



T.C.  
NİŐDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİŐİ ANABİLİM DALI

ST. PIERRE KİLİSESİ (HATAY) YÖRESİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ  
AÇISINDAN DEŐERLENDİRİLMESİ

MİŞEL KABACA

Haziran 2019



T.C.  
NİĞDE ÖMER HALİDEMİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ST. PIERRE KİLİSESİ (HATAY) YÖRESİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ  
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

MİŞEL KABACA

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Haziran 2019

Mişel KABACA tarafından Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ danışmanlığında hazırlanan “St. Pierre Kilisesi (Hatay) Yöresinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : (Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ) (Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)

Üye : (Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN) (Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniv.)

Üye : (Dr. Öğr. Üyesi U. Erdem DOKUZ) (Niğde Ömer Halisdemir Üniv.)

**ONAY:**

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../20... tarihinde uygun görölmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun .../.../20... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

**Doç. Dr. Murat BARUT**  
**MÜDÜR**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

MİŞEL KABACA

## ÖZET

### ST. PIERRE KİLİSESİ (HATAY) YÖRESİNİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

KABACA, Mişel

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ

Haziran 2019, 76 sayfa

St. Pierre Kilisesi, dini ve turizm açısından yüksek öneme sahip bir kilisedir. Tarihte “Hıristiyanlık” kelimesinin ilk geçtiği yer olarak bilinmektedir. Bu çalışmada, Hatay ilinde bulunan St. Pierre Kilisesi ve yakın bölgesinin jeolojik özellikleri araştırılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında yapı üzerinde tahribatsız deney yöntemlerinden yüzey nemi, Schmidt çekici ve P-dalga hız testleri yapıp, yüzeylerin pürüzlülük ölçümleri yapılmış ve termal görüntüler alınmıştır. Araziden alınan kayaçların lokasyon ve litolojik özellikleri belirlenip, jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRF analizleri yaptırılmıştır. Örneklerden ince kesit yapıp petrografik özellikleri belirlenmiştir. En son olarak jeomekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yoğun deneysel çalışmalar yapılmıştır. Restorasyon yapılan kayacın renk ve doku olarak eski kayaçlar ile uyumlu çok fazla olmadığı düşünülmektedir. Restorasyon kayacı nem tutma oranı ve boşluk oranı daha yüksek olup bu sebeplerden dolayı ileride daha erken bozulmalara sebep olacaktır. Restorasyon kayacı dokusal görüntü (ton) olarak da eski kayaca göre daha açık renk tonlarındadır.

*Anahtar Sözcükler:* St. Pierre kilisesi, bozulma, jeomekanik özellikler, tahribatsız deney yöntemleri, restorasyon, Antakya.

## SUMMARY

### THE EVALUATION OF THE ST. PIERRE CHURCH (HATAY) REGION IN THE FIELD OF ENGINEERING GEOLOGY

KABACA, Mişel

Nigde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geological Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Mustafa KORKANÇ

June 2019, 76 pages

St. Pierre Church is a church which has high importance in terms of religion and tourism. It is known as the place where the word “Christianity” was first used in history. In this study, in the province of Antakya, Hatay the geological properties of the St. Pierre Church and its vicinity were investigated. Within the scope of field work, surface moisture, Schmidt hammer and P-wave velocity tests were carried out on the structure by non-destructive test methods, surface smoothness measurements were made and thermal images were taken. The location and lithological characteristics of the rocks taken from the field were determined and XRF analyzes were performed to determine the geochemical properties. Petrographic properties were determined by thin section that made from samples. Finally, intensive experimental studies have been conducted to determine geomechanical properties. It is thought that the rock used in the restoration is not very compatible with the used rocks in terms of color and texture. Restoration rock moisture and void rate are high and will cause further deterioration for these reasons. The restoration rock is also incompatible with the used rock in terms of imagery (tone).

*Keywords:* St. Pierre church, deterioration, geomechanical properties, non-destructive tests, restoration, Antioch.

## ÖN SÖZ

Bu çalışma, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışma kapsamında St. Pierre Kilisesi (Antakya)'nin ve yakın bölgesinin jeolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda kilise yakın bölgesinden 4 adet ve Yayladağı (Şenköy)'den 1 adet kireçtaşı blok örneği derlenmiş, bu blok örnekler üzerinde kimyasal, petrografik araştırmalar ile fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla jeomekanik deneyler ve yapı üzerinde tahribatsız deneyler yapılmıştır.

Tez çalışmasının başından sonuna kadar tez kapsamında yapılan tüm çalışmalarda yardımını esirgemeyen danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Mustafa KORKANÇ'a, bölüm başkanımız, Sayın Prof. Dr. Mehmet ŞENER'e, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan Ali TURGUT'a minnet ve şükran duygularımı sunarım.

Hayatımın her anında, her kararımı destekleyen, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren annem Nefiye KABACA'ya, babam Nebil KABACA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ÖN SÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
FOTOĞRAF VB. MALZEMELER DİZİNİ .....	xii
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ .....	1
1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı .....	2
1.1.1 Yüzey şekilleri .....	2
1.1.2 Coğrafya.....	3
1.1.3 Akarsu ağı .....	3
1.1.4 İklim.....	3
1.1.5 Bitki örtüsü .....	3
1.1.6 Yerleşim ve ulaşım .....	3
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
1.3 Önceki Çalışmalar.....	5
BÖLÜM II MATERYAL VE METOT .....	8
2.1 Büro Çalışmaları .....	8
2.2 Arazi Çalışmaları .....	8
2.3 Laboratuvar Çalışmaları .....	9
BÖLÜM III BULGULAR .....	10
3.1 Bölgesel Jeoloji.....	10

3.2 İncelenen Birimlerin Jeolojik Özellikleri.....	12
3.2.1 Kızıldağ ofiyoliti.....	12
3.2.1.1 Tektonit peridotitler .....	13
3.2.1.2 Kümülatlar (tabakalı ve tabakasız gabrolar).....	14
3.2.1.3 Levha-dayk karmaşığı.....	15
3.2.1.4 Yastık lavlar .....	15
3.2.2 Okçular formasyonu .....	15
3.2.3 Antakya fayı.....	17
3.3 Araziden Alınan Kayaçların Lokasyon ve Litolojik Özellikleri.....	20
3.4 İncelenen Örneklerin Jeokimyasal ve Petrografik Özellikleri.....	20
3.5 İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri .....	24
3.5.1 Kuru birim ağırlık .....	24
3.5.2 Doygun birim ağırlık .....	25
3.5.3 Su emme .....	26
3.5.4 Kılcal su emme .....	27
3.5.5 Görünür porozite.....	28
3.5.6 P-Dalga hızı .....	29
3.5.7 Schmidt çekici sertlik indeksi.....	31
3.5.8 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi .....	32
3.5.9 Böhme yüzeysel aşınma.....	33
3.5.10 Don kaybı.....	34
3.5.11 Tek eksenli basınç dayanımı.....	35
<b>BÖLÜM IV ARAZİDE YERİNDE YAPILAN TAHRİBATSIZ DENEYLERE AİT VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>37</b>
4.1 Nem, Schmidt ve P-Dalga .....	37
4.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri .....	40
4.3 Termal Özellikler.....	44

BÖLÜM V SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	47
KAYNAKLAR .....	50
ÖZ GEÇMİŞ.....	59



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Hatay ili 1940-2018 yılları arası sıcaklık ve yağış bilgileri.....	5
Çizelge 3.1 Antakya ve Çevresinde Etkili Olan Tarihsel Döneme (M.Ö. 2100-M.S. 1900) ait depremler (Şiddeti >8).....	19
Çizelge 3.2 Araziden alınan örneklerin lokasyon ve tanımlanması.....	22
Çizelge 3.3 İncelenen örneklerin jeokimyasal özellikleri.....	22
Çizelge 3.4 Dolomit içeren karbonat kayaların sınıflandırılması.....	23
Çizelge 3.5 İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri.....	26
Çizelge 3.6 İncelenen örneklere ait doymun birim ağırlık değerleri.....	27
Çizelge 3.7 İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri.....	29
Çizelge 3.8 İncelenen örneklere ait kılcal su emme katsayısı değerleri.....	29
Çizelge 3.9 İncelenen örneklere ait görünür porozite değerleri.....	31
Çizelge 3.10 Kayaçların porozite değerlerine göre sınıflanması.....	31
Çizelge 3.11 İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri.....	32
Çizelge 3.12 Kayaçların sonik hız sınıflaması.....	32
Çizelge 3.13 İncelenen örneklere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri.....	33
Çizelge 3.14 Schmidt çekicine göre kayaçların sertliğinin sınıflandırılması.....	34
Çizelge 3.15 İncelenen örneklere ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri...34	
Çizelge 3.16 Gamble (1971) tarafından önerilen suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması.....	35
Çizelge 3.17 İncelenen örneklere ait yüzeysel aşınma değerleri.....	36
Çizelge 3.18 Donma çözünme deneyi sonrasında örneklerdeki don kayıpları.....	37
Çizelge 3.19 İncelenen örneklere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri.....	38

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası ve çalışma alanının uydu görüntüsü.....	3
Şekil 3.1 St. Pierre mağarası ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Ege, 2015).....	12
Şekil 3.2 K1 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri.....	23
Şekil 3.3 K2 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri.....	24
Şekil 3.4 K3 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri.....	24
Şekil 3.5 K4 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri.....	25
Şekil 3.6 R örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri.....	25
Şekil 4.1 Kilise içerisi doğu blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	43
Şekil 4.2 Kilise içerisi sunak bölgesi yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	44
Şekil 4.3 Kilise içerisi batı blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	44
Şekil 4.4 Kilise dışarısı yeni blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	45
Şekil 4.5 Kilise dışarısı eski blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	45
Şekil 4.6 Kilise dışarısı doğu blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri.....	46

## FOTOĞRAF VB. MALZEMELER DİZİNİ

Fotoğraf 1.1. St. pierre kilisesi giriş kısmından görünümü.....	2
Fotoğraf 1.2 Alt-Orta Eosen yaşlı (Okçular formasyonu) kireçtaşının görünümü.....	8
Fotoğraf 3.1 Küncülü boğazı kuzeyi, Kızıldağ ofiyolitinin genel görünümü (B'dan D'ya bakış).....	14
Fotoğraf 3.2 Sümerler Mahallesi Mevkii'nde Kızıldağ ofiyoliti ile Sebenoba formasyonu arasında sınır oluşturan Antakya fayı.....	20
Fotoğraf 4.1 Kilise içerisi batı blokta yapılan nem, Schmidt ve P-Dalga hızı verileri.....	41
Fotoğraf 4.2 Kilise dışarısı yeni ve eski bloklar üzerinde yapılan nem, Schmidt ve P-dalga verileri.....	42
Fotoğraf 4.3 Kilise dış duvarının termal görünümü.....	47
Fotoğraf 4.4 Kilise içerisi doğu kesimini termal görünümü.....	47
Fotoğraf 4.5 Kilise içerisi batı bölümünden alınan termal görünüm.....	48
Fotoğraf 4.6 Kilise içerisindeki sunak bölgesinden alınan termal görünüm.....	48
Fotoğraf 4.7 Kharon heykeline ait termal görünüm.....	49

## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
K1	Örnek No
$\gamma_d$	Kuru Birim Ağırlık
$\gamma_s$	Doygun Birim Ağırlık
wa	Ağırlıkça Su Emme
C1	Kılcal Su Emme Katsayısı
ne	Görünür Porozite
Vp	P-dalga Hızı
SHV	Schmidt Çekici Sertlik İndeksi
I4	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi
BAV	Böhme Yüzeysel Aşınma
Dk	Don Kaybı
$\sigma_c$	Tek Eksenli Basınç Dayanımı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
XRF	X-Işını Floresans Spektrometresi
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu

## BÖLÜM I

### GİRİŞ

Tezin konusunu oluşturan St. Pierre Kilisesi, Türkiye'nin en güneyinde bulunan Hatay ili, Antakya ilçesi, Küçük Dalyan Mahallesi içerisinde bulunmaktadır. Habibi Neccar Dağı'nın batı yamacında yer alır. St. Pierre Kilisesi oluşum bakımından doğal bir mağaradır. Tarihi dönemlerde ibadet yeri olarak kullanılan bu kilise, günümüzde Kültür ve Turizm Bakanlığına bağlı olarak işletilmekte ve her yıl 29 Haziran'da ve çeşitli günlerde ibadet amaçlı kullanılmaktadır.

Aziz Petrus Mağara Kilisesi ilk Hıristiyanlar tarafından kullanılmış ve Hıristiyanlık dininin ilk kilisesi olarak bilinir. Hıristiyanlık kelimesinin ilk olarak o zamanın en büyük şehirlerinden olan Antakya (Antiokheia) da kullanıldığı bilinmektedir. İncil'in Resullerin İşleri (11:25-27) bölümünde St. Barnabas'ın Tarsus'a giderek St. Paul'u Anyakya'ya getirdiği ve burada bir yıl birlikte çalışarak Hıristiyanlığı yaydıkları ve bu dine inananlara "Hıristiyan" adının verilmesinin ilk kez Antakya'da gerçekleştiği belirtilmektedir. St.Pierre Kilisesi 1963 yılında Papa VI. Paul tarafından hac yeri olarak ilan edilmiştir.



**Fotoğraf 1.1.** St. Pierre Kilisesi giriş kısmından görünümü



## 1.1 İnceleme Alanının Tanıtımı

St. Pierre Kilisesi Antakya yöresinde, Kuseyr Platosunun batı yamaçlarında, Antakya-Narlıca yolu üzerinde, 36°12'33" Kuzey 36°10'42" Doğu lokasyonunda bulunmaktadır (Şekil 1.1, Şekil 1.2).

Kilise 13 metre derinlikte, 9.5 metre genişlikte ve 7 metre yüksekliktedir. Mağaranın tabanında 4. ve 5. yüzyıllara ait mozaik kalıntıları, duvarlarda ise freskler bulunur. 12. ve 13. yüzyıllarda Haçlılar tarafından gotik tarzda kiliseye dönüştürülmüştür.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer buldurma haritası ve çalışma alanının uydu görüntüsü

### 1.1.1 Yüzey şekilleri

Antakya Belediyesi Jeolojik – Jeoteknik Etüt Raporu (2006)'a göre fay yamacına kurulu olan bu kilise çok dik bir yamacı sahiptir ve rakımı 149 metredir. Habibi Neccar dağında eğim % 40'ın üzerine çıkmaktadır. Eğimin burada birden artış göstermesi Habibi Neccar Dağı boyunca kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan doğrultu atımlı fay dikliklerinin varlığından dolayıdır.

### **1.1.2 Coğrafya**

Çalışma alanı Hatay ili Antakya ilçesinde çok küçük bir alanı oluşturmaktadır. Hatay ili, Akdeniz Bölgesi'nde bulunmakta, güney ve doğu yönünden Suriye, kuzeybatıdan Adana, kuzeyden Osmaniye, kuzeybatıdan Gaziantep illerinin sınırları ile çevrilidir. Yüzölçümü 5.559 km<sup>2</sup>'dir (URL.3, 2018).

### **1.1.3 Akarsu ağı**

İnceleme bölgesinde Asi nehri, Karasu ve Afrin çayı gibi 3 önemli akarsu bulunmaktadır. Bölgenin en önemli akarsuyu Asi nehridir ve Asi nehrinin toplam uzunluğu 380 kilometredir. Asi nehri Lübnan'da doğar, Suriye'den geçer ve Hatay bölgesine girerek Akdeniz'e dökülür (URL.4, 2018).

### **1.1.4 İklim**

Antakya Bölgesi'nde Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Yazları çok sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve bol yağışlı geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 18.5 °C ve yıllık ortalama yağış miktarı 1121 mm'dir (Çizelge 1.1) (URL.5, 2018).

### **1.1.5 Bitki örtüsü**

Doğal bitki örtüsü makidir. Ardıç, Kızılcık, Meşe, Kavak, Kayın, Çınar ağaçlarından oluşan geniş ormanlık alanların dışında, Kekik, Lavanta, Defne ve Mersin bitkileriyle kaplı makiler de bulunur. Maki türlerini 4-5 cm boyunda sert ve yapraklı bitkiler oluşturur (URL.6, 2018).

### **1.1.6 Yerleşim ve ulaşım**

Antakya iline havadan ve karadan ulaşım mümkün olup demiryolu ulaşımı bulunmamaktadır. St. Pierre Kilisesi şehir merkezinden 3 km uzaklıkta bulunmaktadır. Araç ile Antakya-Reyhanlı karayolu üzerinden 500 metre ilerledikten sonra Senpiyer Caddesi yönünde sağa döndükten sonra 400 metre ilerledikten sonra kiliseye ulaşım

sağlanır. Antakya kent merkezinden Belediye Halk Otobüsleri ile de ulaşım sağlanmaktadır (URL.7, 2018).

**Çizelge 1.1** Hatay ili 1940-2018 yılları arası sıcaklık ve yağış bilgileri (URL.2, 2019).

HATAY	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1940 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.2	9.9	13.1	17.2	21.2	24.8	27.1	27.8	25.6	20.6	14.2	9.5	18.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12	14.4	18.1	22.6	26.5	29.2	31.1	32	31	27.3	20.1	13.7	23.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.6	5.8	8.5	12.2	16.4	20.8	23.9	24.6	21.1	15.2	9.5	5.9	14
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.3	4.5	6	7.4	9.1	10.6	11.1	10,4	9.3	6.9	4.9	3.2	86.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.2	13.4	13.2	9.2	5.7	2.1	0.6	0.6	3.4	7.3	8.9	13.6	93.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	193	167.6	142.3	102.7	80.1	24.2	6.7	6.6	38.5	78	101.6	183.7	1125
Ölçüm Periyodu (1940- 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.7	26.6	30.5	37.5	42.5	43.2	44.6	43.9	42.6	39.2	32.5	24	44.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.6	-6.8	-4.2	1.5	7.7	11.6	15.9	15.4	7.9	2.3	-3	-6.6	-14.6

## 1.2 Çalışmanın Amacı

İlk mağara kilise olması ve “Hıristiyan” kelimesinin ilk olarak kullanıldığı yer olması açısından St. Pierre Mağara Kilisesi dini ve turistik açıdan büyük önem taşımaktadır. Her ne kadar kilise genel yapısı ile korunmuş olsa da bölgede tektonik faaliyetlerin çok olması, savaşların yaşanmış olması ve restore edilmesi sebebi ile yapıda bozulmalar olmuştur.

Çalışmanın amacı St. Pierre Kilisesi ve yakın bölgesinin jeolojik özelliklerinin belirlenmesidir. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın izni ile bölge civarından kiliseyi temsil eden kayaç örnekleri ve Yayladağı'ndan (Şenköy) restorasyonda kullanılan kayaçlardan örnek alınmış, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bu kayaçların fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri tanımlanmıştır. Bu incelemeler ile kilise alanından bulunan kayaçların mühendislik özellikleri ile restorasyonda kullanılan kayacın mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bölgedeki mağara ve duvar taşları üzerinde tahribatsız deney yöntemlerinden yüzey nemi, Schmidt çekici, P-dalga hız ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ile termal görüntüler olarak kayaçların şimdiki durumlarına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

### 1.3 Önceki Çalışmalar

- Hatay bölgesindeki jeolojik birimler Mesozoyik, Senozoyik ve Kuvaterner yaşlı kayaçlardan oluşmaktadır. Bölgeye Üst Kretase'de tektonik olarak yerleşen allokton konumlu Kızıldağ ofiyoliti alanının temelini oluşturmaktadır. İnceleme alanındaki Üst Kretase yaşlı olan paraotokton konumlu Kaleboğazı formasyonu Kızıldağ ofiyoliti üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Kızıldağ Ofiyoliti, Antakya P36-d2 paftasında Dervişli mah., Çullukburnu Tepe, MamanınTepe, Kartal Tepe civarında mostra vermektedir. Harzburjit ve dünitlerden oluşan tektonitlerin ayrışma yüzeyi; kızıl-kırmızı, taze kırılma yüzeyi; koyu yeşil renktedir. Birimi oluşturan kayaçların alterasyona uğradığı ve serpantinleştiği gözlenmektedir. Harzburjitler içinde krizolit, ortorombik piroksen ile az miktarda monoklinik piroksen ve spinel kristalleri bulunmaktadır (Çoğulu, 1974).

- Tektonik bir evrim geçirerek bugünkü yapı, dokuve mineralojik bileşimlerini kazanmış olan tektonitler üst manto ekaylarıdır. Tektonitler içinde gözlenen foliyasyon, lineasyon gibi yapısal özellikler ve olivinin yeniden kristalleşmesi bu kayaçların yer mantosu içinde plastik defomasyona maruz kaldıklarının göstergesidir (Çoğulu, 1974).

- Habibi-Neccar Platosu Tersiyer yaşlı kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kiltası litolojisi gibi birçok kayaç biriminden meydana gelmektedir (Derman, 1979; Selçuk, 1985; Yılmaz, 1991; Ateş vd. 2004; Över, vd. 2004; Korkmaz, 2006; Herece, 2008; Ege, 2014b).

- Yapılan jeokimyasal ve jeokronojik çalışmalar sonucu Kızıldağ Ofiyolitinin oluşum yaşı Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Deloloye, 1979,1980a). Birimin bölgede yerleşim yaşı ise Geç Maestrihtiyen olarak belirtilmektedir (Dubertret, 1953; Aslaner, 1973; Selçuk, 1981).
- Kuseyr Platosu'nun temelinde Kretase yaşlı ofiyolitler mevcuttur (Yılmaz, 1991; Tüysüz vd. 2012; Tarı vd. 2014).
- St. Pierre Mağarası Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde uyumsuz olarak bulunan, Alt-Orta Eosen yaşlı kireçtaşı içerisinde gelişmiş bir mağaradır (Ege, 2015a).
- Kilisenin açıldığı kaya birimi Okçular Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Birim ilk defa Selçuk (1985) tarafından Okçular Formasyonu olarak adlandırılmıştır.
- St. Pierre Mağarası'nın geliştiği kısım Okçular Formasyonu ile Kretase yaşlı Kızıldağ Ofiyoliti'nin kontak noktasındadır. Kızıldağ Ofiyoliti Alloton bir kütle olup, Amanos Dağlarının güneybatıdaki en son birimidir. Ultrabazik - bazik kayalardan oluşan birim, İskenderun-Belen-Bedirge-Antakya Çevlik arasında yaklaşık 720 km<sup>2</sup>'lik bir alanda kuzeydoğu-güneybatı yönünde yayılım gösteren birime ilk olarak Selçuk (1985) Kızıldağ ofiyoliti adını vermiştir. Kızıldağ ofiyoliti Tekeli ve Erendil (1986) tarafından Tektonit Peridotit, Poiklitik Zon, Tabakalı Gabro, İzotrop Gabro, Dayk Kompleksi ve Volkanik Karmaşık olarak bölümlere ayrılmıştır.



**Fotoğraf 1.2** Alt-Orta Eosen yaşlı (Okçular formasyonu) kireçtaşının görünümü

- Litolojik olarak kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve detritik kireçtaşlarından oluşur. Yayladağı'ndan başlayarak yaklaşık KD-GB yönünde oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Tipkesit yeri olarak, Okçular, Yayladağı, Kuruyer, Habibineccar Dağı, Serinyol (Bedirge) kuzeyini kesit lokaliteleri olarak vermek mümkündür (Selçuk 1985, Boulton, vd. 2006, Kavuzlu, 2006; Tüysüz, vd.,2012).

## BÖLÜM II

### MATERYAL VE METOT

2016-2019 yılları arasında Hatay ili, Antakya ilçesinde bulunan St. Pierre Kilisesi'nin Jeolojik özelliklerini belirlenmesini amaçlayan bu tez çalışması; büro çalışmaları, arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

#### 2.1 Büro Çalışmaları

2016 yılı Ekim ayında tez konusu ile ilgili literatür taramasının yapılması ile büro çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Literatür taramasında elde edilen veriler, sahada yapılan gözlemler ve laboratuvarda yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin bilgisayar ortamında işlenmesi büro çalışmalarının içerisine dahildir.

#### 2.2 Arazi Çalışmaları

Arazide yapılan gözlemler ve örneklerin toplanması, 2017 yılı aralık ayında arazi çalışmaları kapsamında yapılmıştır. Örneklerin toplanması St. Pierre Kilisesi'nin tarihi bir alan ve 1. Derece sit alanı olması sebebiyeti ile kiliseye yakın bölgeden, kilisenin açıldığı kayaçlar ile duvar yapısında kullanılan kayaçlara benzer özelliklere sahip örnekler toplanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada alınan örnekler izinler ölçüsünde yapılmıştır. Ayrıca Yayladağı (Şenköy) yöresinden yapının restorasyonunda kullanılan taşlar için de kayaç örneği alınmıştır. Arazi çalışmaları sırasında toplanan örneklerin renk ve dokusal özellikleri incelenmiş ve ayrılarak numaralandırılmıştır. Yerinde termal görüntüleme, yüzey nemi, P-dalga hızı ölçümleri ile el tipi tarak profilometre ile yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Kayaçların yüzey sertliklerinin belirlenmesi için Schmidt çekiçi deneyi yapılmıştır. Kilise içi dışına profiller tanımlanarak tahribatsız deneyler bu kesimlerde yapılmış ve çalışılan bölgelerin fotoğrafları çekilmiştir.

### 2.3 Laboratuvar alışmaları

Laboratuvar alışmaları, standartlara uygun olan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler üzerinde yapılan incelemeleri başlıca; petrografik incelemeler, kimyasal analizler, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi şeklinde yürütüldüğünü söyleyebiliriz.

Saha çalışmalarında derlenen örnekler üzerinde çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan laboratuvar çalışmaları aşağıdaki belirtilmiştir:

1. Kilise civarından ve Yayladağı'ndan toplanan kayaç örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak blok kayaçlardan karot örnekleri hazırlanmıştır. Karot rnekleri üzerinde; kuru ve doygun birim ağırlık, su emme, görünür porozite, schmidt çekici sertlik indeksi, böhme yüzeysel aşınma, don kaybı, tek eksenli basınç dayanımı, P-dalga hızı ve kılcal su emme deneyleri yapılmıştır. Ayrıca restorasyon taşımının nispeten killi olması nedeniyle hazırlanan küresel örnekler ile suda dağılma (Slake-durability) indeksi belirlenmiştir.
2. Alınan örneklerden, kayacın dokusal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitler hazırlanmış ve bu kesitler polarizan mikroskobunda incelenmiştir.
3. Kayaçlardaki bileşim değişimlerinin belirlenmesi için polarizan mikroskobu ile yapılan çalışmalar bazen yeterli olmamaktadır. Bu amaçla kimyasal analizlerin yapılması planlanmıştır. Örneklerin analizleri XRF yöntemi ile Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.



## BÖLÜM III

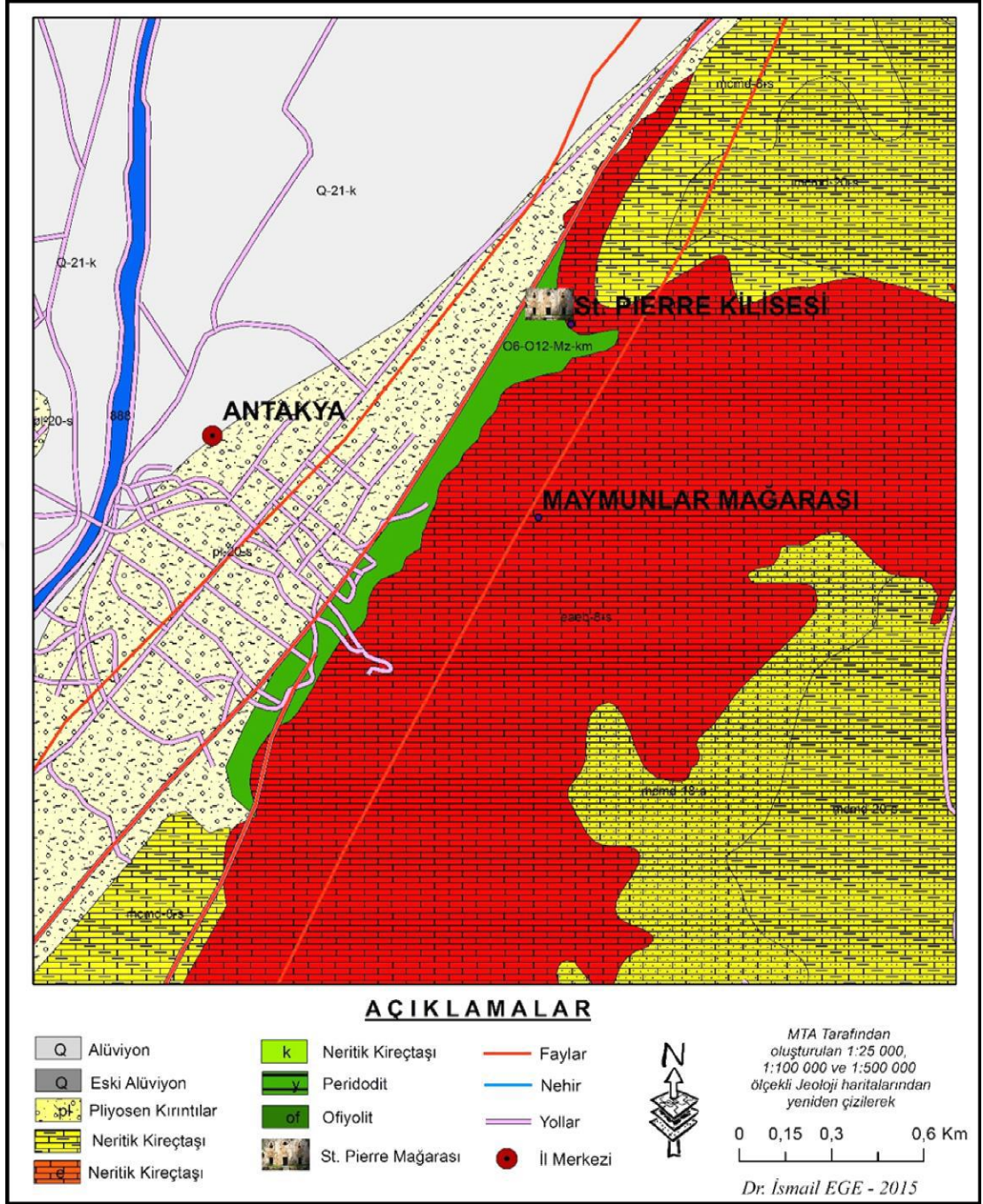
### BULGULAR

#### 3.1 Bölgesel Jeoloji

Antakya, Paleozoyik ve Mezozoyik döneme ait jeolojik birimlerinde oluşan iki kaya serisi ile Erken Pliyosende gelişmiş olan Karasu vadisi sınırları içinde yerleşmiştir. Yaklaşık olarak 1300 m lik bir genç Senozoyik çökelleri gözlenmektedir. Pliyo-kuvaterner sedimanları ve Kuvaterner volkanikleri, Miyosen birikimlerinin üstünü örtmüştür. Antakya bölgesindeki sedimanlar esas itibariyle kil, kum ve çakıldan oluşan alüvyonlu birikintilerdir. Toprak özellikleri ise alüvyonlu kum ve kil içeren çakılların meydana getirdiği Kuvaterner materyallerini içermektedir (Saban, 2010).

Habibi-Neccar Platosu, Tersiyer yaşlı kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kıltaşı litolojisi gibi birçok kayaç biriminden meydana gelmektedir (Derman, 1979; Yılmaz, 1984; Selçuk, 1985; Ateş vd. 2004; Över vd. 2004; Korkmaz, 2006; Herece, 2008; Ege, 2014b). Kuseyr Platosu'nun temelinde Kretase yaşlı ofiyolitler mevcuttur (Yılmaz, 1984; Tüysüz vd. 2012; Tarı vd. 2014). St. Pierre Mağarası, Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde uyumsuz olarak bulunan, Alt-Orta Eosen yaşlı kireçtaşı içerisinde gelişmiş bir mağaradır (Ege, 2015a) (Şekil 3.1).

Hatay (Antakya) ve yakın çevresi, Ölü Deniz Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu ve Kıbrıs Yayı arasında aktif olarak deformasyon geçiren bir bölgededir. Tektonik açıdan bu bölge sol yanal ÖDFZ'nun en kuzey segmenti ile yine sol yanal atımlı DAFZ'nun en güney segmenti arasında yer almaktadır. Bu deformasyon zonları Arap – Afrika levhaları ile Anadolu levhasının birbirlerine göre olan hareketlerine bağlı olarak gelişmiştir (Mc Kenzie, 1972 ve 1978; Şengör, 1979; Le Pichon ve Angelier, 1979; Jackson ve Mc Kenzie, 1988). Antakya – Samandağ koridoru yukarıda bahsedilen tektonik kuşakların etkisinde kalarak şekillenmiştir. DAF ve ÖDF'nin segmentleri KD-GB uzanımlı koridoru doğu ve batıdan sınırlayarak alanın çöküntü halini almasında etken olmuşlardır (Tekeşin, 2011).



**Şekil 3.1** St. pierre mağarası ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Ege, 2015).

Mağaranın üzerinde geliştiği birim, Okçular Formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Birim ilk defa Selçuk (1985) tarafından Okçular Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Litolojik olarak kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve detritik kireçtaşlarından oluşur. Yayladağı'ndan başlayarak yaklaşık KD-GB yönünde oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Tipkesit yeri olarak, Okçular, Yayladağı, Kuruyer, Habibineccar Dağı, Serinyol (Bedirge) kuzeyini kesit lokaliteleri olarak vermek mümkündür (Selçuk 1985, Boulton, vd. 2006,

Kavuzlu, 2006; Tüysüz, vd.,2012) Okçular Formasyonu, Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

## **3.2 İncelenen Birimlerin Jeolojik Özellikleri**

### **3.2.1 Kızıldağ ofiyoliti**

Amanos silsilesinin güneyinde yer alan en büyük ofiyolit napı literatürde “Kızıldağ ofiyoliti” adı ile bilinmektedir. Kızıldağ ofiyoliti, güney Türkiye’de en iyi korunmuş Neotetis okyanusal litosfer kalıntılarından birisi olup, Geç Senoniyen’de Arap platformu üzerine allokton olarak yerleşmiştir. Arap Platformu karbonatları ve Senoniyen yaşlı Amanos olistostromu üzerine yerleşmiş olan Amanos Dağları’ndaki ofiyolit napları özellikle Akdeniz kıyıları boyunca geniş alanlar kaplayan yüzeylemeler verir. Amanos Dağları’ndaki ofiyolit napları yaklaşık 1300 km<sup>2</sup>’lik bir alanı kaplayan birbirinden ayrılmış nap ve klipler halinde görülür (Lom, 2010).

Yapılan bölgesel çalışmalarda, ofiyolitlerin detaylı jeolojik ve petrolojik etütleri, onların Tetis Okyanusunun orta sırtlarında oluşabileceklerini göstermektedir (Çoğulu, 1973). Kızıldağ ofiyoliti genellikle ofiyolit volkaniklerinin üzerinde, tam bir ofiyolit stratigrafisi sergilemektedir (Tekeli ve Erendil, 1986).

Yapılan jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar sonucu Kızıldağ Ofiyolitinin oluşum yaşı, Üst Kretase olarak belirlenmiştir (Delaloye, 1979, 1980). Kızıldağ ofiyolitinin bölgedeki yerleşim yaşı ise Geç Maestrihtiyen olarak belirtilmektedir (Dubertret, 1953; Aslaner, 1973; Selçuk, 1981).



**Fotoğraf 3.1** Küncülü boğazı kuzeyi, Kızıldağ ofiyolitinin genel görünümü (B'dan D'ya bakış) (Kavuzlu, 2006)

Midyat grubu veya Karaisalı formasyonu ile yanyana geldiği bölgelerde bu birimlere sıvanmış olarak gözükür. Birim Tekeli ve Erendil (1986) tarafından; 1- Tektonit peridotitler; 2- Tabakalı gabro; 3- Tabakalanmasız gabro; 4- Levha-dayk karmaşığı; 5- Volkanik karmaşık olmak üzere 5 başlık altında incelenmiştir.

### **3.2.1.1 Tektonit peridotitler**

Tektonit peridotitler, Amanos Dağı boyunca kuzeyde Tahta Köprü'den güneyde Eriklisuyu'na kadar ince ve sürekli bir hat boyunca, Hatay Grabeni'nin GD yamacında Narlıca'dan Defne Mahallesi'ne kadar, daha güneyde ise Nahırlı'dan Altın Mahallesi'ne kadar geniş yüzeylemeler şeklinde uzanır. Tektonik Peridotitler, Kızıldağ ofiyolitlerinin % 70'ini oluşturur. % 70 harzburjit ile % 30 dünitten meydana gelir (Lom, 2010). Harzburjitler içinde krizotil, ortorombik piroksen ile az miktarda monoklinik piroksen ve spinel kristalleri bulunmaktadır (Çoğulu, 1974).

Tektonit peridotitlerin taze kırık yüzeyi koyu yeşil, ayrışma yüzeyi ise kahverengi tonlardadır. Tabaka kalınlıkları 20-50 cm arasında değişir. Peridotitler kısmen veya tamamen serpantinleşmeye uğramışlardır. Dünitler harzburjitlerden daha çok

serpantinleşmiştir. Serpantin, Çöğürlü, Nahırlı, Dursunlu, Antakya, Narlıca, Tahtaköprü, Anaçyazı ve Yaylıca'da geniş mostralar vermektedir. Serpantinleşen ofiyolitik kayalar yeşil-koyu yeşil, siyahımsı renklidir. Serpantinitle genellikle peridotitik kayaların makaslanmaya uğramış kesimlerinde yaygın olup, genellikle yumuşak ve kolay kırılır özelliktedir. Serpantinitlede yer yer belirgin klivaj gelişimi gözlenmektedir (Lom, 2010).

Tektonik bir evrim geçirerek bugünkü yapı, doku ve minerolojik bileşimlerini kazanmış olan tektonitler üst mantonun ekaylarıdır. Tektonitler içinde gözlenen foliasyon, lineasyon gibi yapısal özellikler ve olivinin yeniden kristalleşmesi bu kayaların yer mantosu içinde plastik defomasyona maruz kaldıklarının göstergesidir (Çoğulu, 1974).

Birimi oluşturan kayalar aşınmaya karşı oldukça dayanıksız olduğundan, genellikle topografik olarak düşük eğimli alanlarda mostralar vermektedir (Kavuzlu, 2006).

Tektonik peridotitler Amanos olistostromunun üzerine bindirmeyle yerleşirler (Tekeli ve Erendil, 1986). Birimin üzerine kümülatlar (tabakalı ve tabakasız gabrolar) gelir (Lom, 2010).

### **3.2.1.2 Kümülatlar (tabakalı ve tabakasız gabrolar)**

Kümülatlar Kızıldağ'ın çekirdeğini oluşturan tektonitlerin güneydoğu ve kuzeybatı kesiminde yayılım gösterir. Kümülatlar masif içerisinde yaklaşık 100 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yayılım gösterir ve ofiyolit kompleksinin % 14'ünü oluşturur (Yıldız ve Taptık, 2003). Ultramafik ve mafik kümülatlar dunit, verlit, olivinli gabro, olivinli gabronorit ve gabrodan oluşmaktadır. Güneyde kalınlığı 600 m'ye ulaşan birimin kuzeyde ise kalınlığı 100-200 m arasında değişmektedir. Üzerinde bulunan tabakasız gabrolar, gabro, diyorit ve kuvarslı diyoritler ile temsil edilmektedir (Bağcı vd., 2008). Bu gruplar birbirleri ile geçişli olarak bulunmaktadırlar (Lom, 2010).

### **3.2.1.3 Levha-dayk karmaşığı**

Kızıldağ ofiyoliti iyi gelişmiş bir levha-dayk karmaşığı sunar. Levha-dayk karmaşığı Kızıldağ ofiyolitinin % 10'unu oluşturur. Dursunlu ve civarında mostraları vardır. Dermaste Mahallesi'nde yükseklikleri 6 m'yi bulan dayklar gözlemlenmiştir. İnceleme alanında taban veya tavan ilişkisi gözlemlenmemiştir. Birim batısında travertenler ile faylı dokanak oluşturur (Lom, 2010). Karmaşığın toleyitik kayaları ada yayı ve okyanus ortası bazaltlarının arasında bir kimyasal bileşim gösterirler (Tekeli ve Erendil, 1986).

### **3.2.1.4 Yastık lavlar**

Dayk karmaşığı üzerine gelen yastık lavlar 50 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yayılım gösterirler ve Kızıldağ ofiyolitlerinin % 6'sını oluştururlar. Yastık lavlar inceleme alanında yalnızca Dursunlu, Şeyh Hıdır Tepe'sinde mostra vermektedir. Çapları birkaç desimetreden 2 m'ye kadar değişir. Dış yüzeyleri gri-kahverengi tonlardadır, soğuma çatlakları gözlemlenebilen yastık lavlarının taze yüzeyleri yeşil ve kahverengi tonlardadır. Birim Midyat grubu ile faylı dokanak oluşturur ve mostrasının bir kısmı yamaç molozları ile örtülmüştür (Lom, 2010).

### **3.2.2 Okçular formasyonu**

Kilisenin bulunduğu bölgede Okçular Formasyonu yayılım göstermektedir. Okçular Formasyonu ilk defa Selçuk (1985) tarafından tanımlanmıştır. Litolojik olarak kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve detritik kireçtaşlarından oluşur. Yayladağ'dan başlayarak yaklaşık KD-GB yönünde oldukça geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Tipkesit yeri olarak, Okçular, Yayladağı, Kuruyer, Habibineccardağı, Serinyol (Bedirge) kuzeyini kesit lokaliteleri olarak vermek mümkündür (Selçuk, 1985) Okçular Formasyonu Kretase yaşlı ofiyolitler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Kireçtaşlarının ayrılmış yüzeyleri genellikle gri renkli, taze kırılma yüzeyleri ise, beyaz-krem renklidir. Oldukça dayanıklı, sert, sağlam, ince taneli, sıkı çimentolu kırılma yüzeyleri keskin köşeli olan kireçtaşları 15-60 cm kalınlığında oldukça belirgin katmanlanma gösterir. Çoğunlukla ince kalsit damarları kireçtaşlarını düzensiz olarak

kesmektedir. Selçuk (1985) Okçular formasyonunun kalınlığını 200-320 metre olarak belirlemiştir. Bazı düzeylerinde litolojiler arasında yanıl ve düşey yönde fasiyes değişimleri yer alabilir. Okçular Formasyonunun alt sınırı; Uluylol Formasyonunun üzerinde geçişli olarak yer alır, üst sınırı ise Kışlak Formasyonu ile geçişlidir (Selçuk, 1985, Kavuzlu, 2006).

Çörtlü kireçtaşları çört bantları şeklinde, tabanda tabakalanmaya az çok paralel olarak bulunmaktadır. Yassı Tepe civarında yüzeylemekte olan çörtlü kireçtaşlarının ayrışma yüzeyi kahverengimsi, taze kırık yüzeyi bej renklidir. Kumlu kireçtaşları, kireçtaşları içerisinde merccek ve ara seviyeler şeklinde yüzeylemektedir (Kavuzlu, 2006).

Okçular formasyonu içerisinde yer yer tamamen mercanlardan oluşan resifal kireçtaşı ve tamamen  $\text{CaCO}_3$ 'lu ve fosillerden oluşan seviyeler de yer almaktadır. Tabanda belirgin olarak tabakalanma gösteren kireçtaşları üst seviyelere doğru daha masif bir görünüm sunmakta ve bu seviyelerde çörtlere daha az rastlanmaktadır (Kavuzlu, 2006).

Arazide karstik görünümüyle kolayca tanınabilen Okçular formasyonu aşınmaya karşı dayanıklı olması nedeniyle topografik olarak yüksek alanları oluşturmaktadır. Ayrıca formasyon içi kırmızı topraklarla dolu düzlüklerle arazide kolayca tanınabilmektedir. Alt-Orta Eosen yaşlı Okçular formasyonu, Üst Maestrihtiyen yaşlı Kaleboğazı formasyonunu açısal uyumsuzlukla üzerlemektedir. Okçular formasyonu üzerinde Akitaniyen-Burdigaliyen yaşlı Balyatağı formasyonu açısal uyumsuzlukla bulunmaktadır (Kavuzlu, 2006).

Okçular Formasyonunda bulunan kireçtaşları mikrofosiller açısından zengindir ve özellikle mikrofosilleri Nummulites sp. gibi bentik foraminiferler ve orthophragminesler birlikte oluşturur. Bununla birlikte, birçok fosil ikincil kalsit ile yer değiştirmiştir. Bu birimin yüzeyleri karstlaşmadan dolayı genellikle bozulmuştur (Boulton, vd. 2007).

Litolojik özellikleri ve içerdığı fosillere dayanarak Okçular formasyonunun sığ denizel self ortamında çökeldiği anlaşılmaktadır (Kavuzlu, 2006).

### 3.2.3 Antakya fayı

Antakya, tarih boyunca çeşitli yıllarda meydana gelen büyük depremlerin yaşandığı ve bu özelliğinden dolayı da “Batak (Batık) Şehir” olarak isimlendirilen (Togan, 1982; Kaya ve Kıyılı, 2009) bir şehirdir. Tektonik açıdan Ölü Deniz Fayı, Karasu Fayı ve Kıbrıs-Antakya Fayı’nın karşılaştığı noktada kurulmuş ve gelişim göstermiştir. Bu nedenle şehir 1. derecede deprem bölgesinde bulunmaktadır. Tarihsel dönemde şehri etkileyen depremlerin Ölü Deniz Fayı’nın Gharb ve Karasu segmentlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu fay hatlarına bağlı olarak, bu bölge tarihinde önemli depremler yaşanmış (Tablo 2) ve bu depremler neticesinde önemli can ve mal kayıpları ortaya çıkmıştır (Korkmaz, 2006).

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Türkiye’nin doğusunda Karlıova ile İskenderun Körfezi arasında KD-GB doğrultusunda uzanan sol yanal bir doğrultu atımlı fay zonudur. Faya ilk kez Allen (1969) dikkat çekmiş, Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından ilk olarak “Doğu Anadolu Fay Kuşağı” adı kullanılmış ve izleyen yerbilimciler tarafından benimsenmiştir.



**Çizelge 3.1** Antakya ve Çevresinde Etkili Olan Tarihsel Döneme (M.Ö. 2100-M.S. 1900) ait depremler (Şiddeti >8) (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2005; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2005; Özmen, 2000; Korkmaz, 2006.)

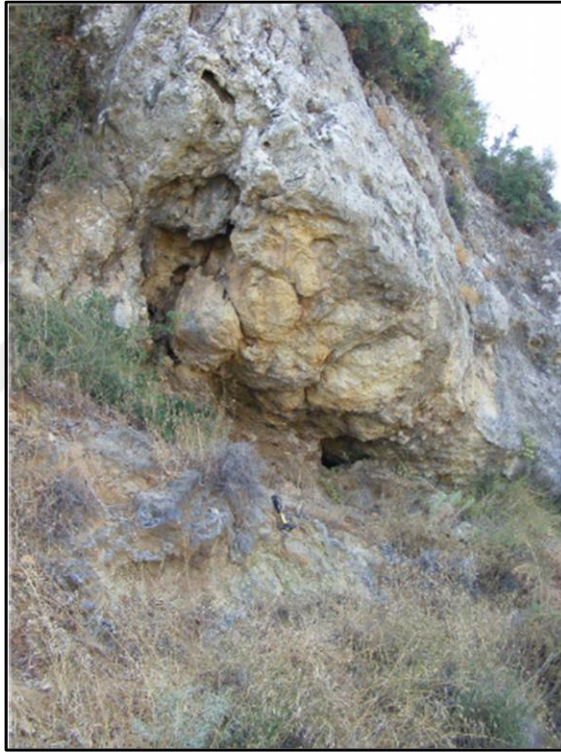
Tarih	Enlem (N)	Boylam (E)	Etki Alanı	Şiddeti
M.Ö. 148	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
M.Ö. 69	36° 25'	36° 10'	Antakya	IX
M.Ö. 37	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
37	36° 24'	36° 10'	Antakya	VIII
110	36° 25'	36° 10'	Antakya, Samandağ	VIII
13.12.115	36° 25'	36° 10'	Antakya ve çevresi	IX
220	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
245	36° 25'	36° 10'	Antakya	X
272	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
334	36° 25'	36° 10'	Antakya, Beyrut, Magosa	IX
341	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
396	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
14.09.458	36° 25'	36° 10'	Antakya, Kuzey Suriye	IX
10.09.506	36° 25'	36° 10'	Antakya, Samandağ	IX
?05.518	36° 88'	36° 60'	Antakya	VIII
29.05.526	36° 25'	36° 10'	Antakya, Samandağ	IX
29.11.529	36° 25'	36° 10'	Antakya ve yöresi	IX
561	37° 20'	35° 90'	Anazarba, Antakya	VIII
30.09.587	36° 25'	36° 10'	Antakya	IX
08.04.859	36° 25'	36° 10'	Antakya, Lazkiye, Şam, Hama	IX
867	36° 25'	36° 10'	Antakya	IX
1053	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
1072	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
1109	36° 25'	36° 10'	Antakya	VIII
?09.1190	36° 25'	36° 10'	Antakya ve geniş yöresi	VIII
13.08.1822	36° 40'	36° 10'	Antakya, İskenderun, Kilis, Halep, Lazkiye	IX
02.04.1872	36° 25'	36° 10'	Antakya, Samandağ	IX

DAFS geometrisine göre 6 ayrı yapısal segmentten oluşur ve Antakya fayı Türkoğlu - Antakya Segmenti içerisinde yer alır. DAFS'nin Türkoğlu-Antakya arasında, yaklaşık 180 km uzunlukta ve 6-30 km genişlikte bir alan içerisinde uzanan bölümü, Türkoğlu-Antakya segmenti olarak adlandırılmıştır (Şaroğlu vd. 1987). DAF, Türkoğlu yakınlarında, GB'ya doğru genel doğrultusunu değiştirerek kuzeye yaklaşır (URL.1). Kuzeyde Antakya merkezi Sanayi Mahallesi'nden başlayıp güneyde Defne Mahallesi'ne kadar devam eden, KD-GB doğrultulu, görünür uzunluğu yaklaşık 10-23 km olan bu fay, kuzeyde parçalı bir yapı sergilerken güneyde daha doğrusal bir yapıya sahiptir. Fay yüzeyi Sümerler mahallesinde net bir şekilde izlenilebilir. Midyat grubu ile Sebenoba formasyonunu bir araya getirir. Fay çiziği ölçümlerine göre Antakya fayının sol yönlü doğrultu atım bileşenine sahip normal bir fay olduğu belirlenmiştir (Tari vd., 2011).

Tekeşin (2011)'e göre Antakya fayı, Miraslı Mahallesi civarında açığa çıkmakta olup, sıçramalı bir yapı sergileyerek Dermaste Mahallesi'ne doğru devam eden KD - GB

uzanımlı ve birçok küçük segmentten oluşan bir faydır. Arazi çalışmaları ile fayın boyu yaklaşık 8 km civarında olduğu belirtilmiştir. Fayın batı bloğunda Kızıldağ ofiyoliti, Karaisalı formasyonu ve Sebenoba formasyonu yer almakta olup, doğu bloğunda ise Eosen yaşlı Midyat kireçtaşı ve GD'ya doğru Kızıldağ ofiyoliti konumlanmıştır (Fotoğraf 3.2).

Tekeşin (2011), yaptığı çalışmalarda fay düzleminin KB ile GB arasında değişen eğimlerde olduğunu ve fayın karakterinin sol yanal bileşenli normal bir fay olduğunu belirlemiştir.



**Fotoğraf 3.2** Sümerler Mahallesi Mevkii'nde Kızıldağ ofiyoliti ile Sebenoba formasyonu arasında sınır oluşturan Antakya fayı (Üsküplü, 2012)

Tektonik aktivite bakımından ise araştırma sahası bölgesel ölçekte Avrasya, Arabistan ve Afrika levhalarının kavşağında yer almaktadır (Doğan ve Koçyiğit, 2009). Bu levhalardan Afrika ve Arabistan levhalarının Anadolu levhasını sıkıştırması neticesinde bölgede birçok fay hattı oluşmuştur (Özşahin, 2010). Kuseyr Platosu doğudan Ölü Deniz Fayı'nın Gharb kolu (Korkmaz, 2006) ve batıdan da Kıbrıs-Antakya fayı (Över vd., 2001) ile kuşatılmıştır. Bu fay hatlarının yerleşmesiyle oluşan grabenler arasında kalan araştırma sahası, horst karakteri kazanmıştır (Özşahin, 2014).

Kuseyr Platosu'nun şekillenmesinde rol oynayan ana fay sistemleri, Kıbrıs-Antakya fayı ve Ölü Deniz fayıdır. Araştırma sahasının batı-kuzeybatı sınırında bulunan Kıbrıs-Antakya fayı ise 70 km uzunlukta olup, sol yanal atımlı transform bir faydır (Över vd., 2004).

### 3.3 Araziden Alınan Kayaçların Lokasyon ve Litolojik Özellikleri

Yapıda kullanılan kayaçların mühendislik özelliklerini belirlemek için, izinler kapsamında düşmüş ve kullanılmayan bloklar seçilmiştir. Kilise duvarlarını oluşturan kayaçlar, Okçular Formasyonuna ait kireçtaşlarıdır. Kilisenin açıldığı karstik mağara ve sonradan genişletilen alanların bulunduğu kireçtaşları ile kilisenin 2015 yılında tamamlanan restorasyonunda Şenköy civarından alınmış olan kireçtaşlarının kullanıldığının belirlenmesi üzerine bu alandan taze blok örnekler incelenmiştir. Kullanılan tüm bloklar kireçtaşı olup, yapı civarından alınan K1, K2, K3 ve K4 örneklerinin gri, beyaz renkli oldukları belirlenmiş, restorasyon için kullanılan R örneğinin bej renkli olduğu gözlemlenmiştir. Araziden izinler ölçüsünde alınan tüm örneklerin özellikleri aşağıdaki Çizelge 3.2'de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.2** Araziden alınan örneklerin lokasyon ve tanımlanması

Kayaç No	Lokasyon	Kayaç Özellikleri	Litoloji Tipi
K1	Kilise Civarı	Breşik - erime yapılı, yumrulu kireçtaşı, beyaz renkli, boşluklu	Kireçtaşı
K2	Kilise Civarı	Krem - gri renkli, sert, ince taneli	Kireçtaşı
K3	Kilise Civarı	Beyaz renkli, ince - orta taneli, yer yer erimeli	Kireçtaşı
K4	Kilise Civarı	Sert, grimse beyaz renkli, boşluksuz, çatlaklı	Kireçtaşı
R	Şenköy	Restorasyon taşı, sarımsı - bej renkli, killi kireçtaşı, kalın katmanlı, sert	Kireçtaşı

### 3.4 İncelenen Örneklerin Jeokimyasal ve Petrografik Özellikleri

XRF Analizi K1, K2, K3, K4 ve R örnekleri üzerinde yapılmıştır. K1, K2, K3, K4 örnekleri kilise civarından toplanmış olup, R örneği Şenköy içerisinde alınmıştır. Tüm

örneklerin CaO içerikleri yüksek olup, K1 örneği dolomitik özelliklerde olup, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve MgO içeriği diğer tüm örneklere göre fazla çıkmıştır. En yüksek CaO içeriği K3 örneğinde, en düşük CaO içeriği K1 örneğinde gözlemlenmiştir (Çizelge 3.3).

**Çizelge 3.3** İncelenen örneklerin jeokimyasal özellikleri

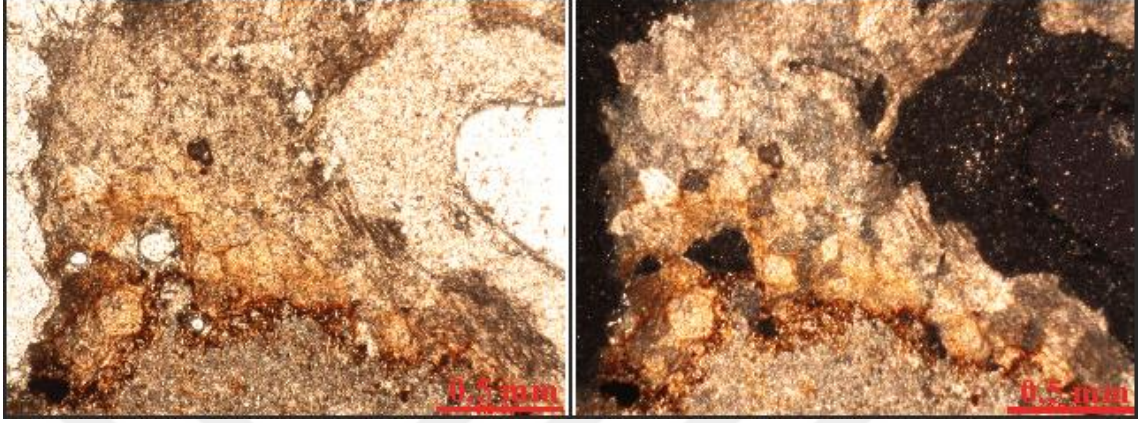
Özellik %	K1	K2	K3	K4	R
SiO <sub>2</sub>	1.791	0.219	0.163	1.115	1.439
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.299	0.08	0.038	0.097	0.372
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.093	0.059	0.04	0.268	0.314
MgO	12.128	0.158	0.161	1.127	0.503
CaO	37.92	58.968	60.486	56.728	53.925
Na <sub>2</sub> O	0.012	-0.026	0	0	0
K <sub>2</sub> O	0.031	0.012	0.009	0.006	0.045
TiO <sub>2</sub>	0.043	0.085	0.06	0.09	0.049
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.109	0.03	0.063	0.009	0.058
MnO	0.014	0.002	0.005	0.031	0.003
A.K (1000°C)	42.39	40.46	39	40.48	43.22
Toplam	100.16	100.39	100.24	98.48	98.8

K1 örneğinin jeokimyasal bileşimi Çizelge 3.3’de verilmiştir ve bu çizelgeye göre K1 örneğinin CaO miktarı %37,92, MgO miktarı 12,12 ve SiO<sub>2</sub> miktarı ise 1,79 olarak saptanmıştır. İnce kesit incelemelerinde dolomit ve kalsit mineralleri gözlenmiştir(Şekil 3.2). K1 örneği üzerinde yapılan jeokimyasal ve ince kesit incelemeleri sonucunda, Folk (1959)’a göre “dolomitik kireçtaşı” olarak adlandırılmıştır (Çizelge 3.4).

**Çizelge 3.4** Dolomit içeren karbonat kayaların sınıflandırılması (Folk, 1959)

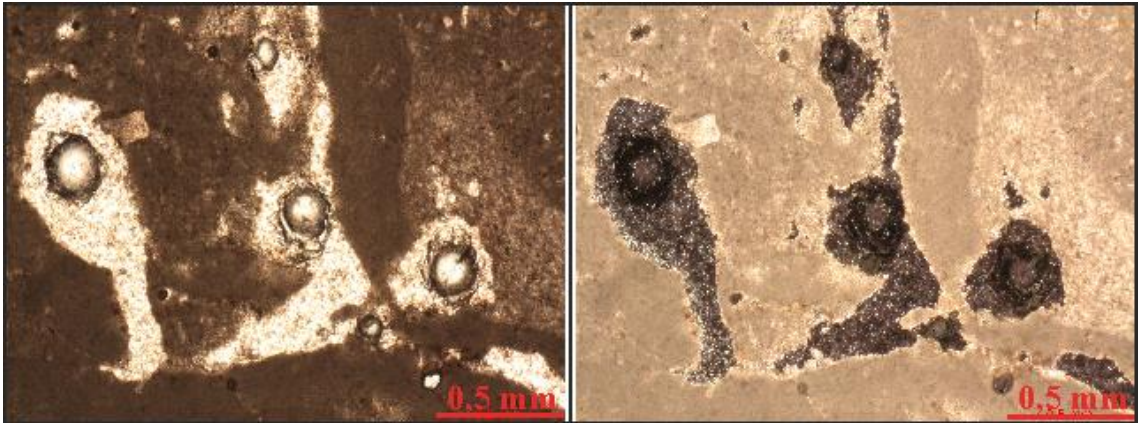
Kalsit Oranı	Dolomit Oranı %	Tanımı
% 95’den fazla	% 5’den az	Kireçtaşı
% 90-95	% 5-10	Mg’lu Kireçtaşı

% 50-90	% 10-50	Dolomitik Kireçtaşı
% 10-50	% 50-90	Kalkerli Dolomit
% 10'dan az	%90'dan fazla	Dolomit



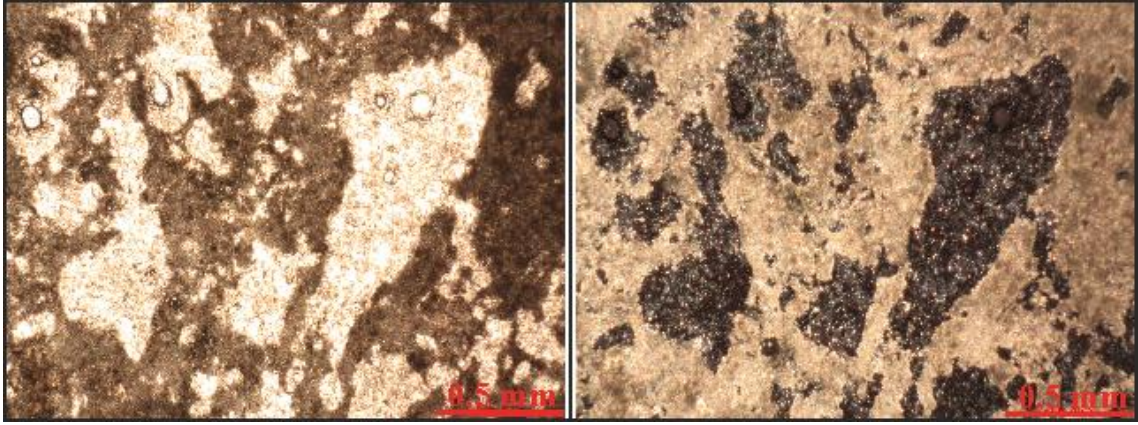
Şekil 3.2 K1 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri

Çizelge 3.3'e göre K2 örneğinin CaO içeriği %58,96 olarak saptanmıştır ve yapılan ince kesit gözlemlerinde de bolca iri birincil ve ikincil kalsit minerali gözlemlenmiştir. Boşluklu ve mikritik yapılıdır (Şekil 3.3).



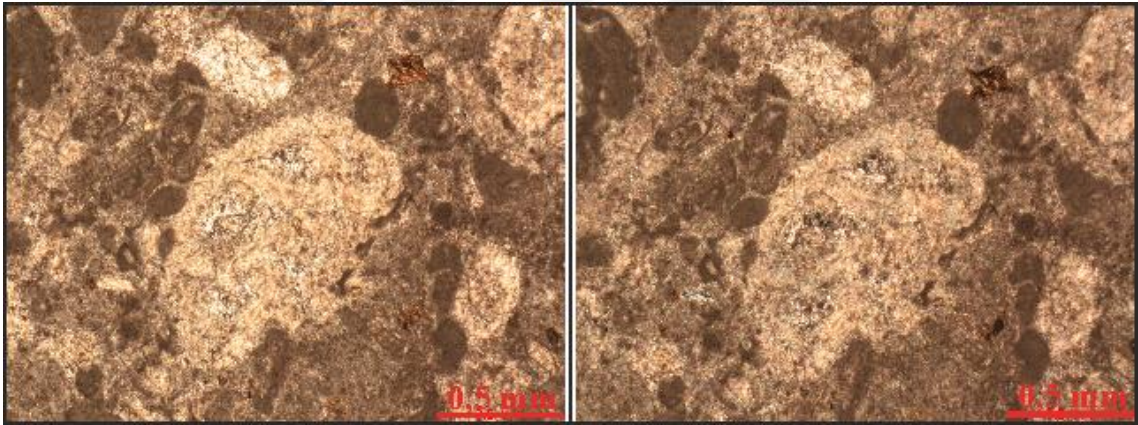
Şekil 3.3 K2 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri

K3 örneğinin üzerinde yapılan jeokimyasal ve ince kesit incelenmelerinde CaO içeriği % 60,48 olarak saptanmıştır (Çizelge 3.3) ve yapılan ince kesit gözlemlerinde bolca iri birincil ve ikincil kalsit minerali gözlemlenmiştir. Mikritik kalsit oranı K2'den daha azdır (Şekil 3.4).



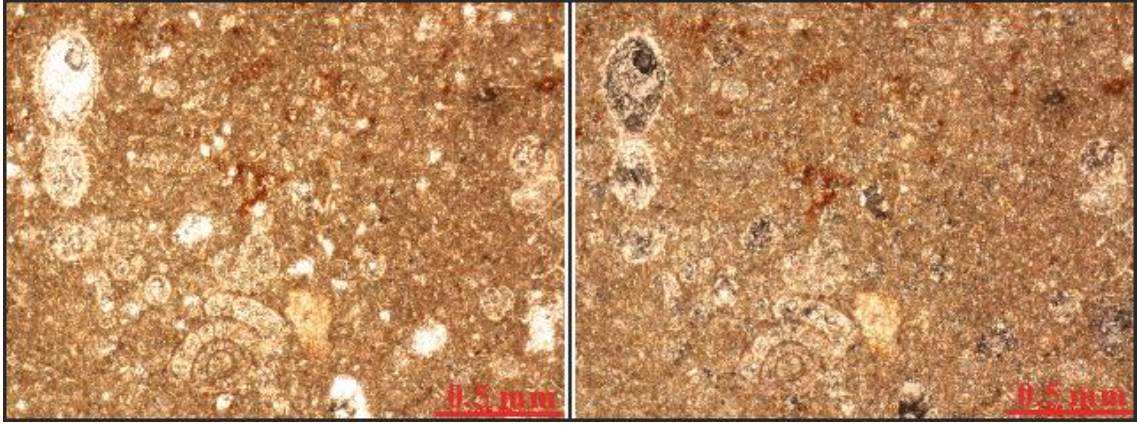
**Şekil 3.4** K3 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri

Çizelge 3.3'e göre K4 örneğinin CaO içeriği % 56,72 olarak saptanmış olup, ince kesit gözlemlerinde de bolca iri kalsit minerali gözlemlenmiştir. İkincil çatlak dolgusu olarak kalsit ve yer yer fosil kırıntılıdır (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5** K4 örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri

R örneğinin CaO içeriği % 53,92 (Çizelge 3.3) olup, yapılan ince kesit gözlemlerinde fosil içeriği diğer örneklerden daha fazladır. İnce kalsit kristalleri daha yaygındır. Kesitte bolca mikrofosil ve nummulit sp. gibi foraminiferlere rastlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 R örneğinin tek nikol ve çift nikol görüntüleri

### 3.5 İncelenen Örneklerin Jeomekanik Özellikleri

İncelenen kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi aşamasında, taze örneklerle ait; kuru ve doymuş birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite, P-dalga hızı, tek eksenli basınç direnci Schmidt sertliği, kılcal su emme deneyi, restorasyon örneğinin kısmen killi olması nedeniyle bu örneklerde ise suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyleri yapılmıştır.

ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak yapılan deneyler için araziden blok örnekler derlenmiş, daha sonra bunlardan laboratuvarında karot ve parça örnekler hazırlanmıştır. İncelenen kayaçların jeomekanik özelliklerine yönelik değerlendirmeler, başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

#### 3.5.1 Kuru birim ağırlık

Örnekler kuru birim ağırlık deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.4'de sunulmuştur.

Kuru birim ağırlık değeri kayaların bileşim ve dokusu ile yakından ilgilidir. Kilise yakınlarından toplanan örneklerin birim ağırlıklarındaki değişim, kayanın kimyasal bileşimine, boşluk yapısına ve boşluk miktarına bağlıdır. Pratikte birim hacim ağırlıkları

yüksek olan kayalar genellikle düşük poroziteli, düşük su emmeli ve yüksek özgül ağırlık değerlerine sahiptir (Erguvanlı, 1975).

**Çizelge 3.5** İncelenen örneklere ait kuru birim ağırlık değerleri

Kuru Birim Ağırlık, $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	23,56	24,69	0,41	24,10
K2	5	23,35	24,29	0,4	23,78
K3	5	21,82	22,58	0,28	22,19
K4	5	25,65	26,11	0,20	25,94
R	5	21,17	22,31	0,44	21,80

Çizelge 3.5’de görüldüğü gibi, araştırılan örneklerden elde edilen ortalama, en yüksek kuru birim ağırlık ortalama değeri 25,94 kN/m<sup>3</sup> ile K4 örneğine aittir. En düşük değer ise 21,80 kN/m<sup>3</sup> ile R örneğine aittir.

### 3.5.2 Doymun birim ağırlık

Yapı malzemesi araştırmalarında kayacın doymun birim ağırlığının bilinmesi son derece önemlidir. Suya doymun konumda bulunan kayaların, birim ağırlığında gözlenen değişim kayaçta bulunan etkili gözenekleri sayesinde. Birim ağırlık değerini kayacın kimyasal bileşimi ve boşluk yapısı değiştirmektedir. Özellikle kayaçlardaki boşlukların birbiri ile ilişkili olması ve gözeneklerde bulunan suyun, doymun ağırlığı değiştirdiği bilinmektedir (McNally, 1998).

Doymun birim ağırlık deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6’da sunulmuştur.



**Çizelge 3.6** İncelenen örneklere ait doymun birim ağırlık değerleri

Doymun Birim Ağırlık, $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )					
Örnek No	Deneş Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	24,30	25,33	0,38	24,73
K2	5	24,01	24,79	0,33	24,37
K3	5	22,84	23,48	0,25	23,14
K4	5	25,80	26,17	0,17	26,04
R	5	22,67	23,64	0,37	23,20

Örneklerden elde edilen doymun birim ağırlık değerleri incelendiğinde, en yüksek doymun birim ağırlık değeri 26,04 kN/m<sup>3</sup> ile K4 örneği, en düşük doymun birim ağırlık değeri ise 23,14 kN/m<sup>3</sup> ile K3 örneğine aittir. R örneğinin kuru birim ağırlık değeri en düşük iken doymun birim ağırlık değerindeki artış kayacın boşluklu bir yapıya sahip olduğu hakkında bilgi vermektedir.

### 3.5.3 Su emme

Bilindiği gibi su emme, kayanın bağlantılı boşlukları sayesinde daha etkin bir rol oynamaktadır. Kayanın su emme değeri, don sonucu etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca yapı taşı olarak kullanılan kayaçların nemlenme ile bozulmasını sağlamakta ve kayanın dayanımını düşürmesi nedeniyle, yapı malzemesi olarak kullanılması düşünölen taşların su emme oranlarının düşük olması istenmektedir (Korkanç, 2007).

Kayalar üzerinde yapılan deneşsel çalışmalarda su emme değeri, ağırlıkça ve hacimce olmak üzere iki şekilde belirlenmektedir. Bu çalışmada görünür porozite suya doyurma yöntemi ile belirlendiği için hacimce su emme değerine eşit olup, ayrıca hacimce su emme değerlerine tekrar değinilmemiştir. Bilindiği gibi, su emen kayaçların hacimlerinin az veya çok artmaktadır. Ayrıca su emme değeri, kaya içerisinde bulunan boşlukların durumunun bilinmesinde ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerini belirlenmesinde oldukça önemlidir. Kayalarda su emme değerinin değişiminin belirlenmesi ile dona ve

termik genleşmeye karşı dolaylı bilgi edinilmesini sağlamaktadır (Postacıoğlu, 1987; McNally, 1998).

Örneklere uygulanan ağırlıkça su emme deneyi, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınarak, beş karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.7’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.7** İncelenen örneklere ait ağırlıkça su emme değerleri

Ağırlıkça Su Emme, $w_a$ (%)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	2,42	3,17	0,39	2,59
K2	5	2,06	2,84	0,34	2,49
K3	5	3,36	5,12	0,68	4,29
K4	5	0,18	0,57	0,21	0,39
R	5	5,92	7,08	0,50	6,40

Çizelge 3.7’de görüldüğü gibi, ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri boşlukları nispeten fazla olan R örneğinden elde edilmiştir. En düşük ağırlıkça su emme değeri ise K4 nolu örneklerden elde edilmiştir.

### 3.5.4 Kılcal su emme

İncelenen örneklerin kapiler su emme potansiyellerini belirlemek amacıyla kapiler su emme deneyi yapılmış ve katsayısı hesaplanmıştır. Deney TS EN 1925 standardına göre silindirik 3 örnek üzerinde yapılmıştır. Elde edilen kılcal su emme katsayıları Çizelge 3.8’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.8** İncelenen örneklere ait kılcal su emme katsayısı değerleri

Kılcal Su Emme Katsayısı, C1 (kg/m <sup>2</sup> h)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	3	0,65	0,66	0,0058	0,66
K2	3	0,63	0,64	0,009	0,63
K3	3	2,82	3,18	0,259	3,0
K4	3	0,15	0,15	0,0025	0,15
R	3	2,30	3,05	0,528	2,67

Çizelge 3.8’de görüldüğü gibi, incelenen kayalardan ortalama en yüksek kapiler su emme değeri kılcal boşlukları fazla olan K3 örneğinden elde edilmiştir. En düşük kapiler su emme değeri ise K4 örneklerinden elde edilmiştir.

Tomašić vd. (2011) çalışmalarında doğal taşlarda kılcal su emmenin bileşim, yapı, doku ve boşlukların karakteri gibi çeşitli petrografik özelliklere bağlı olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca, Dinçer vd., (2013), yaptıkları çalışmada, kayaların kapiler su emme değerleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasında anlamlı ilişkilerin olduğunu belirlemişlerdir. Kuru birim ağırlığı en yüksek olan K4 örneğinin, kılcal su emme katsayı ortalaması en düşük; kuru birim ağırlığı en düşük olan R ve K3 örneklerinin, kılcal su emme katsayısı ortalaması en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. P-dalga hızı, sürtünme ve aşınma kaybı ile kılcal su emme katsayısı arasında ters orantı; don kaybı ile kılcal su emme katsayısı arasında doğru orantı olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.5 Görünür porozite

Yapı malzemesi olarak değerlendirilecek kayaların porozitelerinin bilinmesi son derece önemli bir özelliktir. Kayaların, porozite değerlerindeki değişim kayanın fiziksel özellikleri yanında mekanik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir (Goodman, 1989). İncelenen kayaların, görünür porozite değerlerini belirlemek amacıyla, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Her bir deney beşer karot numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kayalardan elde edilen görünür porozite değerleri Çizelge 3.9’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.9** İncelenen örneklere ait görünür porozite değerleri

Görünür Porozite, ne (%)					
Örnek No	Deneş Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	5	5,69	7,62	0,77	6,36
K2	5	5,09	6,75	0,73	6,02
K3	5	7,57	11,39	1,47	9,69
K4	5	0,47	1,52	0,56	1,03
R	5	13,34	15,27	0,84	12,21

İncelenen örnekler içerisinde en düşük porozite değerine K4, en yüksek porozite değerine ise R örneğinin sahip olduğu belirlenmiştir. İncelenen kayalar, Tarhan (1989)'a göre porozite yönünden sınıflandığında (Çizelge 3.10), K4 örneği “az boşluklu”, K1, K2 ve K3 örnekleri “oldukça boşluklu” ve R örneği “çok boşluklu” kayaç sınıfına girmektedir. Sınıflamaya göre sudan en fazla etkilenecek olan kayanın R örneği olacaktır.

**Çizelge 3.10** Kayaların porozite değerlerine göre sınıflanması (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite
Çok Kompakt	< 1
Az Boşluklu	1- 2,5
Orta Boşluklu	2,5 - 5
Oldukça Boşluklu	5 - 10
Çok Boşluklu	10 - 15
Çok Fazla Boşluklu	> 20

### 3.5.6 P-Dalga hızı

P-dalga hızı, kayanın dayanım özelliklerine yaklaşım sağlaması açısından oldukça önemli bir parametre olarak ölçülmektedir. Ayrıca, kayanın boşluk, ayrışma vb. etkilerinin belirlenmesi amacıyla da yaygın olarak birçok çalışmada kullanılmaktadır (Kahraman, 2002). P-dalga hızı laboratuvarlarda doğrudan Pudite cihazı ile ölçülmüştür. Deneyler, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemi esas alınarak, 3 adet karot numunesi üzerinde,

sadece P-dalga hızı ölçülmüştür. Deneylerden elde edilen P-dalga hızları Çizelge 3.11’ da sunulmuştur.

**Çizelge 3.11** İncelenen örneklere ait P-dalga hızı değerleri

P-dalga hızı, $V_p$ (m/sn)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	3	4064,14	4163,27	54,55	4126,86
K2	3	4896,55	5045,25	112,93	4582,94
K3	3	4477,85	4702,34	112,93	4582,94
K4	3	6016,6	6300,88	146,04	6178,10
R	3	3566,83	3958,79	219,74	3820,19

İncelenen örneklerinin P-dalgası hız değerleri oldukça değişkendir. İncelenen örneklerden elde edilen en yüksek P-dalga hızı değeri K4 örneğine ait olup, en düşük değer ise nispeten daha boşluklu R örneğine aittir.

Elde edilen sonik hız değerlerinin ISRM (1978)’e göre yapılan sınıflandırmada (Çizelge 3.11), R örneği “orta sonik hıza sahip kaya”, K1, K2 ve K3 örnekleri “yüksek sonik hıza sahip kaya”, K4 örneği ise “çok yüksek sonik hıza sahip kaya” olarak tanımlanmıştır (Çizelge 3.12).

**Çizelge 3.12** Kayaçların sonik hız sınıflaması (ISRM, 1978)

Sınıf	Sonik Hız	Tanımlama
1	<2500	Çok düşük Hız
2	2500-3500	Düşük Hız
3	3500-4000	Orta Hız
4	4000-5000	Yüksek Hız
5	>5000	Çok Yüksek Hız

### 3.5.7 Schmidt çekici sertlik indeksi

Başlangıçta betonun dayanımını tahmin etmek amacıyla geliştirilen Schmidt sertlik çekici, kayaların dayanımlarının özellikle arazide kısa süre içerisinde dolaylı yoldan tahmin edilmesi için uzunca bir süreden beri kullanılmaktadır. Deney, arazide kayanın gözlendiği aynalarda, ayırık bloklarda ve karotlar üzerinde kolaylıkla uygulanabilmektedir (Kahraman vd., 2002).

İncelenen blok örnekler arasında Schmidt çekici sertlik değerleri en yüksek K4 blok örneğinden, en düşük değerler ise K1 örneğinden elde edilmiştir (Çizelge 3.13).

**Çizelge 3.13** İncelenen örneklere ait Schmidt çekici sertlik indeksi değerleri

Schmidt Çekici Sertlik İndeksi, SHV (L-tipi)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	10	30	40	4,19	33
K2	10	35	42	2,77	39,2
K3	10	26	40	6,39	30,4
K4	10	47	50	1,41	49
R	10	30	40	3,85	34,4

Bilindiği gibi kayaçların sertliği; litoloji türüne, kayaların içerdiği mineral tür ve miktarına, kristallenme ya da çimentolanma tür ve derecesine göre, ayrışma derecesine bağlı olarak değişmektedir (Kahraman vd., 2002).

Günümüzde yapılan araştırmalarda, Schmidt çekici sertlik indeksleri sınıflama parametresi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Çizelge 3.14). İncelenen bloklar Schmidt çekici sertlik değerlerine göre değerlendirildiğinde K1, K2, K3 ve R örnekleri “sert kaya”, K4 örneği ise “çok sert kaya” sınıfına girmektedir.

**Çizelge 3.14** Schmidt çekicine göre kayaçların sertliğinin sınıflandırılması (ISRM, 1978)

<b>Kaya Sınıfı</b>	<b>Schmidt Çekici Sertlik Değeri</b>
Aşırı Sert Kaya	>60
Çok Sert Kaya	45-60
Sert Kaya	30-45
Yumuşak Kaya	24-30
Çok Yumuşak Kaya	20-24
Katı Toprak	16-20

### 3.5.8 Suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi

Bu deney, kayaç örneğinin standart 3 çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği duraylılığın belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır (ISRM, 1981). Özellikle tuf, marn ve kil içeren zayıf kayaların ıslanma ve kuruma sonucunda parçalanma ve zayıflamaya karşı gösterdiği direnci belirlemek amacıyla yapılması önerilen deney, incelenen örnekler arasında nispeten daha killi ve zayıf özellikler gösteren R örneği üzerinde 3 çevrim olarak yapılmıştır (Çizelge 3.15).

**Çizelge 3.15** İncelenen örneklere ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri

Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi, I4 (%)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
R	3 çevrim	99,48	99,57	0,03	99,53

R örneği suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Gamble (1971)'a göre “çok yüksek duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 3.16).

**Çizelge 3.16** Gamble (1971) tarafından önerilen suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması.

Grup Adı	10 dakikalık bir çevirmeden sonra % kalan (Kuru kütle olarak)	10 dakikalık iki çevirmeden sonra % kalan (Kuru kütle olarak)
Çok Yüksek Duraylılık	> 99	> 98
Yüksek Duraylılık	98 - 99	95 - 98
Orta - Yüksek Duraylılık	95 - 98	85 - 95
Orta Duraylılık	85 - 95	60 - 85
Düşük Duraylılık	60 - 85	30 - 60
Çok Düşük Duraylılık	< 60	< 30

### 3.5.9 Böhme yüzeysel aşınma

Böhme metodu, kayaç ve beton yüzeylerinin aşındırıcı maddelerle sürtünmesiyle oluşan azalmaya, aşınma karşı dayanımını belirlemek amacıyla önerilen bir deneydir. Bilindiği gibi aşınma yavaş tempoda olan fiziksel ve mekanik bir olaydır. Yer kaplaması olarak kullanılan malzemelerin yüzeyine etki eden sürtünme veya çarpma şeklindeki kuvvetler yüzeyin aşınmasına yol açmaktadır. Bu nedenle aşınma kaybı özellikle yoğun yaya ve araç trafiğinin olduğu yer döşemelerinde kullanılan malzemeler için son derece önemlidir. Deney cihazında standart olarak 30 devir/dk  $\pm$  1 devir/dk hızla dönmesini sağlayan yaklaşık 750 mm çapında yatay olarak yerleştirilmiş döner bir aşındırma diskisi bulunmaktadır.

Aşınma kaybı belirlenecek numuneye dönen disk üzerinde belirli bir kuvvet uygulayan ağırlık ve yüzey aşındırıcı olarak zımpara kullanılmaktadır. Ayrıca disk her 22 devirde cihazı otomatik olarak durduracak tertibata ve devir sayısını gösteren bir numaratóre sahiptir. Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi için TS 2824'e uygun olarak çapları  $5,32 \pm 0,01$  mm olan silindir biçiminde deney numuneleri kullanılmıştır.



Söz konusu deney, incelenen blok örneklerden hazırlanan 2'şer adet silindir numune üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen değerler, Çizelge 3.17' te sunulmuştur.

**Çizelge 3.17** İncelenen örneklere ait yüzeysel aşınma değerleri

Böhme Yüzeysel Aşınma, BAV (%)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	2	23,5	25,5	1,41	24,5
K2	2	24	25	0,71	24,5
K3	2	26	26,5	0,35	26,25
K4	2	19,5	20,5	0,71	20
R	2	34,5	35,5	0,71	35

Elde edilen veriler incelendiğinde en çok aşınma restorasyon örneğinde, en az aşınma ise K4 örneğinde gözlemlenmiştir. İncelenen eski kireçtaşları yüzeysel aşınma değerleri açısından birbirine oldukça yakın değerler sunmuşlardır.

### 3.5.10 Don kaybı

Nem ve atmosferik ısı değişimleri, doğal taşların bozunmasına sebep olan ve bozunma sürecini hızlandıran olumsuz faktörlerdir. Nemli ortamlarda don ve sıcaklık farklılıkları, gerilmeler yaratarak kayacın içerisinde parçalanmalara ve kopmalara neden olmaktadır (Küçükkaya, 1995).

Suyun buz haline gelip kristalleşmeye başlaması ve kristallerin büyümesi sonucunda, taşın içinde çatlakların ve parçalanmaların gelişmesi gözlenir. Su, normal atmosferik koşullarda 0°C de donmaktadır. Ancak kayaçların içerisindeki su, 0°C altında kristalleşmeye başlar (Rossi-Doria 1985; Siegesmund vd., 2011).

Donma-çözünme deneyi, bir hızlandırılmış ayrıştırma deneyi olup, donma-çözünme döngüsü sonrasında doğal taşların malzeme özellikleri üzerinde mevsimsel ve iklimsel hareketliliklerin sebep olduğu değişimleri önceden tahmin etmemizi sağlamaktadır (Topal ve Doyuran, 1997).

Kayaçların don tesirine dayanıklılığın belirlenmesi amacıyla TS 699 (1987)'a göre ilgili deney standardı benimsenmiş olup, bu deney 2'şer karot örneği üzerinde uygulanmıştır. Deney örnekleri değişmez ağırlığa gelinceye kadar suya doyurulmuş 0.1 gr hassasiyetle tartılmıştır. Daha sonra deney örnekleri üzerinde -20 °C' dondurma ve +20 °C'de döngü yapabilen cihaza yerleştirilmiş ve bu döngü işlemi 25 kez tekrarlanmış ve deney esnasında örnekler sürekli gözlenmiş, bazı örneklerde parçalanma gözlenmiş olup, numune ağırlıklarında önemli sayılabilecek azalma meydana gelmiştir. Bazı örneklerinde kırılmalar gözlenmiş olup, bunun kayaçtaki kil oranlarının fazla olmasından dolayı oluştuğu söylenebilir. Deneysel çalışmalardan elde edilen değerler, Çizelge 3.18'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.18** Donma çözünme deneyi sonrasında örneklerdeki don kayıpları

Don Kaybı, Dk (%)					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	2	0,15	0,22	0,04	0,18
K2	2	0,03	0,04	0,00	0,04
K3	2	0,15	0,15	0,01	0,14
K4	2	0,02	0,07	0,04	0,05
R	2	0,33	0,33	0,00	0,33

Çizelge 3.18'de görüldüğü gibi, incelenen kayaçlar içinde ortalama en yüksek don kaybı değeri R örneğinde, en az don kaybı değeri ise K2 örneğinde olduğu görülmüştür.

### 3.5.11 Tek eksenli basınç dayanımı

Kilise yapımında kullanılan kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımını belirlemek amacıyla, 5 örnek üzerinde boy çap oranı 2-2.5 katı olan örnekler kullanılarak gerçekleştirilen deneyler için, ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler Çizelge 3.19'da sunulmuştur.

**Çizelge 3.19** İncelenen örneklere ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Tek Eksenli Basınç Dayanımı $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )					
Örnek No	Deney Sayısı	Min.	Max.	S. Sapma	Ortalama
K1	2	417	442	12	431
K2	2	752	788	18	771
K3	2	389	408	10	399
K4	2	569	587	9	578
R	2	558	594	18	574

İncelenen örnekler arasında basınç direnci en yüksek değer daha az çatlaklı ve masif olan K2 örneğinden, en düşük basınç direnci değeri ise K3 örneğinden elde edilmiştir.

İncelenen örnekler, ISRM (1981)'e göre, “düşük - orta dirençli kaya”, Deere ve Miller (1966)'e göre, “düşük - orta dirençli kaya ” sınıflarında yer almaktadır.

## BÖLÜM IV

### ARAZİDE YERİNDE YAPILAN TAHRİBATSIZ DENEYLERE AİT VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

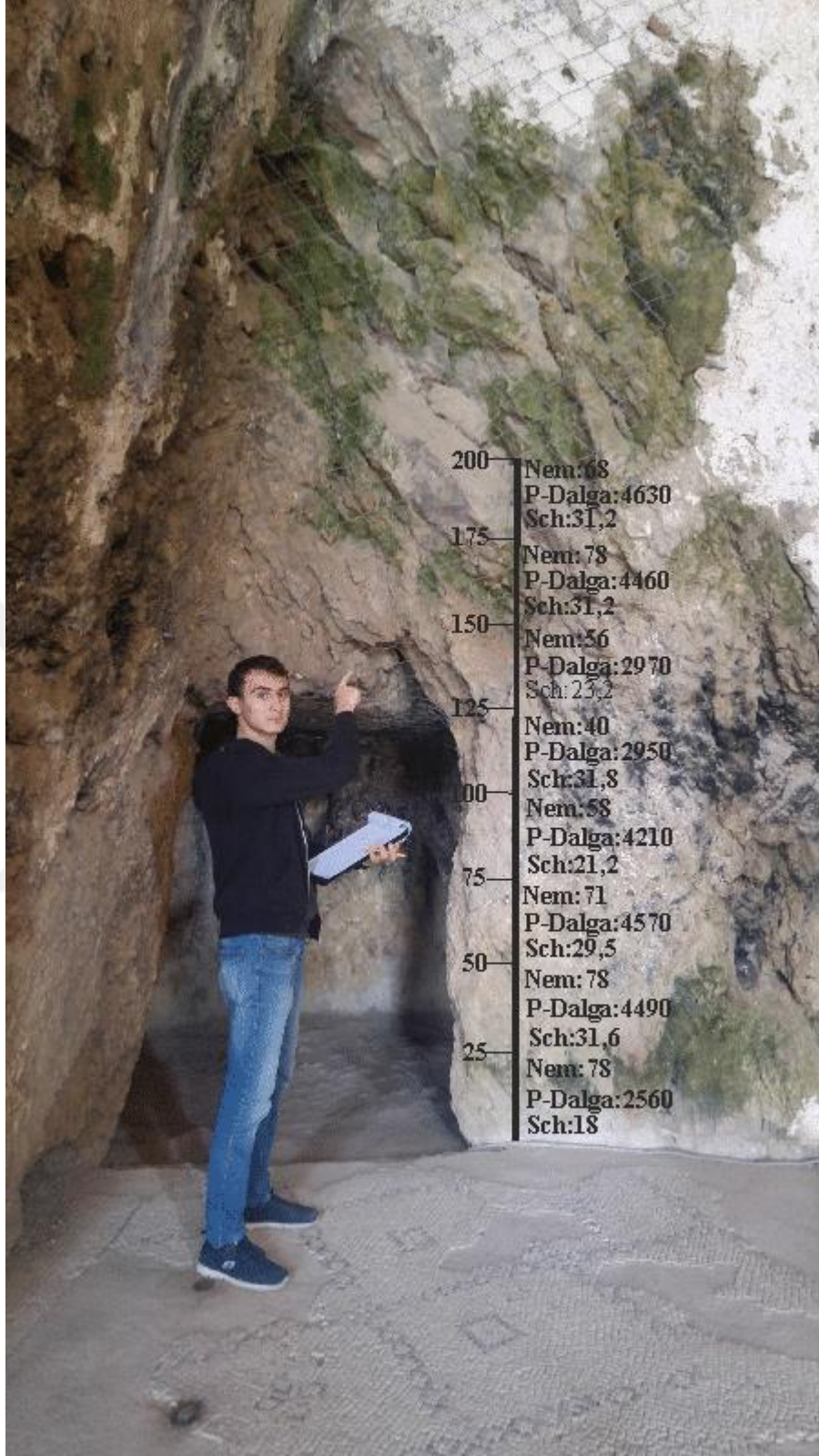
#### 4.1 Nem, Schmidt ve P-Dalga

St. Pierre Kilise üzerindeki bozulmanın etkilerini belirleyebilmek için yüzey nemi, Schmidt çekici, P-dalga hızı ve tarak tipi el profilometre kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ölçülmeye çalışılmıştır. Kayaların bozulma sürecinde en önemli faktörlerden biri kayanın boşluklarında bulunan nemdir. Kayadaki nem sadece yapı malzemesini etkilemekle kalmaz, yapıda bozulmaya (sanat eserlerinin, fresklerin ve binanın) da sebep olur (Mol ve Preston 2010). Tarihi yapıların bozulma sürecini anlaşılmasında, yapı taşlarındaki nemin belirlenmesi oldukça önemlidir. Kilise içerisinde yapılan ölçümlerde kireçtaşlarının karstik yapıda olması ve devamlı su gelimi olan kesimler dolayısı ile nem oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Kilisenin batı bölümünde (kaya oyma-mağara) yapılan nem ölçümleri 0-200 cm arasındaki duvar yüzeyi boyunca yapılmıştır. Nem oranı % 40 ile % 79 arasında değişkenlik göstermektedir (Fotoğraf 4.1.). Kilise dışında (taş örme duvar) ise restorasyon nedeniyle yenilenen taş yüzeyi ile eski blok taş üzerinde yapılan nem ölçümlerinin yine ulaşılabilen yükseklik olan 0-200 cm arasında yapılmıştır. Restorasyon aşamasında yenilenen bloğun nem oranı % 22 ile % 48 arasında değişkenlik gösterirken, eski blok üzerinde yapılan nem ölçümlerinde de % 30 ile % 44 arasında değişen benzer değerlerde nemlilik gözlemlenmiştir (Fotoğraf 4.2.). Burada ilginç olan restorasyon taşında alttan üste doğru nem değeri düzenli bir şekilde azalırken, eski taşlarda değişkenlikler söz konusudur. Bunda taşın farklı dokusal özelliklerde olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

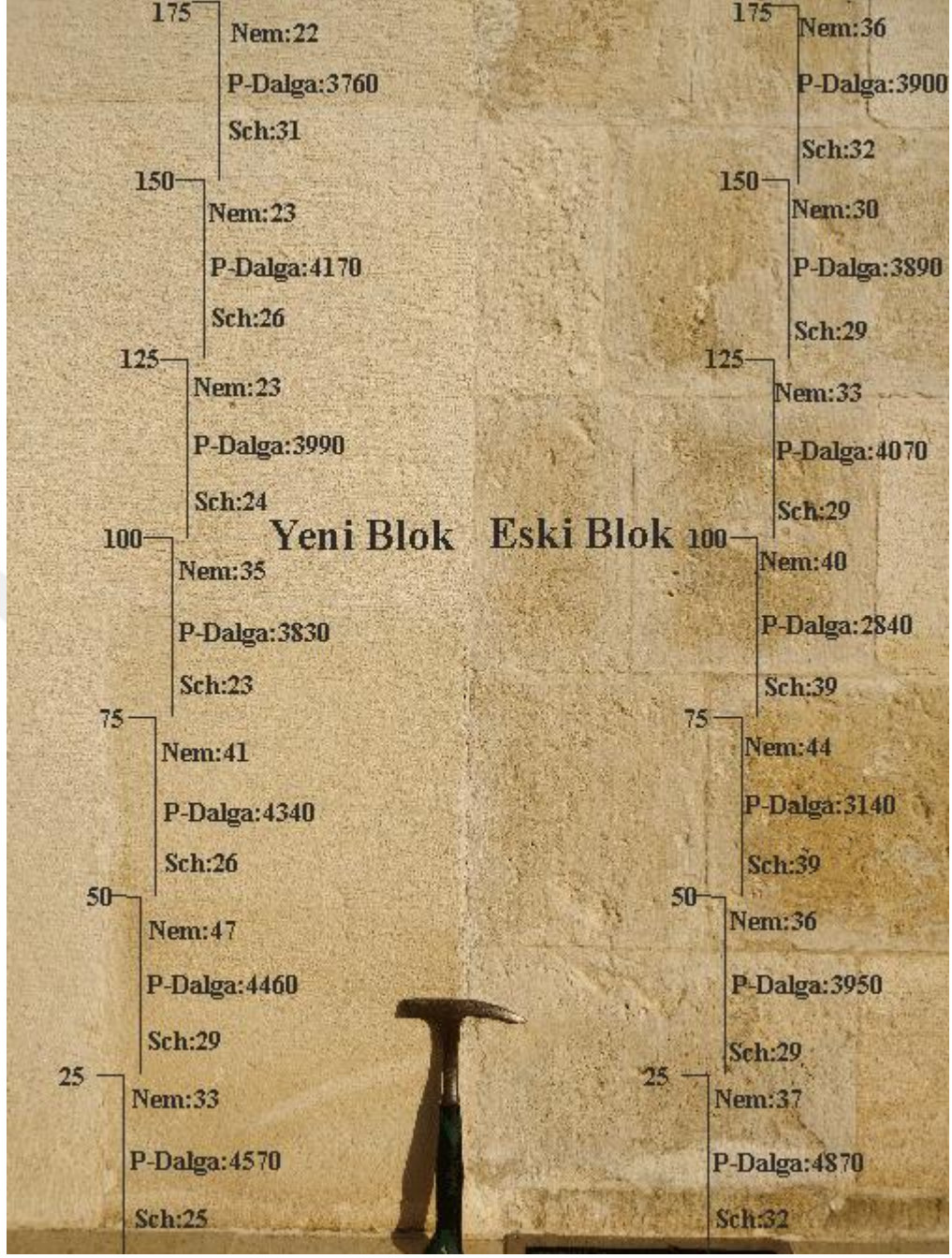
Tarihi yapılar üzerinde kullanılan tahribatsız deney yöntemlerinden biride P-dalga hızı yöntemidir. P-dalga hızı ile tarihi ve kültürel yapılardaki süreksizlikler ve kayacın dokusal özelliklerindeki farklılıklar tespit edilmeye çalışılır. Kilise içerisindeki batı bölümünde (kaya oyma) 0-200 cm arasında yapılan ölçümlerde P-dalga hızları 2.5 km/s ile 4.5 km/s arasında (Fotoğraf 4.1.) değişim sunmuşlardır. Kilise dışarısındaki duvar bölümünde ise yine restorasyon ve eski blok üzerinde aynı noktalarda yapılan P-dalga hızı ölçümleri 3.7 km/s ile 4.5 km/s arasında, eski blok üzerinde yapılan P-dalga hızı

ölçümleri ise 2.8 km/s ile 4.8 km/s arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Fotoğraf 4.2.). P-dalga hızının düşük olduğu bölümler aynı zamanda boşlukların ve çatlakların fazla olduğu kesimler olup, bozulmanın da nispeten daha yoğun olduğu bölgelerdir.

Tarihi yapılar üzerinde kullanılan tahribatsız deney yöntemlerinden bir diğeri de Schmidt çekici deneyidir. Kilise içerisindeki batı bölümde yine aynı noktalarda (0-200 cm arasında) yapılan Schmidt çekici geri tepme deneyi sonuçlarına göre en düşük 18, en yüksek ise 32 olan değerler elde edilmiştir (Fotoğraf 4.1.). Kilise dışındaki duvar bölümündeki yine aynı yükseltilerden alınan verilere göre restorasyon taşı üzerinde yapılan Schmidt çekici ölçümlerinde en düşük 23, en yüksek geri tepme değeri ise 31, eski bloklarda yapılan Schmidt çekici sertlik değerlerine göre ise en düşük 29, en yüksek ise 39 olan değerler elde edilmiştir (Fotoğraf 4.2). Restorasyon taşında farklı yükseltilerde çok yakın deneyi sonuçları elde edilirken farklı dokusal özelliklere sahip farklı eski taşlardaki değerlerde farklılıklar nispeten belirgindir.



**Fotoğraf 4.1** Kilise içerisi batı blokta yapılan nem, Schmidt ve P-Dalga hızı verileri

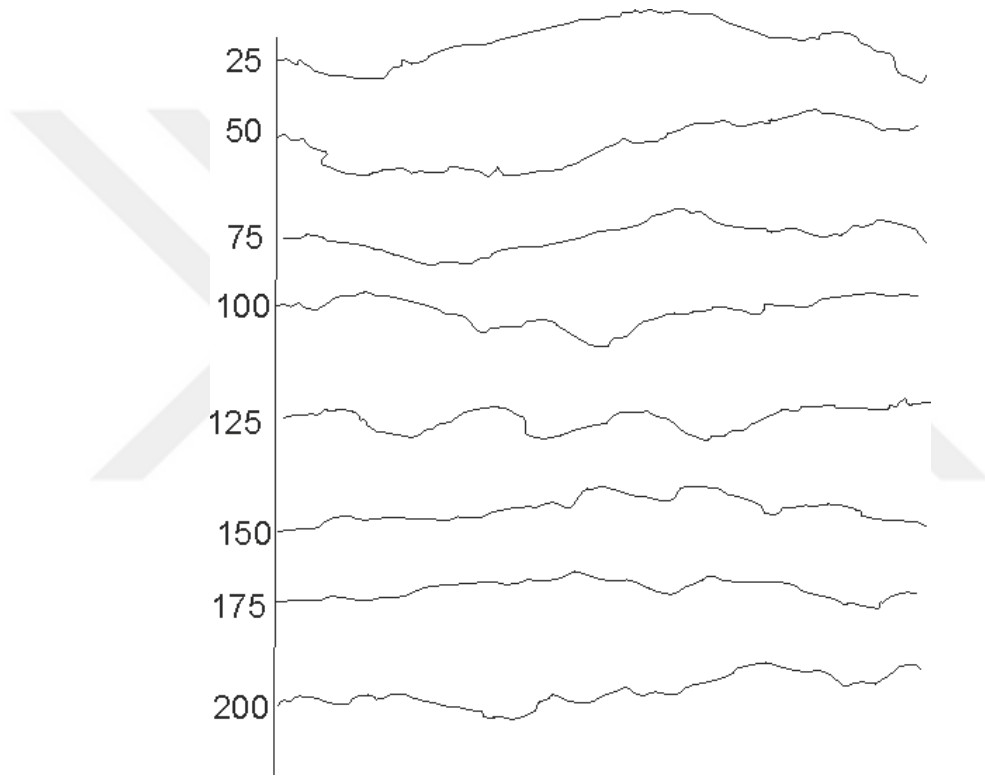


**Fotoğraf 4.2** Kilise dışarısı yeni ve eski bloklar üzerinde yapılan nem, Schmidt ve P-dalga verileri

#### 4.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

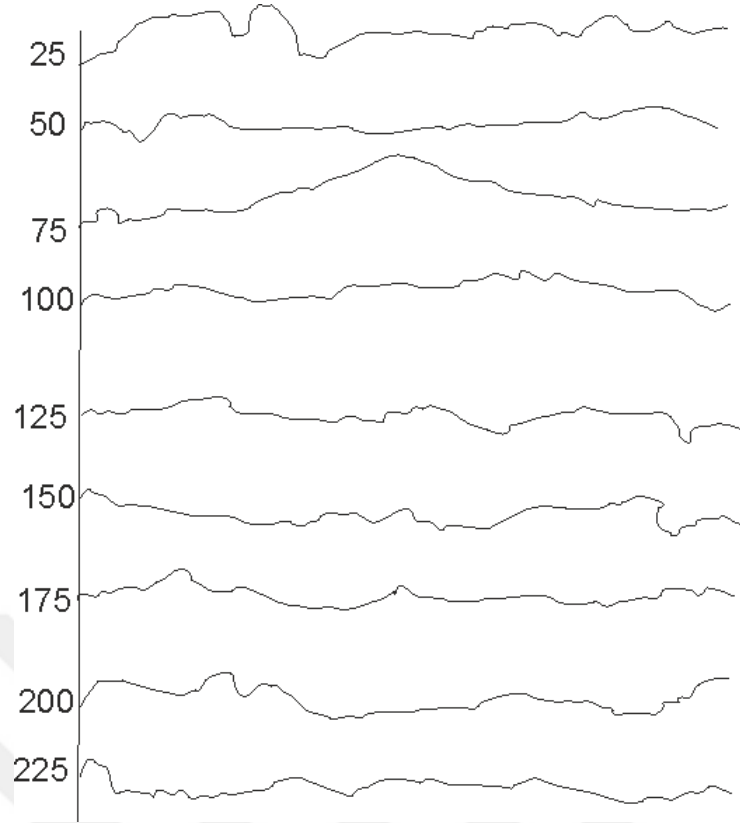
Pürüzlülük ve dalgalık, bir yüzeyin düzlemsellikten sapmasının ölçüsüdür. Pürüzlülük, özellikle süreksizliklerin makaslama dayanımları üzerinde etkin rol oynamaktadır. Yapı taşlarının yüzey pürüzlülüğü işleme ve dış atmosferik etkilere göre değişim sunmaktadır. Yeni işlenmiş ve sert taşlar genellikle daha düz yüzeye sahipken, kaba işleme ve ayrışma

etkilerine maruz kalan taşlarda yüzey pürüzlüğü artmaktadır. Aşağıdaki yüzey pürüzlülüğü el tipi tarak profilometre yardımı ile elde edilmiş olup, restorasyon taşında daha düşük, eski taşlarda ise daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip oldukları gözlenmektedir. Bunda restorasyon taşının yüzey işleme tekniğinin etkisi bulunmaktadır. Ölçülen pürüzlülük düzlemlerinin ISRM (2007) de belirtilen sınıflamaya göre karşılaştırılması yapıldığında, eski taşların pürüzlü-basamaklı, restorasyon taşının ise pürüzlü-düzlemsel olarak tanımlanan sınıflara görsel olarak daha benzer oldukları görülmektedir (Şekil4.1-4.6).

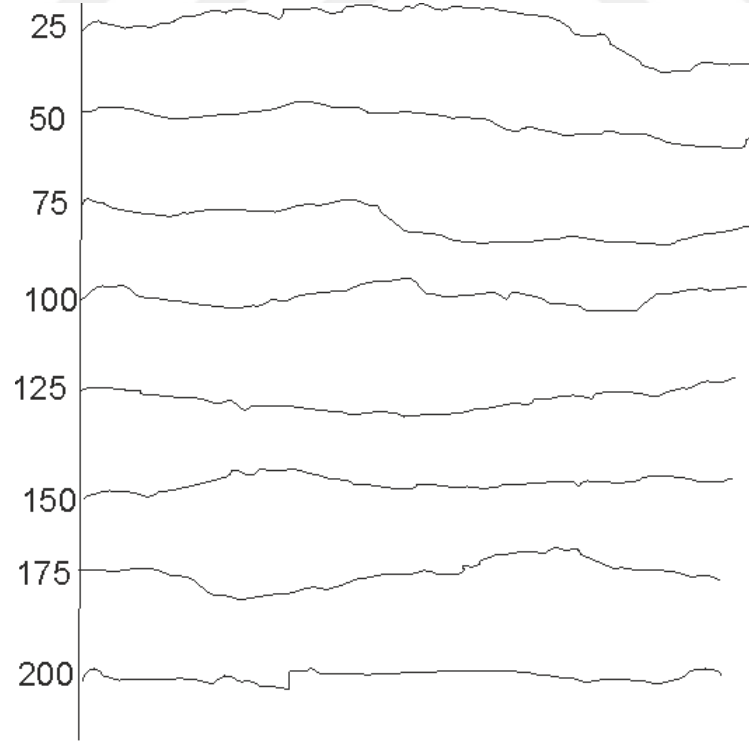


Şekil 4.1 Kilise içerisi doğu blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri

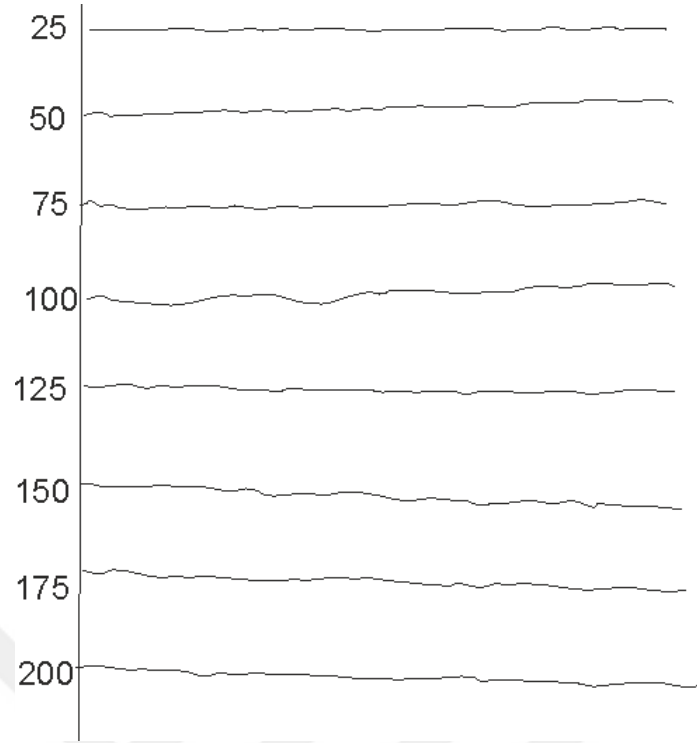




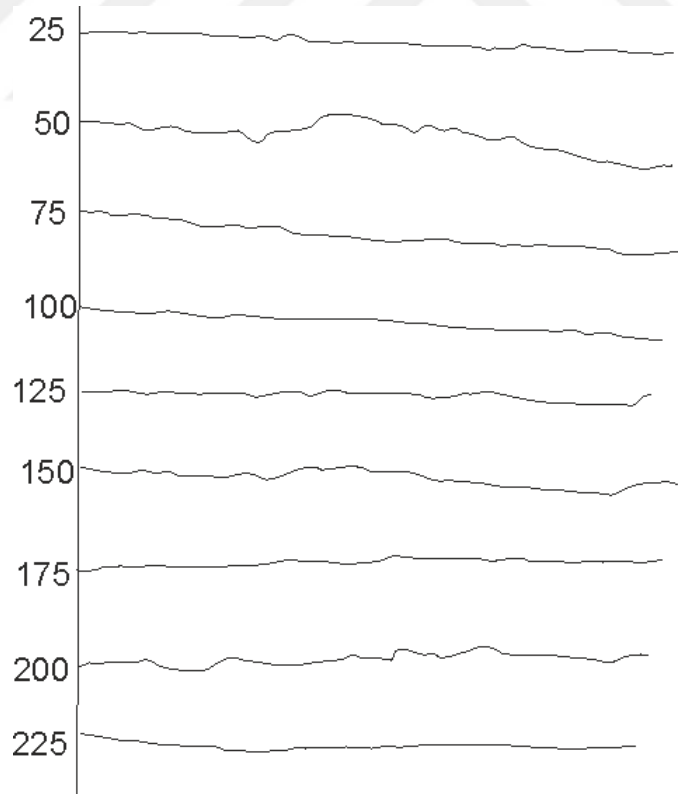
**Şekil 4.2** Kilise içerisi sunak bölgesi yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri



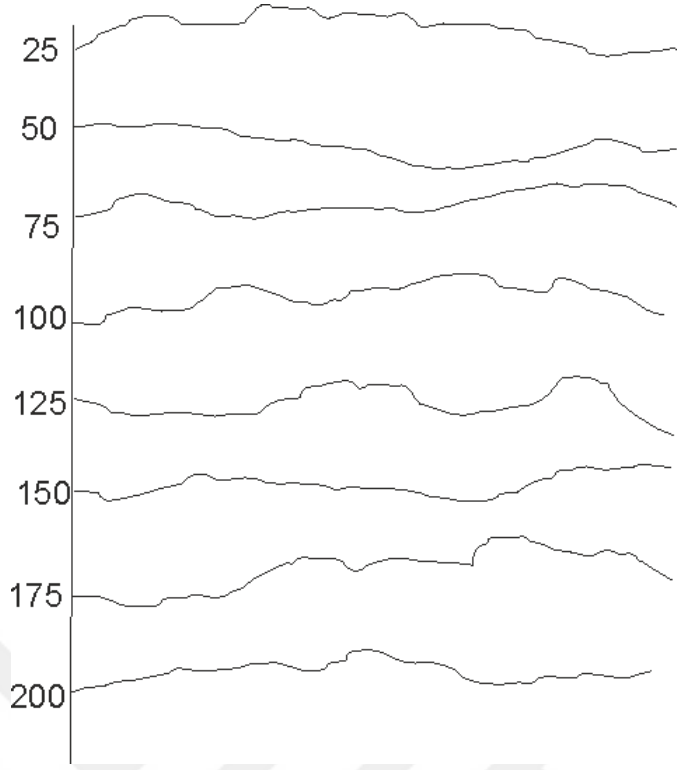
**Şekil 4.3** Kilise içerisi batı blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri



**Şekil 4.4** Kilise dışarısı yeni blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri



**Şekil 4.5** Kilise dışarısı eski blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri

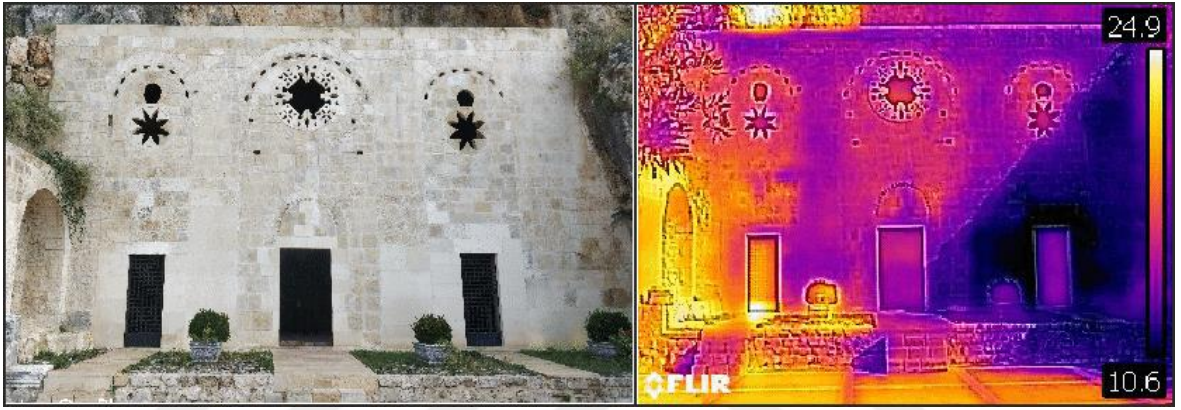


Şekil 4.6 Kilise dışarısı doğu blok yüzey pürüzsüzlüğü ölçümleri

### 4.3 Termal Özellikler

Bilindiği gibi tüm nesnelere bir termal enerji yayarlar. Termal enerji insan gözünün göremediği kızılötesi aralıkta yayılır. Termal kameralarla St. Pierre Kilisesi'nin termal fotoğrafları çekilmiştir. Termal çekimler 2 Aralık 2017 tarihinde 11:00-13:00 saatleri arasında, havanın yer yer bulutlu ve ortam sıcaklığının 15-16 °C olduğu bir zamanda yapılmıştır. Termal görüntüleme sonucu oluşan ölçümlerde kilise dışındaki duvar bölümündeki kayaların yüzey sıcaklıkları 10.6 ile 24.9 °C arasında değişmektedir (Fotoğraf 4.3.). Bu görüntüde daha sıcak olan bölümler güneş bakısındadır. Restorasyon taşlarının daha fazla nem tutması fotoğraflarda da belirgin olarak gözlenmektedir. Kilise içerisindeki doğu bölümde yapılan termal görüntüleme, 12.5 ile 18.7 °C arasında değişen değerler elde edilmiştir (Fotoğraf 4.4.). Burada da nemlilik ve damlamaya bağlı kesimler fotoğraflarda kolaylıkla farklılaşmaktadır. Yine kilise içerisinde batı bölümde yapılan termal görüntülemelerde 10.7 ile 16.9 °C arasında değişmekte (Fotoğraf 4.5.) olup, nispeten diğer kesimlere göre daha sorunsuz bir kesimi göstermektedir. Kilisenin kuzey kesimi sunak bölgesinde ise termal görüntüleme sonuçlarından 9.1 ile 15.3 °C arasında değişen değerler elde edilmiştir (Fotoğraf 4.6.). Yüzey kaplaması ve jeolojik değişimlere ve nemliliğe bağlı olarak değişkenlikler gözlenmektedir. Kilisenin daha uzak

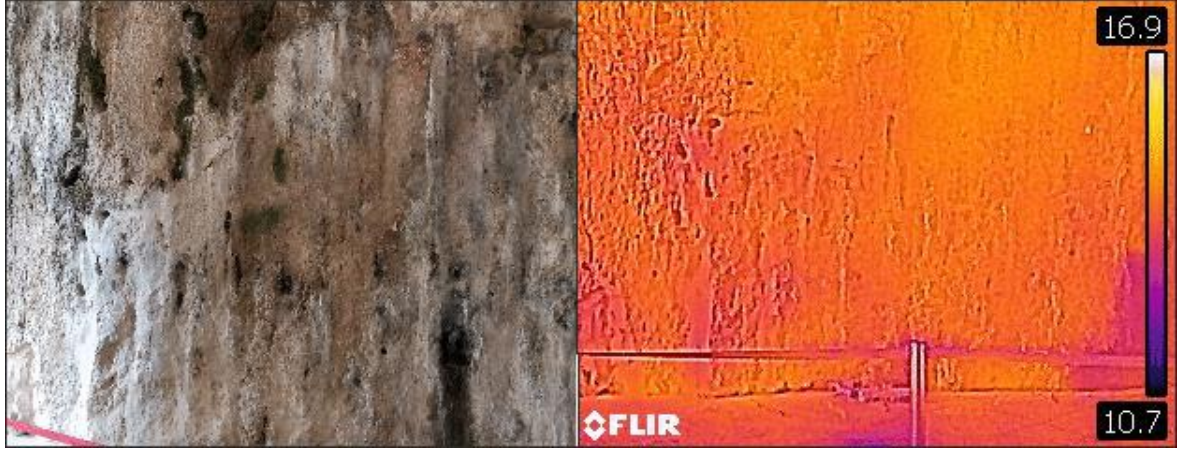
bölümünde kalan Kharon heykelin de yapılan termal görüntüleme de değerler (Fotoğraf 4.7) 9.1 °C ile 21.6 °C arasında değişmektedir. Burada da güneş bakışı yüksek sıcaklık alanlarını göstermektedir. Fotoğraflarda sıcaklığın genelde düşük olduğu alanlar, nemin fazla bulunduğu alanlar olup hem su kaynaklarının izlenin gözüktüğü hem de taşın nispeten farklı fiziksel özelliklere sahip olduğu alanları göstermesi açısından önemlidir. Bu bölümlerde nispeten bozunma etkileri diğer bölgelere nazaran nem etkileri nedeniyle daha fazla gelişeceğinden dolayı bölgesel olarak kolay bir şekilde belirlenebilmesi bu tür çalışmalar için termal çalışmaların önemli olduğunu göstermiştir.



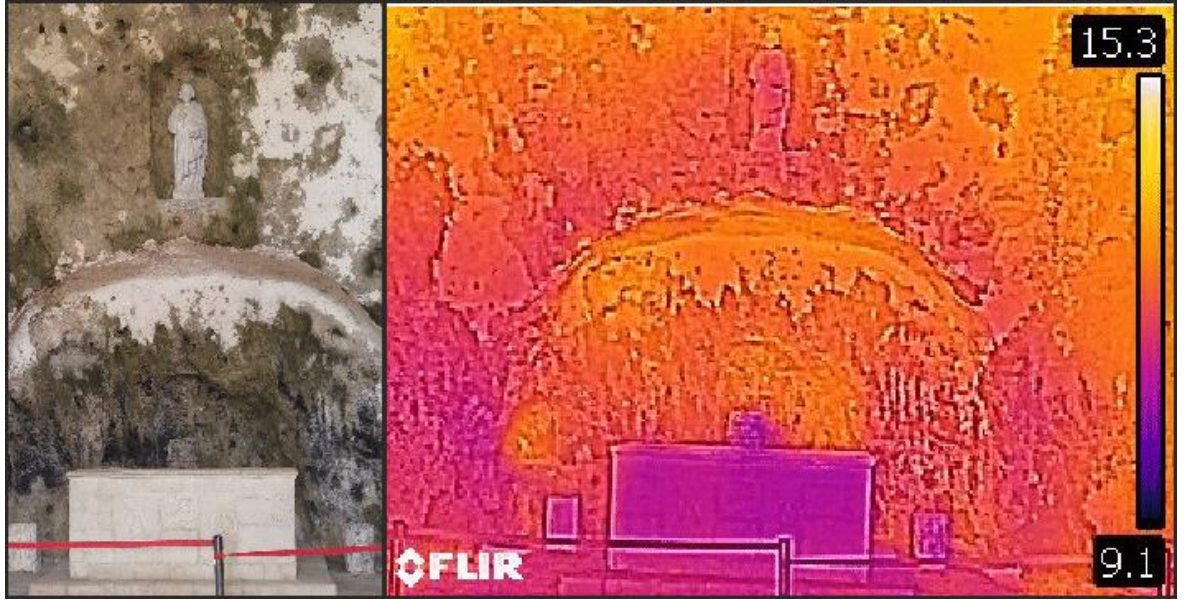
**Fotoğraf 4.3** Kilise dış duvarının termal görünümü



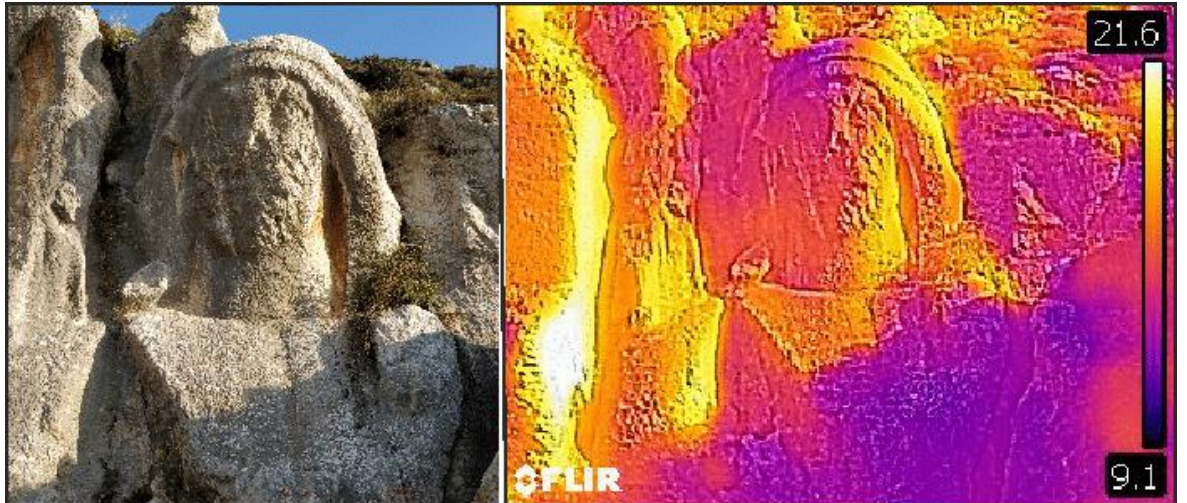
**Fotoğraf 4.4** Kilise içerisi doğu kesimini termal görünümü



**Fotoğraf 4.5** Kilise içerisi batı bölümünden alınan termal görünüm



**Fotoğraf 4.6** Kilise içerisindeki sunak bölgesinden alınan termal görünüm



**Fotoğraf 4.7** Kharon heykeline ait termal görünüm

## BÖLÜM V

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kilise yakınından ve Yayladağı (Şenköy) bölgesinden renkleri, tane yapıları birbirinden nispeten farklı özellikler sunan kireçtaşlarının petrografik, Jeokimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kilise yakın bölgesinden 4, restorasyonda kullanılmış olan Yayladağı (Şenköy) bölgesinden ise 1 kireçtaşı blok örnekleri alınmıştır.

Yöredeki kireçtaşları, kilisenin açıldığı karstik mağara ve sonradan kazılan kısımlar ile bölgedeki eski yerleşimlerde kullanılan önemli yapı malzemelerden biridir.

Bu çalışmada kilisenin açıldığı kesimdeki ve duvarda kullanılan kireçtaşlarının değişken özellikleri nedeniyle yer yer bozunmalar da gözlenmiştir. Bu blokların farklılıklarının mühendislik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla tahribatsız deney yöntemleri, jeokimyasal, fiziko-mekanik özellikleri yoğun deneysel yöntemler ile belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılardaki bozulma sürecinde nemin varlığı çok önemlidir. Eski blok ve restorasyon bloklar üzerinde yapılan nem ölçümlerinde restorasyon bloğunun nem oranı eski bloğa göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bloklar üzerinde yapılan Schmidt çekici sertlik indeksi kıyaslamasında ise eski blokların yeni bloklara göre daha yüksek değerlerde yüzey sertliğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan jeokimyasal ve petrografik incelemeler sonucu K1 örneğinin jeokimyasal analiz sonucunda çıkan CaO, MgO ve ince kesitlerinde yapılan incelemelerde çıkan kalsit ve dolomit içeriği göz önüne alındığında Folk (1959)'a göre "dolomitik kireçtaşı" olarak adlandırılmıştır. K2 ve K3 örneğine bakıldığında CaO içeriği yüksek, birincil ve ikincil kalsit mineralleri gözlenmiştir. K3 örneğinin mikritik kalsit oranı K2'den yüksek olduğu gözlemlenmiştir. K4 örneğinin CaO miktarı yüksek ve bolca iri kalsit mineralleri saptanmıştır. İkincil çatlak dolgusu olarak kalsit ve yer yer fosil kırıntıları gözlenmektedir. R örneğinin CaO içeriği yüksek, fosil içeriği diğer örneklere göre çok fazla ve ince kalsit kristalleri daha yaygındır.

İncelenen örnekler üzerinde yapılan birim ağırlık deneyleri sonucunda, kuru birim ağırlık değerleri  $21,80 \text{ kN/m}^3$  ile  $25,84 \text{ kN/m}^3$  arasında olup, NBG (1985)'e göre “düşük birim ağırlıklı kaya” sınıfına girmektedir. Su emme değerleri % 0,39 ile % 6,40 arasında değişmiştir. Yapıda ve restorasyonda kullanılmış kireçtaşlarının görünür porozite değerleri incelendiğinde ise % 1,03 ile % 12,21 arasında çok değişken bir aralıkta oldukları gözlenmiştir. Porozite değerleri açısından Tarhan (1989)'a göre sınıflandığında “çok boşluklu – oldukça boşluklu” sınıfında yer almaktadır.

İncelenen kireçtaşlarının P-dalga hızı değerlerinin oldukça değişken değerler sundukları belirlenmiştir. Bunda süreksizlikler ile boşluk ve dokusal özelliklerden kaynaklandığı düşünülmüştür. Örneklerin P-dalga hızı değerleri  $3820,19 \text{ m/sn}$  ile  $6178,10 \text{ m/sn}$  arasında değişmektedir. Elde edilen sonik hız değerlerinin ISRM (1978)'e göre yapılan sınıflandırmada “orta ve yüksek sonik hıza sahip kaya” olarak tanımlanır.

İncelenen kireçtaşlarının Schmidt çekicinden elde edilen geri tepme değerleri 33 ile 49 arasında değişmektedir. İncelenen bloklar ISRM (1987) Schmidt çekici sertlik değerlerine göre değerlendirildiğinde “sert kaya ve çok sert kaya” olarak sınıflandırılmıştır. İncelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı değerleri 399 ile  $578 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişmekte olup, ISRM (1981)'e göre, “düşük ve orta dirençli kaya”, Deere ve Miller (1966)'e göre, “düşük - orta dirençli kaya ” sınıflarında yer almaktadır.

İncelenen örneklerin kapiler su emme potansiyellerini belirlemek amacıyla yapılan kapiler su emme deneyleri sonucunda  $0,15$  ile  $3 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$  arasında değişen değerler elde edilmiştir. Kılcal su emme ortalamasının en düşük olduğu K4 örneğinin, Schmidt çekici sertlik indeksi ortalaması 49 olduğu gözlemlenmiştir. Sert yapılı, boşluk oranı düşük olan K4 örneğinin kılcal su emme katsayılarının düşük olduğu görülmüştür.

Restorasyonda kullanılan kayacın mühendislik özellikleri yanında renk ve dokusal olarak da nispeten farklı olması nedeniyle eski kayalar ile yeterince uyumlu olmadığı düşünülmektedir. Restorasyon kayacı nem tutma oranı ve boşluk oranı yüksek olup bu sebeplerden dolayı ileride daha erken bozulmalara sebep olacağı düşünülmektedir.

Restorasyon kayacı ihtiyacı için yakın alanlardaki kireçtaşı kaynak alanlarının araştırılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Yapının bulunduğu kesimin tektonik faaliyetlerin yoğun olduğu bölgede yer alması ve yüksek eğimli kesimlerdeki bloklu, çatlaklı süreksizliklerin duraylılıklarının izlenmesi önerilmiştir.





## KAYNAKLAR

Allen, C.R., Activ faulting in northern Turkey, *Division of Geological Stientes*, California Institute of Technology, California, 1969.

Antakya Belediyesi, İmar Planına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu, *Antakya Belediyesi, Rapor No:8*, Antakya, 2006.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F., “Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler”, *M.T.A Dergisi*, 78, 44-50, 1972.

Aslaner, M., İskenderun-Kırıkhan Bölgesindeki Ofiyolitlerin Jeoloji ve Petrografisi, *M.T.A. Enst. Yayınları*, Ankara, 1973.

Ateş, Ş., Keçer, M., Osmançelebioğlu, R. ve Kahraman, S., Antakya (Hatay) İl Merkezi ve Çevresinin Yerbilim Verileri, *M.T.A Rapor No: 10717*, Ankara, 2004.

Bağcı, U., Parlak, O. ve Hock, Volker., “Geochemistry and tectonic environment of diverse magma generations forming the crustal units of the kıızıldağ (Hatay) ophiolite, southern Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 43-71, 2008.

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, *Afet işleri Genel Müdürlüğü*, Deprem Verileri Ankara, 2005.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem verileri, İstanbul, 2005.

Boulton, S.J., Robertson, A.H.F. ve Unlüğenç, Ü.C., “Tectonic and sedimentary evolution of the Cenozoic Hatay Graben, Southern Turkey: a two-phase, foreland basin then transtensional basin mode”, *Geological Society, Special Publications*, 260(1), 613-634, 2006.

Boulton, S.J., Robertson, A.H.F., Ellam, R.M., Şafak, Ü. and Ünlüğenç, U.C., “Strontium isotopic and micropalaeontological dating used to help redefine the

stratigraphy of the neotectonic Hatay graben, southern Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 141-179, 2007.

Brown, E.T., Rock characterization, testing and monitoring, *International Society for Rock Mechanics by Pergamon Press*, New York, 1981.

Çoğulu, H.E., “Hatay bölgesinde ultrabazik tektonitler ve tabakalı peridotitler”, *M.T.A Dergisi*, 83, 185-193, 1974.

Çoğulu, H.E., “Hatay-Kızıldağ masifinin oluşumu hakkında yeni buluşlar”, *Cumhuriyet’in 50. yılı Yerbilimleri Kongresi*, Ankara, 409-421, 1973.

Deere, D.U. ve Miller, R.P., Engineering classification and index properties for intact rock, *Air Force Weapons Lab Technical Report, Rapor No: AFWL-TR-65-116*, Kirtland Air force Base, New Mexico, 1966.

Delaloye, M., Pişkin, Ö., Voldet, P., Vuagnat, M. ve Wagner, J., “Rare Earth element concentrations in mafics from the Kızıldağ ophiolite (Hatay,Turkey)”, *Schweiz. Min. Pet. Mitt.*, 59, 67-73, 1979.

Delaloye, M., Vuagnat, M., Wagner, J. ve Selçuk, H., “Geological section through the Hatay ophiolite along the Mediterranean Coast, Southern Turkey”, *Ofioliti*, 5, 205-216, 1980.

Derman, A.S., Antakya (Hatay) Civarı Stratigrafi ve Jeolojisi, *T.P.A.O. Rapor No: 1513*, Ankara, 1979.

Dinçer, İ., Özvan, A., Akın, M., Tapan, M. ve Oyan, V., “İgnimbiritlerin Kapiler Su Emme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi: Ahlat Taşı Örneği”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 17(2), 64-71, 2012.

Doğan, U. ve Koçyiğit, A., Samandağ (Hatay) kıyı kuşağında deniz seviyesi değişiminin izleri ve aktif tektonik ile ilişkisi, Doğu Akdeniz, *Türkiye, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 13. Çalıştayı*, Çanakkale, 1-16, 08-11 Ekim 2009.

Dubertret, L., Géologie des roches vertes du nord-ouest de la Syrie et du Hatay (Turquie). Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient, *Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 1953.

Ege, İ., “Saint pierre (kilisesi) mağarası (Antakya/Hatay)”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(16), 165-188, 2015.

Ege, İ., Amik Ovası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, *Doğu Mat Grup Yayınları*, Malatya, 2014.

Ergüvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi, *İ.T.Ü Gümüşsuyu Matbaası*, İstanbul, 1975.

Folk, R.L., Practical Petrographie Classification of Limestones: *A.A.P.G. Bull* 43, 1-38, 1959.

Gamble, J.C., Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks, PhD Thesis, *University of Illinois*, Illinois, 1971.

Goodman, R. E., Introduction to Rock Mechanics. 2nd Edition, *John Wiley & Sons*, New York, 1989.

Herece, E., Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, *M.T.A Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2008.

Jackson J. and McKenzie D., “The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East”, *Geophysical Journal*, 93, 45-73, 1988.

Kahraman, S. “Estimating the direct p-wave velocity value of intact rock from indirect laboratory measurements”, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 39(1), 723,728, 2002.

Kahraman, S., Fener, M. and Gunaydin, O., “Predicting the Schmidt hammer values of in-situ intact rock from core sample values”, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 39, 395-399, 2002.

Kavuzlu, M., Altinöz (Antakya) ve yakın civarının tektono-stratigrafisi, Yüksek Lisans Tezi, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 23, 2006.

Kaya, S. ve Kıyılı, R., “Antakya’da ortaçağ’da meydana gelen doğal âfet ve salgın hastalıklara bir bakış”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 6(12), 403-418, 2009.

Korkanç, M., “İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı 66, Cilt 31 (1), 49-60., 2007.

Korkmaz, H., “Antakya’da zemin özellikleri ve deprem etkisi arasındaki ilişki”, *A.Ü. TCAUM Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(2), 47-65, 2006.

Korkmaz, H., “Antakya’da zemin özellikleri ve deprem etkisi arasındaki ilişki”, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4(2), 47-65, 2006.

Küçükkaya, A.G., Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 1995.

Le Pichon, X. and Angelier, J., “The Hellenic arc and trench system: A key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area”, *Tectonophysics*, 60, 1-42, 1979.

Lom, N., Antakya ve çevresindeki aktif fayların araştırılması ve haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s.17-19, 2011.

McKenzie, D., “Active tectonics of the Mediterranean region”, *Geophysical Journal of Royal Astronomy Society*, 30, 109-185, 1972.

McNally, G.H., Soil and rock construction materials, First Published, *CRC Press*, London and New York, 1998.

Mol, L. and Preston, P.R, “The writing’s in the wall: a review of new preliminary applications of electrical resistivity tomography within archaeology”, *Archaeometry*, 52, 1079-1095, 2010.

Över, S., Kavak, K. Ş., Bellier, O. and Özden, S., “Is the Amik Basin (SE Turkey) a triple-junction area? Analyses of SPOT XS imagery and seismicity”, *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3857–3872, 2004.

Över, S., Kavak, Ş., Bellier, O. ve Özden, S., “Is the Amik Basin (SE Turkey) a triplejunction area Analyses of SPOT XS imagery and seismicity”, *International Journal of Remote Sensing*, 25:19, 3857-3872, 2014.

Över, S., Ünlügenç, U. C. ve Özden, S., “Hatay bölgesinde etkin gerilme durumları”, *Yerbilimleri*, 23, 1-14, 2001.

Özmen, B., Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem katalogunun bölgesel düzenlenmesi, *Türkiye Deprem Vakfı*, İstanbul, 2000.

Özşahin, E., “Antakya’da (Hatay) Yer seçiminin jeomorfolojik özellikler ve doğal risk açısından değerlendirilmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(23), 1-16, 2010.

Özşahin, E., “Coğrafi bilgi sistemleri (cbs) ve analitik hiyerarşi süreci (ahs) kullanılarak Antakya (Hatay) şehri’nde kütle hareketleri duyarlılığının değerlendirmesi”, Ege *Coğrafya Dergisi*, 23(2), 19-35, 2014.

Postacıoğlu, B., Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton. Cilt 1-2, *Teknik Kitaplar Yayınevi*, İstanbul, 1987.

Saban, 2010, Saban, Ö., “Hatay ili merkezinin antakya belediye sınırları içerisinde zeminin “kırılma mikrotremor (remi)” yöntemi ile incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *M.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, s. 6, 2010.

Selçuk, H., Etude geologique de la partie meridionale du Hatay (Turquie), Doktora Tezi, *Univ. Geneve, Fac. Science*, Cenevre, s. 116, 1981.

Selçuk, H., Kızıldağ-Keldağ Hatay dolayının jeolojisi ve jeomorfolojik evrimi, *MTA Rapor no. 7787*, Ankara, 1985.

Siegesmund, S., Stück, H. and Rüdrieh, J., “Weathering behaviour and construction suitability of dimension stones from the Drei Gleichen area (Thuringia, Germany)”, *Environ Earth Sci*, 63, 1763-1786, 2011.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri, *M.T.A, Rapor No: 8174*, Ankara, 1987.

Şengör, A.M.C., “The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance”, *J. Geol. Soc. London*, 136, 269-282, 1979.

Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, *KTÜ Genel Yayın*, Trabzon, 1989.  
Tarı, U., Tüysüz, O., Genç, C.S., Lom, N. and Tekeşin, Ö., “Evolution Of The Hatay Graben, Southern Turkey: Evidence From Morphology And Structural Data”, *European Geosciences Union General Assembly*, Vienna, Austria, 03-08 April, 2011.

Tekeli, O. ve Erendil M., “Kızıldağ ofiyolitinin Jeoloji ve Petrolojisi”, *M.T.A Dergisi*, 107, 33-49, 1986.

Tekeşin, Ö., “Hatay (Antakya)-Samandağ arasındaki neotektonik dönem yapılarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İ.TÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 40-42, 2011.

Tomašić, I., Lukić D., Peček N. and Kršinić A., “Dynamics of capillary water absorption in natural stone”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 70, 673–680, 2011.

Topal, T. and Doyuran, V., “Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff”, *Engineering Geology*, 47, 175-187, 1997.  
TS 699, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1987.

TS EN 1925, Doğal taşlar- Deney metotları- Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2000.

Tüysüz, O., Genç, Ş.C., İmren, C.ve TARI, U., Asi Nehri ve Samandağ Kıyılarındaki Nehir ve Deniz Taraçaları ile Bunların Güneydoğu Anadolu'nun Neotektoniğindeki Yeri, *TÜBİTAK, Proje No: 109Y128*, 2012.

Ulusay, R. and Hudson, J.A., The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006, *International Society for Rock Mechanics*, Ankara, 2007.

Üsküplü, S., “Hatay ili ve yakın çevresi için deprem senaryolarının CBS içerisinde hazırlanması ve bu senaryoların tarihsel depremler ile karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, s. 23, 2012.

Yıldız, H. ve Taptık, M. A., Hatay İlinin Jeolojisi, *M.T.A Genel Müdürlüğü*, Adana, 2003.

Yılmaz, Y., Amanos Dağlarının Jeolojisi III, *İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi*, İstanbul, 1984.

Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, Ş.C., “Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağının batı kesimlerinin jeolojik evrimi”, *Ozan Sungurlu Sempozyumu*, 356-365, 1991.

## İnternet kaynakları

URL.1 <https://depem.afad.gov.tr/depemdeta?eventID=400170> ,22 Nisan 2019.

URL.2<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=HATAY> , 11 Mayıs 2019.

URL.3 <http://www.hatay.gov.tr/sosyal-ve-cografi-durum> ,12 Şubat 2018.

URL.4 [https://tr.wikipedia.org/wiki/Asi\\_Nehri](https://tr.wikipedia.org/wiki/Asi_Nehri) , 12 Şubat 2018.

URL.5 <http://hatay.gov.tr/iklim> , 12 Şubat 2018.

URL.6 <http://www.hatay.gov.tr/bitki-ortusu> , 12 Şubat 2018.

<http://gezilecekyerler.com/saint-pierre-kilisesi/> ,12/02/2018, 17:05



## ÖZ GEÇMİŞ

Mişel KABACA. 21.10.1994 tarihinde İskenderun'da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini İskenderun'da tamamladı. Niğde Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne 2012 yılında başlayıp 2016 yılında mezun oldu. Aynı yıl Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. Mart 2018 ve Haziran 2018 arasında Wroclow Üniversitesi'nde Erasmus Stajı yaptı. Halen çalışmalarına devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.



