

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ziya ALTAŞ

**ÜÇTEPELER (BÜNYAN-KAYSERİ) TRAVERTEN OCAĞININ
İNCELENMESİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜÇTEPELER (BÜNYAN-KAYSERİ) TRAVERTEN OCAĞININ
İNCELENMESİ**

Ziya ALTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez/...../..... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza:.....

Doç. Dr. Ergül YAŞAR
DANIŞMAN

İmza:.....

Doç. Dr. Alaettin KILIÇ
ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Suphi URAL
ÜYE

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ
ÜYE

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. Altay ACAR
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr.Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından Desteklenmiştir.**

Proje No: MMF2005YL1

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

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÜÇTEPELER (BÜNYAN-KAYSERİ) TRAVERTEN OCAĞININ
İNCELENMESİ**

Ziya ALTAŞ

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

Danışman :Doç. Dr. Ergül YAŞAR

Yıl: 2006, **Sayfa:** 71

Jüri :Doç. Dr. Ergül Yaşar
Doç. Dr. Alaettin Kılıç
Doç. Dr. Suphi Ural
Yrd. Doç. Dr. Ahmet M. Kılıç
Yrd. Doç. Dr. İ. Altay Acar

Bu çalışmada, Kayseri (Bünyan) yöresi travertenlerinin tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kayseri ili Melikgazi ilçesi, Büyük Bürüngüz Köyü'nde bulunan Nurdal Mermer Madencilik Ltd. Şti.'ne ait olan traverten ocağı incelenmiştir.

Çalışma sahasından alınan traverten numuneleri üzerinde, Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya ve Zemin Mekaniği laboratuvarlarında deneyler gerçekleştirilerek tekno-mekanik özellikler belirlenmiştir. Bu deneyler sonucunda, mekanik özelliklerden eğilme dayanımı $82,02 \text{ kg/cm}^2$, darbe dayanımı $7,40 \text{ kgcm/cm}^3$, tek eksenli basınç dayanımı $378,10 \text{ kg/cm}^2$, aşınma dayanımı $6,31 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur. Birim hacim ağırlığı $2,29 \text{ gr/cm}^3$, ağırlıkça su emme oranı % 2,60, görünür porozitesi % 6,31, doluluk oranı % 88 ve Shore seleroskop sertliği 44,14 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Traverten, Tekno-Mekanik, Mermer Üretimi, Kalite Kontrolü

ABSTRACT

MSc. THESIS

INVESTIGATION OF ÜÇTEPELER (BÜNYAN-KAYSERİ) TRAVERTINE QUARRY

Ziya ALTAŞ

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

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ergül YAŞAR

Year: 2006, **Pages:** 71

Jury : Assoc. Prof. Dr. Ergül Yaşar
Assoc. Prof. Dr. Alaettin Kılıç
Assoc. Prof. Dr. Suphi Ural
Assist. Prof. Dr. Ahmet M. Kılıç
Assist. Prof. Dr. İ. Altay Acar

This study interest in determining of tecno-mechanical properties of Kayseri marbles. In this intention, Nurdal Marble Mining Company's quarry that are present Kayseri city were investigated.

The samples taken from the marbles quarry were used for some experiments had been realized at the Rock Mechanic and Soil Mechanic Laboratory of Çukurova University Mining Engineering Department. Also techno-mechanical properties were determined. At the results of these tests, Kayseri travertine's bending strength 82,02 kg/cm², stroke strength 7,40 kgcm/cm³, unconfined compression strength 378,10 kg/cm² values have determined. Density, water absorption, ratio, porosity, void ratio and shore scheleroscope strength values have determined 2,29 kg/cm², 2,6 %, 6,31 %, 88 % and 44,14 respectively.

Key words; Travertine, Tecno-Mechanical, Marble Product, Quality Control

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans çalışması olarak yapılmış ve Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MMF2005YL1 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu projeyi destekleyen Çukurova üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Çalışmanın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve çalışmanın tamamlanmasında büyük pay sahibi olan hocam Doç.Dr. Ergül YAŞAR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli katkılarından dolayı Araştırma Görevlisi Yasin ERDOĞAN’a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3.MERMERLERİN SINIFLANDIRILMASI VE ÜRETİM-İŞLEME.....	
TEKNİKLERİ.....	6
3.1. Mermerin Tanımı.....	6
3.1.1. Sedimanter Tip Mermerler.....	6
3.1.2. Başkalaşım Tipi Mermerler.....	7
3.1.3. Çökeltme Tipi Mermerler (Traverten ve Oniksler).....	7
3.1.3.1. Travertenler.....	7
3.1.3.2. Oniksler.....	8
3.1.4. Mağmatik Kökenli Mermerler.....	9
3.2. Doğal Yapıtaşlarının Kullanım Alanları ve Kullanılan Standartlar.....	9
3.3. Mermer Üretim Yöntemleri.....	11
3.3.1. Açık Ocak Mermer Üretim Yöntemleri.....	12
3.3.1.1. Helezon Tel Kesme Yöntemi.....	13
3.3.1.1.(1). Tahrik Kuvveti.....	14
3.3.1.1.(2). Delme Makinaları.....	14
3.3.1.1.(3). Çelik Tel Halat.....	15
3.3.1.1.(4). Makaralar	15
3.3.1.1.(4).(a). Yardımcı ve İstinat Makaraları.....	15
3.3.1.1.(4).(b). Kılavuz Makaraları	15
3.3.1.2. Elmas Tel Kesme Yöntemi.....	16
3.3.1.2.(1). Elmas Tel Kesme Makinaları Kullanımında	

Bazı Önemli Hususlar	18
3.3.1.2.(2). Elmas Telle Kesimin Planlanması.....	18
3.3.1.2.(3). Tel Kesme Makinesinin Kesme Pozisyonu	18
3.3.1.2.(4). Kesme Süratinin Ayarlanması.....	19
3.3.1.2.(5). Yardımcı Yönlendirici Makara Kullanımı.....	20
3.3.1.3. Zincirli Kesicilerle Üretim.....	21
3.3.1.4. Termal Şok Yöntemi.....	23
3.3.1.5. Basınçlı Su Yöntemi.....	24
3.3.1.6. Karma Üretim Yöntemleri	24
3.4. Mermer İşleme Makinaları.....	25
3.4.1. Katrak.....	25
3.4.1.1. Kumlu Katrakla Kesme.....	25
3.4.1.2. Elmas Lamalı Katrakla Kesme.....	26
3.4.1.1.(3). Tek Lamalı (monolama) Kesme Makinesi.....	27
3.4.1.2. ST (Diskli Blok Kesme) Makinaları.....	27
3.7.1.2.(1). Tek Ayaklı ST.....	27
3.7.1.2.(2). Çift Ayaklı ST.....	27
3.7.1.2.(3). Dört Ayaklı ST.....	28
3.7.1.2.(4). ST'nin Avantajları.....	29
3.7.1.3. Köprü Kesme Makinesi.....	30
3.7.1.4. Dikey ve Yatay Yarma Makinaları.....	30
3.7.1.5. Kafa Kesme Makinesi.....	31
3.7.1.6. Yan Kesme Makinesi (Levha Ebatlayıcı).....	32
3.7.1.7. Pah Makinaları.....	33
3.7.1.8. Ebatlama Makinaları.....	34
3.7.1.9. Lazer Işını ile Kesme.....	35
3.7.1.10. Termal Ok ile Kesme.....	35
3.7.1.11. Su Jeti ile Kesme.....	36
4. MATERYAL ve METOD.....	37
4.1. Materyal	37
4.1.1. Ocak Hakkında Genel Bilgiler.....	37

4.1.1.1. Ocağın Coğrafik Konumu.....	37
4.1.1.2. Çalışma Sahasının Jeolojisi.....	38
4.1.1.3. Bölge İklimi.....	39
4.1.1.4. İşletme Yöntemi	39
4.2. Metod.....	41
4.3. Mermerlerin Tekno-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	
İçin Yapılan Deneyler.....	42
4.3.1. Mermerlerin Fiziksel Özellikleri.....	42
4.3.1.1. Özgül Ağırlık Tayini.....	43
4.3.1.2. Birim Hacim Ağırlığı, Ağırlıkça Su Emme Oranı Tayini.....	43
4.3.1.3. Görünür Porozite, Doluluk Oranı, Gerçek Porozite.....	44
4.3.1.4. Sertlik, Kesilebilirlik ve Cila Alabilme.....	45
4.3.2. Mekanik Özellikler.....	46
4.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	46
4.3.2.2. Çekme Dayanımı.....	47
4.3.2.3. Darbe Dayanımı.....	49
4.3.2.4. Nokta Yük Dayanım Deneyi.....	49
4.3.2.5. Sonik Hız Deneyi.....	50
4.3.2.6. Eğilme Dayanım Deneyi.....	51
4.3.2.7. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı Deneyi (Böhme Deneyi).....	51
4.3.3. Mermerlerin Kimyasal Özellikleri.....	52
4.3.3.1. Kimyasal Bileşim.....	52
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	54
5.1. Kimyasal Özellikler.....	54
5.2. Fiziksel Özellikler.....	54
5.2.1. Birim Hacim Ağırlığı.....	54
5.2.2. Ağırlıkça Su Emme Oranı.....	55
5.2.3. Görünür Porozite.....	56
5.2.4. Shore Selereskop Sertliği.....	56
5.3. Mekanik Özellikler.....	57
5.3.1. Eğilme Dayanımı.....	57

5.3.2. Darbe Dayanımı.....	57
5.3.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	58
5.3.4. Nokta Yüğü Dayanımı.....	59
5.3.5. Aşınma Dayanımı.....	59
5.3.6. Sonik Hız Deneyi.....	61
5.3.7. Schmidt Deneyi.....	60
5.4. Tekno-Mekanik Özelliklerin Grafıksel Gösterimi.....	60
5.4.1. Fizıksel Özelliklerin Grafıksel Gösterimi.....	61
5.4.2. Mekanik Özelliklerin Grafıksel Gösterimi.....	63
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	71

Çizelge 3.1. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Kayaçların Sahip Olmaları	
Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Sınır Değerleri	11
Çizelge 4.1. Mohs sertlik sınıflaması	45
Çizelge 5.1. Kayseri nocte traverteninin kimyasal analiz sonuçları	54
Çizelge 5.2. Kayseri nocte traverteninin birim hacim ağırlığı	55
Çizelge 5.3. Kayseri nocte traverteninin ağırlıkça su emme oranı	55
Çizelge 5.4. Kayseri nocte traverteninin görünür porozitesi	56
Çizelge 5.5. Kayseri nocte traverteninin shore selereskop sertliği.....	56
Çizelge 5.6. Kayseri nocte traverteninin eğilme dayanımı	57
Çizelge 5.7. Kayseri nocte traverteninin darbe dayanımı	58
Çizelge 5.8. Kayseri nocte traverteninin tek eksenli basınç dayanımı	58
Çizelge 5.9. Kayseri nocte traverteninin nokta yükü dayanımı.....	59
Çizelge 5.10. Kayseri nocte traverteninin aşınma dayanımı	59
Çizelge 5.11. Kayseri nocte traverteninin sonik hız değeri	60
Çizelge 5.12. Kayseri nocte traverteninin schmidt sertliği	60

Şekil 3.1. Elmas Tel	17
Şekil 3.2. Dört Ayaklı ST.....	29
Şekil 3.3. Yatay Yarma Makinesi	31
Şekil 3.4. Kafa kesme makinesi	32
Şekil 3.5. Pah kırma makinesi	34
Şekil 3.6. Ebatlama makinesi.....	35
Şekil 4.1. Nurdal Mermer Ocağı Yer Bulduru Haritası.....	38
Şekil 4.2. Ocağın genel görünümü	40
Şekil 4.3. Ocakta kesilen blokların genel görünümü	40
Şekil 4.4. Ocak aynasının genel görünümü	41
Şekil 5.1. Kayseri Noce Traverteninin Birim Hacim Ağırlığı'nın	
Grafiksel Gösterimi	61
Şekil 5.2. Kayseri Noce Traverteninin Su Emme Oranı Grafiksel Gösterimi....	61
Şekil 5.3. Kayseri Noce Traverteninin Görünür Porozitenin Grafiksel Gösterimi.	62
Şekil 5.4. Kayseri Noce Traverteninin Shore Scleroskop Sertliği'nin.....	
Grafiksel Gösterimi.....	62
Şekil 5.5. Kayseri Noce Traverteninin Schmidt Sertliği'nin Grafiksel Gösterimi..	63
Şekil 5.6. Kayseri Noce Traverteninin Eğilme Dayanımının Grafiksel Gösterimi.	63
Şekil 5.7. Kayseri Noce Traverteninin Darbe Dayanımının Grafiksel Gösterimi ..	64
Şekil 5.8. Kayseri Noce Traverteninin Tek Eksenli Basınç Dayanımının.....	
Grafiksel Gösterimi	64
Şekil 5.9. Kayseri Noce Traverteninin Nokta Yük Dayanımının.....	
Grafiksel Gösterimi	65
Şekil 5.10. Kayseri Noce Traverteninin Aşınma Dayanımının.....	
Grafiksel Gösterimi	65
Şekil 5.11. Kayseri Noce Traverteninin Sonik Hız Grafiksel Gösterimi	66

1. GİRİŞ

İlk çağlardan beri insanlar yapı, konut ve yaşadıkları diğer yerleri doğal taşlardan yapmaya özen göstermişlerdir. Zamanla, yaşam seviyeleri yükselen toplumların, güzel görünüşlü ve dayanıklı olması nedeniyle doğal taşları tercih etmeleri, bu ürünü zenginliğin ve refahın sembolü haline getirmiştir. Gelişen endüstri ve teknolojiye paralel olarak doğal taşların kullanımının artması da bunu göstermektedir.

Anadolu'da doğal taşların, bunların içinde de özellikle mermerciliğin tarihi ilkçağa kadar uzanmaktadır. Ülkemizdeki mermer yatakları, Anadolu yarımadasını yurt edinen bütün uygarlıklar tarafından işletilmiştir. Etiler devrinin kabartma ve heykelleri, eski Yunan ve Roma devrinin amfileri, arenaları ve diğer çeşitli sanat eserleri, Selçuklular ve Osmanlı devrinin saray, hamam, kervansaray, cami ve medreseleri, minareleri, çeşmeleri, ülkemizde mermer işlemeciliğinin tarihsel gelişimini oldukça güzel sergilemektedir.

2000 yıl önce Marmara adasında başlayan antik mermer işlemeciliğinden dolayı adını Marmara adasından alan mermer, son yıllarda gerçekleştirdiği hızlı gelişmeye paralel olarak sağladığı istihdam, yarattığı katma değer ve kazandırdığı yüz milyonlarca dolarlık ihracat geliriyle madencilik sektörünün lokomotifi olmuştur.

Mermercilikte kalite anlayışı her devirde olmuş ve günümüzde daha detaylı ve farklı yönlerde daha da genişlemiştir. Mermerlerin kullanıldığı yer ve amaca uygunluk derecesi, fiziksel durumu, renk, desen ve tekno-mekanik özellikleri bakımından yeterli derecede tanımlanabilmesi ile bu yöndeki çabaları kolaylaştıracağı görüşü ağırlık kazanmıştır. Mermerlerin bu özelliklerinin en iyi şekilde belirlenmesi ve standartlar dâhilinde kullanıma uygun hale getirilmesi mermerin hem kalitesini, hem de ekonomik değerini arttırmaktadır. Buna paralel olarak da, yurt içi ve yurt dışında daha iyi pazar imkânlarını arttırmaktadır.

Mermer, tarih boyunca değişik uygarlıklar tarafından dayanıklılığı ve estetik görünümü nedeni ile özellikle anıtlarda, görkemli yapı malzemesi olarak kullanılmış olup; günümüzde genellikle zemin döşeme (% 36), iç (% 14) ve dış cephe kaplama (% 10) malzemesi olarak inşaat sektöründe, mezarlıkta (% 11) ve süs eşyası (% 8)

yapımında kullanılmaktadır. Bunların dışında fabrika ve atölyelerdeki yüksek CaCO_3 bileşimli artıklar öğütülerek boya, seramik, soda, kostik, şeker, yem, suni gübre sanayilerinde değerlendirilmektedir (TÜMMER, 2004).

Mermer en çok inşaat sektöründe kullanıldığından, bu sektördeki gelişmeler mermere olan talebi artırmıştır. Son on yıl içinde sürekli gelişme gösteren mermer talebine ülkemizin Marmara, Ege ve Akdeniz bölgesinde yer alan turistik yatırımları neden olmaktadır.

Mermercilikte ileri düzeye ulaşmış ülkeler, mermer ve mermer ürünlerinin tanıtımı sırasında, tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesine büyük önem vermektedirler. Ülkemizde ise bu konudaki çalışmalar yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bu bakımdan mermerlerimizin tüm özelliklerinin belirlenmesi mermercilik sektörünün gelişmesi için büyük önem arz etmektedir.

Yapılan bu çalışmada Nurdal Mermer Madencilik şirketine ait olan Noce traverten ocağının tekno-mekanik özellikleri belirlenerek TSE standartlarına uygun olup olmadığı ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle çalışma yapılan ocak sahasından çeşitli örnekler alınarak tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuvarlarında çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ersoy, (1991) yılında Konya-Ladik mermerlerinin jeomekanik özellikleri ve işletmeciliği konulu bir çalışma yapmış ve bu yörede yer alan gri-beyaz renklerdeki iki mermer örneğinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemiş ve sınıflandırmıştır. Ersoy, bu çalışma sonucunda Ladik yöresindeki mermerlerin iç ve dış duvar kaplaması, tezgah, özel iç dekorasyon malzemesi olarak kullanılabileceğini, fakat sürtünme ile aşınma oranının yüksek olması nedeniyle kristal boyutlarına göre orta kristalli mermerler boyutuna girdiklerini saptamıştır. Daha sonra mermer işletme yöntemi olarak elmaslı tel testere yöntemi ile üretimi önermiştir.

Çavumirza ve ark. (2002), Mucur-Kırşehir yöresi mermerlerinin jeomekanik ve teknolojik özelliklerini incelediği çalışmada, Mucur-Kırşehir'de bulunan Bademler Otomotiv Mermer Tic. San. A.Ş. mermer ocağı ve mermer fabrikasını incelemiştir. Deneyler sonucunda Mucur Beji ve Mucur Traverteninin sırası ile eğilme dayanımını $213,967 \text{ kg/cm}^2$ ve $247,338 \text{ kg/cm}^2$, darbe dayanımını $3,3 \text{ kg.cm/cm}^3$ ve 8 kg.cm/cm^3 , tek eksenli basınç dayanımı 904 kg/cm^2 ve 492 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Birim hacim ağırlığını $2,7 \text{ gr/cm}^3$ ve $2,37 \text{ gr/cm}^3$, ağırlıkça su emme oranını % 2 ve % 1,4, görünür porozitesini %0,54 ve % 3,318, doluluk oranını % 99 ve % 87, Shore Selereskop sertliğini 55 ve 54 olarak bulmuştur.

ÇiftePala (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 $2,608-2,614 \text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı $2,696-2,698 \text{ gr/cm}^3$, Shore selereskop serliğini 47-54, eğilme dayanımını $214-242 \text{ kg/cm}^2$ ve basınç dayanımını $98-116 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlemiştir.

Ertürk (1996), yaptığı çalışmada Afyon-İscehisar Bölgesindeki mermer yataklarına en uygun olabilecek işletme yöntemini saptamış ve buradaki mermerlerin çeşitli özelliklerinin tayini amacı ile yapılan ayrıntılı laboratuvar ve arazi çalışmalarını ele almıştır. Mermerlerin ülkemizde ve dünyadaki durumu, geleceği ve potansiyeli

başta olmak üzere mermerler ile ilgili olarak derlenen ayrıntılı bilgiler vermiştir. İncelemiş olduğu sahadaki mermerlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini saptamak amacıyla numuneler almış ve bir dizi deneyler yapmıştır. Bu deneyler sonucunda sahadaki mermerlerin renk, kristal boyutu ve kullanım alanlarına göre sınıflandırma yapmıştır.

Gök (2004), Bucak (Kozan) mermerlerinin fiziksel ve jeomekanik özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda Bucak (Kozan) mermerlerinin sırası ile tek eksenli basınç dayanımı $71,90 \text{ kg/cm}^2$ kaba yoğunluğu $2,72 \text{ gr/cm}^3$, gerçek yoğunluğu $2,74 \text{ gr/cm}^3$, ağırlıkça su emme oranını %0,09, görünür porozitesini %0,63, doluluk oranını % 99,37, Shore Scleroskop sertliğini 66,35 olarak bulmuştur.

Akçakoca ve ark., (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 mermer birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek değerlendirilmiş ve daha sonra elde edilen bu değerler TSE 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 TSE 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 kullanılabilecek özellikler taşımamakta, sadece duvar kaplaması olarak kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Coşkun (2004), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Çevikler Madencilik (Kayseri) mermer ocakları travertenlerinin fiziko-mekanik özellikleri kesilebilirlik ilişkisinin araştırılması ile ilgili çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu çalışmada Kayseri Pınarbaşı ve Sivas Yıldızeli ilçelerinde bulunan farklı özellikteki travertenlerin kesilme işlemleri sonucu oluşan spesifik enerjilerinin, fiziko-mekanik özellikleriyle olan ilişkisini incelemiştir. Çalışmada traverten blokları ST ve ktrak tipi makinelerle

kesilmiş ve kesilme işlemi sonucu ortaya çıkan spesifik enerjileri hesaplamıştır. Daha sonraki aşamada ise spesifik enerjileri belirlemede kullanılan örneklerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiştir. Son aşamada ise kesme işlemi sonucu oluşan spesifik enerji ile fiziko-mekanik özellikler arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Elde edilen değerlere göre değerlendirme yaparak hesaplanan spesifik enerjinin travertenlerin fiziksel özellikleri ile olan ilişkisini değerlendirmiş ve Sonik hız dışında çok yüksek oranda bir ilişki olduğunu saptamıştır. Aynı şekilde mekanik özelliklerde de aynı durumun söz konusu olduğunu saptamıştır.

Tonçer (2005), yapmış olduğu doktora tezinde Diyarbakır Hani yöresindeki mermer ocaklarının blok alma olanakları, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri açısından değerlendirilmesini incelemiştir. Çalışmasında sahanın tüm özelliklerini temsil eden farklı ocaklardan alınan numuneler üzerinde ISMR ve TS 699'a göre deneyler yapmış ve bu mermerlerin fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik özelliklerini araştırmıştır. Deney sonuçlarını TSE ve ASTM standartlarına göre yorumlamıştır. Hesaplanan değerlerin birbirine yakın olduklarını gözlemlemiştir. Buna göre Diyarbakır-Hani mermerlerinin izotropik özelliğe sahip olduğunu vurgulamıştır. TS 69 standartlarına göre yapılan deneyler sonucunda sahip olması gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin birçoğunun sınır değerlerine sahip olduğunu gözlemlemiştir.

3. MERMERİN SINIFLAMASI VE ÜRETİM-İŞLEME TEKNİKLERİ**3.1. Mermerin Tanımı**

Mermer, kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CaCO}_3)_2$) ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak, yeniden kristalleşmesi sonucunda oluşan metamorfik kayaç olarak tanımlanmaktadır.

Ticari ve endüstriyel anlamda ise mermer tanımlaması çok geniş bir anlam taşımaktadır. Blok verebilen, kesilerek parlatılıp cilalanabilen, dayanıklı ve göze hoş gelen her türlü kayaç (mağmatik, metamorfik, Sedimanter) mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Bununla beraber mermerlerin değerlendirilmesinde jeolojik, mineralojik, yapısal ve jeolojik unsurlar ile teknolojik özellikler etkilidir (Görgülü, 1994).

Günümüzde mermerler ve mermer kabul edilen taşları dört ana grupta toplamak mümkündür.

- I. Sedimanter tip mermerler,
- II. Başkalaşım tipi mermerler,
- III. Çökelme tipi mermerler (traverten ve oniks),
- IV. Mağmatik kökenli mermerler.

3.1.1. Sedimanter Tip Mermerler

Kalkerler, kireçtaşları, tektonik breşler ve pudingler Sedimanter tip mermerler grubuna girmektedir.

Kalkerler, kimyasal çökelme ve kalkerli organik atıkların çökmesi sonucu oluşmaktadır. Bileşiminde %90'dan fazla kalsiyum karbonat (CaCO_3) bulunduran kütlelere genel olarak kalker adı verilmektedir. Kimyasal bileşiminde %10'dan fazla MgCO_3 bulunana kalkerlere dolomitik kalkerler adı verilmektedir. Kalkerlerin içinde kalsiyum karbonat genellikle şekilsiz olmaktadır. Ayrıca yapılarında grafit, kil, demir, manganez ve çeşitli mineral oksitler bulunabilmektedir. Bazı cinslerinde fosillere de rastlanır. Hakiki mermerlerde fosillere rastlamak mümkün olmaz. Kalkerler bileşimindeki ikincil maddelere, dokularına, görünümlere ve içindeki fosillere göre isimlendirilmektedirler. (Görgülü, 1994)

3.1.2. Başkalaşım Tipi Mermerler

Başkalaşım tipi mermerlere hakiki mermerler denilmektedir. Hakiki mermerler, kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik kayalardır. Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, daha düşük oranda magnezyum karbonat, yatağın oluşumuna bağlı olarak silis mineralleri ve mineral oksitleri içermektedir. Kalsiyum karbonat kristallerinden oluşanlarında genellikle %95–96 oranında kalsit ve değişik oranlarda silis, silikat, demir oksit, florit ve organik maddelerde bulunabilmektedir (Arıkan, 1968).

Mermerlerin sertliği 3 mohr civarında olup, rengi bileşiminde bulunan kalsiyum karbonattan ötürü beyazdır. Fakat yabancı maddeler mermerin sertliğine ve rengine etki ederek çeşitlenmelerine neden olmaktadır.

Başkalaşım tipi mermerlerin mikroskop altında incelendiğinde, birbirlerine sıkıca kenetlenmiş kalsit kristallerinden oluştuğu görülmektedir. Bu kristaller oluşum sırasında soğuma hızı ile ters orantılı olarak çeşitli büyüklüklerde meydana gelmektedirler (Görgülü, 1994).

3.1.3. Çökeltme Tipi Mermerler (Traverten ve Oniksler)**3.1.3.1. Travertenler**

Traverten mermerleri çökeltme tipi mermerler grubuna girmektedirler.

Travertenler, kalsiyum bikarbonatlı sıcak kaynak sularının bıraktıkları çökeller olarak tanımlanmaktadır. Bu tür sıcak suların geçtiği yerlerde gözenekli, hafif taşlar meydana gelmektedir. Bu taşların çok delikli, hafif ve fazla miktarda organik maddeler ihtiva edenlerine kalker tüfü, az boşluklu ve daha yoğun olanlarına traverten adı verilmektedir. Üretimi, işlenmesi, kesilmesi çok kolay olup, beyaz, kirli beyaz, krem gibi çeşitli renklerde bol olarak bulunması bu kayaların yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Arıkan, 1968).

Travertenler çok yüksek gözenekli olanlarının yanında delikli ve yarıklı olanları da vardır. Bu boşluklu travertenlerin sağlamlığını fazla etkilemez. Diğer taraftan düşey zeminlere döşenirken boşluklar harçla dolduğundan daha kolay sağlamlaştırılabilir.

Travertenler mermerler ile aynı alanlarda kullanılmakta, ancak mermerden daha az dayanıklı, parlatma ve cila kabul etme özelliği daha düşük ve yüzey şartlarında daha kolay ayrıştığı için kullanımı biraz daha sınırlıdır. Gözenekli olmasından dolayı güzel görünüm verdiği için binaların iç ve dış kaplamalarında tercih edilmektedir.

3.1.3.2. Oniksler

Oniks mermerleri genellikle beyaz, sarı, yeşil renklerde olup, yarı saydam olabilmektedir. Tek renkte olduğu gibi değişik renkler gösteren bantlar, damarlar v.b. hallerde de olabilirler.

Oniks mermerler, kristalleri birbirine sıkı şekilde bağlı olduğunda n oldukça sert olabilmektedirler. Yapılarında bulunan silikatlar sertliklerini arttırmaktadır. Ayrıca oniksler çok iyi cila kabul etmeleri ve görünüşlerinin güzel olması nedeniyle çok kıymetli mermerlerdir.

Hakiki oniks, bileşimi silis olan akik (kalsedon) taşı olup, süs eşyası ve mücevher yapımında kullanılmaktadır. Oniks mermeri ise esas olarak kalsiyum karbonattan ibaret olup, yalnızca görünümü bu taşla benzediği için bu adla anılmaktadır (Görgülü, 1994).

3.1.4. Mağmatik Kökenli Mermerler

Derinlerde veya yeryüzünde çıkan magmanın soğuması ve kristalleşmesi ile oluşan kayaçlara mağmatik kayaçlar adı verilmektedir. Mermercilikte en yaygın olarak kullanılanları; granit, serpantinit, diyabaz, lösitli siyenit ve granadiyoritir.

Granitler sert oldukları için işlenmeleri güç olup, yarılma hassasiyetleri yüksek olmaktadır. İyi cila kabul etmeleri, cilalarını uzun süre korumaları ve sağlamlıkları nedeni ile tercih edilen mermer cinslerinin başında gelmektedirler.

Serpantinitin rengi çeşitli tonlarda yeşil ve sarımsı, kırmızı-kahverengi, siyahımsı olabilmektedir. Farklı renkler nedeniyle genellikle alacalı, lekeli gibi görünüş sahiptir. Sertliklerinin yüksek olması nedeniyle işlenmesi güç olup cila alma ve koruma kapasiteleri yüksektir. Özellikle zemin kaplama, sütun ve anıt inşaatlarında tercih edilmektedir (Görgülü, 1994).

3.2. Doğal Yapıtaşlarının Kullanım Alanları ve Kullanılan Standartlar

Mermerlerin kullanım yerlerinin belirlenmesine birçok faktör etki etmektedir. Bu nedenle mermer ait fiziksel, mekanik, kimyasal ve mineralojik özelliklerini tanımlayan bazı deneylerin yapılmış olması gerekmektedir. Doğru seçim, mermerin araştırılan niteliklerinin beklenen standartlara uymasıyla mümkün olmaktadır (Vardar, 1990).

Mermerlerin başlıca kullanım alanları; taşıyıcı yapı elemanı, taşıyıcı konsol ve merdiven basamağı, duvar kaplaması, taban kaplaması, çatı kaplaması, tezgâh, masa üstü, iç dekorasyon, plastik sanatlar, heykel ve büst olmaktadır (Vardar, 1990).

Mermerlerde aranan özellikler; renk ve desen homojenliği, blok verme ve kesilip cilalanabilme, atmosferik etkilere dayanıklılık denebilir. Mermerlerin en önemli özellikleri renkleri olup, estetik amaçlarla kullanılan endüstriyel hammaddeler sınıfında yer almaktadırlar. Bu nedenle taşın bir ticari anlamda mermer sayılabilmesi için renginin cazip olması gerekir. Bununla birlikte mermerlerin renk ve desen yönünden arzu edilen homojenliğe sahip olmaları istenir, yani bir yataktan

alınan mermerin sürekli olarak, yatağın her yerinde aynı renk ve desende olması arzu edilir (Ersoy, 1991).

T.S.E. 1910'a göre kaplama olarak kullanılan mermerlerde belirlenmesi gereken fiziksel ve mekanik özellikler; özgül ağırlık, ağırlıkça su emme, görünür porozite, tek eksenli basınç dayanımı, eğilmede çekme dayanımı, darbe dayanımı ve aşınma dayanımı olup, bu özellikler T.S. 699'da belirtilen metotlara göre belirlenmektedir (Ersoy, 1991).

Mermerlerin önemli bir özelliği de gözenekliliktir. Mermerlerin gözenekliliğinin düşük olması gerekmektedir. Gözenekliliğin çok olması su emme yoluyla renk bozulmalarına ve donma ile çatlamalara neden olabilmektedir. İyi kalitede mermerlerde gözeneklilik %0,0002 ile %0,5 arasında değişmektedir. T.S. 1910'a göre kaplama taşı olarak kullanılan kayaçlarda gözeneklilik %2' yi geçmemelidir. Travertenler için ise bu değer en çok % 12'dir.

Mermerlerin çözülmesi, özellikle dış kaplama malzemesi olarak kullanılanlar için önemli bir nokta olmaktadır. Az su emen mermerler binaların dış kaplaması için ideal olmaktadır. T.S. 1910'a göre atmosfer basıncı altında mermerlerde su emme yeteneği % 0,75' den az olmalıdır. Travertenler için bu değer % 7,5' i geçmemesi istenir.

T.S. 1910'a göre kaplama malzemesi olarak kullanılacak mermerlerin don sonu basınç dayanımı azalması % d' den çok olmamalıdır.

Mermerler kullanım yerlerinin her birinde darbe kuvvetlerine maruz kalabilmektedirler. T.S: 1910 'a göre kaplama malzemesi olarak kullanılacak mermerlerin darbe dayanımlarının en az 30 kgf/cm³ olması gerekmektedir. Aşınma dayanımlarının ise T.S. 1910'a göre 15 cm³750 cm² 'den fazla olmaması istenmektedir (Ersoy, 1991).

Çizelge 3.1. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Kayaçların Sahip Olmaları Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Sınır Değerleri (TS 1910)

Fiziksel özellikler	Sınır değer	Sınıflandırma	Mekanik özellikler	Sınır değer
Birim Hacim	>2,55	Mermer	Tek Eksenli Basınç Direnci (kg/cm ²)	>500
Ağırlığı (gr/cm ³)	>2,55	Traverten		>350
Ağırlıkça Su Emme (%)	<0,75	Mermer	Eğilme Direnci (kg/cm ²)	>50
	<7,5	Traverten		>30
Porozite (%)	<2	Mermer	Böhme Yüzey Aşınma Direnci (cm ³ /50 cm ²)	<15
	<12	Traverten		<15
Doluluk Oranı (%)	>98	Mermer	Darbe Dayanımı (kg/cm ²)	>6
		Traverten		>6

3.3. Mermer Üretim Yöntemleri

Mermer ocaklarında mermer üretimi için, kayacın özelliklerine, kalınlıklarına duruş pozisyonlarına göre kesimler planlanmaktadır. Kayaçların mekanik ve fiziksel özelliklerine göre d blok kesme makineleri belirlenir. Ocaklarda kullanılacak makinelerin tasarımlarını bilmek, işletmenin verimliliğini arttırmanın yanında makinelerin ömürlerinin uzamasın demektir (Karakuş, 1999).

Üretim Metodları açık ocak ve yeraltı işletmeleri olarak iki şekilde incelenir.

Ocakta üretime geçilebilmesi için işletilecek mermerin yeterli miktarda ve kalitede olması istenmektedir. Kaliteden kasıt, renk, desen, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere dayanıklılık, homojenlik gibi özelliklerdir.

Yeterli rezerve ve istenilen kalitede bulunan bir mermer yatağının, ocak açılarak ekonomik olarak işletilebilmesi için ek bir takım özellikleri de içermesi gerekir. Yapısal özellikler olarak bilinen bu özellikler şu şekilde sıralanabilir.

- I. Tabaka durumu,
- II. Çatlak durumu
- III. Faylanma durumu
- IV. Kıvrımlanma durumu,
- V. Erime boşlukları, mağaralar,
- VI. Yeraltı suyu durumu,
- VII. Örtü malzemesi kalınlığı,
- VIII. Ayrışma zonun kalınlığı,
- IX. Bünyesindeki yabancı madde varlığı.

Tüm bu kriterlerin değerlendirilmesinden sonra işletme metodu seçilerek üretime geçilebilmektedir (Görgülü, 1994).

3.3.1. Açık Ocak Mermer Üretim Yöntemleri

Mermer yatağının üzerindeki örtü tabakasının ekonomik durumları elvermesi durumunda açık ocak işletmeciliği tercih edilir. Genellikle mermer yataklarının üzerinde fazla kalınlıkta örtü tabakası bulunmamakla birlikte açık işletmelerde dekapaj işlerinde kullanılan ekipmanların çoğu aynı şekilde mermer açık işletmelerinde de kullanılabilir.

Mermer yatakları genellikle geniş mostra vermekte ve üst kısımlarında kalınlıkları 0,5–3 metre arasında değişen “yarık” tabir edilen ayrılmış zonlar bulunmaktadır. Bu zonlar problem oluşturmamakta ayrılmamış kısımlarla üretilmekte ve atılmaktadırlar (Görgülü, 1994).

Açık ocak işletmelerinde uygulanan üretim yöntemleri şunlardır.

- I. Helezon Tel Kesme Yöntemi
- II. Elmas Tel Kesme Yöntemi
- III. Zincirli Kesicilerle Üretim
- IV. Termal Şok Yöntemi
- V. Basıncılı Su Yöntemi
- VI. Karma Üretim Yöntemleri

3.3.1.1. Helezon Tel Kesme Yöntemi

Helezon tel kesme makinelerinde dizel ve elektrik motorları kullanılmıştır. Yöntemin temel prensibi, bir kuvvet etkisiyle dönen tambura sarılı ortalama 6 mm çapındaki üç bükümlü halatın kesilecek yüzeye sürtünmesidir. Sürtünme sırasında kesilecek yüzeye kum-su karışımı bir bulamaç verilir. Kum taneleri halat üzerindeki bükümler arasına sıkışarak kesme işleminin yapılmasını sağlar.

Çalışma basamağının yüksekliği, jeolojik duruma bağlıdır. Bloğun çatlaklı olup olmamasına bağlı olarak 2 m' den 20 m' ye kadar değişir. En uygun yükseklik 3,5 m ve 7 m'dir. Kesme uzunluğu kullanılan tel kesme makinesinin tipine bağlı olup 10 m–40 m arasında değişmektedir. Tercih edilen kesme uzunluğu 20–25 m civarındadır. Yöntemin başarısında geniş aralıklı sistematik süreksizliklerin varlığı ile kayaç içerisindeki dolgu ve dolgu içeriği önemlidir.

Yöntemin verimliliği aşağıda verilen faktörlere bağlıdır. Su-kuars kumu karışımının yoğunluğu ve elde edilme hızı, kuvars kumunun kimyasal karışımı ve granülmetresi, su-kum karışımının elde edilme hızı 2,5 lt/min olmalıdır. Yoğunluğu 1,5–1,6 kg/lt veya karışım oranının her 700 gram için 1 litre su olması gerekir. Kumun % 95'den fazla SiO₂ içermesi ve aşağıda verilen granülmetreye uyması gerekir.

<u>Kuars taneciklerinin çapı</u>	<u>% Ağırlığı</u>
1–1,5 mm	1
0,5-1 mm	21
0,3-0,5 mm	70
<0,3mm	8

Üretim aşamaları aşağıdaki sırayla verilmektedir.

- Çıkarılacak olan blok tel kesme makinası ile dikey ve yatay olarak kesilir.
- Kesilen blok 150 atm basınçlı hidrolik iticilerle yerinden çıkarılır.
- Üretim artıkları çalışma alanından temizlenir.

Yöntemin teknik özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Tel kesme makinalarının kapasiteleri: 1,4- 1,8 m² /h
- Spiral tel tüketimi: 20–25 m/m²

- Kesme teli çapı: 4–6 mm
- Kuvars kumu tüketimi: 80–120 kg/m²
- Su tüketimi: 350–400 lt/m²

Helezon tel kesme çalışma kolaylığı, her türlü ocakta özellikle nispeten yüksek eğime sahip yamaç ocaklarında ve sedimanter mermer yataklarında kolayca uygulanabilmesi, kesme uzunluğunun yüksek olması yöntemin avantajlarıdır. Yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması, bazı durumlarda kesim sırasında birkaç bin metre tele gereksinim duyulması, üretim hızının düşük olması, karmaşık olması (sistemin çok miktarda yardımcı makara, mekanik destekler gerektirmesi), kesime hazırlık safhasının çok uzun ve pahalı olması yöntemin önemli dezavantajlarıdır. Çatlaklı, özellikle karstik boşluk içeren mermerlerde bulamacın boşluklara kaçması ve aşındırıcılık görevini tam olarak yapamaması üretimi engelleyici diğer bir faktördür. Ayrıca karborundum maliyetinin yüksekliği helezon tel kesmenin granitte kullanımını engellemiştir.

3.3.1.1.(1). Tahrik Kuvveti

Çelik tel halata belirli hızı temin eden tamburu çeviren bir kuvvet gerekmektedir. Bu tahrik kuvveti dizisi veya başka bir tahrik veren motor olduğu gibi, elektrik motoru da olabilir. Motorun kuvveti kullanılacak yerin topoğrafik şartlarının gerektirdiği çelik halatın uzunluğu, biçilen mermerin strüktür ve setliğine uygun olarak ayarlanacak hız dikkate alınarak hesaplanır. Bu güç 7,5–25 HP arasında değişmektedir.

3.3.1.1.(2). Delme Makinaları

Çelik tel halatı istenilen durumda mermer kütlesi üzerinde ayarlayabilmek ve tutabilmek için, gerekli istinat ve yardımcı makaralarla biçilecek bloğun her iki ucuna yerleştirilecek kılavuz makaralarını tespit etmek üzere delinmesi icap eden delikleri delmek üzere özel tip delici makinalara ihtiyaç vardır.

İstinat ve yardımcı makaraların tespiti için gerekli delikleri, martoperfaratörün ucuna takılan büyük çaplı özel matkaplarla delmek mümkündür.

Ancak, kılavuz makaralarının yerleştirileceği delikleri delmek için darbeli ve rotari sondaj makinaları tipindeki delicilerle delmek gerekmektedir.

3.3.1.1.(3). Çelik Tel Halat

Tecrübeler ve yapılan uygulamalarla çelik tel halatın en uygun çapı 5–6 mm'dir. 2 mm çapındaki üç telin birlikte bükülmesiyle meydana gelen çelik tel halat, ıslak kumu büküntü yerlerinin arasında kalan boşluklara alarak mermer kütlesi üzerinde hızla sürtünerek mermeri biçmektedir. Son zamanlarda tellerin çeşitli bükülme kombinezonları vasıtası ile verim arttırılmıştır. Halatın boyu çalışılacak yerin topografik durumuna göre ve biçilecek mermerin cinsine bağlı olarak 500 - 5000 m arasında değişmektedir. Bir üniteye 3–4 ayrı ayrı tel halat donanımı yapılabilmektedir. Teller birbirine oksijen ve elektrik kaynağı ile birleştirilmektedir. Kopan yerler de aynı şekilde kaynatılmaktadır. Hızları 300–1000 m/ dk'dır. Biçme verimi 3-5 m²/h 'tır.

3.3.1.1.(4). Makaralar

3.3.1.1.(4).(a). Yardımcı ve İstinat Makaraları

Bu makaralar telin yerde sürünmesini veya başka ekipman ve işçilere zarar vermesini önlemek ve tel halatı istenilen çalışma yerine getirmek için kullanılan makaralardır. Bunlar 50–80 mm çapında bir boru sütunu üzerinde sağa sola hareket edebilecek şekilde mafsallı olarak monte edilmiş, 30–70 cm çapında ve mil üzerinde kolaylıkla dönebilecek şekilde imal edilmişlerdir.

3.3.1.1.(4).(b). Kılavuz Makaraları

Yardımcı makaraları taşıyan sütundan konik bir dişli vasıtasıyla 90⁰ dik durumdaki kılavuz makaraları sütuna geçiş yapılmaktadır. Çelik tel bu şekilde yardımcı makaralardan kılavuz makaraya intikal ettirilir. Böylece çelik tel halat karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki adet kılavuz makara arasında makaranın dönüş hareketine bağlı olarak kesilecek mermer bloğu tazyikle gerilir ve bu şekilde de

gerek kılavuz makarası, gerekse çelik tel halatın daimi hareketi ve mermer üzerinde hızla dönmesi neticesi mermer kesilmiş olur.

Bundan başka biçilecek mermer bloğunun uygun bir yerine ıslak kum haznesi konur. Çelik tel bu hazneden geçirilir. Buradan geçerken kıvrımlar arasına bu ıslak kumu alır ve blok üzerinde kesilen yere taşır. Kesilen yerde telin gerginliğine ve hızına maruz kalan ıslak kum yüksek devir altındaki sürtünmeden dolayı mermerin kesilmesine sebep olur. Aynı zamanda sürtünerek ısınan telin soğumasını da gerçekleştirir. Kum yerine zımpara tozu veya çelik kumu kullanıldığı takdirde maliyetin yüksek olmasına karşılık verim en az iki katına çıkmaktadır. Bu iş için en uygun malzemenin köşeli, küçük kristalcikler şeklindeki kuvars kumu olduğunu uygulamalar göstermiştir. Kuvars kumunun silisyum oranı %99 olmalı, pudra halinde tozlu olmamalı ve kil kalker, toprak vs. içermemelidir.

3.3.1.2. Elmas Tel Kesme Yöntemi

Son 10 yılda içinde özellikle gelişmiş güzel kütlelerden blok almak amacı ile elmas tel ile kesme yöntemi geliştirilmiştir. Helezon tel kesme yöntemine göre daha sınırlı yatırım gerektiren ve üretim hızı daha yüksek olan bir yöntemdir.

Elmas telin kullanılması ile gerek ocaktan blok almada gerekse çıkarılmış olan bloklara düzgün şekil vermek için gereken zaman önemli ölçüde kısalmıştır. Örneğin, bir ocakta 20 m uzunluğunda ve 9 m yüksekliğinde (180 m²) bir dikey kesim, helezon tel kesme yöntemi ile en az 200 iş saati alır. Elmas tel kullanılması ile 28–30 saat içinde tamamlanabilmektedir.

Kesim işlemi, 20–60 m uzunluğundaki elmaslı telin her yöne dönebilen 30–40 HP gücündeki elektrik motoru tarafından döndürülmesi ile sağlanır. Elmas tel kesme makinasının çalışması için gerekli yatay ve düşey delikler hidrolik delici makinalarla, genellikle 9 cm açılmaktadır. Yatay ve düşey delik boyları 8–15 cm arasında değişmektedir.

Kullanılan elmas tel, 5 mm çaplı çelik tel üzerine 10 mm çaplı elmas boncukların takılması ile oluşturulmaktadır. Elmas boncukların birbirine yaklaşmasını önlemek ve telin deliklerden kolayca geçmesini sağlamak amacıyla boncuklar arasına çelik yaylar takılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Elmas Tel

Çalışma esnasında tel hızı 0–40 m/sn, tel gerginliği 0–200 kg’dır. Kesim alanı 3–6 m²/h’tir. Kesme işlemi sırasında ısınan telin sıcaklığı su kullanılarak giderilir.

İlk olarak çıkarılacak bloğun iki yanından düşey ve yatay delikler açılarak yan kesimler yapılır. Daha sonra üstten ve ayna önünde tabandan 6–7 cm aralıklarla delikler delinip kamalar vasıtasıyla ilk blok çıkartılır. İlk bloğun alınmasında delme-kamalama ve tel kesme birlikte kullanılmaktadır. İlk bloktan sonraki arka ve taban kesimleri elmas tel kullanılarak yapılır. Kesim işlemine basamak sonuna kadar aynı şekilde devam edilir.

Delinen deliklerin çapı 6 inç’tir. Elmas teli bu deliklerden geçirmek için delik dibine kadar bir ip halat uzatılır. Sonra bu tip halat delik içersine sıkılır. Delik ağzına basınçlı hava verilerek diğer delik ağzından ip halatın çıkması sağlanır. Sonra ipin ucuna elmas tel bağlanarak deliklerden geçmesi sağlanır.

3.3.1.2.(1). Elmas Tel Kesme Makinaları Kullanımında Bazı Önemli Hususlar

Yurdumuzda son yıllarda elmas tel kesme uygulaması hızla artmaktadır. Ancak bu hızlı artışa rağmen bütün makinaların aynı başarıyla kullanıldıklarını söylemek zordur. Esas olarak, tel kesme uygulamasında ülkemizde yeterli sayıda

operatörün eksikliği ve genel tecrübesizlik birçok makinelerin kullanılmadan yatmasına neden olmaktadır.

Burada elmas tel uygulamasında netice almayı, üretim hızını ve verimini arttırıcı bazı önemli hususlar vurgulanacaktır.

3.3.1.2.(2). Elmas Telle Kesimin Planlanması

Elmas telle kesim uygulamasında verimi arttırıcı ana prensiplerinden biri ocağın yapısının ve ekipmanının olanak verdiği mümkün olan en büyük kütleyi dağdan kesip devirmek ve sonra yerde istenilen bloklara ebatlanmaktır. Böyle bir işlemde kritik darboğaz çoğunlukla kesilen bloğun hidrolik krika ile devrilmesi kabul edilirse, 10x6x3 m (uzunluk x yükseklik x derinlik) ölçülerinde kesilmiş, bir masif kütle ideal ölçülere yaklaşır. Böyle bir uygulamanın şöyle faydaları görülür.

- Büyük bir kütle hacmi delindiğinden, bu kütlerde olabilecek doğal çatlak, renk bozuklukları gibi istenmeyen bölümlerden rahatlıkla kurtulup kütleden istenilen kalitede sağlam blok elde etme olasılığı artar.
- Ocakta oluşan telle kesilmiş büyük ayna bir sonraki kesim için ocakçıya rengin yönelişi ve tabii çatlakların durumu hakkında çok önemli ipuçları verecek, bu ikinci kesimde ne tarafa yönlenmesi kararına yol gösterecektir. Bu sayede daha ana kütleyi keserken ocakçıya blok kalitesi ayırımı yapma imkânı sağlar.
- Büyük kütleleri keserken, kesim sayısı azalacağı için makinelerin pozisyonlandırılması esnasında ortaya çıkan ölü zaman asgariye indirilir ve makine verimi artar.

3.3.1.2.(3). Tel Kesme Makinesinin Kesme Pozisyonu

Delikleri açılmış ve kesime hazır bir kütleye tel kesme makinasının pozisyonlandırılmasında birkaç ufak ama önemli noktalar vardır.

- Bir telle kesme operasyonu esnasında en kritik nokta başlangıç kalkışlarıdır. Bu esnada kesilmesi gereken 4 veya daha fazla köşe bulunur ve bu köşe kesimler elmas teli yıpratıcı ana unsurlardan biridir.

Operatör kritik durumlarda makina pozisyonunu ayarlayarak ek yardımcı makaraları kullanarak köşe sayısını asgariye indirmelidir. Bazı hallerde bu sayı 1'e kadar düşürülebilir.

Özellikle yatay kesimlerde makinayı telin çıkış deliğinin tam önüne oturtturarak bir köşe kesiminden otomatikman kurtulunabilir.

Elmas teli döndüren tel ile volandaki lastik arasındaki sürtünme kuvvetidir. Volan lastiğini yıpratmamak ve elmas teli rahat çevirebilmek için volanın çevresinin mümkün olduğu kadar büyük bir bölümünü kullanmak gerekir. Bunu sağlamak için ya makine kesilecek kütleden belli bir uzaklığa koymak veya yardımcı yönlendirici makaraları kullanmak gerekir. Aksi halde elmas yelin volan giriş ve çıkışı arasındaki açısı büyüyecek. Bu da patinaja ve lastik yıpranmasına yol açacaktır. Bu konuda özellikle yardımcı yönlendirici makaraya sahip olmayan makarada çok önem kazanır.

Makina pozisyonlandırılıp tel halka halinde birleştirilince, makina volanına geçirilmeden önce muhakkak giriş ve çıkış deliklerindeki 2 elemanla karşılıklı elle git gel yapılarak telin keskin köşelerinin biraz kırılarak telin kendisine bir yatak açması sağlanmalıdır. Bu işlem aynı zamanda telin kolay dönüp dönmediğini de gösterir. Eğer tel kolay dönmüyorsa makinaya bağlanmadan önce muhakkak nedeni araştırılıp giderilmelidir. Aksi halde telin kopma tehlikesi yükselir.

3.3.1.2.(4). Kesme Süratinin Ayarlanması

Bilindiği gibi elmas tel kesme makinalarında kesim volanının bir taraftan dönerken bir taraftan da ray üzerindeki lineer hareketiyle sağlanır. Bu lineer modern makinalarda bir doğru akım motoruna kumanda eden elektronik bir üniteyle yapılır.

Bu elektronik sistem hidroliğe olan büyük avantajı nedeniyle bütün İtalyan makina üreticilerince tercih edilmektedir. Elektronik sistem, hidroliğe nazaran daha düzgün çalıştığı, tele darbe yapılmadığı, dolayısıyla kopmaları azalttığı ve otomatik ayarlamaya izin verdiği için kesme sürati ve verimde artış sağlanmaktadır. Kesme sürati esas olarak volanın ray üstündeki bu lineer hareketine paralel bir uyum içerisindedir.

Bu hareket (ötelenme) miktarı birim zamanda öyle ayarlanmalıdır ki telin aynı birim zaman içerisinde kütleye yaptığı kesim nedeniyle serbest kalan bölümünün lineer uzama mesafesine denk düşsün.

Eğer volanın ray üstündeki lineer ötelenmesini gerektiğinden az tutarsanız hızınız düşer ve tel sarkmaya başlar. Aksine volanı ray üstünde gerektiğinden daha hızlı geri çekmeye başlarsanız, tel gittikçe gerginleşir ve nihayet kopar. Bu tehlikeyi, kesilen taş kütleden makineye dönen bölümüne bakarak anlamak mümkündür.

Uygun bir kesim hızında bu dönüş teli son derece düzgün bir akış gösterir. Volanı gerektiğinden daha fazla geriye çekerseniz gerginleşen tel dönüş bölümünde frekansı ve dalga uzunluğu gittikçe artan sallanmalara nede olur. Bunun sonucu kesin tel kopmasıdır ve yapılacak tek şey volanın ötelenme hareketinin hızını düşürmektir.

Bu hız azaltılınca telin yine eski normal düzgün seyrine döndüğü gözlenir. Unutulmamalıdır ki, kesimi asıl yapan teldeki elmas boncuklarıdır ve nihai kesme süratini bu boncuklar tayin eder, makine değil.

Yeni bir telin yüksek sürati zamanla kullanıldıkça azalacağına göre operatörde her bir kesimde bu dönüş telinin hareketini izleyerek kesin hızını ve ona uyumlu volan ötelemesini ayarlamalıdır.

3.3.1.2.(5). Yardımcı Yönlendirici Makara Kullanımı

Tel kesme makinalarında hareket sadece volan lastiği ile tel arasındaki sürtünme kuvveti ile sağlanır. Kesim alanları büyüyüp, keskin köşe sayıları arttıkça tele binen yük arttığı için bir müddet sonra volan teli sağlıklı döndürme de zorlanır; patinajlar, kopmalar meydana gelebilir. Böyle durumlarda yardımcı yönlendirici makaralar kullanılarak telin kesme esnasında üzerine tatbik edilen yük azaltılabilir.

3.3.1.3. Zincirli Kesicilerle Üretim

Bu üretim yönteminin kullanıldığı mermer ocaklarında üretim basamaklar teşkil edilerek yapılır. Mermer talebine göre (renk, desen vs..) veya önceden yapılmış

olan planlamaya göre tespit edilmiş blokların kesilebilmesi için zincirli blok kesiciler uygun olan basamaklar üzerine yerleştirilir.

Zincirli kesicilerin basamak üzerine yerleştirilmesinde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır.

- Üretilcek bloğun uzunluğuna göre zincirli kesicinin yeri tespit edilir.
- Ana makina ve ray kule vinç yardımıyla kesim için uygun olan basamaklar üzerine yavaş ve büyük bir dikkatle nakil edilir.
- Kesici ve altındaki ray basamak yüzeyine terazi ve ray ayakları yardımıyla paralel duruma getirilir.
- Kesici ve altındaki rayı sabit duruma getirmek için ray üzerinde bulunan 4 adet deliklerin hizasından basamak yüzeyinde 10 cm derinliğinde delikler delinir. Açılan bu deliklere T kazıkları çakılarak kesici ve ray sabitleşir.
- Kesici kol üzerinde bulunan soketler tek tek kontrol edilerek aşınmış olanlar değiştirilir, gevşemiş olanlar ise sıkılır.
- Kesiciye su hortumu bağlanıp bağlanmadığı kontrol edilir.
- Yukarıdaki hazırlık ve kontrol işlemleri tamamlandıktan sonra zincirli kesiciler (yatay ve düşey kesim yapan zincirli kesiciler) blok kesme işlemi için hazır duruma gelmiş olur.

Ancak yatay ve düşey zincirli kesicilerle blok kesmeye başlamadan evvel oldukça önemli bazı hususlara dikkat edilmesi gerekir.

Düşey zincirli kesicide:

Zincirli kesicinin üzerinde bulunduğu ray ile tespit edilen kesilecek yer arasında 17,5 cm mesafe olması gerekir.

Yatay zincirli kesicide:

Yatay zincirli kesici kesilecek mermer önünden 1,10 m uzaklığa kurulur. Bu şekilde yapılmasının nedeni de kesici kol üzerinde bulunan kızığın kesme sırasında mermere takılmasını önlemek, yani mermerin önünden teğet geçmesini sağlamak içindir.

Yapılan hazırlık ve kontrol işlemlerinden sonra zincirli kesiciler ile blok kesme işlemi yapılır. Ancak kesime başlamadan önce kesiciye mutlaka su verilmelidir. Burada suyun görevi öncelikle soketlerin ısınmasını önlemek, sonra da

kesim sırasında kesme aralığında oluşan teressubatın dışarıya çıkmasını sağlamaktır. Blok kesicinin su ihtiyacı saatte 0,5 ton'dur.

Kesime ilk başlarken kesici kol üzerindeki zincirin mermere ilk giriş hızının çok iyi ayarlanması gerekir. Mermere düşük bir hızla girilir ve daha sonra bu hız arttırılır. Mermere ilk giriş hızı 0,75 m/h olmalıdır. Bu hız bıçak kafasının mermere tam girmesiyle 1,4 m/h'te çıkarılır. Kesicinin teorik hızı 3,5 m/h, çektiği akım 69 Amper'dir. Ayar valfi yükseldikçe bıçak yüke girer ve çektiği akım artar. Ancak pratikte birçok nedenlerden dolayı bu kesicilerde ulaşılan hız 2,9 m/h'tır. Bu hızda çektiği akım ise 60 amper'dir.

Zincirli blok kesiciler sahip oldukları hidrolik piston yardımıyla ray üzerinde kesim yönünde hareket ederek kesim işini yaparlar. Şayet kesilecek bloğun uzunluğu 3 m'den fazla ise, blok uzunluğu kadar raylar birbirlerine eklenir ve kesicilerin kesim yapması sağlanır.

Yatay kesim yapılırken tabanı kesilen mermerin ağırlığı nedeniyle kesici kolu sıkıştırmaması için mermer bloğunun tabanında kamalama yapılır. Yine yatay kesimde kesicide bir zorlama hissedilirse kesim durdurulur. Kesici kol kesim yönüne ters yönde boşa alınır. Sonra kesimi yapılmış yer düşük kesim hızında kesildikten sonra normal kesim hızına tekrar ulaşılır.

Kullanılan yatay ve düşey kesiciler teknik özellikleri bakımından farklı değildirler. Kesme yönleri ve kesme kolu uzunlukları farklıdır. Yatay kesicinin kesme kolu uzunlukları nedeniyle kesilen mermer bloklarının yüksekliği 2,00 m, derinliği 1,70 m uzunluğu değişkendir.

Mermer blok kesimi bittikten sonra kesici kol, düşey kesicilerde kesim yönüne ters yönde, yatay kesicilerde kesim yönünde bloktan çıkartılır. Çıkarılan kesici kol su ile iyice temizlendikten sonra, zincir üzerindeki soketler tek tek kontrol edilir. Aşınma olanlar değiştirilir. Soketlerin aşınmış olduğu;

- Zincirli kesicinin çalışma basıncının yükselmesiyle,
- Zincirli kesicinin çektiği akım şiddetinin yükselmesiyle,
- Kesim sırasında oluşan teressubat taneciklerinin birleşmesiyle, de anlaşılabilir.

Kesilmiş olan blok mermer, tabanına çakılan akisler yardımıyla yerinden oynatılıp bir miktar yukarıya kaldırılır. Böylece blok altından çelik halatlarının

geçmesi sağlanır. Çelik halatlar kesilmiş olan mermerin serbest iki yüzeyinin bulunduğu bölgeden geçirilerek vincin ucundaki kancaya bağlanır. Sonra vinç yardımıyla stok alanına taşınır.

3.3.1.4. Termal Şok Yöntemi

Granit ocakları gibi farklı katsayılarda genleşme oranına sahip minerallerden oluşan kayalarda, serbest kesme yüzeyi oluşturmak için termal şok (alev jeti) kullanılır. Termal şok yönteminde üretimi yapan alev jeti, mazot ve basınçlı hava sisteminden oluşur. Ateşleme sırasında oksijen ve asetilen kullanılır. Alevin çıktığı bürün, kesim yapılacak yüzey boyunca ileri geri hareket ettirilmesi ile kesim işlemi gerçekleştirilir. Kesme hızı 1–1.5 m/h ve kesim sonrası oluşan açıklık 7–12 cm’ dir. Kesme derinliği 3 m’dir. Kullanılan hava basıncı 3.5–7 atm’dir. Mazot tüketimi 30–35 lt/h’dır.

Kullanılan makine ve ekipmanların hacimce ve ağırlıkça diğer temel üretim ekipmanlarına oranla daha az oluşu ve kullanım kolaylığı yöntemin avantajlarıdır. Buna karşılık termal şok yönteminin taban kesimleri için uygun olmaması, özellikle elmas tel ile üretim yöntemine göre pahalı oluşu, kayaç içerisinde 15 cm’ye kadar olan bölümlerde bozuşma olması, düzensiz yüzeylerin varlığı, gürültülü oluşu, kesim sırasında açığa çıkan tozun işçi sağlığına zarar vermesi ve çevreyi kirletmesi, çalışma sırasında oluşan yüksek sıcaklığın çalışanları ve diğer çalışmaları olumsuz yönde etkilemesi yöntemin dezavantajlarıdır. Söz konusu dezavantajlar ver kademeli kesme olanağı bulunmadığından dolayı termal şok ile üretim yöntemi sınırlı kalmıştır.

3.3.1.5. Basınçlı Su Yöntemi

Basınçlı su yöntemi, mermer blok üretiminde yeni bir üretim yöntemidir. Yöntemin temelinde su basıncını 3.800 atm’e çıkaran dişli tip hidrolik pompa bulunur. Su jeti adı verilen bu makina ile granit, gnays, kuvars ve somaki gibi homojen olmayan kayalardan blok üretimi yapılabilir. Mermer gibi homojen kayalarda basınçlı su yönteminin kullanımı henüz ekonomik ve pratik değildir.

Ayrıca sistemin kullanılması teknik ve ekonomik olarak daha fazla deneyim ve daha hassas bir çalışma gerektirir.

İhmal edilebilir seviyede toz, titreşim ve gürültü ile kesim genişliğinin azlığı basınçlı su ile mermer üretiminin avantajlarıdır. Yöntemin mermer ocaklarında kullanılabilirliği üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir. Buna karşılık günümüzde mermer plakaların kesilmesinde ve işlenmesinde basınçlı su kullanılmaktadır.

3.3.1.6. Karma Üretim Yöntemleri

Diğer madenlerin aksine mermer ocaklarında sabit üretim yöntemlerinin yerine, ocaktan ocağa değişen üretim yöntemleri uygulanır. Maden işletmelerinde, ocağın jeolojik yapısına ve günün teknolojik imkânlarına bağlı olarak geliştirilen ve genelleştirilen üretim yöntemleri kullanılır. Buna karşılık mermer ocaklarında mermerin oluşum süreci, oluşum yeri ve zamanı, üretim miktarı ve işletme sermayesine bağlı olarak kullanılan üretim ekipmanları farklı üretim yöntemlerini gerektirir.

Birden fazla üretim yönteminin birlikte kullanıldığı bu yöntem özellikle çok güç madencilik koşullarına sahip mermer yataklarında iyi sonuç vermektedir. En çok uygulanan ve etkili olan karma yöntemler şunlardır.

- Zincirli taş kesme makinası ile yatay kesim
- Tel kesme makinası ile dikey kesim ve zincirli taş kesme makinası ile yatay kesim
- Zincirli taş kesme makinası ile delme-kamalama yöntemi kombinasyonu

Üretim aşamaları aşağıdaki gibidir.

- Taş kesme makinası ile bloğun ana bloktan koparılması,
- Dikey delik delme,
- Hidrolik ayırıcılarla bloğun ana bloktan koparılması,
- Ayrışmış bloğun delik delinerek düzgün bloklar halinde kesilmesi,
- Çalışma alanının temizlenmesi.

3.4. Mermer İşleme Makinaları

Ocak işletmesinden üretilen mermer blokların biçilerek dilimlere ayrılması mermer kesme ve işleme tesislerinde yani mermer fabrikasında yapılır. Biçilen her mermer dilimine levha (plaka) denilmektedir.

Mermer ocaklarından düzgün geometrik şekillerde mermer fabrikasına gelen bloklar çeşitli makina ve teçhizat kullanılarak kesilmekte ve kesilerek levha mermer haline gelen mermer istenilen boyutlarda küçültülerek pürüzlü yüzeyler silinerek pürüzsüz duruma getirilip parlatılarak piyasaya sunulmaktadır.

3.4.1. Katrak

Bu makinalar, mermer bloklarından levha kesiminde kullanılan ekipmanlardır. Raylar üzerinde hareket edebilen çerçeveli araba üzerine sağlam ve sarsıntıdan etkilenmeyecek şekilde yerleştirilen mermer blokları üzerinde ayrı bir tablaya monte edilmiş lamalar (testere, bıçak) bulunur. Lamalı bir tablaya çevirici bir kuvvet tarafından doğrusal hareket verilerek mermer bloğunun üzerinde bir sürtünme sağlanır. Bu şekilde derinlemesine kesilme meydana gelir. Lama tablası sabit olduğu gibi yukarıdan aşağıya hareket ettirilen katrak tipleri de vardır. Ayrıca lamalar yatay veya dikey hareketli de olabilir. Katrağın lamalardaki konumu ve kullanılan lama çeşitlerine göre tipleri vardır. Büyüklükleri de çok çeşitlidir.

3.4.1.1. Kumlu Katrakla Kesme

Kesme esnasında düz çelik lama kullanılır ve su ile birlikte kum verilir. Katrak yatay konumda çalışır. Hareketli lama beşiğinin üst kısmından kuvarslı kum veya kum şeklinde özel sert metal-su karışımı sallantılı elekten dökülür. Bu kum lamaların hareketi ile kestikleri kanala giderek aşınmayı sağlar ve kesme meydana gelir. Su, kumun kolayca lamalara yayılmasını, sürtünmeden ileri gelen ısının alınmasını ve kesme esnasında oluşan parçacıkların kanaldan ayrılmasını sağlar.

Katraklar, mermerin sertliğine göre değişik biçme kapasitelerine sahip olabilirler. Kesme hızı makinanın gücü ve kesme beşiğinin süratine göre 1–6 cm/h olabilir. Mermerin sertliği arttıkça kesme hızı düşer. Kesme esnasında kullanılan

kumun kalitesi kesme hızı açısından önemli olmaktadır. Kuvarslı kum kullanıldığında kumun çok temiz ve % 85'ten fazla kuvars içermesi gerekir. Metal kumu ise özel alaşımlı çelikten yapılmış olup, mermer çeşidine göre köşeli veya yuvarlak taneli kumlar kullanılır. Kumlu katarlar "sabit bloklu", "sabit lama beşikli" olarak da tiplere ayrılır.

Normal sertlikteki mermer için kumlu katarlar pek fazla kullanılmaz. Bunların yerine daha hızlı kesimli elmas lamalı katarlar kullanılır. Fakat sert mermerler (granit, diyabaz, gabro, vs.) ancak kumlu sistemle çalışan ve metal kum kullanılan katarlarla kesilir. Bugün dünya sert mermer üretiminin % 80 kadarı kumlu sistemle çalışan katarlarda kesilmektedir. Sert mermerde en gelişmiş teknolojiye dahi kesme hızı saatte 2–3 cm'dir.

3.4.1.2. Elmas Lamalı Katarla Kesme

Bu katarlar da çelik lamalı kumlu katarlarla aynı esasa göre çalışırlar. Konstrüksiyon bakımından hiçbir fark göstermezler. Ancak, kesme işlemi elmas soketli lamalarla yapılır. Çelik lamaların mermer yüzeyine gelen kısmında elmas parçaları içeren vidyeli çelik uçlar (soket) monte edilmiştir. Kesme işlemi bu elmas soketler ile yapılır. Katarın kesmesi anında bol su kullanılır. Elmas lamalı katarların kesme hızları saatte 5–40 cm. arasındadır. Kumlu katarla göre normal mermerde 10–20 katı fazla olmaktadır. Bunun için sert olanlar dışında mermerlerin elmas katarlarda kesilmesi tercih edilir.

Elmas lamalı katarın, lama beşiğinin durumuna göre; yatay lama beşikli ve dikey lama beşikli olarak çeşitleri vardır. Ayrıca, blok sabit, yukarı hareketli tipleri de bulunur. Bu tiplerin kesme randımanları ve kullanılması kesilecek mermerin özelliklerine göre seçilmektedir.

3.4.1.3. Tek Lamalı (Monolama) Kesme makinesi

Mermer ocağından pürüzlü yüzeyle ve düzgün geometrik şekilde olmayarak gelen mermerler katarla kesilme esnasında çok fire vermekte ve pürüzlü yüzeyde lamaların kesme süreleri için (kesme yolu alması) çok zaman gerektirmektedir. Bunun için katarın altına verilmeden bloğun kesilecek yüzeyi bir lamalı katar ile kesilir. Monolama tek lamalı olup, kesme hızı yüksektir. Bilhassa sert mermer

bloklarının katrağa yerleştirilmesinden önce yüzeyleri monolama ile kesildiğinde kesme sürati artmakta ve plaka randımanı yükselmektedir.

3.4.2. ST (Diskli Blok Kesme) Makineleri

ST makinaları, yatay ve dikey kesici diskli eni sabit levhaları kesmekte kullanılan makineler olup, genel yapıları itibariyle;

- Tek ayaklı ST'ler, Çift ayaklı ST'ler, Dört ayaklı ST'ler, olarak sınıflandırılırlar.

3.4.2.1. Tek Ayaklı ST

Bu tip makinalarda kesici diskleri taşıyan gövde aşağı-yukarı, sağa-sola hareket edebilmekte ancak kesim doğrultusundaki hareketi blok taşıyıcı vagon tarafından bir hidrolik lift vasıtasıyla sağlanmaktadır. Seri plaka kesimlerinden çok özel siparişlerde kullanılmaktadır. Genelde tek dikey testere bağlanmakta ve çeşitli ihtiyaçlara cevap verebilmeleri için büyük çaplı dikey testere bağlanabilecek şekilde de imal edilmektedirler.

3.4.2.2. Çift Ayaklı ST

Çift ayaklı ST'lerde iki dikme ve bu dikmelere bağlı bir köprü mevcuttur. Kesici disk ünitesi, köprü dikmeler üzerinde aşağı-yukarıya hareket etme yeteneğine sahiptir. Diskleri taşıyan gövde, köprü kızakları üzerinde ve hidrolik lift ile ileri-geri hareket ettirilmektedir. Sağa-sola hareket ise blok vagon ile sağlanmaktadır. Çift ayaklı ST'ler seri plaka kesimlerinde kullanılırlar.

3.4.2.3. Dört Ayaklı ST

Bunlarda dört adet dikme bulunmakta ve dikmeler ikişerli olarak köprülerle birbirlerine bağlıdırlar. Bu iki köprü üzerinde diğer bir köprü daha mevcuttur. Mermer bloğu, vagon ile makinenin altına getirilmekte ve sabitlemektedirler. Makine ileri-geri, aşağı-yukarı ve sağa-sola hareketleri kızaklar üzerinde yapmakta ve ileri-geri hareket, hidrolik veya mekanik, diğer hareketler mekanik olarak sağlanmaktadır. Bu makinelerde çok sayıda dikey testere kullanılabilmektedir.

Granit kesimi için genellikle dört ayaklı ST'ler kullanılmaktadır. Mermer blok kesiminde kullanılan ST'lerde dikey ve yatay testereler, çoğu zaman aynı anda kesim yaparken granit blok kesiminde farklı bir yöntem kullanılmaktadır. Kesim sürecinde, dikey testereler blok yüzeyini komple dilimlemekte ve yatay testerelerin ucunda elmas soketler bulunmaktadır. Bu dört ayaklı ST'ler, seri ve standart kesimler için kullanılırlar. Hızlı ve hassas kesim yaparlar. Diğer tiplerine göre daha fazla yer kaplarlar. Kesilen plakaların alınması daha kolaydır. Kesici dikey disk sayıları tek olabileceği gibi, 20 adet diskin bağlanabildiği ST'ler mevcuttur. Yatay diskler tek olup, bunlar dikeye göre daha küçük çaplıdır (Şekil 3.2).

ST'ler genel olarak fayans hattı için gerekli olan plakaları hazırlarlar. Maksimum kesme derinliği disk çapına göre değişir. Takılabilir en büyük disk çapı motor gücüyle ilgilidir. Ayrıca hızları kayış kaskak mekanizmasına sahip olduklarından kaskak değiştirmek suretiyle kontrol edilir.

Disk değiştirilirken yerine yenisi takıldığında bunun yerine tam oturması sağlanmalı, eksenden sapma olmamalıdır. Yüke girmeden önce bu kontrol mutlaka yapılmalıdır. Ayrıca disklerin takılma yönü de önemlidir, burada elmasların yönü kesmeye karşıt olmalıdır, bu önemli bir husustur.

Bu makineler transfer hattına yakın kurulmalıdır. ST'ler de verim (8 saat) 65–70 m² arasında değişmektedir. Bu değer orta sertlikteki bir mermer için verilmiştir. Bu tip cihazlarda da katraklar da olduğu gibi, silisyum karbürlerin ortaya çıkması için kesim yaparken yumuşak + orta set + sert (Traverten+Kristalin+Bej) kesim sırası uygulanmaktadır.

Bu cihazlarda 180 cm çapında olanlarda 100–125 soket, 150 cm çapında olanlarda 84 civarında soket bulunur.



Şekil 3.2. Dört Ayaklı ST

3.4.2.4. ST'nin Avantajları

Blok mermerden levha üretimi günümüzde iki tip makine ile yapılmaktadır. Birincisi katrak ikincisi ST makinesidir. ST makinesinde kesilen derinlik aynı zamanda elde edilen levhanın genişliğini teşkil ettiğinden işlem sırasında tekrar genişlik taramasına gerek yoktur. ST'den çıkan parça katrağa göre işlem açısından bir adım daha ileridedir. Makine küçük boyutlu blokların işlenmesine elverişlidir. Küçük boyutlu bloklar katrakta kesilemezler veya kesildikleri zaman verim düşer. ST'nin bir başka avantajı da bir yandan makinede kesilen malzeme hemen akabinde diğer işleme tezgâhlarında işleme tabi tutulur, böylece bekleme süresi kısalır ve üretimde akıcılık sağlanır. Hâlbuki katrakta mermerin ikinci bir işleme tabi tutulması için bloğun tamamen kesilmesi gerekir bu da üretimin yaklaşık bir gün gecikmesi demektir. ST'ler ayrıca az yer kaplamakta ve maliyetleri de katraklara göre oldukça düşüktür.

Bütün bu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi mermere verilebilecek paso derinliğin max 65 cm'de sınırlanmasıdır. Dolayısıyla ST'den 65 cm'den geniş levha elde etmek mümkün

olmamaktadır. Makinenin boy yönündeki kesme uzunluğu da katrağa oranla düşüktür.

3.4.1.3. Köprü Kesme Makinesi

Köprü kesme, katraktan çıkan plakaların kenarlarının kesiminde ve istenilen ölçülere getirilmesinde kullanılır. Birbirine paralel ve yaklaşık 180 cm yüksekliğinde duvarlarda raylar üzerinde köprü hareket etmektedir.

Köprü üzerinde testere ve motor grubu, hidrolik olarak ileri-geri gider. Hızı ayarlanabilir. Köprüde, duvarlar üzerinde ileri-geri gidebilmektedir. Altta döner platform vardır. Hidrolik olarak aşağı-yukarı hareket edebilmektedir. Platform yatay durmakta, ancak plakaların yerleştirilmesi için dik konuma gelebilmektedir. Testere olarak 600 mm 'ye kadar bağlanabilmektedir. Elektronik kontrollü ve programlı tipleri mevcuttur. Testere ve motor şasesi, açılı yan kesimleri yapabilecek şekilde dönebilen tipleri de mevcuttur.

3.4.1.4. Dikey ve Yatay Yarma Makinaları

Plaka kesiminde kullanılan dikey yarma makineleri; küçük işletmelerde plakaların kesiminde kullanılır. ST'lerden farkı, yatay testerelerinin olmayışındır. Bu yüzden kesilen blokların eni testerenin çapından küçük olmalıdır, ya da kesilen plakaların bloktan alınabilmesi için çekiçle kırılması gerekmektedir. Genellikle mutfak tezgâhı kesiminde kullanılırlar. Ortadan yarma yapan makineler; seri üretim için düşünülmüştür. ST'den normal standart kalınlığın iki katı + yarma testeresi kadar kalınlıkta plaka kesilir. Bu plakalar, yarmada ortadan ikiye bölünür böylece ST'nin kesim hızı bu makine sayesinde ikiye katlanmış olur (Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Yatay Yarma Makinesi

3.4.1.5. Kafa Kesme Makinesi

Bu cihazlara plakaların uç kısımlarının kesilip düzeltilmesinden dolayı bu isim verilmiştir. ST'den çıkan plakaların başlarının kesilmesinde bazen de istenilen ölçüye getirilmesinde kullanılır (Şekil 3.4). Bu makinelerde önemli olan ST'den gelen levhalardan maksimum işe yarayacak parça çıkartabilmektir. 40 ile 75 cm enlerinde kesim yapabilirler. Mermerlerin standart boyutlarda kesimini gerçekleştirirler. Ebatlama hassas gönyelerle ve dayama sistemi ile sağlanır. Testere bir hidrolik sistem tarafından tahrik edilmekte olup, mermerin köşelerinde kırılmayı önleyici fren tertibatı bulunmaktadır. Mermerlerin makineye giriş ve çıkışını kolaylaştıran rulo sistemi bulunmaktadır. Bu makinelerin ST çıkış hattına yakın olmaları gerekir aksi takdirde iş gücü kaybı doğmaktadır.



Şekil 3.4. Kafa Kesme Makinesi

3.4.1.6. Yan Kesme Makinesi (Levha Ebatlayıcı)

Bu makineler, bantlı ve arabalı olabilmekte olup bantlı tipleri seri üretimde hatalı, kırık veya diğer mermer kısımlarının taranmasında kullanılırlar. Genelde standart ve seri işler için uygundur. Bunlarda testere sabittir. Mermerin kesilecek eninin ayarlanması için bant üzerinde bulunan dayama hareket ettirilir. Arabalı yan kesmeler, ülkemizde en çok kullanılan ve üretilen makine tipleridir. Bunlarda testereler ileri-geri ve aşağı-yukarı hareket edebilir. Araba hareketi otomatik olup, kesme hızı ayarlanabilir. Testerenin altında araba vardır. Bu araba, raylar üzerinde ileri-geri hareket ettirilir. Raylar, biri trapez diğeri düz olarak planya edilmiştir. Çeşitli çaplarda testere bağlanabilir. Testerenin yatay ve düşey hareketi mekanik motor kontrollüdür. Testere yatay hareketi sayacı olup, otomatik kesme ve tarama özelliğine sahiptir. Testere 0–90 derece arasında dönebilir.

3.4.1.7. Pah makineleri

Bu makineler, kesilmiş, ebatlanmış, cilalanmış fayans mermeri 4 veya istenildiği takdirde iki taraflı pah kırar. Altına yapıştırma kanalı açar, kurutur ve siler. Bu işlem bir hat boyunca devam etmektedir. Pah kafaları pnömatik olarak çalışırlar. Genellikle bu işlemden sonra kurutma ve silme bölümleri vardır. Günümüzde pah kırma makineleri halen geliştirilmekte olup, pah kırma ile beraber merdiven basamakları, süpürgelikler, denizlikler ve paramedlerde mermer yüzeyinin cilası ile birlikte, mermerin alım cilası da yapılabilmektedir. Mermer, band ile makinenin altına verilir. 45⁰ açılı kafalarda 3 ile 5 adet, 90⁰ kafalarda 5 ile 7 adet olabilmektedir. Bandın altında 1 ve üzerinde ise 1 testere veya tarama diski bağlanabilecek kafalar mevcuttur. Şekil 3.5.'de bir pah kırma makinesi görülmektedir. Bu makinelerle 45 derecelik cilalı pah yağmur damlalığı ve eviye oturma boşluğu da oluşturulabilmektedir. Genelde bu tip makinelerin özellikleri, mermerin üst yüzeyine pah kırıp cila yapılabilmesi, kalibre ile 30-60⁰ arasında istenilen derinlikte pah kırılıp cila, cila kafaları ile de cila yapılabilmesidir.

Üst pah ünitesinden sonra da, mermerin altına kesim hatlarından kaynaklanan çapaklar bir abrasiv ile yok edilebilmekte ve mermerin görünümünü güzelleştirmektedir. Makine ile ayrıca, altına ve üst yüzeyine kanal açılabilir. Band üzerinde mermerin stabilitesini sağlayan üst baskı ve alın dayama sistemleri ile 7–140 cm genişlikte, 1–5 cm yüksekliği bulunan mermerler rahatlıkla işlenebilmektedir. Alın dayama ünitesi ile 65 cm genişliğe kadar mermerin band üzerinde yatay hareketleri önlenmekte ve bu sayede genişliği 5 cm'ye kadar mermerler hassas olarak işlenmektedir. Genişliği 140 cm olan mermerlerin, alın dayama sisteminin eksenine etrafında 90 derece döndürmek suretiyle üzerindeki tekerleklerin mermer ağırlığına band üzerinde hafifletmesinin sonucunda rahatlıkla işlenebilmektedir.



Şekil 3.5. Pah Kırma Makinesi

3.4.1.8. Ebatlama Makinaları

Bu makinalar kafa kesme makinaları ile yapı olarak aynıdır. Aradaki fark, bu makinaların testerelerinin çok olması ve aralarının ayarlanabilir olmasıdır. Testere sayısı 2, 3, 5, 7 olabilmektedir. Bu makinalar, plakaların seri olarak ebatlanmasında kullanılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Ebatlama Makinesi

3.4.1.9. Lazer Işını ile Kesme

Elektrik enerjisinden özel geliştirilmiş sistemle temin edilen lazer ışınları mermer blokları veya levhaların üzerine bir doğrultuda verilerek derinlemesine kesme yapılır. Bu sistem henüz araştırma aşamasında olup, yalnız laboratuvar ve yarı endüstriyel deneme safhasındadır. Ekonomik sonuçlar alındığında geliştirilerek endüstride kullanılacaktır.

3.4.1.10. Termal Ok ile Kesme

Yöntemin temel prensibi çelik tüp içinde bulunan yüksek basınçtaki yakıtın yanma odasında yakılarak oluşan alev şokunun uygun bir yönlendirme memesiyle yoğunlaştırılarak taş üzerine verilmesidir. Alev şokunun ısısıyla taş ergitilmek suretiyle kesilir. Sıcaklık 1500–2000 °C arasındadır. Alevin memeden çıkış hızı ses hızının beş katı kadardır. Alev mermeri bir seferde 6 mm derinliğe kadar kesebilir. Uygun ve verimli kesim yapabilmek için kesimin yatayla 30°'lik açı yapacak şekilde yapılması gerekir. Kesme hızı yaklaşık 1–1.5 m²/h'tır. Bu gün için sistem ekonomik değildir.

3.4.1.11. Su Jeti ile Kesme

Son yıllarda geliştirilmiş bir sistem olup, hidrolik veya hava basıncı ile hızlandırılmış su içinde belirli tane boyutlu kuvars kumu ile kesme yapar. Bu sistemle 15 cm derinliğine kadar kesme yapılmaktadır. Sistemin en önemli uygulama zorluğu gerekli olan yüksek basıncın sağlanabileceği pompanın geliştirilememiş olmasıdır. Sistemde harcanan enerjinin yüksek olması ve kullanılan cihazların ileri teknoloji istemesi günümüz koşullarında ekonomiklik sınırlarının üzerindedir.

4. MATERYAL ve METOD**4.1. Materyal**

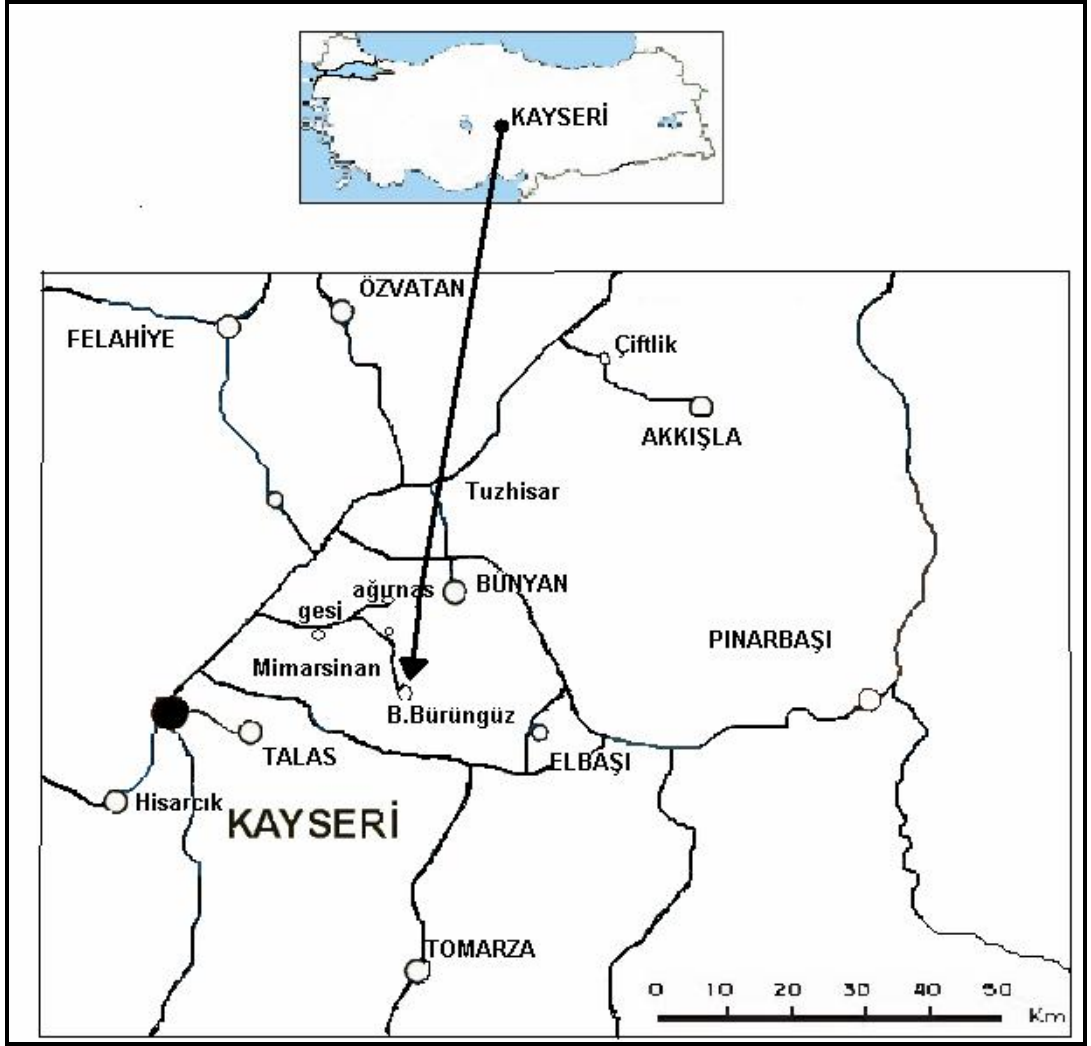
Çalışma alanı olarak Kayseri ili Bünyan ilçesi' ne bağlı Büyük Bürüngüz köyü civarında bulunan Nurdal Mermer ve Madencilik şirketine ait mermer (traverten) ocağı seçilmiştir.

Bu çalışmada konu ile ilgili gerekli literatür bilgileri M.T.A. Kütüphanesi, Çukurova Üniversitesi Kütüphanesi ve YÖK dokümantasyon merkezi yararlanılarak elde edilmiştir. Literatür bilgilerinin toplandıktan sonra çalışma alanında bulunan traverten ocağının çeşitli yerlerinden numuneler alınmıştır.

Bu numunelerden Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında çeşitli deneyler yapılarak tekno-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan deneyler çalışmanın ileriki kısımlarında detaylı olarak ele alınmıştır.

4.1.1. Ocak Hakkında Genel Bilgiler**4.1.1.1. Ocağın Coğrafik Konumu**

Nurdal mermer madencilik şirketine ait olan traverten ocağı B. Bürüngüz köyünün batısında yer alan Yücekayalar ile Üçtepeler mevki sınırları içerisinde yer almaktadır. Şekil 4.1'de Kayseri-Bünyan bölgesi traverten ocağının yer bulduru haritası verilmektedir.



Şekil 4.1. Nurdal Mermer Ocağı Yer Bulduru Haritası

4.1.1.2. Çalışma Sahasının Jeolojisi

Çalışma alanı Kayseri ili, Bünyan ilçesi'ne bağlı Büyük Bürüngüz köyü civarında bulunan Nurdal Mermer ve Madencilik şirketine ait mermer (traverten) ocağıdır. Bölge stratigrafi bakımından, genel olarak Paleozoyik, Siluriyen, Devoniyen, Permo-Karbonifer, Mesozoyik kalkerler, Mesozoyik ofiyolitli seri, Eosen flişleri, Lütesiyen, Oligosen ve Neojen formasyonları içerir. Ayrıca yaşı kesin olarak bilinmeyen metamorfik serilerle granit, granodiyorit, siyenit, diyorit, gabro ve peridotit bileşimlerinde kristalin kitleler geniş sahalar kaplamaktadır. Bölgede volkanik fasiyes geniş alanlar kaplar.

1/500.000 Ölçekli jeoloji haritasında bölgede volkanik fasiyes yaygın olarak gözlenir. Buğdaylı köyü civarında volkanik tuf, anglo mera, breş ve andezitler yaygındır. Alan ve civarındaki en genç birim Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Ek1)

4.1.1.3. Bölge İklimi

Kayseri İli'nde kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak karasal nitelikli Orta Anadolu iklimi egemendir. Ancak il iklimi, yükseltiye göre yer yer farklılıklar gösterir. Buna bağlı olarak ilde iklim, çukurda kalan bölgelerde daha yumuşakken, yaylalardan dağlık kesimlere doğru gidildikçe sertleşir. Buna göre yılda 6–8 ay çalışmak mümkün olmaktadır.

4.1.1.4. İşletme Yöntemi

Üretim açık işletme olarak, basamak usulü yöntemiyle yapılmaktadır. Üretimi gerçekleştirilen cevher üzerinde bulunan bozuk mermerli kısım makineli olarak kaldırılmakta, daha sonra üzeri açılan mermer tabakaları havalı sondaj makinesi ile önce dik delik ve ardından alt delikler delinmektedir. Bu deliklerden elmaslı tel geçirilerek, elmaslı tel, tel makinesi vasıtasıyla döndürülmekte, bu esnada telin aşırı ısınmaması için elmas tele su vermek sureti ile kayanın kesimi sağlanmaktadır. Kesimden sonra hidrolik krikolar vasıtasıyla mermer bloğu ocak içerisine devrilmekte ve daha sonra sayalanarak istenen ebatlara kesilen blok mermerler stok sahasına nakledilmektedir. Üretim esnasında gerekli güvenlik tedbirlerinin alınmasına özen gösterilmektedir. Üretimle birlikte çıkan pasa boş alanlara dökülmektedir.

Sahada, üretim faaliyetleri sonucunda % 30 civarında blok (traverten) % 70 civarında ise moloz ve pasa elde edilmektedir. Ocaktan çıkarılan gece traverten piyasada aranan çok tutulan (traverten) dir. Sahadan üretilen blok (traverten) işletme tarafından ocak çıkışı mermer fabrikalarına satılmaktadır. Mermer fabrikasında plaka ve fayans haline getirildikten sonra satışa sunulmaktadır. Sahadan üretilmekte olan travertenin bilinen ve aranan mermer oluşu nedeniyle piyasada oldukça kolay alıcı bulunabilmektedir.



Şekil 4.2. Ocağın Genel Görünümü



Şekil 4.3. Ocakta Kesilen Blokların Genel Görünümü



Şekil 4.4. Ocak Aynasının Genel Görünümü

4.2. Metod

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılan deneyler T.S. 1987 ve T.S. 699 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle karot numuneler hazırlanarak (47*47 mm) birim hacim ağırlığı, özgül ağırlık, su emme oranı, görünür porozite ve doluluk oranı, Schmidt ve Shore Selereskop sertlik değerleri hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacı ile 40*40*90 mm'lik numuneler ile basma dayanım deneyi yapılmıştır. Ardından 47*47 mm' lik karot numuneler ile dolaylı çekme dayanımı hesaplanmıştır. Darbe dayanım deneyi için 40*40*40 mm'lik küp numuneler hazırlanmıştır. Böhme deneyi için 71 mm'lik küp numuneler hazırlanarak aşınma kaybı deneyi yapılmıştır. 30*100*200 mm'lik numuneler kullanılarak eğilme dayanım deneyi yapılmıştır.

4.3. Mermerlerin Tekno-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Deneyler

Mermerlerin tekno-mekanik özellikleri; fiziksel, mekanik, kimyasal ve petrografik özellikleridir. Bu özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak numune boyutlandırması, deney türleri bazında T.S.E. 699 standartlarına uygun olarak yapılmaktadır. Mermerlerin fiziksel özellikleri ise, sertlik, özgül ağırlık, birim hacim ağırlığı, renk, doluluk oranı, su emme oranı, cila tutma, saydamlık, kenar köşe kesmesi gibi özelliklerdir.

4.3.1. Mermerlerin Fiziksel Özellikleri

Mermerlerin fiziksel özellikleri ise; sertlik, özgül ağırlık, birim hacim ağırlığı, renk, doluluk oranı, ağırlıkça ve hacimce su emme oranı, porozite, cila tutma, saydamlık, kenar köşe kesmesi gibi özelliklerdir. Bu aşamada mermerlerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

4.3.1.1. Özgül Ağırlık Tayini

Özgül ağırlık tayini için belirtilen numune standartlarına göre, mermer sahasının değişik yerlerinden alınan temsili 2 kg'lık numuneler, 0,2 mm kare göz açıklığı olan eleklerden geçecek şekilde öğütülür ve sabit ağırlığa gelene kadar 105°C sıcaklıkta etüvde kurutularak, oda sıcaklığına kadar desikatör içerisinde soğutulur. Piknometre ile 0,01 gr hassasiyetle tartılıp ağırlığı G_p olarak kaydedilir. Piknometre, oda sıcaklığında su ile doldurularak kapağı kapatılıp ve üzerindeki su zerrecikleri kurutma kâğıdı ile kurutulup kapaktaki kılcal borudaki su seviyesi tespit edilerek 0,01 gr hassasiyetle tartılarak ağırlığı G_{ps} olarak kaydedilir.

Kurutulup soğutulmuş olan, öğütülmüş numuneden 250 gr kadar alınarak piknometreye konur ve 0,01 gr hassasiyetle tartılarak G_{np} olarak kütle değeri belirlenir. İçinde örnek bulunan piknometreye örnek seviyesini geçene kadar hacminin $\frac{1}{4}$ 'üne kadar su doldurulur ve 10–15 dakika kaynatılıp, su banyosunda oda

sıcaklığına soğutularak su ilavesi ile kapak kapatılır. Piknometre kurutularak 0,01 gr hassasiyetle tartılıp G_{pns} ağırlığı belirlenir.

Deney bulguları ile mermerin özgül ağırlığı şu formülle hesaplanır.

$$d_0 = \frac{G_{pn} - G_p}{(G_{pn} - G_p) - (G_{pns} - G_{ps})} \quad (4.1)$$

Burada;

d_0 : Özgül ağırlık,

G_p : Piknometre ağırlığı, gr,

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

G_{ps} : Su ile dolu Piknometre ağırlığı, gr,

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

4.3.1.2. Birim Hacim Ağırlığı, Ağırlıkça Su Emme Oranı Tayini

Mermerlerin birim hacim ağırlığının tayini için 5 cm x 5 cm x 5 cm ebatlarında hazırlanan küp numuneler, önce güzelce yıkanıp etüve yerleştirilerek 105°C de kurutulup ve ayrı ayrı 0,01 gr hassasiyetindeki terazide tartılır. Tartılan numuneler bir kaba doldurularak numunelerin ¼'ü su içinde kalacak şekilde su ilavesi yapılır. İki saat arayla numunelerin ¼'ünü kaplayacak oranda su ilavesi yapmaya devam edilir. Bu numuneler, tamamen üzerlerini örtecek miktarda su ilavesi yapıldıktan sonra iki gün boyunca su içerisinde bekletilir.

Doygun hale gelen numuneler su içerisinde Archiment terazisi ile tartılarak, 0,01 gr hassasiyetle ölçüm değerleri yapılır. Bu tartım işleminden sonra deney numunesi üzerindeki su damlaları bir bezle silinerek hiç bekletilmeksizin havada 0,01 gr hassasiyetle tartılır.

Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak her bir numune için birim hacim ağırlığı belirlenir;

$$dh = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \quad (4.2)$$

Burada;

dh : Mermerin birim hacim ağırlığı, gr/cm³,

Gh : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş deney numunesi ağırlığı, gr,

Gdh : Doygun haldeki deney numunesinin havadaki ağırlığı, gr,

Gds : Doygun haldeki deney numunesinin sudaki ağırlığı, gr.

Mermerin ağırlıkça su emme oranı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$Sk = \frac{Gdh - Gk}{Gk} * 100 \quad (4.3)$$

Burada;

Sk : Mermerin ağırlıkça su emme oranı, %,

4.3.1.3. Görünür Porozite, Doluluk Oranı, Gerçek Porozite

Mermerin görünür porozite değeri ya hacimce su emme oranından ya da hacim kütle ve kütlece su emme oranından hesaplanabilmektedir. Mermerin görünür porozite değeri hacimce su emme oranından şu eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$Pg = \frac{Gd - Gk}{Gd - Gds} * 100 \quad (4.4)$$

Burada:

Pg : Mermerin görünür porozitesi, %,

Gd : Mermerin doygun haldeki kütlesi, gr,

Gk : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş kütle, gr,

Gds : Doygun halde su içindeki kütle, gr.

Mermerin görünür porozite değeri, hacim kütle ve hacimce su emme oranı yardımı ile de hesaplanabilir;

$$Pg = dh \times Sk \quad (4.5)$$

Burada;

Pg : Mermerin görünür porozitesi, %,

dh : Mermerin hacim kütlesi, gr/cm³,

Sk : Mermerin kütlece su emme oranı, %.

Doluluk oranı, mermerin ortalama hacim ağırlığı ve özgül ağırlığından şu eşitlik ile hesaplanır:

$$k = \frac{dh}{do} * 100 \quad (4.6)$$

Burada:

k : Mermerin doluluk oranı,%,

dh : Mermerin ortalama hacim ağırlığı, gr/cm³,

do : Mermerin ortalama özgül ağırlığı, gr/cm³.

Gerçek porozite, mermerin ortalama hacim ağırlığı ve ortalama özgül ağırlığından aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$P = \left| 1 - \frac{dh}{do} \right| * 100 \quad (4.7)$$

veya

$$P = (1 - k) * 100 \quad (4.8)$$

Burada;

P : Mermerin gerçek porozitesi oranı, %,

k = : dh/do (doluluk oranı).

4.3.1.4. Sertlik, Kesilebilirlik ve Cila Alabilme

Mermerin sertliği, aşınmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mohs sertlik sınıflaması standart 10 mineralin sertlikleri temel alınarak düzenlenmiş olup bu mineraller veya bunların özdeşi mineraller ile mermer üzerinde yapılacak çizme işlemine göre tayin yapılmaktadır. Mohs sertlik sınıflamasında yer alan 10 mineralin sertlik dereceleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mohs sertlik sınıflaması

Mineral	Kimyasal Bileşimi	Mohs Sertlik
Talk	Mg ₃ (OH) ₂ Si ₄ O ₁₀	1
Jips	CaSO ₄ 2H ₂ O	2
Kalsit	CaCO ₃	3
Flüorit	CaF ₂	4
Apatit	Ca ₅ F(PO ₄) ₃	5
Feldspat	K Al Si ₃ O ₈	6
Kuvars	SiO ₂	7
Topaz	Al ₂ (F,OH) ₂ SiO ₄	8
Korund	Al ₂ O ₃	9
Elmas	C	10

Mermer işletmeciliğinde en önemli parametrelerden biri de plaka alabilme ve kenar ve köşelerde atlama olup olmadığıdır.

Mermer cilası, göze hitap etmesi nedeniyle son derece önemlidir. Her mermer cilalanmasına karşı cila alma durumları, mermerin cinsine ve içindeki diğer maddelere, cila maddesinin özelliğine ve cilalama zamanına bağlı olarak değişmektedir. Mekanik özellikleri zayıf, iyi cilalı bir mermer mekanik özellikleri iyi fakat kötü cilalı bir mermere göre pazarda daha rahatlıkla satış imkânına sahiptir.

Sertlik değerleri 10 adet numune üzerinde 20'şer okuma yapılarak hesaplanmış ve bu okumaların ortalaması ortalamaları alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

4.3.2. Mekanik Özellikler

Mermerlerde bilinmesi istenen mekanik özellikler ise; tek eksenli basınç direnci, eğilme direnci, çekme direnci, darbe direnci, aşınma dayanımı gibi özelliklerdir.

4.3.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Bu deneyde mermerlerin tek yönlü gerilme ortamında, düşey eksen doğrultusunda etkiyen yükler karşısında davranışları ve dayanımları belirlenmiştir. Basınç dayanımı deneyleri tabaka düzlemlerine dik olarak yapılmıştır.

Mermerin basınç direncinin bulunması için 10'ar adet deney örneği kullanılmıştır. Numunenin boyutları kumpas ile 0,1 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Numune, deney presinin tablaları arasına tam ortalanacak şekilde yerleştirilir. Yük basınç gerilmesi saniyede yaklaşık 10 kg/cm² – 12 kg/cm² artacak ve çarpmasız şekilde örnek kırılıncaya kadar uygulanır. Kırılma anında yük değeri pres göstergesinden okunarak kırılma yükü (Fc) olarak alınır. Elde edilen kırılma yük değerinin numunenin kesit alanına bölünmesiyle mermer numunesinin tek eksenli basınç dayanımı bulunur. Aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplama yapılır.

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \quad (4.9.)$$

Burada;

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı, kg/cm^2 (Mpa),

P : Numune yenilme yük değeri (kg),

A : Numune yüzey alanı (cm^2).

Hidrolik preste numune üzerine yük (veya basınç) uygulanırken hidrolik preste bulunan hassas göstergeler yardımıyla numunedeki yük deformasyon (P- ΔL) veya (σ - ϵ) değerleri de ölçülür. Bu değerler bir eksen takımı üzerinde çizilerek hesaplamalar için hazır hale getirilir. Her basınç değeri için elde edilen boyca kısalma (ΔL) değeri numunenin ilk boyuna bölünerek ($\Delta L/L=\epsilon$) birim boy uzaması bulunur. Deney sonunda elde edilen veriler ile hidrolik preste bulunan hassas göstergede okunan değerler yardımıyla mermerin elastisite modülü E 'de hesaplanır.

$$E = \frac{\Delta s}{\Delta e} \quad (4.10)$$

Burada;

E : Elastisite modülü (kg/cm^2),

σ : Basınç dayanım değeri (kg/cm^2),

ϵ : Birim boy kısalması.

4.3.2.2. Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı mermerlerin çekme gerilmeleri karşısındaki direncidir. Kayaçların çekme dayanımları, basınç ve kesilmeye karşı gösterdikleri dayanımlardan daha düşüktür. Çekme dayanımı için iki farklı yöntem uygulanmaktadır.

- Direkt çekme dayanım deneyi,
- Yarmada çekme dayanımı (Brazilian) deneyi.

Direkt çekme dayanım deneylerinde, silindirik şeklinde dış yüzeyleri düzgün ve nominal boy/çap (h/d) 2–2.5 arasında olan en az 5 adet deney numunesi kullanılır.

Deney numuneleri etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulur, sonrasında oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kondisyonlanan deney numuneleri çelik başlıklara epoksi reçine tipi bir yapıştırıcı ile yapıştırılarak, numune üzerine sürekli bir çekme etkisi uygulanır ve 5–15 dakikalık bir sürede numunenin kırılması sağlanır. Numune yenilme yük değeri kaydedilerek;

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \quad (4.11)$$

eşitliği ile çekme dayanım değeri hesaplanır. Burada;

σ_t : Mermerin direkt çekme dayanımı, (kg/cm²),

F_t : Mermerin yenilme yük değeri (kg),

A : Mermer numunesinin yüzey alanı (cm²).

Yarmada çekme dayanım deneyinde ise silindir şeklinde boy/çap oranları 0.5–1.0 arasında olan düzgün yüzeyli mermer numuneleri kullanılır. Numuneler, standartlara uygun olarak kondisyonlandıktan sonra, numuneler yerleştirilerek, çapsal yükleme yapılır ve yarılmının gerçekleştiği yük değeri kaydedilir. Mermer örneğinin yarmada çekme dayanım değeri;

$$st = \frac{2F_t}{pDL} \quad (4.12)$$

eşitliği ile bulunur.

Burada;

σ_t : Mermerin yarmada çekme dayanımı (kg/cm²),

F_t : Mermerin yarıma yük değeri (kg),

D : Mermer numunesinin çapı, (cm),

L : Mermer numunesinin boyu (cm).

4.3.2.3. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı, standart boyutlardaki mermerin belirli bir doğrultudaki gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

Mermerlerin darbe dayanımlarının belirlenmesi için şistozite düzlemine paralel veya dik konumda alınan 4 cm x 4 cm x 4 cm boyutlarındaki kübik numuneler kullanılır. Darbe dayanım deneyleri darbe dayanım düzeneği kullanılarak gerçekleştirilir.

Örnek numuneler darbe dayanımı deney düzeneğinde örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilip ve bunun üzerine çelik plaka konularak deney tokmağı aşağıdaki eşitlikten hesaplanan yükseklikten düşürülür.

$$H=0,04 V \quad (4.13)$$

Burada;

H : Tokmağın düşme yüksekliği (cm),

V : Deney numunesinin hacmi (cm³).

Birinci darbeden sonraki takip eden her darbede düşme yüksekliği, bir evvelki yüksekliğin, ilk düşme yüksekliği (H) kadar arttırılmasıyla elde edilir. Deney numunesi kırılana kadar bu işleme devam edilir ve darbe sayısı tespit edilir. Düşme yüksekliğinin arttırılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artmaz veya azalırsa, kırılma, çatlama veya pullanma olursa deney numunesi kırılmış sayıldığı için bu son darbe, darbe sayısının (n) hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı ise aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$D_n = n(n+1) \quad (4.14)$$

Burada;

D_n : Mermerin darbe dayanımı, kg/cm²,

N : Kırılmaya neden olan darbe sayısı.

4.3.2.4. Nokta Yük Dayanım Deneyi

Nokta yük dayanım deneyi, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan, nokta yükü dayanım indeksinin saptanması amacıyla

yapılmaktadır. Bu indeks tek eksenli basınç ve çekme gibi önemli dayanım parametrelerinin belirlenmesinde de kullanıldığı için, önemli bir dayanım parametresidir.

Boy-çap (L/D) oranı 0.3–1 olan silindirik karot numuneler deney aletinin konik uçları arasına, karot eksenli yükleme yönüne paralel olacak şekilde yerleştirilerek, deney örneği 10–60 saniye içinde yenilecek şekilde yük uygulanmıştır.

Yenilme anında yükün değeri (P) yük göstergesinden okunarak mermerlerin nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki yöntem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I_s = P / (D_e)^2 \quad (4.15)$$

Burada;

I_s : Nokta yükü dayanımı (Mpa)

P : Yenilme yükü (kN)

D_e^2 : Karot çapı (mm^2)

Deney bulgularına göre mermerin tek eksenli basınç dayanım değeri;

$$s_c \cong 24 I_{s(50)} \quad (4.16)$$

formülü ile belirlenir. Burada;

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı kg/cm^2 ,

$I_{s(50)}$: Nokta yükleme yenilme yük değeri.

4.3.2.5. Sonik Hız Deneyi

Sonik hız deneyi için, “pundit” aleti kullanılmıştır. Boyları ölçülen numuneler algılayıcılar arasına yerleştirilmiş ve göstergeden dalgaların kayaktan geçme hızları okunmuştur. Bulunan bu değerler mermer sınıflarının Sonik hızları olarak kaydedilmiştir.

Yapılan bu işlemler neticesinde numune boyu geçiş süresine bölünerek kayakta yayılma hızları değerlerine ulaşılmıştır.

4.3.2.6. Eğilme Dayanım Deneyi

Eğilme dayanımının belirlenmesi için mermer bloklarından tabakalaşma (şistozite düzlemlerine) yönü dikkate alınarak 30 mm x 100mm x 200mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmalıdır.

Deney numuneleri şekil de görülen deney düzeneğindeki gibi plaka şeklinde, numuneler arası açıklık 180mm olacak şekilde deney presi tablaları arasına, yükleme ortadan uygulanabilecek şekilde yerleştirilir. Deney numunesi üzerine yaklaşık 5 kg'lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi ve kondisyonlanması sağlanır.

Sonrasında yük artışı dakikada 450 kg (4500 N) geçmeyecek şekilde artırılıp, kırılma anındaki yük değeri kaydedilip ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan sonuçlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak eğilme dayanım değeri hesaplanır.

$$s_{eğ} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (4.17)$$

Burada;

$\sigma_{eğ}$: Mermerin eğilme dayanımı, kg/cm²,

P : Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg,

L : Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm,

b : Deney numunesinin genişliği, cm,

h : Deney numunesinin kalınlığı, cm.

4.3.2.7. Sürtünme Sonrası Aşınma Kaybı Deneyi (Böhme Deneyi)

Böhme yüzey aşındırma deneyi, deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında ve hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesi esasına dayanır.

Böhme yüzey aşındırma deneyi için kenar uzunlukları 71 mm $\pm$ 1,5 mm (yüzey alanı 50 cm² $\pm$ 2 cm²) olan küp numuneler kullanılır. Deneyde kullanılan Böhme yüzey aşındırma cihazı 30 devir/dk $\pm$ 1 devir/dk hızla dönmesi ayarlanabilen 750 mm çapında bir aşındırma diskinde sahiptir. Devir sayısını gösteren numaratör vardır. Her 22 devir sonunda disk otomatik olarak durmaktadır.

Aşındırma malzemesi olarak zımpara tozu kullanılır. Kullanılan zımpara tozu TS 699’da belirtilen zımpara tozuna uygun olarak seçilir.

Ebatları ölçülen deney örneği, aşındırma cihazında bulunan deney örneği yuvasına yerleştirilip sürtünme şeridine $20 \text{ gr} \pm 0,5 \text{ gr}$ zımpara tozu serpilir. Deney örneği çelik manivela aracılığı ile 30 kg ’lık yük uygulanır ve deney örneğinin sürtünme şeridine $0,6 \text{ kg/cm}^2$ lik bir basınç ile bastırılarak disk döndürülür. 22 devir sonunda otomatik olarak duran disk üzerinden zımpara tozu ve örnek artıklar temizlenir. Yeniden zımpara tozu konulur ve düşey eksen etrafında her sefer 90° çevrilerek 22’şer devirlik 20 aşınma işlemi (periyodu) yani 4–10 devir uygulanır.

Kalınlık kaybı ölçülmesi yönteminde hazırlanan örnek dokuz yerden $0,01 \text{ mm}$ hassasiyetle ölçülerek aritmetik ortalaması alınır ve “do” olarak kaydedilir. Aşındırma işlemi sonunda aynı noktalardan yapılan ölçümlerin aritmetik ortalamasına “d” denilir. Kalınlık azalması cinsinde “ Aşındırma Kaybı” şu formülle bulunur;

$$d = (d_o - d_i) \quad (4.18)$$

Burada;

- d : Böhme yüzey aşındırma kaybı, $\text{cm}/50 \text{ cm}^2$,
do : Numunenin deney öncesi ortalama kalınlık,
di : Numunenin deney sonrası ortalama kalınlık.

4.3.3. Mermerlerin Kimyasal Özellikleri

Kayaçların kimyasal özellikleri, onların fiziksel özelliklerini yönlendiren kimyasal bileşim, çözülme kabiliyeti, açık hava etkilerine ve asitlere dayanıklılık, pas tehlikesi ve bazaltlarda güneş yanığı tayini gibi özelliklerdir. Bu özellikler mermerlerin cinsine ve türüne bağlı olarak değişir.

4.3.3.1. Kimyasal Bileşim

Kimyasal bileşim, kayaçların içindeki elementlerin oksit değerinden toplam ifadesidir. Kimyasal bileşim kayaçların fiziksel özelliklerine göre değişir. Örneğin SiO_2 oranı arttıkça kayaç daha sertleşir. MgO oranı arttıkça kırılma sayısı artar. Fe_2O_3 oranı arttıkça rengi koyulaşır.

Mermerlerin kimyasal analiz sonuçları ve mineral içerikleri, kesme ve parlatma işlemlerinde etkin rol oynar (Büyüksağış, 1998). Mermerlerin kimyasal bileşiminin belirlenmesi amacıyla kimyasal analizler gerçekleştirilir. Bu deneylerde;

- SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , H_2O ve
- Kızdırma kaybı yüzdeleri hesaplanır.

Hakiki mermerler, bileşiminde en az %95 CaCO_3 içermelidir. Kireçtaşları ise en az %90 CaCO_3 bulunmalıdır.

Mağmatik kökenli sert mermerler, hakiki mermerler, kireçtaşları, traverten ve onikslere hemen hemen bütün analizlerde büyük farklılıklar göstermektedir. SiO_2 oranlarının yüksek olmasından dolayı oldukça yüksek bir sertliğe, bunun dışında MgO ve Fe_2O_3 oranlarında yüksek olmasından dolayı hem daha kırılğan, hem de daha koyu bir renge sahiptir. Bunların dışında mağmatik kökenli sert mermerlerin üzerinde, Na_2O , Al_2O_3 ve K_2O analizlerinin de yapılması, onları diğerine göre ayıran başka bir özelliktir.

5.BULGULAR VE TARTIŞMA

Ocak sahasından çeşitli örnekler alınmış tekno-mekanik özelliklerinin belirlenmesi için gerekli standartlara uygun numuneler hazırlanarak deneyler Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Bulgular aşağıda sunulmuştur.

5.1. Kimyasal Özellikler

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kimya laboratuvarında yapılan deneyler sonucunda Noce Traverteninin kimyasal özellikleri analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kayseri Noce Traverteninin Kimyasal Analiz Sonuçları

Bileşim	1. Numune (%)	2. Numune (%)
SiO ₂	0,46	0,38
Al ₂ O ₃	-	-
Fe ₂ O ₃	0,11	0,11
CaCO ₃	98,18	98,02
MgCO ₃	0,85	0,83
Na ₂ O+K ₂ O	-	-

5.2. Fiziksel Özellikler**5.2.1. Birim Hacim Ağırlığı**

Birim hacim ağırlığının bulunması için 10 adet kübik numune kullanılmıştır. Sonuçlar toplu olarak Çizelge 5.2.'de görülmektedir.

Çizelge 5.2. Kayseri Noce Traverteninin Birim Hacim Ağırlığı

Numune No	V (cm ³)	Gk (gr)	d _h	d _h ort (gr/cm ³)
1	118,31	227,9	2,34	2,29±0,07
2	116,65	271,9	2,33	
3	117,76	278,4	2,36	
4	117,06	281,6	2,40	
5	117,62	272,4	2,31	
6	117,76	253,5	2,15	
7	118,87	280,1	2,35	
8	119,14	263,3	2,21	
9	116,37	262,0	2,25	
10	117,48	268,8	2,28	

Birim hacim ağırlığını belirlemek amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda Kayseri Noce travertenlerinin birim hacim ağırlığı 2,29 gr/cm³ olarak bulunmuştur.

5.2.2. Ağırlıkça Su Emme Oranı

Ağırlıkça su emme oranının bulunması için 10 adet kübik numune kullanılmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 5.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3. Kayseri Noce Traverteninin Ağırlıkça Su Emme Oranı

Numune No	Gk (gr)	Gdh (gr)	(Gdh-Gk) (gr)	Sk (%)	Sk ort (%)
1	277,9	285,2	7,3	2,6	2,6±0,30
2	271,9	280,3	8,4	3,08	
3	278,4	285,5	7,1	2,55	
4	281,6	288,3	6,7	2,3	
5	280,1	288,2	8,1	2,89	

Ağırlıkça su emme oranını belirlemek amacıyla yapılan deneyler sonucunda Noce traverteninin ağırlıkça su emme oranı % 2,6 olarak bulunmuştur.

5.2.3. Görünür Porozite

Noce traverteninin görünür porozitesinin bulunması için yapılan çalışmalar sonucunda travertenin görünür porozitesi %6,317 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 5.4.'de görülmektedir.

Çizelge 5.4. Kayseri Noce Traverteninin Görünür Porozitesi

Numune No	B H A dh (gr/cm ³)	A S E Sk (%)	G.P. Pg (%)	Pg ort (%)
1	2,34	2,6	6,084	6,317±0,65
2	2,33	3,08	7,176	
3	2,36	2,55	6,018	
4	2,40	2,3	5,52	
5	2,35	2,89	6,791	

5.2.4. Shore Selereskop Sertliği

Shore selereskop serliğini bulmak amacı ile yapılan laboratuvar deneylerinde 10 adet traverten numunesi kullanılmıştır. Her örnek üzerinde 20 okuma yapılmıştır. Yapınla okumlar sonucunda shore selereskop sertliği 44,14 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 5.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. Kayseri Noce Traverteninin Shore Selereskop Sertliği

Numune No	Shore Selereskop Sertliği	Ort. Shore Selereskop Sertliği
1	45,6	44,14±3,73
2	51,6	
3	48,4	
4	40,1	
5	41,1	
6	41	
7	42,3	
8	45,8	
9	44,2	
10	41,3	

5.3. Mekanik Özellikler

5.3.1. Eğilme Dayanımı

Deney numunesi olarak 30 x 100 x 200 mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.6’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.6. Kayseri Noce Traverteninin Eğilme Dayanımı

Numune No	Numune Genişliği (b) (cm)	Numune Kalınlığı (h) (cm)	Mesnetler Arası Mesafe (L) (cm)	Kırılmaya Neden Olan Yük (P) (kg)	Eğilme Dayanımı (σ_{eg}) (kg/cm ²)	Ort. Eğilme Direnci (σ_{eg}) (kg/cm ²)
1	9,53	3,24	18	726,31	98,01	82,02±15,8
2	11,9	3,23	18	824,46	89,65	
3	10,2	3,3	18	745,94	90,65	
4	10	3,25	18	588,9	75,16	
5	9,97	3,22	18	804,83	105,10	
6	10,38	3,22	18	510,38	64,02	
7	9,7	3,19	18	471,12	64,43	
8	9,68	3,21	18	510,38	69,07	

Kayseri-Bünyan yöresi mermerlerinin eğilme dayanımlarını belirlemek amacı ile yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda Noce Traverteninin eğilme dayanımı 82,02 kg/cm² olarak bulunmuştur.

5.6.2. Darbe Dayanımı

Deney numunesi olarak 40x40x40 mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.7.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. Kayseri Noce Traverteninin Darbe Dayanımı

Numune No	Darbe Sayısı (n)	Darbe Dayanımı (Dn) (kgcm/cm ³)	Ort. Dn (kgcm/cm ³)
1	2	6	7,4±3,40
2	2	6	
3	2	6	
4	2	6	
5	3	12	
6	3	12	
7	2	6	
8	2	6	
9	3	12	
10	1	2	

Darbe dayanımını belirlemek amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda darbe dayanımı 7,4 kg/cm² olarak bulunmuştur.

5.3.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Deneyde kübik numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.8.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.8. Kayseri Noce Traverteninin Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Numune No	Numune boyu (L) (mm)	Numune yüzey alanı (A) (cm ²)	Yenilme yükü (Fc) (kg)	Tek eksenli basınç dayanımı (σ _c)(kg/cm ²)	Ort. (σ _c) (kg/cm ²)
1	85,8	13,85	3730	403,965	378,10±46,81
2	86,1	13,85	3240	350,895	
3	86,7	13,85	3330	360,645	
4	83,5	13,85	2730	295,665	
5	84,4	13,85	4160	450,54	
6	84,6	13,85	3640	394,215	
7	85,2	13,85	3780	409,38	
8	84,4	13,85	3320	359,565	

Laboratuvar'da yapılan deneyler sonucunda Noce Traverteninin tek eksenli basınç dayanımı 378,10 kg/cm² olarak bulunmuştur.

5.3.4. Nokta Yüğü Dayanımı

Deney numunesi olarak kübik numuneler kullanılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. Kayseri Noce Traverteninin Nokta Yüğü Dayanımı

Numune No	Numune Çapı (De) (mm)	De ² (mm ²)	Yenilme Yüğü (kN)	Nokta Yüğü İndeksi (Is)	Ort. Nokta Yüğü İnd. (MPa)
1	42	1764,00	11	6,235	4,683±0,95
2	42	1764,00	9	5,102	
3	42	1764,00	6	3,401	
4	42	1764,00	7,5	4,251	
5	42	1764,00	8,2	4,648	
6	42	1764,00	10	5,668	
7	42	1764,00	7	3,968	
8	42	1764,00	7,4	4,195	

Nokta yüğü dayanımını belirlemek amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda nokta yüğü dayanımı 4,683 Mpa olarak bulunmuştur.

5.3.5. Aşınma Dayanımı

Aşınma dayanımını belirlemek amacı ile yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda aşınma dayanımı 6,312 cm³/50cm² olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 5.10.'da toplu olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.10. Kayseri Noce Traverteninin Aşınma Dayanımı

Numune no	d ₀ (cm)	d ₁ (cm)	d (cm ³ /50cm ²)	Ort. d (cm ³ /50cm ²)
1	7,020	6,955	3,25	6,312±5,34
2	7,170	7,110	3,00	
3	7,240	7,145	4,75	
4	7,175	6,890	14,25	

5.3.6. Sonik Hız Deneyi

Noce traverteninin Sonik hız deneyi için yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler Çizelge 5.11.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.11. Kayseri Noce Traverteninin Sonik Hız Değeri

Numune No	h (mm)	Kayaçtan Geçme Hızı (msn)	Sonik Hız (km/sn)	Ort. Sonik Hız (km/sn)
1	84,5	11,8	7,16	7,233±0,44
2	85,4	13,3	6,42	
3	84,2	11,1	7,58	
4	84,0	11,1	7,56	
5	85,0	11,9	7,14	
6	83,3	12,2	6,82	
7	85,8	11,2	7,66	
8	84,0	11,2	7,50	
9	84,9	11	7,71	
10	84,1	12,4	6,78	

5.3.7. Schmidt Deneyi

Yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda Kayseri Noce Traverteninin Schmidt sertliği 50,97 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 5.12.'de gösterilmektedir.

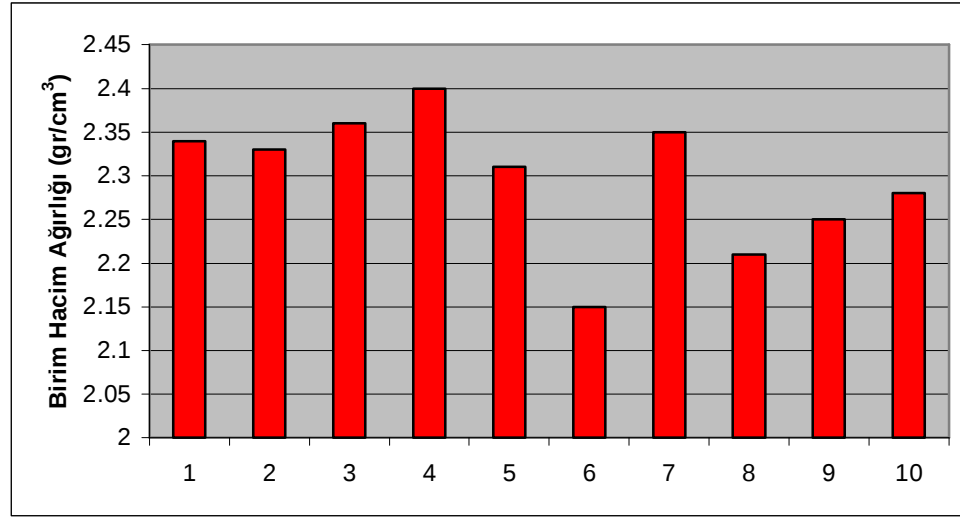
Çizelge 5.12. Kayseri Noce Traverteninin Schmidt Sertliği

Numune No	Schmidt Sertliği	Ort. Schmidt Sertliği
1	50,63	50,97±1,43
2	49,10	
3	51,91	
4	52,26	

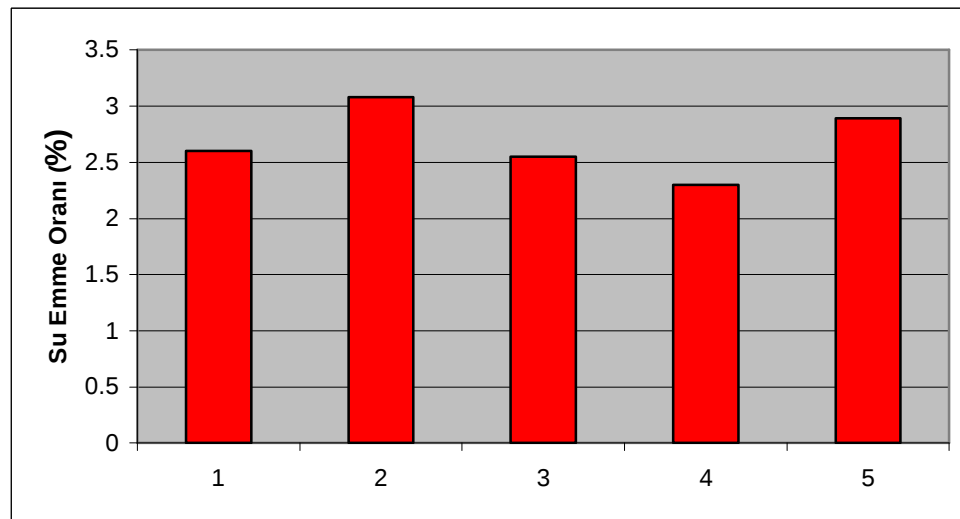
5.4. Tekno-Mekanik Özelliklerin Grafikselsel Gösterimi

5.4.1. Fiziksel Özelliklerin Grafikselsel Gösterimi

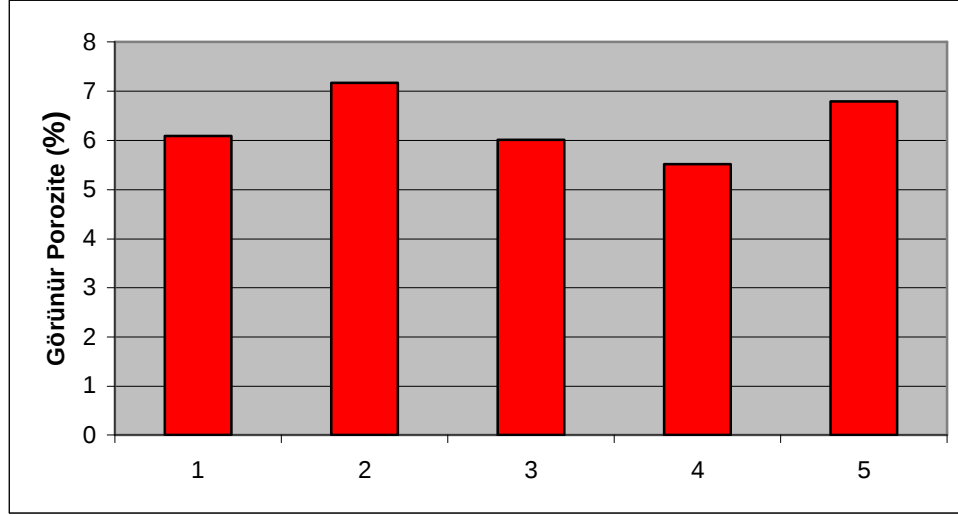
Fiziksel özelliklerden birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme oranı, görünür porozite, Shore selereskop sertliği ile ilgili grafikselsel gösterimler Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 ve Şekil 5.5.'de verilmektedir.



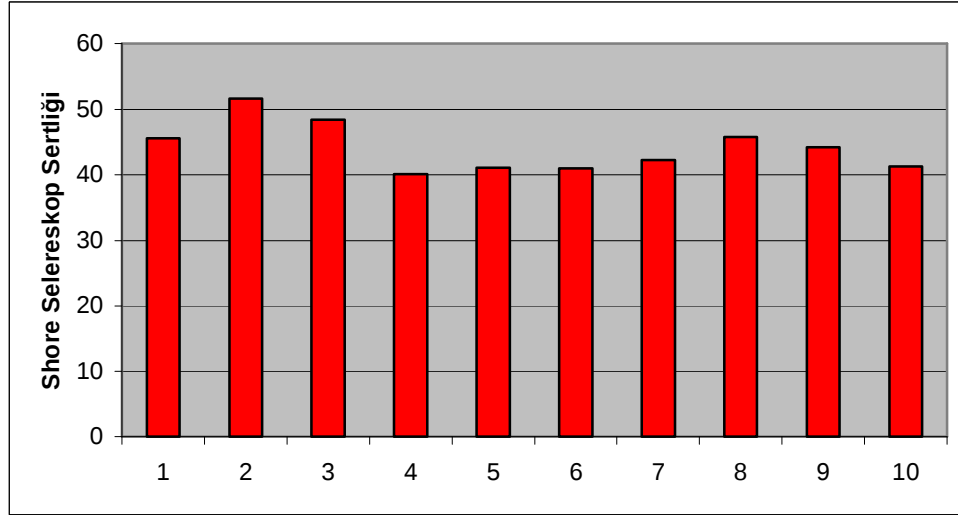
Şekil 5.1. Kayseri Noce Traverteninin Birim Hacim Ağırlığı'nın Grafikselsel Gösterimi



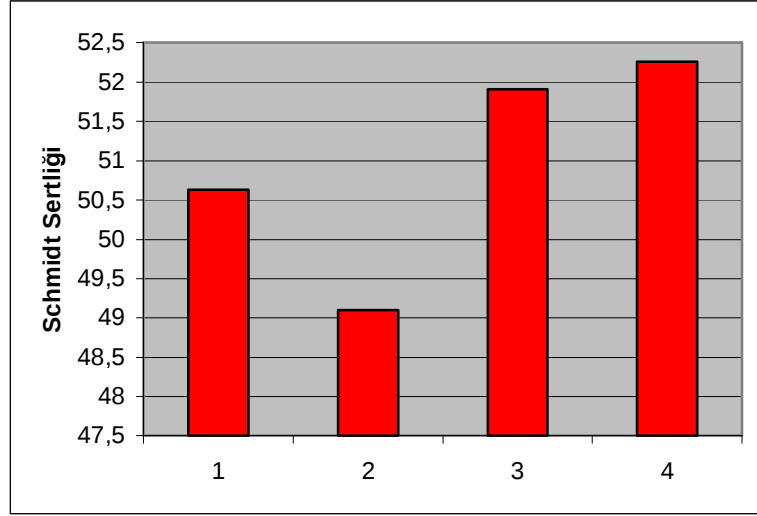
Şekil 5.2. Kayseri Noce Traverteninin Su Emme Oranı Grafikselsel Gösterimi



Şekil 5.3. Kayseri Noce Traverteninin Görünür Porozitesinin Grafikselle Gösterimi



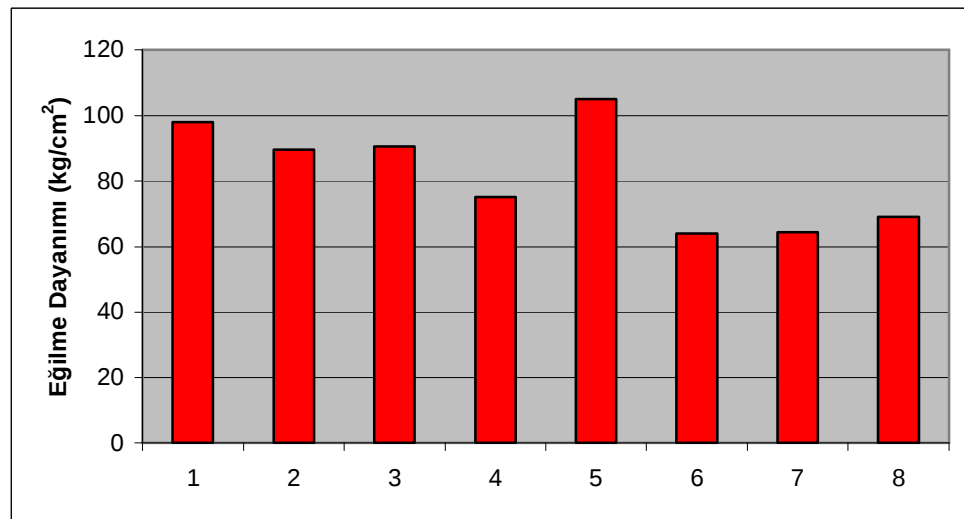
Şekil 5.4. Kayseri Noce Traverteninin Shore Selereskop Sertliği'nin Grafikselle Gösterimi



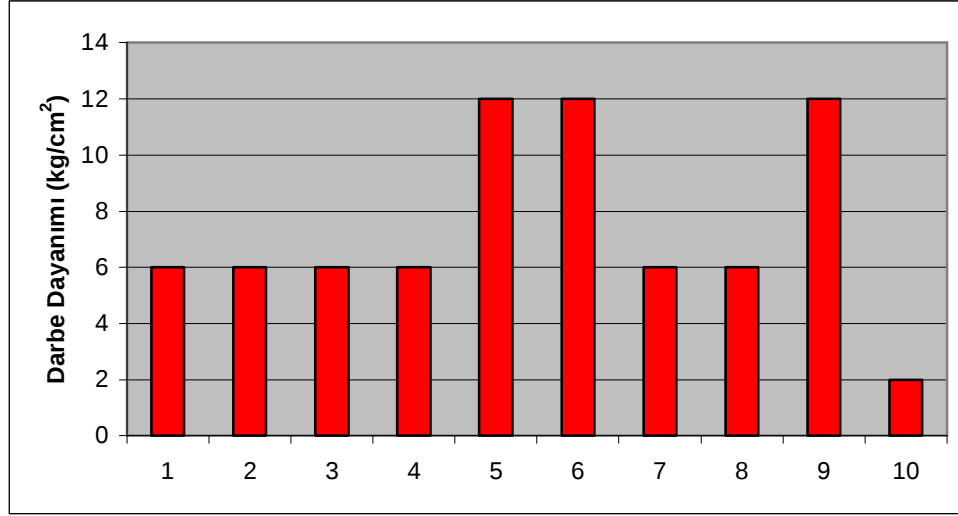
Şekil 5.5. Kayseri Noce Traverteninin Schmidt Sertliği'nin Grafiksel gösterimi

5.4.2. Mekanik Özelliklerin Grafiksel Gösterimi

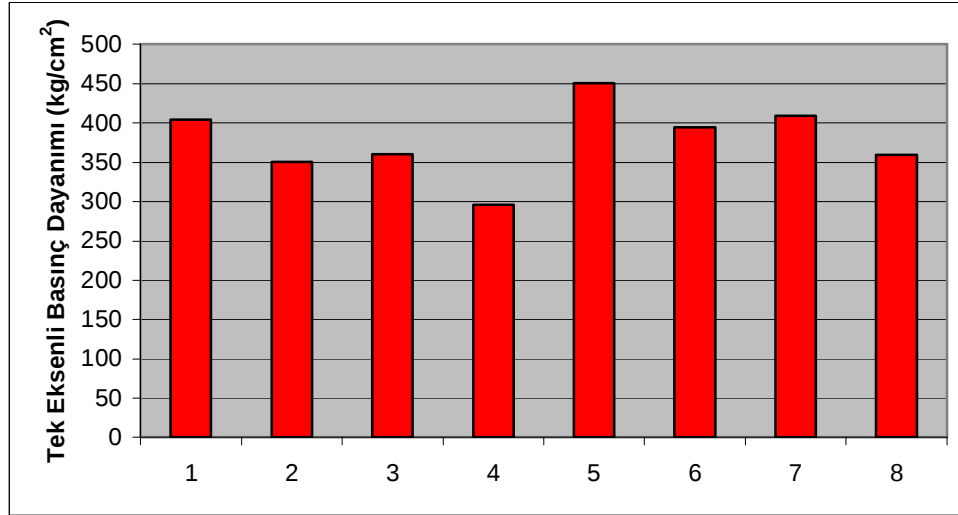
Mekanik özelliklerden eğilme dayanımı, darbe dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yük dayanımı, Sonik hız ve aşınma dayanımı ile ilgili grafiksel değerler Şekil 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, Şekil 5.10 ve 5.11'de verilmektedir.



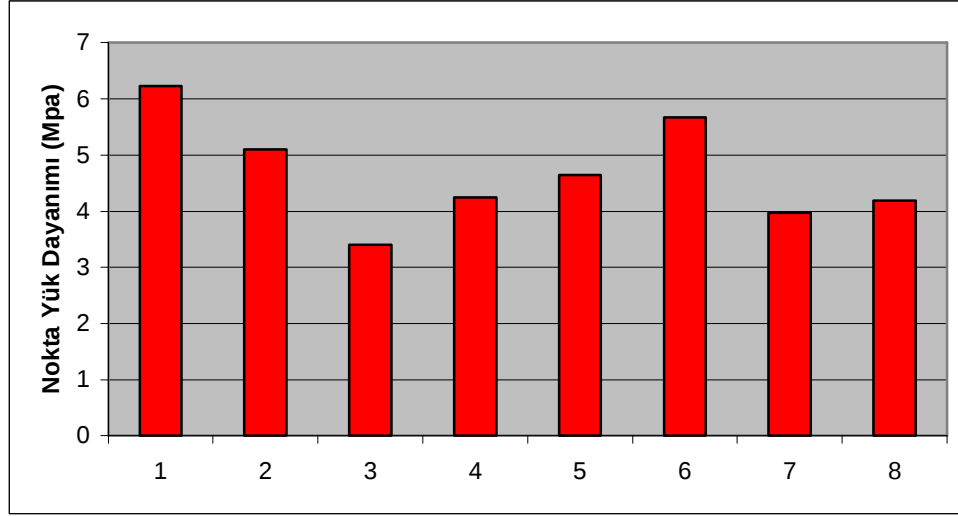
Şekil 5.6. Kayseri Noce Traverteninin Eğilme Dayanımının Grafiksel Gösterimi



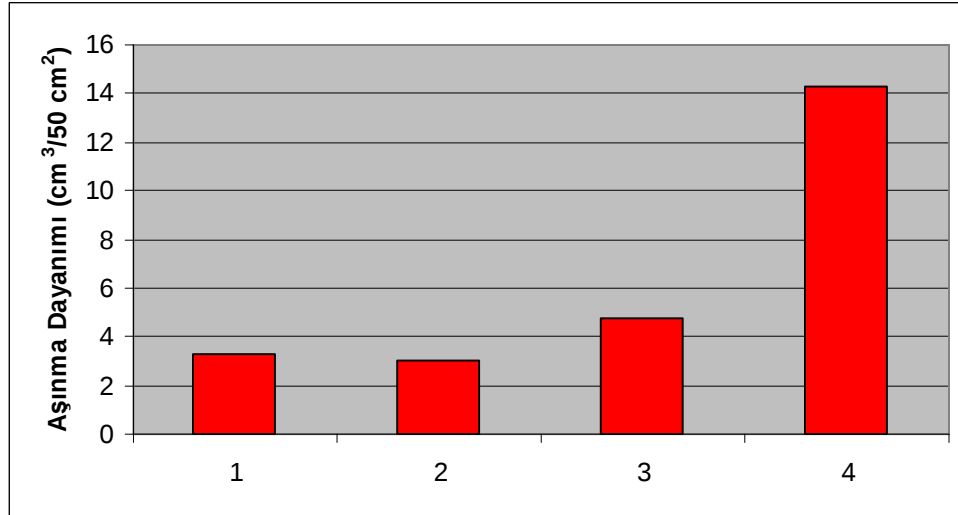
Şekil 5.7. Kayseri Noce Traverteninin Darbe Dayanımının Grafiksel Gösterimi



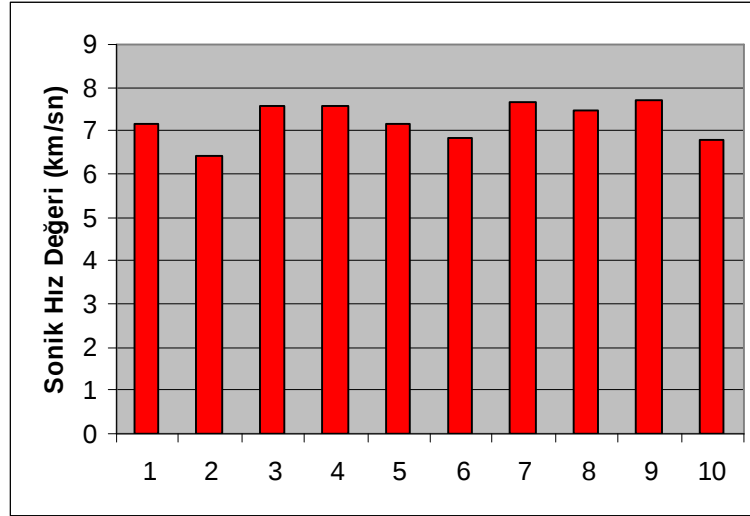
Şekil 5.8. Kayseri Noce Traverteninin Tek Eksenli Basınç Dayanımının Grafiksel Gösterimi



Şekil 5.9. Kayseri Noce Traverteninin Nokta Yük Dayanımının Grafiksel Gösterimi



Şekil 5.10. Kayseri Noce Traverteninin Aşınma Dayanımının Grafiksel Gösterimi



Şekil 5.11. Kayseri Noce Traverteninin Sonik Hız Değeri Grafikselsel Gösterimi

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Kayseri Nurdal Mermer ve Madencilik Şirketine ait traverten ocağının tekno-mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda Kayseri Noce Traverteninin sırası ile birim hacim ağırlığı $2,29 \text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı $2,60 \text{ gr/cm}^3$ ve ağırlıkça su emme oranı % 2,6 görünür porozitesi % 6,317, doluluk oranı %88, Shore seleroskop sertliği 44,14, Schmidt sertliği 50,97 olarak bulunmuştur.
- TS 1910'a göre mermerlerin birim hacim ağırlığı en az $2,55 \text{ gr/cm}^3$ olmalıdır. Yapılan hesaplamalara göre Kayseri Noce Traverteninin birim hacim ağırlığı standartlara uygundur.
- TS 1910'a göre kaplama olarak kullanılan doğal taşlarda gözeneklilik %2'yi geçmemelidir. Travertenler için ise %12'yi geçmemelidir. Kayseri Noce Traverteninin görünür porozitesi TSE standartlarına uygundur.
- Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacı ile yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda kayseri traverteninin sırası ile eğilme dayanımı $82,02 \text{ kg/cm}^2$, darbe dayanımı $7,4 \text{ kgcm/cm}^3$, tek eksenli basınç dayanımı $378,10 \text{ kg/cm}^2$, aşınma dayanımı $6,312 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur.
- TS 1910'a göre travertenlerin basınç direncinin en az 350 kg/cm^2 olması gerekmektedir. Kayseri traverteninin basınç direnci standartlara uygun değildir.
- TS 1910'a göre darbe dayanımı en az 6 kgcm/cm^3 olmalıdır. Kayseri traverteninin darbe dayanımı standartlara uygundur. Travertenlerin eğilme dayanımının en az 30 kg/cm^2 olması gerekmektedir. Kayseri Noce traverteninin eğilme dayanımı $164,05 \text{ kg/cm}^2$ 'dir ve standartlara uygundur.

KAYNAKLAR

- ANIL, M., KILIÇ, Ö., 2003, Mucur (Kırşehir) Yöresi Mermerleri Ve Travertenlerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri, MERSEM 2003, Afyon.
- ARIKAN, M., 1968. Mermer ve Mermercilik. Ankara Basımevi, Ankara.
- BİLGİN, M., ÇAKIR, E., 1988, Mermer Araştırması, İstanbul Ticaret Odası.
- ÇAVUMİRZA, M., 2002. Mucur-Kırşehir Yöresi Mermerlerinin Jeomekanik ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Ç. Ü. Fen Bil. Ens. Maden Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ÇETİN, T., 2003, Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi ve İhracatı, GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 3 s. 243-256
- D.P.T. 1996, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri Ve Yapı Malzemeleri ÇG Raporu Çimento Hammaddeleri Ve Yapı Malzemeleri Cilt – 3 Mermer
- D.P.T. 2001, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri II (Mermer-Granit-Yapı Taşları-Arduvaz(Sleyt)) ÇG Raporu
- ERDOĞAN Y., YAŞAR, E., 2001, Adana-İçel-Osmaniye Mermerlerinin Mühendislik Açısından Değerlendirilmesi. Türkiye III. Mermer Semp.(MERSEM-2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001 Afyon TMMOB Maden Müh. Odası Afyon il Temsilciliği s 163-174.
- ERDOĞAN, M., 2001, Türkiye Bloктаş Potansiyeli, Bloктаş (Mermer) Teknolojisi Semineri YMGV, İstanbul.
- ERDOĞAN, M., YÜZER, E., 1995, Türkiye Bloктаş Üretimindeki Son Gelişmeler ve Sektörün Uluslararası Boyutu, Türkiye 1. Mermer Semp., İstanbul.
- ERSOY, T., 1991. Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği. H. Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- GÖRGÜLÜ, K., 1994. Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesinin ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları. C.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü Y.L. Tez. Sivas. 95 s

- İMMİB. 2003, 1989–2003 Yıllık Çalışma Raporları, İMMİB İstanbul.
- KARACA, Z., 2001, Mermer Madenciliği, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, İzmir.
- KÖSE, H., ONARGAN, T., 1992, Mermer, Kesme Teknolojisi, Ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, İzmir.
- M.T.A., 1996, “Türkiye Mermer Envanteri”, Yayın No: 134, Ankara.
- MERMER 2004, TUMMER.
- NATURAL STONE, 2004, Türkiye Doğal Taş ve Teknolojileri Sektörel Yayın Organı.
- ÖKTEM, M., 2002, Türkiye’de Doğaltaş Endüstrisi, YMGV Dergisi S. 21, İstanbul.
- STONE 2003, Doğaltaş ve Endüstrisi Kataloğu, Yapı Endüstrisi Merkezi Yayını, İstanbul.
- STONE 2003, World Marketing Handbook, s.p.a, Italy.
- STONE 2003, Doğal Taş ve Endüstrisi Kataloğu, Yapı Yayın.
- ŞENTÜRK, A., 1996, Mermer Teknolojisi, Isparta. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları.
- T.S. 1910, 1977, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Yapı Taşları, Ankara.
- T.S. 2513, 1977, Doğal Yapı Taşları, Ankara.
- T.S. 699, 1978, Doğal Yapı Taşlarının Muayene ve Deney Metodları, Ankara.
- T.S. 699, 1987, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metodları, Ankara.
- TUMMER 2004, Natural Stone Profile of Turkey, Ankara.
- İTO, 2004, Türkiye’de Mermer Sektörü ve Marble, İzmir Ticaret Odası.
- UYANIK, T., 2001, Doğaltaşlar Dış Pazar Araştırması, IGEME, İstanbul.
- Ürgüp, M. N., Başyigit, C., Terzi, S. 2000, Türkiye’deki Mermer Sektörü, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Süleyman Demirel Ü. F. Bil. Enst. Der. 4, (1), 170-180.
- www.igeme.gov.tr (İhracatı Geliştirme Merkezi)
- www.maden.org.tr (Maden Mühendisleri Odası)
- www.maden.org.tr/mermer/rezervler.htm (Maden Mühendisleri Odası)
- www.migem.gov.tr (Maden İşleri Genel Müdürlüğü)
- www.mta.gov.tr (Maden Tektik ve Arama Enstitüsü)
- www.turkishstones.org

- www.tuimmer.org.tr (Türkiye Mermer Doğal Taş ve Makinaları Üreticileri Birliği)
- VARDAR, M., 1990. Mermerlerin Uygarlık Tarihindeki Yeri. Türkiye’de Mermer ve Yapı
- YILMAZ, H., SAFEL, R., 2004, Mermer Sektörü, Türkiye Vakıflar Bankası T.A.O. Sektör Araştırmaları Serisi/No:31.
- YÜZER, E., 1991, Dünya ve Türkiye Mermerciliğinin Genel Değerlendirilmesi Mermer Dergisi. Sayı 18, İstanbul.
- YÜZER, E., ERDOĞAN, M., 1996, Türkiye Mermer Sektörünün Genel Değerlendirilmesi. Türkiye Mermer Envanteri ve Mermerlerin Mühendislik Özellikleri Araştırma Projesi, DPT Projesi, 90K120720 Cilt, I, II, III, IV, İstanbul.
- YÜZER, E., MUTLU, S., Türkiye Doğaltaş Sektörünün Gelişimi (1989-2003).

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kayseri’de doğdum. 1997 yılında Kayseri Fevzi Çakmak Lisesi’nden mezun oldum. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü’nü bitirdim. 2002-2003 öğretim yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimime başladım.