mermerleri’nin doğgun küp numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç direnci değeri I No’lu ocakta ortalama $1245,36 \pm 166,96 \text{ kgf/cm}^2$, II No’lu ocakta ortalama $1349,14 \pm 103,92 \text{ kgf/cm}^2$, III No’lu ocakta ortalama $957,07 \pm 102,72 \text{ kgf/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Kuru ve doğgun tek eksenli basınç dirençleri oranının I No’lu ocakta % 93,26, II No’lu ocakta % 97,88 ve III No’lu ocakta % 97,05 olduğu saptanmıştır (Tablo 7.1).

Donma çözünme deneyi sonucunda I No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,03 oranında azalma, porozitesinde % 27,87 oranında, doygun birim hacim ağırlığında % 0,06 oranında, boşluk oranı değerinde % 27,93 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 27,85 oranında artış, II No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,04 oranında azalma, porozitesinde % 76,20 oranında, doygun birim hacim ağırlığında % 0,17 oranında, boşluk oranı değerinde % 76,24 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 76,20 oranında artış, III No'lu ocağın kuru birim hacim ağırlığında % 0,03 oranında azalma, porozitesinde % 35,41 oranında, doygun birim hacim ağırlığında % 0,05 oranında, boşluk oranı değerinde % 35,45 oranında, ağırlıkça su emme değerinde % 35,40 oranında artış saptanmıştır (Tablo 7.1).

Donma çözünme deneyi sonrasındaki kütle kaybı I No'lu ocakta % $0,02 \pm 0,01$, II No'lu ocakta % $0,03 \pm 0,02$, III No'lu ocakta % $0,03 \pm 0,01$ olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).

Donma çözünme sonrası direnç değişimi farklı biçimlerde gelişmiş olan Africano Mermerleri deney sonrasında I No'lu ocakta % 6,73 ve II No'lu ocakta % 3,44 oranında direnç kaybı gelişmişken III No'lu antik ocaktan alınan numunelerin donma çözünme sonrası tek eksenli basınç direnci değerinde bir farklılık gelişmemiştir (Tablo 7.1).

Tuz (Na_2SO_4) kristallenmesi 40. deneyi sonrası I No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,52, doygun birim hacim ağırlığında % 0,3 oranında azalma, boşluk oranında % 74,3, ağırlıkça su emme değerinde % 74,4 ve porozitesinde % 74,3 oranında artış, II No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,06, doygun birim hacim ağırlığında % 0,11 oranında azalma, boşluk oranında % 45,1, ağırlıkça su emme değerinde % 45,7 ve görünür porozitesinde % 45 oranında artış, III No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 1, doygun birim hacim ağırlığında % 0,64 oranında azalma, boşluk oranında % 85,1, ağırlıkça su emme değerinde % 85,1 ve porozitesinde % 84,9 oranında artış saptanmıştır (Tablo 7.1).

Tuz kristallenmesi deneyi sırasında I No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,05 \pm 0,04$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,07 \pm 0,01$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,07 \pm 0,03$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,17 \pm 0,07$ olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).

II No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,10 \pm 0,02$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,19 \pm 0,02$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,57 \pm 0,23$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,71 \pm 0,30$ olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).

III No'lu ocakta 1. periyot sonrası (10 çevirim) kütle kaybı % $0,04 \pm 0,04$, 2. periyot sonrası (20 çevirim) kütle kaybı % $0,16 \pm 0,05$, 3. periyot sonrası (30 çevirim) kütle kaybı % $0,88 \pm 0,89$, 4. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $1,71 \pm 1,36$ olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).

Tuz kristallenmesi deneyi sonrasında kayacın tek eksenli basınç direnç kaybı I ve III No'lu ocakta oldukça yüksek, II No'lu ocakta görece olarak daha az direnç kaybı gözlenmiştir. Direnç kaybı I No'lu ocakta % 32,4, II No'lu ocakta % 17,02, III No'lu ocakta % 36,04 olarak tespit edilmiştir (Tablo 7.1).

Islanma kuruma deneyi sonrası I No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,08, doymuş birim hacim ağırlığında % 0,06 azalma, boşluk oranında % 24,08, ağırlıkça su emme değerinde % 24,01 ve porozitesinde % 24,03 oranında artma, II No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,03, doymuş birim hacim ağırlığında % 0,02 azalma, boşluk oranında % 27,71, ağırlıkça su emme değerinde % 27,72 ve porozitesinde % 27,68 oranında artma, III No'lu ocaktan alınan numunelerin kuru birim hacim ağırlığında % 0,03, doymuş birim hacim ağırlığında % 0,006 azalma, boşluk oranında % 26,29, ağırlıkça su emme değerinde % 26,27 ve porozitesinde % 26,26 oranında artma görülmüştür (Tablo 7.1).

80 kere tekrarlanan ıslanma kuruma deneyi sonrasında tek eksenli basınç direnci kaybının I No'lu ocakta % 10,76, II No'lu ocakta % 6,43, III No'lu ocakta % 3,38 oranında olduğu, kütle kaybının ise I No'lu ocakta 1. periyot sonrası (40 çevirim) % $0,05\pm 0,03$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) % $0,06\pm 0,01$ olarak belirlenmiştir. II No'lu ocakta 1. periyot sonrası (40 çevirim) kütle kaybı % $0,04\pm 0,04$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) % $0,08\pm 0,05$ olarak belirlenmiştir. III No'lu ocakta 1. Periyot (40 çevirim) sonrası kütle kaybı % $0,04\pm 0,07$, 2. periyot sonrası (80 çevirim) % $0,05\pm 0,01$ olarak belirlenmiştir (Tablo 7.1).

Ses hızı iletkenliği deneyinde numunelerin deney öncesi ve sonrası ses hızı iletkenliği değerleri bulunmuş ve karşılaştırılmıştır. Taze numunelerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 6,21 km/sn, II No'lu ocakta 6,59 km/sn, III No'lu ocakta 5,72 km/sn olarak ölçülmüştür. Tuz kristallenmesi deneyi sonrasında numunelerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 3,46 km/sn, II No'lu ocakta 6,10 km/sn, III No'lu ocakta 2,75 km/sn olarak; donma çözünme deneyi sonrasında numunelerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 5,41 km/sn, II No'lu ocakta 6,31 km/sn, III No'lu ocakta 5,26 km/sn olarak; ıslanma kuruma deneyi sonrasında numunelerdeki ses hızı iletkenliği I No'lu ocakta 6,29 km/sn, II No'lu ocakta 5,92 km/sn, III No'lu ocakta 5,14 km/sn olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 7.1).

Tablo 7.1 Africano Mermerleri üzerinde yapılan deney sonuçları

Deney	I Nolu Ocak	II Nolu Ocak	III Nolu Ocak
Görünür Porozite (% n)	0,19±0,11	0,16±0,10	0,16±0,03
Toplam Porozite (%)	1,63	1,28	0,78
Efektif Porozite (Civalı Porozimetre ile) (%)	0,69±0,56	1,06±0,86	0,27
Gözenek Boyu Dağılımı (µm)	0,23-1,49	0,86-1,67	0,94
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ _k)	2,73±0,02	2,73±0,04	2,71±0,003
Doğgun Birim Hacim Ağırlık (γ _d)	2,73±0,03	2,73±0,04	2,71±0,002
Kuru T.E.B (σ _c kg/cm ²)	1335,65±283	1378,4±202,6	986,21±76,13
Doğgun T.E.B (σ _c kg/cm ²)	1245,4±166,96	1349,1±103,9	957±162,7
Eğilme Direnci (kg/cm ²)	130,6±3,39	51,4±23,3	96,8±16,5
Brazilian Çekme Direnci (kg/cm ²)	61,17±6,3	61,45±12,9	70,85±9
Nokta Yükleme Deneyi (Is50) (kg/cm ²)	77,2±34,7	37,46±27,74	75,2±26,6
Darbe Direnci (kgcm/cm ³)	53,60±12,44	18±21,91	33,6±15,45
DURABİLİTE DENEYLERİ			
Donma Çözünme Deneyi Sonrası Kütle Kaybı (%)	0,02±0,01	0,03±0,02	0,03±0,01
Donma Çözünme Deneyi Sonrası Direnç Kaybı (%)	6,73	3,44	0,1
Tuz Kristallenmesi Sonrası (Na ₂ SO ₄) kütle kaybı (%)	0,17±0,07	0,71±0,30	1,71±1,36
Tuz Kristallenmesi Sonrası (Na ₂ SO ₄) Direnç Kaybı (%)	%32,4	%17,02	%36,04

Islanma Kuruma Deneyi Sonrası Kütle Kaybı (%)	0,06±0,01	0,08±0,05	0,05±0,01
Islanma Kuruma Deneyi Sonrası Direnç Kaybı (%)	%10,76	%6,43	%3,38
Ses Hızı iletkenliği (Taze Numune) (km/sn)	6,21	6,59	5,72
Ses Hızı iletkenliği (Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası) (km/sn)	3,46	6,10	2,75
Ses Hızı iletkenliği (Donma Çözünme Deneyi Sonrası) (km/sn)	5,41	6,31	5,26
Ses Hızı iletkenliği (Islanma Kuruma Deneyi Sonrası) (km/sn)	6,29	5,92	5,14
SÜREKSİZLİK ARA UZAKLIKLARI			
Spacing	-	99±82,85 cm	57±30 cm
Blok Hacmi	5,40±4,12 m ³	1,30±0,94 m ³	-

KAYNAKÇA

- Altun, N. (2008). Urla-Seferihisar (İzmir) Bölgesinin Jeolojisi Ve Toprak Özellikleri
- Amoroso, G. G & Fassina, V. (1983). Stone decay and conservation: Atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection. Materials Science Monographs, 11, *Elsevier*, Amsterdam.
- Arnold, A. (1976). Behavior of some soluble salts in stone deterioration, 2nd *International symposium on the deterioration of building stones*, pp. 27-36, Athens
- Arnold, A. (1999). Methodology of the study on decay, weathering and conservation of monuments, *ICCROM*, 13th international course on the technology of stone conservation, Unpublished Lecture Notes, Venice.
- ASTM D 4404. (1984). Standard Test Method for Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of Soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry, *ASTM International*, Aug 31, 1984.
- Atkinson et al., (1978). The Chemical and Biological Effect of a Gulf Stream Intrusion Off St. Augustine, Florida. *Bull. Mar.Sci.* 28: 667-6710.
- Ballance, M.H. (1966). “*The origins of Africano*”, Papers of the British School at Rome, XXXIV, n.s., XXI, 1966.
- Bell, F. G. (1993). Engineering Geology. *Blackwell Scientific Publications*, London.
- Benavente, D., Garcíadel Cura, M.A., Fort, R., Ordóñez, S. (2004). Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength. *Engineering Geology* 74, 113-127.

- Boztaş, C., Yapıcı, N., Anıl., M. (2009). Yeşilova-Kağılcık (Burdur) kireçtaşlarının mermer olarak değerlendirilmesi, *Ç.Ü.MİM. FAK. DERGİSİ* 24, 247-255.
- BSI (1975). Testing aggregates: Part 2 Methods of determining the physical properties, BS 812. *British Standarts Institution*.
- CIRIA/CUR (1991). Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. CIRIA special publication 83, cur report 154. *Construction indurstry research and information association*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Corsi F. (1845). *Delle pietre antiche. Edizione terza con notevole aggiunta al terzo libro*, Rome 1845, 99 - 100.
- Çakmakoğlu, A. ve Bilgin, Z. R. (2006). Karaburun Yarımadası'nın Neojen Öncesi Stratigrafisi, *Maden Tektik Arama Derg.*, 132, 33-62.
- Davis W. R. and Brough R. (1972). " *Ultrasonic techniques in ceramic research and testing*". Ultrasonics, May.
- Deere, D. U. and Miller, R. P. (1966). Engineering classification and index properties tor intact rock: Report AFWL-TR-65-116, *Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirland Air Force Base*, New Mexico
- Dubois, Ch. (1908) Etudes sur l'administration et l'exploitation des carrieres (marbre, porphyre, granit, ecc.) dans le monde romain, Paris 1908, pp.
- Erdoğan, B. (1981). Yapılarda kullanılan taşlarda gözlenen bozulmalar ve iyileştirme yöntemleri; *Mühendislik Jeolojisi Milli Komitesi Dergisi*; S4, 22-27
- Erdoğan, B. (1990). İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi, *Maden Tetkik Arama Derg.*, 110, 1-15.

- Erdoğan, B., Altıner, D., Güngör, T. Ve Özer, S. (1990). Karaburun Yarımadasının Stratigrafisi, *Maden Tetkik Arama Derg.*, 111, 1-23.
- Erdoğan, B. (1991). Mermerlerde aşınma kaybına ilişkin düşünceler: *Mermer Yapı ve Dekorasyon Dergisi*,12,11-14
- Erdoğan, B., Yavuz, A.B. (2004). Kayaçların yapı taşı olarak kullanılabilirliğini belirlemede fizko – mekanik özelliklerinin önemi: *Natural Stone Dergisi*, 6, 22 – 229
- Fitzner, B. (1988). Porosity properties of naturally or artificially weathered sandstone. In: Ciabach, J. (Ed.), *Proceedings of the 6th international congress on deterioration and conservation of stone*, Toru, Poland, Pp. 236-245.
- Flatt, R.J. (2002). Salt damage in porous materials: How high supersaturations are generated. *Journal of Crystal Growth* 242, 435-454.
- Fookes, P.G., Gourley C.S., Ohikere, C. (1988). Rock weathering in engineering time. *Q. J. Eng. Geol.*, 21:33-57.
- Gnoli R. (1988). *Marmora Romana*, Rome 1988, pp. 174 – 178.
- Goudie, A.S. (1974). Further experimental investigation of rock weathering by salt and other mechanical processes. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, Supplementband 21, 1-12.
- Goudie, A.S., Viles, H.A. (1995). The nature and pattern of debris liberation by salt weathering: A laboratory study. *Earth Surface Processes And Landforms* 20, 437-449.
- Goudie, A.S., Viles, H.A. (1997). Salt weathering hazards. *John Wiley*, Chishester.

- Herodotus, (420 BC). History: “*I Observed.... That salt exuded from the soil to such an extent as event to injure the pyramids*”. 2.12 (Book 2).
- Hosking J.R., Tubey, W. (1969). Research on low-grade and unsound aggregates, Ir 293. *Road Research Laboratory Report*, Crowthorne, UK.
- ISRM (1978). *Suggested method for determination of the shore scleroscope hardness*. Ed. E.T. Brown 211 pp. Pergamon Press U.K.
- ISRM (1981). Rock Charakterization, Testing and Monitoring: *ISRM Suggested Methods*, E. T. Brown, E.T. (Ed), Pergamon Pres, 211 pp.
- ISRM (1985). Suggested method for determining poind load strength. *Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. Geomech.* Abstr. 22: 51-60.
- ISRM (2001). Rock charakterization, testing and monitoring. In: Brown, E.T. (Ed), *International Society For Rock Mechanics Suggested Methods*. Pergamon Pres, Oxford, 211 pp.
- Jutson, J. T. (1918). The influence of salts in rock weathering in sub-arid western Australia. *Royal society of Victoria, Proceedings*, 30, 165-172
- Knöfel, S. (1987). Physicochemical weathering reactions as a formulary for time-lapsing ageing tests, *Materials and Structures*. Vol. 20, pp.127-145
- Koralay T., Özkul M., Kumsar H., Çelik B. S., Pektaş K. (2011). The effect of welding degree on geotechnical properties of an ignimbrite flow unit: Bitlis castle case (eastern Turkey) *Environ Earth Sci*. Article in press. DOI 10.1007/s12665-011-0931-1.
- Kun, N. (2000). *Mermer jeolojisi ve teknolojisi kitabı*: İzmir Mermerciler Odası, İzmir. 68-74.

- Küçükkaya, A.G. (1995). *Taşların bozunma nedenleri koruma yöntemleri*, Pp. 43-95.
- Larsen, T.D, Candy, P.D. (1969). Identification of frost susceptible particles in concrete aggregates. *National Cooperative Research Program*, report 66. Highway research board, Washington, DC.
- Laquer, L. M. (1895). The relative effects of frost and sulphates of soda efflorescence tests on building stones. *American Society Of Civil Engineers-Transactions*, 33, 235-247 And 247-256.
- Lewin, S. Z. (1982). The mechanism of masonry decay through crystallization. In: Conservation of historic stone buildings and monuments. *National Academy of Sciences*, Washington, DC, 120-144
- Lucas, A. (1925). *Antiques, their restoration and preservation*. Arnold E. And Co., London.
- Luquer, L. Mcl. (1895). The relative effects of frost and the sulfate of soda efflorescence tests on building stones. *Transactions, American Society of Civil Engineers* 33, 235-256.
- Mamillian, M. (1993). Méthodes d'évaluation de l'état d'alterations des pierres des monuments. In: Theiel, M.-J. (Ed.), Conservation of stone and other materials, *Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress*. RILEM Proc. 21, Pp.775-783
- Mielsch H. (1985). *Buntmarmore aus Rom im Antikenmuseum Berlin*, Berlin 1985, p. 54, tav. 13.
- Mod'd, B.K., Howarth, R.J., Bland, C.H. (1996). Rapid prediction of building research establishment limestone durability class from porosity and saturation. *Quarterly Journal Of Engineering Geology* 29, 285-297.

- Ordóñez, S., Fort, R., Garcia del Cura, M.A. (1997). Pore size distribution and the durability of a porous limestone. *Quarterly Journal Of Engineering Geology* 30, 221-230.
- Pensabene P. and Lazzarini L. (1998). "Il problema del bigio antico e del bigio morato: contributo allo studio delle cave di Teos e di Chios," in P. Pensabene (ed.), *Marmi antichi II. Cave e tecnica di lavorazione, provenienze e distribuzione, Studi Miscellanei* 31, Rome 1998, pp. 141-173.
- Price, C.A. (1975). Testing porous building stone: *Stone Handbook*. Archit J 13: 337-339.
- Punuru, A.R., Chowdhury, A.N., Kulshreshtha, N.P., Gauri, K.L. (1990). Control of porosity on durability of limestone at The Great Sphinx, Egypt. *Environmental Geology And Water Science* 15, 225-232.
- R.I.L.E.M. (1980). Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods, Commission 25-PEM. *Material structures*. Vol. 13, Pp. 175-253
- Rossi-Doria, P.R. (1985). Laboratory tests on artistic stonework, the deterioration on conservation of stone. *Studies and documents on the cultural heritage*.
- Rossi-Manaresi, R. (1976). Causes of decay and conservation treatments of the tuff of Castel Dell'ova In Naples, Proc. 2.Nd. *Int. Symp. On the deterioration of building stones*. Athens Pp. 233-248
- Rossi-Manaresi, R., Tucci, A. (1991). Pore structure and the disruptive or cementing effect of salt crystallization in various types of stone. *Studies in conservation* 36, 53-58.

- Ruedrich J., Kirchner D., Siegesmund S. (2011b). Physical weathering of building stones induced by freeze–thaw action: a laboratory long-term study. *Environ Earth Sci* 63: 1573-1586.
- Schaffer, R. J. (1932). The weathering of natural building stones. Special report no. 18, *Building Research Establishment*, Garston.
- Schaffer, R.J. (1972). The weathering of natural building stones. *Dept. Sci. Ind. Res. Building Research Spec. Rept.* No.18. Ernest Benox And Co Ltd, Nottingham
- Scherer, G.W. (1999). Crystallization in pores. *Cement and Concrete Research* 29, 1347-1358.
- Scherer, G.W. (2006). Internal stress and cracking in stone and masonry. In: Kontsa-Gdoutos, M.S. (Ed.), *Measuring, monitoring and modeling concrete properties, proceedings of 16th European Conference of fracture*. Alexandroupolis, Greece, pp. 669-673.
- Sims, I. (1991). Quality and durability of stone for construction. *Q. J. Eng. Geol.* 24: 67-73.
- Steiger, M. (2005a). Crystal growth in porous materials-I: The crystallization pressure of large crystals. *Journal Of Cryst Growth* 282, 455-469.
- Steiger, M. (2005b). Crystal growth in porous materials-II: Influence of crystal size on the crystallization pressure, *Journal Of Cryst Growth* 282, 470-481.
- Stück H., Siegesmund S., Rüdrieh J. (2011). Weathering behaviour and construction suitability of dimension stones from the Drei Gleichen area (Thuringia, Germany) *Environ Geol* 63: 1763-1786

- Steinberger E. (2003). Volcanic tuffs from Hesse (Germany) and their weathering behaviour. *Environ Geol* 46: 378-390
- Sperling, C.H.B., Cooke, R.U. (1985). Laboratory simulation of rock weathering by salt crystallization and hydration processes in hot, Arid Environments. *Earth Surface Process And Landforms* 10, 541-555.
- Taber, S. (1916). The growth of crystals under external pressure. *American Journal Of Science*, 41, 532-556
- Topal, T. (1997). *Accelerated weathering in the Cappadocian tuff*. In: Proceedings of the international symposium on geology and environment, İstanbul, pp 281-291
- Topal, T. (1999). Accelerated weathering in The Cappadocian Tuff. *International Symposium On Geology And Environment*.
- Topal, T. (2008). Doğal taşların kıyı mühendislik projelerinde kullanılabilirliği: Kalite ve performans değerlendirmesi. *1. Uluslararası Mermer ve Doğal Taşlar Kongresi* pp. 259-271.
- Topal T., Doyuran V. (1997b). Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff. *Eng Geol* 47, 175-187
- Topal, T., Doyuran, V. (1998). *Analyses of deterioration of The Cappadocian Tuff, Turkey*.
- Topal T., Sözen B. (2003). Deterioration mechanism of tuffs in Midas monument. *Eng Geol* 68: 201-233
- Toracca, G. (1982). Porous building materials. Materials science for Architectural Conservation (2nd Edn). *ICCROM*, International centre for the study of the preservation and restoration of cultural property, Rome.

- TS 699 (2009). *Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Metodları* (Natural building Stones- Methods of inspection and laboratory testing) Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 36 p
- TS 1910 (1977). *Doğal Yapı Taşları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 6 p
- TS 1926 (2000). *Doğal Taşlar- Deney Metotları- Basınç Dayanımı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS 2513 (1977). *Doğal Yapı Taşları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 6 p
- TS 7654 (1989). *Kayaçların Çekme Mukavemetinin Dolaylı (İndirekt) Metotla Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TS 11137 (1991). *Kireçtaşı (kalker)-Yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara*
- TS 13755 (2003). *Doğal Taşlar-Deney Metotları-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 14157 (2005). *Doğal taş - Aşınma direncinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 1936 (2001). *Doğal Taşlar – Deney Metotları – Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*
- TSEN 12370 (2001). *Doğal Taşlar-Deney Metodları-Tuz Kristallenmesi Direncinin Tayini (Natural stone test methods-Determination of resistance to salt cyrstallisation. Turk Standartları Enstitüsü, Ankara (in Turkish) 3 p*

- TSEN 12372 (2001). *Doğal taşlar.- Deney metodları- Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara* (in Turkish) 8 p
- Türkecan, A., Ercan, T. ve Sevin, D. (1998). Karaburun Yarımadası'nın Neojen Volkanizması, *Maden Tektik Arama. Rapor No: 10185, Ankara.*
- Török A., Forgo L. Z., Vogt T., Löbens S., Siegmund S., Weiss T. (2005). The influence of lithology and pore size distribution on the durability of acid volcanic tuffs, Hungary. Building Stone from Diagnosis to Concervation. *Geological Society, Special Publication 251-259.*
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A. (2005). Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:58.*
- Vos, B.H., 1976, Water absorption and drying of materials. In: Rossi-Manaresi, R (Ed.), The conservation of stone I, *Centro Per La Conservazione Dele Sculture All'apperto, Bologna, Pp. 679-694.*
- Yavuz, A. B. (2001). *Muğla yöresi mermerler ocaklarında blok mermer üretimini etkileyen jeolojik parametreler*, doktora tezi, İzmir.
- Yavuz A. B. (2006). Deterioration of the volcanic kerb and pavement stones in a humid environment in the city centre of Izmir, Turkey. *Environ Geol* 51: 211-227
- Yavuz, H., Altındağ, R., Saraç, S., Uğur, I., Sengun, N. (2006). Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freze-thaw and thermal shock weathering.
- Yu S, Oguchi T. C. (2010). Role of pore size distribution in salt uptake, damage, and predicting salt susceptibility of eight types of japanese building stones. *Engineering Geology: 115, 226-236*

- Ward Perkins J. B. (1966-1967). "Marmo Africano e Lapis Sarcophagus", in *Rendiconti della Pontificia Accademia di Archeologia Classica*, XXXIX, s. III, 1966-1967, pp. 127-133.
- Wellman, H.W., Wilson, A.T. (1965). Salt weathering, a neglected geological erosive agent in coastal and arid environments. *Nature* 205, 1097-1098.
- Winkler, E. M. (1994). Stone in architecture, *Springer-Verlag*, Berlin.
- Winkler, E. M. (1993). Discussion and Reply On "The Durability of Sandstone As a Building Stone, Especially In Urban Environments". *Bull. Assoc. Eng. Geol.* 30, 99-101.
- Zehnder, K., Arnold, A. (1989). Crystal growth in salt efflorescesce. *Journal Of Crystal Growth* 97, 513-521.

EKLER

EK 1 I NO'LU OCAKTAN ALINAN BLOK BOYUTU VE SCHMIDT SERTLİĞİ ÖLÇÜMLERİ

No	Boy (m)	Yükseklik (m)	En (m)	Hacim (m ³)
1	1,86	0,85	0,68	1,08
2	1,65	1,3	1,1	2,36
3	1,95	0,75	0,7	1,02
4	1,95	1,24	0,55	1,33
5	1,7	1,5	1,2	3,06
6	2,49	2,3	1,93	11,05
7	1,65	0,95	0,56	0,88
8	3,21	2,1	1,6	10,79
9	2	1,35	0,8	2,16
10	2,45	1,9	1,7	7,91
11	3,1	1,8	1,55	8,65
12	3,58	1,54	1,29	7,11
13	2,35	1,87	1,48	6,5
14	3,28	2,4	1,48	11,65
Ortalama ± Standart Sapma	2,37 ± 0,67	1,56 ± 0,52	1,19 ± 0,46	5,40 ± 4,12

Numune Alınan Bölge	Schmidt Sertliği Değeri	Standart Sapma
Pembe-kırmızı renkli çakıl	49,2	±1,41
Beyaz renkli çakıl	48,94	±4,06
Gri çakıl	46,53	±3,52
Yeşil matriks	41,35	±2,83

EK 2 II NO'LU OCAKTAN ALINAN BLOK BOYUTU VE SCHMIDT SERTLİĞİ ÖLÇÜMLERİ

	Schmidt Çekici Ölçümleri								
	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5	Örnek 6	Örnek 7	Örnek 8	Örnek 9
	38	46	42	44	42	42	42	42	46
	38	44	42	44	42	42	42	42	46
	38	44	40	44	42	42	42	42	44
	34	44	40	42	40	40	40	40	42
	30	42	40	42	40	40	40	40	42
	30	42	38	40	38	38	40	40	40
	28	34	38	40	38	32	38	38	38
	28	32	36	38	38	30	36	32	36
	22	32	36	32	36	30	32	30	34
	20	30	30	32	30	30	30	30	32
Ortalama	30,6	39	38,2	39,8	38,6	36,6	38,2	37,6	40
S.Sapma	6,47	6,20	3,58	4,57	3,66	5,42	4,26	4,97	4,90

Blok Boyutları			
Boy (m)	En (m)	Yükseklik (m)	Hacim (m ³)
1,27	1,16	0,94	1,38
2,65	1,20	0,96	3,05
1,19	1,13	0,80	1,08
1,25	0,90	1,17	1,32
1,17	0,74	0,55	0,48
0,98	1,17	0,46	0,53

EK 3 III NO'LU OCAKTAN ALINAN SCHMIDT ÇEKİCİ ÖLÇÜMLERİ

	Üst Basamak Schmidt Çekici Ölçümleri					
	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5	Örnek 6
	38	44	40	52	52	38
	38	42	40	42	42	36
	38	42	40	34	34	36
	36	42	40	46	46	36
	36	42	40	30	30	36
	34	42	40	44	44	36
	34	40	38	34	34	34
	32	40	38	38	38	32
	32	40	38	40	40	32
	32	38	36	36	36	30
Ortalama	35	41,2	39	39,6	39,6	34,6
S. Sapma	2,54	1,69	1,41	6,59	6,59	2,50

	Alt Basamak Schmidt Çekici Ölçümleri				
	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5
	38	42	42	42	46
	38	42	42	42	42
	38	40	40	42	38
	38	38	40	42	42
	38	38	40	40	34
	38	36	40	38	42
	38	34	38	38	40
	36	30	38	36	40
	32	30	32	36	38
	30	30	30	36	34
Ortalama	36,4	36	38,2	39,2	39,6
S. Sapma	2,95	4,81	4,05	2,70	3,75

EK 4 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN MAJOR ELEMENT ANALİZLERİ

<i>Metod</i>		<i>4A-4B</i>				
<i>Analiz (%)</i>		<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	2,85	1,71	3,56	0,99	50,38
	Beyaz çakıl	0,47	0,10	0,40	0,37	55,12
	Kırmızı çakıl	0,90	0,39	1,11	0,47	53,94
	Gri çakıl	0,46	0,17	0,46	0,13	55,17
	Yeşil matriks	7,36	6,06	11,57	2,59	38,74
II No'lu Ocak	Tüm kaya	2,31	0,12	0,60	0,35	53,73
	Kırmızı çakıl	1,05	0,13	0,62	0,41	54,62
	Beyaz çakıl	0,63	0,10	0,27	0,41	55,20
	Gri çakıl	0,10	0,03	0,53	0,06	55,71
	Yeşil matriks	23,57	3,74	8,23	2,48	32,67
III No'lu Ocak	Tüm kaya	0,20	0,05	0,07	0,50	55,87
	Tüm kaya	0,14	0,03	<0,04	0,21	56,40

<i>Metod</i>		<i>4A-4B</i>				
<i>Analiz (%)</i>		<i>Na₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>TiO₂</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>MnO</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	<0,01	<0,01	0,15	0,60	0,08
	Beyaz çakıl	<0,01	<0,01	0,01	0,06	0,09
	Kırmızı çakıl	<0,01	<0,01	0,06	0,23	0,11
	Gri çakıl	<0,01	<0,01	0,02	0,09	0,03
	Yeşil matriks	<0,01	0,01	0,66	2,35	0,11
II No'lu Ocak	Tüm kaya	<0,01	0,01	<0,01	0,08	0,28
	Kırmızı çakıl	0,01	0,01	0,01	0,10	0,21
	Beyaz çakıl	<0,01	0,01	0,01	0,08	0,06
	Gri çakıl	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	<0,01
	Yeşil matriks	0,03	0,06	0,40	3,86	0,21
III No'lu Ocak	Tüm kaya	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
	Tüm kaya	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01

EK 5 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN İZ ELEMENT ANALİZLERİ

<i>Metod</i>		<i>IDX</i>					
<i>Analiz (ppm)</i>		<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>As</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	0,2	0,9	0,2	<1	5,0	5,6
	Beyaz çakıl	0,2	18,2	2,5	5	8,2	7,1
	Kırmızı çakıl	<0.1	6,3	2,5	4	5,5	6,4
	Gri çakıl	0,4	7,0	2,3	11	4,8	10,3
	Yeşil matriks	<0.1	48,6	0,7	5	5,4	6,7
II No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	2,9	0,4	3	9,8	5,3
	Kırmızı çakıl	<0.1	<0.1	<0.1	<1	2,8	4,8
	Beyaz çakıl	0,1	<0.1	5,5	<1	2,0	5,0
	Gri çakıl	0,2	<0.1	0,4	<1	3,5	4,2
	Yeşil matriks	0,1	<0.1	0,3	<1	4,5	5,5
III No'lu Ocak	Tüm kaya	0,1	0,1	0,2	<1	2,1	5,5
	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.1	<1	2,4	5,1

<i>Metod</i>		<i>IDX</i>				
<i>Analiz (ppm)</i>		<i>Cd</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>	<i>Hg</i>	<i>Bi</i>
I No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Beyaz çakıl	0,4	<0.1	2,6	<0.01	<0.1
	Kırmızı çakıl	0,4	<0.1	0,8	<0.01	<0.1
	Gri çakıl	0,5	<0.1	1,2	<0.01	<0.1
	Yeşil matriks	<0.1	<0.1	1,5	<0.01	<0.1
II No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Kırmızı çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Beyaz çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Gri çakıl	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Yeşil matriks	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
III No'lu Ocak	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1
	Tüm kaya	<0.1	<0.1	<0.5	<0.01	<0.1

EK 6 II NO'LU ANTİK MERMER OCAĞININ ÇATLAK ARA UZAKLIKLARI VE PUSULA ÖLÇÜMLERİ

I No'lu Ayna	
Çatlak Ara Uzaklığı (cm)	Çatlak Ara Uzaklığı (cm)
140	40
90	60
60	33
62	25
79	27
63	13
82	45
60	32
41	30
67	35
42	15
45	25
62	50
30	100
64	180
82	110
84	90
120	110
92	96
80	100
210	Toplam: 2871 cm

II No'lu Ayna
Çatlak Ara Uzaklığı (cm)
450
130
197
150
110
120
105
95
50
55
Toplam: 1462 cm

III No'lu Ayna
Çatlak Ara Uzaklığı (cm)
240
100
86
112
90
38
150
Toplam: 816 cm

I No'lu Ayna	
Eğim Yönü	Eğim Açısı
305	50
300	31
325	59
300	84
300	84
300	84
300	84
300	84
300	84
300	84
300	84
317	57
324	55
324	55
324	55
295	31
323	56
5	26
345	56

II No'lu Ayna	
Eğim Yönü	Eğim Açısı
265	64
134	88
320	79
130	85
230	80
279	75
195	78
205	84
130	74
355	80
260	45
255	50
295	44
290	77

Alt Basamak	
Eğim Yönü	Eğim Açısı
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60

Alt Basamak	
Eğim Yönü	Eğim Açısı
33	55
33	55
33	55
33	55
105	32
100	40
95	65
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
35	60
33	55
33	55
33	55

EK 8 I, II ve III NO'LU OCAKLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

I No'lu Ocak

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Su İçerisinde Ağırlık (gr)	Boşluk (cm ³)	Hacim (cm ³) (Arşimet)
32	951,40	952,06	601,47	0,66	350,59
33	950,20	950,70	602,32	0,50	348,38
34	952,21	952,89	602,20	0,68	350,69
35	958,42	959,12	605,45	0,70	353,67
36	963,39	963,64	613,57	0,25	350,07
37	965,98	966,71	615,42	0,73	351,29
38	952,25	952,44	604,28	0,19	348,16
39	952,08	952,79	601,73	0,71	351,06
40	947,59	948,26	598,72	0,67	349,54
41	950,17	950,84	600,38	0,67	350,46
42	957,65	957,86	607,16	0,21	350,70
43	949,03	949,60	599,45	0,57	350,15
44	938,94	939,54	593,25	0,60	346,29
45	952,69	953,32	602,17	0,63	351,15
46	951,16	951,89	601,17	0,73	350,72
47	935,64	936,33	591,30	0,69	345,03
48	953,68	954,38	602,42	0,70	351,96
49	982,26	982,88	633,38	0,62	349,50
50	951,85	952,46	602,24	0,61	350,22
51	940,32	940,35	593,94	0,03	346,41
52	955,51	956,16	603,96	0,65	352,20
53	948,85	949,47	599,68	0,62	349,79
54	979,65	982,12	631,46	2,47	350,66
55	943,41	944,07	596,26	0,66	347,81
56	951,25	951,94	601,33	0,69	350,61
57	973,74	974,58	624,39	0,84	350,19
58	964,32	965,83	615,49	1,51	350,34
59	955,95	956,62	603,90	0,67	352,72
60	953,56	954,25	602,19	0,69	352,06
61	951,63	952,30	601,43	0,67	350,87
62	958,98	959,55	605,69	0,57	353,86
63	952,57	952,80	603,21	0,23	349,59
64	949,32	950,03	600,40	0,71	349,63
65	953,39	954,08	602,41	0,69	351,67
66	949,85	950,43	602,57	0,58	347,86
67	953,65	954,29	602,79	0,64	351,50

No	Porozite (%)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
32	0,19	2,71	2,72	0,19	0,07
33	0,14	2,73	2,73	0,14	0,05
34	0,19	2,72	2,72	0,19	0,07
35	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
36	0,07	2,75	2,75	0,07	0,03
37	0,21	2,75	2,75	0,21	0,08
38	0,05	2,74	2,74	0,05	0,02
39	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
40	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
41	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
42	0,06	2,73	2,73	0,06	0,02
43	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
44	0,17	2,71	2,71	0,17	0,06
45	0,18	2,71	2,71	0,18	0,07
46	0,21	2,71	2,71	0,21	0,08
47	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
48	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
49	0,18	2,81	2,81	0,18	0,06
50	0,17	2,72	2,72	0,17	0,06
51	0,01	2,71	2,71	0,01	0,00
52	0,18	2,71	2,71	0,18	0,07
53	0,18	2,71	2,71	0,18	0,07
54	0,70	2,79	2,80	0,71	0,25
55	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
56	0,20	2,71	2,72	0,20	0,07
57	0,24	2,78	2,78	0,24	0,09
58	0,43	2,75	2,76	0,43	0,16
59	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
60	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
61	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
62	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
63	0,07	2,72	2,73	0,07	0,02
64	0,20	2,72	2,72	0,20	0,07
65	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
66	0,17	2,73	2,73	0,17	0,06
67	0,18	2,71	2,71	0,18	0,07
Ort.	0,191	2,725	2,727	0,191	0,070
S. S	0,111	0,025	0,025	0,112	0,040

II No'lu Ocak

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Su İçerisinde Ağırlık (gr)	Boşluk (cm ³)	Hacim (cm ³) (arşimet)
1	932,07	932,58	588,44	0,51	344,14
2	952,73	953,38	601,45	0,65	351,93
3	954,89	955,28	602,55	0,39	352,73
4	959,86	960,25	606,23	0,39	354,02
5	953,26	953,94	601,44	0,68	352,50
6	941,91	942,33	594,53	0,42	347,80
7	922,93	923,37	582,68	0,44	340,69
8	961,60	961,87	606,95	0,27	354,92
9	950,82	950,97	600,46	0,15	350,51
10	952,16	952,92	600,93	0,76	351,99
11	953,31	954,04	602,09	0,73	351,95
12	954,21	954,92	602,07	0,71	352,85
13	944,71	944,87	596,40	0,16	348,47
14	950,63	950,74	600,30	0,11	350,44
15	959,22	959,51	605,70	0,29	353,81
16	958,97	959,10	605,54	0,13	353,56
17	1003,43	1004,19	651,90	0,76	352,29
18	988,67	989,20	635,58	0,53	353,62
19	961,88	962,36	608,01	0,48	354,35
20	952,42	952,56	600,89	0,14	351,67
21	936,61	936,73	591,34	0,12	345,39
22	988,95	989,86	643,81	0,91	346,05
23	947,86	948,83	601,41	0,97	347,42
24	961,32	962,07	607,92	0,75	354,15
25	951,56	952,17	602,19	0,61	349,98
26	953,27	953,75	602,95	0,48	350,80
27	915,21	916,62	582,40	1,41	334,22
28	958,36	959,50	606,65	1,14	352,85
29	947,08	948,25	598,26	1,17	349,99
30	958,21	958,70	607,00	0,49	351,70
31	953,77	954,24	603,88	0,47	350,36

No	Porozite (%)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
1	0,15	2,71	2,71	0,15	0,05
2	0,18	2,71	2,71	0,19	0,07
3	0,11	2,71	2,71	0,11	0,04
4	0,11	2,71	2,71	0,11	0,04
5	0,19	2,70	2,71	0,19	0,07
6	0,12	2,71	2,71	0,12	0,04
7	0,13	2,71	2,71	0,13	0,05
8	0,08	2,71	2,71	0,08	0,03
9	0,04	2,71	2,71	0,04	0,02
10	0,22	2,71	2,71	0,22	0,08
11	0,21	2,71	2,71	0,21	0,08
12	0,20	2,70	2,71	0,20	0,07
13	0,05	2,71	2,71	0,05	0,02
14	0,03	2,71	2,71	0,03	0,01
15	0,08	2,71	2,71	0,08	0,03
16	0,04	2,71	2,71	0,04	0,01
17	0,22	2,85	2,85	0,22	0,08
18	0,15	2,80	2,80	0,15	0,05
19	0,14	2,71	2,72	0,14	0,05
20	0,04	2,71	2,71	0,04	0,01
21	0,03	2,71	2,71	0,03	0,01
22	0,26	2,86	2,86	0,26	0,09
23	0,28	2,73	2,73	0,28	0,10
24	0,21	2,71	2,72	0,21	0,08
25	0,17	2,72	2,72	0,17	0,06
26	0,14	2,72	2,72	0,14	0,05
27	0,42	2,74	2,74	0,42	0,15
28	0,32	2,72	2,72	0,32	0,12
29	0,33	2,71	2,71	0,34	0,12
30	0,14	2,72	2,73	0,14	0,05
31	0,13	2,72	2,72	0,13	0,05
Ort	0,16	2,72	2,73	0,16	0,06
S. S	0,10	0,04	0,04	0,10	0,04

III No'lu Ocak

No	Kuru Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Su İçerisinde Ağırlık (gr)	Boşluk (cm ³)	Hacim (cm ³) (Arşimet)
68	935,88	936,34	590,63	0,46	345,71
69	994,03	994,69	627,89	0,66	366,80
70	992,19	992,82	626,21	0,63	366,61
71	987,18	987,93	623,17	0,75	364,76
72	994,93	995,61	627,95	0,68	367,66
73	986,94	987,65	622,93	0,71	364,72
74	991,44	991,95	625,95	0,51	366,00
75	997,18	997,6	629,87	0,42	367,73
76	983,59	984,31	620,81	0,72	363,50
77	1005,92	1006,54	635,13	0,62	371,41
78	1001,95	1002,55	632,65	0,60	369,90
79	953,49	953,96	602,63	0,47	351,33
80	948,03	948,47	598,68	0,44	349,79
81	1005,64	1006,36	634,69	0,72	371,67
82	956,62	957,28	604,76	0,66	352,52
83	997,01	997,74	629,54	0,73	368,20
84	934,93	935,39	589,97	0,46	345,42
85	945,63	946,01	597,27	0,38	348,74
86	1007,96	1008,57	636,52	0,61	372,05
87	1005,87	1006,52	634,96	0,65	371,56
88	997,75	998,19	630,29	0,44	367,90
89	934,22	934,68	589,60	0,46	345,08
90	997,39	997,99	629,89	0,60	368,10

No	Porozite (%)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
68	0,13	2,71	2,71	0,13	0,05
69	0,18	2,71	2,71	0,18	0,07
70	0,17	2,71	2,71	0,17	0,06
71	0,21	2,71	2,71	0,21	0,08
72	0,18	2,71	2,71	0,19	0,07
73	0,19	2,71	2,71	0,20	0,07
74	0,14	2,71	2,71	0,14	0,05
75	0,11	2,71	2,71	0,11	0,04
76	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
77	0,17	2,71	2,71	0,17	0,06
78	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
79	0,13	2,71	2,72	0,13	0,05
80	0,13	2,71	2,71	0,13	0,05
81	0,19	2,71	2,71	0,19	0,07
82	0,19	2,71	2,72	0,19	0,07
83	0,20	2,71	2,71	0,20	0,07
84	0,13	2,71	2,71	0,13	0,05
85	0,11	2,71	2,71	0,11	0,04
86	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
87	0,17	2,71	2,71	0,18	0,06
88	0,12	2,71	2,71	0,12	0,04
89	0,13	2,71	2,71	0,13	0,05
90	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
Ort.	0,16	2,71	2,71	0,16	0,06
S. S	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01

Ort.: Ortalama

S.S : Standart Sapma

EK 9 AFRICANO MERMERLERİNİN TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMLARI

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Kırılma Yükü (kg)	T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ort.	S.S
I Nolu Ocak	38	70,74	70,75	50,049	779,3	1587,79	1335,65	283,02
	42	70,85	70,89	50,226	790,5	1604,93		
	44	70,61	70,37	49,688	617,5	1267,25		
	45	70,77	70,68	50,020	447,8	912,89		
	46	70,88	70,71	50,119	641,6	1305,39		
II Nolu Ocak	11	70,54	71,04	50,112	720,2	1465,53	1378,43	202,61
	12	71,36	70,16	50,066	548,9	1117,96		
	17	70,88	69,87	49,524	800,1	1647,44		
	19	71,17	70,32	50,047	690,8	1407,52		
	25	71,5	70,86	50,665	622,9	1253,69		
III Nolu Ocak	71	71,65	71,46	51,201	476,6	949,19	986,22	76,13
	81	72,06	72,46	52,215	543,9	1062,2		
	84	71,76	69,43	49,823	438,7	897,88		
	90	71,88	71,7	51,538	523,4	1035,59		

Ort : Ortalama

S.S : Standart sapma

T.E.B: Tek eksenli basınç direnci

EK 10 AFRİCANO MERMERLERİNİN EĞİLME VE DARBE DİRENCİ DENEY SONUÇLARI

Darbe Direnci Deneyi					
Lokasyon	No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanımı (kgfcm/cm ³)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	a	7	56	53,6	± 12,44
	b	7	56		
	c	6	42		
	d	8	72		
II Nolu Ocak	A	1	2	18	± 21,91
	D	1	2		
	C	1	2		
	B	6	42		
	E	6	42		
III Nolu Ocak	1	1	2	33,6	± 15,45
	2	7	56		
	3	5	30		
	4	4	20		
	5	6	42		
	6	4	20		

Eğilme Direnci Deneyi						
	No	kN	Mpa	Rtf	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	k1	12,82	1282	128,2	130,6	± 3,39
	k2	13,3	1330	133		
II Nolu Ocak	t2	5,78	578	57,8	51,4	±23,27
	t3	7,08	708	70,8		
	t4	2,56	256	25,6		
III Nolu Ocak	r1	8,16	816	81,6	96,8	± 16,49
	r2	10,05	1005	100,5		
	r3	8,66	866	86,6		
	r4	11,84	1184	118,4		

EK 11 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN BRAZİLİAN ÇEKME DİRENCİ DAYANIMI

Brazilian Çekme Dayanımı							
Lokasyon	No	Çap (cm)	Yükseklik (cm)	Kırılma Yüğü (kN)	kg/cm ²	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	6	5,375	2,762	14	59,977	61,173	±12,89
	7	5,36	2,716	10	43,688		
	8	5,368	2,423	16	78,237		
	9	5,325	2,471	14	67,669		
	10	5,327	2,545	12	56,295		
II Nolu Ocak	1	5,37	2,611	15	68,04	61,453	±6,3
	2	5,374	2,574	14	64,369		
	3	5,374	2,752	13	55,905		
	4	5,376	2,647	12	53,632		
	5	5,38	2,715	15	65,321		
III Nolu Ocak	11	5,328	2,952	18	72,786	70,846	±9,6
	12	5,37	2,948	19	76,332		
	13	5,367	2,731	15	65,087		
	14	5,33	2,901	20	82,265		
	15	5,354	3,085	15	57,758		

Nokta Yükleme Dayanım İndeksi									
Lokasyon	No	Boy (cm)	Çap (cm)	Kırılma Yüğü (kN)	Eşdeğer Çap (De)	De2 (cm ²)	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi (kg/cm ²)	Ort.	S.S
I Nolu Ocak	K1	49,85	53,57	6	58,291	1,17	51,47	77,22	±34,7
	K2	49,83	53,52	11	58,252	1,17	94,42		
	K3	49,87	52,99	5	57,986	1,16	43,11		
	K4	49,67	53,66	8	58,235	1,16	68,69		
	K5	49,72	53,91	15	58,400	1,17	128,43		
II Nolu Ocak	T2	51,41	53,75	4	59,296	1,19	33,73	37,46	±27,74
	T3	51,79	53,7	1,4	59,487	1,19	11,77		
	T4	52,3	53,76	8	59,812	1,20	66,88		
III Nolu Ocak	R1	49,95	53,75	12	58,448	1,17	102,66	75,20	±26,59
	R2	49,91	53,45	4	58,261	1,17	34,33		
	R3	50	53,95	8	58,585	1,17	68,28		
	R4	50,39	53,61	9	58,628	1,17	76,76		
	R5	50,74	53,03	11	58,512	1,17	94,00		

Ort : Ortalama

S.S. : Standart sapma

EK 12 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN BÖHME AŞINMA DİRENCİNE KARŞI DAYANIMI

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Hacim (cm ³)
Başlangıç							
I No'lu Ocak	48	70,71	71,05	50,24	954,38	602,42	351,96
	51	70,08	70,36	49,31	940,35	593,94	346,41
	56	70,8	70,68	50,04	951,94	601,33	350,61
	57	70,44	70,34	49,55	974,58	624,39	350,19
	66	70,94	70,35	49,91	950,43	602,57	347,86
II No'lu Ocak	3	70,57	70,97	50,08	955,28	602,55	352,73
	6	70,78	70,56	49,94	942,33	594,53	347,8
	10	71	69,99	49,69	952,92	600,93	351,99
	23	71,38	69,65	49,72	948,83	601,41	347,42
	28	70,13	71,24	49,96	959,5	606,65	352,85
III No'lu Ocak	77	72,77	72,08	52,45	1006,54	635,13	371,41
	82	70,66	71,25	50,35	957,28	604,76	352,52
	88	72,06	71,79	51,73	998,19	630,29	367,9

Lokasyon	No	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Hacim (cm ³)	Hacim Kaybı (cm ³)	Ortalama	Standart Sapma
Böhme Sonrası							
I No'lu Ocak	48	904,98	571,13	333,85	5,12	4,65	±0,55
	51	893,39	564,08	329,31	5,01		
	56	904,52	571,26	333,26	4,94		
	57	931,98	597	334,98	4,38		
	66	913,86	579,23	334,63	3,81		
II No'lu Ocak	3	915,62	577,59	338,03	4,16	4,06	±0,17
	6	903,4	570,12	333,28	4,18		
	10	914,2	576,61	337,59	4,12		
	23	913,58	579,16	334,42	3,76		
	28	920,78	582,35	338,43	4,09		
III No'lu Ocak	77	955,52	602,84	352,68	4,81	4,89	±0,31
	82	906,57	572,61	333,96	5,23		
	88	949,94	599,65	350,29	4,63		

EK 13 AFRİCANO MERMERLERİNİN DOYGUN TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERLERİ

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Kırılma Yüğü (kg)	T.E.B Direnci (kgf/cm ²)	Ort.	S.S
I Nolu Ocak	32	70,55	70,55	49,77	537,70	1101,60	1245,36	±166,96
	47	70,52	70,01	49,37	536,80	1108,71		
	49	70,88	71,00	50,32	633,80	1284,25		
	50	71,00	70,50	50,06	599,90	1222,11		
	63	70,96	70,37	49,93	739,50	1510,14		
II Nolu Ocak	2	70,64	71,23	50,32	626,90	1270,47	1349,14	±103,92
	5	71,50	70,69	50,54	706,50	1425,37		
	14	71,47	69,70	49,81	709,00	1451,34		
	21	70,68	69,54	49,15	602,20	1249,36		
III Nolu Ocak	68	69,70	69,72	48,59	382,00	801,59	957,07	±162,72
	69	71,74	71,56	51,34	546,20	1084,92		
	76	71,53	71,70	51,29	418,50	832,08		
	86	71,91	71,88	51,69	562,50	1109,70		

Ort : Ortalama

S.S. : Standart sapma

T.E.B : Tek eksenli basınç

EK 14 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN DONMA ÇÖZÜNME DENEYİ SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE KÜTLE KAYBI

Lokasyon	No	Sudaki Ağırlık (gr)	Doygun Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Hacim (cm ³)
I No'lu Ocak	35	605,71	959,20	958,23	353,49
	37	615,78	966,87	965,95	351,09
	41	600,58	950,85	950,08	350,27
	43	599,65	949,58	948,74	349,93
	54	631,70	982,30	979,35	350,60
	61	601,63	952,31	951,41	350,68
II No'lu Ocak	9	601,00	951,34	950,71	350,34
	13	596,96	945,19	944,58	348,23
	16	605,84	959,18	958,74	353,34
	27	583,48	916,78	914,68	333,30
	31	604,38	954,48	953,51	350,10
III No'lu Ocak	75	630,08	997,64	996,99	367,56
	79	602,78	953,93	953,17	351,15
	80	598,84	948,49	947,74	349,65
	83	629,72	997,54	996,76	367,82

Lokasyon	No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A Ortalama
I No'lu Ocak	35	2,71	2,71	2,71	2,71
	37	2,75		2,75	
	41	2,71		2,71	
	43	2,71		2,71	
	54	2,79		2,80	
	61	2,71		2,72	
II No'lu Ocak	9	2,71	2,71	2,72	2,72
	13	2,71		2,71	
	16	2,71		2,71	
	27	2,74		2,75	
	31	2,72		2,73	
III No'lu Ocak	75	2,71	2,71	2,71	2,71
	79	2,71		2,72	
	80	2,71		2,71	
	83	2,71		2,71	

Lokasyon	No	Porozite (%)	Porozite Ortalama	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama
I No'lu Ocak	35	0,27	0,27	0,28	0,28
	37	0,26		0,26	
	41	0,22		0,22	
	43	0,24		0,24	
	54	0,84		0,85	
	61	0,26		0,26	
II No'lu Ocak	9	0,18	0,18	0,18	0,18
	13	0,18		0,18	
	16	0,12		0,12	
	27	0,63		0,63	
	31	0,28		0,28	
III No'lu Ocak	75	0,18	0,18	0,18	0,18
	79	0,22		0,22	
	80	0,21		0,21	
	83	0,21		0,21	

Lokasyon	No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama	Kütle Kaybı %	Kütle Kaybı Ortalama
I No'lu Ocak	35	0,10	0,10	0,02	0,02
	37	0,10		0,00	
	41	0,08		0,01	
	43	0,09		0,03	
	54	0,30		0,03	
	61	0,09		0,02	
II No'lu Ocak	9	0,07	0,07	0,01	0,03
	13	0,06		0,01	
	16	0,05		0,02	
	27	0,23		0,06	
	31	0,10		0,03	
III No'lu Ocak	75	0,07	0,07	0,02	0,03
	79	0,08		0,03	
	80	0,08		0,03	
	83	0,08		0,03	

EK 15 AFRİCANO MERMERLERİ'NİN DONMA ÇÖZÜNME DENEYİ SONRASI DİRENÇ KAYBI

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Kırılma Yüğü (kN)
I Nolu Ocak	35	71,05	71,08	50,50	549,4
	37	70,72	70,65	49,96	654,9
	41	70,65	70,42	49,75	580,5
	43	71	70,71	50,20	546,5
	54	70,28	70,61	49,62	413,9
	61	70,8	70,58	49,97	573
II Nolu Ocak	9	70,83	69,87	49,49	691
	13	70,8	71,1	50,34	686,3
	16	71,16	70,23	49,98	813,6
	31	70,03	71,58	50,13	581
III Nolu Ocak	75	71,72	71,44	51,24	556,5
	79	70,58	70,88	50,03	546,7
	80	69,84	70,09	48,95	487,9
	83	72,03	72,16	51,98	550,2

Lokasyon	No	T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ortalama	Standart Sapma	Direnç Kaybı (%)
I Nolu Ocak	35	1109,32	1127,59	± 159,19	6,73
	37	1336,6			
	41	1189,8			
	43	1110,02			
	54	850,5			
	61	1169,28			
II Nolu Ocak	9	1423,8	1414,01	± 195,87	3,44
	13	1390,24			
	16	1660,09			
	31	1181,9			
III Nolu Ocak	75	1107,55	1079,42	± 44,67	0,1
	79	1114,35			
	80	1016,37			
	83	1079,42			

EK 16 AFRİCANO MERMERLERİNİN TUZ KRİSTALLENMESİ DENEYİ SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Birinci Periyot (İlk 10 çevirim)

Lokasyon	No	Sudaki Ağırlık (gr)	Havada Doygun Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Kütle Kaybı Ort.±S.S (%)	Hacim (cm ³)
I Nolu Ocak	52	604,2	957,26	955,32	0,05±0,04	353,06
	55	596,29	944,89	943,04		348,60
	58	613,07	963,59	960,37		350,52
	59	604,14	957,74	955,66		353,60
	65	602,68	954,31	953,2		351,63
II Nolu Ocak	4	606,79	960,33	959,47	0,10±0,02	353,54
	15	606,09	959,43	958,65		353,34
	22	642,45	989,17	988,41		346,72
	26	603,2	953,45	952,89		350,25
	29	598,89	948,33	946,85		349,44
III Nolu Ocak	70	626,3	994,12	992,06	0,04±0,04	367,82
	72	627,91	996,86	994,6		368,95
	73	623,02	989,1	986,68		366,08
	74	625,97	992,63	990,76		366,66

Lokasyon	No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
I Nolu Ocak	52	2,71	2,71	0,55	0,55	0,20
	55	2,71	2,71	0,53	0,53	0,20
	58	2,74	2,75	0,92	0,93	0,34
	59	2,70	2,71	0,59	0,59	0,22
	65	2,71	2,71	0,32	0,32	0,12
II Nolu Ocak	4	2,71	2,72	0,24	0,24	0,09
	15	2,71	2,72	0,22	0,22	0,08
	22	2,85	2,85	0,22	0,22	0,08
	26	2,72	2,72	0,16	0,16	0,06
	29	2,71	2,71	0,42	0,43	0,16
III Nolu Ocak	70	2,70	2,70	0,56	0,56	0,21
	72	2,70	2,70	0,61	0,62	0,23
	73	2,70	2,70	0,66	0,67	0,25
	74	2,70	2,71	0,51	0,51	0,19
Ortalama Standart sapma		2,72 0,05	2,73 0,05	0,40 0,19	0,40 0,19	0,15 0,07

İkinci Periyot (İlk 20 çevirim)

Lokasyon	No	Sudaki Ağırlık (gr)	Havada Doygun Ağırlık (gr)	Kuru ağırlık (gr)	Kütle Kaybı Ort.±S.S (%)	Hacim (cm ³)
I Nolu Ocak	52	603,92	956,97	954,98	0,07±0,01	353,05
	55	595,97	944,47	942,67		348,50
	59	603,78	957,13	955,31		353,35
	65	602,34	954,99	952,80		352,65
II Nolu Ocak	4	605,97	959,57	958,67	0,19±0,02	353,60
	15	605,55	959,10	958,60		353,55
	22	643,70	989,24	988,60		345,54
	26	602,65	953,02	952,52		350,37
	29	598,12	947,65	945,88		349,53
III Nolu Ocak	70	625,37	992,92	990,41	0,16±0,05	367,55
	72	627,35	996,51	993,93		369,16
	73	622,34	988,32	985,50		365,98
	74	624,85	991,38	989,27		366,53

Lokasyon	No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
I Nolu Ocak	52	2,70	2,71	0,56	0,57	0,21
	55	2,70	2,71	0,52	0,52	0,19
	59	2,70	2,71	0,52	0,52	0,19
	65	2,70	2,71	0,62	0,62	0,23
II Nolu Ocak	4	2,71	2,71	0,25	0,26	0,09
	15	2,71	2,71	0,14	0,14	0,05
	22	2,86	2,86	0,19	0,19	0,06
	26	2,72	2,72	0,14	0,14	0,05
	29	2,71	2,71	0,51	0,51	0,19
III Nolu Ocak	70	2,69	2,70	0,68	0,69	0,25
	72	2,69	2,70	0,70	0,70	0,26
	73	2,69	2,70	0,77	0,78	0,29
	74	2,70	2,70	0,58	0,58	0,21
Ortalama		2,73	2,73	0,40	0,40	0,15
Standart sapma		0,05	0,05	0,23	0,24	0,09

Üçüncü Periyot (İlk 30 çevirim)

Lokasyon	No	Sudaki Ağırlık (gr)	Havada Doygun Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Kütle Kaybı (%)	Hacim (cm ³)
I Nolu Ocak	52	604,03	957,63	955,05	0,07±0,03	353,60
	55	596,21	945,26	942,83		349,05
	59	604,03	958,07	955,50		354,04
	65	602,08	954,29	952,27		352,21
II Nolu Ocak	4	605,54	958,86	957,88	0,57±0,23	353,32
	15	605,88	959,51	958,78		353,63
	22	644,33	989,95	988,59		345,62
	26	603,07	953,34	952,91		350,27
III Nolu Ocak	70	623,66	991,34	987,59	0,88±0,89	367,68
	72	626,74	996,83	992,71		370,09
	73	619,16	984,84	980,39		365,68
	74	612,69	972,68	969,78		359,99

Lokasyon	No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
I Nolu Ocak	52	2,70	2,71	0,73	0,74	0,27
	55	2,70	2,71	0,70	0,70	0,26
	59	2,70	2,71	0,73	0,73	0,27
	65	2,70	2,71	0,57	0,58	0,21
II Nolu Ocak	4	2,71	2,71	0,28	0,28	0,10
	15	2,71	2,71	0,21	0,21	0,08
	22	2,86	2,86	0,39	0,40	0,14
	26	2,72	2,72	0,12	0,12	0,05
III Nolu Ocak	70	2,69	2,70	1,02	1,03	0,38
	72	2,68	2,69	1,11	1,13	0,42
	73	2,68	2,69	1,22	1,23	0,45
	74	2,69	2,70	0,81	0,81	0,30

Dördüncü Periyot (İlk 40 çevirim)

Lokasyon	No	Sudaki Ağırlık (gr)	Havada Doygun Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Kütle Kaybı (%)	Hacim (cm ³)
I Nolu Ocak	52	603,17	956,71	954,09	0,17±0,07	353,54
	55	595,68	944,61	942,21		348,93
	59	603,28	957,03	954,61		353,75
	65	600,88	953,75	950,76		352,87
II Nolu Ocak	4	605,29	958,48	957,07	0,71±0,30	353,19
	15	605,21	958,40	957,45		353,19
	22	644,38	989,80	988,20		345,42
	26	602,96	953,04	952,45		350,08
III Nolu Ocak	70	619,88	986,48	982,34	1,71±1,36	366,60
	72	622,76	991,69	987,21		368,93
	73	614,38	978,64	973,63		364,26
	74	602,85	957,61	954,53		354,76

Lokasyon	No	Kuru B.H.A (gr/cm ³)	Doygun B.H.A (gr/cm ³)	Porozite (%)	Boşluk Oranı (%)	Ağırlıkça Su Emme (%)
I Nolu Ocak	52	2,70	2,71	0,74	0,75	0,27
	55	2,70	2,71	0,69	0,69	0,25
	59	2,70	2,71	0,68	0,69	0,25
	65	2,69	2,70	0,85	0,85	0,31
II Nolu Ocak	4	2,71	2,71	0,40	0,40	0,15
	15	2,71	2,71	0,27	0,27	0,10
	22	2,86	2,87	0,46	0,47	0,16
	26	2,72	2,72	0,17	0,17	0,06
III Nolu Ocak	70	2,68	2,69	1,13	1,14	0,42
	72	2,68	2,69	1,21	1,23	0,45
	73	2,67	2,69	1,38	1,39	0,51
	74	2,69	2,70	0,87	0,88	0,32
Ortalama		2,72	2,73	0,63	0,64	0,23
Standart sapma		0,06	0,06	0,38	0,38	0,14

EK 17 AFRİCANO MERMERLERİNİN TUZ KRİSTALLENMESİ SONRASI
TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERLERİ

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Max. Yük (MPa)	Kuru TEB (kg/cm ²)	Ortalama	Standart Sapma
I No'lu Ocak	52	70,99	71,13	50,50	81,87	834,83	907,7	±52,08
	55	70,79	70,34	49,79	92,14	939,57		
	59	71,1	70,70	50,27	88,86	906,16		
	65	70,99	70,88	50,32	93,19	950,25		
II No'lu Ocak	4	70,29	71,5	50,26	129,83	1323,92	1143,82	±173,84
	15	71,12	70,34	50,03	95,81	977		
	26	70	70,92	49,64	110,87	1130,55		
III No'lu Ocak	70	72,08	71,80	51,75	65,35	666,37	630,74	±36,04
	72	71,44	72,30	51,65	62,01	632,35		
	73	71,91	72,06	51,82	58,2	593,51		
	74	72,02	72,19	51,99	80,82	630,75		

Lokasyon	No	Deney Öncesi Kuru TEB (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru TEB (kg/cm ²)	Direnç Kaybı (%)
I No'lu Ocak	52	1335,65	907,7	32,04
	55			
	59			
	65			
II No'lu Ocak	4	1378,43	1143,82	17,02
	15			
	26			
III No'lu Ocak	70	986,21	630,74	36,04
	72			
	73			
	74			

EK 18 AFRİCANO MERMERLERİNİN İSLANMA KURUMA DENEYİ SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİM VE KÜTLE KAYBI

Birinci Periyot (İlk 40 Çevirim)

Lokasyon	No	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)
I Nolu Ocak	33	950,28	602,38	949,52
	34	952,19	602,28	951,45
	36	963,52	612,12	963,07
	39	952,55	601,86	951,77
	40	948,18	598,81	947,34
II Nolu Ocak	1	932,48	588,85	931,82
	7	923,38	583,12	922,67
	8	961,82	607,44	961,28
	20	952,31	600,93	952,05
	24	961,76	607,67	961,12
	30	957,69	604,76	957,11
III Nolu Ocak	78	1002,36	632,37	1001,55
	85	945,86	596,91	945,16
	87	1006,18	634,98	1005,50
	89	934,41	589,56	933,82

Lokasyon	No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
I No'lu Ocak	33	0,05	0,03	347,90	2,73
	34			349,91	2,72
	36			351,40	2,74
	39			350,69	2,71
	40			349,37	2,71
II No'lu Ocak	1	0,04	0,04	343,63	2,71
	7			340,26	2,71
	8			354,38	2,71
	20			351,38	2,71
	24			354,09	2,71
	30			352,93	2,71
III No'lu Ocak	78	0,04	0,07	369,99	2,71
	85			348,95	2,71
	87			371,20	2,71
	89			344,85	2,71

Lokasyon	No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ortalama
I No'lu Ocak	33	0,01	2,73	0,01	0,22	0,20
	34		2,72		0,21	
	36		2,74		0,13	
	39		2,72		0,22	
	40		2,71		0,24	
II No'lu Ocak	1	0,002	2,71	0,002	0,19	0,16
	7		2,71		0,21	
	8		2,71		0,15	
	20		2,71		0,07	
	24		2,72		0,18	
	30		2,71		0,16	
III No'lu Ocak	78	0,001	2,71	0,001	0,22	0,19
	85		2,71		0,20	
	87		2,71		0,18	
	89		2,71		0,17	

Lokasyon	No	Boşluk oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
I No'lu Ocak	33	0,22	0,20	0,08	0,08
	34	0,21		0,08	
	36	0,13		0,05	
	39	0,22		0,08	
	40	0,24		0,09	
II No'lu Ocak	1	0,19	0,16	0,07	0,06
	7	0,21		0,08	
	8	0,15		0,06	
	20	0,07		0,03	
	24	0,18		0,07	
	30	0,16		0,06	
III No'lu Ocak	78	0,22	0,19	0,08	0,07
	85	0,20		0,07	
	87	0,18		0,07	
	89	0,17		0,06	

İkinci Periyot (İlk 80 Çevirim)

Lokasyon	No	Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)
I No'lu Ocak	33	950,13	602,10	949,62
	34	952,55	602,00	951,63
	36	963,13	612,32	962,80
	39	952,57	601,47	951,54
	40	948,08	598,50	947,17
II No'lu Ocak	1	932,20	588,47	931,33
	7	922,94	582,77	922,37
	8	961,51	607,09	960,99
	20	952,10	600,69	951,83
	24	961,64	607,99	960,87
	30	957,08	604,21	956,49
III No'lu Ocak	78	1002,10	632,36	1001,36
	85	945,67	596,96	944,97
	87	1006,11	634,71	1005,23
	89	934,10	589,24	933,59

Lokasyon	No	Kütle Kaybı Ortalama (%)	Kütle Kaybı Standart Sapma (%)	Hacim (cm ³)	Kuru B.H.A (gr/cm ³)
I No'lu Ocak	33	0,06	0,01	348,03	2,73
	34			350,55	2,71
	36			350,81	2,74
	39			351,10	2,71
	40			349,58	2,71
II No'lu Ocak	1	0,08	0,05	343,73	2,71
	7			340,17	2,71
	8			354,42	2,71
	20			351,41	2,71
	24			353,65	2,72
	30			352,87	2,71
III No'lu Ocak	78	0,05	0,01	369,74	2,71
	85			348,71	2,71
	87			371,40	2,71
	89			344,86	2,71

Lokasyon	No	Kuru B.H.A Ortalama	Doygun B.H.A	Doygun B.H.A Ortalama	Porozite (%)	Porozite Ortalama
I No'lu Ocak	33	0,01	2,73	0,01	0,15	0,21
	34		2,72		0,26	
	36		2,75		0,09	
	39		2,71		0,29	
	40		2,71		0,26	
II No'lu Ocak	1	0,003	2,71	0,004	0,25	0,17
	7		2,71		0,17	
	8		2,71		0,15	
	20		2,71		0,08	
	24		2,72		0,22	
	30		2,71		0,17	
III No'lu Ocak	78	0,001	2,71	0,001	0,20	0,20
	85		2,71		0,20	
	87		2,71		0,24	
	89		2,71		0,15	

Lokasyon	No	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oranı Ortalama	Ağırlıkça Su Emme (%)	Ağırlıkça Su Emme Ortalama
I No'lu Ocak	33	0,15	0,21	0,05	0,08
	34	0,26		0,10	
	36	0,09		0,03	
	39	0,29		0,11	
	40	0,26		0,10	
II No'lu Ocak	1	0,25	0,17	0,09	0,06
	7	0,17		0,06	
	8	0,15		0,05	
	20	0,08		0,03	
	24	0,22		0,08	
	30	0,17		0,06	
III No'lu Ocak	78	0,20	0,20	0,07	0,07
	85	0,20		0,07	
	87	0,24		0,09	
	89	0,15		0,05	

EK 19 AFRİCANO MERMERLERİNİN İSLANMA KURUMA DENEYİ SONRASI TEK EKSENLİ BASINÇ DİRENCİ DEĞERİ VE DİRENÇ KAYBI

Lokasyon	No	Kenar 1 (mm)	Kenar 2 (mm)	Alan (cm ²)	Max. Yük (MPa)	T.E.B Direnci (kg/cm ²)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	33	70,25	70,47	49,51	115,22	1174,917	1191,95	129,94
	34	70,67	70,79	50,03	117,116	1194,251		
	36	70,98	70,06	49,73	138,049	1407,708		
	39	70,84	70,91	50,23	108,555	1106,953		
	40	70,64	70,56	49,84	105,51	1075,903		
II Nolu Ocak	1	70,87	70,85	50,21	103,502	1055,427	1289,76	193,56
	7	71,16	70,77	50,36	111,994	1142,021		
	8	71,3	71,06	50,67	148,088	1510,077		
	20	71,2	70,48	50,18	113,388	1156,236		
	24	71,19	71,3	50,76	142,695	1455,084		
	30	71,6	69,93	50,07	139,225	1419,700		
III Nolu Ocak	78	72,34	71,81	51,95	98,119	1000,535	952,91	171,98
	85	71,67	70,06	50,21	109,655	1118,170		
	87	71,01	71,82	51,00	96,256	981,538		
	89	69,6	71,63	49,85	69,763	711,385		

Lokasyon	No	Deney Öncesi Kuru TEB (kg/cm ²)	Deney Sonrası Kuru TEB (kg/cm ²)	Direnç Kaybı (%)
I No'lu Ocak	33	1335,65	1191,95	10,76
	34			
	36			
	39			
	40			
II No'lu Ocak	1	1378,43	1289,76	6,43
	7			
	8			
	20			
	24			
	30			
III No'lu Ocak	78	986,21	952,91	3,38
	85			
	87			
	89			

EK 20 AFRICANO MERMERLERİ'NİN DENEY ÖNCESİ VE SONRASI SES İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ

Taze Numune

Lokasyon	No	Ölçülen Değer (ms)	Kenar Uzunluğu (mm)	Ses Hızı İletkenliği (μm)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	51	11,4	70,30	6,17	6,316	0,25
	56	11,6	70,78	6,10		
	57	11,1	70,39	6,34		
	66	10,6	70,55	6,66		
II Nolu Ocak	3	10,6	71,66	6,76	6,587	0,19
	6	10,7	71,01	6,64		
	10	10,8	71,07	6,58		
	23	11,1	69,55	6,27		
	28	10,6	70,93	6,69		
III Nolu Ocak	77	13	72,56	5,58	5,721	0,19
	82	12,6	71,05	5,64		
	88	12,1	71,92	5,94		

Islanma Kuruma Deneyi Sonrası

Lokasyon	No	Ölçülen Değer (ms)	Kenar Uzunluğu (mm)	Ses Hızı İletkenliği (μm)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	33	11,4	70,87	6,22	6,248	0,023
	34	11,4	71,30	6,25		
	36	11,4	71,20	6,25		
	39	11,4	71,19	6,24		
	40	11,4	71,60	6,28		
II Nolu Ocak	1	10,6	70,25	6,63	5,922	0,742
	8	12,8	70,67	5,52		
	20	10,4	70,98	6,83		
	24	13,3	70,84	5,33		
	30	13,3	70,64	5,31		
III Nolu Ocak	78	13,7	72,34	5,28	5,137	0,375
	85	13,3	71,67	5,39		
	87	13,4	71,01	5,30		
	89	15,2	69,60	4,58		

Donma Çözünme Deneyi Sonrası

Lokasyon	No	Ölçülen Değer (ms)	Kenar Uzunluğu (mm)	Ses Hızı İletkenliği (μm)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	9	10,8	70,83	6,56	6,314	0,217
	16	11,4	71,16	6,24		
	31	11,4	70,03	6,14		
II Nolu Ocak	35	14,9	71,05	4,77	5,413	0,515
	37	11,2	70,72	6,31		
	41	13,4	70,65	5,27		
	43	13,4	71	5,30		
	54	13,1	70,28	5,36		
	61	13,8	70,8	5,13		
III Nolu Ocak	75	14,3	71,72	5,02	5,258	0,306
	79	12,4	70,58	5,69		
	80	13,3	69,84	5,25		
	83	14,2	72,03	5,07		

Tuz Kristallenmesi Deneyi Sonrası

Lokasyon	No	Ölçülen Değer (ms)	Kenar Uzunluğu (mm)	Ses Hızı İletkenliği (μm)	Ortalama	Standart Sapma
I Nolu Ocak	52	20,7	70,99	3,43	3,456	0,178
	55	19,4	70,79	3,65		
	59	20,2	71,10	3,52		
	65	22	70,99	3,23		
II Nolu Ocak	4	11,5	70,29	6,11	6,095	0,292
	15	12,3	71,12	5,78		
	22	11,8	70,86	6,01		
	26	10,8	70,00	6,48		
III Nolu Ocak	70	29,2	72,08	2,47	2,753	0,338
	72	26,9	71,44	2,66		
	73	27,2	71,91	2,64		
	74	22,2	72,02	3,24		