

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Betül FIRAT**

**CİHANBEYLİ- KOZANLI (KONYA) MERMERLERİNİN TEKNO-  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2012**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CİHANBEYLİ- KOZANLI (KONYA) MERMERLERİNİN TEKNO-  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Betül FIRAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 24/09/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Prof. Dr. Mesut ANIL  
ÜYE

.....  
Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ  
DANIŞMAN

.....  
Doç. Dr. Özen KILIÇ  
ÜYE

.....  
Doç. Dr. Ahmet DAĞ  
ÜYE

.....  
Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Selahattin SERİN  
Enstitü Müdürü**

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.**

**Proje No: MMF 2010 YL 11**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ÖZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CİHANBEYLİ- KOZANLI (KONYA) MERMERLERİNİN TEKNO-  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Betül FIRAT**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ  
Yıl : 2012, Sayfa: 89  
Jüri : Prof. Dr. Mesut ANIL  
: Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ  
: Doç. Dr. Özen KILIÇ  
: Doç. Dr. Ahmet DAĞ  
: Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ

Bu tez çalışmasında, Konya bölgesindeki Cihanbeyli Formasyonuna ait Kozanlı mermerlerinin tekno-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Mermerlerin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da Konya Kulu Kozanlı mevkiinde bulunan mermer ocaklarından örnekler alınmıştır. Örnekler mermer kesme atölyesi ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarlarında TSE standartlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Sonraki aşamada, standartlara uygun hale getirilen örneklerin tekno-mekanik özellikleri saptanmıştır, bu malzemelerin ilgili standartları sağladığı gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mermer, Konya Bölgesi, Tekno-Mekanik Özellikler

## ABSTRACT

### MSc THESIS

<b>DETERMINATION OF TECHNO- MECHANICAL PROPERTIES OF MARBLES IN CİHANBEYLİ, KOZANLI (KONYA) MARBLES</b>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Betül FIRAT**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ  
Year : 2012, Pages: 89

Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL  
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ  
: Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ  
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet DAĞ  
: Asst. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ

In this thesis, techno –mechanical properties of Kozanlı marbles which is belonging to Cihanbeyli formations in Konya region has been studied. To state the techno mechanical properties of the marbles, samples are collected from different marble quarries in kulu area of Kozanlı Konya. The samples have been prepared in marble factories and the results compared in Faculty of Mining Engineering laboratory of Cukurova University with the TSE standarts. In the next step, this thesis stated the techno-mechanical properties of standardized samples and come to the conclusion that this materials is up to the standarts.

**Keywords:** Marble, Konya Region, Techno-Mechanical Properties

## **TEŞEKKÜR**

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde geçirdiğim Lisans dönemi öğrencilik hayatım süresince, çalışma hayatımın eksik kaldığı her anında ve Yüksek Lisans çalışmam da gerek bilgisiyle gerekse de tecrübeleriyle beni yönlendiren, doğru adımlar atmamı sağlayan ve beni yürüdüğüm bu yolda destekleyen saygı değer hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Suphi URAL ve Yrd. Doç. Nil YAPICI' ya teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarımda gerekli olan numuneleri sağlayan, bilimsel çalışmalarımda işletme kapılarını açan TURKSTONE Madencilik Üretim San. Tic. Şti' ye, zorlu çalışmalarımda manevi desteğini her zaman üzerimde hissettiğim sevgili arkadaşım Sena ÇELİK'e ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ .....	I
ABSTRACT .....	II
TEŞEKKÜR .....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi .....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
2.1. Mermerler Konusunda Yapılan Çalışmalar .....	5
2.2. Mermerler Hakkında Genel Bilgiler .....	8
2.2.1. Mermerin Tanımı .....	8
2.2.1.1. Mermerin Bilimsel Tanımı .....	9
2.2.1.2. Mermerin Tanımı .....	9
2.2.1.3. Mermerin Bilimsel Tanımı .....	9
2.2.2. Mermerlerin Sınıflandırılması .....	9
2.2.2.1. Metamorfik Kökenli Mermerler .....	9
2.2.2.1.(1). Gerçek Mermerler .....	9
2.2.2.1.(2). Şistler- Kayagan (Arduaz) Taşı (Kayrak Taşı) .....	11
2.2.2.2. Sedimanter Kökenli Mermerler .....	12
2.2.2.2.(1). Kireçtaşları .....	12
2.2.2.2.(2). Traverten .....	13
2.2.2.2.(3). Oniks Mermerleri .....	14
2.2.2.2.(4). Kumtaşları .....	14
2.2.2.3. Magmatik Kökenli Mermerler .....	15
2.2.2.3.(1). Granit .....	15
2.2.2.3.(2). Diyabaz .....	17

2.2.2.3.(3). Serpantinit- Ultrabazikler (Serpantin) .....	18
2.2.2.3.(4). Siyenit.....	18
2.3. Doğal Taşlarda Aranılan Özellikler .....	18
2.4. Türkiye’deki Doğal Taş Rezervi.....	20
2.5. Türkiye’deki Doğal Taş Üretimi.....	21
2.6. Türkiye’deki Mermer Türleri.....	22
2.7. Türkiye’nin Dünya Doğal Taş Sektöründeki Yeri.....	22
2.8. İhraç Ürünlerinde Avrupa Birliği Standartları .....	23
2.9. Türkiye’nin Avrupa Birliği Standartlarına Uyumu.....	25
2.10. İhraç Edilen Mermerlerde Aranılan Özellikler .....	26
3. MATERYAL VE METOD .....	27
3.1. Materyal .....	27
3.1.1. Mermer Ocakları Hakkında Bilgiler .....	27
3.1.1.1. Coğrafi Konum.....	27
3.1.1.2. Jeolojik Durum.....	28
3.2. Metod .....	29
3.2.1. Örnek Hazırlama .....	29
3.2.2. Kimyasal Analiz.....	32
3.2.3. Petrografik İnceleme .....	33
3.2.4. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz (XRD) .....	33
3.2.5. Radioaktivite Analizi .....	33
3.2.5.1. Radyoaktivite Tehlike İçeren, Doz ve Tehlike İndekslerinin Hesaplanmasına Yönelik Çalışmalar .....	34
3.2.5.2. Aktivite Konsantrasyon İndeksi (I).....	35
3.2.5.3. Temsili Aktivite Konsantrasyon İndeksi ( $I_{yr}$ ).....	36
3.2.5.4. Soğurulmuş Doz Hızı) .....	37
3.2.5.5. Etkin Doz Hızı .....	37
3.2.5.6. Eşdeğer Radyum Aktivite Değeri ( $Ra_{eq}$ ).....	38
3.2.5.7. Dış Tehlike İndeksi ( $H_{ex}$ ) .....	39
3.2.5.8. İç Tehlike İndeksi ( $H_{in}$ ).....	39

3.2.6. Fiziksel Özellikler .....	39
3.2.6.1. Birim Hacim Ağırlık .....	40
3.2.6.2. Özgül Ağırlık .....	40
3.2.6.3. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) .....	41
3.2.6.4. Ağırlıkça Su Emme Tayini .....	42
3.2.6.5. Sonik Hız Deneyi .....	43
3.2.6.6. Donma ve Çözölmeye Karşı Dayanıklılık .....	45
3.2.6.7. Fiziksel Özelliklerin Standartlar Açısından Değerlendirilmesi ...	46
3.2.7. Mekanik Özellikler.....	46
3.2.7.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	46
3.2.7.2. Nokta Yük Dayanımı .....	48
3.2.7.3. Darbe Dayanımı .....	50
3.2.7.4. Eğilme Dayanımı .....	51
3.2.7.5. Shore Sertlik Tayini .....	53
3.2.7.6. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme).....	53
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	59
4.1. Kimyasal Analiz.....	59
4.2. Petrografik İnceleme .....	60
4.3. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz (XRD) .....	61
4.4. Radioaktivite Analizi .....	63
4.5. Fiziksel Özellikler .....	64
4.5.1. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları .....	65
4.5.2. Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.....	66
4.5.3. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) .....	66
4.5.4. Ağırlıkça Su Emme Tayini Deney Sonuçları.....	67
4.5.5. Sonik Hız Deneyi Sonuçları.....	69
4.5.6. Donma ve Çözölmeye Karşı Dayanıklılık Deney Sonuçları .....	70
4.5.7. Fiziksel Özelliklerin Standartlar Açısından Değerlendirilmesi .....	70
4.6. Mekanik Özellikler.....	71
4.6.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları .....	72

4.6.2. Nokta Yük Dayanımı Deney Sonuçları.....	73
4.6.3. Darbe Dayanımı Deney Sonuçları .....	74
4.6.4. Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları.....	74
4.6.5. Shore Sertlik Tayini Deney Sonuçları .....	75
4.6.6. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme Deney Sonuçları .....	75
4.6.7. Mekanik Özelliklerin Standartlar Açısından Değerlendirilmesi.....	76
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	79
KAYNAKLAR .....	81
ÖZGEÇMİŞ .....	89

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 2.1. Mermerlerin Sınıflandırılması .....	10
Çizelge 3.1. Aktivite Konsantrasyon İndeksi Limitleri .....	36
Çizelge 4.1. Mermerlerin Kimyasal Analiz Sonuçları .....	59
Çizelge 4.2. Mermerlerin Doz ve Tehlike İndeksleri.....	64
Çizelge 4.3. Mermerlerin Birim Hacim Ağırlık Deneyi sonuçları.....	65
Çizelge 4.4. Mermerlerin Özgül Ağırlık Deney Sonuçları .....	66
Çizelge 4.5. Mermerlerin Porozite Deney Sonuçları .....	67
Çizelge 4.6. Kayaçların Porozite Sınıflaması .....	68
Çizelge 4.7. Mermerlerin Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları.....	68
Çizelge 4.8. Mermerlerin Sonik Hız Deney Sonuçları .....	69
Çizelge 4.9. Mermerlerin Tek Eksenli Basma Dayanımı Deney Sonuçları.....	72
Çizelge 4.10. Mermerlerin Tek Eksenli Basma Dayanıma Göre Sınıflandırılması....	73
Çizelge 4.11. Mermerlerin Nokta Yük Deneyi Sonuçları.....	73
Çizelge 4.12. Mermerlerin Nokta Yük Dirençlerine Göre Sınıflandırılması.....	74
Çizelge 4.13. Mermerlerin Darbe Dayanımı Deney Sonuçları .....	75
Çizelge 4.14. Mermerlerin Eğilme Dayanım Deney Sonuçları .....	76
Çizelge 4.15. Mermerlerin Shore Sertlik Deneyi Sonuçları .....	77
Çizelge 4.16. Mermerlerin Böhme (Aşınma) Dayanımı Deney Sonuçları .....	78



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 3.1. Yer Bulduru Haritası.....	28
Şekil 3.2. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası .....	30
Şekil 3.3. Hazırlanan Örnekler .....	31
Şekil 3.4. Hazırlanan Örnekler 2.....	31
Şekil 3.5. Sonik Hız Ölçmede Kullanılan Pundit Aleti .....	44
Şekil 3.6. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deney Numuneleri .....	47
Şekil 3.7. Nokta Yük Dayanımı Deney Aleti .....	49
Şekil 3.8. Darbe Dayanımı Deney Aleti .....	50
Şekil 3.9. Eğilme Dayanımı Deney Aleti.....	52
Şekil 3.10. Sürtünme Sonrası Aşınma (Böhme) Kaybı.....	54
Şekil 4.1. Mikritik Kalsit ve İleri Derecede Kalsitleşmiş Kavkî İzleri Mikroskop Görüntüsü (Çift Nikol).....	60
Şekil 4.2. Mikritik ve İkincil Kalsit Kristalleri, Demir Dolgusu (Çift Nikol) .....	61
Şekil 4.3. Bol Fosili ve Hamur Maddesi Mikritik Kalsitten Oluşmuştur (Çift Nikol) .....	61
Şekil 4.4. King Brown Mermerinden Çektirilmiş Patern Diyagramı.....	62
Şekil 4.5. King Brown Mermerinden Çektirilmiş Patern Diyagramı.....	62
Şekil 4.6. Forest Grey Mermerinden Çektirilmiş Patern Diyagramı .....	63



## 1. GİRİŞ

### 1.1. Genel

Dünyanın en zengin doğal taş oluşumlarının bulunduğu Alp-Himalaya dağ kuşağında yer alan Türkiye, çok çeşitli ve büyük miktarda mermer rezervine sahiptir. Türkiye, bu kaynaklara ilaveten gelişmekte olan sanayisi ve üretimde kullandığı teknoloji ile dünyanın en önemli doğal taş üreticileri arasında yer almaktadır. Bu önemli rezervler Anadolu ve Trakya boyunca geniş bir bölgeye yayılmıştır. Afyon, Bilecik, Balıkesir, Denizli, Muğla, Amasya, Elazığ ve Diyarbakır rezervlerin yoğunlaştığı illerdir. Ülkemizde 80'in üzerinde değişik yapıda, 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervi belirlenmiştir. Sektörde yaklaşık 800 ocak, 1500 fabrika ve 7000 civarında atölye faaliyet göstermektedir (Türkmenoğlu, 2007).

Doğal yapı taşları, petrografik ve teknolojik yönlerden yapılarda kullanılmaya elverişli olan, çeşitli minerallerin bir araya gelmesiyle doğal olarak meydana gelen mineral topluluğudur. Doğal taşların duvarlarda kullanılmasıyla mimari yönden estetik görünüm elde edilebilir. Doğal taşlar renk, doku yönüyle yapılara çeşitli özellikler kazandırması yanında, kaplama ve taşıyıcı bir eleman olarak da kullanılabilir (Yılmaz ve Safel, 2004).

Doğal yapı taşları renk ve doku özelliğine göre; estetik görümlü, homojen yapılı, fiziksel-mekanik-kimyasal etkilere dayanıklı, oyma ve süslemelerin yapılabilmesi için yeterli mukavemete sahip olmalıdır.

Ülkemizde günümüze kadar olan uygulamalarda piyasaya yeni sunulan mermerlerde; renk, cila alma kapasitesi ve sertlik temel unsur olmakta, diğer önemli fiziko-mekanik özellikler test edilmemekte ve sadece deneme yanılma metodu ile sonuca gidilmek istenmektedir. Bütün bunlar ekonomiye olumsuz bir külfet getirmenin yanında, mermerimize hâkim olamamanın verdiği maddi değer kaybı da kaçınılmaz olmaktadır.

Doğal yapı taşlarında aranan özellikler genel olarak şu şekilde sıralanabilir; renk özelliği ve desen homojenliği, blok verme özelliği ve kesilip cilalanma,

jeomekanik ve fiziksel özellikler, atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım şeklinde sıralanabilmektedir (Şentürk ve ark., 1995).

Avrupa'nın 6. büyük ekonomisi olan Türkiye, 2010 yılında %8,9 'luk büyüme oranıyla Avrupa da ilk sırayı almıştır. Türkiye'nin aynı zamanda Avrupa Birliği ile yoğun ticari ve ekonomik ilişkileri bulunmaktadır. Türkiye'nin dış ticaret hacminin yaklaşık % 42 si AB üyesi ülkeler ile gerçekleşmektedir.

2010 yılında 113.6 milyar dolara ulaşan ülkemiz toplam ihracatından %3,2 pay alan madencilik sektörü ihracatı, bir önceki yıla göre %45,7 artışla 3,6 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Maden ürünleri ihracatında, ülke grubu bazında, 1,7 milyar dolar ve %48 payla Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan, Tayvan, Japonya gibi ülkelerin yer aldığı Diğer Asya ülkelerinin ağırlığı görülmektedir. Diğer Asya ülkelerini 844,7 milyon dolar ve % 23,1 payla Avrupa Birliği ülkeleri izlemektedir.

Bu dönemde, İşlenmiş Mermer 1,35 milyon ton ve 651,4 milyon dolarla en fazla ihraç edilen ürün olurken Blok Mermer Traverten 2.4 milyon ton ve 371 milyon dolarla dördüncü, Mermer, traverten, maden ürünleri ihracatında, ülke grubu bazında, am veya Kabaca Yontulmuş 2,3 milyon ton ve 363,6 milyon dolarla beşinci sırada yer almıştır. % 23,1 payla Avrupa Birliği ülkeleri izlemektedir.

%23,6'lık payı ile sektör ihracatı içerisinde ikinci büyük grubu oluşturan Blok Mermer-Traverten'in ihracatı ise miktarda %186,3, değerinde %133,6 artış göstererek 2.4 milyon ton karşılığında 371 milyon dolara yükselmiştir. Bu ürün grubunun ihracatında Çin Halk Cumhuriyeti 302,4 milyon dolar (%152,9 artış) ile ilk sırada, Hindistan 11.5 milyon dolar (%94,5 artış) ile ikinci ve Suriye 11,1 milyon dolarla (%694,3 artış) üçüncü sırada yer almaktadır.

Diğer önemli bir ürün olan Mermer - Traverten Ham veya Kabaca Yontulmuş ihracatımız miktarda %6,5 azalış ve değerinde %13,7 oranında artışla, 2,3 milyon ton karşılığında 363,6 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu dönemde Çin Halk Cumhuriyeti, 288,1 milyon dolarla anılan ürün grubunun en fazla ihraç edildiği ülke olurken, Çin Halk Cumhuriyeti'ni, 26,2 milyon dolarla Hindistan, 12 milyon dolarla Suriye, 7,6 milyon dolarla Tayvan takip etmiştir. İtalya, Mısır, Yunanistan ve Tayland ihracatın yapıldığı diğer önemli ülkeler olmuşlardır.

Doğal Taş ihracatında diğer ürünler ise 122,7 milyon dolar ile İşlenmiş Traverten, 18,4 milyon dolarla İnşaata elverişli diğer doğal taş sayılan ürünler olmuştur.

Mermer ve benzeri doğal taşlarda piyasayı elinde tutan İspanya, İtalya veya Yunanistan gibi Batı ülkeleri iken son yıllarda Türkiye, Hindistan, Çin, Brezilya gibi ülkelerin mermer konusunda çok önemli ilerlemeler kaydettikleri ve uluslararası piyasalarda eskisine nazaran daha fazla boy gösterdikleri görülmektedir. Sayılan ülkelerin ellerindeki rezervleri daha etkili bir şekilde değerlendirebilmeleri ile birlikte AB ülkelerini geçmeye başlamışlardır. Nitekim doğal taş sektöründe uzun yıllar boyunca ana üretici konumunda olan İtalya. Çin tarafından, ana tüketici konumunda olan Almanya'da ABD tarafından geçilmiştir. 2009 yılı ve 2010 yıllarında doğal taş ihracatımızın yapıldığı ülkelere bakıldığında; İlk sırayı Çin Halk Cumhuriyetinin ikinci sırayı ABD nin, üçüncü sırayı da Irak'ın aldığı gözlenmektedir. 2010 yılında; önemli pazarlarımız olan İngiltere, Birleşik Arap Emirlikleri, İtalya ve İspanya için ihracat performansımızın düşüş gösterdiği dikkati çekmektedir.

## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Doğal taşların, yapı ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılmaya başlanması dünya doğal taş üretiminin artmasına neden olmuştur. Özellikle son on yılda görülen artış, kazanım ve işleme teknolojisindeki gelişmelere paralellik göstermektedir. Giderek daha verimli hale getirilen işleme teknikleri ile taş, daha kolay ve ekonomik olarak istenen şekilde işlenmekte ve birçok yeni kullanım alanı bulmaktadır.

Dünya doğal taş pazarı incelendiğinde; her üretilen ürün türüne ve kalitesine talep olduğu görülebilmektedir. Türk mermeri, farklı renk skalası ve kalitesiyle dünyanın pek çok ülkesinde, dünyaca tanınmış mekanlar da sıklıkla kullanılmaktadır.

Sektör; yüksek ihracat potansiyeli, iç piyasa tüketimi, doğal taş makineleri üretimi ve ihracatı ile Türkiye ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Özellikle son dönemde mermer üretiminde, klasik mermer üretim yöntemlerinin değişmeye

başlaması, nitelikli işgücü ve ileri teknolojiye dayanan modern üretim yöntemlerinin daha çok kullanılmaya başlanması, büyük firmaların yapmış oldukları yatırımlarla birlikte bütünleşmiş üretim yapan tesislerin de devreye girmesiyle işlenmiş mermer üretiminde büyük artış kaydedilmiştir. Uygulanmaya başlanan modern ocak üretim yöntemleri ve son teknikler sayesinde rekabetin çok yoğun olduğu dünya doğal taş pazarına uygun üretim ve pazarlama yapabilecek ürünler hazırlayan tesis sayımız artmıştır. Türkiye dünya doğal taş üretiminde lider on büyük üreticiden biri konumuna gelmiştir.

Bu çalışmada kullanılan 3 farklı renk ve yapıdaki mermer malzemenin son üç yıl içinde yapılan üretim ve satış rakamlarına bakıldığında en fazla ihracat yapılan ülkelerin başta Çin olmak üzere, İtalya ve İngiltere olarak görülmektedir. Asya bej mermeri, açık rengi ve dokusuyla 2011 yılı ve 2012 yılları itibariyle Çin'in en büyük otel projelerinden ikisinde iç yüzey ve dış yüzey kaplama malzemesi olarak, yine yurt içi piyasada büyük bir firmanın otel projesinde iç yüzey kaplama malzemesi King Brown mermeri ve Forest Grey mermeri ise İtalya'nın çok ünlü bir markasının vitrinlerinde iç yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında; ilk olarak konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar araştırılmış, mermerler hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci kısımda ise Konya Bölgesi Cihanbeyli formasyonunun da yer alan mermerlerin tekno-mekanik özelliklerini araştırmak amacıyla materyal metod kısmında deneyler yapılmıştır. Çalışmanın son kısmında ise laboratuvar bulgularına yer verilerek, deney sonuçları değerlendirilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Mermerler Konusunda Yapılan Çalışmalar

Kızılağaçlı (1988), Dünya’da ve Türkiye’de uygulanan mermerin üretim teknolojileri incelenmiştir. Tel Kesme Yöntemi ile blok üretiminin ayrıntılarını vermiştir. Tel kesme yöntemi için gerekli belli başlı makineleri (tel kesme makinesi, sondaj makinesi, titano, lastik tekerlekli kepçe, jeneratör, kompresör, sayalama makinesi, su ve yakıt tankları, elmas tel, martapikör, su hortumu, çelik halatlar, kablo, anahtar takımları, projektör v.s.) ve ekipmanlarını tanımlamış ve o dönem için ülkemizde en çok kullanılan yöntem olan kamalama yönteminin üretim kayıplarını artırdığını bildirmiştir.

Yeşilyurt (1989), Emiç’ce (Ankara-Haymana) bölgesi mermerinin mühendislik ve teknolojik özellikleri üzerine çalışma yapmıştır..

Kuşçu (1990)’da yaptığı “Belence (Eğridir-Isparta) Siyah Mermer Yataklarının Ekonomik Jeolojisi” çalışmasında, Belence siyah mermerlerinin jeolojik, mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemiş ve TSE standartları çerçevesinde yorumlamıştır. Siyah mermerlerin kalsit kristallerinden oluştuğunu, az miktarda kuvars ve opal mineral içerdiğini belirlemiştir. Mermerlerin teknolojik açıdan levha haline gelebilme ve cila kabul etme özelliklerinin iyi olduğunu belirlemiştir.

Tüdeş ve arkadaşları (1991)’de yaptıkları “İkizdere (Rize) Yöresindeki Granitik Kayaçların Mermer Olarak Kullanılabilirliği” adlı çalışmalarında, granodiyoritlerin jeomekanik özelliklerini arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla belirlemişlerdir.

Tombul (1992), Dümrek (Sivrihisar) mermer yatağının jeoteknik ve jeomekanik özelliklerini inceleyerek bölge için en uygun işletme yöntemini bildirmiştir. Üretim yöntemi seçimi yapılmadan önce Batı Anadolu’ da bulunan birçok mermer ocağında incelemeler yaparak bölgenin jeoteknik yapısı ve mermer yatağının jeomekanik özellikleri ile uygulanan işletme yöntemi arasındaki ilişkileri incelemiştir. Mermerlerin jeomekanik özelliklerini belirlemek için çalışma

sahasından gerekli numuneler almış, Hacettepe Üniversitesi (HÜ), MTA, ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) laboratuvarlarında; özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, su emme oranı, porozite, sertlik, plaka verimi, ve cila alma gibi fiziksel özelliklerle; tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, çekme dayanımı, makaslama dayanımı, aşınma kaybı ve don sonucu basınç dayanımı gibi mekanik özellikleri tespit etmiştir. Dürmek mermerlerini renk, kullanım yeri ve işleme özelliklerine göre sınıflandırmıştır.

Ertürk (1996), yaptığı çalışmada Afyon-İscehisar Bölgesindeki mermer yataklarına en uygun olabilecek işletme yöntemini saptamış ve buradaki mermerlerin çeşitli özelliklerinin tayini amacıyla yapılan ayrıntılı laboratuvar ve arazi çalışmalarını ele almıştır. Mermerlerin ülkemizde ve dünyadaki durumu, geleceği ve potansiyeli gibi konular başta olmak üzere, mermerler ile ilgili olarak derlenen ayrıntılı bilgiler vermiş ve araştırmanın yapıldığı bölgenin jeolojisini de ayrıca sunmuştur.

Kun (2000), Mermerin Jeolojisi ve Teknolojisi üzerine yaptığı çalışmada, Mermerin tanımı, sınıflanması, oluşumu, ilgili özellikleri ve mermer ocaklarından çıkarılışı, işlenmesi ve mamul haline getirilmesi aşamalarını incelemiştir. Mermerin sınıflamasını; kullanımlarına, sertliklerine ve kökenlerine göre yapmıştır. Ülkemizde çıkan mermerlerin jeolojik koşulları ile potansiyellerini bildirmiştir. Mermerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini tanımlamıştır.

Altınççek (2001), yaptığı çalışmada; mermer ocağı açımında dikkat edilmesi gereken temel kriterleri hukuki kriterler, jeolojik kriterler, ekonomik kriterler ve ocak planlaması olarak sunmuştur. Mermer ocağı etüdü yapacak olan kişilerin bilimsel bilgilerinin yanında ayrıca piyasa deneyimine de sahip olması, çalışma sonunda elde edilecek verilerin ocak işletmeciliği açısından kolay anlaşılır nitelikte olması gerektiğini vurgulamıştır.

Çiftapala (2001), Meşebağları-Toplu Köy (Diyarbakır) mermerlerinin jeomekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesini amaçladığı çalışmada, Toplu (Yukarı Bedvan) köyünde bulunan Ünallar mermer ocağı ve Gaziantep ili Pınarbaşı Sanayi Bölgesi'nde bulunan Ünallar mermer fabrikasını incelemiş makineler üzerinde detaylı olarak çalışmıştır. Sonuç olarak kaba yoğunluğu 2,608-2,614 gr/cm<sup>3</sup>, özgül ağırlığı 2,696-2,698 gr/cm<sup>3</sup>, Shore selereskop sertliğini

47-54, eğilme dayanımını 214-242 kg/cm<sup>2</sup> ve basınç dayanımını 98-116 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlemiştir.

Çavuşmirza ve arkadaşları (2002), Mucur-Kırşehir yöresi mermerlerinin jeomekanik ve teknolojik özelliklerini incelediği çalışmasında, Mucur-Kırşehir’de bulunan mermer ocağı ve mermer fabrikasını incelemiştir. Deneyle sonuçunda Mucur Beji ve Mucur Traverteninin eğilme dayanımını 213,967 kg/cm<sup>2</sup> ve 247,338 kg/cm<sup>2</sup>, darbe dayanımını 3,3 kgcm/cm<sup>3</sup> ve 8 kgcm/cm<sup>3</sup>, tek eksenli basınç dayanımı 904 kg/cm<sup>2</sup> ve 492 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulmuştur. Birim hacim ağırlığını 2,7 gr/cm<sup>3</sup> ve 2,37 gr/cm<sup>3</sup>, ağırlıkça su emme oranını %2 ve %1,4, görünür porozitesini %0,54 ve %3,318, doluluk oranını % 9 ve 87, Shore Seleroskop sertliğini 55 ve 54 olarak bulmuştur.

Akçakoca ve arkadaşları (2003), bazı mermer türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilerek, inşaatlarda yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacı ile Afyon beyaz, Afyon bulutlu, Bilecik göl beji, Bilecik royal bej ve Sivrihisar bej türü mermerleri incelemiştir. Önce bu mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiş ve daha sonra elde edilen bu değerler T.S.E. tarafından belirlenen standartlar ile karşılaştırılmıştır ve kullanım alanları araştırılmıştır. Son olarak bu mermer türlerinin tekno-mekanik özelliklerinin üretimde kalite kontrolünün sağlanmasına ve üretim sürecinin iyileştirilmesine olan etkilerini vurgulamışlardır. Laboratuvar ortamında belirlenen değerlerin T.S.E. standartları ile karşılaştırılması sonucunda incelenen mermer örneklerinin dört adedinin standartlar ile belirlenen tüm değerleri sağladığı belirlenmiştir. Sadece Afyon Bulutlu mermeri TS 10449 standardı tarafından belirlenen aşınma dayanımı değerlerine göre yer döşemesi ve merdiven basamağı olarak kullanılabilir özellikler taşımamakta, sadece duvar kaplaması olarak kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Laçınbala (2004), “Ceyhan Beji Mermerlerinin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi” adlı çalışmasında, Ceyhan Beji’ni detaylı olarak incelemiş, mermerlerin fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara uygun olduğunu, blok verebildiğini, açık bej, pembe bej ve koyu bej renk karışımıyla renk ve desen

durumunun iyi olduğunu doğal yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabileceğini saptamıştır.

Kılınç (2005), Mermer ocak işletmeleri için büyük önem taşıyan, ancak ülkemizde zaman ve finans açısından yük getireceği endişesi ile pek dikkate alınmayan ocak tasarımı, üretim planlaması ve fizibilite etüt konuları detaylı bir şekilde incelenerek yeni ocak açmayı düşünen küçük ve orta ölçekli mermer işletmelerine örnek bir çalışma olması amaçlanmıştır.

Çınar (2007), yaptığı “Osmaniye Çağşak Amanos Kırmızı Mermerlerinin Fiziko-mekanik Özelliklerinin Araştırılması” adlı çalışmada Amanos Kırmızı mermerlerinin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiş ve yapı malzemesi olarak kullanımı için uygun özellikler sunduğunu bildirmiştir.

Uz ve Bacak (2008), Beyceköy (Bilecik) kireçtaşlarının jeolojik, petrografik, fiziko-mekanik özellikleri ve mermer olarak değerlendirilebilirliği üzerine çalışmışlardır.

Aydın (2009), Uluslararası pazarlamanın mevsimsel dalgalanmaları önlemedeki etkisi üzerine bir araştırma yapmış ve Elazığ bölgesinde yer alan mermer işletmelerini incelemiştir.

Kurtçu (2010), Babadat (Sivrihisar-Eskişehir) kireçtaşlarının jeolojik ve fizikomekanik özellikleri ile mermer olarak değerlendirme olanakları ile ilgili çalışma yapmıştır.

Gürcan (2011), Metamorfik kökenli mermerlerin parlatılmasında mineralojik ve petrografik özelliklerin etkisinin araştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır.

## **2.2. Mermerler Hakkında Genel Bilgiler**

### **2.2.1. Mermerin Tanımı**

Yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma (metamorfizma) uğramış kalkerler mermer olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel anlamda ise; işlenebilen, cilalanabilen, parlayan ve boyutlandırılabilen veya dekoratif amaçlı kullanılan tüm

doğal taşlara mermer denilmektedir. Günümüzde özellikle endüstriyel anlamda mermerin yerine doğal taş terimi de kullanılmaktadır.

#### **2.2.1.1. Mermerin Bilimsel Tanımı**

Mermerler kalker ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomit kalkerlerin ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla meydana gelen taşlardır.

#### **2.2.1.2. Mermerin Endüstrideki Ticari Tanımı**

Endüstriyel alanda kesilip boyutlandırılabilen, dekoratif amaçlı kullanılan ve ticari değeri olan her türlü kayaç mermer olarak adlandırılmaktadır (Onargan ve ark., 2005).

#### **2.2.2. Mermerlerin Sınıflandırılması**

Mermerler jeolojik oluşum bakımından üç grupta sınıflandırılabilir (Çizelge 2.1).

##### **2.2.2.1. Metamorfik Kökenli Mermerler**

Metamorfizma kelime anlamı ile başkalaşım demektir. Çeşitli kayaçların jeolojik ve tektonik olaylar sonucunda oluşan ısı ve basınç ile katı halde yapı, doku, mineral bileşimi gibi fiziksel özelliklerinin değişmesi olayına *Metamorfizma*, bu olaylar sonucunda oluşan kayaçlara da *Metamorfik Kayaçlar* denir (Kun, 2000).

##### **2.2.2.1.(1). Gerçek Mermerler**

Gerçek mermerler, metamorfizma sonucu, kalker ve dolomit kalkerlerin kristalleşmesi ile meydana gelmişlerdir. %95 civarında kalsiyum karbonat, bileşimini oluşturmaktadır. Yapılarında az miktarda magnezyum karbonatın yanı sıra silis,

silikat, feldspat, demir oksit, mika fluorit ve organik maddelerde bulunabilir. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir. İçerdikleri yabancı maddelerin etkisi ile sarı, pembe, esmerimsi ve siyah gibi değişik renklere bürünebilirler. Mermer kalker olarak anılan kireçtaşının metamorfizma geçirmesinden oluşmuş, oldukça sert bir kayadır. Bu genel metamorfizma, oldukça derinlerde şiddetli basınç ve sıcaklığın etkisiyle oluşmaktadır.

Çizelge 2.1. Mermerlerin jeolojik oluşum bakımından sınıflandırılması (Köktürk, 2002; Onargan ve ark., 2005)

I. GRUP	Metamorfik Kökenli mermerlerdir. Tam kristalleşmiş bilimsel gerçek mermer tanımına uygun doğal taşları içerir. Çoğunlukla iyi kristalleşmişlerdir. Renkleri genellikle beyaz ve açık gridir. Bileşimlerinde birçok yabancı madde taşırırlar.
II. GRUP	Sedimenter kökenli mermerleri içerir. Kireçtaşı, oniks mermerleri, kumtaşları ve travertenleri içerir. Karbonatlı olanlarda yapılarında yalnız $\text{CaCO}_3$ vardır. Travertenler, toplu iğne başından birkaç cm ye varan boşluklar içerebilmektedirler. Kolay işlenebilmekte ve iyi cila kabul etmektedirler.
III. GRUP	Mağmatik kökenli mermerleri içerir. Andezit, dasit, granit, siyenit, bazalt, diyabaz, gabro vb. gibi.

Mermerlerin esasını oluşturan kalker kalsit kristallerinden oluşmaktadır. Kalsitin başlıca özelliklerini sıralayacak olursak:

- Bileşimi =  $\text{CaCO}_3$
- Renk = Genellikle Beyaz
- Çizgi Rengi = Beyaz
- Yoğunluk = 2,2-2,8  $\text{gr/cm}^3$
- Sertliği = 3

Kalsit, kalsiyumlu taşların değişmelerinden, karstik bölgelerdeki çökeltilerden (travertenlerden), kendi eriyiğinden meydana gelir. Mermer bu kalsit kristallerinin sıkışması sonucu meydana gelir. Basınç ve sıcaklık altında kristaller arasındaki boşluklar ortadan kalktığından, kalkere göre daha sert bir yapıya sahiptir.

Gerçek mermerler mikroskop altında incelendiğinde, birbirine iyice kenetlenmiş kalsit kristallerinden oluştuğu görülür. Kalsit kristalleri iri ise kaba bir görüntüye sahiptir. Bu tür mermerlerin dış tesirlere karşı mukavemeti azdır. Tane çapları küçüldükçe mukavemet artar ve dolayısıyla dış parametrelerden etkilenmesi azalır (Onargan ve ark., 2005).

Mermerin başlıca tüketim alanları; inşaat sektörü, güzel sanatlar alanı ve dekorasyondur. En geniş kullanım alanını inşaat sektörü teşkil eder. Binaların iç ve dış kaplamaları, dekorasyon işleri, anıtlar, heykeller ile süs ve hediyelik eşya imalatı önemli tüketim alanlarını oluşturur. Bilhassa binaların iç kısımlarında yer döşemesi ve duvar kaplamaları, merdiven basamakları, sütunlar, şömine, mutfak ve banyolarda kullanılır. İç dekorasyon malzemesi olarak masa, sehpa ve çeşitli mobilyalar yer alır. Hediyelik eşya ve el sanatları dalında ise; vazo, biblo, avize, şekerlik, kül tablası vs. yapımında bilhassa güzel renkli mermerler kullanılmaktadır. Mezar ve mezar taşlarında da önemli miktarlarda mermer tüketilmektedir (D,P,T,, 1999).

#### **2.2.2.1.(2). Şistler - Kayağan (Arduaz) Taşı (Kayrak Taşı)**

İnce taneli kil, sedimanter kaya şeyli ve bazen kuvars içerikli oluşumlar bu sınıfta yer almaktadır. Kayağan taşı (kayrak taşı) adı verilen bu kayaç oluşumları çok ince kalınlıklarda şistozite düzlemlerinden kolayca ayrılabilen ve genellikle renkleri yeşil, gri veya siyaha yakın olmaktadır (Onargan ve ark., 2005).

Şistlerin mermercilikte kullanılabilmesi için, kuvarsın fazla yani sertliğinin yüksek olması gerekir. Genellikle cilalanmadan kullanılır (Kun, 2000).

### 2.2.2.2. Sedimanter Kökenli Mermerler

Tortulaşma olayının çeşitli yolları ile oluşan kayalara *Tortul Kayaçlar* veya *Sedimanter Kayaçlar* adı verilir. Bu tür kayaçlar genellikle tabakalıdır ve çoğu kez fosil içerirler.

Tortul kayaçların oluşumu için üç aşama gereklidir.

- Kaynak
- Taşınma
- Depolanma

Tortul kayacın oluşumu için aşınma, ayrışma, kırılma, parçalanma veya yok olma yolları ile çeşitli boyutlarda parçalara ayrılabilen kayaçlara veya canlı organizmalara yani bir kaynağa ihtiyaç vardır. Kaynak kayaç magmatik, metamorfik veya eski bir tortul kayaç olabilir. Kaynaktan çeşitli nedenlerle kopan değişik büyüklükteki parçalar genellikle bulunduğu yerden ötelere sürüklenir. Taşınma çoğu kez akan sular tarafından gerçekleştirilir. Tortul kayaların oluşumu için son aşama depolanmadır. Kaynaktan kopan parçalar çeşitli taşınma şekilleri ile depolanma havzasına gelip burada birikirler. Bu havza göl, deniz veya okyanus olabilir. Böylece sedimentasyon ve tortul kaya oluşumu başlar (Kun, 2000).

#### 2.2.2.2.(1). Kireçtaşları

Mermer olarak değerlendirilen kireç taşlarının bileşiminin % 90'dan fazlası  $\text{CaCO}_3$ 'den oluşmuş olup az miktarda  $\text{MgCO}_3$  içerir. Kuvars, demir, mangan, kil ve organik maddeler safsızlıkları oluşturur. Bileşiminde yer alan  $\text{MgCO}_3$  artarsa, artışa bağlı olarak sıra ile dolomit kireçtaşı, kireçli dolomit ve dolomit adını almaktadır. Kireçtaşları bileşimine giren yabancı maddelere göre çeşitli renkler almaktadır. Sarı ve kırmızı renk demir oksit, siyah ve mor mangan oksit, gri ve siyah organik maddelerden gelir. Oluşum şartlarına göre organizma artıkları içerirler ve

içerdikleri fosillere göre mercanlı kireç taşları, fusulinli kireçtaşları, nummunitli kireçtaşları gibi isimler almaktadırlar (Şentürk, 1996).

#### 2.2.2.2.(2). Traverten

Traverten, kalsiyum bikarbonat içeren ve hidrostatik basınç altında bulunan sıcak sular, çatlak veya deliklerden yeryüzüne çıktıkları zaman bunların üzerindeki basınç kalkacağından dolayı bileşimindeki CO<sub>2</sub> uçar, CaCO<sub>3</sub> çökeler ve su akışına devam eder. İşte bu çökelen CaCO<sub>3</sub> bileşimli katı maddeye traverten denilmektedir (Şentürk, 1996).

Travertenlerle birlikte nadir toprak elementleri de çökebilir (Onargan ve ark., 2005).

Derinliklerden gelen sıcak sular, kayalardan geçerken karbonatları çözmeleri yanında bünyelerine ortamda bulunan mineralleri de alabilmektedirler. Oluşum ortamında magma suyunun sıcaklığı çok fazla ve kalsiyum bikarbonat oranı çok yüksek ise, o takdirde çökme hızla meydana gelmektedir. Bu şekil bir oluşuma traverten çökmesi denir. Meydana gelen çökelek oldukça yoğun ise çökelek arasında kalan gazlar irili ufaklı boşluklar oluşmasına neden olmaktadır. Çökelek fazla gazlı bir ortamda meydana geliyor ve çok çabuk birikmeler teşkil edecek nitelik gösteriyorsa, o takdirde oluşan çökelek fazla delikli ve sünger taşına benzer bir bünye gösterir. Bu cins travertenlere *kalker tüfü* denilmektedir. Aralarında bitki fosillerine de rastlanır. Bu tip travertenler bünye itibariyle gevşek ve dayanıksız olduklarından ticari olarak fazla önem arz etmezler.

Az boşluklu ve ağır olan travertenlerin üretim, işletme ve kesilmesinin kolay olması, fazla miktarda bulunması, bazılarının metal oksitlere bağlı renklenmeleri nedeniyle değişik renklerde bu taşların kaplama işlerinde kullanılmasını sağlamaktadır (Onargan ve ark., 2005).

### 2.2.2.2.(3). Oniks Mermerleri

Magma suyunun sıcaklığı oldukça düşük ve az olması ve daha fazla madeni tuzlar içermesi çökeltmenin daha yavaş bir şekilde oluşmasına neden olmaktadır. Bu şartlarda meydana gelen taş kristalize, yoğun ve oldukça saydamdır. Bu taşlara Oniks mermeri denir.

Bunlar genellikle beyaz, kırmızı, sarı, yeşil renkte olup, yarı saydamdırlar. Işık 1-3,5 cm derinliğe geçebilir. Bazı tuzların etkisiyle renkli olurlar. Tek renk olduğu gibi değişik renkler gösteren bant tabakası, damarlar vb. halinde de bulunabilirler.

Oniks mermerleri, kristaller birbirine sıkı şekilde bağlılığından dolayı oldukça serttir. İçine karışan silikatlar sertliğini artırır. Yoğunluğu 2,2-2,3 gr/cm<sup>3</sup> arasındadır. Çok iyi parlatırlar. Atmosferle temasında, fiziksel ve kimyasal etkilerin altında kalmalarına rağmen çözülmesi çok yavaştır. Suyu az absorbe etmesi arzu edilir. Gözeneklerin az olması dış etkiler altında kullanılacak olanlar için geçerlidir. Gözeneklerin suları emerek renk değişikliği yapar, donma gibi olaylarla çözülmeyi kolaylaştırır (Onargan ve ark., 2005).

### 2.2.2.2.(4). Kumtaşları

Tortul kayaçlar grubunda olan kumtaşları tane çapları 0,2-2 mm arasında değişen silisli, kalkerli, demirli kırıntıların çimentolanması ile oluşan sedimanter kökenli kayaçlardır. Bağlama işini yapan maddelerin kompozisyonu kayacın dayanımına masifliğine ve tokluğuna etki etmektedir. Ayrıca bu maddeler kayacın oluşmasında da ana etmenlerdir.

Kumtaşı, grovak, arkoz gibi isimler almaktadırlar. Kumtaşları parlatılmadan dekoratif amaçlı kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda parlatılarak da kullanılan kumtaşları bulunmaktadır. Kumtaşları, kuvars ve feldspat minerallerinden yapıldıklarından sert mermerler sınıfına dahil edilirler (Kun, 2000). Özellikle sıcak iklimli ülkelerde ısıyı bünyelerinde kabul etmeme özelliğinden dolayı tercih edilen bir doğal taştır (Onargan ve ark., 2005).

### 2.2.2.3. Magmatik Kökenli Mermerler

Mermer olarak kullanılan mağmatik kayaçlar, sedimanter olanlara göre daha dayanıklıdır. Fakat çıkartılmaları ve işlenmeleri daha zordur. Mağmatik kayaçlar, kendi aralarında derinlik kayaçları, yüzey kayaçları ve damar kayaçları olmak üzere üç gruba ayrılmakta ve kimyasal bileşim yönünden ise;

- % 66 dan fazla SiO<sub>2</sub> içerenler asidik,
- % 66-% 52 arası SiO<sub>2</sub> içerenler nötr,
- % 52-% 45 arası SiO<sub>2</sub> içerenler bazik,
- % 45 den az SiO<sub>2</sub> içerenler ultrabazik,

kayaçlar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu kayaçlar içerisinde mermer olarak değerlendirilenler daha ziyade granit, siyenit, gabro ve serpantin gibi derinlik kayaçlarıdır. Yüzey kayaçları olarak da en çok kullanılanları kuvars, porfir, diyabaz, riyolit, trakit, bazalt ve andezit melafir'dir. Yüzey kayaçlarından olan diyabaz da işleme zorluğuna rağmen bileşiminde bulunan piroksen mineralleri nedeniyle güzel bir yeşil renge sahip olduğu için mermer olarak değerlendirilmektedir.

Mağmatik mermerler çıkarılma ve işleme zorluklarına rağmen, basınç ve aşınma dirençlerinin yüksek olması, kristal yapısı ve içerisindeki minerallere bağlı olarak zengin renk ve desene sahip olmaları ve uzun süre cilalarını korumaları gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedirler (Şentürk, 1996).

#### 2.2.2.3.(1). Granit

Granitlerde renk genelde açık, beyaz veya beyaza yakın tonlardadır. Değişik türlerde, gri-beyazdan başlayarak gri, gri-yeşil hatta kahve-kırmızı tonlara kadar değişen zengin bir renk aralığına sahiptir. Bu özellik granitlerin oluşum koşullarıyla, kendi öz kimyasal bileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Sert mermer grubuna giren granit, kayaç olarak kimyasal bileşiminde %66'dan fazla SiO<sub>2</sub> içermektedir. Bu gruba giren kayaçlar silis ve alkalilerce (feldspatlarca) zengin, kalsiyum, demir ve

magnezyumca (biyotit, amfibol) fakir ve derin koşullarda (mağma kökenli) oluşmuşlardır. Bu nedenle de bu grup asidik, açık veya çok açık renkli kayaçlar sınıfına girmektedir. Granit kayaçlar, “*Siyenit ve diyorit*” ailelerine, mineral bileşimindeki oranların değişmesi ile sürekli geçişler gösterirler. Örneğin: Granodiyorit, siyonodiyorit gibi.

Granitler kuvarslı kayaçlar olarak içerdikleri mineral toplumu yönünden oldukça basit bir bileşime sahiptirler. Genel olarak granit grubu kayaçlar %35 kuvars, % 45 feldspat (albit) ve mika (biyotit) minerallerinden oluşurlar.

Granitler kristalin yapısı altında bileşimindeki mineraller itibariyle dikkate alındığında ortalama sertliği normal bir mermere oranla (3-4 Mohs) 2 defa (6-7 Mohs) daha büyüktür. Bu özelliği ile granitler, diyabaz, gabro, serpantin ile beraber “*Sert Mermerler*” grubu içinde yer alır. Kristalin taneli özelliği yanında granit bileşiminde yer alan beyaz minerallerin (kuvars, ortoz, albit) boyayıcı pigmentler içermeleri halinde, örneğin hematit ortoz’a pembe veya kırmızı tonda bir renk kazandırır. Böylece ortaya çıkan granit pembe veya kırmızı granite dönüşür. Benzer biçimde granitte amfibol veya klorit, epidot türü minerallerin yaygın olarak bulunması halinde renk yeşil tonlara veya normal granitlerde olduğu gibi en yaygın tür olan gri ve beyaz benekli bir görünüm izlenmektedir (Uz, 1990). Granit mermer sertliği ile aşınmaya, kimyasal ve fiziksel etkenlere karşı dayanıklıdır. Kristalin yapısı, dokusal özellikleri, bunlara ek olarak albeni renkleriyle mimari süslemede ana malzemeyi oluştururlar

Granitlerde sertlik içerdiği minerallere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; kuvars oranı çok olduğu zaman taşın sertliği fazlalaşır. Renkleri ise yukarıda da belirttiğimiz gibi feldspata bağlı olmaktadır. Granitler çok yoğun taşlardır ve dokularındaki mineraller arasında ancak %10-50 arasında mikroskobik boşluk bulunmaktadır. Ortalama olarak % 0.8 oranında su içerirler (Onargan ve Ark., 2005).

Günümüzde granitin ana kullanım alanı, dekoratif taşlara ihtiyaç duyulan inşaat sektörüdür. Kullanım alanı itibariyle, granitler iki kategoride incelenebilir.

- Granit levha,
- Granit parke taşı kullanımı

Granitin levha kullanım alanları; binaların iç mekânlarında, yer döşemesi ve duvar kaplamasında, basamaklarda, sütunlarda, şöminelerde, mutfak ve banyolarda, binaların dış mekânlarında ise, dış cephe kaplamasında kullanılmaktadır. Ayrıca, dış zeminlerde parke olarak kullanıldığı gibi, birçok dekoratif eşya yapımında ve mezar taşlarında da kullanılmaktadır. Hijyenik şartların gerekli olduğu kamuya açık ortamlarda ve/veya üretim tesislerinde granit kullanımı artmaktadır. (Hastaneler, Hava alanları, otobüs terminalleri gibi). Granit kırıkları ise mozaik olarak veya suni mermer yapımında kullanılarak değerlendirilmektedir. Granit özellikle hem desen hem de dayanıklılık açısından titizlik gerektiren işlerde kullanılmaktadır.

Granitin parke taşı olarak kullanımı; parke olarak kullanılan taşlar, zar taşları, fayans tipi parke ve paledyen olarak sınıflandırılırlar. Parke taşları çoğunlukla yoğun araç ve yaya trafiğinin olduğu yerlerde, yürüme alanlarında yer kaplaması olarak kullanıldığı için granit, andezit, trakit, riyolit gibi sert ve silisli taşlardan yapılmaktadır. Kimyasal maddelere karşı dayanıklı olması nedeniyle fabrika, atölye ve benzeri yerlerde taban ve duvar kaplaması olarak kullanılmaktadır (Gündüz, 1995).

### 2.2.2.3.(2). Diyabaz

Diyabaz tanım olarak oluşum yönünden damar kayaçları içinde yer alırken, renk yönünden yeşil sert mermerler, serpantin, gabro, diyabaz üçlü grubunu oluşturur. Diyabaz, genel kayaç sınıflamalarında, derin magma kökenli, yarı derinlik grubu içinde *dolerit-diyabaz* şeklinde yer alır. Diğer yönden, bazik kayaçlara bağlı olarak diyabazlar, eşdeğer derinlik kayacı gabro, yüzey kayacı ise bazalttır. Gabro-Diyabaz-Bazalt üçlüsü ise eşdeğer bileşimli, benzer aynı kökene sahip kayaçlardır. Bu üçlü bazik grup, kimyasal olarak bileşimlerinde silis ( $\text{SiO}_2$ ) % 52-45 arasında değişirken, mineral bileşimleri esasen piroksen ve plajioklaslardan oluşur. Hiçbir zaman kuvars ve feldspatları içermezler diyabaz, yeşil sert mermer grubu içinde, kesme, plaka haline gelebilme ve cila kabul etme özellikleri yanında, yeşilin çeşitli tonları içinde göstermiş olduğu dokusal özelliği ve albenisi ile ayrıca kullanımda

aşınma ve darbeye karşı göstermiş olduğu direncin yüksekliği gibi özellikleri ile tanınmaktadır (Onargan ve ark., 2005).

#### **2.2.2.3.(3). Serpantinit-Ultrabazikler (Serpantin)**

Sert yeşil mermer sınıfı içinde yer alan Serpantinit-ultra bazik kayalar özellikleri nedeniyle diyabaz-gabro ve granitlere yaklaşırlar. Ultra bazik-Serpantinit (Peridotitler veya Serpantinit) gibi açık renkli granitler gibi yerin derinliklerinde oluşan koyu yeşil kayaç grubunu oluşturmaktadırlar. Bunlar, bazik grupla beraber yeşil kayalar veya Ofiyolit adı altında toplanırlar.

Ultra bazik kayalar esasen kimyasal olarak Silis ( $\text{SiO}_2$ ) içerikleri azdır ve ( % 45 ten az) bileşiminde kuvars ve feldspat gibi açık renkli minerallere hiç rastlanmaz buna karşın, esasen demir ve magnezyumlu ağır minerallerce (olivin, piroksen) zengindirler. Bu nedenle ultra bazik kayalar renklerinde olduğu gibi granitlerden ( $2,7 \text{ gr/cm}^3$ ) yoğunlukları ( $3,3-4,0 \text{ gr/cm}^3$ ) yönünden de farklılaşırlar. Halk dilinde kromlu kayalar olarak bilinen serpantinit-ultra bazikler, krom yanında ayrıca manyezit, talk gibi mineralleri de içerirler (Uz, 1990; Onargan ve ark., 2005).

#### **2.2.2.3.(4). Siyenit**

K-Feldspat minerali bakımından oldukça zengin olan bu kayalarda plajyoklas oranı azdır. Kuvars % 10 u geçmez. Mafik mineral olarak en önemli mineral amfibol grubundan hornblendir. Biyotit minerali az olarak bulunur. Bu tip kayalarda piroksen minerali de gözlenebilir. Kayaç çoğu kez renklidir. Çünkü K-Feldspatlar beyaz olabildiği gibi açık pembeden kırmızıya kadar değişen tonlarda renk verebilirler. Bu nedenle siyenitler de pembeden koyu kırmızıya kadar renklenebilirler (Kun, 2000).

### **2.3. Doğal Taşlarda Aranılan Özellikler**

Doğal yapı taşlarında aranılan özellikler genel olarak şu şekildedir:

- Renk özelliği ve desen verme homojenliği
- Blok verme özelliği ve kesilip cilalanma
- Jeomekanik ve fiziksel özellikleri
- Atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım.

Doğal yapı taşlarının en önemli fiziksel özelliği renkleridir. Bu taşlar, estetik amaçlarla (dekorasyon amaçlı) kullanıldığı için, kullanım yerine bağımlı olarak renginin çekici olması gereklidir. Dekoratif taşlar, tek renkte olabildikleri gibi, değişik renkler gösteren bantlar, damarlar, benekler halinde çeşitli desenlerde de olabilmektedirler. Mermerlerin renk ve desen yönünden homojenliğe sahip olmaları istenir (Şentürk ve ark., 1995).

Renk mermerin pazarlamasında önemli etkenlerden birisidir. Renk açısından homojenlik mermerlerin piyasada daha iyi Pazar bulabilmesini sağlamaktadır (Onargan ve Köse, 1997).

Kalite itibarıyla, doğal yapı taşlarında, renk, desen, görünüş, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanım ve kesilip parlatılabilme gibi özellikler önem kazanmaktadır. Ancak birincil derecede öncelikli parametre ise, yatağın işletilip-işletilemeyeceği hususunda önemli olan çıkarılacak blokların rengi, deseni ve görünüşüdür. Kaliteye etki eden diğer özelliklerden fiziksel ve mekanik özellikler ise mermerin kullanım yerini belirlemede son derece önemlidir.

Kayaç yatağının litolojik durumu jeolojik oluşumdan ileri gelen yapı ve doku özelliklerini oluşturmaktadır (Şentürk ve ark., 1995).

Yapısında silikat minerallerinin çoğalması sertliği arttırmaktadır. Mermerin sertliğinin, kesilme (işleme) ve cilalanma konuları ile yakın ilgisi vardır. Sert mermerlerin üretilmesi ve kesilmesi yumuşak cinslere nazaran zordur. Buna karşın çok iyi cila kabul ederler. Ancak cilalanmaları da oldukça işçilik ve zaman ister. Sert mermerler bu zorluklara rağmen kolay yıpranmadığı için en çok arzu edilen cinstir.

Kayaç içerisinde boşluk bulunması istenmeyen bir durumdur. Atmosfer etkilerine mukavemet özelliğini azaltmaktadır. Olan dayanıklılığı porozitenin artmasıyla azalmaktadır. Bazı tip mermerlerde boşluk bulunması kusur oluşturmaz (Onargan ve ark., 2005).

Ticari bakımdan çıkarılan blok içerisinde boşluk bulunması, boşluğunun boyutu ne olursa olsun istenmeyen bir durumdur. Bazı tip mermerlerde ve travertenler de bu durum kusur oluşturmaz. Hakiki mermerlerdeki erime boşlukları, siyah mermerdeki kömür, şist, bitüm ve grafit içeriğinden meydana gelen boşluklar kusur sayılırlar. Aynı şekilde, mermer bloklarında, doğal çatlakların bulunması normaldir. Ancak bu çatlakların açık olup olmaması önemlidir. Çatlakların açık olması veya çatlakları dolduracak solüsyonlu suların çatlakları tamamen kapatmaması önemli bir kusurdur. Bu duruma özellikle breş mermerlerinde çok rastlanır (M.T.A., 1966; Şentürk ve ark., 1995).

Hakiki mermerlerde fosillere rastlanmazken kristalize kalkerler değişik tip ve büyüklükte fosil içerirler. Mermer içerisindeki fosillerin küçük boyutlu fosiller ise özellikle merkezleri boşluk göstereceğinden, mermerin değerini düşürmektedir. Ayrıca, fosillerin kabukları silikat içerdiğinden, kesme ve cilalama işlemlerini olumsuz etkilerler (Ersoy, 1991; Şentürk ve ark., 1995).

Mermerlerin kesilme ve cilalama özelliği ile sertliğinin yakın ilgisi bulunmamaktadır. Sert mermerler, iyi cila kabul etmelerine rağmen cilalanmaları çok emek ve zaman almaktadır.

Ancak mermerin homojen bir yapı göstermesi durumunda kesme ve cilalama işlemlerinde büyük bir problem ortaya çıkmaktadır. Zira, belli bir kısım iyi cila alırken diğer kısım iyi cila almayacaktır. Bu durumda,

#### **2.4. Türkiye'deki Doğal Taş Rezervi**

Türkiye coğrafi konumu ve jeolojik yapısı itibari ile maden rezervleri açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Günümüz verilerine göre Türkiye' de İşletilebilir Mermer Rezervi; 3.872.000.000 m<sup>3</sup>, İşletilebilir Kireçtaşı Rezervi; 2.720.000.000 m<sup>3</sup>, İşletilebilir Traverten Rezervi; 995.300.000 m<sup>3</sup>, işletilebilir Oniks Rezervi; 1.307.000 m<sup>3</sup>'dür. Bu rakamlara göre Türkiye; Dünya rezervinin yaklaşık %40'ına sahiptir.

Türkiye’de masif niteliği gösteren metamorfik temeller içinde küçük ya da büyük yayımlı mercek şeklinde mermer yatakları bulunmaktadır. Buna ek olarak ülkeye dağılmış durumda Devoniyen, Triyas, Jura, Kretase ve Paleojen yaşlı kireçtaşları yüzeylenmektedir.

Traverten ve oniks rezervleri ülkemizin bilinen kırık hatları boyunca gelişmiştir. Ayrışma, kırıklı yapı, anklav içeriği, renk ve homojenlik yönünden sorunlu olan magmatik taş (serttaş) rezervlerimiz için ayrıntılı araştırma yapılmamıştır.

Kırklareli, Kapıdağ, Ezine, Ayvalık, Kırşehir, Yozgat, Aksaray, Ordu, Giresun, Rize ve Artvin dolaylarında açılan çok sayıda ocak işletmesinden Kırşehir ve Aksaray’dakilerden olumlu sonuç alınmıştır. Magmatik taş rezervlerinin artırılması açısından ülkemizin çok sayıda araştırmaya ihtiyacı vardır.

## 2.5. Türkiye’deki Doğal Taş Üretimi

Türkiye deki doğal taş sektörü, 1985 yılında Taş Ocakları Nizamnamesinin yürürlüğe girmesiyle yeni bir döneme girmiştir. Sektör, bu tarihten sonra her geçen yıl bir önceki yıla göre biraz daha büyümüş ve bugün maden sektörünün ihracat pastasındaki dilimin en büyük kısmını oluşturmaktadır. Tabloda Türkiyedeki Doğaltaş üretimi yıllara göre verilmiştir.

Türkiye’de yıllık doğaltaş üretimi 2009 yılında yaklaşık 4 milyon m<sup>3</sup> civarında iken 2010 yılında yaklaşık 5 milyon m<sup>3</sup> üretim yapılmış olup işleme tesislerinin toplam plaka üretim kapasitesi 6,5 milyon m<sup>2</sup> civarındadır. 2009 yılında ülkemiz mermer ve traverten üretiminde dünyada 3’üncü sırada yer almıştır.

Doğal taş Sektörün 2010 yılı üretimi yaklaşık 11,5 milyon ton. İç pazara yönelik üretimi ise yıllık toplam üretimin yüzde 60’ı oranında olup 6,9 milyon tondur (İMMİB, 2011)

## 2.6. Türkiye'deki Mermer Türleri

Son zamanlarda yapılan araştırmalara göre, 1000 adet farklı renk ve dokuda mermer çeşidinin bulunduğu belirlenmiştir. Kesilip parlatılabilinen blok veren taşlarında mermer kabul edilmesiyle birlikte başlıca doğal taş türlerimiz, çeşitli renk ve desenlerde kristalin kalker (mermer), kalker, traverten oluşumlu kalker (oniks), konglomera, breş ve magmatik kökenli kayalardan (granit, siyenit, diyabaz, diyorit, serpantin, vb) oluşmaktadır.

Rezervlerimizin, mermer çeşitliliği ile birlikte değerlendirildiğinde, sektörün önemli bir istihdam kaynağı oluşturduğu ve dünya pazarlarında önemli bir yere sahip olduğumuz görülmektedir

Günümüzde klasik mermer üretim yöntemleri terk edilerek yerlerini modern üretim yöntemlerine bırakmıştır. Mermer işleme kapasiteleri sürekli büyümekte, bir taraftan giren bloğun, diğer taraftan ambalajlanmış ihracata hazır mamul hale getirildiği tesislerimizin sayısı sürekli olarak artmakta ve uzun yıllar blok mermer olarak yapılan ihracatımız artık büyük oranda mamul hale getirilerek yapılmaktadır.

## 2.7. Türkiye'nin Dünya Doğal Taş Sektöründeki Yeri

2010 yılında dünya ham doğal taş üretimi yaklaşık 110 milyon ton civarında gerçekleşmiştir. Bu üretimin %55'i Asya, %29'u Avrupa, % Amerika, %5'i de Mısır ve Güney Afrika gerçekleştirmiştir. Çin'in tek başına dünya üretim miktarı içerisindeki payı 2010 yılı itibarıyla %24'ler civarındadır.

Dünya son 7 yılda ortalama % 8'ler civarında doğal taş sektöründe yıllar bazında gelişme yaşarken, Çin (10-15) ve Türkiye %20 başta olmak üzere Brezilya, Hindistan, İran üretim artışında başı çekmektedirler. Dünya tüketimi de kriz yılları dışında son yıllarda yıllık %12'lik bir artış göstermektedir.

Dünya doğal taş ihracat sıralamasında arka sıralarda yer alan Türkiye doğal taş sektörü, son yıllarda üretim yöntemlerinin geliştirilmesi ve kalitenin

arttırılmasıyla, diğer ülke pazarlarında eşit haklara sahip olması ve fiyat oluşturma sisteminin düzenlenmesi ile birlikte ilk sıralara yükselmiştir.

Özellikle mermer ve traverten ihracatında 2009 yılında da Çin, İtalya ve İspanya'yı geride bırakarak en fazla ihracat gerçekleştiren ülke olmuştur. Doğal taş ihracatında katma değeri en yüksek ürün, işlenmiş mermer ve işlenmiş travertendir. Sektörün ihracat potansiyeli, yatırımlara paralel olarak hızla gelişmektedir. 2010 yılı doğal taş ihracatının %53'ünü işlenmiş ürünler oluşturmaktadır.

İhracatın en önemli kısmını oluşturan işlenmiş mermer ve traverten ihracatında ilk sırada yer alan ülke ABD'dir. ABD'yi Irak, Suudi Arabistan, İngiltere, Libya ve diğer ülkeler takip etmektedir. Blok mermer ihracatında ise en önemli alıcı yine Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Ülkeyi sırasıyla Hindistan, Suriye, Tayvan ve İtalya takip etmektedir. Blok granit ihracatında en önemli ülke ise Çin Halk Cumhuriyeti olmuştur. Ülkeyi Almanya ve Yunanistan takip etmektedir. İşlenmiş granitin en fazla ihraç edildiği ülkeler ise Almanya, İsviçre, İtalya ve Romanya olmuştur. Türkiye 2011 yılında 1 milyar 675 milyon dolar'lık doğaltaş ihracatı gerçekleştirirken, Çin Türkiye'nin doğaltaş ihracatında %38'lik payla ilk sırada yer almıştır (İMMİB, 2011).

## 2.8. İhraç Ürünlerinde Avrupa Birliği Standartları

Ülkeler ihracatlarını arttırmak ve ithalatlarını sınırlamak gayesiyle çeşitli önlemler alma yoluna gitmektedirler. Gizli önlemler denilen bu yöntemle ihraç mallarında bulunması gereken vasıfları ortaya koymuşlardır. Bunun temel amacı ülke ihracatını göreceli olarak arttırmak ve ithalatını kalite standartları yüksek mallar lehine yoğunlaştırmaktır.

İlk olarak Avrupa ülkelerinde ortaya çıkan bu ulusal uygulamalar sonucunda Avrupa ülkeleri ortak kararlar alma zorunluluğunu hissetmiş ve 1960 – 1978 yılları arasında bir araya gelerek çeşitli direktifleri uygulamaya koymuşlardır. Yeni yaklaşım denilen bu direktiflerle ürünlerde AB standartlarını ortaya koymuşlardır.

Hangi ürünlerin hangi koşullarda satılabileceğini belirleyen Avrupa Birliği Konseyi direktifleri Yeni Yaklaşım Direktifleri olarak tanımlanmıştır.

Bu standartlar Avrupa Standartlar Enstitüsü tarafından hazırlanmaktadır. Avrupa Standartlar Enstitüsü tarafından belirlenen standartlar dışında ISO kalite standartları gibi önemli ölçütler de bulunmaktadır. ISO standartları sadece Avrupa ülkelerini değil bütün Dünya ülkeleri tarafından kabul edilen tek standarttır.

Günümüzde sanayi atıklarının çevreye etkilerinin daha net olarak görülmesi çevreye uyumlu mal üretilmesini öne çıkartmıştır. Bu amaçla çeşitli sektörlerde rekabet etmeyi hedefleyen şirketlerin göze alması gereken unsurlardan birisinin de (en önemlisinin) çevre olması gerekecektir. Rekabeti sadece çevre ve standartlar açısından değerlendirmenin eksik bir yaklaşım olacağını söyleyebiliriz.

Rekabetteki yetersizlikleri görüşlere göre pazarlama ve sistem organizasyonlarındaki yetersizliklerinden kaynaklandığı yani, yeterli altyapının olmayışı, bankacılık işlemleri, sigortacılık işlemleri ve tanıtım konusundaki eksikliklerden bahsedebiliriz.

Avrupa Birliği ve Uluslararası Standartların başlıcalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Iso 9000
- Ce Standartları
- İngiltere’de Bs
- Avrupa Kalite Değerlendirme Ve Belgeleme Komitesi
- En 2900, 002,003, 45012

Uluslararası ihracat programında uluslararası kalite standartları 7 farklı kategori olup bunlar aşağıda verilmektedir.

ISO 9000:Kalite standardı olarak adlandırılan ISO 9000 ürünün tasarım, üretim, satış ve satış sonrası hizmet olarak tüm aşamalarda bir toplam kalite güvencesi olarak ortaya koyulmasıdır.

ISO 9001: Bir kuruluşun, müşterinin ihtiyaçlarıyla mevzuat gereklerini karşılamak yoluyla müşteri memnuniyetini arttırabilmesi için kalite yönetim sisteminde ne gibi şartları sağlaması gerektiğini ortaya koymaktadır.

ISO 14000: Avrupa Birliğinde çevre standardı ISO 14000 serisinde yer alan standartlardan biridir. Bu standart mamul maddenin çevre yasa ve yönetmeliklerine uygunluğunu belgeler.

EN 45000: Akreditasyon-Genel Kriterler-Deney Laboratuvarlarının Çalıştırılması İçin isimli uyumlaştırılmış Türk Standardını kapsar.

ECO TEKS 100: Bu standart, insan ekolojisi açısından şüpheli zararlı maddelerin analizlerini içermekte ve sınır değerleri öngörmektedir.

YEŞİL NOKTA: Alman Çevre Bakanlığı tarafından uygulamaya konulmuştur. Bu uygulamanın amacı tekrar kullanılabilir ambalajların toplanabilmesini ve kullanıma sunulmasını sağlamaktır.

CE: Avrupa Birliğinde, Avrupa Uyumluluk Standardı olarak tanımlanabilir. İngilizce Conformity Of Europe kelimesinin ilk harflerinden oluşur. CE'de ürünün taşıması gereken zorunlu özelliklerin uygunluk sembolüdür.

## 2.9. Türkiye'nin Avrupa Birliği Standartlarına Uyumu

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 16 Ekim 1954 tarihinde ticaret odaları, sanayi odaları ve ticaret borsaları birliği bünyesinde kurulmuştur. TSE'nin kuruluş amacı özetle; her türlü standartları hazırlamak hazırlanan bu standartları yayınlamak uygulamaya teşvik etmek ve uygulamasında zorunluluğu bulunanları ilgili bakanlık onayına sunmaktır. Türk ihracatında önemli bir yeri olan Avrupa Birliği ülkeleri bu standartları göz önüne almaktadır.

Türkiye'nin bu çerçevede bunlara uyumu gümrük birliği süreciyle daha bir önem arz etmektedir. Ülkemizin bu standartlara uyumunu değerlendirmek gayesiyle çeşitli laboratuvarların kurulması, yönetmelik ve normlarımızın Avrupa standartlarına uyumu gündemde olan ve çalışmaları yapılan konulardır. Sektörel ve

hatta küçük şirketler bazında ihracat yapan firmaların bu standartları göz önüne almaları daha gerçekçi bir adım olacaktır.

Netice itibariyle standartlara uyum rekabet açısından önemli bir kavramdır. Bu standartların ortaya çıkışı her ne kadar farklı amaçlarla olmuş ise de nihai kullanıcı olan tüketicilerin tatmini fayda maksimizasyonuna hizmet etmekte ve insan refahını ortaya çıkartmaktadır.

Bundan hareketle insan sağlığı ve çevre faktörleri daha da önem arz etmekte ve kaliteyi farklı alanlara çekerek bir bütünlük içinde ele almaktadır. İhracatçıların bu noktalar üzerinde dikkatli hareket etmeleri onların saygınlığını arttıracak ve markalaşmalarını da sağlayacaktır.

## 2.10. İhraç Edilen Mermerlerde Aranılan Özellikler

Avrupa Birliğinin doğaltaşlarda aradığı standartların bazıları aşağıda verilmiştir.

TS EN 12407: doğaltaşlardaki petrografik özelliklerin belirlendiği standarttır.

TS EN 14579: doğaltaşlardaki sonik hız değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 1926: doğaltaşlardaki basma dayanımının değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 12372: doğaltaşlardaki darbe dayanımının değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 13161: doğaltaşlardaki eğilme dayanımının değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 14231: doğaltaşlardaki pandül değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 15309: doğaltaşlardaki XRF değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 1936: doğaltaşlardaki gözeneklilik değerlerinin belirlendiği standarttır.

TS EN 12371: doğaltaşlardaki don tesirlerine karşı özelliklerin belirlendiği standarttır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

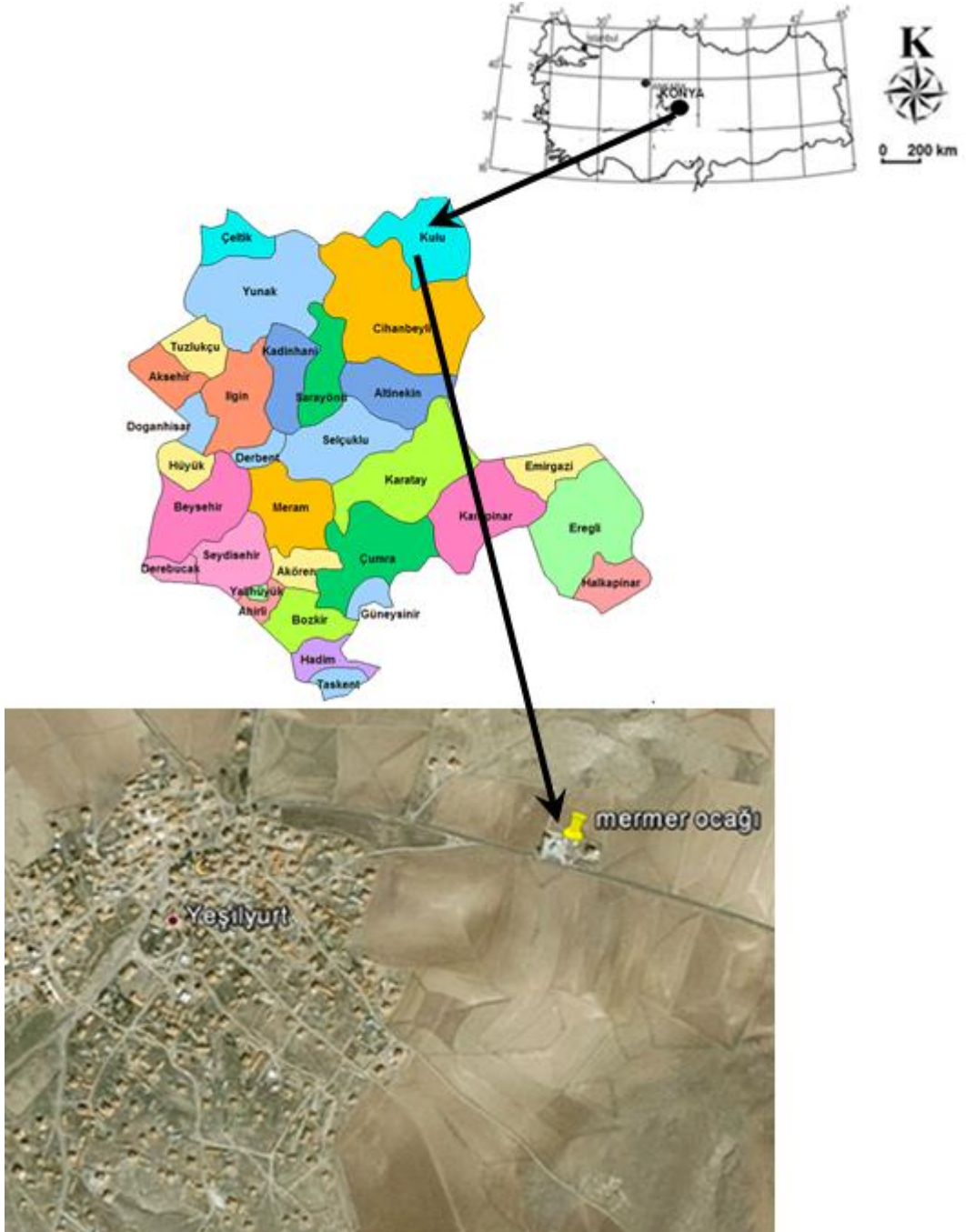
Bu çalışmada konu ile ilgili olarak gerekli bilgiler Çukurova Üniversitesi kütüphanesinden, internet servislerinden, yazılı kaynaklardan ve YÖK dokümantasyon merkezinden yararlanılarak, geçmiş dönemler de yapılan çalışmalara bakılarak araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında, Konya İli, Kulu İlçesinde Kozanlı Köyü mevkiinde bulunan (Asya Bej, King Brown ve Forest Grey) mermer bloklardan hazırlanan küp ve silindirik şekilli TSE standartlarına uygun örnekler Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği laboratuvarına ilgili deneyleri yapabilmek amacıyla taşınmıştır. Laboratuvarında bulunan deney aletleri yardımıyla alınan örnekler kullanılmak suretiyle, çalışmanın ilerideki bölümlerinde ayrıntılı bir şekilde açıklanan inceleme, analiz ve deneyler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan söz konusu Asya Bej mermeri, King Brown mermeri ve Forest Grey mermeri 3 farklı renkteki mermer türüdür. Bu mermerler aynı saha içerisinde yer almakta, farklı ocak ağızlarından üretilmektedir.

#### 3.1.1. Mermer Ocakları Hakkında Genel Bilgiler

##### 3.1.1.1. Ocakların Coğrafik Konumları

Konya İli Kulu İlçesi Kozanlı Köyü mevkiinde bulunan mermer ocağında mermer blok çıkartılmakta; bu bloklar hem yurtdışına blok ve ebatlı malzeme olarak, hem de yurtiçi piyasaya kesim işlemi yapılarak ebatlı malzeme olarak satılmaktadır. Mevcut ocak asfalt yol kenarında yer almakta Ankara Havalimanına 122 km, Konya havalimanına 140 km ve Mersin Limanı'na yaklaşık 450 km mesafede yer almaktadır. Ocakların bulunduğu civar il ve ilçeleri gösterir yer bulduru haritası Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yer bulduru haritası

### 3.1.1.2. Ocakların Jeolojik Durumu

Çalışma alanında; Cihanbeyli Formasyonu olarak adlandırılan birimler; tabanda flüviyal çökeller ve üste doğru ise gösel çökeller içeren karasal bir istiften meydana gelmektedir.

İnceleme alanında geniş yayılım gösteren birim tabanda kırmızı-sarı renkli, yarı köşeli bileşenleri radyolarit, serpantin, kristalize kireçtaşı, çört ve kumtaşı parçalarının oluşturduğu çakıltaşları ile başlamaktadır

Tane boyutunun birkaç mm -10 cm arasında değiştiği çakıltaşlarının bağlayıcı malzemesi karbonat olup orta kalın tabakalıdır. Bu seviyenin üzerinde açık sarı renkli iyi çimentolanmış çakıltaşı- kumtaşı ardalanması yer alırken en üstte ise kalın tabakalı, beyaz renkli, erime boşluklu kireçtaşları ile beyaz- krem renkli kıltaşı ardalanmalı olarak bulunmaktadır.

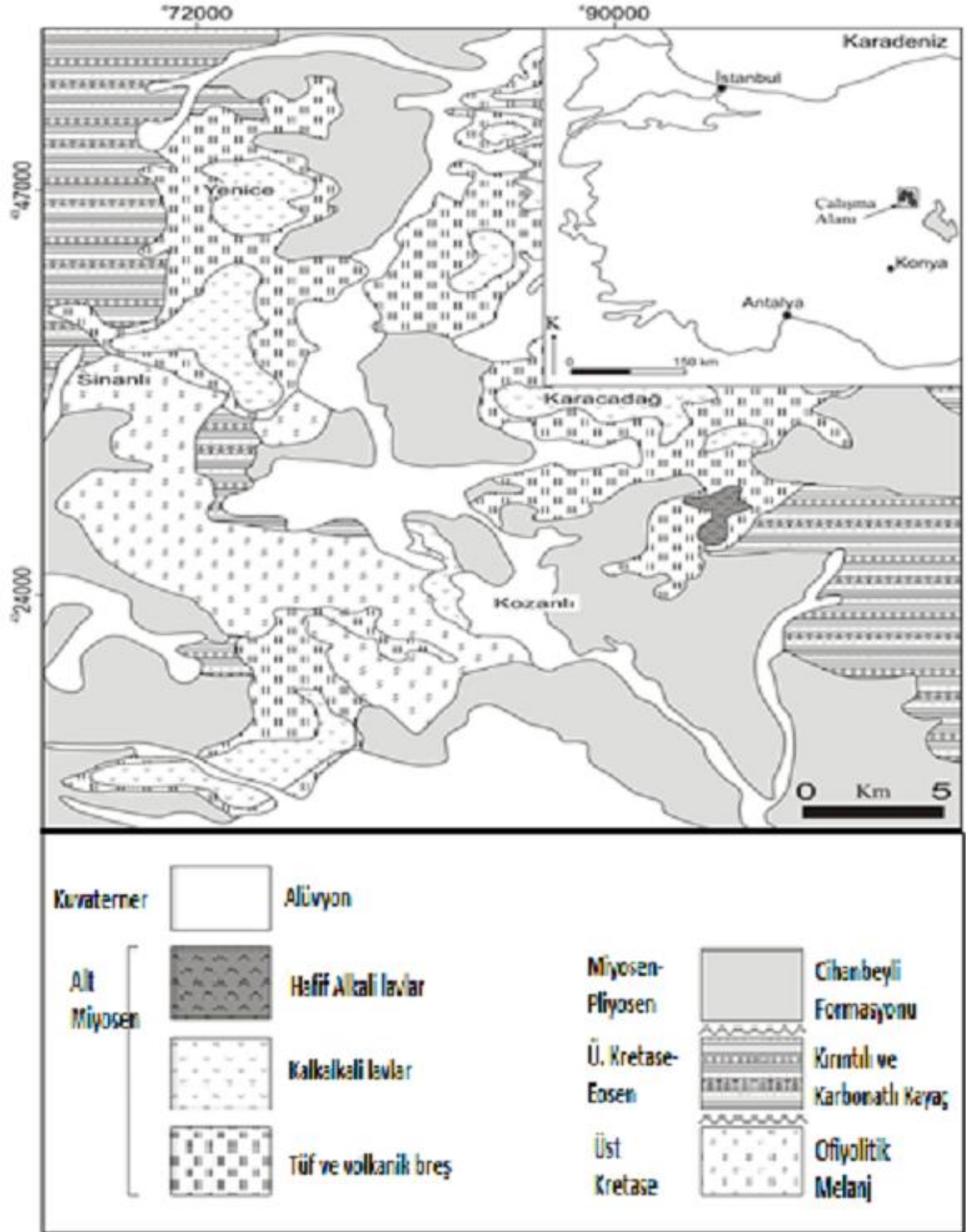
Tunoğlu vd. (1995) ile Beker (2002) Cihanbeyli Formasyonu'nun kireçtaşı seviyelerinden aldıkları örneklerde tespit ettikleri Ostracoda türlerine göre birimn yaşını Pliyosen olarak vermişlerdir. Bu çalışmada da birimin yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Özsayın, 2007).

### 3.2. Metod

#### 3.2.1. Örnek Hazırlama

Laboratuarda yapılacak deneylerde kullanılmak üzere mermer ocaklarından her bir deney için ayrı ayrı örnekler alınmıştır. Petrografik İnceleme, kimyasal analiz, XRD, radyoaktivite analizi ve fiziko-mekanik özelliklerin özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla alınan örneklerden bir kısmı ince boyutlarda öğütülmüş, bir kısmı küp ve plakalar şeklinde mermer kesme atölyelerinde, diğer kısmı silindirik örnekler şeklinde Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği laboratuvarında TSE standartlarına uygun hale getirilerek hazırlanmıştır.

Deney örnekleri T,S,E, 1987'de önerilen boyutlarda kesilmiştir. Standartlara uygun olarak hazırlanan örneklerden örnekler Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir. Basma dayanımı deneyi için 42 mm×84 mm ±1,5 mm olacak şekilde örnekler hazırlanmış ve her sınıf için 5 örneklerin ortalaması alınmıştır. Eğilme dayanımı deneyi için 30 mm×100 mm× 200 mm ±1,5 mm olacak şekilde her sınıf için 5' er örnek hazırlanmış ve ortalamaları alınmıştır.

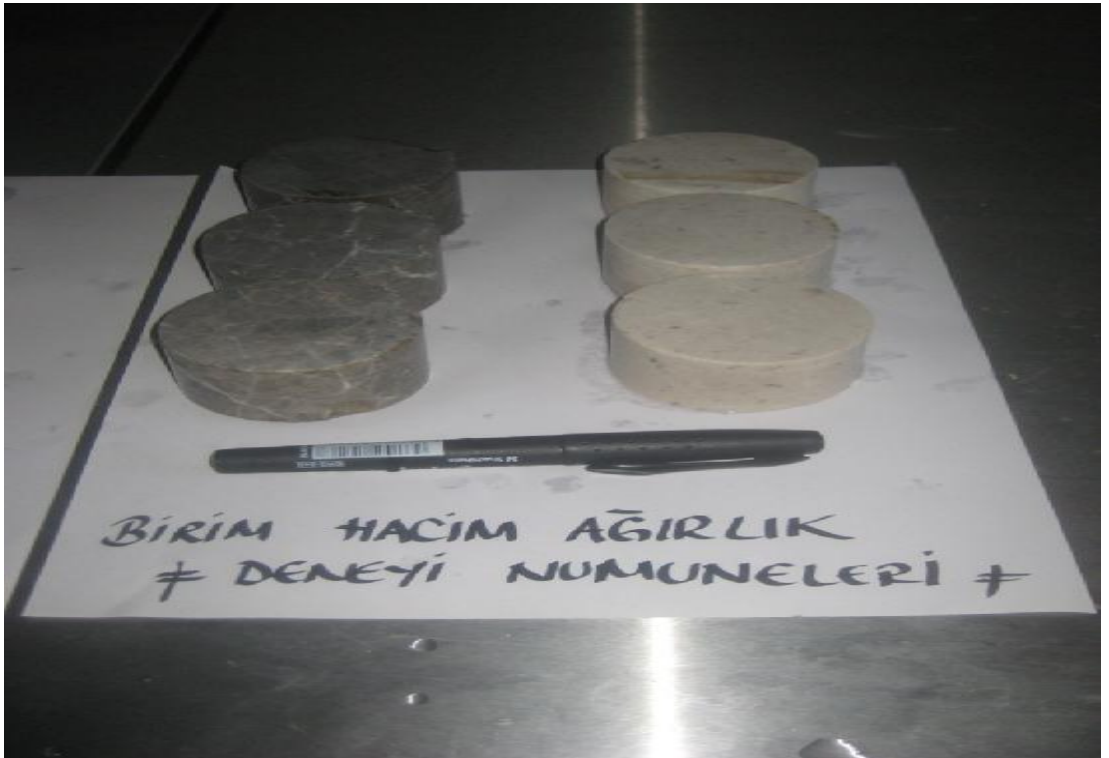


Şekil 3.2. Çalışma alanı jeoloji haritası ( Asan ve Kurt, 2008)

Darbe dayanımı deneyi için  $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$  hassasiyetle her sınıf için 5' er örnek hazırlanmış ve ortalamaları esas alınmıştır.



Şekil 3.3. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey için hazırlanan örnekler



Şekil 3.4. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey için hazırlanan silindirik örnekler

Nokta yük dayanımı deneyi için BX karotiyer ile alınan yaklaşık 42 mm çaplı karotlardan yine 42 mm uzunluğunda kesme yapılarak hazırlanan örneklerden yine her bir sınıf mermer için 5' er adet kullanılarak ortalamaları alınmıştır.

Sonik hız deneyi için 71 mm× 71 mm× 71 mm ± 1,5 mm olacak şekilde ve her bir sınıf için 5'er adet hazırlanan örnekler kullanılmıştır.

Sürtünme sonrası oluşan aşınma kaybı deneyi için (Böhme Metodu) için 71 mm× 71 mm× 71 mm ± 1,5 mm hassasiyet ile hazırlanan 5' er örnek kullanılmıştır.

Birim hacim ağırlıklarının hesaplanmasında, 42 mm çaplı karot örneklerinden her sınıf için 5 adet hazırlanmıştır.

Tüm deney örnekleri, deney öncesinde laboratuvar sıcaklığında olmak üzere (20 °C ± 3 °C) ve % 40-60 bağıl nemli ortamda en az bir hafta süre ile bekletilmiştir.

### 3.2.2. Kimyasal Analiz

250 µ boyutuna öğütülen örnek etüvde 20 ± 4 saat süresince 105 °C'de kurutulmuş ve virgülden sonra dört hane hassasiyette tartım yapabilen hassas terazide 0,5 gr civarında örnek alınmıştır. HCL ile HNO<sub>3</sub>'ün (3,1) oranında karışımı ile elde edilen kral suyu örnek üzerine eklendikten sonra çözünme tamamlanana kadar ısıtılmıştır.

Çözülme tamamlanınca mavi bant süzgeç kâğıdından süzülerek SiO<sub>2</sub> kristalleri ile çözelti ayrılır. Çözelti üzerine amonyak eklenerek Fe ve Al oksitleri halinde çöktürülür. Beyaz bant filtre kâğıdından süzülerek çözülden ayrılır. Çözeltide Ca ve Mg deneyleri EDTA titrasyonu ile belirlenir. Beyaz bant filtre kâğıdı üzerindeki katı asit ilavesi ile çözülür. Çözeltideki Fe ve Al miktarı yüksek ise titrasyon ile değilse atomik absorpsiyon spektrometresinde tayin edilir. Mavi bant filtre kâğıdı etüvde bir gün kurutulduktan sonra platin kroze içinde önce bek alevinde sonra 1000°C'de kül fırında yakılır. Katı miktarı tartılır ve SiO<sub>2</sub>, HF, HClO<sub>4</sub> ilavesi ile uçurulur. Kütle kaybından % SiO<sub>2</sub> hesaplanır.

### 3.2.3. Petrografik İnceleme

Kayaçtan alınan örnekten kesilen ince levhanın bir yüzü 600'lük zımpara tozu ile aşındırılarak düzlenmiştir. Daha sonra 1000'lik zımpara tozu ile cam üstünde pürüzleri iyice temizlenerek parlatılmış ve cam lama, Kanada balsam yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. Kayacın diğer yüzü, 0,03 mm kalınlık elde edilene kadar benzer işlem ile aşındırılmıştır. Kayaçtan petrografik inceleme için hazırlanmış ince kesitler, petrografi mikroskopunda, içinde geçen ışının kazandığı özelliklerin saptanmasıyla tanımlanmıştır. Burada kayacı oluşturan minerallerin cinsleri, kristal boyutları, mineraller arasındaki dokusal ilişkiler, gözeneklilik, bozuşma ürünleri ve dağılımları saptanmıştır.

### 3.2.4. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz (XRD)

X-ışını tüpünden elde edilen ışınla uyarılan hiçbir ön işleme uğramamış numune daha sonra analiz bitince tekrara eski halinde değişmeksizin kalmaktadır. Dalga boyu ayırmalı cihazlarda yatay eksen genellikle  $2\theta$  cinsinden verilmekte olup bu değer monokromatörün kristal açıklığı bilindiği takdirde kolaylıkla dalga boyuna çevrilebilmektedir.

Ardından elementlerin emisyon çizgilerini içeren çizelgedeki değerlerle karşılaştırılarak pikler belirlenmektedir (Skoog ve ark, 1998).

### 3.2.5. Radioaktivite Analizi

Çalışma bölgesinden alınan mermer örneklerinin, dış Gamma radyasyonunun etkilerini belirlemek amacıyla gamma spektrometrik sistemde incelenmişlerdir.

Mermer örnekleri marinelli kaplarında bekletilerek denge durumuna ulaşmaları sağlandıktan sonra Gamma spektrometrik sistemde analizleri yapılmıştır. Örnekler Gamma spektrometre cihazında 50000 saniyelik sürelerle sayılmıştır, Daha önce yapılmış olan boş sayımlara karşılık gelen aktivite değerleri, örneklerin aktivite

değerlerinden çıkartılarak net örnek aktivite konsantrasyonları bulunmuştur. Gamma spektrometresi sayım cihazından ileri gelen sayma hataları yaklaşık % 1-2 civarındadır.

Örneklerde bulunan,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  ye ait radyoaktivite konsantrasyonları, bu radyonükitlerin bozunum ürünleri olan doğal radyonükitlerin Gamma piklerinden hareketle tayin edilebilmektedir.  $^{238}\text{U}$ 'e ilişkin radyoaktivite konsantrasyonu belirlenirken bozunum serisi içinde yer alan  $^{214}\text{Pb}$ 'nin 351 keV ve  $^{214}\text{Bi}$ 'nin 609 keV enerjili piklerinden yararlanılmıştır Her iki bozunum ürünü radyonüklide ait aktivite konsantrasyon değerlerinin ortalaması alınarak  $^{238}\text{U}$ 'in aktivite konsantrasyonu bulunmuştur.  $^{232}\text{Th}$ 'in radyoaktivite konsantrasyonu bulunurken ise bu serideki  $^{208}\text{Tl}$  (583 keV) ve  $^{228}\text{Ac}$ 'in (911 keV) aktivite konsantrasyonlarının ortalaması alınmıştır. Ayrıca, örneklerde,  $^{226}\text{Ra}$ 'nın 186 keV ve  $^{40}\text{K}$ 'ın 1460 keV enerjilerdeki piklerinden yararlanılarak bu radyonüklitlere ilişkin radyoaktivite konsantrasyon değerleri de belirlenmiştir,

### 3.2.5.1. Radyoaktivitik Tehlike İçeren, Doz ve Tehlike İndekslerinin Hesaplanmasına Yönelik Çalışmalar

İlk olarak, yüksek doğal radyasyon değerleri gösteren örneklerin, yapı malzemeleri olarak kullanımı ve uluslararası camiada neden bu kadar büyük bir öneme sahip olduğunu göstermek açısından, Avrupa Komisyonu'nun "Radiation Protection 112 (Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials), (1999)" raporunda değinilen önemli bilgilere göz atmak gerekir Bu raporu kısaca özetlersek;

Bütün yapı malzemeleri değişik miktarlarda doğal radyonüklitler içermektedir. Kayalardan ve topraktan elde edilen malzemeler genellikle Uranyum( $^{238}\text{U}$ ) ve Toryum ( $^{232}\text{Th}$ ) serilerinin doğal radyonüklitleri ile Potasyum ( $^{40}\text{K}$ ) radyoaktif izotopunu içermektedir. Uranyum serilerinde  $^{226}\text{Ra}$  ile başlayan bozunma serisi önem arz ettiğinden, referanslar genellikle Uranyum yerine Radyuma yapılmaktadır. Dünya genelinde, toprak katmanlarındaki Radyum, Toryum ve

Potasyum konsantrasyonları sırasıyla 40 Bq/kg, 40 Bq/kg ve 400 Bq/kg'dır (European Commission Report, 1999).

Yapı malzemelerindeki radyoaktivitenin kontrol amacı, maruz kalınan doğal radyasyon seviyesinin bu malzemeler nedeniyle artmasının önlenmesidir. Toplum üyelerinin alacağı radyasyonun mümkün olan en düşük seviyede tutulması esastır. Ancak, yapı malzemelerinin kullanım alanının genişliği nedeniyle bunlardan kaynaklanan radyasyonun tamamen önlenmesi mümkün değildir.

Yapı malzemelerinden kaynaklanan radyasyon ışınlamasını, iç ve dış ışınlama olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Dış ışınlamaya doğrudan Gamma ışınlama sebep olmaktadır, iç ışınlamaya ise, Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), Toron ( $^{220}\text{Rn}$ ) ve bunların kısa ömürlü parçalanma ürünlerinin teneffüs edilmesi sebep olmaktadır (European Commission Report, 1999).

İç Işınlamaya Karşı: 90/143/Euratom rumuzlu Avrupa Komisyonunun 21 Şubat 1990 tarihli "Evlerdeki Radon Işınlamalarına Karşı Halkın Korunması'na ilişkin Tavsiye Kararı'nda yeni ve eski binalar için ev içi radon konsantrasyon limitleri, belirlenmiştir.

Bu seviyeler; eski binalar için  $400 \text{ Bq/m}^3$  ve yeni binalar için radon konsantrasyonu tasarım seviyesi  $200 \text{ Bq/m}^3$  dür. Dış Işınlamaya Karşı; Avrupa Komisyonu'nun raporunda yapı malzemelerinden kaynaklanan radyasyondan korunmak için  $1 \text{ mSv/yıl}$  gamma dozu sınırlaması getirilmektedir (European Commission Report, 1999).

### 3.2.5.2. Aktivite Konsantrasyon İndeksi (I)

Bu çerçevede AB Ülkelerinde,  $1 \text{ mSv}$  üzerinde Gamma dozuna sebep olabilecek miktarda radyoaktivite içeren yapı malzemelerine izin verilmemektedir. Üye ülkelerin bir kısmı yapı malzemelerinin radyoaktivitesine ilişkin düzenlemeleri hazırlamış olup, yapı malzemelerinin Avrupa Birliği içindeki dolaşımının bir örnek kontrollerle sağlanması arzulanmaktadır.

Bu doza karşılık gelen aktivite konsantrasyon indeksi;  $C_{Ra}, C_{Th}, C_K$  sırasıyla radyum, toryum ve potasyum aktivite konsantrasyonları (Bq/kg) olmak üzere şu formülle hesaplanmaktadır (European Commission Report, 1999):

$$I = C_{Ra}/300 \text{ Bq/kg} + C_{Th}/200 \text{ Bq/kg} + C_K/3000 \text{ Bq/kg} \quad (3.1)$$

Aktivite Konsantrasyon İndeksi (gamma index),  $I$ , kullanılan malzemeye göre, aşağıda verilen değerleri aşmamalıdır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Aktivite konsantrasyon indeksi limitleri

MALZEME	$I$
Çok kullanılan malzemeler (beton v.b.)	< 1
Yüzey malzemeleri veya kullanımı az olan malzemeler (kiremit, seramik, kaplama malzemeleri v.b.)	< 6

### 3.2.5.3. Temsili Aktivite Konsantrasyon İndeksi ( $I_{yr}$ )

Temsili Aktivite Konsantrasyon İndeksi,  $I_{yr}$  (representative level index) ise, son yıllarda, tehlike düzeyi yüksek radyonüklid içeren, spesifik yapı malzemeleri (yüksek radyonüklid içeren spesifik yapı malzemeleri (mermer, granit, bazalt vb) için  $I < 1$ ) için şu formülle hesaplanmaktadır (El-Arabi 2005; Higgy et al., 2000).

$$I_{yr} = C_{Ra}/150 + C_{Th}/100 + C_K/1500 \text{ Bq/kg} \quad (3.2)$$

Yapı malzemelerinde endüstriyel yan ürünler kullanılması durumunda nihai ürünün aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Doz sınırlaması nihai ürüne uygulanmaktadır.

Yapı malzemelerinin kullanımının sınırlandırılması, yerel, hatta ulusal boyutta ekonomik, çevresel ve sosyal problemleri beraberinde getirebilmektedir. Bazı yöresel doğal yapı malzemelerinde yıllık 1 mSv doz sıralamasının aşıldığı görülebilmektedir.

Böyle durumlarda ekonomik ve sosyal maliyetler göz önüne alınarak kapsamlı bir fayda-maliyet değerlendirmesinin yapılması tavsiye edilmektedir (European Commission Report, 1999).

#### 3.2.5.4. Soğurulmuş Doz Hızı

Soğurulmuş doz hızı,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  (Bq/kg) doğal radyonüklidleri içeren malzemenin havada soğurduğu doz oranı olup harici ve dahili doz hız hesaplamaları ( $\text{nGy h}^{-1}$ )(Gray), aşağıdaki formülle gösterilmiştir (UNSCEAR, 2000; Veiga et al.. 2006).

Harici soğurulmuş gamma doz hızı eşitlik 3.3 ve dâhili soğurulmuş gamma doz hızı ise eşitlik 3.4 (bu doz hızı dış ortamlar için hesaplanır) ile aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanır.

$$D(\text{nGy h}^{-1}) = 0.462C_{\text{Ra}} + 0.604C_{\text{Th}} + 0.0417C_{\text{K}} \quad (3.3)$$

$$D(\text{nGyh}^{-1}) = 0.92C_{\text{Ra}} + 1.1C_{\text{Th}} + 0.080C_{\text{K}} \quad (3.4)$$

Bu doz hızı iç ortamlarda kullanılan yapı malzemeleri (mermer, beton, çimento, kum, briket, tuğla, vb.) için hesaplanır. Toplanan örnekler üzerinde yapılan hesaplamalarda, referans alınan sınır harici soğurulmuş doz hızı değeri, UNSCEAR 1993 (Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi Raporları) raporlarında belirlenen sınır, ortalama  $55 \text{ nGyh}^{-1}$ 'lik değer olup, dünyada 28 ila  $120 \text{ nGyh}^{-1}$ 'lik alt ve üst limitler arasında kabul edilebilir değerler olarak belirlenmiştir (UNSCEAR, 1993). Dahili soğurulmuş doz hızı sınır değeri, ise  $84 \text{ nGyh}^{-1}$ 'dir.

#### 3.2.5.5. Etkin Doz Hızı

Etkin doz hızı hesaplamaları için ilk önce havadaki soğurulmuş doz hızından yıllık etkin doz hızına dönüştürücü, bir katsayı ( $0.7 \text{ Sv Gy}^{-1}$ ), dış veya iç ışınlanmaya göre dış faktör katsayısı (0.2)-iç faktör katsayısı (0.8) ve mSv için düzeltme katsayısı

( $10^{-6}$ ) kullanılması gerekmektedir (UNSCEAR, 2000). Yang ve arkadaşlarının (2005)'nin formülize ettiği etkin doz hızı, aşağıda gösterilmektedir.

$$\text{Harici Etkin Doz Hızı (mSv/yıl)} = D \times 365,85 \times 24 \times 0,2 \times 0,7 \times 10^{-6} \quad (3.5)$$

Bu doz hızı dış ortamlar (kum ocakları, toprak, mermer ocakları, kaya, vb.) için hesaplanır.

$$\text{Dahili Etkin Doz Hızı (mSv/yıl)} = D \times 365,85 \times 24 \times 0,8 \times 0,7 \times 10^{-6} \quad (3.6)$$

Bu doz hızı iç ortamlarda kullanılan yapı malzemeleri (mermer, beton, çimento, kum, briket, tuğla, vb.) için hesaplanır. Ayrıca, normal şartlar altında, yıllık alınması gereken limit harici etkin doz hızı ortalama 0.46 mSv/yıl olup, dahili etkin doz hızı ise ortalama 1 mSv/yıl olarak belirtilmiştir (UNSCEAR, 1993; Yang et ark., 2005).

### 3.2.5.6. Eşdeğer Radyum Aktivite Değeri ( $Ra_{eq}$ )

$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  (Bq/kg) doğal radyonüklidleri içeren malzemenin genel olarak bir radyasyon konsantrasyon indeksini oluşturmak ve kıyaslamak için toplam radyoaktiviteleri içeren eşdeğer radyum aktivite değeri ( $Ra_{eq}$ )'ni hesaplamak gerekir (Beretka and Mathew, 1985);

$$Ra_{eq} = C_{Ra} + 1.43 C_{Th} + 0.077 C_K \quad (3.7)$$

Dünyada yapıtaşları olarak kullanılan doğal taşlarda kabul edilen limit değer ise 370 Bq/kg 'dır.

### 3.2.5.7. Dış Tehlike İndeksi ( $H_{ex}$ )

Krieger (1981) ve Amrani ve Tahtat (2001), yaptıkları çalışmalarda, kalın duvarlar içeren kapı ve penceresi bulunmayan açık hava ile temas eden yerlerde, yapı malzemelerinden kaynaklanan radyasyon tehlikesinin bir modellemesini yapmışlardır. Bu modelleme kriteri dış tehlike indeksi ( $H_{ex}$ ) olarak adlandırılır ve aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$H_{ex} = C_{Ra}/370 + C_{Th}/259 + C_K/4.810 \leq 1 \quad (3.8)$$

formülü ile gösterilir. Dünyada kabul gören  $H_{ex}$  değeri,  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  (Bq/kg) doğal radyonüklidleri içeren yapıtaşlarından yapılmış malzemelerde, 1 den küçük olmalıdır.

### 3.2.5.8. İç Tehlike İndeksi ( $H_{in}$ )

Radyoaktif olup iç organlara zarar verebilen en tehlikeli gazlardan biri de  $^{226}Ra$ 'nın çok kısa sürede yarılanma ömrüyle oluşan radon ( $^{222}Rn$ )'dur. Krieger (1981), Beretka ve Matthew (1985) ve Iqbal ve arkadaşları (2000), kapalı ortamlar için,  $^{226}Ra$ 'nın Kabul edilebilir konsantrasyon limitlerini hesaplamışlardır. Bu kriterle ise iç tehlike indeksi ( $H_{in}$ ) adı verilmiştir.

$$H_{in} = C_{Ra}/185 + C_{Th}/259 + C_K/4.810 \leq 1 \quad (3.9)$$

Yaşayan canlılar için, dünyada kabul edilen  $H_{in}$  değeri,  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  (Bq/kg) doğal radyonüklidleri içeren yapıtaşlarından yapılmış, yerleşim birimleri veya ikametgahlar için, 1 den küçük olmalıdır (Iqbal ve ark., 2000).

### 3.2.6. Fiziksel Özellikler

Bu aşamada, Asya Bej, King Brown ve Forest Grey olarak adlandırılan mermerlerin fiziksel özellikleri ile ilgili aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

### 3.2.6.1. Birim Hacim Ağırlık

Bu deney, karot örneklerinin kütleli (gözenekler dahil) birim hacim ağırlıklarının tayini amacıyla yapılır. Bu deneyde kullanılan alet ve gereçler; ölçüm kumpas aleti (0,01 gr. hassasiyette) ve fırın ( $105 \pm 5$  °C kapasiteli)'dir.

Önce silindirik deney örneğinin çapı ve boyu, ölçüm kumpası kullanılarak birbirine dik ayrı yönde ölçülür ve bu değerlerin ortalaması alınır. Boy ve çap değerleri kullanılarak örneğin hacmi hesaplanır. Örnek hassas terazide tartılarak ağırlığı belirlenir. Eğer örneklerinin kuru yoğunluk ve kuru birim hacim ağırlık tayin edilecek ise,  $105$  °C' ye ayarlanmış fırında en az 12 saat kurutulduktan sonra tartılmalıdır. Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak her bir örnek için ayrı ayrı birim hacim ağırlığı belirlenir:

$$dh = \frac{G_k}{V} \quad (3.10)$$

Burada;

dh: Birim hacim ağırlık,  $\text{gr}/\text{cm}^3$ ,

$G_k$ : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş deney örnek ağırlığı, gr,

V: Örnek hacmi,  $\text{cm}^3$

### 3.2.6.2. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık tayini için belirtilen örnek standardına göre, mermer sahasının değişik yerlerinden alınan temsili 2 kg'lık örnekler, 0,2 mm açıklığı olan tane gözlü eleklerden geçecek şekilde öğütülür ve sabit ağırlığa gelene kadar  $105$  °C sıcaklıkta etüvde kurularak, oda sıcaklığına kadar desikatör içerisinde kurutulur. Piknometre ile 0,01 gr hassasiyetle tartılıp ağırlığı  $G_p$  olarak kaydedilir. Piknometre oda sıcaklığında su ile doldurularak kapağı kapatılır ve üzerindeki su zerrecikleri kurutma kâğıdı ile kurularak kılcal borudaki su seviyesi belirlenir ve 0,01 gr hassasiyetle tartılarak ağırlığı  $G_{ps}$  kaydedilir.

Kurutulup soğutulmuş olan öğütülmüş örnekten 250 gr kadar alınarak piknometreye konur ve 0,01 gr hassasiyetle tartılarak  $G_{pn}$  kütle değeri belirlenir. İçinde örnek bulunan piknometreye örnek seviyesini geçene kadar hacminin  $\frac{1}{4}$ 'üne kadar su ile doldurulur ve 10-15 dakika kaynatılıp, su banyosunda oda sıcaklığında soğutulularak su ilavesi ile kapak kapatılır. Piknometre kurularak 0,01 gr hassasiyetle tartılarak  $G_{pns}$  ağırlığı belirlenir. Deney bulguları ile mermerin özgül ağırlığı şu formülle hesaplanmaktadır.

$$d_o = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (3.11)$$

Burada;

$d_o$  : Özgül ağırlık,  $gr/cm^3$ ,

$G_p$  : Piknometre ağırlığı, gr,

$G_{pn}$  : (Piknometre + deney örneği) ağırlığı, gr,

$G_{ps}$  : Su ile dolu piknometre ağırlığı, gr,

$G_{pns}$  : (Piknometre+deney örneği+su) ağırlığı, gr.

### 3.2.6.3. Porozite (Gözeneklilik Derecesi)

Birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri yapıldıktan sonra elde edilen değerler kullanılarak aşağıdaki formülden porozite derecesi belirlenir.

$$P = \left( 1 - \frac{d_h}{d_o} \right) \times 100 \quad (3.12)$$

Burada;

$P$  : Porozite, (%),

$d_h$  : Birim hacim ağırlık,  $gr/cm^3$ ,

$d_o$  : Özgül ağırlık,  $gr/cm^3$ .

#### 3.2.6.4. Su Emme Tayini

Deney düzgün geometrik şekilli olan veya olmayan en az üç deney numunesi üzerinde yapılır. Yapılan inceleme için düzgün geometrik şekilli olmayan dört adet deney numunesi hazırlanmaktadır.

Terazi: Yeterli kapasitede 0,1 gr hassasiyette,

Etüv:  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlanabilen, tercihen hava sirkülasyonlu,

Desikatör: Uygun büyüklükte,

Arşimet Terazisi: Yeterli kapasitede, 0,1 gr hassasiyette,

Su Kabı: Uygun büyüklükte, paslanmaz malzemeden yapılmış olmalı.

Deneyde, boyutları en az 5 cm olan düzgün geometrik şekli olmayan üç adet deney numunesi kullanılır. Her bir deney numunesinin ağırlığı 350 gr'dan az olmamalıdır.

Deney numuneleri bir tel fırça ile fırçalanıp yıkanıp temizlendikten sonra, içinde  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta su bulunan uygun büyüklükte ve derinlikte bir kap içerisine, yüksekliklerinin yaklaşık  $\frac{1}{4}$ 'üne kadar suya daldırılırlar. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra  $\frac{1}{2}$ 'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilir ve 1 saat daha bekletilir. Aynı şekilde  $\frac{3}{4}$ 'üne kadar suya batacak şekilde aynı sıcaklık aralığında bulunan su ilave edilerek 1 saat bekletildikten sonra deney numuneleri tamamen suyun içine batacak şekilde su ilave edilir. Bu durumda 45 saat süre ile bekletilir. Bu süre içerisinde kaptaki su yüksekliğinin deney numunelerinin üzerini yaklaşık 1,5 cm-2 cm örtecek seviyede olması sağlanmalı ve deney numuneleri üzerinde oluşacak hava kabarcıkları uygun bir yöntemle giderilmelidir. Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat sonunda sudan çıkarılan deney numuneleri, ıslatılarak sıkılmış bir bez veya sünger ile silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra, bekletilmeksizin 0,1 gr hassasiyetle tartılır ( $G_d$ ).

Deney numuneleri tekrar su içine daldırılır. Bu tartma işlemi 24 saat aralıklarla deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar tekrarlanır. Taş

deney numunelerinin suya doymun hale geldiği kabul olunan bu kütlesi ile bunu izleyen 24'er saatlik ara ile bulunan kütleleri arasında %0,1'den fazla fark bulunmazsa bu kütlenin değişmez kütle olduğu kabul olunur. Bundan sonra doymun haldeki deney numuneleri Arşimet terazisinde 0,1 gr hassasiyetle tartılarak, su içindeki kütleleri bulunur ( $G_{ds}$ ).

Daha sonra deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Desikatör içerisinde soğutulduktan sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılarak kütlesi bulunur ( $G_k$ ). Taşın kütlece su emme oranı aşığıdaki formül ile hesaplanır.

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 \quad (3.13)$$

Taşın hacimce su emme oranı aşığıdaki formül ile hesaplanır.

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \quad (3.14)$$

$S_k$  = Taşın kütlece su emme oranı (m/m, %),

$S_h$  = Taşın hacimce su emme oranı (v/v, %),

$G_d$  = Taşın doymun haldeki kütlesi (gr),

$G_k$  = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (gr),

$G_{ds}$  = Doymun haldeki taşın su içindeki kütlesi (gr).

### 3.2.6.5. Sonik Hız Deneyi

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik biliminde ve jeoteknik uygulamalar içinde kullanılmaktadır. Denemeler, dolgu tayininde, kaya saplaması donatılarında, kaya kütlelerindeki püskürme etkinliğinde ve kaya sınıflamalarında sismik hızın saptanması ile yapılmaktadır.

Kaya kütle deformasyonu ve basıncının tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu), kayacın su içirme

derecesinin saptanması ve çatlak kaya kütle karakteristiği sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır (Şekil 3.5).

P dalga hızı laboratuvarlarda doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülebilir. Dolaylı yöntemler doğrudan yöntemlere göre daha kolaydır. Bu nedenle eğer doğrudan P dalga hızı ile dolaylı P dalga hızı arasında güçlü bir ilişki kurulabilirse, doğrudan P dalga hızı değeri, dolaylı ölçümlerden tahmin edilebilir ve böylece ölçümleri daha da kolaylaştırabilir (Kahraman, 2002).



Şekil 3.5. Sonik hız deney numuneleri

Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, silindirik veya kübik olarak hazırlanan deney örnekleri üzerinde ultrases ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeyleri hassas şekilde düzeltilmiş örnekler, bu yüzeylere gres sürülerek sismik analizatörü (alıcı-verici) arasına verici yerleştirilerek impuls'un geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçüm aletinin kalibrasyonu yapılır.

Sonrasında, deney örnekleri her iki transdüsur uçları arasına yerleştirilerek, P ve S dalga hızlarının örneği bir uçtan diğer geçmesi için gerekli net süreler belirlenerek kaydedilir. Bulunan bu değerler kullanılarak dalga hızları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$V = \frac{L}{T} \quad (3.15)$$

Burada;

V= P ve S dalga hızı, m/sn,

L= Örnek kalınlığı, m,

T= Dalganın örneği geçme zamanı, sn.

### 3.2.6.6. Donma ve Çözölmeye Karşı Dayanıklılık

Atmosfer basıncında suya batırılarak su altında tutulan ve belirli tane büyüklüğüne sahip agregalardan oluşan deney numunesi kısımları donma çözölmeye döngüsüne tabii tutulur ve döngü sonucunda agregalarda çatlak oluşumu, kütle kaybı ve ya mukavemet değışikliğı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılır. Deneyde deney elekleri (göz açıklığı 8 mm, 16 mm olan kare gözlü), etüv ( $105 \pm 5$  °C kapasiteli), düşük sıcaklık dolabı (düşey veya yatay hava dolaşımli), terazi (0.1gr hassasiyette), metal kutular ve damıtık su kullanılmıştır. Öncelikle 8-16mm tane büyüklüğünde 2'şer kg'lık numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra numuneler yıkanmış ve  $105 \pm 5$  °C'de sabit kütleyle kurutulmuştur. Numuneler ortam sıcaklığına gelince hemen tartılmıştır. Hazırlanan deney numuneleri metal kutular içlerine konularak üzerlerine damıtık su ilave edilmiş ve 24 saat atmosfer basıncına tabii tutulmuştur. Her bir metal kutudaki su seviyesi numunelerin 1 cm üzerine gelecek şekilde konulmuştur. Kapakları kapatılan kutular dolaba yerleştirilmiştir. Numuneler 10 defa donma çözölmeye döngüsüne tabii tutulmuştur. Onuncu döngü tamamlandıktan sonra her bir kutunun içindeki malzeme 4mm göz açıklıklı deney eleğı üzerine boşaltılarak elek üzerinde yıkanmış ve elenmiştir. Elek üzerinde kalan agregalar  $105 \pm 5$  °C'de sabit kütleyle kurutulmuştur. Ortam sıcaklığına gelince de hemen

tartılmıştır. Aşağıda verilen eşitlik ile kütlece yüzde madde kaybı tayini yapılır (TS EN, 1367-1).

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3.16)$$

Burada;

$M_1$  : Deney numunesinin ilk kuru kütlesi, g,

$M_2$  : Deney numunesinin son kuru kütlesi, g,

F: Deney numunesinin kütlece yüzde kaybıdır.

### 3.2.7. Mekanik Özellikler

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

#### 3.2.7.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Basınç dayanımı, üzerlerine uygulanan basınç yüklerine karşı kayaçların kırılmadan önceki, dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Bu deneyde amaç, L/D oranı 2-2,5 olan düzgün geometrik biçimli kayaç örneklerinin (silindir, küp veya prizma şeklinde), tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırlarının bulunmasıdır. Kayaçların basınç dayanımının bulunması, hem sınıflama hem de tasarım açısından oldukça gereklidir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Tek eksenli basınç dayanımı deney numuneleri

Kayaçların basınç dayanımına etki eden jeolojik özellikler; Litoloji, Süreksizlik, Su içeriği, Çimentolanma ve kristalleşme derecesi, Homojenite, İzotropluk, Ayrışma derecesi, Yükseklik/Çap oranı (L/D için en uygun değer 2-2,5), Yükleme hızı, Örneğin alt ve üst yüzeylerinin nitelikleridir.

Deney için, blok örneklerden alınan TSE standartlarına uyan toplam 5 karot kullanılmıştır. Tek eksenli basınç dirençleri boy-çap oranı 2-2,5 kat olan karot örneklerinde deney aleti yardımıyla bilgisayar programlı preste yapılmıştır.

Karot örneksi presin plakaları arasına yerleştirildikten sonra bilgisayarda yükleme hız programı yapılır, hız ayarı programın monitörde gösterdiği aralıkta kalacak şekilde elle kontrol edilmiştir. İki plaka arasında yüke maruz kalan örnek belli bir süre sonra yükü taşıyamaz duruma gelir ve kırılır. Bu andan itibaren deney tamamlanmış olur ve örnek üzerindeki yük kaldırılır. Örneklerin kırıldığı andaki yük bilgisayarda okunarak kaydedilir. Deney sonucuna göre elde edilen yük değerine göre tek eksenli basınç direnci aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (3.17)$$

Burada;

$\sigma_c$  = Tek eksenli basınç dayanımı, kg/cm<sup>2</sup>

F= Örnek yenilme yük değeri, kg ,

A= Örnek yüzey alanı, cm<sup>2</sup> .

### 3.2.7.2. Nokta Yük Dayanımı

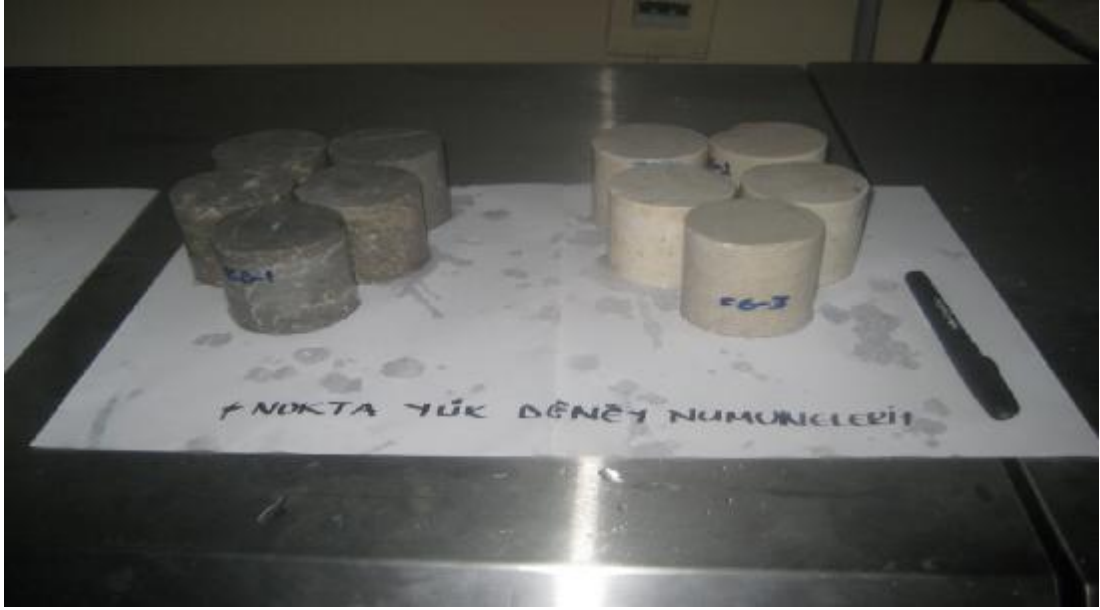
Nokta yük deneyi ilk olarak Protodyokonov tarafından muntazam olmayan parçaların mukavemetlerinin tayininde kullanılmıştır (Arıoğlu ve Bilgin, 1978). Nokta yük deneyi kayaçların nokta yük indeksine göre sınıflandırılması veya tek eksenli basınç dayanımını tahmin etmek için uygulanır (McFeat ve Tarkoy, 1979).

Kayaçların nokta yükleme kuvvetlerinin indeksleri genellikle 50 mm çapındaki karot örnekleri için standartlaştırılarak  $I_s50$  ile ifade olunurlar. Bu deneyde karot örnekleri eksenine ve çapına deney edildikleri gibi düzensiz ve prizma şeklindeki örneklere de kolayca uygulanır (ISRM, 1981).

Standart nokta yükleme aleti, yükleme pompası, yük göstergesi, gövdesi, konik başlıkları ve ölçüm cetvelinden oluşur (Şekil 3.7). Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örneklerde de kullanılabilir. Ayrıca, karot örneği konik yükleme başlığı altında karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilir. Bu nedenle nokta yükleme deneyi;

- Çapsal deney (Karot eksenine dik yönde yapılan yükleme),
- Eksenel deney (Karot eksenine paralel yönde yapılan yükleme),
- Blok, düzensiz ve anizotropik örneklerde yapılan deneyler olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir.

Deneylerde her bir kayaç türü için 5 adet deney örneği kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Nokta yük dayanım deney numuneleri

Silindirik karot örnekler deney aletinin konik uçları arasına, karot eksenine yüklemeye yönüne paralel olacak şekilde yerleştirilerek, deney örneği 10-60 saniye içinde yenilecek şekilde yük uygulanmıştır. Yenilme anındaki yükün değeri yük göstergesinden okunarak mermerlerin nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki yöntem kullanılarak hesaplanmıştır,

$$I_s = \frac{P}{(D_c)^2} \quad (3.18)$$

Burada;

$I_s$  = Nokta yükü dayanımı (MPa)

$P$  = Yenilme yükü (kN)

$D_c^2$  = Karot Çapı ( $mm^2$ )

### 3.2.7.3. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki kayaçların belirli bir doğrultuda, darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Kayacın kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

Kayacın darbe dayanımının belirlenmesi için, 40×40×40 mm boyutlarındaki 5 adet küp örnekler kullanılmıştır (Şekil 3.8). Darbe dayanımı deney düzeneğinde örnek örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilir ve bunu üzerine çelik plaka konularak deney tokmağı aşağıdaki eşitlikten hesaplanan yükseklikten düşürülür;



Şekil 3.8. Darbe dayanımı deney numuneleri

$$H=0,04 \times V$$

(3.19)

Burada;

H: Tokmağın düşme yüksekliği, (cm),

V: Deney örneğinin hacmi, (cm<sup>3</sup>).

Birinci darbeden sonraki takip eden her darbede düşme yüksekliği, bir evvelki yüksekliğin, ilk düşme yüksekliği (H) kadar arttırılmasıyla elde edilir. Deney örneği kırılıncaya kadar bu işleme devam edilir ve darbe sayısı belirlenir. Düşme yüksekliğinin aratılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artmaz veya azalır; kırılma, çatlama veya pullanma olursa deney örnek kırılmış sayılır. Bu son darbe, darbe sayısının (n) hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı ise aşağıdaki eşitlik ile belirlenebilmektedir.

$$D_n = n \times (n + 1) \quad (3.20)$$

Burada;

$D_n$ : Kayacın darbe dayanımı, (kg cm/cm<sup>3</sup>),

n: Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.

#### 3.2.7.4. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; kiriş şeklindeki örneklerin eğilme gerilmelerine karşı gösterdiği dirençtir. Doğal yapı taşlarının 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 kayacın eğilme dayanımına göre tespit edilebilmektedir. Eğilme dayanımının belirlenmesi için 30x100x200 mm boyutlarındaki örneklerden 5 adet hazırlanmıştır. Deney örnekleri Şekil 3.9'da gösterilen deney düzeneğindeki gibi plaka şeklinde örnekler arası açıklık 180 mm olacak şekilde deney presi tablaları arasına, yükleme ortadan uygulanabilecek biçimde yerleştirilir.



Şekil 3.9. Eğilme dayanımı deney numuneleri

Deney örneği üzerine yaklaşık 5 kg'lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi ve oturması sağlanır. Sonrasında yük artışı dakikada 450 kg'ı geçmeyecek şekilde arttırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilir ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konarak eğilme dayanım değeri hesaplanır:

$$\sigma_{eğ} = (3 \times P \times L) / (2 \times b \times h^2) \quad (3.21)$$

Burada;

$\sigma_{eğ}$  : Kayacın eğilme dayanımı, (kg/cm<sup>2</sup>)

P : Kırılmaya karşı olan en büyük yük, (kg)

L : Deney örneğinin mesnetler arasındaki mesafesi, (cm)

b : Deney örneğinin genişliği, (cm),

h : Deney örneğinin kalınlığı, (cm)

### 3.2.7.5. Shore Sertlik Tayini

Shore sertlik deneyinde CBC 95004 MODEL Schleroscope kullanılmıştır. Bu cihaz 0'dan 120'ye kadar bölünmüş sertliği gösteren bir skala ve elmas uçlu bir çekiçten oluşmaktadır. Her bir deney için 10 cm<sup>2</sup> yüzey alanına ve 2 cm kalınlığa sahip numuneler kullanılmıştır. Numunelerin parlak yüzeyleri üste gelecek şekilde cihaza yerleştirilmiş ve sıkıştırılmıştır. Numune yüzeyine belirli bir yükseklikten bırakılan elmas uçlu çekicinin vurma sonucu skalada yükseldiği yer sertlik olarak kayıt edilmiştir.

### 3.2.7.6. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme)

Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi en az 5 deney numunesi üzerinde yapılır. Böhme Aşındırma Cihazı: Döner bir aşındırma diski ile deney numunesinin yerleştirildiği ve numuneyi dönen disk üzerine belirli bir basınç ile bastırarak donanımdan oluşturulur.

Makine yaklaşık 750 mm çapındaki diskin, çalıştırıldığında 30 devir /dk  $\pm$  1 devir /dk hızla dönmesini sağlayan ve devir sayısını gösteren bir numaratör ve her 22 devir tamamlandığında, cihazı otomatik olarak durduracak tertibata sahip olmalıdır.

Döner diskin üzerinde, düşey dönme eksenine 120 mm -320 mm uzaklıkta, halka biçiminde 200 mm genişliğinde dökme demirden yapılmış, gerektiğinde çıkartılıp değiştirilebilecek biçimde sürtünme şeridi bulunmalıdır. Sürtünme şeridinin Brinell sertlik değeri 190 kgf/mm<sup>2</sup> – 220 kgf/mm<sup>2</sup> arasında olmalı ve kullanmadan dolayı meydana gelen aşınma derinliği 0,3 mm'den fazla olmamalı, sürtünme yüzeyinde meydana gelebilecek yarıkların derinliği 0,2 mm'den fazla olmamalıdır. Bu sınırlardan daha çok aşınmış sürtünme şeritleri çıkarılarak yenileri ile değiştirilmelidir. Sürtünme şeritleri kullanılmadan önce sertlikleri ölçülerek yukarıda açıklanan sınır değerler içinde olup olmadıklarına bakılır. Sürtünme şeritleri, iki yüzü de kullanılabilir şekilde yapılmış olabilir.

Cihazda, deney numunesinin yerleştirilebileceği yaklaşık 40 mm yükseklikte, bir tarafı açık dökme demir veya çelikten yapılmış bir tutucu çerçeve olmalı ve

çerçevenin alt kenarları dönen disk yüzeyinden 5 mm ± 1 mm yukarıda bulunmalıdır. Çerçevenin ortasından geçen düşey eksen, diskin dönme ekseninden 220 mm uzaklıkta olacak şekilde ayarlanabilir olmalı ve deney numunesini herhangi bir titreşime neden olmadan, gevşek bir durumda tutacak şekilde yapılmış bulunmalıdır (Şekil 10).



Şekil 3.10. Sürtünme sonrası aşınma (böhme) kaybı deney numuneleri

Malzeme olarak büyük kısmı korund (kristalize  $Al_2O_3$ )'dan oluşan zımpara tozu kullanılmalıdır. Böhme yüzey aşındırma deneyi, deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında veya hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesi suretiyle yapılır.

Aşınma kaybı, kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi yolu ile tayin edilmek istendiğinde hazırlanmış olan deney numunelerinin her birinin 9 farklı yerdeki kalınlıkları 0,01mm hassasiyetle ölçülerek kaydedildikten sonra deney uygulanır ( $d_0$ ). Aşınma kaybı hacim azalmasının ölçülmesi yolu ile tayin edilmek istendiğinde ise, deney numunelerinin her birinin önce hacimleri tayin edilir. Kalınlığı veya hacmi bulunmuş olan deney numuneleri en az 48 saat süre ile oda sıcaklığında ve %40-

uygulanarak deney numunesinin sürtünme şeridine 0,6 kgf /cm<sup>2</sup> (0,06 N /mm<sup>2</sup>)'lik bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilir.

Disk'in dönme hareketi sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları uygun bir tertibat ile tekrar sürtünme şeridi üzerinde toplanır. Her 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınma ile deney numunesinden ayrılan kısımlar uygun bir fırça ile temizlenir ve sürtünme şeridi üzerine yeniden 20 gr ± 0,5 gr zımpara tozu serpilir ve deney numunesi düşey eksenine etrafına 90° çevrilmek suretiyle 22'şer devirlik 20 aşındırma periyodu yani toplam olarak 440 devir uygulanır. 440 devir sonunda deney numunesi, sert bir fırça ile iyice temizlendikten sonra kalınlığın yine daha önce seçilen 9 farklı yerden 0,01 mm hassasiyetle ölçülür. Bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak deney numunesinin deneyden sonraki kalınlığı bulunur (d<sub>1</sub>).

Sürtünme yüzeyinin kenarları da 0,1 mm hassasiyetle ölçülerek bu yüzün alanı hesaplanır ve 0,01 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Aşınma kaybı değeri numunelerde meydana gelecek hacim azalmasının ölçülmesi suretiyle tayin edilmesi halinde deney numunesinin deneyden sonraki hacmi, deneyden önce yapıldığı gibi su ile doygun hale getirildikten sonra Arşimet terazisinde su içinde ve havada 0,1 gr hassasiyetle tartılması yolu ile hesaplanır ve bulunan sonuçlar 0,1 cm<sup>3</sup>'e yuvarlatılarak kaydedilir (V<sub>1</sub>).

Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$d = d_0 - d_1 \quad (3.22)$$

veya

$$\Delta_d = \frac{V_0 - V_1}{A} \quad (3.23)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır ve bulunan sonuçlar 0,01 cm<sup>3</sup> / 50 cm<sup>2</sup>'ye yuvarlatılarak belirtilir (TS 699).

Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$\Delta V = (d_0 - d_1)50 \quad (3.24)$$

veya

$$\Delta V = \left( \frac{V_0 - V_1}{A} \right) \times 50 \quad (3.25)$$

formülleri yardımıyla hesaplanır. Bulunan sonuçlar  $0,01 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ 'ye yuvarlatılarak belirtilir.

$\Delta_d$  = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri ( $\text{cm} / 50 \text{ cm}^2$ ),

$d_0$  = Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm),

$d_1$  = Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm),

$V$  = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri ( $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ ),

$V_0$  = Taşın deneyden önceki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),

$V_1$  = Taşın deneyden sonraki hacmi ( $\text{cm}^3$ ),

Taşın aşınmaya uygulanan yüzünün alanı ( $\text{cm}^2$ ).

Kayaçların aşınma dayanımlarının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 71 mm boyutlarında 5 'er adet küp örnekler kullanılmıştır. Bu örnekler önce  $105^\circ\text{C}$ 'de kurutularak tartılır ve tartım sonuçları kaydedilir. Daha sonra örnekler Böhme yüzey aşındırma aletinde yüzey aşındırma deneyine tabi tutulur.

Deneyde kullanılan Böhme yüzey aşındırma aleti, 30 dev/dak hızla dönmesi ayarlanabilen 750 mm çapında bir aşındırma diskine sahiptir.

Devir sayısını gösteren bir numaratör vardır. Her 22 devir sonunda disk otomatik olarak durmaktadır. Örneği tutacak ve 350 kg yük yükleyecek düzenek mevcuttur. Deneylerde 20 gr. zımpara tozu sürtünme şeridi üzerine serpilir ve çelik mardvela aracılığı ile 30 kg lık yük uygulanarak deney örneğinin sürtünme şeridine  $0,6 \text{ kg/cm}^2$ 'lik bir basınçla bastırılması sağlandıktan sonra disk döndürülür. 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerinden zımpara tozu ve örnek artıkları temizlenir. Yeniden zımpara tozu konulur ve örnek düşey eksen etrafında 900

çevrilir. Her örnek için 22 devirlik 20 aşınma periyodu yani 440 devir uygulanır (Gündüz 1996). Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden aşağıdaki bağıntı ile bulunur:

$$d = d_0 - d_1 \quad (3.26)$$

Burada;

$d$  = Taşın böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm/50 cm<sup>2</sup>)

$d_0$  = Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm)

$d_1$  = Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm)



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesi amacıyla Asya Bej, King Brown ve Forest Grey olarak adlandırılan Konya İli, Kulu İlçesinde Kozanlı Köyü mevkiinde bulunan mermer ocağından alınan örnekler, ilk aşamada mermer kesme atölyelerinde kesimleri yapılmış küp ve plaka şeklinde ve toz halinde hazırlanmıştır. İkinci aşamada ise, silindirik ve plaka örnekler laboratuarda standartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Üçüncü aşamada ise, TSE standartlarına uygun olarak hazırlanan küp, plaka ve silindirik şeklindeki bu örnekler için kimyasal analiz, petrografik inceleme, XRD, radyoaktivite analizi ve fiziko-mekanik özellikler belirlenmiştir. Son aşamada ise belirlenen bu özelliklerin standartlarına uygunluğu değerlendirilmiştir.

##### 4.1. Kimyasal Analiz

Kimyasal bileşim, mermerin içindeki elementlerin oksit değerlerinin toplamıdır. Kimyasal analizlerde kayacın içindeki silisyum dioksit, demir oksit, alüminyum oksit, kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat yüzde oranları tespit edilir. Bu oranların toplamının %100'e yaklaşması analiz doğruluğunu belirlemektedir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinin içeriğini belirlemek için Maden Mühendisliği Bölümünde yapılmış kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

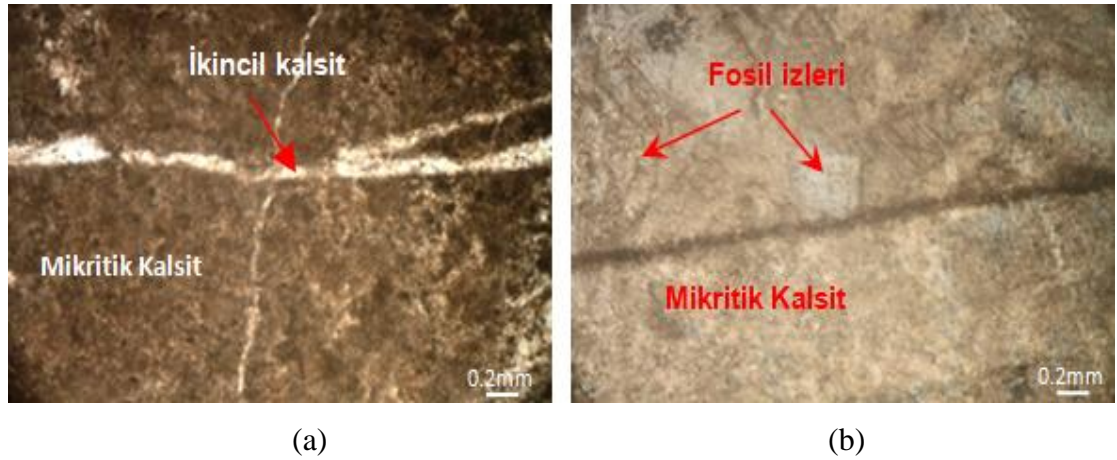
Mermer Türü	Kimyasal İçerik (%)				
	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Asya Bej	97,36	1,09	0,60	0,46	0,11
King Brown	97,95	1,10	0,46	0,22	0,05
Forest Grey	92,15	2,16	2,79	0,43	0,19

## 4.2. Petrografik İnceleme

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinden yaptırılmış ince kesit numuneleri, polarizan mikroskopta incelenmiş ve kesit fotoğrafları çekilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

### *Asya Bej*

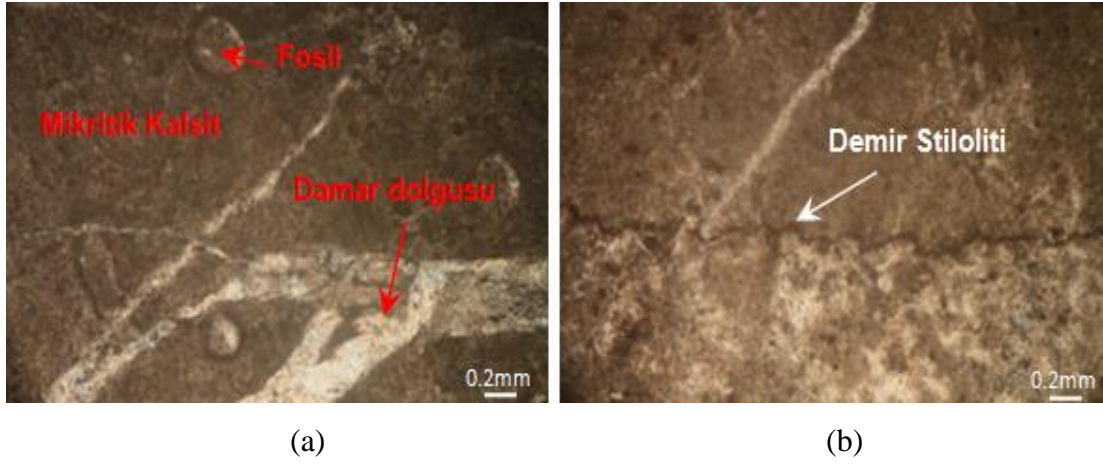
Kayacın hakim minerali kalsit olup, çoğunlukla mikritik boyutta gözlenmiştir. İkincil kalsit mineralleri çatlak girdisi şeklinde olup spari ve yarı özşekilli-özşekilsizdir. Yine demir çatlak girdisi olarak gözlenmiştir. Kesitte ileri derecede kalsitleşmiş bol miktarda fosil kavkı izleri görülmektedir. Kavkılarının çoğu iz şeklinde kalmıştır. İri kalsit kristallerinin basınç ikizlenmeleri gözlenmektedir. Kesit yapı ve mineral içeriğine göre Biyo mikritik kireçtaşıdır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Mikritik kalsit ve ileri derecede kalsitleşmiş kavkı izleri mikroskop görüntüsü (Çift Nikol)

### *King Brown*

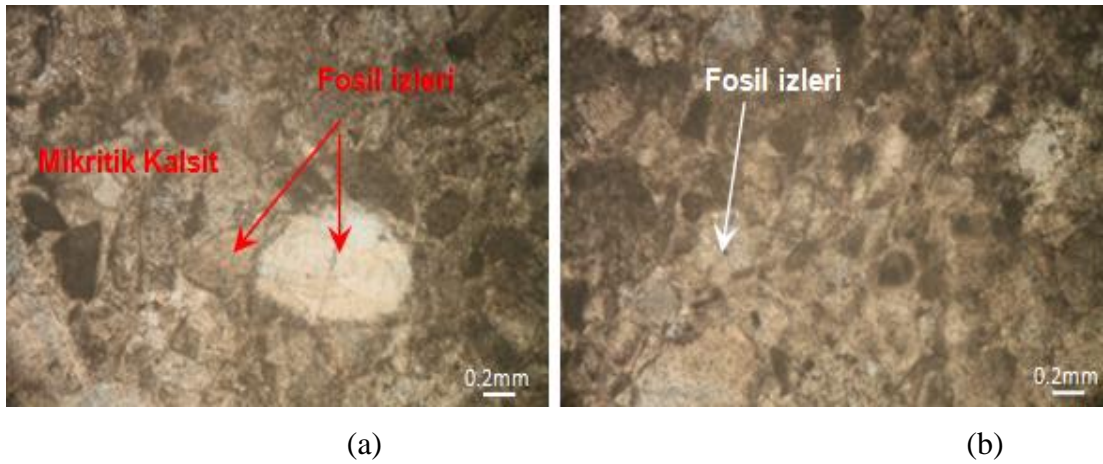
Mikritik kalsit kristalleri hamuru oluşturmaktadır. Çatlak dolgusu şeklinde daha iri kalsit kristalleri kesit bünyesinde gözlenmiştir. Demir dolgusu stilolit şeklinde ince damar dolgusu şeklindedir. Fosil kavkı izleri bol miktarda izlenmiştir. Fosil yoğunluğu göz önüne alındığında Kayaç fosilli kireçtaşıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Mikritik ve ikincil kalsit kristalleri, demir dolgusu (Çift Nikol)

#### *Forest Grey*

İleri derecede kalsitlemiş bol fosilli, hakim kayaç yapıcı minerali kalsitten oluşmuştur. Kalsitler hamur maddesi olarak mikritik boyutta özşekilsiz olarak gözlenmektedir. Boşluk oranı yüksektir. Nadiren spari kalsit dolguludur. Kayaç biyomikrititik kireçtaşıdır (Şekil 4.3).

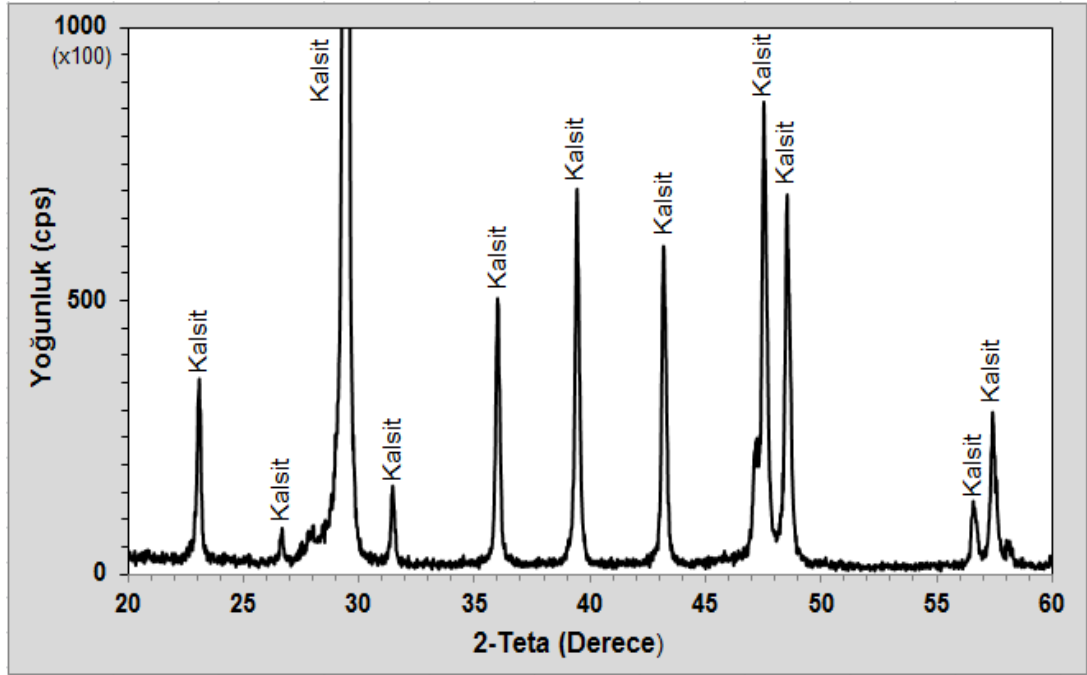


Şekil 4.3. Bol fosilli ve hamur maddesi mikritik kalsitten oluşmuştur (Çift Nikol)

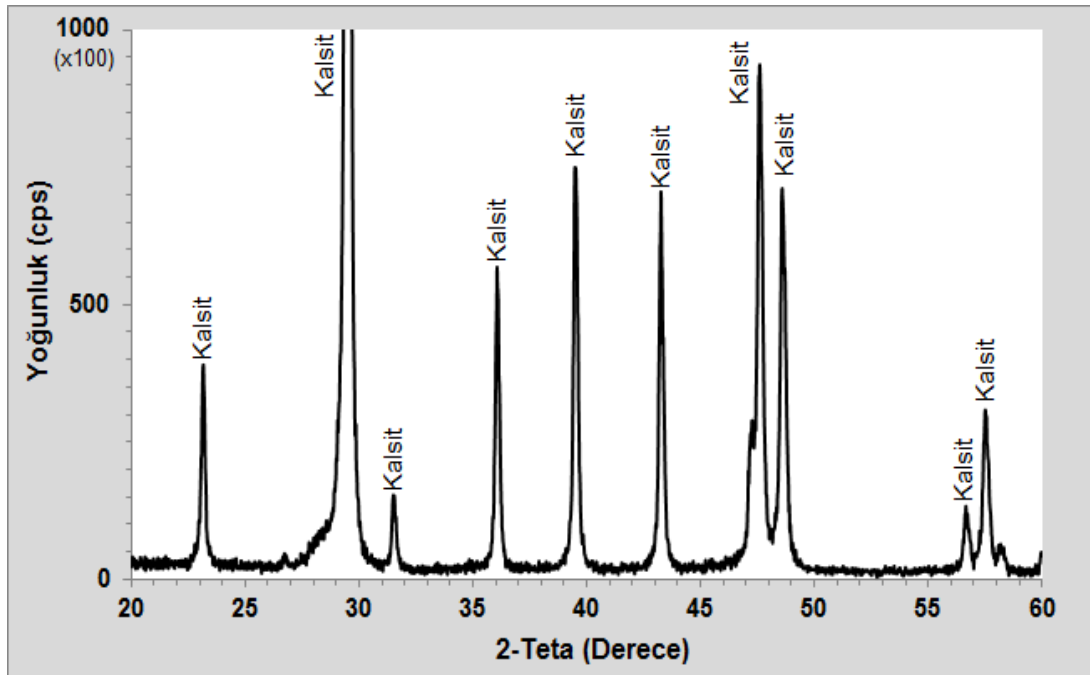
#### **4.3. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz (XRD)**

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer ocaklarından alınan standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler Çukurova Üniversitesi Maden

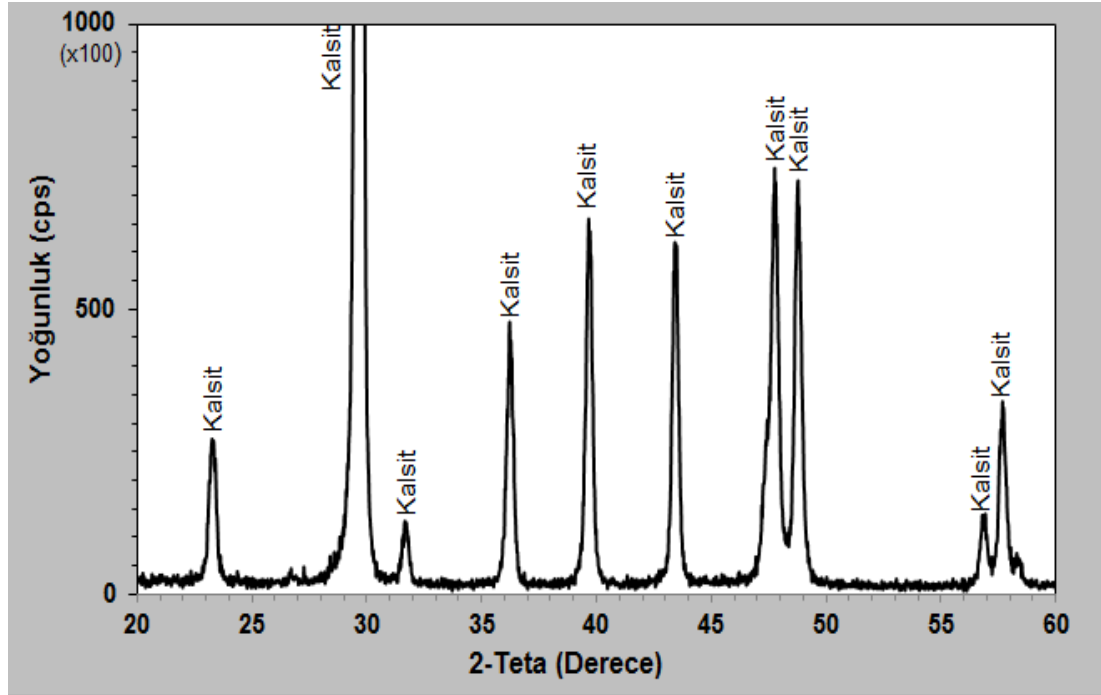
Mühendisliği Bölüm laboratuvarında XRD analizine tabi tutulmuş ve örnek içeriklerinin patern çekimleri elde edilen durumlar Şekil 4.4; 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. Asya Bej mermerinden çektilmiş patern diyagramı



Şekil 4.5. King Brown mermerinden çektilmiş patern diyagramı



Şekil 4.6. Forest Grey mermerinden çektirilmiş patern diyagramı

#### 4.4. Radioaktivite Analiz

Gamma spektrometrik analizleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)-SANAEM Nükleer Araştırma Merkezi'nde, bir süre radyoaktif dengeye gelmeleri için, darası alınmış ve numaralandırılmış marinelli sayım kaplarında bekletilmelerinin ardından, Canberra 767 tip, gamma spektrometre cihazı ile ölçümleri yapılmıştır.

Yapılan ölçümlerde, her bir mermer türü için yukarıda da belirtildiği gibi, TAEK tarafından öngörülen miktarlar olan, 5 ila 10 adet, 500-1000 gr arasında ve alındığı ocağı temsil edecek şekilde numuneler alınmış ve yapılan hesaplamalarda ise, bu numunelerin aritmetik ortalama değerleri kullanılmıştır.

Ölçümler sonucunda, mermer numunelerinin içerdiği,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklid konsantrasyonlarının ortalama değerleri, (Bq/kg) cinsinden hesaplanmıştır. Ayrıca, bu aktivite konsantrasyonlarına bağlı olarak,  $R_{\text{aeq}}$  değerleri, bulunmuştur.

Deneyde kullanılan mermerlerin yerleşim yerlerinde yapıtaşı olarak kullanılacağı da varsayılarak dahili ve harici soğurulmuş doz ve etkin doz hızları, tehlike indeksleri ( $H_{ex}$  ve  $H_{in}$ ), temsili aktivite konsantrasyon ( $I_{yr}$ ) indeksleri de belirlenmiştir.

İlgili radyonüklid ölçüm sonuçları, doz hızları ve indeks hesaplamaları Çizelge 4.2’de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.2. Analizleri yapılan mermer türlerinin gamma spektrometresi ile ölçülen doğal radyoaktivite değerlerine bağlı hesaplanan doz ve tehlike indeksleri

Mermer Türü	Radyasyon Aktivite Ortalama Değerleri (Bq /kg)			$Ra_{eq}$ (Bq /kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	$I_{yr}$
	$^{226}Ra$	$^{232}Th$	$^{40}K$				
Asya Bej	3,70	3,00	10,00	8,76	0,02	0,03	0,06
Forest Grey	5,10	1,90	10,40	8,62	0,02	0,04	0,06
King Brwn	4,20	2,60	9,00	8,61	0,02	0,03	0,06

Türkiye’de müsaade edilebilir;  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  konsantrasyonları sırasıyla; Mermerler için 40, 40, 400 Bq/kg ve tüm doğal taş türleri için eşdeğer radon konsantrasyonunun ( $Ra_{eq}$ ), ise 370 Bq/kg veya 400 Bq/m<sup>3</sup> olup hesaplanan mermerler için elde edilen bulgular limitlerin altındadır. Analizi yapılan, mermer tipi doğal taş türlerinin tümünün, yapıtaşı olarak kapalı ve açık ortamlarda kullanılması sakıncalı değildir.

#### 4.5. Fiziksel Özellikler

Mermer ocağından getirilen mermer örnekleri, laboratuarda standartlara uygun olarak kesilerek her bir mermer türü için 5 ayrı örnek üzerinde deneyler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

#### 4.5.1. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

Mermer ocağından alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan örnekler Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları'nda birim hacim ağırlık, deneyine tabii tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin birim hacim ağırlık değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
Asya Bej	1	2,66	2,62
	2	2,61	
	3	2,60	
	4	2,67	
	5	2,51	
King Brown	1	2,58	2,58
	2	2,56	
	3	2,60	
	4	2,67	
	5	2,51	
Forest Grey	1	2,59	2,60
	2	2,58	
	3	2,67	
	4	2,57	
	5	2,61	

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ortalama birim hacim ağırlık değerleri 2,58 ile 2,62 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değer TS 2513 ve TS 1910'a göre sınır değeri (> 2,55 gr/cm<sup>3</sup>) sağlamaktadır.

#### 4.5.2. Özgül Ağırlık Deney sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey numunelerinin özgül ağırlıklarını belirlemek amacıyla, TS 699'a uygun olarak yapılan deney sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ortalama özgül ağırlık değerleri 2,63 ile 2,68 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir.

Çizelge 4.4. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin özgül ağırlık değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Ort. Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
Asya Bej	1	2,72	2,67
	2	2,67	
	3	2,66	
	4	2,73	
	5	2,57	
King Brown	1	2,63	2,63
	2	2,60	
	3	2,65	
	4	2,72	
	5	2,56	
Forest Grey	1	2,65	2,68
	2	2,64	
	3	2,73	
	4	2,71	
	5	2,67	

#### 4.5.3. Porozite (Gözeneklilik Derecesi) Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerlerinden faydalanarak elde edilen zahiri porozite (gözeneklilik derecesi) değerleri Çizelge 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin porozite değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Ort. Porozite (%)
Asya Bej	1	2,66	2,72	0,92	0,88
	2	2,61	2,67	0,88	
	3	2,60	2,66	0,84	
	4	2,67	2,73	0,83	
	5	2,51	2,57	0,94	
King Brown	1	2,58	2,63	0,88	0,89
	2	2,56	2,60	0,92	
	3	2,60	2,65	0,87	
	4	2,67	2,72	0,84	
	5	2,51	2,56	0,94	
Forest Grey	1	2,59	2,65	0,89	0,91
	2	2,58	2,64	0,92	
	3	2,67	2,73	0,88	
	4	2,57	2,71	0,89	
	5	2,61	2,67	0,97	

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama görünür porozitesi %0,876 bulunarak Tarhan 1989'a göre çok kompakt kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.5). Bu değer TS 1910'a göre sınır değeri (<%2) sağlamaktadır.

#### 4.5.4. Ağırlıkça Su Emme Oranı Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ağırlıkça su emme oranının belirlenmesi için yapılan deney sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama ağırlıkça su emme oranını % 0,315 ile % 0,376 arasında bulunmuştur. Bu değerler, TS 2513'a göre sınır değeri (< %1,80), TS 1910' a göre sınır değeri (< %0,75) ve TS10449'a göre sınır değeri (<% 0,4) sağlamaktadır.

Çizelge 4.6. Kayaların poroziteye göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok Kompakt	< 1
Az Boşluklu	1 - 2,5
Orta Boşluklu	2,5 - 5
Oldukça Boşluklu	5 - 10
Çok Boşluklu	10 - 15
Çok Fazla Boşluklu	> 20

Çizelge 4.7. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ağırlıkça su Emme değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Yaş Ağırlık (gr)	Kuru Ağırlık (gr)	Su Emme (%)	Ort. w (%)
Asya Bej	1	231,77	230,85	0,396	0,325
	2	241,55	240,75	0,232	
	3	213,55	212,85	0,327	
	4	220,45	219,89	0,254	
	5	218,60	217,68	0,420	
King Brown	1	222,59	221,77	0,368	0,376
	2	240,88	239,95	0,386	
	3	215,55	214,77	0,361	
	4	222,67	221,78	0,399	
	5	219,66	218,85	0,368	
Forest Grey	1	223,52	222,79	0,326	0,315
	2	228,25	227,55	0,306	
	3	209,52	208,75	0,367	
	4	216,26	215,65	0,282	
	5	219,15	218,50	0,296	

#### 4.5.5. Sonik Hız Ölçümü Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri üzerinde “Pundit” aleti kullanılarak yapılan sonik hız ölçüm deneyi sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin sonik hız değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Kalınlık (cm)	Hız ( $\mu$ s)	Sonik.Hız (km/sn)	Ort.Sonik Hız (km/sn)
Asya Bej	1	7,1	14,1	5.04	5.92
	2	7,1	13,0	5.46	
	3	7,1	10,8	6.57	
	4	7,1	10,9	6.51	
	5	7,1	11,8	6.02	
King Brown	1	7,1	12,0	5.92	6.41
	2	7,1	10,9	6.51	
	3	7,1	11,0	6.45	
	4	7,1	11,0	6.45	
	5	7,1	10,5	6.76	
Forest Grey	1	7,1	12,1	5.87	5,90
	2	7,1	12,4	5.73	
	3	7,1	11,9	5.97	
	4	7,1	11,7	6.07	
	5	7,1	12,1	5.87	

Asya bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin sonik hız değerleri 5,90 ile 6,41 arasındadır.

#### 4.5.6. Donma ve Çözölmeye Karşı Dayanıklılık

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri TS EN 1367 göre uygulanan donma ve çözölmeye karşı dayanıklılık deney sonucunda don kaybı değerleri Asya Bej için %0,4, King Brown için %0,5 ve Forest Grey için %0,3 bulunmuştur. Bu sonuç TS EN 1367 ye göre numunelerin agrega olarak kullanılabilceğini göstermektedir. TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak mermerlerin, don kaybı değerinin %1'den küçük olması gerekmektedir. Bulunan deney sonuçlarına göre don kaybı değerleri her üç mermer içinde bu standardı sağlamaktadır.

#### 4.5.7. Fiziksel Özelliklerin Standartlar Açısından Değerlendirilmesi

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ortalama birim hacim ağırlık değerleri sırası 2,62, 2,58 ve 2,60 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Birim hacim ağırlığı en fazla olan mermer Asya Bej Mermeridir. TS 2513 ve TS 1910'a göre Birim Hacim Ağırlık sınır değeri (> 2,55 gr/cm<sup>3</sup>) olup, tüm mermerler bu özelliği sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey numunelerinin özgül ağırlıklarını belirlemek amacıyla, TS 699'a uygun olarak yapılan deney sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ortalama özgül ağırlık değerleri sırası ile 2,67, 2,63 ve 2,68 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Özgül Ağırlığı en fazla olan mermer Forest Grey mermeridir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama görünür porozitesi %0,876 bulunarak Tarhan 1989'a göre çok kompakt kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.5). Bu değer TS 1910'a göre sınır değeri (<%2) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama ağırlıkça su emme oranı sırası ile % 0,325, % 0,376 ve % 0,315 olarak bulunmuştur. Ağırlıkça su emme oranı en fazla olan King Brown Mermeridir. Bu değerler, TS 2513'a göre sınır değeri (< %1,80), TS 1910' a göre sınır değeri (< %0,75) ve TS10449'a göre

sınır değeri ( $<0,4$ ) sağlamaktadır. Bu mermerler; kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel özelliklere sahiptir.

Asya bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin sonik hız değerleri 5,90 ile 6,41 arasındadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri TS EN 1367 göre uygulanan donma ve çözülmeye karşı dayanıklılık deney sonucunda don kaybı değerleri Asya Bej için %0,4, King Brown için %0,5 ve Forest Grey için %0,3 bulunmuştur. TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak mermerlerin, don kaybı değerinin %1'den küçük olması gerekmektedir.

TS 1910'a göre ağırlıkça su emme oranı ( $<0,75$ ) sınır değerini taşıdığı, birim hacim ağırlığı ( $>2,55$ ) sınır değerini taşıdığı ve porozitesinin ( $<2$ ) sınır değerini taşıdığı saptanmıştır. Dolayısıyla Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin, kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir..

TS 2513'e göre ağırlıkça su emme oranı ( $<1,80$ ) sınır değerini ve birim hacim ağırlığı ( $>2,55$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

TS 10449'a bu mermerlerin ağırlıkça su emme oranı ( $<0,4$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

ASTM (C97,C170, C99, C241)'ye göre ağırlıkça su emme oranı en fazla ( $<0,75$ ) sınır değerini taşıdığı, birim hacim ağırlığı en az (2,595) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Konya Kulu Bölgesindeki oluşumların, doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

#### 4.6. Mekanik Özellikler

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin tek eksenli basınç dayanımı, darbe dayanımı, eğilme dayanımı, nokta yük dayanım indeksi, Shore Sertlik tayini ve aşınma (Böhme) dayanımı değerleri tespit edilerek sonuçlar çizelgelerle sunulmuştur,

#### 4.6.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için yapılan basma dayanımı deneyi sonuçları, Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin tek eksenli basınç dayanım değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Numune Çapı (cm)	Numune Uzunluğu (cm)	Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Yenilme Yüğü (kN)	Basma Dayanımı (MPa)	Ort. Basma Day. (MPa)
Asya Bej	1	4,5	8,35	15,90431	14111	88,7	88,97
	2	4,5	8,67	15,90431	14712	92,50	
	3	4,5	8,31	15,90431	13526	85,04	
	4	4,5	8,67	15,90431	14490	91,13	
	5	4,5	8,19	15,90431	13917	87,52	
King Brown	1	5,9	11,80	27,33971	22749	83,23	86,32
	2	5,9	10,95	27,33971	20983	76,77	
	3	5,9	10,99	27,33971	25386	92,88	
	4	5,9	11,83	27,33971	25780	94,32	
	5	5,9	11,68	27,33971	23078	84,44	
Forest Grey	1	5,9	11,5	27,33971	23880	87,34	87,42
	2	5,9	11,8	27,33971	26178	95,75	
	3	5,9	11,7	27,33971	24302	88,92	
	4	5,9	10,9	27,33971	22344	81,75	
	5	5,9	11,1	27,33971	22786	83,37	

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama basma dayanımı 86,32 MPa ile 88,97 arasında bulunarak Deere ve Miller 1966'ya göre orta dirençli kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.10). Bulunan bu değer, TS 2513, TS 1910 ve TS10449'a göre sınır değeri (> 50MPa) sağlamaktadır.

Çizelge 4.10. Tek eksenli basınç direncine göre kayaların sınıflandırılması (Deere ve Miller, 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (Mpa)
Çok Düşük Dirençli	< 25
Düşük Dirençli	25 – 50
Orta Dirençli	50 – 100
Yüksek Dirençli	100 – 200
Çok Yüksek Dirençli	> 200

#### 4.6.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri nokta yük dayanım sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin nokta yükü indeksi dayanım değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Numune Çapı (De) (mm)	Numune Uzunluğu (L) (mm)	De <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	Yenilme Yüğü (kN)	Nokta Yük İndeksi (Is)	Ort. Nokta Yük İnd. (MPa)
Asya Bej	1	42,00	40,40	1764,00	10,00	5,66	5,47
	2	42,00	42,10	1764,00	9,20	5,21	
	3	42,00	47,50	1764,00	6,00	3,40	
	4	42,00	43,40	1764,00	11,00	6,23	
	5	42,00	43,00	1764,00	12,13	6,87	
King Brown	1	59,00	31,00	3481	11.9	3.42	4,07
	2	59,00	31,00	3481	16.8	4.83	
	3	59,00	32,00	3481	14.1	4.05	
	4	59,00	31,00	3481	12.7	3.65	
	5	59,00	32,00	3481	15.3	4.40	
Forest Grey	1	59,00	28,00	3481	14.9	4.28	4,45
	2	59,00	32,00	3481	16.5	4.74	
	3	59,00	32,00	3481	16.2	4.65	
	4	59,00	31,00	3481	14.8	4.25	
	5	59,00	31,00	3481	15.2	4.37	

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama nokta yük dayanımları 4,05 ile 5,47 MPa arasında bulunarak Bieniawski 1975'e göre orta dirençli kaya sınıfında bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Kayaçların nokta yük dayanımına göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975)

Kaya Sinifi	Nokta Yük Direnci (MPa)
Çok Düşük Dirençli	< 1
Düşük Dirençli	1 – 2
Orta Dirençli	2 – 4
Yüksek Dirençli	4 – 8
Çok Yüksek Dirençli	> 8

#### 4.6.3. Darbe Dayanımı Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için yapılan darbe dayanımı deneyi sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama darbe mukavemetleri 15,66 ile 17,00 kg cm/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu değer TS 10449'a göre sınır değeri (> 4 kgcm/cm<sup>3</sup>) (kaplama için), (> 6 kgcm/cm<sup>3</sup>) (döşeme için) ve TS 2513'e göre sınır değeri (> 6 kgcm/cm<sup>3</sup>) sağlamaktadır.

#### 4.6.4. Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için yapılan eğilme dayanımı deneyi sonuçları toplu olarak Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama eğilme dayanımı 9,01 ile 12,42 kgfcm/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu değer TS 10449'a göre sınır değeri (> 60 kgfcm/cm<sup>3</sup>) TS 2513'e göre sınır değeri (> 50 kgfcm/cm<sup>3</sup>) ve TS 1910'a göre sınır değeri (> 50 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sağlamamaktadır.

Çizelge 4.13. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin darbe dayanım değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanımı (Kgcm / cm <sup>3</sup> )	Ort. Darbe Dayanımı (Kgcm / cm <sup>3</sup> )
Asya Bej	1	4	20	17,00
	2	3	12	
	3	4	20	
	4	5	30	
	5	4	20	
King Brown	1	3	12	18,66
	2	5	30	
	3	4	20	
	4	4	20	
	5	5	30	
Forest Grey	1	3	12	15,66
	2	5	30	
	3	3	12	
	4	4	20	
	5	4	20	

#### 4.6.5. Shore Sertlik Tayini Deney Sonuçları

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için elde edilen Shore sertlik deneyi sonuçları toplu olarak Çizelge 4.14’de verilmiştir.

#### 4.6.6. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı (Böhme)

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için yapılan Böhme aşınma dayanımı deney sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama Böhme aşınma dayanımı değerleri 1 ile 10 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur. Bu değer TS 10449’a göre sınır değeri (< 25 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>) (kaplama için), (< 15 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>) (döşeme için), ve TS 1910’a göre sınır değeri (< 15 cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup>) sağlamaktadır.

Çizelge 4.14. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin eğilme dayanım değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Pk (kgf)	Feğ (MPa)	Ort. Feğ (MPa)
Asya Bej	1	14	20	3	20	7.39	10,05
	2	14	20	3	32	11.83	
	3	14	20	3	24	8.87	
	4	14	20	3	38	14.05	
	5	14	20	3	22	8.13	
King Brown	1	14	20	3	38	14.05	12,42
	2	14	20	3	34	12.57	
	3	14	20	3	28	10.35	
	4	14	20	3	36	13.31	
	5	14	20	3	32	11.83	
Forest Grey	1	14	20	3	20	7.39	9,01
	2	14	20	3	22	8.13	
	3	14	20	3	34	12.57	
	4	14	20	3	28	10.35	
	5	14	20	3	18	6.65	

#### 4.6.7. Mekanik Özelliklerin Standartlar Açısından Değerlendirilmesi

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama basma dayanımı 84,66 MPa ile 87,24 arasında bulunarak Deere ve Miller 1966'ya göre orta dirençli kaya sınıfında yer aldığı görülmektedir (Çizelge 4.10). Bulunan bu değer, TS 2513, TS 1910 ve TS10449'a göre sınır değeri (> 50MPa) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama nokta yük dayanımları 4,07 ile 5,47 MPa arasında bulunarak Bieniawski 1975'e göre orta dirençli kaya sınıfında bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için alınan Numunelerden elde edilen sonuçlara göre;

1. TS 1910'a göre tek eksenli basınç direnci (> 50MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci (> 50 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (< 15) sınır değerlerini taşıdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Konya Kulu

Bölgesinden Alınan Numunelerinin, kaplama olarak kullanılan doğal kayaların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci sınır değerine sahip değildir.

Çizelge 4.15. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri shore sertlik değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	Shore Sertliği Değeri	Ort. Shore Sertliği Değeri
Asya Bej	1	46	47,00
	2	48	
	3	44	
	4	49	
	5	48	
King Brown	1	41	44,60
	2	44	
	3	40	
	4	50	
	5	48	
Forest Grey	1	42	45,00
	2	46	
	3	45	
	4	48	
	5	44	

2. TS 2513'e göre tek eksenli basınç direnci ( $> 50$  MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $> 50$ ) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $< 15$ ) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı ( $> 6$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir. Konya Kulu Bölgesi numunelerinin, doğal kayaların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci, sınır değerini taşımadığı belirlenmiştir.

3. TS 10449'a göre tek eksenli basınç direnci (döşeme için) ( $> 50$  MPa) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $>30$  MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci

(> 60 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (döşeme için) (< 15) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) (< 25) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı (döşeme için) (> 6 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) (> 4) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin Böhme aşınma dayanım değerleri

Mermer Cinsi	Numune No	d <sub>0</sub> (cm)	d <sub>1</sub> (cm)	d (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )	Ort.D (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> )
Asya Bej	1	7.1	6.8	15	10,00
	2	7.1	6.9	10	
	3	7.1	6.9	10	
	4	7.1	7.0	5	
	5	7.1	6.9	10	
King Brown	1	7.1	7.1	6	6,40
	2	7.1	7.1	6	
	3	7.1	7.1	7	
	4	7.1	7.0	7	
	5	7.1	7.1	7	
Forest Grey	1	7.1	6.9	5	6,00
	2	7.1	7.0	5	
	3	7.1	6.9	10	
	4	7.1	7.0	5	
	5	7.1	7.0	5	

4. ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç direnci (Min) (52 MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direncinin (Min) (70) sınır değerini taşımadığı, ve böhme yüzeysel aşınma direnci (Max) (10) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konya Kulu bölgesinden alınan üç farklı özellikteki taşların, piyasaya satışında en önemli rol oynayan fiziko-mekanik özellikleri incelemek, taşların kalitesini değerlendirmek ve elde edilen sonuçların hem yurt içi hem de yurt dışı standartlara uygunluğunu ortaya koymak amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmelere göre;

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermer örneklerinden yaptırılmış ince kesit numuneleri, polarizan mikroskopta incelenmiş ve kesit fotoğrafları çekilmiştir. İncelenen kesitlere göre Mermerler de hakim mineral kalsit'dir. Çok az miktarda dolomit kristallerine de rastlanılmıştır. Kesitlerde fosil izlerine rastlanılmıştır.

Araziden alınan kayaç örneklerine yapılan kimyasal analiz sonucunda Asya Bej mermeri için; CaCO<sub>3</sub> miktarı 97,36, MgCO<sub>3</sub> miktarı 1,09 olarak, King Brown mermeri için; CaCO<sub>3</sub> miktarı 97,95, MgCO<sub>3</sub> miktarı 1,10 olarak, Forest Grey mermeri için; CaCO<sub>3</sub> miktarı 92,15, MgCO<sub>3</sub> miktarı 2,16 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kayaç Saf Kireçtaşı'dır.

Türkiye'de müsaade edilebilir; <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K konsantrasyonları sırasıyla; Mermerler için 40, 40, 400 Bq/kg ve tüm doğal taş türleri için eşdeğer radon konsantrasyonunun (Ra<sub>eq</sub>), ise 370 Bq/kg veya 400 Bq/m<sup>3</sup> olup hesaplanan mermerler için elde edilen bulgular limitlerin altındadır. Analizi yapılan, mermer tipi doğal taş türlerinin tümünün, yapıtaşı olarak kapalı ve açık ortamlarda kullanılması sakıncalı olmadığı deney sonuçlarınca belirlenmiştir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin ortalama birim hacim ağırlık değerleri sırası 2,62, 2,58 ve 2,60 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. TS 2513 ve TS 1910'a göre Birim Hacim Ağırlık sınır değeri (> 2,55 gr/cm<sup>3</sup>) olup, üç mermer de bu özelliği sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey numunelerinin ortalama özgül ağırlık değerleri sırası ile 2,67, 2,63 ve 2,68 gr/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar TS 699' a göre bu standardı sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama görünür porozitesi sırası ile % 0,88, % 0,89 ve % 0,91 bulunmuştur. Bu değer TS 1910'a göre sınır değeri (<%2) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama ağırlıkça su emme oranı sırası ile % 0,325, % 0,376 ve % 0,315 olarak bulunmuştur. Bu değerler, TS 2513'a göre sınır değeri (< %1,80), TS 1910' a göre sınır değeri (< %0,75) ve TS10449'a göre sınır değeri (<% 0,4) sağlamaktadır.

Asya bej, King Brown ve Forest Grey mermerlerinin sonik hız değerleri sırası ile 5,9, 6,41 ve 5,90 olarak bulunmuştur.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri TS EN 1367 göre uygulanan donma ve çözölmeye karşı dayanıklılık deney sonucunda don kaybı değerleri Asya Bej için %0,4, King Brown için %0,5 ve Forest Grey için %0,3 bulunmuştur. TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak mermerlerin, don kaybı değerinin %1'den küçük olması gerekmektedir. Bulunan değerler bu standardı sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama basma dayanımı 86,32 MPa ile 88,97 arasında bulunarak Deere ve Miller 1966'ya göre orta dirençli kaya sınıfında yer aldığı görölmektedir. Bulunan bu değer, TS 2513, TS 1910 ve TS10449'a göre sınır değeri (> 50MPa) sağlamaktadır.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri ortalama nokta yük dayanımları 4,07 ile 5,47 MPa arasında bulunarak Bieniawski 1975'e göre orta dirençli kaya sınıfında bulunduğu görölmektedir.

Asya Bej, King Brown ve Forest Grey mermerleri için TS 1910'a göre tek eksenli basınç direnci (> 50MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci (> 50 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (< 15) sınır değerlerini taşıdığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Konya Kulu Bölgesinden Alınan Numunelerinin, kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci sınır değerine sahip değildir.

TS 2513'e göre tek eksenli basınç direnci (> 50MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci (> 50 kgfcm/cm<sup>3</sup>) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (< 15) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı (> 6) sınır değerini taşıdığı

belirlenmiştir. Konya Kulu Bölgesi numunelerinin, doğal kayaçların sahip olmaları gereken mekanik özelliklerden sadece eğilme direnci, sınır değerini taşımadığı belirlenmiştir.

TS 10449'a göre tek eksenli basınç direnci (döşeme için) ( $> 50\text{MPa}$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $>30$ ) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci ( $> 60$ ) sınır değerini taşımadığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (döşeme için) ( $< 15$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $< 25$ ) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı (döşeme için) ( $> 6$ ) sınır değerini taşıdığı ve (kaplama için) ( $> 4$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre tek eksenli basınç direnci ( $> 52$  MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direncinin ( $> 70 \text{ kg/cm}^2$ ) sınır değerini taşımadığı, ve böhme yüzeysel aşınma direnci ( $< 10 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ) sınır değerini taşıdığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda Konya Kulu bölgesinden alınan numunelerin fiziko-mekanik deneyleri sonucunda standartlar karşılaştırılması yapılmış, Standard değerleri sağladığı görülmüştür. Dolayısıyla bu mermerlerin doğal yapı taşı olarak inşaat işlerinde yüzey ve kaplama taşı olarak, kireç ve çimento üretiminde ham madde olarak, yapılan deneyleri sonucunda elde edilen değerlerin, TS 706 EN 12620 "Beton Agregaları"nda aranan özelliklere uygun olduğundan, bu kireçtaşlarının beton agregası olarak da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ocak bölgelerinin bulunduğu jeolojik ve tektonik konumlarına göre bölgedeki kireçtaşlarının büyük boyutlarda blok verebilme özelliğinin olduğu gözlenmiş, kesilebilir ve parlatılabilir olması ve tüm belirlenmiş standartları sağlaması sebebiyle mermer sektöründe kullanılabilecek özellikte olduğu görülmüştür.



## KAYNAKLAR

- AKÇAKOCA ve arkadaşları (2003), bazı mermer türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin
- ALTINÇİÇEK (2001), yaptığı çalışmada; mermer ocağı açımında dikkat edilmesi gereken temel kriterleri hukuki kriterler, jeolojik kriterler, ekonomik kriterler ve ocak planlaması olarak sunmuştur.
- ARIOĞLU, E., BİLGİN, N., 1978. Nokta Yük Deneyi ve Uygulaması, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 26, Sayı2, s: 21-26.
- ASAN, Kürşat ve KURT, Hüseyin, 2008 ; Kulu Karacadağ Volkanitlerinin Ar<sub>40</sub> ve Ar<sub>39</sub> Jeokronolojisi, Orta Anadolu., Hacettepe Üniversitesi.
- AYDIN (2009), Uluslararası pazarlamanın mevsimsel dalgalanmaları önlemedeki etkisi üzerine bir araştırma.
- BERETKA, J. ve MATHEW, P.J., 1985. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. Health Phys 48:87–95
- BIENIAWSKI, Z.T., 1975. The Point-Load Test in Geotechnical Practice. Engineering Geology 9: M 1pp. BİLGİN, E., 2004. Karakılıç Köyü Kireçtaşı Mermerlerinin Teknomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ç.Ü.
- ÇAVUMİRZA, M., KILIÇ, Ö., ANIL, M., 2003. Mucur (Kırşehir) Yöresi Kireçtaşı Mermerleri ve Travertenlerinin Fiziko - Mekanik Özellikleri. Türkiye IV. Mermer ve Doğal taş Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı, s: 117–126.
- ÇINAR, B. 2007. Osmaniye Çağşak Amanos Kırmızı Mermerlerinin Fiziko-mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ÇİFTEPALA, M., KILIÇ, Ö., ANIL, M., 2003. Meşe bağları (Toplu köy-Çermik-Diyarbakır) Kireçtaşı Mermerlerinin Fiziko Mekanik Özellikleri. Türkiye IV. Mermer ve Doğal taş Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı, s: 221–230.
- DEERE, D.U., and MİLLER, R.P., 1966. Engineering Classifications and Index Properties For Intact Rock. Air Force Weapons Laboratory Technical Report, Volume I-II, Leonard Hill, pp.270.

- D.P.T, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Ankara, 3: 1–50.
- EL-ARABI, A.M., 2005. Natural radioactivity in sand used in thermal therapy at the Red Sea Coast. J. Environ Radioact 81:11–19
- ERSOY, H.T., 1991. Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği. H.H.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek lisans Tezi, Ankara
- ERTÜRK (1996), yaptığı çalışmada Afyon-İscehisar Bölgesindeki mermer yataklarına en uygun olabilecek işletme yöntemini.
- EUROPEAN COMMISSION REPORT, 1999. Avrupa Komisyonu'nun "Radiation Protection 112 (Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials). 1999.
- GÜNDÜZ, L., 1995. Dekoratif Taş Endüstrisinde Granit. D.E.Ü. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu'95, Nisan, İzmir.
- GÜRCAN (2011), Metamorfik kökenli mermerlerin parlatılmasında mineralojik ve petrografik özelliklerin etkisinin
- HIGGY, R.H. ve PIMIL, M., 1998. Natural and Man-Made Radioactivity ins Soils and Plants around the Research of Inshass, Applied Radiation Isotopes, 49, 1709-1712.
- IQBAL, M., TUFAIL, M. ve MIRZA, S. M., 2000. Measurement of natural radioactivity in marble found in Pakistan using a NaI (TI) gamma-ray spectrometer. J. Environ. Radioact. 51, 255–265
- JENKIS, R., GOULD, R. W. And GEDCKE, D., 1995. Quantitive X-Ray Spectrometry, 2. Edition, New York Marcel Dekker.
- GORDILLO, J.R., PEREZ, M.P.S., 2005. Effects of Thermal Changes on Macael Marble: Experimental Study. Construction and Building Materials.
- KAHRAMAN, S., 2002. Estimating the P-Wave Velocity Value of intact Rock From İndirect Laboratuary Measurements, International Journal of Rock Mechanics and Minig Sciences 39: 723-728.
- KARAKUŞ, A., 1999. Diyarbakır Yöresinde İşletilebilir Nitelikteki Mermerlerin Kesilebilirlik Parametreleri. Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

- KILINÇ (2005), Mermer ocak işletmeleri için büyük önem taşıyan, ancak ülkemizde zaman ve finans açısından yük getireceği endişesi ile pek dikkate alınmayan ocak tasarımı, üretim planlaması ve fizibilite etüt konuları.
- KIZILAĞAÇLI (1988) Dünya’da ve Türkiye’de uygulanan mermerin üretim teknolojileri.
- KOÇU, N., 2006. Doğal Taşların Duvarlarda Yapı Malzemesi Olarak Kullanılması, Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Deney Yöntemleri. 30. Yıl Fikret Kutman Jeoloji Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- KÖKTÜRK, 2002 Mermerlerin jeolojik oluşum bakımından sınıflandırılması.
- KRIEGER, R., 1981. Radioactivity of construction materials. Betonwerk Fertigteil Technol. 47, 468.
- KUN (2000), Mermerin Jeolojisi ve Teknolojisi üzerine yaptığı çalışmasında, Mermerin tanımı, sınıflanması, oluşumu, ilgili özellikleri ve mermer ocaklarından çıkarılışı, işlenmesi ve mamul haline getirilmesi aşamaları.
- KUN, M., ONARGAN T., 2004. Granit ve Granodiorit Türü Kayaçların Shore Sertlik İndeks Değerinin Mineral ve Kayaç Bazında Değişiminin İncelenmesi ve Fizikomekanik İle İlişkilerinin İstatistiksel Analizi. Mermer, Doğal Taş Sektörünün Dergisi, Sayı: 41, s: 22–28.
- KURTÇU, Hasan 2010, Babadat (Sivrihisar-Eskişehir) Mermerlerinin Jeolojik, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri. Ç.Ü. Maden Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Adana
- KUŞÇU, M., 1990 Belence (Eğridir-Isparta) Siyah Mermer Yataklarının Ekonomik Jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği. s:36, II–17, 1990.
- LAÇINBALA, N., 2004. Ceyhan Beji Mermerlerinin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana
- M.T.A. (1966), Türkiye Mermer Envanteri. M.T.A. Yayını, Yayın No: 134, Ankara.
- McFEAT.S. — TARKOY, P.J., 1979, Assessment of Tunnel Boring Machine Performance. Tunnels and Tunnelling, December, pp.33—37

- ONARGAN, T. & KÖSE, H., (1997); “MERMER”, (Geliştirilmiş II.Baskı), Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, Yayın No: 220, İZMİR.
- ONARGAN, T., KÖSE, H., DELİORMANLI, A., 2005. Mermer. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 324s.
- ÖZSAYIN, Erman 2007; İnönü-Eskişehir Fay Sistemi, Yeniceoba- Cihanbeyli, Hacettepe Üniversitesi.Jeoloji Mühendisliği.
- SKOOG, D., A., HOLLER, F., J., AND NIEMAN, T. A., 1998. Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Harcourt Brace College Publishers, USA.
- ŞENTÜRK, A., GÜNDÜZ, L., SARIŞIK, A., 1995. Yapı Taşı Olarak Kullanılan Endüstriyel Kayaçlara Teknik Bir Bakış. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu 21-22 Nisan 1995, s: 333-334.
- ŞENTÜRK, A., GÜNDÜZ, L., TOSUN, Y., SARIŞIK, A., 1996. Mermer Teknolojisi. Tuğra Ofset, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta.
- TARHAN, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri. Genel Yayın No:145, KTÜ, Trabzon.
- TOMBUL (1992), Dümrek (Sivrihisar) mermer yatağının jeoteknik ve jeomekanik özelliklerini
- T.S.E., 1977. TS 1910 Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, Ankara.
- T.S.E., 1977. TS 2513 Doğal Yapı Taşları, Ankara.
- T.S.E., 1987. TS 699 Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları. Ocak 1987, Ankara.
- T.S.E., 1992. TS 10449 Mermer- Kalsiyum Karbonata Esaslı- Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan. Kasım 1992, Ankara.
- T.S.E., 1999. TS EN 1367-1 Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler – Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direnç Tayini, Ankara

- TÜDEŞ, Ş., BULUT, F., YALÇINALP, B., 1991. İkizdere (Rize) Yöresindeki Granitik Kayaçların Mermer Olarak Kullanılabilirliği. Jeoloji Mühendisliği, 47, 17, 1991, Trabzon..
- TÜRKMENOĞLU, Z.F., 2007. Yapı Taşı Olarak Kullanılan Bazı Kayaçların Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- UNSCEAR, 1993. United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation) Sources Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations, New York.
- UNSCEAR, 2000. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations, New York
- UVEIGA, R., SANCHES, N., ANJOS, RM., MACARIO, K., BASTOS, J., IGUATEMY, M., AGUIAR, JG., SANTOS, AMA., MOSQUERA, B., CARVALHO, C., BAPTISTA, F. M, ve UMISED, NK. , 2006. Measurement of natural radioactivity in Brazilian beach sands. Radiat. Meas 41:189–196
- UZ B., 1990, Granit - Mermer, Mermer Dergisi, Sayı 12, Eylül-Ekim Sİ8-19.
- UZ ve BACAK (2008), Beyceköy (Bilecik) kireçtaşlarının jeolojik, petrografik, fiziko-mekanik özellikleri ve mermer olarak değerlendirilebilirliği.
- YANG, Y., WU, X., JIANG, Z., WANG, W., LU, J., LIN, J., WANG, L. ve HSIA, Y., 2005. Radioactivity concentrations in soils of the Xiazhuang granite area. Applied Radiation and Isotopes, volume 63, pp.255-259.
- YEŞİLYURT (1989), Emiç'ce (Ankara-Haymana) bölgesi mermerinin mühendislik ve teknolojik özellikleri
- YILMAZ, H., SAFEL, R., 2004. Mermer Sektörü. Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. İktisadi Araştırmalar ve Mevzuat Yönetmeliği. Sektör Araştırmaları Serisi No:31.

[http://www.maden.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=120&tipi=5&sube=0](http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=120&tipi=5&sube=0) (erişim tarihi: 10 19 Mart 2010)

<http://www.immib.org.tr/tr/birliklerimiz-istanbul-maden-ihracatcileri-birligi-istanbul-maden-ihracatcileri-birligi.html> (erişim tarihi: 2010- 2011)

<http://www.mfa.gov.tr/turkiye-ab-iliskileri.tr.mfa> (erişim tarihi: Ocak 2012 )

<http://www.aku.edu.tr/AKU/DosyaYonetimi/MADENMUH/dogaltaslab/endhiz.html> (erişim tarihi: Ocak 2012 )

<http://www.belgeler.com/blg/6ta/ihrac-urunlerinde-avrupa-birligi-standartlari> (erişim tarihi: Aralık 2011 )

<http://www.yok.gov.tr/content/view/59/111/lang,tr/> Ulusal Tez Tarama Merkezi

<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=mermer&bn=230&hn=230&nm=390&id=395> (erişim tarihi: 2010- 2011-2012 )

<http://www.tim.org.tr/tr/> İhracat rakamları, (erişim tarihi : 2011)

İMMİB (İstanbul Maden ve Metaller İhracatçı Birlikleri), 2011; Çalışma Raporu, 14-17.

## **ÖZGEÇMİŞ**

26.11.1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sarıyer İlköğretim Okulunda, Lise öğrenimini Özdemir Sabancı Emirgan Lisesinde tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2008 yılı Haziran ayında mezun oldu. 2008 Temmuz ayından itibaren Madencilik sektöründe çalışmaya devam etmektedir. 2009 eğitim yılı Şubat döneminde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında başladığı Yüksek Lisans öğrenimine halen devam etmektedir.