

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DİKEY AŞINDIRMA TESTİNDE AŞINDIRICI TOZUNUN VE SIKIŞTIRMA  
YÜKÜNÜN AŞINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ercan İNAN  
DANIŞMAN: Doç. Dr. Ali ÖZVAN

VAN-2019



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DİKEY AŞINDIRMA TESTİNDE AŞINDIRICI TOZUNUN VE SIKIŞTIRMA  
YÜKÜNÜN AŞINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ercan İNAN

VAN-2019



## KABUL VE ONAY SAYFASI

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç.Dr. Ali ÖZVAN danışmanlığında, Ercan İNAN tarafından sunulan "Dikey Aşındırma Testinde Aşındırıcı Tozunun ve Sıkıştırma Yükünün Aşınma Üzerindeki Etkisi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 09/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Müge AKIN

İmza:

Üye: Doç.Dr. İsmail AKKAYA

İmza:

Üye: Doç.Dr. Ali ÖZVAN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....  
Enstitü Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

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



İmza

Ercan İNAN





## ÖZET

### DİKEY AŞINDIRMA TESTİNDE AŞINDIRICI TOZUNUN VE SIKIŞTIRMA YÜKÜNÜN AŞINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İNAN, Ercan

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ali ÖZVAN

Temmuz 2019, 38 Sayfa

Doğal taşların aşınmasını belirlemek için en çok kullanılan standart test yöntemleri, Geniş Disk (Dikey) Aşındırma (GDA) ve Böhme aşındırma (BA) testleridir. Bu çalışmada, Geniş Disk (Dikey) Aşındırma (GDA) testi için 48 adet 7x10x3 cm boyutlarında ve Böhme aşındırma (BA) testi için 24 adet 7x7x3 cm boyutlarında numune kullanılmıştır. Bu numunelerin fiziksel özelliklerin yanı sıra farklı aşındırıcı tozlarındaki, sıkıştırma yüklerindeki ve cilalı ve mat yüzlerindeki aşınma miktarları incelenmiştir. GDA ve BA deneylerinde hem yapay korundum hem alüminalı korundum tozu kullanıldığında örnekler üzerinde birbirine yakın aşındırma değerleri elde edilmiştir. GDA deneyinde, iki farklı aşındırma tozu arasında yapılan karşılaştırmada yapay korundum tozunun bir örnek için kullanılan sarfiyat miktarına bakıldığında kullanım sayısı gibi avantajları olduğu gözlenmiştir. GDA deneyinde, sıkıştırma yükü arttığında oluk açıklığının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kayaçların cilalı ve mat yüzlerinin aşınmaya karşı kısmen farklılık gösterdiği belirlenmiş ve mat yüzeylerin deneylerde kullanımının daha doğru olacağı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Aşındırıcı toz, Böhme aşındırma deneyi, Geniş diskli aşındırma deneyi, Sıkıştırma ağırlığı.



## ABSTRACT

### EFFECT OF ABRASIVE MATERIALS AND COUNTERWEIGHTS ON ABRASION RESISTANCE IN WIDE WHEEL ABRASION TEST

İNAN, Ercan

M. Sc. Thesis, Department of Geological Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Dr. Ali ÖZVAN

July 2019, 38 Page

The most widely used standard test methods for determining the wear of natural stones are Wide Wheel (Vertical) Abrasion (WWA) and Böhme abrasion (BA) tests. In this study, 48 (7x10x3cm) samples were used for Wide Wheel (Vertical) Abrasion (GDA) test and 24 (7x7x3cm) samples were used for Böhme abrasion (BA) test. The physical properties of these samples as well as the abrasion amounts of different abrasive materials, counterweight loads and polished and matte surfaces were examined. When both artificial corundum and corundum (white fused alumina) powder were used in GDA and BA experiments, close abrasion values were obtained on the samples. In the GDA test, the comparison between two different abrasive powders was showed that artificial corundum powder has advantages such as the number of consumptions used in a sample. In the GDA test, it was found that the groove width increased when the counterweight load increased. In addition, it has been determined that the polished and matte surfaces of the rocks show some differences against abrasion and it is determined that the matte surfaces will be more accurate in the experiments.

**Keywords:** Abrasive material, Böhme abrasion test, Counterweight, Wide wheel abrasion test.



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasını kapsayan sürecin başından sonuna kadar, maddi ve manevi her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr Ali ÖZVAN'a çok teşekkür ederim. Tezin son halinin ortaya çıkmasında katkı sağlayan tez jüri üyelerim Sayın Doç. Dr. Müge AKIN'a ve Doç. Dr. İsmail AKKAYA'ya katkı ve görüşlerinden dolayı teşekkür ederim. Bu çalışmada kullanılan mermerlerin temini için her türlü kolaylığı sağlayan Van-Mer firmasına ve çalışanlarına ayrıca teşekkür ederim. Çalışmalarımda bilgi ve birikiminden faydalandığım ve desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarım olan Şube Müdürü Vahyettin DEMİR'e, İş ve Meslek Danışmanı Yılmaz KAPLAN'a ve deneylerin yapımı esnasında bilgi ve desteğini esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Nevzat DİREK'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans yapmam için beni teşvik eden ve her türlü bilgi ve belge paylaşımında bulunan Biyoloji Öğretmeni eşim Zeycan Yılmaz İNAN'a, çalışmalarımda bana sabır olan kızlarım Ruşa Zeynep İNAN ve İzem Deniz İNAN'a çok teşekkür ederim.

2019

Ercan İNAN



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	9
3.1. Materyal.....	9
3.2. Yöntem .....	11
3.2.1. Laboratuvar çalışmaları .....	11
3.2.1.1. Geniş diskli aşındırma deneyi (GDA) (TS EN 14157, 2017) .....	13
3.2.1.2. Böhme Aşındırma Deneyi (BA) (TS EN 14157, 2017) .....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Test Edilen Kaya Türlerinin Genel Özellikleri.....	19
4.2. Test Edilen Numunelerin Fiziksel Özellikleri .....	20
4.3. Test Edilen Numunelerin Aşınma Direnci Test Sonuçları .....	22
4.3.1. Geniş diskli aşındırma deneyi (GDA) bulguları .....	22
4.3.2. Böhme aşındırma deneyi (BA) .....	30
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	33
5.1. Sonuçlar .....	33
5.2. Öneriler.....	35
KAYNAKLAR.....	37
ÖZ GEÇMİŞ.....	39





## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Aşındırma deneylerinde kullanılan aşındırıcı tozların (Abrasive material) Mayıs 2019 yılına ait piyasa değerleri .....	11
Çizelge 4.1. Test edilen numunelerin ortalama fiziksel özellikleri. ....	20
Çizelge 4.2. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yükleri altında alüminalı korundum tozu (beyaz) kullanılarak Boulonnais Mermeri üzerinde açılan oluk genişlikleri .....	24
Çizelge 4.3. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yükleri altında korundum tozu (siyah) kullanılarak Boulonnais Mermeri üzerinde açılan oluk genişlikleri .....	24
Çizelge 4.4. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yüklerinden elde edilen ortalama oluk açıklığı değerleri.....	25
Çizelge 4.5. İki farklı aşındırıcı toz ile elde edilen oluk açıklığı ortalama değerleri. ....	28
Çizelge 4.6. Her iki aşındırma tozu için BA deneyinde oluşan kayıp miktarlarının % ve $\Delta V$ cinsinden ortalama değerleri .....	32



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. GDA deneyi sonrasında oluşan aşınma oluklarına ait bir görüntü.....	2
Şekil 3.1. Van Mermer Fabrikasına ait görüntüler: (a: Fabrikanın genel görünümü, b:Mermer bölümü, c: Granit bölümü).....	9
Şekil 3.2. Deneyleerde kullanılan aşındırma tozlarına ait bir görüntü (a) alüminalı korundum, (b) korundum. ....	10
Şekil 3.3. Deneyleerde kullanılan dikdörtgen yüzey alanına sahip örneklere ait bir görüntü. ....	12
Şekil 3.4. Deneyleerde kullanılan kare yüzey alanına sahip örneklere ait bir görüntü. ...	13
Şekil 3.5. Geniş Diskli Aşındırma makinasına ait bir görüntü.....	14
Şekil 3.6. Oluk açıklığını ölçümüne ait bir şema. ....	15
Şekil 3.7. Böhme Aşındırma cihazına ait bir görüntü. ....	17
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan mermer örneklere ait makroskopik bir görüntü.....	19
Şekil 4.2. Örneklerin ortalama KBHA ve DBHA değerlerine ait bar diyagramı.....	21
Şekil 4.3. Örneklerin ortalama porozite değerlerine ait bar diyagramı. ....	21
Şekil 4.4. İki farklı aşındırıcı tozla yapılan dikey aşındırma deneyine ait bir görüntü. .	23
Şekil 4.5. Düşük sıkıştırma yükünde oluşan düzensiz oluk açıklıklarına ait bir görüntü. ....	24
Şekil 4.6. Farklı sıkıştırma yüklerinde oluşan düzeltilmiş oluk açıklıklarına (DOA) ait ortalama değerleri gösteren bar diyagramı.....	26
Şekil 4.7. Mat ve Cilalı yüzeylerde uygulanan GDA deney sonuçlarının ortalamalarına ait bar diyagramı. ....	27
Şekil 4.8. İki farklı aşındırıcı toz ile GDA testinde uygulanan 14kg ağırlık sonrası oluşan ortalama oluk açıklığını gösteren bar diyagramı. ....	29
Şekil 4.9. Aşındırıcı tozlar ile GDA testinde 14kg ağırlığa maruz bırakılan örneklerdeki ortalama oluk açıklığı arasındaki korelasyon. ....	29
Şekil 4.10. Her iki aşındırma tozu kullanılarak BA deneyinden elde edilen sonuçların ortalamalarını gösteren bar diyagramı.....	31

**Şekil****Sayfa**

- Şekil 4.11. Her iki aşındırma tozu ile yapılan BA deneyi sonuçları arasındaki korelasyon. .... 31
- Şekil 4.12. BA deneyinden elde edilen % aşınma kaybı ile  $\square V$  değerleri arasındaki korelasyon..... 32



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\Delta V$ (mm <sup>3</sup> )	16 döngüden sonraki hacim kaybı (mm <sup>3</sup> ),
$\Delta m$	16 döngüden sonraki kütle kaybı (g),
$\rho_b$	Numunenin görünür yoğunluğu (g/mm <sup>3</sup> )
$R^2$	Belirleme katsayısı
<b>g</b>	Gram
$\gamma_k$	Numunenin kuru birim Hacim ağırlığı
$\gamma_d$	Numunenin doymun Hacim Ağırlığı
<b>mm</b>	Milimetre
<b>N</b>	Newton
<b>ml</b>	Mili litre
<b>kN</b>	Kilo Newton
<b>cm</b>	Santimetre
<b>n</b>	Porozite
<b>kgm</b>	Kilogram metre
<b>kN/m<sup>3</sup></b>	KiloNewton /metreküp

**Kısaltmalar****Açıklama****GDA**

Geniş Diskli (Dikey) Aşındırma Deneyi

**BA**

Böhme Aşındırma Deneyi

**ISRM**

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği



# 1. GİRİŞ

Van İlinde faaliyet gösteren Van-Mer firmasından alınan farklı doğal kayaların aşınma kayıplarının ve kullanılan aşındırıcı tozların aşınmalar üzerindeki etkilerinin iki farklı test yöntemi ile karşılaştırılması ve bu testler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinin amaçlandığı tez çalışmasının kapsamı, amacı ve önemi bu başlık altında sunulmuştur.

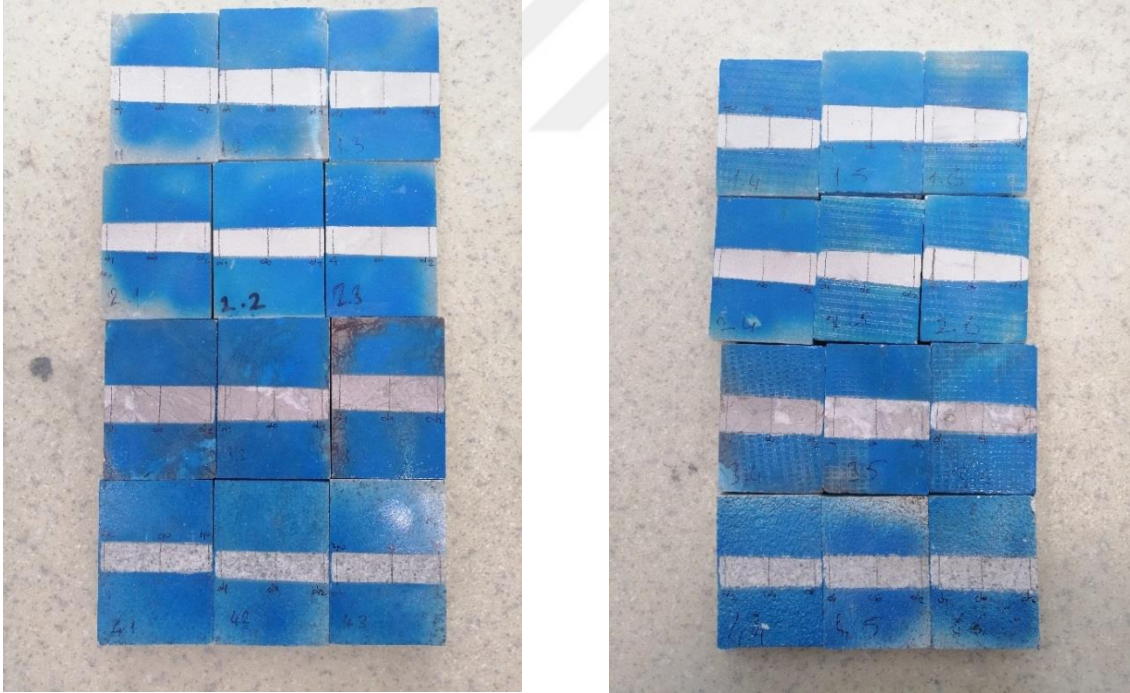
## 1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Taşlar yer kabuğundan çıkarılıp insanoğlunun ihtiyaçları doğrultusunda işlenen doğal malzemelerdir. Bu taşlar dayanıklı ve kullanışlı olmalarından dolayı zaman içerisinde barınma, avcılık, süs eşyası gibi farklı alanlarda kullanılmışlardır. Bu doğal yapı taşları zaman içerisinde atmosferik etkiler, insan ve araç yükü etkileri gibi faktörler karşısında aşınmaya ve ilksel halini kaybetmeye başlarlar. Bu nedenle yol, hava meydanı, merdiven basamakları, döşemeler gibi birçok yerde kullanılan kaya malzemenin aşınmaya karşı dayanıklı olması istenir. Bu doğal kaya malzemeler günümüzde de özellikle inşaat işlerinde, döşeme, basamak, heykelticilik, yol yapımı, porselen, cam sanayi (kuvars), optik sanayi ve süs eşyalarının yapımında ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır.

Yapı sektöründe kullanılan bu kaya malzemelerin aşınma kaybı miktarı malzemenin ömrünü etkileyen en önemli parametredir. Aşınma kaybı, yapı malzemesi olarak kullanılan taşların dış etkiler (atmosferik, araç ve insan) sonucunda yüzeylerinde oluşan kayıp miktarına denir. Kayaçlardaki kütle kaybı genelde dış kuvvetlerin etkisiyle meydana gelir ve bu kuvvetler çarpmalar sonucunda aşınmaya ve kopmalara sebep olabilir. Aşınma ise daha uzun bir sürede, taşlarda oluşan aşınma kaybının zamana yayılmış fiziksel ve mekanik olayıdır. Aşınma miktarını belirleyen fiziksel ortam, taşların türü, uygulanan kuvvetler ve sürtünme yüzeyleridir. Bu aşınma kayıplarını deneysel yöntemler ile ortaya çıkarmak ve önceden belirlemek ise mümkündür.

Doğal taşların farklı işlevlerde kullanılabilmesi için fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve bu taşların dayanımlarının bilinmesi, dolayısıyla bazı deneylere tabi tutulması gerekmektedir. Özellikle doğal veya yapay taşların aşınma özelliklerinin

belirlenmesi amacıyla farklı çalışmalar ve farklı deney yöntemleri geliştirilmiştir. Bu deney yöntemlerinden en önemli iki tanesi uzun yıllardır kullanılan Böhme Aşındırma (BA) Deneyi ile son yıllarda kullanımı yaygınlaşan Geniş Diskli (Dikey) Aşındırma (GDA) Deneyidir. Bu deneyler taş yüzeyine farklı yönlerde ve farklı yüklerde uygulanarak taşın aşınma miktarının belirlenmesi üzerine kurgulanmışlardır. BA deneyinde 7x7x3 standartlarında belirtilen ölçülerdeki taşın tüm yüzeyi aşınmaya maruz kalırken GDA deneyinde taşın yaklaşık 2cm genişliğindeki bir yüzeyi aşınmaya maruz bırakılarak yapılmaktadır. Bu deneylerin yapımında farklı engeller ortaya çıkmaktadır. GDA deneyinde taş ile aşındırma diskinin temasının tam olarak sağlanması önemlidir. Bunun için standartta (TS EN 14157, 2017) yaklaşık 14kg bir sıkıştırma ağırlığı ile taşın çekilerek diske teması sağlanır. Özellikle geniş disk üzerine tam olarak temas etmediği durumlarda taş yüzeyinin tamamında yaklaşık aynı genişlikte bir oluk oluşmayabilmektedir. Bu GDA deneyinden aşınmanın tahmin edilebilmesinde bir engel oluşturmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. GDA deneyi sonrasında oluşan aşınma oluklarına ait bir görüntü.

Aşındırma deneylerinde çalışmacıya engel olan diğer bir sorunda aşındırıcı tozların miktar ve maliyetidir. Her iki deneyde de farklı özelliklerde aşındırma tozları



kullanılmaktadır. Bu aşındırma tozları ticari özelliğe sahip olup özel firmalar tarafından temini sağlanmaktadır. Bu nedenle maliyetleri piyasa şartlarına göre yüksek olabilmektedir.

Yukarıda bahsedilen sorunlar dikkate alındığında son yıllarda sıkça kullanımı artan GDA deneyinin uygulanmasında aşındırıcı tozun maliyeti ve deney sonrasında oluşan oluğun sıkıştırma ağırlığı ile olan ilişkisinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu tezin ana amaçları, farklı mineraloji, kimya ve doku özelliklerine sahip mermerlerde;

- GDA deneyi ile cilalı ve mat yüzlere sahip mermerlerde aşınma sonrasındaki farklılıklarının ve cilalanmanın aşındırma deneyine etkisinin olup olmadığının belirlenmesi,
- Aşınma deneylerinde kullanılan farklı aşındırıcı tozların aynı örnekler üzerindeki etkilerinin benzer ya da farklı olup olmadığının belirlenmesi,
- GDA deneyi için örnekler üzerinde uygulanan farklı sıkıştırma ağırlıklarının olukların oluşumundaki etkisinin belirlenmesidir.

Bu amaçlar doğrultusunda piyasada yaygın olarak kullanılan 4 farklı ticari özelliğe sahip mermer örneği kullanılmıştır. Mermer örneklerinin bir yüzeyi cilalı diğer yüzeyi ise mat olacak şekilde deneyler için belirlenen standartlarda ve istenilen boyutlarda kestirilmiştir.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Aşınma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan Böhme aşındırma (BA) deneyi ve Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) deney yöntemleri üzerine literatürde yeterli çalışma sayısı olmadığından dolayı genellikle bu iki deney yöntemi arasındaki ilişkilerin belirlenmesinin amaçlandığı aşağıda kısaca belirtilen çalışmalara ulaşılmıştır.

McGregor ve Chiu (2000), kayaçların aşınmalarını ve sertlikleri arasındaki ilişkileri incelemek için mermer ve granit örnekleri üzerinde çalışmış, çalışmalarını sonucunda aşınma ve sertlik arasında bir logaritmik ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Sahlin ve ark. (2001), kireçtaşı örnekleri üzerinde aşınma deneyleri yapmışlardır. Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) testinin değerlendirilmesini yaptıklarında kısıtlı çalışma olduğunu ve geliştirilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Yavuz ve ark., (2002), “Muğla Yöresi Mermerlerinin Mineralojik, Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri” adlı çalışmalarında, Muğla yöresi mermerleri üzerinde yapılan eğilme direnci, Böhme testi yüzeysel aşınma direnci, Shore sertliği ve Schmidt darbe dayanımı testleri sırasıyla TS 699 ve ISRM (1981) standart ve önerilerine uygun olacak şekilde yapmışlardır. Yapılan çalışmaların sonuçları itibarıyla mermer türlerine oranla daha iri kristalli olan Üst Kretase yaşlı mermerlerin (Oruç Beyaz, Özer Beyaz, Mersan Beyaz) eğilme ve darbe dirençlerinin daha düşük olduğu, Shore sertliği ve Schmidt darbe dayanım testlerinin ise yaklaşık aynı değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Van ve ark. (2007), yaptıkları çalışmalarda yapay bozunma testlerinden tuz kristallenmesinin kayalarda belli hasarlara yol açtığını belirtip iki kireçtaşı numunesi üzerinde yaptıkları deneylerle kanıtlamışlardır. Yaptıkları çalışmaların sonucunda bozunmadan çok kayaların kılcallık yapısının daha etkin rol oynadığı gözlenmiştir.

Türkmenoğlu (2007), “Yapı Taşı Olarak Kullanılan Bazı Kayaçların Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi” konulu tez çalışmasında doğal taşların yüzey aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TS 699 standardına uygun olacak şekilde örnekler hazırlamıştır. Böhme yüzey aşındırma cihazı ile aşındırma testi yaparak, örnek olarak kullandığı kayaların deney sonrasında aşınma miktarı ile fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiştir.

Ürünveren (2008), “Kadirli (Osmaniye) Kösepınarı Köyü ve Çevresindeki Mermerlerin Mühendislik Özelliklerinin Değerlendirilmesi” başlık adı altındaki tez çalışmasında, mermer ocaklarından alınan örnekler üzerinde Böhme aşındırma deneyleri yapılmıştır. Böhme aşındırma deneyleri sonucunda, tek eksenli basınç direnci, Böhme yüzeysel aşınma direnci ve darbe dayanım değerlerinin, doğal taş örneklerinin sahip olması gereken sınır değerleri taşıdığını öne sürülmüştür.

Akın (2010), “Eskipazar (Karabük) Travertenlerinin Bozunmasının Araştırılması” başlıklı çalışmasında, Travertenler üzerindeki bozunmayı araştırırken TS-699 standartlarına uygun olacak şekilde hazırladığı küp şeklindeki örnekler üzerinde yapay bozunma testlerini uygulamış bozunma sonrası ve öncesine ait örneklerin dayanımlarını belirlemiştir. Her 5 çevrimde alınan numuneler üzerinde yapılan dayanım deneyleri neticesinde dayanım azalmasının bozunma ile olan ilişkisi üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Karaca ve ark. (2010), beş farklı doğal kayacın donma-çözülme döngüsünden önceki Böhme aşındırma testi ve Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) testi değerlerini araştırmışlardır. Böhme aşındırma deneyi ve Geniş diskli (Dikey) aşındırma deneyi yöntemlerinin, mermerler, kireçtaşları ve travertenlerin aşınma değerlerinin tespit edilmesinde kullanılabileceğini ancak, bu deneylerin, donma-çözülme döngülerinden sonra, oniks ve granit aşınma değerlerinin tespit edilmesi için uygun olmadığını ortaya koymuşlardır.

Çobanoğlu ve Çelik (2010), Türkiye'nin batısındaki farklı mevkieinde aldıkları kireçtaşı, mermer, dolomitik kireçtaşı ve traverten numuneleri üzerinde Böhme aşındırma deneyi ve Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) deneyi sonuçlarını değerlendirmişler ve karbonat kayalar için GDA (mm) ve BA (cm<sup>3</sup> cinsinden) arasında lineer bir denklem “Eş 2.1” önermişlerdir.

$$GDA=0.452BA+9.147 \quad (R^2=0.85) \quad (2.1)$$

Marini ve ark. (2011), Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) testinde aşındırıcı malzemenin (korundum) etkin kullanımı ve kalibrasyonu için test edilen Boulonnais mermeri yerine değişik taşlarla kalibrasyonun uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Canaloni mermerinin aşınma özelliklerinin Boulonnais mermerinin aşınma özelliklerine

benzediğini ve Boulonnais mermeri yerine alternatif olarak Canaloni mermerini önerdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca aşınma deneyinde kullanılan aşındırıcı malzemenin üç defa kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Karaca ve ark. (2012), tortul, metamorfik ve magmatik kökenli 25 farklı doğal taş örnekleri kullanarak Böhme Aşındırma deneyi ve Geniş diskli (Dikey) aşındırma (GDA) deneyi sonuçlarını ilişkilendirmiştir. Test edilen numunelerin aşınma direncinin yanı sıra fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş ve BA deneyi ve GDA deneyi sonuçları arasında doğrusal tekli regresyon analizi yapılmış ve aşağıdaki belirtilen eşitlik elde edilmiştir “Eş 2.2”

$$GDA=1.711BA+15.3 \quad (R^2=0.85) \quad (2.2)$$

Yılmaz ve ark. (2017), GDA deneyi ile granitlerin en etkili kantitatif petrografik özelliklerini belirlemişlerdir. Bu amaçla, mineral modal bileşimlerinde, gözeneklilik, tane büyüklüğü dağılımında, sertlik ve yoğunluk değerlerinde farklılıkları gösteren belirlenmiş granitler üzerinde petrografik analizler ve aşınma deneyleri yapılmıştır. İstatistiksel analizlerin sonuçları, teste tabi tutulan granitlerin aşınmaya karşı gösterdikleri direncin, tane büyüklüğünden ziyade modal mineral kompozisyonundan etkilendiğini göstermiştir. Aynı zamanda, kuvars (Q) ile toplam feldispat (F) arasındaki orana (Q/F) ve GDA arasında güçlü bir istatistiksel ilişkiye ( $R^2= 0.83$ ) ulaşmışlardır “Eş 2.3”

$$GDA=-2.7137(Q/F)+18.497 \quad (R^2=0.83) \quad (2.3)$$

Çobanoğlu ve Çelik (2017), Böhme aşınma deneyinde deney prosedürünün pratik olmamasından dolayı daha pratik ve ekonomik aşınma yöntemi olan Geniş Disk aşınma deneyi sonuçlarının tahmin edilmesini amaçlamıştır. Bu çalışmada, 32 doğal taş örneğinin bazı fiziksel özellikleri, sertlik değerleri, Geniş disk aşınma (GDA), Böhme aşınma (BA) değerleri ile tek eksenli basınç dayanım değerleri belirlenmiş ve GDA deneyi değerlerinin diğer özelliklerden ve BA değerlerinden tahmini için makul ilişkiler önerilmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde, deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin özellikleri ile çalışma sırasında yöntem olarak uygulanan aşamalara yer verilmiştir.

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmanın yapılması aşamasında materyal olarak kullanılan farklı özelliğe sahip üç adet kireçtaşı ve bir granit olmak üzere toplam 4 adet kaya örneği kullanılmıştır. Deneysel çalışmaya dayalı bu tezde, ilk aşamada kesme ve düzeltme diskleri, boyutların belirlenebilmesi için kumpas, hassas terazi, saf su ve etüv gibi materyaller kullanılmıştır.

Çalışma konusu kapsamında 4 farklı kayaca ait prizmatik numuneler TS EN 14157 (2017) standardına uygun olarak kesilip hazırlanmıştır. Deneyler için 48 adet yaklaşık  $7 \times 10 \times 3 \text{ cm}^3$  ve 24 adet yaklaşık  $7 \times 7 \times 3 \text{ cm}^3$  boyutlarında mermer örneği kesilmiş ve BA ve GDA deneylerine hazır hale getirilmiştir. Ticari amaçla hazırlanmış olan mermer örneklerinin bir yüzü cilalı diğer yüzü mat yapıya sahip olacak şekilde seçilmiştir. Mermer örnekleri mermer imalatında faaliyet gösteren Van Mermer Madencilik AŞ'den temin edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Van Mermer Fabrikasına ait görüntüler: (a: Fabrikanın genel görünümü, b:Mermer bölümü, c: Granit bölümü).

BA ve GDA deneylerinde standartlarda (TS EN 14157, 2017) belirtilen iki farklı özelliğe sahip aşındırma tozu kullanılmaktadır. Tezin amacı doğrultusunda aşındırma aşamasında iki farklı aşındırma tozu kullanılmıştır (Şekil 3.2). BA testinde siyah renkli 1.10 mm ile 5.10 mm aşındırıcı aşınması üretmek için tasarlanmış yapay korundum kullanılmıştır. GDA testi için ise beyaz renkli FEPA 42-1: 2006 teknik belgesine uygun olarak, büyüklüğü 80 olan korundum (beyaz kaynaşmış alümina) kullanılmıştır.

Aşındırıcı tozların arasında maliyet analizinin yapılabilmesi amacıyla UTEST firmasından Mayıs 2019 tarihinde aşındırıcı tozlara ait fiyatlar alınmıştır (Çizelge 3.1). Yapılan fiyat araştırmasına göre GDA deneyinde kullanımı önerilen beyaz renkli alüminalı korundum aşındırma tozunun birim fiyatının siyah renkli korundum tozunun birim fiyatının yarısı kadar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Deneylerde kullanılan aşındırma tozlarına ait bir görüntü (a) alüminalı korundum, (b) korundum.



Çizelge 3.1. Aşındırma deneylerinde kullanılan aşındırıcı tozların (Abrasive material) Mayıs 2019 yılına ait piyasa değerleri

Aşındırıcı Toz	1 kg birim fiyatı
BA için önerilen siyah renkli korundum	47.25 TL
GDA için önerilen beyaz alüminalı korundum	24.31 TL

### 3.2. Yöntem

Bu çalışma genel olarak, literatür taraması, laboratuvar analizleri ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada tamamlanmıştır.

Çalışmada kullanılacak malzemenin seçimi için jeolojik ve deneysel bilgiler elde edilmiş ve konu ile ilgili olan çalışmalara ait literatür taraması yapılmıştır. Yapılan literatür araştırmasına ait özetler tezin “Kaynak Bildirileri” başlığı altında sunulmuştur.

#### 3.2.1. Laboratuvar çalışmaları

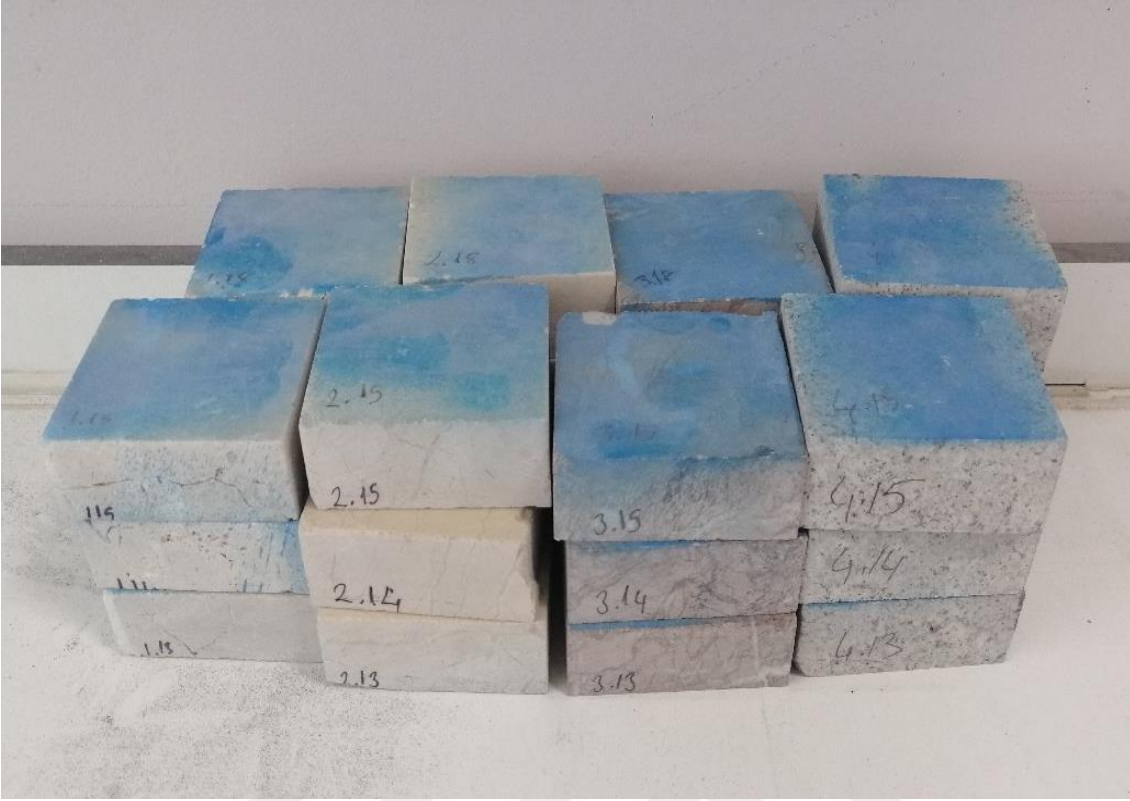
Alınan mermer örnekleri üzerinde fiziksel ve aşındırma analizleri yapmak amacıyla 4 farklı kayaçtan mat ve cilalı yüzlerden oluşan 48 adet dikdörtgen yüzeyli ve 24 adet kare yüzeyli numune hazırlanmıştır. Bu deneyler, düzenli şekilli  $7 \times 10 \times 3 \text{ cm}^3$  (Şekil 3.3) ve  $7 \times 7 \times 3 \text{ cm}^3$  (Şekil 3.4) boyutlarında dikdörtgen ve küp yüzey alanına sahip numuneler üzerinde yapılmıştır. Kaya numunelerinin cilalı ve mat yüzeylerden oluşması ve homojen olmaması nedeniyle deneyler öncesinde hazırlanan numunelerin yüzeyleri titizlikle seçilmiş ve her bir yüzey numaralandırılmıştır (Şekil 3.3). Seçilen örneklerden biri granit diğer üç örnek ise karbonatlı sedimanter kayadan (kireçtaşı) oluşmaktadır.

Laboratuvar çalışmalarının ilk aşamasında fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için numuneler boyutlandırılmış, kuru ağırlıkları ve saf suda 48 saat bekletildikten sonraki doygun ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra numunelerin mat ve cilalı yüzeyleri üzerinde GDA ve BA deneyleri yapılmıştır. GDA ve BA deney aşamalarında her iki deney hem beyaz renkli alüminalı korundum ile hem de siyah renkli yapay korundum ile tatbik edilmiş ve farklı aşındırıcı tozlar her iki deney sonundaki aşındırma farkları karşılaştırılmıştır. Ayrıca GDA deneyinde sıkıştırma yükünün oluk açıklığı üzerindeki etkisinin belirlenmesi için farklı yüklerde beyaz renkli alüminalı korundum tozu kullanılarak oluk açıklığının nasıl değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Deneylerde kullanılan dikdörtgen yüzey alanına sahip örneklere ait bir görüntü.

Laboratuvarda yapılan çalışmalarında, boy ve çapın belirlenmesi için kumpas aleti, örneklerin doymun hale getirilmesi için saf su ve bu örneklerin kurutulması için de 105 °C'ye ayarlı etüv kullanılmıştır. Alınan kaya örnekler üzerinde yapılan GDA ve BA deneyleri, uygun standartlar kullanılarak yapılmış ve yorumlanmıştır. Deneysel çalışmalar, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin ve Kaya Mekaniği laboratuvarında yürütülmüştür.



Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan kare yüzey alanına sahip örneklere ait bir görüntü.

### 3.2.1.1. Geniş diskli aşındırma deneyi (GDA) (TS EN 14157, 2017)

Deney, standart şartlar altında kullanım esnasında numune yüzeyinin bir aşındırıcı malzemeyle aşındırılması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bu deney için aşındırıcı olarak, FEPA 42 F 1984 standardına uygun ve tane büyüklüğü 80 olan korundum minerali (beyaz erimiş alümina) kullanılmıştır. Ayrıca standarda uygun olarak aşındırıcı malzeme üç defadan fazla kullanılmamıştır.

Aşındırma makinası (Şekil 3.5), başlıca bir aşındırma diski, aşındırıcı malzeme akışını düzenlemek için bir veya iki kontrol vanasına sahip olan bir ana hazne, akış yönlendirici bir hazne, sıkıştırma arabası (trolley) ve bir karşı ağırlıktan oluşmaktadır.

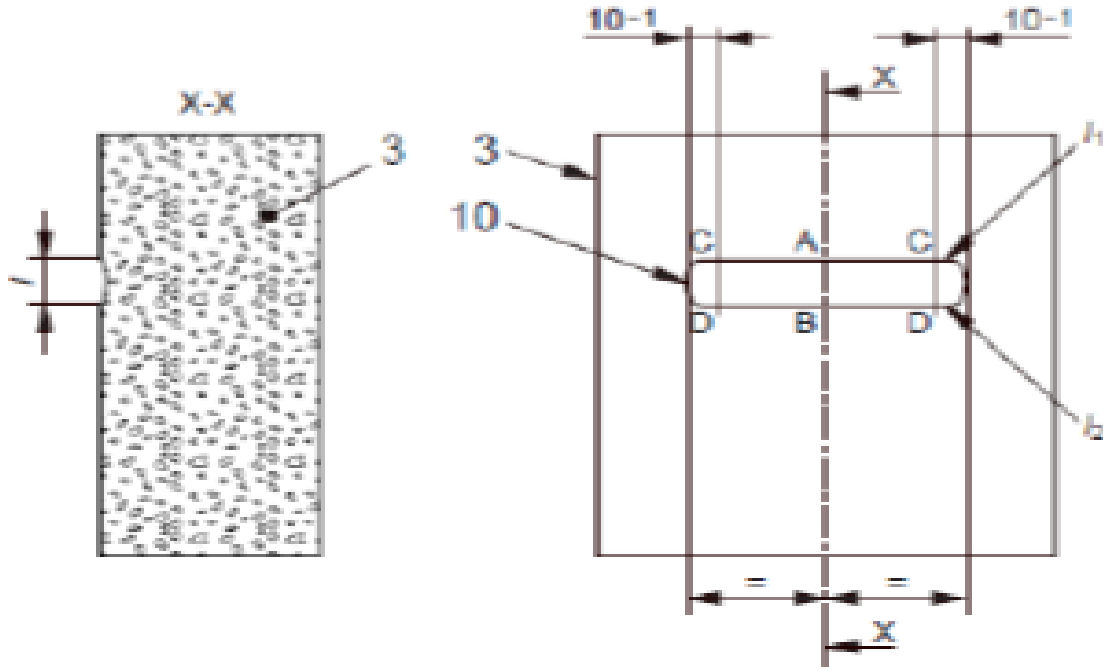


Şekil 3.5. Geniş Diskli Aşındırma makinasına ait bir görüntü.

Deney yöntemi, ana hazne, kuru aşındırıcı malzeme (en çok nem oranı %1 olan) ile doldurulurken sıkıştırma arabası, geniş aşındırma diskinden uzaklaştırılmıştır. Numunenin herhangi bir kenarından en az 15 mm mesafede olacak şekilde sıkıştırma arabası üzerine konumlandırılmış ve bir takoz üzerine sabitlenmiştir. Seyyar sıkıştırma arabası, yataklar üzerine monte edildikten sonra standartta belirtildiği üzere örnek yaklaşık 14 ( $\pm 0,01$ ) kg kütleye sahip olan bir karşı ağırlık ile diske doğru hareket etmeye zorlanmıştır. Bu çalışmada karşı ağırlığın aşındırma üzerindeki etkisinin görülebilmesi amacıyla ayrıca yaklaşık 10kg ve 18kg'lik karşı yüklerde de aşınma deneyi yapılmıştır.

Numune, aşındırma diski ile temas haline getirildikten sonra kontrol vanası açılıp ve geniş aşındırma diski ( $60 \pm 3$ ) saniyede 75 devir yapacak şekilde motor eş zamanlı olarak çalıştırılmıştır. Deney esnasında aşındırıcı malzemenin akış sürekliliği gözle kontrol edilerek disk 75 devir yaptıktan sonra aşındırıcı akışı ve disk durdurulmuştur. Her bir numune üzerinde mümkün olduğu kadar iki deney gerçekleştirilmiştir.

Oluşan oluğun ölçülmesini kolaylaştırmak için numune bir büyüteç altına yerleştirilmiş ve 0.5mm uç çapına ve 6H veya 7H sertliğe sahip olan bir kurşun kalem kullanılarak bir cetvel ile oluğun dış uzunluğuna sınırları (11 ve 12) çizilmiştir (Şekil 3.6). Daha sonra oluk eksenine dik olarak oluğun ortasında bir doğru (A B) çizilerek kaydedilmiştir. Kalibrasyon amaçları bakımından, üç adet ölçüm almak için oluğun uç kısımlarından (C D) ölçme işlemi  $(10 \pm 1)$  mm tekrarlanmıştır.



Şekil 3.6. Oluk açıklığını ölçümüne ait bir şema.

Kalibrasyon için “Boulonnaise Mermeri” kullanılmıştır. Bu mermerden alınan bir referans numune kullanılarak ve diskin  $(60 \pm 3)$  saniyede gerçekleştirdiği 75 devirden sonra elde edilen oluk uzunluğu  $(20.0 \pm 0,5)$  mm olacak şekilde ayarlanmış karşı ağırlık ile kalibre edilmiştir. Karşı ağırlık, sırasıyla oluk uzunluğunu artırmak ve azaltmak için artırılmalı veya azaltılmalıdır. Sıkıştırma arabası/karşı ağırlık düzeneği, aşırı sürtünme oluşumuna karşı kontrol edilmiştir. Bu çalışmada her ağırlık için Boulonnaise Mermeri’nde oluşan oluk açıklığı ölçülmüş ve farklı sıkıştırma yüklerinde elde edilen oluk değerleri kalibre edilmiştir.

Her bir numunenin sonucu, bir kalibrasyon faktörü ile düzeltilen ölçüdür ve daha sonra bu değer en yakın 0.5 mm’ye yuvarlanır. Kalibrasyon faktörü, 20.0 mm ile

kaydedilen kalibrasyon değeri arasındaki aritmetik farktır. Bir numune üzerinde iki oluk açılırsa, bu durumda büyük değer sonuç olarak alınmıştır. Örneğin, kalibrasyon değeri 19.6 mm ve ölçü 22.5 mm ise, bu durumda sonuç,

$$\begin{aligned} & \text{Düzeltilmiş Oluk Açıklığı (mm)} \\ & = \text{Ölçülen değer} + (20.0 - \text{Kalibrasyon Değeri}) \text{ (Eş 3.1)} \end{aligned}$$

eşitliği kullanılarak düzeltilir.

Deney standardında önerilen alüminalı korundum aşındırıcısı dışında siyah renkli yapay korundum tozu ile de yapılmış ve her iki tozun oluşturduğu aşınma miktarı GDA deneyi için karşılaştırılmıştır.

### **3.2.1.2. Böhme Aşındırma Deneyi (BA) (TS EN 14157, 2017)**

7x7x3cm boyutlarında kesilen kare yüzeyli deney numunesi, üzerine standart aşındırıcının dağıtıldığı Böhme disk aşındırıcısının deney hattına yerleştirilerek bu deney yapılmaktadır. Deney başlatıldığında disk döndürülür ve numune belirli sayıdaki döngü için  $(294 \pm 3)$  N'luk bir aşındırma yüküne maruz bırakılır (Şekil 3.7) ve deney sonunda oluşan aşınma, numunedeki hacim kaybı olarak tayin edilir.

Kullanılan standart aşındırıcı, standart granit numuneleri üzerinde deney yapıldığında 1.10 mm'den 1.30 mm'ye kadar, standart kireçtaşı numuneleri üzerinde deney yapıldığında ise 4.20 mm'den 5.10 mm'ye kadar aşınma sağlayacak şekilde tasarlanmış yapay korundum aşındırıcı toz olmalıdır. Bu gereklerle uyumluluk için, malzemenin homojenliği ve aşındırıcının kaba yoğunluğunun benzerliği ve sınıfı kontrol edilmiştir. Aşındırma deneyinden önce ve her dört döngüden sonra (aşağıya bakılmalıdır), numune 0.1 g yaklaşımla tartılmış ve 20 g standart aşındırıcı deney hattı üzerine dökülmüştür. Hat üzerindeki aşındırıcının, numunenin genişliği ile sınırlanan bir alan üzerinde eşit miktarda dağıtılmış olmasına dikkat edilerek disk harekete geçirilmiştir.



Şekil 3.7. Böhme Aşındırma cihazına ait bir görüntü.

Her numune, her biri 22 devirden oluşan 16 döngü halinde deneye tabi tutulmuştur. Her bir döngüden sonra, hem disk, hem de numunenin temas yüzeyi temizlenerek, numune 90° ye kadar döndürüldükten sonra 20g standart aşındırıcı hat üzerine tekrar dökülmüştür. Deney sonunda, numune, sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuş ve 0.1g yaklaşımla tartılmıştır (mf).

Numune hacmindeki ortalama kayıp ( $\Delta V$ ) olarak 16 döngüden sonra aşındırıcının sebep olduğu aşınma aşağıdaki “Eş 3.2” ye göre hesaplanmıştır;

$$\Delta V = \Delta m / \rho b \quad (3.2)$$

Burada;

$\Delta V$  mm<sup>3</sup> yaklaşımla 16 döngüden sonraki hacim kaybı (mm<sup>3</sup>),

$\Delta m$  (m<sub>i</sub> – m<sub>f</sub>) 0.1 g yaklaşımla 16 döngüden sonraki kütle kaybı (g),

$\rho b$  Numunenin görünür yoğunluğu veya çok tabakalı numuneler olması durumunda aşınan tabakanın görünür yoğunluğu (g/mm<sup>3</sup>) dur.

Deney standardında önerilen siyah renkli yapay korundum tozu aşındırıcısı dışında alüminalı korundum tozu ile de yapılmış ve her iki tozun oluşturduğu aşınma miktarı BA deneyi için karşılaştırılmıştır.

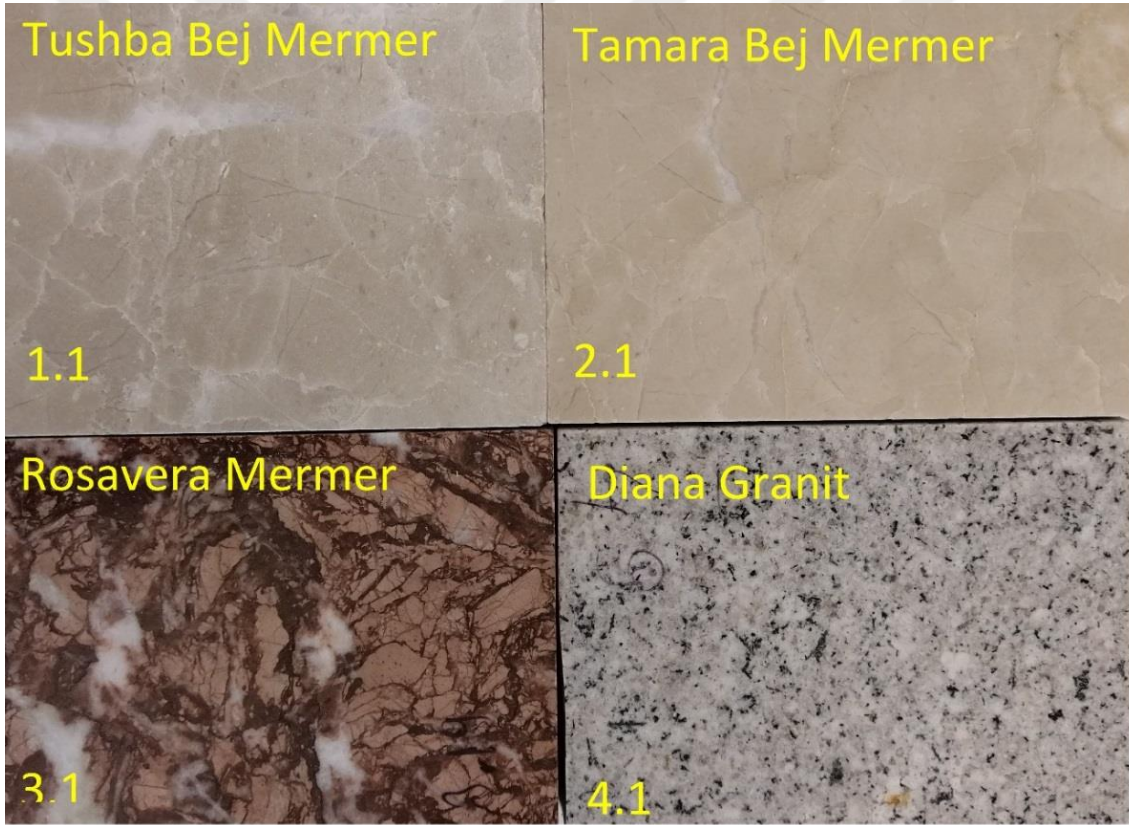




## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Test Edilen Kaya Türlerinin Genel Özellikleri

Bu çalışmada, Van-Mer taş işleme tesisinden toplam 4 adet kaya numunesi alınmıştır. Test edilen kayaçların üçü kimyasal sedimanter (kireçtaşı) kaya gurubunda olup biri ise magmatik kaya (granit) gurubundan seçilmiştir (Şekil 4.1). Sedimanter kayalar makroskobik olarak incelendiğinde bu örneklerin farklı renk, doku ve damar yapısına sahip kireçtaşlarından oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan mermer örneklerine ait makroskobik bir görüntü.

## 4.2. Test Edilen Numunelerin Fiziksel Özellikleri

Bu çalışmada, numunelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 4 ayrı numunenin her birinden 18 adet seçilmiştir. Numunelerin kuru ( $\gamma_k$ ) ve doymun ( $\gamma_d$ ) birim hacim ağırlıkları ile poroziteleri ( $n$ ) belirlenmiştir. Numuneler incelendiğinde ortalama kuru birim hacim ağırlık (KBHA) değerlerinin  $24.86 - 25.85 \text{ kN/m}^3$ , doymun birim hacim ağırlık (DBHA) değerlerinin ise  $25.04 - 25.91 \text{ kN/m}^3$  arasında değiştiği, en düşük yoğunluk değerinin Diana Graniti, en yüksek yoğunluk değerinin ise Tusba Bej ile Tamara Bej Mermer olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Kuru ve doymun birim hacim ağırlıkları karşılaştırıldığında Diana Graniti dışındaki numunelerin kuru ve doymun birim hacim ağırlıklarının hemen hemen aynı çıktığı belirlenmiştir (Şekil 4.2). Porozite değerlerine baktığımızda en yüksek değerlerin birim hacim ağırlıkları en düşük çıkan Diana Granti'nde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3).

Numunelerin gözeneklilik oranı (porozite) ( $n$ ) değerleri incelendiğinde ortalama gözeneklilik değerlerinin %0.42 ile %1.81 arasında değiştiği, Diana Granitinin gözeneklilik oranının diğer numunelere oranla daha yüksek olduğu ve ortalama 2-3 katı çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Test edilen numunelerin ortalama fiziksel özellikleri.

Örnek Adı		Kuru Kütle (gr)	Yaş Kütle (gr)	KBHA (kN/m <sup>3</sup> )	DBHA (kN/m <sup>3</sup> )	Görünür Porozite (%)
Tusba Bej	<i>Ortalama</i>	549.5	550.7	25.85	25.91	0.60
	<i>En Büyük</i>	558.2	560.0	26.11	26.15	0.88
	<i>En Küçük</i>	533.9	534.9	25.51	25.59	0.36
Tamara Bej	<i>Ortalama</i>	549.0	549.9	25.79	25.83	0.42
	<i>En Büyük</i>	571.7	572.8	26.03	26.07	0.59
	<i>En Küçük</i>	530.5	531.3	25.47	25.51	0.29
Rosavera	<i>Ortalama</i>	552.3	555.0	25.54	25.66	1.26
	<i>En Büyük</i>	561.5	564.3	25.91	26.02	1.98
	<i>En Küçük</i>	535.8	539.6	25.06	25.24	0.71
Diana Granit	<i>Ortalama</i>	530.6	534.4	24.86	25.04	1.81
	<i>En Büyük</i>	552.2	556.6	25.18	25.34	2.09
	<i>En Küçük</i>	509.7	513.0	24.62	24.77	1.57

Çobanoğlu ve Çelik (2017) açık porozite değerlerinin hem BA hem de GDA test sonuçları üzerindeki etkisi olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca aynı çalışmada, kuru görünür yoğunluk değerleri ile BA ve GDA aşınma testi sonuçları arasında da ilişki

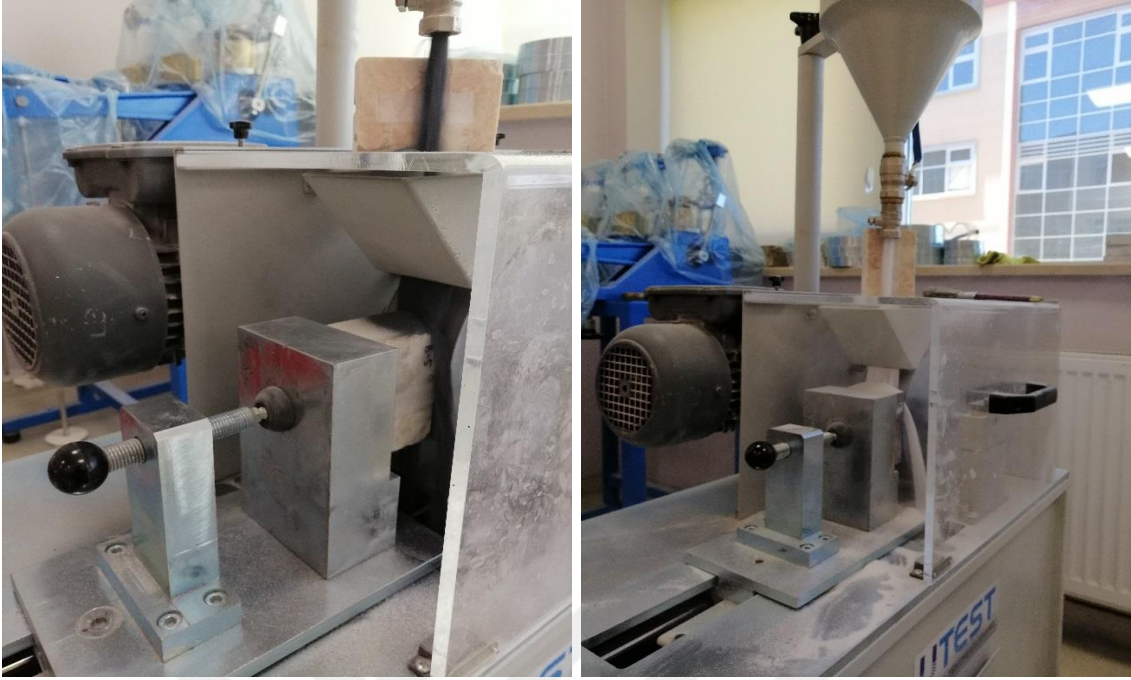


### **4.3. Test Edilen Numunelerin Aşınma Direnci Test Sonuçları**

Bu kısımda tez çalışması için seçilen numuneler üzerinde TS EN 14157 (2017)'de “Doğal taşlar için aşınma direnci” standartlarında Yöntem-A'da belirtilen “Geniş Diskli Aşındırma deneyi (GDA)” ve Yöntem-B'de belirtilen “Böhme aşındırma deneyi (BA)” standartlarında testler yapılmıştır. Yapılan testler kendi içerisinde ve her iki test sonuçları arasındaki ilişkiler bakımından yorumlanmıştır.

#### **4.3.1. Geniş diskli aşındırma deneyi (GDA) bulguları**

Bu çalışma için seçilen 4 farklı kaya numunesi ve bunların cilalı ve mat yüzleri üzerinde standartlarda belirtilen şekilde test yapılmıştır. GDA deneyi için uygulanan standart sıkıştırma ağırlığı revize ederek 14kg dışında 10kg ve 18kg ağırlıklara maruz bırakılarak ağırlığın aşınma ve oluk şekli üzerindeki etkileri farklı sıkıştırma yükleri ile de ayrıca test edilmiştir. Böylece farklı sıkıştırma yüklerinde oluk açıklığının değişimi ve kayıp miktarlarının olası farkları incelenmeye çalışılmıştır. Test sonunda bu numunelerin başlangıçtaki kütleleri ile deney sonundaki kütleleri arasındaki farka bağlı yüzde kayıpları hesaplanmış aşınma kaybı ağırlığının değişimine bağlı olarak yüzde sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca literatürde daha önce karşılaşılmayan farklı aşındırıcı tozların her iki deneyde de oluşturdukları kayıp miktarları belirlenmiştir. GDA deneyinde standartta (TS EN 14157, 2017) belirtilen alüminalı aşındırıcı tozun dışında BA deneyinde kullanılan siyah renkli korundum aşındırıcı tozu kullanılmış ve aynı örnekler üzerindeki benzer ya da farklı aşındırma özelliklerinin olup olmadığı, aşındırma tozlarının maliyet-sarfıyat analizleri yapılarak incelenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. İki farklı aşındırıcı tozla yapılan dikey aşındırma deneyine ait bir görüntü.

Bu çalışmada, GDA deneylerine başlamadan önce ilk adımda farklı sıkıştırma yükleri altında Boulonnais Mermeri üzerinde oluşan oluk açıklıkları belirlenmiştir. Çobanoğlu ve Çelik (2017) bu referans mermer örneğinin ince kesitini polarizan mikroskop altında incelemişlerdir ve mineral bileşimi açısından heterojen bir yapı/doku sergilediğini, kalsit, kuvars, muskovit ve opak minerallerin baskın olduğunu ve granoblastik poligonal dokuya sahip olduğu belirtmişlerdir. Marini ve ark. (2011), Boulonnais mermeri yerine farklı taşları kalibrasyon açısından araştırmışlardır. Canaloni mermerinin aşınma özelliklerinin Boulonnais mermerine benzediğini ve alternatif olarak bir referans malzeme olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Farklı mineral sertliklerine sahip bu referans mermerlerinde aşınma sonrası oluşan oluk açıklığı dikkatli bir şekilde ölçülmelidir. Çobanoğlu ve Çelik (2017), bu mermerin hem makro hem de ince kesit görünümünde heterojen yapı da olduğunu ve beyaz kısımların daha çok iri kalsit minerallerinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle kalibrasyon mermerinin farklı alanlarında aynı sıkıştırma yükünde farklı olukların oluşması muhtemeldir.

GDA deneyi için önerilen kalibrasyon mermerinde de üç farklı sıkıştırma yükünde (10kg, 14kg, 18kg), alüminalı korundum tozu (beyaz) kullanılarak oluklar

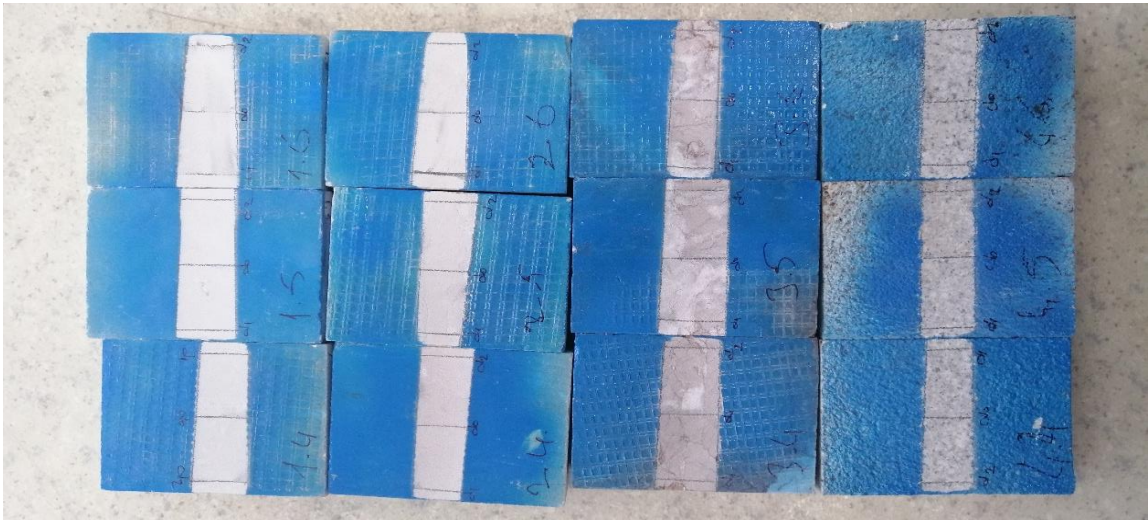
açılmış ve yüke bağlı oluk değişimleri Boulonnais Mermeri üzerinde ölçülmüştür (Çizelge 4.2). Ayrıca yine aynı mermer üzerinde standartta belirtilen sıkıştırma yükünde siyah renkli korundum aşındırma tozu sadece 14kg'lık yükte denenmiş ve oluşan oluk açıklığı kaydedilmiştir (Çizelge 4.3). Boulonnais Mermerinde farklı sıkıştırma yüklerindeki oluk açıklıkları incelendiğinde yükün artmasıyla oluk genişliğinin arttığı görülmektedir. Ayrıca 14kg sıkıştırma yükünde alüminalı beyaz renkli korundum ile siyah renkli korundum tozu arasında aşındırma farkının hemen hemen olmadığı belirlenmiştir. Bu iki tozun bir biri yerine kullanılabilceği ve sıkıştırma yükü arttıkça olukların daha düzgün oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.2. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yükleri altında alüminalı korundum tozu (beyaz) kullanılarak Boulonnais Mermeri üzerinde açılan oluk genişlikleri

Deney No	Uygulanan sıkıştırma yükü (kg)	Boulonnais Mermeri'nde oluşan oluk açıklığı (cm)
1	10	1.95
2	14	2.16
3	18	2.55

Çizelge 4.3. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yükleri altında korundum tozu (siyah) kullanılarak Boulonnais Mermeri üzerinde açılan oluk genişlikleri

Deney No	Uygulanan sıkıştırma yükü (kg)	Boulonnais Mermeri'nde oluşan oluk açıklığı (cm)
1	14	2.15



Şekil 4.5. Düşük sıkıştırma yükünde oluşan düzensiz oluk açıklıklarına ait bir görüntü.

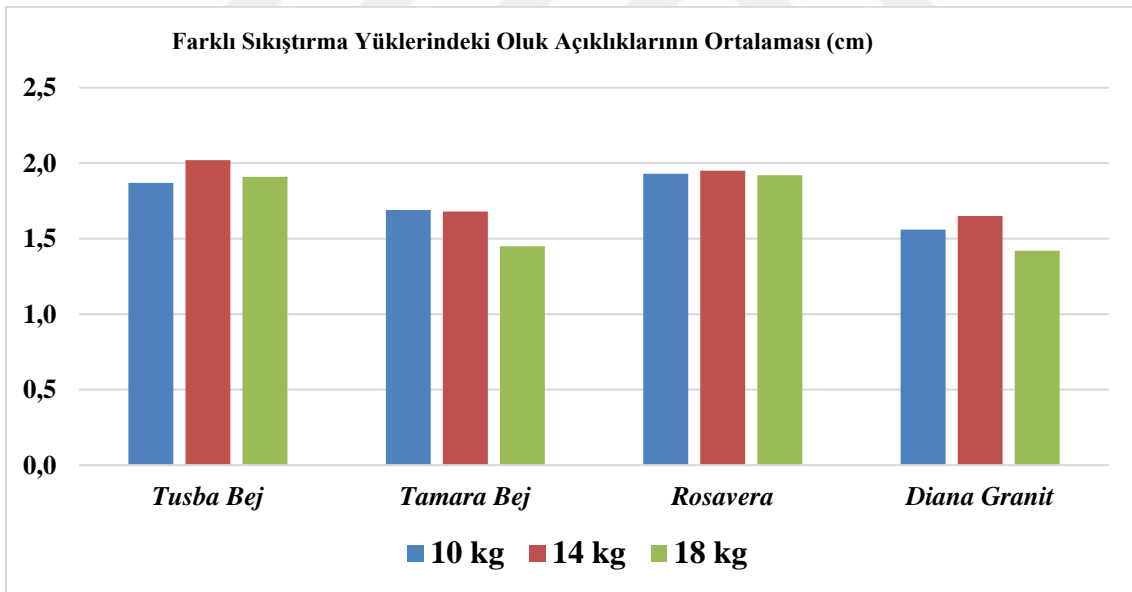
Her sıkıştırma yükünde GDA deneyi yapılmış ve bu deneylerden elde edilen sonuçlar standartta önerildiği şekilde Boulonnais Mermeri'nden elde edilen düzeltme katsayıları ile kalibre edilmiştir. Düzeltilmiş Oluk Açıklığı (DOA) (mm), Ölçülen değer + (20.0 – Kalibrasyon Değeri) eşitliği kullanılarak düzeltilmiş ve DOA değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Örneklerde ölçülen oluk açıklıkları her sıkıştırma ağırlığı için kıyaslandığında, kalibrasyon mermerinde olduğu gibi ağırlık arttıkça oluk açıklığının arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.6). Ortalama oluk açıklıkları değerlendirildiğinde en fazla aşınan malzemenin Tusba Bej ticari ismi ile anılan kaya olduğu, en az aşınan kayanın ise Diana Graniti ticari ismi ile anılan kaya olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6). Görüntü olarak birbirine benzeyen Tusba Bej ile Tamara Bej arasında aşınma kaybı miktarı arasında ciddi bir fark olduğu görülmüştür. KBHA ve görünür porozite ile aşınma kaybı arasındaki ilişkiye bakıldığında Çobanoğlu ve Çelik (2017) tarafından belirlendiği gibi anlamlı bir ilişki ortaya çıkmamıştır. Bu çalışma 4 farklı kaya örneği üzerinde yapıldığı için kesin bir yargıya ulaşmak mümkün olmadığından bu konuda daha fazla çalışmanın yapılması önerilmektedir.

Çizelge 4.4. GDA deneyinde farklı sıkıştırma yüklerinden elde edilen ortalama oluk açıklığı değerleri

Örnek No	10 kg		14 kg		18 kg	
	Oluk Açıklığı (cm)	Düzeltilmiş DOA	Oluk Açıklığı (cm)	Düzeltilmiş DOA	Oluk Açıklığı (cm)	Düzeltilmiş DOA
Tusba Bej	1.82	1.87	2.18	2.02	2.46	1.91
Tamara Bej	1.64	1.69	1.84	1.68	2.00	1.45
Rosavera	1.88	1.93	2.11	1.95	2.47	1.92
Diana Granit	1.51	1.56	1.81	1.65	1.97	1.42

Her sıkıştırma yükünde yapılan GDA deneyi sonuçlarına bakıldığında genelde sıkıştırma yükü arttıkça oluk açıklıklarının arttığı gözlenmiştir. Fakat DOA değerlerine bakıldığında sıkıştırma yükü ile DOA değerleri arasında bir ilişkinin olmadığı gözlenmiştir. Bunun en büyük nedeni, bu çalışmada kullanılan örneklerin damar ve farklı sertliklere sahip minerallerden oluşmasıdır. Özellikle granit içerisinde bulunan kuvars ve feldispat gibi farklı sertliklerdeki mineraller aşınma değerlerini etkilemektedir. Yılmaz ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada inceledikleri granit

numunelerinin yüzey aşınma direncini olumlu yönde etkileyen birincil petrografik değişkenin kuvars yüzdesi içeriği (Q) olduğunu belirlemişleridir. Bu çalışmada kullanılan tek granit örneğinde gözlenen uyumsuzluğun nedeni olarak da petrografik değişkenin yüzdesinin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca standartta (TS EN 14157, 2017) belirtilen ve tane büyüklüğü 80 olan aşındırıcı alüminalı korundum tozunun aşındırma deneyi esnasında granit ile temas yüzeyi, tane büyüklüğü 200 olan yapay aşındırıcı toza göre daha azdır. Granitte gözlenen bu aşınma farklılığının oluşmasının sebebi yapay korundum tozunun birincil petrografik değişkenin kuvars yüzdesi içeriği (Q) ile temasın daha sık gerçekleşmesi ile DOA değerlerinin farklı olmasına ve tozların diğer örneklerle göre farklı oluk açıklığı sonuçları vermesine sebep olduğu düşünülmektedir. Granit gibi farklı sertliğe sahip minerallerden oluşan Boulonnais Mermerindeki oluk açıklığını bu minerallerin etkilediği ve bu etkininde DOA değerlerine yansıdığı gözlenmiştir. Başka çalışmalarda bu farklılığın detaylarının araştırılması önerilmektedir.

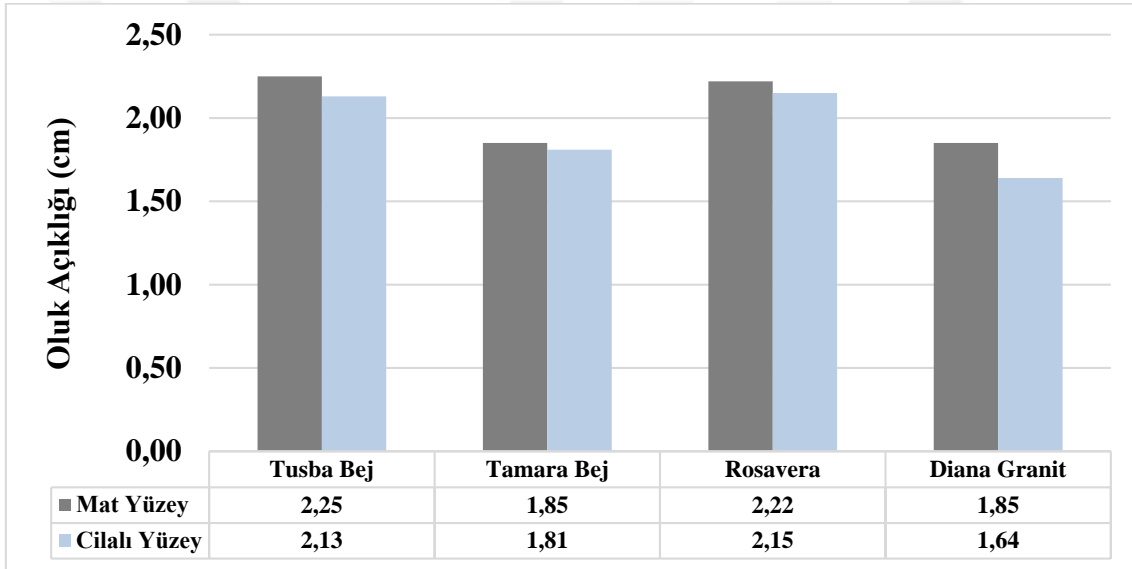


Şekil 4.6. Farklı sıkıştırma yüklerinde oluşan düzeltilmiş oluk açıklıklarına (DOA) ait ortalama değerleri gösteren bar diyagramı.

Ticari anlamda kullanılan mermerlerin genelde bir yüzeyleri cilalanmaktadır. Bu duruma sahip mermerlerde oluşan aşınma kaybı değerlerinin belirlenmesi için GDA deneyi standartta belirtildiği şekliyle 14kg sıkıştırma yükünde yapılmıştır. GDA



deneyleri seçilen örneklerin hem cilalı yüzeylerinde hem de yapıştırmada kullanılacak mat yüzeylerinde ayrı ayrı uygulanmıştır. Deney sonuçlarına bakıldığında cilalı yüzeylerdeki aşınma sonrası oluk açıklığı miktarının mat yüzeylerde oluşan oluk açıklığı miktarına göre daha az aşındığı görülmüştür. Farklı örneklerin mat yüzlerinin aşınmaya karşı belirgin bir fark oluşturmamasına rağmen örneklerin mat yüzleri aşındırma deneylerinde deneye tabi tutulması tavsiye edilmektedir (Şekil 4.7). Özellikle homojen olmayan kayalarda aynı numunenin farklı yerlerinde farklı oluk açıklıkları oluşmuştur. Bu durumun açıklanabilmesi için daha fazla örnek üzerinde deneyin yapılması önerilmektedir.



Şekil 4.7. Mat ve Cilalı yüzeylerde uygulanan GDA deney sonuçlarının ortalamalarına ait bar diyagramı.

Bu çalışmada kullanılan 4 farklı kaya numunesi ve bunların farklı aşındırıcı tozlara karşı aşınma kaybı standartlarda belirtilen şekilde GDA aşındırma testi ile yapılmış ve test sonunda bu numunelerin başlangıçtaki kütleleri ile deney sonundaki kütleleri arasındaki farka bağlı olarak aşınma kaybı yüzde olarak da hesaplanmıştır.

GDA deneyinde oluk açıklığı standartta önerildiği şekliyle cm cinsinden elde edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan numunelerin GDA aşındırma değerlerine bakıldığında en az aşınan numunelerin Diana Graniti ve Tamara Bej mermeri olduğu test sonuçlarında elde edilmiştir. En çok aşınan numunelerin ise Tusba Bej mermeri ile

Rosavera mermeri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca GDA testinde Beyaz aşındırıcı tozun Siyah aşındırıcı toza göre aşındırmayı daha fazla gerçekleştirdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.5 - Şekil 4.8). İki farklı aşındırma tozu ile yapılan GDA aşındırma deneyinde alüminalı korundum tozunun örnekleri daha fazla aşındırdığı görülmüştür. Ayrıca örneklerin mat ve cilalı yüzlerinin aşınması karşılaştırılırken mat yüzlere sahip bütün örneklerin aşınmaya karşı daha az direnç gösterdikleri bunun neticesinde her bir örneğin cilalı yüzlerine göre daha fazla aşındıkları gözlemlenmiştir. Toplamda 48 örnek üzerinde her iki toz ile oluşan oluk açıklığı tespit edilmiş ve ortalama olarak Şekil 4.8'deki değerler elde edilmiştir. Oluşan oluk yapılarına bakıldığında Tusba Bej ile Rosavera mermer örneklerinde her iki toz arasındaki aşındırma miktarlarında 2 cm'den fazla iken diğer iki örnekte ise 2 cm'nin altında değerler aldığı görülmüştür. Her iki aşındırma tozundan elde edilen değerler arasında korelasyon ilişkisine bakıldığında yüksek belirleme katsayısına ( $R^2=0.89$ ) sahip bir değer elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 4.9). İki farklı aşındırma tozunun GDA deneyinde birbiri yerine kullanılması durumunda çok büyük farkların olmayacağı ve elde edilen "Eş 4.1" ile bu farklılığın giderilebileceği ortaya çıkarılmıştır.

$$ST=0.8786*BT^{1.1162} \quad (4.1)$$

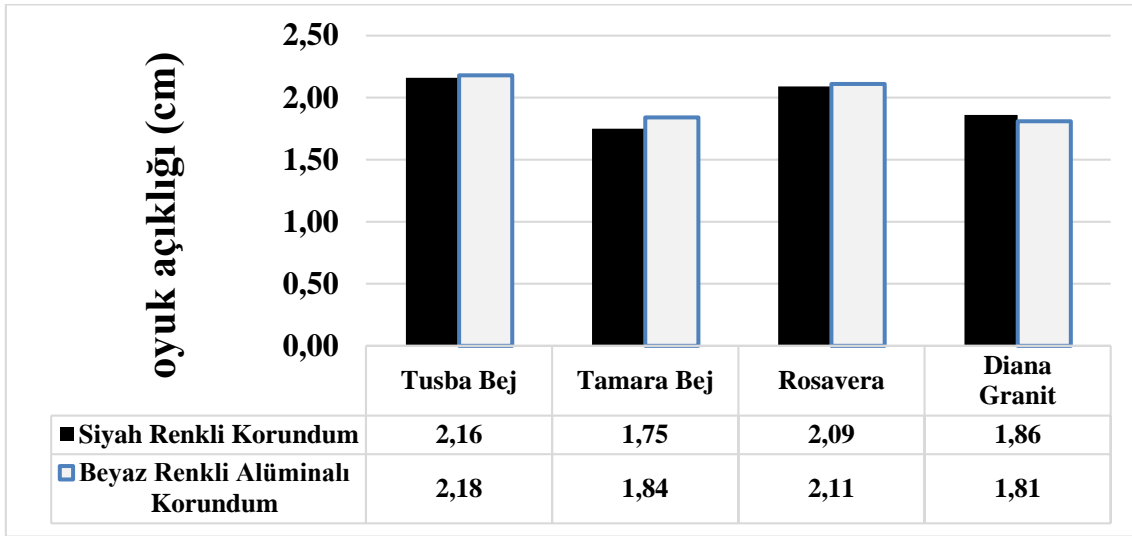
Bu eşitlikte;

ST: Siyah Korundum tozu kullanılarak yapılan GDA Aşındırma deneyi (cm)

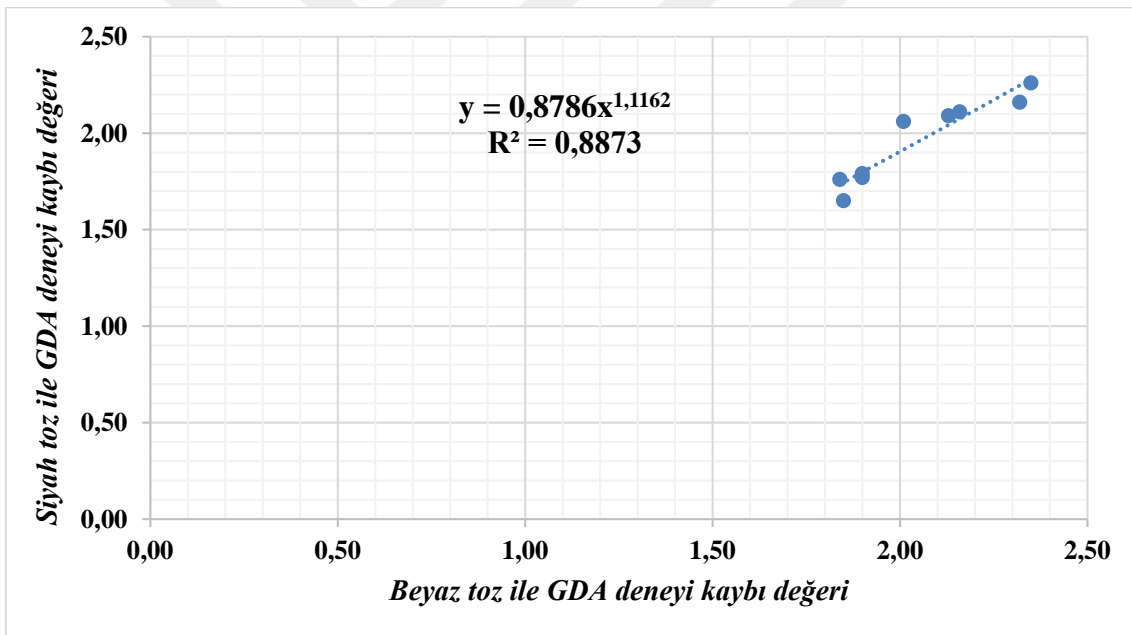
BT: Alüminalı Korundum tozu kullanılarak yapılan GDA Aşındırma deneyi (cm)

Çizelge 4.5. İki farklı aşındırıcı toz ile elde edilen oluk açıklığı ortalama değerleri.

Örnek No	Siyah renkli Korundum	Alüminalı (Beyaz) Renkli Korundum
Tusba Bej	2.16	2.18
Tamara Bej	1.75	1.84
Rosavera	2.09	2.11
Diana Granit	1.86	1.81



Şekil 4.8. İki farklı aşındırıcı toz ile GDA testinde uygulanan 14kg ağırlık sonrası oluşan ortalama oluk açıklığını gösteren bar diyagramı.



Şekil 4.9. Aşındırıcı tozlar ile GDA testinde 14kg ağırlığa maruz bırakılan örneklerdeki ortalama oluk açıklığı arasındaki korelasyon.

### 4.3.2. Böhme aşındırma deneyi (BA)

Bu çalışmada kullanılan 4 farklı kaya numunesi ve bunların farklı aşındırıcı tozlara karşı aşınma kaybının belirlenmesi için standartlarda belirtilen şekilde Böhme aşındırma testi yapılmıştır. Test sonunda bu numunelerin başlangıçtaki kütleleri ile deney sonundaki kütleleri arasındaki farka bağlı olarak aşınma kaybı yüzde olarak hesaplanmıştır.

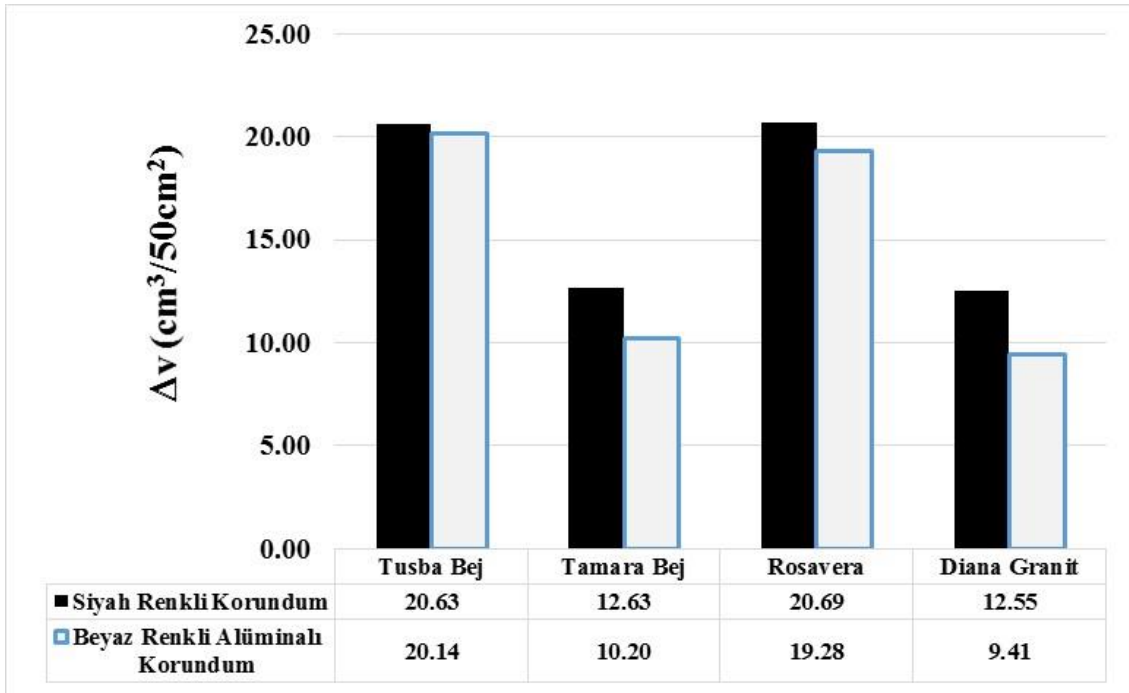
BA deneyinde aşınma miktarı standartta önerildiği şekliyle  $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$  cinsinden elde edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan numunelerin BA değerlerine bakıldığında genel olarak en az aşınan numunelerin GDA sonuçlarında olduğu gibi Diana Graniti ve Tamara Bej mermeri olduğu görülmüştür. En fazla aşınan numunelerin ise Tuşba Bej mermeri ile Rosavera mermeri olduğu belirlenmiştir. İki farklı aşındırma tozu ile yapılan deneyde GDA deneyinde olduğu gibi benzer sonuçlar elde edilmiştir. Toplamda 24 örnek üzerinde her iki toz ile oluşan aşındırma miktarı test edilmiş ve ortalama olarak Şekil 4.10'daki değerler elde edilmiştir. Aşındırma miktarına bakıldığında Tusba Bej mermer ile Rosavera mermeri örneklerinde her iki toz arasındaki aşındırma miktarlarında %1'den az fark varken diğer iki örnekte ise %1 ile 2 arasında bir fark olduğu görülmüştür (Şekil 4.10). Her iki aşındırma tozundan elde edilen değerler arasında korelasyon ilişkisine bakıldığında yüksek belirleme katsayısına ( $R^2=0.99$ ) sahip bir değer elde edildiği belirlenmiş olup (Şekil 4.11) bu iki aşındırma tozunun BA deneyinde birbiri yerine kullanılması durumunda çok büyük farkların olmayacağı ve elde edilen "Eş4.2" ile bu farklılığın giderilebileceği ortaya çıkarılmıştır.

$$ST=2.5549*BT^{0.7} \quad (4.2)$$

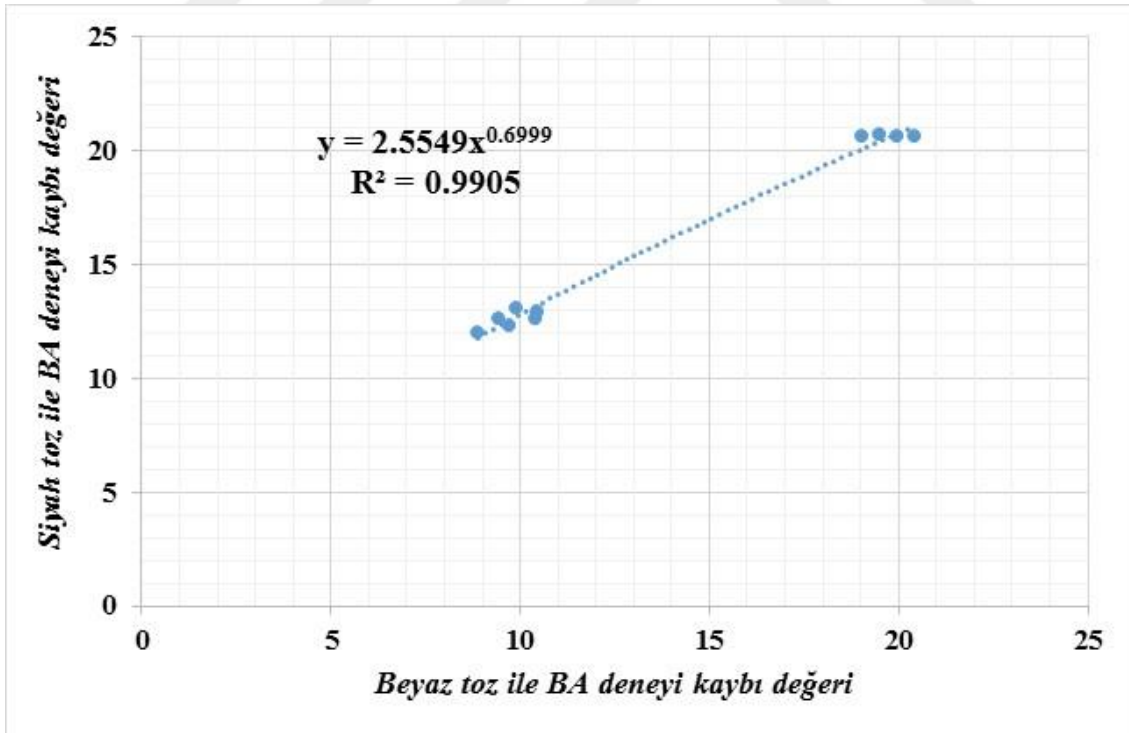
Bu eşitlikte;

ST: Siyah Korundum tozu kullanılarak yapılan Böhme aşındırma deneyi ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )

BT: Alüminalı Korundum tozu kullanılarak yapılan Böhme aşındırma deneyi ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )



Şekil 4.10. Her iki aşındırma tozu kullanılarak BA deneyinden elde edilen sonuçların ortalamalarını gösteren bar diyagramı.



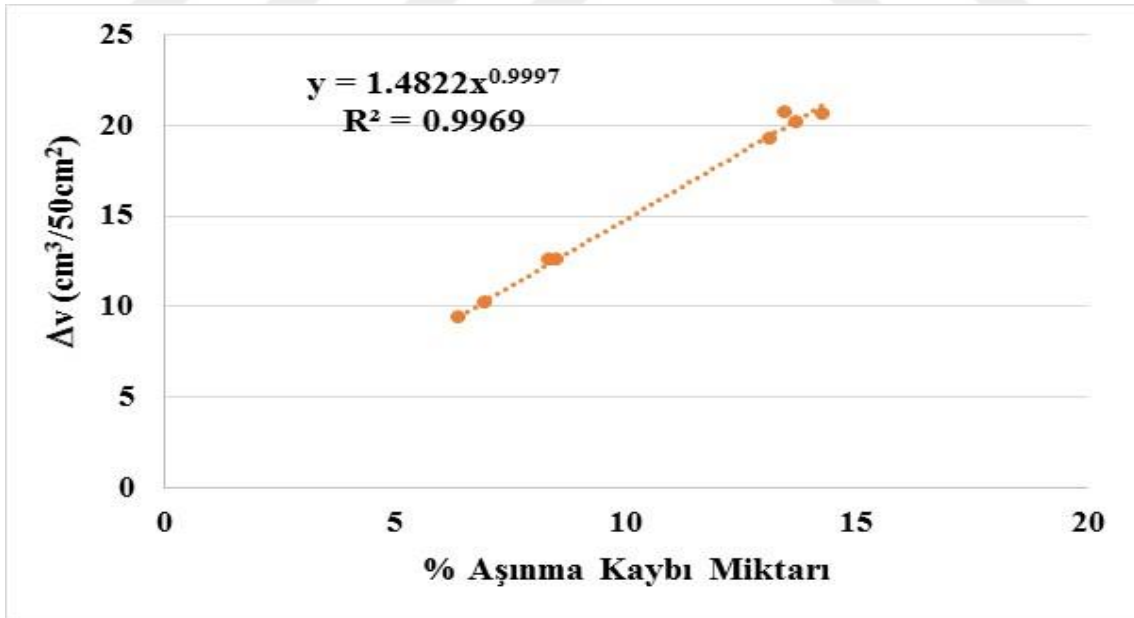
Şekil 4.11. Her iki aşındırma tozu ile yapılan BA deneyi sonuçları arasındaki korelasyon.

BA deneyinde aşındırma kaybı aynı zamanda % cinsinden de hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Hesaplamalarda ilk ağırlık ile son ağırlık arasındaki kayıp miktarının yüzde olarak ifade edilmesi daha doğru sonuçlar verebilmektedir. Aşınma kaybı miktarının yüzde aşınma kaybı (YAK) olarak belirlenmesi durumunda Şekil 4.12'deki korelasyondan elde edilen "Eş. 4.3"deki bağıntı yardımıyla  $\Delta V$  ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ ) değerine ulaşılabilmektedir.

$$\Delta V = 1.4822 * \text{YAK}^{0.9997} \quad (4.3)$$

Çizelge 4.6. Her iki aşındırma tozu için BA deneyinde oluşan kayıp miktarlarının % ve  $\Delta V$  cinsinden ortalama değerleri

Örnek No	Siyah renkli Korundum		Alüminalı Korundum	
	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	% Aşınma Kaybı	$\Delta V$ ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	% Aşınma Kaybı
Tusba Bej	20.63	14.29	20.14	13.69
Tamara Bej	12.63	8.50	10.20	6.94
Rosavera	20.69	13.47	19.28	13.11
Diana Granit	12.55	8.36	9.41	6.39



Şekil 4.12. BA deneyinden elde edilen % aşınma kaybı ile  $\Delta V$  değerleri arasındaki korelasyon.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında doğal kayaların aşındırılmasında son yıllarda sıkça kullanılan Geniş Diskli Aşındırma (GDA) deneyinde karşılaşılan farklı durumlar irdelenmiş ve Böhme Aşınma (BA) deneyi ile GDA deneyinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak bu deneylerde kullanılan malzeme ve yöntemlerin avantaj ve dezavantajları yorumlanmıştır.

GDA deneyinde ile standartta (TS EN 14157, 2017) belirtilen 14kg dışında 10kg ve 18kg gibi farklı karşı sıkıştırma ağırlıklarına maruz kalan bütün numuneler karşılaştırıldığında, % aşınma miktarının sıkıştırma ağırlığının artmasıyla arttığı ve ağırlığın azaltılmasıyla aşınmanın azaldığı görülmüştür. En fazla aşınan örneğin Tuşba Bej mermeri olduğu ve en az aşınan örneğin ise Diana Graniti olduğu belirlenmiştir.

GDA deneyinde sıkıştırma ağırlığının 10kg'a düşürülmesiyle oluşan oluk şeklinin bazı örneklerde düzensiz olduğu ve yer yer yamuk şeklini aldığı görülmüştür. Ancak sıkıştırma ağırlığı artırılmasıyla oluk yapısının düzenli olduğu ve dikdörtgen şeklini aldığı tespit edilmiştir. GDA deneyinde aşınmayı sağlayan dönen diskin örneklere uygulanan sıkıştırma ağırlığının artırılmasıyla temasının daha iyi sağlandığı, daha fazla aşınma ve oluşan olukların şeklinin ise daha düzenli olduğu görülmüştür.

Tez çalışmasında kullanılan numunelerin BA ve GDA sonuçlarına bakıldığında genel olarak en az aşınan örneğin Diana Graniti olduğu belirlenmiştir. Diana Granitinin aşınma değerini modal mineral kompozisyonu kontrol ettiğinden (Yılmaz ve ark, 2017) bu numunenin düzeltilmiş oluk açıklığı (DOA) değeri farklı sıkıştırma yüklerinde yüke bağlı olarak değişmemiştir.

Tamara Bej mermerinin ise en düşük porozite değerine sahip olmasından dolayı diğer örneklere göre aşınmaya karşı daha fazla direnç gösterdiği düşünülmektedir. En fazla aşınan numunelerin ise Tuşba Bej mermeri ve Rosavera mermeri olduğu belirlenmiştir.

GDA deneyinde oluk açıklığı aynı örneğin farklı yerlerinde gözenek, bant, fosil gibi heterojen dokusal özelliklerden etkilendiği için değerlendirmelerde bazen doğru bir

sonuç vermemektedir. Ayrıca deney esnasında fiziksel ortamın ve kayaç ile aşındırıcı disk arasına akış sağlayan huninin eğikliği aşınmanın oluklarda kısmen farklılık göstermesine sebep olabilmektedir.

GDA testinde 4 farklı örneğe ait cilalı ve mat yüzlerin aşınmaya karşı dirençleri irdelenirken deneye tabi tutulan tüm örneklerde mat yüzlerin daha iyi aşındığı belirlenmiştir. Cilalı yüzlere ait örneklerin aşınmaya karşı daha dirençli görünmesinin sebebi deney esnasında GDA testinde 75 devir dönen aşındırma diskinin cilalanan kısmı aşındırdıktan sonra örnek ile temasının geç gerçekleşmesi olarak gösterilebilir.

GDA deneyi için standartta belirtilen alüminalı korundum (beyaz) aşındırıcı toz ile deneyler yapılmıştır. Ayrıca GDA deneyine Böhme aşındırma deneyinde kullanılan siyah renkli yapay korundum toz kullanılarak deneyler aynı örnekler üzerinde tekrarlanmıştır. İki farklı aşındırıcı toz ile aynı örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda GDA deneyi için standartlara uygun olarak kullanılan alüminalı beyaz renkli aşındırıcının kısmen siyah aşındırıcı toza göre daha fazla aşındırdığı görülmüştür. Benzer durum BA deneyinde de gözlemlenmiş olup BA deneyinde standartlarda belirtilen siyah tozun beyaz toza nazaran örneklerde %1-2 oranında daha fazla aşınma kaybına neden olduğu görülmüştür.

Deneyler sonucunda alüminalı (beyaz) aşındırıcı korundum toz ile siyah renkli aşındırıcı korundum toz GDA deneyi için karşılaştırıldığında;

- BA deneyinde kullanılan siyah aşındırıcı tozun fiyatının GDA deneyinde kullanılan beyaz aşındırıcı tozun fiyatının yaklaşık iki katı olduğu,
- GDA testi için standartlarda belirlenen beyaz aşındırıcı toz ile deney yapılırken toz sarfiyatının yaklaşık 2500gr olduğu, siyah renkli aşındırıcı korundum tozu ile aynı deneyin yaklaşık 1400gr ( $\pm 50$ ) ile yapıldığı,
- Tane boyu 80 olan beyaz aşındırıcı tozun üç deneyde kullanılabilmesine karşın, tane boyu 200 olan siyah aşındırıcı tozun her deney sonrası 20gr ( $\pm 5$ ) azaldığı ve azalan gramaj miktarı göz önüne alındığında siyah tozun daha çok numune için kullanılabileceği belirlenmiştir.

GDA deneyi için yapılan aşındırıcı tozların karşılaştırmaları neticesinde siyah aşındırıcı tozun beyaz aşındırıcı toza nazaran tek dezavantajının maliyeti olduğu belirlenmiştir. Fakat kullanım sıklığı ve deneye tabii tutulan gramaj göz önünde



bulundurulduğunda siyah aşındırıcı korundum tozunun GDA deneylerinde kullanımının mümkün olabileceği görülmüştür.

BA testinde aşınmanın etkisi GDA testine göre daha net olarak gözlenmiştir. BA testinde her kaya için karşılaştırma yapıldığında aynı kayanın % kayıp ile  $\text{cm}^3$  aşınma kaybı sonuçları arasında uyum olduğu belirlenmiştir ve aşınan miktar ve kayıp yüzdesi en fazla Tuşba Bej mermeri ile Rosavera mermerinde gözlemlenmiştir. Farklı aşındırıcı tozlara maruz bırakılan 4 örnekte yakın aşınma değerleri elde edilmiştir ve iki toz arasında aşınmaya karşı etkilerinin benzer özellik gösterdiği belirlenmiştir.

## 5.2. Öneriler

Özellikle GDA deneyinde bantlı doku gösteren kayaların aşınma miktarının belirlenmesinde anizotropiden dolayı diskin uygulandığı alana dikkat edilmelidir.

Ayrıca bozunmaya uğramış bir kayada bozunma miktarının en fazla olduğu kesimlere uygulanacak bir disk aşındırması tüm kayadaki aşınmayı yansıtmayacağından dolayı bu gibi numunelerde diskin hangi yönde uygulanması gerektiğine dikkat edilmelidir.

Granit gibi farklı sertliğe sahip minerallerden oluşan kayalarda da aşınma miktarının GDA ile belirlenmesinde hatalar olabileceğinden bu örnek üzerindeki çalışmaların artırılması önerilmektedir.

Böhme deneyi, kayacın tüm yüzeyine 16 farklı döngü ve her bir döngüde  $90^0$  çevrilererek gerçekleştirildiğinden kayacın dokusu, minerolojik yapısı, bileşenlerinin dizilimi gibi anizotropi etkisi kısmen giderilmektedir. Bu nedenle anizotropiye sahip kaya örneklerinde GDA deneyi yerine BA deneyinin uygulanması önerilmektedir.

GDA deneyinde sadece oluk yapısına bakarak cm cinsinden oluk hesabı yapılması ve aşınmanın bu oluk şekline göre yorumlanması, oyuğun derinliğinin hesaplanmaması nedeniyle aşınma kaybı miktarının doğru belirlenmesinde bir engeldir. Bu nedenle oluk açıklığından ziyade % kayıp miktarı üzerinde çalışmaların yapılması ve standardın güncellenmesi önerilmektedir.

Yapılan testlerde mat ve cilalı yüzlerin aşınmaya karşı gösterdikleri direnç göz önüne alındığında mat yüzlere sahip farklı örneklerin aşındırma deneylerinde kullanılması önerilmektedir.

Granit gibi farklı sertliğe sahip minerallerden oluşan Boulonnais Mermeri'ndeki oluk açıklığının minerallerin sertliğinden etkilenebileceği düşünüldüğünden GDA deneyinden hesaplanan düzeltilmiş oluk açıklığı (DOA) değerlerinde hatalar olabileceği gözlenmiştir. Başka çalışmalarda bu farklılığın detaylarının araştırılması önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Akın, M. ve Özsan A., 2010. Eskipazar sarı travertenleri için kütleli bozunma ve bozunma sınıflaması. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **34** (2): 113-131.
- Bağcı, M., 1998. *Mermerlerde Sürtünmeden Dolayı Oluşan Aşınma Kaybı Değerlerinin Standartlaştırılması* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Broekmans, M.A.T.M. 2007. Failure of greenstone, jasper and cataclastic aggregate in bituminous concrete due to studded tyres: similarities and differences, *Materials Characterization*, **58** (11) :1171-1182.
- Büyüksağış, İ.S., Gürcan, S., 2005. ASTM ve TSE doğal taş standartlarının karşılaştırılması. *Madencilik*, **44**: 33-41.
- Cardu, M. and Giraudi, A., 2012. Metal – Rock pair characterization in excavation engineering. *J South Afr. Inst. Min. Metal.*, **112**: 379-386.
- Çelik, S.B., 2018. Karbonat Kayalarının Aşınma Dirençlerinin Geniş Disk Aşınma Deneyi ile Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, **30** (1): 300-310.
- Çobanoğlu, İ., Çelik, S.B., 2017. Assessments on the usability of Wide Wheel (Capon) test as reference abrasion test method for building stones, *Construction and Building Materials*, **151** : 319-330.
- Çobanoğlu, İ., Çelik, S.B., 2010. Correlation between wide wheel abrasion (capon) and Böhme abrasion test results for some carbonate rock. *Sci.Res.Essays* **5**:(22): 3398-3404.
- Erdoğan, O., Özvan, A., 2015. Evaluation of strength parameters and quality assessment of different lithotype levels of Edremit (Van) Travertine (Eastern Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, **106**: 108-117.
- ISRM, 1981. *Rock Characterization, Testing and Monitoring. International Society of Rock Mechanics Suggested Methods*, Pergamon Press, 211. Oxford.
- ISRM, 2007. *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*. Eds. R.Ulusay and J.A. Hudson, ISRM Turkish National Group, Ankara.
- ISRM, 2014. *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, 2007–2014*, (Eds. R. Ulusay). Springer International Publishing, Switzerland. 101-106.
- Karaca, Z., Deliormanlı, A.H., Elçi, H., Pamukcu, C., 2010. Effect of freeze-thaw process on the abrasion loss value of stones. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **47**(7): 1207-1211.
- Karaca, Z. and Yılmaz, N.G., Gökten R. M., 2012. Considerations on the European Standard EN 14157 Test Methods: Abrasion resistance of natural Stones used for flooring in building, *Rock Mech. Rock Eng*, **45**: 103-111.
- McGregor, I.D. and Chiu, K.Y. 2000. Porosity and wear resistance in Stone Flooring tiles, *J. Test Eval*, **28**: 149-154.
- Marini, P., Bellopede, R., Perino, L., Regibus, C.D. 2011. Optimisation of an abrasion resistance test method on natural Stones, *Bull. Eng. Geol. Environ.*, **70**: 133-138.

- Mohammed, AAA., 2018. *Yapıtaşlarının Temel İndeks Özellikleri ve Elastik Parametreleri ile Böhme Aşınma Kaybı İndeksleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sahlin, T., Starzec, K., Stigh, J., Schouenborg, B., 2001. Physical properties and durability of fresh and impregnated limestone and sandstone from central Sweden used for thin stone flooring and cladding. *9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, 19-24 June 2000, Venice. 181-185.
- TS 12371, 2010. *Doğal Taşlar - Deney Metotları – Dona Dayanım Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 13.
- TS 699, 2016. *Tabii Yapı Taşları, İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 36.
- TS EN 14157, 2017. *Doğal taşlar – Aşınma direncinin tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara. 21.
- Türkmenoğlu, F.Z., 2007. *Yapı Taşı Olarak Kullanılan Bazı Kayaçların Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ürünveren, A.K., 2008. *Kadirli (Osmaniye) Kösepınarı Köyü ve Çevresindeki Mermerlerin Mühendislik Özelliklerinin Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Van, T.T., Beck, K., Al-Mukhtar, M., 2007. Accelerated weathering tests on two highly porous limestones. *Environmental Geology*, **52**: 411-420.
- West, G., 1981. A review of rock abrasiveness testing for tunneling. *Proceedings of the International Symposium on Weak Rock*, 21-24 September, Tokyo. 585-594.
- Yavuz , A.B., Türk, N., Koca, M.Y., 2002. Muğla Yöresi Mermerlerinin Mineralojik Kimyasal, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, **28**(1): 1-18
- Yılmaz, NG., Goktan, R.M., Onargan, T., 2017. Correlative relations between three-body abrasion wear resistance an petrographic properties of selected granites used as floor coverings. *Wear*, **372-373**: 197–207.

## ÖZ GEÇMİŞ

1980 yılında Ağrı'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Ağrı'da tamamladıktan sonra (2001-2005) yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü'nden mezun oldu. 2010 yılında İşkur Iğdır İl Müdürlüğüne atandıktan sonra 2011 yılında Van İşkur İl Müdürlüğüne geçiş yaptı. 2013-2016 yılları arasında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. 2018 yılında Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans yapmaya hak kazandı ve halen yüksek lisans eğitimine devam etmektedir. 2018 yılında AÖF Fakültesi bölümlerinden Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü'nü okumaya hak kazandı ve halen devam etmektedir. Van Çalışma ve İş Kurumunda Veri Hazırlama Kontrol İşletmeni olarak çalışmaktadır.

T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 29/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: *Dikey Aşındırma Testinde Aşındırıcı Tozunun ve Sıkıştırma Yükünün Aşınma Üzerindeki Etkisi*

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 38 sayfalık kısmına ilişkin, 29/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNITIN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %1 (Yüzde bir) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



Ercan İNAN  
29/07/2019

Adı Soyadı: Ercan İNAN

Öğrenci No: 17910001064

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Yüksek Lisans

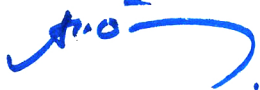
Statüsü: Y. Lisans

Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR

Doç.Dr. Ali ÖZVAN



(Unvan, Ad Soyad, İmza)

**ENSTİTÜ ONAYI**

UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)