



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARİHİ ESERLERDE KULLANILAN KÜFEKİ TAŞLARININ
LİTOLOJİK ÖZELLİKLERİ ve TEMİZLEME YÖNTEMLERİ
KARŞISINDAKİ DAVRANIŞLARI

Tuğçe ERÖZMEN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Namık AYSAL

II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 2.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliğı Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliğı Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Namık AYSAL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Fakülte

Prof. Dr. Sabah Yılmaz ŞAHİN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Emin ÇİFTÇİ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım GÜNGÖR
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Mustafa KUMRAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır..

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde öğrencisi olduğum süre boyunca, tezimin hazırlanmasında beni cesaretlendiren ve hiçbir desteğini esirgemeyen danışmanlarım Doç. Dr. Namık AYSAL ve Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL'e,

Çalışma kapsamında kullanılan küfeki taşlarının temini ve fakülteye kadar nakliyesi konusundaki yardım ve desteklerinden dolayı HB Restorasyon İnşaat Taahhüt ve Ticaret Limited Şirketi çalışanlarına ve özellikle sahiplerinden Sayın Aydın Arıboğa'ya,

Örneklere yapılan deneyler ve uygulanan temizleme yöntemleri konusunda her zaman bilgi ve tecrübelerine başvurduğum sayın Prof. Dr. Erol GÜRDAL, Kimyager Nimet ALKAN, Doç. Dr. Ahmet GÜLEÇ ve İBB – KUDEB (İstanbul Büyük Şehir Belediyesi-Koruma Uygulama ve Denetim Büroları) çalışanlarına,

Temizleme yöntemlerinin uygulanması sırasında yardım ve desteklerini esirgemeyen Letoon Mimarlık' dan Y. Mimar Müge Günel ve Art Restorasyon' dan Mine Yar'a,

Örneklere kimyasal analizlerini gerçekleştiren Doç. Dr. Kenan ÇİNKU, Dr. Öğr. Üyesi Deniz ADIGÜZEL ve Araş. Gör. Doğan ÖZCAN'a,

Hayat boyu varlıklarıyla bana umut ve güç veren, desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ailem; Annem Arife, Babam Mehmet Turgay ve Ablam Nilay ERÖZMEN'e,

Tez çalışmalarına katkıda bulunan ve her zaman desteklerini gördüğüm değerli hocalarıma,

Her zaman fikirlerini paylaşan, samimiyetle destek olan bütün arkadaşlarıma,

Çalışmalarım için Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvar ve araştırma araçlarından yararlanma imkânı sağlayan bölümdeki tüm hocalarıma ve burada isimlerini yazamadığım, emeği geçen herkese

teşekkür ve sevgilerimi sunarım..

Mart 2019

Tuğçe ERÖZMEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2. İNCELEME ALANLARININ TANITIMI.....	2
1.2.1. Coğrafya	10
1.2.2. Ulaşım	11
2. GENEL KISIMLAR.....	12
2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	12
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	15
3.1. TAŞ SEÇİMİ VE ÖRNEK TEMİNİ.....	15
3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI	15
3.2.1. Örnek Hazırlama	16
3.2.2. Mineralojik ve Petrografik Analizler	17
3.2.3. Kimyasal Analizler	18
3.2.4. Asitte Kayıp.....	19
3.2.5. Kızdırma Kaybı (Ateşte Kayıp).....	21
3.2.6. Fiziksel Deneyler	21
3.2.6.1. Birim Hacim Ağırlık.....	22
3.2.6.2. Özgül Ağırlık.....	22
3.2.6.3. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme	23
3.2.6.4. Kaynar Suda Su Emme	24
3.2.6.5. Görünür Porozite(Etkin Gözeneklilik)	25
3.2.6.6. Gerçek Porozite (Gözeneklilik Derecesi)	25
3.2.6.7. Kılcal Yolla Su Emme Tayini.....	25

3.2.7.	Mekanik Deneyler.....	27
3.2.7.1.	<i>Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....</i>	27
3.2.7.2.	<i>Ultrasonik Hız Deneyi.....</i>	28
3.2.8.	Laboratuvar Ortamında Eskitme Yöntemleri.....	29
3.2.8.1.	<i>Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık.....</i>	29
3.2.8.2.	<i>Donma-Çözünme Etkilerine Dayanıklılık.....</i>	30
3.2.8.3.	<i>Asit Çözeltisine (SO₂ buharı) Dayanıklılık.....</i>	31
3.2.9.	Temizleme Yöntemleri	32
3.2.9.1.	<i>Lazer Temizleme Yöntemi.....</i>	32
3.2.9.2.	<i>Kumlama Yöntemiyle Temizleme</i>	34
4.	BULGULAR.....	35
4.1.	OCAK SAHALARININ JEOLJİSİ	35
4.1.1.	Marmara Bölgesindeki Ocakların Jeolojisi	35
4.1.1.1.	<i>Süloğlu Küfeki - Süloğlu Formasyonu (Top).....</i>	35
4.1.1.2.	<i>Sazlıbosna – Pınarhisar - Vize Küfeki - Soğucak Formasyonu (Tsğ) 37</i>	
4.1.1.3.	<i>Bakırköy Küfeki – Çekmece formasyonu, Bakırköy üyesi (Tçb).....</i>	39
4.1.1.4.	<i>Kefken Küfeki-Akveren Formasyonu (Kta).....</i>	42
4.2.	KÜFEKİ TAŞLARININ MİNERALOGİSİ VE PETROGRAFİSİ	44
4.2.1.	Bakırköy Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi.....	44
4.2.2.	Sazlıbosna Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi	46
4.2.3.	Pınarhisar Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi	48
4.2.4.	Süloğlu Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi.....	50
4.2.5.	Kefken Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi	52
4.3.	LABORATUVAR ARAŞTIRMALARI.....	55
4.3.1.	Küfeki Taşlarının Malzeme Özellikleri	55
4.3.1.1.	<i>Fiziksel Özellikler.....</i>	56
4.3.1.2.	<i>Eskitme İşlemleri Sonucu Performanslar</i>	58
4.3.1.3.	<i>Mekanik Özellikler</i>	60
4.3.1.4.	<i>Temizleme Sonrası Değerler.....</i>	60
4.4.	KÜFEKİ TAŞLARININ DENEYSEL İŞLEMLER SONUCUNDAKİ DEĞİŞİMLERİ.....	62
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	65
	KAYNAKLAR	69
	ÖZGEÇMİŞ	73



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1: Küfeki taşı örneklerinin elde edildiği bölgeleri gösteren yer bulduru haritası.	3
Şekil 1.2: Bakırköy küfeki taşı ocak yerleri (Sayar ve Erguvanlı, 1962).	4
Şekil 1.3: Bakırköy Haznedar yakınında, geçmiş dönemlerde açılmış olan Bakırköy küfeki taşı ocağının görünümü (Sayar ve Erguvanlı,1955).....	4
Şekil 1.4: Bakırköy küfeki taşı ocağının görünümü a) 1970 yılında çekilmiş hava fotoğrafında ocak yerlerinin durumu (http://zamanmakinesi.ibb.gov.tr/) b) Ocak yerinin günümüzdeki durumu.....	5
Şekil 1.5: Sazlıbosna ocak sahasının konumu.....	6
Şekil 1.6: Sazlıbosna ocağından bir görünüm (http://www.barshanmadencilik.com/).....	6
Şekil 1.7: Süloğlu küfeki taşı ocak yerinin konumu.	7
Şekil 1.8: Süloğlu ocağından genel bir görünüm.	7
Şekil 1.9: Süloğlu ocağında işletme aynasının üst kısımlarında kısmen gelişmiş karstik boşluklar içeren Congeria'lı kireçtaşları.	8
Şekil 1.10: Pınarhisar küfeki taşı ocak sahaslarının konumu.	8
Şekil 1.11: Pınarhisar ocağından genel bir görünüm.	9
Şekil 1.12: Kefken küfeki taşı ocak sahasının konumu.	9
Şekil 1.13: Kefken ocağından genel bir görünüm.....	10
Şekil 1.14: Kırmızı kayalıklar mevkiinde bulunan Kefken antik küfeki taşı ocağından bir görünüm.	10
Şekil 3.1: Beş farklı ocaktan alınan taş blokların fiziksel, kimyasal, mineralojik ve petrografik deneyler yapılmadan önceki genel görünümü.	16
Şekil 3.2: Jeoloji mühendisliği bölümü, Mineraloji – Petrografi anabilim dalında bulunan XRD cihazı.	18
Şekil 3.3: Jeoloji mühendisliği bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim dalında mevcut olan XRF cihazı.	19
Şekil 3.4: Küfeki taşı örneklerinin, HCl asit çözeltisi içinde bekletilmesine ait görüntü. a) Süloğlu, b) Sazlıbosna ,c) Bakırköy ,d)Kefken , e) Pınarhisar.....	20

Şekil 3.5: Örneklerin HCl asitte bekletilmesinin ardından, filtre kağıt üzerinde distile su ile arındırıldıktan sonra kalan miktarlarına ait bir görünüm a) Kefken, b) Sazlıbosna, c) Pınarhisar d) Bakırköy e) Süloğlu.....	20
Şekil 3.6: Örneklerin son devre olan 1050 derecede 3 saat daha ısıtıldıktan sonraki görünümleri a) Bakırköy b) Pınarhisar c) Sazlıbosna d) Kefken e) Süloğlu.....	21
Şekil 3.7: a)Kurutma cihazı (Etüv) b) Toz örnek ve su ile dolu piknometrenin tartım görüntüsü.	22
Şekil 3.8: Su emme deney aşamaları.a) örneklerin ilk bir saatte bekletilmiş görüntüsü, b) örneklerin $\frac{3}{4}$ ünün bir saat suda bekletilmiş görünümü, c) örneklerin tamamı suyun altında kalacak şekilde bekletilmesi, d) Deney örneklerinin Arşimet terazisinde ölçümü.....	23
Şekil 3.9: Süloğlu bölgesine ait örneklerin kaynar suda su emme deneyinden bir görünüm.....	24
Şekil 3.10: a) Örnekler yaklaşık 3 cm lik su içindeki görüntüsü, b) örneklerin tartım sırasından bir görünümü, c) örneklerin bir gün süre ile etüvde bekletilmesine ait bir görünüm.....	26
Şekil 3.11: Tek eksenli basınç deney görüntüleri: a)Süloğlu b) Bakırköy c) Sazlıbosna d) Pınarhisar e) Kefken.....	27
Şekil 3.12: Örneklerin Pundit cihazı ile ses geçiş süreleri ölçümü.	28
Şekil 3.13: Örneklerin 8.döngüde sodyum sülfat içine batırılmış gösterimi.....	29
Şekil 3.14: Örneklerin soğutucuda dondurma işlemine tabi tutulması.	30
Şekil 3.15: a-b) Örneklerin hava sızdırmaz desikatörlerde asit buharına maruz kalması.	31
Şekil 3.16: Lazer temizleme makinası (a), Bakırköy küfeki taşı lazer temizleme (b).	33
Şekil 3.17: a) Kumlama işemi sonrası örneklerin gösterimiştir. b) Kumlama yapılan cihaz gösterilmektedir.	34
Şekil 4.1: Süloğlu Bölgesinin Jeoloji Haritası (MTA (1998)'den alınmıştır).....	36
Şekil 4.2: Sazlıbosna Bölgesinin Jeoloji Haritası (Özgül ve diğ., 2011' den alınmıştır).....	38
Şekil 4.3: Pınarhisar Bölgesinin Jeoloji Haritası (MTA (1998)'den alınmıştır).	40
Şekil 4.4: Bakırköy Bölgesinin Jeoloji Haritası (İBB 2011'den değiştirilerek).Ocak yeri eskidir. Yapılaşma altında kalmıştır.	41
Şekil 4.5: Kefken bölgesi jeoloji haritası MTA, (2002)'den değiştirilerek uyarlanmıştır.	43
Şekil 4.6: Bakırköy küfeki taşının makro örnekteki görünümü.....	44

Şekil 4.7: Bakırköy küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a) Bol miktarda mactra fosil kavkı kırıntısı içeren biosparitik kireçtaşı (düzlem polarize ışık), (b) Fosil kavkı içlerinde rekristalize kalsit kristalleri (kesişen polarize ışık), (c) fosil kavkuları ve (d) kavkı içlerinde rekristalize kalsitler (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).	45
Şekil 4.8: Bakırköy küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.	45
Şekil 4.9: Sazlıbosna küfeki taşının makro örnekteki görünümü.	46
Şekil 4.10: Sazlıbosna küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fosil kavkı kırıntısı, intraklast ve oolitik oluşumlar içeren killi kireçtaşı (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fosil kavkuları (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).....	47
Şekil 4.11: Sazlıbosna küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.	47
Şekil 4.12: Pınarhisar küfeki taşının makro örnekteki görünümü.....	48
Şekil 4.13: Pınarhisar küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fosil kavkı kırıntısı ve intraklast oluşumları içeren killi kireçtaşı (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fosil kavkuları (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).	49
Şekil 4.14: Pınarhisar küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.	49
Şekil 4.15: Süloğlu küfeki taşının makro örnekteki görünümü.	50
Şekil 4.16: Süloğlu küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fosil kavkı kırıntısı ve kavkı içlerinde kristalize kalsitler (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fosil kavkuları ve kalsit kristalleri (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).....	51
Şekil 4.17: Süloğlu küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.....	51
Şekil 4.18: Kefken küfeki taşının makro örnekteki görünümü.	52
Şekil 4.19: Kefken küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Mikritik kireçtaşı genel görünümünde kalsit ve hematit mineralleri (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde ufak kalsit kristalleri (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).....	53
Şekil 4.20: Kefken küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.....	53
Şekil 4.21: Deneysel çalışmalar için Hazırlanmış Küp (7x7x7) örnekleri. a)Bakırköy b)Sazlıbosna c)Pınarhisar d)Süloğlu e) Kefken.	55
Şekil 4.22: Örneklerin birbirine göre kılcallık katsayısı değerlerinin grafik gösterimi(TS EN 1925(2000)). BK: Bakırköy Küfeki, S: Süloğlu, K: Kefken, BH: Sazlıbosna, P: Pınarhisar.....	57

Şekil 4.23: Çalışılan örneklerin Donma-Çözünme eskime uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.	62
Şekil 4.24: Çalışılan örneklerin Tuzda eskime uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.	63
Şekil 4.25: Çalışılan örneklerin SO ₂ eskitme uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.....	64
Şekil 5.1: Eskitme yöntemine göre taşların dayanım oranları.	67



TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1.1: Ocak sahalarının koordinatları.	3
Tablo 4.1: Küfeki taşı örneklerinin nem içeriği, organik madde miktarı, kızdırma ve asitte kayıp değerleri.....	54
Tablo 4.2: Küfeki taşı örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık cinsinden).	54
Tablo 4.3: Küfeki Taşlarına ait fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri.....	56
Tablo 4.4: Örneklerin Dakikaya Göre Ortalama Kılcal Su Emme Katsayıları.	57
Tablo 4.5: SO ₂ deney sonucu örneklerdeki kütle kaybı (%).	58
Tablo 4.6: Tuz Kristallenmesi deneyi sonucundaki yüzde değişimler.	59
Tablo 4.7: Tüm örneklerin Donma- Çözülme etkilerine karşı dayanılabilirlik deneyi sonucu yüzde olarak ağırlık kayıpları.	59
Tablo 4.8: Mekanik deney sonuçları(ortalama).	60
Tablo 4.9: Lazer temizleme deneyi sonucundaki ortalama gram değişiklikleri.	61
Tablo 4.10: Kumlama ile temizleme işleminde ortalama gr değişimleri(%).	61

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Δm	: Deneyin başlangıcındaki ve sonundaki kütle değişimi(%)
μ	: Mikron
A	: Deney Öncesi Örneklerin kesit alanı
c_1	: Örnek düzlemine dik kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı
c_2	: Örnek düzlemine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı
D_k	: Don kaybı
d_o	: Taşın Szgül kütlesi
F	: Kırılma Yüğü
G_0	: Taşan deneyden önceki kütle
G_d	: Kaynar suya doymuş taşın kütle
G_{ds}	: Su içindeki ağırlık
G_k	: Kurutulmuş taşın kütle
G_p	: Piknometre ağırlığı
G_{pn}	: Örnek kütle + Piknometre
G_{pns}	: Örnek + Suyun kütle + Piknometre
G_{ps}	: Piknometre kütle (Su ile dolu)
L	: Uzunluk
m_1	: Deney sonrası kuru örneğin kütle
m_d	: Kuru örneklerin ağırlığı
M_d	: Kuru örneğin kütle
M_{d1}	: Birinci çevrimden önceki kuru örneğin kütle
M_f	: Onbeşinci çevrimden önceki kuru örneğin kütle
m_i	: Örneklerin suyu emmiş haldeki ağırlığı
m_o	: Örneklerin deneye başlamadan kuru ağırlığı
S_h	: Hacimce su emme oranıtı
S_k	: Kütlece su emme oranıtı
S_{kh}	: Kaynar su içindeki hacimce su emme oranıtı
S_{kk}	: Kaynar su içindeki kütlece su emme oranıtı
T	: Zaman
t_i	: Deneyin başından itibaren ardışık ölçüldüğü süreler

UCS	: Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı
V	: Örneğin hacmi
V₀	: Ultrases hızı
γ	: Birim hacim ağırlık

Kısaltmalar	Açıklama
--------------------	-----------------

BH	: Sazlıbosna
BK	: Bakırköy
K	: Kefken
P	: Pınarhisar
S	: Süloğlu
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	: X- Işını Difraksiyonu
XRF	: X-Işını Floresans Spektrometresi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tarihi Eserlerde Kullanılan Küfeki Taşlarının Litolojik Özellikleri Ve Temizleme Yöntemleri Karşısındaki Davranışları

Tuğçe ERÖZMEN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Namık AYSAL

II. Danışman : Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu araştırma özellikle İstanbul'daki tarih eserlerde kullanılan ve bölgede "Küfeki Taşı" olarak isimlendirilen taşların malzeme özellikleri ve zaman içinde bu özelliklerde meydana gelen değişimlerin bertaraf edilmesi ile ilgili deneysel çalışmaları kapsamaktadır. Çalışma dört aşamada gerçekleştirilmiştir. 1. Literatür derleme, 2. arazi çalışmaları ve örneklerin derlenmesi, 3. deneysel çalışmalar ve analizler, 4. verilerin değerlendirilmesidir. Küfeki taşı kaynağı olarak kullanılan ocaklardan alınan blok örnekler üzerinde deneysel çalışmalar temelde üç ana başlık altında toplanmaktadır. Bunlar: 1. Doğal taşların fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesini, 2. Taşlara eskitme işlemlerinin uygulanmasını, 3. Eskitme işlemi görmüş taş numunelerin farklı yöntemlerle temizlenmesini kapsamaktadır.

Yapıtışı ve dekorasyon için kullanılan doğal taşlar değişen atmosferik koşullar, hava kirliliği, içyapı özelliklerinden kaynaklanan problemler, biyolojik etkiler, tuzlar ve insan etkisiyle zamanla yıpranır ve bozulmaya başlar. Bu durumlarda çözünme, aşınma, renk değişmesi, karstlaşma, çatlak deformasyonları, biyolojik kolonileşme, pullanma, ufak parçalar halinde dökülme veya yüzeyde siyah kabuk (patina) oluşumları gözlenir. Taş yapının yüzeyinde oluşan kirlilikleri veya yüzey yapısı bozulan taşları düzeltmek amacıyla bir takım iyileştirme ve temizleme yöntemleri uygulanmaktadır. Kullanılan temizleme yöntemleri fiziksel, kimyasal,

mekanik ve biyolojik temizleme olup, bu tekniklerin her birinin de alt uygulama yöntemleri söz konusudur. Uygulanacak yöntemin seçimi taşın cinsine, bozulma derecesi ve kirliliğine bağlı olarak değişkelik göstermektedir.

Kirlenmiş taş yüzeylerine uygulanan teknolojik temizleme yöntemleri hızlı ve pratik olmasına karşılık, çoğu zaman taşlara zarar vermekte ve ciddi tahribatlara (taşta kopma, mikro çatlak gelişimleri, kütle kayıpları vb) neden olabilmektedir. Tahribat dereceleri taşın litolojik - petrografik özellikleri ile fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çalışma kapsamında; İstanbul çevresindeki çeşitli taş ocaklardan alınan küfeki (fosilli kireçtaşı) taşı örneklerinin mineralojik – petrografik, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik deneyler yapılmıştır. Deneylerden sonra numunelerin bir kısmına eskitme işlemi uygulanmış ve temizleme yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda elde edilen analizlerden yola çıkarak taşların bozulma dereceleri ve yüzey hasarları karşılaştırılmış, taş türüne göre uygulanan temizleme yöntemlerinin tahribat dereceleri belirlenmiştir. Sonuç olarak İstanbul genelinde yaygın olarak kullanılan küfeki taşlarına uygulanan temizleme yöntemleri karşılaştırılmış ve en uygun temizleme yöntemi belirlenmiştir.

Mayıs 2019, 73 sayfa.

Anahtar kelimeler: Bozunma, Eskitme, Küfeki Taşı, Temizleme Teknikleri

SUMMARY

M.Sc. THESIS

*Lithological Properties of Kufeki Rocks Used in Historical Monuments and Their Behaviors
Against Cleaning Methods*

Tuğçe ERÖZMEN

**Istanbul University-Cerrahpasa
Institute of Graduate Studies
Department of Geological Engineering**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Namık AYSAL

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ömer ÜNDÜL

This study was prepared as a master thesis in the Geological Engineering Program of the Institute of Science, Istanbul University. The study covers the experimental studies conducted on rocks widely used in the historical monuments in İstanbul and know in the region as “Küfeki Stones”. The study was carried out in four stages. 1. Compiling previous studies 2. Field studies and sampling 3. Experimental studies and analysis 4. Evaluation of data. Experimental studies on rock samples obtained from alternative “Küfeki Stone” quarries were conducted basically on three stages. These stages are; 1. Determination of the chemical, physical and mechanical properties of natural stones, 2. Accelerated deterioration process applications on these stones, 3. Cleaning of stone samples with different methods.

The natural stones used for building blocks and decorations wear out and become deteriorated over time due to changing atmospheric conditions, air pollution, internal structure problems, biological effects, salts and human action. In these cases, melting, wear, discoloration, karstification, crack deformations, biological colonization, flaking, small pieces of spill or black shell (patina) formations on the surface are observed. A number of remediation and cleaning methods are applied in order to correct the impurities on the surface of the stone structure or the stones whose surface structure deteriorates. The cleaning methods used are physical,

chemical, mechanical and biological cleaning and each of these techniques has sub-application methods. The choice of the method to be applied varies depending on the type of stone, the degree of deterioration and the pollution.

Although the technological cleaning methods applied to the contaminated stone surfaces are fast and practical, they often cause damage to the stones and cause serious damage (rock break, micro-crack development, mass losses, etc.). Destruction levels vary according to the lithological - petrographic properties of the stone and their physical and mechanical properties. This scope of work; Experiments have been conducted to determine the mineralogical - petrographical, physical, chemical and mechanical properties of mold (limestone) samples taken from various quarries around Istanbul. After the experiments, some of the samples were aged and cleaned. Based on the analyzes obtained in all these studies, the degree of degradation and the surface damage of the stones were compared and the degree of destruction of the cleaning methods applied according to the stone type was determined. As a result, the cleaning methods applied to the most commonly used mold stones in Istanbul were compared and most appropriate cleaning method was determined.

May 2019, 73 pages.

Keywords: Deterioration, Artificial Aging, Küfeki stone, Cleaning techniques

1. GİRİŞ

Tarihi eserler önemli kültürel miras unsurlarıdır. İstanbul, farklı dönemlere ait çok sayıda tarihi esere ev sahipliği yapmaktadır. Bu taşınmaz kültür varlıklarının önemli bir kısmında “Küfeki Taşı” olarak bilinen Bakırköy fosilli kireçtaşları kullanılmıştır. Bu eserler hava kirliliği, atmosferik etkiler, asit yağmuru, tuzlar ve insan etkisi vb. nedeniyle zamanla ilksel özelliklerini kaybetmekte ve kirlenmektedir (Dal, 2016).

Taş yapıların yüzeyinde oluşan kirlerin ortadan kaldırılması için çeşitli temizleme yöntemleri geliştirilmiştir. Fakat tüm taş türleri için tek bir temizleme tekniği uygulamak hatalı (taşa daha çok zarar vermesi, istenen temizliğin sağlanmaması vb.) sonuçlara neden olmaktadır (Ersen, 2010). Bu nedenle malzeme cinsine göre temizleme yöntemi seçilmeli, uygulama öncesinde yapının bir kısmında denenmeli, taşı en iyi temizleyen ve taşa en az zarar veren yöntemler seçilmelidir. Kullanılan her yöntemin kendine özgü koşulları ve uygulama alanları, yararları ve sakıncaları bulunmaktadır (Ersen, 2010). Taşa zarar vermeyen uygulamaları seçmek bu eserlerin gelecek nesillere aktarılması açısından önemlidir.

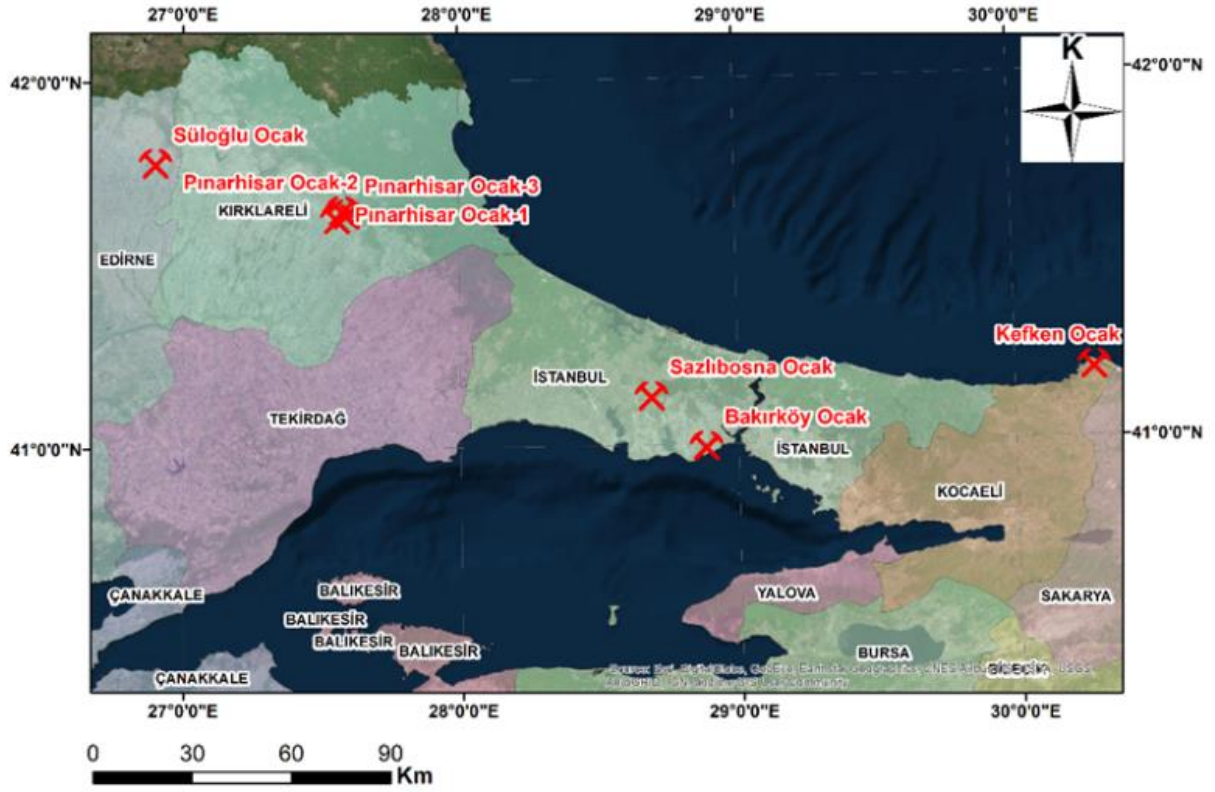
Bu çalışma kapsamında, İstanbul’daki tarihi eserlerde kullanılan ve beş farklı taş ocağından getirilen küfeki taşı örnekleri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiştir. İstanbul’daki tarihi eserlerde yapıtaşı olarak en fazla kullanılan Bakırköy kireçtaşı (günümüzde bu taşın geçmişte iletildiği ocaklar şehirin yerleşim alanları altında kalmıştır ve işletilememektedir) ile günümüzdeki onarım ve yenileme çalışmalarında alternatif olarak kullanılan diğer Küfeki taşları (Pınarhisar, Sazlıbosna, Süloğlu ve Kefken kireçtaşları) incelenmiştir. Öncelikle her bir kayacın mineralojik – petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitler yapılmış, XRD (X-Işını Difraktometresi) ve XRF (X-Işınları Floresans Spektrometresi) analizleri ile kayaçların mineralojik bileşimleri, dokusu ve kimyasal bileşimleri detaylı olarak tanımlanmıştır. Sonrasında ise kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Doğal haldeki taş örneklerindeki çalışmaları takiben taşların bir kısmına hızlandırılmış yapay eskitme yöntemleri uygulanmıştır. Eskitme işlemleri sonrasında da örneklerle iki farklı temizleme uygulaması yapılmıştır. Tüm uygulamaların sonrasında örneklerin fiziksel ve mekanik değerleri yeniden incelenmiş, temizleme sonrasında taş dokusunda meydana gelen hasarlar ve kütle kayıpları hesaplanmıştır.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışma; İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tezin amacı, farklı fosilli kireçtaşı örneklerine uygulanan temizleme yöntemlerinin taş üzerindeki tahribat derecelerinin belirlenmesi ve ölçülmesidir. Bu amaçla taşların temizlik öncesinde ve sonrasında ağırlıkları ölçülmüş, taşlardaki kütle kayıplarına göre oluşan hasarlar değerlendirilmiştir. Tez kapsamında elde edilecek bulguların özellikle restorasyon ve konservasyon alanında çalışanlara rehber olması dolayısıyla tarihi eserlerin ve kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

1.2. İNCELEME ALANLARININ TANITIMI

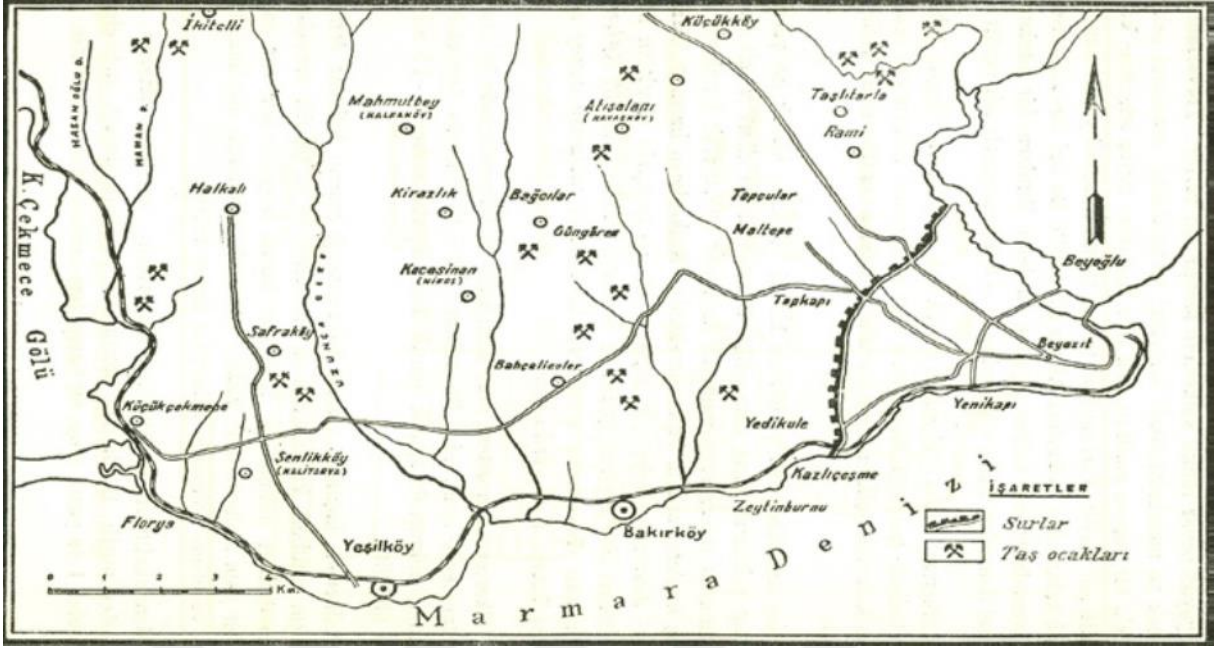
Roma, Bizans ve Osmanlı dönemlerinde en önemli Küfeki taşı üretimi Bakırköy bölgesindeki ocaklardan yapılmıştır. Ancak günümüzde bu ocaklar şehir yerleşim alanlarının altında kalmış ve üretimleri yıllar önce son bulmuştur. Bu nedenle İstanbul'a en yakın ve aktif olarak üretim yapan taş ocak sahası Arnavutköy sınırları içerisinde yer alan Sazlıbosna kireçtaşı ocağıdır. Diğer ocaklar ise İstanbul'un batısında batıda Vize ve Pınarhisar ilçeleri arasında kalan sahada ve Edirne ili Süloğlu bölgelerinde bulunmaktadır. İstanbul'un doğusunda aktif işletilen tek ocak Kefken taş ocağıdır. Tüm ocak yerleri (Şekil 1.1) ve ocakların koordinat bilgileri aşağıdaki tabloda sunulmuştur (Tablo 1.1.). Ocakların önceki ve günümüzdeki fotoğrafları (Şekil 1.2-1.14 arasında) verilmiştir.



Şekil 1.1: Küfeki taşı örneklerinin elde edildiği bölgeleri gösteren yer bulduru haritası.

Tablo 1.1: Ocak sahalarının koordinatları.

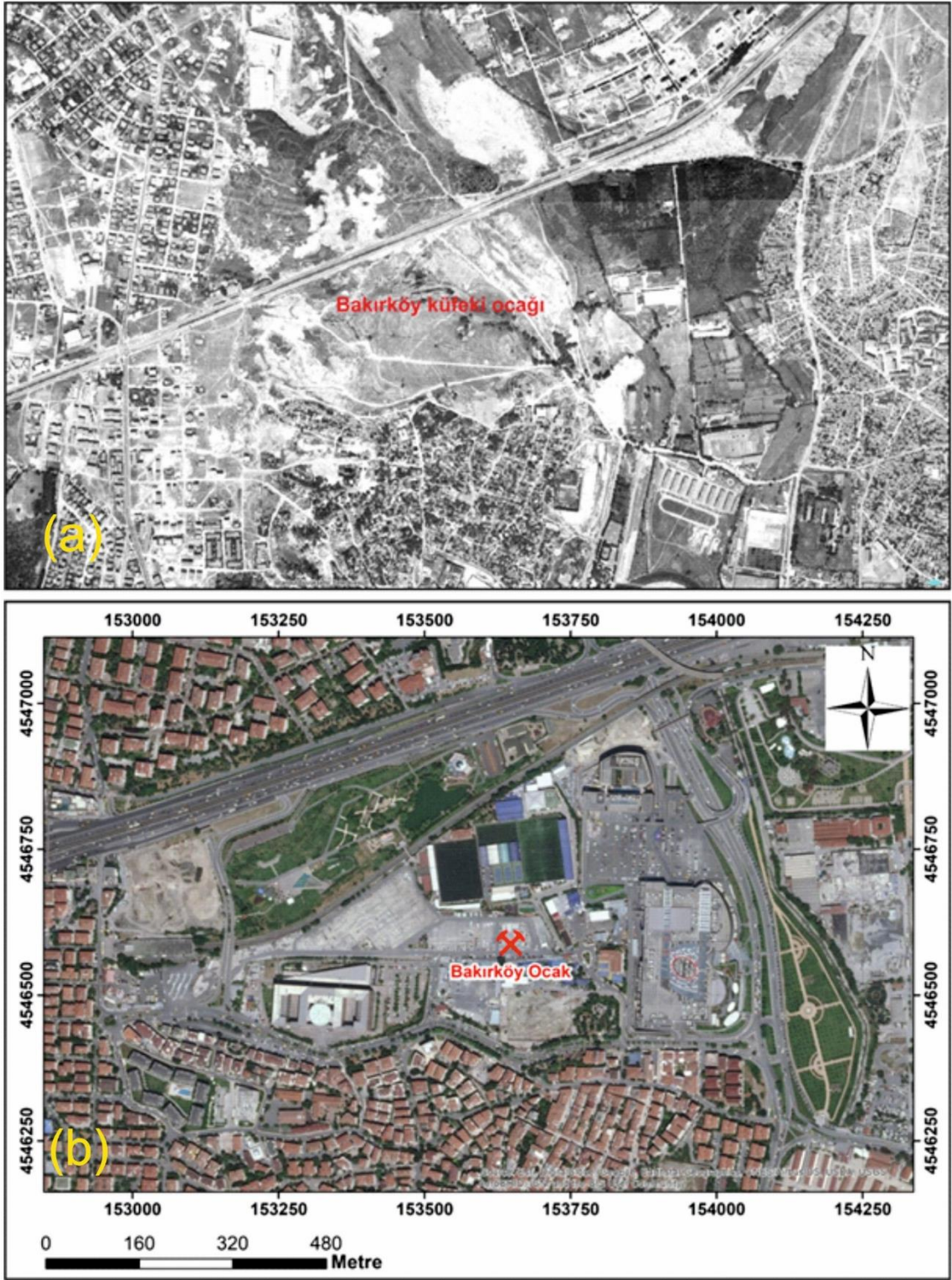
ÖRNEK YERİ	LOKASYON	KOORDİNAT	
		Boylam	Enlem
Süloğlu Ocak	Edirne	26°53'57.39"D	41°46'48.08"K
Pınarhisar Ocak-1	Kırklareli	27°33'29.54" D	41°37'37.83" K
Pınarhisar Ocak-2	Kırklareli	27°34'37.32" D	41°38'58.11" K
Pınarhisar Ocak-3	Kırklareli	27°35'33.58" D	41°38'24.04" K
Bakırköy Ocak	İstanbul	28°52'56.72" D	40°59'49.00" K
Kefken Ocak	Kocaeli	30°17'10.12" D	41°11'27.74" K
Sazlıbosna Ocak	İstanbul	28°41'22.13" D	41°08'06.78" K



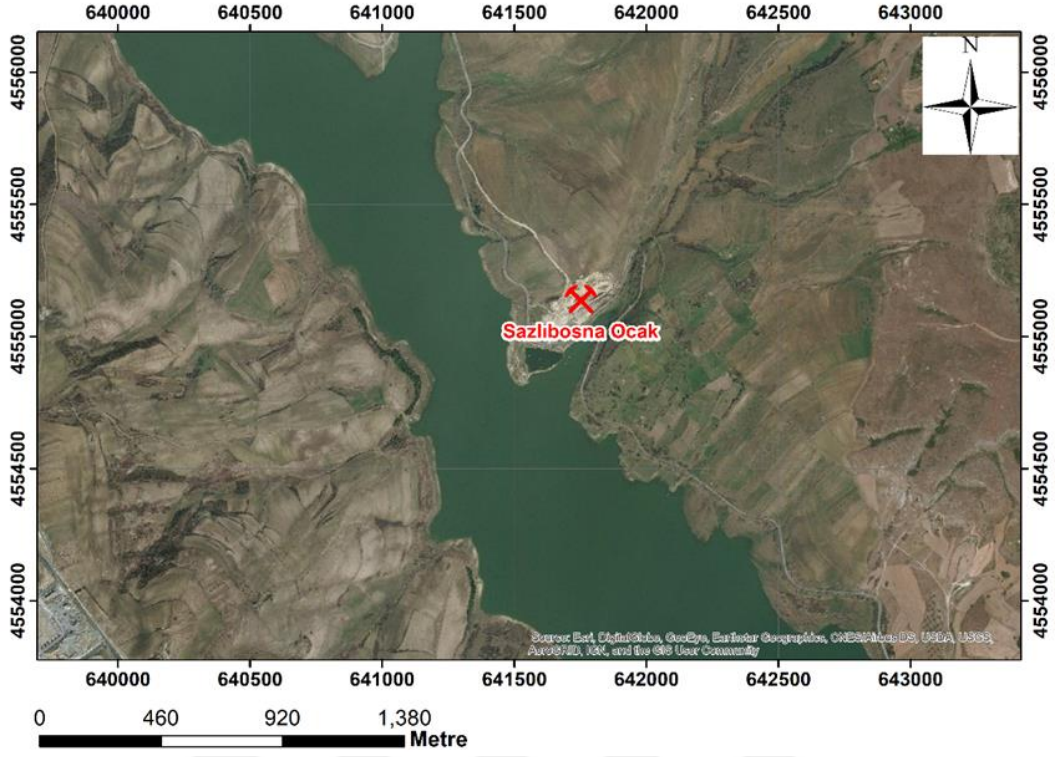
Şekil 1.2: Bakirköy küfeki taşı ocak yerleri (Sayar ve Erguvanlı, 1962).



Şekil 1.3: Bakirköy Haznedar yakınında, geçmiş dönemlerde açılmış olan Bakirköy küfeki taşı ocağının görünümü (Sayar ve Erguvanlı, 1955).



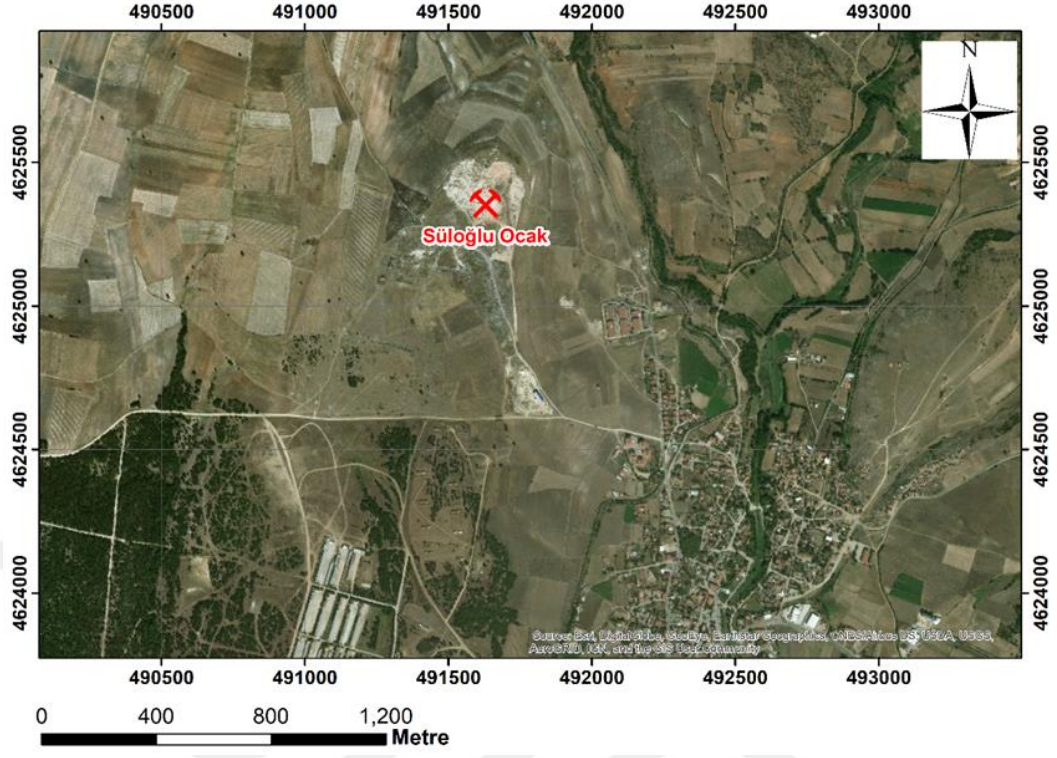
Şekil 1.4: Bakırköy kufekî taşı ocağının görünümü a) 1970 yılında çekilmiş hava fotoğrafında ocak yerlerinin durumu (<http://zamanmakinesi.ibb.gov.tr/>) b) Ocak yerinin günümüzdeki durumu.



Şekil 1.5: Sazlıbosna ocak sahasının konumu.



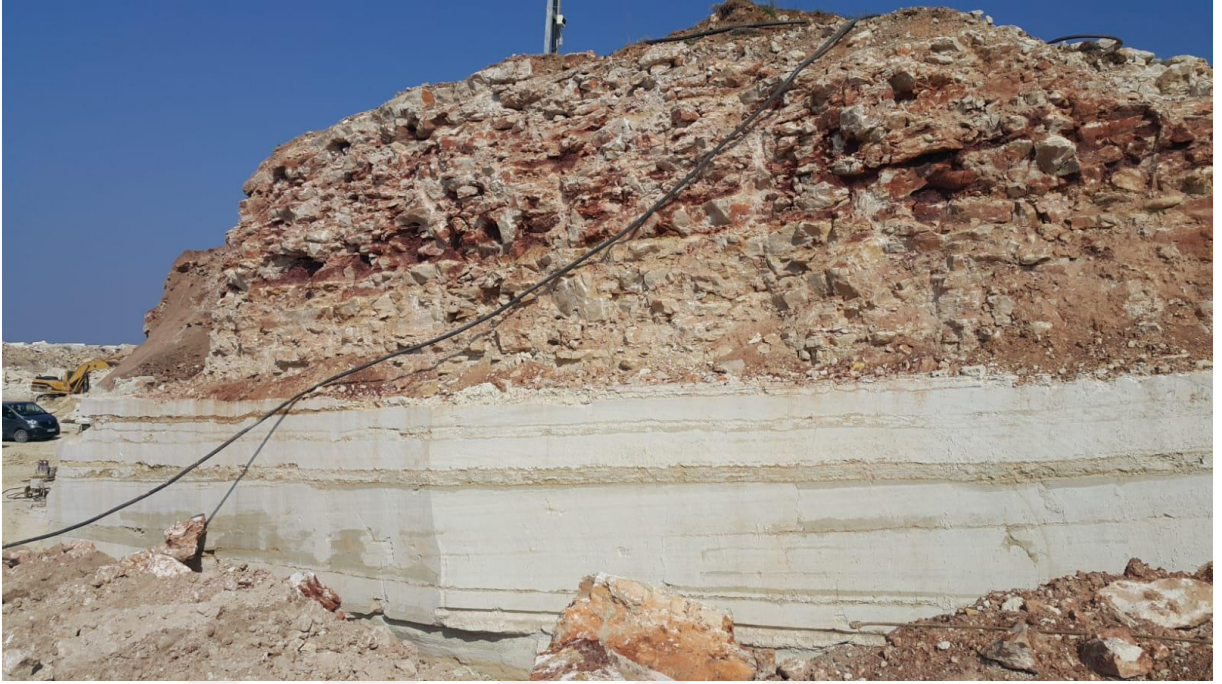
Şekil 1.6: Sazlıbosna ocağından bir görünüm (<http://www.barshanmadencilik.com/>).



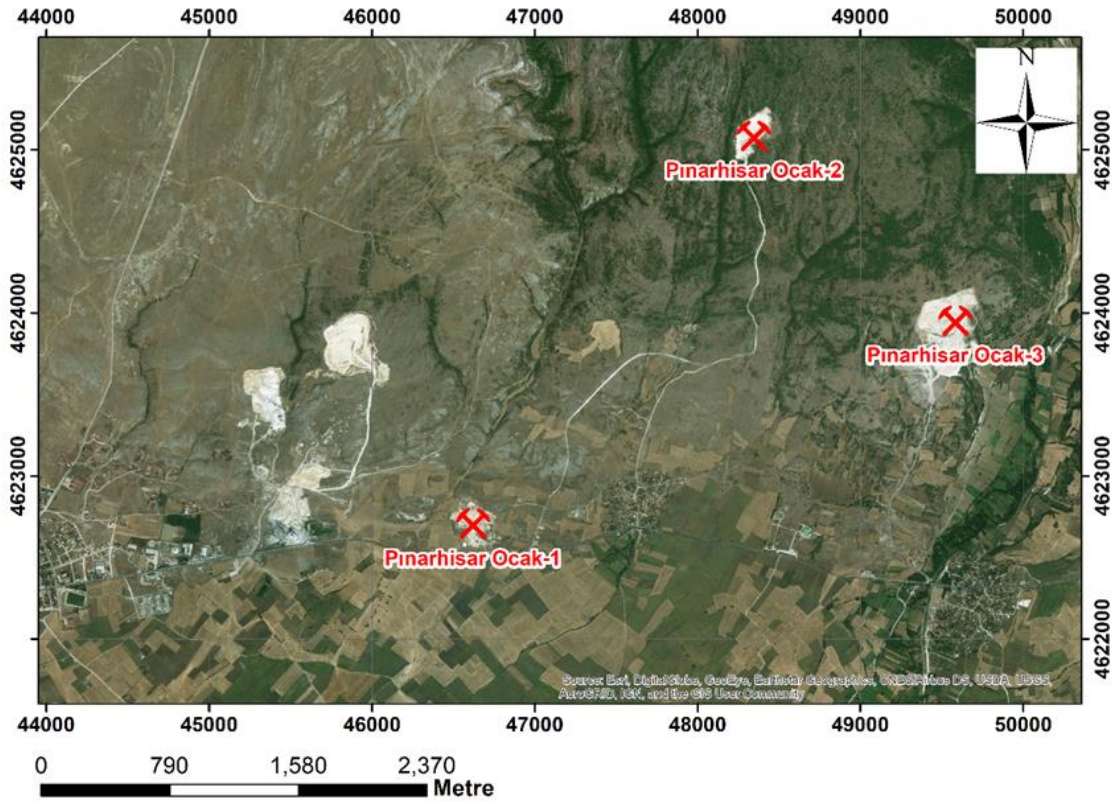
Şekil 1.7: Süloğlu küfeki taşı ocak yerinin konumu.



Şekil 1.8: Süloğlu ocağından genel bir görünüm.



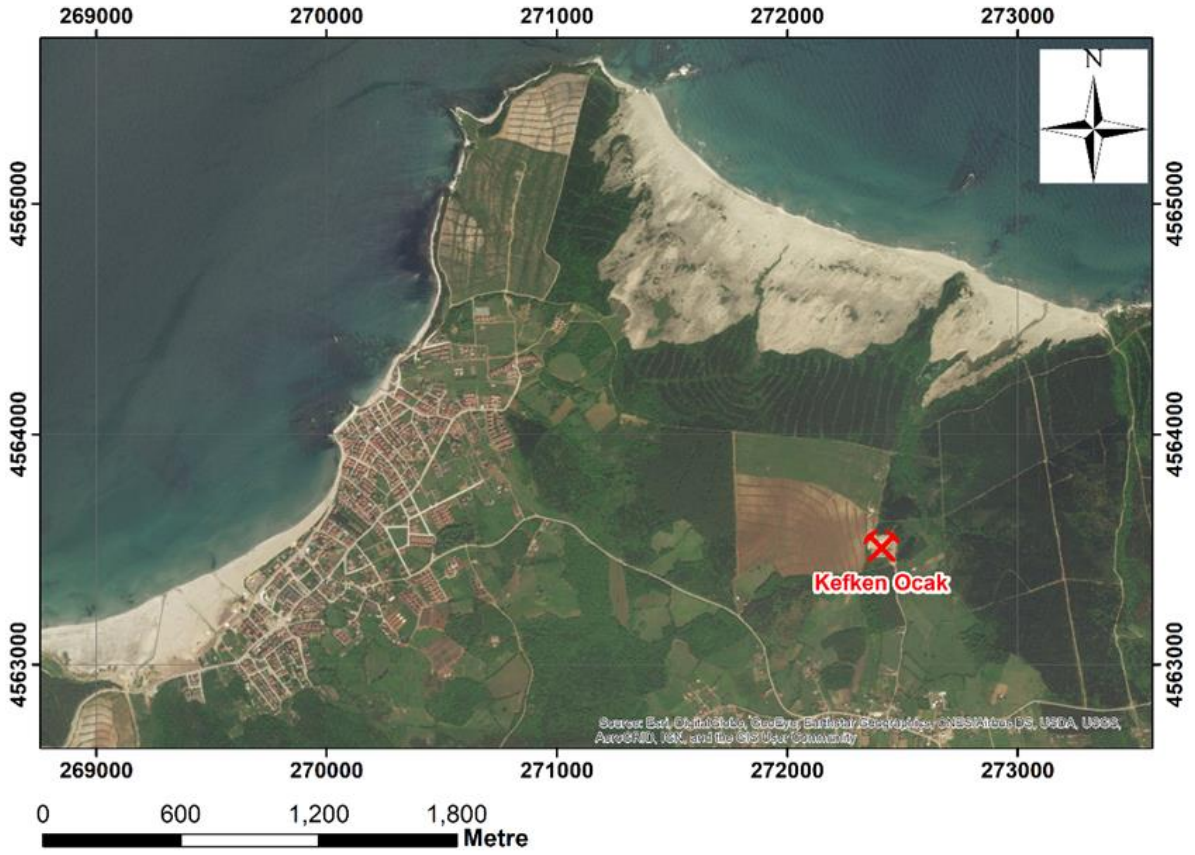
Şekil 1.9: Süloğlu ocağında işletme aynasının üst kısımlarında kısmen gelişmiş karstik boşluklar içeren Congeria'lı kireçtaşları.



Şekil 1.10: Pınarhisar küfeki taşı ocak sahalarının konumu.



Şekil 1.11: Pınarhisar ocağından genel bir görünüm.



Şekil 1.12: Kefken küfeki taşı ocak sahasının konumu.



Şekil 1.13: Kefken ocağından genel bir görünüm.



Şekil 1.14: Kırmızı kayalıklar mevkiinde bulunan Kefken antik küfeki taşı ocağından bir görünüm.

1.2.1. Coğrafya

Tez kapsamında; Marmara Bölgesindeki 5 farklı fosilli kireçtaşı ocak sahasından alınan örnekler kullanılmıştır. Örnek alınan bölgelerin coğrafi özellikleri de ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Bakırköy ve Sazlıbosna ocakları İstanbul ili sınırları içerisinde kalmaktadır.

Pınarhisar ocakları Kırklareli sınırları içerisinde yer almaktadır. Kırklareli ÷lkemizin ormanlık alanları yoğun olan illerinden biridir.

S÷loğlu ocağı Edirne sınırları içerisinde kalmaktadır.

Kefken ocakları Kocaeli ili sınırları içerisinde kalmaktadır.

1.2.2. Ulaşım

Bakırköy küfeki ocakları bugün tamamen yapılaşma alanlarının altında kalmış olup, eski ocak sahaları esas olarak E-5 karaoyolunun güneyinde yer yer de kuzeyinde yer almaktadır. Sazlıbosna ocakları ise Sazlıbosna köyü yakınlarında Sazlıbosna baraj gölü kuzeyinde yer alır. Ocaklara Arnavutköy'den, Küçükçekmece kuzeyinden ve Hadımköy çevre yolundan ulaşım sağlanabilmektedir.

S÷loğlu ocakları hemen S÷loğlu ilçe merkezinin kuzeyinde yer almakta olup, S÷loğlu ilçesinden ayrılan tali yollar ile ulaşılabilir.

Pınarhisar taş ocaklarına Eski Edirne asfaltı olarak bilinen yol üzerinden ulaşmak mümkündür. Küfeki taşı ocakları Vize ile Pınarhisar ilçeleri arasında bulunan Poyralı ve Erenler köyleri yakınlarında bulunmaktadır.

Kefken, Kocaeli İlinde bulunmaktadır. İstanbul Kefken arasındaki mesafe 168 kilometre olup araçla ortalama 2 saat 45 dakika kadar tutmaktadır. Ocaklar Kefken Çamkonak köyünün kuzeyinde bulunmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sayar ve Eguvanlı (1962), Türkiye mermerleri ve yapı taşlarını araştırmışlar, İstanbul ve yakın çevresindeki eski dönemlerden beri kullanılan yapı ve kaplama taşlarını detaylı olarak tanımlamışlardır.

Ahunbay (1988), İstanbul'daki Mimar Sinan yapılarında kullanılan yapı teknikleri ve malzemeleri incelemişlerdir.

Tuğrul ve diğ. (1999), İstanbul'daki tarihi anıt ve yapıların çoğunda kullanılmış olan fosilli kireçtaşlarının zaman içinde kirlenme ve ayrışmaya maruz kaldığını, çevreden kaynaklanan su, gaz, rüzgâr ve canlı gibi faktörlerin, yapıda kullanılmalarından itibaren taşa etki ettiğini belirlemişlerdir. Bu faaliyetlerin etki sürelerinin, taşın petrografik, mineralojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır. Kireçtaşlarının bileşimlerinin yanı sıra, içerdikleri fosil kavkılarının boyutları, miktarları ve yönelimlerinin kirlenme ve ayrışmalarında etkin parametrelerden birini olduğunu ileri sürmüşlerdir. Farklı özellikteki kireçtaşlarının bir arada kullanılması, taşların kesimi, yüzeylerinin işlenme biçimi, traşlanmış olup olmamaları, eserlerde kullanım yerleri ve amaçları, yapının üst veya temele yakın kesiminde veya farklı cephelerde kullanılmalarına bağlı olarak ayrışma ve kirlenmelerini değişik oranlarda etklendiğini ortaya koymuşlardır.

Acun Özgünler ve diğ. (2008), Tarihi yapılarda kullanılan volkanik tüfler ile ilgili çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda tarihi bir yapıdan alınan taş örnekleri üzerinde deney yapılmıştır. Sonuçta, örneklerin riyodasitik-dasitik tüfler olduğunu, hava kirliliği ve atmosferik olaylar sonucunda fiziksel ve kimyasal bir bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Bozulan taşların, silan/siloksan sağlamlaştırıcı ve su itici kimyasalların uygulanması ile su emme oranlarının % 90 azaldığını, ultrases hızlarının da % 30 oranında arttığı, kimyasal sürülen örneklerin, yapılan üç farklı eskitme deneylerinden kimyasal sürülmeyen örneklere göre daha az etkilendiklerini tespit etmişlerdir.

Dal ve diğ. (2010), Trakya bölgesi tarihi yapılarındaki malzemeleri incelemişlerdir. Bu bozulmalara litolojik ve yapısal etkiler, işçilik hataları, atmosfer bileşikleri (SO₂, NO₃, CO₂,

asit yağmurları), fiziksel etkiler (ısı, don, kapillarite, tuzlar), metal korozyonu, canlılar, bitkiler ve mikroorganizmaların etkileri incelenmiştir.

Günel (2010), çalışmasında mikro kumlama yönteminin çalışma prensibini detaylarıyla açıklamış ve geleneksel kumlama yöntemi ile karşılaştırmıştır. Sonucunda mikro kumlama sistemlerinin diğer temizleme teknikleri ile kombine edilerek de kullanılabildiğini vurgulamıştır.

Yar (2010), Lazerin kullanımının kültür varlıklarının korunması ve temizlenmesi konusunda uygulama denemeleri çok eskilere gittiğini vurgulamış, son yıllarda yapılan başarılı araştırmalar sonucunda lazer uygulamaları, geliştirilerek konservasyon alanında sıklıkla kullanılmaya başladığını ileri sürmüştür. Bugüne kadar kullanılan temizleme yöntemlerine oranla daha az risk içeren lazer ile temizlik yönteminin, özellikle klasik yöntemler ile mümkün olmayan uygulamaların güvenli bir şekilde yapılmasını sağladığını ileri sürmüştür.

Günel (2011), Çalışmasında tarihi eserlerde mikro kumlama ile yüzey temizliği çalışmalarının uygunluğunun değerlendirilmesi üzerine deneysel çalışmalar yapmıştır. Yüzeysel silme ve yumuşak dokunuş yöntemleri ile patinaya zarar vermeden hassas yüzey temizliği yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda düşük dayanıklılığa sahip taşların yüzeylerinin korunması açısından sert ancak son derece ince bir aşındırıcının malzemeye uygun sertlikte, ancak granülometrik olarak daha büyük bir aşındırıcıya oranla daha tercih edilebilir olduğunu göstermiştir.

Campbell ve diğ. (2014), Tarihi bir taş yapıyı en iyi şekilde değerlendirmek için, kayanın özelliklerinin ve sızıntı ve bozulma gibi risklerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini ileri sürmüştür. Taşın değerlendirilmesi; laboratuvar testleri, analizleri ve tarihsel kayıtlar gözden geçirilerek bozulma mekanizmasının belirlenileceği ve uygun bir restorasyon programı hazırlanabileceğini savunmuştur.

Zaimoğlu ve diğ. (2015), Sodyum sülfat (Na_2SO_4) tuzuyla kirletilen ve tarihi yapılarda sıkça kullanılan andezit taşının temizlenmesinde bentonit kilinin etkisini araştırılmıştır. Akışkan kıvamda oluşturulan bentonit kilini kirletilen taş örnekler üzerine uygulanmışlardır. Bunun sonucunda, önemli ölçüde tuz giderimini gerçekleştirmişlerdir. Fakat bu tarz bir temizleme çalışması sonrasında taşın fiziksel yapısında belli bir ölçüde hasarın oluştuğunu gözlemişlerdir.

Dal ve diğ. (2016), Kıbrıs Kaleiçi mevkiindeki tarihi yapıların sorunlarını ele almışlardır. Çalışılan bölgedeki tarihi yapılarda gözlenen ayrışma formlarının, birbirleriyle etkileşen bozunma faktörlerinin neden olduğu ve geliştirdiğini bozunma sürecinin sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Bu bozunmanın, Akdeniz'den gelen tuzların nemle etkileşimi sonucu oluştuğunu tespit etmişlerdir. Sonucunda, bu tarihi bölgede gözlenen tahribatın sonuçlarını göstermişler ve eserlerin koruma önlemlerinin aciliyeti ile gerekliliği belirtilmiştir.

Angı ve diğ. (2017), İstanbul' un tarihini su yapıları, kilise, cami, saray, sur, kale, türbe vb. yapılarda bölgenin jeolojisini oluşturan farklı türdeki litolojik birimlerin işletilmesi ile yöreden sağlanan taşların kaplama malzemesi ve yapıda kullanıldığını, bu taşların en önemlileri arasında; Bakırköy Üst Miyosen fosilli kireçtaşı (Küfeki taşı), Eosen fosilli kireçtaşları, Devoniyen kireçtaşları, Trakya Formasyonu içindeki kumtaşları, Üst Kretase volkanitleri (Kavak taşı), Zekeriyaköy fosilli kireçtaşı (Sarıyer taşı) ve Çavuşbaşı granodiyoriti, Kurtköy Formasyonu içindeki arkozlar ve Aydos Formasyonu içindeki kuvarsitler bulunduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada, geçmişten günümüze İstanbul'daki önemli yapılarda kullanılan yöresel yapı ve kaplama taşlarının jeolojik, litolojik ve arki-tektonik özellikleri tanıtılmıştır.

Mahmutoğlu ve diğ. (2017), İstanbul tarihi kimliğini oluşturan eserlerde zamanla oluşan yıpranma ve bozulmaların çoğunda restorasyon ve onarım çalışmalarının zorunlu hale getirildiğini, restorasyon çalışmalarında özgün veya benzer doğal taş kaynaklarına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır. Bu amaçla, arazi ve laboratuvar çalışmalarının sonucunda Kırklareli - Pınarhisar - Vize ile İstanbul-Hadımköy, İzmit-Gebze ile Hereke bölgelerinde alternatif ve orijinal olabilecek doğal taş kaynaklarının, restorasyon uygulamalarında potansiyel kaynak alanları oldukları belirtilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Yüksek lisans tez projesi kapsamında yapılan çalışmalar başlıca üç ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar:

- 1) Literatür derleme,
- 2) Taş seçimi ve örnek temini,
- 3) Laboratuvar çalışmaları'dır.

3.1. TAŞ SEÇİMİ VE ÖRNEK TEMİNİ

Tarihi yapılarda uygulanan temizleme yöntemleri karşısında taşların davranışlarının belirlenmesi amacıyla hazırlanan bu tez kapsamında öncelikle İstanbul ve çevresinde en yaygın olarak kullanılan küfeki taşları belirlenmiştir. Birçok tarihi yapının ana gövdesini oluşturan Bakırköy küfeki (Bakırköy kireçtaşı) ocakları günümüzde yapılaşma alanlarının altında kalmış, ocak faaliyetleri uzun zaman önce sona ermiştir. Bakırköy küfeki taşının temini ancak temel kazılarından ve/veya restorasyon sırasında onarımları yapılan ve değiştirilen örneklerden temin edilebilmektedir. Çalışmada kullanılan Bakırköy küfeki taşı örneği Mahmutpaşa Camii restorasyonları sırasında çıkarılan taş bloklardan temin edilmiştir. Böylece deneylerde tarihi yapılarda kullanılan orijinal yapıtaşı kullanılmıştır.

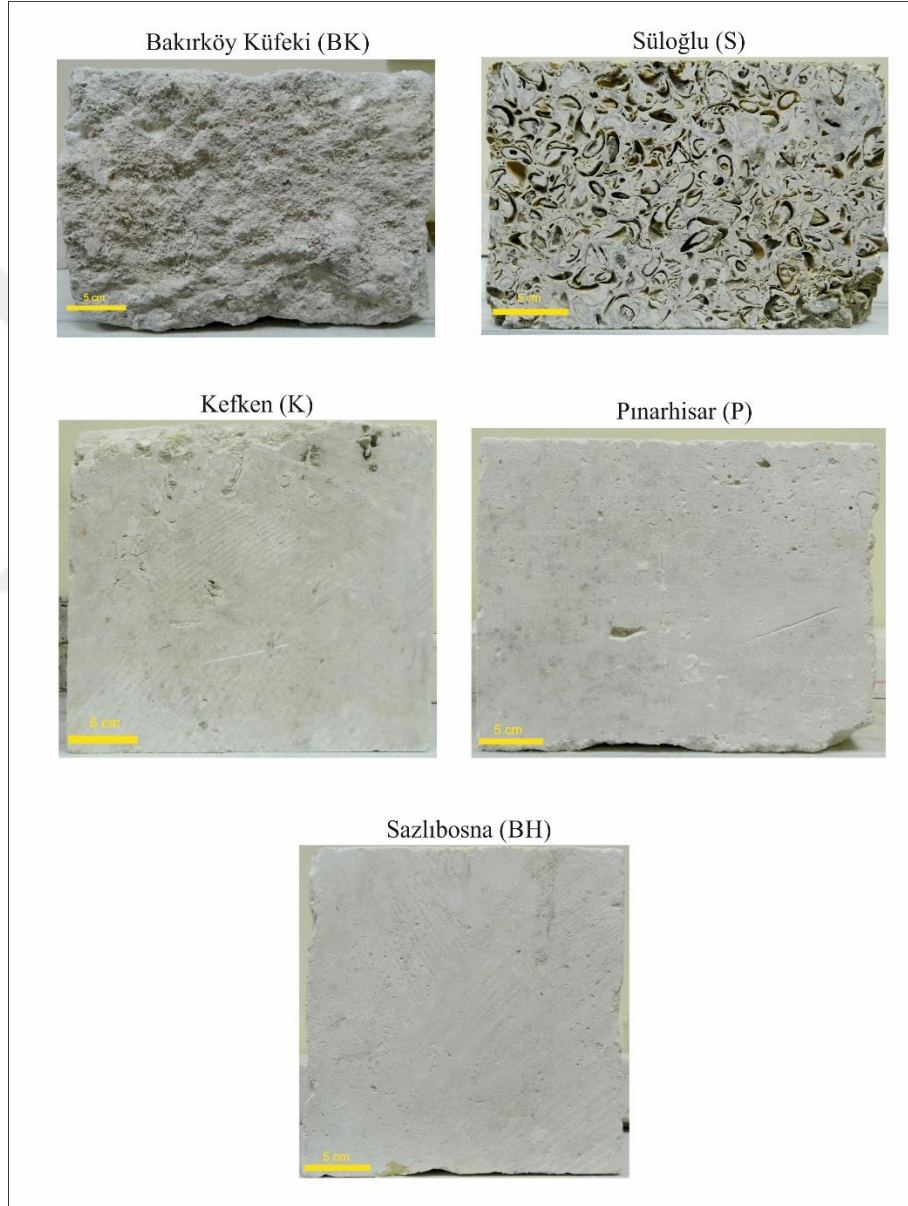
Restorasyon ve konservasyon çalışmalarında Bakırköy küfekisi yerine kullanılan diğer küfeki taşları da üreticilerinden temin edilmiş ve Bakırköy küfeki taşları ile birlikte aynı deneyler uygulanmıştır.

3.2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Örnek alımlarının tamamlanmasının ardından laboratuvar çalışmaları başlatılmıştır. Laboratuvar çalışmaları İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan laboratuvarlarda yapılmıştır.

3.2.1. Örnek Hazırlama

Öncelikle derlenen örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla beş farklı ocağa ait 15x20x40 cm bloklar halinde (Şekil 3.1) alınan örnekler 7x7x7 cm, 4x4x4 cm'lik küp ve 1x6x12 cm lik dikdörtgenler prizması olarak hazırlanmıştır. Örnekler elmas testerele taş kesme makinasında kesilerek boyutlandırılmıştır.



Şekil 3.1: Beş farklı ocaktan alınan taş blokların fiziksel, kimyasal, mineralojik ve petrografik deneyler yapılmadan önceki genel görünümü.

3.2.2. Mineralojik ve Petrografik Analizler

Fiziksel ve mekanik deneyler için örnek hazırlama sırasında kesilen parçalardan kalan taş dilimlerinden petrografik ince kesit, XRF ve XRD analizleri için örnekler alınmıştır. İnce kesitler için 20x40 mm boyutunda dilimler çıkartılmış, çıkartılan dilimlerin yüzeyleri parlatma cihazında Al_2O_3 tozları yardımıyla düzlenmiştir. Daha sonra örnekler ultrasonik banyoda iyice yıkandıktan sonra 80 °C'de etüvde bir gün boyunca kurutulmuştur. Etüvde kurutulan örnekler sentetik reçine ve sertleştiricisinden oluşan epoksi bazlı yapıştırıcılar ile 26x47 mm ebatlarındaki lam üzerine yapıştırılmış ve sıcak levha üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Örnekler kuruduktan sonra İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Jeoloji mühendisliği bölümü, Mineraloji – Petrografi anabilim dalında bulunan Metkom Geoform cihazı ile kesilerek inceltirilmiştir. İdeal kalınlığa gelen kesitler son bir parlatma işlemine tabii tutulduktan sonra epoksi bazlı yapıştırıcı kullanılarak üzerleri lamel ile kapatılmıştır. Petrografik tanımlama ve incelemeler Leitz Ortoplan mikroskop ve üzerine takılı dijital görüntü analiz sistemi kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.2).

Petrografik incelemeleri takiben herbir kaya grubuna ait örnekten yaklaşık 200 gr alınmış, agat havanda 300 mesh boyutuna kadar öğütülmüş ve 80 °C'de etüvde bir gün boyunca kurutulmuştur. Öğütülen numunelerin XRD analizleri GNR APD Pro-2000 marka cihazda Ni filtre, $CuK\alpha$ radyasyonu, 40 kV gerilim, 30 mA akım, $2\theta=1^\circ/dk$ gonyometre hızı, 1 cm/dk duyarlılıklarında yapılmıştır. Elde edilen difraktogramlar Philips High Score Plus yazılımında yer alan JCPDS kartlarıyla eşleştirilerek bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2: Jeoloji mühendisliği bölümü, Mineraloji – Petrografi anabilim dalında bulunan XRD cihazı.

3.2.3. Kimyasal Analizler

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrol ve Doğal Gaz Jeokimyası Laboratuvarında Oxford Instruments X-Supreme 8000 model, enerji dağılımlı XRF cihazı ile ölçümler yapılmıştır(Şekil 3.3).

Ölçüm yapılan cihaz, Oxford instrument tarafından üretilen masa üstü bir ED-XRF'tir. Cihaz, 4-30kV (maksimum 3 Watt) Ti hedefli X-ışını tüpüne sahiptir. Bu analizör 3kV ve 5 μ A'dan başlayan enerji uyarımı için koşullandırılabilir. Bununla beraber cihaz daha önceden programlanmış koşullandırmalarda içermektedir. X-ışını deteksiyon ünitesi yüksek çözünürlüklü SSD'dir. Bu SSD'nin çözünürlüğü Mn k-alfa X-ışını enerjisinde 145 eV'tur.

Analizler temel parametreler metoduna göre yapılmıştır. Bu metot, ölçüm sonrasında oluşturulan spektrumdan elementlere karşılık gelen şiddetlerin matematiksel ifadelerine

dayanmaktadır (Sherman, 1955, Shiraiwa and Fujino, 1966). Bu metot kullanılarak konsantrasyonunu bilinmeyen örneklerin yarı-kantitatif analizi yapılmıştır.

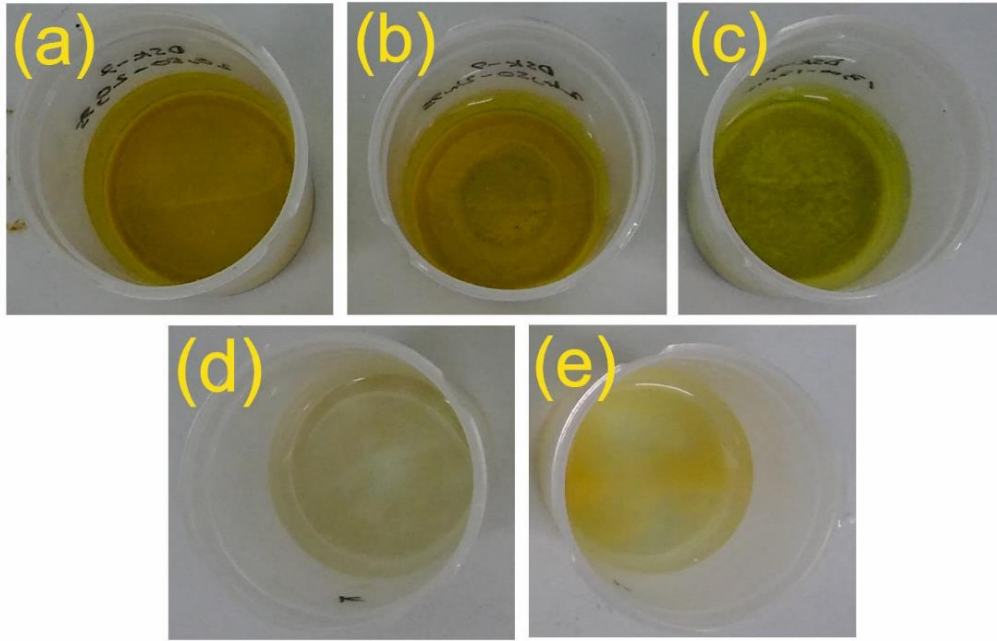
Analizin yapılabilmesi için örneklerin homojen olarak hazırlanması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için örnekler $<73\mu$ tane boyutuna kadar öğütülmüş ve düz bir yüzeye sahip olmaları sağlanmıştır. Devamında Poly-M film kaplı örnek kaplarına doldurularak ölçümler yapılmıştır.



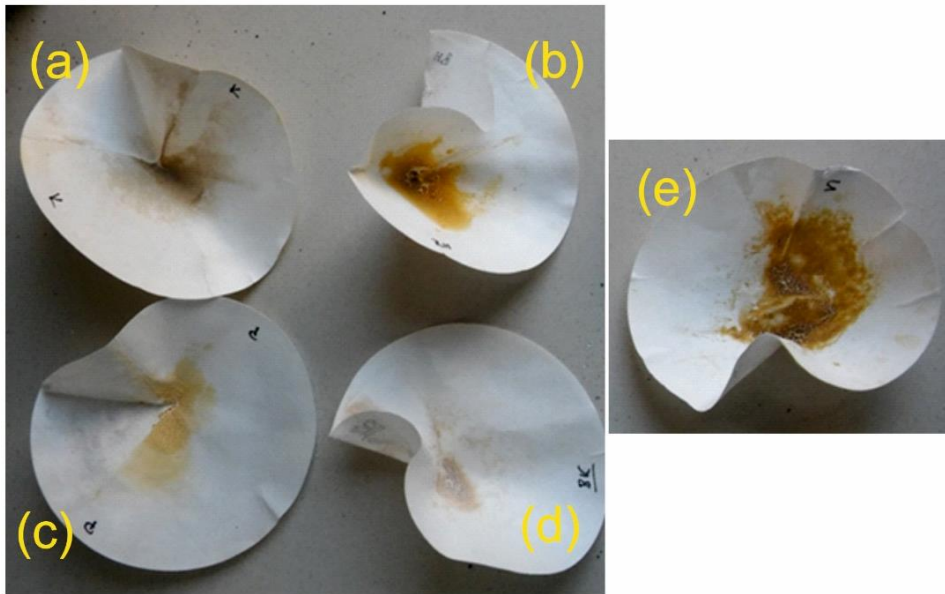
Şekil 3.3: Jeoloji mühendisliği bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim dalında mevcut olan XRF cihazı.

3.2.4. Asitte Kayıp

Küfeki taşlarının asitte kayıp değerlerinin bulunması amacıyla öğütülmüş ve kurutulmuş örneklerden bir miktar tartılarak alınmış ve %10'luk HCl asidine konmuştur (Şekil 3.4). Örnekler bir gün süreyle çeker ocak içerisinde asitle muamele edildikten sonra reaksiyonun tamamlanıp tamamlanmadığı kontrol edilmiş ve distile su ile dekante edilmiştir. Distile su ile dekante edilerek temizlenen numuneler filtre kağıdı ile süzülerek alınmış ve kurutulularak tartılmıştır. İlk ve son ağırlıklar arasında fark kullanılarak asitte kayıp değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3.5).



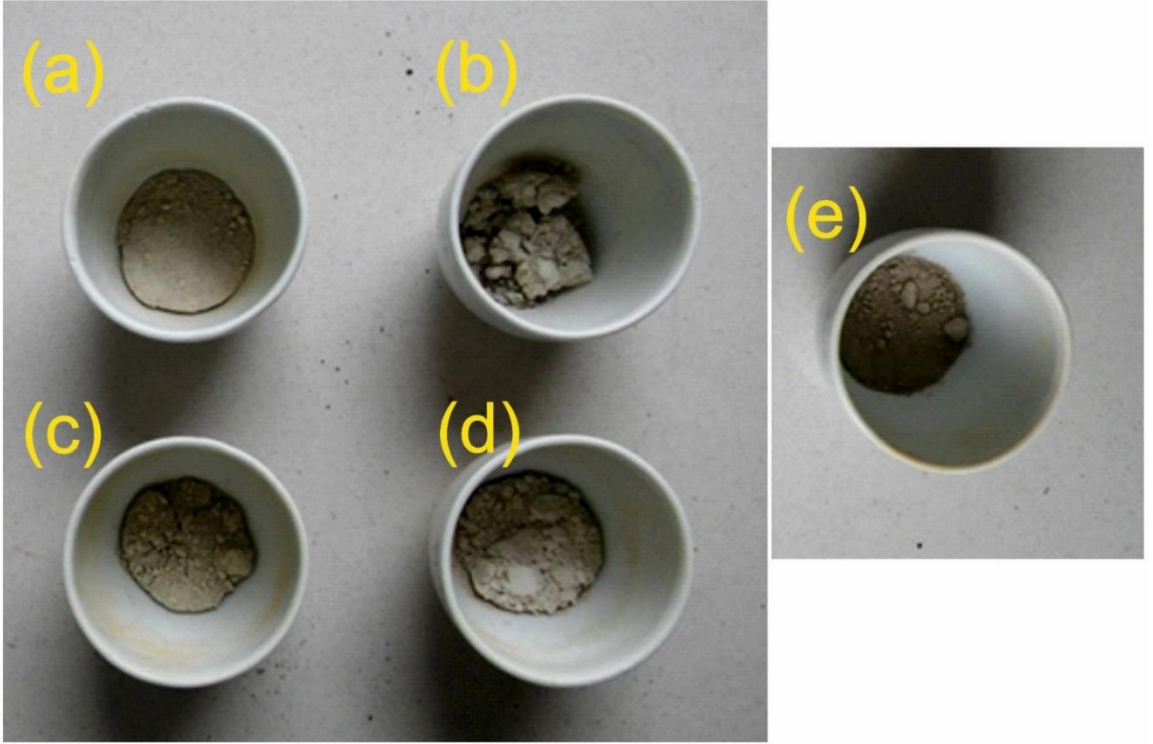
Şekil 3.4: Küfeki taşı örneklerinin, HCl asit çözeltisi içinde bekletilmesine ait görüntü. a) Süloğlu, b) Sazlıbosna ,c) Bakırköy ,d)Kefken , e) Pınarhisar



Şekil 3.5: Örneklerin HCl asitte bekletilmesinin ardından, filtre kağıt üzerinde distile su ile arındırıldıktan sonra kalan miktarlarına ait bir görünüm a) Kefken, b) Sazlıbosna, c) Pınarhisar d) Bakırköy e) Süloğlu.

3.2.5. Kızdırma Kaybı (Ateşte Kayıp)

TS 699(1987) Standartlarına uygun yapılmıştır. Küfeki taşlarının asitte kayıp değerlerinin bulunması amacıyla öğütülmüş ve kurutulmuş örneklerden bir miktar tartılarak alınmış porselen kaplara konularak ağırlıkları ölçülmüştür. Hazırlanan örneklerin neminin kurutulması amacıyla fırında 2 saat 105 derecede kurutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra varsa organik maddelerin miktarlarının belirlenmesi için 2 saat 550 derecede ısıtılmış ve tartılmıştır. Son olarak kızdırma kaybının belirlenebilmesi için 3 saat daha 1050 decerece ısıtılmış ve tartılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Örneklerin son devre olan 1050 derecede 3 saat daha ısıtıldıktan sonraki görünümleri a) Bakırköy b) Pınarhisar c) Sazlıbosna d) Kefken e) Süloğlu

3.2.6. Fiziksel Deneyler

Fiziksel özelliklerin amacı ile; birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, atmosfer basıncı altında su emme, kaynar su emme, porozite, kılcal su emme katsayısı bulunmuştur. Örnekler üzerindeki fiziksel deneyler İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.6.1. Birim Hacim Ağırlık

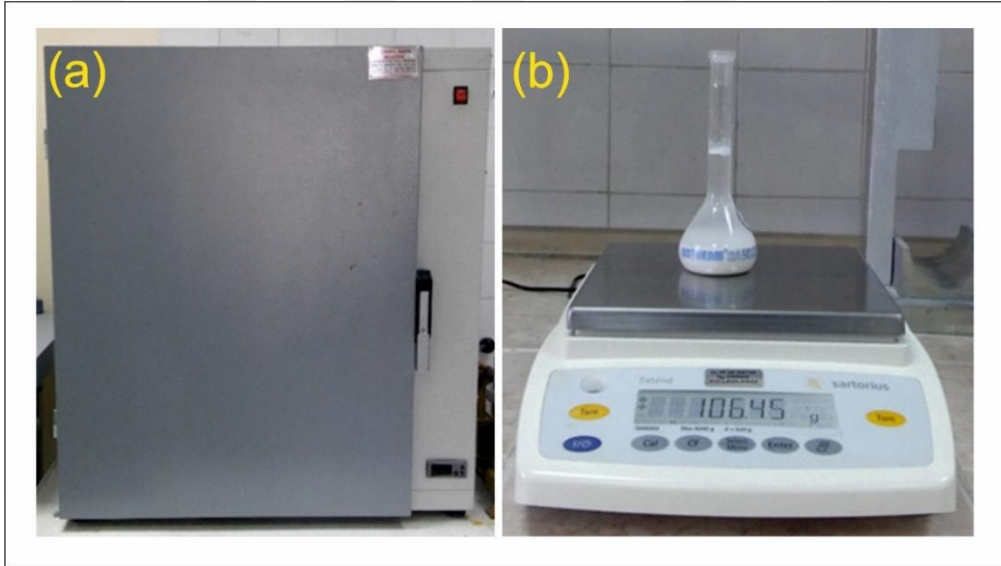
TS 699(1987) standardına uygun yapılan deneyde örnekler 105 °C’ de 24 saat boyunca bekletilmiştir. Sonrasında örnekler hassas terazi ile tartılmıştır (Gk). Örneklerin hacim ağırlıkları 3.1 numaralı formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Birim Hacim Ağırlık: } \gamma = \frac{Gk}{V} (g/cm^3) \quad (3.1.)$$

Burada; Gk: Örneğin kuru kütlesi, (g), V: Örneğin hacimi, (cm³), γ : Birim hacim ağırlık, (g/cm³)’dir.

3.2.6.2. Özgül Ağırlık

Deney TS 699 (1987) standardı baz alınarak yapılmış olup; tabii yapı taşlarının boşlukları ile birlikte birim hacminin ağırlığı bulunmuştur. Üç örnek üzerinde yapılır. İlk olarak örnekler önceden kurutulup soğutulmuştur. Sonrasında örnekleri çok ince olacak şekilde öğütülmüştür. Özgül ağırlık, toz örnek ve suyun (distile) piknometre kullanılması ile 3.2 numaralı hesap ile bulunmuştur. Oda sıcaklığındaki su ile tamamen doldurulan balon jodeler tartılır (Gps)



Şekil 3.7: a)Kurutma cihazı (Etüv) b) Toz örnek ve su ile dolu piknometrenin tartım görüntüsü.

Şişelerin içindeki su boşaltıldıktan sonra etüvde kurutulur. Kurutulmuş örnekler 30 ar gram kadar kuru huni yardımıyla balon jodelerin(piknometre yazılması istenebilir) içine doldurulur

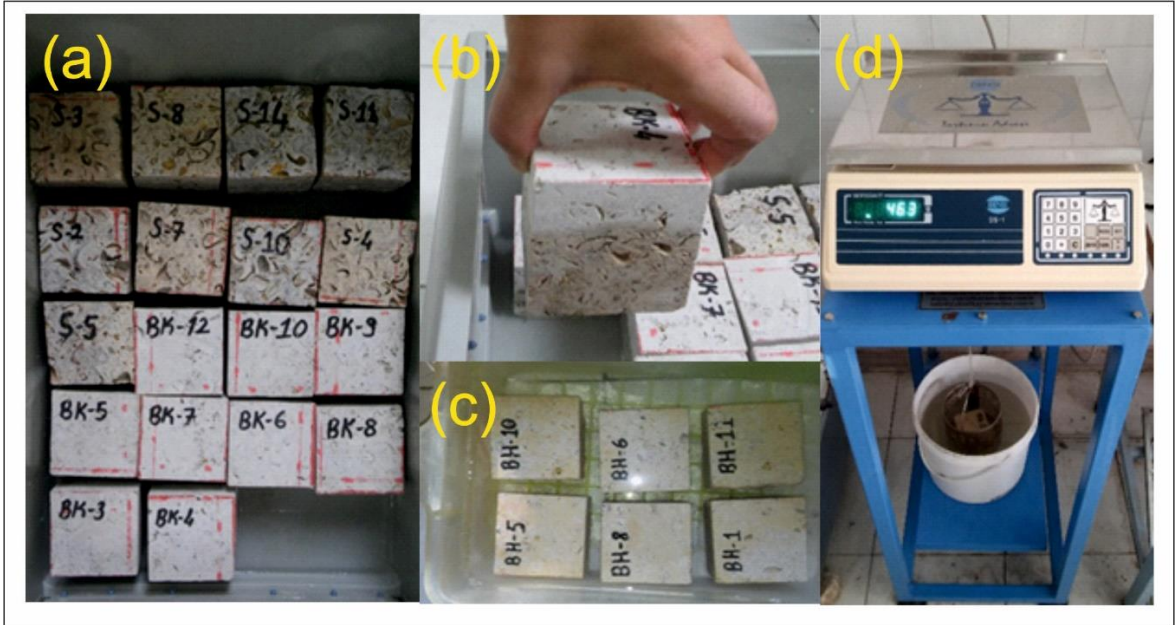
ve tartılır (G_{pn}). İçinde örnek bulunan balon jöjeler su ile doldurulup vakum yardımı ile hava kabarcıkları alınıp, tartılır (G_{pns}) (Şekil 3.7).

$$\text{Özgül Ağırlık: } G_s = \left[\frac{(G_{pn} - G_p)}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_s)} \right] * \gamma_w \quad (3.2)$$

Formülde: G_s = Taşın özgül kütlesi (g/cm^3), G_p = Piknometre kütlesi (g), G_{pn} = (piknometre + deney örneği) kütlesi (g), G_{pns} = Su ile dolu piknometre kütlesi (g), γ_w : suyun birim hacim ağırlığı, G_{pns} = (piknometre + deney örneği + su) kütlesidir.

3.2.6.3. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme

TS 699 (1987) ve TS EN 13755 (2003) standardında belirtildiği gibi, deney örnekleri hazırlandıktan sonra bir kaba konularak örnekler yüksekliklerinin sırasıyla 1/4, 2/4 ve 3/4' ü seviyesine kadar suya daldırıp birer saat bekletilmiştir. Sonrasında örnekler yüksekliklerinin 1,2- 2 cm su ile kaplanacak şekilde 45 saat suda bekletildikten sonra arşimet terazisinde tartılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Su emme deney aşamaları. a) örneklerin ilk bir saatte bekletilmiş görüntüsü, b) örneklerin 3/4 ünün bir saat suda bekletilmiş görünümü, c) örneklerin tamamı suyun altında kalacak şekilde bekletilmesi, d) Deney örneklerinin Arşimet terazisinde ölçümü.

Bu işlemden sonra 3.3 ve 3.4 numaralı bağlantılarla hesaplar yapılmıştır.

$$\text{Su Emme Oranı (Kütlece)} : Sk = \frac{Gd-Gk}{Gk} * 100 \left(\frac{m}{m}, \%\right) \quad (3.3)$$

$$\text{Su Emme Oranı (Hacimce)}: Sh = \frac{Gd-Gk}{(Gd-Gds)} * 100 \left(\frac{v}{v}, \%\right) \quad (3.4)$$

Bağlantıda; Gk: Kuru ağırlık, (g), Gds: Su içindeki ağırlık, (g), Sk: Kütlece su emme oranı, (%), Sh: Hacimce su emme oranı, (%), Gd: Suyu doymuş ağırlık, (g), 'dir.

3.2.6.4. Kaynar Suda Su Emme

Deney TS 699 (1987)'a göre gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri su banyosuna konur ve ısıtılır. Suyun kaynamaya başlamasıyla 2 saat daha kaynatılır. (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Süloğlu bölgesine ait örneklerin kaynar suda su emme deneyinden bir görünüm.

Kaynatmanın sonunda su soğuduktan sonra bekletilmeden tartılır (Gd), Arşimet terazisiyle tartılarak su içindeki kütleleri bulunur (Gds). Desikator soğuduktan sonra tartılarak kuru haldeki kütlesi bulunur (Gk). 3.5 ve 3.6 numaralı formüllerle hacimce ve kütlece su emme (kaynar) oranları bulunur.

$$\text{Kaynar Suda Su Emme Oranı (Kütlece)} : Skk = \frac{Gd-Gk}{Gk} * 100 \text{ (m/m, \%)} \quad (3.5)$$

$$\text{Kaynar Suda Su Emme Oranı (Hacimce)} : Skh = \frac{Gd-Gk}{Gd-Gds} * 100 \text{ (v/v, \%)} \quad (3.6)$$

Formülde; Skh = Kaynar suda hacimce su emme oranı (v/v, %), Skk = Kaynar suda kütlece su emme oranı (m/m %), Gds = Kaynar suda doygun hale getirilmiş taşın su içindeki kütlesi (g),

G_d = Kaynar suda doygun hale getirilmiş taşın havadaki kütlesi (g), G_k = Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g),' dır.

3.2.6.5. Görünür Porozite (Etkin Gözeneklilik)

Görünür porozite değerleri TS 699(1987) da belirtilen yöntemle hesaplanmıştır. Taşın su emme oranı(hacimce), taşın etkin gözenekliliği olup, aşağıdaki 3.7 numaralı formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Görünür Porozite: } ne = \left[\frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \right] * 100 \text{ (v/v, \%)} \quad (3.7)$$

Formülde: n_e = Taşın görünen porozitesi (%), G_k = Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g), G_d = Taşın doygun haldeki kütlesi (g), G_{ds} = Doygun haldeki taşın su içindeki kütlesi (g)' dir.

3.2.6.6. Gerçek Porozite (Gözeneklilik Derecesi)

Porozite değerleri TS 699(1987) da belirtilen yöntemle hesaplanmıştır. Taşın ortalama hacim kütlesi ve ortalama özgül kütlesi 3.8 ve 3.9 numaralı denklemler ile bulunmuştur.

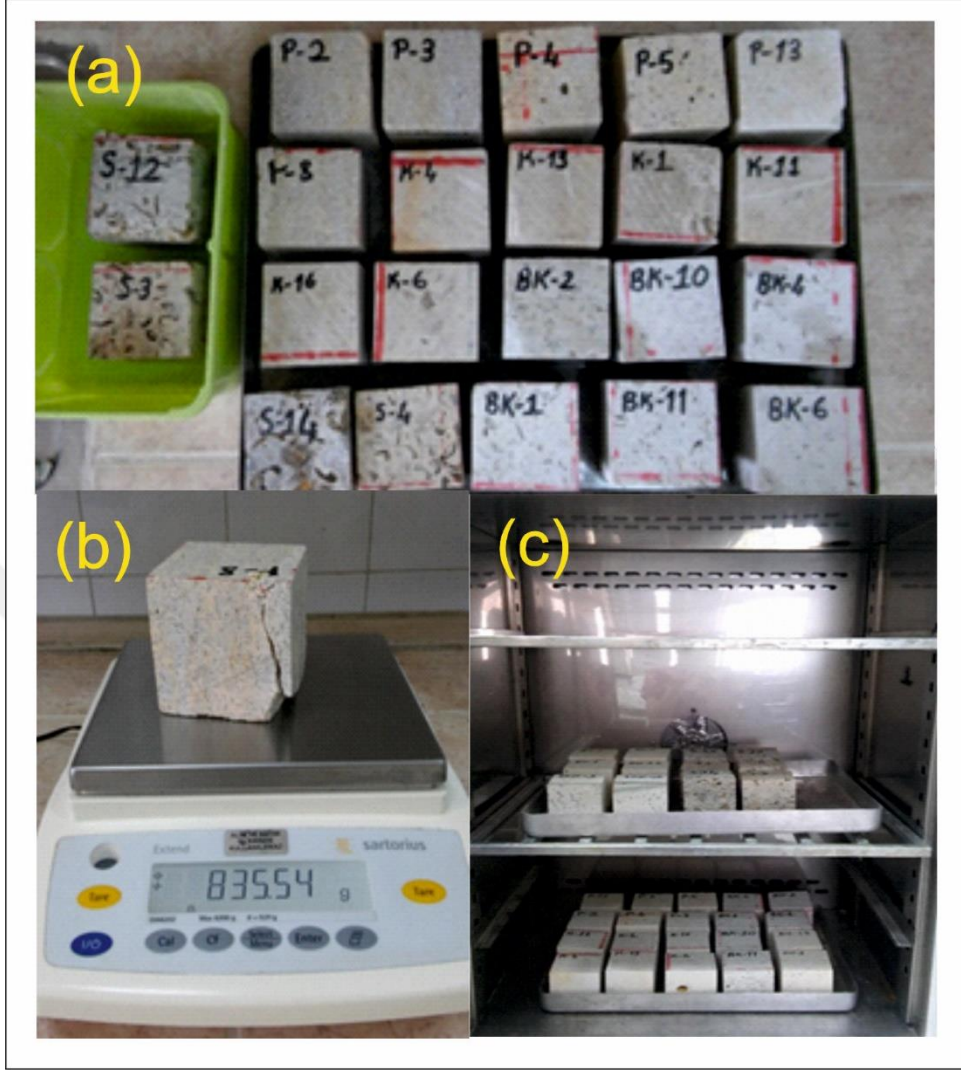
$$\text{Porozite: } nt = \left[1 - \left(\frac{dk}{d_0} \right) \right] * 100 \text{ (v/v, \%)} \quad (3.8)$$

$$nt = (1 - k) * 100 \text{ (v/v, \%)} \quad (3.9)$$

Formülde: nt = Taşın porozitesi (v/v,%), d_0 = Taşın özgül kütlesi (g/cm³), $k=d_h/d_0$ (doluluk oranı), d_h =Taşın hacim kütlesi (g/cm³)' dır.

3.2.6.7. Kılcal Yolla Su Emme Tayini

Deney için TS EN 1925(2000) standardı kullanılmıştır. Deneyde önce taş örnekler 105°C etüvde bir gün boyunca bekletilmiştir. Etüvde bekletilen örnekler daha sonra bir gün süre ile ortama bırakılmıştır.



Şekil 3.10: a) Örnekler yaklaşık 3 cm lik su içindeki görüntüsü, b) örneklerin tartım sırasından bir görünümü, c) örneklerin bir gün süre ile etüvde bekletilmesine ait bir görünüm.

Soğuyan örnekler sadece tabanlarında su olacak şekilde hazırlanan kaba konular. Örnekler kaba konulduğu andan itibaren 1 dakikadan başlatılıp 14 dakikaya kadar olan her dakikanın katlarında kaptan çıkartılıp hassas terazide ağırlıkları ölçülülerek geri konular. Deney sonuna kadar işlem tekrarlanır 3.10 numaralı formül ile hesaplaması yapılır (Şelik 3.10).

$$\text{Kılcallık katsayısı: } C1 \text{ veya } C2 = \frac{m_i - m_d}{(A \cdot \sqrt{t_i})} \quad (\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}) \quad (3.10)$$

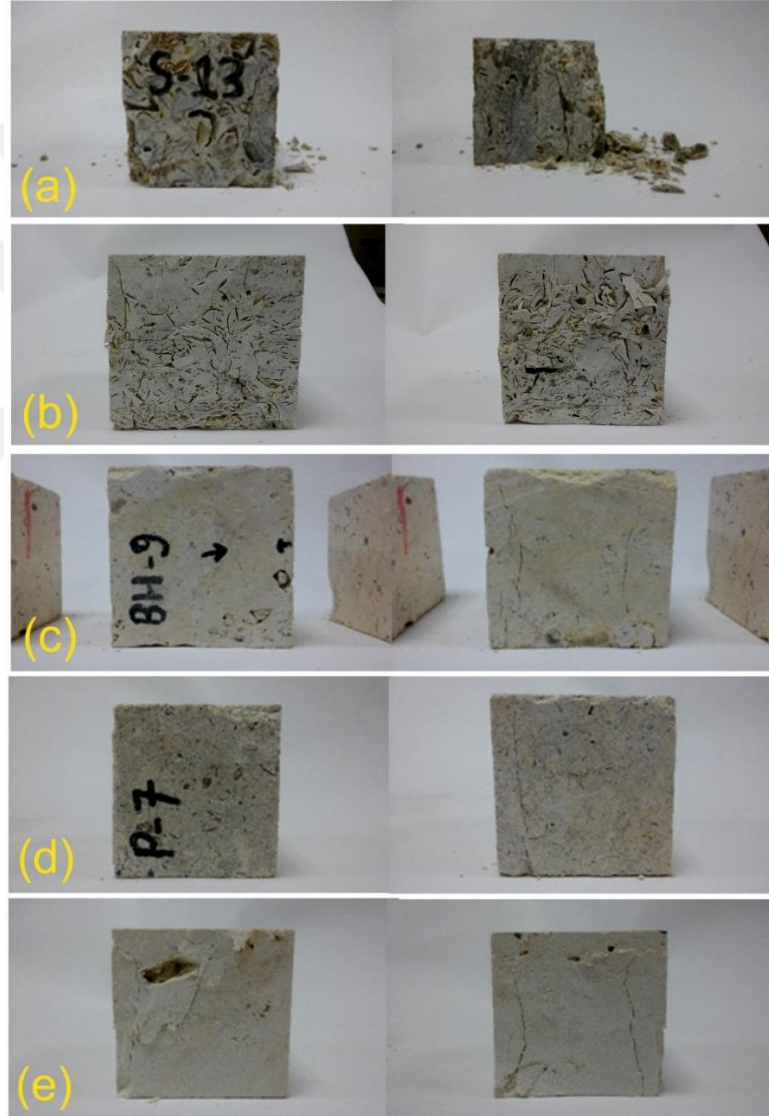
Formülde; m_d : Kuru deney örneklerinin ağırlığı(g), m_i : örneklerinin su emmiş ağırlığı(g), A : Örneklerin kesit alanı (m^2), t_i : Deney başlangıcından ardışık m_i kütlelerinin ölçüldüğü süreler sn, c_1 : Kayacın anizotropi düzlemlerine dik kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$, c_2 : Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı, $\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$ 'dir.

3.2.7. Mekanik Deneyler

Örnekler üzerindeki mekanik deneyler İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.7.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Deney TS EN 126 (2007)' da önerilen yöntem kullanılarak her örnekleme bölgesi için en az 5 adet 7cm'lik küp örnekler üzerinde yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Tek eksenli basınç deney görüntüleri: a) Süloğlu b) Bakırköy c) Sazlıbosna d) Pınarhisar e) Kefken

Aşağıdaki 3.11 numaralı bağlantı ile hesaplamalar yapılmıştır.

Formülde: A Deney öncesi örneklerin kesit alanı, mm², F Kırılma yükü, N, R Deney örneğinin tek eksenli sıkışma dayanımı, MPa dır.

$$\text{Formül: } UCS = \frac{F}{A} \quad (3.11)$$

3.2.7.2. Ultrasonik Hız Deneyi

Deney için TS EN 14579(2006) standardı kullanılmıştır. Ultrases hızlarının belirlenmesi için Proceq Pundit Lab modeli cihazı ile deney gerçekleştirilmiştir. Deneyde örneklerin iki yüzeyine alıcı ve verici probları tutularak P dalgaları gönderilmesi sağlanmış ve ses geçiş süresi (T, µsn) ölçülmüştür (Şekil 3.12).

Ölçümler sırasında her bir numunenin uzunluğu Proceq cihazına girilmiş ve P-dalga hızları, numunenin uzunluğu sinyalin varış zamanına bölünerek elde edilmiştir. Mekanik deneyler öncesinde P dalga hızı ölçümleri Proceq Pundit Lab marka cihaz kullanılarak kuru koşulda yapılmıştır. Deney tamamlandığında 3.12 numaralı formül ile hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 3.12: Örneklerin Pundit cihazı ile ses geçiş süreleri ölçümü.

$$\text{Ultras Hızı} = V_0 = \frac{L}{T} \quad (3.12)$$

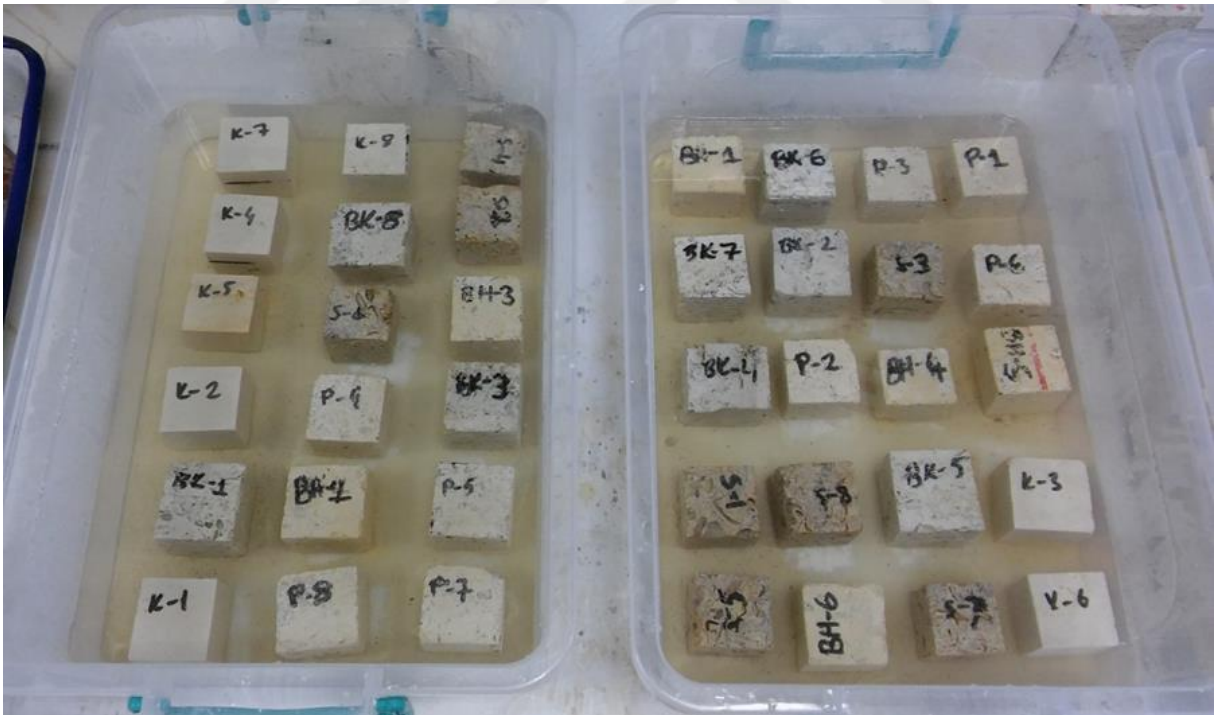
Formülde; V_0 = Ultras hızı(km/sn), L = Örnek uzunluğu(mm), T = Zaman(μ sn)'dir.

3.2.8. Laboratuvar Ortamında Eskitme Yöntemleri

Laboratuvar ortamında, donma-çözülme eskitmesi, tuzda eskitme ve SO_2 buharında eskitme olarak üç çeşit hızlandırılmış eskitme deneyleri, taze örneklerle uygulanmıştır. Eskitme deneyleri sonrasında örneklerin kütle ölçümleri ve binoküler mikroskopta görüntüleme işlemleri yapılmıştır.

3.2.8.1. Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık

TS EN 12370(2001) standardı deney için kullanılmıştır. Tuz kristallenmesi etkilerine dayanıklılık deneyi, örneklerin 4 saat %14'lük $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi içinde, 70°C lik etüvde 16 saat ve ortamda da 2 saat tutulacak işlem yapılıyor. Aynı işlem sırası 20 gün boyunca tekrarlanır(Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Örneklerin 8.döngüde sodyum sülfat içine batırılmış gösterimi.

20.gün sonunda tüm örnekler yıkanarak kurumaları için etüve konulmuştur. Etüvden çıkartıldıktan sonra örnekler hassas terazi ile tartılmıştır. Bu 20. Günde yapılan ölçüm işlemi deney esnasındaki 1.3.5.7.11.13 ve 15 çevrimlerde de gerçekleştirilmiştir.

Formülde; Md: Örneğin kuru kütlesi(g), Md1: Birinci çevrimden önceki kuru örneğin kütlesi; g, Mf: Onbeşinci çevrimden önceki kuru örneğin kütlesi(g), ΔM : Deneyin başlangıcındaki ve sonundaki kütle değişimi(%)

$$\text{Formülü: } \Delta M = \frac{M1-Md1}{Md} \times 100 (\%) \quad (3.13)$$

3.2.8.2.Donma-Çözünme Etkilerine Dayanıklılık

Bu deney için TS 699(1987) ve TS EN 12371(2003) standartları dikkate alınmıştır. Deney başlangıcında örnekler 48 saat suda bekletilip tartılmıştır. Deneyin devamında örnekler 6 saat 20°C'lik suda, -22°C'lik dondurucuda 18 saat boyunca konulmuştur. Aynı işlem 28 gün boyunca tekrarlanmıştır. (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Örneklerin soğutucuda dondurma işlemine tabi tutulması.

Deney esnasında 1.3.5.7.11.13.15.19.21.23. ve 28. döngülerde hesaplamalar 3.14 numaralı formül yardımıyla yüzde(%) yapılmıştır.

$$\text{Don kaybı formülü: } Dk = \frac{G_0 - G_k}{G_0} \times 100 (\%) \quad (3.14)$$

Formülde; Dk = Don kaybı (%), Gk = Örneğin deneyden sonraki ağırlığı (g), G₀ = Örneğin deneyden önceki ağırlığı (g),

3.2.8.3. Asit Çözeltisine (SO₂ buharı) Dayanıklılık

Deneyde TS EN 13919(2004) standardından yararlanılmıştır. SO₂ buharına dayanıklılık deneyi, örneklerin iki farklı konsantrasyonda H₂SO₃ (sülfüroz asit) çözeltisi, desikatör ve deney düzeneğine koyulmuştur. Kapalı kapta SO₂ buharı maruziyeti oluşturulmuştur. Bu deney için 21 gün beklenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: a-b) Örneklerin hava sızdırmaz desikatörlerde asit buharına maruz kalması. Deneyin sonundaki değişimler gözlemlenip hesaplamaları 3.15 numaralı formül ile yapılmıştır.

Formülde: m_0 : Örneklerin deneye başlamadan kuru ağırlığı(g), m_1 : Deney sonrası kuru örneğin kütlesi(g), Δm : Deneyin başlangıcındaki ve sonundaki kütle değişimi(%)

$$\text{SO}_2 \text{ kütle kaybı hesabı: } \Delta m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 (\%) \quad (3.15)$$

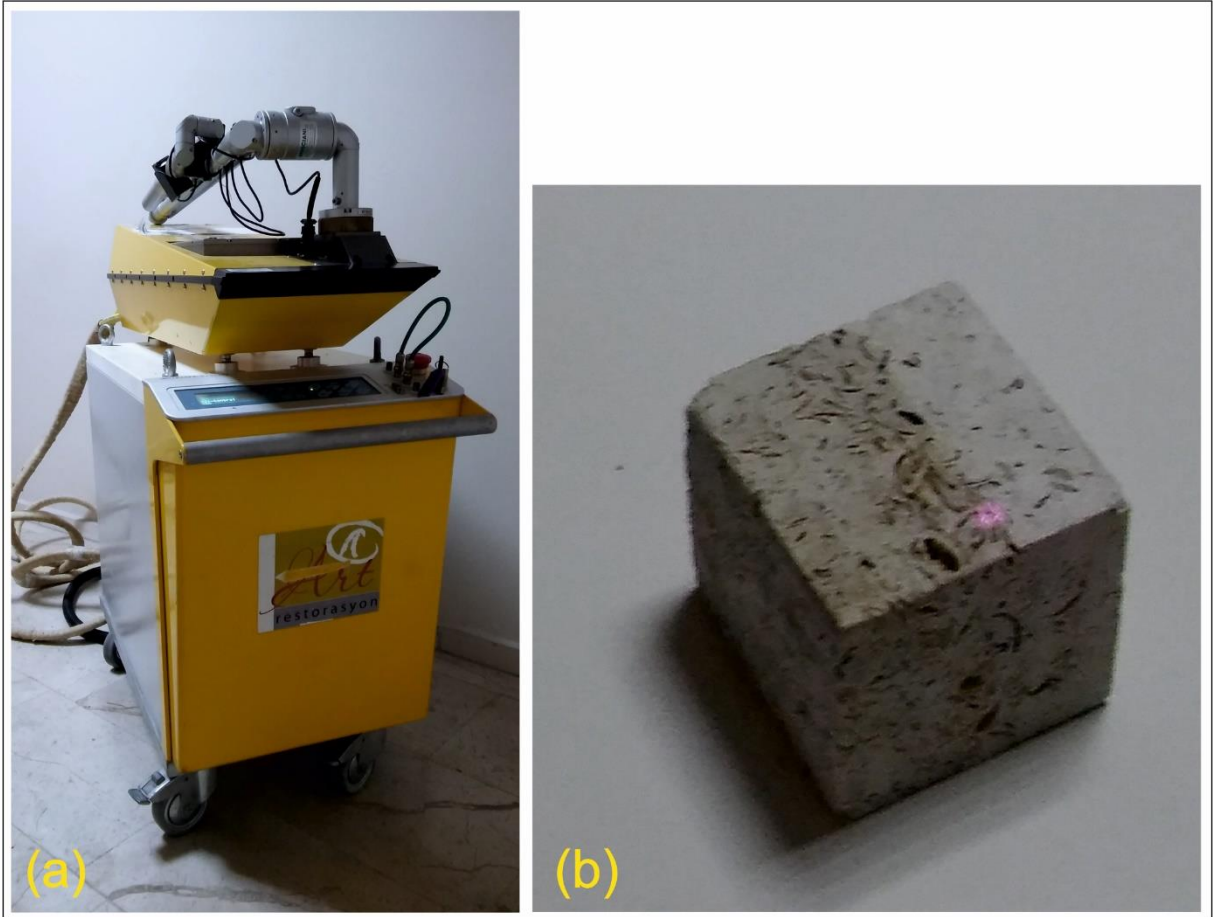
3.2.9. Temizleme Yöntemleri

Temizleme işlemi yapılmadan önce kirin kaynağı ve morfolojisi (oksidasyon, hava kirliliği, trafik, kullanıcı etkileri, tuzlar ve tuz kabuklar) saptandıktan sonra, temizleme tekniği veya bileşik tekniklerin kullanılmasına karar verilmektedir. Kirin cinsi ve yüzeyle ilişkisi, taş yüzeyi-patina ilişkisinin doğru tanımlanması, kirle patinanın ayrılması uzmanlık konusudur. Ayrıca temizlenecek taş yüzeyinin korunmuşluk durumu, tuz içeriği, yapım tekniği, komşu malzemeler de kararların oluşturulmasında dikkate alınmaktadır. Genellikle yapı taşı yüzeyleri ve bezemeli taş yüzeyleri, farklı taş yüzeyleri ve kirlilikleri için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Atomize suyla yıkama, absorblayıcı killer ve kağıt hamuru kompres, jeller, kontrollü kumlama, mikro kumlama, küçük el aletleri ile hassas mekanik temizlik, lazerle temizleme gibi tekniklerden biri veya ardışık olarak birkaçının, yapı üzerinde deneme yüzeylerinde uygulaması yapılarak, yüzey erozyonu ve yöntemin etkinliği denenmektedir.

Atmosfer etkileriyle oluşan kirlenme nedeniyle hasar gören mimari elemanların lazer uygulaması ile temizlenmesi sırasında, özellikle anıtın tarihine saygılı olarak minimum düzeyde zarar veren en etkili tekniktir. Uygulama mesafesi ve eserin hassasiyet derecesi test edilmelidir. Bunun için uygulamacının özel eğitime ihtiyacı vardır (Yar, 2010).

3.2.9.1. Lazer Temizleme Yöntemi

Lazer (Radyasyonun Uyarılmış Emisyonu ile Işık Amplifikasyonu), Çalışma prensibine göre yüzeye ulaşan yüksek enerjili lazer ışını kir parçacıkları tarafından emilir. Ani ısıtma sonucunda, genişleyen kir parçacıkları patlar, gaz ve toz parçacıklarına dağılır (Şekil 3.16).

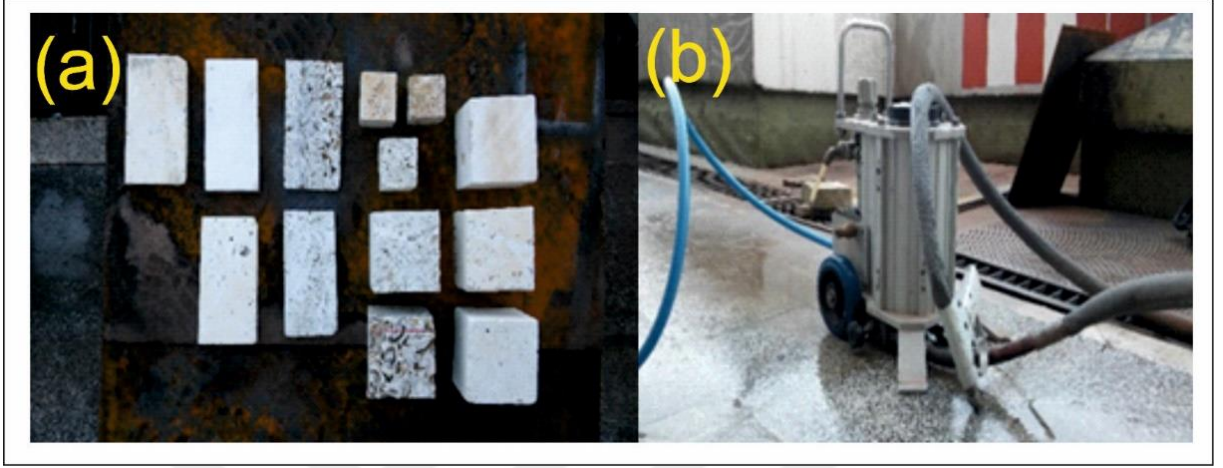


Şekil 3.16: Lazer temizleme makinası (a), Bakırköy küfeki taşı lazer temizleme (b).

Fotoablasyon belli maddelerin sadece dalga boylarından enerji absorbe etmesi prensibine dayanmaktadır. Kağıt, ahşap, deri, parşömen tekstil gibi malzemeler 1064 nm enerji absorbe etmezler ancak bazı mürekkepler, kırmızı pigmentler, parşömenleri ve deriyi yumuşatmak için kullanılan bazı yağlar tarafından absorbe edilirler. LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation/Uyarılmış Emisyon Radyasyonu ile Güçlendirilmiş Işık Lazer) kelimelerinin baş harflerinin birleşimi ile ortaya çıkmıştır. Çalışma prensibine göre yüzeye ulaşan yüksek enerjili Lazer ışık demeti kir partikülleri tarafından emilir. Ani ısınma sonucu genişleyen kir partikülleri patlayarak gaz ve toz zerrecikleri halinde dağılır. Lazer ışığının etkili olduğu en güzel örneklerden biri de taş yüzeylerinde en çok rastlanan siyah kabuklaşmalardır. Uygulamacıların çeşitli yöntemler ile kaldırmaya çalıştıkları bu kabuğu kolaylıkla alınması temizlik yöntemlerinde restorasyon alanında bir çağın başlangıcı sayılabilir (Yar, 2010).

3.2.9.2. Kumlama Yöntemiyle Temizleme

Mikro kumlama yönteminde IBIX 3 H₂O cihazı kullanılmıştır. 200 mesh 0,8 bar ile 25-30 cm uzaklığından cihaz operatörü eskitilmiş örnekler atış yapmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: a) Kumlama işemi sonrası örneklerin gösterimiştir. b) Kumlama yapılan cihaz gösterilmektedir.

4. BULGULAR

4.1. OCAK SAHALARININ JEOLJİSİ

Küfeki taşı kaynağı olarak kullanılan taşların getirildiği ocakların jeolojik özellikleri Batıdan Doğuya doğru sırasıyla verilmiştir. Söz konusu ocak sahalarının jeolojileri birimlerin stratigrafik konumları göz önüne alınarak verildikten sonra ocaklar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kefken bölgesi taş ocakları jeolojik ve stratigrafik olarak diğer ocaklardan farklı olduğu için detaylı olarak ayrıca yazılmıştır.

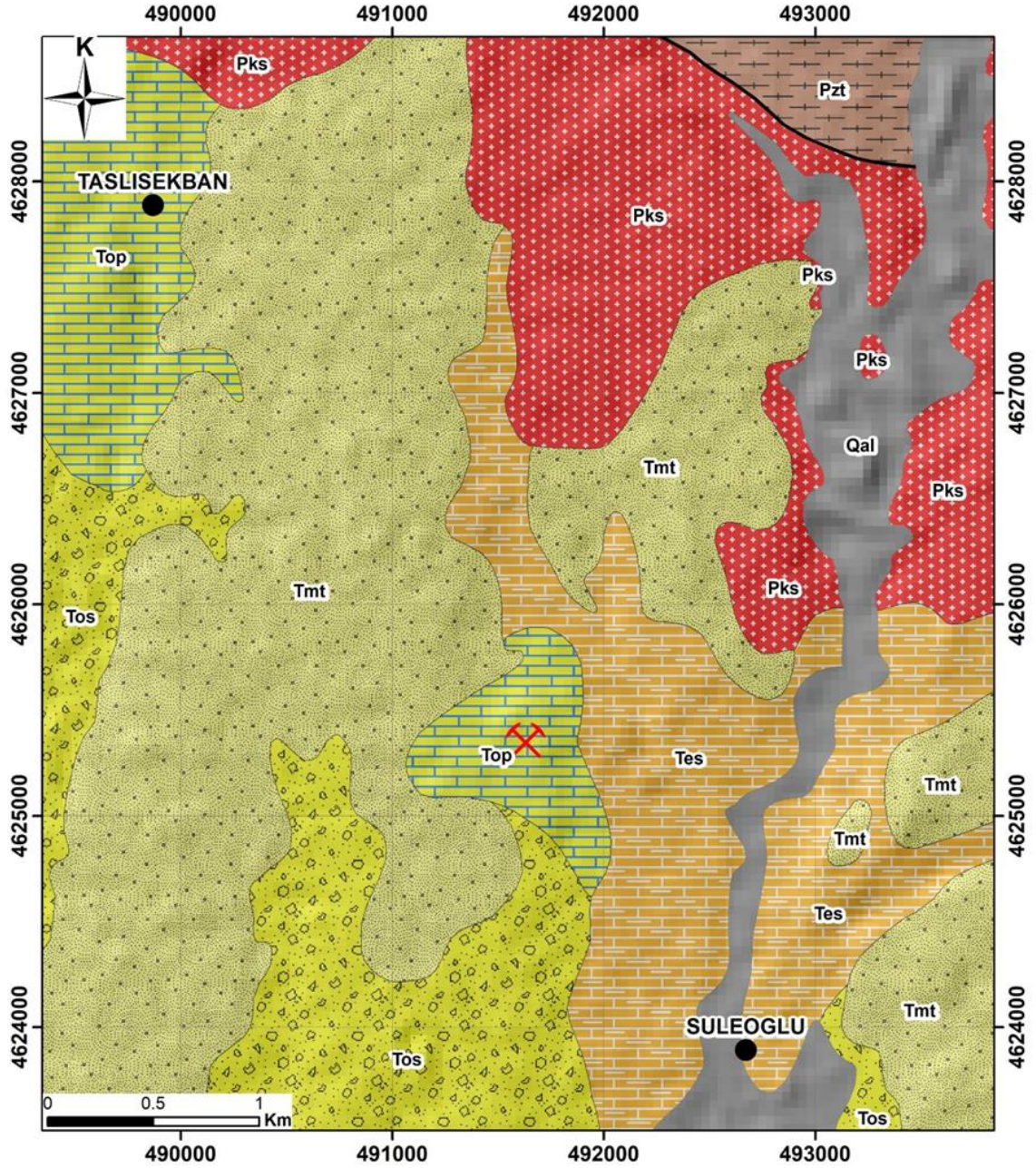
Süloğlu ve Pınarhisar bölgesinde stratigrafik temeli Istranca masifine ait metamorfik birimler oluşturmaktadır ((Özgül ve diğ., 2011) ve ilgili referanslar söz konusu makalede verilmiştir). Bu birimler sırasıyla; Tekedere grubu, Kırklareli grubu, Yörükbayırı gnaysı ve Şeytandere metagranitidir. Sazlıbosna ve Bakırköy bölgesinde ise stratigrafik temeli İstanbul paleozoyik istifine ait Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu oluşturmaktadır. Temel birimleri üzerinde Trakya havzası çökel istifine ait kayaç toplulukları yer almaktadır (Özgül ve diğ., 2011).

4.1.1. Marmara Bölgesindeki Ocakların Jeolojisi

4.1.1.1. Süloğlu Küfekisi - Süloğlu Formasyonu (Top)

Süloğlu küfeki taşı ocakları Süloğlu ilçesi sınırlarında bulunmaktadır. Süloğlu küfeki taşları bol miktarda *Congeria fosili* içeren biyosparitik ve/veya biyomikritik kireçtaşlarıdır. Yersel olarak fosil kavkı kırıntıları içerisinde yoğun gözenekli, yersel olarak da bu gözeneklerin ikincil kalsitlerle doldurulması sonucunda az gözenekli bir yapı sunmaktadır. Süloğlu küfekisi Pınarhisar formasyonundan üretilmektedir (Şekil 4.1.).

Özgül ve diğerleri (2011) Pınarhisar Formasyonunu başlıca karbonat çimentolu çakıltaşı ara katkılı kireçtaşı, çakıllı kumtaşı olarak tanımlamışlardır. Pınarhisar adı üye derecesinde ilk kez Kemper(1961), formasyon derecesinde ise ilk kez Keskin(1966) tarafından adlandırılmıştır.



AÇIKLAMALAR

Kuvaterner	Qal: Alüvyon	— Fay
Miyosen	Tmt: Trakya formasyonu	⊗ Ocak Yerleri
Oligosen	Tos: Süloğlu formasyonu	● Yerleşim yerleri
Eosen	Top: Pınarhisar formasyonu	
Paleozoyik	Tes: Soğucak formasyonu	
	Pkş: Şeytandere metagraniti	
	Pzt: Tekedere grubu	

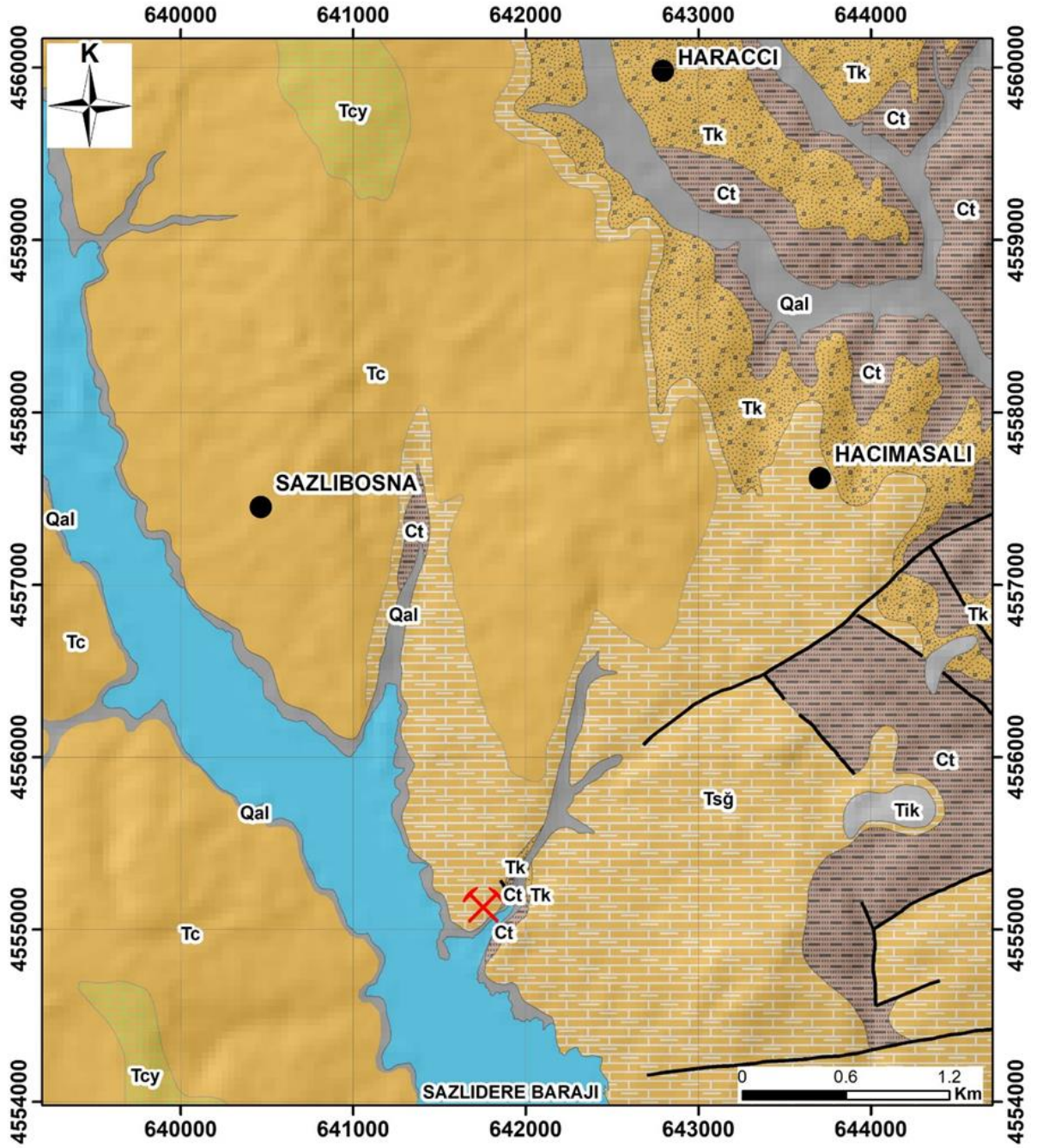
Şekil 4.1: Süloğlu Bölgesinin Jeoloji Haritası (MTA (1998)'den alınmıştır).

Pınarhisar Formasyonunun litolojik özellikleri başlıca, karbonat çimentolu çakıltaşı ara katkılı, oolitli, pelletoidli, çakıllı, kumlu kireçtaşı ve kumtaşından oluşmaktadır. Formasyonun beyaz-kahverengi kısımlarında karbonat içeriği yüksektir. Formasyonun orta katmanları çokça makrofosil kavkılı, alglı kireçtaşı, oolitli, onkolitli ve çakıllı kireçtaşı egemendir (Özgül ve diğ., 2011). Formasyonun özellikle alt düzeylerinde, bol *Congeria* fosil kavkısı ve kavkı kırıntısı bulunmaktadır (Özgül ve diğ., 2011). Formasyon ostracodlar ve foraminiferleri içerir. Bu fosiller Oligosen'i belirtir (Sönmez-Gökçen, 1963; Umut ve diğ., 1983; Umut ve diğ., 1984). Pınarhisar formasyonu Süloğlu formasyonu'nu uyumlu örter (Özgül ve diğ.; 2011).


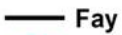





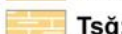


4.1.1.2. Sazlıbosna – Pınarhisar - Vize Küfeki - Soğucak Formasyonu (Tsğ)

Sazlıbosna küfeki ocakları Soğucak formasyonundan üretilmektedir. Soğucak formasyonu çeşitli resif fasiyeslerini belirten kireçtaşlarından meydana gelmiştir (Özgül ve diğ., 2011). Bu kireçtaşı istifisi Soğucak Formasyonu (Kasar ve diğ., 1983; Sümengen ve diğ., 1987) yoğun oranda kil içeren resif önü fasiyesi olarak adlandırılmıştır.

Soğucak Kireçtaşı yer yer dolomitleşme gösteren gözenekli bir dokudadır. Soğucak Formasyon rengi açık krem, kirli beyaz, boz, çok kalın katmanlı, orta-kalın katmanlı, bentik foraminiferli ve bol makrofosilli kireçtaşından oluşmaktadır (Özgül ve diğ., 2011). İstanbul il sınırları içerisinde bu formasyondan küfeki taşı üretimi yoğun olarak Sazlıbosna köyünde bulunan ocak sahasından yapılmaktadır (Şekil 4.2.).



AÇIKLAMALAR

		Göl		Fay
Kuvaterner		Alüvyon		Ocak Yerleri
Oligosen		Tcy: Ceylan formasyonu, Yassıören üyesi		Yerleşim Yerleri
		Tc: Ceylan formasyonu		
Eosen		Tsg: Soğucak formasyonu		
		Tk: İslambeyli formasyonu		
Karbonifer		Trakya formasyonu		

Şekil 4.2: Sazlibosna Bölgesinin Jeoloji Haritası (Özgül ve diğ., 2011' den alınmıştır).

Söz konusu alanda Soğucak formasyonu İstanbul Paleozoik istifine ait birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alır.

Pınarhisar küfeki taşı ocakları Vize ve Pınarhisar ilçeleri arasında, Poyralı ve Erenler köyleri civarında bulunmaktadır (Şekil 4.3). Pınarhisar küfeki taşları tıpkı Sazlıbosna küfeki gibi Soğucak formasyonundan üretilmektedir.

4.1.1.3. Bakırköy Küfeki – Çekmece formasyonu, Bakırköy üyesi (Tçb)

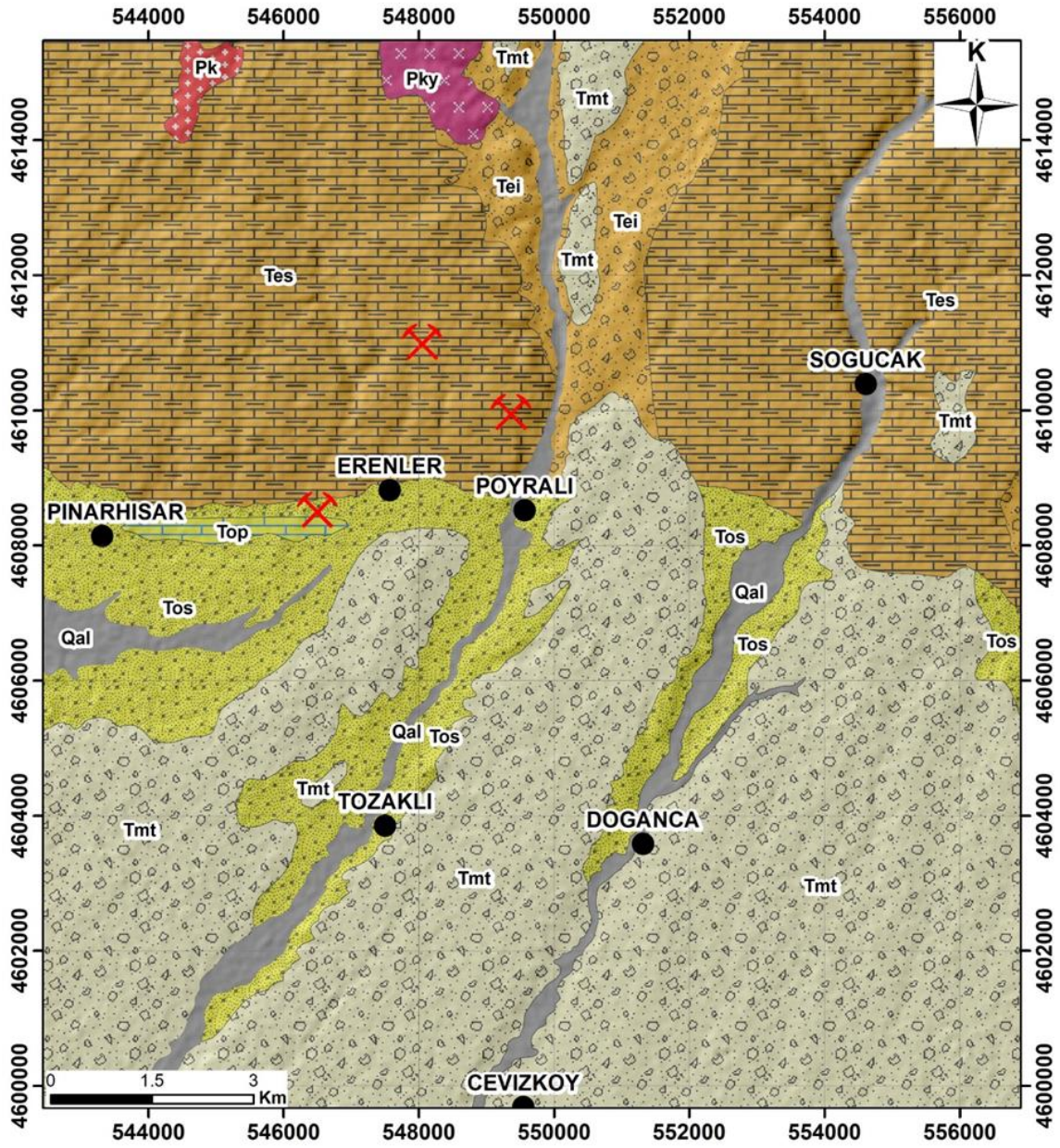
Arıç (1955) istifi ilk kez alttan üste doğru, “*Conger*’lı kalker ve greler”, “Kemikli kum ve çakıllar”, “Kil ve Marnlar” ve “*Maetra*’lı kalkerler” başlıkları altında incelemiştir;

Çekmece Formasyonu alttan üste doğru 1) Çukurçeşme Üyesi, 2) Güngören Üyesi ve 3) Bakırköy Üyesi olarak isimlendirilmiştir (Özgül ve diğ., 2011).

Çekmece Formasyonu’nun üst düzeyini oluşturan Bakırköy Üyesi (Tçb), çoğunlukla kireçtaşıdan oluşup, marn ve kil arakatlıdır. “Bakırköy Üyesi” (Sayar, 1989) adı ile çalışılmıştır.

Kireçtaşı litolojik olarak kirli beyaz-krem rengi, ince-orta-kalın katmanlı, boşluklu ve gözenekli, genellikle alg ve *maetra* fosilli, onkoidlidir; kil-killi kireçtaşı-marn ara düzeylerini kapsar. (Özgül ve diğ., 2011; Şekil:4.4).

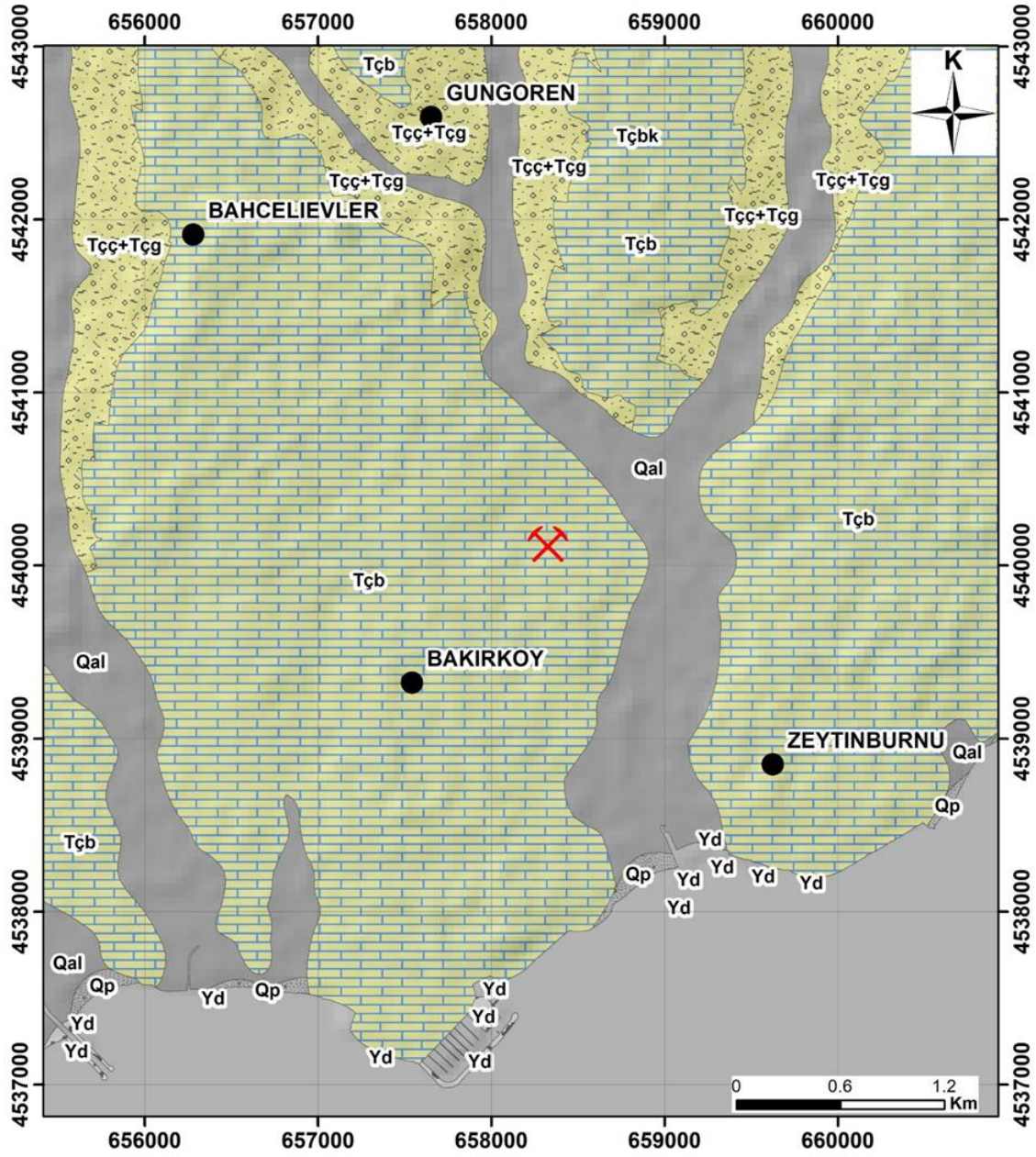
Bakırköy küfeki taşı ocakları Bakırköy ilçe merkezi ile Haznedar ve çevresinde geniş bir alanda bulunmaktadır (Sayar ve Ergüvanlı, 1962). Söz konusu ocaklar içerisinde en aktif olarak işletilen ocak bugün İncirli olarak bilinen semtte, E-5 karayolunun hemen güneyindeki ocaklardır. Bu ocakların hemen kuzeyindeki mezarlık ve çevresi de yine eski ocak sahalarının bulunduğu alanlardır. Küfeki taşı işletmeciliği bakımından en yaygın kullanılan ocaklar burası olup günümüzde Adliye Sarayı, Alış-veriş merkezi ve Botanik parkının bulunduğu alanları kapsamaktadır. Ocakları faaliyetleri uzun yıllar önce sona ermiştir. Günümüzde Bakırköy küfekisinin işletildiği herhangi bir ocak mevcut değildir. Bakırköy küfeki taşları Çekmece formasyonu Bakırköy üyesi içerisinde açılmıştır. Bu formasyon kalınlıkları değişken kireçtaşı ve kil ara seviyelerinden oluşmaktadır. Kil aralanmalarının yoğun olduğu kesimler dışında kalınlıkları 5m’ye kadar ulaşan kireçtaşı katmanları küfeki taşı kaynağı olarak kullanılmıştır.



AÇIKLAMALAR

Kuvaterner	Qal: alüvyon	● Yerleşim Yerleri
Miyosen	Tmt: Trakya formasyonu	⊗ Ocak Yerleri
Oligosen	Tos: Süloğlu formasyonu	
	Top: Pınarhisar formasyonu	
Eosen	Tes: Soğucak formasyonu	
	Tei: İslambeyli formasyonu	
Paleozoyik	Pky: Yörükbayırı gnaysı	
	Pk: Kırklareli grubu	

Şekil 4.3: Pınarhisar Bölgesinin Jeoloji Haritası (MTA (1998)'den alınmıştır).



AÇIKLAMALAR

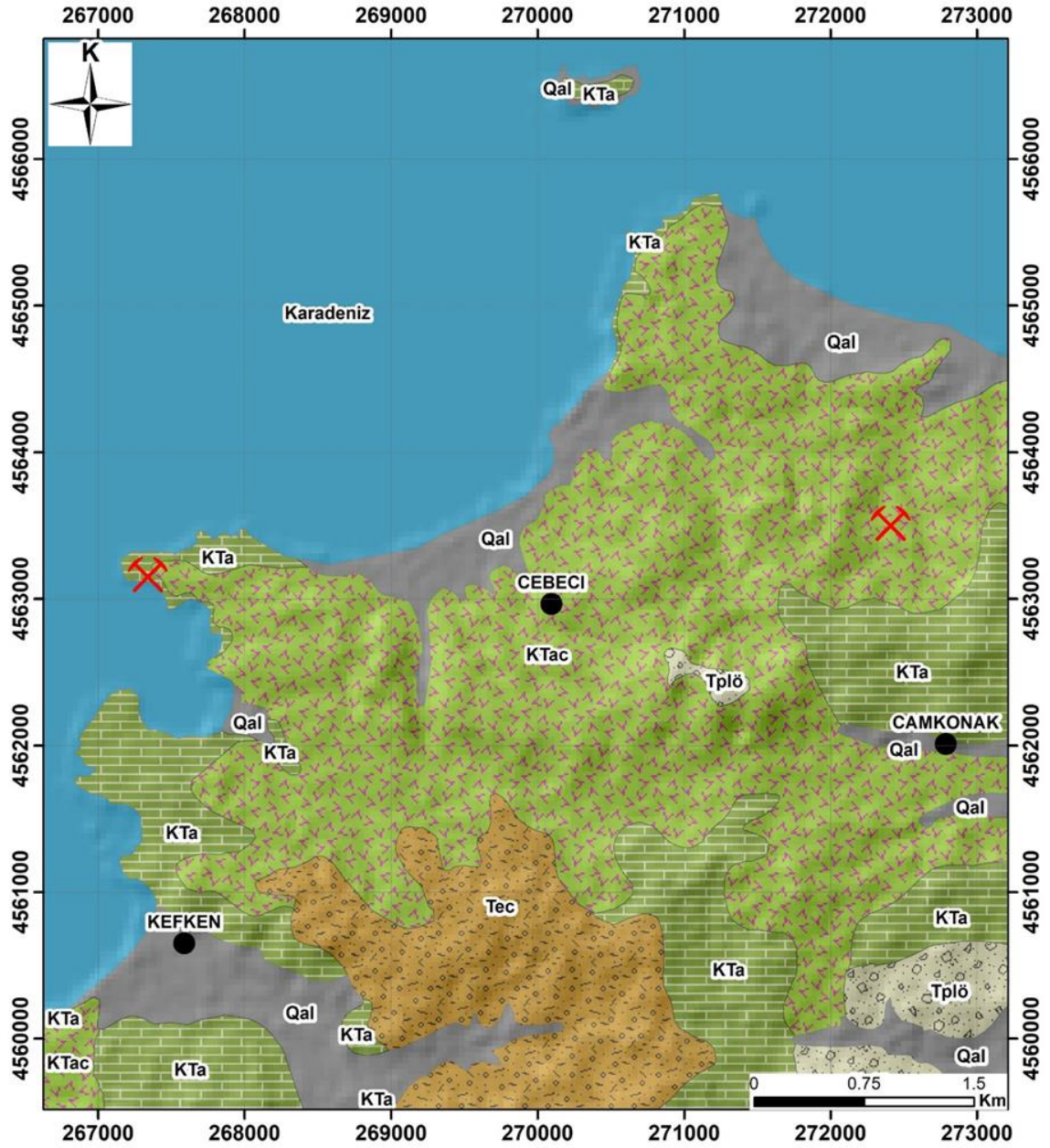
Kuvaterner		Yapay dolgu	Fay		Ocak Yerleri
		Beach sands			
		Alüvyon			
Miyosen		Tçb: Çekmece formasyonu, Bakirköy üyesi		Yerleşim Yerleri	
		Tçç+Tçg: Çukurçeşme ve Güngören üyesi			

Şekil 4.4: Bakirköy Bölgesinin Jeoloji Haritası (İBB 2011'den değiştirilerek). Ocak yeri eskidir. Yapılaşma altında kalmıştır.









4.1.1.4. Kefken Küfeki-Akveren Formasyonu (Kta)

Kefken küfeki taşı ocakları Kefken ilçesinin hemen doğusunda Çamkonak köyü yakınlarında bulunmaktadır. Söz konusu ocaklar Kretase yaşlı Akveren formasyonu içerisinde açılmıştır. Ocak içerisinde iki farklı renk egemen olup beyaz ve sarı renkli küfeki taşları üretilmektedir. Antik dönemde ve Osmanlı döneminde işletilen ocaklar Kefken kuzeyindeki burunda yer alır. Kırmızı kayalıklar(kerpe) olarak isimlendirilen bu bölge şu an aktif olarak işletilmemektedir(Şekil 4.5).

Formasyon, ilk defa Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Sinop-Ayancık dolayında isimlendirilmiş olup; alt kesimlerde kumlu kireçtaşları, üste kesimlerde killi ve rudistli kireçtaşları, çamurtaşları, marn ve volkanitlerden oluşmaktadır. Akveren formasyonu 500 -750 m arasında değişmekte olup litolojik olarak bej, krem, pembe ve açık gri renkli, ince-orta-kalın tabakalı kireçtaşları halinde bulunmaktadır. Kireçtaşları çok değişik fasiyeslerden oluşmaktadır. Çökelme ortamının derinliğindeki ve çökelme ortam şartlarındaki değişimlere bağlı olarak fasiyesler de değişmektedir(MTA, 2002).



AÇIKLAMALAR

		Karadeniz		Ocak Yerleri
Kuvaterner		Qal: Alüvyon		Yerleşim Yerleri
Pliyosen		Tplö: Örencik formasyonu		
Eosen		Tec: Çaycuma formasyonu		
Kretase		KTac: Çangaza volkanit üyesi		
		KTa: Akveren formasyonu		

Şekil 4.5: Kefken bölgesi jeoloji haritası MTA, (2002)'den değiştirilerek uyarlanmıştır.

4.2. KÜFEKİ TAŞLARININ MİNERALOGİSİ VE PETROGRAFİSİ

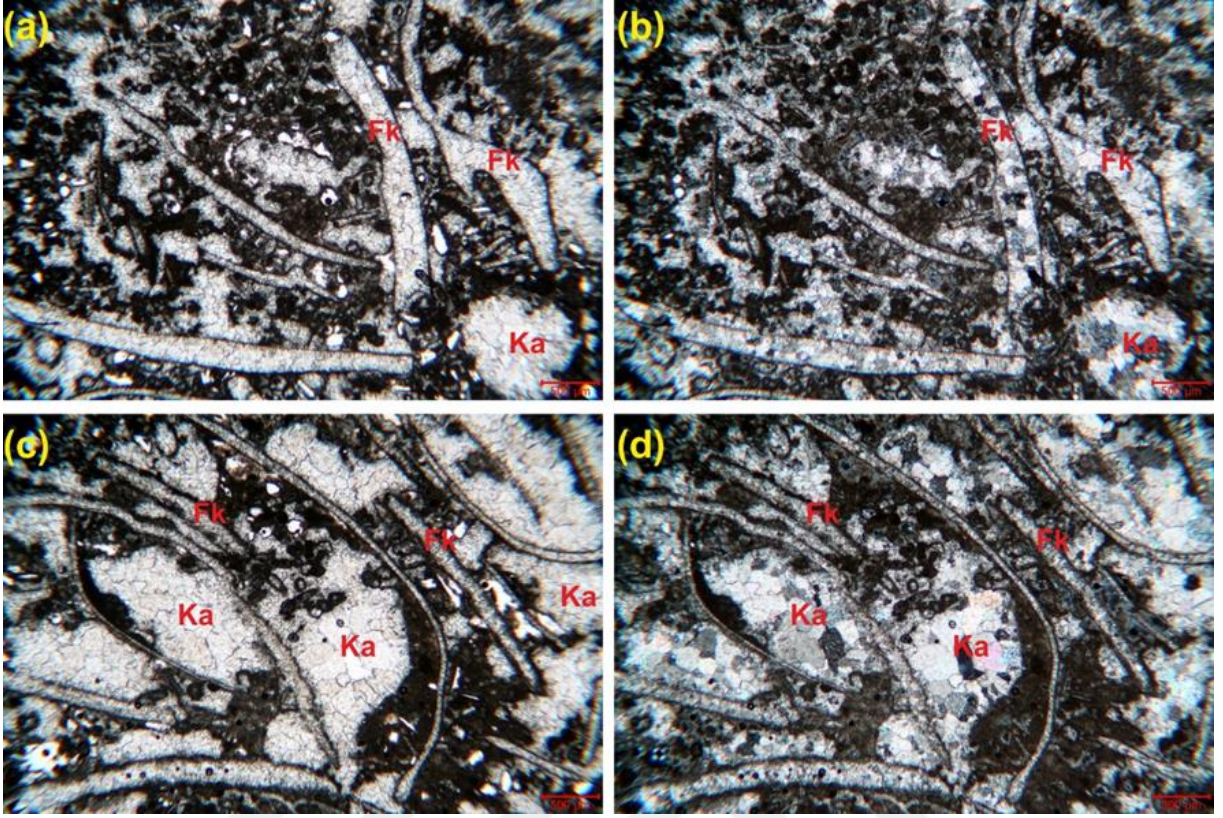
Bu bölümde seçilen küfeki taşlarının detaylı mineralojik ve petrografik tanımlamaları ile kimyasal analiz sonuçları anlatılacaktır. Bu kapsamda ayrıca karbonat miktarlarının belirlenmesine yönelik deney sonuçları da bu kısımda anlatılacaktır. Anlatım sırasında en yaygın olan Bakırköy küfekisi ile başlanacak ve kullanım yoğunluğuna göre diğer taşlar anlatılacaktır.

4.2.1. Bakırköy Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi

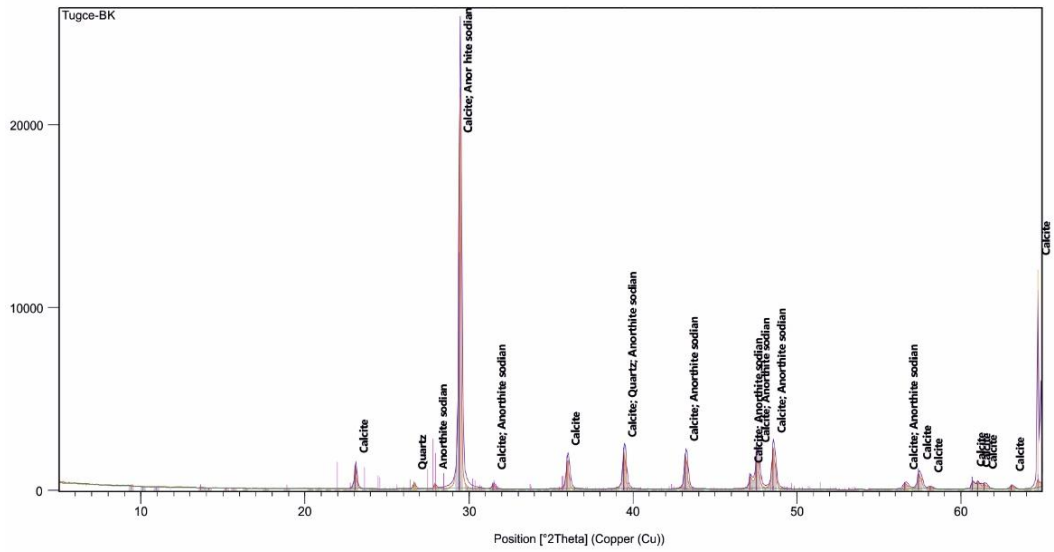
Bakırköy küfekisi krem, bej ve beyaz renkli, bol mactra fosili içeren biyomikrit ve/veya biyosparitik bir kireçtaşıdır (Şekil 4.6). Yer yer erime boşluklu ve gözenekli olup erime boşluklarında ikincil kalsit kristalleri görülür. Yersel olarak az miktarda kuvars ve kil minerali içerir. Kayaçtan yapılan ince kesitlerde bol miktarda fosil kavkısı ve kavkı kırıntısı, kalsit ve az miktarda kuvars gözlenmiştir. Fosil kavkı ve kavkı kırınrıları da kristalize olmuşlardır. Kil ve kuvars oranları oldukça düşüktür (Şekil 4.7). Bakırköy küfekisinden yapılan XRD analizlerinde tümüyle kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Diğer mineral oranları % 5'den az olduğu için tespit edilememiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.6: Bakırköy küfeki taşının makro örnekteki görünümü.



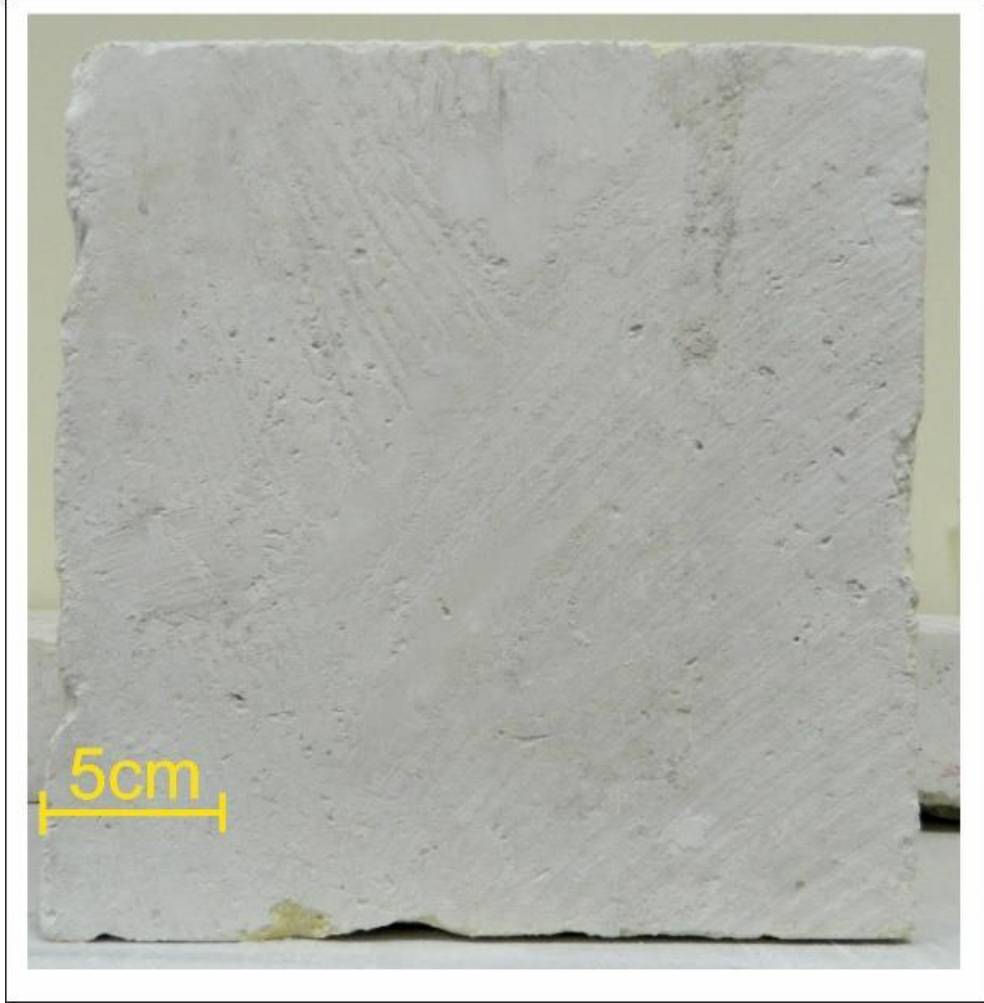
Şekil 4.7: Bakırköy kükü taşı mikroskop altındaki görünümü: (a) Bol miktarda mactra fosil kavkı kırıntısı içeren biosparitik kireçtaşı (düzlem polarize ışık), (b) Fosil kavkı içlerinde rekristalize kalsit kristalleri (kesişen polarize ışık), (c) fosil kavkuları ve (d) kavkı içlerinde rekristalize kalsitler (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).



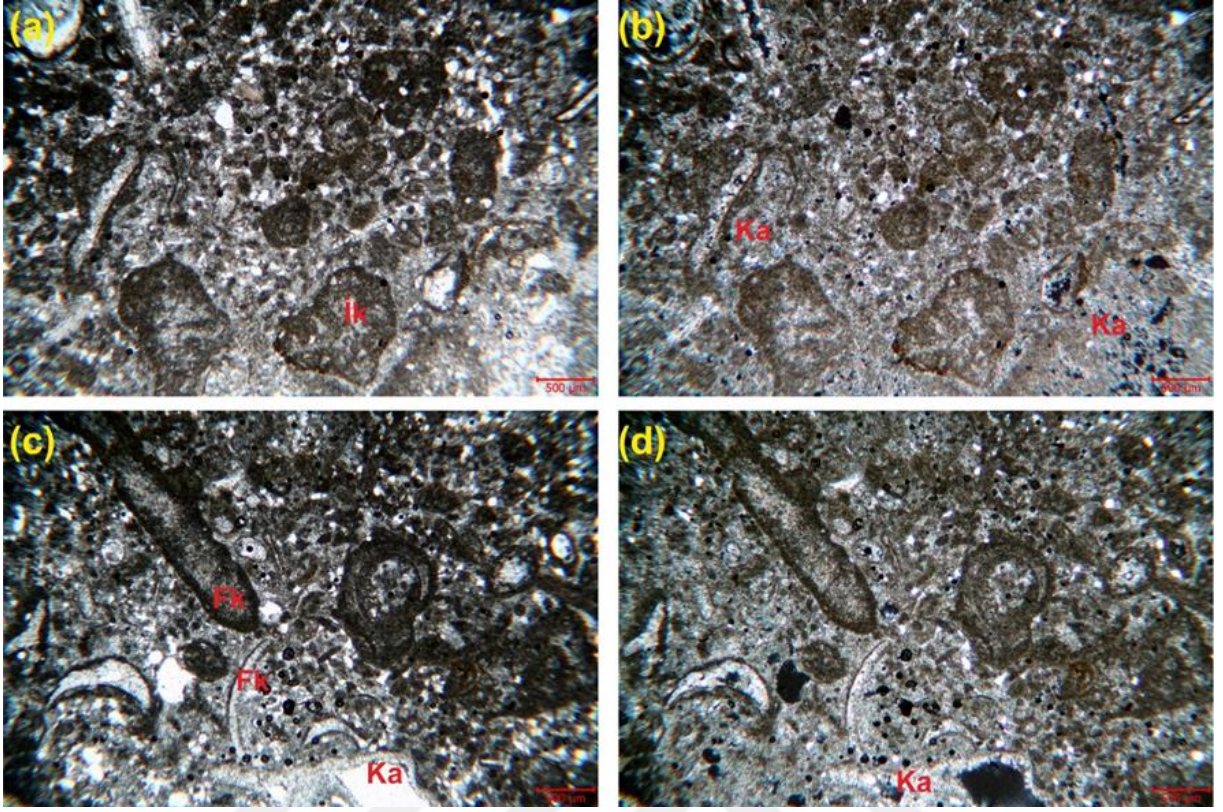
Şekil 4.8: Bakırköy kükü taşı yorumlanmış XRD grafiği.

4.2.2. Sazlıbosna Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi

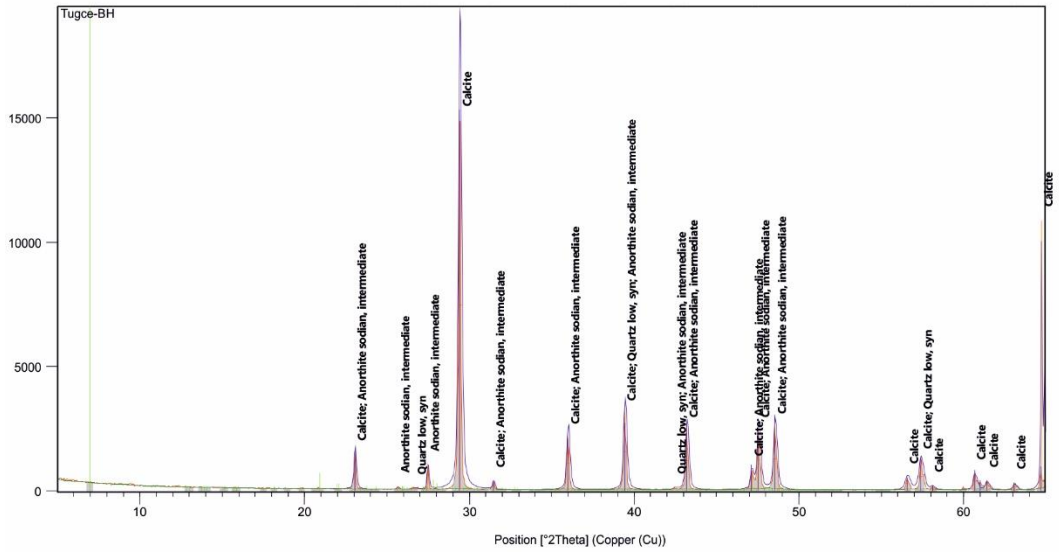
Sazlıbosna küfekisi krem, bej ve beyaz renkli, bol fosil ve fosil kavkı kırıntısı içeren intraklastlı biyomikrit ve/veya intraklastlı biyosparitik killi bir kireçtaşıdır (Şekil 4.9). Yersel olarak oolit ve pellet oluşumları gözlenmektedir. Kil içeriği değişken olup resif çekirdeği niteliğinde olan kısımlarında kil azdır. Bol mikro ve makro fosil içerir. Resif gerisi ve resif  n  fasiyesleri killidir. Soğucak formasyonundan üretilmektedir. Yer yer erime boşluklu ve gözenekli olup erime boşluklarında ikincil kalsit kristalleri görülür. Yersel olarak az mikarda kuvars ve kil minerali içerir. Kil yüksek ve kuvars oranları oldukça düşüktür (Şekil 4.10). Sazlıbosna küfekisinden yapılan XRD analizlerinde tümüyle kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Diğer mineral oranları % 5'den az olduğu için tespit edilememiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.9: Sazlıbosna küfeki taşının makro örnekteki görünümü.



Şekil 4.10: Sazlıbosna küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fossil kavkı kırıntısı, intraklast ve oolitik oluşumlar içeren killi kireçtaşı (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fossil kavkılarını (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).



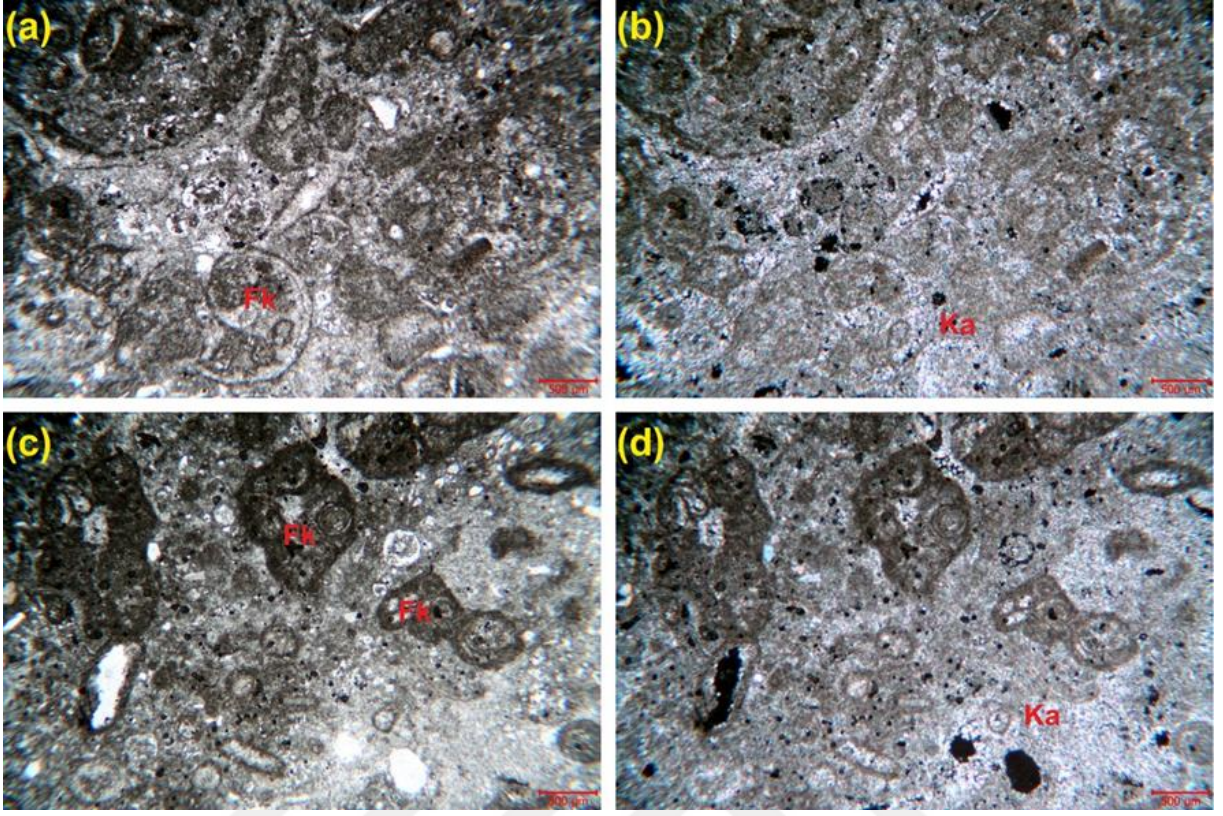
Şekil 4.11: Sazlıbosna küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.

4.2.3. Pınarhisar Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi

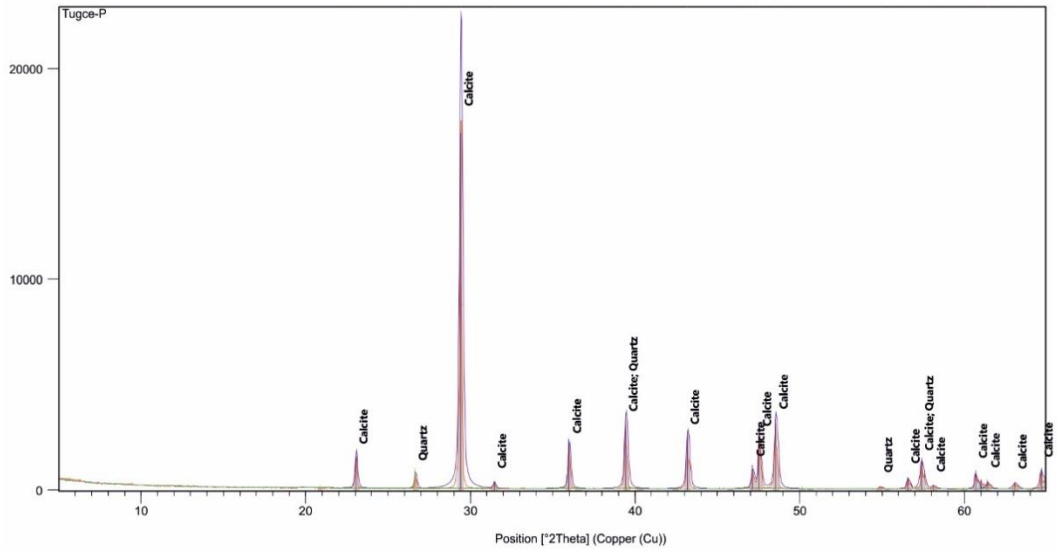
Pınarhisar küfekisi Sazlıbosna küfekisi ile hemen hemen aynı litolojik özelliklere sahiptir ve Soğucak formasyonundan üretilmektedir. Pınarhisar küfekisi krem, bej ve beyaz renkli, bol fosil ve fosil kavkı kırıntısı içeren intraklastlı biyomikrit ve/veya intraklastlı biyosparitik killi, yer yer kumlu bir kireçtaşıdır (Şekil 4.12). Yersel olarak oolit ve pellet oluşumları gözlenmektedir. Kil içeriği değişken olup resif çekirdeği niteliğinde olan kısımlarında kil az olup bol mikro ve makro fosil içerir. Resif gerisi ve resif önü fasiyesleri killidir. Yer yer erime boşluklu ve gözenekli olup erime boşluklarında ikincil kalsit kristalleri görülür. Yersel olarak az miktarda kuvars ve kil minerali içerir. Kil ve kuvars oranları oldukça düşüktür (Şekil 4.13). Pınarhisar küfekisinden yapılan XRD analizlerinde tümüyle kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Diğer mineral oranları % 5'den az olduğu için tespit edilememiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.12: Pınarhisar küfeki taşının makro örnekteki görünümü.



Şekil 4.13: Pınarhisar küfeği taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fosil kavkı kırıntısı ve intraklast oluşumları içeren killi kireçtaşı (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fosil kavkuları (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).



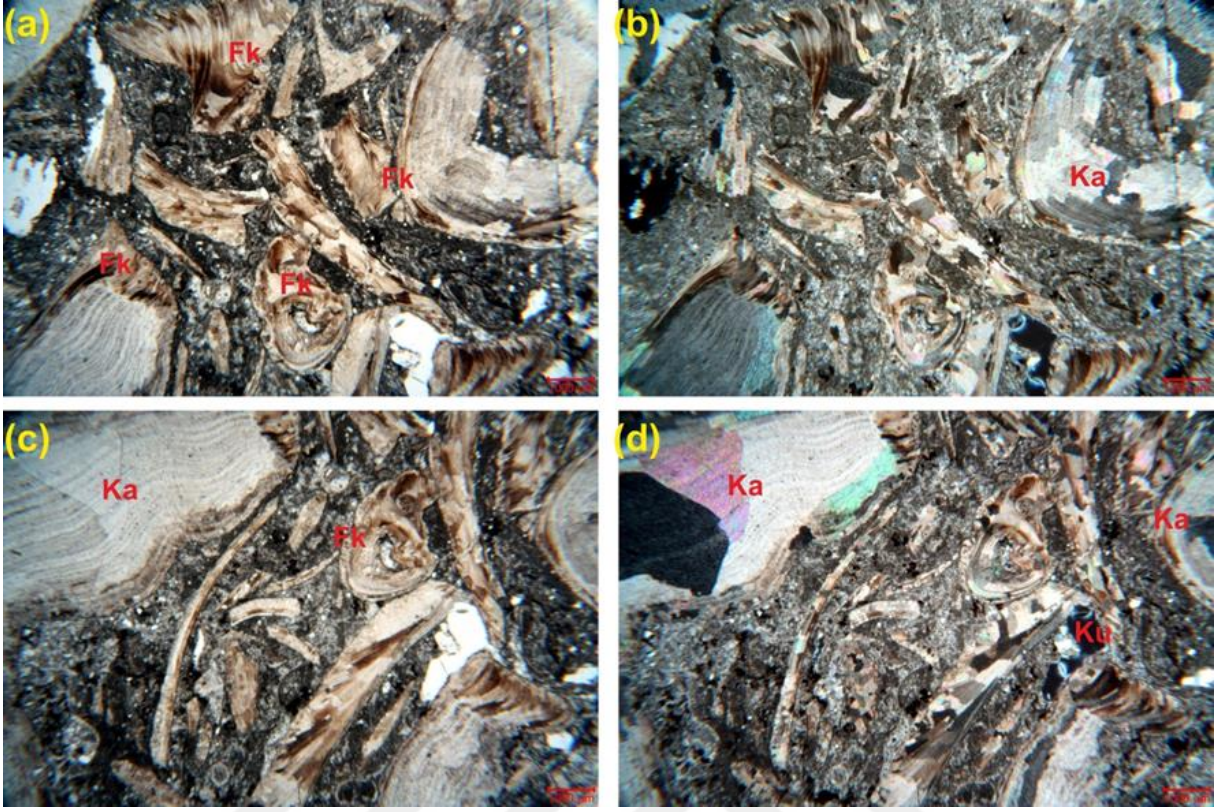
Şekil 4.14: Pınarhisar küfeği taşının yorumlanmış XRD grafiği.

4.2.4. Süloğlu Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi

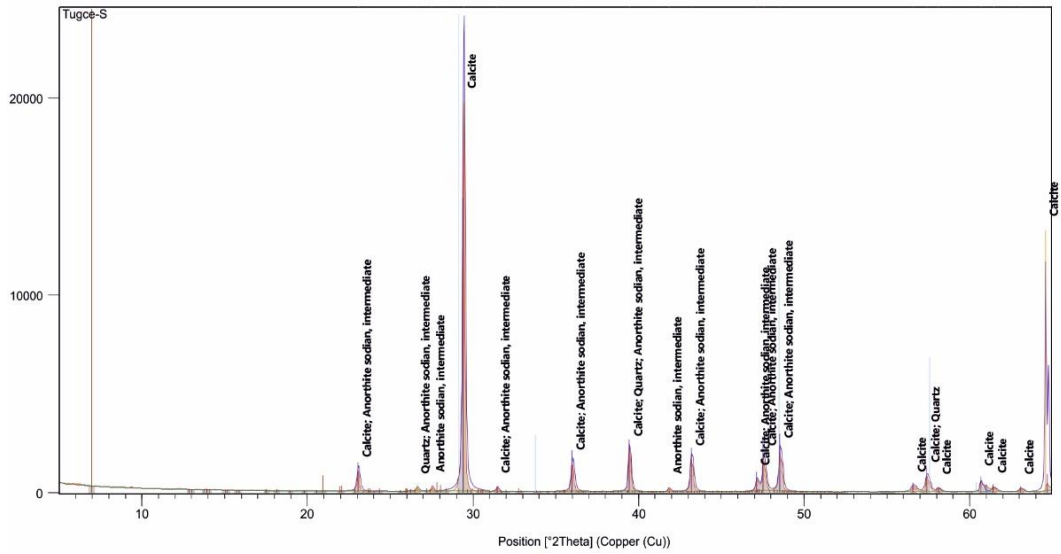
Süloğlu küfeki krem, bej ve beyaz renkli, bol congeria fosili içeren biyomikrit ve/veya biyosparitik bir kireçtaşıdır (Şekil 4.15). Yer yer erime boşluklu ve gözenekli olup erime boşluklarında ikincil kalsit kristalleri görülür. Pınarhisar formasyonundan üretilmektedir. Kil içeriği yok denecek kadar az olmasına rağmen kuvars içeriği daha fazladır (Şekil 4.16). Süloğlu küfekisinden yapılan XRD analizlerinde tümüyle kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir. Diğer mineral oranları % 5'den az olduğu için tespit edilememiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.15: Süloğlu küfeki taşının makro örnekteki görünümü.



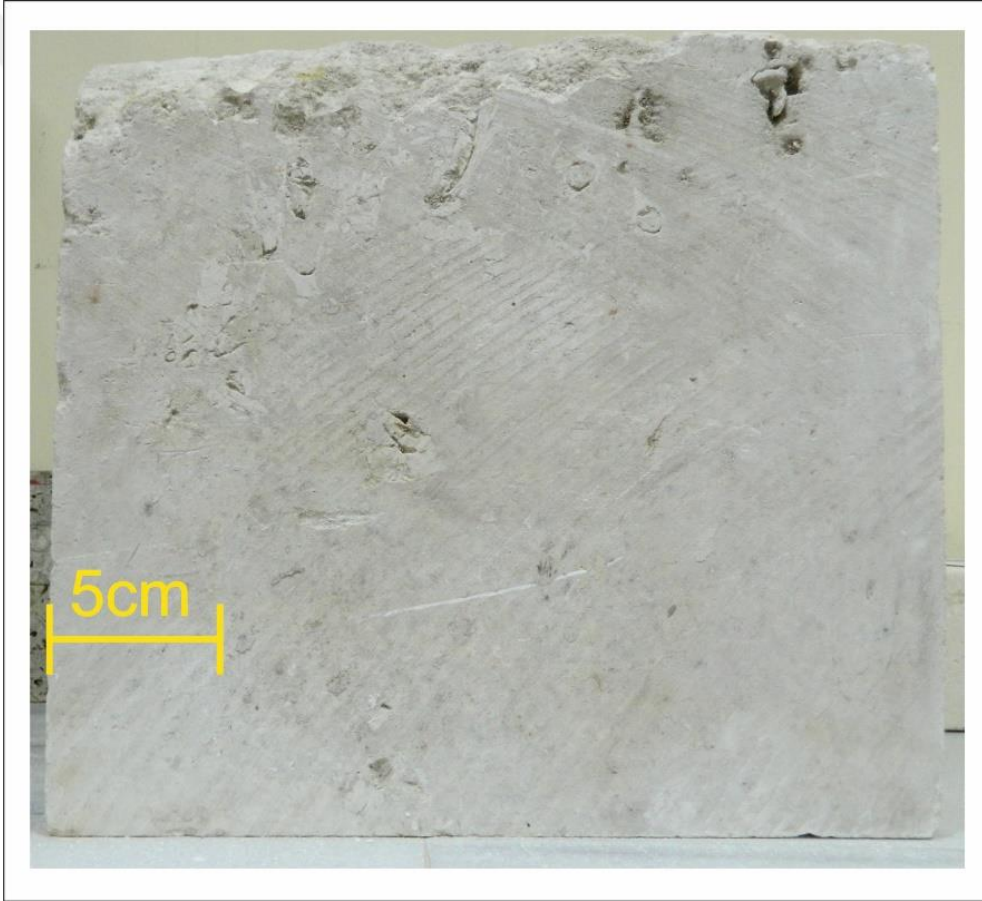
Şekil 4.16: Süloğlu küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Fossil kavkı kırıntısı ve kavkı içlerinde kristalize kalsitler (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde fossil kavkuları ve kalsit kristalleri (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).



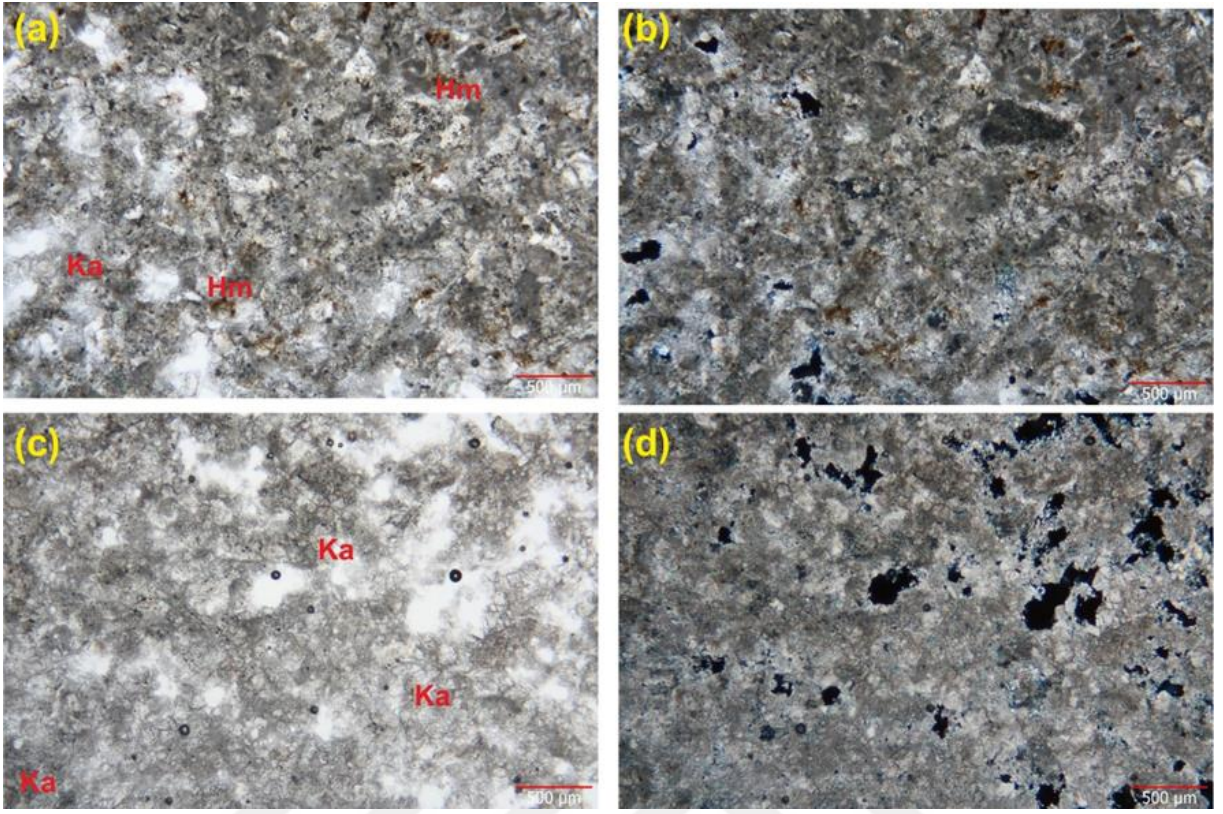
Şekil 4.17: Süloğlu küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.

4.2.5. Kefken Küfeki Taşının Mineralojisi ve Petrografisi

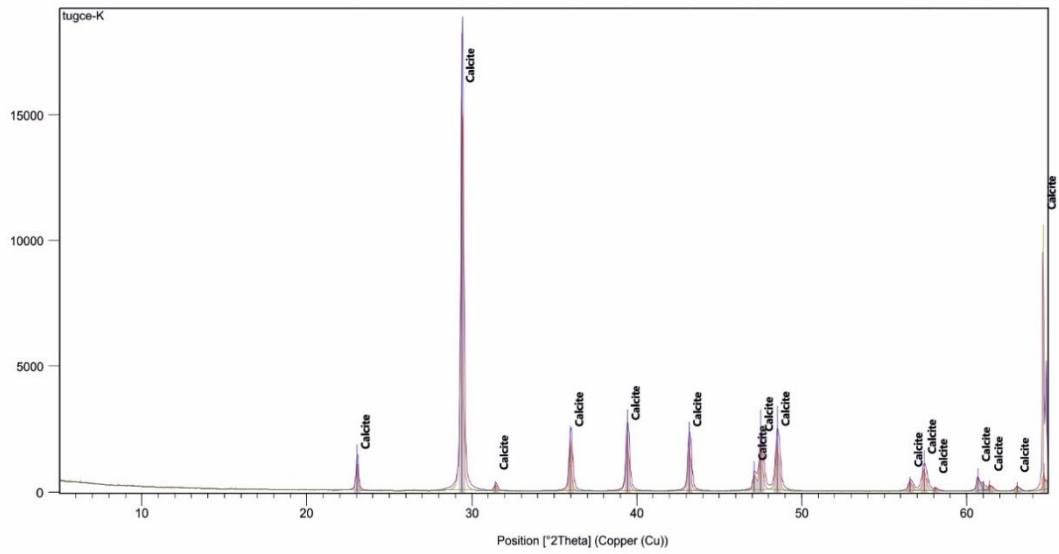
Kefken küfeki el örneğinde sarı – turuncu renkli, oldukça ufak tanelidir (Şekil 4.18). Yapılan ince kesit çalışmalarında kalsit ve az miktarda opak mineral (hematit) ile çok az oranda kil mineralinden oluştuğu gözlenmiştir. Kalsit içeriğinin %95, hematit içeriğinin %3 ve kil minerali içeriğinin %2 oranında olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.19). XRD analizlerinde kayacın sadece kalsitten oluştuğu, opak mineral ve kil içeriğinin %5'den küçük olduğu için XRD ile belirlenemediği g r lm ştir (Şekil 4.20). Ayrıca kayacın kimyasal bileşimini belirlemek için yapılan XRF analizlerinde %88.64 CaO, %0.2 K₂O, %1.98 Na₂O ve %7.3 oranında Fe₂O₃ içerdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.18: Kefken küfeki taşının makro örnekteki görünümü.



Şekil 4.19: Kefken küfeki taşının mikroskop altındaki görünümü: (a-b) Mikritik kireçtaşı genel görünümünde kalsit ve hematit mineralleri (a: düzlem polarize ışık; b: kesişen polarize ışık), (c-d) mikritik bağlayıcı içerisinde ufak kalsit kristalleri (c: düzlem polarize ışık; d: kesişen polarize ışık).



Şekil 4.20: Kefken küfeki taşının yorumlanmış XRD grafiği.

Bakırköy kireçtaşı en yüksek organik madde(fosil ve kavkı) içeriğine sahip iken Pınarhisar örnekleri en düşük organik madde içeriğine sahiptir. Kızdırma kaybı ve asitte kayıp değerlerine bakıldığında en yüksek değerlerin Kefken bölgesinden alınan taşlarda olduğu görülmekte olup bu iki özellik için en düşük değerler sırasıyla Sazlıbosna ve Pınarhisar örneklerinden elde edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Küfeki taşı örneklerinin nem içeriği, organik madde miktarı, kızdırma ve asitte kayıp değerleri.

Örnek	Nem içeriği %	Organik Madde %	Kızdırma Kaybı %	Asitte Kayıp %	Kil, Kuvars vb kalıntı %
Bakırköy (BK)	0.82	2.23	42.69	96.96	3.04
Sazlıbosna (BH)	0.70	1.82	42.03	93.31	6.69
Pınarhisar (P)	1.12	0.87	43.34	85.74	14.26
Süloğlu (S)	1.21	1.72	43.39	93.37	6.63
Kefken (K)	0.81	0.53	44.27	93.8	6.2

Tablo 4.2: Küfeki taşı örneklerinin kimyasal analiz sonuçları (% ağırlık cinsinden).

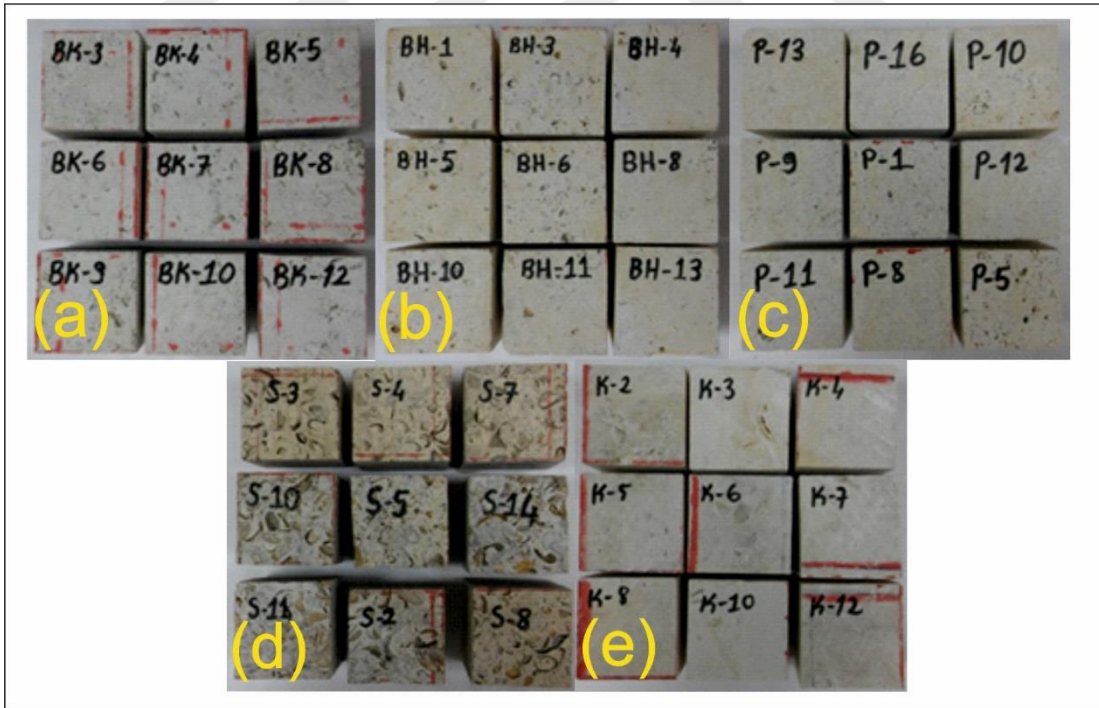
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	AK	Toplam
BH	0.01	0.06	5.17	1.03	0.11	0.06	49.39	0.48	0.18	0.17	42.03	98.67
BH-1-1	0.01	0.01	5.20	0.02	0.06	0.01	50.33	1.37	0.01	0.01	42.03	99.05
BH-1-2	0.01	0.02	5.12	0.01	0.10	0.01	50.55	1.20	0.01	0.01	42.03	99.07
BH-2-1	0.50	0.01	4.81	0.01	0.08	0.01	50.56	1.23	0.01	0.01	42.03	99.26
BH-2-2	0.01	0.01	5.05	0.01	0.10	0.01	50.37	1.46	0.01	0.01	42.03	99.07
BK	0.24	0.08	0.17	0.90	0.12	0.08	54.69	0.40	0.27	0.14	42.69	99.78
BK-1-1	1.00	0.01	0.29	0.01	0.07	0.01	53.46	1.47	0.04	0.01	42.69	99.06
BK-1-2	0.01	0.01	0.46	0.01	0.09	0.01	49.40	1.34	0.06	0.01	42.69	94.09
BK-2-1	0.01	0.01	0.19	0.01	0.12	0.01	49.70	1.32	0.01	0.01	42.69	94.08
BK-2-2	0.01	0.01	0.34	0.01	0.11	0.01	49.59	1.26	0.06	0.01	42.69	94.09
K	0.20	0.01	0.31	4.31	0.30	0.08	48.44	0.61	1.09	0.12	44.27	99.74
K-1	0.01	0.01	0.51	4.51	0.03	0.01	49.09	1.08	0.01	0.01	44.27	99.54
K-2	0.01	0.01	0.48	4.48	0.01	0.01	48.57	1.64	0.01	0.01	44.27	99.50
P	0.05	0.01	4.05	0.01	0.12	0.01	51.74	0.23	0.01	0.01	43.34	99.58
P-1-1	0.01	0.01	4.43	0.01	0.12	0.01	50.07	1.06	0.01	0.01	43.34	99.08
P-1-2	0.01	0.01	4.61	0.01	0.14	0.01	49.84	1.10	0.01	0.01	43.34	99.09
P-2-1	0.01	0.01	4.50	0.01	0.11	0.01	49.85	1.21	0.01	0.01	43.34	99.07
P-2-2	0.01	0.01	4.64	0.01	0.14	0.01	49.79	1.12	0.01	0.01	43.34	99.09
S	0.37	0.29	0.41	0.86	0.27	0.47	51.47	0.41	0.13	0.20	44.27	99.14
S-1-1	0.01	0.01	0.49	0.01	0.25	0.01	53.02	1.05	0.01	0.01	44.27	99.14
S-1-2	0.01	0.01	0.69	0.01	0.22	0.01	52.61	1.28	0.01	0.01	44.27	99.12
S-2-1	0.01	0.01	0.46	0.01	0.25	0.01	52.77	1.32	0.01	0.01	44.27	99.14
S-2-2	0.01	0.01	0.66	0.01	0.20	0.01	52.50	1.42	0.01	0.01	44.27	99.12

Yapılan XRD analizlerinde tarihi eserlerde kullanılan tüm küfeki taşı türlerinin ağırlıklı olarak kalsit mineralinden ve çok az oranda kuvars ve kil minerallerinden oluştuğu görülmektedir. Benzer şekilde jeokimya analizlerinde de CaO oranlarının oldukça yüksek olduğu, kil minerali açısından zengin olanlarda kısmen Al_2O_3 ve Na_2O değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Asit sonrası kalan malzeme miktarlarına bakıldığında da kuvars ve kil mineralleri gibi asitte çözünmeyen malzeme miktarlarının değişkenlik göstermekle birlikte Pınarhisar küfekisinde oranın çok yüksek olduğu diğerlerinde ise % 3.04 – 6.69 arasında değişkenlik gösterdikleri görülmektedir (Tablo 4.2).

4.3. LABORATUVAR ARAŞTIRMALARI

4.3.1. Küfeki Taşlarının Malzeme Özellikleri

İstanbul'un farklı bölgelerinden getirilen kireçtaşı bloklardan İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Örnek Hazırlama Laboratuvarında 7x7x7 cm uzunluklarında küp örnekler hazırlanmış ve deneylere hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Deneysel çalışmalar için hazırlanmış Küp (7x7x7) örnekleri. a)Bakırköy b)Sazlıbosna c)Pınarhisar d)Süloğlu e) Kefken.

4.3.1.1. Fiziksel Özellikler

Küfeki taşlarına ait fiziksel özellikler, İstanbul Üniversitesi Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında incelenmiştir. Küfeki taşlarına ait fiziksel özellikler Tablo 4.3' de verilmiştir.

Sazlıbosna kireçtaşı en yüksek özgül ağırlığa sahip iken Kefken kireçtaşı örnekleri en düşük özgül ağırlığa sahiptir. Ağırlıkça su emme, kaynar suda ağırlıkça su emme, hacimce su emme, ve kaynar suda hacimce su emme değerlerine bakıldığında en yüksek değerler Pınarhisar küfeki taşında gözlemlenmiş olup, bu özellikler için en düşük değerler ise Süloğlu örneklerinden elde edilmiştir. Porozite değerleri en yüksek Pınarhisar örneğinde iken en düşük değer Süloğlu örneğinde görülmüştür (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Küfeki Taşlarına ait fiziksel özelliklerinin ortalama değerleri.

Tabloda; Gs: Özgül ağırlık, γ_d : Doygun birim hacim ağırlık, γ_k : Kuru birim hacim ağırlık, Sk: Kütlece su emme oranı, Skk: Kaynar suda kütlece su emme oranı, Sh: Hacimce su emme oranı, Skh: Kaynar suda hacimce su emme oranı, n: Porozite, değerlerini göstermektedir.

Fiziksel Deneysel Sonuçları								
Örnek Kodları	Gs (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_k (kN/m ³)	Sk (%)	Sh (%)	Skk (%)	Skh (%)	n (%)
BK	(4)25,4	23,5	22,7	3,53	8,02	4,44	10,17	8,03
BH	(4)25,9	22,9	21,4	7,36	15,73	7,27	15,57	15,74
P	(4)25,5	22,8	21,1	7,67	16,18	8,08	17,10	16,19
S	(4)25,5	23,4	22,7	3,07	6,89	4,94	11,16	6,9
K	(4)25,1	22,5	20,9	7,35	15,38	9,25	19,53	15,39

(*) Parantez içinde deney yapılan örnek adetleri gösterilmiştir.

Tabloda BH: Sazlıbosna, BK: Bakırköy, K: Kefken, S: Süloğlu, P: Pınarhisar örneklerini ifade etmektedir.

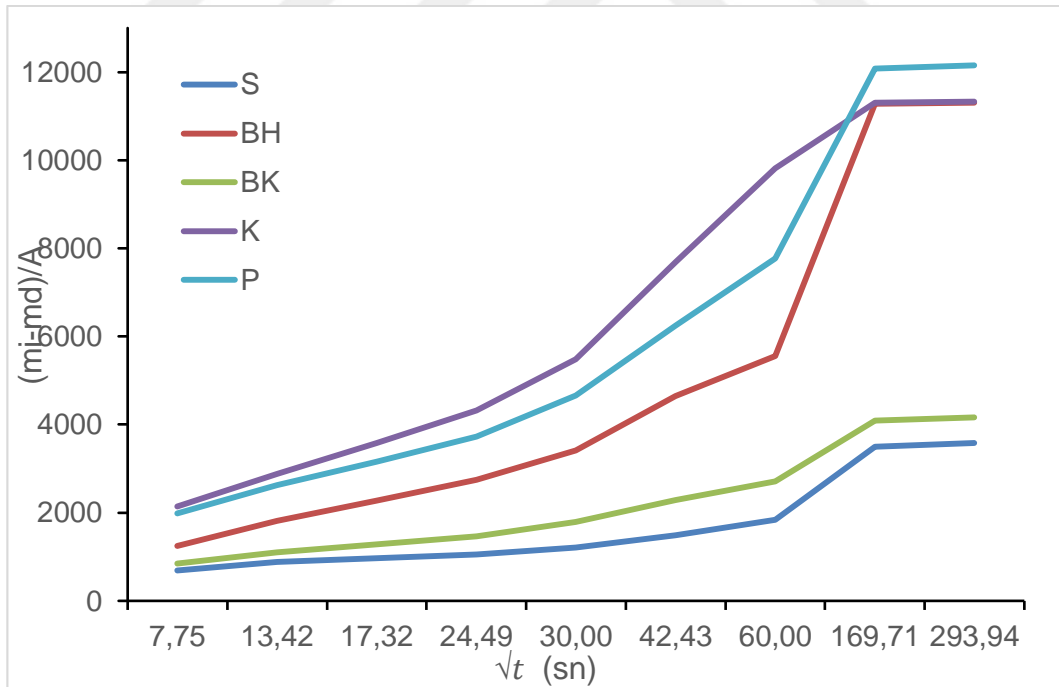
Kılcal su emme katsayısı 1., 3. ve 5. dakikalarda Kefken örneği diğer örneklerle kıyasla en fazla iken 1440. dakikada (24 saat) kılcallık katsayısı en yüksek Pınarhisar örneğinde olup en düşük Süloğlu örneğinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4: Örneklerin Dakikaya Göre Ortalama Kılcal Su Emme Katsayıları.

t (dakika)	Örnek Adedi	Kılcal Su Emme Katsayısı ($\text{g/m}^2 \cdot \text{s}^{0,5}$)				
		BK	BH	P	S	K
1	6	109,16	160,67	256,66	89,22	276,46
3	6	82,14	135,55	195,84	65,86	214,48
5	6	73,70	131,02	182,19	56,00	206,62
10	6	59,59	111,99	152,39	42,83	176,43
15	6	59,69	113,80	155,51	40,45	182,91
30	6	53,77	109,64	147,17	35,09	181,04
60	6	45,09	92,57	129,45	30,60	163,67
480	6	24,12	66,49	71,21	20,57	66,60
1440	6	14,17	38,47	41,33	12,18	38,54

Tabloda BK: Bakırköy, BH: Sazlıbosna, P: Pınarhisar, S: Süloğlu, K: Kefken örneklerini göstermektedir.

Kefken, Pınarhisar ve Barshan örnekleri kılcal su emme grafiğinde 293. saniyelerde yüksek değerler gösterirken, Bakırköy ve Süloğlu örnekleri düşük değerler göstermektedir(Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Örneklerin birbirine göre kılcallık katsayısı değerlerinin grafik gösterimi(TS EN 1925(2000)). BK: Bakırköy Küfeki, S: Süloğlu, K: Kefken, BH: Sazlıbosna, P: Pınarhisar.

4.3.1.2.Eskitme İşlemleri Sonucu Performanslar

Yapılan üç farklı eskitme deneyleri sonuçları bulgularıyla beraber belirtilmiştir.

Asit Çözeltisine (SO₂ buharı) Dayanıklılık

Küfeki taşlarında kükürt dioksit yapay eskitme deneyi TS EN 13919 a göre iki farklı asit çözeltisinde yapılmıştır. Deney sonuçlarına bakıldığında ise yüzde kütle kayıpları ortalama olarak 150 ml sülfüroz asidinde en fazla Sazlıbosna kireçtaşında iken en düşük Pınarhisar örneğindedir. Aynı sülfüroz asidinin 500 ml lik asit çözeltisindeki değerleri bakıldığında ise en yüksek ortalama ağırlık değişiminin yüzdesi Süloğlu örneğinde iken en düşük Sazlıbosna örneğinde görülmüştür (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: SO₂ deney sonucu örneklerdeki kütle kaybı (%).

SÜLFÜR DİOKSİT AĞIRLIK KAYBI (21 GÜN SONUNDAKİ DEĞERLER) (%)										
ÖRNEK KODLARI	P	K	S	BK	BH					
P-1	0,139	K-5	0,250	S-6	-0,011	BK-6	0,35	BH-7	0,09	
P-2	0,176	K-6	0,200	S-5	0,308	BK-7	0,05	BH-9	0,10	
P-5	0,614	K-9	0,206	S-4	0,241	BK-3	0,05	BH-5	0,08	
P-7	0,168	K-4	0,133	S-1	0,069	BK-2	0,072	BH-4	0,390	
P-8	0,114	K-3	-0,022	S-2	0,084	BK-4	0,011	BH-3	0,118	
P-4	0,074	K-1	0,296	S-3	0,000	BK-1	0,078	BH-1	0,074	
Ortalama	0,119		0,136		0,051		0,054		0,194	

Tabloda BH: Sazlıbosna, BK: Bakırköy, K: Kefken, S: Süloğlu, P:Pınarhisar örneklerini ifade etmektedir.

Tuz Kristallenmesi Etkilerine Dayanıklılık

TS EN 12370(2001) standardına göre yapılan tuz kristallenmesi deneyinde taşlarda genel olarak aşırı tahribat gözlemlenmiştir. Bu bağlamda Sazlıbosna(BH) ve Pınarhisar(P) olarak adlandırılan örnekler Na₂SO₄10H₂O çözeltisi içinde 21 gün olan deneyin sonuna kadar kalamamış çözünüp ufalanmış ve parçalanmıştır. Geriye kalan Bakırköy(BK) ve Kefken(K)' de çatlaklar ve kenarlarından kopma gözlemlenmiş olup Süloğlu(S)' nda ise hafif ufalanmalar gözlemlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Tuz Kristallenmesi deneyi sonucundaki yüzde değişimler.

TUZ KRİSTALLENMESİ(%)					
BK		K		S	
BK-1	-2,34	K-1	1,24	S-1	-1,84
BK-2	-1,89	K-2	-14,2	S-2	-0,26
BK-3	-	K-3	-10,0	S-3	-1,25
BK-4	-8,57	K-4	-8,85	S-4	-1,53
BK-5	-7,18	K-5	-5,55	S-5	-4,86
BK-6	-5,47	K-6	-11,52	S-6	-2,01
BK-7	-2,47	K-7	-5,43	S-7	-1,91
BK-8	-4,86	K-8	-5,37	S-8	-1,08
Ortalama	-4,68		-7,46		-1,84

“-“ İşaretli BK-3 örneği deney sonunda parçalanmıştır. BH ve P grupları da tamamen parçalanarak deney sonuna kadar dayanmamıştır. Tabloda BH: Sazlıbosna, BK: Bakırköy, K: Kefken, S: Süloğlu, P:Pınarhisar örneklerini ifade etmektedir.

Donma-Çözülme Etkilerine Dayanıklılık

Donma-çözülme etkilerine dayanıklılık deney sonuçlarının değerleri yüzde olarak verilmiştir. Donma-çözülme eskitme işleminde ortalama ağırlık kaybı yüzdesi en fazla Kefken örneğinde iken en düşük değer Pınarhisar örneğinde görülmüştür(Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Tüm örneklerin Donma- Çözülme etkilerine karşı dayanıklılık deneyi sonucu yüzde olarak ağırlık kayıpları.

DONMA - ÇÖZÜLME DÖNGÜSÜ (28 gün sonunda) (%)									
BH-1	0,143	BK-6	0,236	K-10	0,134	S-14	0,198	P-11	0,662
BH-11	0,194	BK-4	0,061	K-12	0,122	S-11	0,130	P-10	0,120
BH-5	0,193	BK-5	0,073	K-8	0,043	S-4	0,088	P-16	0,864
BH-4	0,095	BK-10	0,055	K-6	0,062	S-5	0,244	P-9	0,188
BH-8	0,229	BK-8	0,111	K-3	0,035	S-3	0,107	P-1	0,226
BH-13	0,213	BK-3	0,101	K-2	0,039	S-8	0,057	P-12	1,082
Ortalama	0,178		0,106		0,072		0,137		0,524

Tabloda BH: Sazlıbosna, BK: Bakırköy, K: Kefken, S: Süloğlu, P:Pınarhisar örneklerini ifade etmektedir.

4.3.1.3. Mekanik Özellikler

Örnekler üzerinde mekanik deneyler İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doğal Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yapılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı ve ultrasonik ses hızı olmak üzere iki tür mekanik deney uygulanmıştır. Deney sonuçlarının ortalama değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (Tablo 4.8).

Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde en fazla değeri Kefken örneği gösterirken en düşük değeri ise Bakırköy örneği göstermiştir. Ultrases hızı değerleri ele alındığında ise Bakırköy küfeki en yüksek hızı gösterirken Pınarhisar örneğinde en düşük hız değeri gözlemlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8: Mekanik deney sonuçları (ortalama).

Mekanik Deneyler (ortalama)				
Örnek kodu	Örnek Adedi	UCS (MPa)	Örnek Adedi	V _p (km/sn)
BK	5	18.170	6	5,22
BH	5	22,890	6	4,065
P	5	17,560	6	3,787
S	5	21.333	6	5,147
K	5	27.938	6	4,225

Parantez içinde deney yapılan örnek adetleri gösterilmiştir. USC(MPa)=Tek eksenli sıkışma dayanımı, V_p= Ultrases hızıdır.

4.3.1.4. Temizleme Sonrası Değerler

Örnekler eskitme işlemi yapıldıktan sonra temizleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İki farklı temizleme uygulaması çalışılmıştır. 1) Lazer ile temizleme yöntemi, 2) Kumlama ile temizleme yöntemi. Temizleme işlemlerinden sonra örneklerin gram değişimleri hesaplanarak ortalama değerleri aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir (Tablo 4.9, Tablo 4.10).

Çalışılan örnekler temizleme işlemleri sonrasında ağırlık ölçümü yapılmış olup eskitme öncesi ve temizleme sonrası ağırlık değerleri karşılaştırılmıştır. Eskitme deneyleri sonrasında küfeki taşlarında meydana gelen çatlaklar, kopmalar ve parçalanmalar sebebi ile fiziksel ve mekanik deneyler doğru sonuç veremeyeceğinden yapılmamıştır.

Lazer temizleme öncesi ve sonrasında ağırlık değişimlerine bakıldığında Bakırköy küfeki taşında en fazla değişim gözlenirken en az değişim Pınarhisar örneğinde görülmüştür.

Tablo 4.9: Lazer temizleme deneyi sonucundaki ortalama gram değişiklikleri.

LAZER TEMİZLEME YÖNTEMİ (%)					
Donma-Çözülme Eskimesi		Tuzda Eskitme		SO ₂ Eskitmesi	
Bakırköy	0.15525	Bakırköy	0.11495	Bakırköy	0.12638
Süloğlu	0.03249	Süloğlu	0.19299	Süloğlu	0.12327
Kefken	0.02407	Kefken	0.3125	Kefken	0.0216
Sazlıbosna	0.12607	Sazlıbosna	-	Sazlıbosna	0.10579
Pınarhisar	0.09163	Pınarhisar	-	Pınarhisar	0.01135

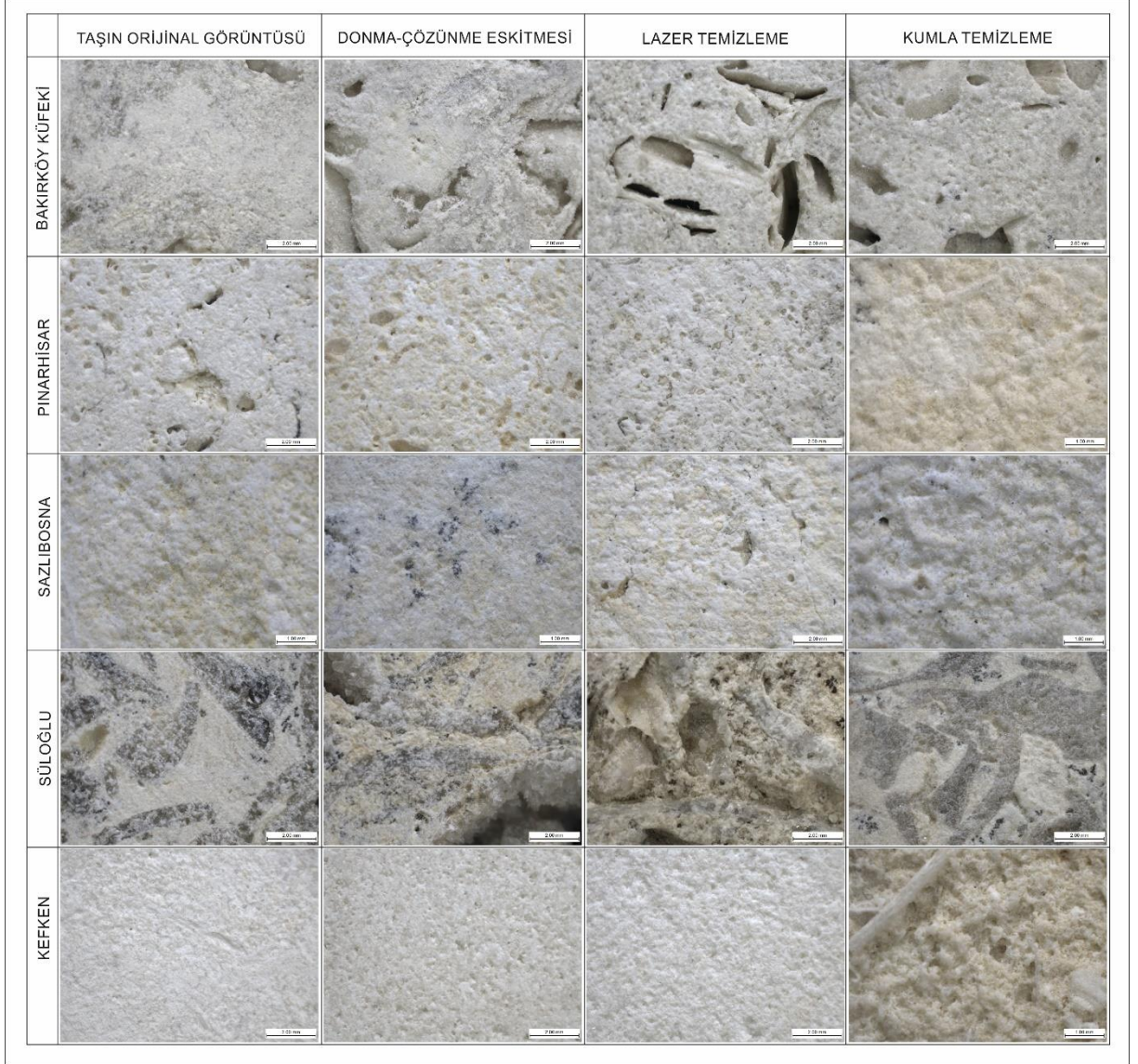
Kumlama ile temizleme yönteminde Sazlıbosna, Pınarhisar Kefken örnekleri en fazla ağırlık farkı gösterirken Süloğlu tüm gruplarda en az ağırlık farkı göstermiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: Kumlama ile temizleme işleminde ortalama gr değişimleri(%).

KUMLAMA İLE TEMİZLEME YÖNTEMİ (%)					
Donma-Çözülme Eskimesi		Tuzda Eskitme		SO ₂ Eskitmesi	
Bakırköy	0.2277	Bakırköy	0.2535	Bakırköy	0.5206
Süloğlu	0.1443	Süloğlu	0.6359	Süloğlu	0.8012
Kefken	0.2918	Kefken	0.1858	Kefken	0.5887
Sazlıbosna	0.3716	Sazlıbosna	-	Sazlıbosna	1.2409
Pınarhisar	0.2598	Pınarhisar	-	Pınarhisar	1.1148

4.4. KÜFEKİ TAŞLARININ DENEYSEL İŞLEMLER SONUCUNDAKİ DEĞİŞİMLERİ

Çalışılan taşların orijinal örnekler bölüm 3.1 de belirtildiği gibi 7 cm ve 4 cm lil küpler ile 12x6x1 cm dikdörtgen olacak şekilde hazırlanmıştır. Binoküler mikroskop görüntüleri Şekil 4.22 de taşın orijinal görünümü sütunun altında görülmektedir.



Şekil 4.23: Çalışılan örneklerin Donma-Çözünme eskime uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.

Bölüm 3.2.8. de detaylı açıklanmış olan eskitme çalışmaları her taş grubuna yapılmış olup “Donma-çözülme eskimesi”, “Tuzda Eskitme”, “SO₂ Eskitmesi” olarak sütun boyunca binoküler mikroskop görüntüleri verilmiştir(Şekil 4.22; 4.23; 4.24).



Şekil 4.24: Çalışılan örneklerin Tuzda eskime uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.



Şekil 4.25: Çalışılan örneklerin SO₂ eskitme uygulaması sonrası temizleme çalışmaları etkilerinin binoküler mikroskop altında görüntüleri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tarihi eser restorasyon ve konservasyon çalışmalarında kullanılan yapı taşlarının mineralojik-petrografik, fiziksel-mekanik ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Eğer kayaç yüzeylerinde kirlenme varsa kirlenmenin kaynağı ve morfolojisi (oksidasyon, hava kirliliği, trafik, kullanıcı etkileri, tuzlar ve tuz kabuklar) saptandıktan sonra, uygun temizleme tekniği ve/veya bileşik tekniklerin kullanılmasına karar verilmektedir (Ersen, 2010). Tüm taş türleri için aynı temizleme tekniğini uygulamak genellikle hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Bu nedenle yapının kullanım amacına, taşın yapıdaki kullanım yeri ve amacına göre temizleme yapılması ve temizleme işleminin tüm yüzeylere uygulanmadan önce seçilecek küçük bir alanda denenmesi ile daha sağlıklı bir karar vermek mümkün olacaktır. Tarihi eserlerde yapılan temizleme işlemlerinde eserin görüntüsünü değiştirmemeli, söz konusu eseri yeni bir yapı gibi göstermemek gerekir. Bu nedenle temizleme işlemlerinde titiz davranılmalı, gerekli olan alanlara temizleme işlemi uygulanmalıdır. Kullanılan her temizleme yönteminin kendine özgü kullanım koşul ve alanları, yararları ve sakıncaları bulunmaktadır. Kısacası uygulanacak yöntemin yapının tüm özellikleri belirledikten sonra belirlenmesi en az tahribata neden olacaktır.

Kefken, Sazlıbosna ve Pınarhisar örneklerinin kılcallık katsayısı yüksek iken Bakırköy ve Süloğlu örneklerinin düşüktür. Yapılan fiziksel deneylerde bulgulara bakıldığında bu referansa uygun değerler bulunmuştur. Fakat Kefken örneği Sazlıbosna ve Pınarhisar dan farklı olacak şekilde tuzda eskitme gibi çalışmalarda aşırı parçalanma, kopma, dökülme vs. gözlemlenmediği gibi Pınarhisar ve Sazlıbosna deneyin sonuna kadar dayanamamışken Kefken örneğinin deney sonuna kadar kalmıştır. Bunun sebebinde Kefken taşının mineralojik ve petrografik özelliği devreye girdiği düşünülmüştür. Diğer tüm gruplardan farklı olarak Kefken taşında %3-4 civarında hematit bulunduğu belirlenmiştir. Bu sebeple demir mineralinin taşa tutucu özelliği kazandırdığı söylenebilir. Pınarhisar ve Sazlıbosna örneklerinde ise kil içeriğinin fazla olmasından dolayı dağılma, parçalanma ve ufalanmaya elverişli olduğu düşünülmektedir. Kil içeriğinin artması ile kayaçlarda hem şişme hem de suyun bünyede hapsolmesi sonucu deformasyon süreci hızlanmaktadır. Dolayısıyla kil içeriği daha düşük olan kayaçlarda deformasyon miktarları daha düşük izlenmiştir.

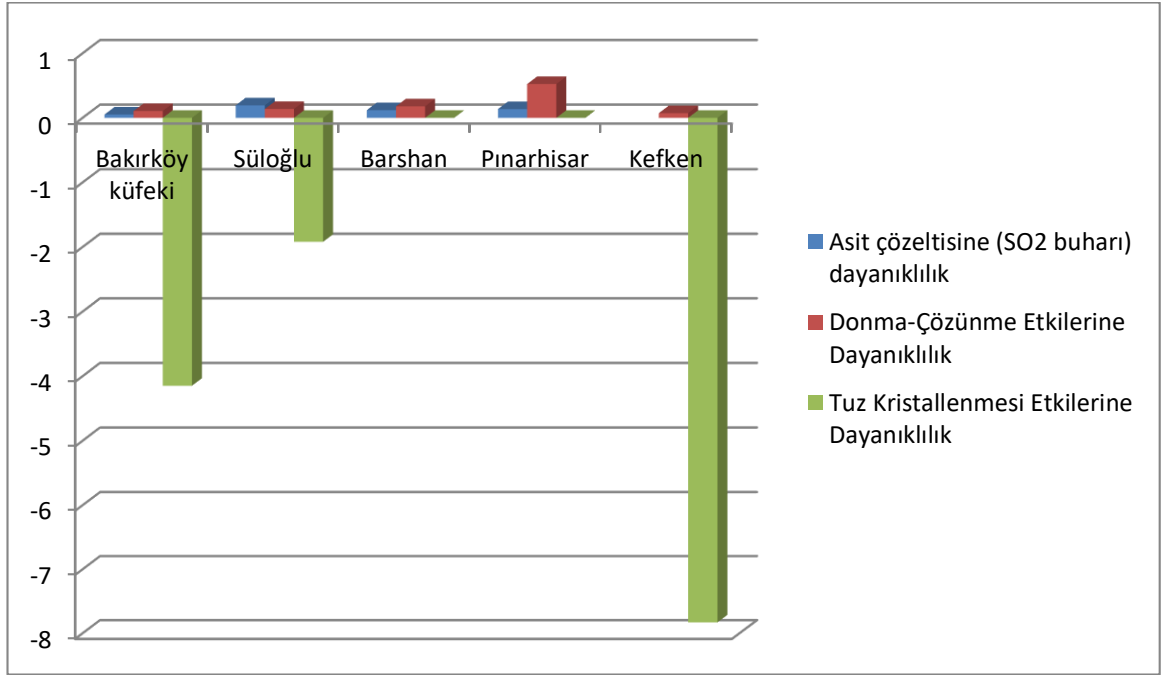
Bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda elde edilen bulgularda, tuz kristalizasyonu deneyi sırasında Pınarhisar (P) ve Sazlıbosna (BH) taşları tamamen ufalanmış ve deney sonuna kadar bu tuz depolanma çevrimine dayanamamıştır. Bakırköy (BK), Kefken (K) ve Süloğlu (S) ise deneyin sonuna kadar kalmıştır fakat taşlarda çeşitli deformasyonlar(çatlak, parçalanma ve ufalanma gibi) gözlemlenmiştir.

Eskitme yöntemlerinin uygulandığı örneklerin ağırlık kayıplarında (Şekil 5.1.'de) değerlerden yeşil renkte olan grup Tuz kristallenmesi etkilerine dayanıklılık deneyinde parçalanma ve kopmalar gerçekleşen gruplar olduğundan grafikte eksi değerlerde sütunlar gözlemlenmiştir.

Tuz ile eskitme işlemi taşın litolojik özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin bu yöntem andezit bileşimli volkanik kayalara uygulamış, taş yüzeyinde herhangi bir hasar olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, taşın porozitesinin artması ile tuz kirlilik oranının da arttığı gözlemlenirken Zaimoğlu (2015) küfeki taşlarında tuz kirlilik oranına bağlı olarak fazla hasar gelişmemiştir. Burada küfeki taşlarının mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası önemli derecede etkili olmuştur. Taşın petrofabrik yapısı tuz kristallerinin boşluklar boyunca ilerlemesini kısmen de olsa engellemiştir. Bakırköy, Kefken ve Süloğlu küfekilerinde tuza karşı dayanımın Pınarhisar ve Sazlıbosna örneklerine göre daha fazla olmasında petrofabrik özellikler önemli derecede etkili olmuştur. Bakırköy ve Süloğlu küfekileri bol miktarda fosil kavkı ve kavkı kırıntısı ile kavkı aralarında ikincil kalsit kristalleri içerir. Bu durum bu kayalara önemli bir direnç kazandırmıştır. Kefken küfekisi ise genel olarak mikritik kireçtaşı karakterinde olup yer yer kalkarenitik bir yapı sunmaktadır. Kil içeriğinin düşük olması da bu kayacın tuz ilerlemesine karşı daha dirençli olmasını sağlamıştır.

Grafikte bordo renkli çubuklarda gösterilen donma-çözülme deneyleri sonucunda Pınarhisar grubunun diğer gruplara göre gr ağırlığının arttığı görülmektedir (Şekil 5.1). Mavi renkte gösterilen çubuklarda SO₂ deneyi sonucunda Süloğlu grubunun diğer gruplara kıyasla gramajının en fazla olduğu görülmektedir (Şekil 5.1).

Eskitme deneyleri yapıldığında çalışılan grupların içinde Asit çözeltilisine en dayanıklı olan grubun Süloğlu olduğu, donma-çözülme etkilerine en dayanıklı grubun Kefken, Tuz etkilerine en dayanıklı grubun ise Süloğlu olduğu gözlemlenmiştir. Kayaların birincil litolojik özelliklerinin kayaların herbirine farklı özellikler kazandırdığı açıktır.



Şekil 5.1: Eskitme yöntemine göre taşların dayanım oranları.

Temizleme işlemleri sırasında iki yöntem kullanılmıştır. Yapılan gözlemsel ve binoküler mikroskop çalışmaları iki yöntemin de taşların temizlenmesinde işe yaradığı gözlemlenmiştir. Fakat kumlama yöntemine göre lazer ile temizleme yönteminde daha az kütle kaybı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni kumlama işlemi sırasında yüzeye yüksek basınçla granüllerin değmesi ve yüzeyi aşındırması muhtemeldir. Kumlamada, temizleme işlemi yapan operatör, granül seçimi, temizlemede kullanılan nozül basıncı gibi parametreler doğru seçilmesi ve uygulanması da taşta verilen hasarı azaltmak için önemlidir (Günel, 2010; Günel, 2011).

Kükürt dioksit gazı ile yapılan eskitme deneyinde, taş örneklerin yüzeylerinde jel oluşumlu bir yapı ve üzerinde beyaz kabartılar oluşmuştur. Bu örneklerin lazer ile temizleme uygulamasında beyaz küçük kabartılar giderilmiş fakat jelimsi tabaka hala taşın yüzeyinde kalmıştır. Aynı örnek grubuna kumlama temizliği yapıldığında hem beyaz kabukların hem de jelimsi tabakanın taşın yüzeyinden uzaklaştığı, ancak taş yüzeyinde kısmen oyulma ve parçalanma olduğu gözlemlenmiştir.

Küfeki taşlarının temizleme teknikleri konusunda oldukça hassas davranılmalıdır. Çalışılan örneklere uygulanan kumlama yönteminde taş yüzeyleri mikro ve çok minimum seviyede makro boyutlarda tahribat gözlemlenmiştir. Lazer temizleme sonucunda taş yüzeyleri makro

boyutta hasar görecek kadar bir tespit edilirken mikro boyutta oldukça az derecede hasar olduğu düşünölmüştür.

Temizleme yöntemleri sadece küfeki taşlarına değil diğer yapıtaşları (Od taşı, Devoniyen Kireçtaşları vb.) ve dekoratif mermerler (Marmara mermeri, İŖehisar mermeri, Serpantin breşleri vb) üzerinde de uygulanmaktadır. Bu çalışmanın devamında tarihi yapılarda kullanılan diğer taş türlerine de farklı temizleme tekniklerini uygulanmalı ve elde edilecek veriler karşılaştırmalı olarak yorumlanmalıdır.

Eskitme ve temizleme işlemleri sonrasında makroskobik ve mikroskobik değışimler detaylı olarak incelenmeli ve elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte taşların yüzeylerine koruyucu kimyasal solösyonlar (koruyucu ve su iticiler gibi) uygulanarak taş üzerindeki etkisi araştırılmalıdır. Bunun yanı sıra diğer alternatif temizleme yöntemleri de (latex, kuru buz, atomize su, biyolojik temizleme vb.) araştırılmalı ve denenmelidir. Burada önemli olan taşa zarar vermeden ve/veya en az zararı veren en ekonomik yöntemi belirlemek ve uygulamak olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acun Özgünler S., Gürdal E., 2008, *Ahi Çelebi Camii'nde kullanılan od taşının konservasyon çalışmaları*, İtüdergisi/a mimarlık, planlama, tasarım Cilt:7, Sayı:2, 52-63.
- Ahmet Malik ve Hamit Nafiz, 1933, *Küçükçekmece fosil fıkralı hayvanlar mecmuası: İÜ Fen Fak. Mec.*, 3-4, 127 s.
- Ahunbay Z., 1988, *Mimar Sinan'ın Eğitim Yapılan Medreseler Darülkurrallar Mektepler, Mimarbaşı Koca Sinan, Yaşadığı Çağ Ve Eserleri*, 239-309.
- Angı Serkan O., Yavuz O., Çiftçi E., 2017, *Geçmişten Günümüze İstanbul'daki Önemli Yapılarda Kullanılan Yöresel Yapı ve Kaplama Taşlarının Jeo-Litolojik Ve Arki-Tektonik Özellikleri*, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, Cilt 28, Sayı 1, 163-196.
- ARIÇ, C. 1955, *İstanbul Paleozoik arazisinde bulunan oolitle ve fosilli demir madeni* İst. Tek. Üniv. Neşr , İstanbul.
- Arıç, C., 1955, *Haliç-K. Çekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi: Doktora Tezi*, İTÜ Maden Fak. yayını (yayımlanmamış).
- Arıç, C., 1955, *İstanbul Paleozoyik arazisinde bulunan oolitle ve fosilli demir madeni: İTÜ Dergi.*, II, 3-4, 67-68.
- Campbell ve diğ. 2014,
- Dal M., 2010, *Trakya Bölgesi Tarihi Yapılarında Kullanılan Karbonatlı Taşların Bozulma Nedenleri*, Vakıflar Dergisi, Sayı 34, 47-59.
- Dal M., Yalçın M., Öcal A.D., 2016, *Gazimağusa Kaleiçindeki Tarihi Taş Yapılarda Görülen Bozunmalar*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı:31(2), ss. 355-363.
- Erendil M., Aksay A., Kuşçu İ., Oral A., Tunay G., Temren A., 1991, *Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi*. MTA rap.no.7998.
- Erendil, M., Aksay, A., A., Oral, A., Tunay, G., Temren, A. ve Kuşçu, İ., 1991, *Bolu masifi ve çevresinin jeolojisi*. MTA Rap. No:9425, (yayımlanmamış) 55 s.
- Ersen A., Verdön İ., 2010, *Konservasyon Biliminin Restorasyon Proje ve Uygulamalarına Katkıları*, Tüba-Ked, Vol:8, 7-20.
- Günel, M., 2010, *Restorasyon Çalışmalarında Mikro Kumlama Uygulamaları*, Kagir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri 2, 131-136.
- Günel, M., 2011, *Tarihi Eserlerde Mikro Kumlama İle Yüzey Temizliği Çalışmalarının Uygunluğunun Değerlendirilmesi Üzerine Bir Deney Çalışması*, Kagir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri 3, 106-115.

- Holmes, A.N., 1961, *Sratigraphy reviewv of Thrace*, TPAORap. no: 368, (yayımlanmamış).
- Kasar, S., 1987, *Edirne-Kırklareli-Saray (Kuzey Trakya) Bölgesi'nin jeolojisi*, Türkiye 7. Petrol Kongresi, s.281-291.
- Kasar, S., Bürkan, K., Siyako, M. Ve Demir, O., 1983, *Tekrdağ-Şarköy-Keşan-Enez bölgesinin jeolojisi ve hidrokarbon olanakları*: TPAO Arama Gurubu arşivi, 1771, 71s., Ankara.
- Kemper, E., 1961, *Kırklareli limestone (Upper Eocene) of northern basin im*: Deilmann Bergbau GMBH. ge-ological report: 37.
- Keskin, C., 1966, *Microfacies study Pınarhisar reef comp-lex*, IÜFF Mecmuası, seri B, c. 31,3-4.
- Keskin, C., 1974, *Kuzey Ergene Havzasının Stratigrafisi*, Türkiye II. Petrol Kongresi Tebliğleri.
- Ketin, İ. Ve Gümüş, A., 1963, *Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi*. TPAO Rap. No:288, (yayımlanmamış) 37 s.
- Kipman, E., 1974, *Sakarya Çamdağ (Kestanepınar- Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi*. İ. Ü. Fen Fak. Monografileri, s. 25, 1-72.
- Kipman, E., 1974, *Sakarya Çamdağ (Kestanepınar-Yassıgeçit köyleri arası) deniz çökeltisi demir cevherinin jeolojisi*, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, 25, 72 s.
- Mahmutoğlu Y., Angı O. S., Özmen I. E., Yeşilkaya Z., 2017, *İstanbul'daki Tarihi Yapılarda Kullanılan Önemli Yerli Doğal Taşların Kaynak Alanlarının Araştırılması*, MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, ÇÜ, Adana.
- MTA 1998
- Özgül N., 2011, *İstanbul İl Alanının Jeolojisi*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Zemin İnceleme Müdürlüğü.
- Özgül, N, 2011. "*İstanbul İl Alanının Jeolojisi-Yönetici Özeti*". İstanbul Buyuksehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, 103 s (yayınlanmamış).
- Sayar ve Erguvanlı, 1955
- Sayar ve Erguvanlı, 1962
- Sayar, C., (1976). "*Haliç ve Civarının Jeolojisi*": B.Ü., İstanbul. Haliç sorunları ve çözüm yolları ulusal sempozyumu, Şubat 1976, 355-374, İstanbul.
- Sayar, C., 1962, *New observations in the Paleozoic sequence of the Bosphorus and adjoining areas, İstanbul, Turkey*: Symp.Band. 2.Intern.Silur / Devon Bonn-Bruxelles,1960, 222-223, Stuttgart.

- Sayar, C., 1977, *İstanbul yeni iskan yöreleri geoteknik ve sismik etüdü*: ed. Tezcan, Boğaziçi Ü. Deprem Müh. Araştırma Enst., Cilt 1, 119s.
- Sayar, C., 1989, "*İstanbul ve Çevresi Neojen Çökelleri ve Paratetis içindeki konumu*": Maden Fakültesi 40.Yıl Bült., pp. 250-266.
- Sherman, J. (1955) 'The theoretical derivation of fluorescent X-ray intensities from mixtures', *Spectrochimica acta*, 7, pp. 283-306.
- Shiraiwa, T. and Fujino, N. (1966) '*Theoretical Calculation of Fluorescent X-Ray Intensities in Fluorescent X-Ray Spectrochemical Analysis*', Japanese Journal of Applied Physics, 5(10), pp. 886.
- Sönmez-Gökçen, N., 1963, *Deux niveau genres d'Ostracode du paleogene de Thrace, Turquie*: Revue de Micropaleontologie, no 2,6 annéc.
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E., Ünay, E., Gürbüz, M. Ve Atalay, Z., 1987, *Gelibolu Yarımadası ve Trakya havzasının stratigrafisi, sedimantolojisi ve tektoniği*: Maden Tetkik ve Arama Enst., Rapor no 8128, Ankara.
- Timur E., Aksay A., 2002, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:26, Ereğli-F24 ve F25 Paftaları, MTA, Ankara.
- TS 699, 1987, *Tabii yapı taşları – muayene ve deney metotları*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 81 s.
- TS EN 12370, 2001, *Doğal Taşlar - Deney Metotları – Tuz Kristallenmesine Direncin Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 3 s.
- TS EN 12371, 2003, *Doğal Taşlar - Deney Metotları – Dona Dayanım Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 8 s.
- TS EN 13755, 2003, *Doğal Taşlar - Deney Metotları – Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 7 s.
- TS EN 13919, 2004, *Doğal Taşlar - Deney Metotları -Nemli Ortamda SO2 Yıpratmasına Karşı Direncinin Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 7 s.
- TS EN 1925, 2000, *Doğal Taşlar - Deney Metotları -Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 9 s.
- TS EN 1926, 2000, *Doğal Taşlar - Deney Metotları - Basınç Dayanımı Tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara. 12s.
- Tuğrul, A, 1999, *İstanbul'daki Tarihi Anıt ve Yapılarda Kullanılan Kireçtaşlarının Kirlenme ve Ayrışmasında Etki Eden Faktörler*, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 12, 39-51.
- Umut M., İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Ateş, M., Karabıyıkoglu, M. ve Saraç, G., 1984, *Edirne ili-Kırklareli ili-Lüleburgaz (Kırklareli ili) Uzunköprü (Edirne ili) civarının jeolojisi*: MTA Rap., 7604, (Yayımlanmamış).

Umut, M, İmik, M., Kurt, Z., Özcan, İ., Sarıkaya, H. ve Saraç, G., 1983, *Tekirdağ, Silivri (İstanbul), Pınarhisar alanının jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, teknik rapor, 7349, (yayınlanmamış).

Ünal, O., 1967, *1. Bölge (Marmara) Trakya Jeolojisi ve Petrol imkanları*: TPAO Arama Gr. Araş. No. 391.

Yar, M. 2010, *Restorasyon Uygulamalarında Lazerle Temizlik*, Kagir Yapılarda Koruma Ve Onarım Semineri İi 16-17 Aralık 2010

Zaimoğlu A.Ş., Işık N., Dönmez B. , Yetimoğlu T., 2015, *Tarihi Yapılarda Sodyum Sülfatın Bentonit İle Giderilebilirliğinin İncelenmesi*, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 509-519.

<http://zamanmakinesi.ibb.gov.tr/>

<http://www.barshanmadencilik.com/>

<http://www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/>

<http://www.cografya.gen.tr/tr/kirklareli/>

<http://www.cografya.gen.tr/tr/edirne/>

<http://www.cografya.gen.tr/tr/kocaeli/>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Tuğçe ERÖZMEN
Doğum Yeri	EDREMİT
Doğum Tarihi	30.10.1991
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0538 243 17 80
E-Posta Adresi	tugcerozmen@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	01.01.2014

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği
Programı	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	30.04.2019

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı Adı
Programı	Program Adı

Makale ve Bildiriler	
EGU 2018, At Vien-Assesment of Cleaning Methods On Küfeki Stones Used In Historical Monuments In İstanbul	
MÜHJEO'2019, İstanbul'daki Tarihi Yapılarda Kullanılan Küfeki Taşları Üzerinde Uygulanan Farklı Temizleme Yöntemlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi	