

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KONYA KAYA OYMA YAPILARINDAKİ BOZULMALARIN TAHRİBATSIZ
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

FATMA ÖZER

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA KAYA OYMA YAPILARINDAKİ BOZULMALARIN
TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Fatma ÖZER

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez 25/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN
BAŞKAN (DANIŞMAN)

.....
Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. Mehmet SÖYLEMEZ
ÜYE

.....
Prof. Dr. Ramazan GÜRBÜZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: MÜFYL/2017-0001

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA KAYA OYMA YAPILARINDAKİ BOZULMALARIN TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Fatma ÖZER

Adıyaman Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN

Yıl: 2017, Sayfa sayısı: 47

Jüri : Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

Yrd. Doç. Dr. Mehmet SÖYLEMEZ

Bu çalışmada, yerinde hasarsız testlerle Kilistra antik kentindeki Şapel ve Papaz evinin oyulduğu kayada atmosferik etkilerin kayacın mühendislik özelliklerinde meydana getirdiği değişimler araştırılmıştır.

Bu amaçla Konya ilinin 35 km güneybatısında yer alan Kilistra antik kentinin oyulduğu kayacın örneği belirlenerek bu örneğe ait yeterli miktarda blok numune laboratuara getirilmiştir. Belirlenen örnekte yapılacak fiziksel ve mekanik deneyleri ile dokusal özelliklerin incelenmesi için bloklardan ilgili standartlara uygun numuneler hazırlanmış ve incelemeleri yapılmıştır.

Kayacın laboratuarda fiziksel özelliklerinden; porozite, ağırlıkça su emme, P dalgası yayılma hızı, kapiler su emme değeri belirlenmiştir. Örneğin mekanik özelliklerinden; tek eksenli sıkışma dayanımı, Schmidt çekici sertlik değeri incelenmiştir.

Kilistra antik kentinde yer alan şapel ve papaz evinin ön cephesindeki bozulmalar tahribatsız testlerden Schmidt çekici, termal kamera, P dalga hızı ve bağıl nem ölçümüyle incelenmiştir. Tahribatsız testlerle ölçümler nemli ve kurak dönem olmak üzere iki dönemde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan noktalar yapıların ortofotoğrafı üzerine işaretlenerek surfer programı yardımıyla bozulma haritaları hazırlanmıştır. Hazırlanan bozulma haritaları ve saha gözlemleri doğrultusunda yapıların alt seviyelerindeki bozulmanın kapiler yükselme sonunda yoğunlaştığı; üst seviyelerdeki bozulmaların ise özellikle kış dönemindeki biriken karın erime süreciyle doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hasarsız testler, bozulma, Kilistra antik kenti, kültürel miras

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF DETERIORATIONS IN ROCK CARVING STRUCTURES IN KONYA, USING NON-DESTRUCTIVE TESTS

Fatma ÖZER

Adiyaman University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN
Year: 2017, Number of pages: 47
Jury : Assoc. Prof. Dr. İbrahim Özgür DENEME
Asst. Prof. Dr. Mehmet SÖYLEMEZ

In this study, atmosphere-based alterations in engineering properties of rocks, in which Chapel and Clergy House were carved in Kilistra Antic City, were investigated by means of non-destructive tests.

For this purpose, rock types in which Kilistra Antic City (located 35 kms to the southwest of Konya) was carved were determined and sufficient amounts of rock blocks were conveyed into the laboratory. Samples complying with the related standards were prepared to be used in physical and mechanical tests and for textural inspections.

Of the physical characteristics of the rock, porosity, water absorption by weight, P wave velocity and capillary water absorption values were tested in laboratory. And of the mechanical characteristics, uniaxial compressive strength and Schmidt rebound hammer test values were determined.

Deteriorations on the front facades of the chapel and clergy house were determined using Schmidt hammer, thermal camera, p wave velocity and by means of relative humidity measurement which are known as non-destructive tests. Measurements in these tests were conducted in two periods being humid and arid periods. Spots that were measured were marked on the orthophotographs of the buildings and deterioration maps were prepared using the program Surfer. Deterioration maps and field observations indicated that deteriorations at lower levels intensified as a result of capillary rise of water and those at higher levels were directly related with melting process of snow accumulated in winter.

Key Words: Non-destructive tests, weathering, Kilistra ancient city, cultural heritage

TEŞEKKÜR

Adıyaman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamlamıő olduğum bu çalışmada, baőta konu seçimi olmak üzere, ders aőamasından tezin bitimine kadar geçen süre içerisinde bilimsel ve teknik tecrübeleriyle beni destekleyen ve yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman GÜNAYDIN'a teşekkür ederim.

Çalıőmamın baőından sonuna kadar hiçbir şekilde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen Sayın Arő. Gör. Dr. İsmail İNCE' ye teşekkür ederim. Çalışmada yer alan yapıların ortofotolarını hazırlamamda yardımlarını gördüğüm Arő. Gör. M. Ergün HATIR ve Arő. Gör. M. Bahadır TOSUN'a teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan kayaçların ince kesit araőtırmalarında yardımcı olan Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim elemanı Yrd. Doç. Dr. Gürsel KANSUN' a teşekkür ederim.

Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalıőmayı, hayatım boyunca benden hiçbir şekilde emeğini esirgemeyen baőta annem, babam ve kardeőlerime itaf ediyorum.

Fatma ÖZER
Adıyaman-2017

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1.GİRİŞ	1
1.1. Kilistra Antik Kenti.....	2
1.2. Yapıların Mimari Özellikleri.....	3
1.3. İnceleme Alanın Tanımı ve Jeolojisi.....	4
1.3.1. Erenkaya ignimbiriti.....	5
2.KAYNAK ÖZETLERİ	7
3.MATERYAL VE METOT	9
3.1. Arazi Çalışmaları	9
3.1.1. Petrografik örnekleme ve blok örnek derleme	9
3.1.2. Tahribatsız testler	9
3.1.2.1. Schmidt çekici ile sertlik belirleme	10
3.1.2.2. Bağıl nem ölçümü	11
3.1.2.3. P dalga hızı ölçümü	11
3.1.2.4. Termal Görüntü	12
3.2. Laboratuar Çalışmaları.....	12
3.2.1. Numune hazırlama	13
3.2.1.1. Jeomekanik deneyler için numune hazırlama	13
3.2.1.2. Petrografik analiz için numune hazırlama.....	14
3.2.2. Laboratuar deneyleri.....	14
3.2.2.1 İndeks özellikler	14
3.2.2.1.1. Yoğunluk deneyi	14
3.2.2.1.2. Kuru yoğunluk deneyi.....	15
3.2.2.1.3. Görünür gözenekliliğin tayini	16
3.2.2.1.4. Ağırlıkça su emme deneyi.....	16

3.2.2.1.5. Ultrasonik hız deneyi ile P dalga hızının belirlenmesi.....	17
3.2.2.1.6. Kapilarite deneyi	18
3.2.2.2. Dayanım özellikleri	19
3.2.2.2.1. Tek eksenli sıkışma dayanımının belirlenmesi	19
3.3. Büro Çalışması	20
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1. Erenkaya İgnimbiritinin İndeks – Dayanım Özellikleri.....	21
4.2. Tahribatsız Test Verileri	22
4.2.1. Şapel'in tahribatsız test ölçümleri	22
4.2.1.1. Bağlı nem ölçümleri	22
4.2.1.2 Schmidt çekici sertlik değeri ölçümleri.....	26
4.2.1.3. Ultrasonik hız ölçümleri.....	27
4.2.1.4 . Termal görüntüsü	30
4.2.2. Papaz evinin tahribatsız test ölçümleri.....	31
4.2.2.1.Bağlı nem ölçümleri	31
4.2.2.2. Schmidt çekici sertlik değeri ölçümleri.....	34
4.2.2.3. Ultrasonik hız ölçümleri.....	37
4.2.2.4. Termal görüntüsü	38
4.3. Tarihi Yapılarda Gözlenen Bozulma Türleri	40
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan taze numunelerin indeks ve mekanik özellikleri.....	21
Çizelge 4.2. Şapel’den yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen bağıl nem değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, BND: Bağıl nem değeri)	23
Çizelge 4.3. Şapel’den yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, SHH: Schmidt çekici sertlik değeri).....	27
Çizelge 4.4. Şapel’den yaz döneminde belirlenen noktalardan ölçülen ultrasonik hız değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, Vp: Ultrasonik hız değerleri-m/s)	28
Çizelge 4.5. Papaz evinin yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen bağıl nem değerleri (Ö.N: ölçüm noktası, BND: Bağıl nem değeri)	32
Çizelge 4.6. Papaz evinden yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, SHH: Schmidt çekici sertlik değeri).....	35
Çizelge 4.7. Papaz evinden yaz döneminde belirlenen noktalardan ölçülen ultrasonik hız değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, Vp: Ultrasonik hız değerleri-m/s)	37

Şekil 1.1. Kilistra antik kentindeki yapılardan bazı örnekler; a) genel görünüm, b) ev, c) mezarlar, d) sarnıç, e) yollar	2
Şekil 1.2. Kilistra antik kentinde incelenen yapılar; a) Şapel genel görünümü, b) Şapel planı(Özkan 2001), c) Papaz evi genel görünümü.....	3
Şekil 1.3. İnceleme alanının numune lokasyon haritası.....	4
Şekil 1.4. Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası	5
Şekil 1.5. Erenkaya ignimbiritinin görünümü; a) makroskobik görünümü, b) ince kesit görünümü (Plj: plajiyoklas, K: kayaç parçası, A: amfibol, Vc:volkanik cam) (çapraz nikel)	6
Şekil 3.1. Yapıların ön cephelerinin ortofotoğrafları ve oluşturulan gridler; a) Şapel, b) Papaz evi	10
Şekil 3.2. Yapı ön duvarında Schimdt çekici sertliği ölçümü.....	11
Şekil 3.3. Arazide bağıl nem ölçümü	12
Şekil 3.4. Arazide P dalga hızı ölçümü	12
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan termal kameranın görünümü	13
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan numunenin kılcal su emme grafiği.....	22
Şekil 4.2. Şapel'in bağıl nem haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi.....	24
Şekil 4.3. Şapel'in ön cephesinde gözlenen çatlak	25
Şekil 4.4. Şapel'de değişik dönemlere ait kapiler su yükselim seviyelerinin izleri.....	26
Şekil 4.5. Şapel'in Schmidt çekici sertlik haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi	29
Şekil 4.6. Şapel'in yaz dönemi için P dalga hızı haritası.....	30
Şekil 4.7. Şapel'in termal haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi.....	31
Şekil 4.8. Papaz evinin bağıl nem haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi.....	33
Şekil 4.9. Papaz evinin ön cephesinde gözlenen çatlaklar	34
Şekil 4.10. Papaz evinin Schmidt çekici sertlik haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi..	36
Şekil 4.11.Papaz evinin yaz dönemi için P dalga hızı haritası.....	38
Şekil 4.12. Papaz evinin termal haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi	39
Şekil 4.13. Yapılarda biyolojik aktivite ürünleri, a) alg ve likenler, b) büyük bitki	40
Şekil 4.14. Yapılarda gözlenen bozulma türleri a) kayaç kopması, b) çatlak, c) çiçeklenme, d) kavlama	41

SİMGELER VE KISALTMALAR

- A* : Amfibol
: Numune yüzeyin alanı
: Suya batırılmış yüzeyin alanı
: Ağırlıkça su emme oranı
- B* : Biyotit
- BND* : Bağlı nem değeri
: Kayacın anizotropi düzlemine dik kapilerite değeri
- D* : Karot çapı
- D-Ç* : Donma-Çözülme
- I-K* : Islanma-Kuruma
- K* : Kayaç parçası
- L* : Karot boyu
- M* : Numunenin doğal kütlesi
: Numunenin su emmiş kütlesi
: Numunenin kuru kütlesi
: Numunenin doygun kütlesi
: Porozite
- NDT* : Tahribatsız Testler
- Ö.N.* : Ölçüm noktası
: Yenilme anındaki yük
- P* : Birincil dalga hızı
- Plj* : Plajiyoklas
- PLT* : Nokta yük dayanım indeksi
- SHH* : Schmidt çekici sertlik değeri
: Numunenin su emmesinin ölçüldüğü süreler
- TK* : Tuz kristalleşmesi
: P dalgasının ölçülen yayılma zamanı
- UCS* : Tek eksenli sıkışma değeri
- V* : Numunenin hacmi
- Vc* : Volkanik cam

V_P : P dalgasının yayılma hızı

V_P : Ultrasonik hız değerleri

V_v : Boşlukların hacmi

ρ : Yoğunluk

ρ_k : Kuru yoğunluk

ρ_w : Suyun yoğunluğu

σ_c : Örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı

$\sigma_{c(50)}$: 50 mm çapındaki karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı

1. GİRİŞ

Yerkabuğunu oluşturan kayaçları insanlar geçmişten günümüzedeki yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Yapı malzemesi olarak kullanılan kayaçlar, hidrosferik ve atmosferik olaylardan doğrudan veya dolaylı temasa maruz kaldığında değişimler gösterirler. Bu değişimler bozulma olarak tanımlanır. Genel anlamıyla bozulma, kayaç yapısında, ortam koşullarının etkisiyle genellikle yavaş ilerleyen, mühendislik açısından önemli problemler doğuran fiziksel mekanik olaylar bütünü olarak tanımlanır (Tuğrul 1995).

Bozulma süreci sonrası yapı taşının dokusal özelliklerinde meydana gelen değişimler kayacın fiziksel, mekanik ve aşınma parametrelerinde önemli değişimlerin oluşmasına neden olur. Bu da yapı malzemesinin kullanım süresinde azalmalara neden olmaktadır.

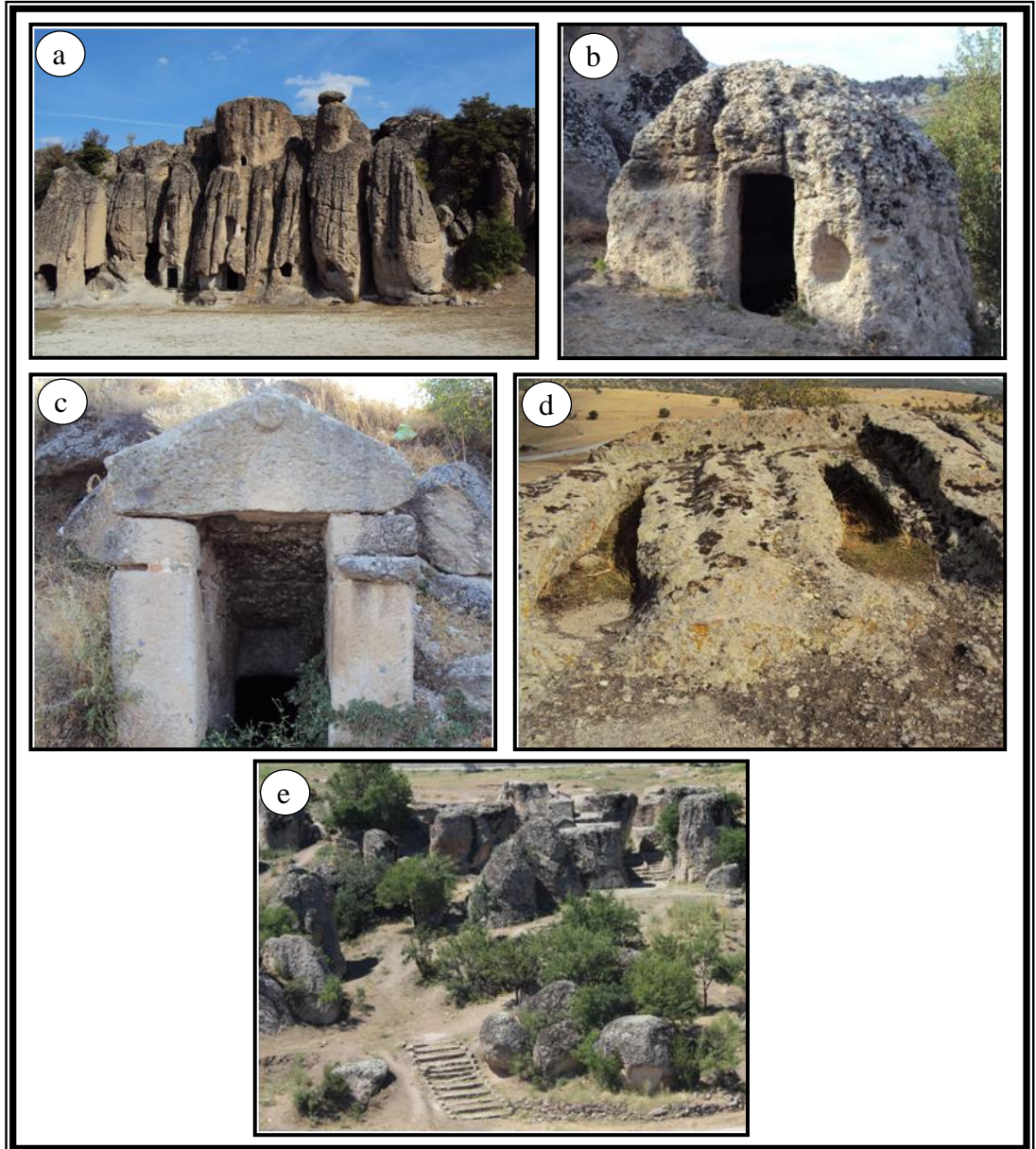
Geçmişten günümüze miras kalan anıtsal yapılarda, atmosferik olaylardan etkilenme süresinin uzamasıyla doğrultulu olarak zararlar, endişe verici düzeylere ulaşabilmektedir. Yapı taşlarında zamanla oluşan hasarların bilimsel olarak tespit edilmesi, tanımlanması, değerlendirilmesi, hasar miktarının ölçülmesi ve sınıflandırılması etkili ve ekonomik olarak anıtsal eserlerin korunması için alınması gereken önlemlerdir. Anıtlardaki bozulmaların miktarlarının belirlenmesi, anıtların bozulma haritalarının hazırlanması yenilikçi bir hasar değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemde, kayaç türlerinin, bozulma türlerinin ve bozulma miktarlarının belirlenmesinde tahribatsız testler önem kazanmaktadır.

Bu testler tüm kayaç türlerinde ve tüm taştan yapılmış anıtlarda uygulanabilir. Bu kültürel eserlerin taş malzemedeki yapılmış yüzeyleri hakkında detaylı bilgi toplamamızı sağlar. Elde edilen bilgiler, bilgisayar programları aracılığıyla bozulma haritalarına dönüştürülür. Daha sonra oluşturulan bozulma haritaları, anıtsal eserlerin korunması ve restorasyonunda önemli altlıklar olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; Kilistra bölgesinde Erken-Geç Bizans dönemine ait kayaya oyulmuş yapılarda atmosferik olayların meydana getirdiği bozulmalar, tahribatsız testler yardımıyla tespit edilmiş ve bozulma haritaları hazırlanmıştır. Hazırlanan bozulma haritaları yorumlanarak bozulmaların yoğunlaştığı bölgeler tespit edilmiştir. Anıtların gelecek nesillere aktarılabilmesi için alınması gereken önlemler vurgulanmıştır.

1.1. Kilistra Antik Kenti

Kilistra Antik Kenti, Konya ilinin 35 km güneybatısında yer alan Gökyurt mahallesinde bulunur. Bölge, Erken Bizans döneminde 5 farklı lokasyonda proklastik kayalara oyularak oluşturulan kilise, şapel, ev, gözetleme kulesi, mahsen, mezarlar, antik yollar ve su yapılarından oluşur (Mimiroğlu 2005)(Şekil 1.1).

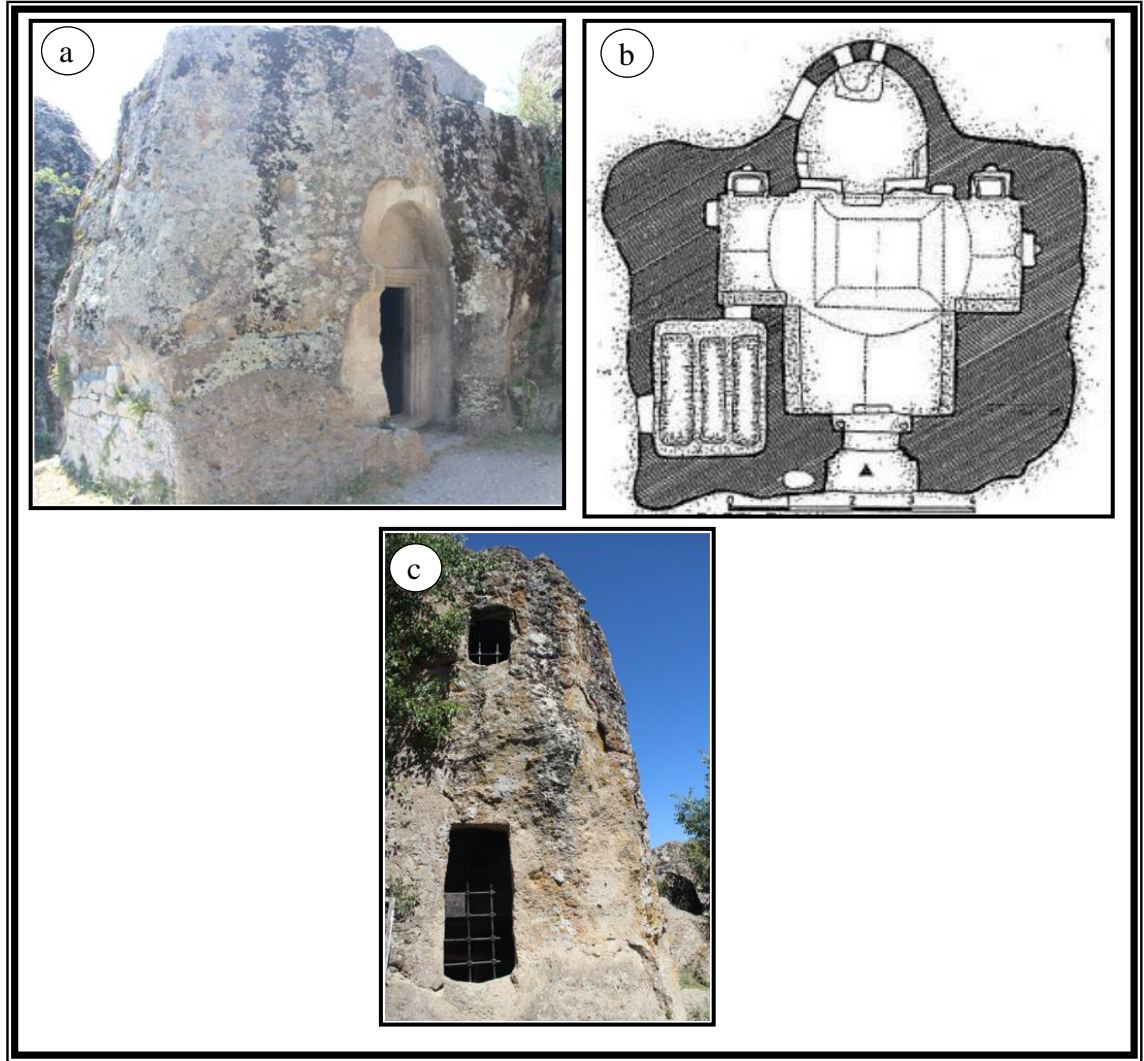


Şekil 1.1 Kilistra antik kentindeki yapılardan bazı örnekler; a) genel görünüm, b) ev, c) mezarlar, d) sarnıç, e) yollar

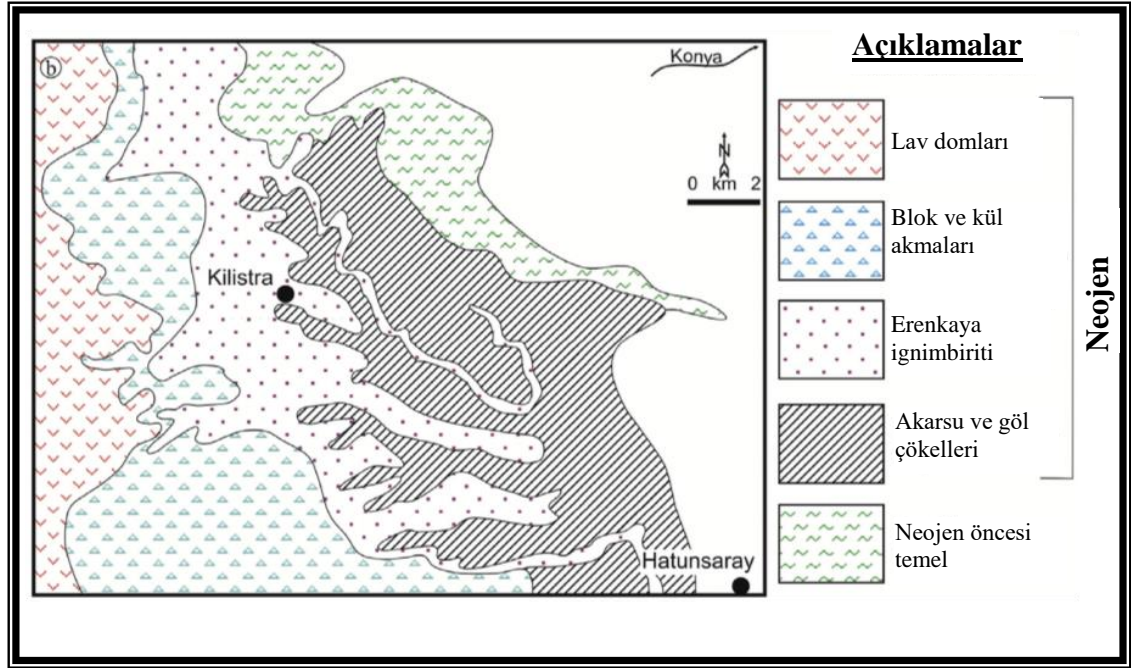
1.2. Yapıların Mimari Özellikleri

Bu bölümde, Kilistra antik kentinde incelenecek yapıların genel mimari özellikleri verilmiştir.

Gökyurt mahallesinin doğusundaki bölgede yer alan Şapel, 7-10yy.' lar arasına tarihlenmektedir. Şapel doğu-batı doğrultulu, serbest haç planlı olup; apsis, naos, kose mezar odası ve giriş bölümleri yer alır (Şekil 1.2.a,b)(Özkan 2001). Şapelin karşısında yer alan papaz evi 2 katlı düzgün dikdörtgen geometrik bir yapı olarak planlanmıştır. Yapının ikinci katına geçiş birinci katta bulunan kesiti dairesel bir boşluktan sağlanmaktadır. İkinci katta ana kayadan oyma yatak sekisi yer almaktadır.



Şekil 1.2 Kilistra antik kentinde incelenen yapılar; a) Şapel genel görünümü, b) Şapel planı(Özkan 2001), c) Papaz evi genel görünümü



Şekil 1.4 Çalışma alanının basitleştirilmiş jeoloji haritası (Keller vd. 1977'den değiştirilerek alınmıştır)

1.3.1. Erenkaya ignimbiriti

Çalışmada kullanılan örnek Konya bölgesinde erenkaya ignimbiriti olarak adlandırılan kaya biriminden alınmıştır.

Konya bölgesinde yer alan volkano - tortul istif ilk olarak Göğer ve Kıral (1969) tarafından "Dilekçi formasyonu" içinde "Küçükmuhsine aglomera üyesi" ve "Erenkaya üyesi" şeklinde iki bölüme ayrılmış ve adlandırılmıştır. Keller ve diğ (1977)'de yaptıkları çalışmada Erenkaya üyesini Erenkaya ignimbiriti olarak adlandırmışlardır. Bu çalışmada da bu adlandırma kullanılmıştır.

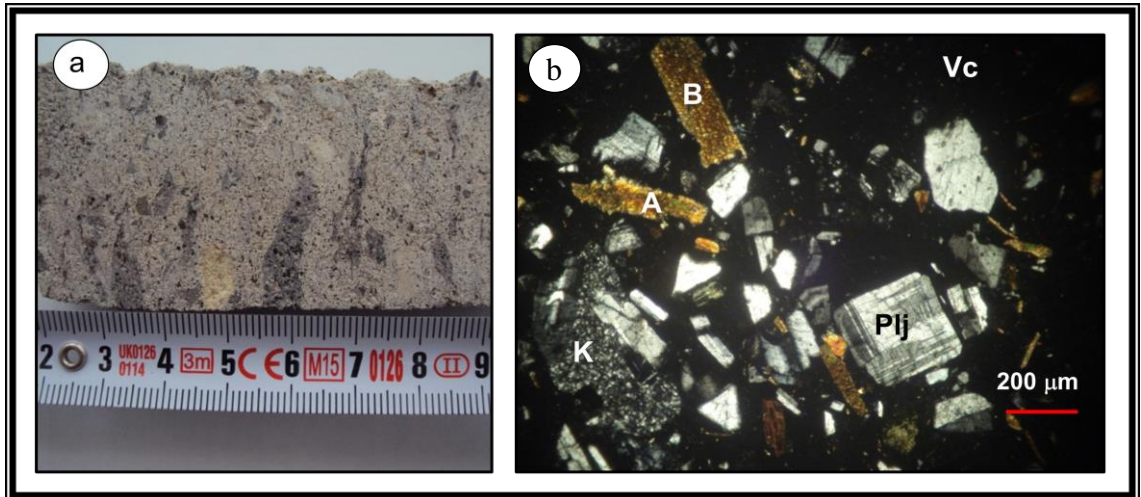
Birim, Kilistra antik kentinin çevresinde yaygın olarak gözlenmektedir. Birim, genelde gri ve açık gri renkli tuf ve ignimbirit seviyelerinden oluşur. Birimin yaşı Geç Miyosen - Erken Pliyosen'dir (Eren 1993).

Gri-açık gri renkli gözlenen kayaç, genelde orta yer yer ince tanelidir (Şekil 1.5.a). Makro gözlemlerinde kayaç içerisinde pomza taneleri, plajiyoklas, amfibol ve biyotit feno kristalleri ve kayaç parçaları belirgindir. Pomzalar siyah renkli olup ~1-5 cm uzunluğunda, bir yöne doğru uzamış merceksi taneler şeklindedir. Bu pomzalar

kayaca fiamme yapısı kazandırmıştır (Şekil 1.5.a). Plajiyoklaslar gri-krem renkli, mat görünümlü ve prizmatik kristaller halindedir. Amfiboller siyah renkli ve uzun prizmatik görünümlüdür. Biyotitler genelde psödoheksagonal görünümlü, levhamsı şekilli ve siyah renklidir. Kayaç gerek bileşenleri, gerekse fiamme yapısı nedeniyle “ignimbirit” olarak adlandırılmıştır. İgnimbiritler, kül ve lapilli boyutundaki tanelerin kaynaşmasıyla oluşan bir tuf çeşididir.

Farklı tane boylarından (fenokristalin ve hamur fazı) oluşan kayaç “tane durumuna” göre “porfirik doku” gösterir. Kayaç içerisinde makro olarak gözlenen tanelerin ~ % 65’i 2-64 mm arasındaki tanelerden, ~ % 35’i ise 2 mm’den küçük tanelerden oluşmaktadır. Bu kayaç, Fisher (1966)’ da yaptığı “tane boyu” gerekse “tanelerin % dağılımına” göre yapılan sınıflamalarda ignimbiritik olan bu kayaç “lapilli tufü” olarak adlanmıştır.

Birim kayaç parçası, kristallerden ve volkanik camdan oluşmuştur. Bu nedenle kayaç “hiyalin porfirik doku” ve “porfirik doku” özellikleri gösterir. Mineralojik bileşimlerinde volkanik cam (% 35), plajiyoklas (% 35), amfibol (%15), kayaç parçası (% 10) ve biyotit (% 5) tespit edilmiştir (Şekil 1.5.b). Kayaç mineralojik bileşimi ve tane boyu göz önüne alındığında kayaç “andezitik ignimbirit” olarak isimlendirilmiştir. Birim, Pettijohn (1975)’ de yaptığı “cam-kristal-kayaç parçası” sınıflamasına göre “krista tuf” olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1.5 Erenkaya ignimbiritinin görünümü; a) makroskobik görünümü, b) ince kesit görünümü (Plj: plajiyoklas, K: kayaç parçası, A: amfibol, Vc: volkanik cam) (çapraz nikel)

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İlk olarak bu bölümde Kilistra Antik kenti ve yakın çevresinde yapılan başlıca uluslararası ve ulusal araştırmalara ana hatlarıyla değinilmiştir.

Besang vd. (1977), Konya bölgesindeki volkanik kayalar K/Ar ve Ar/Ar radyometrik yöntemine göre yaşlandırmıştır.

Keller vd. (1977), yaptıkları çalışmada bölgesindeki Neojen kayalar litolojik özelliklerine göre haritalamıştır.

Temel (1988), Konya Neojen yaşlı proklastik kayalar, volkanik patlamalarına göre birkaç birime ayırmıştır.

Mimiroğlu (2005), Kilistra antik kentindeki Ortaçağ Dönemi'ne ait kaya içine oyulmuş yapıların genel özelliklerini belirlemiştir.

Arıtan (2010), Kilistra bölgesindeki yerleşimi oluşturan yapıları incelemiş ve koruma sorunlarını belirleyerek bölgeye uygun çözümler sunmuştur.

Bozdağ vd. (2016), Kilistra Antik kenti bölgesindeki Neojen yaşlı iki farklı volkanosedimanter kayaç içerisine oyulduğunu belirtmişlerdir. Bu kayaların indeks ve tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin donma-çözülme (D-Ç), ıslanma-kuruma (I-K) ve tuz kristallaşması (TK) çevrimlerinin etkisi altındaki değişimlerini araştırmışlardır. Bölgedeki kayaların hızlı bozulma testlerinden D-Ç ve TK daha fazla etkilendiklerini söylemişlerdir.

Bu bölümde ise tahribatsız testler (NDT) ile ilgili başlıca uluslararası ve ulusal araştırmalara ana hatlarıyla değinilmiştir.

Grinzato vd. (2002), tarihi yapıların IR termografi ile incelendiğinde tarihi yapılardaki gizli boşlukların, nem içeriğinin belirlenebileceğini öngörmüşlerdir.

Avdelidis ve Moropoulou (2004)' de yaptıkları çalışmada kızılötesi termografinin tarihi binaların ve alanların değerlendirilmesi için etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Binda vd. (2007)' de yaptıkları çalışmada NDT ile İtalya'nın Sicilya bölgesindeki Syracuse katedralindeki bazı sütunlarda hasarın ciddi derecede ilerlediğini belirlemişlerdir.

El-Gohary (2013), Mısır'da tarihi yapılarda yaygın kullanılan Nubia kumtaşlarında hasarların ve bozulmaların belirlenmesinde P dalga hızının kullanılışlı bir yöntem olduğunu belirtmiştir.

Fort vd. (2013), iki kültürel anıt üzerinde bulunan çeşitli granit türlerini P dalga hızı ve Schmidt çekici geri sıçrama değeri yardımıyla değerlendirmişlerdir. Bu iki yöntemin kayaçların bozulmalarının belirlenmesinde güvenilir olarak kullanılacağını belirtmişlerdir.

Moropoulou vd. (2013), kültürel mirasın korunmasında tahribatsız teknikler isimli çalışmalarında NDT yöntemlerinin kültürel mirasın korunması ve yönetiminde büyük katkılar sağlayacağını ve sürdürülebilir kalkınmaya yol açacağını belirtmişlerdir.

Pérez-Gracia vd. (2013), Mallorca katedralinin sütun, duvar ve payandalarındaki hasarları GPR ve sismik tomograf yardımıyla belirlemişlerdir.

Kilic (2015)' de yaptığı çalışmada Urla (İzmir) da yer alan tarihi Osmanlı yapısının içerisine gizlenmiş boşlukların, su akışlarının ve malzeme özelliklerinin belirlenmesinde NDT yöntemlerini kullanmıştır.

Vasanelli vd. (2015), İtalya'da tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılan yüksek poroziteli Lecce kireçtaşlarının indeks ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde P dalga hızını kullanmışlardır. Tek eksenli sıkışma dayanımıyla P dalga hızı arasında lineer bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. NDT yöntemiyle tarihi yapılardaki Lecce taşının tek eksenli sıkışma dayanımının tahmin edilebileceğini söylemişlerdir.

Bozdağ vd. (2017), Konya bölgesindeki tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılan Gödene taşından yapılan Ferit Paşa Su Deposun'daki bozulmaları NDT ile araştırmış ve bozulma atlaslarını hazırlamışlardır.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Konya ilinin 35 km güneybatısında bulunan Kilistra antik kentinde kaya içerisine oyularak yapılan şapel ve papaz evinin oyulduğu yerler olarak belirlenmiştir. 2016-2017 yılları arasında sürdürülen bu çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışması olarak üç aşamada yürütülmüştür.

3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları; Jeomekanik özelliklerin belirlenmesi için blok örnek derlemek, petrografik örnek almak ve tahribatsız testlerle yapılardan yerinde ölçümler almak üzere üç farklı aşamada yürütülmüştür.

3.1.1. Petrografik örnekleme ve blok örnek derleme

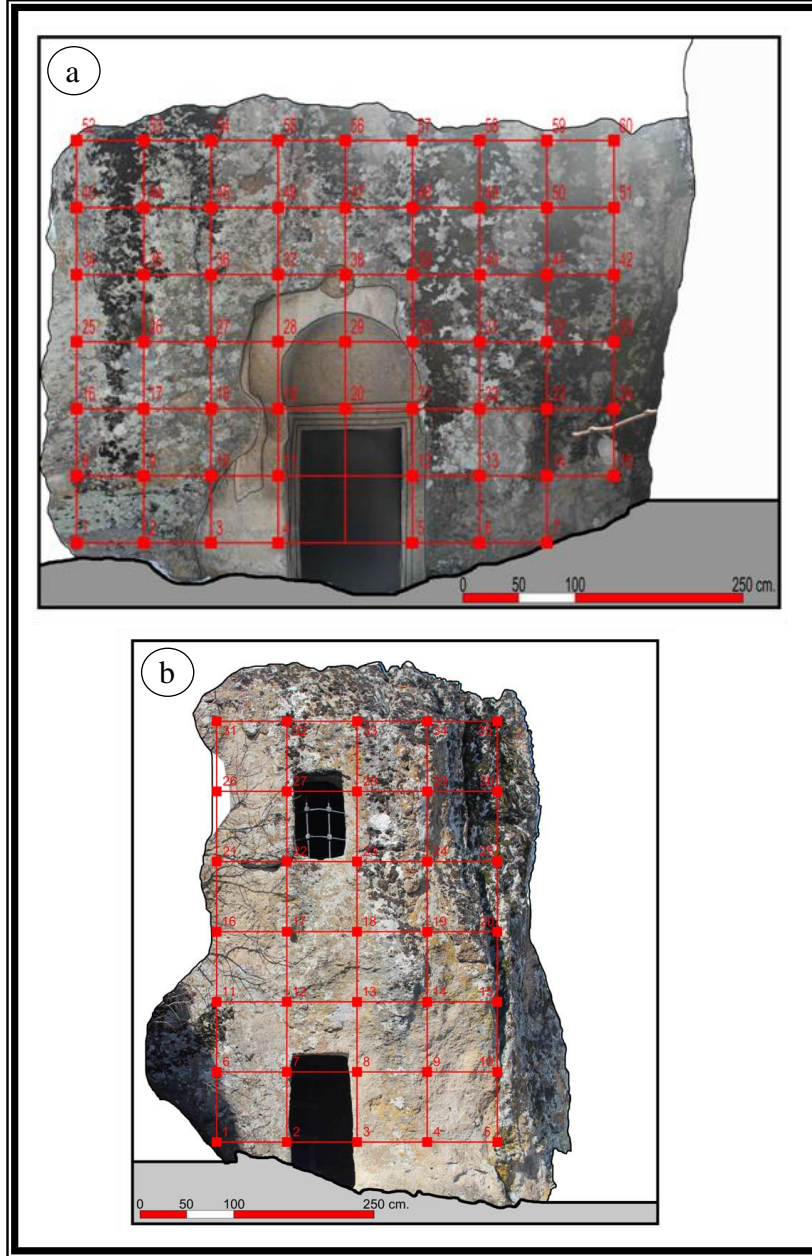
Kilistra antik kentinde seçilen yapıların oyulduğu kaya biriminin petrografik, fiziksel ve jeomekanik özelliklerini ortaya koyabilmek için uygun lokasyondaki numuneden 5 adet blok ve petrografik örnek derlemesi yapılmıştır.

3.1.2. Tahribatsız testler

Bu bölümde Kilistra antik kentinde yerinde yapılan bağıl nem ölçümü, Schmidt çekici ile sertlik belirleme, P dalga hızı ve termal kamera ölçümleri hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Tahribatsız test çalışmalarına başlamadan önce yapıların değişik açılardan yüksek çözünürlü fotoğrafları çekilerek Agisoft PhotoScan programı kullanılarak her bir antik yapının ortofotoğrafları hazırlanmıştır. Bu fotoğraflar, daha sonraki çalışmalarda altlık olarak kullanılmıştır. Yapıların masif kaya içerisine oyulduğundan dolayı ölçüm noktalarının testler süresince sabit kalabilmesi için anıtların ön cephelerinde gridler oluşturulmuştur (Şekil 3.1). Yaz ve kış dönemleri tahribatsız test ölçümleri oluşturulan grid noktalarından yapılmıştır.

3.1.2.1. Schmidt çekici ile sertlik belirleme

Bu deney, Schmidt çekici kullanılarak kayaların Schmidt sertliğinin tayini ve dolaylı olarak tek eksenli basınç dayanımını belirlemek amacıyla yapılır (Ulusay vd. 2001). Bu deney, ISRM (1981) tarafından önerilen esaslara göre yapılmıştır.



Şekil 3.1 Yapıların ön cephelerinin ortofotoğrafları ve oluşturulan gridler; a) Şapel, b) Papaz evi

Deney, arazide uygulandığında, çekiç yüzeye dik konuma getirilir ve aynı yüzeyin 20 farklı noktasından elde edilen geri sıçrama değerleri kaydedilir (Şekil 3.2). Arazide elde edilen geri sıçrama değerleri en büyükten en küçük değere doğru sıralanır ve en küçük 10 değer iptal edilerek diğer değerlerin aritmetik ortalaması alınır.



Şekil 3.2 Yapı ön duvarında Schimdt çekici sertliği ölçümü

3.1.2.2. Bağlı nem ölçümü

Bu deney, Trotec T660 marka bağlı nem cihazı kullanılarak yapının yüzeyinin bağlı nem değerlerini belirlemek amacıyla yapıldı.

Deney, arazide yapıların dış yüzeylerine uygulandığında, cihaz yapı yüzeyine dik konuma getirilir ve aynı noktadan 3 farklı okuma yapılır, elde edilen bağlı nem değerleri kaydedilir (Şekil 3.3). Yapıdan elde edilen bağlı nem değerlerinin aritmetik ortalaması alınır.

3.1.2.3. P dalga hızı ölçümü

Bu deney, UK1401 Ultrasonic marka alet kullanılarak yapının yüzeyinin P dalga hızı değerlerini belirlemek amacıyla yapıldı.

Deney, arazide yapıların dış yüzeylerine uygulandığında, cihaz yapı yüzeyine dik konuma getirilir ve aynı noktadan 3 farklı okuma yapılarak elde edilen P dalga hızı

değerleri kaydedilir (Şekil 3.4). Ölçülen P dalga hızı değerlerinin aritmetik ortalaması alınır.



Şekil 3.3 Arazide bağıl nem ölçümü



Şekil 3.4 Arazide P dalga hızı ölçümü

3.1.2.4. Termal Görüntü

Bu deney, Flir E5 marka termal kamera kullanılarak yapının dış yüzeyinin termal görüntüsünün elde edilmesi amacıyla yapıldı (Şekil 3.5).

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Belirlenen kaya biriminin petrografik ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla iki farklı laboratuvarda çalışılmıştır. Jeomekanik özelliklerin belirlenmesi,

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Petrografik özellikler ise Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit ve Petrografi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.



Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan termal kameranın görünümü

3.2.1. Numune hazırlama

Bu çalışmada tarihi yapıların oyulduğu kaya biriminin özelliklerinin belirlenmesi için numuneler hazırlanmıştır. Numune hazırlama yöntemleri detaylı olarak petrografik analizler ile jeomekanik deneyler olmak üzere iki ana başlık altında açıklanmıştır.

3.2.1.1. Jeomekanik deneyler için numune hazırlama

Kayaçların indeks ve mekanik deneylerinin sağlıklı sonuçlar elde edilmesi amacıyla ilgili standartlara uygun ebatta ve nitelikte örnek hazırlanması, deneylerin en önemli aşamasıdır (Ulusay vd. 2001). Örnek hazırlama işleminde ISRM (1981) ve ASTM (1994) önerilen hususlar dikkate alınmıştır. Karot örneklerin hazırlanması işlemi, araziden laboratuvara getirilen blok numunelerin karot alma makinesinde NX tipi (54,7 mm) karotiyerler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra karotların iki ucu kesilerek düzeltildikten sonra karotların alt ve üst yüzeyleri düzeltme makinesi yardımıyla pürüzlüğü giderilmiştir. Bu işlemden sonra karotlar numaralandırılarak deneylerde kullanıma hazır hale getirilmiştir.

3.2.1.2. Petrografik analiz için numune hazırlama

Kayaçların petrografik tanımı, sadece kayacın sınıflandırılması için değil, mekanik ve atmosferik olaylara karşı davranış özelliklerinin belirlenmesi amacıyla önemlidir. Bu amaçla; araziden alınan petrografik örneklerden, kayaçların mineralojik yapısının ve doku özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ince kesitler hazırlanmıştır.

Hazırlanan ince kesitler yardımıyla numunelerin mineralojik bileşimi göz önüne alınarak kayaç adlanması gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan ince kesitler, Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda bulunan Nikon marka polarizan mikroskop ile mikroskoba monteli mikroskop kamerası yardımıyla fotoğraflanmıştır. İnce kesitler, TS EN 12407' de belirtilen hususlara göre hazırlanmıştır.

3.2.2. Laboratuvar deneyleri

Laboratuvar deneyleri, Kilistra antik kentinde seçilen yapıların oyulduğu kayacın temel fiziksel ve dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla iki ana başlıkta incelenmiştir.

3.2.2.1 İndeks özellikler

Kayacın temel indeks özellikleri ISRM (1981), TS EN 1925 (2000) ve RILEM (1980)'de önerilen standartlara uygun olarak tespit edilmiştir. Numunenin indeks özelliklerinden; yoğunluğu, kuru yoğunluğu, görünür porozitesi, ağırlıkça su emme oranı, sismik hızı ve kapillarite gibi özellikler belirlenmiştir.

3.2.2.1.1. Yoğunluk deneyi

Standartlara göre hazırlanan karot örneklerin çapı (D) ve boyu (L), kumpasla birbirine dik iki farklı yönden 0,1 mm hassaslıkta ölçülmüş ve bunların aritmetik ortalaması alınmıştır. Karot örneğin boy ve çap değerlerinden faydalanılarak numunelerin hacmi hesaplanmıştır. Örneklerin kütlesi 0,01 gr hassaslıktaki terazi ile

tartılmıştır. Bu deney, ISRM (1981)'de önerilen yöntemlere uygun yapılmıştır. Belirlenen değerlerden faydalanılarak örneğin yoğunluğu (ρ) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (3.1)$$

$$V = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi L \quad (3.2)$$

ρ	: Yoğunluk	gr/cm^3
V	: Numunenin hacmi	cm^3
D	: Karot çapı	mm
L	: Karot boyu	mm
M	: Kütle	gr

3.2.2.1.2. Kuru yoğunluk deneyi

Bu deney, düzenli geometrisi olan örneklerin kuru yoğunluğunu belirlemek amacıyla yapılır. Deneyin uygulama aşamasında ISRM (1981)'de önerilen yöntemler dikkate alınmıştır.

Standartlara uygun hazırlanan karot örneklerin çapı (D) ve boyu (L), kumpas yardımıyla birbirine dik iki farklı yönden 0,1 mm hassaslıkta ölçülmüş ve bunların ortalaması alınmıştır. Ölçülen boy ve çap değerleri kullanılarak örneklerin hacmi belirlenmiştir. Numuneler 105 °C' deki fırında 24 saat kurutulur, sonra soğumaları için 30 dakika desikatörde bekletilir. Bu işlemten sonra örneklerin kuru kütlesi (M_k) 0,01 gr hassaslıktaki terazi ile ölçülür. Elde edilen değerler kullanılarak örneğin kuru yoğunluğu (ρ_k) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$\rho_k = \frac{M_k}{V} \quad (3.3)$$

V	: Numunenin hacmi	cm^3
M_k	: Numunenin kuru kütlesi	gr
ρ_k	: Kuru yoğunluk	gr/cm^3

3.2.2.1.3. Görünür gözenekliliğin tayini

Bu deney, düzgün bir geometrisi olan örneklerin görünür gözenekliliğinin belirlenmesi amacıyla ISRM (1981)'nin önerdiği yöntemlere uygun biçimde yapılmıştır.

İncelenen karot örneklerinin çapı (D) ve boyu (L), kumpasla birbirine dik iki farklı yönden ölçülerek hacimleri (V) hesaplanır. Örnekler, 105 °C' deki etüvde kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde bekletilir sonra 0,01 gr hassaslığa sahip terazide ölçülerek kuru kütlesi belirlenir (M_k).

Karot örnekler, 48 saat su dolu bir kapta bekletilir ve suya doymun hale getirilir. Daha sonra yüzeyleri kağıt havlu yardımıyla kurulanıp hassas terazi yardımıyla doymun kütlesi (M_s) belirlenir. Belirlenen bu değerler ile her örneğin görünür porozitesi aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır.

$$V_v = \frac{M_s - M_k}{\rho_w} \quad (3.4)$$

$$n = \frac{V_v}{V} 100 \quad (3.5)$$

V_v	: Boşlukların hacmi	cm^3
n	: Porozite	%
M_k	: Numunenin kuru kütlesi	gr
M_s	: Numunenin doymun kütlesi	gr
ρ_w	: Suyun yoğunluğu	gr/cm ³
V	: Numunenin hacmi	cm ³

3.2.2.1.4. Ağırlıkça su emme deneyi

Bu deney, düzgün bir geometriye sahip örneklerin ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının belirlenmesi amacıyla RILEM (1980)' de önerilen hususlar dikkate alınarak yapılmıştır.

Deneyi uygulamak için; kumpas, hassas terazi, etüv, desikatör, beher ve kağıt havlu kullanılmıştır.

İncelenen kayaç örneklerinden alınan karot örneklerin çapı (D) ve boyu (L), kumpasla birbirine dik iki ayrı yönden ölçülerek hacimleri (V) belirlenir. Örnekler saf

su doldurulmuş beherde en az 12 saat bekletildikten sonra çıkartılarak yüzeyleri kağıt havlu ile kurulanıp hassas terazide tartılarak kütlesi kaydedilir (M_s). Örnekler, 105 °C' ye ayarlanmış etüvde an az 24 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika süreyle desikatörde tutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kuru kütlesi belirlenir (M_k). Belirlenen değerlerden faydalanılarak, her örneğin ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$A_w = \frac{M_s - M_k}{M_k} 100 \quad (3.6)$$

A_w	: Ağırlıkça su emme oranı	%
V	: Numunenin hacmi	cm^3
M_k	: Numunenin kuru kütlesi	gr
M_s	: Numunenin doygun kütlesi	gr

3.2.2.1.5. Ultrasonik hız deneyi ile P dalga hızının belirlenmesi

Kayaç örnekleri içerisinde geçirilen birincil dalganın (P) örneği kat etme süresinden yararlanılarak kayacın P dalga hızının tayini amacıyla yapılmıştır. Deney için gerekli araç gereç; ultrasonik deney aleti, jel, kumpas, desikatör, hassas terazi ve etüv. Bu deney, ASTM (1994)'nin önerdiği yöntemine uygun olarak yapılmıştır.

Karot örneklerin çapı (D) ve boyu (L), kumpas kullanılarak birbirine dik iki farklı yönden ölçülür. Daha sonra örnekler, 12 saat süreyle 105 °C' ye ayarlanmış etüvde kurutulur ve örnekler desikatörde 30 dakika süreyle tutulduktan sonra 0,01 gr hassaslıktaki terazide tartılarak kuru kütlesi belirlenir (M_k). Deney aleti kalibre aparatı yardımıyla kalibre edilir. Deney aleti ile numunenin alt ve üst yüzeyleri arasındaki tam teması sağlamak için numune yüzeylerine ince bir şekilde jel sürülür. Daha sonra cihazın göstergesinden P - dalgasının numuneden geçiş süresi mikro saniye (T_p) olarak tespit edilir. Ölçülen bu değerler Eşitlik 3.7'de yerine konularak numuneden P dalga geçiş hızı (V_p) değeri hesaplanır.

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad (3.7)$$

V_p	: P dalgasının yayılma hızı	km/s
T_p	: P dalgasının ölçülen yayılma zamanı	μs

L : Karot boyu

mm

3.2.2.1.6. Kapilarite deneyi

Bu deney, kapiler (kılcal) etkiye bağılı olarak doğal taşlarda su emme değerinin belirlenmesi için TS EN 1925 (2000)' de önerilen hususlara uygun olarak yapılmıştır.

Bu deney için; 0,01 gr hassaslıkta terazi, su tankı, ızgara, etüv, kronometre ve kumpas kullanılmıştır. Deney örnekleri $(70 \pm 5)^\circ C$ ' de etüvde sabit kütleyle ulaşılmıncaya kadar kurutulur. Daha sonra 0,01 gr duraylılıktaki terazide tartılır (M_k). Karot numunelerin çapı (D) kumpasla birbirine dik iki farklı yönde ölçülür ve bunların aritmetik ortalaması alınarak su emdirilecek yüzeyin alanı (A_y) hesaplanır. Karot örneklerin kısmen altlarında mesnet görevi göreceğ olan, tanktaki ızgara üzerine yerleştirilir. Örneklerin tabanı su içinde (3 ± 1) mm derinlikte kalacak şekilde yerleştirilir ve kronometre çalıştırılır. Deney boyunca su seviyesinin sabit tutulması için gerektiğinde su eklenir. Yüksek su emişli kayaçlar için belirlenen 1, 3, 5, 10, 15, 30, 60, 480 ve 1440 dakikalarda numune kuru bölümünden tutularak çıkarılır, nemli bir bez yardımıyla üzerindeki su damlacıkları uzaklaştırılır ve 0,01 gr hassaslıktaki terazi ile tartılır (M_i). Sonra numuneler yeniden tanka yerleştirilir. Deneyin başlangıcından itibaren her tartım anına kadar geçen zaman belirlenir (t_i). Daha sonra kayaçların kapiler su emme değerleri Eşitlik 3.8' de verilen formülle hesaplanır.

$$C = \frac{M_i - M_k}{A_y \sqrt{t_i}} \quad (3.8)$$

$$A_y = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \pi \quad (3.9)$$

C	: Kayacın anizotropi düzlemine dik kapilerite değeri	$gr/m^2\sqrt{s}$
M_k	: Numunenin kuru kütlesi	gr
M_i	: Numunenin su emmiş kütlesi	gr
D	: Karot çapı	mm
A_y	: Suya batırılmış yüzeyin alanı	m^2
t_i	: Numunenin su emmesinin ölçüldüğü süreler	s

3.2.2.2. Dayanım özellikleri

Belirlenen tarihi yapıların oyulduğu kayacın dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla numuneler üzerinde, tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi yapılmıştır.

3.2.2.2.1. Tek eksenli sıkışma dayanımının belirlenmesi

Karot örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımının belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu deney, ISRM (1981) tarafından önerilen esaslar doğrultusunda yapılmıştır.

Bu deney için; deney sırasında örneğe sabit bir hızla eksenel yükleme uygulayabilen pres ve kumpas kullanılmıştır.

Örneklerden alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel, yan yüzeyleri düz ve kırık içermeyen 5 adet numune alınmıştır. Örneklerin çapı (D) ve boyu (L) bir birine dik iki farklı yönden ölçülerek değerlerin aritmetik ortalaması alınır. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi için boy/çap oranı 2-2,5 kat olan numuneler kullanılmıştır. Karot örneği presin sabit alt plakası ile küresel başlık arasına yerleştirilir ve daha sonra kontrol panelinden seçilen yükleme hızı uygulanır. Belli bir süre sonra bu örnek yükü taşıyamaz ve kırılır. Örneğin kırıldığı andaki değer kontrol panelinden maksimum yük olarak belirlenir (P). Örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) Eşitlik 3.10' da verilen formülle hesaplanır. Hesaplanan tek eksenli sıkışma dayanımı değeri Hoek ve Brown (1980) tarafından önerilen 50 mm çaptaki eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı ($\sigma_{c(50)}$) değerine düzeltilmiştir.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{c(50)} = \frac{\sigma_c}{(50/D)^{0,18}} \quad (3.11)$$

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (3.12)$$

σ_c : Örneğin tek eksenli sıkışma dayanımı MPa

$\sigma_{c(50)}$: 50 mm çapındaki karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı MPa

A : Numunenin yüzeyin alanı m^2

P : Yenilme anındaki yük kN

D : Karot çapı mm

3.3. Büro Çalışması

Büro çalışmaları, ilk olarak başlatılan çalışmalar olup tüm tez çalışmalarının sonuna kadar devam ettirilmiştir. İnceleme alanları ve tahribatsız test teknikleri ile ilgili rapor, derleme, yayın, makale ve diğer bilimsel çalışmalar taranmıştır. Önceki çalışmalardan yararlanılarak Kilistra bölgesinin genelleştirilmiş jeolojisi derlenmiştir.

Örnek üzerinde yapılan deneyler sonucunda belirlenen kayacın indeks ve mekanik özellikleri verilmiş daha sonra da yapılarda atmosferik etkilerle meydana gelen bozulmalar; tahribatsız testlerden elde edilen verilerden hazırlanan bozulma haritaları, fotoğraflar, grafikler ve şekiller yardımıyla açıklanmıştır.

Bu çalışmalar sonrasında, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde ilk olarak Kilistra antik kentinde seçilen binaların içine oyulduğu kayacın indeks ve dayanım özellikleri verilmiştir. İkinci aşamada ise seçilen yapıların kış dönemi ve yaz dönemine ait tahribatsız testlerle elde edilen verileri sunulmuştur. Üçüncü sırada ise ölçülen değerlerden elde edilen bozulma haritaları verilmiştir.

Daha sonra elde edilen veriler ve oluşturulan bozulma haritaları yorumlanmıştır.

4.1. Erenkaya İgnimbiritinin İndeks – Dayanım Özellikleri

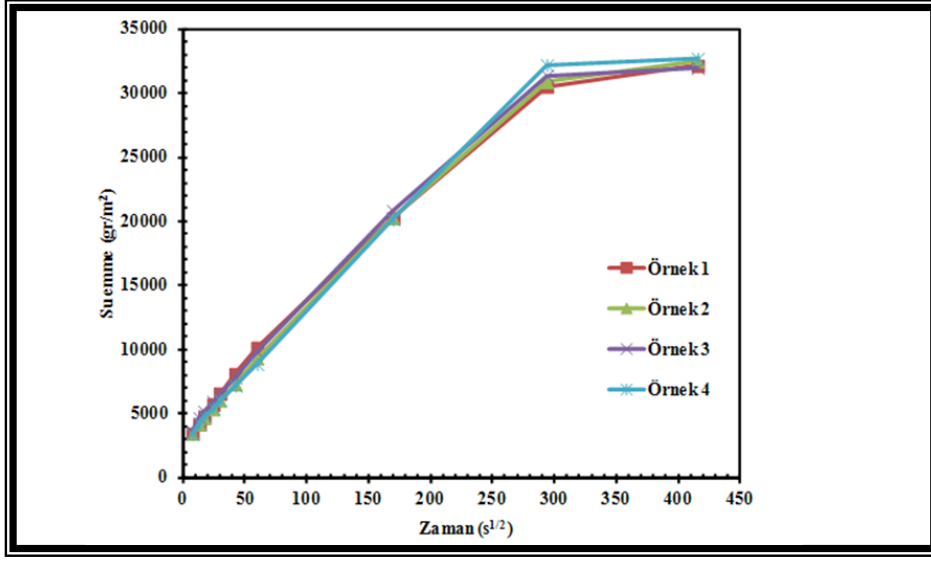
Bölgede piroklastik kayalar içerisine oyularak oluşturulan yapılardan seçilen anıtların yapıldığı kayacın indeks özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

İncelenen örneğin kuru yoğunluk değeri $1,25 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Kayaç NBG (1985) kuru yoğunluk sınıflamasına göre “oldukça düşük yoğunluklu kayaç” sınıfındadır. Proklastik kayacın porozite değeri %27,50 olarak tespit edilmiştir. Örnek, Moos ve Quervain (1948)’ de önerdikleri porozite sınıflamasına göre “çok fazla boşluklu kayaç” sınıfındadır. Kayacın ağırlıkça su emme değeri % 15,27 ve P dalga hızı ise 2700 m/s dir.

Benavente vd. (2004)’e göre kayaların gözenek dokusu hakkında bilgi veren kapiler su emme değeri, TS EN 1925 (2000)’de önerilen zaman – kayacın su emme grafiği hazırlanarak Şekil 4.1’ de verilmiştir. Kayacın kapiler su emme değeri $156,85 \text{ gr/m}^2\text{s}^{0,5}$ olarak belirlenmiştir. Kayaç, Snethlage (2005)’ e göre “yüksek kapileriteli kayaç” sınıfındadır.

Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan taze numunelerin indeks ve mekanik özellikleri

İndeks-dayanım Özellikleri	
Yoğunluk (gr/cm^3)	1,80
Kuru yoğunluk (gr/cm^3)	1,75
Ağırlıkça Su emme (Wa %)	15,27
Boşluk oranı(e %)	36,15
Porozite (n %)	27,50
P dalga hızı (V_p m/s)	2700
Kapiler su emme değeri ($C \text{ g/m}^2\text{s}^{0,5}$)	156,85
Schimdt çekici sertliği (SHH)	36,00
Tek eksenli sıkışma değeri (UCS MPa)	14,50



Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan numunenin kılcal su emme grafiği

Kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımının dolaylı olarak tespitinde yaygın olarak kullanılan Schmidt çekici sertliği değeri 36 olarak belirlenmiştir. Kayaç, ISRM (1978)'de önerilen kaya sertliği sınıflamasına göre “az sert kayaç” sınıfındadır. Kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı 14,50 MPa dır. ISRM (1980)' de önerilen tek eksenli sıkışma dayanım değeri sınıflamasına göre “düşük dayanımlı kayaç” sınıfındadır.

4.2. Tahribatsız Test Verileri

Çalışma kapsamında belirlenen antik yapıların ön cephelerinde yaz ve kış dönemlerinde tahribatsız testlerle (bağıl nem, Schmidt çekici sertliği ve ultrasonik hız) ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler, bu bölümün alt başlıkları altında incelenmiştir.

4.2.1. Şapel'in tahribatsız test ölçümleri

4.2.1.1. Bağıl nem ölçümleri

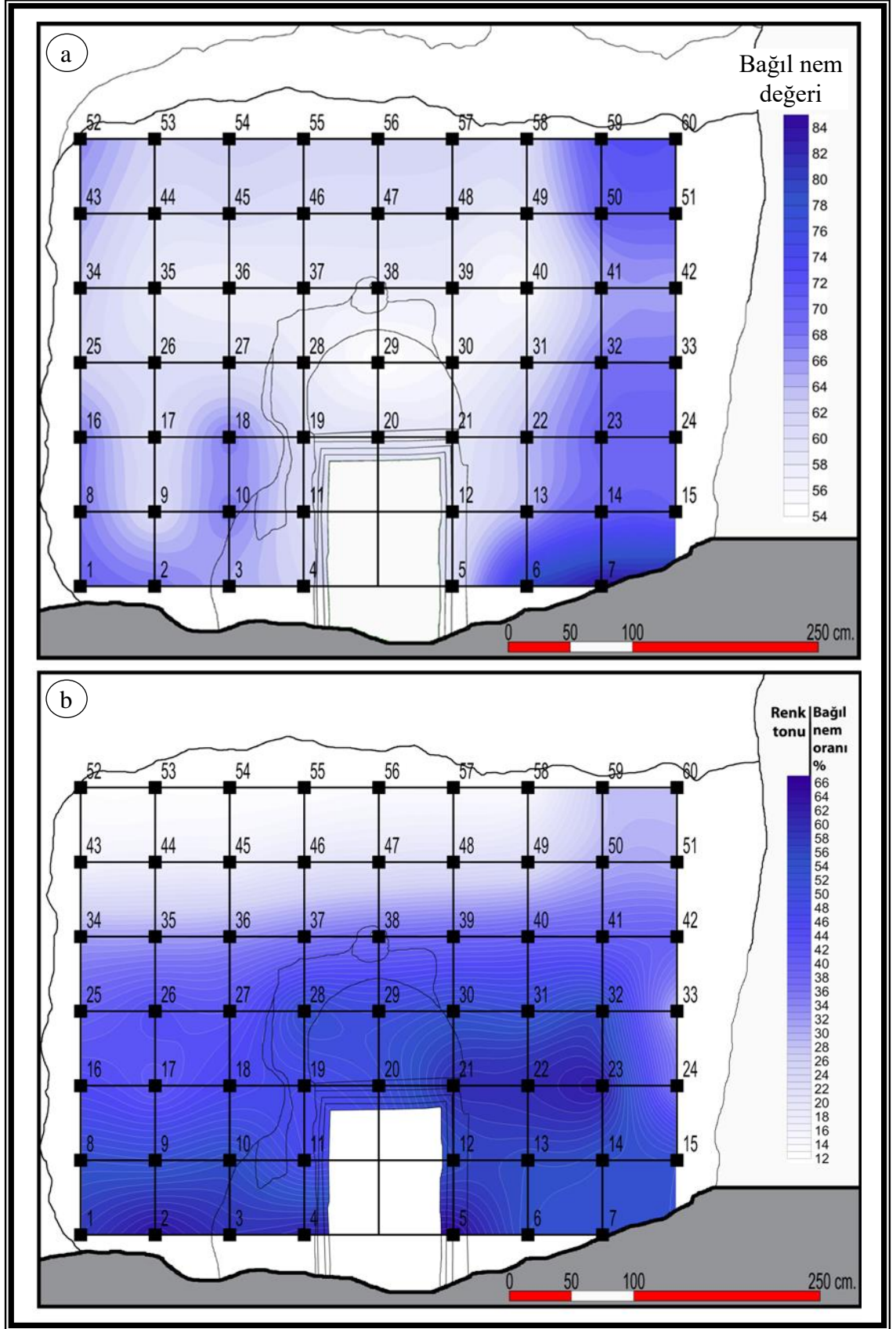
Şapel'in ön cephesindeki grid noktalarında yaz ve kış dönemlerinde ölçülen bağıl nem değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir. Bağıl nem değerleri kış dönemi için % 54 ile % 84 arasında değişirken; yaz dönemi için bu değerler % 13 ile % 65 arasındadır.

Çizelge 4.2 Şapel’den yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen bağıl nem değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, BND: Bağıl nem değeri)

Kış Dönemi Ölçümleri				Yaz Dönemi Ölçümleri			
Ö.N	BND	Ö.N	BND	Ö.N	BND	Ö.N	BND
1	70	31	58	1	58	31	53
2	68	32	54	2	64	32	50
3	65	33	56	3	59	33	53
4	62	34	60	4	61	34	51
5	61	35	68	5	64	35	56
6	60	36	68	6	65	36	30
7	80	37	63	7	54	37	32
8	84	38	58	8	53	38	32
9	84	39	57	9	53	39	33
10	68	40	58	10	53	40	36
11	60	41	58	11	52	41	38
12	68	42	58	12	55	42	39
13	60	43	55	13	47	43	40
14	60	44	65	14	47	44	40
15	59	45	65	15	55	45	40
16	64	46	65	16	55	46	16
17	70	47	60	17	54	47	17
18	70	48	61	18	53	48	17
19	68	49	60	19	45	49	20
20	60	50	60	20	41	50	21
21	68	51	60	21	46	51	22
22	60	52	59	22	47	52	23
23	60	53	70	23	50	53	30
24	59	54	70	24	60	54	30
25	64	55	67	25	60	55	13
26	70	56	62	26	63	56	13
27	70	57	63	27	36	57	13
28	62	58	62	28	40	58	13
29	60	59	62	29	44	59	14
30	60	60	62	30	42	60	14
Minimum	54			Minimum	13		
Maksimum	84			Maksimum	65		

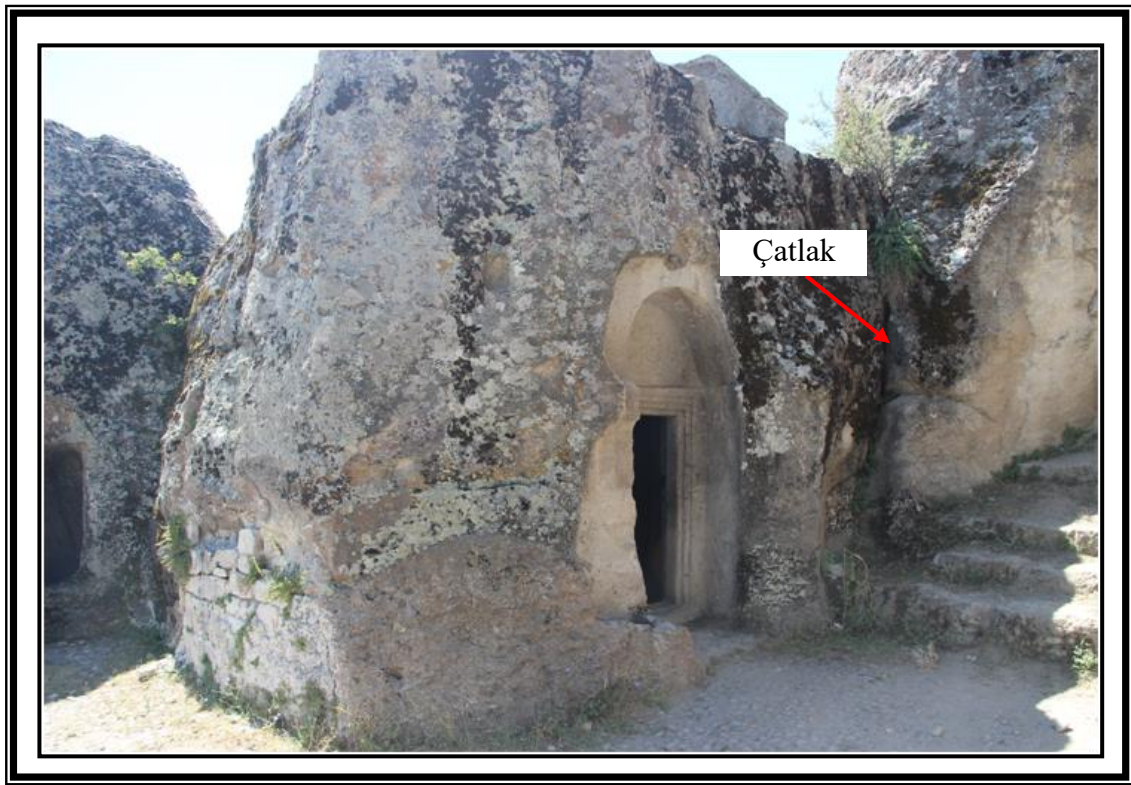
Şapel için elde edilen yaz ve kış dönemi bağıl nem ölçümleri Surfer 17 programı yardımıyla bağıl nem atlası oluşturulmuştur (Şekil 4.2).

Kış döneminde bağıl nem dağılımlarının yapının ana kayada yer alan çatlaklar, kapiler ve süzülme zonlarıyla doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.2 Şapel'in bağıl nem haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi

Kayanın yapısında yer alan çatlaklarla ilişkili nem artışları 15 ile 60 nolu ölçüm noktalarının sağında yer almaktadır (Şekil 4.2.a). Süzülme zonu ile ilişkili yapıdaki bağıl nem artışları Şapel'in tavanından tabanına doğru azalmaktadır (Şekil 4.2.a). Kapiler yükselim bölgesinde bağıl nem ilişkisine bakıldığında yapının zemin kotundan üst seviyelere doğru çıkıldıkça bağıl nem değerinin azaldığı görülmektedir. Yapının ön cephesinin orta kesiminde, diğer kesimlere oranla daha kuru bir bölgenin varlığı yapıdaki bağıl nemin kapile ve süzülme zonu tarafından kontrol edildiğini doğrulamaktadır.

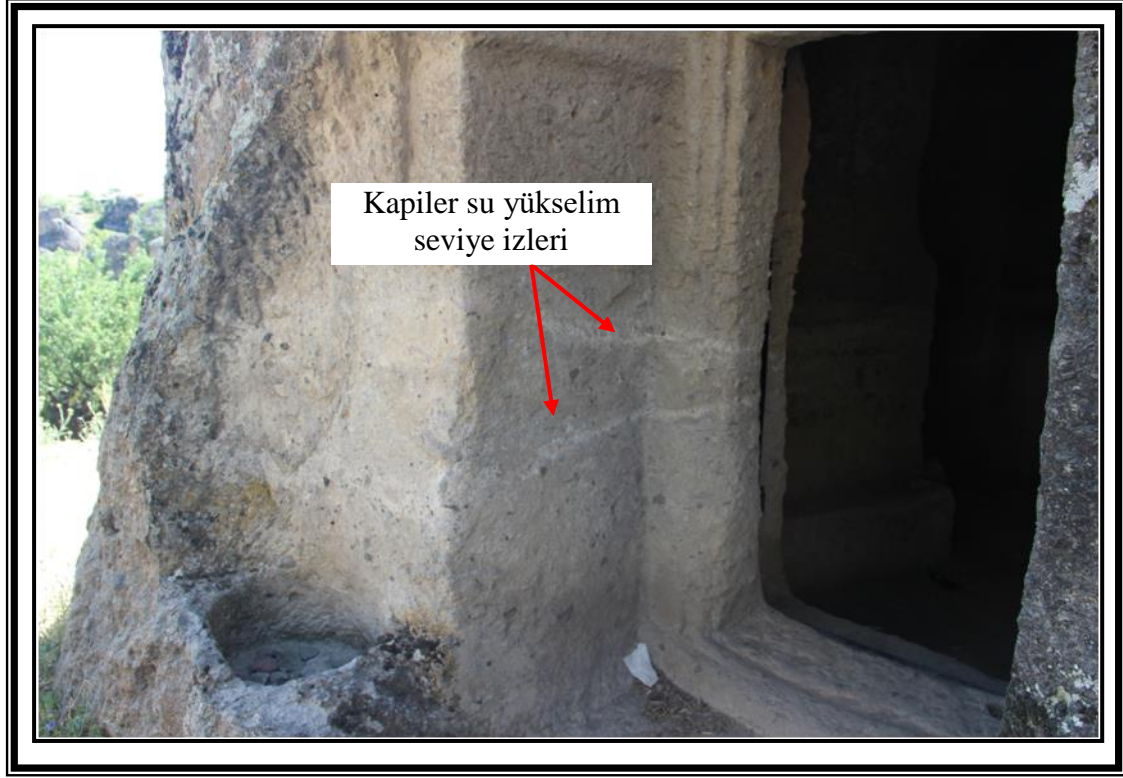


Şekil 4.3 Şapel'in ön cephesinde gözlenen çatlak

Yaz dönemi Şapel' e ait bağıl nem ölçümleri incelendiğinde, yapıdaki nemi kontrol eden faktörlerin kapiler etki ve yapının sağ tarafında yer alan çatlak olduğu tespit edilmiştir. Yapıda değişik dönemlere ait kapiler yükselim seviyeleri Şekil 4.4' de görülmektedir.

Kayacın kapiler su emme değerinin yüksek olması kayaç içerisinde her iki dönemde suyun hareketini ve kayacın bozulma süresini hızlandırmaktadır. Bozulma

sürecinde kayaç içerisindeki su içeriği, kış döneminde kayaçta donma-çözülme sürecinin; yaz döneminde ise tuz kristallenme sürecinin etkin olmasına sebep olmaktadır.



Şekil 4.4 Şapel’de değişik dönemlere ait kapiler su yükselim seviyelerinin izleri

4.2.1.2 Schmidt çekici sertlik değeri ölçümleri

Şapel’in ön cephesindeki grid noktalarında yaz ve kış dönemlerinde ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri Çizelge 4.3’ de verilmiştir. Kış dönemi ölçülen değerler 12 ile 28 arasında değişirken; yaz dönemi için ölçülen değerler 16 ile 30 arasındadır.

Şapel için elde edilen yaz ve kış dönemi Schmidt çekici sertlik ölçümlerinden hazırlanan Schmidt çekici sertlik haritası Şekil 4.5’ te verilmiştir.

Kış dönemine ait Schmidt çekici sertlik haritası ile bağıl nem haritalarının uyumlu olduğu görülmüştür. Bu durum kayacın nem içeriğinin artışıyla SHH değerinin azalması ile ilişkilidir. Yaz dönemi ölçümlerinden elde edilen haritada benzerlik belirlenmiştir. Yaz ve kış dönemi ölçümlerinde SHH değerinin en düşük ölçüldüğü noktaların kapiler zon olduğu görülmüştür. Yaz ve kış dönemlerine ait ölçümler arasında 3-5 puanlık bir fark olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın kayacın içerisindeki su

içeriğiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Taze kayaca ait SHH değeri 36 iken; yaz döneminde ölçülen değerler 16 ile 30 dur. Bu, kayacın atmosferik olaylardan etkilendiğinin göstergesidir.

Çizelge 4.3 Şapel'den yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, SHH: Schmidt çekici sertlik değeri)

Kış Dönemi Ölçümleri				Yaz Dönemi Ölçümleri			
Ö.N	SHH	Ö.N	SHH	Ö.N	SHH	Ö.N	SHH
1	15	31	22	1	19	31	28
2	14	32	28	2	18	32	28
3	18	33	22	3	18	33	28
4	15	34	22	4	19	34	26
5	15	35	22	5	19	35	24
6	18	36	22	6	18	36	22
7	12	37	24	7	17	37	30
8	12	38	24	8	17	38	28
9	12	39	24	9	16	39	28
10	18	40	24	10	18	40	28
11	18	41	24	11	18	41	28
12	16	42	24	12	18	42	28
13	18	43	24	13	22	43	27
14	18	44	24	14	22	44	26
15	22	45	24	15	22	45	25
16	20	46	22	16	20	46	30
17	18	47	22	17	19	47	27
18	18	48	21	18	18	48	27
19	18	49	23	19	23	49	27
20	18	50	23	20	22	50	27
21	16	51	23	21	22	51	27
22	18	52	23	22	24	52	27
23	18	53	22	23	25	53	27
24	22	54	22	24	24	54	27
25	20	55	20	25	21	55	27
26	18	56	20	26	20	56	27
27	18	57	19	27	20	57	27
28	24	58	21	28	26	58	27
29	24	59	21	29	25	59	27
30	22	60	21	30	18	60	27
Minimum	12			Minimum	16		
Maksimum	28			Maksimum	30		

4.2.1.3. Ultrasonik hız ölçümleri

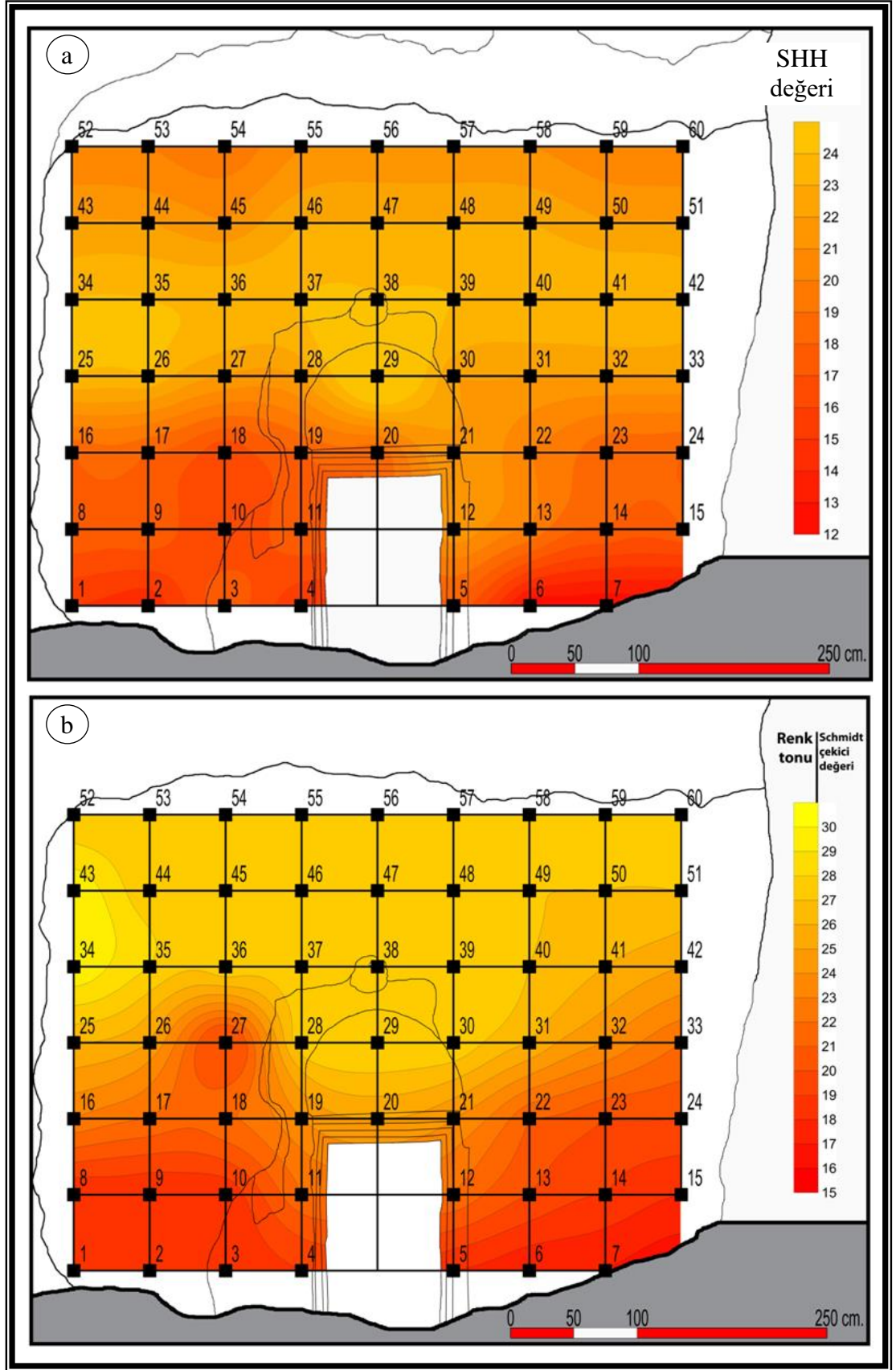
Yapının ön cephesindeki grid noktalarında yaz döneminde ölçülen ultrasonik hız değerleri Çizelge 4.4' de verilmiştir. Kış döneminde arazide sağlıklı ölçüm değerleri

elde edilemediğinden ölçüm yapılamamıştır. Şapel' in ön cephesine ait yaz dönemi için ölçülen değerler 1100 m/s ile 2100 m/s arasında değişmektedir (Şekil 4.6).

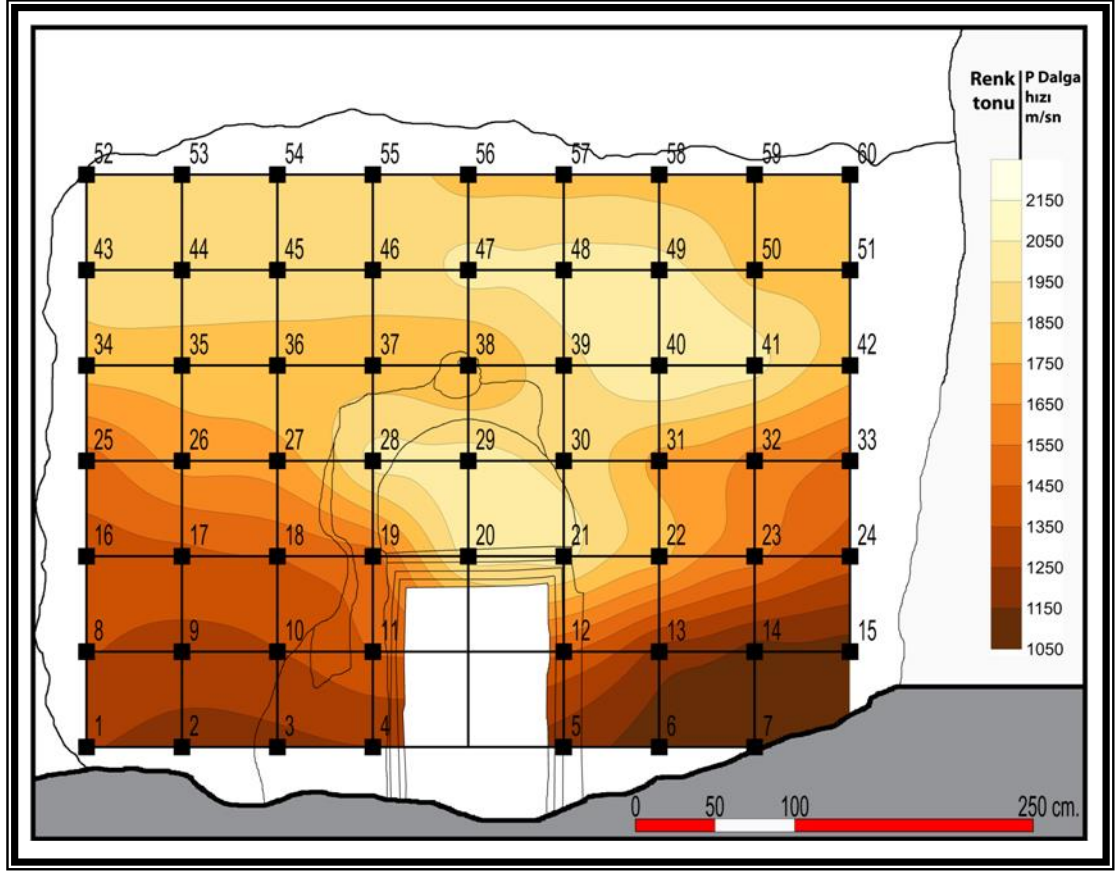
Yaz dönemine ait P dalga hızı haritası ile diğer tahribatsız testlerden hazırlanan haritaların uyumlu olduğu görülmüştür. Bir çok araştırmacının (İnce 2013, Fener ve İnce 2015, Bozdağ vd. 2016) belirttiği üzere bozulma süreci sonrası kayaçların daha gözenekli yapı kazanmasına ve buna bağlı olarak P dalga hızının azalmasına sebep olmaktadır. Yapının kapiler su yükselim bölgesinde gözlenen bozulmalarla doğru orantılı olarak Erenkaya ignimbiritinin P dalga hızı değerleri sağlam örnek değerine oranla büyük düşüşler gözlenmiştir. Süzülme zon bölgesinde ise bozulma nispeten daha az ve P dalga hızı değerindeki düşüşler daha azdır. Yapının ön cephesinin orta kesiminde kapiler ve süzülme zonundan daha az etkilenen daha sağlam bir bölge olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4 Şapel'den yaz döneminde belirlenen noktalardan ölçülen ultrasonik hız değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, V_p: Ultrasonik hız değerleri-m/s)

Yaz Dönemi Ölçümleri					
Ö.N	V _p	Ö.N	V _p	Ö.N	V _p
1	1260	21	1450	41	1700
2	1200	22	1500	42	1900
3	1220	23	2000	43	2100
4	1250	24	2000	44	2000
5	1250	25	1800	45	1800
6	1200	26	1600	46	1900
7	1100	27	1400	47	1900
8	1100	28	1500	48	1900
9	1100	29	1700	49	1900
10	1360	30	1700	50	2000
11	1320	31	2000	51	2000
12	1350	32	2000	52	2000
13	1460	33	1900	53	1800
14	1460	34	1700	54	1800
15	1460	35	1600	55	1900
16	1200	36	1500	56	1900
17	1100	37	1800	57	1900
18	1100	38	1800	58	1900
19	1400	39	1800	59	1800
20	1420	40	1800	60	1800
Minimum	1100				
Maksimum	2100				



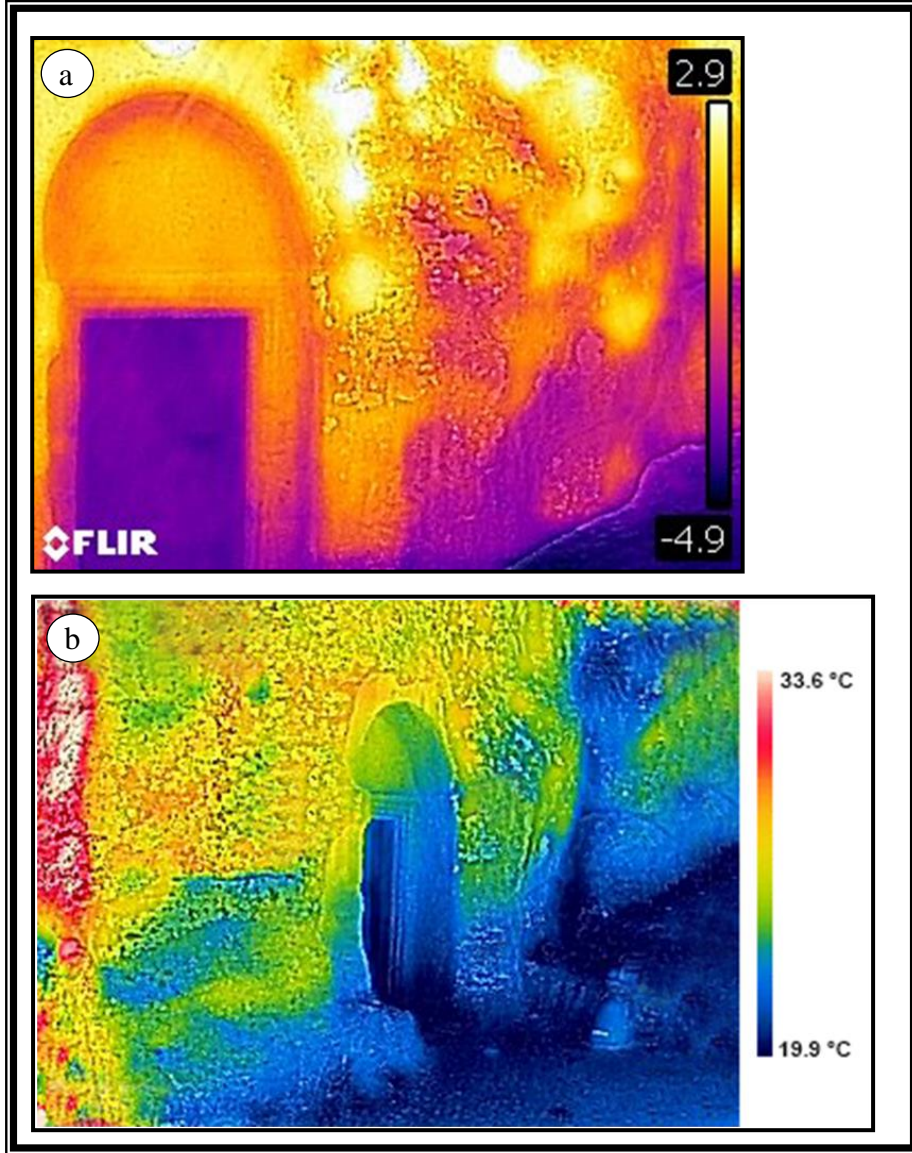
Şekil 4.5 Şapel'in Schmidt çekici sertlik haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi



Şekil 4.6 Şapel'in yaz dönemi için P dalga hızı haritası

4.2.1.4 . Termal görüntüsü

Şapel'in ön cephesinin termal görüntüsü kış ve yaz döneminde alınmıştır. Kış döneminde ön cephede ölçülen sıcaklık değerleri $-4,9^{\circ}\text{C}$ ile $2,9^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.7.a). Yapının ön cephesinin yaz dönemi için ölçülen sıcaklık değerleri ise $19,9^{\circ}\text{C}$ ile $33,6^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.7.b). Özellikle kış dönemine ait termal görüntüde sıcaklığın düşük olduğu noktalar, çatlakların olduğu bölgelerdir. Bu bölgelerde kayaçların bozulmaları, ana etkenlerinden donma-çözülme sürecinin etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7 Şapel'in termal haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi

4.2.2. Papaz evinin tahribatsız test ölçümleri

4.2.2.1. Bağıl nem ölçümleri

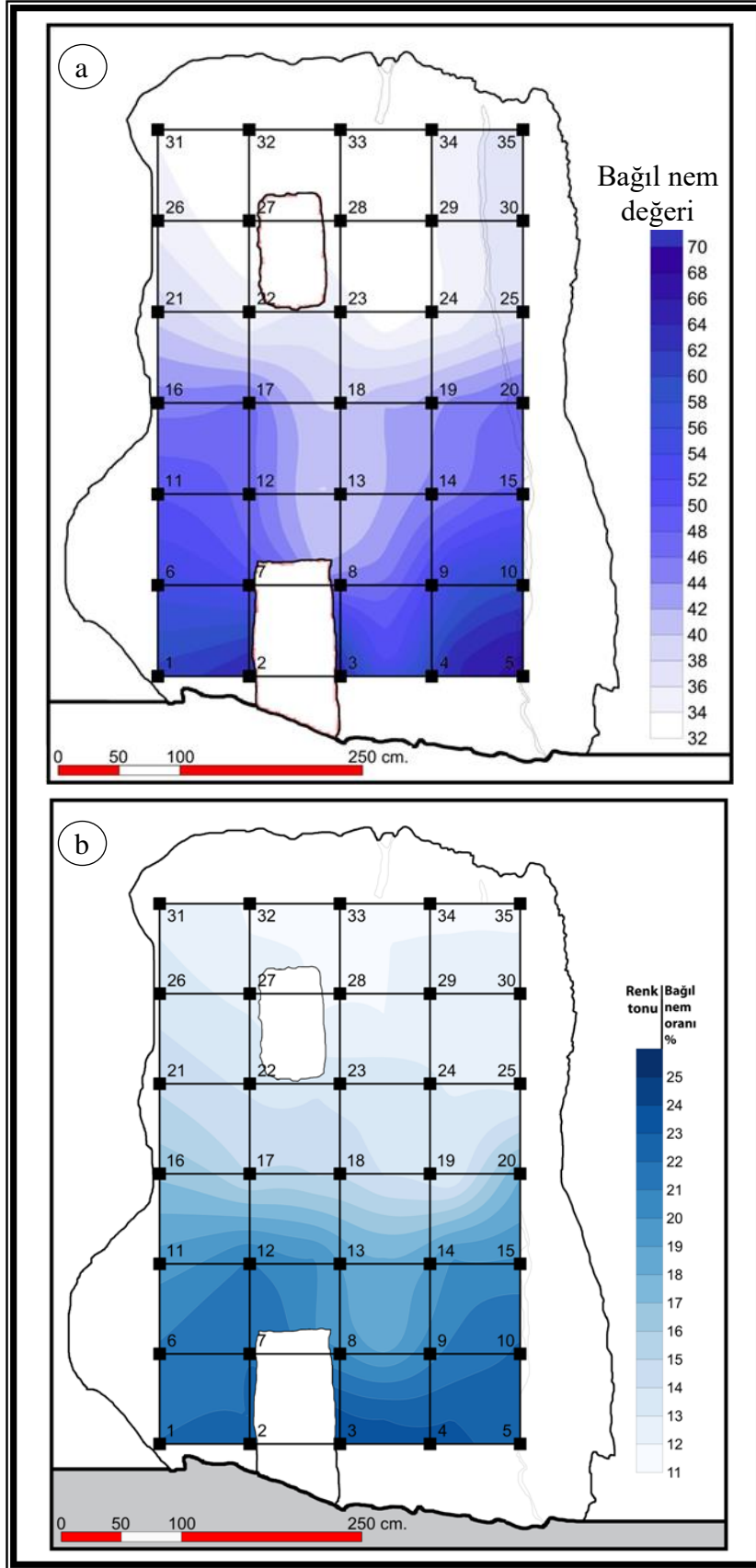
Papaz evinin ön cephesindeki grid noktalarında yaz ve kış dönemlerinde ölçülen bağıl nem değerleri Çizelge 4.5' de verilmiştir. Bağıl nem değerleri kış dönemi için % 32 ile % 69 aralığında iken; yaz dönemi için bu değerler % 12 ile % 24 aralığındadır.

Çizelge 4.5 Papaz evinin yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen bağıl nem değerleri (Ö.N: ölçüm noktası, BND: Bağıl nem değeri)

Kış Dönemi Ölçümleri				Yaz Dönemi Ölçümleri			
Ö.N	BND	Ö.N	BND	Ö.N	BND	Ö.N	BND
1	62	20	48	1	22	20	18
2	69	21	35	2	24	21	14
3	50	22	37	3	23	22	14
4	63	23	33	4	23	23	14
5	66	24	35	5	22	24	13
6	50	25	38	6	22	25	13
7	42	26	33	7	20	26	13
8	45	27	34	8	18	27	12
9	55	28	32	9	21	28	12
10	58	29	35	10	22	29	13
11	47	30	38	11	21	30	13
12	40	31	32	12	20	31	12
13	42	32	33	13	18	32	12
14	45	33	32	14	20	33	12
15	48	34	35	15	20	34	12
16	47	35	38	16	15	35	12
17	40			17	15		
18	42			18	14		
19	45			19	13		
Minimum	32			Minimum	12		
Maksimum	69			Maksimum	24		

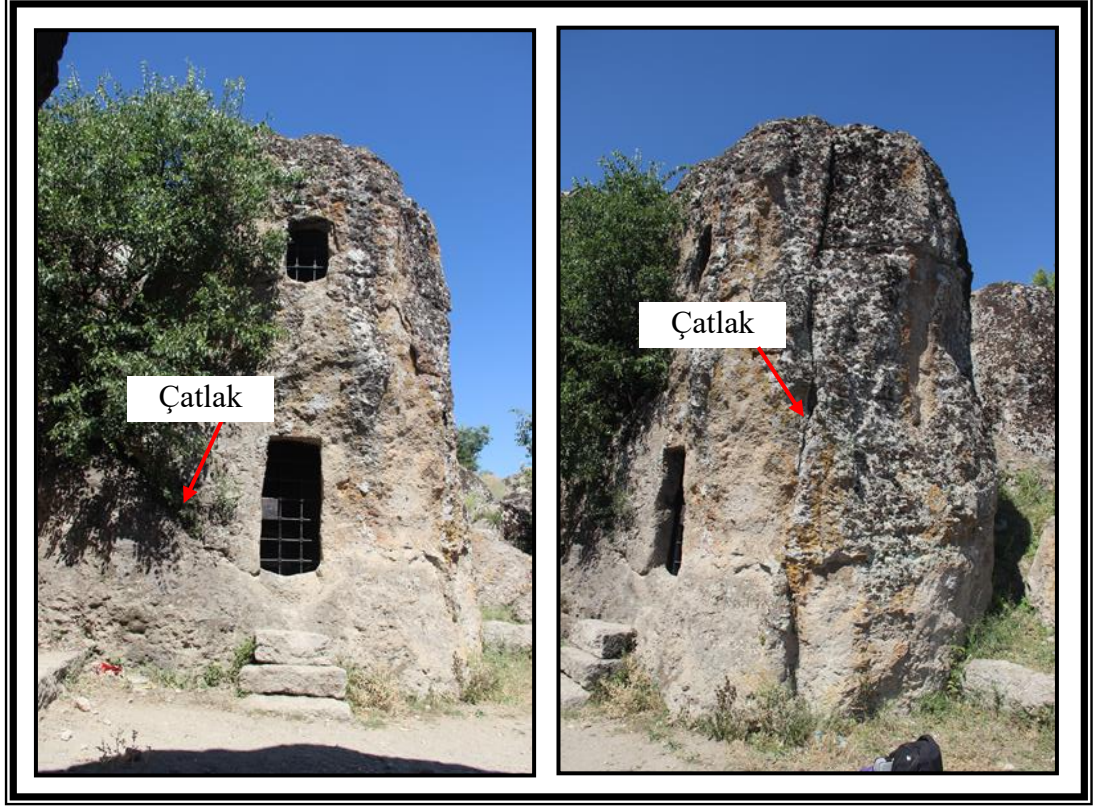
Papaz evi için elde edilen yaz ve kış dönemi bağıl nem ölçümleri Surfer 17 programı yardımıyla bağıl nem haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.8).

Kış döneminde bağıl nem dağılımları, yapının ana kayada yer alan çatlakları, kapiler, süzülme zonlarıyla ve yapı unsuru olan kapı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Kapı boşluğunun bulunduğu bölgede kaya içerisinde kapiler su yükselimi gerçekleşmemiştir. Bunun sonucunda kapı üstünde bağıl nem eş eğrilerinde bir azalma gözlenmektedir. Yapının sağ kesminde yer alan yaklaşık düşey eğimli süreksizlik 20, 25 ve 30 nolu ölçüm noktalarında bağıl nem artışına sebep olmuştur. Yapının kapı boşluğunun sol tarafında yer alan yaklaşık 45⁰ eğimli çatlakla ilişkili nem artışları yer almaktadır (Şekil 4.8.a). Süzülme zonu ile ilişkili yapıda belirgin bir bağıl nem artışı gözlenmemiştir. Bunun sebebinin yapının ön cephesinin güneye bakması ile ilişkili olarak yapının tavanındaki karın daha önce erimesi olduğu düşünülmektedir. Kapiler yükselme bölgesinde bağıl nem ilişkisine bakıldığında yapının zemin kotundan üst seviyelere çıkıldıkça bağıl nem değerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.8 Papaz evinin bağıl nem haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi

Yaz dönemi Papaz evinde bağıl nem ölçümleri incelendiğinde, yapıdaki nemi kontrol eden faktörlerin; kapiler etki, kapı boşluğu ve yapının her iki tarafında yer alan çatlaklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.9) .



Şekil 4.9 Papaz evinin ön cephesinde gözlenen çatlaklar

4.2.2.2. Schmidt çekici sertlik değeri ölçümleri

Papaz evinin ön cephesindeki grid noktalarında yaz ve kış dönemlerinde ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri Çizelge 4.6' da verilmiştir. Kış dönemi ölçülen değerler 16 ile 24 arasında değişirken; yaz dönemi için ölçülen değerler 18 ile 28 arasındadır.

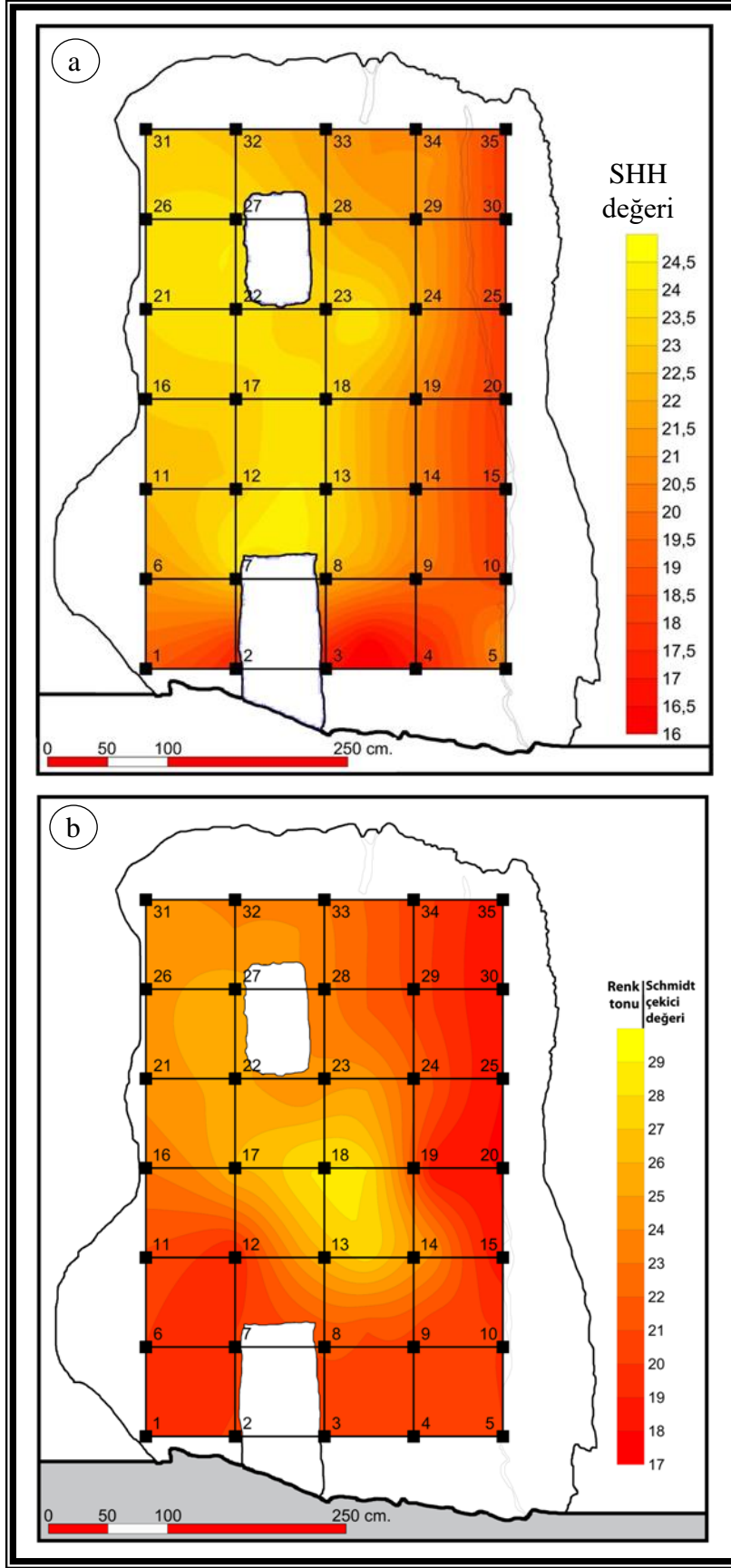
Şapel için elde edilen yaz ve kış dönemi Schmidt çekici sertlik ölçümlerinden hazırlanan Schmidt çekici sertlik haritası Şekil 4.10'da verilmiştir.

Kış dönemine ait Schmidt çekici sertlik haritası ile bağıl nem haritalarının uyumlu olduğu görülmüştür. Bu durum, kayacın nem içeriğinin artışıyla SHH değerinin azalmasının doğru orantılı olduğu bilgisini vermiştir. Yaz dönemi ölçümlerinden elde edilen haritada benzerlik gözlenmiştir. Yaz ve kış dönemi ölçümlerinde SHH değerinin en düşük ölçüldüğü noktaların kapiler zon olduğu görülmüştür. Yaz ve kış dönemlerine

ait ölçümler arasında 2-5 puanlık bir fark olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın kayacın içerisindeki su içeriğiyle doğru orantılı olduğu düşünülmektedir. Taze kayanın SHH değerinden daha düşük ölçülen değerler kayanın atmosferik olaylardan etkilendiğini göstermektedir.

Çizelge 4.6 Papaz evinden yaz ve kış döneminde belirlenen noktalardan ölçülen Schmidt çekici sertlik değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, SHH: Schmidt çekici sertlik değeri)

Kış Dönemi Ölçümleri				Yaz Dönemi Ölçümleri			
Ö.N	SHH	Ö.N	SHH	Ö.N	SHH	Ö.N	SHH
1	18	20	18	1	20	20	18
2	18	21	24	2	21	21	25
3	16	22	23	3	21	22	24
4	18	23	24	4	21	23	25
5	21	24	21	5	20	24	21
6	24	25	18	6	20	25	18
7	24	26	24	7	21	26	26
8	22	27	23	8	21	27	24
9	20	28	22	9	20	28	22
10	18	29	21	10	20	29	20
11	23	30	18	11	19	30	18
12	24	31	23	12	25	31	24
13	22	32	22	13	28	32	24
14	20	33	21	14	24	33	22
15	18	34	21	15	18	34	20
16	23	35	18	16	26	35	18
17	24			17	28		
18	22			18	28		
19	20			19	18		
Minimum	16			Minimum	18		
Maksimum	24			Maksimum	28		



Şekil 4.10 Papaz evinin Schmidt çekici sertlik haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi

4.2.2.3. Ultrasonik hız ölçümleri

Papaz evinin ön cephesindeki grid noktalarında yaz döneminde ölçülen ultrasonik hız değerleri Çizelge 4.7' de verilmiştir. Kış döneminde arazide ölçüm yapılamamıştır. Yapının ön cephesine ait yaz dönemi için ölçülen değerler 1200 m/s ile 2220 m/s arasında değişmektedir.

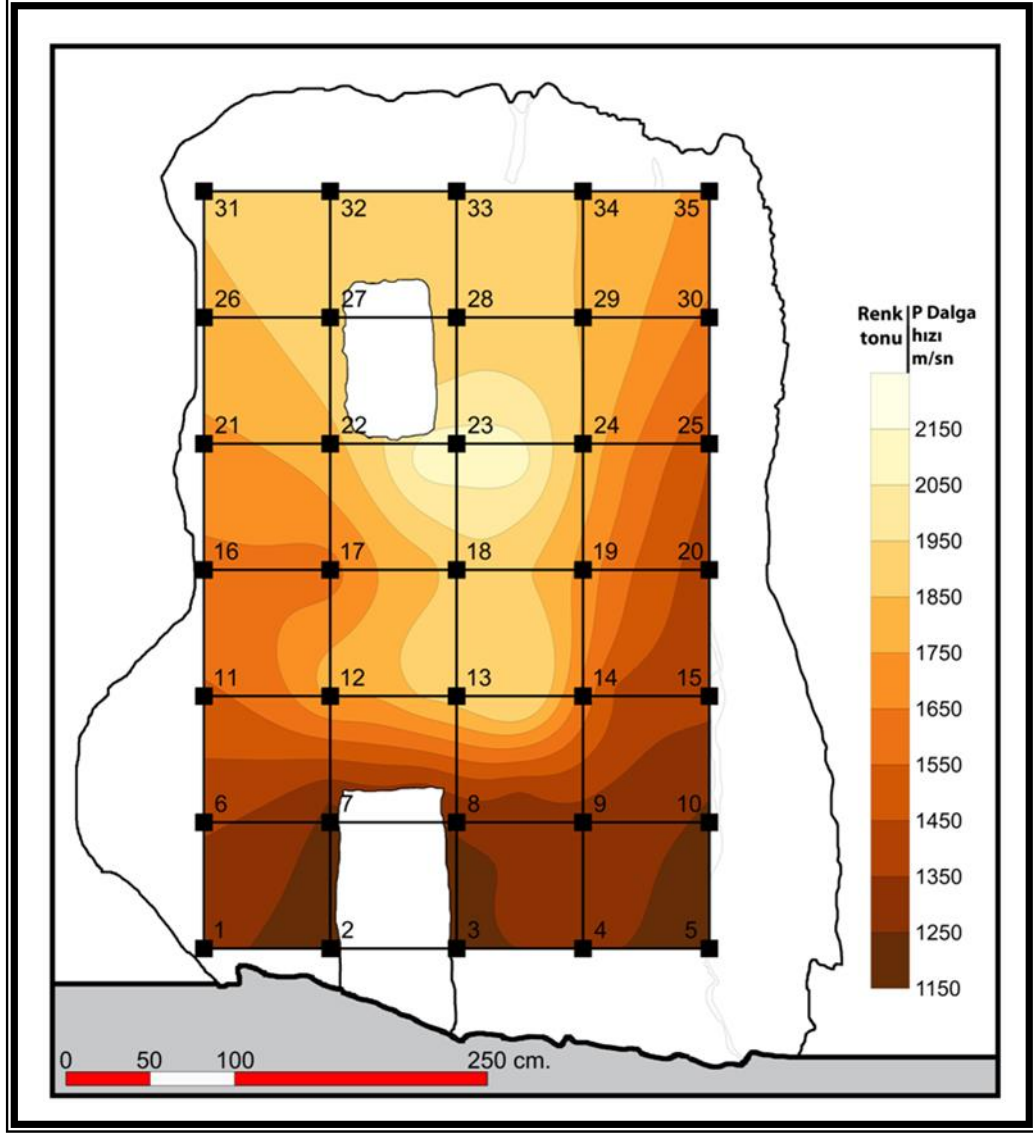
Yaz dönemine ait P dalga hızı haritası ile diğer tahribatsız testlerden elde edilen verilerin uyumlu olduğu görülmüştür. Yapıda en çok P dalga hızındaki düşüşler kapı boşluğu çevresindedir (Şekil 4.11) .

Çizelge 4.7 Papaz evinden yaz döneminde belirlenen noktalardan ölçülen ultrasonik hız değerleri (Ö.N: Ölçüm noktası, V_p: Ultrasonik hız değerleri-m/s)

Yaz Dönemi Ölçümleri			
Ö.N	V _p	Ö.N	V _p
1	1230	20	1400
2	1230	21	1800
3	1270	22	2100
4	1280	23	2100
5	1200	24	1700
6	1250	25	1450
7	1250	26	1890
8	1300	27	1850
9	1320	28	1900
10	1250	29	1800
11	1800	30	1600
12	1900	31	1920
13	2120	32	1930
14	1450	33	1870
15	1400	34	1830
16	1600	35	1700
17	1800		
18	1860		
19	1600		
Minimum	54		
Maksimum	84		

Yapının kapiler su yükselim bölgesinde gözlenen bozulmalarla doğru orantılı olarak Erenkaya ıgimbiritinin P dalga hızı değerlerinde sağlam örnek değerine oranla büyük düşüşler belirlenmiştir. Süzülme zon bölgesinde ise bozulma nispeten daha az ve P dalga hızı değerindeki düşüşler de daha azdır. Bunun sebebi, yapının üst kısımlarının

kış güneşinden daha fazla oranda faydalanmasıdır. Bu, kayaç içerisindeki nemin azalmasına sebep olmaktadır.

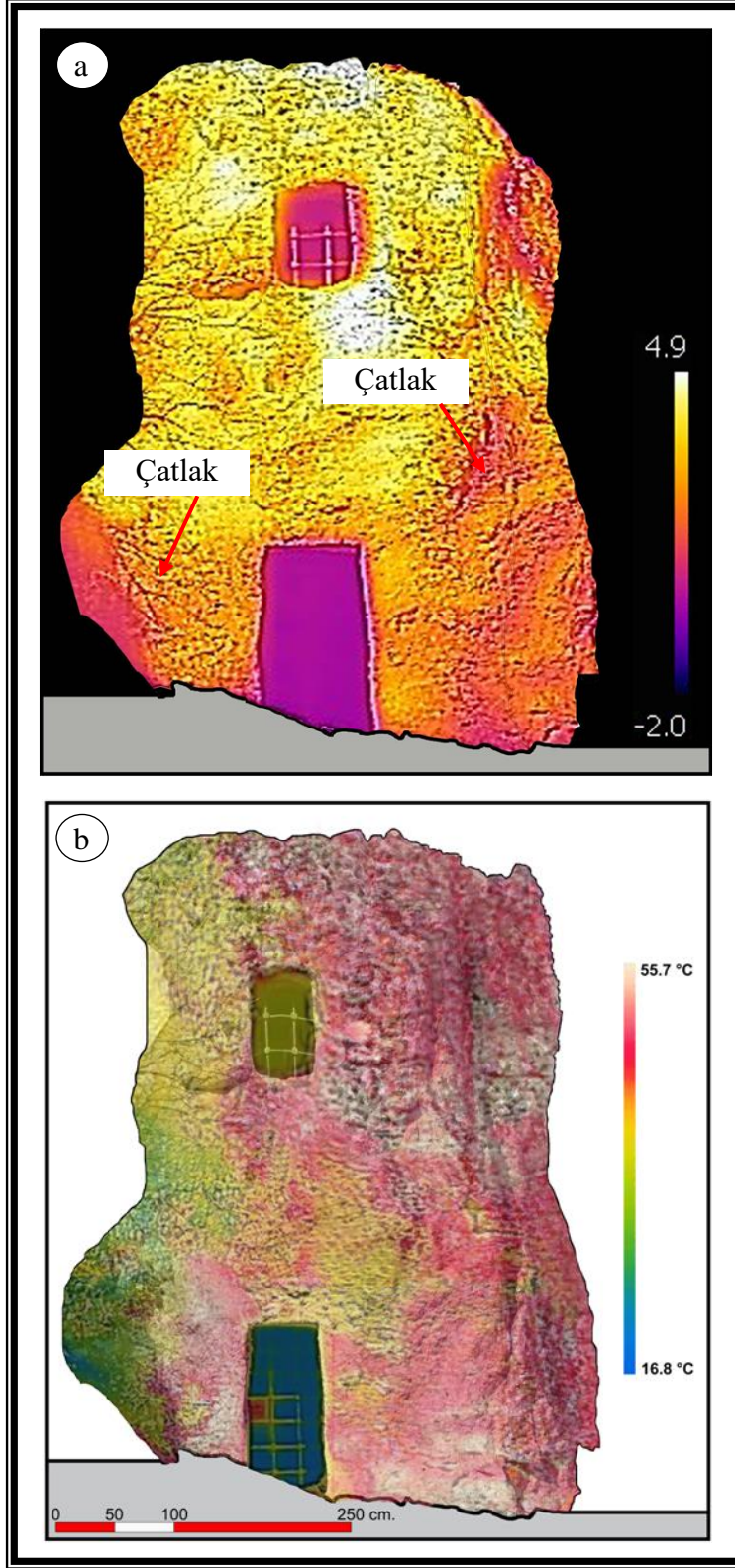


Şekil 4.11 Papaz evinin yaz dönemi için P dalga hızı haritası

4.2.2.4. Termal görüntüsü

Yapının ön cephesinin termal görüntüsü kış ve yaz döneminde alınmıştır. Kış döneminde ön cephede ölçülen sıcaklık değerleri -2°C ile $4,9^{\circ}\text{C}$ arasındadır (Şekil 4.12.a). Papaz evinin ön cephesine ait yaz dönemi için ölçülen sıcaklık değerleri ise $16,8^{\circ}\text{C}$ ile $55,7^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Şekil 4.12.b). Özellikle kış dönemine ait termal görüntüde sıcaklığın düşük olduğu noktaların çatlakların olduğu bölgeler olduğu

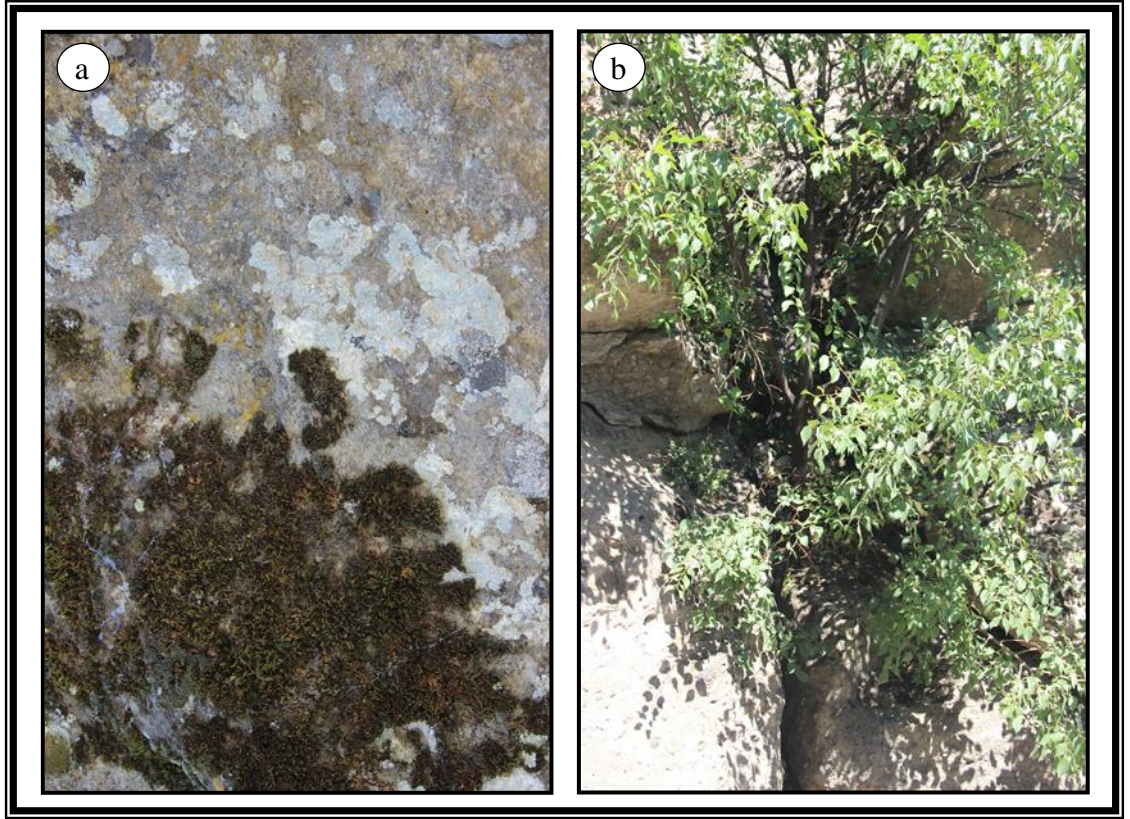
görülmektedir. Bu bölgelerde kayaların bozulmalarının ana etkenlerinden olan donma-çözülme sürecinin etkin olduğu görülmektedir.



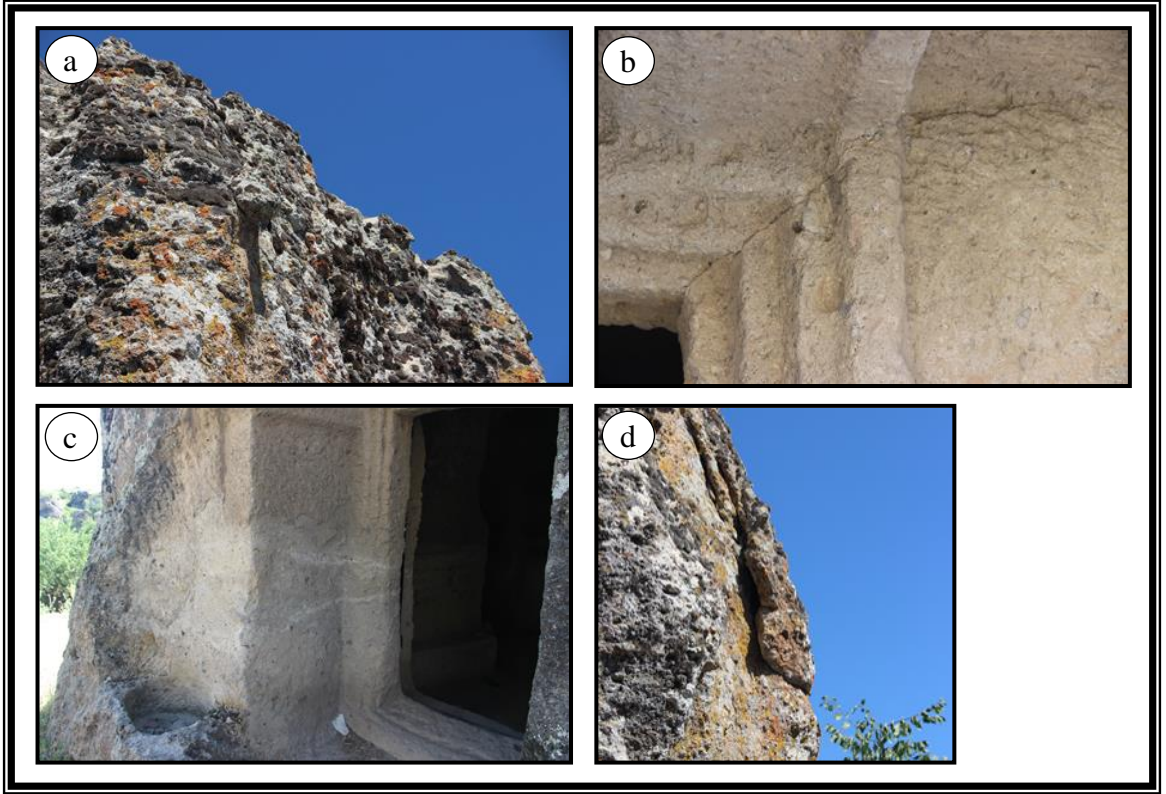
Şekil 4.12 Papaz evinin termal haritası a) kış dönemi, b) yaz dönemi

4.3. Tarihi Yapılarda Gözlenen Bozulma Türleri

Bu bölümde incelenen antik yapılarda gözlenen bozulma türlerine kısaca değinilmiştir. Yapılarda biyolojik aktivite ürünü olan alg ve liken oluşumları ve büyük bitki oluşumu gözlenmiştir (Şekil 4.13). Yapıların değişik bölgelerinde kavlamalar, kayaç kopmaları, çatlaklar, çiçeklenme (tuz kristallenmesi) ve insan etkisi (Şekil 4.14) tespit edilmiştir.



Şekil 4.13 Yapılarda biyolojik aktivite ürünleri, a) alg ve likenler, b) büyük bitki



Şekil 4.14 Yapılarda gözlenen bozulma türleri a) kayaç kopması, b) çatlak, c) çiçeklenme, d) kavlama

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Konya ilinin 35 km güneybatısında yer alan Kilistra antik kentinde kaya içerisine oyularak oluşturulan yapılardan, şapel ve papaz evinin tahribatsız testlerle bozulma atlasları hazırlanmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Kilistra Antik Kenti'nde bu çalışmada incelenen yapılar Erenkaya İgnimbiriti içine oyularak yapılmıştır.

Kayacın, porozite değeri %27,50 olarak tespit edilmiştir. Kayacın ağırlıkça su emme değeri % 15,27 ve P dalga hızı ise 2700 m/s olarak bulunmuştur.

Kayacın kapiler su emme değeri ise $156,85 \text{ gr/m}^2\text{s}^{0,5}$ olarak belirlenmiştir. Kayacın kapiler su emme değerinin yüksek olması kayaç içerisinde yaz ve kış dönemlerinde suyun hareketini ve kayacın bozulma süresini hızlandırmıştır.

Tarihi yapının oyulduğu kayacın içerisindeki süreksizlikler ile çevresinde bozulmanın arttığı belirlenmiştir.

Tahribatsız testlerden elde edilen haritalar ile yapı cephelerindeki bozulma durumunun uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizde ve dünyada mevcut kültürel mirasın korunabilmesi için yapı taşında bozulma sürecini hızlandıran yeraltı ya da yüzey sularının mimari yapılardan uzaklaştırılması gerektiği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- American Society for Testing and Materials (ASTM), (1994). Annual book of ASTM standart - construction: soil and rock, ASTM Publication, USA.
- Aritan, H.S., (2010). Konya Kilistra (Gökyurt) tarihsel yerleşimi mekânsal gelişimi ve koruma önerileri, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi (yayınlanmamış).
- Avdelidis, N.P and Moropoulou, A. (2004). Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures, *Journal of Cultural Heritage*, 5: 119-127.
- Benavente, D., Garcia del Cura, M. A., Fort, R., and Ordóñez, S., (2004). Durability estimation of porous building stones from pore structure and strength, *Engineering Geology*, 74(1): 113-127.
- Besang, C., Echardt, F.-J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., (1977). Radiometrische Altersbestimmungen an neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geol. Jahrb.*, B25: 3-36.
- Binda, L., Lualdi, M. and Saisi, A., (2007). Non-Destructive Testing Techniques Applied for Diagnostic Investigation: Syracuse Cathedral in Sicily, Italy, *International Journal of Architectural Heritage*, 1: 380-402.
- Bozdağ, A., Bayram, A. F., İnce, İ., Asan, K., (2016). The relationship between weathering and welding degree of pyroclastic rocks in the Kilistra ancient city, Konya (Central Anatolia, Turkey), *Journal of African Earth Sciences*, 123: 1-9.
- Bozdağ, A., İnce, İ., Korkanç, M., Tosunlar, M.B. and Hatır, M.E., (2017). Determination of weathering in the Ferit Paşa Cistern (Konya, Turkey) by non-destructive tests, *International Congress on Cultural Heritage and Tourism (ICCHT)*, 19-21 May 2017 Konya, Turkey.
- El-Gohary, M.A., (2013). Evaluation of treated and un-treated Nubia Sandstone using ultrasonic as a non-destructive technique, *Journal of Archaeological Science*, 40: 2190-2195.
- Eren, Y, (1993). Konya kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36: 7-23.

- Fener, M. and İnce, İ., (2015). Effects of the freeze–thaw (F–T) cycle on the andesitic rocks (Sille-Konya/Turkey) used in construction building, *Journal of African Earth Sciences*, 109: 96–106.
- Fisher, R. V., (1966). Rock composed of volcanic fragments and their classification, *Earth Sci. Rev.*, 1: 287-298.
- Fort, R., de Buergo, M.A. and Perez-Monserrat, E. M., (2013). Non-destructive testing for the assessment of granite decay in heritage structures compared to quarry Stone, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 61: 296-305
- Göger, E. ve Kıral, K., (1969). Kızılören dolayının jeolojisi, M.T.A. Rapor No: 5204 (yayınlanmamış).
- Grinzato, E., Bison, P.G. and Marinetti S. (2002). Monitoring of ancient buildings by the thermal method, *Journal of Cultural Heritage*, 3: 21-29
- Hoek, E. and Brown, E.T.,(1980). *Underground excavations in rock*, Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and sons ltd., Hertford, England.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), (1978). *Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks*, International Rock Mechanics and Mining Sciences, Geomech. Abstr., USA.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), (1980). *Suggested methods for determination of compressive strength*. Int. Soc. Rock Mech. Comm. Lab. Tests., USA.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), (1981). *Rock characterisation, testing and monitoring: ISRM suggested methods*, E.T. Brown (ed), Pergamon, Oxford.
- İnce, İ., (2013). *Donma-çözülme döngüsünün kayaçların mühendislik parametreleri üzerine etkisi*, Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, (yayınlanmamış).
- Keller, J., Jung, D., Burgath, K. ve Wolff, F., (1977). *Geologie und petrologie des Neogenen kalkalkali - vulkanismus von Konya Erenler Dağı - Alacadağ Massiv, Zentral - Anatolien*), *Geol. Jb.*, B25: 37-117.
- Kilic, G., (2015). Using advanced NDT for historic buildings: Towards an integrated multidisciplinary health assessment strategy, *Journal of Cultural Heritage*, 16: 526-535.

- Mimiroğlu, İ.M., (2005). Ortaçağ'da Konya-Kilistra kenti yapıları, Selçuk Ünv. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi (yayınlanmamış).
- Moos, A.V. und De Quervain, F., (1948). Technische gesteinkunde, Birkhauser, Basel.
- Moropoulou,A., Labropoulos, K.C., Delegou,E.T., Karoglou, M. and Bakolas, A., (2013). Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage, *Construction and Building Materials*, 48: 1222-1239.
- NBG, (1985). Norwegian Rock Mechanics Group: Handbook in Engineering Geology - Rock. (in Norwegian) Tapir, Trondheim, Norway.
- Özkan, N., (2001). "Konya-Meram-Gökyurt Koyu Kilistra Antik Kenti Kurtarma Temizlik ve Onarım Çalışmaları (1998-1999)" 11. Müze Çalışmaları ve Kurtarma Kazıları Sempozyumu 24-26 Nisan 2000 Denizli, Ankara.
- Pérez-Gracia, V., Caselles, J.O., Clapés, J., Martinez, G. and Osorio, R., (2013). Non-destructive analysis in cultural heritage buildings: Evaluating the Mallorca cathedral supporting structures *NDT&E Internationa*, 159: 40-47.
- Pettijohn, F.J., (1975). Sedimentary rocks, 3rd edition: N.Y., Harper & Row: 628.
- RILEM, (1980). recommended test to measure the deterioration of stone and to ases the effectiveness of treatment methods, commission 25-PEM, Material and Structures, USA.
- Snethlage, R., (2005). Leitfaden Steinkonservierung Fraunhofer IRB, Stuttgart 289.
- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Penneç, J.L., (1998). Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 85: 447-471.
- TS EN 12407, (2002). Doğal taşlar-deney metotları-petrografik inceleme, TSE yayınları, Ankara.
- TS EN 1925, (2000). Doğal taşlar–deney metotları–kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini, TSE yayınları, Ankara.
- Tuğrul, A., (1995). Niksar yöresindeki bazaltların mühendislik özelliklerine ayrışmanın etkileri, İstanbul Ünv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (yayınlanmamış).
- Ulusay, R., Gökçeoğlu C. ve Binal A., (2001). Kaya mekaniği laboratuar deneyleri, TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayınları, Ankara.

Vasanelli E., Colangiuli, D., Calia, A., Sileo, M. and Aiello, M.A., (2015). Ultrasonic pulse velocity for the evaluation of physical and mechanical properties of a highly porous building limestone, *Ultrasonics*, 60: 33-40.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatma Özer
Doğum Yeri : Konya
Doğum Tarihi : 15.06.1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Meram Konya Lisesi, Konya 2007
Lisans : Niğde Üniversitesi, İnşaat Müh.Böl., Niğde 2014
Yüksek Lisans : Adıyaman Üniversitesi, FBE, İnşaat Müh., Adıyaman 2017

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Özel sektör/ 3 Yıl

Yayınları (SCI ve diğer)

1. İnce, İ., Günaydın, O., **Özer, F.**, 2017, Determination of Weathering at Kilistra Ancient City by Using Non-Destructive Techniques Central Anatolia Turkey, ICGES 19th International Conference on Geology and Earth Systems, Phuket, Thailand, Mar 06-07, 2017, 19 (3) Part IV, 443