



**T. C.  
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**S.C.Ü. MERKEZ KAMPÜS KALDIRIMLARINDA KULLANILAN  
TAŞLARIN ATMOSFERİK KOŞULLARA KARŞI DAYANIMININ  
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Adem DOĞAN  
(200992111063)**

**Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK**

**SIVAS  
EYLÜL 2019**

**Adem DOĞAN**'ın hazırladığı ve “**S.C.Ü. Merkez Kampüs Kaldırımlarında Kullanılan Taşların Atmosferik Koşullara Karşı Dayanımının Araştırılması**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı :**      **Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK**      .....

Cumhuriyet Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Önder Uysal**      .....

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DOĞAN**      .....

Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Özlem Pelin CAN**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Adem DOĞAN, Eylül 2019

## ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu'nda (Yönerge) belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

09.09.2019

Adem DOĞAN

## **KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında değerli bilgisini ve yardımını esirgemeyen, tecrübeleriyle yol gösteren danışman hocam, Dr. Öğretim Üyesi Salih YÜKSEK'e çok teşekkür ederim.

Jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Önder UYSAL ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğba DOĞAN hocalarıma yaptıkları olumlu eleştiriler ve katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde maddi manevi destekleriyle beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan bana destek olan değerli aileme ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen eşime sonsuz teşekkür ederim.09/09/2019

## ÖZET

### S.C.Ü. MERKEZ KAMPÜS KALDIRIMLARINDA KULLANILAN TAŞLARIN ATMOSFERİK KOŞULLARA KARŞI DAYANIMININ ARAŞTIRILMASI

Adem DOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Salih YÜKSEK

2019, 36+xiii sayfa

Döşeme ve kaplamada kullanılan doğal taşların dayanıklılığını belirlemek için değişik deneyler yapılmaktadır. Bu deneyler genel olarak uzun dönem atmosferik koşullarda ve hızlandırılmış laboratuvar testleri olmak üzere iki durumda yapılmaktadır. Taşların dayanımını etkileyen atmosferik faktörlerin başlıcaları ısıtma-soğuma, ıslatma-kuruma ve donma-çözülme gibi gece-gündüz ısı farkı ve mevsimsel değişimlerdir. Taşların yaşlandırma çevrimleri öncesi ve her 5 ila 10 çevrim periyotlarında tahribatsız ve tahribatlı birçok dayanım testleri yapılmakta, taşların fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler belirlenerek dayanıklılığı araştırılmaktadır. Bu çalışmada Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüsü kaldırımlarına geçen yıl döşenen andezit taşları üzerinde ıslatma-kurutma, ısıtma soğutma ve donma çözülme gibi bir dizi hızlandırma testleri gerçekleştirilmiştir. Bu yaşlandırma testlerinin etkilerini belirlemek üzere her 5 veya 10 çevrim sonrası numunelerin ultrasonic P-dalga hızı, Equotip ve Shore sertlik değerleri ile Resonance tester cihazı ile Elastisite modülü değerleri ölçülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda andezit numunelerinin hızlandırılmış yaşlandırma testleri sonucu dayanım özelliklerinin azaldığı en fazla etkilenmenin donma-çözülme çevrimleri sonrasında olduğu görülmüştür. Ayrıca ıslak durumdaki numunelerin P dalga hızlarının kuru numunelerinkine göre daha azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:**Yaşlandırma, Tahribatsız ölçüm, Rezonans tester, Pundit

## **ABSTRACT**

# **INVESTIGATION OF THE DURABILITY OF STONE PAVEMENTS USED IN THE CENTRAL CAMPUS OF SIVAS CUMHURİYET UNIVERSITY AGAINST ATMOSPHERIC CONDITIONS**

**Adem DOĞAN**

**Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Dr. Salih YÜKSEK**

**2019, 36+xiii pages**

Various tests are carried out to determine the durability of the natural stones used in flooring and covering. In general, these experiments are carried out in two conditions: long-term atmospheric conditions and accelerated laboratory tests. The most important atmospheric factors affecting the strength of the stones are day-night temperature difference and seasonal changes such as heating-cooling, wetting-drying and freezing-thawing. Many non-destructive and destructive durability tests are performed before and during every 5 to 10 cycle periods of the stones. In this study, a series of acceleration tests such as wetting-drying, heating-cooling and freeze-thaw were carried out on the pavement andesite stones of Sivas Cumhuriyet University campus pavements. To determine the effects of these aging tests, the values of the Ultrasonic P-wave velocity, Equotip and Shore hardness values and the Resonance tester and the Elasticity values of the samples were measured. As a result of the evaluations, it was seen that the most affected effect of andesite samples as a result of accelerated aging tests decreased after freezing and thawing cycles. It was also found that the P wave velocities of the wet samples were lower than the dry samples.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	XII
SİMGELER DİZİNİ .....	XIII
KISALTMALAR DİZİNİ .....	XIV
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı .....	2
1.2 Tez Konusu ve kapsamı .....	2
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1 Andezitlerin Tanımı, oluşumu ve dağılımı.....	3
2.2 Kayaçlar Üzerinde yapılan yaşlandırma testleri.....	5
2.2.1. Donma-Çözülme .....	6
2.2.2 Isıtma-Soğutma.....	7
2.2.3.İslatma-Kurutma.....	8
<b>3. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>9</b>
3.1 Andezit Taşı Kaynak Yeri, Mineralojik, Petrografik Ve Kimyasal Özellikleri.....	9
3.2 Deneysel Çalışmalar .....	13
3.2.1 Numunelerin hazırlanması .....	13
3.2.2 Andezit taşının fiziksel ve mekanik özellikleri .....	14
3.2.2 Andezit taşı yaşlandırma deneyleri.....	15
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>23</b>
4.1 Andezit Taşı ısıtma-soğutma çevrim sonuçlarının değerlendirilmesi .....	23
4.2 Andezit taşı ıslatma-kurutma çevrimleri sonrası uygulanan testler .....	25
4.1 Andezit taşı donma-çözülme çevrimleri sonrası uygulanan testler.....	27
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>31</b>
5.1 Sonuçlar .....	31
5.2 Öneriler .....	32
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>33</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>36</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 2.2</b> Toplam alkali silika (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark. 1985). .....	<b>4</b>
<b>Şekil 2.3</b> Türkiye “Volkanik Kökenli Doğal Taşlar” Dağılım Haritası (Erkanol ve diğerleri 2007-2012).....	<b>5</b>
<b>Şekil 2.4</b> Türkiye için hazırlanmış eş donma-çözülme çevrim sayısı kontur haritası (Binal vd. 1996). .....	<b>7</b>
<b>Şekil 3.1</b> Kampüs kaldırım yollarına döşen bazalt(yeşil renk) ve andezit(sarı) bölgeleri. ....	<b>9</b>
<b>Şekil 3.2</b> Uluslararası ilişkiler ofisi önü .....	<b>10</b>
<b>Şekil 3.3</b> Mühendislik fakültesi Tıp Fakültesi arasındaki yol ve merdivenler.....	<b>10</b>
<b>Şekil 3.4</b> Ethem Sarılar Camii merdiven ve kaldırımları.....	<b>11</b>
<b>Şekil 3.5</b> Eski spor salonu arkası kaldırımları.....	<b>11</b>
<b>Şekil 3.6</b> İlahiyat fakültesi bahçesindeki çeşme .....	<b>12</b>
<b>Şekil 3.7</b> Andezit numunesi ince kesit görüntüsü (Oj: ojit Minerali, Plj: plajjoklas).....	<b>13</b>
<b>Şekil 3.8</b> Karot örneklerin alındığı andezit blokları .....	<b>14</b>
<b>Şekil 3.9</b> Yaşlandırma testlerinde kullanılan Karot örnekleri.....	<b>14</b>
<b>Şekil 3.10</b> İslatma – kurutma deneylerine tabi tutulan örnekler-ıslatma havuzunda .....	<b>16</b>
<b>Şekil 3.11</b> Pundit cihazı ile Vp ölçümü .....	<b>16</b>
<b>Şekil 3.12</b> Equotip cihazı ve sertlik ölçümü .....	<b>17</b>
<b>Şekil 3.13</b> Resonance Tester cihazı ve frekans ölçümü .....	<b>18</b>
<b>Şekil 3.14</b> İslatma kurutma deneyi-numuneler su havuzunda.....	<b>21</b>
<b>Şekil 4.1</b> Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği .....	<b>23</b>
<b>Şekil 4.2</b> Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası Vp ve Elastik modüldeki değişim grafiği.....	<b>24</b>
<b>Şekil 4.3</b> Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası Shore ve Equotip sertliğindeki değişim grafiği	<b>24</b>
<b>Şekil 4.4</b> İslatma-kurutma çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği .....	<b>25</b>
<b>Şekil 4.5</b> İslatma-kurutma çevrimleri sonrası Vp ve Elastik modüldeki değişim grafiği.....	<b>26</b>
<b>Şekil 4.6</b> İslatma -kurutma çevrimleri sonrası Shore ve Equotip sertliğindeki değişim grafiği .....	<b>26</b>
<b>Şekil 4.7</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği.....	<b>28</b>
<b>Şekil 4.8</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Vp değerlerindeki değişim grafiği	<b>28</b>

<b>Şekil 4.9</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Young modülündeki değişim grafiği .....	<b>29</b>
<b>Şekil 4.10</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Equotip sertliğindeki değişim grafği.....	<b>29</b>
<b>Şekil 4.11</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Shore sertliğindeki değişim grafiği .....	<b>30</b>
<b>Şekil 4.12</b> Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Elastik modüldeki değişim grafiği .....	<b>30</b>



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 2.1</b> Volkanik yüzey kayalarının tipik kimyasal bileşimleri (Url-2).....	<b>3</b>
<b>Çizelge 2.2</b> Andezit numunesi kimyasal analiz sonuçları* .....	<b>13</b>
<b>Çizelge 2.3</b> Andezit örneklerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	<b>15</b>
<b>Çizelge 2.4</b> Andezit taşı ısıtma-soğutma çevrimleri Resonance Tester ölçüm ve elastic modül hesaplamaları .....	<b>19</b>
<b>Çizelge 4.1</b> Isıtma-soğutma deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (%) (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir) .....	<b>23</b>
<b>Çizelge 4.2</b> Islatma-kurutma deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir).....	<b>25</b>
<b>Çizelge 4.3</b> Donma-çözülme deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir).....	<b>27</b>

## SİMGELER DİZİNİ

<b>E</b>	: Elestisite modülü (GPa)
<b><math>\sigma_b</math></b>	: Basınç direnci (MPa)
<b><math>V_p</math></b>	: P dalga hızı (m/s)
<b>n</b>	: Porozite (%)
<b><math>\eta</math></b>	: Viskozite
<b><math>\gamma</math></b>	: Birim hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
<b><math>\omega</math></b>	: Su muhtevası (%)
<b><math>\phi</math></b>	: içsel sürtünme açısı ( °)
<b>UCS</b>	: Tek eksenli basın direnci (MPa)
<b>HLD</b>	: Equotip sertlik değeri

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>MTA</b>	: Maden Tetkik Arama
<b>SCÜ</b>	: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>ISRM</b>	: Uluslararası Kaya Mekaniği Kurumu (International Society for Rock Mechanics)



## 1. GİRİŞ

İnsanoğlu ilk çağlardan günümüze kadar taşı amacına göre kullanmıştır. Özellikle dini yapıtlarda, devlet binalarında, sur ve kale gibi birçok yapının inşasında uzun dönem dayanıklı sağlam ve sert blok taşlar, mermer ve andezit taşı yer almaktadır. Ancak bu doğal malzemelerin başlangıçtaki mekanik özellikleri, renkleri, yapı ve dokusu zamanla, suyun, asit yağmurlarının, kirli havanın ve özellikle sıcaklık ve donma gibi birçok doğal veya iklimsel ve yapay çevresel faktörlerin etkisiyle azalmakta ve hatta taş ayrışıp bozulmakta ve yüksek oranda taş kayıpları olmaktadır. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de doğal taşlar şehirlerin, eğitim kurumlarının-üniversitelerin ve hastane gibi yerlerin bulvarlarında, bina cephelerinde, kaldırım ve merdivenlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal taşların dayanıklılığı denilince; bunların atmosferik koşullara karşı direnci ile uzun dönem kalitesini ve kullanılabilirliğini devam ettirmesi anlaşılmaktadır (Bortz vd. Wonneberger, 2000). Bazı araştırmacılar değişik taşların dayanıklılığını belirlemek için uzun bir sürede (5-15 yıl) atmosferik koşullarda oluşan değişimlerini incelemişlerdir. (Frohnstorff ve Masters 1980, Ondrasina vd. 2002, Bortz vd. 2007, Stuteman ve Clifton 1977, Carr vd. 1996, Schaffer 1932). Diğer yandan çoğu çalışmalar laboratuvarlarda hızlandırılmış yaşlandırma testleridir. (Worke ve Smith 2007, Binal 2009, Hale vd. 2003, Akin 2010). Hızlandırılmış testlerden bazıları; ıslatma-kurutma, ısıtma-soğutma ve donma-çözülme deney çevrimleridir. Hale vd.(2003), altı farklı bölgeye ait kumtaşlarında, ısıtma-soğutma, ıslatma-kurutma ve donma-çözülme gibi dayanıklılık testleri ile basınç direnci arasındaki ilişkiyi laboratuvar ortamında araştırmış ve sadece donma-çözülmenin kumtaşlarının basınç direncini düşürdüğünü gözlemlemiştir. Yavuz vd.(2006), 12 farklı karbonat içerikli sedimanter taşların donma-çözülme ve termal şoklama sonrası fiziksel özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi üzerine ilişkiler geliştirmişler ve istatistiksel değerlendirmeler yapmışlardır. Bütün örneklerde donma-çözülmenin kayaların basınç direncini azalttığı görülmüş. Worke ve Smith (2007), değişik yapı taşlarının karmaşık yaşlandırma testleri sonrası dayanımlarını araştırmışlar ve donma-çözülmenin taşların dayanımlarını azalttığını gözlemlemiştir. Yaşlandırma sonrası taşların dayanımlarındaki değişiklikler önceki çalışmalarda yaygın olarak ultrasonik hız ölçümleri veya fotogrametrik yöntemler gibi değişik tahribatsız ölçüm yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, andezit taşlarının yaşlandırma çevrimleri arasında ve sonunda numunelerin kütle kaybı, birim hacim ağırlıklarındaki değişimler, porozite, su içeriği ve P dalga hızı gibi klasik indeks özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca yukarıda belirtilen araştırmalardan başka ilk defa yaşlandırma deneylerinde andezit taşının sertliklerindeki değişimler Equotip sertlik cihazı ve elastik özelliklerindeki değişimler yine tahribatsız bir ölçüm cihazı olan Resonance tester ile ölçülerek bu çalışmada araştırılmıştır.

## 1.1 Problemin Tarifi

Türkiye mermer ve doğaltaş üretiminde ve ihracatında son yıllarda çok iyi duruma gelmiştir. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği verilerine göre 2013 yılından 2018 yılına kada her yıl ortalama 7 milyon ton karşılığında 2 milyar \$ mertebelerinde dünyanın bir çok ülkesine doğal taş ihracatı gerçekleştirilmektedir. Bu miktar ülkemiz diğer maden ihracatının yaklaşık % 50 sine tekabül etmektedir. En yüksek ihracat 8.436.688,5 ton karşılığında 2.3 milyar \$ ile 2013 yılında gerçekleştirilmiştir (Url-1). İç piyasada daha çok Erciyes Dağının volkanik ürünlerinin yer aldığı Kapadokya yöresindeki yani Nevşehir, Kırşehir, Aksaray ve Kayseri bölgesinden çıkarılan tuf, andezit ve bazalt bloктаşları pazarlanmaktadır. Tuf ve andezitik taşlar daha çok cephe ve az katlı yapılarda, cami minare ve duvarlarında veya dekoratif villa binalarında tercih edilirken bazaltik taşlar döşeme ve kaldırımlarda kullanılmaktadır.

2018 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesinde çevre düzenleme ve kaldırım yenileme çalışmaları yapılmaya başlamıştır. Kampüs yollarında kaldırım ve merdiven döşemelerinde yer yer bazalt ve yer yer de andezit döşemesi yapılacaktır. Bu taşların uzun dönem atmosferik şartlara dayanımları araştırılarak seçilmesi veya seçilen taşların uygunluğunun belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

## 1.2 Tez Konusu ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi yollarındaki yürüme alanlarındaki kaldırım ve merdivenlerine döşenecek olan andezit taşının atmosferik şartlara karşı dayanımının hızlandırılmış yaşlandırma deneyleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla döşemede kullanılacak bu taşların çıkarıldığı kaynak ocak yeri belirterek ve doğal yerinden blok örnekler temin edilerek deneyler için karot numuneleri, ıslatma-kurutma, ısıtma-soğutma ve donma çözülme gibi bir dizi yaşlandırma testleri ve her 10 çevrim sonrası numunelerin fiziksel özelliğinde veya dayanımındaki değişimleri tahribatsız ölçüm cihazları ile belirlemektir.

Bu çalışma için öncelikle geniş bir literatür araştırması yapılmış daha önceki çalışmalar derlenmiştir. Andezit taşı hakkında bilgiler, yaşlandırma testleri ve tahribatsız ölçüm cihazları ikinci bölümde anlatılmıştır. Ocaktan alınan doğal numunelerin petrografik ve mineralojik özellikleri, numuneler üzerinde yapılan ıslatma-kurutma, ısıtma-soğutma ve donma-çözülme deneyleri üçüncü bölümde anlatılmıştır. Tezin dördüncü bölümünde elde edilen veriler bulgular ve tartışmalar yapılmış tablo ve grafikler şeklinde sunulmuş yorumlanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, sonraki yapılacak araştırmalar hakkındaki öneriler beşinci bölümde özetlenmiştir.



## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde öncelikle andezit taşlarının oluşumu ve Türkiye'deki andezit yatakları hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra kayaçlar üzerinde yapılan hızlandırılmış yaşlandırma testleri ve sonuçları üzerine yapılan çalışmalar derlenmiştir.

### 2.1 Andezitlerin tanımı, oluşumu ve dağılımı

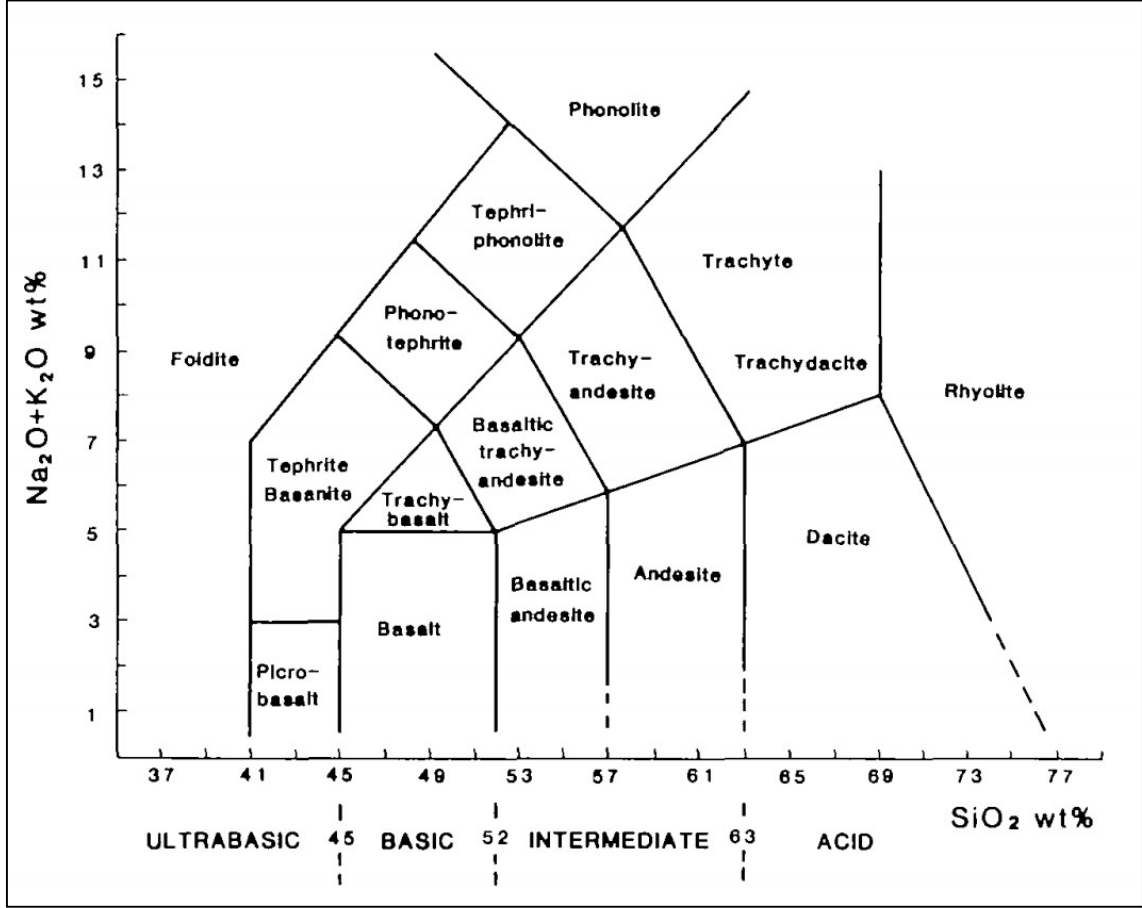
And Dağları'nda bol miktarda bulunmasından ötürü buraya hitaben adını alan **andezit** volkanik kökenli bir yüzey kayacıdır. Mağmanın yüzeye çıkıp püskürmesi sonucu andezit, bazalt, trakit, riyolit vb. olarak adlandırılmıştır. Bu kayaçların tipik kimyasal bileşimleri Çizelge 2.1'de görülmektedir. Bu malzemelerin tozları ve külleri de, tuf ve türevlerini oluşturur. Bu kayaçlardan andezit ve bazalt oluşumları özellikle dekoratif amaçlı kesilip kullanılmaktadır.

**Çizelge 2.1** Volkanik Yüzey Kayaçlarının Tipik Kimyasal Bileşimleri (Url-1).

	<i>BASALT</i>	<i>ANDESITE</i>	<i>DACITE</i>	<i>RHYOLITE</i>
SiO <sub>2</sub>	49.60	57.94	65.01	72.82
TiO <sub>2</sub>	1.84	0.95	0.58	0.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.84	16.67	15.91	13.47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.79	2.50	2.43	1.48
FeO	7.13	4.92	2.70	1.11
MnO	0.20	0.12	0.09	0.06
MgO	6.99	3.91	1.58	0.39
CaO	9.70	6.78	4.32	1.14
Na <sub>2</sub> O	2.91	3.54	3.79	3.65
K <sub>2</sub> O	0.51	1.76	2.17	4.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.95	0.29	0.15	0.07
H <sub>2</sub> O	0.35	1.15	1.20	1.10
Total	99.81	99.94	99.93	100.07
MgO/FeO	0.98	0.79	0.59	0.35
CaO/Na <sub>2</sub> O	3.33	1.92	1.14	0.31

Volkanik püskürük kayaçların isimlendirmesi toplam alkali silika (TAS) içeriklerine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 2.2). Diyagramdan da görüleceği üzere kayacın ağırlıkça SiO<sub>2</sub> içeriği

yatay eksen ve  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  içeriği düşey eksen olmak üzere ultrabazik, bazik orta ve asidik kayaç olarak bölgeler oluşturulmuştur. Andezit taşı, ağırlıkça yüzdesel silisyum içeriği 57 – 63 arasında ve sodyum potasyum içeriği ise % 1 ila 7 arasındaki bölgede gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Toplam alkali silika (TAS) diyagramı (Le Bas ve ark. 1985).

Türkiye genelinde volkanik kayaçların dağılımına bakıldığında; özellikle İç Ege, İç Anadolu, Trakya, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yoğunlaşma görülür (Şekil 2.3). Renkleri ihtiva ettikleri minerallerin çokluğuna göre değişir (Gri, siyah, açık veya koyu yeşil, pembemsi gibi) ve buna göre de isim alırlar (Hornblentli andezit, biyotitli andezit, ojitli andezit gibi). (Taşlıgil ve Şahin 2016).

Kapadokya bölgesi, volkanik faaliyetlerin aktif olduğu ve volkanik ürünlerin biriktiği yer olmuştur (Kapadokya Volkanik Bölgesi). Volcano-tortul istiflenmeye dayanarak söylenebilir ki, burada yaygın iki lav akması üzerine (Erdaş andeziti, Damsa lavları) oturan 11 ayrı volkanizma gelişmiş ve her biri geniş alanlara yayılan ignimbritler üretmiştir (Gevrek, 1997; Aydar vd., 2012).



**Şekil 2.3** Türkiye “Volkanik Kökenli Doğal Taşlar” Dağılım Haritası (Erkanol ve diğerleri 2007-2012)

## 2.2 Kayaçlar Üzerinde Yapılan Yaşlandırma Testleri

Yapı taşlarının uzun dönem atmosferik şartlara dayanımı arazide ve laboratuvar ortamında bir çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Frohnsdorff ve Masters 1980, Serade ve Litran 1980, Ondrasina vd. 2002, Bortz vd. 2007, Stuteman ve Clifton 1977, Carr vd. 1996, Schaffer 1932, Worke ve Smith 2007, Binal 2009, Hale vd. 2003, Akin 2010, Yavuz vd.2006, Worke ve Smith 2007, Mutlutürk ve ark. 2004). Doğaltaşların veya mermerlerin dayanıklılığını ve kalitesini tespit etmek için bazı Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletlerinde değişik testler geliştirilmiştir. (Ross 1989, Honeybore 1982, Mialco 1977). Bazı araştırmacılar değişik mermer ve travertenlerin dayanıklılığını belirlemek için uzun bir sürede (5-15 yıl) atmosferik koşullarda oluşan değişimlerini incelemişlerdir. Hızlandırılmış testlerin en yaygın olanı havada, suda veya değişik kimyasal katkılı sıvılarla donma-çözülme çevrimleridir. Laboratuvarında yaygın olarak yapılan yaşlandırma deneyleri; Donma-çözünme Isıtma-soğutma ve Islatma-kurutma testleridir. Taşların donma-çözülme, ısıtma-soğutma, ıslatma-kurutma çevrimleri öncesi ve her 5 ila 10 çevrim periyotlarında tahribatsız ve tahribatlı birçok dayanım testleri yapılmakta, taşların fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler belirlenerek dayanıklılığı araştırılmakta ve taşın kullanım ömrü hakkında fikir edinilmektedir. Islatma-kurutma, ısıtma-soğutma, donma-çözülme ve tuz kristalleşmesi gibi doğal süreçler taşı eskitmekte ve hatta ayrıştırmaktadır. Bunlardan en çok etkili olanı ve kayaçların dayanımını azaltan faktörlerin başında donma-çözülme süreçleri gelmektedir.

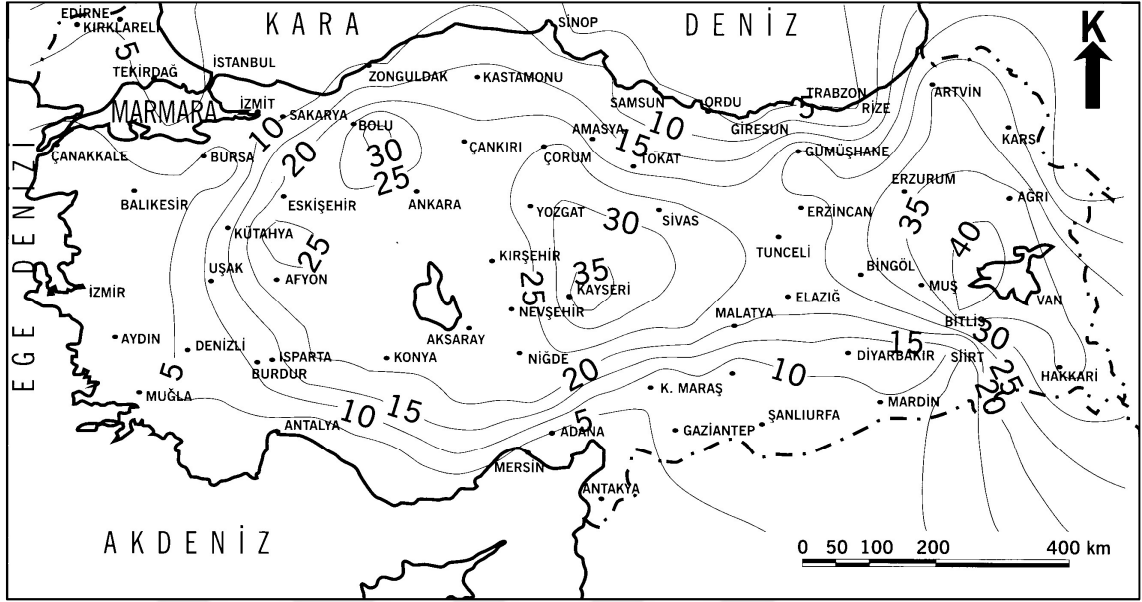
### 2.2.1. Donma-Çözülme

Yeryüzünde bulunan tüm kayaçlar, donma-çözülme-ayırışma gibi fiziksel ve kimyasal etkenlerden sürekli olarak etkilenirler. Bununla birlikte bu etkenlerin zararlı etkileri her yerde aynı değildir. İklim, kayaç bileşimi ve aşınma tipi, kayacın maruz kalacağı süre bozunmayı etkiler. Su açık sistemde donduğu zaman hacmi %9 artarken kapalı sistemde bu hacim %13,5 olduğu belirtilmektedir(Hale, P. 2003). Donma yüzeyden taşın içine doğru olmaktadır. Donma sonucu yeterli basınç oluştuğunda tanelerde kırılmalar ve kopmalar oluşmaktadır. Su donduğu zaman hacmi artan (%9 ila %11) tek sıvıdır. Boşluklarda bulunan su donduğunda boşluk cidarlarına yaklaşık -22°C de 200 MPa'lık bir hidrostatik basınç seviyesine ulaşmaktadır (Winkler, 1973). Genellikle iri taneli kayaçlar ince taneli kayaçlara göre donmaya karşı daha dayanıklıdır. %5 den daha fazla su absorbe eden ince taneli kayaçlarda donmanın oluşturduğu zarar daha fazla olurken % 1'den daha az su içeren aynı kayaçlar donmaya daha dayanıklıdır(Bell, 1992). İngiltere'deki yapı araştırma merkezi BRE(1997) tarafından yapılan araştırmada, %5'ten daha düşük poroziteli kayaçlar ile %30 'dan daha büyük poroziteli kayaçlarda donma-çözülmenin etkisinin çok az olduğu belirtilmektedir. Çatlaklı kayaçlarda donmanın etkisiyle çekme gerilmeleri oluşmakta, içsel çatlaklar gelişmekte ve zamanla kayacın dayanımı azalmakta ve ayrışmaktadır.

Kayaçların donma-çözülme sonrası dayanımlarını belirlenmesi için çok sayıda araştırmacı doğal ortamda ve laboratuarda testler yapmışlardır. Yapı taşlarının donma-çözülmeye karşı direncinin belirlenmesi üzerine ilk testler Vicat(1837) tarafından rapor edilmiştir. Donma-çözülme konusunda 19. yüzyılda birkaç yayınlanmış denemeler kayıtlarda bulunurken, buzdolabının 1930 'larda ticari olarak üretilmeye başlamasıyla, testlerde ve raporlarda artış başlamıştır. İlerleyen yıllarda araştırmaların bazıları uzun dönem(5-15 hatta 20 yıl) doğal koşullarda mermerlerde oluşan dayanım özelliklerindeki değişimlerini incelemişlerdir. Diğer yandan farklı kayaçlar için laboratuarlarda hızlandırılmış ısıtma-soğutma, ıslatma-kurutma, tuz kristallenmesi, havada ve değişik kimyasal katkı suda donma-çözülme gibi değişik yaşlandırma testleri yerli ve yabancı birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalardan çoğu donma-çözülme üzerine yoğunlaşmıştır (Bortz&Wonneberger 1995, Topal&Doyuran 1998, Hale 2003, Min&Park 2004, Mutlutürk ve diğ. 2004, Yavuz ve diğ. 2006, Worke and Smith 2007, Binal 2009, Akin 2010 ). Sidraba(2006) çalışmasında Roma travertenlerinin ayrışması üzerine yaptığı doktora çalışmasında travertenler için 150 donma-çözülme çevrimi gerçekleştirmiştir. Török(2006) Macaristan travertenlerinin ayrışması ve dayanımı üzerine araştırmalar yapmıştır.

Kayaçların donma-çözülme testlerinde çevrim sayısı araştırmacılar arasında farklılık göstermesine rağmen genelde bir yıl içerisinde gerçekleşen donma-çözülme periyotları dikkate alınmaktadır. Örneğin Kanada için Fraser(1959) tarafından yapılan donma-çözülme frekans haritasında 20 ila 60 çevrim, Amerika birleşik devletleri için hazırlanan benzer haritada yıl boyunca donma-çözülme sıklığı 20 ila 250 gün arasında değişmektedir(Hershfield 1973). Ülkemiz için Binal (1996) tarafından hazırlanan donma-çözülme periyotları haritasında çevrim sayısı 5 ila 45 arasında olup Sivas için bu değer 30 olarak haritalanmıştır(Şekil 2.4). Bortz ve

arkadaşları (2000), farklı mermerler için yaptıkları deneylerde 12 ila 16 çevrimin bir yıllık doğal aşınmaya karşılık geldiğini ve bu mermerler için 200 ila 600 arasında donma-çözülme çevrimleri gerçekleştirmişlerdir.



**Şekil 2.4** Türkiye için hazırlanmış eş donma-çözülme çevrim sayısı kontur haritası (Binal vd. 1996).

Donma-çözülme deneylerinde kullanılacak numuneler silindirik, prizmatik ve disk şeklinde hazırlanabilmektedir. Standartlarda donma süreleri 2, 6, 8, 12 ve 16 saat arasında değişmekte ve benzer sürelerde de numuneler çözündürülmektedir. Donma sıcaklığı  $-20 \pm 2$  °C ve çözme sıcaklığı da  $+20 \pm 2$  °C arasında değişmektedir.

### 2.2.2 Isıtma-Soğutma

Isıtma-Soğutma olayları yaz aylarında güneş ışınlarına maruz kalan kayaların geceleri ise soğuyup ısını kaybetmesinden dolayı kayalar genişler ve büzülür dolayısıyla zamanla ayrışma ve bozulma başlar. Çoğu malzemelerde olduğu gibi kayalar ve kayacı oluşturan mineral taneleri ısıya maruz kaldığında hacimsel genişleme meydana gelmektedir. Kuvars mineralinin ısı sonucu genişmesi Feldispat mineralinden üç kat daha fazladır (Krynine 1957). Malzemenin rengi ve yansıtıcılığı, sıcaklıktaki artıştan ve dolayısıyla genel termal hareketten sorumlu olan ısı emme kapasitelerini doğrudan etkiler. Normalde, koyu renkli materyaller, açık renkli materyallerden daha fazla ısı emer (Oliveria ve diğ. 2006). Isınma soğuma periyotları (sürekli gece gündüz) sonucu kayalarda yorulmalar olmakta ve yeterli çekme gerilmeleri oluştuğunda kayada kırılmalar, ayrışmalar ve kopmalar gelişmektedir. Ayrıca sıcaklık kaya parçalanmasında ve kimyasal ayrışmada öncül etkiye sahip olup donma çözülme ve ıslatma kurutma süreçlerine katkı sağlamaktadır. Birçok araştırmacı (Skinner 1966, Whalley ve diğ.

1984, McGreevy1985, Parke&Smith 1996, 1998) dört farklı kayaç için yaptığı ısıtma-soğutma deney süreçlerinin kimyasal ve fiziksel ayrışmaya direkt ve indirekt etkisinin olduğunu belirtmektedirler.

### **2.2.3 Islatma-Kurutma**

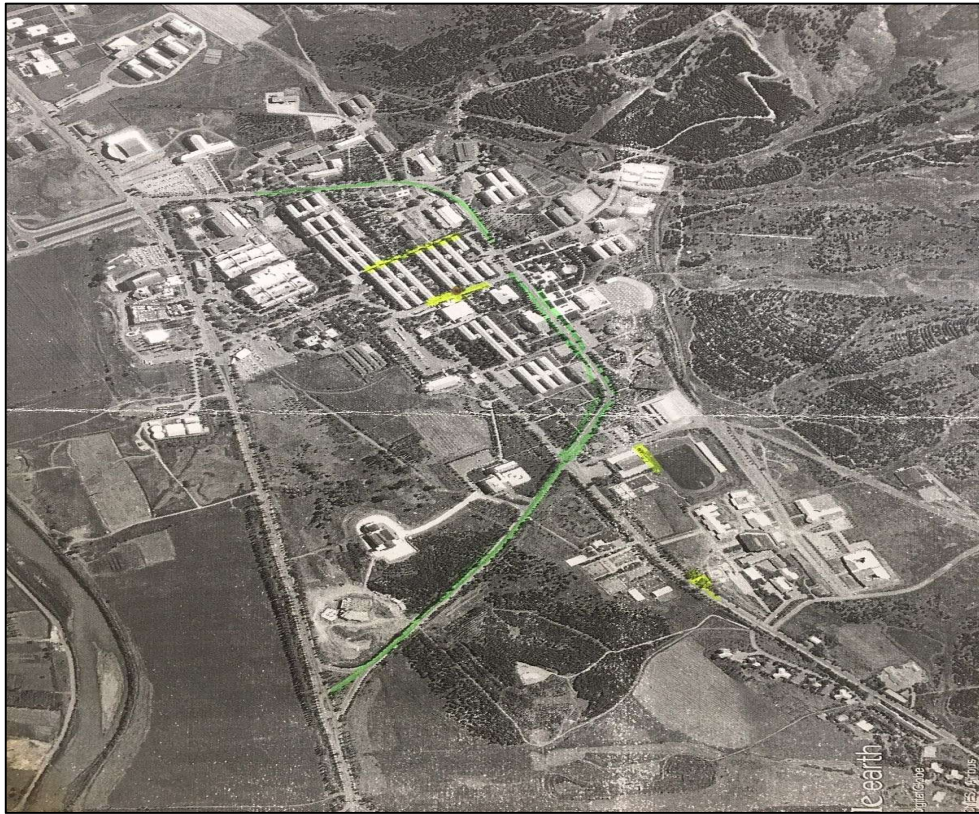
Islatma-kurutma süreçleri de kayaçların fiziksel ve fiziko-kimyasal bozulmalarına neden olmaktadır. Su 60 °C 'ye ulaştığında hacmi 1.5 kat artmakta ve taneler üzerine basınç uygulamaktadır.Su emen mineraller suyu kimyasal bünyesine alarak şişmekte ve taneler arasında basınç oluşturmaktadır. Peryodik olarak gelişen bu durum kayacın yorulmasına, taneler arasındaki çimentolanmanın çözülmesine ve dolayısıyla kayacın ayrışmasına ve bozulmasına neden olmaktadır. Kayaçların ıslanması sonucu boşluklara yerleşen su bünyede bulunan tuzları çözerek taşın yüzeyine taşımakta, kuruma ve tekrar ıslanma periyotları sonucu kayaç yüzeyinin kavlamasına neden olmaktadır(Hale 2003). Ayrıca ıslanma ve çözünme sonucu oluşan iyonlar minerallerin kimyasal bozulmasına yol açmaktadır. Örneğin Pirit minerali kolayca demir okside dönüşür ve hacim büyümesinde iç basınç oluşturur. Kayaçların ıslatma-kurutma süreçlerinde kayaç bozulmasına etkisi birçok yazar tarafından araştırılmıştır(Barros vd. 1975).Hall&Hoff 2002,Wells vd. 2005, 2008, Adamson vd. 2010, Gómez-Heras vd. 2010, McAllister vd. 2017).

### 3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde yaşlandırma testlerin yapıldığı andezit taşının kaynağı, mineralojik ve petrografik özellikleri ile laboratuvarında yapılan deneyler anlatılmıştır.

#### 3.1 Andezit Taşı Kaynak Yeri, Mineralojik, Petrografik Ve Kimyasal Özellikleri

Üniversite kaldırım ve çevre düzenlemesi yapan firma yetkililerinden edilen bilgiye göre kaldırımlara döşenen andezit taşları Kayseri Gürpınar-Salkuma bölgesinden getirilmiştir. Firma ayrıca kampüsün çoğu yerine bazalt taşı döşemiştir. Andezit taşı ise eski spor salonu, eski kütüphane önü, ilahiyat fakültesi önündeki yürüme yollarında döşeme yapmıştır. Bundan başka kampüsün değişik yerlerinde bu taştan çeşmelerde yapılmıştır. Kampüs yollarına döşenen andezit ve bazalt kaplama taşları Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Ayrıca andezit taşı döşenen bölgelerin yakından görünümü Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Deneylerde kullanılacak andezit örnekleri üniversite kaldırım ve çevre düzenlemesini yapan firmanın Kayseri yöresinden getirdiği bloklardan alınmıştır.



Şekil 3.1 Kampüs kaldırım yollarına döşen bazalt(yeşil renk) ve andezit(sarı) bölgeleri.



**Şekil 3.2** Uluslararası ilişkiler ofisi önü



**Şekil 3.3** Mühendislik fakültesi Tıp Fakültesi arasındaki yol ve meerdivenler





**Şekil 3.4** Ethem Sarılar Camii merdiven ve kaldırımları



**Şekil 3.5** Eski spor salonu arkası kaldırımları



**Şekil 3.6** İlahiyat fakültesi bahçesindeki çeşme

Kaya mekaniği laboratuvarına getirilen bloklardan örnek alınarak jeoloji bölümünde ince kesit hazırlanmış ve mikroskopta incelenmiştir. Andezit taşının çift nikol mikroskobik görüntüsü Şekil 2.5 'te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi andezit numunesi hamur içerisinde ojit ve plajyoklas mineralleri içermektedir. Yine numunenin yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2.2'de görülmektedir. Kimyasal analiz değerlerine göre numunelerin petrografik tanımı Şekil 3.7 deki TAS abağında andezit bölgesine düşmekte olduğu görülmüştür.



**Şekil 3.7** Andezit numunesi ince kesit görüntüsü (Oj: ojit minerali, Plj: plajoklas)

**Çizelge 2.2** Andezit numunesi kimyasal analiz sonuçları\*

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Diğer
58.14	16.06	2.45	5.95	3.21	1.83	12.36

\*değerler % cinsindedir.

## 3.2 Deneysel Çalışmalar

### 3.2.1 Numunelerin hazırlanması

Üniversitemiz kaldırımalarına döşenen andezit taşından homojen ve döşenen taşları temsil eden blok numuneler alınmıştır. Laboratuvar testleri için maden mühendisliği laboratuvarındaki karot alma makinası ile NX (Ø 54.7 mm)boyutundaki karot örnekler hazırlanmıştır (Şekil 3.8). Karotların boy çap oranı 2.0-2.5 olacak şekilde kesilmiştir. Alınan karot örnekleri 1 den 45 e kadar numaralandırılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8 Karot örneklerin alındığı andezit blokları



Şekil 3.9 Yaşlandırma testlerinde kullanılan Karot örnekleri

### 3.2.2 Andezit Taşının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Hazırlanan silindirik numunelerin başlangıç kuru ve doymun birim hacim ağırlıkları, porozitesi, ağırlıkça su emme oranı, tek eksenli basınç direnci, eğilme direnci gibi fiziksel ve mekanik özellikleri TSE(699) ve ISRM(2007) standartlarının belirttiği yönergelere göre yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda Andezit örneklerinin başlangıç kaya mekaniği özellikleri Çizelge 2.3'te özetlenmiştir.

**Çizelge 2.3** Andezit örneklerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

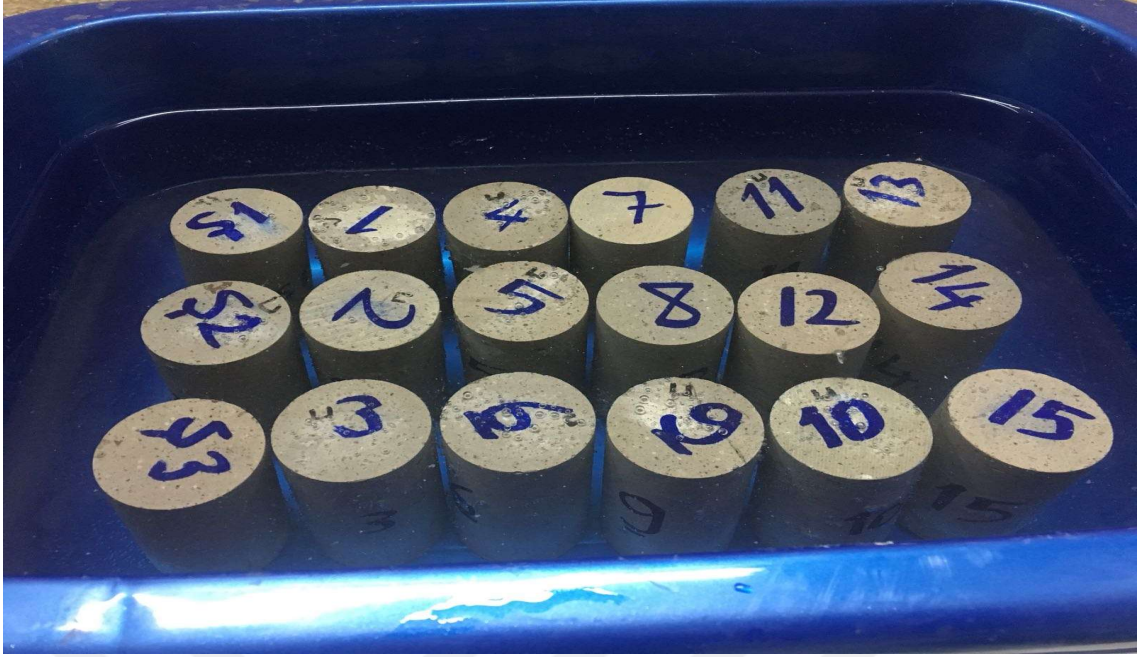
<b>Kuru Birim Hacim Ağırlık <math>\gamma</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Doygun Birim Hacim Ağırlık <math>\gamma</math> (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porozite n %</b>	<b>Ağırlıkça Su Emme w %</b>	<b>Tek Eksenli Basınç Direnci UCS (MPa)</b>	<b>Eğilme Direnci (MPa)</b>
1.91±0.39	2.07±0.16	15.96±0.25	13.78±0.54	36.70±3.25	5.19±0.45

### 3.2.2 Andezit Taşı Yaşlandırma Deneyleri

Yaşlandırma deneyleri için hazırlanan ve numaralandırılan örneklerin 1'den-15'e kadar olan numuneler ısıtma-soğutma, 16'dan-30'a kadar olanlar ıslatma-kurutma, 31'den-45'e kadar olan numunelerde ise donma-çözülme deneyleri yapılmıştır. 3 gruba ayrılan numunelerden başka tahribatsız ve tahribatlı-tek eksenli basma mukavemeti belirlenmek üzere 5 adet daha şahit numuneler de hazırlanmıştır. 15'erli gruplara ayrılan bu numuneler her 10 periyotta ıslak ve kuru olarak deneyleri yapılmış ve 3'er numune tek eksenli basınç deneyi için gruptan çıkarılarak geriye kalanlar ile çevrime devam edilmiştir.

#### 3.2.2.1 Andezit Taşı Isıtma Soğutma Deneyleri

Isıtma-Soğutma deneyleri için hazırlanan ve başlangıç ölçümleri yapılan 1-15 numaralı numuneler 10, 20, 30, 40 ve 50 çevrime tabi tutulur. Her bir çevrim numunelerin 24 saat 105 °C etüvde kaldıktan sonra 24 saat 20 °Csuda bekletmekle tamam olur (Şekil 3.10). Numunelerin her 10 çevrimde bir yaş ve kuru durumda PUNDIT cihazı ile  $V_p$  (Şekil 3.11), Equotip cihazı ile HLD sertlik (Şekil 3.12) ve Resonance Tester cihazı (Şekil 2.13) ile uzunlamasına, vevine ve enine ses frekans okumaları ve hesapla elastisite modülü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her çevrim sonrası yapılan Resonance Tester ölçümleri ve hesaplamaları Çizelge 2.4'de ve diğer tahribatsız ölçüm sonuçları Çizelge 2.5'te toplu olarak verilmiştir. Her 10 çevrim sonrası değişimlgözlenir ve 3 numune çevrimden çıkarılarak tek eksenli basınç deneyine tabi tutulur. Geriye kalan örneklerle çevrime devam edilmiştir.



Şekil 3.10 Islatma – kurutma deneylerine tabi tutulan örnekler-ıslatma havuzunda



Şekil 3.11 Pundit cihazı ile  $V_p$  ölçümü



**Şekil 3.12** Equotip cihazı ve sertlik ölçümü



Şekil 3.13 Resonance Tester cihazı ve frekans ölçümü



**Çizelge 2.4** Andezit Taşı Isıtma-Soğutma çevrimleri Resonance Tester ölçüm ve elastic modül hesaplamaları

Cylinder #	Length (meters)	Diameter (meters)	Mass (kg)	Fundamental Transverse Frequency (Hz)	Fundamental Longitudinal Frequency (Hz)	Fundamental Torsional Frequency (Hz)	Suggested Poisson's Ratio	K/L	B $N*s^2 / (kg*m^2)$	C $N*s^2 * (kg*m^2)$	D $N*s^2 * (kg*m^2)$	T Correction Factor	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Transverse Frequency E, (GPa)	Dynamic Young's Modulus of Elasticity from Longitudinal Frequency E, (GPa)	Dynamic Modulus of Rigidity from Torsional Frequency G, (GPa)	Dynamic Poisson's Ratio
1	0.11	0.05261	0.407	954	780	4558	0.19	0.12	202.4	568.9	202.4	2.04	0.2	0.1	1.7	-0.99
2	0.10966	0.05285	0.4225	1166	1219	5777	0.19	0.12	200.0	553.4	200.0	2.04	0.3	0.1	2.8	-0.98
3	0.11067	0.05265	0.4142	1113	1113	4293	0.19	0.12	203.3	577.6	203.3	2.04	0.3	0.1	1.6	-0.97
4	0.11067	0.05295	0.4146	1060	1166	4558	0.19	0.12	201.0	564.6	201.0	2.04	0.3	0.1	1.7	-0.97
5	0.10933	0.05264	0.3948	1113	1060	4558	0.19	0.12	200.9	557.3	200.9	2.04	0.3	0.1	1.6	-0.97
6	0.11071	0.05262	0.4086	1060	1113	4293	0.19	0.12	203.6	579.5	203.6	2.04	0.3	0.1	1.5	-0.97
7	0.11164	0.05292	0.4431	1219	1166	5088	0.19	0.12	203.0	580.9	203.0	2.04	0.4	0.1	2.3	-0.97
8	0.11204	0.05264	0.4126	1060	1060	4240	0.19	0.12	205.9	599.7	205.9	2.04	0.3	0.1	1.5	-0.97
9	0.11134	0.05285	0.4048	1060	1166	5194	0.19	0.12	203.0	579.3	203.0	2.04	0.3	0.1	2.2	-0.97
10	0.11026	0.05383	0.4171	1060	1113	5883	0.19	0.12	193.8	522.7	193.8	2.04	0.2	0.1	2.8	-0.98
11	0.11159	0.05293	0.4255	1216	1325	5830	0.19	0.12	202.9	579.7	202.9	2.04	0.4	0.2	2.9	-0.97
12	0.11119	0.05291	0.4066	1272	1219	4452	0.19	0.12	202.3	574.3	202.3	2.04	0.4	0.1	1.6	-0.96
13	0.11085	0.0528	0.4156	1113	954	4346	0.19	0.12	202.5	573.8	202.5	2.04	0.3	0.1	1.6	-0.98
14	0.11054	0.05282	0.41	1060	1272	4558	0.19	0.12	201.8	568.2	201.8	2.04	0.3	0.1	1.7	-0.96
15	0.11138	0.05281	0.4263	1060	1166	4558	0.19	0.12	203.4	581.7	203.4	2.04	0.3	0.1	1.8	-0.97

**Çizelge 2.5** Andezit Taşı Isıtma-Soğutma çevrimleri sonrası Tahribatsız Test ölçümleri

Heating_Cooling-Isıtma-Soğutma Çevrimleri Sonrası ağırlık-Vp-Epundit-Equotip-Shore_E_resonance tester Değerleri (Yaş ve kuru durumlarda için)																																															
Çevrim sayısı	Grup	Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Bulk hacmi (cm <sup>3</sup> )	Doğal ağırlık (gr)	Ağırlık ölçümleri					Vp ölçümleri					Elastisite ölçümleri					Equotip sertlik ölçümleri					Shore sertlik ölçümleri					Resonance Tester-elastik modül ölçümleri					UCS (Mpa)										
							0.Çevrim Yaş Ağırlık (gr)	Çevrim sonrası Yaş Ağırlık (gr)	Çevrim sonrası yaş ağırlıkta ki değişim (%)	0.Çevrim Kuru ağırlık (gr)	Çevrim sonrası Kuru ağırlık (gr)	Çevrim sonrası kuru ağırlıkta ki değişim (%)	0.Çevrim yaş durumdaki Vp (m/s)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Vp (m/s)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Vp deki değişim (%)	0.Çevrim kuru Vp (m/s)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Vp (m/s)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Vp deki değişim (%)	0.Çevrim yaş Elastisite Modülü (Pundit ile) (Gpa)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Elastisite Modülü (Pundit ile) (Gpa)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Elastisite modüldeki değişim (%)	0.Çevrim kuru Elastisite Modülü (Pundit ile) (Gpa)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Elastisite Modülü (Pundit ile) (Gpa)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Elastisite modüldeki değişim (%)	0.Çevrim yaş Equotip sertlik (HLD)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Equotip sertlik (HLD)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Equotip sertlikte ki değişim (%)	0.Çevrim kuru Equotip sertlik (HLD)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Equotip sertlik (HLD)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Equotip sertlikte ki değişim (%)	0.Çevrim yaş Shore sertlik	Çevrim sonrası yaş durumdaki Shore sertlik	Çevrim sonrası yaş durumdaki Shore sertlikteki değişim (%)	0.Çevrim kuru Shore sertlik	Çevrim sonrası kuru durumdaki Shore sertlik	Çevrim sonrası kuru durumdaki Shore sertlikte ki değişim (%)		0.Çevrim yaş Elastisite modülü (Resonance Tester ile) (GPa)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Elastisite modülü (Resonance Tester ile) (GPa)	Çevrim sonrası yaş durumdaki Elastisite modüldeki değişim (%)	0.Çevrim kuru Elastisite modülü (Resonance Tester ile) (GPa)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Elastisite modülü (Resonance Tester ile) (GPa)	Çevrim sonrası kuru durumdaki Elastisite modüldeki değişim (%)				
10	1	1	110.2	52.67	239.99	407.00	461.80	467.10	1.15	406.90	406.9	0.00	1679	1570	-6.51	1790	1760	-1.68	3.61	3.19	-11.70	3.69	3.28	-11.11	643.15	608.5	-5.39	664.66	581	-12.59	52.9	52.6	-0.64	53	46.1	-13.11	1.3	1.2	-7.69	2.1	2.0	-2.79	2254				
		2	109.7	52.85	240.56	422.50	472.20	474.20	0.42	422.10	422.1	0.00	2104	2080	-1.15	2260	2220	-1.77	3.80	3.45	-9.11	3.89	3.21	-17.48	660.13	643.5	-2.52	680.17	591.5	-13.04	54.3	53.7	-1.20	58	50.8	-12.50	2.3	2.1	-8.70	2.8	1.7	-39.43	4057				
		3	110.7	52.65	240.94	414.20	461.70	465.40	0.80	405.60	405.5	-0.02	1613	1360	-15.68	1720	1640	-4.65	3.59	2.91	-18.91	3.63	2.96	-18.46	638.23	625.5	-1.99	645	586	-9.15	49.8	49.8	-0.01	57.5	50.5	-12.26	1	1	0.00	1.6	1.4	-11.74	2025				
20	2	4	110.7	52.95	243.7	414.60	469.30	470.10	0.17	414.40	414.50	0.02	1630	1840	1830	-0.54	3.25	3.72	3.36	-9.68	614	676.16	568.5	-15.92	50.7	55.9	45.25	-19.05	1.1	1.7	1.7	-2.85	3059														
		5	109.3	52.64	237.94	394.80	451.20	452.50	0.29	394.60	394.70	0.03	1500	1740	1710	-1.72	3.13	3.65	3.3	-9.59	594.5	646.83	543	-16.05	49.4	54.72	46.6	-14.84	1.0	1.6	1.5	-4.07	2695														
		6	110.7	52.62	240.76	408.60	465.90	465.40	-0.11	407.90	407.70	-0.05	1360	1680	1610	-4.17	2.91	3.61	3.23	-10.53	589.5	624	578.5	-7.29	48.85	53.32	46.05	-13.63	0.9	1.5	1.4	-5.41	2386														
30	3	7	111.6	52.92	245.56	443.10	492.70	490.70	-0.41	442.50	442.50	0.00	1680	2040	1940	-4.90	3.28	3.82	3.41	-10.73	648.5	667.67	678	1.55	54.3	56.58	55.25	-2.35	1.6	2.3	2.2	-5.10	35.63														
		8	112	52.64	243.83	412.60	470.10	469.60	-0.11	412.00	411.70	-0.07	1340	1690	1630	-3.55	2.89	3.61	3.24	-10.25	607	627.33	617.5	-1.57	47.8	54.15	51.65	-4.62	0.9	1.5	1.4	-3.38	2259														
		9	111.3	52.85	244.25	404.80	462.90	464.10	0.26	404.70	404.80	0.02	1820	2070	2070	0.00	3.36	3.83	3.45	-9.92	578.5	630.67	552	-12.47	48.55	54.27	45.95	-15.33	1.5	2.2	2.3	2.89	2825														
40	4	10	110.3	53.83	250.93	417.10	468.30	476.10	1.67	416.90	417.10	0.05	2040	2310	2330	0.87	3.44	3.91	3.51	-10.23	615	621.5	616	-0.88	48.6	55.89	50.1	-10.36	1.7	2.8	3.1	9.12															
		11	111.6	52.93	245.54	425.50	477.40	483.20	1.21	425.40	425.60	0.05	2080	2350	2360	0.43	3.45	3.92	3.52	-10.20	623	591.17	614	3.86	48.6	57.45	49.5	-13.84	1.8	2.9	3.1	6.78															
		12	111.2	52.91	244.47	406.60	462.60	473.10	2.27	406.50	406.90	0.10	1500	1740	1730	-0.57	3.12	3.65	3.31	-9.32	608.5	633.67	555.5	-12.34	48.95	53.5	45.5	-14.95	1.1	1.6	1.7	4.40															
50	5	13	110.9	52.8	242.71	415.60	470.60		415.50					1750																																	
		14	110.5	52.82	242.22	410.00	464.40		409.90						1790																																
		15	111.4	52.81	243.97	426.30	478.40		426.20						1790																																

### 3.2.2.2 Andezit Taşı İslatma-Kurutma Deneyleri

İslatma-Kurutma deneyleri için hazırlanan ve başlangıç ölçümleri yapılan 16-30 numaralı numuneler de 10,20,30,40, ve 50 çevrime tabi tutulur. Her bir çevrim numunelerin 24 saat 20°C oda sıcaklığında kaldıktan sonra 24 saat 20 °C suda bekletmekle tamam olur (Şekil 3.14). Numunelerin her 10 çevrimde bir yaş ve kuru olarak ısıtma-soğutma deneyindeki gibi tahribatsız testler gerçekleştirilir. Her çevrim sonrası yapılan ölçümler Çizelge 2.5'de toplu olarak verilmiştir. Benzer şekilde numunelerdeki değişimleri gözlenerek 3 numune tek eksenli basınç deneyi için çevrimden çıkarılır ve deney yapılır.



Şekil 3.14 İslatma kurutma deneyi-numuneler su havuzunda

Çizelge 2.5 Andezit Taşı İslatma-kurutma çevrimleri sonrası Tahribatsız Test ölçümleri

Wetting-Drying-İslatma-kurutma-Çevrimler Sonrası Eğri-İp-Çevrim-Equipo-Şore, E, resonance testler Değerleri (Yaş ve kuru durumlar için)																																				
Çevrim sayı	Grup	Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Bulk hacim (cm <sup>3</sup> )	Diğer Ağırlık (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	Çevrim sonrası yaş (g)	UCS (MPa)			
10	6	16	110.67	52.72	241.4	420.0	464.6	495.6	0.21	408.8	435.60	6.56	1940	2790	9990	-5.59	3.25	3.69	3.28	-11.11	620	626.5	585.5	-6.54	52.2	48.55	40.00	-1.11	1.3	1.7	1.4	-0.59	29.92			
		17	110.25	52.81	241.5	420.8	458.5	457.9	-0.12	401.6	429.20	7.14	1560	1730	9590	-8.09	3.18	3.64	3.21	-11.29	604	622.5	572.5	-8.09	50.7	51.45	47.26	-8.26	1.2	1.6	1.3	-17.59	23.61			
		18	109.61	52.62	239.4	421.3	457	459.4	0.31	401.7	421.70	7.47	1360	2000	1390	-17.86	2.91	3.6	3.26	-17.78	599	629.5	593.5	-10.80	48.95	48.4	46.8	-3.21	0.9	1.5	1.0	-36.40	34.48			
20	7	19	111.62	52.82	244.4	424.7	471.7	472.4	0.19	414.5	439.9	6.19	1640	2790	9640	-8.36	3.25	3.69	3.25	-11.92	626	637.5	596.5	-15.39	49.4	58.35	46.2	-20.02	1.3	1.7	1.3	-23.22	28.39			
		20	111.09	52.68	242.1	420.9	467.2	469.4	0.26	410.3	438.1	6.70	1330	2600	1350	-19.64	2.86	3.6	3.28	-19.77	598.5	644.5	596.5	-8.01	45.45	54.45	45.45	-16.53	0.9	1.6	1.0	-39.77	20.78			
		21	111.09	52.79	242.1	424.9	472.5	473	0.11	414.4	442.2	6.71	1300	2790	9510	-19.64	3.12	3.69	3.14	-14.93	605	645	603.5	-5.25	48.05	51.55	46.8	-9.21	1.1	1.7	1.1	-31.43	21.28			
30	8	22	111.2	52.79	243.4	427.7	474.2	476.1	0.47	417.8	437	-0.15	1310	2790	1790	-2.81	3.13	3.68	3.31	-10.02	600.5	625.5	604.5	1.44	48.8	52.85	55.5	5.01	1.2	1.7	1.6	-5.65	24.35			
		23	111.02	52.81	242.1	422.0	467.3	470.4	0.66	411.8	411.9	0.02	1700	2810	3020	-15.55	3.29	3.71	3.36	-9.45	590	636.5	615	-3.90	50.6	54.4	50.4	-7.35	1.3	1.7	1.7	-2.64	28.75			
		24	109.13	52.81	236.8	421.2	467.4	468.7	0.20	414.6	424.6	0.00	1900	2390	2370	-1.91	3.28	3.67	3.48	-10.08	615	622	610	2.60	50	54.4	53.3	-3.86	1.9	2.7	2.6	-4.30	30.36			
40	9	25	112	52.9	246.2	427.8	467.1	469.38	0.47	417.5	427.7	0.15	1480	2790	9990	-3.31	3.11	3.64	3.29	-9.62	571.5	629.5	597.5	-8.99	46	48.55	48.1	-3.99	1.1	1.5	1.5	-0.44				
		26	110.94	52.79	241.5	425.9	471	471.88	0.39	415.4	425.3	-0.10	1770	2180	2110	-3.31	3.33	3.67	3.46	-10.59	601	633.5	622	-4.82	47.65	52.2	49.2	-5.76	1.5	2.5	2.5	-1.94				
		27	111.47	52.91	245.1	429.0	476.6	482.59	1.11	428.8	428.8	0.00	1650	1770	1790	0.38	3.26	3.67	3.34	-8.99	607	648.5	637	-1.77	53.5	56.5	53.7	-4.98	1.3	1.7	1.7	-3.65				
50	10	28	111.42	52.92	245.1	427.6	464.1		407.4				2790																							
		29	113.66	52.92	249.8	427.0	482.5		426.3				2800																							
		30	112.22	52.78	245.3	442.5	492.1		440.5				2300																							

### 3.2.2.3 Andezit Taşı Donma-Çözülme Deneyleri

Donma- Çözülme deneyleri için hazırlanan ve başlangıç ölçümleri yapılan 31-50 numaralı numuneler de 10,20,30,40, ve 50 çevrime tabi tutulur. Donma çözülme deneyi için hazırlanan numuneler +20 °C suda 6 saat beklettikten sonra -20 °C donma kabinde 18 saat bekletilerek donması sağlanmıştır ve bu şekilde bir çevrim tamamlanmıştır. Toplamda 50 çevrim yapılmış ve her 5'er çevrimde bütün numunelerin önceki bölümde yapılan tahribatsız testler gerçekleştirilmiştir. Her çevrim sonrası yapılan ölçümler Çizelge 2.6'da toplu olarak verilmiştir. Yine Benzer şekilde numunelerdeki değişimleri gözlenerek 3 numune tek eksensli basınç deneyi için çevrimden çıkarılır ve deney yapılır.

**Çizelge 2.6** Andezit Taşı Donma-Çözülme çevrimleri sonrası Tahribatsız Test ölçümleri

Çevrim sayısı	Grup	BOYUTLAR VE DOĞAL AĞIRLIK		YAŞ VE KURU AĞIRLIK ÖLÇÜMLERİ					YAŞ VE KURU VP ÖLÇÜMLERİ		YAŞ VE KURU PUNDIT İLE YOUNG MODÜLÜ ÖLÇÜMLERİ					YAŞ VE KURU LEEPHOLD SERTLİK ÖLÇÜMLERİ					YAŞ VE KURU SHORE SERTLİK ÖLÇÜMLERİ		YAŞ VE KURU RESONANCE TESTER İLE ELASTİK MODÜL ÖLÇÜMLERİ																			
		Numune No	Boy (mm)	Çap (mm)	Doğal Ağırlık (g)	0. Çevrim Yaş Ağırlık (g)	Çevrim sonrası Yaş Ağırlık (g)	Çevrim sonrası Kuru Ağırlık (g)	0. Çevrim Yaş VP (m/s)	Çevrim sonrası Yaş VP (m/s)	Çevrim sonrası VP yaş eksiği	0. Çevrim VP (m/s)	Çevrim sonrası VP yaş VP (m/s)	0. Çevrim Young Modül (GPa)	Çevrim sonrası Young Modül (GPa)	0. Çevrim Young Modül (GPa)	Çevrim sonrası Young Modül (GPa)	0. Çevrim Leep Sertlik (HLD)	Çevrim sonrası Leep Sertlik (HLD)	0. Çevrim Shore Sertlik (Shore)	Çevrim sonrası Shore Sertlik (Shore)	0. Çevrim Elasti Modül (GPa)	Çevrim sonrası Elasti Modül (GPa)	0. Çevrim UCS (Mpa)	Çevrim sonrası UCS (Mpa)																	
5	11	31	109.30	52.78	397.98	456.4	452.4	0.25	397.4	397.8	0.00	1538	1520	0.00	1798	1738	4.99	3.12	3.3	4.21	553	553	0.00	1686	1681	5.61	9.99	40.65	46.55	0.00	54.23	47.6	13.76	1.1	1.1	0.00	1.1	1.3	-26.96			
		32	109.71	52.69	393.70	457.7	456.3	0.57	393.5	393.5	0.00	1470	1470	0.00	1748	1670	6.78	4.19	3.09	0.00	1.21	1.77	-1.22	554	564	0.00	1638	152	15.85	47.8	47.8	0.00	52.73	49.6	-5.99	1.0	1.0	0.00	1.1	1.2	-26.22	
		33	111.94	52.89	428.80	483.0	486	0.62	428.5	428.4	-0.02	1998	1990	0.00	2252	2250	0.00	3.43	3.43	0.00	3.3	3.5	0.00	593	593	0.00	1638	588	-8.34	40.79	48.75	0.00	56.05	53.5	-4.86	1.8	1.8	0.00	1.8	1.4	-27.92	
10	11	31	109.92	52.78	397.98	456.4	456	-0.09	397.8	397.7	0.03	1550	1510	0.66	1780	1740	2.30	3.12	3.14	0.64	3.34	3.31	-0.91	553	548	-1.00	1658	1561	-9.99	40.7	43.15	-8.11	54.15	45.7	-18.62	1.1	1.0	10.73	1.6	1.5	-10.18	23.82
		32	109.71	52.69	393.70	457	452.7	-0.22	393.5	393.5	0.00	1470	1460	-0.68	1748	1700	2.35	3.09	3.07	0.65	3.31	3.29	-0.61	554	569	0.88	1638	1565	-13.29	47.8	44	-6.64	54.2	48	-9.48	1.0	0.9	7.63	1.1	1.4	-7.00	23.73
		33	111.94	52.89	428.80	483.0	482.3	-0.15	428.5	428.6	0.02	1998	2010	1.00	2250	2260	0.44	3.43	3.43	0.00	3.3	3.5	0.00	593	571	-3.85	1638	1592	-7.61	48.8	46.7	-4.39	56.05	48.6	-15.45	1.8	1.9	2.62	1.9	1.7	-7.24	38.48
15	12	34	111.58	52.86	402.80	471.3	472.9	0.30	402.8	416.8	0.05	1518	1500	-0.67	1738	1700	1.18	3.12	3.13	0.00	3.3	3.29	-0.30	548	526	-6.47	1537	1565	-13.9	40.8	40.8	-22.92	54.8	41.8	-31.12	1.1	1.0	10.96	1.6	1.5	-5.02	
		35	111.94	52.86	402.80	464.1	463.8	-0.06	402.8	409	0.05	1388	1400	0.71	1738	1620	4.84	2.89	0.67	3.31	3.23	1.86	3.11	2.42	0.18	1620	147	-13.80	47.9	37.25	-26.98	54.15	41.9	-25.80	0.8	0.9	0.69	1.1	1.3	-8.05		
		36	111.94	52.92	408.6	469.5	467.5	-0.43	408.4	408.4	0.00	1520	1520	0.00	1958	1720	1.74	3.14	3.21	3.31	3.3	0.61	529	529	0.00	1648	1461	-69.7	37.9	28.80	-33.1	41.1	29.60	1.1	1.1	7.52	1.5	1.5	-4.99			
20	13	34	111.58	52.86	402.80	464.1	465	0.19	402.8	403	0.05	1388	1380	-0.72	1738	1650	3.03	2.89	2.95	0.68	3.31	3.32	0.62	540	533	-0.67	1573	1564	-3.53	50.25	48.2	-13.46	54.15	46.2	-18.72	1.1	1.1	3.91	1.6	1.5	-7.64	28.14
		35	111.94	52.92	408.6	469.5	465.7	-0.82	408.4	408.5	0.02	1520	1500	-1.33	1738	1700	-1.74	3.12	3.12	0.96	3.31	3.3	-0.61	529	530	-0.29	1648	1559	-9.22	47.8	43.8	-7.42	54.15	43.6	-22.02	1.1	1.0	10.73	1.6	1.5	-10.41	22.77
		36	111.94	52.92	408.6	469.5	463.4	0.82	408.4	403.1	0.12	1518	1480	-2.03	1738	1738	2.89	3.12	3.10	-0.97	3.31	3.31	-0.91	529	535	-11.31	1648	1547	-18.46	47.8	40.15	-32.79	54.15	45.2	-24.36	1.1	1.0	6.85	1.5	1.5	0.00	
25	13	38	111.31	52.92	421.40	476.8	476.6	-0.04	421.1	421.5	0.09	2098	2000	-3.47	2388	2380	1.27	3.08	3.04	0.58	3.31	3.52	0.28	578	547	-5.67	1642	1570	-12.82	47.8	42.5	-12.47	50.8	46.7	-29.44	2.1	1.8	15.23	2.0	2.8	-1.79	
		39	110.14	52.95	423.60	476.3	485.3	0.96	423.2	423.2	0.05	1800	1860	3.67	2188	2188	3.27	3.12	3.24	0.65	3.47	3.47	0.98	582	562	-6.17	1688	1524	-26.98	43.35	38.98	-6.6	47.9	13.90	1.1	1.7	1.02	1.1	2.5	-4.88		
		37	110.97	52.74	402.80	465.0	462.40	0.61	402.8	409.2	0.15	1518	1470	-2.72	1738	1738	2.89	3.12	3.08	-1.62	3.31	3.31	-0.98	526	536	-15.41	1648	1504	-28.57	47.8	42.15	-26.45	54.15	41.5	-35.46	1.1	1.0	10.63	1.6	1.6	-4.09	29.53
30	13	38	111.31	52.92	421.40	476.80	474.60	-0.25	421.1	421.4	0.07	2098	2000	-4.50	2338	2304	1.16	3.43	3.43	0.00	3.31	3.51	0.00	578	562	-2.76	1642	153	-16.18	47.8	42.35	-12.87	40.6	47.5	-27.40	2.1	1.6	30.98	1.8	2.9	46.31	34.52
		39	110.14	52.95	423.60	476.80	479.10	0.69	423.2	423.5	0.12	1838	1800	-1.67	2218	2150	1.29	3.12	3.35	0.60	3.31	3.47	0.47	538	581	-0.86	1663	1506	-31.26	47.8	40.45	-36.78	44.3	48.8	-11.68	1.7	1.6	-4.43	1.7	2.7	35.68	31.26
		40	111.03	53.01	400.5	461	462.3	-0.09	400.6	400.6	0.07	1488	1390	0.00	1670	1670	0.00	2.89	2.97	0.34	3.31	3.27	0.00	480	480	-11.63	1648	1549	-14.48	47.8	41.3	-19.01	54.15	41.6	-26.08	1.6	0.5	38.91	0.9	0.9	-56.26	
40	14	41	112.15	52.97	418.6	476.7	477.6	0.19	418.4	418.9	0.12	1548	1570	1.91	1798	1810	2.21	3.19	3.19	0.94	3.31	3.35	0.60	578	474	-25.34	1648	1488	-17.26	47.8	42.9	-15.03	57.9	43.7	-31.69	1.1	1.1	0.71	1.5	1.2	-12.81	
		42	111.88	52.95	428.5	469.7	482.4	0.61	428.6	428.6	0.07	1708	1650	0.00	1858	1858	2.16	3.12	3.26	0.00	3.31	3.37	0.59	553	553	0.00	1636	1636	0.00	47.8	42.25	-26.75	54.15	46.5	-32.51	1.1	1.3	3.16	1.8	0.0		
		43	111.03	53.01	402.35	461	462.70	0.06	402.8	400.8	0.22	1368	1360	-0.22	1698	1698	1.18	2.89	3.12	0.28	3.31	3.28	0.30	455	455	-29.22	1648	1515	-21.50	47.8	41.35	-19.99	54.15	46.3	-13.28	1.1	1.1	11.45	1.7	1.4	-10.91	
45	15	41	112.15	52.97	418.60	476.7	477.50	0.17	418.4	419.1	0.17	1548	1540	-0.17	1810	1810	0.00	3.16	3.16	0.00	3.35	3.35	0.00	520	520	-38.82	1648	1513	-25.21	47.8	41.35	-19.99	54.15	43.3	-33.06	1.1	1.0	4.96	1.6	1.7	-7.12	
		42	111.88	52.95	428.50	469.7	482.80	0.08	428.6	428.9	0.14	1608	1630	-1.23	1818	1850	2.16	3.12	3.24	0.62	3.31	3.37	0.59	559	559	-20.83	1648	1514	-33.66	47.8	47.9	-11.80	54.15	49.4	-24.72	1.1	1.3	9.24	1.8	0.09		
		43	110.38	52.77	421.7	475.80	478.00	0.46	421.20	460	0.07	1460	1430	-0.30	1850	1850	0.00	3.08	3.03	0.63	3.38	3.48	0.68	565	565	-7.52	673	40.8	42.15	58.15	57.15	1.2	1.1	11.45								
50	15	44	110.78	52.84	400.8	462.80	464.80	0.43	400.60	1830	1830	-12.3	2040	3.37	3.24	4.01	3.44	354	482	-15.06	640.5	46.8	46.35	-0.97	54.8	1.6	0.8	108.8														
		45	110.78	52.86	421.5	475.40	476.00	0.13	421.20	1990	1950	-20.5	2230	3.43	3.41	0.99	3.49	543	543	-0.09	660.5	51.7	44.75	45.39	59.95	1.7	1.7	0.77														
		43	110.38	52.77	421.70	475.80	478.00	0.46	421.20	1840	1860	3.08	2040	3.37	3.24	4.01	3.44	354	482	-15.06	640.5	46.8	46.35	-0.97	54.8	1.6	0.8	108.8														
44	111.28	52.84	400.80	462.80	462.80	0.00	400.60	1850	1850	0.00	2040	3.37	3.24	4.01	3.44	354	482	-15.06	640.5	46.8	46.35	-0.97	54.8	1.6	0.8	108.8																

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

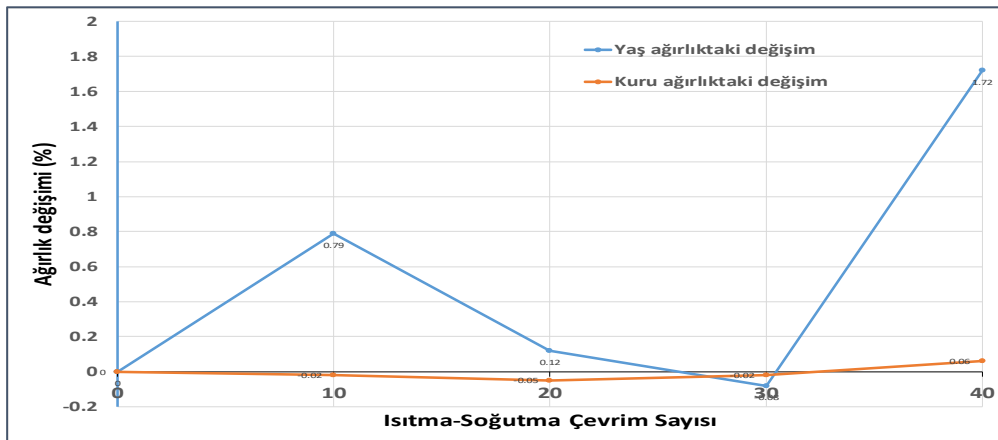
Bu bölümde andezit taşları üzerinde yapılan yaşlandırma deneyleri sonrası yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

##### 4.1 Andezit Taşı Isıtma-Soğutma Çevrim Sonuçlarının Değerlendirilmesi

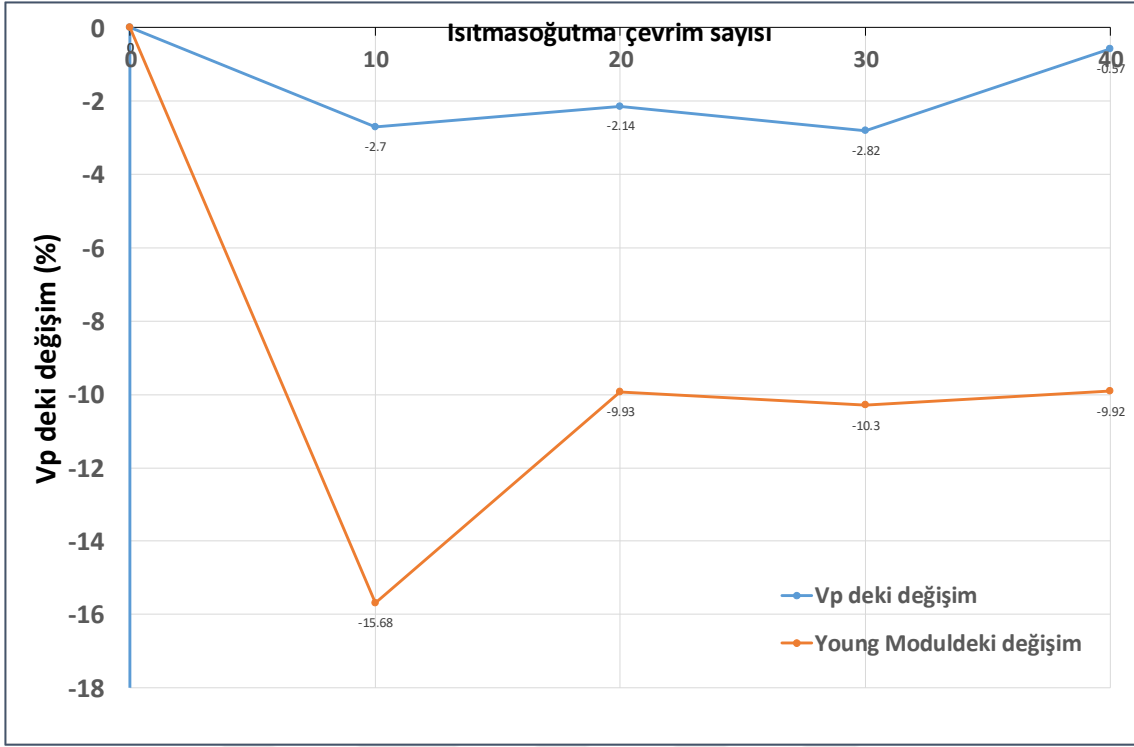
Isıtma-Soğutma çevrimleri sonrası elde edilen ölçümlerden numunelerin yaş ve kuru ağırlıklarındaki, Vp hızındaki, elastisite modülündeki, Equotip ve Shore sertlik değerlerindeki değişimler hesaplanmış ve Çizelge 4.1'de özetlenmiştir. Yine çevrim sayıları ile ölçülen bu fiziksel özelliklerdeki değişimler Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de grafiklerle gösterilmiştir. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi çevrimler sonrası kuru ağırlıklardaki değişim pek fazla olmazken yaş ağırlıktaki değişim 40. Çevrim sonrası anlamlı oranda artmıştır. Bu durum andezitlerin çevrim sonrası gözeneklerin veya boşluk oranının artması ve bu boşlukların su ile dolması ayrışan minerallerin killeşerek suyu absorbe ettiğini göstermektedir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de görüldüğü gibi ısıtma-soğutma çevrimleri sonrası andezitlerin Vp, E ve sertlik değerlerinde azalma görülmüştür.

**Çizelge 4.1** Isıtma-soğutma deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (%) (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir)

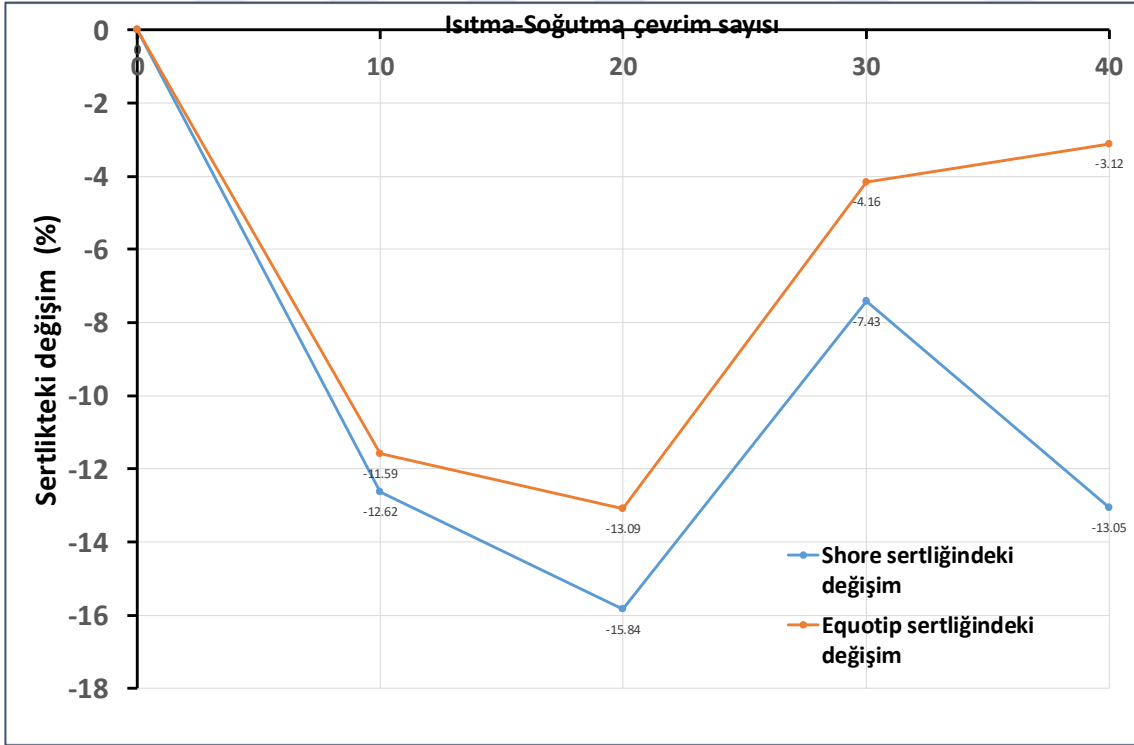
Fiziksel özellik	Çevrim sayısı	0	10	20	30	40
Yaş Ağırlık	0	0	0.79	0.12	-0.08	1.72
Kuru Ağırlık	0	0	-0.02	-0.05	-0.02	0.06
Vp	0	0	-2.7	-2.14	-2.82	-0.57
E_pundit	0	0	-15.68	-9.93	-10.3	-9.92
E_resonance_tester	0	0	-17.99	-4.11	-1.86	-6.77
HLD	0	0	-11.59	-13.09	-4.16	-3.12
Shore	0	0	-12.62	-15.84	-7.43	-13.05



**Şekil 4.1** Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği



Şekil 4.2 Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası Vp ve Elastik modüldeki değişim grafiği



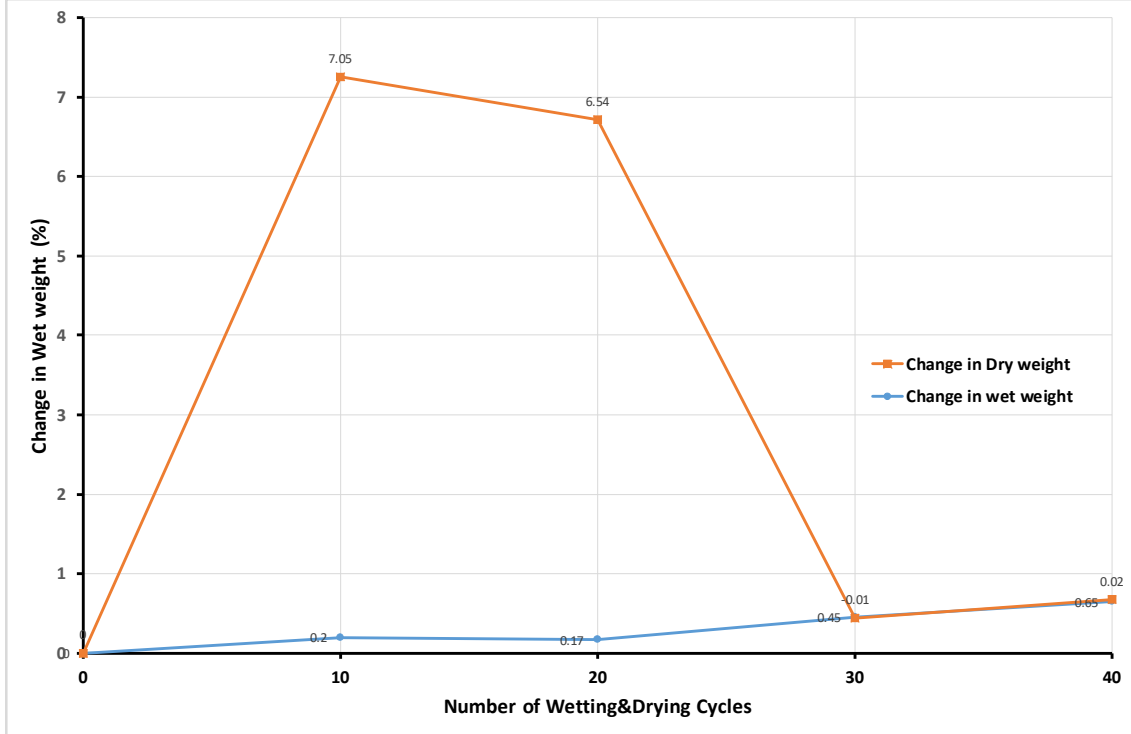
Şekil 4.3 Isıtma-soğutma çevrimleri sonrası Shore ve Equotip sertliğindeki değişim grafiği

#### 4.2 Andezit Taşı İslatma-Kurutma Çevrimleri Sonrası Uygulanan Testler

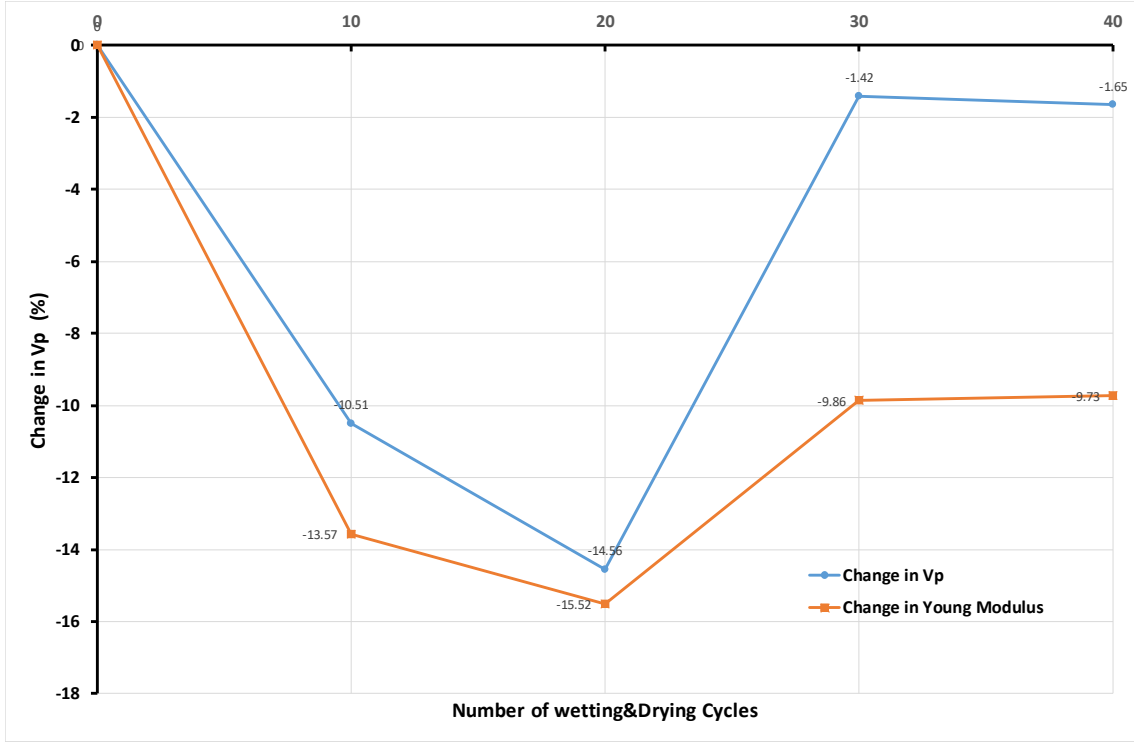
İslatma-Kurutma çevrimleri sonrası elde edilen ölçümlerden numunelerin yaş ve kuru ağırlıklarındaki, Vp hızındaki, elastisite modülündeki, Equotip ve Shore sertlik değerlerindeki değişimler hesaplanmış ve Çizelge 4.2'de özetlenmiştir. Yine çevrim sayıları ile ölçülen bu fiziksel özelliklerdeki değişimler Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da grafiklerle gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2** İslatma-kurutma deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir)

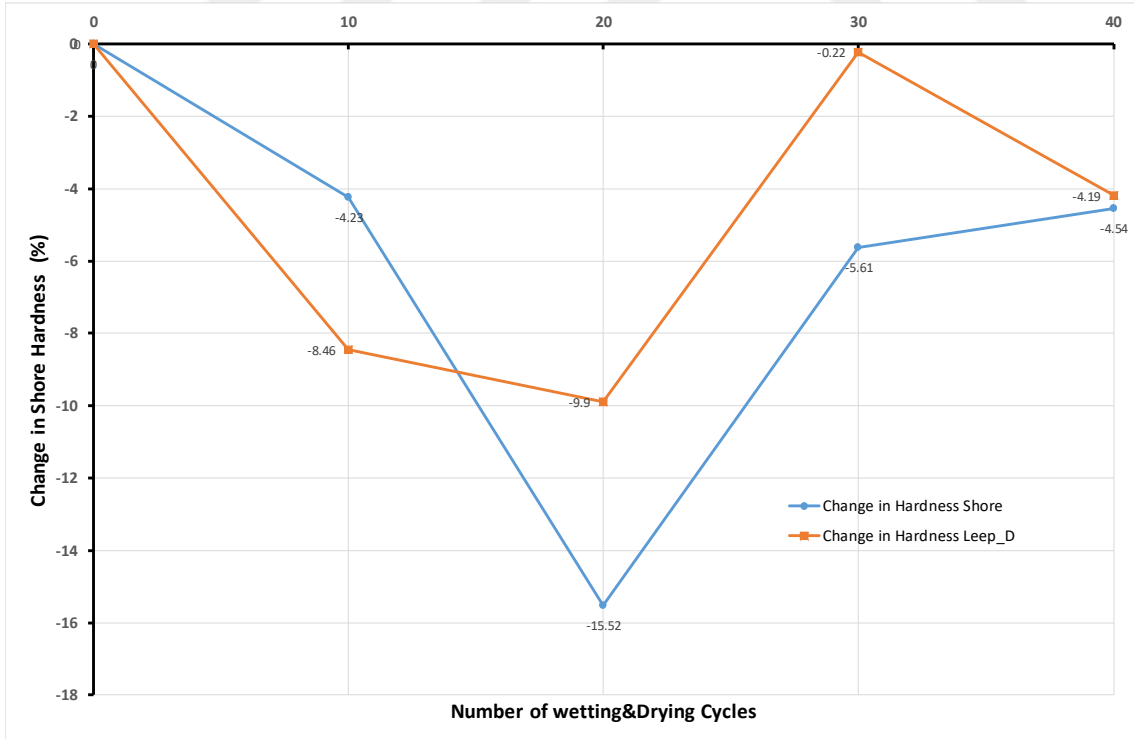
Fiziksel özellik	Çevrim sayısı				
	0	10	20	30	40
Yaş Ağırlık	0	0.2	0.17	0.45	0.65
Kuru Ağırlık	0	7.05	6.54	-0.01	0.02
Vp	0	-10.51	-14.56	-1.42	-1.65
E_pundit	0	-13.57	-15.52	-9.86	-9.73
E_resonance_tester	0	-23.62	-32.12	-4.26	-0.99
HLD	0	-8.46	-9.9	-0.22	-4.19
Shore	0	-4.23	-15.52	-5.61	-4.54



**Şekil 4.4** İslatma-kurutma çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği



Şekil 4.5 Islatma-kurutma çevrimleri sonrası Vp ve Elastik modüldeki değişim grafiği



Şekil 4.6 Islatma -kurutma çevrimleri sonrası Shore ve Equotip sertliğindeki değişim grafiği

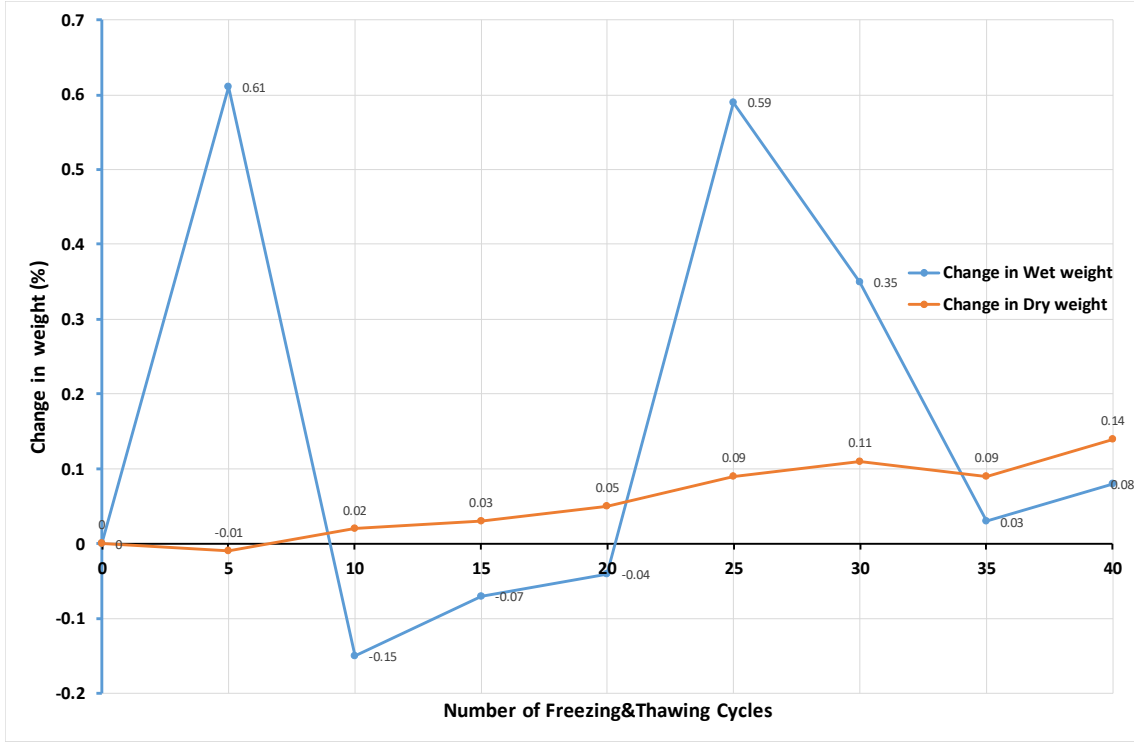


#### 4.1 Andezit Taşı Donma-Çözülme Çevrimleri Sonrası Uygulanan Testler

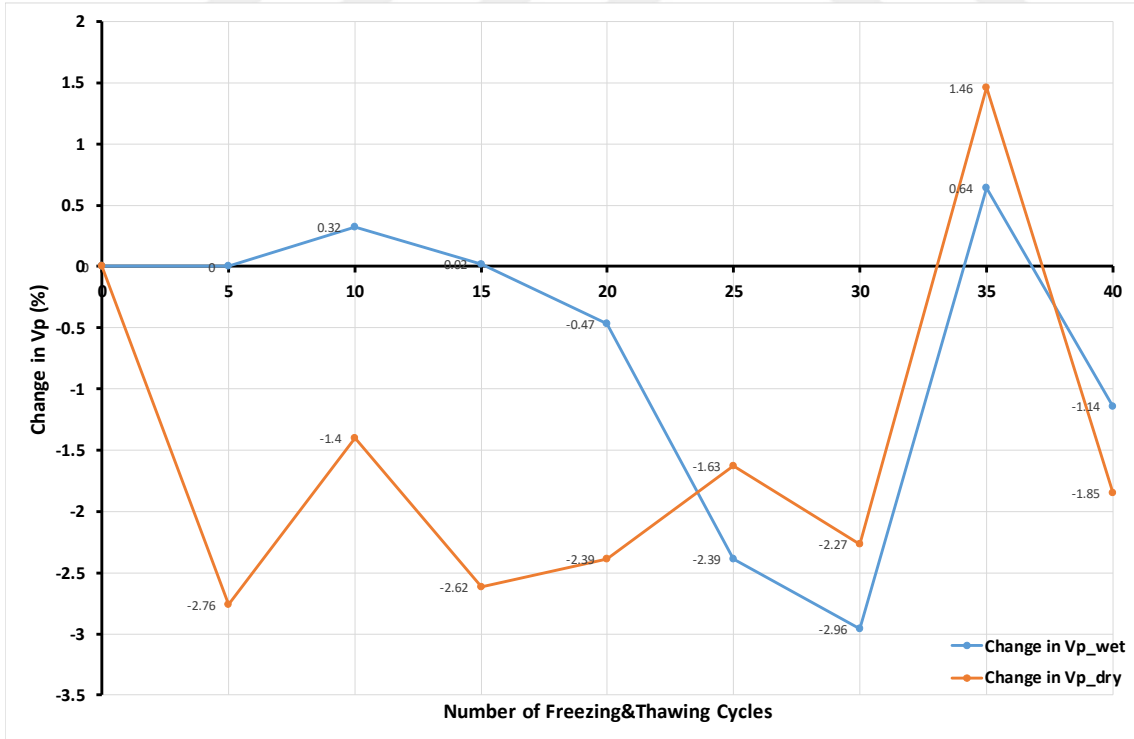
Donma-çözülme çevrimleri sonrası elde edilen ölçümlerden numunelerin yaş ve kuru ağırlıklarındaki, Vp hızındaki, elastisite modülündeki, Equotip ve Shore sertlik değerlerindeki değişimler hesaplanmış ve Çizelge 4.3'de özetlenmiştir. Yine çevrim sayıları ile ölçülen bu fiziksel özelliklerdeki değişimler Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9', Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de grafiklerle gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3** Donma-Çözülme deneyleri çevrim sonrası fiziksel özelliklerindeki değişim oranları (eksi değerler azalmayı ifade etmektedir)

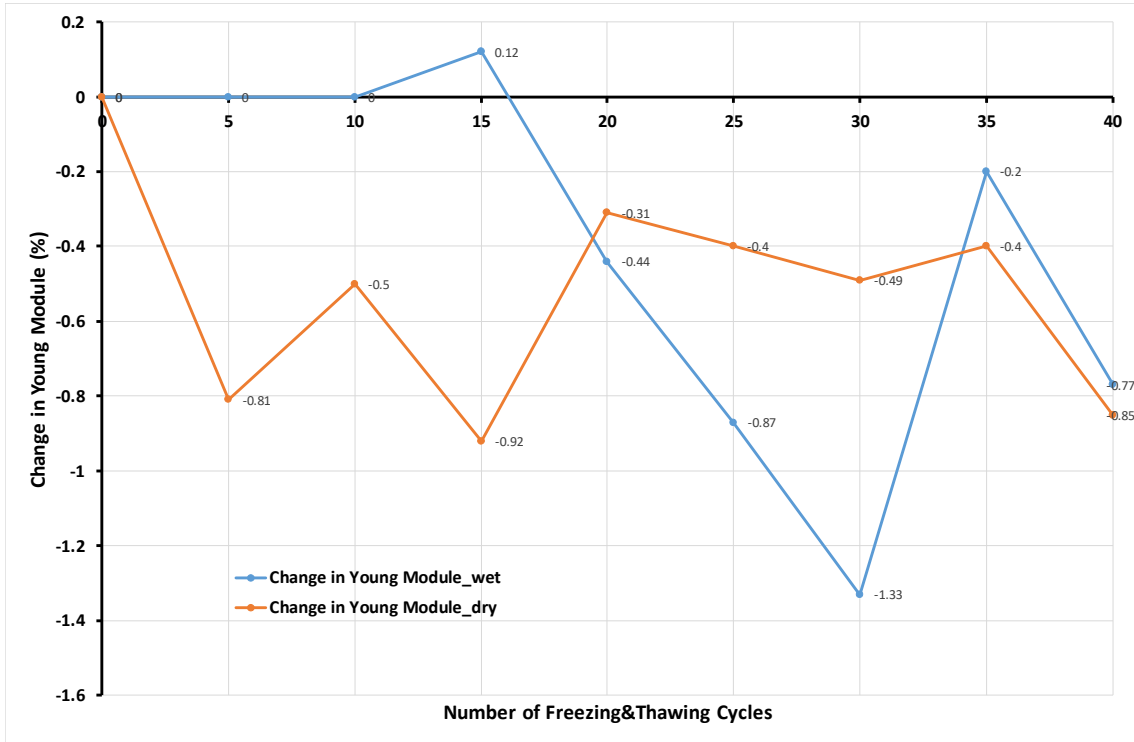
Fiziksel özellikteki değişim %	Donma-Çözülme Çevrim Sayısı									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Yaş Ağırlık	0	0.61	-0.15	-0.07	-0.04	0.59	0.35	0.03	0.08	0.34
Kuru Ağırlık	0	-0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.11	0.09	0.14	
Vp_yaş	0	0	0.32	0.02	-0.47	-2.39	-2.96	0.64	-1.14	-5.47
Vp_kuru	0	-2.76	-1.4	-2.62	-2.39	-1.63	-2.27	1.46	-1.85	
E_pundit_yaş	0	0	0	0.12	-0.44	-0.87	-1.33	-0.2	-0.77	-2.08
E_pundit_kuru	0	-0.81	-0.5	-0.92	-0.31	-0.4	-0.49	-0.4	-0.85	
E_res_testr_yaş	0	0	-5.25	-6.39	-6.23	-7.02	-15.34	-25.49	-6.96	-40.36
E_res_testr_kuru	0	-26.7	-8.14	-8.1	-11.72	-11.93	-20.83	-26.02	-10.63	
HLD_yaş	0	0	-1.33	-4.33	-5.48	-7.72	-6.34	-16.3	-16.62	-7.56
HLD_kuru	0	-11.4	-10.29	-8.85	-7.3	-19.34	-25.34	-13.86	-26.95	
Shore_yaş	0	0	-7.05	-24.9	-14.69	-20.53	-18.7	-20.26	-16.91	-11.55
Shore_kuru	0	-8.19	-14.52	-28.87	-22.13	-25.57	-24.85	-30.09	-23.69	



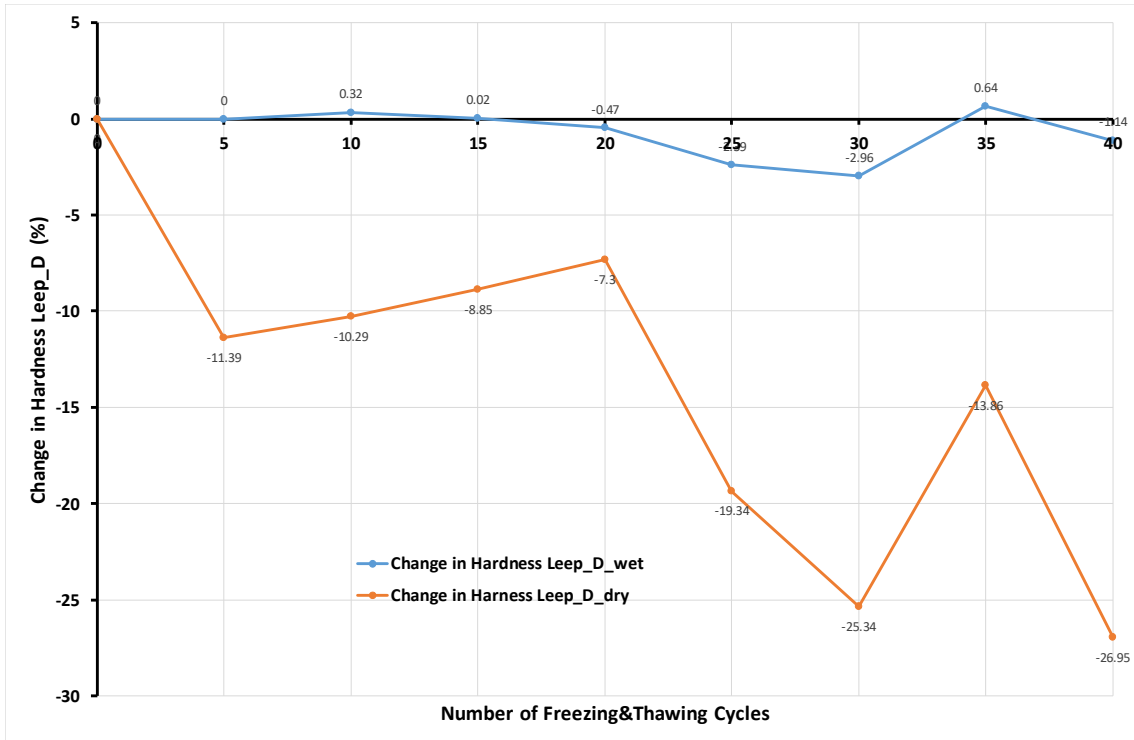
Şekil 4.7 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş ağırlıklardaki değişim grafiği



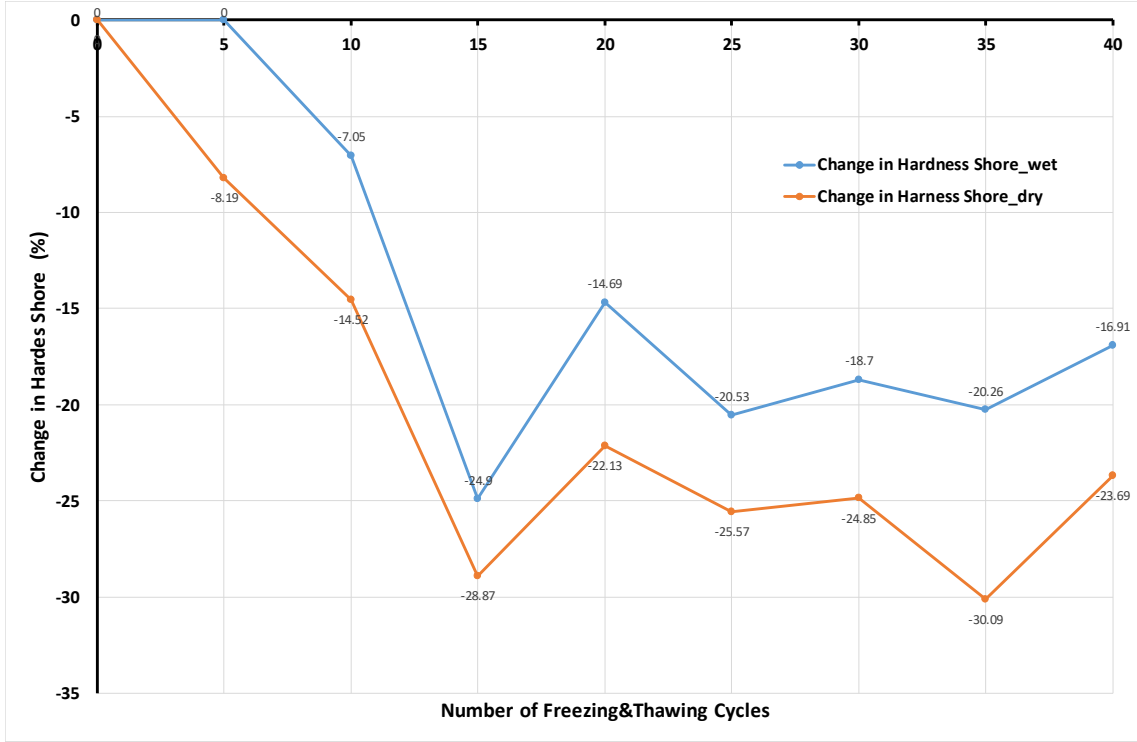
Şekil 4.8 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Vp değerlerindeki değişim grafiği



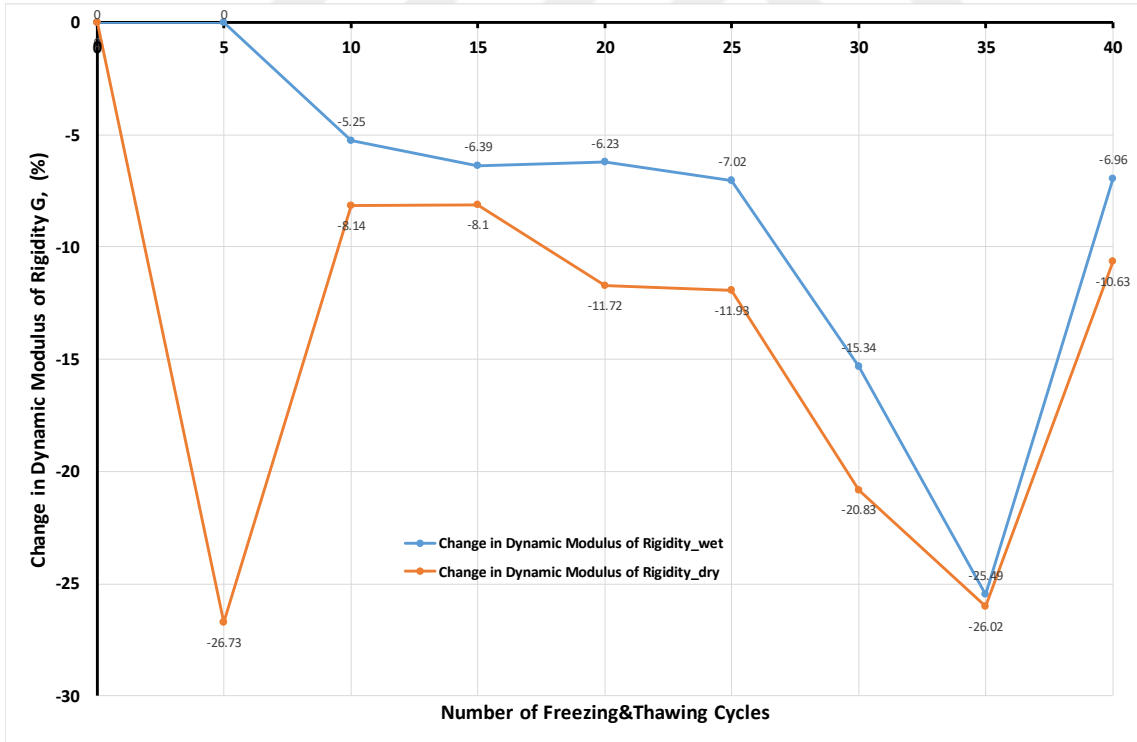
Şekil 4.9 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Young modülündeki değişim grafiği



Şekil 4.10 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Equotip sertliğindeki değişim grafiği



Şekil 4.11 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Shore sertliğindeki değişim grafiği



Şekil 4.12 Donma-çözülme çevrimleri sonrası kuru ve yaş Elastik modüldeki değişim grafiği

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kaldırımlarına döşenen andezit taşlarının atmosferik şartlara karşı dayanımları laboratuvar ortamında hızlandırılmış deneyler ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Microsoft excell programı kullanılarak tablo ve grafikler çizilmiş ve tez içerisinde anlatılmıştır.

Tüm yaşlandırma deneyleri sonrası andezit taşının dayanımda azalmalar görülmüştür. Tahribatsız deneylerle ısıtma-soğutma, ıslatma-kurutma ve donma-çözülme çevrimleri sonrası ölçülen parametrelerdeki değişim oranları aşağıdaki tablolarda özetlenmiştir. En büyük değişimin donma-çözülme çevrimleri sonucunda gerçekleşmiştir.

#### *Isıtma-Soğutma Çevrimleri sonrası değişim oranları (% olarak)*

Çevrim sayısı	0	10	20	30	40
<b>Fiziksel özellik</b>					
Yaş Ağırlık	0	0.79	0.12	-0.08	1.72
Kuru Ağırlık	0	-0.02	-0.05	-0.02	0.06
Vp	0	-2.7	-2.14	-2.82	-0.57
E_pundit	0	-15.68	-9.93	-10.3	-9.92
E_resonance_tester	0	-17.99	-4.11	-1.86	-6.77
HLD	0	-11.59	-13.09	-4.16	-3.12
Shore	0	-12.62	-15.84	-7.43	-13.05

#### *Islatma-Kurutma Çevrimleri sonrası değişim oranları (% olarak)*

Çevrim sayısı	0	10	20	30	40
<b>Fiziksel özellik</b>					
Yaş Ağırlık	0	0.2	0.17	0.45	0.65
Kuru Ağırlık	0	7.05	6.54	-0.01	0.02
Vp	0	-10.51	-14.56	-1.42	-1.65
E_pundit	0	-13.57	-15.52	-9.86	-9.73
E_resonance_tester	0	-23.62	-32.12	-4.26	-0.99
HLD	0	-8.46	-9.9	-0.22	-4.19
Shore	0	-4.23	-15.52	-5.61	-4.54

### Donma-Çözülme Çevrimleri sonrası değişim oranları (% olarak)

Fiziksel özellikteki değişim %	Donma-Çözülme Çevrim Sayısı									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Yaş Ağırlık	0	0.61	-0.15	-0.07	-0.04	0.59	0.35	0.03	0.08	0.34
Kuru Ağırlık	0	-0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.11	0.09	0.14	
Vp_yaş	0	0	0.32	0.02	-0.47	-2.39	-2.96	-0.64	-1.14	-5.47
Vp_kuru	0	-2.76	-1.4	-2.62	-2.39	-1.63	-2.27	-1.46	-1.85	
E_pundit_yaş	0	0	0	0.12	-0.44	-0.87	-1.33	-0.2	-0.77	-2.08
E_pundit_kuru	0	-0.81	-0.5	-0.92	-0.31	-0.4	-0.49	-0.4	-0.85	
E_res_testr_yaş	0	0	-5.25	-6.39	-6.23	-7.02	-15.34	-25.49	-6.96	-40.36
E_res_testr_kuru	0	-26.7	-8.14	-8.1	-11.72	-11.93	-20.83	-26.02	-10.63	
HLD_yaş	0	0	-1.33	-4.33	-5.48	-7.72	-6.34	-16.3	-16.62	-7.56
HLD_kuru	0	-11.4	-10.29	-8.85	-7.3	-19.34	-25.34	-13.86	-26.95	
Shore_yaş	0	0	-7.05	-24.9	-14.69	-20.53	-18.7	-20.26	-16.91	-11.55
Shore_kuru	0	-8.19	-14.52	-28.87	-22.13	-25.57	-24.85	-30.09	-23.69	

Yapılan yaşlandırma deneyleri sonucunda Üniversite kaldırımlarına döşenen andezit taşlarının uzun dönem atmosferik şartlara dayanımın zayıf olacağı görülmüştür.

### 5.2 Öneriler

Üniversite kaldırımlarına döşenen diğer bazalt taşınında benzer yaşlandırma testlerine tabi tutularak Sivas koşullarına uygunluğu araştırılmalıdır.

Döşemede kullanılan taşlar için hızlandırma testleri sonrası dayanımlardaki değişim sınır değerleri için standartlar oluşturulması önerilir.

Andezitler kaldırımlarda ve merdivenlerde daha çok alınmaya maruz kaldığı için bu taşlar için suda ve sürtünmeli aşınma deneyleri ile aşınma miktarı araştırılmalıdır.

Döşemede andezit yerine belki de bazalt taşının tüm Üniversite kaldırımlarında kullanılması uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adamson, C.S., McCabe, S., McAllister, D., Smith, B.J., Warke, P.A.** (2010). Mapping the spatial distribution of precipitation, biological soiling and decay on monuments in Northern Ireland: towards understanding long-term stone response to moisture. *XIX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece vol.99, pp. 183–190.*
- Akın, M.**(2009). A quantitative weathering classification system for yellow travertines. *Environ. Earth Sci. DOI 10.1007/s12665-009-0319-7*
- Aydar, E., Schmitt, A.K., Çubukçu, H.E., Akın, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R.A., Atıcı, G.**(2012). Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research 213-214, 83–97.*
- Barros, L.A., Graça, R.C., Velez, A.** (1975). Dry and wet laboratory tests and thermal fatigue of rocks. *Engineering Geology Volume 9, Issue 3, November, Pages 249-265*
- Binal, A.**(2009). A new laboratory rock test based on freeze-thaw using a steel chamber, Q.J. Eng. Geo. and Hydrogeology, 42, 179-198p.
- Bortz, S. A., and Wonneberger, B.** (2000). "Weathering & Durability Testing of Dimension Stone," Durability 2000: Accelerated and Outdoor Weathering Testing, ASTM STP 1385, J. D. Evans and W. D. Ketola, Eds., *American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA., ISBN 0-8031-2856-8, p.116-132.*
- Bortz, S.A., Powers, L., Wonneberger, B.**(2007). Comparison of Field Testing with Laboratory Testing of the Durability of Stone, *Journal of ASTM International (JAI), 17p.*
- Carr, D.D., Strickland, J., McDonald, W.H., Bortz, S.**(1996). Review of Durability Testing of Building Stone With Annotated Bibliography.
- Erkanol D. ve diğerleri** (2005-2012). İller Mermer ve Doğal Taş Potansiyel Alan Belirleme Etüt Raporları. *MTA (yayımlanmamış)*, Ankara.
- Frohnendorf, G. and Masters, L. W.** (1980). "The Meaning of Durability and Durability Prediction", *Durability of Building Materials and Components*, ASTM STP 691, P.J Sereda and G.G. Litvan, Eds. West Conshohocken, PA: ASTM International, ISBN-13:978-0-8031-0325-2doi: 10.1520/STP691-EB, pp.17-30.
- Gevrek, A. İ.** (1997). Aksaray doğusu, İhlara-Derinkuyu yöresindeki volkanoklastiklerin sedimentolojisi. *Doktora Tezi, Ankara Üniv Fen Bil. Enst., Ankara, 230 s.* (yayımlanmamış).
- Gómez-Heras, M., Smith, B.J., Fort, R.** (2006). Surface temperature differences between minerals in crystalline rocks: implications for disaggregation of granites through thermal fatigue. *Geomorphology 78, 236–249.*

- Hale, P.A., Shakoor, A.**(2003). A Laboratory Investigation of the Effects of Cyclic Heating and Cooling, Wetting and Drying, and Freezing and Thawing on the Compressive Strength of Selected Stone, *Environmental&Engineering Geoscience*, Vol. IX, No. 2, pp. 117–130.
- Hall, C., Hoff, W.D.** (2002).*Water Transport in Brick, Stone and Concrete. Taylor and Francis, New York.*
- ISRM** (2007) The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. In: Ulusay, R., Hudson, J.A. (Eds.), *Suggested Methods Prepared by the ISRM Commission on Testing Methods, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group. Kozan Ofset, Ankara*, 628 pp.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B.**(1985). A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based On The Total Alkali-Silica Diagram, *Journal of Petrology*, Vol. 27, pp.745-750.
- McAllistera, D., Warkeb, P., McCabe, S.** (2017). Stone temperature and moisture variability under temperate environmental conditions: *Implications for sandstone weathering. Geomorphology* 280 137–152.
- McGreevy, J.P.**(1985). Thermal properties as controls on rock surface temperature maxima and possible implications for rock weathering. *Earth Surf. Process. Landforms* 10, 125-136.
- Ondrasina, J., Kirchner, D., Siegesmund, S.** (2002). Freeze-thaw cycles and their influence on marble deterioration: a long-term experiment, *Geological Society, London, Special Publications*, v. 205, p.9-18.
- Schaffer, R.J.**(1932). *The Weathering of Natural Stones*, His Majesty's Stationery Office, London, 99-105p.
- Sereda & Litron Editors** (1980). STP 691, *Durability of Building Materials and Components*, ASTM.
- Skinner, B.J.** (1966). Thermal expansion. In: Clark, S.P. (Ed.), *Handbook of Physical Constants. Geol. Soc. Am. Mem.* 97, 75-96.
- Stuteman, E., and Clifton, J.R.** (1977). Stone Exposure Test Wall at NIST, Regradation of Natural Building Stone, *Geotechnical Special Publications* No:72.
- TS 699** (1987) Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metotları (in Turkish). *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- Warke, P.A., and Smith, B.J.**(2007). Complex weathering effects on durability characteristics of building Stone, *Geological -Society of London*, Special Publication, V.271, 9-21p.



- Warke, P.A., Smith, B.J.** (1994). Short-term rock temperature fluctuations under simulated hot desert conditions: some preliminary data. In: *Robinson, D.A., Williams, R.B.G. (Eds.), Rock Weathering and Landform Evolution. J. Wiley and Sons, Chichester, pp. 57-70.*
- Wells T, Binning P, Willgoose G.** (2005). The role of moisture cycling in the weathering of a quartz chlorite schist in a tropical environment: findings of a laboratory simulation. *Earth Surf Processes Landf* 30(4):413–428.
- Wells, T., Hancock, G., Fryer, J.** (2008). Weathering rates of sandstone in a semi-arid environment (Hunter Valley, Australia). *Environ Geol* (2008) 54:1047–1057 DOI 10.1007/s00254-007-0871-y
- Whalley, W.B., McGreevy, J.P., Ferguson, R.I.** (1984). Rock temperature observations and chemical weathering in the Hunza region, Karakoram: preliminary data. In: *Miller, K.J. (Ed.), The International Karakoram Project, Vol. 2. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 616-633.*
- Yavuz, H., Altındağ, R., Saraç, S., Ugur, I., Şengün, N.** (2006), Estimating the index properties of deteriorated carbonate rocks due to freeze-thaw and thermal shock weathering, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 43, 767-775p.

Url-1: <http://www.zainbooks.com/read.php?igneous-rocks--classification-of-igneous-rocks-magma-minerals-and-rocks&b=341&c=5> (Erişim tarihi, 21/06/2019).



## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel bilgiler**

Adı Soyadı	Adem DOĞAN
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 1983
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Alsancak Mahallesi Dikilitaş Caddesi No:24/1 Gölova/SİVAS
E-posta Adresi	Ademdogan8558@gmail.com
Telefon	0(530) 114 30 58

### **Eğitim ve Akademik Durumu**

Lise	Suşehri lisesi, 2003
Lisans	Dumlupınar Üniversitesi, 2009
Yüksek Lisans	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

### **İş Tecrübesi**

Hisar Doğalgaz A.Ş	Tesis Sorumlusu, 2011-2013
Yıldızlar SSS Holding A.Ş	Tesis ve Ocak Sorumlusu, 2013-2015
Akın KOÇ Madencilik	İşletme Müdürlüğü, 2015-2016
Gölova Belediye Başkanlığı	Daimi Nezaretçi, 2016-2019

### **Kongreler ve Bildiriler**

Yüksek, S.,Doğan, A., Yiğit, O. (2018). A New Method of Determining the Durability of Stones as Non-Destructive, Conference: CIEA2018 International Conference On Innovative Engineering Applications, at Sivas Cumhuriyet University.20-22Sept.Sivas.

### **Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler**

MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI