

KONYA BÖLGESİNDEKİ TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN KAYALARIN  
BOZUNMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa Asım TEKİN

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

Haziran-2020

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Mustafa Asım Tekin'in Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı "Konya Bölgesindeki Tarihi Yapılarda Kullanılan Kayaların Bozunma Özelliklerinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

10/06/2020

Prof. Dr. Şahmurat ARIK

**Enstitü Müdürü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

Prof. Dr. Zeynal Abiddin Ergüler

**Anabilim Dalı Başkanı, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Prof. Dr. Zeynal Abiddin Ergüler

**Danışman, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Sınav Komitesi Üyeleri**

Prof. Dr. Zeynal Abiddin Ergüler

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi**

Doç. Dr. Hüseyin Karakuş

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi**

Doç. Dr. Ali Kayabaşı

**Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi**

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan Turnitin İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %6 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Danışman Adı Soyadı

Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

Öğrenci Adı Soyadı

Mustafa Asım TEKİN

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamın bütün aşamalarında görüş, öneri, katkı ve bilgisiyle desteklerini esirgemeyen başta danışman hocam, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı Başkanı Saygıdeğer Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER'E teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tezimdeki eksikliklerin giderilmesi konusunda yardımcı olan Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Ali Samet Öngen'e teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmaları esnasında desteğini gördüğüm, Jeoloji Mühendisi Harun Adalı'ya, eşim Jeoloji Mühendisi Pınar Tekin'e ve kızım Zeynep Mina Tekin'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında deneylerin yapılmasında yardımcı olan Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Dr. Enes Zengin'e, laboratuvar imkanlarını sağlayan Grafik Jeoteknik Laboratuvar Enerji Maden Taahhüt San. ve Tic. Ltd. Şti. Müdürü Jeoloji Mühendisi Özgür Uslu'ya, deneylerin yapılmasında bizzat yardımcı olan Jeoloji Mühendisi Müslüm Tunç'a teşekkürü bir borç bilirim.

Personeli olmaktan gurur duyduğum, her türlü teknik imkânı sağlayan Selçuklu Belediye Başkanlığına, başkanımız Sayın Ahmet Pekyatırmacı'ya, personelini yüksek lisans, doktora çalışması yapmak üzere teşvik eden eski Belediye Başkanımız, Konya Büyükşehir Belediye Başkanı Sayın Uğur İbrahim Altay'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmamın bütün süreçlerinde desteğini gördüğüm mesai arkadaşım Jeoloji Mühendisi Oğuz Han Yılmaz'a ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her döneminde her zaman yanımda olan ve bu konulara gelmemde büyük rolü olan değerli eşim Jeoloji Mühendisi Pınar Tekin'e, kızım Zeynep Mina Tekin'e, oğlum Yusuf Atilla Tekin'e, babam Ziraat Mühendisi Atilla Tekin'e, annem Emine Tekin'e ve kardeşim Ziraat Mühendisi Hatice Fahriye Tekin'e teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Asım TEKİN



# KONYA BÖLGESİNDEKİ TARİHİ YAPILARDA KULLANILAN KAYALARIN BOZUNMA ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa Asım TEKİN

Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2020

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

## ÖZET

Bu çalışmada, Konya bölgesindeki tarihi yapılarda kullanılan trakit, tuf, traverten ve mermerlerin bozunma özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Konya merkezde bulunan Hacı Veyis Camii, Mevlâna Müzesi ve Dergâhı, Aziziye Camii, Kapı Camii, Alâeddin Camii, İnce Minareli Medrese ve Sahip Ata Külliyesi gibi tarihi eserlerin yapımında kullanılan farklı kaya malzemelerinde meydana gelen bozunmalar incelenmiştir. Bu tarihi eserlerin yapımında kullanıldığı düşünülen kaya birimlerinin yerleri arazi çalışmaları ile tespit edilmiştir. Tespit edilen yerlerden laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere karot ve el örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin fiziksel, mineralojik ve mekanik özelliklerinin tespiti için gözeneklilik, ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık, X-ışınları kırınım analizleri, petrografik analizler ile tek eksenli sıkışma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, fiziksel bozunma süreçlerinin bu kaya birimlerinin dağılma davranışı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için ıslanma-kuruma ve donma-çözünme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmaların yanı sıra, tarihi eserlerin yapımında kullanılan bu kayaların doğal arazi koşullarındaki bozunma davranışlarının incelenmesi amacıyla seçilen kayalardan alınan karot ve el örnekleri Konya merkezde etrafı açık bir bahçede bir yıl boyunca bozunma süreçlerine maruz bırakılmış ve belli aralıklarla kütle kayıpları kaydedilmiştir. Tarihi eserlerden ölçülen bozunma derinlikleri dikkate alındığında, trakit, tuf, traverten ve mermerlerde bozunma hızlarının sırası ile 0.01-0.10 mm/yıl, 0.02-0.08 mm/yıl, 0.01-0.30 mm/yıl ve 0.009-0.03 mm/yıl olduğu belirlenmiştir. Donma-çözülme ile ıslanma-kuruma deney sonuçları dikkate alındığında, trakit, tuf, traverten ve mermerlerin kütle kaybı yüzdelerinin sırasıyla %0.58-1.52, %16.11-17.68, %0.11-0.34 ve %0.58-2.67 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, doğal ortamda bekletilen trakit, tuf, traverten ve mermer örneklerinin kütle kaybı yüzdelerinin sırasıyla %0.794-1.008, %17.02-17.268, %0.32-0.374 ve %0.648-0.852 olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, kayaların arazi ile laboratuvar koşullarında belirlenen bozunma davranışının benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Tuf ile karşılaştırıldığında, trakit, traverten ve mermer gibi kaya malzemelerinin bozunma süreçlerine

karşın ağırlık kaybı değerlerinin oldukça az olduğu (%1-3 arası) belirlenmiştir. Bozunma süreçlerine karşı seçilen kayaların duraylılığı dikkate alınarak, Sille tüflerinin tarihi eserlerin restorasyon çalışmalarında ve yeni yapı inşası gibi mühendislik projelerinde kullanılmaması gerektiği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bozunma, Bozunma Davranışı, Mermer, Tarihi Eserler, Trakit, Traverten, Tüf.

## **INVESTIGATION OF THE WEATHERING PROPERTIES OF ROCKS USED IN HISTORICAL STRUCTURES IN THE KONYA REGION**

Mustafa Asım TEKİN

Geological Engineering, Ms. Thesis, 2020

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER

### **SUMMARY**

In this study, it is aimed to investigate the weathering properties of trachyte, tuff, travertine and marble used in historical structures located in the Konya region. For this purpose, the weathering occurred in different rock materials, which were used in construction of historical monuments located in Konya center such as Hacı Veyis Mosque, Mevlâna Museum and Lodge, Aziziye Mosque, Kapı Mosque, Alâeddin Mosque, İnce Minareli Madrasa and the Sahip Ata Complex, was investigated. The locations of rock units that are thought to be used in the construction of these historical monuments were identified by field studies. Core and hand samples were extracted from these locations to be used in laboratory studies. For the determination of the physical, mineralogical and mechanical properties of the collected samples, porosity, water absorption by weight, unit weight, X-ray diffraction analysis (XRD), petrographic analysis as well as uniaxial compressive strength tests were carried out. In addition, wetting-drying and freezing-thawing experiments were carried out to determine the effect of physical weathering processes on the disintegration behavior of these rock units. Beside these experimental studies, in order to investigate the weathering behavior of selected rocks used in the construction of the historical monuments at natural field condition, core and hand samples extracted from these rocks were subjected to weathering processes in an open garden in Konya center during one year, and the mass losses were recorded. Considering the weathering depths measured in historical structures, it was determined that the weathering rates of trachyte, tuff, travertine and marbles are 0.01-0.10 mm/year, 0.02-0.08 mm/year, 0.01-0.30 mm/year, and 0.009-0.03 mm/year respectively. Based on the test results of freezing-thawing and wetting-drying, it was found that the mass loss percentages of trachyte, tuff, travertine and marbles are 0.58-1.52, 16.11-17.68, 0.11-0.34, and 0.58-2.67 respectively. In addition, the mass loss percentages of trachyte, tuff, travertine and marble samples kept in the natural environment were determined as 0.794-1.008, 17.02-17.268, 0.32-0.374 and 0.648-0.852 respectively. Considering the results obtained, it was found that the weathering behaviors of the rocks determined at the field conditions and the laboratory are similar. In comparison with tuff, it was determined that the mass loss values of the

rock materials such as trachyte, travertine and marble are quite low (between 1-3%). Taking into account the durability of the selected rocks against weathering processes, Sille tuffs are thought not to be used in restoration of historical monuments and engineering projects such as construction of new structures.

**Keywords:** Weathering, weathering behavior, Marble, Historical Monuments, Trachyte, Travertine, Tuff.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. İNCELEME BÖLGESİNİN JEOLJİSİ.....	10
3.1. Bozdağ Formasyonu (Db).....	13
3.2. Bağrıkurt Formasyonu (Ch).....	13
3.3. Ardıçlı Formasyonu (Tra).....	13
3.3.1. Bahçecik Formasyonu (TRam).....	13
3.3.2. Ertuğrul Formasyonu (Tras).....	13
3.4. Lorasdağı Formasyonu (Trjl).....	14
3.5. Midostepe Formasyonu (Km).....	14
3.6. Çayırbağı Ofiyoliti (Kçs).....	14
3.7. Dilekçi Formasyonu.....	14
3.7.1. Sille Formasyonu (Tda).....	15
3.7.2. Ulumuhsine Formasyonu (Tdu).....	15
3.7.3. Küçükmuhsine Formasyonu (Tda).....	16
3.7.4. Sulutas Volkanitleri (Tda).....	17
3.8. Yürükler Formasyonu (Q).....	17
3.9. Konya Gölü ve Kara Oluşumlu Çökeller.....	17

## İÇİNDEKİLER(devam)

### Sayfa

3.9.1. Göl Ortası Çökelleri (Qg).....	18
3.9.2. Göl Kenarı Kum Barları (Qk).....	18
3.9.3. Göl Kenarı Çökelleri (Qgk).....	19
3.9.4. Yamaç Molozları (Qym).....	19
3.9.5. Alüvyon Yelpazeleri (Qyz).....	19
3.9.6. Alüvyon Taraçalar (Qtr).....	20
3.9.6. Akarsu Alüvyonları (Qal).....	20
3.10. Yapısal Jeoloji.....	20
4. İNCELEME BÖLGESİNİN TANITILMASI.....	23
4.1. Coğrafi Konum ve Morfoloji.....	23
4.2. Bölgenin İklim Şartları.....	24
5. ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	29
5.1. Karot ve El Örneklerinin Temini.....	29
5.2. Numunelerin Doğal Ortamda Bozunmasının Araştırılması.....	29
5.3. Tarihi Yapılarda Kullanılan Doğal Kayaların Bozunmasının Araştırılması.....	35
6. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI.....	43
6.1. X Işınları Kırınım (XRD) Analizleri.....	43
6.2. Örneklerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	51
6.2.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi.....	52
6.2.2. Görünür Gözeneklilik, Gerçek Gözeneklilik ve Ağırlıkça Su Emme Deneyleri.....	53
6.2.3. Islanma-Kuruma ve Donma-Çözülme Deneyleri.....	57
6.2.4. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi.....	60
7. SONUÇLAR.....	62
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	64

**İÇİNDEKİLER(devam)**

ÖZGEÇMİŞ

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Konya ve çevresinin genel jeoloji haritası (Hakyemez vd., (1988)).....	11
3.2. Konya ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Eren, (1992)).....	12
3.3. Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesi içerisinde Ulumuhsine formasyonu (Tdu), Küçükmuhsine formasyonu (Tda) ve Sulutas volkanitleri (Tda) ile konumları.....	15
3.4. Selçuklu ilçesine bağlı Yazır mahallesinde Şehit Savcı Hakan Kılıç Kanyon Parkı'nda bulunan Ulumuhsine formasyonuna (Tdu) ait kireçtaşlarından bir görünüm.....	16
3.5. Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesinde Sulutas volkanitlerine (Tda) ait trakit örneği.....	18
3.6. Konya ve çevresinin diri fay haritası (Eren, (2000)).....	21
3.7. Türkiye'nin yapısal kuşakları (Özgül, 1976).....	22
4.1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası (Ölçeksiz).....	23
4.2. Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1929-2018 kayıtları esas alınarak hazırlanan ortalama sıcaklık (°C), ortalama en yüksek sıcaklık (°C), ortalama en düşük sıcaklık (°C), en yüksek sıcaklık (°C) ve en düşük sıcaklık (°C) değerlerinin aylara bağlı değişim grafikleri.....	26
4.3. Konya Havalimanı Meteoroloji İstasyonunun 1929-2018 kayıtları esas alınarak hazırlanan aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) değerlerinin aylara bağlı değişim grafikleri.....	27
5.1. Doğal bozunma süreçlerine bırakılan örneklerin bozunma süreçleri öncesi ilk görüntüsü (24/11/2018).....	30
5.2. El örnekleri ve karot numunelerinin kış aylarındaki genel görüntüsü (24/02/2019).....	31



## ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3. El örnekleri ve karot numunelerinin bir yıllık süre sonunda göstermiş olduğu bozunma davranışı (24/11/2019).....	31
5.4. Doğal bozunma koşulları altında meydana gelen kütle kaybı değerlerinin el örneği ve karot numuneleri için değişim grafiği.....	34
5.5. Meram ilçesine bağlı Kapı Camii'nin kaplamasında kullanılan tuf'e ait aşınma ile meydana gelen bozunma örneği.....	36
5.6. Karatay ilçesine bağlı Hacı Veyis Camii'nin minaresinde kullanılan tuf'e ait aşınma ile meydana gelen bozunma örneği.....	37
5.7. Karatay ilçesine bağlı Aziziye Camii'nin kaplamasında kullanılan travertende kopma ile meydana gelen bozunma örneği.....	38
5.8. Karatay ilçesine bağlı Mevlâna Türbesi ve Dergâhı'nın bahçe duvarlarında kullanılan travertende meydana gelen kopma örneği.....	39
5.9. Selçuklu ilçesine bağlı İnce Minareli Medresenin kaplamasında kullanılan trakitte kopma ile meydana gelen bozunma örneği.....	40
5.10. Selçuklu ilçesine bağlı Sille Mahallesi'nde bulunan mağaraların giriş bölümlerinde gözlemlenen aşırı bozunma örneği.....	42
6.1. Trakit (D1) örneğinin XRD kırınım grafiği.....	44
6.2. Tuf (Tü-1) örneğinin XRD kırınım grafiği.....	44
6.3. Trakit (A1) örneğinin XRD kırınım grafiği.....	45
6.4. Mermer (M1) örneğinin XRD kırınım grafiği.....	45
6.5. Traverten (T1) örneğinin XRD kırınım grafiği.....	46
6.6. İnce Minareli Medreseden alınan örneğin XRD kırınım grafiği.....	46

## ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.7. Trakit'ten (A1) alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görünümü (Büyütme 94-X, B: Biyotit, P: Plajiyoklaz).....	48
6.8. İnce Minareli Medrese yapımında kullanılan kayadan alınan genel SEM görüntüleri.....	49
6.9. Şekil 6.8'de verilen noktalarda yapılan EDS analiz sonuçları: a) EDS Spot 1, b) EDS Spot 2, c) EDS Spot 3.....	50
6.10. Volkanik kayaların toplam alkali-silis içerikleri temelinde kimyasal sınıflaması (Le Matrie vd., 1989).....	51
6.11. Numunelerin gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi) tespiti aşamaları.....	56
6.12. Bu çalışmada kullanılan örneklerin katı tanelerin kütlesi (ms) ile katı tanelerin hacmi (vs) arasındaki ilişkiler.....	57
6.13. a) Trakit örneğinin deney öncesi görüntüsü, b) 30 çevrim ıslanma-kuruma sonrası durumu, c) 30 çevrim donma-çözünme sonrası durumu.....	58
6.14. Derlenen örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deneylerinin yapılışı ve 24,4 kN yük altında travertenden alınan karotun yenilme aşaması.....	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Konya Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine istinaden tespit edilen ortalama yıllık ıslanma-kuruma, donma-çözülme çevrim sayıları, toplam yağış, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.....	28
4.2. 2004-2018 yılları arasında kaydedilen veriler dikkate alınarak belirlenen ıslanma-kuruma ve donma-çözülme süreçlerine ilişkin elde edilen istatistiksel değerlendirmeler.....	28
5.1. El örneklerinde zamana bağlı doğal koşullarda meydana gelen kütle değişimleri.....	32
5.2. Karot örneklerinde zamana bağlı doğal koşullarda meydana gelen kütle değişimleri.....	33
5.3. Trakit, tüf, traverten ve mermerlerden faydalanılarak yapılan çeşitli binaların arazi ölçümleri ve tespit edilen bozunma hızı değerleri.....	41
6.1. Örneklerin XRD analizleri sonucu tespit edilen mineralojik bileşimi.....	47
6.2. Derlenen örneklerin kimyasal analiz değerleri.....	51
6.3. Çalışılan numunelerin birim hacim ağırlıkları.....	53
6.4. Araştırma yapılan numunelerin görünür gözeneklilik ve ağırlıkça su emme değerleri.....	54
6.5. Gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi) deneyi için öğütülen örneklerden belirlenen katı tanelerin kütlesi (ms) ve hacmi (vs) değerleri.....	56
6.6. Islanma-kuruma ve donma-çözünme çevrimleri sonucu örneklerde ölçülen kütle kayıpları.....	59
6.7. Alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.....	61

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklamalar</u></b>
$A_w$	Ağırlıkça su emme
$\gamma$	Birim hacim ağırlık
$n$	Görünür gözeneklilik
$n_g$	Gerçek porozite
$m$	Kütle
$m_s$	Katı tane kütlesi
$m_d$	Suya doymun kütle
$v$	Hacim
$v_v$	Boşluk hacmi
$v_s$	Katı tanelerin hacmi
$v_t$	Toplam hacim
$P$	Yenilme Yüğü
$\sigma_c$	Tek eksenli sıkışma dayanımı

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklamalar</u></b>
ISRM	International Society of Rock Mechanichs
TS	Türk Standartları
XRD	X Işını Difraksiyon Spektrokopisi

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Antik çağda ve Roma kökenli kaynaklarda İconiom (İkonion) ve Araplar tarafından Kuniya şeklinde isimlendirilen medeniyetler beşiğine Osmanlılar ile Selçuklular Konya adını vermişlerdir. Konya, tarihsel dönemini ve bugüne kadar varlığını devam ettirmesini yer aldığı konuma borçludur. İç Anadolu'yu Akdeniz, Karadeniz ve Ege'ye bağlayan konumda yer alması gelişmesine büyük katkı sağlamıştır.

Doğal kayaların dış etkilere dayanabilmesi, taşıma kapasitesinin fazla olması ve yeryüzünde oldukça fazla bulunması, yüzyıllar içerisinde mimarinin en önemli yapı malzemeleri şeklinde değerlendirilmesine neden olmuştur. Başka bağlayıcıya gerek kalmadan nitelikli eserler yapmaya imkân vermesi, doğal kayaları diğer malzemelerden önemli kılan niteliklerdendir. Dayanımı, gösterişi ve durağan zenginliği ile yüzyıllardan bu yana insanların tercih ettiği sanat kollarından birini ve yapı malzemelerini meydana getiren doğal kayaları Frigyalılar, eski Mısırlılar, Hititler, Persler, Mezopotamya Uygarlığı, Lidyalılar, Romalılar, eski Yunanlılar, Selçuklular ile Osmanlılar bugüne kadar gelen ve dönemlerine ışık tutan yapılarında kullanmışlardır.

Tarihi yapılarda kullanılan kayalar, geçmişin izlerini taşıması sebebiyle evrensel bir öneme sahiptir. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de evrensel öneme sahip yapıların değeri anlaşılmaya başlanmıştır. Bütün insanların ortak değeri şeklinde kabul gören kültürel yapılara sahip çıkılması ve bunların koruma altına alınarak gelecek nesillere miras bırakılması ilk sırada gelen görevlerimizdendir.

Endüstrinin ilerlemesi, doğal iklim şartları ve gün geçtikçe artan çevre kirliliği eski yapıların yıpranıp bozunmasına ve yok olmasına sebep olmaktadır. Bu durum kültür değerlerimize sahip olmanın gittikçe artmasına ve kurtarıma seçeneklerinin araştırılmasına sebebiyet vermiştir. Eski yapıların aslına uygun restorasyonu yapılarak daha çok bozunmasının önüne geçmek ve yapıların orijinal durumlarına geri getirilerek varlıklarını devam ettirmelerine imkân sağlayan eski yapı korumacılığı biliminin değeri bütün dünyada giderek artmaktadır.

Kaya, genel olarak dayanıklı, sağlam bir yapı malzemesi olması sebebiyle yapılarda tercih edilmektedir. Bu dayanıklılık bazı şartlara bağlı olup uluslararası bilimsel programlarda restorasyon çalışmaları değerlendirilip, güvenli koruma seçenekleri irdelenerek yapılara zarar verebilecek yöntemlerden vazgeçilmektedir. Günümüzde 19. yüzyıldan beri geliştirilen çeşitli kaya koruma yöntemlerinin birkaç istisna haricinde neredeyse tamamının işe yaramadığı bilinmekte ve kaya koruması farklı bir kategoride değerlendirilmektedir. Başarılı olmayan

koruma yöntemleri, kaya yapılarının bozunma sebepleri üzerinde araştırma yapılmasının önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Kayalar üzerinde uygulanan koruma yöntemleri ile bozunmaya neden olan faktörler en aza indirgenmelidir.

Genel olarak doğal kayalardan inşa edilmiş yapılar fiziksel ve kimyasal etkilerle bozunmaya maruz kalmaktadırlar. Kaya bozunmasının bilimsel çalışmalarla saptanması ekonomi ve restorasyon açısından önem arz etmektedir. Tarihi yapılardaki bozunmanın tespit edilmesi ilk olarak yapılan gözlemler ile başlar. Yapıda gözlemler sonucunda tespit edilen bozunma durumlarının sınıflara ayrılarak yapının, çizim ve çekilen fotoğrafları üstünde haritalama çalışması yapılması, bozunmaya neden olan faktörlerin tespit edilmesi ve restorasyon çalışmaları esnasında gerekli kontrollerin yapılması noktasında önemli bir veri sağlar. En önemlisi de yerinde tespit edilen bozunmaların yapı içerisinde dağılımı, arkeolojik bölgede ve çeşitli tarihi eserlerde bozunmanın nedenleri hakkında bazı ipuçları verebilir.

Bozunma, kayaçların atmosfer ve hidrosferin direkt etkisi ile ayrışması durumu şeklinde tanımlanabilir (Fookes vd., 1971). Bozunma mekanizması bazı araştırmacılar tarafından fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma olarak üçe ayrılmıştır (Beavis, 1985); Perry, 1986); Johnson ve DeGraff, 1988). Fiziksel bozunma, kaya kütleleri ile malzemesinin dağılması ile meydana gelir. Fiziksel bozunmaya sebep olan en önemli unsurlar sıcaklık, yağmur ve rüzgardır. Kimyasal bozunma, kayalarda bulunan minerallerin uzaklaşması ile değişime maruz kalarak yeni minerallerin meydana gelmesi neticesinde minerallerin iç yapısının değişimiyle oluşur. Biyolojik bozunma ise hayvanlar ile bitkilerin kimyasal ve fiziksel etkileri sonucunda meydana gelmekte ve mühendislik yönünden değerlendirmeye alınmamaktadır. Konya bölgesinin iklim şartları göz önüne alındığında kayalarda meydana gelen bozunma türü fiziksel bozunmadır.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Konya bölgesindeki tarihi yapılarda kullanılan kayaların bozunma özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Genel itibarıyla seçilen yapılar Konya merkezde bulunan Hacı Veyis Camii, Mevlâna Türbesi ve Dergâhı, Aziziye Camii, Kapı Camii, Sahip Ata Külliyesi, İnce Minareli Medrese ve Karatay Müzesidir. Hacı Veyis Camii, Kapı Camii dış kaplamasında kullanılan Sille tüflerinin çıplak gözle bakıldığında aşınarak bozunduğu, Mevlâna Türbesi ve Dergâhı, Aziziye Camii dış kaplamasında kullanılan travertenlerin koparak bozunduğu, Sahip Ata Külliyesi dış kaplamasında kullanılan mermerlerin koparak bozunduğu, İnce Minareli Medrese ve Karatay Müzesinde traktitlerin koparak bozunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Karatay Müzesi ile

Mevlâna Türbesi ve Dergâhında yapılan restorasyon çalışmaları esnasında dış kaplamada kullanılan fakat bozulan trakitlerin yerine traverten kullanıldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada, arazide mostra veren yerlerden trakit, tuf, traverten ve mermerlerin el ve karot örnekleri alınarak doğal ortama bırakılmış, üçer aylık zaman periyotlarında bozunma ve kütle kaybı tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca trakit, tuf, traverten ve mermer numuneleri üzerinde donma-çözülme, gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi), görünür gözeneklilik (suya doyurma yöntemi), ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık, ıslanma-kuruma, tek eksenli sıkışma dayanımı, X Işımları Kırınım (XRD) Analizleri deneyleri ile tarihi yapılarda kullanılan kaya birimlerinin bozunma özellikleri araştırılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kültürel, tarihi ve doğal özellikleri sayesinde Konya ve çevresinde bugüne kadar birçok jeolojik ve jeoteknik araştırmalar yapılmıştır. Bölgenin genel jeolojisinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yanı sıra, Konya ve çevresinde bulunan jeolojik birimlerin dayanım ve deformasyon özelliklerini kapsayan farklı çalışmalar da bulunmaktadır. Bu tezin esas amacı ile ilişkili olan ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Göger ve Kıral, (1969) Konya'nın batı bölümünde Permien-Üst Kretase yaşlı birimlerin varlığına işaret ederek, Permien yaşının en üstünde bulunan olası bir diskordans haricinde Kızılören mahallesi bölgesindeki bütün birimlerin Mesozoyik yaşını gösterdiğini, karbonatlı kayaçların hüküm sürdüğü bir istifi dile getirmişlerdir. Karbonatlı kayaçların altında yer alan kırıntılı-karbonat sıralaması olasılıkla Alt Triyas yaşına aittir. Göger ve Kıral, (1969) Jura yaşlı birimleri iki kısma bölerek altta ayrılmış gri ve siyah renklerde, yumurta çürüğü kokulu dolomitleri tespit etmişlerdir. Olasılık yaş olarak Liyas yaşını Özgül, (1976) Bolkadağı Birliği ile birleştirerek dile getirmişlerdir.

Richards, (1972) bozunmaya maruz kalmış kayaların sınıflandırılması için program geliştirmiştir. Bu programın ana hatları şunlardır; ayrışma derecesine göre sınıflandırma, tek eksenli çekme ve sıkışma dayanımı, nokta yükü dayanımına göre sınıflandırma, ayrışma profiline göre sınıflandırma ve sayısal ayrışma değerlerine göre sınıflandırma şeklindedir. Pehlivan, (1976) Sızma-Lâdik (Konya) bölgesindeki en yaşlı birimin Orta-Üst Silüriyen yaşlarındaki fillit ara katkılı rekristalize kireçtaşları ihtiva ettiğini, üstüne de Orta-Üst Devoniyen yaşlarındaki fillit ara tabakalı dolomitli ve mercanlı kireçtaşlarının geldiğini belirtmiştir. Alt-Orta Karbonifer yaşlarındaki karbonatların ve metakırıntılıların Lâdik'in güney bölümünde diğer birimlerin üstünde uyumsuz bir şekilde olduğunu dile getirmiştir. İnceleme alanındaki metaporfiritlerin Karbonifer yaşlı birimleri kesmesinden ötürü Karbonifer yaşından daha genç olabileceğini belirtmiştir. Yükselen mahallesinde diyabazların bulunduğunu belirtmiştir. Paleozoyik yaşlı öngördüğü tüm serilerin Miyosen-Pliyosen yaşlarında karasal çökeller, volkanitler ve gölsel kireçtaşları tarafından uyumsuz şekilde üstlendiğini vurgulamıştır.

Douglas, (1980), Beavis, (1985) ve Waltham, (1994) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda, bozunmanın kayaçların jeomekanik niteliklerine göre etkilerinin tespit edilmesi için sistematik verilere gereksinim duyulduğunu, ayrıca bozunmanın etkilerinin derecelerini belirtmek için kullanılan verilerin kayaçların mekanik ve fiziksel niteliklerinde bozunma derecesine göre oluşan değişiklikler olduğunu belirtmişlerdir.



Beavis, (1985) jeolojik malzemelerin bozunma davranışının belirli bir zaman zarfında meydana gelen bozunma miktarının tespit edilmesi şeklinde tanımlaması yapılabileceğini belirtmiştir. Bell, (1983) bozunma derecesinin tespit edilmesi için ilk başta donma-çözülme deneyini kullanmıştır. Franklin vd., (1972) kayaların nemlilik ile kuruma karşısında dayanıklılığını tespit etmek için yapılan suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyini önermişlerdir. Ancak bu deneyin bozulmayı tek başına belirleyecek nitelikte olmayacağını, sadece kaya bozunma sınıflandırmasında yararlı olabileceğini belirtmişlerdir. Bell, (1983) ve Beavis, (1985) suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyinin sadece mekanik bozunma özelliklerinin tespit edilmesinde yarar sağlayacağını, diğer bozunma süreçlerinin etkisinin belirlenmesinde bir belirleyici unsur olmayacağını belirtmişlerdir. Franklin vd., (1972) suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi, bozunma miktarı ve şev açısı ile bir bağlantı olması yönünde çalışmalarda bulunmuşlardır. Olivier, (1979) tek eksenli dayanımı ile şişme katsayısı değerlerine istinaden kayaların stabil olmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Wiggins, (1990) ve Anderson vd., (1997) suyun biyolojik etkilere uygun bir ortam yarattığını belirtmişlerdir. Quayle, (1996), Carretero vd., (1996) ve Arnold vd., (1985) doğal kayaların deniz suyu ve yağışa maruz kalan bölgelerde nispi nem ve sıcaklık değerleri diğer bölgelere göre farklı olmakta ve bunun sonucunda diğer bölgelerde farklı oranlardaki gözeneklerdeki tuz kristalleşmelerinin farklı olmasından kaynaklı farklı oranlarda bozunmalar görülebileceğini dile getirmişlerdir.

Hakyemez vd., (1992) Konya, Akören, Çumra dolayının jeolojisini Maden Tetkik ve Arama (MTA) ile ayrıntılı bir şekilde irdelenmesi ve Konya ovasındaki Kuvaterner ile genç birimlerin ayırtlanması çalışılmıştır.

Eren, (1993) Konya kuzeybatısında Bozdağlar masifinin otokton ve örtü birimlerinin stratigrafisi, Konya ve çevresinde Mesozoyik yaşlı Çayırbağı ofiyoliti ve Silüriyen-Mesozoyik yaşlarında Lâdik metamorfitletince yapısal şekilde üstlenen, genellikle oluşum olarak sığ denizel özelliğe sahip kayalardan meydana gelen Üst Permiyen-Alt Kretase yaşlarındaki Gökçeyurt grubu, masifin otokton topluluğunu meydana getirdiğini belirtmiştir. Eren, (1993) Gökçeyurt grubunun temelinde, Üst Permiyen yaşlı metakuvarsit, metakarbonat ve fillit ardalanması biçimindeki Derbent formasyonu ile yer aldığını belirtmiştir.

Price, (1993) kayaçların bozunma derecelerini sayısal olarak ortaya koyan bir yöntem bulmuştur. Bu yöntem, yerüstünde yer alan kayaçların bozunma derecelerini sayısal şekilde ortaya koymaktadır.

Ahunbay, (1995) bozunmanın, tercih edilen malzemelerin işçilik, üretim, doğal etkiler, hatalı kullanım ve ilgisizlik nedeniyle oluştuğunu belirtmiştir. Yaz günlerinde sıcaktan dolayı genişlemeye uğrayan yapı malzemeleri soğuk kış şartlarında dona maruz kalmaktadır. Sıcaklık farkları, donma-çözülme çevrimleriyle malzeme deforme olmakta, suyun kapillarite özelliği ile yapı malzemelerinde hasar meydana gelmektedir. Çatlaklar içerisine giren su donduğu zaman %9'luk hacimsel artış meydana gelmekte ve kaya malzemelerinin parçalanmasına neden olmaktadır.

Karakoç, (1996) Hatıp, Çaldağı, Çayırbağı ve kuzey bölgesinin jeolojisi, Geç Permian-Kuvaterner yaşlarında çökmüş kayalarda incelemelerde bulunmuştur. Bölgedeki istif birimlerini allokton, neotokton ve otokton birimler şeklinde üç gruba ayırmıştır. Bu araştırmacı, allokton birimleri otokton birimlerin üstüne yapısal olarak gelen melanj özellikte Hatıp ofiyolitik karmaşığı ve bunun üstüne de yapısal olarak gelen okyanusal kabuk özelliğinde olan Çayırbağı ofiyolitinin geldiğini bildirmiştir. Neotokton birim en alttaki birimleri açılı diskordans ile gelen Dilekçi grubu içerisinde değerlendirmiştir.

Topal ve Doyuran, (1998) kültürel miras niteliğinde olan peribacalarını meydana getiren tüflerde, atmosfere bağlı meydana gelen fiziksel ve kimyasal ayrışmaları donma-çözülme, ıslanma-kuruma deneyleri ile araştırmışlardır.

Maravelaki vd., (1999) ve O'Brien vd., (1995) kimyasal ve fiziksel bozunma aşamalarının en önemli unsurlarının tuz ve su olduğunu, suyun taşımış olduğu karbonlu ve kükürtlü bileşikler ortamın pH'ının azalmasına, asitlerin aktif duruma gelmesine, kayaların üstünde koyu bir kabuk meydana gelmesine ve kaya yüzeylerinin yıkanmasına neden olacağını dile getirmişlerdir.

Nicholson ve Nicholson, (2000) on tane sedimanter kayaç üstünde yapmış oldukları donma-çözülme deneyleri ile daha önceden kayaçlar üzerinde bulunan (süreksizlik vb.) ayrışma durumuna olan etkisini çalışmışlardır. Daha önceden kayaçlar üzerinde bulunan hataların dokusal nitelik ile kayaç dayanımı ile beraber değerlendirme yapılmasını dile getirmişlerdir.

Çavumirza, (2002) Mucur (Kırşehir) bölgesi kireçtaşı traverten ve mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri, Uz vd., (2001) Düzağaç (Ulus-Bartın) traverten oluşumlarının jeolojisi, petrografisi ve mermer açısından değerlendirilmesi ve Yalçın vd., (2004) Kurna Deresi (Burdur) travertenlerinin fiziko-mekanik özellikleri ve yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri, bölgede yer alan traverten ve mermerlerin fiziko-mekanik özelliklerini göstermek için deneyler yapmışlardır. Bu deneylerde inceleme konusu traverten ve mermerlerin petrografik, mineralojik, fiziksel,

kimyasal ve mekanik özelliklerini araştırmışlar, TSE standartlarına göre çalışma yapılarak döşeme, yapı elemanları ve kaplamalarda güvenli biçimde değerlendirebileceğini dile getirmişlerdir.

Küçükkaya, (2004) kayaların bozunma sebeplerinin ilk başında jeolojik oluşuma bağlı meydana gelen tektonik nedenlerin yer aldığını ifade etmiştir. Uygulama amacına ve yere uyumlu nitelik ve yapıda olan kayaların tercih edilmemesi veya bulunmasına rağmen farklı nitelik sergileyen birimlerden kaya tercih edilmesi ilerleyen zamanlarda karşımıza çıkacak bozunmalara neden olacaktır. Kayanın ocaktan hatalı yöntemlerle elde edilmesi, uygulama esnasında yanlış işçilikten dolayı neden olan hatalar ve/veya dış etkenler yapısal bozunmalara sebep olan etkenlerdir.

Binol, (2005) Doğal yapıtaşlarında alterasyon: Eflatunpınar Hitit Anıtında ve Kızılören Hanında (Konya) yapıtaşı alterasyonu örnekleri, Sille trakitleri, Karakaya trakitleri ve Kızılören tüfitlerinin bazı ultrasonik, mekanik ve tuz ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) kristalleri karşısında bozunmasını incelemiştir. Sille trakitlerinin Konya il merkezinde yer alan Osmanlı ve Selçuklu döneminde inşa edilen yapılarda kullanıldığını belirtmiştir. Sille trakitleri, Karakaya trakitlerinin su emme derecelerinin birbirine yakın olduğunu, Kızılören tüfitlerinin bunlara göre daha fazla olduğunu belirtmiştir. Su içerisinde dağılma özelliklerine göre bu oranın Kızılören tüfitlerinde daha fazla olduğu, akabinde Sille trakitleri ve Karakaya trakitlerinin geldiğini belirtmiştir. Nokta yükleme indeks değerlerine göre en fazla değer Karakaya trakitlerinde ölçülmüş, bunu Sille trakitleri ve Kızılören tüfitleri izlemiştir. Ağırlık kaybı deneyinde silindirik şekilli Sille trakitlerinin %29 oranına ulaştığı tespit edilmiştir.

Yavuz vd., (2006) kireçtaşı, mermer ve travertenden meydana gelen on iki adet numune üzerinde termal şok ve donma-çözünme deneylerini uygulamışlardır. Karbonatlı kayaların donma-çözülme ve termal şok ile ayrışması sonrası indeks niteliklerini tahmin edebilmek için başlangıçtaki indeks nitelikleri, çevrim sayısı ve gözeneklilik'e bağlı olarak bir model oluşturmuşlardır.

Şengün vd., (2008) Türkiye'nin değişik bölgelerinden elde ettikleri altı adet kireçtaşı üstünde yapmış oldukları çalışmalarda, taze yüzeylerden alınmış ve donma-çözülme aşamalarından geçirilmiş örnekler üzerinde mekanik, fiziksel ve indeks özellikleri tespit edilerek başlangıç değerine istinaden oluşan değişim miktarını yüzde şeklinde tespit etmişlerdir. Özellikle porozitesi fazla olan kayalarda donma-çözülme çevrimi akabinde mekanik, fiziksel ve indeks niteliklerinde yaklaşık %50 oranında bütünlük kaybı gözlemlemişlerdir.

Uysal, (2008) Hatıp-Pamukçu-Dikmeli-Karadiğın (Konya) civarının jeolojisi ve karbonatlı kayaçların yapı taşı olarak kullanılabilme özellikleri, Hatip ofiyolitli karışığının içerisinde yer alan kireçtaşı bloklarında ve Ulumuhsine formasyonunda tabakalanmaların olduğunu ve bu tabakaların düzgün ve temiz olduğunu belirtmiştir. Tabakaların sahanın topografyası ile uyumlu ve kalın olması ekonomik olarak işletilebileceğine işaret etmektedir. Ulumuhsine formasyonuna ait gölssel kireçtaşlarının petrografik ve makroskopik incelemeleri yapılmış desen, renk ve doku uyumu açısından aranan nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Ulumuhsine formasyonuna ait gölssel kireçtaşlarına TS 699 standartları çerçevesinde mekanik ve fiziksel deneyler yapılmış, TS 11143 standartlarına istinaden değerlendirme yapılarak Dikmeli (Gödene) kireçtaşlarının kaplama ve yapı taşı şeklinde kullanılabilmesini belirtmiştir. Böhme yüzeysel aşınma direnci, darbe direnci değerlerinin yeteri seviyede olmamasından ötürü Dikmeli (Gödene) gölssel kireçtaşlarının döşemeden ziyade kaplamada kullanılması gerektiğini dile getirmiştir.

Ergüler, (2010) Kapadokya tüflerinin bozunma özellikleri ve oranının arazi ve laboratuvar incelemelerinde tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaca uygun olarak arazi gözlemleri yapılarak, tüflerin fiziksel, mekanik ve mineralojik özellikleri tespit edilmiştir. Kapadokya tüflerinin bozunma derecesinin tespiti amacıyla donma-çözülme, ıslanma-kuruma ile duraylılığının tespit edilebilmesi için suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi yapılmıştır. Tarihi yapıların arazi gözlemleri ve laboratuvar çalışmalarından varılan sonuçlara istinaden Esbelli tüfü için bozunma miktarı 0.03-0.59 mm/yıl, Kavak üyesi kaya birimlerinin zayıf kısımları için bozunma miktarı 0.4-2.5 mm/yıl şeklinde tespit edilmiştir.

Akın ve Özsan, (2011) sarı renkli traverten numunesi üstünde ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristalizasyonu deneylerini yapmak suretiyle örneklerin, uzun sürede dayanımını iki istatistik yöntem ile tespit etmişlerdir.

Bayram, (2012) dokuz tane kireçtaşı numunesi üstünde gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, donma-çözülme deneyi sonrasında tek eksenli sıkışma dayanımını yüzdesel olarak oluşan kaybı tespit edebilen bir statik model geliştirmiştir.

Dal vd., (2012) hava içeriğinde bulunan gazlar, sıcaklık, su, organik ve canlı maddeler bozunma aşamasında ilk sırada yer alır. Sıcak ve nemli bölgelerde kimyasal bozunma ilk sırada yer alıp, bozunma daha hızlı gerçekleşir. Kurak ve soğuk bölgelerde fiziksel bozunma ilk sırada olup, bozunma daha yavaş gerçekleşir. Bozunmada önemli olan ana kayanın sergilediği dirençtir. Sert kayalar daha zor bozunurken, yumuşak kayalar daha kolay bozunmaktadır.

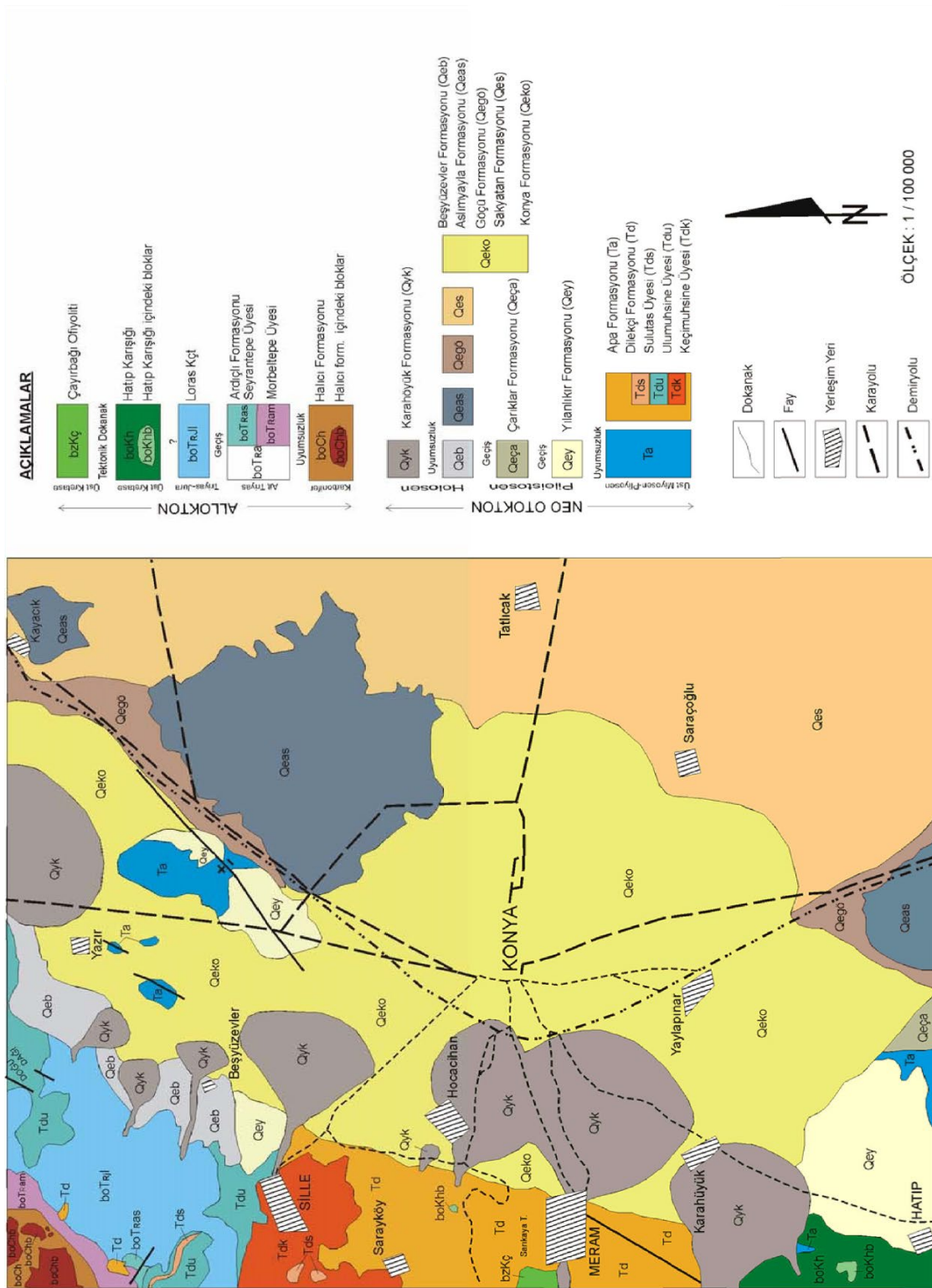
Özçelik vd., (2012) donma-çözülme çevrimleri neticesinde karbonatlı kayaların parlaklık değerindeki farklılık ile mekanik, fiziksel ve kalsit mineralinin tane boyu arasındaki ilişki üzerinde inceleme yapmışlardır. Karbonatlı kayaların parlaklık değerlerinde büyük değişiklikler belirlemişlerdir. Bu farklılık sebebiyle karbonatlı kayaların sert iklim şartlarına sahip bölgelerde dış cephede kullanılmaması gerektiğini dile getirmişlerdir.

### 3. İNCELEME BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

Türkiye, sedimanter oluşumlar ve farklı yapısal özelliklerin meydana geldiği Alp-Himalaya Dağ Oluşum Kuşağı üstünde bulunur. Kuzeyinde, Kuzey Anadolu Dağları (Pontidler), güneyinde Toros Dağları (Toridler) yer alır. İki kuşağın arasında Anatolidler bulunur. Anatolidlerin batı bölümündeki ana kısmını meydana getiren Menderes metamorfiteğini yaklaşık olarak Akşehir (Konya) ilçesinden başlayarak kuzey ve doğu kısmından süre gelen kuşağa Kütahya-Bolkardağı Kuşağı adı verilmiştir. İnceleme bölgesi, Anatolidlerin güney kısmını meydana getiren Kütahya-Bolkardağı Kuşağının üstünde yer alır. Devoniyen-Güncel yaş aralığında meydana gelmiş birimler gözlenir. Kaya cinsi, tektonik durum ve istif bakımından bir birliklilik meydana getiren, yüzlerce km görülen bu kuşak Neotetisin kuzey kısmının açılma-kapanma süresince kuzey bölümünü gören devre dışı olan kıta kenarıdır (Tekdere, 2008).

İnceleme bölgesinde, Kütahya-Bolkardağı Kuşağı'nın orta kısmına ait deformasyona maruz kalmış, birden fazla evreli bir istif bulunmaktadır. İstifin en alt kısmını Konya'nın kuzeyinde bulunan Devoniyen yaşa sahip Bozdağ formasyonu meydana getirir. Karbonifer yaşa sahip Bağrıkurt formasyonu uyumsuz bir şekilde bu birimin üstünde yer alır. Alt Triyas (Skitiyen) yaşa sahip Ardıçlı formasyonu yukarıda belirtilen birimler üstüne açısız uyumsuzlukla gelir. Orta Triyas-Jura yaşlarına sahip Lorasdağı formasyonu uyumlu bir şekilde Ardıçlı formasyonunun üzerinde yer alır. Bu formasyonun üstünde de Kretase yaşlı Midostepe formasyonu uyumlu bir şekilde yer alır (Tekdere, 2008).

Tekdere, (2008) Üst Kretase-Alt Paleosen yaşlı Çayırbağı ofiyoliti inceleme alanına yapısal olarak gelir. Genellikle masif, yer yer de parçalı bir yapıya sahiptir. Bütün birimlerin üstüne karasal kökenli Orta Miyosen üstü-Alt Pliyosen? yaşlı Dilekçi formasyonu uyumsuz olarak gelir. Dilekçi formasyonu içerisinde karasal sedimanların yanı sıra volkanik katkılar da bulunur (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Bölgede yüzeylenen jeolojik birimler en yaşlıdan gence doğru aşağıda alt bölümler halinde sunulmuştur.



Şekil 3.1. Konya ve çevresinin genel jeoloji haritası (Hakyemez vd., 1988).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	FORMASYON	SÜTUN KESİTİ	AÇIKLAMALAR		
KUVATERNER	KUVATERNER	GÖL ÇÖKELLERİ		Akarsu Alüvyonları: Kil-kum-çakıl karmaşığı Alüvyon Taraçaları: Az tutturulmuş kil-kum-çakıl. Alüvyon Yel pazeleri: Tutturulmamış kum-çakıl. Yamaç Molozları: Kum-çakıl ve bloklar		
				Göl kenarı çökelleri: Kil ve çamur içerisinde kum ve ince çakıl yaygıları. Göl Kenarı Kum Barları: Sarı-kırmızı-kahverengi silttaşı-kumtaşı-az çakıltaşı. Göl Çökelleri: Kilitaşı-çamurtaşı-marn-silttaşı-kumtaşı-ince çakıltaşı.		
				Yürükler Formasyonu: Kırmızı-kahve-gri konglomera, çamur.		
				Sulutas Volkanitleri: Gri-koyu gri-pembe dasit, riyodasit, riyolit andezit, kumtaşı		
				Küçükmuhsine Formasyonu: Beyaz-gri-pembe tüf, tüfit, volkanik breş, volkanojen kumtaşı.		
TERTİYER	DİLEKÇİ FORMASYONU			Ulumuhsine Formasyonu: Kirlili beyaz-gri-krem-sarı kireçtaşı, killi kireçtaşı, marn, çakıltaşı, kumtaşı, çamur.		
				Sille Formasyonu: Kırmızı-bordo renkli kum-çakıl, kil.		
				Çayırbağı Ofiyoliti: Zeytin yeşili renkli serpantinleşmiş dunit ve peridotit. ↳ Blindirme		
				Midostepe Formasyonu: Gri renkli, çörtlü kireçtaşları ve siyah renkli dolomitler.		
				Lorasdağı Formasyonu: Gri renkli, orta-kalın tabakalı kristalize kireçtaşı ve içerisinde dolomit bantları. Siyah-kül renkli, bitümlü, orta-kalın tabakalı ve çok ince kristalli.		
MEOZÖYİK	KRETA SE	ÇAYIRBAĞI OFİYOLİTİ		Ertuğrul Formasyonu: Sarı-gri-pembe renkli kristalize kireçtaşı ve dolomitler. Bağçecik Formasyonu: Mor-gri-yeşil şeyl, mor renkli kumtaşı sarı renkli oolitic kireçtaşı ova katkılı.		
				JURA	LORASDAĞI FORMASYONU	Bağrıkkurt Formasyonu : Yeşil-gri-siyah fillit, şist, talkşist, metakuarsit, metakumtaşı, metakonglomera, metaçört, rekristalize kireçtaşı, siyah metaçört, fillit, dolomit
				O-U TRİYAS	BOZDAĞ FORMASYONU	Bozdağ Formasyonu: Gri-beyaz renkli kireçtaşı ve dolomitler.
PALEZOYİK	KARBONİFER	BAGRIKKURT FORMASYONU				
				DEVONİYEN	BOZDAĞ FORMASYONU	

Şekil 3.2. Konya ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Eren, 1992).



### **3.1. Bozdağ Formasyonu (Db)**

Bozdağ formasyonu inceleme bölgesindeki en yaşlı birimlerini oluşturmaktadır. Mavi, açık gri, koyu gri, siyah, beyaz ve krem renklerinde kireçtaşı, dolomitli kireçtaşı, mermer ve dolomitlerden meydana gelir. İçerisinde idiomorf kuvars kristalleri de bulunur. Bozdağ civarında yüzeyler. Alt dokanağı görülmemekle birlikte kalınlığı yaklaşık 800 m'dir (Doğan, 1975).

### **3.2. Bağrıkurt Formasyonu (Ch)**

Çalışma bölgesinin kuzeybatı kesimlerinde yaygın bir şekilde izlenir. Birim, bir bütün olarak kıvrımlanarak metamorfizmaya maruz kalmıştır. Kireçtaşları ve metakırıntılılardan meydana gelir. Bozdağ formasyonunun üstüne açısız uyumsuz şekilde yerleşir (Eren, (1992). Kalınlığı yaklaşık olarak 500 m'dir. Konya'nın kuzeybatısında bulunan Ardıçlı mahallesinin etrafında mostra verir (Özcan vd., 1990).

### **3.3. Ardıçlı Formasyonu (Tra)**

Büyük taneli, alacalı, pembe ve mor renkli kırıntılılar ve dolomitli kireçtaşlarından meydana gelir. Birim içerisinde düşey ve yanal fasiyes farklılıkları mevcuttur. Altında bulunan Paleozoik yaşlı birimlerin üstüne açısız uyumsuz olarak gelir. Üstünde bulunan Lorasdağı formasyonu ile tedrici geçişli olup, uyumludur. Kalınlığı 100-150 m civarında olup iki ana üyeye bölünmüştür. Ardıçlı grubu çalışma alanında birbirleri ile düşey ve yanal geçişli olan Bahçecik ve Ertuğrul formasyonlarından meydana gelir (Özcan vd., 1990).

#### **3.3.1. Bahçecik formasyonu (TRam)**

Konya'nın kuzeybatı bölümünde Ardıçlı mahallesi çevresinde mostra verir. Bu formasyon mor, kırmızı renkli kiltası, kumtaşı, silttaşı kimi zaman da çakıltası ile başlar ve içerisinde kireçtaşı bantları gözlenir (Eren, 1992).

#### **3.3.2. Ertuğrul formasyonu (Tras)**

Egemen kayaç dolomitli kireçtaşlarıdır. Bıçak ve mercekler bol şekilde gözlenir. Kalın ve orta tabakalıdır. İçerisinde kumtaşı ve şeyl tabakaları yer alır. Aşınma yüzeyi sarı, taze yüzeyi ise gridir. Kısım kısım oolitik olup, üstüne gelen Lorasdağı formasyonu ile tedrici geçişli bir yapı sergiler. Tatköy ve Ardıçlı mahalleleri civarında yüzlekler verir. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 50-100 m'dir. Taneli ve oolitik özelliğinden ötürü şelf kıyısı gelgit barları civarında çökmüştür (Eren, 1992).

### 3.4. Lorasdağı Formasyonu (Trjl)

Gri renkli ancak bölüm bölüm kızıl renkli, kahve metaçört aratabakalı rekristalize kireçtaşı, dolomit ve dolomitli kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Bozunmaya karşı çok dirençli olan Lorasdağı formasyonunun da kısmen de olsa karstik oluşumlu mağaralar meydana gelmiştir (Eren, (1992). Birim yaklaşık 1000 m kalınlığa sahip olup, jeolojik yaşı Orta Triyas-Üst Jura'dır (Göğür ve Kıral, 1969, Görmüş, 1984).

### 3.5. Midostepe Formasyonu (Km)

Gri-yeşilimsi renkli çörtlü kireçtaşlarından oluşur. Çörtler kavun, sarı, kahve ve kırmızı renklerde. Birim Konya'nın batı ve güneybatısı, Loras Dağı ve Kızılören Dağı güneydoğu kısımlarında bulunur. Konya'nın güneybatı bölümünde üç farklı bölüm halindedir. Alt kısımda sarı renkli konglomera ile başlayıp orta tabakalı çörtlü kireçtaşlarından oluşur. Çört miktarı kireçtaşından fazladır. Orta seviyelerde çört miktarı azalır, orta-ince tabakalı çörtlü kireçtaşı haline bürünür. İlk iki seviyede bulunan kireçtaşları kristalli bir yapıya sahiptir. Üst kısımlarda genel olarak mikritik, az çörtlü ve boz renkli kireçtaşları bulunur. Konya'nın kuzey bölümünde Rahmet ormanları çevresinde çörtlü kireçtaşları orta seviyede Midostepe kireçtaşları yakın özellikte olup arasında dolomitli kısım mevcuttur. Dolomitik kısmın kalınlığı 30-50 m civarındadır. Siyah renkli ve kırıklı olan birim Rahmet ormanı ve Doğu Dağı bölümünde tek üye olarak belirtilmiştir. İnceleme alanındaki formasyon ortalama 150 m kalınlığa sahiptir (Özcan vd., 1990).

### 3.6. Çayırbağı Ofiyoliti (Kçs)

Araziden bakıldığında zaman yeşil, gri ve kahve rengi tonlarında görülür. Diyabaz, gabro ve kısmen de olsa serpantinleşmiş kısımlardan oluşur. Gabrolar makroskobik olarak masif görünümlü, koyu gri, gri ve çatlaklı bir yapıya sahiptir. Birimin kalınlığı yaklaşık 300 m'dir. Hatıp-Çayırbağı arası ile Yükselen mahalleleri çevresinde mostra verir. Birim Maestrihtiyen-Alt Paleosen yaş aralığında olup ofiyolit napı olarak gelir. (Özcan vd., 1990).

### 3.7. Dilekçi Formasyonu

Birbirinden farklı nitelikteki litolojilerden meydana gelmiş kayalar, en altta alüviyal yelpaze çökellerini ihtiva eden Sille formasyonu ile başlar. Üst kısımlara doğru görsel özellikli kayalardan oluşan Ulumuhsine formasyonu, volkanosedimanter yapılu Küçükmuhsine formasyonu ve dayk, lav ve boyun akıntıları biçimindeki Sulutas volkanitleri ile sürer (Şekil 3.3). En üst kısımda grubun diğer kayalarını genellikle uyumlu fakat kısım kısım açılı uyumsuz olarak gelen tekrar alüviyal yelpaze çökellerinden meydana gelmiş Yürükler formasyonu ile sona erer (Eren, 1992).



**Şekil 3.3.** Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesi içerisinde Ulumuhsine formasyonu (Tdu), Küçükmuhsine formasyonu (Tda) ve Sulutas volkanitleri (Td $\alpha$ ) ile konumları.

### 3.7.1. Sille formasyonu (Tda)

Çoğunlukla kahve, kırmızı, bej, gri, kumtaşı, konglomera ve çamur araldanmasından meydana gelmiştir. Konglomeralar kötü tabakaya sahiptir. Kırıntılıların boyu blok boyutu ile ince çakıl arasında bulunur. Genellikle köşeli, kısım kısım yarı köşeli ve yuvarlak özellikte olan çakılların çimentosunu genellikle demiroksitli kil ve kumlar meydana getirir (Eren, 1992).

### 3.7.2. Ulumuhsine formasyonu (Tdu)

Krem, kirli beyaz, bej ve gri renkli kireçtaşlarından meydana gelir (Şekil 3.4). Kireçtaşları iyi tabakalıdır. Bazı kısımlarda bol olarak tatlı su bivalv ve gastropod fosillerini barındırır. Bu kayalar kil miktarının çoğalmasına bağlı olarak genellikle sarı, beyaz ve açık gri renkli killi kireçtaşları ile marnlara geçiş yaparlar. Formasyon içerisindeki çamurlu kirli beyaz, yeşil ve sarı renklere sahiptir. Ulumuhsine formasyonu içerisinde kaba kırıntılı ve genellikle çamurlu seviyeler arasında farklı yayılım ve kalınlık görülür. Formasyonun alt kısımlarında görülen konglomeralar,

mercek ve erozyonal kanallar biçimindedir. Çakıltaşlarının tane boyları iri çakıl arasında olup bağlayıcıları kalsit ve çamurdan meydana gelmiştir (Eren, 1992).



**Şekil 3.4.** Selçuklu ilçesine bağlı Yazır mahallesinde Şehit Savcı Hakan Kılıç Kanyon Parkı'nda bulunan Ulumuhsine formasyonuna (Tdu) ait kireçtaşlarından bir görünüm.

### 3.7.3. Küçükmuhsine formasyonu (Tda)

Gri, beyaz, pembe ve açık yeşil renklerde bulunurlar. Formasyon içerisinde volkanik breş ve volkanojen kumtaşları iyi bir tabakalanmaya sahiptirler. Küçükmuhsine formasyonu gösel Ulumuhsine formasyonu ve karasal Sille formasyonu ile düşey ve yanal geçişlidir. Sulutas volkanitlerine ait volkanit boyunlarla kesilen birim, çalışma alanının güney kısmında Yürükler formasyonu, kuzey bölümünde Topraklı formasyonu ile açılı uyumsuz bir şekilde kesilir. Bu formasyon Tepekent mahallesi kuzey ve batı bölümünde Gökçeyurt grubuna ait kayalar ile yapısal olarak örtülür (Eren, 1992).

### 3.7.4. Sulutas volkanitleri (Tdo)

Kalkalkalen trakit, riyolit, riyotrakit ve trakitin yanında çok az miktarda bazaltik kayalar bulunmaktadır. Kimi zaman lav akıntıları biçiminde görülen bu kayalarda akma nedeniyle kıvrımlı bir yapı almış primer foliasyonlar gözlenir. Mostra veren yerler genellikle gri, açık gri, koyu gri, siyah ve pembe renklere sahiptir. Ayrışma yüzeyleri kahve, kırmızı ve sarı renklidir (Şekil 3.5). Küresel bozunmanın görüldüğü kayalarda genellikle soğuma kökenli çatlaklar iyi oranda gelişmiştir. Asarkale Tepe çevresinde volkanitlerde üç taraflı oluşmuş çatlaklar, kayaca uzun ince prizmatik bir yapı meydana getirmiştir. Ufak bir alanda gözlenen bazaltlar, Sille formasyonu ve Küçükmuhsine formasyonu arasında bulunur. Lav akıntısı biçimindeki kayalar kahve renkli ayrışma yüzeylidir. Mostra veren yerlerde koyu, gri, yeşil ve koyu yeşil renklere sahiptir (Eren, 1992).

### 3.8. Yürükler Formasyonu (Q)

Kırmızı, kirli beyaz, kahve, bej, kirli sarı, gri konglomera, çakıllı kumlu çamur, çakıllı çamur ve çamurlardan meydana gelmiştir. Konglomeraların bileşenlerini blok ve ince çakıl boyutunda masiften oluşan, Ulumuhsine formasyonundan oluşan kireçtaşı ve Sulutas volkanitlerinden oluşan kayalar meydana getirir. Bileşenlerin bir bölümü yuvarlak iken bir bölümü de köşeli bir yapıya sahiptir. Kötü boylanmalı kayalar içerisinde boyu 2 m'ye varan kireçtaşı blokları bulunur. Bağlayıcıları genellikle kumlu-killi matriksten meydana gelir. Bazen de bu kayalar kalış nitelikli karbonat içeren çimento ile bağlanmışlardır (Eren, 1992).

### 3.9. Konya Gölü ve Kara Oluşumlu Çökeller

Kuvaterner içerisinde ihtimalle Pliyosen başında Konya fayının oluşumundan sonra Konya göl havzası oluşmuştur. Meydana gelen bu göçüntüye genel olarak etrafta bulunan yüksek kısımlardan taşınan sedimanlar yerleşir. Taban kesimlerde kumtaşı ve konglomera ile başlayıp siltli, killi ve karbonatlı birimlere doğru geçiş yapar. Göl kenarlarında ve akarsu girişlerinde delta oluşumları meydana gelir. Konya gölünün çekilmesine bağlı olarak deltaların üstüne güncel alüvyon yelpazeleri yerleşmiştir (Tekdere, 2008).





**Şekil 3.5.** Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesinde Sulutas volkanitlerine (T $\alpha$ ) ait traktit örneği.

### 3.9.1. Göl ortası çökelleri (Qg)

Hâkim olarak çamur ve killerin yer aldığı çökellerdir. Göle ürün getiren akarsu girişlerine gelen kısımlarda, akarsuların enerjisine bağlı içerisinde ince kum, kum, silt ve ince çakıl içerir. Tabakalar yatay konumlu ve düzenlidir. Selçuklu ve Karatay ilçelerinin doğu bölümlerinde göl ortası birimleri üzerinde meydana gelmiştir. Konya merkezde bulunan DSİ sondajlarında 130 m civarında Çayırbağı ofiyoliti kesilmiştir. Kuvaterner göl birimleri ortalama 130-150 m arasında değişim göstermektedir. Ovanın doğu kısımlarında kalınlık 400 m civarındadır (Tekdere, 2008).

### 3.9.2. Göl kenarı kum barları (Qk)

Konya gölü çevresinde 5-7 km uzaklıkta göl içerisine doğru, 750-1500 m yüzlek veren kum barları bulunmaktadır. Kırmızı, sarı ve kahve renkli ince kum içerisinde belli oranda ince çakıl ve iri kum mercekleri bulunur. Derecelenme ve boylanma sergileyen kumlarda çapraz tabakalanma görülür. Kayacık parkı ile Pınarbaşı mahallesi çevresinde kum ocağı olarak işletme yapılmaktadır (Tekdere, 2008).

Kum barları Sarıcalar, Kayacık, Pınarbaşı ve Havalimanı doğu kısımları ile Konya şehir merkezine kadar devam eder. Aynı zamanda güney kısımda Kaşınhanı mahallesi çevresinde de kum barları bulunur. Bunların devamı demir yoluna paralel şekilde tren istasyonu ile Alâeddin tepesi arasından geçerek devam ettiği tahmin edilmektedir. Kaplama ve yapılaşma sebebiyle bu birim şehir içerisinde gözlemlenememiştir. Şehir merkezinde mostraların görüldüğü yerlere göre muhtemel haritalama işlemi yapılmıştır (Tekdere, 2008).

### **3.9.3. Göl kenarı çökelleri (Qgk)**

Göl ortası çökellerini andırır. Fakat çamur ve killerin içerisinde çok miktarda ince çakıl ve kum yer alır. Batıya doğru en altta delta en üstte yelpaze ile yanal geçişler sergiler. Meram ve Selçuklu ilçelerinin büyük bir kısmı bu birim üstünde bulunur. Eğim 0-5° arasındadır. Eğimin yönü ise göl ortasına doğru gelişmiştir (Tekdere, 2008).

### **3.9.4. Yamaç molozları (Qym)**

Köşeli bir yapıya sahip çakıl, kum blokları kireç ve kil ile iyi-orta derecede birbirine bağlanmıştır. Taneler genel olarak Kretase ve Jura kireçtaşları ve dolomitler, Miyosen kireçtaşı parçalarına ait olup, boylanmaları kötüdür. Meram ilçesi ile Hatıp mahallesi arasında silis ve serpantin malzemeleri gözlenir. Bunlar alüvyon yelpazesinden ayırtlanamaz. Bundan dolayı dere girişi olmayan bölümlerdeki yamaçlardan gözlenen birimler yamaç molozları şeklinde kabul edilir. Kalınlığı bilinmemektedir (Tekdere, 2008).

### **3.9.5. Alüvyon yelpazeleri (Qyz)**

Akarsuların Konya ovasına yönelen kısımlarında killi ve kırıntılı olan malzemeleridir. Kum, kil ve çakıl karışığı biçimindedir. Dere girişinden ovaya doğru yelpaze biçiminde bir yükselti ve açılım meydana getirirler. Göl birimleri ve yamaç molozları ile geçişli bir yapıya sahiptir. Dere girişinden göl içerisine doğru tane boyutları küçülür. Topografik biçim ve sedimanter nitelikleri sebebiyle olası dokanakla ayrılırlar. Yelpaze çakılları yataya yakın ve yassı bir yapıya sahip olup genel olarak kil ile tutturulmuştur (Tekdere, 2008).

Elmaağacı derede bulunan kum ocağının üst kısımları gevşek-orta tutturulmuş malzemenen oluşur. Taban seviyelerinde sıkı yelpaze kumtaşı-çakıltaşı birimleri yer alır. Şahmeran derede ise genel olarak gevşek malzemeler yer alır. Sille deresi boyunca Kızıltepe, Esentepe'de derenin eski güzergahı üzerinde olmasından kaynaklanan ince kırıntılılar ve kil bütünüyle taşınmıştır. Bundan kaynaklı çakıllar bağlayıcı olmadan birbirleri üstünde yer almaktadır. Karakaya kum ocağında alüvyon yelpaze görülür (Tekdere, 2008).

### 3.9.6. Alüvyon taraçalar (Qtr)

Dere boylarında askıda olan alüvyon malzemelerdir. Orta ve az bağlanmış kum ve kil karışığı olup çapraz tabakalanma sunar. İncik ve Şahmeran dere boylarında görülür. Birim çalışma alanında küçük bölümleri kapsar (Tekdere, 2008).

### 3.9.7. Akarsu alüvyonları (Qal)

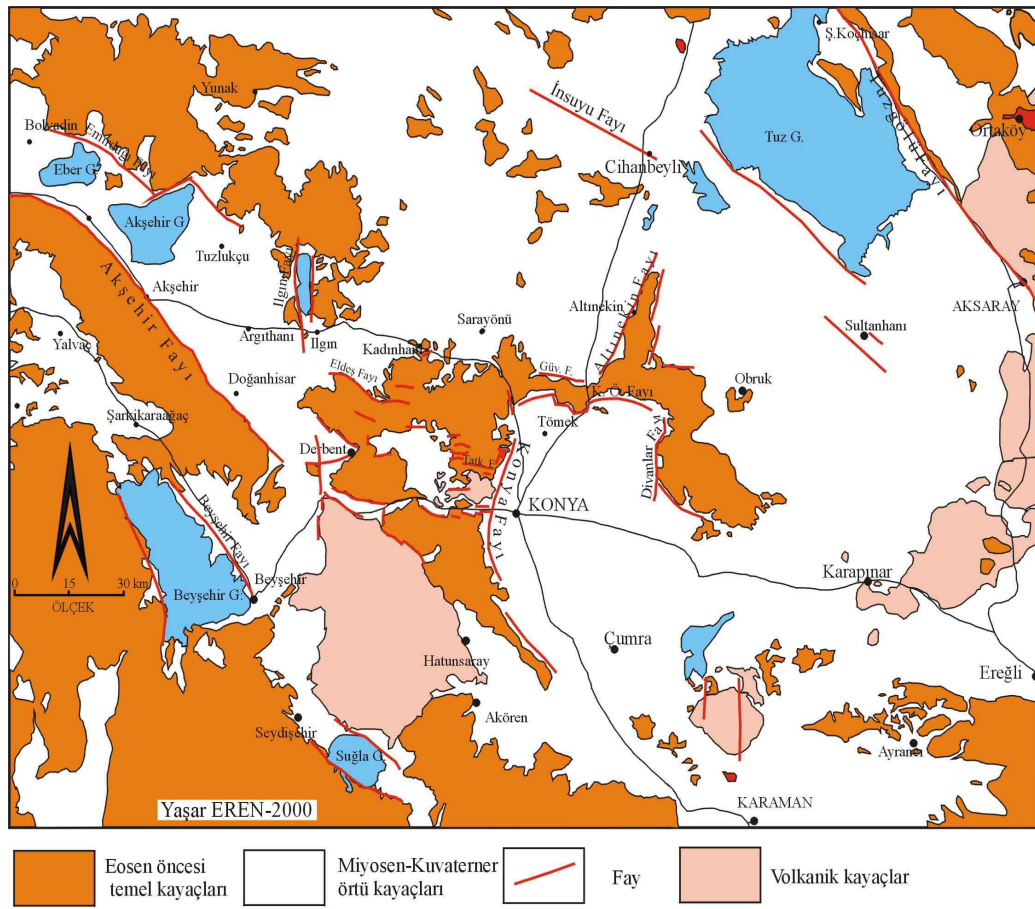
Dere boylarında yer alan güncel çökellerdir. Temele ait kırıntılılar yer alır. Bazen meydana gelen sellenmelerden kaynaklı düzensiz bir şekilde birikimler halinde gözlenirler. Genel olarak tutturulmamış ve gevşek halde bulunurlar (Tekdere, 2008).

## 3.10. Yapısal Jeoloji

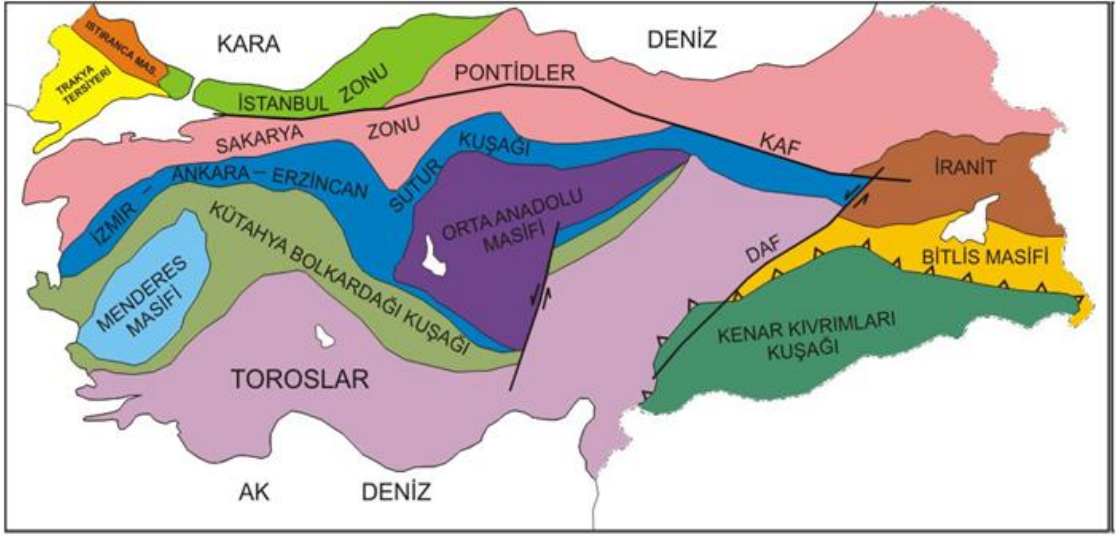
Özgül, (1976) inceleme alanı Kütahya-Bolkardağı kuşağına ait kayaları içine alır. Kuzeydoğu bölümünde Orta Anadolu Masifleri ile güney ve güneybatısında bulunan Toros kuşağı arasında bulunur. Avrasya levhasının göstermiş olduğu etki ile güney yönüne doğru sıkışma meydana gelmiştir. Bu esnada kırılma ve kıvrımlanmalara maruz kalmıştır (Şekil 3.7). Konya ve çevresi morfolojik olarak kuzey yönünde hâkim şekilde KB-GD ve K-G yönlü yükselti ve bu yükselti arasında kalan yayla ve havzalardan meydana gelmiştir. Emirdağları, Sultandağları ve Tuz Gölü'nün doğu bölümünde Ekecik dağları kritik öneme sahip yükselti; Beyşehir grabeni, Akşehir grabeni, Cihanbeyli yaylası ile Aksaray havzası ile önemli yapısal çöküntüleri meydana getirir. Konya ve çevresinde D-B ve K-G yönlü Bozdağlar, batısında volkanik kökenli Erenler dağı, Obruk yaylası ve Konya havzası önemli morfolojik yapılarıdır. Konya'nın güneyinde Toros dağları bulunur. Bu bölümde KD-GB yönlü Bolkardağları ile KB-GD yönlü Özyurt Dağları hâkim bölgeleridir. Güneyde yer alan Ereğli ve Karaman havzaları içerisinde Karacadağ ve Karadağ volkanik dağları yer alır. Bölgenin ana morfolojisini havzalar ile yükselti sınırlayan farklı yönlü, hâkim şekilde yanal atımlı olan normal faylar meydana getirmiştir. Blok faylanmalar neticesinde yükselen bölümler dağlık, çöken bölümler ise havzaları meydana getirmiştir. Yükselti Paleozoyik-Eosen yaşları ve paleo (eski) yapısal durum neticesinde deformasyona uğramış, kırıklı temel kayaları mostra verirken yükselti arasında bulunan çöküntü havzalarında Miyosen-Güncel yaşlarında karasal, gölsel ve volkanik kayalar mostra vermektedir. Koçyiğit, (1984), Koçyiğit vd., (2000) ve Görür vd., (1984) Konya ve çevresinde yükselti sınırlayan fayların başında Tuzgölü fay zonu ve Akşehir fay zonu olduğunu belirtmişlerdir. Özcan vd., (1990), Ulu vd., (1994) ve Eren, (1993, 1996a, 2000) bu fayların yanında Ilgın fayı, Eldeş fayı, İnsuyu fayı, Güvenç fayı, Altınekin fayı ile Konya ovasını sınırlayan Konya fay zonu, Divanlar fayı, Karaömerler fayı ile Göçü fayı bölgenin diğer neo-yapısal yapılarını meydana getirdiğini vurgulamışlardır (Şekil 3.6). Bahsi geçen kenar faylarından



ayrı havzalar ve yükseltiler içerisinde çeşitli yönelim ve uzunluklarda faylar yer almaktadır. Bu fayların geneli Pliyosen'den itibaren etkili olan yeni-yapısal rejime bağlı şekilde meydana gelmiş ve büyük bir kısmı günümüze değin aktivitesini muhafaza etmiş veya potansiyel şekilde aktivitesini sürdürebilecek faylardır. Bölgenin en önemli fayı olarak bilinen KB-GD yönlü Akşehir fay zonunun yer aldığı bölüm “Argıthanı sismik boşluğu” şeklinde adlanmış ve bu fay zonunun ilerleyen zamanlarda yıkıcı depremler meydana getirebileceği düşünülmektedir (Demirtaş vd., 1996).



Şekil 3.6. Konya ve çevresinin diri fay haritası (Eren, 2000).



Şekil 3.7. Türkiye'nin yapısal kuşakları (Özgül, 1976).

## 4. İNCELEME BÖLGESİNİN TANITILMASI

### 4.1. Coğrafi Konum ve Morfoloji

Konya ve çevresindeki tarihi yapıların inşasında kullanılan volkanik kayalar (trakit, tüf) Konya il merkezine yaklaşık 7 km uzaklıkta olan Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesinde bulunan taş ocaklarından, traverten ve mermer ise Konya il merkezine yaklaşık 19 km olan Meram ilçesine bağlı Gödene mahallesinde bulunan taş ocaklarından alındığı düşünülmektedir. Selçuklu ilçesinin kuzeyinde Sarayönü ilçesi, doğusunda Karatay ilçesi, güneyinde Meram ilçesi, batısında Beyşehir ilçesi, Meram ilçesinin kuzeyinde Selçuklu ilçesi, doğusunda Karatay ilçesi, güneyinde Akören ilçesi, batısında Beyşehir ilçesi bulunmaktadır (Şekil 4.1). Sille mahallesine ulaşım Konya-Tatköy devlet karayolu ile Gödene mahallesine ulaşım Konya-Akören devlet karayolu ile sağlanmaktadır.



☆ Arazi ve örnekleme çalışmalarının yapıldığı yerler

Şekil 4.1. İnceleme alanına ait yer bulduru haritası (Ölçeksiz).

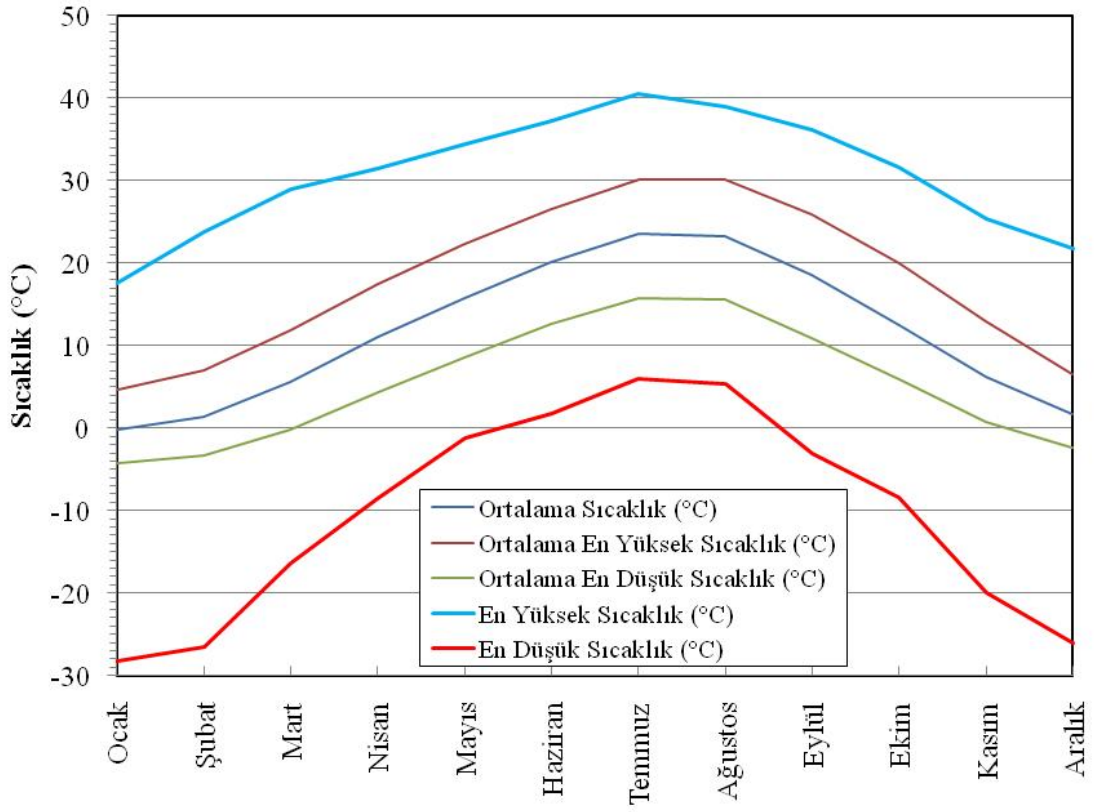
#### 4.2. Bölgenin İklim Şartları

Hidrosfer ve topografya vb. diğer çevresel etkenlerin yanında, bir bölgenin iklim şartları o bölgede yer alan kaya malzemelerinin bozunma özellikleri üzerinde son derece önem arz eder. Mekanik bozunma ve iklim şartları arasındaki teorik ilişki üstünde çalışma yapan Peltier, (1950) kaya malzemelerinde görülen bozunmanın bölgelerin iklim şartlarına göre değişiminin belirlenmesi için ortalama senelik sıcaklık ve yağış verilerine göre değişiklik gösteren grafik önerisinde bulunmuştur. İklim şartlarının kayaçların fiziksel bozunma süresi üstündeki etkisini Weinert, (1964), Sanders ve Fookes, (1970) yapmış oldukları çalışmalarda da belirtmişlerdir. Bu araştırmacılar tarafından kayaç malzemelerinin bozunma süreçleri ve iklim şartları arasında bulunan ilişki ile ilgili varılan sonuçlar değerlendirildiğinde, bölgenin iklim şartlarının tespit edilmesi amacıyla inceleme bölgesi ve yakınındaki istasyonlarda kayıt altına alınan meteorolojik değerlerin analizlerinin yardımcı olabileceği düşünülmüştür.

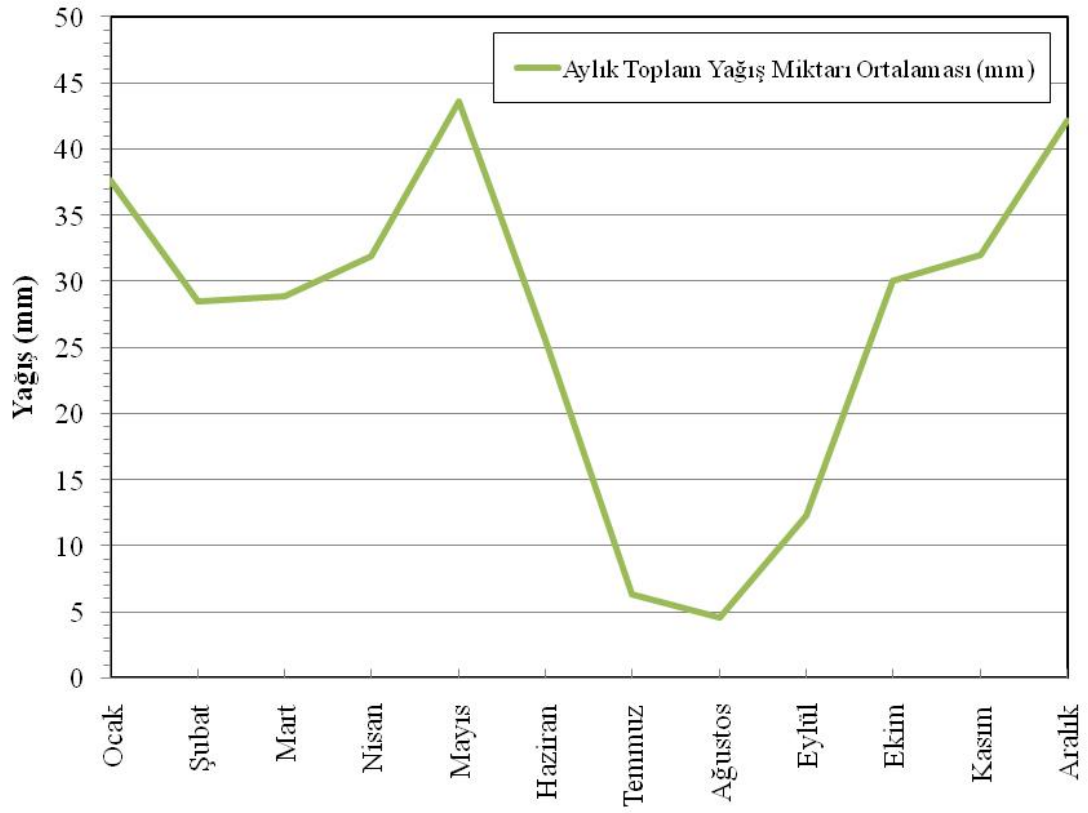
Senelik zaman süresi değerlendirildiğinde, donma-çözülme ve ıslanma-kuruma gibi fiziksel bozunma süreçleri, bölgede yer alan volkanik kayalar (trakit, tüf) ile traverten ve mermerlerin bozunması üstünde etkilidir. Suyun donması sonucu %9 oranında hacim artışı meydana gelmektedir. Bu orandaki artış miktarı kayaçların bozunması üstünde etkili olduğu söylenebilir. Ollier, (1984) donma sonucu oluşan %9'luk hacimsel artışın süreksizlik yüzeylerinde ve kayaç malzemesini meydana getiren tanelerin üstünde 200 MPa'a ulaşan gerilmelere sebebiyet verdiğini dile getirmiştir. Bu çalışma çerçevesinde inceleme yapılan volkanik kayalar (trakit, tüf) ile traverten ve mermerlerin ortalama dayanım verileri değerlendirildiğinde ve bu gerilme düzeyinin kayaçların üstünde etkili olması neticesinde, bir senelik zaman süresince kayaç malzemelerinin çekilme dayanımlarını geçmektedir. Fookes vd., (1988) donma-çözülme süreçlerinin kayaç malzemelerinin belli bir zaman sürecinde bozunmasına sebep olduğunu belirtmiştir.

Konya'da karasal iklim hâkimdir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları yağışlı ve soğuktur. Kar yaklaşık olarak bölgede üç ay durur. İç Anadolu Bölgesinin en güneyinde yer almasına karşın Orta Torosların deniz etkisini engellemesi nedeniyle diğer illerden daha soğuktur. Bölgede ilkbahar aylarında konveksiyonel yağışlar yaygın bir şekilde görülür. Türkiye'de sisin en çok gözleendiği şehir Konya'dır. Sebebi ise Konya ovasının bir çöküntü şeklinde yer almasıdır. Farklı bir özelliği de yaz gecelerinde çevresinde bulunan dağlardaki yüksek basınç bölgelerinden, ovada yer alan alçak basınç bölgelerine doğru esen rüzgârlardır. Günlük sıcaklık farkının sebebi olarak bu durum gösterilebilir. Türkiye'nin en az miktarda yağış alan şehri Konya'dır.

Yukarıda belirtildiği gibi Konya ve çevresinde karasal iklim şartları egemendir. Bu sebeple ıslanma-kuruma ile donma-çözülme iki önemli fiziksel bozunma süreci, bölgede tarihi ve mühendislik yapılarında kullanılan kayaların bozunma özelliklerini etkilemektedir. Kayaçların bozunmasında önem arz eden fiziksel bozunma evrelerinin çevrim sayıları, yağış ve günlük ortalama sıcaklık verileri değerlendirilerek tespit edilmektedir. Fakat bu sürelerin önemi değerlendirildiğinde günlük yağış ve ortalama sıcaklık değerlerinin yanında bu verilerin günlük en düşük ve en yüksek farklılıkların da dikkate alınması önem arz etmektedir. Bu sebeple, yukarıda belirtilen bölümler öncülüğünde, Konya ve çevresinde gözlemlenen iklim değişiklikleri ve iklim şartlarından kaynaklı fiziksel bozunma evrelerinin çevrim adetlerinin (ıslanma-kuruma, donma-çözülme vb.) belirlenmesi için, bu sürelerin bölgedeki kayaların bozunması üstündeki etkisinin tespiti amaçlanmaktadır. Fiziksel bozunma sürelerinin Konya’da bulunan ve yaygın bir şekilde tarihi eserlerde kesme taş yöntemi ile kullanılan volkanik kayalar (trakit, tüf) ile traverten ve mermerler üstündeki etkisinin tespit edilmesi ve bu sürelerin senelik çevrim sayılarının belirlenmesi için Konya Havalimanı Meteoroloji istasyonunun 1929-2018 seneleri arasındaki meteorolojik değerler kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Fiziksel sürenin oluşması için ortamda suyun olması büyük bir öneme sahiptir. Sıcaklık farkının yanında, fiziksel bozunma sürelerinin çevrim sayılarının tespit edilmesinde yağış değerlerinin değerlendirilmesi de gereklidir. Bu incelemede, bu sürelerle ilgili çevrim sayılarının belirlenmesinde günlük minimum ve maksimum sıcaklık farklılıkları ile yağış verisi ortalama senelik donma-çözülme, ıslanma-kuruma çevrim sayıları, toplam yağış, minimum ve maksimum sıcaklık verileri Çizelge 4.1’de belirtilmiş olup, donma-çözülme, ıslanma-kuruma çevrim sayıları için belirleyici veriler ise Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Donma-çözülme çevrim sayılarının tespit edilmesinde 0°C sıcaklığı değerlendirilmiştir. Bu istasyonda okunan 1929-2018 senelerine ait veriler değerlendirildiğinde hazırlanan fiziksel bozunma süreleri çevrim sayısını işaret eden grafikler ise Şekil 4.2 ve 4.3’de belirtilmiştir. Diğer aylarla mukayese edildiğinde, Konya ve çevresinde Kasım ile Mart ayları aralığında genel olarak daha fazla miktarda yağış gözlemlenmiştir. 1929-2018 senelerindeki değerlere istinaden senelik yağış miktarı 237,9 mm ile 523,7 mm (kg/m<sup>2</sup>) arasında olup, ortalama yağış miktarı 332,34 mm olarak kaydedilmiştir. İnceleme alanında Temmuz ile Eylül ayları arası genel olarak kurak bir iklim hüküm sürmektedir. Konya bölgesinde tarihi yapılarda kullanılan kayaların bozunma hızlarının belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde Çizelge 4.2’de belirtilen ortalama donma-çözülme ile değerlendirmeye alınmıştır. Konya Havalimanı Meteoroloji kayıtlarına istinaden tespit edilen ortalama ıslanma-kuruma çevrim değeri verileri ile değerlendirmede bulunulmuştur.



**Şekil 4.2.** Konya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1929-2018 kayıtları esas alınarak hazırlanan ortalama sıcaklık (°C), ortalama en yüksek sıcaklık (°C), ortalama en düşük sıcaklık (°C), en yüksek sıcaklık (°C) ve en düşük sıcaklık (°C) değerlerinin aylara bağlı değişim grafikleri.



**Şekil 4.3.** Konya Havalimanı Meteoroloji İstasyonunun 1929-2018 kayıtları esas alınarak hazırlanan aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm) değerlerinin aylara bağlı değişim grafikleri.

**Çizelge 4.1.** Konya Havalimanı Meteoroloji İstasyonu verilerine istinaden tespit edilen ortalama yıllık ıslanma-kuruma, donma-çözülme çevrim sayıları, toplam yağış, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.

Yıl	Fiziksel bozunma çevrim sayısı		Yıllık toplam yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	
	Islanma- kuruma	Donma- çözülme		Minimum	Maksimum
2004	36	20	262,5	-16,0	36,2
2005	32	22	250,5	-12,8	37,0
2006	22	27	283,0	-21,2	37,6
2007	25	34	261,7	-16,6	37,3
2008	27	33	293,9	-17,0	36,2
2009	34	23	410,2	-16,5	34,7
2010	36	30	352,0	-10,7	39,0
2011	35	27	433,7	-11,4	37,3
2012	23	27	364,7	-20,8	39,1
2013	29	31	237,9	-13,5	35,0
2014	26	34	523,7	-7,9	36,7
2015	23	34	372,6	-13,2	35,3
2016	25	30	290,2	-17,6	36,9
2017	29	28	329,9	-18,7	36,3
2018	30	23	318,6	-7,6	34,5

**Çizelge 4.2.** 2004-2018 yılları arasında kaydedilen veriler dikkate alınarak belirlenen ıslanma-kuruma ve donma-çözülme süreçlerine ilişkin elde edilen istatistiksel değerlendirmeler.

Bozunma süreci	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart hata	Standart sapma
Islanma-kuruma	22	36	29	1,26	4,88
Donma-çözülme	20	34	27	1,19	4,64



## 5. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Çalışma bölgesi ve yakınında daha önceden yapılan çalışmalar incelenerek bölge ile ilgili ön bilgiler elde edilmiştir. Çalışma bölgesi ve yakınında 1: 25.000 ölçeğe sahip topografik haritaları, el tipi GPS, jeolog çekici ve pusulası, fotoğraf makinesi, lup, kumpas, numune etiketi ve torbası, karbonat belirlemesi için %10 oranında seyreltilmiş alizerin ve HCl temini yapılmıştır. Saha uygulamalarında ilk olarak 1: 25 000 ölçekli topografik haritalar ve el tipi GPS'ten faydalanılarak inceleme alanının büyüklüğü tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinin jeolojik özellikleri sahada tespit edilerek farklı birimlerin stratigrafik nitelikleri tespit edilmiş ve önceki çalışmalarda bölgenin jeolojisi ile ilgili hazırlanan haritalar ve kesitler gözden geçirilmiştir. Tarihi ve güncel mühendislik yapılar da kesme taş tekniği ile kullanılan kayaların (trakit, tuf, traverten ve mermer) alındığı öngörülen mostralarda sondaj çalışmaları yapılmış, alınan karot ve el örneklerinin doğal koşullardaki bozunma süreçlerine maruz bırakılarak, yapılaşmada yoğun bir şekilde kullanılan bu kayaların bozunma davranışları incelenmiştir. Ayrıca, tarihi yapılar da kullanılan bu kaya birimlerinde zamana bağlı meydana gelen aşınma miktarı (aşınma derinliği) kumpas ile hassas bir şekilde ölçülmüştür. Tez çalışması kapsamında yapılan bu arazi çalışmaları aşağıda detaylı bir şekilde sunulmuştur.

### 5.1. Karot ve El Örneklerinin Temini

Çalışma bölgesinden fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla Ulumuhsine formasyonuna ait traverten ve mermerlerden, Küçükmuhsine formasyonuna ait tuf ve Sulutas volkanitlerine ait trakit kütlelerinden Rotary D750 tip sondaj makinesiyle 5 m ilerleme yapılarak ilgili kayaların karot numuneleri temin edilmiştir. Temin edilen karotların çapı 54 mm olup, ilerleme aralığı 1,5 m olarak belirlenmiştir. Sondaj çalışmalarının yapıldığı bölgede, karot örneklerinin yanı sıra, farklı deneysel ve gözlemsel çalışmalarda kullanılmak üzere bu kayalardan el örnekleri de alınmıştır. Kayalardan alınan karot ve el örneklerinin yanı sıra, Ulumuhsine formasyonundan traverten ve mermer, Sulutas volkanitlerine ait trakit, Küçükmuhsine formasyonunda ise tuf örnekleri ilgili mostralarda jeolog çekici kullanılarak el örnekleri alınmıştır. Sondaj çalışmalarının yapılamadığı örneklerin karot alma çalışmaları ise ilgili kayaların araziden temin edilen blok örnekleri üzerinde laboratuvar tipi karot alma cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 5.2. Numunelerin Doğal Ortamda Bozunmasının Araştırılması

Araziden alınan el örnekleri ve karot numuneleri çalışmaları 24/11/2018 tarihinde 24 saat boyunca 105°C'de etüvde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Etüvden alınan kuru örnekler 2 saat desikatörde soğutma işlemine tabii tutulduktan sonra kuru kütleleri hassas terazi kullanılarak

belirlenmiştir. Başlangıç kuru kütleleri belirlenen bu örnekler daha sonra yatay beton zemin üzerine konularak bölgedeki etkin doğal koşullarda meydana gelen bozunma şartlarına maruz bırakılmıştır. Doğal bozunma süreçlerine bırakılan örneklerin bozunma süreçleri öncesi ilk görüntüsü Şekil 5.1’de, kış aylarında alınan görüntüsü ise Şekil 5.2’de ve son olarak da 24/11/2019 tarihindeki görüntüsü de Şekil 5.3’te verilmiştir. Doğal koşullar altında örneklerde meydana gelen değişimin ölçülmesi için belli aralıklarla (24/02/2019, 24/05/2019, 24/08/2019 ve 24/11/2019 tarihlerinde) kütle kayıpları ölçülmüş ve bu ölçümler ile örneklerin doğal bozunmaya bağlı kütle kayıpları tespit edilmiştir (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2).



**Şekil 5.1.** Doğal bozunma süreçlerine bırakılan örneklerin bozunma süreçleri öncesi ilk görüntüsü (24/11/2018).



Şekil 5.2. El örnekleri ve karot numunelerinin kış aylarındaki genel görüntüsü (24/02/2019).



Şekil 5.3. El örnekleri ve karot numunelerinin bir yıllık süre sonunda göstermiş olduğu bozunma davranışı (24/11/2019).

**Çizelge 5.1.** El örneklerinde zamana bağlı doğal koşullarda meydana gelen kütle değişimleri.

Örnek No	Başlangıç kuru kütlesi (g)	Kuru kütle (g)				Toplam kütle kaybı	
		24/02/2019	24/05/2019	24/08/2019	24/11/2019	Kayıp (%)	Ortalama (%)
Trakit							
EA-1	869,6	871,2	866,4	863,5	861,9	0,88	
EA-2	734,2	733,9	730,6	728,3	727,9	0,85	
EA-3	957,2	958,1	955,8	950,7	947,0	1,06	0,922
EA-4	577,0	578,7	575,7	572,8	571,2	1,00	
EA-5	748,6	749,0	746,1	744,9	742,4	0,82	
Trakit							
ED-1	527,3	529,1	525,2	523,7	524,1	0,60	
ED-2	401,5	402,3	399,6	396,2	395,4	1,51	
ED-3	304,3	304,4	302,5	301,6	300,5	1,24	0,996
ED-4	479,6	480,9	477,3	475,3	474,9	0,97	
ED-5	483,3	484,1	482,6	481,2	480,1	0,66	
Tüf							
ETü-1	700,5	637,0	601,4	597,6	590,9	15,64	
ETü-2	647,2	695,2	660,6	534,8	521,6	19,40	
ETü-3	910,1	904,3	889,7	784,3	780,5	14,24	17,268
ETü-4	466,9	444,9	397,8	379,2	375,6	19,55	
ETü-5	438,5	425,6	425,7	376,8	361,7	17,51	
Mermer							
EM-1	731,2	730,5	730,1	729,4	728,6	0,35	
EM-2	1025,2	1025,5	1022,5	1019,4	1018,6	0,64	
EM-3	1190,3	1190,6	1186,4	1183,4	1181,6	0,73	0,852
EM-4	1222,8	1222,8	1218,9	1213,3	1211,7	0,90	
EM-5	885,9	886	881,8	873,1	871,3	1,64	
Traverten							
ET-1	537,1	537,2	536,4	535,6	534,7	0,44	
ET-2	539,7	539,4	539,1	538,9	538,1	0,29	
ET-3	563,3	562,6	562,8	562,4	561,4	0,33	0,32
ET-4	457,2	457,3	456,8	455,9	455,6	0,34	
ET-5	648,4	648,6	648,0	647,5	647,1	0,20	

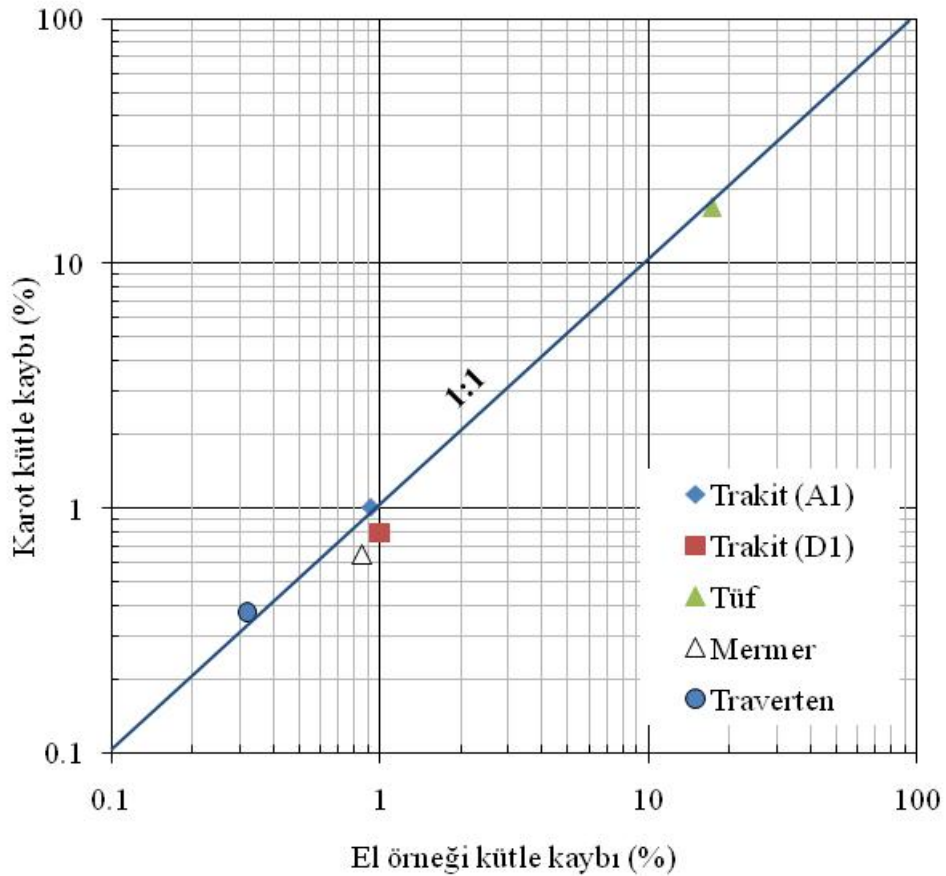
**Çizelge 5.2.** Karot örneklerinde zamana bağlı doğal koşullarda meydana gelen kütle değişimleri.

Örnek No	Başlangıç kuru kütlesi (g)	Kuru kütle (g)				Toplam kütle kaybı	
		24/02/2018	24/05/2019	24/08/2019	24/11/2019	Kayıp (%)	Ortalama (%)
<b>Trakit</b>							
KA-1	435,2	436,2	434,1	429,8	428,5	1,53	1.008
KA-2	316,6	317,0	316,1	314,2	312,9	1,16	
KA-3	356,0	357,1	355,4	353,9	353,4	0,73	
KA-4	316,5	317,9	315,4	314,6	313,4	0,97	
KA-5	492,3	492,7	491,6	490,7	489,1	0,65	
<b>Trakit</b>							
KD-1	247,1	247,6	246,5	245,4	244,2	1,17	0.794
KD-2	331,6	332,7	331,1	329,8	329,1	0,75	
KD-3	404,5	404,9	403,5	402,9	402,4	0,51	
KD-4	295,2	295,8	294,7	293,9	293,4	0,60	
KD-5	284,4	284,4	283,6	282,7	281,7	0,94	
<b>Tüf</b>							
KTü-1	123,9	120,3	115,5	103,7	102,8	17,02	17.02
KTü-2	101,6	*	*	*	*	*	
KTü-3	101,6	*	*	*	*	*	
KTü-4	103,1	*	*	*	*	*	
KTü-5	87,9	*	*	*	*	*	
<b>Mermer</b>							
KM-1	1291,5	1292,4	1290,4	1288,6	1287,7	0,29	0.648
KM-2	1322,8	1324,6	1322,4	1316,9	1315,9	0,52	
KM-3	1596,9	1598,7	1594,2	1590,2	1587,6	0,58	
KM-4	2146,4	2147,7	2140,6	2132,8	2130,9	0,72	
KM-5	2048,8	2050,9	2035,6	2027,8	2025,6	1,13	
<b>Traverten</b>							
KT-1	317	317,9	316,1	315,5	315,3	0,54	0.40
KT-2	378,4	379,3	377,5	376,9	376,7	0,44	
KT-3	355,5	356	354,7	354,1	353,7	0,50	
KT-4	478,6	479,7	477,5	477,1	476,8	0,37	
KT-5	383	383,8	382,6	382,3	382,4	0,15	

\*: aşırı bozunmadan dolayı ilgili tarihte kuru kütle belirlenememiştir.



24/11/2018-24/11/2019 tarihleri arasında yapılan gözlemler neticesinde, tuf karot örneklerinden KTü-1 nolu örnek hariç diğer karot örneklerinin bozunma süreçleri sonucu kütleleri belirlenemeyecek şekilde tamamen dağıldığı saptanmıştır. Ancak, KTü-1 nolu tuf örneğinden de bölgedeki etkin doğal bozunma süreçleri sonucu kütle kaybının %17.02 gibi önemli oranda olduğu gözlenmektedir. Gerek tüflerden alınan el örnekleri ve gerekse bu çalışmada kullanılan diğer tüm kaya birimlerine ait örneklerin bozunma sonucu meydana gelen kütle kayıpları ölçülebilmektedir. Farklı kaya birimleri için elde edilen ortalama kütle kaybı değerleri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de verilmiş olup, bu örneklerin el örneği ve karot numunelerinde elde edilen ortalama kütle kaybı yüzdelerinin değişim grafiği Şekil 5.4’te sunulmuştur. Bu şekilde de açıkça görüldüğü gibi, doğal koşullar altında elde edilen kütle kaybı değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu anlaşılmaktadır.



**Şekil 5.4.** Doğal bozunma koşulları altında meydana gelen kütle kaybı değerlerinin el örneği ve karot numuneleri için değişim grafiği.

Arazide doğal bozunma süreçlerine maruz bırakılan el ve karot örneklerinde meydana gelen değişimler üçer aylık periyotlar halinde gözlemlenmiştir. Gözlemlenen numunelerden gözle görülebilir çatlaklara sahip mermerlerden kopma şeklinde bozunmanın gerçekleştiği saptanmıştır. Kış aylarında bu örneklerdeki renk değişiminin açık bir şekilde gözlemlendiği ve kütle kaybı yüzdesi değerlerinden de zayıf olduğu anlaşılan tüflerin el örneklerinde diğer numunelere göre gözle görünür bozunmaların meydana geldiği belirlenmiştir. Tüflerin ıslanma-kuruma ve donma-çözülme çevrimleri sonucunda aşırı bozunmalara maruz kalması dikkate alınarak mühendislik yapıların kaplaması, inşası, tarihi yapıların restorasyon ve diğer çalışmalarda da kullanılmaması önerilmektedir. Ayrıca gözle görülebilir çatlaklara sahip mermerlerde olabilecek kopmaların önlenmesi amacıyla benzer amaçlarla kullanılmaması gerekmektedir. Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’te görüldüğü gibi mermerlerin doğal atmosferik koşullar altında bozunma hızının oldukça yavaş olduğu (%0.648-0.852 arası) ve herhangi bir süreksizlik içermeyen mermerlerin ilgili yapılarda ve restorasyon çalışmalarında kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

### **5.3. Tarihi Yapılarda Kullanılan Doğal Kayaların Bozunmasının Araştırılması**

Tezin amacı doğrultusunda, bozunma hızının belirleneceği binalar tespit edilmiş ve bu kapsamda gerekli numuneler taş ocaklarından alınmıştır. Mağaralar ve kesme taş tekniği ile yapılmış cami, türbe, medrese, müze, külliye vb. binalar doğal şartlar kaynaklı kimyasal ve fiziksel bozunma evreleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Arazi çalışmaları esnasında Küçükmuhsine formasyonuna ait tüflerde Hacı Veyis Camii, Kapı Camii, Ulumuhsine formasyonuna ait traverten ve mermerde Aziziye Camii, Mevlâna Türbesi ve Dergâhı, Alaeddin Camii, Sulutas Volkanitleri’ne ait trakit, İnce Minareli Medresede kullanılan trakitlerde bozunmalar tespit edilmiştir. Ayrıca Sille mahallesindeki mağaralardaki Küçükmuhsine formasyonuna ait tüflerde, atmosfer şartları karşısında meydana gelen bozunmalar gözlemlenmiştir. Bu nedenle arazi çalışmaları esnasında tarihi yapılarda kullanılan volkanik kayalar, (trakit, tüf) traverten ve mermerler ile mağaraları oluşturan tüflerin doğal ortamdaki bozunma durumlarının tespiti üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Şekil 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 ve 5.9).



**Şekil 5.5.** Meram ilçesine bağlı Kapı Camii'nin kaplamasında kullanılan tüfte aşınma sonucu meydana gelen bozunma örneği.





**Şekil 5.6.** Karatay ilçesine bağlı Hacı Veyis Camii'nin minaresinde kullanılan tüfte aşınma sonucu meydana gelen bozunma örneği.





Şekil 5.7. Karatay ilçesine bağlı Aziziye Camii'nin kaplamasında kullanılan travertende kopma sonucu meydana gelen bozunma örneği.





**Şekil 5.8.** Karatay ilçesine bağlı Mevlâna Türbesi ve Dergâhı'nın bahçe duvarlarında kullanılan travertende meydana gelen kopma örneği.





**Şekil 5.9.** Selçuklu ilçesine bağlı İnce Minareli Medresenin kaplamasında kullanılan trakitte kopma sonucu meydana gelen bozunma örneği.

Arazideki gözlemlerde, Konya bölgesindeki doğal koşullarda tüflerden oluşmuş mağaralar ile trakit, tuf, traverten, mermerlerden yapılmış cami, türbe, medrese, müze, külliye vb. gibi tarihi binaların kaplamalarında aşınma ve kopma ile bozunmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Tarihi binaların genelinde tabandan yaklaşık 20 cm yükseklik ve tavan bölümlerindeki

bozunmanın oluştuğu gözlemlenmiştir. Kapiler su yükselimi nedeniyle oluşan bozunmanın etkisi bazı tarihi yapılarda 1.6 m yüksekliğe kadar çıktığı tespit edilmiştir.

Uluslararası çalışmalarda, kayaların bozunma nitelikleri ile bozunma hızlarının tespit edilmesinde tarihi yapılarda oluşan ve Şekil 5.5 ve 5.6'daki tipik numuneleri verilen bozunma derinliği kavramından faydalanılmaktadır. Konya ve çevresinde yer alan ve farklı volkanik, sedimanter ve metamorfik birimlerden faydalanılarak yapılmış cami, türbe, medrese, müze, külliye vb. gibi yapım zamanı bilinen yapılardan bu çalışmanın amacı paralelinde yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında tarihi binaların bozunma nitelikleri gözlemlenmiş ve bozunma hızlarının belirlenebilmesi için bu binalardaki bozunma derinlikleri kumpas ile tespit edilmiş ve Çizelge 5.3'te verilmiştir. Tarihi yapıların yapım tarihleri bilinmekte fakat bu yapıların restorasyon geçirip geçirmediği tam olarak bilinmemektedir. Bunun için doğal ortama bırakılıp, bir yıl süre zarfında incelenmiş kayaların bozunma hızlarının daha doğru sonuç vereceği kanaati oluşmuştur. Ayrıca, arazi çalışmaları esnasında, çeşitli mağaraların girişlerinde bulunan kolonların orta bölümlerindeki bozunma hızının kolonun üst ve alt bölümlerine göre çok fazla olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.10).

**Çizelge 5.3.** Trakit, tuf, traverten ve mermerlerden faydalanılarak yapılan çeşitli binaların arazi ölçümleri ve tespit edilen bozunma hızı değerleri.

Tarihi yapı	Yapı Yaşı (Yıl)	Kaya Birimi	Kapiler bölge yüksekliği (cm)	Bozunma derinliği (cm)			Bozunma hızı (mm/yıl)	
				Değişim aralığı	Ortalama	Standart hata		
Hacı Veyis Camii	218	Tuf	25-140	0,5-1,95 (20)	0,92	0,08	0,39	0,02-0,08
Mevlâna Türbesi ve Dergâhı	745	Traverten	17-50	0,8-12,45 (26)	3,52	0,54	2,77	0,01-0,16
Aziziye Camii	143	Traverten	0	0,6-4,35 (6)	2,05	0,53	1,31	0,04-0,30
Kapı Camii Alâeddin Camii	361	Tuf	135	0,9-2,4 (5)	1,73	0,26	0,60	0,02-0,06
	863	Traverten	33-55	2,9-8,0 (10)	5,38	0,45	1,43	0,03-0,09
İnce Minareli Medrese	755	Trakit	130	1,5-7,6 (5)	3,18	1,12	2,52	0,01-0,10
Sahip Ata Külliyesi	766	Mermer	20	0,7-2,9 (6)	2,21	0,33	0,81	0,009-0,03

Parantez içinde verilen değerler ilgili tarihi eserde yapılan ölçüm sayısını ifade etmektedir.





**Şekil 5.10.** Selçuklu ilçesine bağlı Sille Mahallesi'nde bulunan mağaraların giriş bölümlerinde gözlemlenen aşırı bozunma örneği.

## 6. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

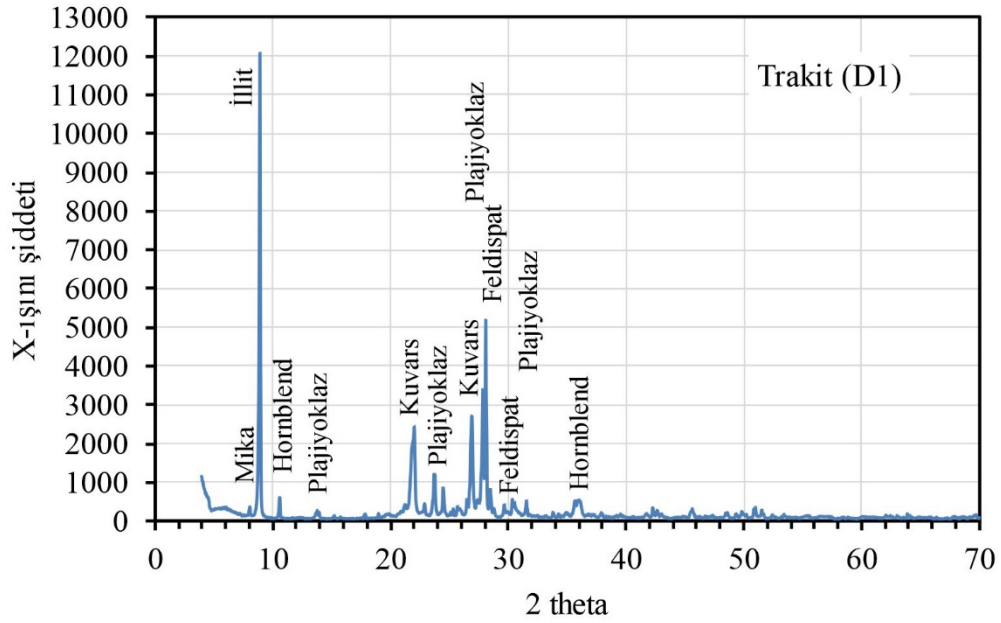
Çalışma bölgesinde birbirinden farklı jeolojik birimlerden hazırlanan numunelerden Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Laboratuvarında ince kesitler elde edilmiş ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Petrografi Laboratuvarında polarizan mikroskopta petrografik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca araziden alınan karotlar 54 mm çapında, 135 mm boyutlarında kesilerek silindirik beşer tane numune üzerinde donma-çözülme, gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi), görünür gözeneklilik (suya doyurma yöntemi), ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık, ıslanma-kuruma, tek eksenli sıkışma dayanımı ve X-ışınları kırınım analizleri (XRD) deneyleri yapılmıştır. Donma-çözülme, görünür gözeneklilik (suya doyurma yöntemi), ağırlıkça su emme, birim hacim ağırlık, ıslanma-kuruma ve tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri Grafik Jeoteknik Laboratuvar Enerji Maden Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nin imkânları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerin bir kısmı üzerinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda öğütme yöntemi kullanılarak gerçek gözeneklilik değerleri belirlenmiştir. Örneklerin ICP-AES, XRD, SEM ve EDS analizleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

### 6.1. X Işınlari Kırınım (XRD) Analizleri

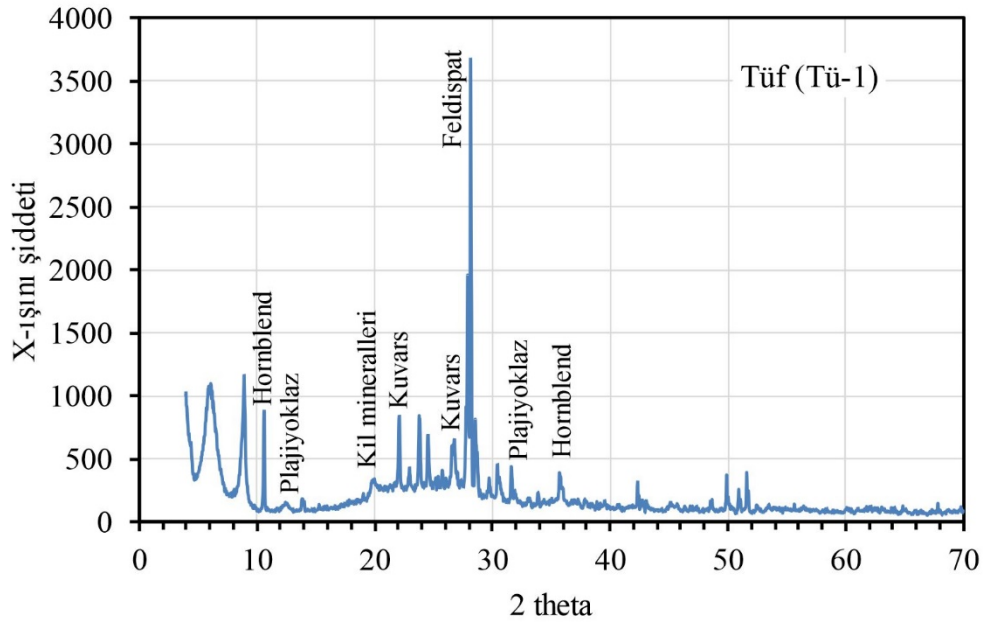
Bozunma davranışlarının incelenmesi amacıyla tarihi yapılarda ve bu tarihi yapıların inşasında kullanılan taş ocaklarından alınan örneklerin mineralojik bileşimi, minerallerin genel dağılımlarının ve kayaların sınıflandırılmasının yapılmasını sağlamak üzere XRD analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde araştırma yapılacak örnek gerekli tane boyuna getirilene dek öğütme yöntemi ile toz şekline getirilip, XRD cihazında analiz edilmektedir. Standart olarak kalitatif XRD analizlerinde örnekler Nikel filtreli Bakır X ışımına sahip tüplü aletler ile 20-70°C aralığında analize tabi tutulmakta birlikte sonuçlar X ışını difraktogram değerleri ASTM (1993) standartlarına istinaden yorumlanmaktadır.

Çalışılan örneklerin XRD grafikleri Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir. XRD analizleri sonucu hazırlanan bu grafiklerden elde edilen veriler ASTM (1993) tarafından önerilen kriterler dikkate alınarak örneklerin mineralojik bileşimleri kalitatif olarak belirlenmiş ve Çizelge 6.1'de sunulmuştur. Bu çizelgede difraktogramlardan elde edilen veriler, yüksek sayım (count) değerinden düşük sayım (count) değerine göre sıralanmış olup, bu mineral sıralaması kantitatif (nicel) bir değer ifade etmemektedir. Bu örneklerin bazılarında bozunma süreçleri sonucu oluşan minerallere rastlanmaktadır. Örneğin, Çizelge

6.1’de açıkça görüldüğü gibi, İnce Minareli Medrese örneğinde Jips, Kalsit ve Klorit gibi ikincil mineraller XRD analizleri sonucu saptanmıştır.

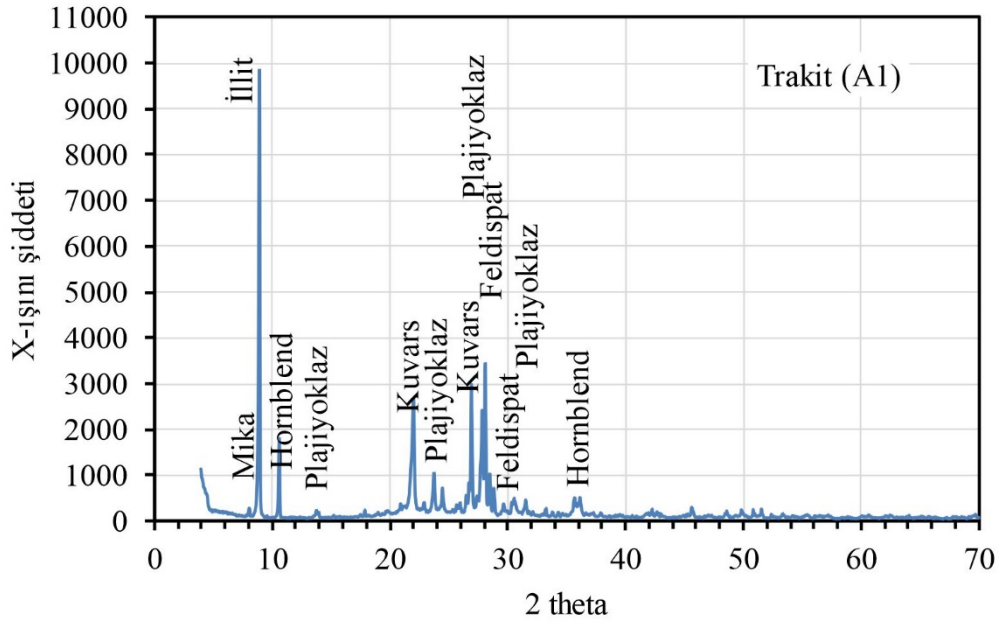


Şekil 6.1. Trakit (D1) örneğinin XRD kırınım grafiği.

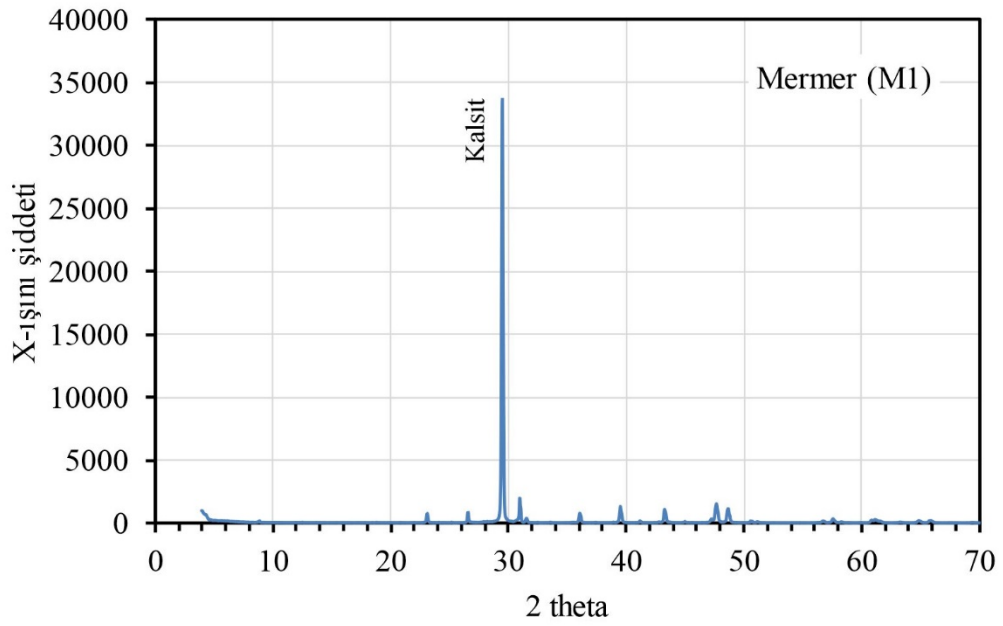


Şekil 6.2. Tüf (Tü-1) örneğinin XRD kırınım grafiği.

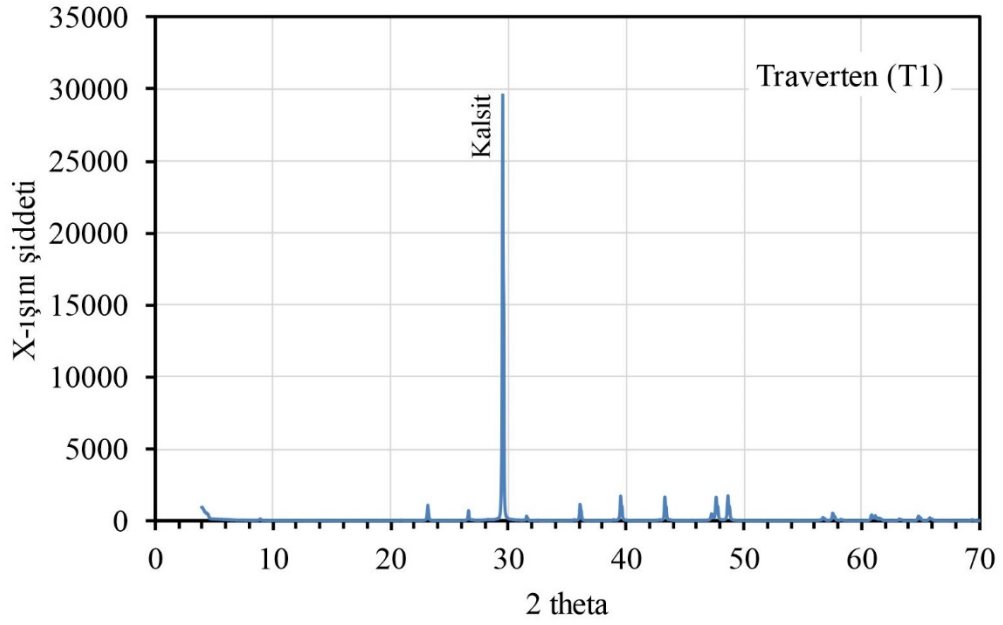




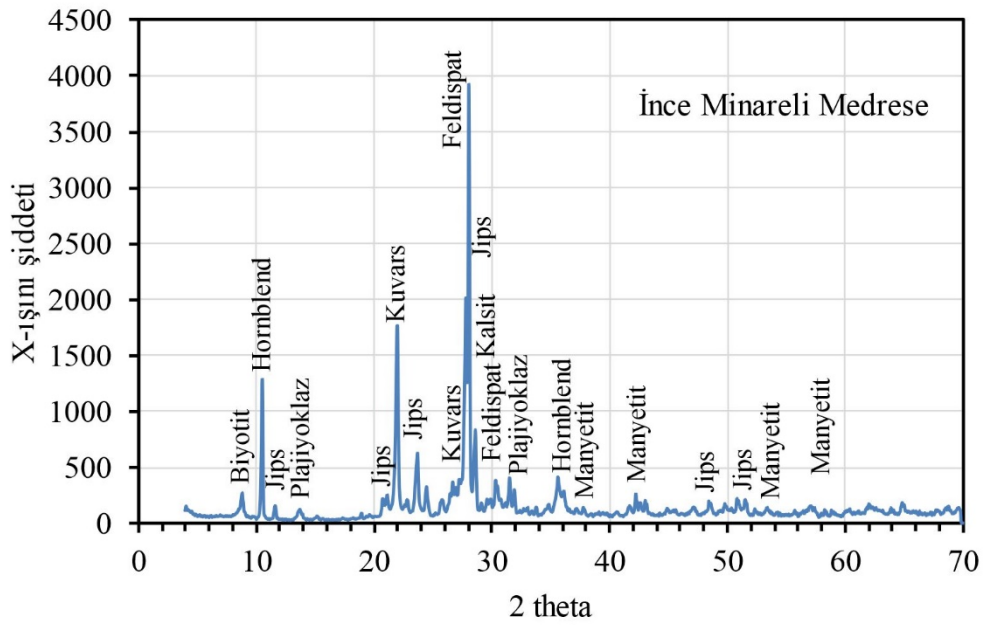
Şekil 6.3. Trakit (A1) örneğinin XRD kırınım grafiği.



Şekil 6.4. Mermer (M1) örneğinin XRD kırınım grafiği.



Şekil 6.5. Traverten (T1) örneğinin XRD kırınım grafiği.

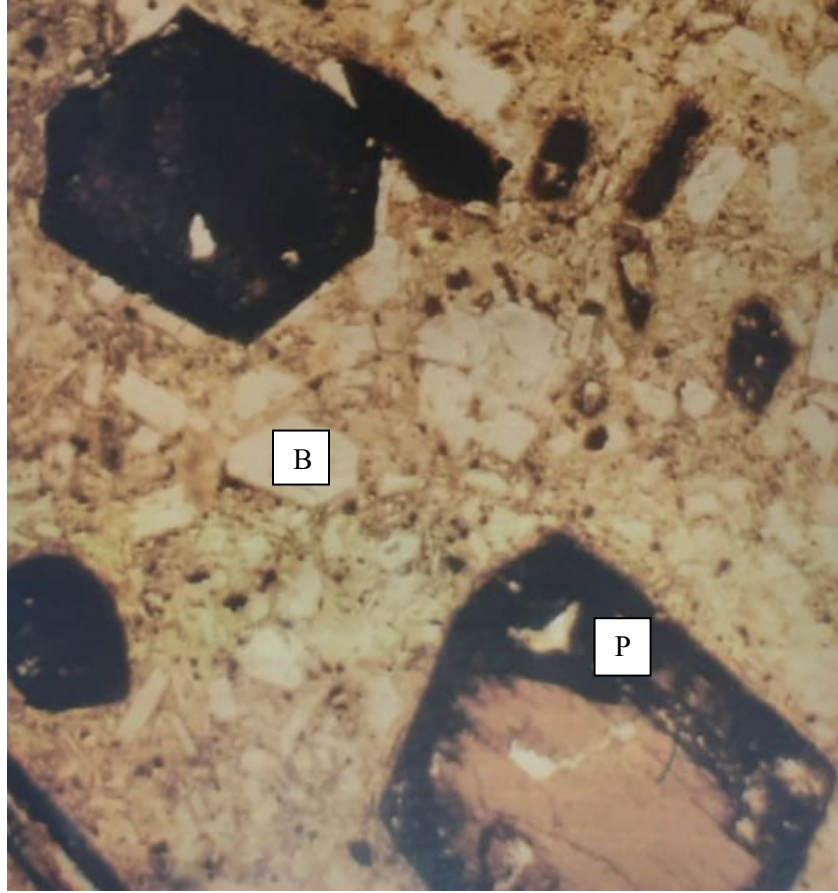


Şekil 6.6. İnce Minareli Medreseden alınan örneğin XRD kırınım grafiği.

**Çizelge 6.1.** Örneklerin XRD analizleri sonucu tespit edilen mineralojik bileşimi.

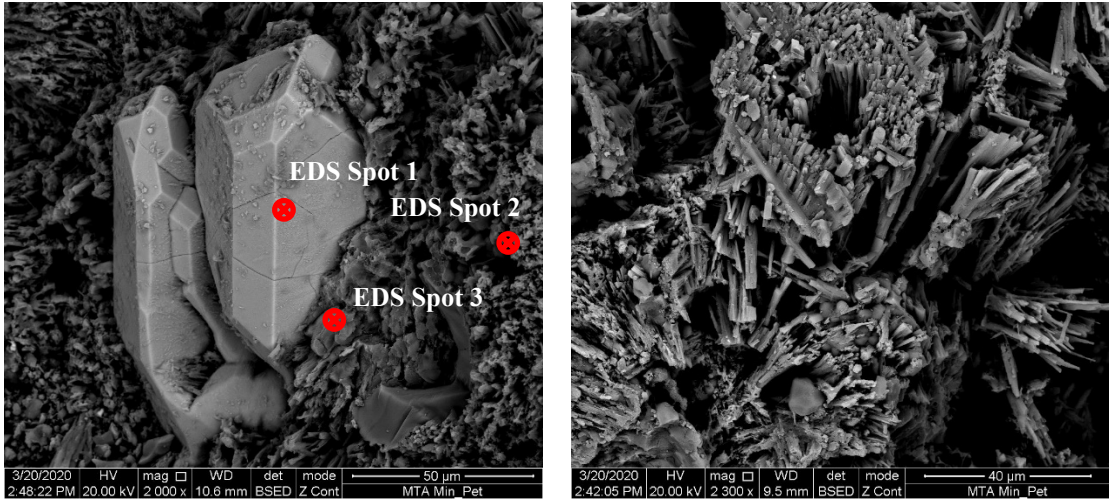
Kaya adı ve (no)	Ahındığı yer	Tespit edilen mineraller
Trakit (D-1)	Sille Mah.	Mika/İllit (Biyotit, Serizit), Plajiyoklaz, Alkali Feldispat, Amfibol (Hornblend), Kuvars.
Tüf (Tü-1)	Sille Mah.	Plajiyoklaz, Smektit, Mika/İllit (Serizit), Alkali Feldispat, Amfibol (Hornblend).
Trakit (A-1)	Sille Mah.	Mika/İllit (Biyotit, Serizit), Plajiyoklaz, Alkali Feldispat, Amfibol (Hornblend), Hematit, Kalsit.
Mermer (M-1)	Gödene Mah.	Kalsit, Dolomit, Kuvars ve Mika/İllit.
Traverten (T-1)	Gödene Mah.	Kalsit, Kuvars, Mika/İllit.
Trakit (D-1)	İnce Minareli Medrese	Plajiyoklaz, Amfibol (Aktinolit, Hornblend), Mika/İllit (Biyotit), Manyetit, Jips, Alkali Feldispat, Kuvars, Kalsit, Klorit.

Çizelge 6.1’de verilen örneklerden alınan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde, örneklerin opak mineral yüzdesi, numunelerin dokusu, kaya parçaları, mineral ve boşluk yüzdesi ile tanelerin yüzdesi gibi parametreler açısından farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir. Trakit (A1) örneğinden hazırlanan ince kesitlerde yapılan çalışmalar sonucunda, Şekil 6.7’de açıkça görüldüğü gibi kayanın içeriğinde tek nikelde, 94-X büyütme ile kriptokristalin hamuru içerisinde opasitleşmiş biyotit, opasitleşmiş kersutit fenokristalleri ve renksiz plajiyoklaz çubukları gözlenmiştir. Benzer şekilde, diğer trakit (D1) numunesinden hazırlanan ince kesitler üstünde yapılan çalışmalarda, kayanın içeriğinde tek nikelde, 94-X büyütme ile öz şekile sahip alkali feldispat fenokristallerinin topaz minerallerine dönüştüğü saptanmıştır. Diğer örneklerden alınan ince kesitler üzerinde yapılan çalışmalarda; tüflerde plajiyoklaz (renksiz), biyotit ve volkan camı (obsidiyen) kıymıkları, mermerde vollastonit ile kalsit mineralleri (polisentetik ikizli) ve travertende ise karbon içerikli madde, diyajenez ile stilolitik şekilde bulunduğu saptanmıştır.

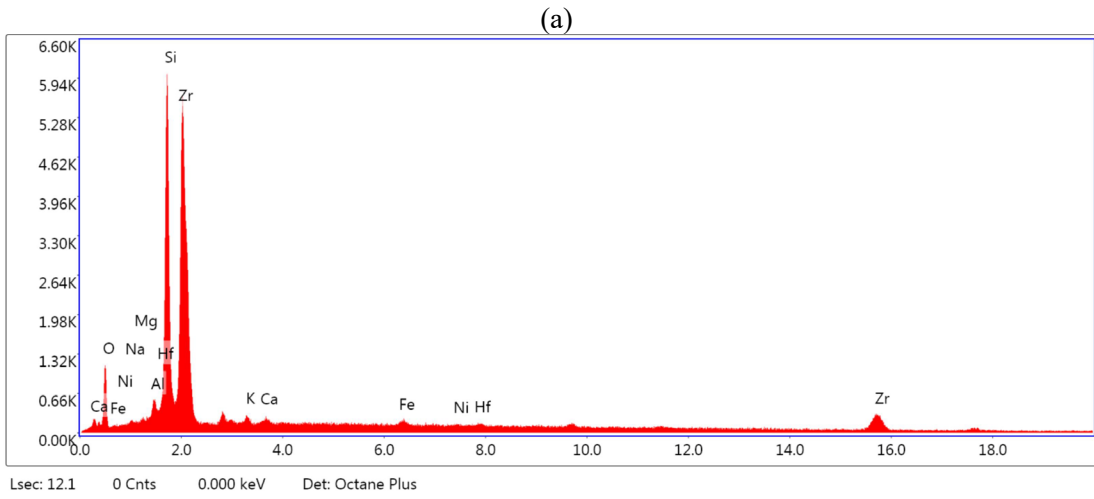


**Şekil 6.7.** Trakit'ten (A1) alınan örneğin polarizan mikroskoptaki görünümü (Büyütme 94-X, B: Biyotit, P: Plajiyoklaz).

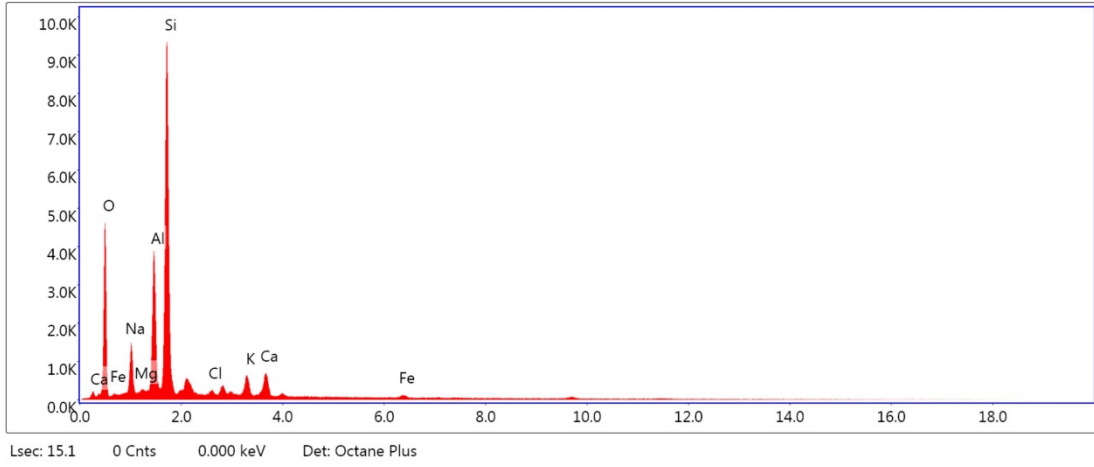
Çalışma bölgesinde bulunan İnce Minareli Medresenin uzun yıllar atmosferik süreçler ve dolayısıyla bozunma süreçlerine maruz kalması dikkate alınarak burada koparak düşen ufak ve 2-3 cm boyutundaki örneğin XRD analizlerinin yanı sıra bozunma davranışının taramalı elektron mikroskobu SEM-EDS analizleri ile detaylı incelenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen tipik görüntüler Şekil 6.8'de sunulmuş olup, bu şekilde verilen üç ayrı noktada alınan EDS ölçümleri ise Şekil 6.9'da verilmiştir. Şekil 6.8'de verilen EDS Spot 1 işaretli kısımda alanın ve Şekil 6.9a'da verilen analiz sonuçları dikkate alındığında, Şekil 6.8'deki kristal görüntüsünün Zirkon ( $ZrSiO_4$ ) mineraline ait olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, Şekil 6.8'de verilen görüntü analizleri incelendiğinde bu örneğin oldukça porozlu bir yapıya sahip olduğu, minerallerin genellikle iğnemsî bir yapıya sahip olduğu, söz konusu bu ince iğnemsî minerallerin çaplarının  $1\mu m$ 'ye kadar düştüğü saptanmıştır. Kaya malzemesinin bu dokusal özelliği suyu kolay bünyeye alınmasının sağlanması ve bölgedeki fiziksel ve kimyasal bozunma süreçlerinin daha etkin bir şekilde kayacın bozunma davranışını etkilediği düşünülmektedir.



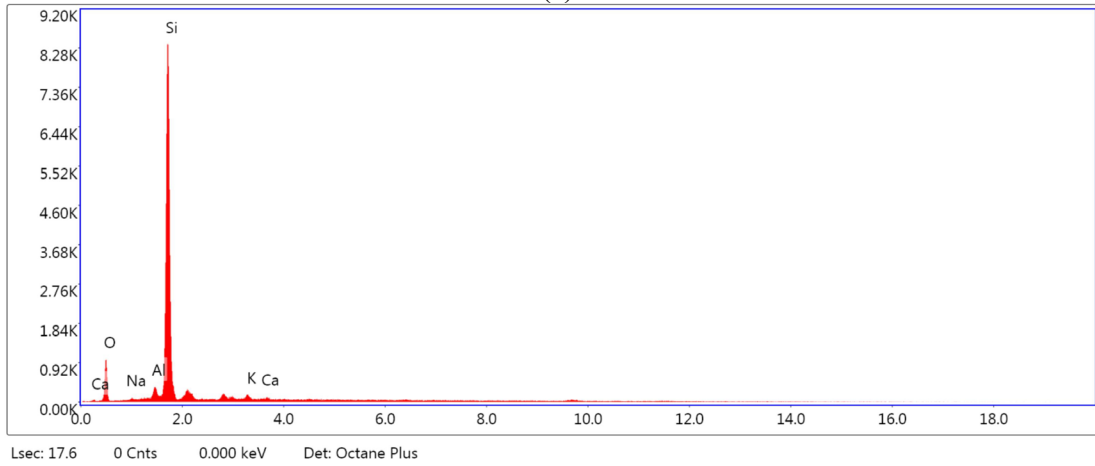
Şekil 6.8. İnce Minareli Medrese yapımında kullanılan kayadan alınan genel SEM görüntüleri.



(b)



(c)

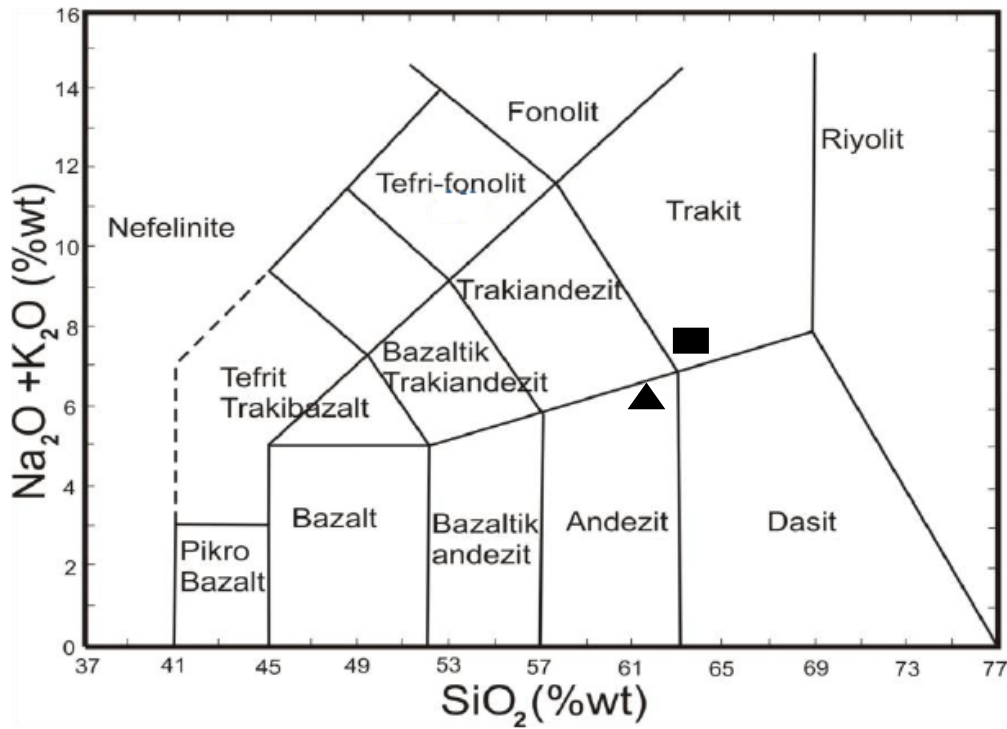


**Şekil 6.9.** Şekil 6.8’de verilen noktalarda yapılan EDS analiz sonuçları: a) EDS Spot 1, b) EDS Spot 2, c) EDS Spot 3.

Çalışma bölgesinde yapıların dış cephelerinde yaygın bir şekilde kullanılan bu kayaların kimyasal bileşimleri ayrıca ICP-AES yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2’de sunulmuştur. Bu çizelgede verilen  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  toplamı ile  $\text{SiO}_2$  yüzdeleri (alkali-silikat değerleri) Şekil 6.10’da verilen abakta kullanıldığında arazi çalışmaları sırasında “D-1” ve “A-1” olarak numaralandırılan volkanik kaya örneklerinin mineralojik bileşim olarak “trakit” olduğu saptanmıştır. Ayrıca, “Tü-1” simgesi ile tanımlanan tüf örneklerinin mineralojik bileşim olarak “andezit” oldukları tespit edilmiştir.

**Çizelge 6.2.** Derlenen örneklerin kimyasal analiz değerleri.

Kaya adı ve no	Alındığı yer	AZ <sub>a</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	MnO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)
Trakit (D-1)	Sille Mah.	0,90	16,3	4,2	3,4	3,5	1,3	0,1	4,3	0,2	64,8	0,5
Tüf (Tü-1)	Sille Mah.	4,10	16,3	4,5	3,9	3,4	1,6	0,1	2,8	0,2	62	0,5
Trakit (A-1)	Sille Mah.	1,50	16,0	4,5	3,4	3,6	1,5	0,1	4,0	0,2	64,4	0,4
Mermer (M-1)	Gödene Mah.	44,20	0,2	53,4	<0,1	<0,1	1,6	<0,1	0,1	<0,1	0,4	<0,1
Traverten (T-1)	Gödene Mah.	43,90	0,2	55,2	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,1	<0,1	0,3	<0,1



■ D1 ve A1 ▲ Tül

**Şekil 6.10.** Volkanik kayaların toplam alkali-silis içerikleri temelinde kimyasal sınıflaması (Le Matre vd., 1989).

## 6.2. Örneklerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kayalarda oluşan bozunmanın kayaların gözenekliliği ile alakalı olduğu bilinen bir gerçektir. Bundan dolayı araştırması yapılan trakit, tüf, traverten ve mermerlerin bozunma özellikleri ve fiziksel nitelikleri ile ilgisinin tespit edilmesi kademesinde donma-çözülme, gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi), görünür gözeneklilik (n), ağırlıkça su emme ( $A_w$ ), birim hacim ağırlık ( $\gamma_d$ ), ıslanma-kuruma ve tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler ISRM, (2007) ve TSE, 699'a uygun gerçekleştirilmiştir. Tek eksenli sıkışma

deneylerinde kullanılacak örnekler için sondaj çalışmaları ile alınan 54 mm çapındaki karot numunelerinin boy/çap oranının ISRM, (2007) tarafından önerilen değerlerde olmasını sağlamak için uygun boyutlarda kesilmiş ve yaklaşık 135 mm boya sahip karot numuneleri elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, derlenen örneklerin fiziksel ve mekanik parametrelerinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bütün deneylere ilişkin detaylar aşağıda sunulmuştur.

### **6.2.1. Birim hacim ağırlık deneyi**

Birim hacim ağırlık değeri, kayaçların doku ve mineral içeriğine bağlıdır. Değişik bölgelerden alınan örneklerin yanında aynı formasyon ile bölgeden alınan örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinde belirlenen farklılıklar kayacın boşluk yapısı, miktarı ve kimyasal içeriği ile ilgilidir. Erguvanlı, (1975) birim hacim ağırlığı fazla olan kayaçlar genel olarak düşük su emme, porozite ile fazla özgül ağırlık özelliğine sahiptir. Yapı malzemesi şeklinde değerlendirilecek kayaların birim hacim ağırlık değerlerinin fazla olması gerekmektedir. Değişik bölgelerden alınan kaya örneklerinin birim hacim ağırlık tayini deneyleri, ISRM, (2007) tarafınca belirlenen esaslara göre beşer karot örneği kullanılarak yapılmıştır. Bu deneylerde elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3'te verilmiştir. Alınan ölçümler dikkate alındığında bu çalışmanın amaçlarına yönelik olarak kullanılan traverten, mermer, trakit ve tüflerin ortalama birim hacim ağırlık değerlerinin sırasıyla 23.23, 26.53, 23.21, 23.59 ve 19.37 kN/m<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir.



**Çizelge 6.3.** Çalışılan numunelerin birim hacim ağırlıkları.

Sondaj No	Karot No	Boy (cm)	Çap (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Kuru kütle (g)	Kuru Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	
								Ölçüm	Ortalama
SK-1 Traverten	T-1	15,70	6,05	28,75	451,34	1080,20	2,39	23,45	23,23
	T-2	12,30	6,05	28,75	353,59	795,70	2,25	22,07	
	T-3	17,20	6,05	28,75	494,46	1164,70	2,35	23,05	
	T-4	16,50	6,05	28,75	474,33	1188,9	2,50	24,53	
	T-5	15,10	6,05	28,75	434,09	1022,9	2,35	23,05	
SK-2 Mermer	M-1	22,40	6,36	31,77	711,63	1911,80	2,68	26,29	26,53
	M-2	22,40	6,36	31,77	711,63	1908,30	2,68	26,29	
	M-3	17,60	6,36	31,77	559,14	1534,30	2,74	26,88	
	M-4	20,00	6,36	31,77	635,38	1719,6	2,70	26,49	
	M-5	16,20	6,36	31,77	514,66	1402,7	2,72	26,68	
SK-3 Trakit	D-1	12,90	6,33	31,47	405,96	932,00	2,29	22,46	23,21
	D-2	12,10	6,33	31,47	380,79	944,60	2,48	24,33	
	D-3	12,00	6,33	31,47	377,64	880,90	2,33	22,86	
	D-4	13,10	6,33	31,47	412,26	974,5	2,36	23,15	
	D-5	11,60	6,33	31,47	365,05	867,7	2,37	23,25	
SK-4 Trakit	A-1	12,30	5,49	23,67	291,17	697,10	2,39	23,45	23,59
	A-2	11,30	5,51	23,84	269,45	653,80	2,42	23,74	
SK-5 Tüf	Tü-1	6,74	5,01	19,71	132,87	272,10	2,04	20,01	19,37
	Tü-2	6,52	5,07	20,19	131,63	251,70	1,91	18,74	

### 6.2.2. Görünür gözeneklilik, gerçek gözeneklilik ve ağırlıkça su emme deneyleri

Goodman (1989) yapı malzemesi olarak kullanılan kayaların gözenekliliğinin tespit edilmesinin gerekli olduğunu vurgulamıştır. Kayaçların gözeneklilik değerleri kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin ön değerlendirmesinde bir girdi parametresi olarak kullanılabilir. Ağırlıkça su emme ise kayacın birbiri ile ilişkili boşlukları yardımıyla bozunma konusunda daha etkili rol üstlenir. Korkanç, (2007) kayacın ağırlık bakımından su emme oranının, donma-çözülme etkilerinin tespiti konusunda kullanıldığını belirtmiştir. İlave olarak yapı malzemesi şeklinde değerlendirilen kayaların ıslanma-kuruma sebebiyle kayacın dayanımının azalması yapı taşı şeklinde kullanılmak istenen kayaların ağırlıkça su emme oranlarının belli aralıklarda bulunması gereklidir. Bu çalışma kapsamında, incelenen kayaların görünür gözeneklilik (suya doyurma yöntemi) ve ağırlıkça su emme değerleri ISRM, (2007) tarafından önerilen yöntem dikkate alınarak belirlenmiştir. Kayaların görünür gözeneklilik ve ağırlıkça su emme değerleri Çizelge 6.4'te verilmiştir. Bu sonuçlar dikkate alındığında, traverten, mermer, trakit ve tüflerin ortalama görünür gözeneklilik değerlerinin sırasıyla %7.64, %1.60, %2.36, %4.42 ve %43.15 olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, ağırlıkça su emme değerleri

ise traverten, mermer, trakit ve tuf örnekleri için sırasıyla %3.22, %0.59, %1.00, %1.83 ve %21.84 olduğu aynı deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir.

**Çizelge 6.4.** Araştırma yapılan numunelerin görünür gözeneklilik ve ağırlıkça su emme değerleri.

Sondaj No	Karot No	$m_d$ (g)	$v_t$ (cm <sup>3</sup> )	$m_s$ (g)	$v_v$ (cm <sup>3</sup> )	$n$ (%)		$n_g$ (%)		$A_w$ (%)	
						Ö.	Ort.	Ölçüm	Ort.	Ö.	Ort.
SK-1 Traverten	T-1	1118,60	451,38	1080,20	38,40	8,51		52,14		3,55	
	T-2	825,30	353,63	795,70	29,60	8,37		55,00		3,72	
	T-3	1200,50	494,50	1164,70	35,80	7,24	7,64	52,89	52,56	3,07	3,22
	T-4	1225,30	474,38	1188,9	36,40	7,67		49,88		3,06	
	T-5	1050,70	434,13	1022,9	27,80	6,40		52,88		2,72	
SK-2 Mermer	M-1	1916,20	711,65	1911,80	4,40	0,62		*		0,23	
	M-2	1914,30	711,65	1908,30	6,00	0,84		*		0,31	
	M-3	1540,70	559,15	1534,30	6,40	1,14	1,60	*	*	0,42	0,59
	M-4	1730,80	635,40	1719,6	11,20	1,76		*		0,65	
	M-5	1421,50	514,67	1402,7	18,80	3,65		*		1,34	
SK-3 Trakit	D-1	940,30	405,96	932,00	8,30	2,04		8,17		0,89	
	D-2	954,10	380,79	944,60	9,50	2,49		0,77		1,01	
	D-3	891,50	377,64	880,90	10,60	2,81	2,36	6,69	6,31	1,20	1,00
	D-4	981,70	412,26	974,5	7,20	1,75		5,45		0,74	
	D-5	877,60	365,05	867,7	9,90	2,71		4,92		1,14	
SK-4 Trakit	A-1	705,20	291,14	697,10	8,10	2,78		4,22		1,16	
	A-2	670,10	269,39	653,80	16,30	6,05	4,42	2,92	3,57	2,49	1,83
SK-5 Tuf	Tü-1	327,50	132,85	272,10	55,40	41,70		59,04		20,36	
	Tü-2	310,40	131,64	251,70	58,70	44,59	43,15	61,76	60,40	23,32	21,84

$m_d$ : suya doygun kütle,  $v_t$ : toplam hacim,  $m_s$ : katı tane kütlesi,  $v_v$ : görünür boşluk hacmi,  $n$ : görünür gözeneklilik,  $n_g$ : gerçek porozite,  $A_w$ : ağırlıkça su emme, Ö.: ölçülen değer, Ort.: ortalama değer, \*:oldukça düşük boşluk oranına sahip olması nedeniyle hassas ölçüm gerçekleştirilememiştir.

Birbiri ile bağlantılı boşluklar bulunmayan kayalardaki boşluk hacminin net bir şekilde tespit edilebilmesi için görünür gözeneklilik deneyi net sonuçlar vermemektedir. Görünür gözeneklilik deneyi ile numunenin çapı belirlendiği için sayısal değeri hesaplanabilmektedir. Varılan sonuçların numunelerin boşluk özelliklerinin tamamının bilinmemesi sebebiyle farklı bir deneyin yapılması daha uygun görülmüştür. Bu nedenle alınan el numunelerinde gerçek gözeneklilik deneyi yapılmıştır (Şekil 6.11).

Yapılan bu deney ile kayadan oluşan öğütülmüş numunelerin belirli bir kütlesine karşılık gelen hacim miktarı hesaplanmıştır. Her el numunesinden 1000 gr örnek alınmış, Retsch BB-51 model çeneli kırıcı kullanılarak 0.1 mm tane çapına gelinceye dek öğütme yapılmıştır. Tane çapı 0.1 mm'ye kadar azaltılan numuneler diğer aşamada ise Retsch RS200 model diskli öğütücü kullanılarak 1500 devir/dk hızda öğütülerek 20  $\mu$ m'ye kadar azaltılmıştır.

Öğütülerek 20  $\mu$ m'ye azaltılan numuneler herhangi bir boşluk içermemekte ve kayadan meydana gelmektedir. Öğütme işlemi sonucunda elde edilen 1000 gr öğütülmüş numunenin 500

gr kadarı 1000 ml kapasiteye sahip mezürde bulunan 500 ml saf suya her seferinde 50 gr olacak şekilde toplamda 10 aşamada ilave edilmiştir. Numunelerin tane çaplarının çok küçük ( $<20 \mu\text{m}$ ) olmasından dolayı her ilave aşamasında oluşması muhtemel numune kayıplarının yaşanmaması için özen gösterilmiştir. Her ilave safhasında saf suda oluşan hacim artışı mezür üzerinden okunarak katı tanelerin hacmi ( $v_s$ ) olarak not edilmiştir (Çizelge 6.5). Herhangi bir karot örneğinin ölçülen katı tane kütlelerine karşılık gelen katı tane hacminin tespiti ve dolayısıyla gözenek boşluk hacmine ulaşmak amacıyla, Çizelge 6.5'te sunulan ve 10 farklı ölçüm sonucu elde edilen katı tanelerin kütlesi ( $m_s$ ) ile katı tanelerin hacmi ( $v_s$ ) karşılaştırılmış ve Şekil 6.12'de de sunulan ve aşağıda verilen Eşitlik 6.1 ve Eşitlik 6.2 bağıntıları elde edilmiştir.

$$v_s = 0.4 \times m_s (R^2 = 1) \quad (6.1)$$

$$v_s = 0.2 \times m_s (R^2 = 1) \quad (6.2)$$

Yukarıda verilen bu bağıntılar kullanılarak toplam hacmi bilinen ilgili kayanın herhangi bir kuru kütle değeri için katı tane hacmi kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bu iki eşitlik kullanılarak Çizelge 6.4'te verilen örneklerinin gerçek gözeneklilik değerleri hesaplanmış ve aynı çizelgede sunulmuştur. Bu çizelgede de açıkça anlaşılacağı üzere gerçek gözeneklilik değerleri, kaya içerisindeki boşlukları kapalı olması ve suya doyurma yöntemiyle belirlenememesi nedeniyle, örneklerin öğütülmesiyle yapılan deneysel çalışmalarda daha yüksek gözeneklilik değerleri elde edilmiştir. Ancak, mermer gibi oldukça düşük gözenekliliğe sahip kaya örneklerinde hassas ölçümün oldukça güç olması nedeniyle anlamlı sonuçlar elde edilememiştir.

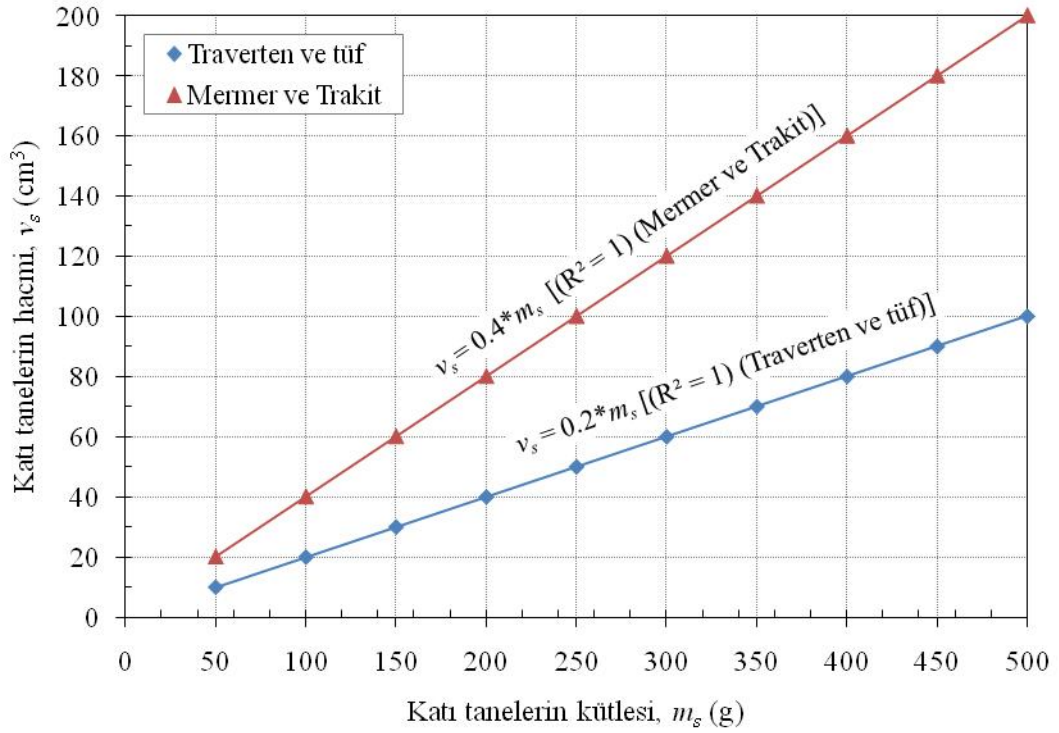


Şekil 6.11. Gerçek gözeneklilik için numunelerin hazırlanma aşaması.

**Çizelge 6.5.** Gerçek gözeneklilik (öğütme yöntemi) deneyi için öğütülen örneklerden belirlenen katı tanelerin kütlesi ( $m_s$ ) ve hacmi ( $v_s$ ) değerleri

Kaya	Deney No.	$m_s$ (g)	$v_s$ (cm <sup>3</sup> )	Kaya	Deney No.	$m_s$ (g)	$v_s$ (cm <sup>3</sup> )
Traverten Tüf	1	50	10	Mermer Trakit	1	50	20
	2	100	20		2	100	40
	3	150	30		3	150	60
	4	200	40		4	200	80
	5	250	50		5	250	100
	6	300	60		6	300	120
	7	350	70		7	350	140
	8	400	80		8	400	160
	9	450	90		9	450	180
	10	500	100		10	500	200

$m_s$ : katı tanelerin kütlesi,  $v_s$ : katı tanelerin hacmi.



**Şekil 6.12.** Bu çalışmada kullanılan örneklerin katı tanelerin kütlesi ( $m_s$ ) ile katı tanelerin hacmi ( $v_s$ ) arasındaki ilişkiler.

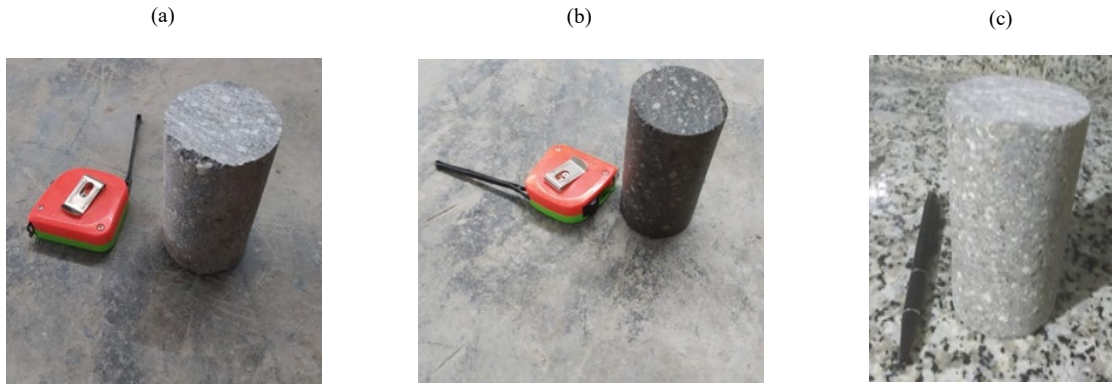
### 6.2.3. İslanma-kuruma ve donma-çözülme deneyleri

İslanma-kuruma ve donma-çözülme çevrimleri kayaçların bozulmalarına neden olan önemli fiziksel bozunma süreçleri olarak bilinmektedir. Suyun faz farklılığı akabinde oluşan %9'luk hacimsel farklılık kayaçların bozulmasına sebep olan en önemli nedenlerdendir. Fookes, (1988) donma-çözülme gibi süreçlerin kayaçların bozunması üzerinde önemli bir etken olduğunu ve çok kısa bir zaman diliminde etki ettiğini belirtmiştir.

Küçükkaya, (1995) nemli yerlerde sıcaklık farklılıklarının, kayaç içerisinde gerilmelere bağlı olarak kopma ve parçalanmalara sebebiyet verdiğini belirtmiştir. Topal ve Doyuran, (1997) donma-çözülme deneyi hızlandırılmış bozunma deneyidir. Bu çevrim sonunda doğal kayaların yapı malzemesi olarak kullanılması durumunda mevsim değişiklikleri nedeniyle meydana gelebilecek değişiklikler önceden öngörülebilmektedir. Rossi-Doria, (1985) ve Siegesmund vd., (2011) suyun buz şeklini alıp kristallenmeye başlaması nedeniyle kayacın içerisinde bulunan çatlakların bozunmasına sebep olacağını dile getirmiştir.

ISRM, (2007) kaya numunesinin ıslanma-kuruma ve donma-çözülme deneylerine maruz kalması neticesinde, bozunmaya karşı sergilediği durumun tespit edilmesi için yapılır. Çalışma

kapsamında trakit numunesi üzerinde yapılan 30 çevrim ıslanma-kuruma süreci sonrasında numune üzerinde deney öncesi ve sonrası değişimleri Şekil 6.13a, 6.13b’de gösterilmiştir. Aynı numune üzerinde 30 çevrim donma-çözülme sonucunda aynı örneğin deney sonrası fotoğrafı ise Şekil 6.13c’de sunulmuştur. Şekil 6.13’de de açıkça görüldüğü gibi, trakit örneğinin 30 çevrim ıslanma-kuruma ve donma-çözünme sonucu görsel olarak herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Ancak, söz konusu bu 30 çevrim ıslanma-kuruma ve donma-çözünme deneyleri sonucunda kütleli kayıplar kaydedilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6’da verilmiştir.



**Şekil 6.13.** a) Trakit örneğinin deney öncesi görüntüsü, b) 30 çevrim ıslanma-kuruma sonrası durumu, c) 30 çevrim donma-çözünme sonrası durumu.

**Çizelge 6.6.** Islanma-kuruma ve donma-çözünme çevrimleri sonucu örneklerde ölçülen kütle kayıpları.

Sondaj No	Karot No	Islanma-Kuruma			Donma-Çözünme			Toplam Kütle Kaybı (%)
		Deney öncesi kütle (g)	Deney sonrası kütle (g)	Kütle kaybı (%)	Deney öncesi kütle (g)	Deney sonrası kütle (g)	Kütle kaybı (%)	
SK-1 Traverten	T-1	1080,20	1078,20	0,19	1080,20	1079,50	0,06	0,25
	T-2	795,70	793,50	0,28	795,70	795,20	0,06	0,34
	T-3	1164,70	1162,40	0,20	1164,70	1164,10	0,05	0,25
	T-4	1188,90	1188,10	0,07	1188,90	1188,40	0,04	0,11
	T-5	1022,90	1021,80	0,11	1022,90	1022,10	0,08	0,19
SK-2 Mermer	M-1	1911,80	1900,10	0,61	1911,80	1909,20	0,14	0,75
	M-2	1908,30	1900,20	0,42	1908,30	1905,20	0,16	0,58
	M-3	1534,30	1527,40	0,45	1534,30	1500,30	2,22	2,67
	M-4	1719,60	1712,80	0,40	1719,60	1700,40	1,12	1,52
	M-5	1022,90	1021,80	0,11	1022,90	1385,20	1,25	1,36
SK-3 Trakit	D-1	932,00	927,10	0,53	932,00	931,50	0,05	0,58
	D-2	944,60	939,50	0,54	944,60	943,20	0,15	0,69
	D-3	880,90	870,30	1,20	880,90	879,20	0,19	1,39
	D-4	974,50	964,70	1,01	974,50	973,50	0,10	1,11
	D-5	867,70	855,30	1,43	867,70	866,90	0,09	1,52
SK-4 Trakit	A-1	697,10	690,30	0,98	697,10	696,20	0,13	1,11
	A-2	653,80	648,60	0,80	653,80	652,70	0,17	0,97
SK-5 Tüf	Tü-1	272,10	260,15	4,39	272,10	240,20	11,72	16,11
	Tü-2	251,70	238,60	5,20	251,70	220,30	12,48	17,68

Çizelge 6.6'dan görüleceği üzere ıslanma-kuruma deneyi sonuçlarına göre, traverten (T-2) %0.28, mermer (M-1) %0.61, trakit (D-5) %1.43 ve tüf (Tü-2) %5.20 oranlarıyla en fazla kaybın yaşandığı numunelerdir. Benzer şekilde, donma-çözülme çevrimleri sonucu kütle kaybı traverten (T-5) %0.08, mermer (M-3) %2.67, trakit (D-3) %0.19 ve tüf (Tü-2) %12.48 oranlarıyla en fazla kaybın yaşandığı numunelerdir. Çizelge 6.6'da da verilen ve yukarıdaki verilen kısa değerlendirmede de açıkça anlaşılacağı üzere, tüf gibi yüksek poroziteye sahip ve az kaynaşma gösteren kaya birimleri fiziksel bozunma süreçlerine karşı en hassas olan kaya gurubunda yer almaktadır.

#### 6.2.4. Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi

Yapı elemanı olarak değerlendirilecek kayaların tek eksenli sıkışma dayanımlarının tespit edilmesi, kayaların dış ortamda maruz kaldığı durumlara karşı oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu deneyde de ISRM, (2007) standartları dikkate alınmıştır (Şekil 6.14). Yapılan deney sonucunda elde edilen veriler Çizelge 6.7’de verilmiştir.



**Şekil 6.14.** Derlenen örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı deneylerinin yapılışı ve 24.4 kN yük altında travertenden alınan karotun yenilme aşaması.



**Çizelge 6.7.** Alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli sıkışma dayanımı deney sonuçları.

Sondaj No	Karot No	Çap (cm)	Boy (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	Yenilme Yüğü (kN)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, $\sigma_c$ (MPa)
SK-1 Traverten	T-1	6,05	15,70	28,7	37,80	13,16
	T-2	6,05	12,30	28,7	36,50	12,70
	T-3	6,05	17,20	28,7	36,70	12,77
	T-4	6,05	16,50	28,7	37,10	12,91
	T-5	6,05	15,10	28,7	37,30	12,98
SK-2 Mermer	M-1	6,36	22,40	31,8	70,70	22,27
	M-2	6,36	22,40	31,8	70,20	22,11
	M-3	6,36	17,60	31,8	69,80	21,98
	M-4	6,36	20,00	31,8	71,10	22,39
	M-5	6,36	16,20	31,8	69,90	22,01
SK-3 Trakit	D-1	6,33	12,90	31,5	110,40	35,10
	D-2	6,33	12,10	31,5	110,20	35,04
	D-3	6,33	12,00	31,5	109,90	34,94
	D-4	6,33	13,10	31,5	110,90	35,26
	D-5	6,33	11,60	31,5	111,10	35,32
SK-4 Trakit	A-1	5,49	12,30	23,7	94,50	39,94
	A-2	5,51	11,30	23,8	93,90	39,40
SK-5 Tüf	Tü-1	5,01	12,53	19,7	11,80	5,99
	Tü-2	5,07	12,68	20,2	11,50	5,70

Goodman, (1989) kayaların tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin ilgili kayanın yapı, doku, bileşimi ile deneylerin standartlara uygun yapılması ve yükleme hızı gibi parametrelere bağlı olduğunu belirtmiştir. ISRM, (2007)'e göre karşılaştırma yapıldığında trakit numuneleri yüksek dayanımlı kaya, traverten, mermer ve tüf numuneleri ise orta dayanımlı kaya sınıfında yer almaktadır.

## 7. SONUÇLAR

Ülkemizin ekonomisine ve kültürel olarak tanıtılmasına önemli ölçüde yararı olan Konya bölgesindeki tarihi eserler ve doğal yapılar, atmosferik koşulların doğası gereği inşalarından günümüze kadar bölgedeki etkin bozunma süreçlerine maruz kalarak; renk, gözeneklilik, yoğunluk, dayanım, deformasyon, duraylılık, fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli oranda istenmeyen değişimlere uğrarlar. Söz konusu bütün bu değişimlerin Konya bölgesinde bulunan tarihi yapılar açısından öneminin anlaşılması için gerçekleştirilen bu çalışmada, tarihi yapılarda kullanılan ve kolay kesilebilen volkanik kayalar (trakit, tüf vb.) ile traverten ve mermerlerin dayanım, duraylılık ve bozunma özelliklerinin tespiti yapılmıştır. Bu kayalardan trakit ve tüf Konya il merkezine yaklaşık 7 km uzaklıkta bulunan Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesindeki taş ocaklarından temin edilmiştir. Mermer ve traverten tarihi yapıların restorasyon çalışmalarında kolay kesilebilir olması nedeniyle yaygın bir şekilde kullanılmış olup Konya merkeze yaklaşık 19 km olan Meram ilçesine bağlı Gödene mahallesindeki taş ocaklarından derlenmiştir. Trakit, tüf, traverten ve mermerlerin doğal ortam ve jeolojik özelliklerinden kaynaklı bozunmaları tespit etmek için arazi çalışmaları, petrografik çalışmalar, jeokimyasal analizler ve kayaların jeomekanik niteliklerini tespit etmek için laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Konya’da bulunan tarihi yapılarda kullanılan kayaların bozunma davranışını temel alan bu çalışmada aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir:

Konya Havalimanı Meteoroloji istasyonundan elde edilen verilere göre Konya bölgesinde bulunan trakit, tüf, traverten ve mermerlerin senelik ortalama 29 ıslanma-kuruma ile 27 donma-çözülme çevrimine maruz kaldığı ve bu çevrimlerin Konya bölgesindeki trakit, tüf, traverten ve mermerlerin bozunma davranışı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Mineralojik ve petrografik analizler sonucunda, arazi çalışmaları öncesinde D-1 ve A-1 olarak kodlandırılan volkanik kayaların trakit olduğu, Tü-1 nolu tüf örneğinin ise andezit bileşiminde olduğu saptanmıştır. Bölgedeki çalışmalarda elde edilen ve T-1 ve M-1 nolu traverten ve mermer örneklerinin de mineralojik analizleri yapılmış ve ilgili bölümde sunulmuştur.

Bozunma davranışı incelenen traverten, mermer, trakit ve tüflerin ortalama görünür gözeneklilik değerlerinin sırasıyla %7.64, %1.60, %2.36, %4.42 ve %43.15 olduğu tespit edilmiştir.

Günümüze kadar mermer, granit, kireçtaşı, kumtaşı vb. gibi kayaları içine alan ulusal ve uluslararası çalışmalarda yayımlanmış araştırmalarda, kayaçların bozunma hızlarının tespit edilmesinde yapılaş zamanı bilinen binalar değerlendirmeye alınmıştır. Konya bölgesinde bulunan

Hacı Veyis Camii, Mevlâna Müzesi ve Dergâhı, Aziziye Camii, Kapı Camii, Alâeddin Camii, İnce Minareli Medrese ve Sahip Ata Külliyesi gibi tarihi eserlerde kullanılan farklı kaya malzemeleri üzerinde yapılan ölçümlere göre; trakit, tuf, traverten ve mermerlerin bozunma hızı değerlerinin sırası ile 0.01-0.10 mm/yıl, 0.02-0.08 mm/yıl, 0.01-0.30 mm/yıl ve 0.009-0.03 mm/yıl aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen donma-çözülme ile ıslanma-kuruma deneyleri sonucunda numune kütlelerinde oluşan kayıplar dikkate alınarak bu kayaçların bozunma davranışı değerlendirilmiştir. Yapılan donma-çözülme ile ıslanma-kuruma deneyleri değerlendirildiğinde, toplam kütle kaybı değerlerinin trakit, tuf, traverten ve mermerler için sırasıyla %0.58-1.52, %16.11-17.68, %0.11-0.34, %0.58-2.67 aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, volkanik kayalar ile traverten ve mermerden alınan el ve karot örnekleri doğrudan arazi koşullarında doğal bozunma süreçlerine maruz bırakılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde elde edilen sonuçlara göre meydana gelen kütle kaybı değerlerinin trakit, tuf, traverten ve mermer için sırasıyla %0.794-1.008, %17.02-17.268, %0.32-0.374 ve %0.648-0.852 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan mermer örneklerinin kırıklı/çatlaklı yapıda olmaları nedeniyle, traverten örneklerine nazaran daha fazla kütle kaybı saptanmıştır. Tarihi yapıların yapım tarihleri bilinmemekte fakat bu yapıların restorasyon geçirip geçirmediği tam olarak bilinmemektedir. Bunun için alınan örneklerin doğal ortama bırakılıp, bir yıl süre zarfında incelenmesinin kayaların bozunma hızlarının anlaşılması hususunda daha doğru sonuç vereceği kanaati oluşmuştur. Varılan sonuçlar neticesinde arazi ile laboratuvarda tespit edilen bozunma davranışının genel itibarıyla birbirlerine yakın oldukları görülmüştür.

Konya bölgesinde Selçuklu ilçesine bağlı Sille mahallesinde yer alan tüflerden oluşan mağaraların giriş bölümlerinde bırakılan kolonların orta bölümlerinde üst ve alt bölümlerine nazaran daha fazla bozunmanın meydana geldiği belirlenmiştir.

Araştırma yapılan örnekler üzerinde yapılan görünür gözeneklilik (suya doyurma yöntemi) ve ağırlıkça su emme deneyleri sonucunda en düşük M-1(mermer), en yüksek değere sahip Tü-2(tuf) numunesi olup bu durum kayacın yapısının bir sonucudur. Tü-1(Sille tuf'ü) kayacı yapı malzemesi olarak tercih edilmesi durumunda yeraltı ve yüzey sularına maruz kalmaması gerekmektedir. Ayrıca boşluklu yapısı ve hacminin düşük olması sebebiyle su ile temas etmeyecek şekilde yapıların iç kısımlarında kaplama malzemesi olarak tercih edilebilir. Çünkü bu kayanın boşluk oranı yüksek olup mineralojik bileşenleri de değişkendir. Bu kayaçların kapilarite ve nem sonucu suyla temas ettiği yerlerinde bozunmaların meydana geldiği gözlenmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ahunbay, Z., (2019). Kültür Mirasını Koruma İlke ve Teknikleri.
- Ak, G.B., (2015). Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Andezitler ve Sorunları, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Akın, M. ve Özsan, A., (2011). Evaluation of the long-term durability of yellow travertine using accelerated weathering tests, *Bull Eng Geol Environ* 70, s. 100-114.
- Andersson, M. A., Nikulin, M., Koljalg, U., Andersson, M. C., Rainey, F., Reijula, K., Hintikka, E. L. ve Salkinoja - Salonen, M., (1997). Bacteria, molds and toxins in water-damaged building materials. *Applied and Environmental Microbiology* 63, 387-392.
- Arnold, A ve Zehnder, K., (1985). Crystallisation and habits of salt effluorescences on walls II. In: Felix, G. (Eds.), *Deterioration and Conservation of Stone, Proceeding of the Fifth International Congress, Presses Polytechniques Romandes, September 25 - 27, 269 - 77.*
- Bayram, F., (2012). Predicting mechanical strength loss of natural stones after freze-thaw in cold regions, *Cold Regions Science and Technology*, vol: 83-84, s. 98-102.
- Beavis, F. C., (1985). *Engineering Geology*, Blackwell Scientific Publications.
- Bell, F. G., (1983). *Engineering properties of soils and rocks*, 2. Edition butterworths.
- Besang, C., Eckhardt, F. J., Hare, W., Kreuzer, H. And Müller, P., (1977). Radiometriche Altersbestimmungen And Neogenen Eruptivgesteinen Der Turkei, *Geo. Jb.*, B25, 3-36.
- Bering, D., (1971). Litostratigraphie, Tectogenese und Seengeschichte Der Neogenen und Quartaren Intramontanen Becken Der Pisidischen Seenregion (Sud- Anayolien). *Kainozoikum und Braunkohlen Der Türkei* 5. Beih. *Geol. Jb.*, 101; 150 sayfa., 7 abb., 1 Tb., 8 Taf. Hannover.
- Binol, S., (2005). Doğal Yapıtaşlarında Alterasyon: Eflatunpınar Hitit Anıtında ve Kızılören Hanında (Konya) Yapı Taşı Alterasyonu Örnekleri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Carretero, M. I., ve Galan, E., (1996). Marine spray and urban pollution as the main factors of Stone damage in the Cathedral of Malage (Spain), In: Riederer, J., (Ed.), *Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings of the Eighth International Congress, Berlin, September 30-October 4, 311-324.*
- Çavurmirza, M., (2002). Mucur Kırşehir Yöresi Mermerlerinin Jeomekanik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana 105 sayfa.
- Dal, M. ve Öcal, A., (2012). Doğal Taşlardaki Bozunmalar, Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, Bogata/ Kırklareli.
- Deere, D.U. ve Miller, R. P., (1966). *Engineeringclassification and Index Properties for Intact Rock*, Tecnical Report No: AFWL- TR- 65- 116, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air Force Base, 308 s.
- Demirtaş, R. ve Yılmaz, R., (1996). Türkiye'nin sismotektoniği, mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 91 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Doğan, A., (1975). Sızma-Lâdik (Konya) Civa Sahasının Jeolojisi ve Maden Yatakları Sorunlarının İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Mineraloji-Petrografi Kürsüsü, Yüksek Mühendis Diploması Çalışması, İstanbul, 40 sayfa (Yayınlanmamış).
- Douglas D. J., (1980). Modülü Values for Weathered Rock From Plate Load Test. Int. Conf. On Structural Foundations on Rock, Sydney, s. 17 – 22.
- Eren, Y., (1992). Eldeş-Derbent-Tepeköy-Söğütözü Arasının Jeolojisi, Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi, Konya, 224 sayfa.
- Eren, Y., (1993). Konya Kuzeybatısında Bozdağlar Masifinin Otokton ve Örtü Birimlerinin Stratigrafisi; Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 36, 7-23.
- Eren, Y., (1996a, 1996b). Konya ovası kuzeyinde Bozdağların jeolojisi, SÜAF proje no: 92-019, Konya, (yayınlanmamış).
- Eren, Y., (2000). Konya bölgesinin depremsellik özellikleri, N. Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi, Haymana, Tuzgölü, Ulukışla basenleri uygulamalı çalışma (workshop), bildiri özleri, s. 9.
- Aksoy, R. ve Eren. Y., (2004). The Konya Fault Zone, S. Ü. Müh. Fak. Dergisi, 19/2, 49-60.
- Erguvanlı, K., (1975). Mühendislik Jeolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Gümüşsuyu Matbaası, İstanbul, 590 sayfa.
- Ergüler, Z.A., (2010). Ürgüp-Göreme Bölgelerindeki Doğal ve Kayadam Yapılarının Bozunma Özelliklerinin Araştırılması.
- Erkan, Y., (2001). Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri, 438 sayfa.
- Fookes P.G., Dearman W.R. ve Franklin J. A. (1971). Some Engineering Aspects of Rock Weathering. Quar. J. Eng. Geology, 4, s. 139-185.
- Fookes, P. G., Gourley, C. S., Ohikere, C., (1988). Rock weathering in engineering time. Q J Eng Geol. 21, 33-57.
- Franklin, J. A. ve Chandra R., (1972). the slake durability test in, Journal of rock Mch. Mim. Sci., s. 325-341.
- Goodman, R. E., (1989). Introduction to Rock Mechanics. 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 562 s.
- Göğer, E., ve Kıral, K., (1969). Kızılören Dolayının Jeolojisi; MTA Rapor No: 5204 (Yayınlanmamış).
- Göğer, E. ve Kıral, K., (1973). Kızılören Dolayının (Konya'nın Batısı) Genel Stratigrafisi, M. T. A. Rapor No: 5204 (Yayınlanmamış).
- Görmüş, M., (1984). Kızılören (Konya) Dolayının Jeoloji İncelemesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 67 sayfa (Yayınlanmamış).
- Güzel, A., (1983). Sarayönü-Kadınhanı (Konya) Dolayının Hidrojeoloji İncelemesi, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, Konya, 115 sayfa (Yayınlanmamış).

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Görür, N. Oktay, F. Y. Seymen, İ. Şengör, A. M. C., (1984). Paleotectonic Evolution of the Tuzgözü Basin Complex, Central Turkey; Sedimentary Record of a Neo-Tethyan Closure, in Dixon J. E. and Robertson A. H. M. eds., The Geological Evaluation of the Eastern Mediterranean: Geol. Soc. London. Spec. Publ. No: 17, s. 467-482.

Johnson R.B. ve Degraff J.V., (1988). "Principles of Engineering Geology" John Willey&Sons.

Hakyemez, Y., Elibol, E., Umut, M., Bakırhan, B., Kara, İ., Dağistan, H., Metin, T., ve Erdoğan, N., (1992). Konya-Çumra-Akören Dolayının Jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü., Jeoloji Etütleri Dairesi, 42124.

Heinrichs, K., (1998). Diagnosis of Weathering Damage on Rock-Cut Monuments In Petra, Jordan, Environ Geo. 2008; 56: 643-675.

ISRM, (2007). Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods, E. T. Brown, E. T. (Ed), Brown 211 s. Pergamon Pres U.K.

İnce, İ., (2013). Donma-Çözülme Döngüsünün Kayaçların Mühendislik Parametreleri Üzerine Etkisi, Selçuk Üniversitesi, Doktora Tezi, 222 sayfa.

Karakoç, İ., (1996). Hatıp-Çayırbağı-Çaldağı ve Kuzeyi (Konya Batısı)'nın Jeolojisi; Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62 Sayfa.

Keller, J., Junk, D., Burgath, K. ve Wolff, F., (1977). Geologie and Petrologie Des Neogenen Kalkalaktivulkanismus Von Konya (Erenler Dağı, Alacadağ Massiv, Zentral Anatolian). Geol. Jb. B 25, 37-117.

Küçükaya, A. G., (1995). Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri, Birsen Yayınevi, 43-95 sayfa.

Küçükaya, G., (2004). Taşların Bozulma Nedenleri Koruma Yöntemleri, Birsen Yayınevi, 2. Basım, İstanbul.

Koçyiğit, A., (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha intracontinental tectonic regime in southwest Turkey and its close vicinity, Bulletin of the Geological Society of Turkey 27, 1 – 16.

Koçyiğit A., Ünay, E. ve Saraç, G. (2000). Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a key study in the Akşehir-Afyon graben, Turkey. Geological Society, London, Special Publication 173, 405 – 421.

Le Pennec, J. L., Bourdier, J. L., Froger., Temel, A., Camus, G. ve Gourgau, A., (1994). Neogene Ignimbrites of the Nevşehir Plateau (Central Turkey): Stratigraphy, Distribution and Source Constraints, J. Volcanol. Geo. Res. 63, 59-87.

Le Maitre, R. W. Bateman, R. Dudok, A. Keller, J. Lameyre, J. Le Bas, M. J. Sabine, P. A. Schmid, R. Sorensen, H. Streckesien, A. Woolcy, A. R. ve Zancltin, B. (1989). A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Blackwell, Oxford, 193 s.

Maravelaki-Kalaitzaki, P., ve Biscontin, G., (1999). Origin, characteristics and morphology of weathering crusts on istria stone in venice. Atmospheric Environment 33, 1699-1709.

Nicholson, D. T. ve Nicholson, F. H., (2000). Physical deterioration of sedimentary rocks subjected to experimental freezing and thawing, *Earth Surf Process Landforms*, 25, s. 1295-1307.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Olivier, H. J., (1979). A New Engineering Geological Rock Durability Classification Eng. Geology., 14, s. 255-279.
- Ollier, C., (1984). Weathering Geomorphology Texts, 2nd edn. Oliver&Boyd, Edinburg.
- O'Brien, P. F., Bell, E., Or T.L.L. ve Cooper, T. P., 1995. Stone loss rates at sites around Europe, The Science of the Total Environment 167, 111 - 121.
- Ota, R., Dinçel, A., (1975). Volcanic rocks of Turkey, Bull. Geol. Surv. Japon, 26,18-45.
- Özcan, A., Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Uysal, Ş. ve Işık A., (1990). Konya-Kadınhanı-İlgın Dolayının Temel Jeolojisi, MTA Rapor No: 9535 (Yayınlanmamış).
- Özgül, N., (1976). Torosların Bazı Temel Jeolojik Özellikleri, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni., 19, 65-78.
- Özkan, A. M., (1998). Konya Batısındaki Neojen Çökellerinin Stratigrafisi ve Sedimantolojisi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya, 208 sayfa.
- Pehlivan, N., (1976). Konya Sızma-Lâdik Cıva Cevherleşmeleri Hakkında Rapor. MTA Rapor No: 5757 (Yayınlanmamış).
- Peltier, L. C., (1950). The geographic cycle in periglacial regions. Annals Assoc. Am. Geog., 40, 214-236.
- Perry H. R., (1986). "Engineering Geology; An Environmental Approach". Elsevier.
- Price D.G., (1993). A suggested method for the classification of rock mass Weathering by a ratines system. Quarterly Journal of Engeering Geology, 26, 69, 76.
- Richards, L. R., (1972). Classification of Weathering of Near Surface Jointed rock. PhD Theirs. Royal School of Mines, Imperial College, London, England. 165 s.
- Rossi-Doria, P. R., (1985). Laboratory Tests on Artistic StoneworkThe Deterioration on Conservation of Stone, Studies and Documents on the Cultural Heritage.
- Sanders, M. K., Fookes, P. G., (1970). A review of the relationship of rock weathering and climate and its significance to foundation engineering. Engineering Geology, 4, 289-325.
- Siegesmund, S., Stück, H. And Rüdrieh, J., (2011). Weathering Behaviour and Construction Suitability of Dimension Stones From the Drei Gleichen Area (Thuringia, Germany) Environ. Geo. 63: 1763-1786.
- Şengün, N., Altındag, R., Mutlutürk, M., Karagüzel, R. ve Kıstır, R., (2008). Kireçtaşlarında donma-çözünme (F-T) çevrimlerinin fiziksel ve mekanik özelliklere etkisi ,S.D.Ü., Fen Bilimleri Enstitü BiDergisi,12-2, s. 128-134.
- Tekdere, M., (2008). Karatay (Konya) İlçesi İmar Planı İçin Jeolojik/Jeoteknik Çalışma, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Topal, T. ve Doyuran, V., (1997). Engineering Geological Properties and Durability Assesment Of The Cappadocian Volcanic breccia. Eng. Geo. 47, 175-187.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Topal, T. ve Doyuran, V., (1998). Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey, *Environmental Geology*, 34 (1), s. 5-20.
- TSE, (2009). TS 699, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara; 82 sayfa.
- Ulu, Ü. Öcal, H. Bulduk, A. K. Karakaş, M. Arbas, A. Saçlı, L. Taşkiran, A. Ekmekçi, E. Adır, M. Sözeri, Ş. Karabıyıköglü, M. (1994). Cihanbeyli-Karapınar yöresi geç Senozoyik çökeltme sistemi: Tektonik ve iklimsel önemi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 9, 149-163.
- Umut, M., Karabıyıköglü, M., Saraç, G., Bulut, V., Demirci, A. R., Erkan, M., Kurt, Z., Metin, S., Özgönül, E., (1987). Tuzlukçu-Ilgın-Doğanhisar-Doğanbey (Konya) ve Dolayının Jeolojisi, MTA Derleme Rapor No: 8246 (Yayınlanmamış).
- Uysal, F., (2008). Hatıp-Pamukçu-Dikmeli-Karadığın (Konya) Civarının Jeolojisi ve Yöredeki Karbonatlı Kayaçların Yapı Taşı Olarak Kullanılabilme Özellikleri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Uz, B., Öztaş, T., Esenli, F., Özdamar, S. (2001). Düzköy-Düzağaç (Ulus-Bartın) Traverten Oluşumlarının Jeolojisi, Petroğrafisi ve Mermer Açısından Değerlendirilmesi, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem 2001) Bildiriler Kitabı, Afyon.
- Yalçın, A., Özçelik, M. (2004). Kurna Deresi (Burdur) travertenlerinin fizikomekanik özellikleri ve yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri, Kayamek 2004 VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, Sivas, Türkiye.
- Yavuz, H., Altındağ R, Saraç, S, Uğur I. ve Şengün N., (2006). Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freeze–thaw and thermal shock weathering. *Int J Rock Mech Min Sci*, 43: s. 767–775.
- Quayle, N. J. T., (1996). Alveolar decay in Stone – it’s possible origins, In: Riederer, J., (Ed.), Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings of the Eighth International Congress, Berlin. September 30 – October 4, 109-118.
- Özcelik, Y., Careddu, N. ve Yilmazkaya, E., (2012). The effects of freeze-thaw cycles on the gloss values of polished stone surfaces, *Cold Regions Science and Technology*, 82, s.49-55.
- Waltham, A. C., (1994). Foundation of Engineering Geology, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, 88 s.
- Wiggins, P. M., (1990). Role of water in some biological processes, *Microbiological Reviews* 54, 432-449.
- Weinert, H. H., (1964). Basic igneous rocks in road foundations. CSIR Research Report 218. Bulletin of the National Institute of Road Research, Pretoria, 5.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı-adı Tekin, Mustafa Asım

Doğum tarihi ve yeri 1990-Selçuklu(Konya)

Email [mustafa.asimtekin@selcuklu.bel.tr](mailto:mustafa.asimtekin@selcuklu.bel.tr)

Medeni durum Evli

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Konya Teknik Üniversitesi	27/02/2013
Lise	Konya Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi	15/06/2007

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 Şubat-Temmuz	Konya Zemin Mühendislik	Jeoloji Mühendisi
2013 Temmuz-Devam Ediyor	Selçuklu Belediyesi	Kontrol Mühendisi