T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# DOĞAL YAPITAŞLARINDA ALTERASYON: EFLATUNPINAR HİTİT ANITINDA VE KIZILÖREN HANINDA (KONYA) YAPITAŞI ALTERASYONU ÖRNEKLERİ

Serap BİNOL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konya, 2005

## ÖZET

# DOĞAL YAPITAŞLARINDA ALTERASYON: EFLATUNPINAR HİTİT ANITINDA VE KIZILÖREN HANINDA (KONYA) YAPITAŞI ALTERASYONU ÖRNEKLERİ

**Serap BİNOL**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman : Doç. Dr. Veysel ZEDEF**

Bu çalışma da, Konya ili ve Beyşehir ilçesi çevresinde bulunan tarihi yapıtlarda yapıtaşı olarak kullanılan kayaçlardan dasit, andezit ve tüfitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu kayaç türlerinin alterasyonu hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır. Mekanik deneylerin yanı sıra kayaçların tuza kristalleşmesine karşı olan dayanımları da incelenmiştir. Tuz kristalleşmesine bağlı bozunmanın kayaçlar üzerinde ne gibi etkisi olduğu araştırılmıştır. Ayrıca hasarsız yöntem olarak bilinen ultrasonik ölçüm yapılarak kayaçların hız değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda en zayıf kayaç olarak Kızılören tüfitleri gözlenmiştir. En sağlam ise Karakaya (Eflatunpınar) dasitleri olduğu gözlenmiştir. Tuza Kristalleşmesine bağlı dayanım ise Sille andezitleri de % 29, Karakaya dasitlerinde % 12 ve Kızılören tüfitlerinde % 20 olarak gözlenmiştir. Kuru Ağırlık Kaybı (KAK) değeri en düşük kayaç Karakaya dasitleridir.



**Anahtar Kelimeler:** Dasit, Tüfit, Andezit, Alterasyon, KAK.

**ABSTRACT**

# ALTERATION OF NATURAL BUILDING STONES: EXAMPLES FROM EFLATUNPINAR HITITE MONUMENT AND KIZILÖREN INN (KONYA)

**Serap BİNOL**

**Selçuk University Graduate school of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Veysel ZEDEF**

In the scope of this study the mechanical properties of dacite, andesite and tüfites which are rocks used as the building stones in the historical constructions existing in the province of Konya and its counties, and the effects of these rocks on this alteration have been examined. Besides the mechanical experiments, the endurance of these rocks against salt has been analysed. It has been found in the experiments carried out that Kızılören tüfits are the weakest rocks. It has been observed that Karakaya (Eflatunpınar) dacites are the most enduring rocks. However, Sille andesites have shown a medium value. Nevertheless, the rocks of which endurance against salt is the highest are Sille andesites. The endurance of these rocks against salt, Sille andesites KAK % 29, Karakaya dacite % 12, Kızılören tüfits % 20 carried. The rock of which KAK value is the lowest is Karakaya dacite.

**Author Keywords:** Dacite, Tüfite, Andesite, Alteration, KAK.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana fikirleri ve kaynakları ile yardımcı olan Doç. Dr. Veysel ZEDEF' e, başta bölüm başkanımız Prof. Dr. Kemal GÖKAY olmak üzere, Yrd. Doç. Dr. Murat ÜNAL' a ve tüm bölüm hocalarımıza, laboratuar çalışmalarımızda yardımcı olan Arş. Grv. Bilgehan KEKEÇ'e teşekkür ederim. Laboratuar numuneleri hazırlanmasında her türlü kolaylığı sağlayan Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuar Teknisyeni İbrahim KÜÇÜK' e teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemi sağlayan ve tez süresince maddi ve manevi katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen babam Mümtaz BİNOL'a, annem Aynur BİNOL'a ve kardeşim Esma Melek BİNOL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**İÇİNDEKİLER**


| | Sayfa |
|---|---|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vii |
| BÖLÜM I | |
| GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Çalışmanın Amacı | 2 |
| 1.2. Çalışmanın Tanımı | 2 |
| 1.3. Çalışmanın İçeriği | 3 |
| BÖLÜM II | |
| KAYNAK ARAŞTIRMASI | 5 |
| BÖLÜM III | |
| MATERYAL VE METOT | 9 |
| 3.1. Genel | 9 |
| 3.2. Numunelerin Tanıtılması | 9 |
| 3.2.1. Karakaya Dasitleri | 9 |
| 3.2.2. Sille Andezitleri | 11 |
| 3.2.3. Kızılören Tüfitleri | 12 |
| 3.3. Numunelerin Hazırlanması | 13 |

3.3.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması 13
3.3.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması 14
3.3.3. Ultrasonik ölçüm özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması 15
3.3.4. Tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybı ölçüm özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması 15
3.4. Çalışma Kullanılan Yöntemler 15
3.4.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi 15
3.4.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi 17
3.4.3. Ultrasonik ölçüm 20
3.4.4. Tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybı 21

BÖLÜM IV
DEĞERLENDİRMELER 23

4.1. Deneysel Çalışmalar 23
4.2. Fiziksel ve Mekaniksel Çalışmalar 23
4.2.1. Su İçeriği, Yoğunluk ve Gözeneklilik Belirleme 23
4.2.2. Suda Dağılma Dayanımı 24
4.2.3. Kaya Sertliği ve Sertlik Belirleme 26
4.2.4. Tek Eksenli Basma Dayanımı 28
4.2.5. Dolaylı Çekme Dayanımı 29
4.2.6. Nokta Yükleme Dayanımı 30
4.3. Hasarsız (Ultrasonik) Yöntem Çalışmaları 32
4.3.1. Utrasonik Ölçüm 32
4.4. Tuz Kristalleri Yöntem Çalışmaları 33
4.4.1. İspanyol Kuru Ağırlık Kaybı 33

4.5. Numunelerin Grafiksel Karşılaştırılması 41
4.5.1. Sertlik-Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması 41
4.5.2. Suda dağılma dayanım indeksi ve Mekaniksel Özelliklerin Karşılaştırılması 42
4.5.3. Kayaçların Mekanik Özelliklerin Kendi Aralarında Karşılaştırılması 42
4.5.4. Kayaçların Çözünürlük ve Suda Dağılma İndeks Özeliklerinin Karşılaştırılması 43
4.5.5. Kayaçların Çözünürlük ve Mekanik Özeliklerinin Karşılaştırılması 44

BÖLÜM V
SONUÇ VE ÖNERİLER 45

KAYNAKLAR 47

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa**


Çizelge 3.1. Scmidtçekici değerlerine göre kaya sertliği tasviri 17

Çizelge 4.1. Numunelerin Hacim ve Boyutları 23

Çizelge 4.2. Numunelerin su içeriği ve yoğunluğu 24

Çizelge 4.3. Mineral tane yoğunluğunun piknometre ile belirlenmesi 24

Çizelge 4.4. Suda dağılma çizelgesi 25

Çizelge 4.5. Karakaya dasitleri sertliği 26

Çizelge 4.6. Sille andezitleri sertliği 27

Çizelge 4.7. Kızılören tüfitleri sertliği 27

Çizelge 4.8. Tek eksenli basma dayanımı 28

Çizelge 4.9. Endirekt çekme dayanımı deney sonuçları 29

Çizelge 4.10. $Na_2SO_4$ çözeltisinden sonra endirekt çekme dayanımı 29

Çizelge 4.11. Nokta yükleme dayanımı değerleri 31

Çizelge 4.12. $Na_2SO_4$ Nokta yükleme dayanımı değerleri 32

Çizelge 4.13. Utrasonik ortalama ölçüm değerleri 32

Çizelge 4.14. Silindirik numuneler 33

Çizelge 4.15. 54 mm çaplı yassı numuneler 34

Çizelge 4.16. 46 mm çaplı numuneler 34

Çizelge 4.17. Silindirik numune kayıpları 34

Çizelge 4.18. 54 mm çaplı yassı numune kayıpları 39

Çizelge 4.19. 46. mm çaplı yassı numune kayıplar 40

Çizelge 4.20. (2,5*2,5*2,5) kübik numune kayıpları 41

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa**


Şekil 1.1. Çalışmanın akım şeması 3

Şekil 3.1. Eflatunpınar Hitit Anıtı Havuzu 10

Şekil 3.2. Eflatunpınar Hitit Anıtı Havuzunda Altere Olmuş Kayaç Örneği 10

Şekil 3.3. Aghia Eleni Kilisesi 11

Şekil 3.4. Hacımustafa Paşa Çeşmesi 11

Şekil 3.5. Nuri Paşa Çeşmesi 12

Şekil 3.6. Kızılören Hanı 12

Şekil 3.7. Kızılören Hanı Altere Olmuş Kayaç Örneği 13

Şekil 4.1. Suda dağılma-çevrim sayısı grafiği 25

Şekil 4.2. Silindirik numune kayıplarının grafik gösterimi 35

Şekil 4.3. Günler arası numune kayıplarının dairesel grafik gösterimi 37

Şekil 4.4. 54 mm çaplı yassı numune kayıplarının grafik gösterimi 39

Şekil 4.5. 46 mm çaplı yassı numune kayıplarının grafik gösterimi 40

Şekil 4.6. Sertlik ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler 41

Şekil 4.7. Suda dağılma indeksi ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler 42

Şekil 4.8. Tek eksenli basma dayanımı ve Nokta yükleme indeksi arasında ilişki 43

Şekil 4.9. Çözünürlüğün suda dağılma indeksine karşı davranışı 43

Şekil 4.10. Çözünürlüğün ve mekanik özellik arasındaki ilişki 44

# BÖLÜM I

# GİRİŞ

Ocaktan çıkarılan ve yapıtaşı olarak kullanılan kayaçlar atmosferle karşılaştıklarında değişmeler gözlenir. Bu değişimler kimyasal ve mekaniksel olarak tanımlanır. Kimyasal değişmelerin başında çözünme, oksitlenme, su alma ve karbonatlaşma gelmektedir. Mekanik etkiler ise rüzgar, nem ve sıcaklıktır.

1930'lu yıllardan itibaren kaya bozulmaları ile ilgili bir çok çalışma ve birbirine benzeyen değişik bozunma tanımlamaları yapılmıştır (Ollier, 1969; Fookas ve diğ. 1971; Chandler, 1972; Richards, 1972). Yapılan tanımlarda önceleri çelişkiler varken, günümüzde yapılan tanımlamalarda bozunma en iyi şekilde ifade edilmeye başlanmıştır. En çok kabul gören tanımlama Fookes ve diğ. (1971) tarafından yapılmış ve buna göre bozunma "Kayaların hidrosfer ve atmosferin doğrudan etkisi altında kalarak ayrılması olayı" olarak tanımlanmıştır (Ünver ve Ünal, 1995).

Gerek tarihi eser niteliği taşıyan yapıların gerekse de günümüzdeki yapıların atmosferik etkilerden korunması uzun yıllardan beri üzerinde durulan bir konudur. Bu konumda tarihi yapılar daha önemlidir. Günümüze ulaşan tarihi yapıların büyük bir kısmı taş, genelliklede mermer yapılardır. Yapıtaşlarının alterasyonlarında atmosfer kadar kayaçların fiziksel nitelikleri ve kimyasal bileşimleri de önemlidir (Garcia-Talegon ve diğ., 1999). Aynı dış etkilere maruz kalmış kireçtaşı ile granit farklı derecede alterasyona uğrar, kireçtaşı asitlerden daha fazla etkilenir. Granit-siyenit gibi magmatik kayaçlar kireçtaşına nazaran daha az etkilenir. Ancak kayaçların içlerine doğru nüfuz eden alterasyonun şiddeti zamanla azalmaktadır. Çünkü kayaç yüzeyindeki alterasyon kuşağı kayacın iç kesimlerini koruma görevi görmektedir (Garcia-Talegon ve diğ., 1999).

Konya merkezdeki tarihi yapılarda ve günümüzdeki birçok binanın su basmanında Takkelidağ volkanitlerine ait Sille taşları, Beyşehir ve Seydişehir ilçelerinde Erenler ve Alacağ volkanitlerine ait dasit-andezit türü kayaçlar, Hüyük ilçesi ve civarında da Karakaya dasitleri yapıtaşı olarak kullanılmış ve halen kullanılmaktadır (Zedef, 1987; Zedef, 1995).

## 1.1. Çalışmanın Amacı

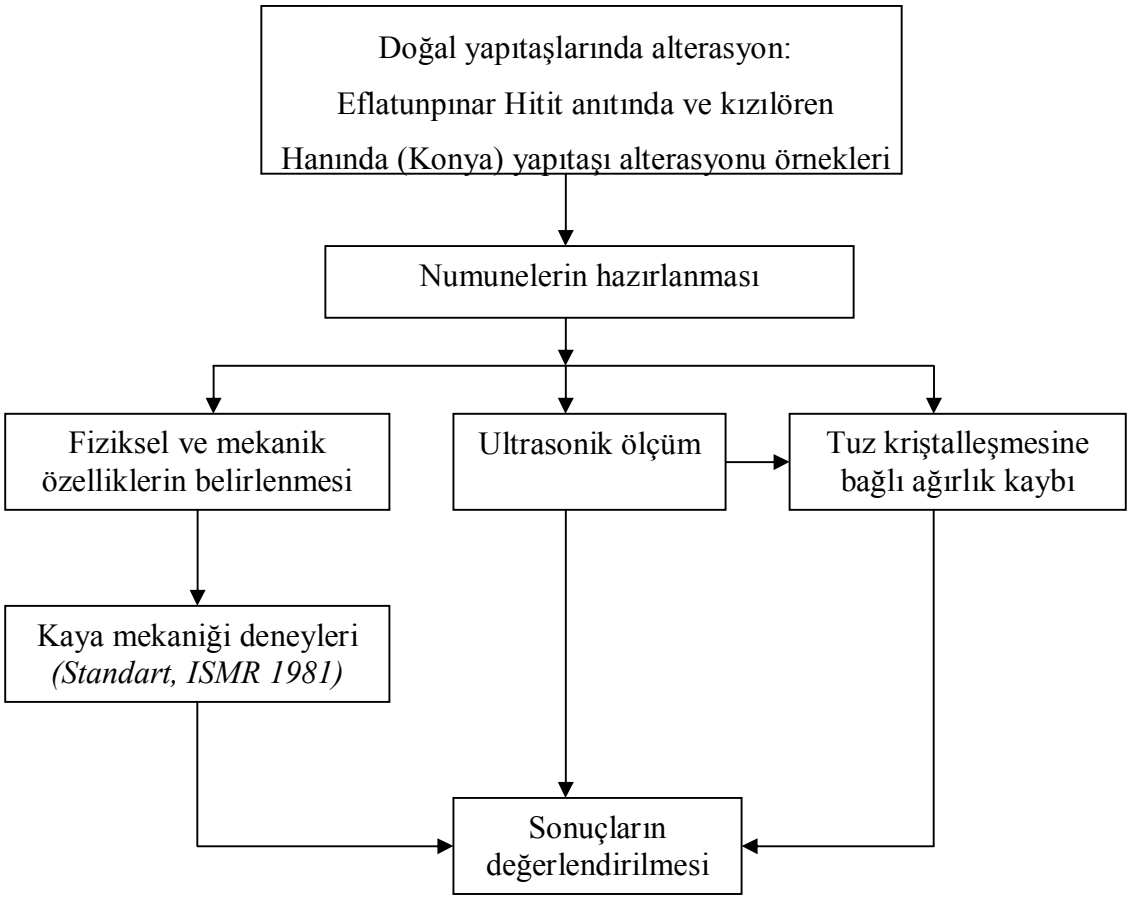
Bu çalışmanın amacı, ilk çağlardan beri gerek doğal görünümleri gerekse işlevselliği bakımından yaygın olarak mimari alanda kullanılan, Konya ve çevresinde bulunan ve yapıtaşı olarak kullanılan dasit, andezit ve tüfitlerin mekanik etkileri incelenmiştir. Ayrıca tarihi yapıtaşlarının üzerinde etkisi olduğu bilinen tuz kristalleşmesine karşı davranışları da araştırılmıştır.

Ocaktan çıkarılan ve yapıtaşı olarak kullanılan kayaçlar doğrudan atmosferle karşılaştıklarında değişmeler gözlenir. Bu değişmeler fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerdir. Kimyasal değişmelerin başında çözünme, oksitlenme, su alma ve karbonatlaşma gelmektedir. Mekanik etkiler ise rüzgar, nem ve ısıdır.

## 1.2. Çalışmanın Tanımı

Yeryüzü sürekli bir değişim halindedir. Jeolojik, mekanik ve atmosferik etkenlerin neden olduğu bu değişikliklerde kayaçlar yüzyıllarca oluşan bir zaman diliminde sürekli kayar ve bozularak yeni zaman koşullarına uyarlar.

Yapıtaşı olarak kullanılan kayaçlarda da önemli ölçüde değişmeler olur. Bu değişmeler gerek tarihi eserlerde gerek günümüz yapılarında görünümü çirkinleştirmekte ve duraylılıklarını önemli ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tez çalışmasında, Konya ili ve Beyşehir yöresinde yaygın alarak kullanılan yapıtaşlarının bazı mekanik ve tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybının bozunmaya etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma aşamaları aşağıdaki şekilde görülmektedir.




Şekil 1.1. Çalışmanın akım şeması

### 1.3. Çalışmanın İçeriği

Çalışma kapsamında binaların yapıldığı taş ocaklarından ve bu yapılardan alınan numunelere bir seri mekanik deneyler uygulanmıştır. Çalışma genel olarak beş ana başlık altında toplanmıştır. Giriş bölümünde; doğal yapıtaşlarındaki alterasyon tanımlanmıştır. Ayrıca çalışmanın amacı ve tanımı anlatılmıştır.

Kaynak araştırması bölümünde; bozunmanın tanımlaması yapılmıştır. Ayrıca birçok araştırmacı tarafından daha önceden yapılmış olan bozunma ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

Numunelerin hazırlanma aşamaları Bölüm III'de anlatılmış ve çalışmada kullanılan analiz yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm IV'de ise laboratuar çalışmaları sonucunda örnek kayaçların, su içeriği,yoğunluk ve gözeneklilik belirleme, suda dağılma dayanımı, sertlik belirleme, tek eksenli basma dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, nokta yükleme indeks değeri, ultrasonik ölçüm

ve tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybı değerleri belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular ise sonuç bölümünde özetlenmiştir.

# BÖLÜM II

# KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gerek yerinde gerekse de binalarda, tarihi yapılarda ve tapınaklarda kullanılan yapıtaşları fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisi altındadır. Bu faktörlerden hangisinin baskın olacağı çevre, topografya, iklim şartları ile yapıtaşının (kayacın) cinsi, yapıdaki yeri ve o yapının korunma ile durumuna bağlıdır.

Bozunmanın mekanizması, kayaçların toprak olarak adlandırılmalarına kadarki süreci etkileyen ve belirleyen aşamalar olarak tanımlanır. Bu mekanizmalar araştırmacılar tarafından fiziksel ayrışma, kimyasal ve biyolojik bozulma olarak üç ana grupta toplanmıştır (Beavis, 1985; Perry, 1986; Johnson ve DeGraf, 1988).

Bozulabilirlik, belirli bir süre içerisinde oluşan bozunma miktarının ölçümü olarak tanımlanabilir. Bir yeraltı açıklığı çevreleyen kaya kütlesi zamanla kaya kütlesi dayanımının azalmasına neden olarak bozunmaya uğrar. Bozunma derecesi ve oranının doğru olarak belirlenmesi amacıyla çalışmalar ve deneyler yapılmış olmasına rağmen tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Çünkü doğada bozunma üzerine etki eden bütün faktörlerin modellenebildiği bir deney yöntemi henüz bulunamamıştır (Beavis, 1985). Bozunma derecesinin belirlenmesi amacıyla ilk olarak donma çözülme deneyi kullanılmıştır (Bell, 1983). Daha sonra kayaların nemlilik ve kurumaya karşı direncini ölçemeye yarayan bir deney olan, suda dağılmaya karşı dayanıklılık deneyi önerilmiştir (Franklin ve Chandra, 1972). Ancak, bu deney de bozulmayı tek başına karakterize edecek özellikte olmamış, sadece kaya bozulabilirlik sınıflandırmasında yararlı olabileceği belirlenmiştir. Suda dağılmaya karşı dayanıklılık testi sadece mekanik parçalanma özelliklerinin belirlenmesine yönelik olup diğer bozunma özellikleri konusunda bir belirleyiciliği bulunmaktadır (Bell, 1983; Beavis, 1985). Franklin ve Chandra (1972), suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi, bozunma oranı ve şev acısı arasında bir bağlantı kurulması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Olivier (1979), tek eksenli dayanımı ve şişme katsayısı parametrelerine dayanarak kayaçların duraylılığına yönelik çalışmalar yapmıştır.

Kaya mühendisliğinde genel anlamda kullanılmak üzere henüz kayacın alterasyonu ile ilgili sınıflandırma sistemi oluşturulamamıştır. Günümüze kadar gelen sınıflama sistemleri tünel tasarımı veya şev duraylılığı gibi özel mühendislik tasarımlarında kullanmışlardır. Kayaların bozunma özellikleri kaya mühendisliğinde kendi içinde bir sınıflandırma oluşturması ile birlikte diğer kaya kütlesi ve kaya malzemesi sınıflandırmalarında da mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Ünver ve Ünal, 1995).

Günümüze kadar kaya kütlesi ve kaya malzemesinin bozulması ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır.

Richards (1972), bozunmaya uğramış kayaçların sınıflandırılmasına yönelik bir program oluşturmuştur. Price (1993) tarafından kayaların bozunma derecelerini sayısal olarak açıklayan bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem, özellikle yerüstünde bulunan kaya kütlelerinin bozunma derecelerini sayısal olarak açıklamaktadır. Madencilik faaliyetleri sırasında yeraltı veya yerüstü kazısının yapılmış olduğu kaya kütlesinin zamana ve dış etkenlere bağlı olarak bozunmasının kaya mühendisliği açısından büyük önemi olmasına rağmen, Price (1993) tarafından önerilen sayısal bozulma sınıflaması ile açıklamak mümkün değildir (Ünver ve Ünal, 1995).

Bozunmanın kayaların jeomekanik özelliklerine olan etkilerinin incelenmesi için sistematik verilere ihtiyaç vardır. Bozunmanın etkilerinin boyutlarını belirtmekte kullanılan veriler, kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozunma derecesine bağlı olarak meydana gelen değişmelerdir (Douglas, 1980; Beavis, 1985; Waltham, 1994 ).

Gerek tarihi eser niteliği taşıyan yapıların gerekse de günümüzdeki yapıların atmosferik etkilerden korunması uzun yıllardan beri üzerinde durulan bir konudur. Bu konumda tarihi yapılar daha önemlidir.

Fiziksel ve kimyasal bozuşma (alterasyon) mekanizmalarının en önemli iki öğesi su ve tuzdur. Suyun taşıdığı kükürtlü ve karbonlu bileşikler ortam pH' nın düşmesine, asitlerin aktif hale gelmesine, kayaçların üzerinde koyu bir kabuk oluşumuna ve kayaç yüzeylerinin yıkanmasına sebep olur (Maravelaki-Kalaitzaki ve Biscontin, 1999; O'Brien ve diğ., 1995). Yeraltı suyunun taşıdığı organik asitler

kayaçlarda bulunan minerallerin dengesini bozarak onların daha kolay bozuşmasına yol açar (Drever ve Stillings, 1997). Suyun bir başka etkisi de biyolojik faaliyetlere uygun bir ortam hazırlamasıdır (Wiggins, 1990; Anderson ve diğ., 1997). Sıcaklık ve nem değişiklikleri de kayaçların bozuşmasına neden olur. Ortamın sıcaklığının düşmesi ve artması kayaç alterasyonlarını kolaylaştırır. Rüzgârların abrazyon etkisiyle de kayaçlar aşınmakta, aşınan kaya yüzeyleri her türlü alterasyona çok daha uygun hale gelmektedir Kayaçlar alterasyona neden olan öğelere karşı farklı davranır.

Bakterilerin de su ile birlikte mineralleri altere ettiği bilinmektedir. Kayaçların kapilaritesi, gözenekliliği, gözeneklerin boyutu, dağılımı ve yüzey alanı suyun (Grossi ve Murray, 1999), tuzun (Moropoulou ve Theoulakis, 1991) ve bakterilerin (Jenneman ve diğ., 1985; May and Lewis, 1998; Lappin-Scott ve Costerton, 1990) mekanik etkisini belirler.

Kayaçları fiziko-kimyasal alterasyonları esnasında poroziteleri (Galan ve Carretero, 1994) ve su emme kapasiteleri artarken yoğunluklarında bir azalma olur (Türk ve Dearman, 1986; Christaras, 1991), Şüphesiz ki bu artış ve azalışlar da kayacın cinsi ile yani mineralojisi, petrografisi ve kimyasal-fiziksel özellikleriyle yakından ilgilidir. Durumu mineralojik açıdan ele alacak olursak, kil mineralleri granat grubu minerallere göre daha çok su emer, dolayısıyla yoğunluklarında bir azalma olur (Zedef, 2005).

Yapıtaşlarının deniz suyu etkisine ve yağmura açık olan yerlerde sıcaklık ve nispi nem diğer yerlere göre farklı olmakta buna bağlı olarak da farklı yerlerde farklı oranlarda gözeneklerdeki tuz kristalleşmelerinin farklı olmasından dolayı farklı derecede bozunmalar görülmektedir (Quayle, 1996; Carretero and Galan, 1996; Arnold and Zehnder, 1985). Aslında kayaçların alterasyonuna neden olan faktörler yukarda sayılanlardan herhangi birisi değil, onların birkaçının bir araya gelmesiyle oluşan çok daha etkili faktörler topluluğudur (Viles and Moses, 1996). Gerçekten de faktörler birleştiğinde etki daha da artmaktadır (Murphy ve diğ., 1996; Warke ve Smith, 1998; Yates ve Butlin, 1996). Bütün bunlara rağmen kayaçların alterasyonuna neden olan faktörlerin tamamını bir arada bulmak mümkün değildir (Badalyan ve diğ, 1996).

Alterasyon hususunda doğadaki şartlar laboratuarda birebir gerçekleştirilememektedir (Trudgill ve Viles, 1998). Laboratuarlarda yapılan deneyler şu şekilde sıralanabilir:

1. Kayacın alterasyon yapacak çözelti içine belirli standartlar dâhilinde daldırılması (Örneğin Amerikan standardı ASTM, 1990),

2. Kayacın asit veya tuzla reaksiyona sokulması (Gabriel ve Inkpen, 1996),

3. Kayacın farklı derecelerde sıcaklığa tabi tutulması (Ordaz ve Esbert, 1995),

4. Kayacın laboratuarda üretilmiş mikroorganizmalarla birlikte tutulması (Adams ve diğ., 1992) veya

5. Kayaçla birlikte bulundurulan mikroorganizmaların iyi çoğalması için uygun sıcaklıklarda beslenmesi (Urzi ve diğ., 1991).

Laboratuarlarda gerçekleştirilen suni ortamlardan elde edilen sonuçlar çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Drever ve Stillings (1997)'e göre tabiattaki sıcaklık değişimleri laboratuarlardakine göre daha az keskindir.

# BÖLÜM III

# MATERYAL VE METOT

## 3.1. Genel

Bu bölümde kullanılan örnekler hakkında bilgi verilmiş ve örneklerin hazırlanma aşamaları sunulmuştur.

## 3.2. Numunelerin Tanıtılması

Bu çalışma için Konya iline bağlı Beyşehir ve Hüyük ilçelerinde bulunan Kızılören Hanı ve Eflatunpınar Hitit Anıtı' ndan yapıtaşı örnekleri alınmıştır. Ayrıca Sille Köyü andezitlerinden de örnekler alınmıştır. Aşağıdaki bölümlerde bu bölgelerin jeolojik özellikleri kısaca verilmiştir.

### 3.2.1. Karakaya Dasitleri

Karakaya Tepe, Köme Tepe ve Findire Tepe olmak üzere üç tepe gözlenir. Bu tepelerin hemen hemen tamamı dasitlerle kaplıdır. Bu kayaçlarda çatlak sistemleri çok iyi gelişmiş olup, 10-15 $m^3$'e kadar blok verebilmekte ve hala yerel halk tarafından taş ocağı şeklinde işletilebilmektedir. Kayaçlarda soğumaya bağlı olarak gelişmiş bantlaşmalar da mevcuttur (Zedef, 2005).

İlk kez Zedef (1987), tarafından tanımlanan bu kayaçlar, Türkiye'deki genç volkanit faaliyetin tabii birer şahidi durumundadırlar. Dasit bileşimindeki bu volkanitler genelde kirli, beyaz ve gri renktedirler. Bu açık renkli dasitler yanında, onların içinde dayklar şeklinde gelişen mor renkli dasitler de mevcuttur. Dasitlerin kökü ve çıkış merkezi Karakaya Tepedir. Karakaya Tepe volkanitleri bu açıdan Konya Bölgesinde bulunan Erenler ve Alacadağ volkanitleri ile karşılaştırılabilir. Buralar, morfolojik yapı olarak hemen hemen birbirlerine benzerler. Konya Bölgesi volkanitlerinde daha çok andezitik karakter hakimken, Karakaya volkanitleri sadece dasitik karakterlidir (Zedef, 2005).

Karakaya Tepe'nin yaklaşık olarak 4 km güneybatısında bulunan ve Hititler tarafından inşa edilen tapınak da bu dasitlerden inşa edilmiştir. Tapınak bir su

kaynağın çıktığı yerde yapılmış olup kaynaktan çıkan su tapınağın önündeki bir havuza akmakta oradan da taşarak eğim aşağı gitmektedir (Şekil 3.1.). Tapınakta kullanılan dasitlerdeki kabarmalarda tanrıların gökyüzünü tutmalarının tasvir edildiği söylenmektedir. Tapınakta toplam 42 adet taş blok kullanılmıştır. Ayrıca anıtta bulunan alterasyonlar çıplak gözle fark edilmektedir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.1. Eflatun Pınar Hitit Anıtı Havuzu



Şekil 3.2. Eflatun Pınar Hitit Anıtı Havuzunda Altere Olmuş Kayaç Örneği

### 3.2.2. Sille Andezitleri

En yaygın bir şekilde Konya'nın hemen kuzeybatısında bulunan Sille Kasabası ve civarında gözlendiği için bu ad verilmiştir. Bu andezitler ilk kez Göğer ve Kıral (1973), tarafından Dilekçi formasyonu içerisinde Sulutaş andezit üyesi olarak tanımlanmıştır. Sille Kasabası ve civarındaki Takkeli Dağ ve Büyükgevelle Tepe dolaylarında görülen andezitlerin taze yüzeyleri pembe, açık pembe, kirli pembe renkli olup ayrışmış kayaç yüzeyleri genellikle sarı-kırmızı ve kahve renktedir.

Sille andezitleri Konya il merkezindeki tüm Selçuklu ve Osmanlı eserlerinde yapıtaşı olarak kullanılmıştır. Bu yapıtaşları çeşme, cami ve medreselerde gözlemek mümkündür (Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.). Sille Kasabası'nda bulunan ve Bizanslılar döneminden kalma bir kilisede de bu andezitler kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Aghia Eleni Kilisesi



Şekil 3.4. Hacımustafa Çeşme



Şekil 3.5. Nuri Paşa Çeşmesi

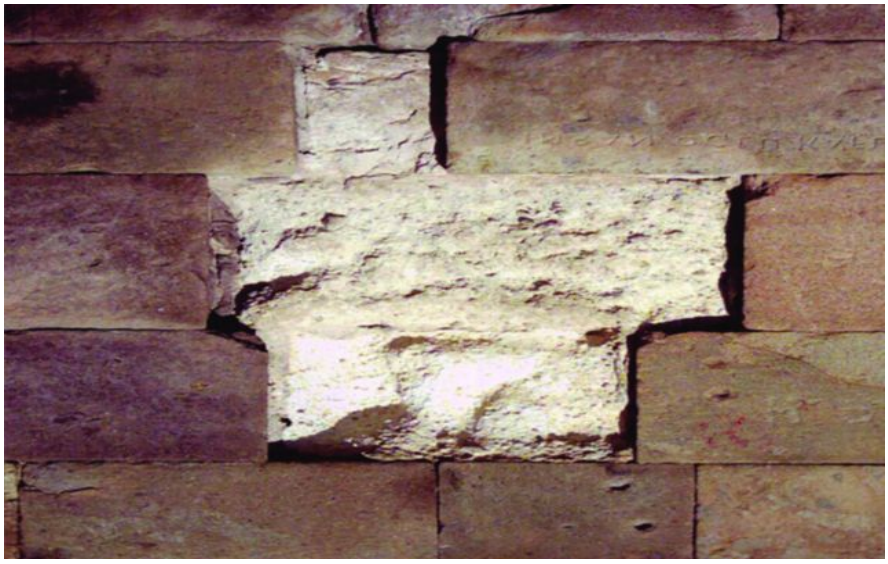
### 3.2.3. Kızılören Tüfitleri

Kızılören hanının inşaatında Selçuklular tarafından yapı taşı olarak kullanılan tüfitler ilk kez Göğer ve Kıral (1969), tarafından Erenkaya tüf üyesi olarak tanımlanmıştır ( Şekil 3.6.).

Tüfitler en iyi şekilde Takkeli Tepe ve Büyükgevelle Dağı civarı ile Kızılören Kasabası'nın 2-3 km güney kesimlerinde gözlenir ve Seydişehir ilçesine kadar yer yer izlenir. Beyaz, açık pembe ve sarımsı gri renklerdeki bu kayaçlar orta çok kalın tabakalı ve tabaka düzlemlerine dik gelişmiş çatlaklara sahip olduklarından dolayı çok iyi blok vermektedirler. Yumuşak ve şekil verilebilir özeliktedirler (Zedef, 2005). Kızılören hanında altere olmuş kayaçlar şekil 3.7. gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kızılören Hanı



Şekil 3.7. Kızılören Hanı Altere Olmuş Kayaç Örneği

### 3.3. Numunelerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan ve yukarıda bahsedilen kayaç türleri çıkarıldıkları taş ocaklarından Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuarına taşınarak deneysel çalışmalar için standart boyutlara getirilmiştir.

#### 3.3.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması

Deneysel çalışmalarda kullandığımız ISRM (1981) deney standardına göre fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullandığımız numune boyutları aşağıda verilmektedir.

*a) Yoğunluk, gözeneklilik ve nem içeriği belirleme deneyi numunelerinin hazırlanması*

Kullanılan örnek kayaç numuneleri mineral tane yoğunluğunu belirlemek için numunelerin tamamı 0.2 mm açıklıktaki elekten geçebilecek şekilde öğütülür. Gözeneklilik ve nem içeriği belirlemek için ise, herbir kayaçtan alınan numuneler 5x5x3 boyutlarında düzgün prizma şekline getirilmiştir.

*b) Sertlik belirleme deneyi numunelerinin hazırlanması*

Araziden getirilen düzgün yüzeyli bloklar üzerinde uygulanmıştır.

### 3.3.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması

*a) Suda dağılma dayanımı indeks deneyi numunelerinin hazırlanması*

Bu deney için ISRM (1981) tarafından önerilen numune boyutları kullanılmıştır. Buna göre her kayaç türünden 10'ar adet yaklaşık küre şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Herbir numune 40-60 gr, ve toplam ağırlığı 450-550 gr olacak şekilde hazırlanmıştır.

*b) Tek eksenli basma dayanımı deney numunelerinin hazırlanması*

Tek eksenli basma dayanımı deneyi için standart koşulları sağlayan, herbir kayaçtan 5'er adet olmak üzere 54 mm çapında 140 mm boyunda numuneler hazırlanmıştır.

*c) Dolaylı çekme (Brazilian) dayanımı deney numunelerinin hazırlanması*

Bu deney için yine ISRM (1981) standartlarına uygun olarak numune kalınlığı kendi yarıçapına eşit olmak üzere (54*27) her bir kayaçtan 7'şer adet numune hazırlanmıştır.

*d) Nokta yükleme indeks deneyi numunelerinin hazırlanması*

ISRM (1981)'in önerdiği nokta yükleme deneyi numuneleri çapsal ve eksenel deneyler için silindirik şekilli numuneler, parça deneyler için düzgün olmayan şekilli numuneleri önermektedir. Bu çalışmada 42 mm çapında ve 50 mm boyunda 7'şer adet numune hazırlanmış ve çapsal deney için uygun hale getirilmiştir.

### 3.3.3. Ultrasonik ölçüm özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması

Ultrasonik ölçüm yöntemi tahribatsız muayene yöntemi olup, deney yapılan malzemeleri tahrip etmeden, sadece malzemedeki hataları, değişimleri ortaya çıkaran bir yöntemdir (Ünal, Özkan ve Kekeç; 2006). Bu çalışmada Ultrasonik dalga hızları PUNDIT Plus olarak adlandırılan techizat kullanılarak ölçülmüştür. Ayrıca kullanılan numuneler ise herbir kayaç türünden 5' er adet 54 mm çapında ve 140 mm boyundadır.

### 3.3.4. Tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybı ölçüm özelliklerin belirlenmesi için kullanılan deney numunelerin hazırlanması

Bu deney çalışmalarında, numuneler çoğunlukla doymuş çözeltiye batırılarak gerçekleştirilir. Bu çalışmada seçilen standart, İspanyol (UNE EN 12370) standardıdır. TS 699 da bu standarda uymaktadır. Bu çalışmada tuz olarak $Na_2SO_4$ seçilmiştir. Numune boyutu olarak birçok boyut uygulanmıştır. Bu boyutlar ise sırasıyla (54 mm* 140 mm), (54 mm * 27 mm), (42 mm * 50 mm) ve (2.5 cm*2.5cm*2.5cm) dır.

## 3.4. Çalışma Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada kullanılan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

### 3.4.1. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için uygulana yöntemler aşağıda verilmektedir.

*a) Yoğunluk, gözeneklilik ve nem içeriği belirleme deneyi*

Bu deney kaya numunelerinin yoğunluğu (kuru ve suya doymuş), gözenekliliği ve ilgili özellikleri saptamak için yapılmaktadır. Mineral tane yoğunluğu aşağıda verilen eşitlik kullanılarak yapılmıştır.

$$\underset{\text{(Mineral grain denstiy)}}{\text{Mineral tane yoğoğunlu}}\ P_g = \frac{(P_2 . P_1) * P_w}{(P_4 + P_2) * (P_3 + P_1)}$$

Pg = Mineral tane yoğunluğu

$P_1$ = Piknometrenin boş ağırlığı

$P_2$ = Piknometre ve içine konulan numunenin ağırlığı

$P_3$ = Piknometre, numune ve saf suyun toplam ağırlığı

$P_4$ = Saf su dolu piknometrenin ağırlığı

Pw = Suyun yoğunluğu

Kayacın nem oranın bulunması için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\text{Nem Oranı} = \frac{A \cdot B}{B} * 100\ (\%)$$

A: İlk tartı (Numunenin tabii ağırlığı)

B: Kurutulduktan sonraki ağırlığı (105 °C; 24 saat)

Kayacın toplam gözenekliliğin belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$\underset{\text{(Total Porosity)}}{\text{Toplam Porozite}} = \frac{P_g - P_d}{P_g} * 100\ (\%)$$

Pd = Kuru yoğunluk

Pg = Mineral tane yoğunluğu

*b) Sertlik belirleme deneyi*

Sertliğin fiziksel bir birimi yoktur. Bu test kaya sertliğinin Schmidt çekici (Schmidt impact hammer) kullanarak belirlenmesi için yapılmaktadır. Aynı zamanda kayanın sertliğinden tek eksenli basma dayanımını da aralarındaki ilişkiden elde etmek mümkündür.

Belirlenen kaya sertliği ölçüm aletinin tasarımına, uygulanmasına ve kayanın kendisine bağlıdır. Kayaların çoğu homojen değildir ve temsili bir sertlik değeri bulabilmek için rastgele noktalarda seri ölçümler yaparak ortalamasını almak gerekir.

Çizelge 3.1. Schmidt çekici Değerlerine Göre Kaya Sertliği Tasviri (1981).

| Schmidt Çekici Değeri (Value) | Tasvir Terimi (Descriptive Term) |
|---|---|
| 0-10 | Yumuşak (Soft) |
| 10-20 | Az Yumuşak (Slightly Soft) |
| 20-40 | Az Sert (Slightly Strong) |
| 40-50 | Sert (Strong) |
| 50-60 | Oldukça Sert (Very Strong) |
| > 60 | Çok Sert (Extrmely Strong) |

Kaya sertliğinin göreceli olarak saptanmasında shore ve Schmidt çekici olmak üzere iki temel alet kullanılmış ve aşağıdaki eşitliklerden yaralanılmıştır.

$$\underset{\text{(Arithmetic mean)}}{\text{Aritmetik ortalama}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

$$\underset{\text{(Standartd deviation)}}{\text{Standart sapma}} = d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1} (X_i - a)^2}{N-1}}$$

$$\text{Yüzde standart sapma} = d_1 = (d/a) * 100 \ (\%)$$

(The percent standart deviation)

### 3.4.2. Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

*a) Suda dağılma dayanımı indeks deneyi*

İndeks türünden olan bu deney, kayaların sınıflaması ve birbirleriyle karşılaştırılması için kullanılır. Genellikle zayıf ve kil içeren kayalar üzerinde yapılan bu deneyde iki standart ıslanma - kuruma devrine tabi tutulan kaya numunelerinin zayıflama ve ayrılıp suda dağılmaya karşı gösterdiği direnç belirlenir.

Kayaç numunesini suda dağılma dayanımını bulabilmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$l_{d-1} = \frac{B - D}{A - D} * 100 \ (\%)$$

$$l_{d-2} = \frac{C - D}{A - D} * 100 \ (\%)$$

Eğer $l_{d-2}$ = 0 – 10 % arasında → Sınıflamada $l_{d-1}$ değeri kullanılır.

A = Fırından çıkan numuneler artı tamburun ağırlığı

B = Fırından çıkarılan tambur ve içerisinde kalan numuneler soğutulduktan sonra tartılır

C = İkinci devir işleminden sonra kurutulan numunenin ve tamburun ağırlığı

D = Tambur fırça ile temizlendikten sonra ağırlığı

*b) Tek eksenli basma dayanımı deneyi*

Basma dayanımı, üzerlerine uygulanan basma yüklerine karşı kayaların kırılmadan önceki, dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bu deneyde amaç düzgün geometrik biçimli kaya örneklerinin (silindir veya prizma şeklinde), tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altındaki dayanım sınırının bulunmasıdır. Kayaların basma dayanımı, hem sınıflama hem de tasarım için gereklidir.

Kayanın dayanımı dendiğinde genellikle tek eksenli basma dayanımı anlaşılır, $C_o$ ile gösterilir. Tek eksenli basma deneyinden kayanın içsel sürtünme açısı (Ø) ve kohezyonu da (c) yaklaşık olarak bulunabilir.

Kohezyon: Kohezyon makaslama düzleminde normal gerilme olmadığında makaslama gerilmesine karşı direnç olarak tanımlanır.

İçsel Sürtünme: Tane tane üstünde sürtünme + tanelerin kenetlenmesi, kilitlenmesi nedeniyle oluşan dirence içsel sürtünme denir ve $\tan_{\Phi}$ ile gösterilir, Ø ise içsel sürtünme açısıdır.

Basma dayanımı deneyi oldukça basit gibi görünmekle birlikte, sonuçlara etki eden birçok faktör vardır. Bu faktörlerden önemli olanları şunlardır:

1. Numune boy/çap oranı:

L/D ↓ $C_0$↑ ( Yan basınç etkisi yaratır),

L/D ↑ $C_0$↓ ( Bükülme↑ söz konusu olur).

2. Yükleme hızı:

Yükleme hızı ↑⇨ $C_0$ ↑ ⇨ E↑ ⇨ $\varepsilon$ ↓.

3. Numune alt ve üst yüzeylerinin paralelliği ve bu iki yüzün yanal yüze göre dikliği.

4. Platenlerle numune alt yüzeyleri arasındaki etkileşim, platen malzemesinin cinsi.

5. Yüklemenin numune düşey eksenine paralelliği (yarım küresel başlıklar).

6. Numune büyüklüğü.

Numune büyüklüğü ↑ = $C_0$↓ (Heterojen, en zayıf yerden kırılır).

7. Nem oranı: Nem oranı t => $C_0$↓.

Bu deneyde kullanılan eşitlik ise aşağıdaki gibidir.

$$C_0 = \frac{P}{A}$$

Co = Basma dayanımı

P = Numuneye uygulanan yük

A = Numunenin alanı

*c) Dolaylı çekme (Brazilian) dayanımı deneyi*

Deneyin özü, yuvarlak disk şeklindeki numune üzerine düşey yönde basma kuvveti uygulandığında, numunenin yatay yönde oluşan çekme kuvveti neticesinde kırılması esasına dayanır.

Deneyde kullanılan eşitlikler aşağıda verilmektedir.

$$\sigma_t = \frac{0.636 * F_c}{D * L} = T_0 = \frac{2 * F_c}{\pi * D * L}$$

$T_o$: Numunenin çekme dayanımı (kg/cm²).

$F_c$: Yenilme anındaki yük (kg).

D: Numunenin çapı (cm).

L: Numuneni kalınlığı (cm).

*d) Nokta yükleme indeks deneyi*

Bu deney, kayanın özelliklerini belirlemek, sınıflamasını yapmak ve kayanın doğal durumunu daha iyi anlamak için yapılan indeks deneylerinden biridir. Deney sonuçlarından endirekt (dolaylı) olarak kaya maddesinin basma ve çekme dayanımı da hesaplanabilmektedir.

Deneyde kullanılan eşitlikler aşağıda verilmektedir.

$$l_s = \frac{P}{D^2} (kPa)$$

$l_s$= Düzeltilmiş Nokta Yükleme Dayanımı

D = Numune çapı (çap deneylerinde) Konik platenler arasındaki uzaklık (m).

P = Kırılma anındaki yük (kN).

$F = (D/A)^{0.45}$ A = 50 mm

$I_{s(50)} = F * l_s$

F= Büyüklük ve çap düzeltme katsayısı

Tek eksenli basma dayanımı = $22 * l_{s(50)}$

Tek eksenli çekme dayanımı = $l_{s(50)}$/ 0-8

### 3.4.3. Ultrasonik ölçüm

Ultrasonik metod, 1945'den bu yana hayli gelişme kaydetmiş hasarsız bir deney metodudur. Metot; kayaç içinden geçirilen ultrasonik boyuna dalganın hızının ölçülmesi esasına dayanır. Ultrasonik metot da; ultrasonik dalganın hızı doğrudan

ölçülmez. Dalganın kayaç içindeki geçiş süresinden hareketle hız elde edilir. Bu metot, dayanım deneylerinden daha pratik, daha ekonomik, daha hızlı ve en önemlisi yerindeki kayaç üzerinden doğrudan doğruya yapılabilmektedir.

Ses geçiş hızını ölçmek için kullanılan cihaz esasta bir verici ile bir de alıcı piezo-elektrik kristalli trasdüser, elektrik puls generatörü, yükseltici ve zamanı $10^{-7}$ saniye (0,1 ms) duyarlıkta ölçen birimden oluşur.

Bu deney metodu uygulanırken dikkat edilecek bazı noktalar vardır. Bunların en önemlisi verici veya alıcı, malzemeye temas ettirilirken herhangi bir boşluğun, (yani cisim ile verici veya alıcı arasında) olmasını önlemektir. Zira bir ultrasonik dalganın cisim üzerine gönderildiği zaman bir kısmı cisim içinde ilerler, bir kısmı da yansır. Mesela su içinde ultrasonik dalgalarının % 93'ü yansır. Hava da ise % 100'ü yansır. Böylelikle verici ile cisim arasında bir boşluk bulunması halinde ultrason ile dalgaların cisim içinde hareketini sağlamak mümkün değildir. Bu durumların meydana gelmesi için alıcı, verici ve malzeme arasında ince bir yağ tabakası meydana getirilmek sureti ile boşluk önlenmiş olur.

### 3.4.4. Tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kaybı

Bu deney kaya örneklerinin tuza karşı davranışlarını ölçmek için yapılır. Bu deney sırası aşağıda özetlenmiştir.

1. Deneye tabi tutulacak örnekler 60 °C'de 24 saat kurutulur ve tartılır.

2. %14'lük $Na_2SO_4$ çözeltisi hazırlanır (Çözelti 1 litre saf suya 140 gr $Na_2SO_4$ ilave edilerek hazırlanır ve $Na_2SO_4$ iyice eriyene kadar karıştırılır),

3. Örnekler oda sıcaklığında (20 °C'de) bu çözelti içine tamamen batacak şekilde daldırılır ve 4 saat bekletilir (Çözeltinin üst seviyesinin örnek yüksekliğinin % 10 kadar yukarıda olmasına dikkat edilir, böylece çözeltinin basınç etkisiyle kapiler boşluklardan örnek içine nüfuz etmesi sağlanır).

4. Örnekler çözeltiden çıkarılarak 60 °C' de 16 saat etüvde bekletilir.

5. Örnekler etüvden çıkarılarak 4 saat oda sıcaklığında bekletilerek soğutulur.

6. Açıklamaları yukarıda verilen 3, 4 ve 5 no' lu işlemler 15 kez tekrarlanır.

Not; a. Örnekler çözeltiyi absorbe edeceğinden çözelti seviyesi düşer, bu nedenle kaptaki çözelti seviyesinin korunması için her gün çözelti ilave edilmelidir.

b. Her 5 günde bir çözelti tamamen yenilenir.

7. 15 günün sonunda 16. gün örnekler saf su ile yıkanır 60 °C'de 24 saat kurutulur ve tartılır, 24 saat aradan sonra tekrar tartılır. Eğer ağılıkta bir değişme (iki tartı arasındaki fark % 0.2'den küçükse) yoksa deney bitmiştir, varsa 24 saat ara ile tartmalara devam edilir ve ağırlık değişimi sabitleninceye kadar devam edilir. Bu aşamadan sonra hesaplamaya geçirilir.

8. Hesaplamalarda örneklerin deney öncesi (1 nolu maddede belirtilen) ağırlıklarıyla deney sonu ağırlıkları bulunur ağırlık kayıpları ( %) ile ifade edilir.

# BÖLÜM IV
# LABORATUAR ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMELER

Bu tez çalışması kapsamında temel olarak Karakaya dasitleri, Sille andezitleri ve Kızılören tüflerinin mekanik özellikleri ve tuz kristalleşmesine bağlı ağırlık kayıplarının alterasyona karşı davranışları incelendiğinden dolayı adı geçen bu kayaçların jeolojisi ile ilgili bilgiler bölüm 3'de verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar Selçuk Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm laboratuarında yapılmıştır.

## 4.1. Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalar fiziksel, mekanik, utrasonik ölçüm, tuz kristalleşmesine bağlı değişimler olmak üzere dört başlık altında incelenmiştir.

## 4.2. Fiziksel ve Mekanik Çalışmalar

### 4.2.1. Su içeriği, yoğunluk ve gözeneklilik belirleme

Yapılan deneyler sonucunda, numunelerin hacimleri ve boyutları çizelge 4.1.'de; su içeriği ve yoğunlulukları çizelge 4.2.'de; mineral tane yoğunlukları ise 4.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Numuneleri hacimleri ve boyutları

| Örnek No | Boy (cm) | En (cm) | Yükseklik (cm) | Hacim ($cm^3$) |
|---|---|---|---|---|
| KN -1 | 56,93 | 49,91 | 36,48 | 103653,41 |
| bKN -2 | 36,43 | 33,87 | 56,68 | 69936,55 |
| KN -3 | 36,72 | 55,91 | 48,36 | 99283,82 |
| SN -1 | 43,27 | 53,2 | 32,88 | 75688,58 |
| SN -2 | 43,74 | 53,76 | 33,11 | 77856,92 |
| SN -3 | 43,53 | 53,98 | 32,11 | 75450,45 |
| HN -1 | 43,59 | 44,82 | 37,6 | 73459,26 |
| HN -2 | 46,06 | 37,45 | 38,35 | 66151,72 |
| HN -3 | 47,55 | 38,99 | 38,18 | 70784,75 |

Çizelge 4.2. Numunelerin su içeriği ve yoğunluğu

| Örnek No | Kayaç Adı | Numune Ağırlığı (gr) | Numune Kuru Ağırlığı (gr) | Numune Suya Doymuş Ağırlığı (gr) | Numune Bulk Hacmi ($cm^3$) | Numune Kuru Yoğunluk ($gr/cm^3$) | Alındığı Yer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KN -1 | Dasit | 201,7 | 199,7 | 100,1 | 99,6 | 2,01 | Karakaya |
| KN -2 | Dasit | 136,3 | 135,0 | 67,9 | 67,1 | 2,01 | Karakaya |
| KN -3 | Dasit | 192,4 | 190,5 | 99,7 | 91,3 | 2,09 | Karakaya |
| SN -1 | Andezit | 172,1 | 172,0 | 99,2 | 72,8 | 2,36 | Sille |
| SN -2 | Andezit | 177,2 | 177,0 | 101,8 | 75,2 | 2,35 | Sille |
| SN -3 | Andezit | 171,9 | 171,7 | 99,0 | 72,2 | 2,36 | Sille |
| HN -1 | Tüfit | 94,4 | 92,5 | 22,7 | 69,8 | 1,33 | Kızılören |
| HN -2 | Tüfit | 85,7 | 83,9 | 21,5 | 62,4 | 1,34 | Kızılören |
| HN -3 | Tüfit | 97,8 | 90,9 | 23,8 | 67,1 | 1,35 | Kızılören |

Çizelge 4.3. Mineral tane yoğunluğunun piknometre ile belirlenmesi

| Örnek No | P1 (gr) | P2 (gr) | P3 (gr) | P4 (gr) | Mineral tane yoğunluğu ($gr/cm^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| KN | 24,59 | 28,59 | 53,20 | 50,79 | 2,51 |
| SN | 24,58 | 28,58 | 53,23 | 50,78 | 2,58 |
| HN | 24,58 | 28,58 | 53,02 | 50,78 | 2,26 |

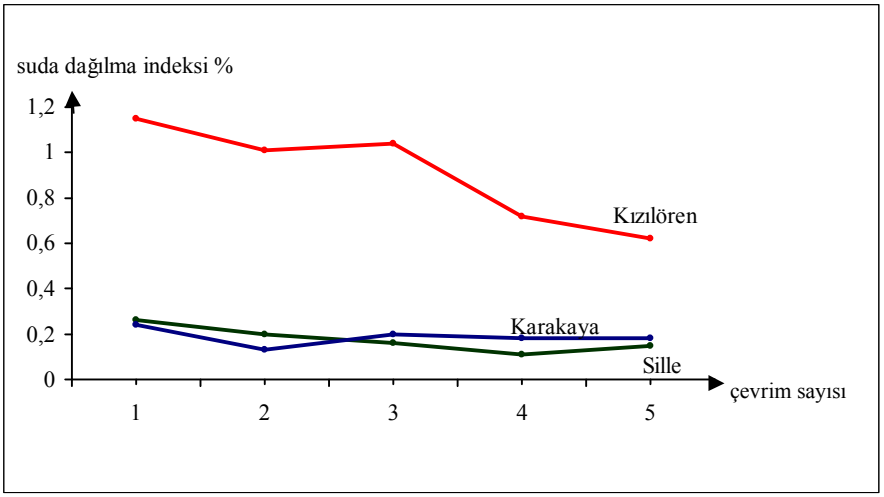
Yukarıdaki çizelgelerden de anlaşıldığı üzere su emme kapasiteleri en yüksek Kızılören Hanı'ndan alınan tüfitlerdir. Bu tüfitlerin kuru yoğunlukları düşük olmasına rağmen su emme kapasitesi en yüksek olanlardır. Beyşehir dasitleri ve Sille andezitlerinin ise birbirlerine yakın değerlerde olması dikkat çekmektedir.

### 4.2.2. Suda dağılma dayanımının belirlenmesi

Yapılan deneyler sonucunda numunelerin suda dağılma dayanım sonuçları çizelge 4.4.'de ve suda dağılım – çevrim sayısı grafiği şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Suda dağılma çizelgesi

| | **Sille Taşı (%)** | **Karakaya (%)** | **Kızılören (%)** |
|---|---|---|---|
| $I_{d1}$ | 99,6 | 99,72 | 98,78 |
| $I_{d2}$ | 99,34 | 99,48 | 97,63 |
| $I_{d3}$ | 99,11 | 99,29 | 96,48 |
| $I_{d4}$ | 98,91 | 99,16 | 95,47 |
| $I_{d5}$ | 98,71 | 98,96 | 94,33 |
| $I_{d6}$ | 98,55 | 98,76 | 93,29 |
| $I_{d7}$ | 98,39 | 98,71 | 92,4 |
| $I_{d8}$ | 98,28 | 98,53 | 91,68 |
| $I_{d9}$ | 98,15 | 98,43 | 90,86 |
| $I_{d10}$ | 98 | 98,25 | 90,24 |




Şekil 4.1. Suda dağılma-çevrim sayısı grafiği

Yukarıdaki çizelge 4.2. ve şekil 4.1.' de görüldüğü gibi sudan en çok etkilenen Kızılören Hanı numunesinde gerçekleşmiştir. Deneye tabi tutulan 450 ila 500 gr arasındaki numuneler arka arkaya tambur içerisinde döndürülmüştür. Bu döndürmede 20 devir / dk'lık tamburla 10 dk'lık süre sabit tutulmuştur. Bu uygulama 5 seri üzerinden yapılmıştır. Deney sonucunda en çok aşınma Kızılören tüfitlerinde gözlenmiştir. Grafikte de bu aşınma net bir şekilde gözlenmiştir. Ortalama kullanılan her 3 numunede de 4 – 2 gr arasında kayıp gerçekleşmiştir. Karakaya dasitleri ise kayıp 1 - 2 gr arasında değişmektedir. Sille andezitleri ise deney başında 2 gr daha sonraları ise 1 gr kayıp olduğu gözlenmiştir. Bu deneye göre alterasyon en çok

Kızılören tüfitlerinde olup, Karakaya dasitleri ve Sille andezitlerinde ise birbirlerine yakın değerlerde aşınma gözlenmiştir.

### 4.2.3. Kaya sertliği ve sertlik belirleme deneyi

Yapılan deneyler sonucunda, Karakaya dasitlerinin sertlik belirleme sonuçlarını çizelge 4.5.'de; Sille andezitlerinin sertlik belirleme deney sonuçları çizelge 4.6.'da; Kızılören tüfitlerinin sertlik belirleme deney sonuçları çizelge 4.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Karakaya dasitleri sertliği ölçüm değeri

| Nokta No | Schmidt Çekici Değeri | Nokta No | Schmidt Çekici Değeri |
|---|---|---|---|
| 1 | 39 | 11 | 50 |
| 2 | 48 | 12 | 54 |
| 3 | 45 | 13 | 46 |
| 4 | 48 | 14 | 54 |
| 5 | 44 | 15 | 55 |
| 6 | 49 | 16 | 45 |
| 7 | 46 | 17 | 49 |
| 8 | 46 | 18 | 50 |
| 9 | 48 | 19 | 45 |
| 10 | 53 | 20 | 40 |

Karakaya dasitlerinden alınmış numune boyutları üzerinde Schmidt çekici ile yapılan ölçümlerde en az 20 nokta olmak üzere değer okuması yapılmıştır. Alınan bu değerlere göre kayacın aritmetik ortalaması 51 çıkmıştır. ISRM' nin 1981 de belirlemiş olduğu çizelgeye göre oldukça sert kayaç olarak tanımlanmaktadır. Kayacın standart sapması 2.708 , yüzde standart sapması ise 5.309 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Sille andezitleri sertliği ölçüm değeri

| Nokta No | Schmidt Çekici Değeri | Nokta No | Schmidt Çekici Değeri |
|---|---|---|---|
| 1 | 44 | 11 | 50 |
| 2 | 44 | 12 | 50 |
| 3 | 48 | 13 | 48 |
| 4 | 48 | 14 | 43 |
| 5 | 48 | 15 | 48 |
| 6 | 50 | 16 | 46 |
| 7 | 48 | 17 | 51 |
| 8 | 50 | 18 | 49 |
| 9 | 51 | 19 | 45 |
| 10 | 50 | 20 | 51 |

Sille andezitlerinden alınmış numune boyutları üzerinde yukarıda bahsedildiği gibi Schmidt çekici ile 20 adet nokta değer okuması yapılmıştır. Alınan bu değer okumalarına göre aritmetik ortalama bu kayaçta 50 olarak belirlenmiştir. ISRM'nin vermiş olduğu çizelgede bu kayaç sert kayaç olarak tanımlanmaktadır. Kayacın standart sapması 0.943 , yüzde standart sapması ise 1.886 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Kızılören tüfitlerinin sertliği ölçüm değeri

| Nokta No | Schmidt Çekici Değeri | Nokta No | Schmidt Çekici Değeri |
|---|---|---|---|
| 1 | 18 | 11 | 36 |
| 2 | 32 | 12 | 35 |
| 3 | 34 | 13 | 40 |
| 4 | 34 | 14 | 28 |
| 5 | 31 | 15 | 40 |
| 6 | 34 | 16 | 32 |
| 7 | 33 | 17 | 35 |
| 8 | 35 | 18 | 36 |
| 9 | 38 | 19 | 32 |
| 10 | 35 | 20 | 42 |

Kızılören tüfitlerinden alınmış numune boyutları üzerinde yukarıda bahsedildiği gibi Schmidt çekici ile 20 adet nokta değer okuması yapılmıştır. Alınan bu değer okumalarına göre aritmetik ortalama bu kayaçta 37.2 olarak belirlenmiştir. ISRM'

nin vermiş olduğu çizelgede bu kayaç az sert kayaç olarak tanımlanmaktadır. Kayacın standart sapması 2.616, yüzde standart sapması ise 7.033 olarak belirlenmiştir.

Yukarıda verilen çizelgelerden de anlaşıldığı üzere en zayıf kayacın Kızılören tüfitleri olduğu görülmektedir. Bunu takiben Sille andezitleri gelmektedir. Karakaya dasitlerinin ise oldukça sert olduğu gözlenmiştir.

### 4.2.4. Tek eksenli basma dayanımı

Yapılan deneyler sonucunda, numunelerin tek eksenli basma dayanımı değerleri çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Tek eksenli basma dayanımı

| Numune Cinsi | Numune No | Boy (cm) | Çap (cm) | Boy/Çap Oranı | Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sille | 1 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 454,5 |
| Sille | 2 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 224,8 |
| Sille | 3 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 393,9 |
| Sille | 4 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 218 |
| Sille | 5 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 200,1 |
| Karakaya | 1 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 399,5 |
| Karakaya | 2 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 599,7 |
| Karakaya | 3 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 426,9 |
| Karakaya | 4 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 447 |
| Karakaya | 5 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 564,3 |
| Kızılören | 1 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 123,6 |
| Kızılören | 2 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 113,4 |
| Kızılören | 3 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 126,4 |
| Kızılören | 4 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 112,4 |
| Kızılören | 5 | 14.00 | 5,4 | 2,59 | 142,4 |

Basma dayanımı, üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kayaların kırılmadan önceki, dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bu deneyde düzgün silindirik şekilde numuneler kullanılmıştır. Her kayaç için 5 adet numune kullanılmıştır. Numune boyları 14.00 cm alınmıştır. Numune çapı ise 5.4 cm olarak alınmıştır. Numuneler Makine Mühendisliği Bölüm laboratuarında bulunan hidrolik prese tabii tutularak üzerine yük verilmiştir. Yapılan ölçümlerden de anlaşıldığı gibi kırılma yükü en az

Kızılören tüfitleridir. Ortalama Kızılören Tüfitlerinin tek eksenli basma dayanımı 123,64 MPa olarak belirlenmiştir. Daha sonra Sille andezitleri ortalama tek eksenli basma dayanımı 298,26 MPa, bunu takibende Karakaya dasitlerinin ortalama değeri 487,48 olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.8.). Bundan da anlaşıldığı üzere yüke karşı en dayanımlı Karakaya dasitleridir.

### 4.2.5. Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian)

Yapılan deneyler sonucunda, numuneler üzerinde uygulanan endirekt çekme dayanımı değerleri çizelge 4.9.'da; numuneler üzerinde $Na_2SO_4$ çözeltisinden sonra uygulanan dolaylı çekme dayanımı değeri 4.10.' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Dolaylı çekme dayanımı deney sonuçları

| Numune Cinsi | Numune No | Kalınlık (cm) | Çap (cm) | Kırılma Yükü ($kg/cm^2$) | Çekme Dayanımı ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sille | 1 | 2,7 | 5,4 | 8,65 | 0,38 |
| Sille | 2 | 2,7 | 5,4 | 9 | 0,39 |
| Sille | 3 | 2,7 | 5,4 | 4,4 | 0,19 |
| Sille | 4 | 2,7 | 5,4 | 4,6 | 0,2 |
| Sille | 5 | 2,7 | 5,4 | 9,4 | 0,41 |
| Karakaya | 1 | 2,7 | 5,4 | 9,6 | 0,42 |
| Karakaya | 2 | 2,7 | 5,4 | 11,6 | 0,51 |
| Karakaya | 3 | 2,7 | 5,4 | 22 | 0,96 |
| Karakaya | 4 | 2,7 | 5,4 | 22,35 | 0,97 |
| Karakaya | 5 | 2,7 | 5,4 | 19,75 | 0,86 |
| Kızılören | 1 | 2,7 | 5,4 | 5,75 | 0,25 |
| Kızılören | 2 | 2,7 | 5,4 | 5,25 | 0,23 |
| Kızılören | 3 | 2,7 | 5,4 | 5,1 | 0,22 |
| Kızılören | 4 | 2,7 | 5,4 | 3,85 | 0,17 |
| Kızılören | 5 | 2,7 | 5,4 | 7 | 0,31 |

Çizelge 4.10. $Na_2SO_4$ çözeltisinden sonra dolaylı çekme dayanımı deney sonuçları

| Numune Cinsi | Numune No | Kalınlık (cm) | Çap (cm) | Kırılma Yükü ($kg/cm^2$) | Çekme Dayanımı ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sille | 1 | 2,7 | 5,4 | 11,9 | 0,52 |
| Sille | 2 | 2,7 | 5,4 | 10 | 0,44 |
| Karakaya | 1 | 2,7 | 5,4 | 18 | 0,79 |
| Karakaya | 2 | 2,7 | 5,4 | 21,5 | 0,94 |
| Kızılören | 1 | 2,7 | 5,4 | 5,25 | 0,23 |
| Kızılören | 2 | 2,7 | 5,4 | 6,9 | 0,3 |

Bu deneyde amaç kaya numunelerinin tek eksenli çekme dayanımları, dolaylı olarak Brezilian deneyi ile bulunmaktadır. Deneyin özü, yuvarlak disk şeklindeki numune üzerine düşey yönde basma kuvveti uygulandığında, numunenin yatay yönde oluşan çekme kuvvetine neticesinde kırılması esasına dayanır. Yukarıdaki çizelgelerden de görüldüğü gibi en düşük Kızılören tüfitleridir. Kızılören tüfitlerinin ortalama çekme dayanımı değeri 0,24 kg\cm$^2$'dir. Daha sonra Sille andezitleri gelmektedir. Sille andezitlerinki kullanılan numuneler de bazılarında kırılma yükü fazla bazılarında ise düşüktür. Bunun sebebi ise kullanılan numuneden bazılarının tabakalı olmasından kaynaklanmaktadır. Tabakalı numuneler kırılma yükleri düşüktür. Sille andezitlerinin ortalama değeri 0,31 kg\cm$^2$'dir. Kırılma yükü en yüksek değerler Karakaya dasitlerinde gözlenmiştir. Ortalama değerleri ise 0,74 kg\cm$^2$'dir (Çizelge 4.9.). Aynı bölgeden alınan numuneler $Na_2SO_4$ çözeltisinde tutularak 15 gün süre ile ölçüm yapılmıştır. 15. gün sonunda ise numuneler üzerinde endirekt çekme dayanımı deneyi uygulanmıştır. Uygulanan deney sonucunda ise en dayanıklı yine Karakaya dasitleri çıkmıştır (Çizelge 4.10.).

### 4.2.6. Nokta yükleme dayanımı deneyi

Yapılan deneyler sonucunda, numuneler üzerinde uygulanan nokta yükleme dayanımı indeks değerleri çizelge 4.11.'de; numuneler üzerinde $Na_2SO_4$ çözeltisinden sonra uygulanan nokta yükleme indeks değerleri çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Nokta yükleme dayanımı değerleri deney sonuçları

| Numune Cinsi | Numune No | Çap D (cm) | Kırılma Yükü P ($kg/cm^2$) | Düzeltilmemiş Nok.Yük.Day. (Is) | Düzeltilmiş Nok.Yük.Day. ($Is_{50}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sille | 1 | 3,9 | 3,9 | 2564,1 | 2292,9 |
| Sille | 2 | 3,8 | 2,05 | 1835,2 | 1622,0 |
| Sille | 3 | 3,9 | 3,05 | 2005,3 | 1793,2 |
| Sille | 4 | 3,9 | 2,4 | 1577,9 | 1411,0 |
| Sille | 5 | 3,9 | 3,35 | 2202,5 | 1969,5 |
| Karakaya | 1 | 3,6 | 10 | 7716 | 6655,7 |
| Karakaya | 2 | 3,7 | 8,5 | 6208,9 | 5422,1 |
| Karakaya | 3 | 3,7 | 5 | 3652,3 | 3189,5 |
| Karakaya | 4 | 3,5 | 8 | 6530,6 | 5562,2 |
| Karakaya | 5 | 3,5 | 9 | 7346,9 | 6257,5 |
| Kızılören | 1 | 3 | 2,05 | 2277,8 | 1810,0 |
| Kızılören | 2 | 3,4 | 1,8 | 1557,1 | 1521,6 |
| Kızılören | 3 | 3,2 | 2,61 | 2548,8 | 2085,1 |
| Kızılören | 4 | 3,3 | 1,65 | 1515,2 | 1256,8 |
| Kızılören | 5 | 3,4 | 2,05 | 1773,4 | 1490,9 |

Bu deney, kayanın özelliklerini belirlemek, sınıflamasını yapmak ve kayanın doğal durumunu daha iyi anlamak için yapılan indeks deneylerden biridir. Bu deneyde kullanmak için düzgün silindirik şekilde 5 er adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 4,2 cm çaplıdır. Çizelge 4.11.'de görüldüğü gibi, yapılan ölçümlerde yine en dayanıklı aşağıdaki çizelgeden de anlaşıldığı üzere Karakaya dasitleri çıkmıştır. Ortalama nokta yükleme indeks dayanımları çizelge 4.11.'de verilmiştir. Buna göre Sille andezitleri için, 2037 MPa olarak ölçülmüştür. Karakaya dasitleri için 6290,94 MPa ve Kızılören tüfitleri için bu değer 1934,46 MPa olarak ölçülmüştür. Çıkan değerlerden de anlaşıldığı üzere dayanımı en fazla Karakaya dasitleri çıkmıştır. Bunu takiben Sille andezitler ve en zayıf olarak ta Kızılören tüfitleridir. Fakat ölçüm değerleri çok büyük çıkmıştır. Doğada bu değerlere ulaşmak mümkün değildir.

Çizelge 4.12. Bozunma Sonrası ($Na_2SO_4$) Nokta Yükleme Dayanımı deney sonuçları

| Numune Cinsi | Numune No | Çap D (cm) | Kırılma Yükü P ($kg/cm^2$) | Düzeltilmemiş Nok.Yük.Day. (Is) | Düzeltilmiş Nok.Yük.Day. ($Is_{50}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Sille | 1 | 3,9 | 3,41 | 2241,9 | 2004,7 |
| Sille | 2 | --- | --- | --- | --- |
| Karakaya | 1 | 3,6 | 5 | 3858,0 | 3327,8 |
| Karakaya | 2 | 3,6 | 4,5 | 3472,2 | 2995,1 |
| Kızılören | 1 | 3,1 | 1,72 | 1789,8 | 1443,4 |
| Kızılören | 2 | 3,1 | 2,0 | 2081,2 | 1678,4 |

Çizelge 4.12.'de görüldüğü gibi; Karakaya dasitleri en dayanımlı bunu takiben Sille andezitleri ve daha sonra da Kızılören tüfitleri gelmektedir.

## 4.3. Hasarsız (Utrasonik) Yöntem Çalışmaları

### 4.3.1. Ultrasonik Ölçüm

Yapılan deneyler sonucunda, numuneler üzerinde uygulanan Ultrasonik ölçüm değerleri çizelge 4.13.'de; numuneler üzerinde $Na_2SO_4$ çözeltisinden sonra uygulanan ultrasonik ölçüm değerleri çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Bu deney uyarıcıdan gelen bir elektrik pulsunun etkisi ile verici; piezo-elektrik kristalinin ara titreşim frekansında titreşmesi ile ultrasonik dalga katarı elde edilir. Böylece verici transdüser yardımı ile kayaç kütlesinin bir yüzeyden gönderilen ses dalgaları diğer yüzeyle temasta olan alıcı transdüserdeki piezo-elekrik kristal vasıtası ile elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal amplifi- kolörde yükseltilerek genellikle yatay ekseni zaman bazına bağlı osiloskopun düşey eksenine ulaştırılır.

Çizelge 4.13. Ultrasonik ölçüm değerleri

| | Bozunma öncesi ölçüm | | | Bozunma sonrası ölçüm | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Numune Cinsi | Geçme Zamanı | Boy (cm) | Hız (cm/sn) | Geçme Zamanı | Boy (cm) | Hız (cm/sn) |
| Sille | 55,55 | 14 | 2523,8 | 54,26 | 14 | 2580,8 |
| Karakaya | 62,4 | 14 | 2248,4 | 58,7 | 14 | 2359,4 |
| Kızılören | 59,5 | 14 | 2355 | 62 | 14 | 2260,6 |

Yapılan bu deneyde 1 sn 'lik zaman birimi baz alınarak ölçüm alınmıştır. Yapılan ölçümlerde numunelerin geçme zamanı, hız değerleri okunmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda geçme zamanı en düşük değer Sille andezitlerinde gözlenmiştir. Fakat hız değerleri ise en yüksek sille andezitleridir. Geçme zamanı en yüksek değeri ise Karakaya dasitlerinde olduğu gözlenmiştir. Hız değeri ise Karakaya dasitlerinde en düşüktür. Kızılören tüfitleri ise arada bir değer çıkmıştır. Buda verilen elektrik dalgalarının en kısa zaman da Sille andezitlerinden geçmiştir, başka bir deyişle yapı tabakalı homojen özellik göstermemektedir. Bunun yanı sıra Karakaya dasitleri ise homojen özellik göstermektedir. Kızılören tüfitleri ise yarı homojen özellik göstermektedir (Çizelge 4.13.).

$Na_2SO_4$ çözeltisinde çıkarılan çıkan numunelerde ise ölçümlerde fazla bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Numuneler üzerindeki ölçümlerden de anlaşıldığı üzere çok az farklılıklar vardır (Çizelge 4.13.).

## 4.4. Tuz ($Na_2SO_4$) Kristalleşmesine Bağlı Bozunmanın Değerlendirilmesi

### 4.4.1. İspanyol kuru ağırlık kaybı

24 saat fırında beklemeden önceki tartım sonuçları, silindirik numuneler için çizelge 4.14.'de; 54 mm yassı numuneler için çizelge 4.15.'da; 46 mm çaplı yassı numuneler için çizelge 4.16.'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Silindirik numune ağırlıkları

| Numune No | Sille Andeziti (gr) | Karakaya Dasiti (gr) | Kızılören Tüfiti (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | 739,35 | 664,68 | 398,65 |
| 2 | 743,51 | 671,74 | 407,52 |
| 3 | 743,43 | 660,02 | 389,83 |
| 4 | 621,48 | 663,78 | 410,95 |
| 5 | 625,19 | 668,16 | 410,49 |

Çizelge 4.15. 54 mm çaplı yassı numune ağırlıkları

| Numune No | Sille Andeziti (gr) | Karakaya Dasiti (gr) | Kızılören Tüfiti (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | 140,92 | 140,91 | 85,01 |
| 2 | 153,45 | 140,26 | 69,58 |

Çizelge 4.16. 46 mm çaplı numune ağırlıkları

| Numune No | Sille Andeziti (gr) | Karakaya Dasiti (gr) | Kızılören Tüfiti (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | 157,40 | 136,14 | 83,66 |
| 2 | 151,22 | 136,99 | 83,84 |

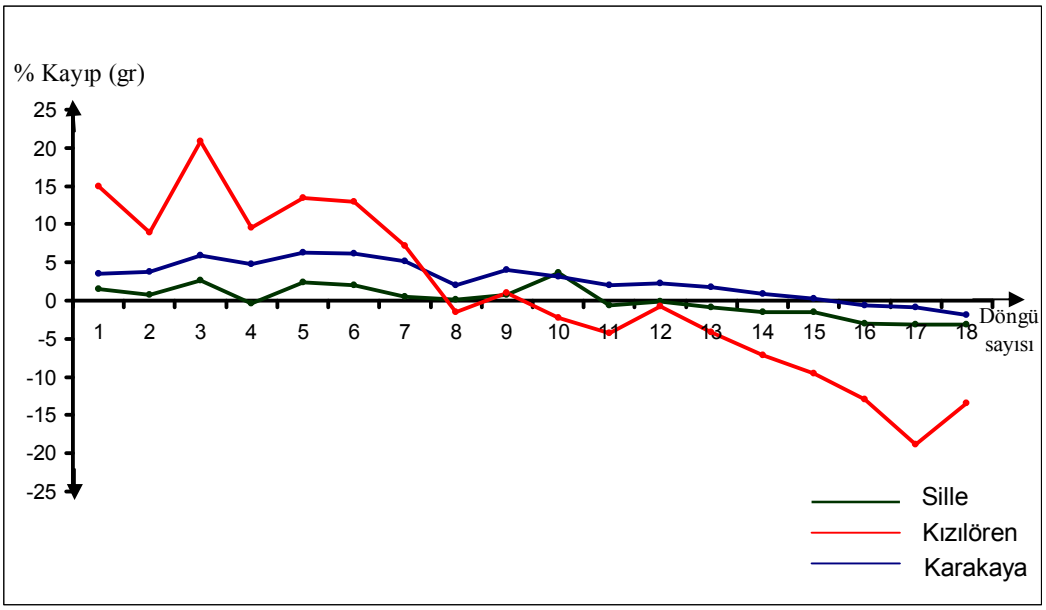
24 saat fırında bekledikten sonra yani deney başladıktan sonraki tartım sonuçları sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 4.17. Bozunma sonrası silindirik numunelerin ağırlık kayıpları

| Gün | Sille KAK % (gr) | Karakaya KAK % (gr) | Kızılören KAK % (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | --- | --- | --- |
| 2 | 2,7 | 5,6 | 17,1 |
| 3 | 1,8 | 4,9 | 12,7 |
| 4 | 4,2 | 7 | 22 |
| 5 | 1,7 | 5,8 | 13,9 |
| 6 | 3,1 | 6,9 | 18,6 |
| 7 | 2,8 | 6,7 | 17,8 |
| 8 | 1,9 | 5,8 | 15,5 |
| 9 | -0,2 | 3,1 | 7,1 |
| 10 | 0,8 | 4,7 | 12,5 |
| 11 | 0,1 | 4,7 | 11,8 |
| 12 | -0,9 | 4 | 10,1 |
| 13 | -0,5 | 4,7 | 12,9 |
| 14 | -1,8 | 4,3 | 9,3 |
| 15 | -2,3 | 3 | 6,5 |
| 16 | -1,2 | 2,4 | 3,6 |
| 17 | -4 | 1,4 | 0,9 |
| 18 | -4,3 | 1,1 | -0,2 |
| 19 | -4,3 | 1 | -0,5 |

Çizelge 4.17. numunelerin kayıpları yüzde olarak hesaplanmıştır. Aynı değerler Şekil 4.2.'de grafik olarak gösteriliştir. Bu değerlere bağlı olarak kayıp en fazla

Kızılören tüfitlerinde gözlenmiştir. Daha sonra Sille andezitleri ve en az kayıp diğer deneylerde de görüldüğü gibi Karakaya dasitlerinde olmuştur. Bu kayıpları farklı bir grafikte incelersek; Sille andezitlerinde dalgalanmalı bir eğri olmuştur. Günler ilerledikçe ise eğri sabit bir azalış göstermiştir. Karakaya dasitlerinde ise bu durum başlangıçta azda olsa bir artma olmuştur. Bunun sebebinin de ortamın nemli olmasından kaynaklanabilir. Numune su alınca ağırlığında bir artma gözlenir. Kayaç ortam şartlarına uyum sağlayınca ise sürekli sabit bir azalış göstererek ilerlemiştir. Kızılören tüfitleri ise hızlı bir dalgalanama olmuştur. Buda ortam koşullarının tam olarak sabit olmamasından kaynaklanmaktadır.




Şekil 4.2. Bozunma sonrası silindirik numunelerin ağırlık kayıplarının döngü sayısına bağlı olarak değişimi

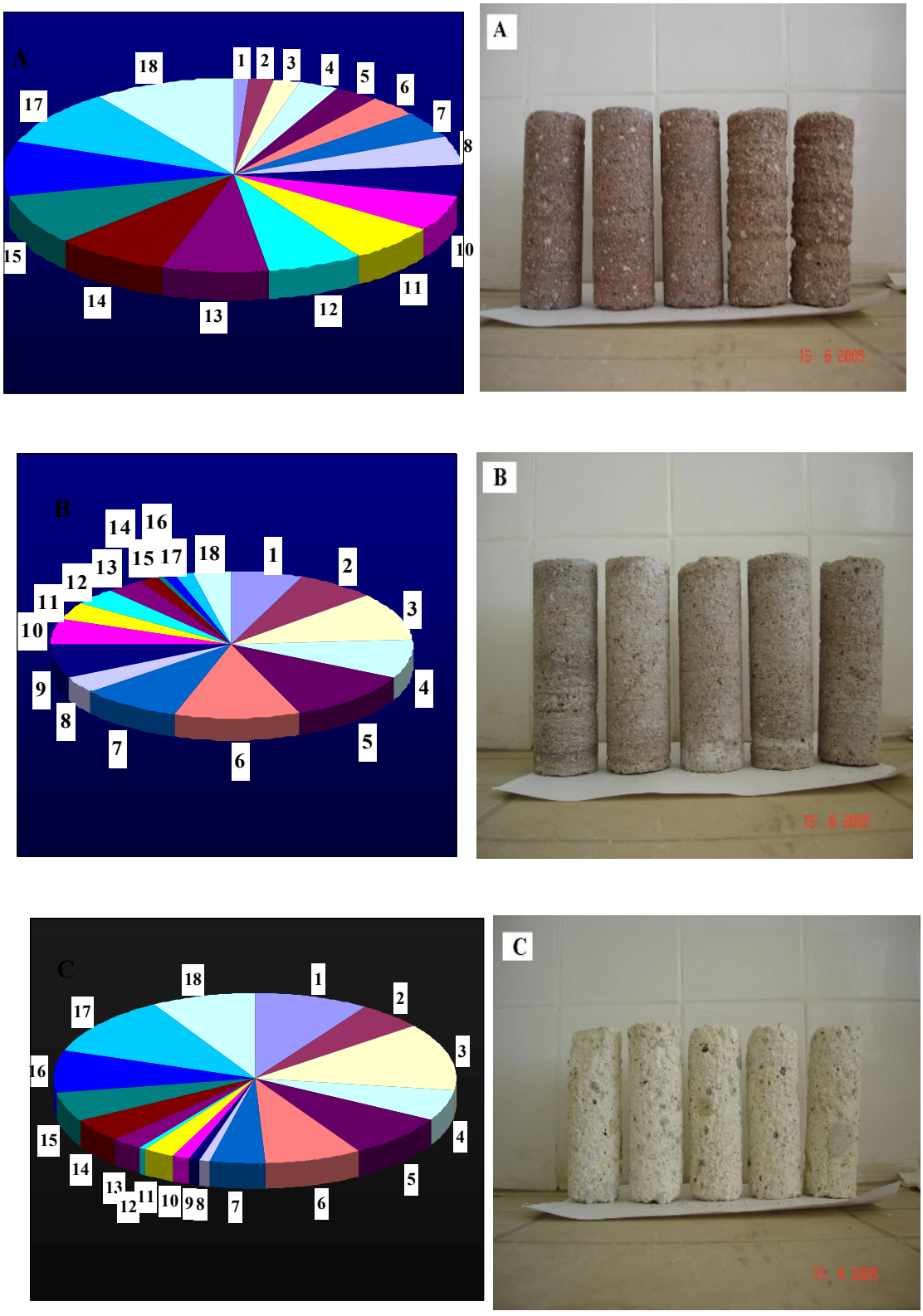
Aşağıdaki Şekil 4.3.'de hem silindirik numunelerin fotoğrafları hem de günler arasındaki % ağırlık kayıpları dilimler şeklinde gösterilmiştir.

A-şeklinde Sille andezitleri numune kayıpları gösterilmiştir. Bu grafiğe göre ilk günlerde kayıp az daha sonraki günlerde ise kayıp farkları oldukça fazla artığı gözlenmiştir. Buradan da yıllar ilerledikçe Sille andezitlerinin dayanımlarının azaldığını söyleyebiliriz. Kullanılan bu numunelerdeki ağırlık kayıpları fotoğrafta görülmektedir. Bu fotoğraflara bakıldığında ilk üç numunenin farklı, diğer iki

numunenin farklı olduğu görülüyor. Bazı numunelerde alterasyon fazla olmuştur. Buda numunenin yapısından kaynaklanmaktadır. Mikro çatlaklı, tabakalar arası çimento malzemesi ve numunenin gözenekli bir yapı göstermesinden ileri gelmektedir. Çünkü bu deney numunede bulunan gözenek ve çatlaklara girerek etki etmektedir.

B-grafiğinde Karakaya dasitleri numune kayıpları gösterilmiştir. İlk günlerde kayıp fazla fakat günler ilerledikçe kaybın azaldığı gözlenmektedir. Buda Karakaya dasitlerinin ortama uyum sağladığından ileri gelmektedir. En az numune kaybı bu dasitlerde gözlenmiştir. Kullanılan bu numunelerdeki ağırlık kayıpları fotoğrafta görülmektedir.

C-grafiğinde Kızılören tüfitleri numune kayıpları gösterilmiştir. Bir önceki grafikte de görüldüğü üzere kayıp en fazla bunlarda gözlenmiştir. Deneyin ilk günlerinde kayıp daha fazla, sonraki günlerde ise ilk günlere nazaran daha az olmuştur. Fakat yine de en fazla kayıp Kızılören tüfitlerinde gözlenmiştir. Kullanılan bu numunelerdeki ağırlık kayıpları fotoğrafta görülmektedir. Bu numunelerde dağılma görülmektedir. Çalışılan diğer boyutlarda parçalanmalar görülmüştür.

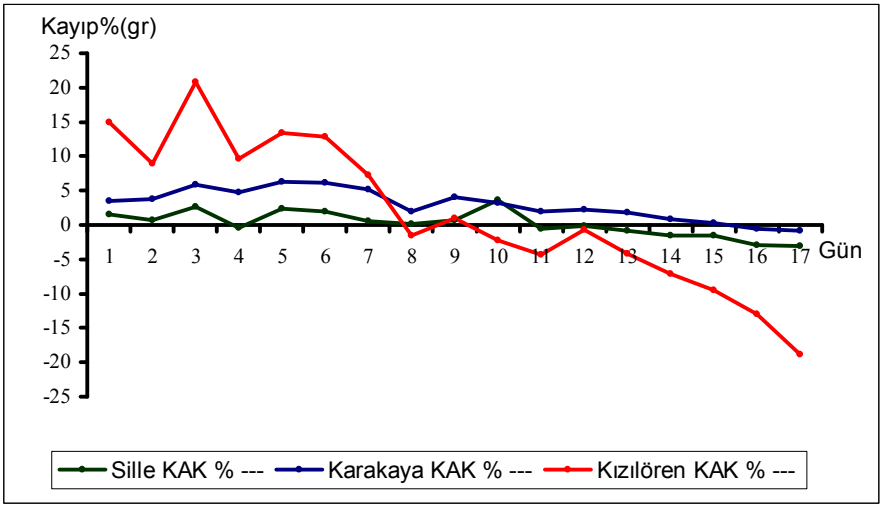



Şekil 4.3. Günler arası numune kayıplarının dairesel grafik gösterimi (A- Sille Andezitleri, B- Karakaya Dasitleri, C- Kızılören Tüfitleri)

Numunelerin kuru ağırlık kayıpları çizelgeler halinde verilmiştir. Bir çok boyutlarda numuneler deneye tabii tutulmuştur. Bu çalışmada uygulanan kübik örnekler Çizelge 4.20. (2,5*2,5*2,5) tuz etkisi önce köşe ve kenarlarda gözlenmiştir. Bozulma ilk önce köşe ve kenarlarda daha sonra yüzey alanda devam etmiştir. Silindirik numunelerde ise aşınma ilk önce yüzeyde gözlenmiştir. Tabakalı yapılar da $Na_2SO_4$ etkisini daha çabuk göstermiştir. Homojen yapılar ise daha az etkilenmiştir. Sille andezitlerinde ağırlık kaybı % 29'a ulaştığı gözlenmiştir (Silindirik numune). Karakaya dasitleri ise % 12 olduğu gözlenmiştir (Silindirik numuneler). Kızılören tüfitleri ise % 20 ağırlık kaybına ulaşmıştır (Silindirik numune). En az kayıp Karakaya dasitlerin de gözlenmiştir. Aşağıdaki çizelgeler de bu kayıplar gösterilmiştir ( Çizelge 4.18, Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20 ).

Çizelge 4.18. 54 mm çaplı yassı numunelerdeki ağırlık kayıpları

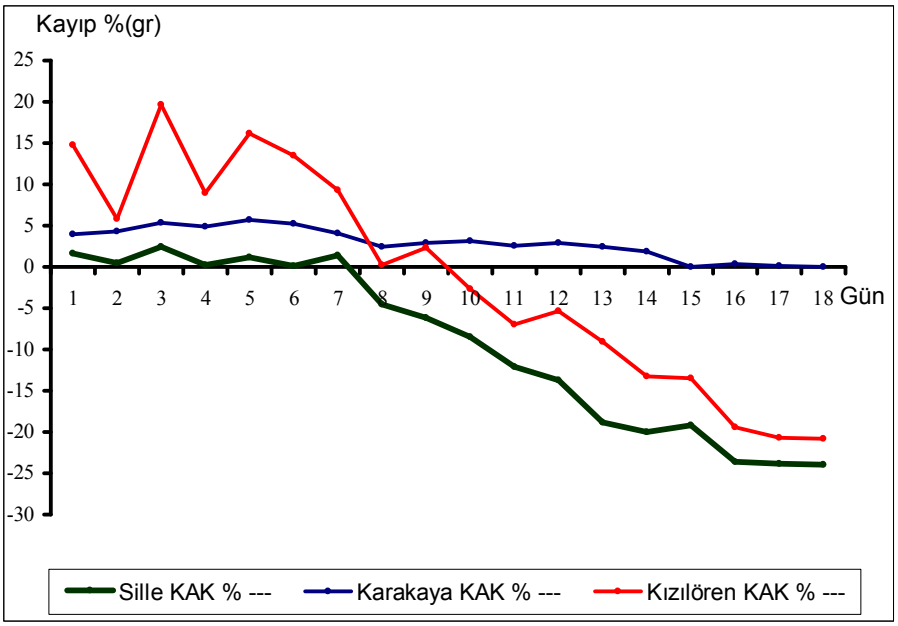
| Gün | Sille KAK % (gr) | Karakaya KAK % (gr) | Kızılören KAK % (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | --- | --- | --- |
| 2 | 1,5 | 3,5 | 14,9 |
| 3 | 0,7 | 3,8 | 8,9 |
| 4 | 2,6 | 5,9 | 20,8 |
| 5 | -0,4 | 4,8 | 9,6 |
| 6 | 2,4 | 6,3 | 13,4 |
| 7 | 2 | 6,1 | 12,9 |
| 8 | 0,5 | 5,1 | 7,2 |
| 9 | 0,1 | 2 | -1,5 |
| 10 | 0,7 | 4 | 1 |
| 11 | 3,6 | 3,2 | -2,3 |
| 12 | -0,6 | 2 | -4,3 |
| 13 | -0,1 | 2,2 | -0,7 |
| 14 | -0,9 | 1,8 | -4,2 |
| 15 | -1,5 | 0,9 | -7,1 |
| 16 | -1,5 | 0,3 | -9,5 |
| 17 | -3 | -0,6 | -13 |
| 18 | -3,1 | -0,9 | -18,8 |
| 19 | -3,2 | -1,9 | -13,4 |




Şekil 4.4. 54 mm çaplı yassı numunelerin ağırlık kayıplarının döngü sayısına bağlı olarak değişim

Çizelge 4.19. 46 mm çaplı numunelerdeki ağırlık kayıpları.

| Gün | Sille KAK % (gr) | Karakaya KAK % (gr) | Kızılören KAK % (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | --- | --- | --- |
| 2 | 1,6 | 3,9 | 14,8 |
| 3 | 0,5 | 4,3 | 5,8 |
| 4 | 2,4 | 5,4 | 19,7 |
| 5 | 0,2 | 4,9 | 9 |
| 6 | 1,2 | 5,7 | 16,2 |
| 7 | 0,1 | 5,2 | 13,5 |
| 8 | 1,4 | 4,1 | 9,3 |
| 9 | -4,5 | 2,4 | 0,2 |
| 10 | -6,2 | 2,9 | 2,3 |
| 11 | -8,5 | 3,1 | -2,7 |
| 12 | -12,1 | 2,6 | -7 |
| 13 | -13,7 | 2,9 | -5,4 |
| 14 | -18,8 | 2,5 | -9,1 |
| 15 | -20 | 1,9 | -13,3 |
| 16 | -19,2 | 0 | -13,5 |
| 17 | -23,6 | 0,4 | -19,4 |
| 18 | -23,8 | 0,1 | -20,7 |
| 19 | -23,9 | -0,01 | -20,8 |




Şekil 4.5. 46 mm çaplı numune kayıplarının grafik gösterimi.

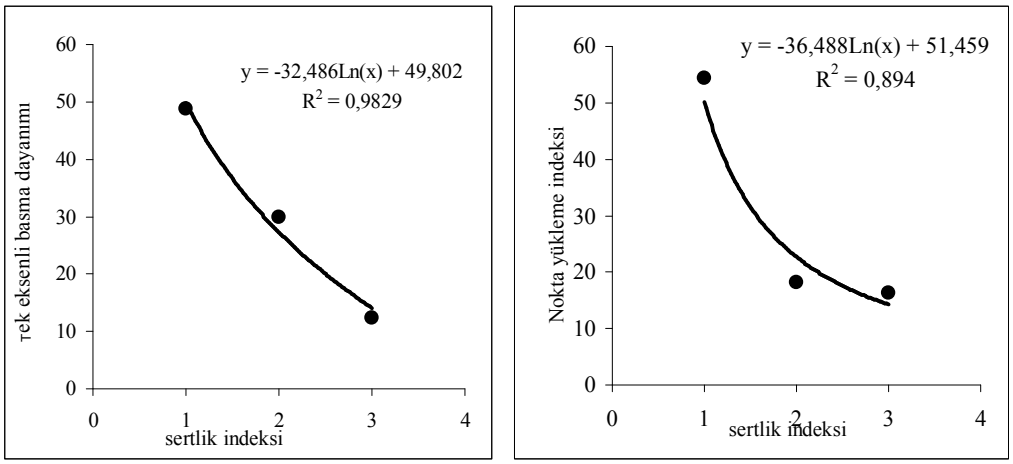
Çizelge 4.20. (2,5 cm* 2,5 cm * 2,5 cm) Kübik numunelerdeki ağırlık kayıplar

| Gün | Sille KAK % (gr) | Karakaya KAK % (gr) | Kızılören KAK % (gr) |
|---|---|---|---|
| 1 | --- | --- | --- |
| 2 | 5,5 | 8,2 | 40,1 |
| 3 | 5,4 | 7,5 | 20,5 |
| 4 | 6,6 | 11,5 | 35,6 |
| 5 | 5,2 | 9,4 | 20,5 |
| 6 | 6 | 9,2 | -8,8 |
| 7 | 5,2 | 8,5 | -31,7 |
| 8 | 4,4 | 7,3 | -42 |
| 9 | 2,6 | 2,1 | Tamamen dağıldı |
| 10 | 3,5 | 3,7 | Tamamen dağıldı |
| 11 | 3 | 2,3 | Tamamen dağıldı |
| 12 | 1,5 | 0,9 | Tamamen dağıldı |
| 13 | -2,9 | 0,5 | Tamamen dağıldı |
| 14 | -3,8 | -0,3 | Tamamen dağıldı |
| 15 | -1 | -1,9 | Tamamen dağıldı |
| 16 | -0,1 | -2 | Tamamen dağıldı |
| 17 | -2,2 | -5,1 | Tamamen dağıldı |
| 18 | -3,1 | -5,5 | Tamamen dağıldı |
| 19 | -3,2 | -5,8 | Tamamen dağıldı |

## 4.5. Kayaçların Fiziksel, Mekanik ve Bozunma Özellikleri Arasında İlişkilerin Tanımlanması

### *4.5.1. Sertlik – Mekanik özelliklerin karşılaştırılması*

Kullanılan kayaçlara ait sertlik değerleri ile mekanik özellikler arasındaki ilişki grafikleri Şekil 4.6.'da verilmiştir.

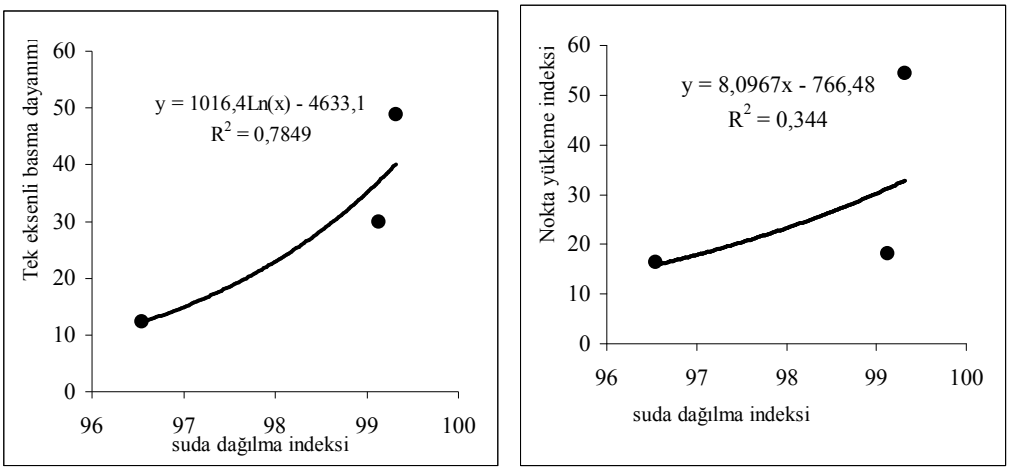



Şekil 4.6. Sertlik ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler

Şekil 4.6. ‘da verilen sertlik – mekanik ilişkileri arasındaki korelasyon değerlerine bakıldığında numuneler arasında ters orantılı olduğu görülmektedir.

### *4.5.2. Suda dağılma indeksi ve Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması*

Kullanılan kayaçlara ait numunelerden elde edilen sonuçlara göre suda dağılma indeks değerlerinin mekanik özelliklere ait değişimi Şekil 4.7.’de gösterilmektedir.

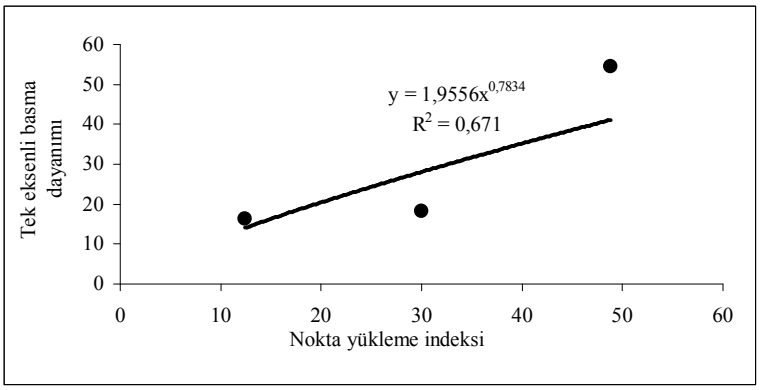



Şekil 4.7. Suda dağılma indeksi ve mekanik özellikler arasındaki ilişkiler

Yukarıda verilen grafiklerde kullanılan kayaç numunelerin suda dağılma indeks değerlerinin tek eksenli basma dayanımı ve nokta yükleme indeks değerine göre değişimleri görülmektedir. Bu eğrileri incelediğimiz zaman korelasyon değerlerine bakılarak aralarında bir doğru orantı ilişkisi olduğu görülmektedir.

### *4.5.3. Kayaçların Mekanik Özelliklerin Kendi Aralarında Karşılaştırılması*

Kullanılan kayaçlara ait numunelerden elde edilen sonuçlara göre suda dağılma indeks değerlerinin mekanik özelliklere ait değişimi Şekil 4.8.’de gösterilmektedir.

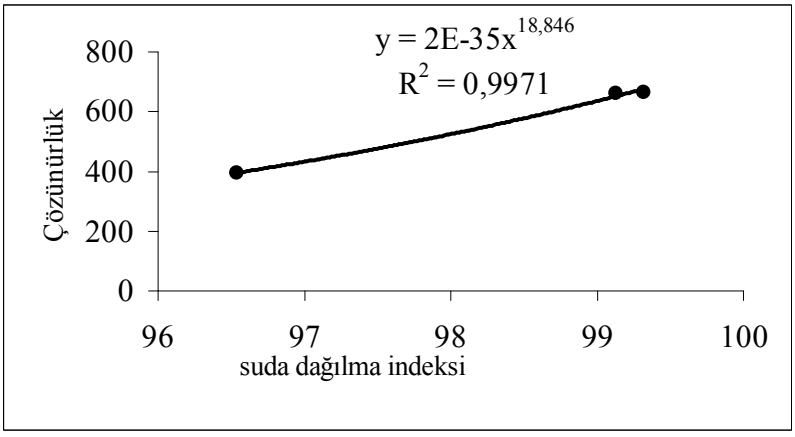



Şekil 4.8. Tek eksenli basma dayanımı ve Nokta yükleme indeksi arasında ilişki

Yukarıdaki şekilde kayaçlardan alınan numune örneklerinin yapıldığı tek eksenli basma dayanımı ve nokta yükleme indeks değerlerine bağlı korelasyon değişim grafiğini göstermektedir. Bu değişime göre iki deney arasında ters orantı ilişkisi bulunmaktadır.

### *4.5.4. Kayaçların Çözünürlük ve Suda Dağılma İndeks Özeliklerinin Karşılaştırılması*

Kullanılan kayaçlara ait numunelerden elde edilen sonuçlara göre suda dağılma indeks değerlerinin mekanik özelliklere ait değişimi Şekil 4.9.'da gösterilmektedir.

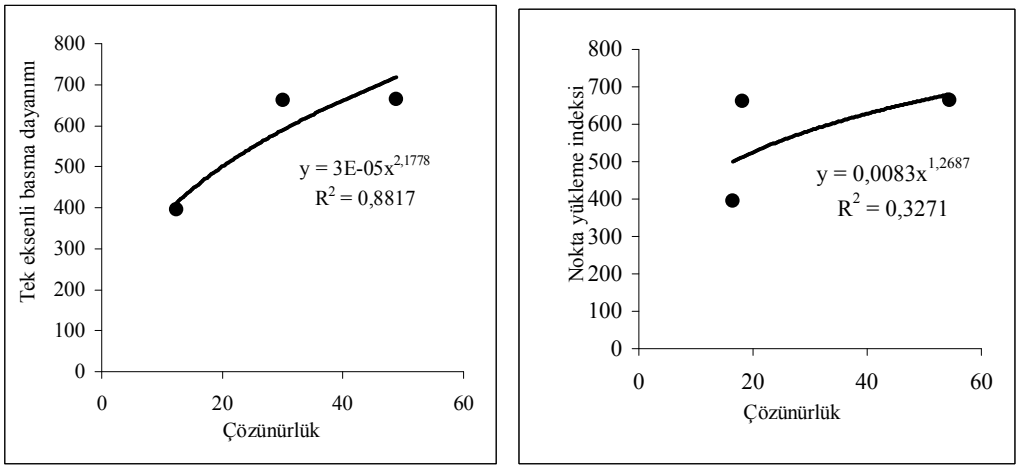



Şekil 4.9. Çözünürlüğün suda dağılma indeksine karşı davranışı

Yukarıdaki eğride çözünürlüğün suda dağıma indeksine karşı davranışı görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere eğri doğrusala yakın bir durum göstermektedir.

### *4.5.5. Kayaçların Çözünürlük ve Mekanik Özeliklerinin Karşılaştırılması*

Kullanılan kayaçlara ait numunelerden elde edilen sonuçlara göre suda dağılma indeks değerlerinin mekanik özelliklere ait değişimi Şekil 4.10.'da gösterilmektedir.




Şekil 4.10. Çözünürlüğün ve mekanik özellik arasındaki ilişki

Şekil 4.10. 'da verilen çözünürlük – mekanik ilişkileri arasındaki korelasyon değerlerine bakıldığında numuneler arasında ters orantılı olduğu görülmektedir.

# BÖLÜM V
# SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu proje kapsamında üç kayaç örneğinin bazı mekanik, ultrasonik ve tuz ($Na_2SO_4$) kristallerine karşı etkilerine göre alterasyonu incelenmiştir. Bu kayaç örnekleri Sille andezitleri, Karakaya dasitleri ve Kızılören tüfitleridir. Bu kayaçlara su içeriği,yoğunluk ve gözeneklilik, suda dağıma dayanımı, sertlik indeksi, tek eksenli basma dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, nokta yükleme dayanımı deneyleri ile ultrasonik ölçüm ve $Na_2SO_4$ karşı dayanımları incelenmiş ve bozunmaya karşı davranışları gözlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Sille andezitlerinin Konya merkezde bulunan birçok Selçuklu ve Osmanlı dönemine ait eserler de kullanıldığı gözlenmiştir.
- Karakaya dasitleri Hititler tarafından M.Ö. 13. yy. da tapınak inşasında kullanılmıştır. Bu kayaçlar günümüzde de yerel halk tarafından yapıtaşı olarak kullanılmaktadır.
- Kızılören tüfitlerinin, Selçuklular Dönemi han inşasında kullanıldığı gözlenmiştir.
- Karakaya dasitlari ve Sille andezitlerinin su emme kapasiteleri birbirine yakınken Kızılören tüfitlerinin bunlara nazaran daha fazladır.
- Su içerisinde dağılma özellikleri ise Kızılören tüfitlerinde daha fazladır. Bunu takiben Sille andezitleri daha sonra da Karakaya dasitleri gelmektedir. Kayıp en fazla Kızılören tüfitlerinde, en az Karakaya dasitlerindedir.
- Sertlik ölçümlerinde ise en sert kayaç olarak Karakaya dasitlerinin olduğu gözlenmiştir. En yumuşak ise Kızılören tüfitleridir.
- Basma dayanımı ise yapılan ölçümlerden de anlaşıldığı gibi kırılma yükü en az Kızılören tüfitleridir. Daha sonra Sille andezitleri bunu takiben de Karakaya dasitleridir. Bundan da anlaşıldığı üzere yüke karşı en dayanımlı Karakaya dasitleridir.
- Dolaylı çekme dayanımları en düşük Kızılören tüfitleridir. Daha sonra Sille andezitleri gelmektedir. Kullanılan numunelerden Sille andezitlerinde,

bazılarında kırılma yükü fazla bazılarında ise düşüktür. Bunun sebebi ise kullanılan numuneden bazılarının tabakalı olmasından kaynaklanmaktadır. Tabakalı numuneler kırılma yükleri düşüktür. Kırılma yükü en yüksek değerler Karakaya dasitlerinde gözlenmiştir.

- Nokta yükleme indeks değerleri çıkan değerlerden de anlaşıldığı üzere en fazla Karakaya dasitleri çıkmıştır. Bunu takiben Sille andezitleri ve en zayıf olarak da Kızılören tüfitleridir.
- Ultrasonik ölçümler sonucunda geçme zamanı en düşük değer Sille andezitlerinde gözlenmiştir. Fakat hız değerleri ise en yüksek Sille andezitleridir. Geçme zamanı en yüksek değeri ise Karakaya dasitlerinde olduğu gözlenmiştir. Hız değeri ise Karakaya dasitlerinde en düşüktür. Kızılören tüfitleri ise arada bir değer çıkmıştır.
- Sille andezitlerinde ağırlık kaybı % 29'a ulaştığı gözlenmiştir (Silindirik numune). Karakaya dasitleri ise % 12 olduğu gözlenmiştir (Silindirik numuneler). Kızılören tüfitleri ise % 20'ye ulaşmıştır (Silindirik numune). En küçük kayıp Karakaya dasitlerin de gözlenmiştir.

Bu çalışmaya ilave olarak kayaçların iz element içerikleri, donma dayanımları, sıcaklık etkileri, bakterilere karşı davranışları, biyolojik aktivitelerin alterasyona ne gibi etkisi olduğu, asit ve baz ortamdaki davranışları incelenmelidir. Tuz kristallerinde çalışılırken kayaçlar farklı fırın ortamlarında tutulabilir. Buradan da kayaçların nem miktarı hesaplanabilir.

Yapıtaşlarının özellikle de tarihi cami, medrese, türbe, kilise ve tapınaklarda kullanılmış olması, gelecek nesillere de ışık tutması için bu yerlerde drenaj çalışmaları yapılmalı ve onların korunması için gereken her türlü itina gösterilmelidir.

## KAYNAKLAR


Adams, J.B., Palmer, F. ve Staley, J.T., 1992. Rock weathering in deserts: mobilisation and concertration of ferric iron by microorganisms. Geomicrobiology Journal 10, 99-114.

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.

ASTM, 1990. Standart test method for soundness of aggregates by use of sodium sulphate or magnesium sulphate. Annual Book of ASTM Standards Designation: C 88 - 90, 37 - 41.

Badalyan, A.G., Gorbushina, A.A., Krumbein, W.E., Kumzerov, Y.A., Panina, L. K., ve Vlasov, D.Y., 1996. Physical and microbiological investigations of rock weathering at Hellecnic excavation sites on the Crimean Peninsula. In: Riederer, J.( Ed.), Deteriorational and Convation of Stone, Procecding of the Eighty International Congress, Berlin, September 30 - October 4, 671-679.

Beavis, F.C., 1985, Engineering Geology. Blackwell Secientifie Publications.

Bell, F.G., 1983, Engineering properties of soils and rocks, 2. Edition butterworths.

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.

Chandler, R.J., 1972, Lias Clay Weathering Processes and their effects on shear Strenght, Geotechnique. 22 pp. 403 - 432.

Christaras, B., 1991. Oldstone bridges in Epirus, Greece Hardness test using a thin section lapping machine. In: Decrouez, D., Chamay, J., Zezza, F. ( Eds ), Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Proceedings of the Second International Symposium; Ville de Geneve, Musee d'Histoire naturelle et Musee d' Art and d' Histoire, 453 - 462.

Drever, J.I., ve Stilings, L.L., 1997. The role of organic acid in mineral weathering Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 120, 167 - 181.

Douglas D.J., 1980. " Modülü Values for Weathered Rock From Plate Load Test". Int. Conf. On Structural Foundations on Rock, Sydney, pp. 17 - 22.

Fookes, P.G., Dearman,W.R., and Franklin J.A., 1971. Some Engineering Aspects of Rock Weathering. Quur. J. Eng. Geolgy. 4. pp. 136 - 145.

Franklin, J.A. and Chandra R., 1972 the slake durability test in. Journal of rock Mch. Mim. Sci., pp. 325 - 341.

Gabriel, G., ve Inkpen, R.J., 1996. The nature of decay of Monk's Park limestone under simulated salt weathering. In: Riederer, J.( Ed. ), Deterioration and Conservation of Stone, Ppoceedings of the Eighth International Congres, Berlin, September 30 – October 4, 573 - 578.

Galan, E., ve Carretero, M.I., 1994. Estimation of the efficacy of conservation treatments applied to a permotriassic sandtone. In: Fassine, V., Ott, H., Zezza, F.(Eds), Proceedings of the third International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basic, Venice, June 22 - 25, 947 - 954.

Garcia-Talegon, J., Vicente, M.A., Molina-Ballesteros, E. and Vicente-Tavera, S., 1999. Determination of the origin and background of rocks as a function of their chemical composition using the Inertia Criterion based on an HJ-Biplot. Chemical Geology 153, pp. 37 - 51.

Grossi, C.M., ve Murray, M., 1999. Characteristics of building stones that inuence the dry deposition of acidis gases. Consruction of Building Materials 13, 101-108.

Göğer, E., ve Kıral, K., 1969. Kızılören dolayının jeolojisi. MTA Değerlendirme Raporu, no: 5204 (Yayınlanmamış) Ankara.

Göğer, E., ve Kıral, K., 1973. Kızılören dolayının (Konya'nın batısı) genel Stratigrafisi. MTA derleme no: 5204.

ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring. International Society for Rock Mechanics Suggested Methods. Pergamon, Oxford. 211 pp.

Jenneman, G.E., Mclnerney, M.J., ve Knapp, R.M., 1985. Microbial penetration through nutrient – saturated Berea sandstone Applied and Environmental Microbiology 48, 383 - 391.

Johnson, R.B., and Degraf, J.V., 1988. Principles of Engineering Geology John Willey & Sons.

Lappin - Scott, H.M., ve Costerton, J.W., 1990. Starvation and penetration of bacteria in soils and rocks. Experientia 46, 807 - 812.

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

May, E., ve Lewis, F.J., 1998. Strategies and techniques fort he study of bacterial populations on decaying stonework. In: Cianback, J.( Ed ), Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings of the Sixth International Congress, September 12 - 14, Nicholas Copernicus University, Torun: Institute for Conservation and Restoration of Cultural Property, 59 - 70.

Moropuulou, A., ve Theoulakis, P., 1991. Conditions causing destructive nacl crystallisation into the porous sandstone, building materials of the medie-val city of Rhodes. In: Decrouez, D., Chamey, J., Zezza, F.( Eds ), Conservation of Monuments in the Mediterranean Basic, Proceedings of the Second International Symposium, Ville de Geneve, musee d' Histoire Naturelle et Musee d' Art and d' Historie.

Moses, C.A., and Viles, K.,1996. Methods for İnvestigating stone decay mechanism in
polluted and "clean" environments, Northern Ireland. In: Smith, B.J., Warke, P.A.( Eds. ), Processes of Urban Stone Decay, Proceedings of Swapnet 95, Belfast, 1995 May 19 - 20, 212 - 227.

Murphy, W., Smity, J.D., ve Inkpen, R.J., 1996. Errors associated with determning P and S acoustic wave vlocities for stone weathering. In: Smiith, B.J.,

warke, P.A. ( Eds. ), Processes of Urban Stone Decay, Proceedings of Swapnet 95, Belfast, 1995 May 19 - 20, 228 - 244.

O'Brien, P.F., Bell, E., or T.L.L. ve Cooper, T.P., 1995. Stone loss rates at sites around Europe. The Sciense of the Total Environment 167, 111 - 121.

Ollier, C.D., 1969. Weathering Oliver & Boyd. Edinburgh. Relation to mechanical properties of Granite. Proc. 3 coggres of ISRM. USA pp 71 - 78.

Olivier, H.J. 1979. " A New Engineering Geological Rock Durability Classification ". Eng. Geology., 14, pp 255 - 279.

Ordaz, J., ve Esbert, R.M., 1985. Porosity and capillarity in some sandstone and dolomite monumental stones. In: Feli, G. ( Ed. ), dieterioration and Conservation of stone, Proccedings of the Fiith International Congress, Presses Polytechniques Romendes, September 25 - 27, 93 - 102.

Perry, H.R., 1986. Engineering Geology and Enviromental Approach Elsevier.

Price D.G., 1993. "A suggested method for the classication of rock moss Weathering by a ratines siystem ". Quarterly Journal of Engeering Geology , 26, 69, 76.

Quayle, N.J.t., 1996. Alveolar decay in Stone - its posible origins. In: Riederer, J.( Ed. ), Deterioration and Conservation of Stone, Proceedings of the Eighth International Congress, Berlin. September 30 – October 4, 109 - 118.

Richards, L.R., 1972. Classification of Weathering of Near Surface Jointed rock. PhD Theirs. Royal School of Mines, Imperial College, London, England. 165 pp.

Trudgill, S.T., ve Viles, H.A., 1998. Field and laboratory approaches to limestone weathering. Quarterly Jonurnal of Engineering Geology 31, 333 - 341.

Türk, N., ve Dearman, W.R., 1986.Influence of water on engineering properties of weathered rocks. In: Cpipps, J.C., Bell, F.G., Culshaw, M.G.( Eds. ), Gpoundwater in Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Publication. The Geological Society, London, Vol. 3, 131-138.

Urzi, C., Lisi, S., Criseo, G., ve Pernice, A., 1991. Adhesion to and degration of marble by a Micrococcus strain is olatad from it. Geomicrobilogy Journal 9, pp. 81 - 90.

Ünal, M., Özkan, İ.,ve Kekeç, B., 2006. Yapıtaşlarında Tuz Kristalleşmesine Bağlı Bozunmanın Ultrasonik Hız Ölçümleri İle Kestirimi (Yayınlanmamış) Mersin.

Ünver, B., ve Ünal, M., 1995. Kayaların Bozunma Özelliklerinin Yerüstü Kazıları ve Yeraltı Açıklıklarının Duraylılığına Etkisi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, 15 - 31.

Waltham, A.C., 1994. Foundation of Engineering Geology, Blackic Acadeis & Prosesonal. Chapman & Hall, 88 pp.

Warke, P.A., ve Smith, B.J., 1998. Effects of direct and indirect heating on the Validity of rock weathering simulation studies and durability test. Geomorphology 22, pp. 347 - 357.

Wiggins, P.M., 1990. Role of water in some biological processes. Microbiological Reviews 54, 432 - 449.

Yates, T., ve Butlin, R., 1996. Predicting the weathering of Portland limestone buildings. In: Smith, B.J., Warke, P.A.( Eds. ), Processes of Urban Stone Decay, Proceedings of Swapnet 95, Belfast, 1995 May 19 - 20, 194-204.

Zedef, V., 1987. Sekli - İmrenler - Çamlıca ( Beyşehir ) yöresinin jeolojisi, kil ve demir zuhurları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Turkey.

Zedef, V., Arslan, M., Kurt, H. and Şen, O., 1995. " Ağılönü ( Beyşehir ) yöresinde Monomineralik Barit Oluşumlarının Jeolojik - Jeokimyasal Özellikleri ve Kökenleri, Geosorund 27, 171 - 179.

Zedef, V., 2005. Konya ili ve bağlı ilçeleri Beyşehir, Hüyük ve Seydişehir' de kullanılan yapıtaşlarının atmosferik etkilerle bozuşması, bilimsel araştırma projesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Konya, Turkey.