

Makale Gönderim Tarihi: 11.12.2017

Yayına Kabul Tarihi: 13.01.2018

## Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) Yöresindeki Kireçtaşlarının Doğal Yapı Taşı olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

*Investigation of Usability of Unlupinar (Kelkit-Gumushane) Limestones as Marketable Natural Stone*Fatma Sinem Özkan<sup>1\*</sup><sup>1</sup> İkiler Mühendislik Ltd. Sti., Milas, Muğla\*Sorumlu Yazar: [f.sinem@gmail.com](mailto:f.sinem@gmail.com)

### Özet

Bu çalışma kapsamında, Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) yöresindeki Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğal yapı taşı olarak kullanılabilirliği ve standartlara uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro değerlendirmeleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanını da içine alan bölgenin 1/25000 ölçekli detay jeoloji haritası hazırlanmıştır. Araziden derlenen bloklardan karotlar alınarak, çalışmanın amacına uygun fiziko-mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler, TSE ve ASTM standartlarında verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak incelenmiştir. Değerlendirmeler, kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri açısından ilgili standartlarda belirtilen değerleri karşıladığını göstermektedir.

**Anahtar kelime:** Mermer, Kireçtaşı, Fiziko-Mekanik Özellikler, Gümüşhane, Ünlüpinar

### Abstract

*In this study, the usability and compliance with standards of limestone of Berdiga formation in Ünlüpinar (Kelkit-Gümüşhane) precinct were investigated. The study was carried out in three stages performed in field, laboratory and office. A detailed geological map including the working area has been drawn with the scale of 1/25000. The physico-mechanical tests were performed by getting core samples from the rock blocks from the working area. The data obtained with the tests were assessed comparing with the limit values in the TSE and ASTM standards. The assessments confirm that the physical and mechanical specifications of the tested limestone meet the values in standards.*

**Keywords:** Marble, Limestone, Physico-mechanical Properties, Gumushane, Unlupinar

## 1.Giriş

Mermer, günümüzden yaklaşık 2000 yıl önce antik mermer işletmeciliğinin başladığı yer olan Marmara Adası'ndan adını almıştır. Sanatkârlar tarafından işlenerek insan hayatına giren mermer, uygarlığın ilerlemesine paralel olarak, tapınak, amfi, saray, hamam, köprü, sarnıç, cami, medrese, çeşme gibi işçiliklerde yapı taşı olmanın yanında abide ve heykelticilik gibi süsleme ve sanatsal tasarım amacıyla da kullanılmıştır (Gürsoy, 2005).

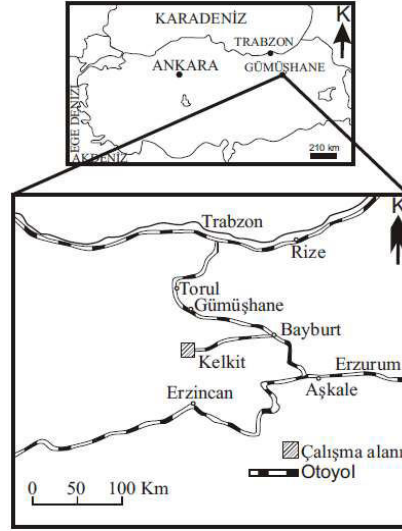
Doğal taşlar, tarih boyunca dayanıklılığı ve estetik görünümü nedeni ile değişik uygarlıklar tarafından anıtlarda, görkemli yapı malzemesi olarak kullanılmış olup; günümüzde genellikle zemin döşeme, iç ve dış cephe kaplama malzemesi olarak inşaat sektöründe, anıt yapılarında ve mezarlıklarda ve süs eşyası yapımında ve diğer alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, mermer toz ve parçaları çimento, boya, seramik ve yapı malzemeleri sanayinde, mozaik çalışmalarında ve sanatsal eserlerin yapımında kullanılmaktadır. Mermer, kireçtaşı ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomitik kireçtaşlarının ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayadır (Atabey, 2002; Pedley, 1990).

Ticari ve endüstriyel anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir anlam taşımaktadır. İşlenebilen, cilalanabilen, parlayan ve boyutlandırılabilen veya dekoratif amaçlı kullanılan ve ticari değeri olan her türlü kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır. Blok verebilen, kesilerek parlatılıp cilalanabilen, dayanıklı ve göze hoş gelen her türlü kayaç (mağmatik, metamorfik, sediment) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeolojik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Görgülü, 1994). Günümüzde özellikle endüstriyel anlamda mermerin yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır.

Doğal taş madenciliğine ait teknolojide ve üretimde ileri seviyeye ulaşmış ülkeler mermer ve mermer türevlerine ait ürünlerin tanıtımı esnasında, söz konusu doğal taşın petrografik, teknolojik-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler. Ancak bizim gibi gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde bu konudaki bilimsel çalışmalar henüz istenilen düzeye ulaşmamıştır. Bu nedenle ülkemiz doğal taşlarının; rezerv hesaplamaları, jeolojik, tekno-mekanik, mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi, doğal taş madencilik sektörünün gelişerek hak ettiği noktalara gelebilmesi için önem arz etmektedir (Kurtçu, 2010). İç ve dış cephe kaplamalarından, yer döşemesine, sanatsal yapılara ve mezar taşlarına kadar birçok yerlerde kullanılan mermerlerin uygun yerlerde kullanılabilmesi için oluşum ve bulunuş şekillerinin yanı sıra fiziksel ve fiziko-mekanik özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir (Demirer, 1991).

Bu çalışma kapsamında, Ünlüpınar (Kelkit-Gümüşhane) yöresindeki Berdiga Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğal yapı taşı olarak kullanılabilirlikleri araştırılmış ve doğal taş olarak ekonomik değere sahip olma durumu incelenmiştir. Gümüşhane ili Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpınar beldesinde bulunan kireçtaşlarının mekanik ve fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara göre değerlendirilmesi yolu ile ülkemiz ve dünya piyasasında mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölgesi, Gümüşhane İli, Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpınar beldesi ve çevresini içeren H42-c<sub>2</sub> paftası içerisinde yer almaktadır. Şekil 1'de çalışma alanına ait yer bulduru haritası verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

## 2. Yapılan Çalışmalar

Kireçtaşı ocağından araziyi iyi temsil etmesine dikkat edilerek alınan blok numuneler deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere laboratuvara getirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında kireçtaşlarından alınan blok örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Karot Alma laboratuvarında bulunan silindirik karot alma ve taş kesme makineleri vasıtasıyla, silindirik numuneler elde edilmiştir (Şekil 2). Bu numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Maden Mühendisliği Bölüm laboratuvarında mevcut olan ekipmanlar kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

### 2.1. Su Muhtevası

Su muhtevası, kaya örneklerinin içerdiği su kütesinin kuru numune (etüvden alınan) kütesine olan yüzdesi olarak ifade edilir. Su muhtevası tayini amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda TSE (1987) tarafından belirtilen hususlar dikkate alınmaktadır. Deney prosedürüne göre, örnek kapları temizlenip kurutulduktan sonra tartılarak kütleleri (A) belirlenir. Her biri en az 50 gram ağırlığında ve örneği temsil eden en az beş adet düzgün şekilli olmayan numuneler seçilir. Örnekler metal kaplara konarak “nemli örnek+kap” kütesi (B) hassas terazide tartılarak belirlenir. Kaplarında fırına konan örnekler 105 °C’de 24 saat bekletilerek kurutulur. Kurutma işleminden sonra “kuru örnek+kap” kütesi (C) belirlenir.



Şekil 2. a) Bloktan karot alımı, b) Karotun uç kısmının düzeltilmesi

$$\omega = \frac{M_w}{M_k} \times 100 \quad (1)$$

$$M_w = B - C \quad (2)$$

$$M_s = C - A \quad (3)$$

Burada,  $\omega$  su muhtevasını (%),  $M_w$  gözeneklerdeki suyun kütlesi (gr),  $M_k$  ise kuru örnek kütlesi (gr) ifade etmektedir.

## 2.2. Kütlece ve Hacimce Su Emme

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip kaya örneklerinin kütlelerine ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının tayini amacıyla yapılır. Yöntem, şişebilen ve ıslanma-kuruma süreci sonucunda kolaylıkla dağılabilen kayalar için uygun değildir. Yapılan bu deney için, TSE (1987) tarafından önerilen koşullar esas alınmıştır. Deneyde karot örneklerinin kullanılması durumunda boy ve çapın birbirine dik iki ayrı yönde, prizmatik örneklerde ise her üç kenar kompas ile ölçülür ve örneklerin hacimleri hesaplanır. Hacimleri hesaplanan örnekler, saf su doldurulmuş beherde en az 12 saat bekletilir. 12 saat sonunda örnekler saf sudan çıkarılarak, suya doymuş yüzeyleri kağıt havlu ile kurulandıktan sonra, ıslak kütleleri hassas terazide tartılarak doymuş kütleleri tayin edilir. Doymuş kütleleri bulunmuş örnekler, 105 °C'ye ayarlanmış fırına yerleştirilerek en az 12, tercihen 24 saat boyunca kurumaya bırakılır. Fırından çıkan örneklerin kuru kütleleri hassas terazide tartılarak belirlenir. Kütlece ve hacimce su emme değerleri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır:

$$M_a = \frac{M_d - M_k}{M_k} \times 100 \quad (4)$$

$$M_h = \frac{M_d - M_k}{V} \times 100 \quad (5)$$

Burada,  $M_d$  örneklerin suya doymuş kütlesi (gr),  $M_k$  fırında kurutulan örneklerin kütlesi (gr),  $V$  hacim ( $\text{cm}^3$ ),  $M_a$  kütlece su emme (%),  $M_h$  hacimce su emmedir (%).

## 2.3 Porozite

Porozite, bir kayacın içerisinde bulunan boşluk hacminin, kayacın tüm hacmine olan oranı olarak ifade edilir. Porozite değerinin artmasıyla kayacın basınç dayanımı ve su emme yeteneği olumsuz yönde etkilenmekle beraber, kayacın atmosferik şartlara olan dayanımını da azaltmaktadır. Bu durum kayacın ekonomikliğini düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar ince kristalli mineraller tercih edilmektedir.

Deney düzenli bir geometriye sahip kayac örneklerinin gözenekliliğinin tayini amacıyla yapılır. Deney TSE (1987)'nin önerdiği hususlar dikkate alınarak yapılmıştır. İncelenen kayac türünü temsil edebilecek en az üç adet silindirik örneğin çapı ve boyu kompasla birbirine dik iki ayrı yönde ölçülür ve bu değerlerin ortalaması alınır. Her birinin kütlesi en az 50 gr olan veya çapları içerdikleri en büyük tane boyunun en az 10 katı büyüklüğündeki örnekler seçilmelidir. Örnek, 105 °C fırında en az 12 saat kurutulur ve havadan nem almadan soğuması için 30 dakika

süreyle desikatörde tutulduktan sonra tartılarak kuru kütlesi belirlenir ( $M_k$ ). Örnek, su dolu bir beherin içinde 48 saat bekletilerek suya doymun hale getirilir, kurulanıp hassas terazide tartılır ve doymun kütlesi ( $M_d$ ) belirlenir. Bu aşama, gözeneklere giren suyun buharlaşmasına engel olmak için mümkün olduğunca hızlı tamamlanmalı ve bu işlem sırasında örneklerden parçacıkların kırılıp kaybolmamasına özen gösterilmelidir.

$$V_b = \frac{M_d - M_k}{d_w} \quad (6)$$

$$n = \frac{V_b}{V_T} \times 100 \quad (7)$$

Burada,  $d_w$  suyun yoğunluğu ( $\text{gr/cm}^3$ ),  $n$  porozite (%),  $V_b$  boşluk hacmi ve  $V_T$  toplam hacimdir ( $\text{cm}^3$ ).

#### 2.4. Schmidt Çekici Sertliği

Sertlik, kayaçların aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Doğal taşların sertliğinin, kesilme, işlenme ve cilalanma konuları ile yakın ilgisi vardır. Sert doğal taşların kesilmesi, işlenmesi ve üretilmesi, yumuşak cinslere nazaran zor olmasına rağmen çok iyi cila kabul ederler. Sert mermerler kolay yıpranmadığı için en çok tercih edilen cinstir. Binalarda daha çok dış cephe kaplamada, kapı eşiklerinde ve taban döşemelerinde kullanılırlar. Schmidt çekici deneyi, kayaçların geri sıçrama sertlik değerinin tayini ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarının saptanması amacıyla yapılır. Deney yöntemi olarak, TSE (1987) tarafından izlenmesi önerilen yöntem esas alınmıştır.

Betonlarda N tipi, kayaçalarda ise 0,74 Nm çarpma enerjisine sahip L tipi Schmidt çekici kullanılması tercih edilir (ISRM, 2007). Çekiç, en az NX çapındaki karot örnekleri veya bir kenarı en az 6 cm olan blok örnekler üzerinde kullanılmalıdır. Karot veya bloğun yüzeyleri düzgün olmalı ve çatlak içermemelidir. Bu çalışmada, L tipi Schmidt sertlik çekici kullanılmıştır. Numunelerin sertliği ölçülmeden önce yüzeyleri temizlenip, zımpara taşı ile düzeltilmeli ve numunenin test sırasında titreme ve kaymasını önlemek için taban ünitesine sağlam olarak oturtulmalıdır. Schmidt çekici aşağıya doğru dik tutulur ve her numune yüzeyinde yirmi geri tepme sayısı okunur. Daha sonra değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak bu değerlerin küçük olan %50'si iptal edilir ve geri kalan sertlik değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak sertlik derecesi bulunur.

#### 2.5. Ultrasonik Ses Dalgasının Boyuna Yayılma Hızı

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik biliminde ve jeoteknik uygulamalar da kullanılmaktadır. Bu yöntem, kayaçların dinamik özelliklerinin laboratuarda saptanmasında da tercih edilmektedir. Yöntemin, uygulanmasındaki kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasonik ses dalgasının kayaçalardaki yayılma hızı, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş örnekler, alıcı ve verici uçlar arasına yerleştirilerek, P dalga hızının örneğin bir ucundan diğer ucuna geçmesi için gerekli net süreler belirlenir. Bulunan bu değerler kullanılarak ultrasonik ses dalgasının boyuna yayılma hızı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$V_p = L/t_p \quad (8)$$

Burada,  $V_p$  P dalga hızı (m/sn), L örneğin boyu (m),  $t_p$  ise sırasıyla dalganın örneği geçme süresidir (sn).

## 2.6. Özgül Ağırlık

Numuneyi temsil edecek şekilde, değişik parçalardan kırılarak alınan numune, tamamı göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü elekten geçirilecek şekilde öğütülür ve değişmez kütleye kadar kurutulur (ISRM, 2007). Ardından örneklerden yarılanma metodu ile 8-10 gr alınır ve piknometreye konularak tartılır. İçinde deney numunesi bulunan piknometre hacminin ¼'üne kadar su ile doldurulur. Vakum pompası kullanıldığı takdirde vakum pompası ile hava alma işlemi piknometre sık sık çalkalanarak kolaylaştırılır ve işleme hava kabarcıkları çıkmayınca kadar devam edilir (Şekil 3). Kapağı kapatılarak üzeri kurulanır ve 0,01 gr hassasiyetle tartılır.



Şekil 3. a) Piknometre içinde oluşan hava kabarcıkları, b) Piknometre vakumlanırken çalkalama işlemi c) Piknometre ile özgül ağırlık deneyi

$$\rho = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pns} - G_{ps}) - (G_{pn} - G_p)} \quad (9)$$

Burada,  $\rho$  özgül ağırlık,  $G_{pn}$  piknometre + deney numunesi kütlesi (gr),  $G_p$  piknometre kütlesi (gr),  $G_{pns}$  piknometre + deney numunesi + su kütlesi (gr),  $G_{ps}$  su ile dolu piknometre kütlesidir (gr).

## 2.7. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kaya örneklerinin birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Bu deney için TSE (1987) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış (silindirik) en az üç deney örneğinin çapı (D) ve boyu (L), kompasla birbirine dik iki yönde 0,1 mm duyarlılıkla ölçülür ve her bir örnek için bu değerlerin ortalaması alınır. Benzer şekilde prizmatik örneklerin

kullanılması halinde, bunların kısa ve uzun kenarları ile kalınlıkları birbirine dik yönde ikişer kez ölçülerek ortalamaları alınmalıdır. Silindirik karot örnekleri için boy ve çap değerleri, prizmatik örnekler için de üç ayrı yönde ölçülmüş değerler kullanılarak örneklerin hacimleri (V) hesaplanır. Örneklerin ağırlıkları hassas terazide tartılarak belirlenir. Kuru birim hacim ağırlık tayin edilecek ise, örnekler 105 °C'ye ayarlanmış fırında ve en az 12 saat kurutulduktan sonra soğumaları için 30 dakika süre ile desikatörde bekletilir. Daha sonra hassas terazi kullanılarak örneklerin kuru kütleleri ( $M_k$ ) belirlenir. Doygun birim hacim ağırlıkları belirlenecek ise, örnekler saf su dolu bir kap içerisine yüzeyleri tamamen su ile kaplanacak şekilde konulur. 12 saat sonunda sudan çıkarılan örnekler hassas terazide tartılarak doymun kütleleri ( $M_d$ ) bulunur. Aşağıda verilen formüller yardımıyla gerekli hesaplamalar yapılır:

$$\gamma_k = \frac{M_k \times g}{V_T} \quad (10)$$

$$\gamma_d = \frac{M_d \times g}{V_T} \quad (11)$$

Burada,  $\gamma_k$  kayanın kuru birim hacim ağırlığı ( $\text{kN/m}^3$ ),  $\gamma_d$  kayanın doymun birim hacim ağırlığı ( $\text{kN/cm}^3$ ),  $V_T$  toplam hacim ( $\text{cm}^3$ ) ve  $g$  yer çekimi ivmesidir ( $\text{m/sn}^2$ ).

## 2.8. Islanma-Kuruma Deneyi

Bu deney, ıslanma-kuruma çevrimi koşullarında aşınmaya karşı kayaların duraylılığının belirlenmesi amacı ile yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır. Bu prosedüre göre, hazırlanan silindirik örnekler  $110 \pm 5$  °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat süreyle kurutulduktan sonra, fırından çıkarılarak soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak kütleleri belirlenir. Ağırlıkları belirlenen örnekler saf su ile dolu behere konularak, saf su içerisinde en az 12 saat bekletilir. Beher içindeki su seviyesi örneklerin üst seviyesini geçecek şekildedir. Beherden çıkarılan örnekler  $110 \pm 5$  °C'de en az 12 saat kurumaya bırakılır. 12 saat sonra örnekler tekrar saf su ile dolu beherin içine konur. Her ıslanma-kuruma bir çevrime eşittir. Örnekler 80 defa ıslanma-kuruma çevrimine tabi tutulduktan sonra,  $110 \pm 5$  °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 12 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak, soğuma için desikatörde 30 dakika bekletilir. Desikatörden alınan örneklerin kütleleri hassas terazide belirlenir. Belirlenen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla ıslanma-kuruma hesaplamaları yapılır:

$$A_k = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (12)$$

Burada,  $A_k$  kütle kaybı (%), A örneğin deney öncesi kuru kütlesi (gr) ve B örneğin deney sonrası kuru kütlesidir (gr).

## 2.9. Donma-Çözülme Deneyi

Bu deney, donma-çözülme çevrimi koşullarında, kayaçların aşınmaya karşı duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Deneyin yapılmasıyla ilgili olarak ASTM (1992b) standartlarında verilen yöntem esas alınmıştır. Örnekler,  $105 \pm 5$  °C'deki fırına yerleştirilir ve en az 4 saat kurutulduktan sonra fırından çıkarılarak desikatörde 30 dakika soğuma için bekletilir. Desikatörden alınan örnekler hassas terazide tartılarak kütleleri belirlenir. Kütleleri belirlenen örnekler saf su içerisinde en az 12 saat süresince örnek en az %50 doymunluğa sahip olana kadar bekletilir. Su ile doyurulmuş örnekler, sudan çıkarılıp soğutma hızı 4 saatte -18

°C'ye düşecek şekilde ayarlanan derin dondurucuya konulur. Ardından, -18 °C'de 12 saat süre ile bekletilen örnekler bu süre sonunda derin dondurucudan çıkarılarak, oda sıcaklığında içinde damıtık su bulunan kaba konulur ve tekrar en az 8 saat en fazla 12 saat süre ile suda çözülmeye bırakılır. Bu döngü bir donma-çözülme çevrimine eşittir. Bu çalışmada donma-çözülme işlemi Gümüşhane ilinin güney kısmı için önerilen çevrim sayısı dikkate alınarak 30 defa tekrarlanmıştır (Binal, 2009). 30. çevrim sonucunda örnekler  $105 \pm 5$  °C'deki fırında 24 saat kurutularak deney sonu kuru kütlesi belirlenir. Belirlenen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla donma-çözülme sonucu oluşan kütle kaybı hesaplamaları yapılmaktadır:

$$A_k = \frac{A - B}{A} * 100 \quad (13)$$

Burada;  $A_k$  kütle kaybı (%), A örneğin deney öncesi kuru kütlesi (gr), B örneğin deney sonrası kuru kütlesidir (gr).

### 2.10. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Bu deney, kaya malzemesi örneklerinin dayanımını belirlemek amacı ile uygulanır. Kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli basınç dayanımının tayini için bu çalışmada TSE (1987) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır. Deneyde kullanılacak örnek sayısı, pratik gereksinimlere bağlı olmakla birlikte, ISRM (2007) tarafından her kayaç türünden en az beş örneğin deneye tabi tutulması önerilmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı, doğrudan yöntem ile silindirik şeklinde hazırlanmış deney numunelerinin tek eksenli preste yüklenmesi ile belirlenmektedir. Deneyde boyu çapının 2-2,5 katı olan silindirik örnekler kullanılmıştır. Yük, basınç gerilmesi saniyede 0,17 kN/s olacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanır. Pres göstergesinden okunan en büyük yük tespit edilir. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ( $\sigma_{ci}$ ) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır:

$$\sigma_{ci} = \frac{F}{A} \quad (14)$$

Burada,  $\sigma_{ci}$  tek eksenli basınç dayanımı (MPa), F yenilme anında kaydedilen yük (N), A silindirik örneğin kesit alanıdır (cm<sup>2</sup>).

### 2.11. Dolaylı Çekme Dayanımı

Bu deney, disk şeklinde hazırlanmış kaya örneklerinin çapsal yükleme altında çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Bu yöntemle, silindirik kayaç örneklerinin uçlarından sabitlenerek çekilmesi şeklinde uygulanan doğrudan çekme deneyine göre, genellikle biraz daha yüksek çekme dayanımları elde edilmektedir. Deneyler TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Çekme dayanımı için yaygın olarak iki farklı deney yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler, doğrudan ve dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) deneyleridir. Dolaylı çekme dayanımı testleri, doğrudan çekme testlerine nazaran daha pratik olması sebebi ile daha yaygındır (Kömürlü vd., 2017). Ünlüpinar yöresindeki kireçtaşlarının dolaylı çekme dayanımını bulmak için Brazilian deneyi yapılmıştır. Bu deney için silindirik şeklinde dış yüzeyleri düzgün boy/çap oranı 0,5-1 arasında çapı 50 mm'den az olmayan disk numuneleri kullanılmıştır (Şekil 4). Bu çalışma kapsamında, toplam 8 adet numunedan elde edilen ortalama değer dolaylı çekme dayanımı olarak esas alınmıştır.





Şekil 4. a) Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) dencisinde kullanılan numuneler ve standart çene, b) Deney sonrasında numunenin görünümü

Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) numunesi için önerilen yükleme hızı 200 N/s'dir. Örneğin yenildiği andaki maksimum yük yükleme ünitesinin göstergesinden okunur. Dolaylı çekme dayanımı aşağıdaki Eşitlik 15 yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi DL} \quad (15)$$

Burada,  $\sigma_t$  örneğin çekme dayanımı (MPa), F örneğin yenilme anındaki yük değeri (kN), D mermer numunesinin çapı (cm) ve L numune boyudur (cm).

### 2.12. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Doğal taşların kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plakalar şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir. Deney, TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlere göre yapılmıştır. Silindirik veya prizmatik numuneye üç noktada yük uygulayan düzenek kullanılarak, kırılma yükleri belirlenir. Yükleme düzeneğindeki alt iki mesnet arası açıklık (l) silindirik numuneler için 3L/5 olmalıdır. Numune çapı 2,22 cm ile 5,40 cm arasında ve en az 15 cm uzunluğunda olmalıdır. Deney yapılacak numune deney düzeneğine yerleştirilir ve numune üzerine düşey yük sabit bir yükleme hızı ile uygulanır. Kırılma yükü kaydedilir ve Eşitlik 18'e göre silindirik numunelerin eğilme dayanımı değerleri hesaplanır. Uygulanan çalışmayı gösteren fotoğraflar Şekil 5'te verilmiştir. Eşitlik 18 üç noktadan yükleme koşulları için geçerlidir.

$$\sigma_f = \frac{8F_c l}{\pi D^3} \quad (16)$$

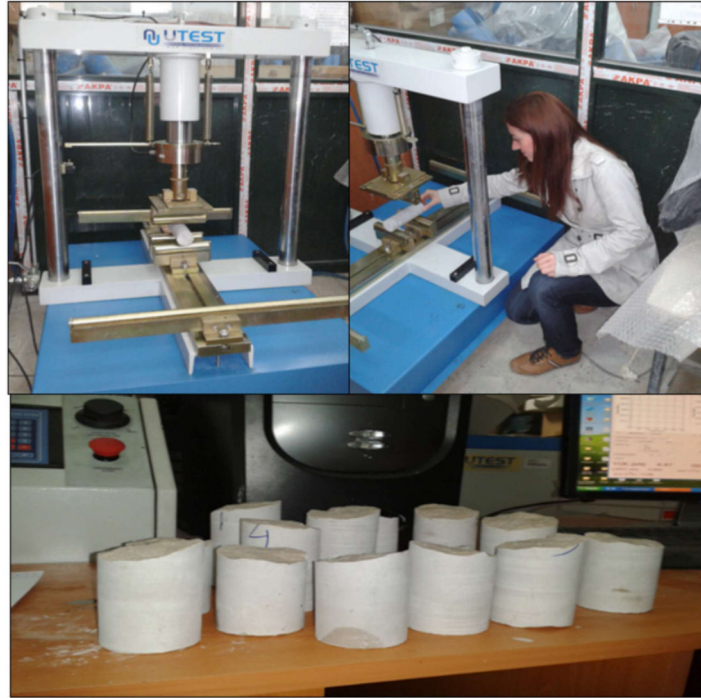
Burada,  $\sigma_f$  eğilme dayanımı ( $\text{kg/cm}^2$ ),  $F_c$  kırılma anındaki düşey yük (kg), l alt iki mesnet arası mesafe (cm), D silindirik numune çapıdır (cm).

### 2.13. Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı

Yüzeysel aşınma dayanımı, kayaçların yüzeyinde aşındırıcı maddeler ve sürtünmeler nedeni ile oluşan malzeme kaybına karşı gösterilen dirençtir. Kayaçların aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TSE (1987)'ye uygun olarak kenar uzunluğu 71 mm ebadında küp numuneler

hazırlanmıştır. Deneyde kullanılan Böhme yüzey aşındırma cihazı devir hızı ayarlanabilen, 750 mm çapında bir aşındırma diskinde, devir sayısını gösteren bir numaratör ve her 22 devir tamamlandığında cihazı otomatik olarak durduracak tertibata sahip olmalıdır. Uygulanan testlerde devir hızı olarak 30 devir/dakika ve 294 N aşındırma kuvveti uygulanmıştır.

Numunenin disk yüzeyinde döndüğü şerit boyunca, aşındırmayı sağlamak için  $20 \pm 0,5$  gr zımpara tozu serpilir. Deney numunesi sürtünme şeridine 294 N'luk bir kuvvet ile bastırılması sağlandıktan sonra cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilir. Diskin dönme hareketi sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları kıl fırça ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır. Böhme yüzey aşındırma cihazı her yirmi iki devir sonunda disk otomatik olarak durur ve disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınmadan dolayı deney numunesinden ayrılan kısımlar, uygun bir fırça ile temizlenir ve tekrar  $20 \pm 0,5$  gr zımpara tozu sürtünme şeridi üzerine serpilmektedir. Her periyotta yeniden zımpara tozu konulur ve küp numune düşey eksen etrafında  $90^\circ$  çevrilir. Her örnek için 22 devirlik 20 aşınma periyodu yani 440 devir uygulanır. İşlem sonunda sert bir kıl fırça ile iyice temizlenen örnek kalınlık ölçümlerine hazır hale getirilir.



Şekil 5. Eğilme dayanımı deney düzeneği ve örneklerin deney sonucundaki görüntüsü

Deneyde aşınma kaybı aşınan numune kalınlığındaki azalmanın ölçülmesi yolu ile tayin edilir. Bunun için deney uygulanmış numunelerin her birinin 9 farklı yerdeki kalınlıkları 0,01 mm hassasiyetle ölçülür ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak deney sonrası kalınlık bulunur. Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden aşağıdaki eşitlikler yardımı ile belirlenebilir:

$$d = d_0 - d_1 \quad (17)$$

veya

$$\Delta_d = \frac{V_0 - V_1}{a} \quad (18)$$

Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise:

$$d_v = (d_0 - d_1) \times 50 \quad (19)$$

Veya

$$\Delta_v = \left( \frac{V_0 - V_1}{a} \right) \times 50 \quad (20)$$

Elde edilen sonuçlar  $0.01 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  hassasiyeti ile belirtilir. Burada,  $\Delta_d$  numunenin Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm),  $d_0$  numunenin deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm),  $d_1$  numunenin deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm),  $\Delta_v$  numunenin Böhme hacimsel aşınma kaybı değeri ( $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ),  $V_0$  numunenin deneyden önceki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),  $V_1$  numunenin deneyden sonraki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),  $a$  ise numunenin aşınan yüzey alanıdır ( $\text{cm}^2$ ). Böhme aşınma deneyinin yapılışı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. a) Döner yüzey üzerine aşındırıcı toz dökülmesi, b) Dönmekte olan diske temas halindeki numunenin aşındırılması

#### 2.2.14. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık (Slake Durability) İndeksi

Bu deneyde amaç, kaya örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda parçalanma, kütle kaybı ve zayıflamaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (2007)'nin önerdiği yöntemler kullanılmıştır. Her biri 40-60 gr olan, toplam 450-550 gr kütleyle sahip 10 adet parçaya test uygulanır. Seçilen bu örneklerin köşelerinin birbirine çarparak mekanik parçalanmaya neden olmaması için mümkün olduğunca küresele yakın şekle sahip olması istenir. Hazırlanan örnekler öncelikle  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik sabit sıcaklıkta 6 saat, tercihen 12 saat kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda kuru kütleleri bulunan örnekler soğutulduktan sonra tambura konularak deneye başlanır (Şekil 7).



Şekil 7. Suda dağılmaya karşı duraylılık deney düzeneği

Tambur şeffaf hazne içine yerleştirilir ve tamburun dönme ekseninin 2 cm altında bulunan kırmızı seviyeye kadar saf su doldurulur. Deneye hazır hale gelen tambur dakikada 20 devir yapacak şekilde 10 dakika süre ile döndürülür. 10 dakika sonunda tambur haznedan alınarak örnekler tekrar 105 °C sıcaklıktaki fırına yerleştirilir ve 12 saat süreyle yeniden kurumaya bırakılır. Ardından, örneklerin tekrar kuru kütleleri tartılarak kütle kaybı hesaplanır. Yapılan işlemler dört çevrim olacak şekilde yinelenerek tamburda en son kalan malzemenin kütlelerinin deneyin başlangıcındaki malzeme kütlelerine oranı hesaplanır. Elde edilen birinci ve ikinci çevrim sonrası suda dağılma indekslerine bağlı olarak kayaçların suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması Tablo 4'te verildiği gibi yapılır. Birinci ve ikinci suda dağılma indeksleri aşağıdaki eşitliklerde gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$I_{d1} = 100 \times (B / A) \quad (21)$$

$$I_{d2} = 100 \times (C / A) \quad (22)$$

Burada, A deney öncesi kuru kütle (gr), B birinci çevrim sonrası kuru kütle (gr), C ikinci çevrim sonrası kuru kütle (gr),  $I_{d1}$  birinci çevrim suda dağılma indeksi (%),  $I_{d2}$  ikinci çevrim sonrası suda dağılma indeksidir (%).

### 3. Bulgular

Su muhtevası, kütlece ve hacimce su emme ve porozite tayini için TSE (1987)'de belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Bu başlık altındaki deney sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarının ortalama su muhtevası değeri %0,051, kütlece su emme oranı %0,158, hacimce su emme oranı %0,424 ve porozite değeri %0,42 olarak belirlenmiştir. ASTM C97'ye göre kütlece su emme oranı (%0,2) sınır değerini yapılan deneysel çalışmalarda bir örneğin sağlamadığı görülmüştür. Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler hacim ağırlık deneyine tabii tutulmuştur. Bu deney için TSE (1987) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ortalama doğal birim hacim ağırlık değerinin 26,389 kN/m<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlık değerinin 26,369 kN/m<sup>3</sup> ve doymuş birim hacim ağırlık değerinin 26,409 kN/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Deney sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Su içeriği, kütlece ve hacimce su emme ve porozite deneylerinin sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Hacim V (cm <sup>3</sup> )	Örnek Kütle M (gr)	Suya Doygun Kütle M <sub>d</sub> (gr)	Kuru Kütle M <sub>k</sub> (gr)	Su İçeriği $\omega_w$ (%)	Kütlece Su Emme Oranı M <sub>a</sub> (%)	Hacimce Su Emme Oranı M <sub>h</sub> (%)	Porozite n (%)
1	106,19	50	208,50	557,88	558,52	557,53	0,063	0,178	0,475	0,47
2	104,9	50	205,97	552,74	553,38	552,44	0,054	0,170	0,456	0,46
3	107,12	50	210,33	565,74	566,33	565,45	0,051	0,156	0,418	0,42
4	105,37	50	206,89	557,38	558,05	557,14	0,043	0,163	0,440	0,44
5	105,53	50	207,21	558,47	559,08	558,24	0,041	0,150	0,405	0,41
6	104,25	50	204,69	549,75	550,32	549,38	0,067	0,171	0,459	0,46
7	104,29	50	204,77	548,17	548,75	547,95	0,040	0,146	0,391	0,39
8	103,87	50	203,95	548,94	549,52	548,69	0,046	0,151	0,407	0,41
9	104,76	50	205,70	553,54	554,16	553,23	0,056	0,168	0,452	0,45
10	104,53	50	205,24	551,69	552,33	551,52	0,031	0,147	0,395	0,39
11	104,56	50	205,30	551,89	552,47	551,55	0,062	0,167	0,448	0,45
12	104,78	50	205,74	554,06	554,49	553,86	0,036	0,114	0,306	0,31
13	107,14	50	210,37	565,91	566,51	565,56	0,062	0,168	0,452	0,45
14	104,74	50	205,66	553,55	554,13	553,29	0,047	0,152	0,408	0,41
15	105,86	50	207,86	558,86	559,49	558,54	0,057	0,170	0,457	0,46
16	105,67	50	207,48	559,51	560,04	559,25	0,046	0,141	0,381	0,38
17	104,12	50	204,44	551,02	551,55	550,83	0,034	0,131	0,352	0,35
18	105,69	50	207,52	559,05	559,49	558,84	0,038	0,116	0,313	0,31
19	108,69	50	213,41	572,69	573,27	572,36	0,058	0,159	0,426	0,43
20	109,82	50	215,63	579,08	579,7	578,71	0,064	0,171	0,459	0,46
21	104,57	50	205,32	552,9	553,54	552,58	0,058	0,174	0,468	0,47
22	105,04	50	206,25	554,84	555,62	554,43	0,074	0,215	0,577	0,58
23	106,9	50	209,9	563,55	563,97	563,34	0,037	0,112	0,3	0,3
24	102,47	50	201,2	543,07	543,7	542,86	0,039	0,155	0,417	0,42
25	102,49	50	201,24	542,85	543,5	542,57	0,052	0,171	0,462	0,46
26	102,58	50	201,42	541,72	542,25	541,52	0,037	0,135	0,362	0,36
27	102,54	50	201,34	540,34	540,85	540,1	0,044	0,139	0,373	0,37
28	101,69	50	199,67	537,57	538,26	537,23	0,063	0,192	0,516	0,52
29	101,52	50	199,33	537,81	538,38	537,59	0,041	0,147	0,396	0,4
30	102,1	50	200,47	539,78	540,41	539,36	0,078	0,195	0,524	0,52
31	100	50	196,35	529,27	529,76	529	0,051	0,144	0,387	0,39
32	99,4	50	195,17	525,96	526,49	525,67	0,055	0,156	0,42	0,42
33	99,5	50	195,37	521,22	521,91	520,98	0,046	0,179	0,476	0,48
<b>Ortalama Değer</b>							<b>0,051</b>	<b>0,158</b>	<b>0,424</b>	<b>0,42</b>
<b>En Küçük Değer</b>							<b>0,031</b>	<b>0,112</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>En Büyük Değer</b>							<b>0,078</b>	<b>0,215</b>	<b>0,577</b>	<b>0,58</b>
<b>Standart Sapma</b>							<b>0,012</b>	<b>0,023</b>	<b>0,061</b>	<b>0,061</b>

Tablo 2. Yoğunluk ve birim hacim ağırlık testi sonuçları (Ort.: Ortalama, E.D.D.: En düşük değer, E.B.D.: En büyük değer, S.S.: Standart sapma)

Örnek No	Doğal Yoğunluk $\rho_n$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun Yoğunluk $\rho_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Kuru Yoğunluk $\rho_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Doğal Birim Hacim Ağırlık $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	Doygun Birim Hacim Ağırlık $\gamma_d$ (kN/cm <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağırlık $\gamma_k$ (kN/cm <sup>3</sup> )
1	2,676	2,679	2,674	26,248	26,278	26,232
2	2,684	2,687	2,682	26,326	26,356	26,312
3	2,690	2,693	2,688	26,387	26,414	26,373
4	2,694	2,697	2,693	26,429	26,460	26,417
5	2,695	2,698	2,694	26,440	26,469	26,429
6	2,686	2,688	2,684	26,347	26,374	26,329
7	2,677	2,680	2,676	26,261	26,289	26,250
8	2,692	2,694	2,690	26,404	26,432	26,392
9	2,691	2,694	2,690	26,399	26,429	26,385
10	2,688	2,691	2,687	26,369	26,400	26,361
11	2,688	2,691	2,687	26,371	26,399	26,355
12	2,693	2,695	2,692	26,419	26,440	26,410
13	2,690	2,693	2,688	26,390	26,418	26,373
14	2,692	2,694	2,690	26,405	26,432	26,392
15	2,689	2,692	2,687	26,376	26,406	26,361
16	2,697	2,699	2,695	26,454	26,479	26,442
17	2,695	2,698	2,694	26,441	26,466	26,432
18	2,694	2,696	2,693	26,427	26,448	26,418
19	2,683	2,686	2,682	26,325	26,352	26,310
20	2,686	2,688	2,684	26,345	26,373	26,328
21	2,693	2,696	2,691	26,417	26,447	26,401
22	2,690	2,694	2,688	26,391	26,428	26,371
23	2,685	2,687	2,684	26,339	26,358	26,329
24	2,699	2,702	2,698	26,479	26,510	26,469
25	2,698	2,701	2,696	26,463	26,495	26,449
26	2,690	2,692	2,689	26,385	26,410	26,375
27	2,684	2,686	2,683	26,328	26,353	26,316
28	2,692	2,696	2,691	26,412	26,446	26,395
29	2,698	2,701	2,697	26,468	26,496	26,395
30	2,693	2,696	2,690	26,414	26,445	26,393
31	2,696	2,698	2,694	26,443	26,468	26,430
32	2,695	2,698	2,693	26,437	26,463	26,422
33	2,668	2,671	2,667	26,172	26,207	26,160
Ort.	<b>2,690</b>	<b>2,692</b>	<b>2,688</b>	<b>26,385</b>	<b>26,413</b>	<b>26,372</b>
E.D.D	<b>2,668</b>	<b>2,671</b>	<b>2,667</b>	<b>26,172</b>	<b>26,207</b>	<b>26,160</b>
E.B.D.	<b>2,699</b>	<b>2,702</b>	<b>2,698</b>	<b>26,479</b>	<b>26,510</b>	<b>26,469</b>
S.S.	<b>0,0068</b>	<b>0,0068</b>	<b>0,0067</b>	<b>0,0668</b>	<b>0,0663</b>	<b>0,0672</b>

Özgül ağırlık deneylerinde ISRM (2007) tarafından önerilen yöntemler esas alınmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ortalama özgül ağırlık değerinin 2,64 olduğu belirlenmiştir. Özgül ağırlık deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Özgül ağırlık deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Piknometre Kütlesi $G_p$ (gr)	Piknometre ve Örnek Kütlesi $G_{pn}$ (gr)	Piknometre, Su ve Örnek Kütlesi $G_{pns}$ (gr)	Piknometre ve Su Kütlesi $G_{ps}$ (gr)	Özgül Ağırlık $\rho$
48,64	56,89	154,45	149,34	2,63
48,65	56,9	154,18	149,05	2,64
48,53	56,83	153,31	148,13	2,66
Ortalama Değer				2,64
En Küçük Değer				2,63
En Büyük Değer				2,66
Standart Sapma				0,0152

Suda dağılma deneyinde amaç, kayaç örneğinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesidir. Deney sırasında ISRM (2007)'nin önerdiği yöntem esas alınmıştır. Suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması ve deneylerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Suda dağılmaya karşı duraylılığı yüksek olan kayalar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, bu tür kayaçların değerlendirilmesi için ikiden daha fazla, tercihen 4 çevrim yapılarak, bu çevrimlerden elde edilen  $I_d$  değerlerinin esas alınması önerilmiştir (Gamble, 1971; Ulusay vd., 1995; Gökçeoğlu vd., 2000). Bu öneri henüz standartlarda yer almamış olsa da, deneysel çalışmalarda dikkate alınmıştır.

Tablo 4. Suda dağılmaya karşı duraylılık sınıflaması (ISRM, 2007).

$I_{d1}$ (%)	$I_{d2}$ (%)	Sınıfı
<60	0-30	Çok Düşük
60-85	30-60	Düşük
85-95	60-85	Orta
95-98	85-95	Orta-Yüksek
98-99	95-98	Yüksek
>99	>98	Çok Yüksek

Tablo 5. Mermerlerin suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri ve dağılma dayanımı sınıflaması

Örnek No	Örnek Kütlesi A (gr)	Kalan Örnek Kütlesi (gr)				$I_{d1}$ E/A %	$I_{d2}$ E/A %	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık Sınıflaması
		1.Çevrim B (gr)	2.Çevrim C (gr)	3.Çevrim D (gr)	4.Çevrim E (gr)			
1	489,06	487,6	487	486,47	485,92	99,70	99,36	Çok Yüksek
$I_{d1}$ : Birinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi								
$I_{d2}$ : Dördüncü çevrim suda dağılmaya karşı dayanım indeksi								

Aşınmaya karşı kayaçların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deneylerin her biri için en az 5 tane silindirik örnek gereklidir. İslanma-kuruma koşullarında deneyin yapılmasıyla ilgili olarak, ASTM (1992a) standardında önerilen yöntem esas alınmıştır. Deney sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Donma-çözülme çevrimi koşullarında, aşınmaya karşı kayaçların duraylılığının belirlenmesi amacıyla yapılan deneyde ise ASTM (1992b) standartları kullanılmıştır. Donma çözünme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

İnceleme alanından alınan doğal haldeki numunelerin, ultrasonik hız deneyi için yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısının 43,12 Schmidt çekici sertliği olduğu belirlenmiştir (Tablo 9). Brown (1981) tarafından yapılan sınıflamaya göre kireçtaşlarının “sert kaya” sınıfında olduğu saptanmıştır (Tablo 10).

Tek eksenli basınç deneyi, kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda kullanılmak amacıyla yapılır. Yapılan deneyler sonucunda kireçtaşlarına ait tek eksenli basınç dayanım değerinin ortalama 65,007 MPa olduğu belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 6. Kireçtaşlarına ait ıslanma-kuruma deneyinden elde edilen veriler ve tek eksenli basınç dayanım değerleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Kütle (gr)	Deney Sonrası Kuru Kütle (gr)	İslanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı (gr)	İslanma-Kuruma Sonrası Kütle Kaybı (%)
1	5	10,49	552,44	551,79	0,65	0,12
2	5	10,54	557,14	556,27	0,87	0,16
3	5	10,46	551,55	550,55	1	0,18
4	5	10,46	552,58	551,84	0,74	0,13
5	5	10,15	537,59	536,43	1,16	0,22
6	5	9,94	525,67	525,11	0,56	0,11
<b>İslanma-Kuruma Sonrası Ağırlık Kaybı (%)</b>						<b>0,15</b>
<b>Deney Öncesi Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı : 65,007 MPa</b>						
<b>Deney Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı : 57,750 MPa</b>						

Tablo 7. Kireçtaşlarına ait donma-çözülme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları ile tek eksenli basınç dayanım değerleri

Örnek No	En D (cm)	Boy L (cm)	Deney Öncesi Kuru Kütle (gr)	Deney Sonu Kuru Kütle (gr)	Donma-Çözülme Sonrası Kütle Kaybı (gr)	Donma-Çözülme Sonrası Kütle Kaybı (%)
1	5	10,71	565,45	564,85	0,60	0,11
2	5	10,55	558,24	557,66	0,58	0,10
3	5	10,43	547,95	547,35	0,60	0,11
4	5	10,71	565,56	564,97	0,59	0,10
5	5	10,87	572,36	571,8	0,56	0,10
6	5	10,5	554,43	553,77	0,66	0,12
<b>Donma-Çözülme Deneyi Sonrası Ağırlık Kaybı (%)</b>						<b>0,11</b>
<b>Deney Öncesi Tek Eksenli Basınç Direnci : 65,007 MPa</b>						
<b>Deney Sonrası Tek Eksenli Basınç Direnci : -</b>						



Tablo 8. Ultrasonik hız deney verileri

<b>Örnek No</b>	<b>Boy L (mm)</b>	<b>Süre T (µsn)</b>	<b>Sonik Hız <math>V_p</math> (m/sn)</b>
1	106,19	17,4	6102,9
2	104,9	16,9	6207,1
3	107,12	16,9	6338,5
4	105,37	16,9	6234,9
5	105,53	17,4	6064,9
6	104,25	16,9	6168,6
7	104,29	16,4	6359,1
8	103,87	16,9	6146,2
9	104,76	16,9	6198,8
10	104,53	16,4	6373,8
11	104,56	16,9	6187,0
12	104,78	16,4	6389,0
13	107,14	17,4	6157,5
14	104,74	16,9	6197,6
15	105,86	16,9	6263,9
16	105,67	16,9	6252,7
17	104,12	16,4	6348,8
18	105,69	16,9	6253,8
19	108,69	17,4	6246,6
20	109,82	17,9	6135,2
21	104,57	16,9	6187,6
22	105,04	16,9	6215,4
23	106,9	16,9	6325,4
24	102,47	16,4	6248,2
25	102,49	16,4	6249,4
26	102,58	16,4	6254,9
27	102,54	16,4	6252,4
28	101,69	16,4	6200,6
29	101,52	15,9	6384,9
30	102,1	16,4	6225,6
31	100	15,9	6289,3
32	99,4	15,9	6251,6
33	99,5	15,4	6461,0
<b>Ortalama <math>V_p</math> (m/sn)</b>			<b>6248</b>
<b>En Küçük Değer</b>			<b>6064,9</b>
<b>En Büyük Değer</b>			<b>6461</b>
<b>Standart Sapma</b>			<b>88,166</b>

Tablo 9. Kireçtaşlarına ait geri tepme sayısı

Örnek No	Geri Tepme Değerleri	Ortalama Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı (R)
1	43-42-43-46-45-44-44-44-43-46	44
2	42-40-40-43-40-42-41-41-40-40	41
3	44-40-41-43-42-40-40-43-41-44	42
4	41-42-40-40-40-40-41-43-42-42	41
5	40-41-38-38-40-38-38-40-36-40	39
6	40-43-41-40-42-42-47-45-44-42	43
7	42-43-43-44-46-44-45-44-44-45	44
8	44-44-46-44-44-44-44-43-44-44	44
9	46-44-44-45-44-45-44-44-45-44	45
10	43-43-43-45-43-44-43-44-43-44	44
11	42-45-42-42-41-46-43-42-40-43	43
12	48-48-46-47-46-46-47-45-47-47	47
13	41-41-40-41-40-40-42-43-42-43	41
14	45-43-47-44-44-45-44-44-44-43	44
15	46-45-45-45-47-47-46-46-45-45	46
16	44-45-45-45-44-44-44-46-44-43	44
17	47-45-46-45-45-44-42-45-43-42	44
18	40-41-40-46-42-40-44-42-44-40	42
19	46-43-40-41-43-40-40-41-40-40	41
20	46-41-43-42-43-43-42-42-43-44	43
21	42-46-43-45-44-44-46-44-40-48	44
22	40-45-40-42-42-44-42-44-42-44	43
23	45-45-46-44-44-45-43-43-44-44	44
24	45-43-44-45-44-43-41-43-43-43	43
25	42-43-44-42-44-43-41-44-46-42	43
26	41-43-41-45-42-45-43-43-42-43	43
27	45-44-45-44-44-45-43-43-43-45	44
28	43-44-44-43-44-43-43-43-43-43	43
29	42-40-41-43-44-41-43-41-46-43	42
30	42-41-41-40-41-41-41-41-44-44	42
31	42-43-42-42-42-43-43-44-43-42	43
32	43-44-43-42-44-42-44-46-46-44	44
33	43-44-42-44-43-43-42-42-44-41	43
<b>Ortalama (R)</b>		<b>43,12</b>
<b>En Küçük Değer</b>		<b>39</b>
<b>En Büyük Değer</b>		<b>47</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>1,536</b>

Tablo 10. Kireçtaşlarının Schmidt çekici geri tepme sayısına göre değerlendirilmesi, (Brown, 1981).

Kaya Sınıfı	Schmidt Çekici geri tepme sayısı	Ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısı (R)
Yumuşak	0-10	43,12
Az yumuşak	10-20	
Az sert	20-40	
<b>Sert</b>	<b>40-50</b>	
Çok sert	50-60	

Tablo 11. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Örnek No	Boy L (mm)	Çap D (mm)	Kesit Alanı A (m <sup>2</sup> )	Yenilme Yüğü F (KN)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı $\sigma_{ci}$ (MPa)
1	104,25	50,0	0,0019635	88,2	44,920
2	100	50,0	0,0019635	125,1	63,713
3	103,87	50,0	0,0019635	161,6	82,302
4	104,74	50,0	0,0019635	143,2	72,931
5	109,82	50,0	0,0019635	120,1	61,166
<b>Ortalama Değer</b>					<b>65,007</b>
<b>En Küçük Değer</b>					<b>44,920</b>
<b>En Büyük Değer</b>					<b>82,302</b>
<b>Standart Sapma</b>					<b>13,980</b>

Tablo 11’de görüldüğü üzere, tek eksenli basınç dayanımı TS 1910 ( $\geq 50$  MPa), TS 2513 ( $\geq 50$  MPa), TS 10449 (döşeme için  $> 50$  MPa) ve TS 11137 (taşıma için  $\geq 49$  MPa) standartlarında belirtilen sınır değerlerini bir örneğin sağlamadığı görülmüştür. Dolaylı çekme (Brazilian) deneyi, disk şeklinde hazırlanmış kaya örneklerinin çapsal yükleme altında çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Deneylerde TSE (1987) tarafından önerilen yöntemlerden yararlanılmıştır. Dolaylı çekme deneyinin yapılması sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Buna göre, kireçtaşlarına ait ortalama çekme dayanımı değerinin 8,61 MPa olduğu saptanmıştır.

Üç noktadan eğilme dayanımı deneyinin yapılması sırasında elde edilen kırılma yükleri, numune boyutları, mesnetler arası mesafe ve hesaplanan eğilme dayanımı değerleri Tablo 13’te verilmiştir. Buna göre, kireçtaşlarına ait ortalama eğilme dayanımı değerinin 15,494 MPa olduğu belirlenmiştir. Aşınma dayanımı, mermerlerin yüzeyinde aşındırıcı maddeler ile oluşturulan aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. TSE (1987)’ye göre yapılan yüzeysel aşınma deneyinden elde edilen sonuçlar Tablo 14’te verilmiştir. Kireçtaşlarının ortalama yüzeysel aşınma dayanımı değeri 7,5 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

Tablo 12. Dolaylı çekme deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Çap D (mm)	Boy L (mm)	Yenilme Yüğü F (kN)	Çekilme Dayanımı $\sigma_t$ (MPa)
1	50	45,24	30,94	8,71
2	50	26,9	18,63	8,82
3	50	39,86	28,47	9,09
4	50	43,4	29,78	8,74
5	50	46,93	20,65	5,60
6	50	32,43	22,39	8,79
7	50	28,24	22,13	9,98
8	50	33,85	24,52	9,22
<b>Ortalama Değer</b>				<b>8,62</b>
<b>En Küçük Değer</b>				<b>5,60</b>
<b>En Büyük Değer</b>				<b>9,98</b>
<b>Standart Sapma</b>				<b>1,290</b>

Tablo 13. Eğilme dayanımı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	Çap D (cm)	Boy L (cm)	Mesnet mesafesi L (cm)	Kırılma Yüğü P (kN)	Eğilme Dayanımı $\sigma_f$ (MPa)
1	5	17	10,5	6,54	13,988
2	5	17	10,5	7,31	15,635
3	5	17	10,5	6,84	14,630
4	5	17	10,5	6,97	14,908
5	5	15	10,5	8,12	17,367
6	5	15	10,5	8,42	18,009
7	5	15	10,5	6,51	13,924
<b>Ortalama Eğilme Dayanımı</b>					<b>15,494</b>
<b>En Küçük Değer</b>					<b>13,924</b>
<b>En Büyük Değer</b>					<b>18,009</b>
<b>Standart Değer</b>					<b>1,616</b>

Tablo 14. Aşınma kaybı deneyi sırasında elde edilen veriler ve deney sonuçları

Örnek No	İlk boy $d_0$ (cm)	Son Boy $d_1$ (cm)	Hacim kayıp $\Delta V$ (cm <sup>3</sup> )	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )
1	7,09	6,92	8,5	8,5
2	7,09	6,95	7	7
3	7,04	6,87	8,5	8,5
4	7,09	6,95	7	7
5	7,09	6,96	6,5	6,5
<b>Ortalama Böhme Aşınma Değeri</b>				<b>7,5</b>
<b>En Küçük Değer</b>				<b>6,5</b>
<b>En Büyük Değer</b>				<b>8,5</b>
<b>Standart Sapma</b>				<b>0,935</b>

Standartlar doğal taşların kalite değerlerini, kullanım yerlerini ve kullanım yerine uygun olup olmadıklarını belirlemede etkin rol oynarlar. Standartlara uygun olan doğal taşlar ticari olarak

alınıp satılabilirken, standartlara uygun olmayan doğal taşlar ise piyasadan çıkartılmakta veya yaygın kullanım olanağı bulamamaktadır. Zira standartlara uygun kayaçlar kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, renk, desen, fiziksel ve mekanik etkilere karşı dayanıklı olmakta ve daha az bakım onarım maliyeti oluşmaktadır. Standartlara uyan kayaçların alım-satımında üstünlük doğmakta, pazar payının sürekliliği sağlanmakta, görünüm benzerliklerine rağmen düşük kalitedeki diğer kayaçlarla gereksiz rekabet önlenilmektedir. Bu yolla daha kaliteli ve dayanımı yüksek olan doğal taşlar renk, desen gibi benzerliklerinden dolayı standart dışı olan doğal taşlardan ayrılmaktadır (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Türkiye'deki doğal taşlar için Amerikan Standartları (ASTM)'nda verilen sınırlamaları kullanarak mevcut düzenlemeleri getirmiştir. Ancak, TSE ile ASTM standartlarının beklentileri aynı grup kayaçlar için birbirine uymamakta ve farklılıklar göstermektedir.

Kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 1910, kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 2513, mermer ve kalsiyum karbonat bileşimli kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan TS 10449, sedimanter kökenli doğal taşlara ait Türk Standartları'nda istenilen değerler TS 11137 ve kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerlerini tanımlayan ASTM (C97, C170, C99, C241) standartlarına göre değerlendirmeler yapılmıştır. İncelenen kireçtaşlarının TSE standartlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 15 ve 16'da, ASTM standartlarına göre 17'de topluca verilmiştir.

Tablo 15 ve Tablo 16'daki veriler göz önünde bulundurulduğunda Ünlüpinar kireçtaşlarının doğal yapı taşı, kaplama, ve taşıma olarak Türk Standartlarına göre uygun olduğu belirlenmiştir. ASTM doğal taş standartlarına göre kireçtaşlarının sınır değerler içinde olduğu belirlenmiştir. TSE'de doğal taşlar oluşumlarına göre değerlendirilerek daha sağlıklı bir yaklaşım getirilirken ASTM'de ise gruplandırmalara ve genellemelere gidilmiştir. TSE mevcut doğal taşların mevcut değerlerini gerçekçi yansıtırken ASTM'de ise istenen değerler o gruba ait yüksek değerlere karşılık gelmekte bir kayaç sınıfından oldukça üstünde bir değer beklenilmektedir. ABD'nin oldukça büyük bir doğal taş ithalatçısı ülke olduğu dikkate alındığında ise yapılarının uzun ömürlü olabilmesi için ülke dışından gelen doğal taşların standart değerlerinin yüksek olmasını istediği düşünülebilir (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).

Tablo 15. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri ve Türk Standartları'nda istenilen değerler açısından uygunluğu

Kayacın Fiziksel Özellikleri	Bulunan Değer	TS Değerleri			
		TS 1910	TS 2513	TS 10449	TS 11137
Yoğunluk, gr/cm <sup>3</sup>	2,69	Kaplama ≥ 2,55	≥ 2,55		≥ 2,16
Kütlece Su Emme, %	0,158	Doğal Taş ≤ 0,75	Yapı Taş ≤ 1,80	Mermer ≤ 0,4	≤ 4
Porozite, %	0,42	Doğal Taş ≤ 2			
Özgül Ağırlık	2,64		Yapı Taşı ≥ 2,55		
Donma-Çözülme, %	0,11	Doğal Taş ≤ 5	Yapı Taşı ≤ 5	Mermer ≤ 1	
Sonik Hız (m/sn)	6248				
İslanma-Kuruma (%)	0,15				

Tablo 16. Kireçtaşlarının mekanik özelliklerinin Türk Standartlarına göre değerlendirmesi

Kayacın Mekanik Özellikleri	Bulunan Değer	TS Değerleri			
		TS 1910	TS 2513	TS 10449	TS 11137
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, MPa	65,007	≥ 50	≥50	Döşeme >50 Kaplama >30	Taşıma ≥49 Kaplama >29,4
Dolaylı Çekme Dayanımı, MPa	8,62				
Eğilme Dayanımı, MPa	15,494	≥5	≥5	Mermer >6	≥2,94
Yüzeysel Aşınma (Böhme) Dayanımı, cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>	7,5	Döşeme ≤15 Kaplama ≤10	Döşeme ≤15 Kaplama ≤10	Döşeme ≤15 Kaplama ≤25	Taşıma ≤15 Kaplama ≤25
Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi, (%)	99,7				

Tablo 17. Kireçtaşlarının ASTM doğal taş standartlarında istenilen değerlere göre değerlendirilmesi

Fiziko-Mekanik Özellikler	Sınır Değerler	Sınıflandırma	ASTM Test Metodu	Ünlüpinar Kireçtaşları
Kütlece Su Emme (Maksimum, %)	<b>0,2</b>	I, II, III, IV	C97	<b>0,158</b>
Yoğunluk (Minimum, gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2,595</b> 2,800 2,690 2,305	<b>I</b> II III IV	C97	<b>2,69</b>
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Minimum, MPa)	<b>52</b>	I, II, III, IV	C170	<b>65,007</b>
Eğilme Dayanımı (Minimum, MPa)	<b>7</b>	I, II, III, IV	C99	<b>15,494</b>
Böhme Yüzeysel Aşınma Dayanımı (Maksimum, cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	<b>10</b>	I, II, III, IV	C241	<b>7,50</b>
<b>I: Kireçtaşı-mermer, II: Dolomit, III: Serpantin, IV: Traverten</b>				

#### 4. Sonuçlar

Gümüşhane ili Kelkit ilçesine bağlı Ünlüpinar beldesinde bulunan kireçtaşlarının mekanik ve fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara göre değerlendirilmesi yolu ile ülkemiz ve dünya piyasasında mermer olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Ünlüpinar (Gümüşhane) yöresinden alınan kireçtaşlarının, TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olması gereken kütlece su emme oranı (<%0,75) sınır değeri, yoğunluk ( $\geq 2,55$  gr/cm<sup>3</sup>) sınır değeri, porozite (<%2) sınır değeri ve don sonrası ağırlık kaybı (<%5) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.
2. Ünlüpinar (Gümüşhane) yöresinden alınan kireçtaşlarının, TS 2513'e göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli yoğunluk değeri ( $\geq 2,55$  gr/cm<sup>3</sup>), kütlece su emme sınır değeri ( $\leq 1,80$ ), özgül ağırlık sınır değeri ( $\geq 2,55$ ) ve don sonrası ağırlık kaybı sınır değerini ( $\leq 5$ ) sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.
3. Ünlüpinar (Gümüşhane) bölgesinden alınan kireçtaşlarının, TS 10449'a göre kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli olan kütlece su emme oranı miktarı (<%0,4) sınır değerini ve don sonrası ağırlık kaybının (<%1) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir.
4. TS 11137'ye göre sahip olması gereken yoğunluk ( $\geq 2,16$ ) sınır değerini ve kütlece su emme oranı ( $\leq 4$ ) sınır değerini sağlayarak standart için gerekli fiziksel özellikleri taşıdığı belirlenmiştir. TS 11137'ye göre kireçtaşlarının sahip olmaları gereken tek eksenli basınç dayanımı (taşınma için  $\geq 49$  MPa, kaplama için  $\geq 29,4$  MPa), eğilme dayanımı ( $\geq 2,94$  MPa) ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (taşınma için  $\leq 15$  MPa, kaplama için  $\leq 25$  MPa) sınır değerlerini sağladığı belirlenmiştir.

5. TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken tek eksenli basınç dayanımı ( $\geq 50$  MPa) sınır değerini, eğilme dayanımı ( $\geq 5$  MPa) sınır değerini ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı ( $\leq 15 \text{ cm}^3/50^2$ ) sınır değerlerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

6. TS 2513'e göre kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç dayanımı ( $\geq 50$  MPa) sınır değerini, eğilme dayanımı ( $\geq 5$  MPa) sınır değerini ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (döşeme için  $\leq 15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , kaplama için  $\leq 10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

7. TS 10449'a göre kayaların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç dayanımı (kaplama için  $>30$  MPa, döşeme için  $>50$  MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $>6$  MPa) sınır değerini taşıdığı ve yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı (döşeme için  $\leq 15 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , kaplama için  $\leq 25 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerlerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

8. ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç dayanımı ( $>52$  MPa) sınır değerini, eğilme dayanımı ( $>7$  MPa) sınır değerini, yüzeysel aşınma (Böhme) dayanımı ( $<10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Ayrıca kütlece su emme ( $<0,2$ ) sınır değerini ve yoğunluk ( $>2,595 \text{ gr/cm}^3$ ) sınır değerini de taşıdığı görülmektedir.

9. Gümüşhane-Ünlüpınar yöresi kireçtaşları, sonik hız ölçümlerine göre ayrışma derecesi olarak taze ve çok yüksek ultrasonik hız sınıfına dahildir. Ayrıca, ortalama Schmidt çekici geri tepme sayısına göre Ünlüpınar kireçtaşları "sert" kaya sınıfında bulunmaktadır.

10. Değerlendirmenin olumlu olarak sonuçlanması neticesinde geline bu aşamada, doğal taş yatırım kararı öncesinde, detaylı pazar araştırması yapılması, benzer taşların ekonomik durumu ve talebin değerlendirilmesi, aynı zamanda madencilik faaliyetleri için gerekli maliyetlerin ilgili kişiler ile ortak çalışmalar kapsamında incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

Alp, İ., Yılmaz, A.O., Arslan, M., Kolaylı, H. ve Er, M., 2005. Physical and Mechanical Properties of Gümüşhane and Bayburt (Turkey) Travertine and Onix Marble, Proceeding of 1st International Symposium on Travertine, September, Denizli, 224- 230.

Anon, 1979. Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping, Part 1-Rock and Soil Materials. Bull. Int. Ass. Eng. Geo, 19, 364-371.

Arıkan, M., 1968. Mermer ve Mermercilik, Ankara Basım ve Ciltevi, Ankara.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992a. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions (ASTM D5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 189-190.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992b. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Freezing and Thawing Conditions (ASTM D5312-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 1344-1346.



ASTM C 99, 1987. Standard Test Method for Modulus of Rupture of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 170, 1990. Standard Test Method for Compressive Strength of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 241, 1990. Standard Test Method for Abrasion Resistance of Stone Subjected to Foot Traffic, Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 97, 1996. Standard Test Methods for Absorption and Bulk Specific Gravity of Dimension Stone, Annual Book of ASTM Standards.

Atabey, E., 2002. Çatlak Sırt Tipi Laminallı Traverten-Tufa Çökellerinin Oluşumu, Mikroskobik Özellikleri Ve Diyajenez, Kırşehir İç Anadolu, MTA Dergisi, 123-124.

Babacan, A.E., Ersoy, H. ve Gelişli, K., 2012. Kayaçların Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özelliklerinin Ultrasonik Hız Tekniği ve Zaman-Frekans Analiziyle Belirlenmesi: Bej Kireçtaşları (KD Türkiye) Üzerine Örnek Bir Çalışma, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 36, 63-73.

Binal, A., 2009. A New Laboratory Rock Test Based On Freze-Thaw Using A Steel Chamber, Quarterly Journal Of Engineering Geology And Hydrogeology, 42, 2, 179-198.

Brown, E. T., 1981. Suggested Methods of Rock Characterization Testing and Monitoring, International Society for Rock Mechanics, Portugal, 53.

Büyüksağış İ.S. ve Gürcan S., 2005. ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması, Madencilik, 44, 1, 33-41.

Chafetz, H.S. and Folk, R.L., 1984. Travertines: Depositional Morphology and The Bacterially Constructed Constituents, Jour. Sedimentary Petrology, 54, 1 289-316.

Demirer, T., 1991. Kozagaç Köyü Oruçoğlu Mermer Sahasının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, A. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Gamble, J.C., 1971. Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous rocks, PhD Thesis, University of Illinois (unpublished).

Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. and Sönmez, H., 2000. Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey with particular emphasis on the influence of the drying and wetting cycles, Engineering Geology, 57, 215-237.

Görgülü, K., 1994. Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 95 s.

Gürsoy, S., 2005. Muğla İlinde Mermercilik Sektörünün Gelişimi ve İl Ekonomisine Katkıları.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. R. Ulusay and J.A.

Hudson (eds.), Suggested Methods Prepared by the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset, Ankara, Turkey, 628 p.

Kömürlü, E., Kesimal, A., Durmuş Demir, A., 2017. Dog bone shaped specimen testing method to evaluate tensile strength of rock materials. Geomechanics and Engineering, 12, 883-898.

Kurtçu, H., 2010. Babadat (Sivrihisar-Eskişehir) Kireçtaşlarının Jeolojik ve Fizikomekanik Özellikleri ile Mermer Olarak Değerlendirme Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 93 s.

Pedley, H.M., 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. Sedimentary Geology, 68, 143-154.

T.S.E., 1977. Doğal Yapı Taşları, TS 2513 ICS 91.100.15, Ankara.

T.S.E., 1977. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, TS 1910 UDK 691.215, Ankara.

T.S.E., 1987. Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deneysel Metotları, TS 699, UDK 6912, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

T.S.E., 1992. Mermer–Kalsiyum Karbonata Esaslı–Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanımı, TS 10449, Ankara.

T.S.E., 1993. Kireçtaşı Yapı ve Kaplama Taşı olarak Kullanılan, 11137 TSE, Ankara

TUMMER, 2006. Doğaltaş Sektöründeki Gelişmeler ve Türkiye Doğaltaş Sektör Profili, Ankara.

Tüdeş, Ş., 2001. Gümüşhane Kenti ve Yakın Çevresinin Yerleşime Uygunluk Açısından Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 203.

Ulusay, R., Arıkan, F., Yoleri, M., F., and Çağlan, D., 1995. Engineering Geological Characterization of Coal Mine Waste Material and An Evaluation in the Context of Back-Analysis of Spoil Pile Instabilities in a Strip Mine, SW Turkey, Engineering Geology, 40, 77-101.