

Bodrum Yalıçiftlik Beldesi Alazeytin Köyü Kayrak Taşlarının Fiziko – Mekanik  
Özellikleri ve Değerlendirilebilirliği

Recai Aytekin

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım 2007

The Physico – Mechanical Properties and Evaluation of Slate Stones in Alazeytin  
Village of Bodrum Yalıciftlik Town

Recai Aytekin

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

Department of Mining Engineering

November 2007

Bodrum Yalıçiftlik Beldesi Alazeytin Köyü Kayrak Taşlarının Fiziko – Mekanik Özellikleri  
ve Değerlendirilebilirliği

Recai Aytakin

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden İşletme Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yard. Doç. Dr. Ercan Emir

Kasım 2007

Recai Aytekin' in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Bodrum Yalıçiftlik Beldesi Alazeytin Köyü Kayrak Taşlarının Fiziko – Mekanik Özellikleri ve Değerlendirilebilirliği” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Yard. Doç. Dr. Ercan EMİR

Üye : Prof. Dr. R. Mete GÖKTAN

Üye : Prof. Dr. Adnan KONUK

Üye : Yard. Doç. Dr. Mahmut YAVUZ

Üye : Yard. Doç. Dr. Volkan OKUR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, yapı taşı olarak kullanılan kayrak taşlarının uygulamalarının kullanışlılığı ve kayrak taşlarının değerlendirilebilirliği araştırılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, kayrak taşlarının oluşumları, üretim şekilleri, uygulama şekilleri, ülkemiz sınırları içerisinde bulunduğu bölgeler, kayaç sınıflandırmasının yapılması hakkında bilgiler verilmiş, kayrak taşları üzerinde literatür araştırmaları ve fiziko-mekanik deneyler yapılmıştır. Kayrak taşlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, kayrak taşları üzerinde, sürtünme ile aşınma kaybı, basınç mukavemeti, birim hacim kütlesi, su emme, görünen porozite, don sonu basınç mukavemeti deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonuçlarıyla, mevcut doğal taş standartlarında verilen değerler karşılaştırılarak, kayrak taşlarının doğal taş standartlarına uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Kayrak taşlarının, mineral içeriklerini bulabilmek için, ince kesit üzerinden kantitatif modal mineralojik-petrografik analiz, X ışınları kırınımı yöntemi ile standart kalitatif mineral analizi ve X ışınları flüoresansı deneyleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kayrak taşı, Kayrak taşlarının fiziko-mekanik özellikleri, Kayrak taşlarının değerlendirilebilirliği.

## SUMMARY

This study is to determine, the physical and mechanic properties of the slate stones which are produced in our country, Bodrum area, to evaluate the use of slate stones used on construction and appraisal of the slate stones.

In this purpose, the information regarding the formation of the slate stones, methods of productions, application ways, the areas where available in our country, classification of the rocks informations are provided, literature work and physico-mechanical experiments are carried out. In order to determine some of the physical and mechanical properties of slate stones, loss of wear by friction, uniaxial compressive strength, mass of the unit volume, water absorption, visible porosity, compressive strength after freeze tests are carried out. By comparing the test results, with the values given on natural stone standards, it is evaluated whether the slate stones are complying with natural stone standards.

To find mineral contents of slate stones, quantitative modal mineralogical-petrographical analysis on thin cross-sections, qualitative mineral analysis with X rays diffraction method and X rays fluorescent tests are carried out.

Key words: Slate stone, Physico–mechanical properties of slate stones, Evaluation of slate stones.

## TEŞEKKÜR

Laboratuvar deneyleri çalıőmalarımnda, gerek derslerimde ve gerekse tez çalıőmalarımnda, bana danıőmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danıőmanım Sayın Yard. Doç. Dr. Ercan Emir'e, tez çalıőmalarımnda her türlü bilgi, kaynak ve olanağı sağlayan Doğal Taş Yapı Mad. İnş. Eml. San. ve Tic. Ltd. Şti. alıőanlarına, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Analiz Laboratuvarları Numune Kabul Birimi Yöneticisi İsmail Türkseven'e, tez çalıőmalarım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan sevgili eőim Zuhal Sevinç Aytekin'e ve her zaman yanımda olarak desteklerini esirgemeyen aileme teőekkürü borç bilirim.

**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. GİRİŞ ve AMAÇ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYRAK TAŞLARININ OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI</b> .....	<b>2</b>
2.1. Yüzey Renginin Bağlı Olduğu Oluşum Süreçleri .....	7
2.2. Doğal Taşların Sınıflandırılmasında Kayrak Taşının Yeri .....	9
2.2.1. Doğal taşları sınıflandırma yöntemleri .....	9
2.2.2. Kayaçların değerlendirilmesinde kullanılan parametreler .....	10
2.2.3. Doğal taşların sınıflandırılması .....	10
2.2.4. Kayrak taşları .....	12
2.3. Türkiye’de Kayrak Taşı Oluşumu Bulunan Bölgeler .....	14



**İÇİNDEKİLER (devam)****Sayfa**

<b>3. KAYRAK TAŞLARININ ÜRETİM YÖNTEMLERİ - KULLANIM ALANLARI VE STANDARTLAR .....</b>	<b>19</b>
3.1. Kayrak Taşlarının Üretim Yöntemleri .....	19
3.2. Kayrak Taşlarının Kullanım Alanları .....	24
3.3. Kayrak Taşlarıyla İlgili Türk Standartları .....	31
<b>4. BODRUM YALIÇİFTLİK BELDESİ ALAZEYİN KÖYÜ KAYRAK TAŞI OCAĞININ TANITIMI .....</b>	<b>33</b>
4.1. Ocağın Tanıtımı .....	33
4.2. Kayrak Taşı Üretimi Yapılan Bölgenin Jeolojisi .....	36
4.2.1. Bölgenin genel jeolojisi .....	36
4.2.2. Bölgenin tektonik yapısı .....	39
<b>5. DENEYSEL VE GÖZLEMSEL ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>41</b>
5.1. Petrografik ve Kimyasal Analizler .....	41
5.1.1. İnce kesit üzerinden kantitatif modal mineralojik – petrografik analiz .....	41
5.1.2. X ışınları kırınımı (XRD) yöntemi ile standart kalitatif mineral analizi .....	42
5.1.3. Kayrak taşı üzerinde XRF analizi .....	45
5.2. Laboratuvar Deneyleri .....	47
5.2.1. Birim hacim kütlesi ve su emme deneyleri .....	47

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.2.2. Görünen porozite (zahiri porozite) .....	52
5.2.3. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi .....	53
5.2.4. Tabii don tesirlerine dayanıklılık ve don sonu basınç mukavemeti deneyi ....	58
5.2.5. Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi (Böhme metodu) .....	63
5.3. Yüzey Renginin Dış Ortamda Korunabilirliği .....	69
<b>6. SONUÇLAR .....</b>	<b>72</b>
<b>7. KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	<b>75</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Doğal Taş Yapı Mad. kayrak taşı ocağındaki tabakalı yapı .....	3
2.2. Kayrak taşı oluşumlarına farklı iki örnek .....	4
2.3. Kayrak taşı dokuları .....	5
2.4. İngiltere'nin Nantlle bölgesinde üretilen, yüzeyinde dentritlerden kaynaklanan bitki fosili gibi bir görünümü olan kayrak taşı .....	8
2.5. Kayrak taşının üstten ve yandan görünüşü .....	8
3.1. İşletme projesinde verilen yıllara göre imalat planı .....	20
3.2. Taşın çatlakları boyunca çekiç darbeleri etkisi ile yarılmaya çalışılması .....	21
3.3. Elle üretim yapılacak alan .....	21
3.4. Makine ile üretim .....	22
3.5. Sahadaki kot farklarını gösteren harita .....	23
3.6. Kayrak taşı oluşumunun içinde açılmış bir galeri .....	23
3.7. İngiltere'de 1900 lü yılların başlarında kayrak taşlarının çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmasını gösteren bir şekil .....	25
3.8. Sandıklanmış ihracat yapılacak kayrak taşları .....	26
3.9. Ülkemizde üretilen bazı kayrak taşı çeşitleri .....	27
3.10. Kayrak taşlarının dairesel testereli kesim makinelerinde ebatlanması .....	27
3.11. Yer döşemesi olarak uygulanmış ebatlı kayrak taşı .....	28
3.12. Bina duvarlarına duvar kaplaması olarak uygulanmış ebatlı kayrak taşı .....	29

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.13. Bahçe duvarlarına duvar kaplaması olarak uygulanmış ham kayrak taşı .....	29
3.14. Ebatlandırılmış kayrak taşlarından yapılmış bir döşeme tasarımı .....	30
4.1. Ruhsat sahasını gösteren harita .....	34
4.2. Bodrum Yalıçiflik Beldesi'nde bulunan ocakların ruhsat planları .....	35
4.3. Bölgenin jeolojik yapısını gösteren harita .....	38
5.1. XRD çekimi yapan cihaz .....	42
5.2. Bragg eşitliği ve mantığı .....	43
5.3. Işının kat ettiği yol farkı .....	44
5.4. Sarı ve siyah renkli kayrak taşı numuneleri .....	47
5.5. Tek eksenli basınç dayanımı deney presi .....	54
5.6. Aşınma kaybı deney numunesinin kalınlığının ölçüleceği yerler .....	64
5.7. Böhme yüzey aşındırma cihazı .....	64
5.8. Belli aşamalardaki kayrak taşları .....	70
5.9. Belli aşamalardaki kayrak taşları için renk skalası .....	70

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Doğal taşları sınıflandırma yöntemleri .....	9
2.2. Doğal taşların sınıflandırılması .....	11
3.1. Doğal yapı taşlarının taşınması gereken özellikler .....	31
3.2. Kayrak taşlarının taşınması gereken özellikler .....	32
4.1. Maden sahasının koordinatları .....	33
4.2. Maden sahasının kenar uzunlukları ve kuzeyle yaptıkları açılar .....	34
5.1. XRF analizi sonuçları .....	46
5.2. Siyah kayrak taşı numunelerinin boyutları ve tartım sonuçları .....	49
5.3. Sarı kayrak taşı numunelerinin boyutları ve tartım sonuçları .....	49
5.4. Bodrum kayrak taşlarının kuru birim hacim kütlesi değerleri ve su emme oranları .....	51
5.5. Kuru siyah kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	55
5.6. Kuru sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	55
5.7. Suya doymuş siyah kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	56
5.8. Suya doymuş sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	57
5.9. Siyah renkli kayrak taşlarının don kaybı deneyi sonuçları .....	60
5.10. Sarı renkli kayrak taşlarının don kaybı deneyi sonuçları .....	60
5.11. Siyah kayrak taşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	61
5.12. Sarı kayrak taşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları .....	61

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.13. Siyah renk kayrak taşı sürtünme ile aşınma kaybı deneyi sonuçları .....	66
5.14. Sarı renk kayrak taşı sürtünme ile aşınma kaybı deneyi sonuçları .....	67
6.1. Bodrum kayrak taşlarının doğal yapı taşlarıyla ilgili standartlara uygunluğu .....	73

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Yük uygulanan yüzeyin alanı (cm <sup>2</sup> )
A <sub>dh</sub>	Aşınma kaybı deney numunesinin havadaki kütlesi (g)
A <sub>ds</sub>	Aşınma kaybı deney numunesinin sudaki kütlesi (g)
d	Kalınlık azalması cinsinden aşınma kaybı
d <sub>0</sub>	Aşınma kaybı deneyi öncesinde ortalama numune kalınlığı (cm)
d <sub>1</sub>	Aşınma kaybı deneyi sonrasında ortalama numune kalınlığı (cm)
d <sub>h</sub>	Taşın hacim kütlesi (g/cm <sup>3</sup> )
D <sub>k</sub>	Don kaybı (%)
f <sub>b</sub>	Basınç mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )
f <sub>db</sub>	Taşın don sonu basınç mukavemeti aritmetik ortalaması (kgf/cm <sup>2</sup> )
G <sub>0</sub>	Deney numunesinin deneyden önceki kütlesi (g)
G <sub>d</sub>	Taşın doygun haldeki kütlesi (g)
G <sub>dh</sub>	Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (g)
G <sub>ds</sub>	Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (g)
G <sub>k</sub>	Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g)
G <sub>k</sub>	Deney numunesinin deneyden sonraki kütlesi (g) (Don sonu basınç deneyi)
h	Yükseklik (cm)
P <sub>g</sub>	Taşın görünen porozitesi (v/v, %)
P <sub>k</sub>	Kırılmaya sebep olan yük (kgf)

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Simgeler</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
$S_h$	Taşın hacimce su emme oranı (v/v, %)
$S_k$	Taşın kütlece su emme oranı (m/m, X)
V	Deney numunesinin hacmi (cm <sup>3</sup> )
$\theta$	Yansıma açısı
$\lambda$	Dalga boyu
$\Delta d$	Kalınlık azalması cinsinden Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm/50 cm <sup>2</sup> )
$\Delta f$	Tabii don tesirleri sebebiyle basınç mukavemetinde meydana galen azalma, %
$\Delta V$	Hacim azalması cinsinden Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri
Anon	Anonim
cm	Santimetre
dak	Dakika
dev	Devir
g	Gram
İR	İşletme ruhsatı
kgf	Kilogramkuvvet



**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
km	Kilometre
m	Metre
mm	Milimetre
N	Newton
SPT	Standart penetrasyon deneyi
UTM	Universal transverse mercator ( Uluslar arası topografya ölçüm birimi)
vb.	Ve benzerleri
vd.	Ve diğerleri
XRD	X ışınları kırınımı
XRF	X ışınları flüoresansı

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Doğal taşlar, ilk çağlardan bu zamana kadar, güzel görünmesi ve dayanıklı olması nedeniyle insanlar tarafından kullanılmaktadır. Granit, andezit, bazalt, diyabaz, mermer, traverten, oniks ve kireçtaşları insanlar tarafından sıklıkla kullanılan doğal taşlardır. Çin, İtalya, Hindistan, İspanya, Türkiye gibi ülkeler, önemli doğal taş üreticisi ülkelerdir. 19. Yüzyılın başlarından itibaren, kayrak taşları da insanlar tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Kayrak taşı, tektonik sıkışmaya bağlı olarak düşük veya çok düşük derecedeki metamorfizmayla oluşan şistoziteden meydana gelen, bir klivaj düzlemi boyunca ince tabakalara kolaylıkla ayrılabilen kayaç olarak tanımlanabilir (TS EN 12326-1, 2006). Kayrak taşı, aynı zamanda kayağan taşı, arduvaz ve sleyt olarak ta bilinmektedir. Kayrak taşları, yüzyıllardır dünyanın her yerinde yer döşemesi, duvar ve çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Dünya’da Hindistan, Çin, İngiltere, Amerika, Almanya, Türkiye gibi birçok ülkede, kayrak taşı üretimi yapılmaktadır. Kayrak taşları yapı taşı olarak, İngiltere’de 1800’lü yılların başından itibaren yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, ancak günümüzde İngiltere’de kayrak taşı üretiminde önemli ölçüde azalma görülmektedir. Kayrak taşlarının kullanım oranı gün geçtikçe artmaktadır. Kayrak taşları, ocaklardan çıkartıldığı şekilde ham olarak kullanılabilirdiği gibi, doğal taş işleme makinelerinde kesilip parlatılarak ta kullanılabilir. Türkiye’de Denizli, Muğla, İzmir ve Eskişehir illerinde kayrak taşı üretimi yapılmaktadır.

Bu çalışma ile Bodrum ilçesinde üretilen kayrak taşlarının, çeşitli fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklere göre değerlendirilebilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. KAYRAK TAŞLARININ OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI

Kayrak taşı tanımlaması, belli mineralojik özellikte bir kayaç birimini ya da mineral şeklini değil, bir kayaç oluşum yapısını nitelemektedir. Kayrak taşları, sığ denizlerde çökelmiş tortul kayaçlardır ya da çökelen bu tortul kayaçların metamorfizmaya uğraması sonucunda yeniden kristalleşmesiyle oluşmuştur (Eren, 2006). Buna göre kayrak taşları, tortul veya metamorfik kayaç olabilmektedir.

Kayaçların çökme havzalarında belli koşullar ve şartlar altında çökmesine tortullaşma, bu olay neticesinde oluşan kayaçlara tortul kayaçlar denir. Kayaçların yüksek ısı ve basınç altında; şekil, doku ve bileşimlerinin değişmesine metamorfizma ve bu olay neticesinde meydana gelen kayaçlara da metamorfik kayaçlar denir.

Yapraklanma gösteren metamorfik kayaçlar, metamorfizma şiddetinin hafiften şiddetliye doğru artışına göre kayrak (arduvaz-sleyt), fillit, şist ve gnays olarak sınıflandırılabilirler, yapraklanma göstermeyenler ise kuvarsitler ve mermerlerdir (Eren, 2006).

Tortul ve metamorfik olarak gözlenmesine rağmen magmatik kayaç olarak kayrak taşı oluşumları gözlenmemektedir. Kayrak taşları sarı, gri, siyah, kahverengi, kırmızı, beyaz, yeşil gibi renklerde görülmektedir. Yaygın olanları ise, sarı, siyah, gri ve beyaz renk olanlarıdır.

Basit bir deyişle erken diajenez, sediman çökme ve bütünüyle taşlaşma veya çimentolanma sırasında meydana gelen değişimleri tanımlamakta, geniş anlamda diajenez ise taşlaşmanın bitiminden sonraki değişimleri de kapsamaktadır.

Diajenezin ileri evrelerinde kayrak klivajı da gözlenebilir ve metamorfizmanın düşük dereceli kesimiyle çakışabilir.

Şekil 2.1’de kayrak klivajı nedeniyle oluşmuş tabakalı yapıdaki kayrak taşları görülmektedir. Kayrak taşlarının üretimi Şekil 2.1’de görülen tabakalı yapı sayesinde yapılabilmektedir.



Şekil 2.1. Doğal Taş Yapı Mad. kayrak taşı ocağındaki tabakalı yapı (2006)

Kayrak taşları genellikle kil yataklarının diajenez sonucu şistleşmesinden oluşan ince tabakalı kayaçlardır. Şistleşme, genellikle tabakalaşmaya paralel olup kayacın ince tabakalar halinde dilimlenmesini sağlar. Kayrak taşları kalsit kökenli oluşumlar olmasına rağmen, genellikle koyu gri renkli olan kayrak taşları belli bir ölçüde muskovit, kuvars ve fillit içerirler, bunların yanında biyotit, hematit ve klorit gibi minerallerde ihtiva ederler. Bu mineraller haricinde içerisinde çok az miktarda da apatit, grafit, kaolen, manyetit, turmalin, zirkon ve feldspar gibi mineraller de bulundurulabilirler. Bu mineraller az çok silisleşmiş killi ve marnlı bir hamurla bağlanmıştır (Anon(a)).

Sert olan kayrak taşları su geçirmez ve atmosfer şartlarına dayanıklıdır. Kayrak taşı eğer pirit ihtiva ederse kolay bozuşur, açığa çıkan sülfürik asit çakılan çivileri de paslandırdığından kayrak taşı çatı kaplama malzemesi olarak kullanılamaz hale gelir.

Mineralojik bileşimdeki değişimler, mermer ve diğer dekorasyon taşlarında olduğu gibi, kayrak taşlarının da renk ve desen bakımından farklı özelliklerde olmasına neden olabilmektedir. Şekil 2.2’de farklı bölgelerde ve farklı renklerde kayrak taşı oluşumları görülmektedir.



Şekil 2.2. Kayrak taşı oluşumlarına farklı iki örnek (Anon(b))

Kayrak taşlarının, renklerine, sertliklerine ve yoğunluklarına göre birçok değişik türü vardır. Dikkat edilmesi gereken fiziksel özellikleri yoğunluk, eğilme dayanımı, emilim özellikleri ve aşınmaya mukavemettir (Anon(c)).

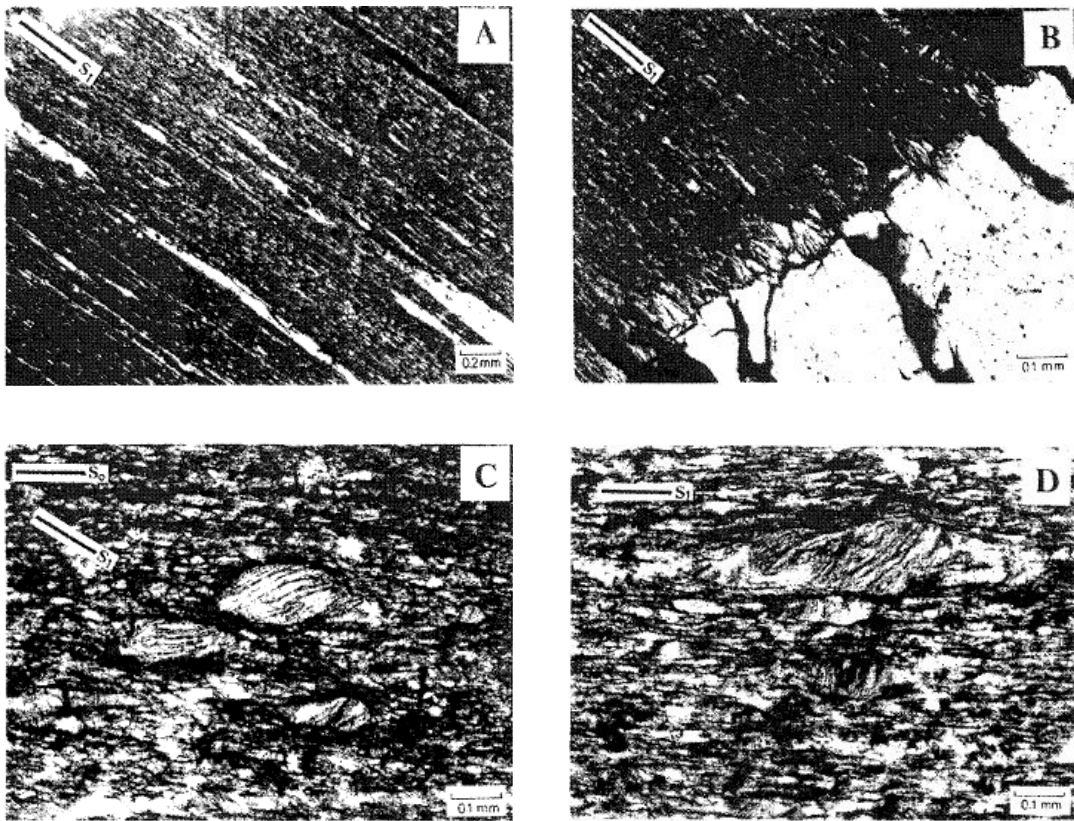
Kayrak taşlarının, bilinen bazı özellikleri ise şunlardır:

- Bileşimi : Muskovit, klorit, kaolinit, mika grubu, kuvars ve diğer yan mineraller  
 Sertlik : Çizilebilir yumuşaklıktadır, ince ve sık taneli olanlar daha serttir  
 Emme : Düşük – (Yağ, Su ve diğer sıvılar)

Kayrak taşları, Mika grubu minerallerinden, serizit ve muskovit, kil grubu minerallerinden paragonit, klorit ve kaolinit, yan mineral olarak oksitler, kalsit, belli bir miktarda kuvars ve feldspar içerir. Çok nadiren de ferro magnezyen mineralleri içermektedir. Serbest silis normalde azdır. Asitlere ve kirlenmeye karşı dayanıklıdır.

Kayrak taşları, çamur taşları, silt taşları, şeyller ve volkanik küllerin farklı kompozisyonlarını içerir. Metamorfizma nedeniyle oluşan klivaj yapıları, bu taşların doğal olarak plaka halinde ayrılmasına sebep olur. Çok farklı mineral kompozisyonları nedeniyle, değişik renkler ve desenler verebilmektedir (Anon(d)).

Şekil 2.3'te kayrak taşları üzerinde yapılmış petrografi çalışmalarından elde edilmiş örnekler görülmektedir.



Şekil 2.3. a) Kayrak taşlarında kayrak klivajına paralel fillosilikat agregatları ve kuvars merceklerinin oluşturduğu aralıklı sleyt fabriği, b) Kayrak taşlarında çatlak dolgusu şeklindeki yeni formlu veya yeniden kristallenmiş kuvarslar ve serizit-klorür arasındaki iğnemsiz doku, c) Kayrak taşlarının uzun eksenleri klorit-mika {001} düzlemlerine paralel ve düşük açılı baklava ve elipsoyidal podlar, d) Kayrak taşlarında uzun eksenleri klorit-mika {001} düzlemlerine dikey ve büyük açılı bükülmüş elipsoyidal ve baklava biçimli podlar (Bozkaya ve Yalçın, 1997)

Türkiye'nin yanı sıra Dünya'nın birçok bölgesinde de kayrak taşı üretimi yapılmaktadır. Bu ülkelerin başında Hindistan, Çin, İngiltere, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, Tayvan gibi ülkeler gelmektedir. Özellikle Hindistan'ın Rajasthan, Madhya Pradesh, Himachal Pradesh, Bihar gibi bölgelerinde kayrak taşı üretimi ve ihracatı çok yüksek oranda yapılmaktadır. Rajasthan bölgesi ülkenin en büyük kayrak taşı rezervine sahip olan yerdir, bununla birlikte Dünya'nın en büyük rezervlerinden birini de bulundurmaktadır. Hindistan'da üretilen kayrak taşlarının içeriğinde genellikle büyük oranda mika şist ve fillit bulunmaktadır. Hindistan da bulunan kayrak taşlarının yapısında gerçek klivajlar gözlenmektedir. Dünya'da kayrak taşı ocaklarının bulunduğu diğer yerlere örnek vermek gerekirse; İngiltere de Galler bölgesi, İtalya da Lavagna bölgesi, Portekiz de Valongo bölgesi, Almanya da Kuzey Bavyera bölgesi, Norveç, İspanya, Romanya, Brezilya da Papagaio bölgesi, Amerika Birleşik Devletleri'nde New York eyaletinin Vermont ve Granville bölgeleri sayılabilir.

Bodrum ilçesinde oluşmuş kayrak taşları, sığ denizde çökelmiş tortul kireçtaşlarıdır. Tortullaşma sonucunda oluşmuş kayrak taşları zamanla metamorfizma da geçirmiştir. Tortullaşma sürecindeki değişiklikler sonucunda aynı bölge içerisinde farklı renk ve özellikte kayrak taşları oluşmuştur (Kafadar vd., 1996). Ülkemizde kayağan taşı olarak da bilinen kayrak taşının İzmir, Eskişehir, Denizli, Kastamonu, Muğla ve Bodrum bölgelerinde üretimi yapılmaktadır.

Denizli de üretimi yapılan kayrak taşları, Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşlarına nazaran daha düz ve kaygan yüzeylere sahiptir. Üretimi nispeten daha kolaydır. Denizli bölgesinde oluşan kayrak taşlarının tabakalanması daha düzgündür. Diğer üretim yapılan bölgelerdeki oluşumlara göre bu bölgenin oluşumunda kamburlaşmalar daha az görülmektedir. Eskişehir bölgesinde üretimi yapılan kayrak taşlarının yapıları, Bodrum bölgesinin oluşum yapısına yakındır. Kendine has bir deseni (Ceviz kabuğu deseni) olan İzmir kayrak taşının yapısı ise, hafif kamburlaşmalara izin veren bir tabakalanma göstermektedir. Kayrak taşlarının pazarlanması açısından en çok ilgi gören kayrak taşları Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşlarıdır.

## 2.1. Yüzey Renginin Bağlı Olduğu Oluşum Süreçleri

Bodrum bölgesinde oluşmuş kayrak taşları, sığ denizde çökelmiş tortul kireçtaşlarıdır. Tortullaşma sonucunda oluşmuş kayrak taşları zamanla metamorfizma da geçirmiştir. Tortullaşma sürecindeki değişiklikler sonucunda aynı bölge içerisinde farklı renk ve özellikte kayrak taşları oluşmuştur.

Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşlarının, oluşum süreci tam olarak bilinmemektedir. Oluşumları hakkında fazla araştırma yapılmamış, Bodrum kayrak taşları hakkında fazla bilgi ve deneyim edinilememiştir. Bu yüzden Bodrum kayrak taşlarının oluşumu hakkında detaylı bilgilere ulaşmak pek mümkün olmamaktadır. Bu çalışma için, oluşum şekilleri ve oluşum durumlarının etkileri araştırılmıştır.

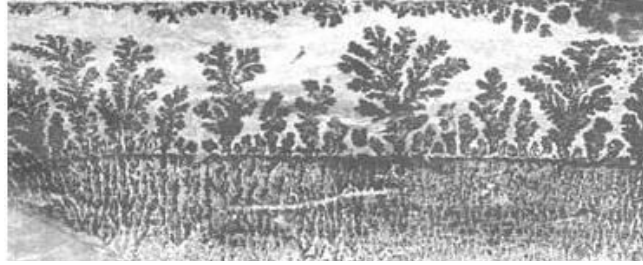
Bodrum bölgesinde oluşan kayrak taşlarında, sığ denizlerde çökelirken, çökeltme düzensizlikleri nedeniyle eşit olmayan kalınlıklarda tabakalaşma gözlenmektedir ve yine bu düzensizliklerden dolayı tabakaların arasında yer yer boşluklar oluşmuştur. Bu boşluklar kayacın oluşmasından daha sonraki zamanlarda kil çamuru ile dolmuştur.

Kayacın oluşumu sırasındaki tabakalaşma esnasında tabakaların bazı kısımlarının arasından su geçecek açıklıklar oluşmuştur, bazı tabakalar ise tamamen geçirimsizdir. Su geçiren kısımların içine su ile beraber kil çamurunun da girmesi, sahanın gerçek renkteki kayrak taşı olan siyah renk kayrak taşının, yüzeyine kil çamurunun sıvanarak kayrak taşında bir kabuk oluşturmaya sebep olmuştur. Bu etkileşim ise, kabuğun renginin farklı olmasına, daha sonra da bu geçirim özelliği nedeniyle kayrak taşının içyapısının da değişmesine sebep olmuştur. Sarı renkteki kayrak taşının yüzeyinde bulunan kil katmanı bu varsayımı doğrulamaktadır.

Siyah renk kayrak taşlarının bulunduğu katmanların geçirimsiz olması, iç kısımlara gelen su ve beraberindeki kil çamurunun, bahsedilen boşluklarda birikmesi sonucu, üretim esnasında siyah renk kayrak taşı çıkan bölgelerde büyük kil kütlelerinin

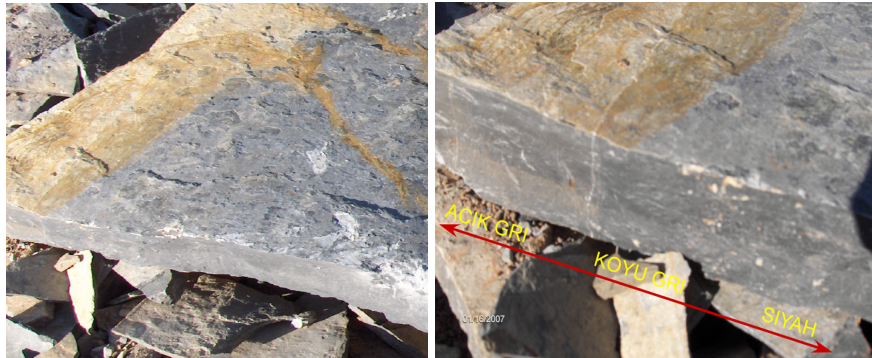


çıkmasına sebep olmaktadır. Oysaki sarı renk kayrak taşlarının çıkarıldığı bölgelerde kil çamurlarının birikmesiyle oluşan büyük kil kütleleri bulunmamaktadır. Şekil 2.4'te kayrak taşlarının yüzeylerinde bulunan oluşumlardan biri görülmektedir.



Şekil 2.4. İngiltere'nin Nantlle bölgesinde üretilen, yüzeyinde dentritlerden kaynaklanan bitki fosili gibi bir görünümü olan kayrak taşı (Anon(b))

Şekil 2.5'te görülen kayrak taşının bir kenarı sarı, diğer kenarı ise siyah renktedir. Bu kayrak taşı iki parçaya ayrıldığı zaman dış rengi sarı olarak görülen bölgelerin iç kısımlarının normal sarı kayrak taşlarının iç yapısını, dış rengi siyah olarak görülen bölgelerin iç kısımlarının ise siyah kayrak taşlarının iç yapısının özelliklerini gösterdiği görülmektedir. Aradaki geçiş bölgelerinde ise açık griden, griye, griden de siyaha doğru bir renk değişimi olduğu gözlenmektedir.



Şekil 2.5. Kayrak taşının üstten ve yandan görünüşü

## 2.2. Doğal Taşların Sınıflandırılmasında Kayrak Taşının Yeri

Petrografik tanıma göre, kireçtaşı (kalker), dolomitik kalker veya bunların değişik oranlarından oluşan karbonatlı kayaçların, değişik sıcaklık ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak yeniden kristalleşmesi sonucunda oluşan, yeni doku ve yapıya sahip metamorfik (başkalaşım) kalsit kristallerinden oluşan kayaçlara doğal taş adı verilmektedir. Endüstriyel (ticari) anlamda doğal taş ise, ekonomik olarak uygun boyutlarda üretilip, istenilen ebatlarda düzgün olarak kesilip, talebe göre cilalanıp parlatılabilen kayaçlar olarak tanımlanmaktadır.

### 2.2.1. Doğal taşları sınıflandırma yöntemleri

Doğal taşları sınıflandırma yöntemleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Doğal taşları sınıflandırma yöntemleri (Kulaksız, 2005)

Yöntem	Sınıflandırma
a. Oluşumuna göre	1. Sedimanter kökenli doğal taşlar (Tortul) 2. Magmatik kökenli doğal taşlar (Plutonik-Volkanik-Damar) 3. Metamorfik kökenli doğal taşlar (Başkalaşım)
b. Mineralojik bileşimine göre	1. Karbonat içerikli doğal taşlar 2. Silikat grubu mineraller içeren doğal taşlar – sert taşlar ( Granit)
c. Yapı ve dokularına göre	1. İnce taneli doğal taşlar 2. Orta irilikte taneli doğal taşlar 3. İri taneli doğal taşlar
d. Kristal/Matriks konuma göre	1. Homojen izotrop – Anizotrop 2. Homojen olmayan İzotrop – Anizotrop
e. Jeomekanik özelliklere göre	1. Dayanımlarına göre Basma Dayanımı Çekme Dayanımı Eğilme Dayanımı 2. Aşınma/Aşındırma özelliklerine göre
f. Fiziksel özelliklerine göre	1. Yoğunluk 2. Gözeneklilik – Su emme özelliği 3. Saydamlık 4. Aklık – Koyu renklilik

### 2.2.2. Kayaçların değerlendirilmesinde kullanılan parametreler

Kayaçların değerlendirilmesinde kullanılan parametreler aşağıda sıralanmıştır (Kulaksız, 2005):

- a. Jeoloji / Yapısal jeoloji elemanlar
  1. Masiflik
  2. Tabakalanma – Akmalı doku
  3. Şistozite / Yapraklanma konumları (Şistoziteli, Laminalı)
  
- b. Petrografik ve mineralojik özellikler
  1. Kayacın mineralojik özellikleri ve buna bağlı kimyasal bileşimleri
  2. Minerallerin tane boyutu, homojenliği ve izotropisi, tane bileşenleri
  3. Kayaç ve mineral sertlikleri, buna bağlı aşındırıcılığı
  4. Kayaç ve minerallerin dilinimlenmeleri
  5. Matriks / Çimentolanma durumu
  6. Mineral – Çimentolanma (bağlayıcı malzeme) özellikleri

### 2.2.3. Doğal taşların sınıflandırılması

Doğal taşların ticari adlandırmaları ile mineralojik bileşimine ve oluşumuna göre sınıflandırılması, Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Doğal taşların sınıflandırılması (Kulaksız, 2005)

TİCARİ ADLANDIRMA		HAKİM BİLEŞENLER	PETROGRAFİK (KAYA BİLİMİ) ADLANDIRMA			
			MAGMATİK KAYAÇLAR		METAMORFİK KAYAÇLAR	SEDİMANTER KAYAÇLAR
			Plutonik	Volkanik		
<b>SERT TAŞ (GRANİT)</b>	Granit, Granitoyid, Kumtaşı, Grovak, Gabro, Norit, Andezit, Bazalt, Kuvarsit, Kalksilikatik, Şistler, Gnayslar, Yeşil Kayaçlar, Bazik ve Ultra Bazik Kayaçlar	Silis ve/veya Silikatlı Mineraller İçerenler veya Kayaç Kırıntıları ve Matriks / Çimento içerenler	Monzonit - Diyorit	Fonolitler	Gnayslar, Leptinitler	Konglomera Kumtaşı Grovak Arkoz
			Granit ve Granit Ailesi Kayaçlar			
			Siyenit ve Siyenit Ailesi Kayaçlar	Foyoidler	Şistler ve Kalksilikatlı Şistler	
			Gabro ve Gabro Ailesi Kayaçlar	Bazalt, Andezit, Dasit		
			Ultra Bazik Kayaçlar Yeşil Kayaçlar		Kuvarsit ve Sleyt	
<b>SLEYT</b>	Kayrak, Sleyt, Arduvaz			Serpantinit, Amfibolit, Şist/Hornfels		
<b>MERMER</b>	Kireçtaşı, Mermer ve Traverten Grubu	Karbonat, Dolomit ve/veya Çimento Matriks İçerenler			Mermer ve Dolomitik Mermerler	Kireçtaşı, Dolomitik Breşler
						Traverten
<b>DİĞER</b>	Alabatr, Pumis Grubu	Diğer		Anglomera, Pumis, Volkanik Tüfler		Jips Alabatr

#### 2.2.4. Kayrak taşları

Kayrak taşı tanımlaması, belli mineralojik özellikte bir kayaç birimini ya da mineral şeklini değil, bir kayaç oluşum yapısını nitelemektedir.

Kayrak taşları, sığ denizlerde çökelmiş tortul kayaçlardır ya da çökelen bu tortul kayaçların metamorfizmaya uğraması sonucunda yeniden kristalleşmesiyle oluşmuştur (Eren, 2006).

Doğal taşların sınıflandırılmasında belirtildiği gibi, kayrak taşları ya da diğer adlarıyla sleyt veya arduvaz taşları kalsiyum karbonatlı ve çimento matriksli kayaçlardır. Magmatik kökenli kayrak taşı bulunmayıp, çizelgede sadece metamorfik olarak görünse de tortul kayrak taşları da bulunmaktadır.

Mineralojik bileşimine göre silikat grubu mineraller içeren doğal taşlar – sert taşlar grubundadır. Yapı ve dokusuna göre ince taneli kayaçlar arasında yer alırlar. Dilinim kayrak taşlarının deformasyon ve dayanım özelliklerinde önemli düzeyde bir anizotropiye neden olur.

Killi ve siltli kütleler fazla miktarda yönlü (kesme) kuvvetle beraber az miktarda da sıcaklık ve basınç etkisi altında kaldıkları zaman, epizon bölgesinde arduvaz ve fillitler meydana gelir. Kil mineralleri tabakalaşma yüzeylerinden farklı olarak gelen kuvvetle dik düzlemler boyunca sıralanır. Taş düzenli bir şekilde düz ve ince levhalara ayrılır. Bu özelliğe kayrak klivajı (Slate Cleavage, Flow Cleavage) adı verilmektedir (Erguvanlı, 1983).

Kayrak ve fillitler gri, siyah, mor gibi renklerde olup kil ve volkanik küllerin regional metamorfizmaya uğraması ile meydana gelmiştir. Kayrakların içerisinde ince ve ufak mika, klorit, serizit, grafit, ve kuvars parçacıkları vardır. Bunlar gözle ayırt edilemez. Bu taşlar tamamıyla kristalli değildir. Diğer taraftan bu tip kütlelere etkileyen

basınç ve sıcaklık artacak olursa kütle içindeki minerallerde büyür. Parlak yüzülü, ince kristalli ve mikalı kütleler meydana gelir, bunlara da fillit denir (Erguvanlı, 1983).

Kayraklarda, sedimanter karakter az görülür, fakat fillitlerde kısmen tekrar kristalizasyon olduğundan, sedimanter karakter bozulur ve sedimanter karakterlerin tanınması mümkün olmaz.

Kayrak taşları aşınmaya mukavemetli, kesilebilir ve cilalanabilir özelliktedir. Doğal koşullardan etkilenmemektedir. Kayrak taşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri şöyledir:

Sertlik = 3,0 – 3,5 (Mohs) ,

Birim hacim kütlesi = 2,6 - 2,65 g/cm<sup>3</sup>,

Hacimce su emme oranı = % 0,02 ,

Kütlece su emme oranı = % 0,01 ,

Porozite = % 0,2

(Yapı Yayın - Stone 2005, 2005).

### 2.3. Türkiye’de Kayrak Taşı Oluşumu Bulunan Bölgeler

Türkiye’de çeşitli bölgelerde kayrak taşı oluşumları görülmektedir. Denizli Babadağ şehri, Menderes Masifi kristalin şistleri ile Denizli Miosen havzasının üzerinde bulunan WNW-ESE istikametli birimler dokanak hattı üzerinde bulunmaktadır. Burada bulunan kayrak taşları, dalgalı ve kıvrımlı olmakla beraber, genel olarak N30W istikametli, 35 W meyillidirler.

Doğubayazıt’ın kuzey batısındaki Kalos tepesinde kayrak taşları görülmektedir, Iğdır’ın doğusundaki Çiftlik köyünde alüvyal düzlükten yükselen iki alçak tepede sarımtırak killi kayrak taşları bulunmaktadır (Altınlı, 1968 a.).

Oramar ilçesinin güney batısındaki, Şüke köyünün batısında bulunan tipik kesit Şüke formasyonu olarak adlandırılmıştır. En geniş mostra Düle köyündedir. Formasyonda sarımtırak ayrışan sıvama fosil yüzlü kireçli şeyl ve marnlı kireçtaşı ile termal değişiklikten kaynaklanan metamorfizma nedeniyle gelişmiş siyah kayrak taşı (slate) vardır. Az çok marnlı olan ve dirsek kaya oluşturan üst seviyelerde daha sıklaşan kireçtaşı, ara katkı durumundadır. Siyah ince levhalı, pul pul dökülebilen kayrak taşı daha az fosillidir, lamina ve çapraz laminalanma gösterebilir, eklem takımı iyi gelişmiştir (Altınlı, 1968 a.).

Diyarbakır Hazro’da ki devonien oluşumda, deniz etkisi ile sakin ve sığ şartlarda hidrokarbonlu şeyl, kireçli şeyl ve sonra da kumlu kireç birikmiştir. Ortam şartları, canlı hayat için elverişli olmasına rağmen, çamur yığılması gibi ani değişimler sebebiyle dibe inen organizmalar, sıvama fosili olarak ayrılma yüzlerine birikmişlerdir. Sonraki değişikliklerle, litoloji kayrak halini almış, erime ve basınçla organik yapılar değişebilmiştir (Bozkaya vd., 2006).

Diyarbakır'ın Çüngüş İlçesi, Giri formasyonun güneyinde antiklinoryum şeklindeki kabartılarda gri-haki kayrak taşı görülmektedir. Çüngüş ilçesi güneyinde Jura veya Kretase ye ait levhalı kireçtaşı altında Graptolitli kayrak taşı mostrası bulunmaktadır. Şüke formasyonu ile yalancı uyumlu (konkordan), yumuşak, siyah, sıvama fosil yüzlü, kireçli şeyl, termal değişiklik kaynaklı metamorfizma ile kayrak haline gelmiştir (Altınlı, 1968 b.).

Kocaeli ilinde uzantılı, Çınarlı grubu, Ortokuarsit formasyonunda (Orta Ludloven), fosilli grovak ile grovaklı kayrak görülmektedir. Alt Devonien, kireçtaşı ile grovaktan oluşmuştur. Arızlı köyünün kuzeyinde kayraksı kireçtaşı bulunmaktadır (Altınlı, 1968 b.).

Fethiye çevresinde bilinen en yaşlı tortul kayaçlar fosilli Permo-Karbonifer yaşlı kayrak, kuvarsit, kumtaşı ve kireçtaşlarıdır. Bu tortul kayaçlar birbirleriyle faylı kontakla temasta olup, peridotitlerle doğrudan doğruya temasları yoktur (Engin, 1971).

Edirne İli Keşan İlçesi dolaylarında Üst Kretase-Alt Eosen çökeltme dönemi, Orta-Üst Eosen transgresyonu ile çökelen karbonatlar bu yörede temel oluşturmaktadır. Mecidiye yöresinde kayrak, fillit tipi temel üzerinde alüvyon yelpazesi çakıl taşlarını transgresif örtün resifal karbonatlar görülür. Keşan-Korudağ yöresinde ve havzanın iç kesimlerinde temel nitelikleri bilinmemektedir. Kuzey kesimde Istranca masifi transgresif karbonatların temelini oluşturur (Saner, 1980).

Kuzey Amanosların, Kahramanmaraş İli Türkoğlu Bölgesinin batısında bulunan Sosink Formasyonunda sarı, kahverengi, ince-orta kalın katmanlı, yarı köşeli-yuvarlak taneli, orta boylanmış, köşeli kırıklı, sert, pirit katkılı, stilolitli kumtaşı ile yeşil, kıymıksı kırıklı, demiroksitli, ince katmanlı şeyl, kıltaşı ve yer yer kayrak birimi egemen litoloji türleridir (Demirkol, 1988).



Yine Kuzey Amanoslarda ki Bedinan formasyonu içerisindeki ince taneli kırıntılı kayalarda, bölgeyi etkilemiş makaslama streslerinin etkisiyle kayrak klivajı gelişmiştir. Genellikle büyük uyumsuzluklar boyunca gözlenen klivaj gelişimi birçok yerde gerçek katmanlaşmayı gizlemektedir. Birincil katmanlaşma laminaların diziliminden tanınmakta ve klivajla 70-80 derecelik açı yapmaktadır. Kayrak klivajının geliştiği yörelerde birim, mikaların klivaj düzlemi boyunca dizilmesi sonucu değişik görünüş kazanmakta ve ayrı bir birim sanılabilmektedir (Demirkol, 1988).

Amanoslarda bulunan Kızlaç formasyonu birimi, adını tipik kesitinin bulunduğu Kızlaç köyünden almıştır. Çoğu koyu renkli, kahverengi-mavi-yeşil, şeyl, kayrak ve bunlarla ardalanan kumtaşı ve kuvarsit düzeyleri egemen litolojilerdir. Gerek şeyl, gerekse kumtaşı ve kuvarsitlerde mika ayırtman katkı olarak dikkati çeker. Uyumsuzluklar boyunca gözlenen kayrak, mikaların dizilmesine olanak verecek şekilde gelişebilmiştir. Birim içerisindeki kuvarsitler, alttaki Kardere formasyonu kuvarsitleri ile çok benzerdir. Birimin kalınlığı Kaman ölçülmüş stratigrafi kesitinde 350 m. dir. Üzerine Akçadağ grubu veya Dedeler formasyonu uyumlu olarak gelir. İçerisinde fosil bulunmamıştır. Üste gelen Akçadağ grubu tabanındaki Alt Siluriyen yaşlı fosiller gözetilerek yaşı Üst Ordovisyen olarak belirlenmiştir (Yalçın, 1980).

Akçadağ Grubunun üyesi olan, Bahçe formasyonu Bahçe ilçesinden kuzeye ve güneye uzanan tipik mostralardan adlanan bu birimde siyah, koyu yeşil, dilinebilir mikalı şeyl ve kayrak ile bunlarla ardalanan ince taneli, orta katmanlı, feldspathlı kumtaşından oluşur. Bir diğer küçük mostrası Yıldız Ziyareti Tepesi güneyindedir. Birimin kalınlığı ölçülmüş stratigrafi kesitinde 580 m dir. Bu kesimde birimin tabanı tektonik olduğundan toplam kalınlık daha fazladır. Birim Akçadağ grubu üzerine uyumlu olarak gelir. Üzerinde ise Hasanbeyli formasyonu ve/veya Amanos grubu açılı uyumsuzdur. İçerisinde fosil bulunmamıştır. Ancak litolojik olarak Güneydoğu Anadolu'daki Bedinan formasyonu ile çok benzerdir. İnceleme alanındaki yaşı, istifsel konumundan Üst Siluriyen olarak belirlenmiştir (Yalçın, 1980).

Koçali karmaşığının Paleozoyik istifte metamorfizma etkileri klivaj gelişimi ile kendini göstermektedir. İnceleme alanı orta kesimlerinde ve kuzeyde şeyl gibi ince katmanlı, dayanımsız kayalarda klivaj gelişimi kayanın tümünü etkileyecek kadar ileri derecededir. Kayrak klivajı şeklinde görülen klivaj gelişiminin etkileri farklı dayanımlı kayalarda farklı derecelerde görülmektedir örneğin; en iyi geliştiği kesimlerde klivaj kuvarsit düzeylerinde katmanlaşmayı kaybedememiş, katman düzlemlerinde verev, değişik açılar yapan seyrek kaya klivajı oluşturmuştur. Şeyl türü kayalarda ise kayrak klivajı egemen zayıflık düzlemi olmuş, katmanlaşma zor izlenir hale gelmiş veya tamamen kaybolmuştur. Bu nedenle dayanımlı kuvarsitteki katman düzlemleri ile şeyl birimindeki oluşan kayrak klivajı düzlemleri paralel hale gelmiştir. Ayrıca birim içindeki vermes tüpleri de uzayıp KB - GD yönünde yönlenmiştir. Kayrak klivajı bölgeyi etkileyen kompresyon sonucu kıvrımlanmadan çok makaslamalara bağımlı olarak gelişmiştir (Demirkol, 1988).

Ankara'nın 150 km batısında yer alan Kızılcaören yöresi Karakaya formasyonunun doğu kenarında bulunur. Yörede başlıca kayaçlar, Geç Paleozoyik veya Erken Triyas yaşlı ve esas olarak serpantinitleten oluşan ve içinde metadiyorit-metagabro dayklarını bulunduran ofiyolitlerdir. Geç Triyas yaşlı ankimetamorfik tortullar kumtaşı, fillit, şeyi, kayrak, çamur taşı faylı dokanakla ofiyolitleri üstler. Permiyen yaşlı kireçtaşı olistolitleri ile spilitik-diyabazik dayklar ve yastık lavlar Triyas formasyonu içinde yer alır (Özgenç, 1993).

Sivas Divriği bölgesinde bulunan, Kınalar Üyesi'ni oluşturan kayraklarla geçişli olduğu yerlerde kayrakların içinde 10-30 cm kalınlığında rekristalize kireçtaşı mercikleri görülür. Bu düzeylerdeki kayrak taşlarının içinde kalsit bollaşır. Düzce Üyesi yer yer kumludur. Birimin kayraklarla yakın bölümlerinde, en fazla % 10'a kadar çıkabilen kuvars, ender olarak opak mineral ve muskovit içeren yer yer dolomitik kumlu kireçtaşları görülür. Orta katmanlı olan bu kayalarda hafif bir yönlenme gözlenir. Ama birimde egemen kaya türü siyah ve siyahımsı kahverengi kristalize kireçtaşlarıdır. Bunlarda çok az kuvars ve opak mineral görülebilir. Düzce üyesi, içinde bulunduğu

kayraklarla aşınmaya karşı daha dirençli olması nedeniyle, yayvanlaşmış tepecikler oluşturur (Bozkaya ve Yalçın, 1997).

Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü dolayında metamorfik kayrak ve fillit toplulukları görülmektedir.

Konya İlindeki Çobanağacı formasyonu Geyik Dağı Birliği'nin Hadim ve Bozkır ilçeleri dolayında yüzeyleyen en genç birimdir. Büyük bölümüyle kırıntılılardan oluşan formasyon, Hadim ilçe merkezinin 2 km güneybatısında, formasyon değişik düzeylerini kapsayan Çobanağacı mevkiinin adıyla adlandırılmıştır. Büyük bölümü kırıntılı kayalardan oluşan Çobanağacı formasyonu alttan üste doğru "Yoncalık tepe kireçtaşı üyesi", "Sivri tepe üyesi" ve "Atalanı" üyesini kapsar. Geyik dağı birliğinden, özellikle Polat kireçtaşı, Çataloluk kireçtaşı ve Yoncalık tepe kireçtaşı üyesinden türemiştir; istif az oranda ve çoğu çakıl boyutunda olmak üzere çakmaktaşı, radyolarit, kuvarsit, büyük oranda kayrak, fillit, yeşil volkanit ve serpantinit çakıl ve bloklarını da kapsar (Özgül, 1997).

Çobanağacı formasyonu inceleme alanında Bolkar dağı birliğinin genellikle Devoniyen yaşta kayrakları (Hocalar formasyonu) tarafından tektonik olarak üstlenir. Bolkar dağı birliğinin tabanına yakın kesimlerinde bu naptan türemiş bol miktarda kayrak, şist, mermer ve çoğu Permien yaşta olan kireçtaşı çakıl ve blokları kapsayan moloz akması birikintilerini bulundurur (Özgül, 1997).

Çorum'da bulunan Triyas yaşlı Kalecikkaya karmaşığı killi, kumlu, karbonatlı tortul kayaçlar ile volkanik ve bazik magmatik kayaçların metamorfizma geçirmesi sonucunda oluşmuş, yeşil şist fasiyesi özellikleri sunan metamorfik kayaçlardan ibarettir. Karmaşığı oluşturan metamorfikler çeşitli şistler, fillit, önemli ölçüde kayrak, meta kumtaşı, meta volkanit ve meta bazik magmatik kayaçlardır (Apaydın, 1997).

### 3. KAYRAK TAŞLARININ ÜRETİM YÖNTEMLERİ - KULLANIM ALANLARI VE STANDARTLAR

#### 3.1. Kayrak Taşlarının Üretim Yöntemleri

Kayrak taşlarının üretimi, açık işletme üretim yöntemi ile yapılmaktadır. En üst kottan başlamak üzere, düşük kotlara doğru çatlak sistemlerine göre seki (çatlaklara bağlı olarak belirlenen çalışma alanı) alanları oluşturulup üretim yapılmaktadır.

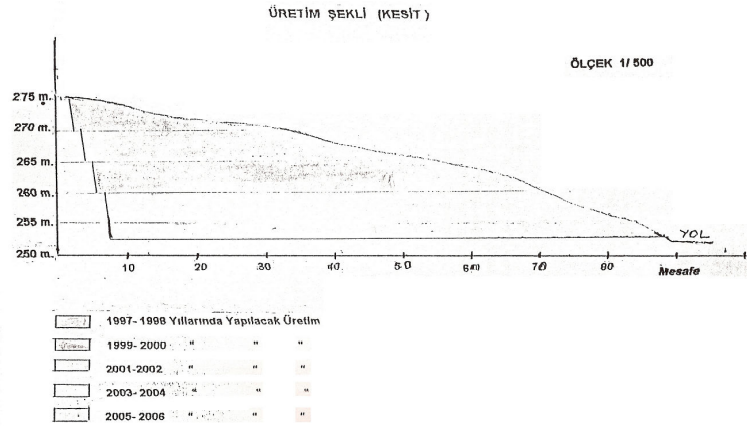
Üretim için gelişmiş makine ve teçhizata ihtiyaç olmayıp etrafındaki toprak alınıp ortaya çıkan blok taştan keski, kazma, kürek, balyoz, küskü ve manivela gibi aletlerle 1,5 ila 5,5 cm arasında kalınlıkta plakalar elde edilmesine dayanarak üretim yapılabilmektedir.

Kayrak taşlarının üretim esnasında parçalanmasını önlemek için herhangi bir patlayıcı madde kullanılmamaktadır. Üretim esnasında kayrak taşlarının geniş yan yüzeylerinin darbe alıp parçalanmaması, kaplama ve döşeme olarak kullanılacak taşların yüzeylerinin çizilmemesi çok önemlidir.

Diğer bir önemli konuda, kayrak taşlarının üretilmesi esnasında, kayrak ayırma işlemi yapan ustaların keski ve çekiç hareketlerinin seri ve eşit darbe yükünde olmasının gerekmesidir. Ayırma işleminin düzgün ve başarılı olabilmesi için, ayırıcı darbelerin kayrakların ayrılacağı kılcal çatlaklara isabet etmesi gerekmektedir. Zira makine ile çalışılmaması durumunda, bu etkenlerden dolayı kayrak taşı üretimindeki en büyük üretim kayıpları gerçekleşmektedir.

İş makinesi kullanılması durumunda oluşan en büyük üretim kayıpları ise, operatör verimliliğine bağlıdır. İş makinesinin kayrak taşlarını blok halinde ayırması

esnasında kayrak taşlarının parçalanıp ufalanması, üretim verimliliğini etkileyen en büyük etkindir.



Şekil 3.1. İşletme projesinde verilen yıllara göre imalat planı (Kafadar vd., 1996)

Şekil 3.1’de kayrak taşı üretim yöntemine örnek teşkil etmesi amacıyla Doğal Taş Yapı Mad. İnş. Eml. San. ve Tic. Ltd. Şti.’ne ait kayrak taşı ocağının imalat planı verilmiştir. Şekil 3.2’de ise kayrak taşının, çatlakları boyunca çekiç darbeleri etkisi ile yarılmaya çalışılması gösterilmiştir.



Şekil 3.2. a.



Şekil 3.2. b.

Şekil 3.2. a. ve b. Taşın çatlakları boyunca çekiç darbeleri etkisi ile yarılmaya çalışılması

İş makinesi kullanmadan yapılacak üretim için, kayrak taşı yüzeyinin toprak tabakasının temizlenmesi sonucunda, blokların ayrılma çatlaklarının ortaya çıkarılması gerekir. Bu çatlaklardan ayrılan blokların manivela ve kazmalar yardımıyla koparılmasıyla üretimin ilk adımı gerçekleştirilir. Daha sonra da çıkartılan bloğun ustalar tarafından keskiler yardımı ile ayrılmasıyla kayrak taşının üretimi gerçekleştirilmiş olur. Şekil 3.3'te elle üretimin yapılabilmesi için temizlenerek hazırlanmış alan görülmektedir.



Şekil 3.3. Elle üretim yapılacak alan (Doğal Taş Yapı Mad. Kayrak Taşı Ocağı, 2006)

İş makinesi ile üretim yöntemi de, paletli ekskavatörün ucuna takılan hidrolik kırıcının, taşı çatlaklardan blok halinde kırarak ayırmasıyla yapılan kırım işleminden sonra ayrılan blokların, ustaların keski, sivri uçlu kazma ve manivelalar ile kılcal çatlarından ayırmasıyla plakaların elde edilmesi şeklindedir. Şekil 3.4'te makine ile yapılan üretim görülmektedir. Üretilen plakalar başka bir işleme tabi tutulmadan stok sahasına götürülür. Stok sahasında bekleyen ürün pazarlama için hazır durumdadır.



Şekil 3.4. Makine ile üretim

Üretim yapılacak sahanın topografyası, hangi yöntemle üretim yapılacağını belirleyen unsurlardan biridir. Kayrak taşı üretimine yüzey kısmından başlanmaktadır. Bu nedenle kayrak taşı blokları herhangi bir parçalanmaya maruz bırakılmadan çıkartılmalıdır. İş makinesi ile üretime başlayabilmek için ise, ocak sahasının iş makinesinin hareketine izin verecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bunun içinde üst kotlarda bulunan kayrak taşlarının sahayı iş makinesi ile çalışmaya uygun hale getirmek için pasa ile beraber atılması gerekmektedir. Bahsedilen sebeplerden dolayı kayrak taşı ocaklarında önce el ile üretim yapılmaktadır, daha sonraki zamanlarda saha iş makinesi hareketine uygun hale getirildiğinde iş makinesi ile üretim yapılmaktadır.







### 3.2. Kayrak Taşlarının Kullanım Alanları

Kayrak taşları, genellikle peyzaj mimarisinde, çevre düzenlemesinde, bina duvarlarının kaplamasında, yer döşemelerinde doğal görünüm ihtiva etmesi nedeniyle yaygınlaşarak kullanılmaktadır. Üretilen kayrak taşlarının fabrikada kenarlarının kesilerek boyutlandırılmasıyla farklı çeşitlilikte kaplama, döşeme ve uygulama tasarımları yapılabilmektedir.

Arduvaz ya da sleyt (slate) olarak da bilinen kayrak taşının değişik bileşimlerde ve değişik renklerde olmalarının yanı sıra kullanım alanları da oldukça geniştir. En çok yapı sektörü ve dekoratif amaçlı olarak çevre düzenlemelerinde kullanılmaktadır. Özellikle ABD ve İngiltere’de çatı kaplama malzemesi ve dekoratif amaçlı olarak yaygın şekilde uygulanmaktadır. Geçirgen olmaması sayesinde duvar ve çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmasının yanı sıra, çok iyi ses ve ısı yalıtımı sağlaması nedeniyle de gerek yurtiçi gerekse yurt dışında kullanım oranı çok fazladır. Bununla ilgili olarak yapılan testlerde ısı yalıtımını çok başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği ve ses yalıtımında da normal bir duvara göre kayrak taşı ile kaplanmış bir duvarın çok iyi ses yalıtımı sağladığı belirlenmiştir.

Bunların dışında kayrak taşı tozları dolgu malzemesi, çimentoya katkı malzemesi, ısı yalıtımlı uygulamalarda katkı malzemesi ve agrega olarak da tüketilmektedir. Bilhassa çatı kaplamalarında kullanılan kayrak taşlarının yüzyılı aşkın süre dayandığı belirtilmektedir.

Avrupa ve Amerika’da yeşil, siyah ve gri-mavi renkli kayrak taşları, çatı kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir. Kayrak taşı, zor aşınan ve atmosferik şartlardan etkilenmeyen özelliği nedeniyle taban döşemelerinin yanı sıra yapılarda ince kaplama malzemesi olarak ta kullanılmaktadır. Kayrak taşlarının kullanılması sonucunda oluşan artıkları ise, endüstrinin bazı alanlarında katkı ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilmektedir (Anon(e)).



Şekil 3.7. İngiltere’de 1900’lü yılların başlarında kayrak taşlarının çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmasını gösteren bir şekil

Kuzey Avrupa’da, kaba kırılmış kayrak taşının bahçe yollarında döşeme amaçlı olarak kullanımı hayli popülerdir. Bahsedilen tüketim alanlarına ek olarak mineral yünü elde etmede ve çatı kiremitlerini kaplamada da tüketilmektedir. Şekil 3.7’de İngiltere’de yapılan bir çatı kaplaması örneği görülmektedir.

Çin’de mermercilik sektörü son yıllarda çok büyümüştür. Mermer ve bilinen doğal taşlar haricinde kayrak taşı üretimi ve işleme işlemleri de çok gelişmiştir. Ocaklardan çıkarılan kayrak taşlarının fabrikalara ve atölyelere getirildikten sonra mermerler gibi ebatlanıp cilalanarak kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır. İşlenmeden de ihracatı yapılan kayrak taşları kasalanıp tüm dünyaya pazarlanmaktadır.

Şekil 3.8’de ihraç edilmek üzere hazırlanmış kayrak taşları görülmektedir.



Şekil 3.8. Sandıklanmış ihracat yapılacak kayrak taşları

Çin ve Hindistan gibi büyük çaplı üretici ülkelerin, ürün çeşitlilikleri oldukça fazladır. Bilinen ve bahsedilen tüm ürünlerin yanı sıra bu ülkelerde kayrak taşlarından denizlikler, kapı eşikleri, rıhtlar, süpürgelikler, masalar, sandalyeler ve tezgahlar da yapılmaktadır.

Ülkemizde Kayağan taşı olarak da bilinen kayrak taşının İzmir, Eskişehir, Denizli, Kastamonu, Muğla ve Bodrum yöresinde üretimi yapılmaktadır. Yurtdışına da ihraç edilen kayrak taşı, yurt içinde dekoratif amaçlı duvar kaplamaları, şömine barbekü, baca, fırın vb. ile yaya, araç yolları döşemelerinde, park ve bahçe düzenlemelerinde hem doğal olarak hem de ebatlanmış olarak kullanılmaktadır.

Kayrak taşlarının bazı türleri çok iyi cila alma özelliğine sahiptir. Fayans şeklinde ebatlanarak evlerin içlerinde yer döşemelerinde de kullanılmaktadır. Özellikle Akdeniz ve Ege Bölgesi turizm yörelerinde, çevre düzenlemelerinde dekoratif amaçlı olarak yoğun şekilde kullanılmaktadır.

Şekil 3.9’da ülkemizde üretilen bazı kayrak taşlarına örnekler verilmiştir. Şekil 3.10’da ise kayrak taşlarının kesim makinelerinde ebatlanması gösterilmiştir.



Denizli Kayrak Taşı



Eskişehir Kayrak Taşı



İzmir Kayrak Taşı



Muğla Kayrak Taşı

Şekil 3.9. Ülkemizde üretilen bazı kayrak taşı çeşitleri



Şekil 3.10. Kayrak taşlarının dairesel testereli kesim makinelerinde ebatlanması

Gerek çatı, gerekse dış yüzey kaplamalarında ebat ve kalınlık hususunda belli standartlar yürürlüktedir. Çatılarda kullanılan kayrak taşlarının birkaç yüz yıl dayandığına dair kayıtlar bulunmuştur. İstanbul Haydarpaşa tarihi gar binası Almanya'dan ithal edilen kayrak taşı ile kaplanmıştır. Binanın ön cephesindeki kitabede bu taşlar hakkında bilgi vardır. Ankara'da Ulus ve İstasyon civarındaki bazı eski ve tarihi binaların çatıları da kayrak taşlarıyla kaplanmıştır.

İngiltere'nin Galler bölgesinde kayrak taşlarının 1750 yılından beri çatı kaplama malzemesi olarak kullanıldığı bilinmektedir. 1898 yılında İngiltere kayrak taşı üretimi 650.000 ton ile zirveye ulaşmıştır. Günümüzde ise, İngiltere gibi eski zamanlarda kayrak taşı üretimi yapan birçok ülke, kayrak taşı ihtiyaçlarını Çin, Hindistan, Türkiye gibi ülkelere karşılamaktadır.

Kayrak taşları çatı ve duvar kaplama malzemesi olma dışında iyi bir döşeme ve dekorasyon malzemesi olarak da pazar bulmuştur. Pul ve toz kayrak ise hem asfalt agregası, hem de lastik, plastik ve ilaç sanayinde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.11'de kayrak taşı uygulamalarına iki örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Yer döşemesi olarak uygulanmış ebatlı kayrak taşı

Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'te ebatlı ve ham kayrak taşlarıyla kaplanmış duvarlar görülmektedir.





Şekil 3.12. Bina duvarlarına duvar kaplaması olarak uygulanmış ebatlı kayrak taşı



Şekil 3.13. Bahçe duvarlarına duvar kaplaması olarak uygulanmış ham kayrak taşı

Ürün boyutlarına göre kayrak taşlarının kullanım alanları:

1-) 1–3 cm kalınlıktaki doğal kayrak taşı; duvar kaplaması, barbekü, şömine, iç mekan kaplamaları gibi dekoratif amaçlarla kullanılmaktadır.

1 tonu ile 14–15 m<sup>2</sup> yüzey kaplanabilmektedir.

2-) 4–6 cm kalınlıktaki doğal kayrak taşı; yaya yolları, binek araç yolları, kelebek duvar yapımı, park ve bahçe düzenlemeleri, havuz kenarları, bina su basmanı gibi yerlerde kullanılmaktadır.

1 tonu ile 9–10 m<sup>2</sup> yüzey kaplanabilmektedir.

3-) 6–10 cm kalınlıktaki kelebek duvar taşı; çim arası harçsız olarak veya park ve bahçe düzenlemelerinde atlama taşı şeklinde, beton derzli olarak araç yollarında, merdiven basamağı yapımında olmak üzere değişik amaçlarla kullanılmaktadır.

1 tonu ile 5–6 m<sup>2</sup> yüzey kaplanabilmektedir.

Şekil 3.14'te ebatlı kayrak taşlarıyla yapılan bir döşeme uygulaması görülmektedir.



Şekil 3.14. Ebatlandırılmış kayrak taşlarından yapılmış bir döşeme tasarımı

### 3.3. Kayrak Taşlarıyla İlgili Türk Standartları

Doğal yapı taşlarıyla ilgili Türk standartları ürün satış aşamasında bağlayıcı olmamakla birlikte, bir taşın doğal yapı taşı olarak değerlendirilebilmesinde ve kullanım alanlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Doğal yapı taşlarının tümü için oluşturulmuş olan doğal yapı taşları standardı (TS 2513, 1977), farklı türdeki doğal yapı taşları için ayrı ayrı standartların oluşturulmuş olmasıyla birlikte yürürlükten kaldırılmıştır. Ancak, burada yine de, karşılaştırma amaçlı olarak doğal yapı taşları standardına göre (TS 2513, 1977) yapı taşlarının taşınması gereken bazı özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Doğal yapı taşlarının taşınması gereken özellikler (TS 2513, 1977)

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Özgül Ağırlık	g/cm <sup>3</sup>	≥ 2,55
Kütlece Su Emme Oranı	%	≤ 1,8
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	kgf/cm <sup>2</sup>	≥ 500
Kütlece Don Kaybı	%	≤ 5
Aşınma Dayanımı	cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup>	≤ 15

Kayrak taşı bir çeşit doğal yapı taşı olmakla birlikte; sahip olduğu özellikler, üretim şekli ve kullanım alanlarıyla diğer yapı taşlarına göre farklılık göstermektedir. Bu durum, standartlara da yansyarak, kayrak taşlarına özgü standartlar (TS EN 12326-1, 2006 ve TS EN 12326-2, 2001) oluşturulmuştur. Çizelge 3.2’de kayrak taşlarıyla ilgili standarda göre (TS 12326-1, 2006) kayrak taşlarının taşınması gereken özellikler verilmiştir.



Çizelge 3.2. Kayrak taşlarının taşınması gereken özellikler (TS 12326-1, 2006)

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Eğilmede kırılma yükü özelliği - Enine (İmalatçı tarafından belirtilecek değer)	MPa	
Eğilmede kırılma yükü özelliği - Boyuna (İmalatçı tarafından belirtilecek değer)	MPa	
Ortalama kırılma yükü - Enine (İmalatçı tarafından belirtilecek değer)	N	
Ortalama kırılma yükü - Boyuna (İmalatçı tarafından belirtilecek değer)	N	
Çatı kaplaması olabilmesi için içermesi gereken karbonat muhtevası (En az)	%	20
Karbonatsız karbon muhtevası (En fazla)	%	2
Kabul edilebilir kalınlık (En az)	mm	2
Su emme (En fazla)	%	0,6
Dikdörtgen şekilli kayrak taşlarında uzunluk ve genişlikten sapma (En fazla)	mm	± 5
Uzun kenarı 500 mm'ye eşit veya 500 mm'den kısa dikdörtgen şekilli kayrak taşlarında uzun kenarların doğrultudan sapması (En fazla)	mm	± 5
Uzun kenarı 500 mm'den büyük dikdörtgen şekilli kayrak taşlarında uzun kenarların doğrultudan sapması (En fazla)	%	1
Çıkıntısız ve dikdörtgen şekilli kayrak taşlarında diklikten sapma (En fazla)	%	± 1
Dikdörtgen şekilli kayrak taşları için düzlükten sapma (En fazla)		
Çok Pürüzsüz	%	0,9
Pürüzsüz	%	1,0
Normal	%	1,5
Dokulu	%	2,0
Özel durumlar için kullanılan kayrak taşları	%	Sınırsız

#### 4. BODRUM YALIÇİFTLİK BELDESİ ALAZEYİN KÖYÜ KAYRAK TAŞI OCAĞININ TANITIMI

##### 4.1. Ocağın Tanıtımı

Doğal Taş Yapı Madencilik İnşaat Emlak San. Ve Tic. Ltd. Şti.'ne ait Bodrum İlçesi Kızılağaç Beldesi Alazeytin Köyü Pınar Dağı Kabaca Tepe Mevkii'nde bulunan İR 72789 Ruhsat, 3062302 Erişim Numaralı maden ruhsatı sahasında kayrak taşı üretilmektedir. Maden sahasının ruhsat alanı 5791,91 m<sup>2</sup>'dir. Ruhsat alanının 686,91 m<sup>2</sup>'si doğal sit alanı olmasından dolayı taksir edilmiş olup, işletme izni verilmiş olan çalışma alanı 5105 m<sup>2</sup>'dir. Çizelge 4.1'de maden sahasının koordinatları, Çizelge 4.2'de ise, maden sahasının kenar uzunlukları ve kuzeyle yaptıkları açılar verilmiştir. Ruhsat sahasını gösteren harita, Şekil 4.1'de verilmiştir.

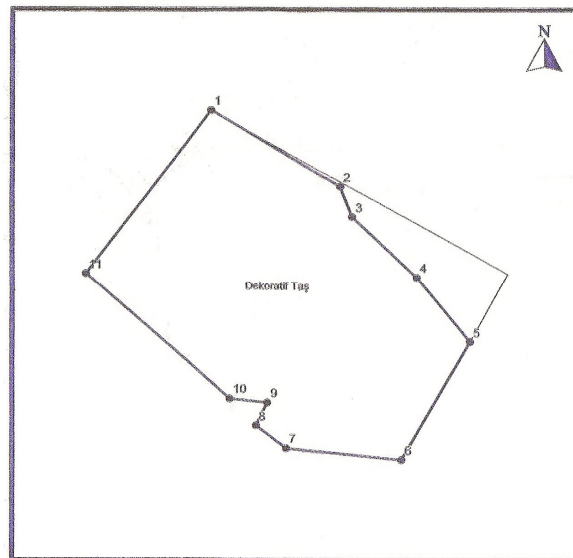
Çizelge 4.1. Maden sahasının koordinatları

Grid : UTM Ruhsat Çevre Uzunluğu : 291 m  
Datum : European 1950 Ruhsat Alanı : 5105 m<sup>2</sup>

Numara	Pozisyon	Y	X
1	35 S	548495	4098207
2	35 S	548529	4098187
3	35 S	548532	4098179
4	35 S	548549	4098163
5	35 S	548563	4098146
6	35 S	548545	4098115
7	35 S	548515	4098118
8	35 S	548507	4098124
9	35 S	548510	4098130
10	35 S	548500	4098131
11	35 S	548462	4098164

Çizelge 4.2. Maden sahasının kenar uzunlukları ve kuzeyle yaptıkları açılar

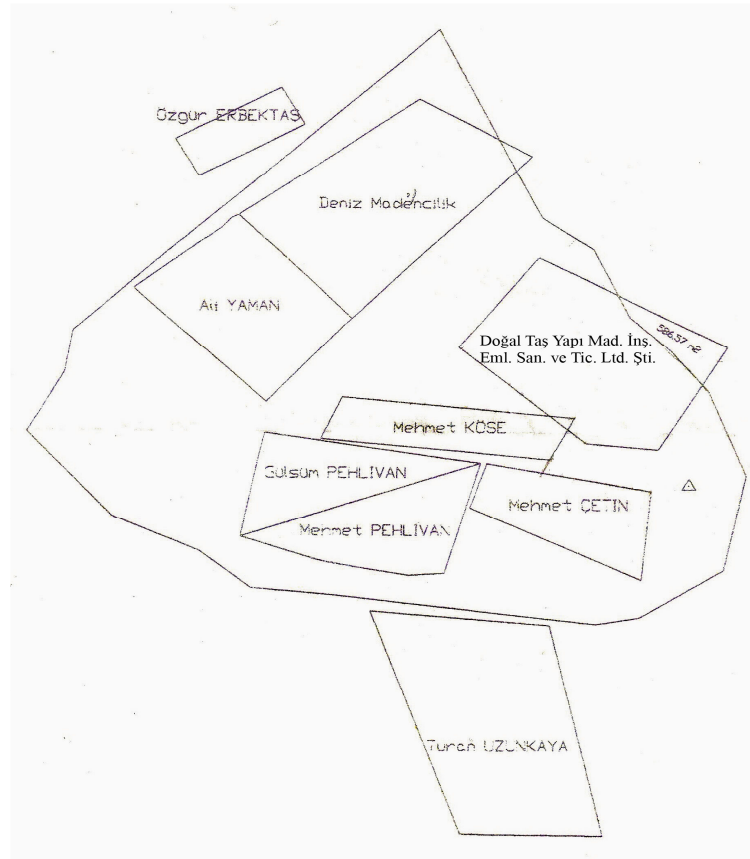
Kenarlar	Toplam Kenar Uzunluğu	Kenar Uzunluğu	Kenarların Kuzeyle Yaptığı Aç
1-2	39 m	39 m	121° grid
2-3	48 m	9 m	160° grid
3-4	71 m	23 m	133° grid
4-5	93 m	22 m	141° grid
5-6	129 m	36 m	210° grid
6-7	160 m	30 m	276° grid
7-8	170 m	10 m	307° grid
8-9	176 m	7 m	26° grid
9-10	186 m	10 m	276° grid
10-11	237 m	50 m	311° grid
11-1	291 m	54 m	37° grid



Şekil 4.1. Ruhsat sahasını gösteren harita

Ocak sahasından 4 km mesafelik toprak yolla Bodrum – Yalıçiftlik asphalt yoluna, oradan da 11 km lik asphalt yolla Bodrum'a ulaşmak mümkündür. Kayağan taşı olarak ta bilinen kayrak taşları yapıtaşı olarak kullanılmaktadır. Genellikle yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde bulunup, üzerinde çok az bir toprak tabakası bulunmaktadır (Kafadar vd., 1996). Doğal bitki örtüsü, yer yer çam ağaçları, makilik ve bodur çalılardan oluşmaktadır.

Bodrum ilçesinde kayrak taşlarının üretiminin yapıldığı ocaklar aynı bölgede ve birbirinin yanında bulunmaktadır. Bu ocakların haritası Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Bodrum Yalıçiftlik Beldesi'nde bulunan ocakların ruhsat planları

## 4.2. Kayrak Taşı Üretimi Yapılan Bölgenin Jeolojisi

### 4.2.1. Bölgenin genel jeolojisi

Ocak arazisi ve çevresi, Saruhan-Menteşe kitlesinin (Likya Napları) başkalaşmış ve billursal yapıdaki kayaları ile (gnays, mikaşist, granit gibi), kıvrımlı tabakalarından oluşan ve yer yer billurlaşmış kalker (kireçtaşı) ve şistli kayalardan oluşmuştur. Ana kayaç tortul kökenli, Jura yaşlı yer yer siltli ve marnlı kireç taşıdır. Bunlar ince ve düzgün tabakalı, sarı ve siyah renkli olup yer yer çört bantları da içermektedir. Tabakalanma Kuzey Batı – Güney Doğu yönünde olup 40 – 50 derece arasında değişen eğimle Güney Batı ya eğimlidir (Kafadar vd., 1996).

Kızılağaç Formasyonu olarak adlandırılan birim, Geç Kretase yaşlı karbonat kayaları üzerinde uyumlu bir dokanak boyunca yer almaktadır.

Batı Anadolu'da yer alan Bodrum yarımadasında temeli, Paleozoyik yaşlı ve «Güllük formasyonu» olarak adlandırılan konglomera-kumtaşı-şeyl ardalanmasından meydana gelen hafif metamorfik bir birim oluşturur. Mesozoyik yaşlı birimler, Triyas-Liyas yaşlı dolomitik kireçtaşları (Pazardağı formasyonu); Liyas-Malm yaşlı siltli-marnlı kireçtaşları (Karadağ formasyonu) ve daha üstte Malm-Senomaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları (Kışladağı formasyonu) ile tüm bu çökelleri üstleyen Üst Kretase-Paleosen yaşlı bir vahşi filiş (Bodrum formasyonu) ile belirgindirler. Senozoyik kaya birimleri, Oligosen yaşlı çökeller (Koyunbaba formasyonu) ile başlar. Oligosen sonrası yarımada şiddetli bir magmatizma etkin olarak çeşitli evrelerde plütonik ve volkanik kayaları oluşturmuştur. İlk kez Orta Miyosende bir monzonit intrüzyonu izlenir. Daha sonra bölgede yaygın bir kalkalkalin volkanizma etkin olmuş ve tuf-aglomera yatakları, andezit-trakiandezit- latit-dasit türde lavlar oluşmuştur. Kabuksal malzeme ürünü bu kalkalkalin volkanizma belirgin bir süreçten sonra gittikçe manto ürünü alkali olivin bazaltik oluşumlara dönüşmüştür.

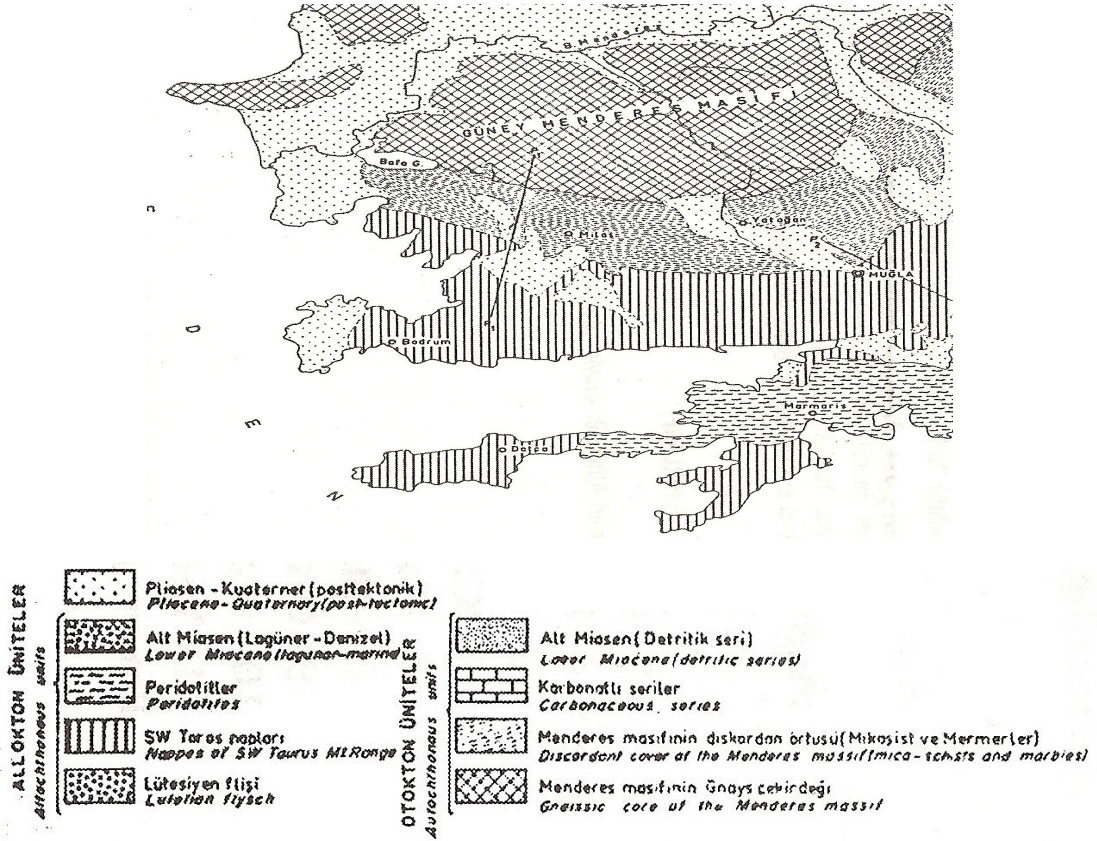
Bu suretle, ikinci volkanik evre başlamış olup, bu kez alkali nitelikte ve dayklar şeklinde bazalt-trakibazalt-trakit türde lavlar oluşmuştur. İnceleme alanında volkanizmanın Üst Miyosende bitiminden sonra, Alt Pliyosende oluşmuş kireçtaşları izlenir. Daha sonra Kuvaternerde travertenler, yamaç molozları, alüvyonlar ve olasılıkla komşu Kos adasından havadan gelen süngertaşı parçaları ve tüfler yer alırlar (Ercan vd., 1982).

Kızılağaç formasyonuna dokanak halinde bulunan Karadağ formasyonu (Kju), Pazardağı formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan siltli marnlı kireçtaşlarıdır. Bunlar ince düzgün katmanlı, sarı-pembe renkli olup, yer yer çört bantları da içerirler. Tipik olarak izlendiği N18-c3 paftasındaki Karadağ'dan adını almıştır. Bu formasyon, üzerinde yer alan Kışladağı formasyonu çörtlü kireçtaşlarına çok benzer ve yer yer bu iki formasyonu ayırt etmek güçleşir. Hatta bazı araştırmacılar tarafından, Kışladağı formasyonunun tabanı olarak kabul edilmektedir. İnceleme alanında en çok 120 m kalınlığa erişir. İnceleme alanında bu siltli-marnlı kireçtaşlarında saptadıkları fosil kapsamına dayanarak, formasyona Üst Triyas-Alt Malm yaşı verilmiştir (Ercan vd., 1982).

Yine Kızılağaç formasyonu ile dokanak halinde bulunan Kışladağı formasyonu (Kkr), Karadağ formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan gri renkli, düzgün ince-orta katmanlı ve bol kavkı parçacıkları içeren, yer yer çört bant ve yumruları gözlenen pelajik kireçtaşlarıdır.

Formasyon adını, en tipik izlendiği N18-c3 paftasındaki Kışladağı'ndan almaktadır. Kireçtaşı düzeyleri içinde yer yer de ince marnlı seviyeler bulunmaktadır. Kalınlık, yaklaşık 800 m kadardır. Çalışma alanı dışında da geniş yayımlı olup, kalınlığı değişkendir. Örneğin, Datça yarımadasında bu formasyon “Mandalya çörtlü kireçtaşı” olarak adlandırılmış olup, 480 m kalınlıkta olduğu saptanmıştır. Bafa çevresinde ve Bodrum'un doğusunda 1500 m kalınlığa erişir ve Bodrum formasyonu olarak adlandırılır. Bodrum çevresinde ve daha doğuda 900 m kalınlığa eriştikleri, bol fosilli oldukları ve Ege Denizindeki Yunan adalarında da yer yer izlendikleri belirtilir

ve Çaldağ formasyonu olarak adlandırılır (Ercan vd., 1982). Formasyonun çeşitli yüzeylerinden alınan örneklerde hem Jura, hem de Kretase yaşlı fosiller saptanmıştır. Şekil 4.3'te bölgenin jeolojik yapısını gösteren bir harita verilmiştir.



Şekil 4.3. Bölgenin jeolojik yapısını gösteren harita (Kafadar vd., 1996)

Muğla ve ovanın tabanında ise, hakim jeolojik oluşumlar olan, çok çatlaklı ve parçalı permo-karbonifer yaşında olduğu bilinen kireçtaşları yer almaktadır. Bu çatlaklı kayalara kadar ulaşan suların çatlaklar vasıtasıyla Gökova'da Azmaklar'dan yüzeye debili kaynaklar şeklinde çıktığı bilinmektedir.

Muğla ve çevresinde yüksek eğimli dağlık alanlarda üstte genelde çok çatlaklı ve parçalı vaziyette muhtemelen permo-karbonifer yaşında olduğu belirtilen kireçtaşları

yer alır. Kireçtaşları genelde orta sert ve sert yapılı olup tabakalı durumdadır. Bu birimlere kuzeyde Kızıldağ, Masa Dağı; kuzeydoğuda Göktepe yolu ve çevresi ile batı ve güneybatı taraflarda Dirgeme (Akkaya) yolu çevresiyle, Gökova yolu çevresinde rastlanılmaktadır.

Kireçtaşları şistler ile son metamorfizmayı beraber geçirdiklerinden metamorfizmanın izlerini taşırlar ve yarı mermer görünümünü kazanmışlardır. Örneğin Kızıldağ ve Masa Dağı çevresinde görülen kireçtaşları daha kırılğan ve yumuşak görünüm arz etmesine rağmen Göktepe, Dirgeme, Gökova yolu üzerinde bulunan kireçtaşları daha sert görünümlü olup serttir.

Muğla merkez ve yakın çevresinde kararlı debili yeterli kaynaklar bulunmamaktadır. Bunun başlıca nedeni mevcut kayaçlar ile zeminlerin çatlaklı ve geçirgen olmalarıdır.

#### **4.2.2. Bölgenin tektonik yapısı**

Bölgede iki tür tektonik hareket gözlemlenmektedir. Birincisi posttektonik dönemde kıvrımlanma ve nap oluşumlarını meydana getiren teğel hareketler, ikincisi ise neotektonik dönemdeki dikey hareketlerdir. Alt miyosene kadar devam eden posttektonik dönemde hem kuzey - güney hem de doğu - batı doğrultularında sıkışan kuvvetler egemen olmuşlardır. Neotektonik dönemde ise bölgede sadece çekme kuvvetleri etkili olmuş ve bu kuvvetlerin neden olduğu çekim fayları sonucu horst ve grabenler meydana gelmiştir (Kafadar vd., 1996).

İnceleme alanı çevresinde etkin faylar bulunmamaktadır ve formasyonlar kuzey batı - güney doğu yönünde uzanmakta olup güney batıya doğru eğimli görünmektedir. Yapılan incelemelerde sahada ve çevresinde benzersiz oluşumlara rastlanmamıştır.



Muğla ili 1. derece deprem kuşağında yer almaktadır. İilde iki önemli deprem bölgesi bulunmaktadır. Bunlar, Kerme Körfezi-Köyceğiz bölgesi ile Rodos-Fethiye Körfezi bölgesidir.

Kerme Körfezi-Köyceğiz Bölgesi; bu bölge kuzeyde Bodrum Yarımadası ile Muğla'nın güneyinde yükselen dağlar ve Sandras Dağı, güneyde Reşadiye Yarımadası'ndaki mezozoik formasyonlar tarafından sınırlanmıştır. Çukurluk, batıdan doğuya doğru, Kemre Körfezi (-540 m.), Gökova alçak arazisi ve Köyceğiz havzasından ibarettir. Çukurluğun güney kenarında (Muğla-Marmaris yolunda) mezozoik kalkerlerinin körfeze doğru çok dik eğimli olduğu görülür. Körfezin kuzey kenarı oldukça diktir ve bir kalker duvarına benzer. Burada 750 metreye kadar yükselen kalkerler, Gökova'da 50 metre seviyesindedir.

Körfezin derinliği hesaba katılırsa, buradaki dikey atım (rejet) 1.300 m.'dir. Bu fay, birçok sıcak ve soğuk maden su kaynakları tarafından da işaretlenmiştir. Körfezin ağzında, ancak çok genç bir devirde (kuvaterner) sönmüş olan volkanik Nisiros Adası vardır. Bölgenin en önemli olan üst merkezi, körfez önünde bulunan İstanköy (Kos) Adası'dır.

Reşadiye Yarımadası'ndan doğu-güneydoğu doğrultusundan geçen ve Chaput tarafından tarif edilen tektonik çukuru da bu bölgeye bağlıdır. Marmaris Yarımadası'nın kuzey-güney doğrultulu kıyılarıyla Reşadiye Yarımadası'nın güney kıyısı belki de faylar tarafından oluşturulmuştur, fakat çizgiler hakkında kesin bilgi yoktur, kırık varsa bile bunlar sismik bakımdan faal değildir. Tarihsel ve aletsel dönemi içeren deprem katalogları ve bölgenin aktif fay hareketleri incelendiğinde, bölgede sık sık büyük depremler olduğu anlaşılmaktadır. Deprem tehlike derecesi "birinci derece" olarak tanımlanan bölgenin jeolojik bulguları göz önüne alındığında, bölgedeki küçük depremlerin etkinliğinin izlenmesi ve fayların etkinlik durumunun saptanması gereklidir (Ercan vd., 1982).

## 5. DENEYSEL VE GÖZLEMSEL ÇALIŞMALAR

### 5.1. Petrografik ve Kimyasal Analizler

Tez konusu kapsamında, Bodrum ilçesinde üretilen kayrak taşlarının petrografik ve kimyasal analizleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Mineraloji ve Petrografi Analizleri Laboratuvarı ve Analitik Kimya Laboratuvarı'na yaptırılmıştır.

#### 5.1.1. İnce kesit üzerinden kantitatif modal mineralojik – petrografik analiz

İnce kesit üzerinden kantitatif modal mineralojik – petrografik analiz sonucunda kayaç, Biyomikrit (Fosilli Kireçtaşı) olarak tanımlanmıştır. Kayaç başlıca mikritik karbonat mineralleriyle fosil kavkuları ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Kayacın içeriğinde büyük oranda karbonat minerallerine, karbonat minerallerine göre daha az miktarda da kuvars minerallerine rastlanmıştır. Fosil kavkuları çok ince taneli olup, mikritiktir.

Kuvarslar çok ince tanelidir ve tek taneler halinde dağılabildiği gibi, genellikle belirli seviyelerde toplanmış ve bantlaşmalar oluşturmuştur. Kayaçta karbonatlar ile kuvarslı seviyeler ardalanmalı olarak sıralanmıştır.

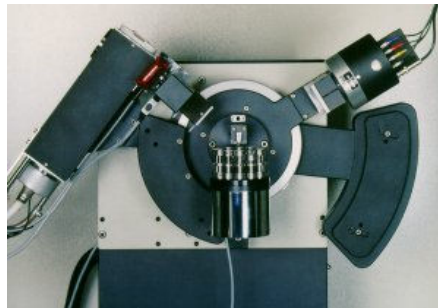
Karbonat çamuru, çok ince kristalli kalsit kristal yığışımından oluşmaktadır. Kireçtaşlarını oluşturan ve 1-4 mikron büyüklüğündeki, kalsit kristallerinden oluşan karbonat çamuru, mikrokristalin kalsit veya mikrit olarak adlandırılmaktadır.

Kayaçta yaklaşık olarak % 50 Kalsit, % 10 Kuvars belirlenmiştir. Kayacın Mohs Skalasına göre sertliği 3,5 – 4 arasında bulunmuştur.

### 5.1.2. X-ışınları kırınımı (XRD) yöntemi ile standart kalitatif mineral analizi

Mineral tayininde en kesin ve en güvenilir metot X-ışınları difraksiyonu (XRD) yöntemidir. Maden yatakları, endüstriyel hammaddeler ve sedimanter jeoloji ile ilgili bilimsel çalışmalarda X-ışınları vazgeçilmez bir yöntemdir. Makro ve mikro incelemelerde belirlenemeyen bileşenler, bu yöntem ile kesin bir tayinle saptanabilir ve modal kompozisyonları başarılı bir şekilde ve düşük hata paylı olarak ortaya konabilir. Endüstriyel hammadde araştırmalarında XRD vazgeçilmez uygulama yöntemidir.

X-Ray Diffraction (XRD) spektroskopisi olarak bilinen X-Işını Difraksiyon spektroskopisi isminden anlaşılacağı üzere X-ışını denilen Ultraviyole ışıdan daha kuvvetli fakat Gamma ışınından daha zayıf enerjili ışın kullanılarak yapılan analizi temel alır. X-Ray Difraktometresi denilen aletlerle yapılan karakter belirlemede, örnek türüne göre değişik uygulamalar görülmektedir. Ayrıca dedektör ve ışın doğası da önemli etkenlerdir. Çalışma prensibi, örneğe X-Işını göndererek kırılma ve dağılma verileri toplanması şeklindedir. Kristal yapısına göre, ışını farklı açılarda ve şiddette kıran örneklerin çok hassas biçimde analizi yapılabilmektedir. Şekil 5.1'de XRD çekimi yapan bir cihaz görülmektedir. Işını üreten sol üst başlık ile dedektör (sağ üst), birbirine V şeklinde bir açıyla bağlanmıştır. Bu açı değişebilmekte olup, orta hazne, örnek yüklemesi için kullanılmaktadır.

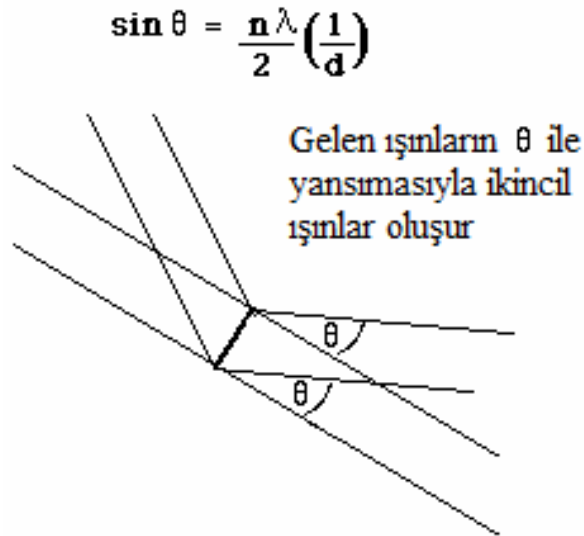


Şekil 5.1. XRD çekimi yapan cihaz

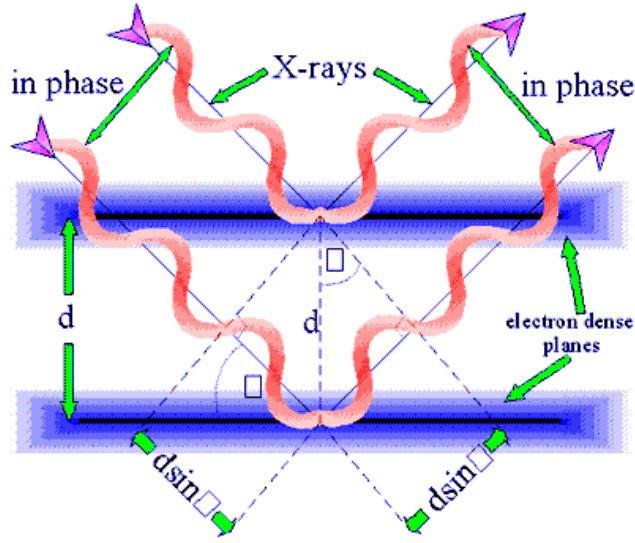
Fourier transform devriminden sonra, XRD makineleri de oldukça profesyonelleşmiş, önceleri her açıyı ayrı ayrı analizleyip toplu değer sunan makineler, şimdi geniş açıları çok dar zamanda ve uygun çıktı ile verebilmektedir (Anon(f)).

XRD'yi çok kullanışlı yapan şey, kristal yapılarında, parmak izi hassaslığında veri toplayabilmesi ve güvenilir olmasıdır.

Bragg Eşitliği diye bilinen eşitlik kristal yapısını oluşturan atom katmanları arasındaki uzaklık neticesiyle gelen X-ışınının kırılma açısı ve uzunluğunun değişmesi mantığıyla oluşmuştur. Bu kırılan ışınların detektörde kaydedilmesi ile hedef kristalin katman sayısı ve düzeni anlaşılabilir. Şekil 5.2'de Bragg eşitliği ve mantığı görülmektedir. Şekil 5.3'te ise ışının kat ettiği yol farkı görülmektedir.



Şekil 5.2. Bragg eşitliği ve mantığı



Şekil 5.3. Işının kat ettiği yol farkı

XRD metotları şöyledir, X-ışını difraksiyonu şu üç parametreye göre çeşitlenmektedir,

- (a) ışınım - tek renkli veya değişken dalga boylu
- (b) örnek fazı - tek kristal, toz veya katı parçası
- (c) dedektör - ışınım sayacı veya fotoğraf filmi

Bu değişkenlere bağlı olarak şu XRD teknikleri bulunmaktadır:

1. Difraksiyon
  2. Debye-Scherrer
  3. Guinier
  4. Dönme - Salınım
  5. Weissenberg
  6. Buerger
  7. Otomatik Difraksiyon
  8. Laue
- (Anon(g))

Bodrum İlçesi Yalıçiftlik Beldesi Alazeytin Köyü Kabaca Tepe Mevkii'nde üretilen kayrak taşları için, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Mineraloji ve Petrografi Analizleri Laboratuvarı'nda yapılan XRD deneyi sonucunda numune, kalsit olarak tanımlanmış ve içerisinde kalsite nazaran daha az miktarda silisyum oksit bulunduğu görülmüştür.

### 5.1.3. Kayrak taşı üzerinde XRF analizi

X ışınları yardımıyla, minerallerin içyapıları bulunabildiği gibi, kimyasal bileşimleri de kolaylıkla saptanabilmektedir. Minerallerin kimyasal bileşimlerinin bulunması yöntemine XRF (X ışınları flüoresansı) metodu adı verilir.

$$\sin \theta = n\lambda/2d \quad (5.1)$$

XRF metodunda, eşitlik (5.1)'de verilen Bragg bağıntısından yararlanılarak, d değeri bilinen bir kristal kullanılarak  $\theta$  açıları ölçülüp, oluşan ışının  $\lambda$  değeri hesaplanarak mineralin kimyasal bileşimi bulunur. X ışınları flüoresans (XRF) spektroskopisi kimyasal kompozisyonu belirlemede kullanılan en önemli yöntemlerden biridir. Hızlı olması, duyarlı olması, uygulama açısından kolay olması, malzemeye zarar vermemesi gibi özellikleri göz önüne alındığında teknolojik ve bilimsel araştırmadaki önemi daha da artmaktadır.

XRF'in çalışma prensibi ise şöyledir; atomdan yüksek enerjili bir X ışını fotonu düşürülecek olursa atomdan foto elektronlar kopartılacaktır. Bu koşulda atomun yörüngelerinde bir ya da daha fazla elektron boşlukları oluşacak ve kararsız olan atom dış yörüngelerdeki elektronların boşlukları doldurması ile kararlı duruma gelecektir. Fakat her bir elektron boşluğu doldurmada atom orbital enerji farkı ile orantılı bir foton yayınlayacaktır. Bu karakteristik foton enerjiler algılanarak kimyasal kompozisyon nitel ve nicel olarak hesaplanabilmektedir (Anon(h)).

X ışını spektroskopisi, bir atomdaki elektronların, o atoma özgün bir yapıya sahip kesikli enerji düzeylerine karşılık gelen, farklı yörüngelerde bulunmasına dayanır. Elektronlar yörüngeler arasında, yani bir enerji düzeyinden diğerine geçiş yapabilir. Örneğin, bir elementin atomu, x ışınlarına tabi tutulduğunda; atomdaki elektronlardan birisi x ışını fotonlarından birini soğurarak, daha yüksek enerjili bir yörüngeye geçebilir veya serbest elektron haline geçerek iyonlaşabilir. Bunun gerçekleşmesi için, x ışını frekansının uygun, yani her bir fotonunun taşıdığı enerji miktarının, elektronun geçiş öncesi ve sonrasındaki enerji düzeylerinin arasındaki farka eşit olması gerekir. Aksine, atomdaki elektronlardan birisi bulunduğu yörüngeden, daha düşük enerjili bir yörüngeye geçerse, aradaki enerji farkı kadar enerji taşıyan bir foton ışıır (Anon(i)).

Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşları için yaptırılan, XRF analizi sonucunda bulunan kimyasal bileşim Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. XRF analizi sonuçları

XRF ANALİZ SONUÇLARI (%)											
Mineral	$Na_2O$	$MgO$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$K_2O$	$CaO$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	$P_2O_5$	$MnO$	Ateş Zaiyatı
% Oran	0,15	0,56	0,90	9,30	<0,01	50,45	<0,01	1,10	0,01	<0,01	37,86

Numune 105 °C’de kurutulmuştur. Analiz sonuçları IQ+ (Standartsız program) programından verilmiştir.

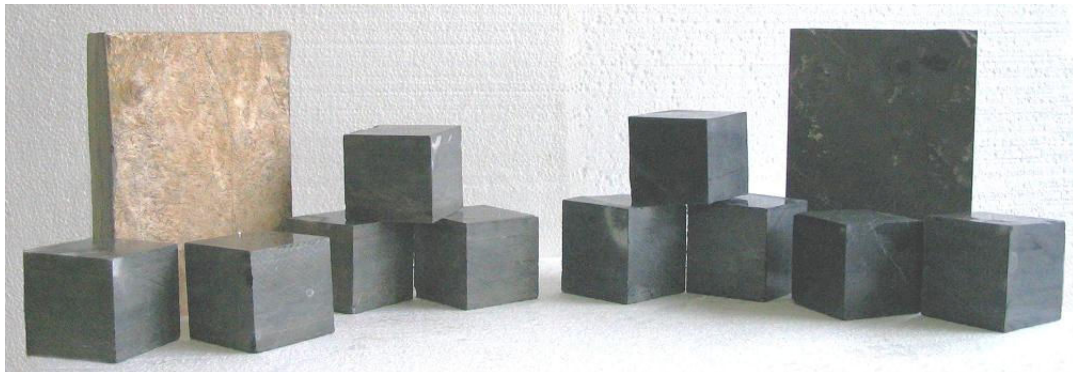
Analiz sonucunda, kayrak taşının yüksek oranda kalsit minerali içerdiği görülmektedir. Bununla beraber % 9,30 oranında silisyum oksit içerdiği de görülmektedir. Kayrak taşının az miktarda demir, alüminyum, magnezyum, sodyum elementlerinin minerallerini, çok az miktarda da potasyum, fosfor, mangan ve titanyum elementlerinin minerallerini içerdiği görülmüştür.

## 5.2. Laboratuvar Deneyleri

### 5.2.1. Birim hacim kütlesi ve su emme deneyleri

Birim hacim kütlesi ve su emme deneyleri, Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları standardı (TS 699,1987) esas alınarak yürütülmüştür. Birim hacim kütlesi deneyiyle, tabii yapı taşlarının boşlukları ile birlikte birim hacminin kütlesi tayin edilir. Deney, düzgün geometrik şekilli olan veya düzgün geometrik şekilli olmayan deney numunelerinin kullanılması haline göre, iki ayrı şekilde uygulanmaktadır. Bu çalışmada, her iki yöntemle de hacim kütlesi deneyi yapılmıştır.

Deneyler için, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarından (Şekil 5.4), kenar uzunlukları ortalama 7 cm olan küp şeklinde 5'er adet deney numunesi hazırlanmıştır. Deney numuneleri, tel fırça ile fırçalanıp, su ile yıkanarak temizlendikten sonra etüvde 110°C ( $\pm 5^\circ\text{C}$ )'de değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan numuneler tartım öncesi desikatörde soğutulmuştur. Soğutulan numunelerin tartımları alınarak kuru kütleleri ( $G_k$ ) kaydedilmiştir. Daha sonra, boyutları kumpasla ölçülen numunelerin hacimleri ( $V$ ) hesaplanmıştır.



Şekil 5.4. Sarı ve siyah renkli kayrak taşı numuneleri



Düzgün geometrik şekilli olmayan numuneler ile deney yöntemine göre (TS 699, 1987), kuru kütleleri tartılmış olan deney numuneleri, uygun büyüklükte ve derinlikte bir kap içerisine konulmuştur. Önce, kaba numune yüksekliklerinin yaklaşık 1/4'ü kadar  $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta su konulmuştur. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra 1/2'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilmiştir ve 1 saat daha bekletilmiştir. 3/4'üne kadar suya batacak şekilde, aynı sıcaklık aralığında bulunan su ilave edilmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra, deney numunelerini yaklaşık 1,5 cm - 2 cm örtecek kadar su ilave edilmiştir.

Numuneler, bu durumda 45 saat süre ile bekletilmiştir. Geçen zaman esnasında kaptaki su yüksekliği kontrol edilerek gerektiğinde su ilave edilmiştir.

Toplam 48 saat suda bekletilen numuneler, buldukları kaptan birer birer alınarak nemli bir bez yardımıyla üzerindeki su damlaları silinmiş ve bekletilmeksizin 0,1 g hassasiyetle tartılmıştır. Tartılan deney numuneleri tekrar su dolu kaba konulmuştur. 24 saat daha suda bekletilerek tekrar tartım alınmıştır. 24 saatlik suda bekletme işlemi, tartım sonuçları arasında %0,1'den daha az fark oluncaya kadar tekrarlanmıştır. Bu şekilde numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doymun hale getirilmiştir.

Birim hacim kütlesi deneyi için numunelerin kısmen suya doymun hale getirilmeleri yeterli iken, burada değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doymun hale getirilmiştir. Suyu doymun havadaki kütleleri ( $G_{dh}$ ) kaydedilmiş olan deney numunelerinin, Arşimet terazisinde 0,1 g hassasiyetle tartılarak, su içindeki kütleleri bulunmuştur ( $G_{ds}$ ).

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'te sırasıyla siyah ve sarı kayrak taşı numunelerine ait ölçüm ve tartım sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.2. Siyah kayrak taşı numunelerinin boyutları ve tartım sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Hacmi (cm <sup>3</sup> )	G <sub>dh</sub> (g)	G <sub>k</sub> (g)	G <sub>ds</sub> (g)
	En	Boy	Yük.				
1	7,12	7,04	7,22	361,90	963,7	963,3	598,3
2	7,08	7,06	7,11	355,39	950,1	949,7	589,9
3	7,08	7,08	7,20	360,91	965,8	965,4	599,9
4	7,10	7,03	7,40	369,36	991,1	990,6	615,9
5	7,15	7,04	7,12	358,39	964,5	964,2	599,2

Çizelge 5.3. Sarı kayrak taşı numunelerinin boyutları ve tartım sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Hacmi (cm <sup>3</sup> )	G <sub>dh</sub> (g)	G <sub>k</sub> (g)	G <sub>ds</sub> (g)
	En	Boy	Yük.				
1	7,14	7,10	6,51	330,02	879,8	876,1	542,4
2	7,10	7,03	6,57	327,93	876,4	873,5	541,0
3	7,08	7,08	6,45	323,32	862,7	860,5	532,9
4	7,02	7,00	6,58	323,34	865,6	863,8	534,7
5	7,10	7,05	6,54	327,36	875,8	872,6	540,3

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'teki ölçüm ve tartım sonuçları aşağıda verilen eşitliklerde yerine konularak siyah ve sarı kayrak taşları için; kuru birim hacim kütlesi ( $d_h$ ), kütlece su emme oranı ( $S_k$ ) ve hacimce su emme oranı ( $S_h$ ) ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$d_h = \frac{G_k}{V} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (5.2)$$

$$d_h = \frac{G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (5.3)$$

$$S_k = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{ds}} \cdot 100 \quad (\text{m/m, \%}) \quad (5.4)$$

$$S_h = \frac{G_{dh} - G_k}{G_{dh} - G_{ds}} \cdot 100 \quad (\text{v/v, \%}) \quad (5.5)$$

Burada;

$d_h$  = Taşın kuru birim hacim kütlesi ( $\text{g/cm}^3$ )

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

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

$G_k$  = Değişmez kütle kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g)

$G_{dh}$  = Taşın suya doymun haldeki kütlesi (g)

$G_{ds}$  = Suyu doymun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (g)

$V$  = Numune hacmi ( $\text{cm}^3$ )'dir.

Çizelge 5.4'te siyah ve sarı kayrak taşlarının hesaplanmış olan kuru birim hacim kütlesi ( $d_h$ ), kütlece su emme oranı ( $S_k$ ) ve hacimce su emme oranı ( $S_h$ ) değerleri verilmiştir.

Hacim kütlesi deneyi, düzgün geometrik şekilli olan ve düzgün geometrik şekilli olmayan numuneler için olmak üzere, iki ayrı yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Düzgün geometrik şekilli numuneler için deney yöntemine göre ortalama kuru hacim kütlesi  $2,676 \text{ g/cm}^3$  iken, diğer yöntemle göre  $2,638 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur. Standart sapmalarına bakıldığında ise, düzgün geometrik şekilli numuneler için deney yöntemine göre numunelere ait kuru hacim kütlesi değerlerindeki sapma daha fazladır. Değerler arasındaki bu farklılık deney yöntemlerine göre açıklanabilir. İlk yöntem numunelerin düzgün geometrik şekilli olmasını getirmektedir. Bu durumda, küp numune kesimlerinde gereken özen gösterilmiş olmasına rağmen, yeterince düzgün geometriye sahip kayrak taş numune alınmasının gerçekleştirilememiş olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.4. Bodrum kayrak taşlarının kuru birim hacim kütlesi değerleri ve su emme oranları

Numune No	Siyah Renkli Kayrak Taşı				Sarı Renkli Kayrak Taşı			
	$d_h^*$ (g/cm <sup>3</sup> )	$d_h^{**}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$S_k$ (%)	$S_h$ (%)	$d_h^*$ (g/cm <sup>3</sup> )	$d_h^{**}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$S_k$ (%)	$S_h$ (%)
1	2,662	2,636	0,067	0,109	2,655	2,597	0,682	1,097
2	2,672	2,637	0,068	0,111	2,664	2,604	0,536	0,865
3	2,675	2,638	0,067	0,109	2,661	2,609	0,413	0,667
4	2,682	2,640	0,081	0,133	2,671	2,610	0,337	0,544
5	2,690	2,639	0,050	0,082	2,666	2,601	0,592	0,954
Ortalama	2,676	2,638	0,067	0,109	2,663	2,604	0,512	0,825
Standart Sapma	0,011	0,002	0,011	0,018	0,006	0,005	0,138	0,221

\* Eşitlik (5.2)'ye göre hesaplanmış olan kuru hacim kütlesi

\*\* Eşitlik (5.3)'e göre hesaplanmış olan kuru hacim kütlesi

Siyah ve sarı renkli kayrak taşlarının hacim kütleleri karşılaştırıldığında, yapısı itibarıyla, daha sert ve dayanıklı olduğu düşünülen, siyah renkli kayrak taşlarının, sarı renkli kayrak taşlarına göre, hacim kütlelerinin çok azda olsa daha fazla olduğu görülmektedir. Su emme deney sonuçları ise, sarı renkli kayrak taşlarının, gerek kütlece, gerekse hacimce su emme oranlarının, siyah renkli kayrak taşlarından fazla olduğunu göstermiştir.

### 5.2.2. Görünen porozite (zahiri porozite)

Taşın hacimce su emme oranı, aynı zamanda taşın görünen porozitesi olarak ta kabul edilmektedir (TS 699, 1987). Bu nedenle, kayrak taşlarının Bölüm 5.2.1.'de bulunan hacimce su emme oranları, aynı zamanda porozite değerlerini vermektedir.

$$P_g = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \cdot 100 \quad (v/v, \%) \quad (5.6)$$

Burada;

$P_g$  = Taşın görünen porozitesi (v/v, %)

$G_d$  = Taşın doygun haldeki kütlesi (g)

$G_k$  = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g)

$G_{ds}$  = Doygun haldeki taşın su içindeki kütlesi (g)'dir.

Eşitlik (5.6) yardımıyla, siyah kayrak taşının görünen porozitesi hesaplandığında;

$P_g = [(G_d - G_k)/(G_d - G_{ds})] \times 100 = [(967 - 966,6)/(967 - 600,6)] \times 100 = \% 0,109$   
olarak,

Eşitlik (5.6) yardımıyla, sarı kayrak taşının görünen porozitesi hesaplandığında ise;

$$P_g = [(G_d - G_k)/(G_d - G_{ds})] \times 100 = [(872,06 - 869,3)/(872,06 - 538,26)] \times 100 = \% 0,825$$

olarak bulunmuştur.

### 5.2.3. Tek eksenli basınç dayanımı deneyi

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları standardı (TS 699, 1987) esas alınarak yürütülmüştür.

Deneyler için, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarından, kenar uzunlukları ortalama 7 cm olan küp şeklinde 10'ar adet deney numunesi hazırlanmıştır. Küp numuneler, taş kesme testeresi ile ıslak kesim uygulanarak, basınç uygulanacak yüzleri düzgün ve birbirine paralel olacak şekilde hazırlanmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi, kuru ve suya doymuş hale getirilmiş deney numuneleri üzerinde olmak kaydıyla, iki tür koşullandırma şartına göre yapılmıştır. Numunelerin kurutma işlemi etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar bekletilerek uygulanırken, değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doymuş hale getirme işlemi Bölüm 5.2.1'de su emme deneyi için uygulanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

Deney öncesi hazırlanan deney numunelerinin basınç uygulanacak yüzlerinin boyutları, kumpas yardımıyla 0,1 mm hassasiyetle ölçülmüştür. İlk numune, deney presinin (Şekil 5.5) tablaları arasına ve tam ortaya gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Yük, basınç gerilmesi saniyede yaklaşık  $10 \text{ kgf/cm}^2 - 12 \text{ kgf/cm}^2$  artacak şekilde ve çarpmasız olarak deney numunesi kırılıncaya kadar uygulanmıştır. Prese bağlı bilgisayardan en büyük yük değerleri tespit edilerek kaydedilmiştir ( $P_k$ ).

Şekil 5.5'te Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarındaki deney presi ve yük değerlerinin okunduğu bilgisayar görülmektedir.



Şekil 5.5. Tek eksenli basınç dayanımı deney presi

Tek eksenli basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik (5.7) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$f_b = \frac{P_k}{A} \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (5.7)$$

Burada;

$f_b$  = Taşın tek eksenli basınç dayanımı (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_k$  = Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf)

$A$  = Taşın yük uygulanan yüzünün alanı (cm<sup>2</sup>)'dir.

Çizelge 5.5'te kuru siyah kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları, Çizelge 5.6'da ise kuru sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.5. Kuru siyah kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Uygulanan Yük (kgf)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,07	7,02	7,29	49,63	35315,42	711,55
2	7,10	6,96	7,27	49,42	40613,68	821,87
3	7,02	7,05	7,20	49,49	35067,66	708,57
4	7,01	7,04	7,14	49,35	36982,13	749,38
5	7,00	7,00	6,99	49,00	40308,75	822,63

Ortalama Basınç Mukavemeti (kgf/cm <sup>2</sup> )	762,80
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )	56,60

Çizelge 5.6. Kuru sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Uygulanan Yük (kgf)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,07	7,06	6,61	49,91	37492,73	751,14
2	7,05	7,05	6,52	49,70	37221,27	748,88
3	7,02	7,07	6,58	49,63	38612,31	777,98
4	7,05	6,96	6,57	49,07	35906,23	731,76
5	7,06	7,10	6,59	50,13	37030,68	738,75

Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	749,70
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )	17,64



Kuru numune deney sonuçlarına göre, Bodrum ilçesinde üretilen siyah renkli kayrak taşlarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı  $f_b = 762,80 \text{ kgf/cm}^2$  ve sarı renkli kayrak taşlarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı  $f_b = 749,70 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.7 ve 5.8’de sırasıyla suya doymun siyah kayrak taşları ve sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.7. Suya doymun siyah kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	1. Tartım Numune Kütlesi (g)	2. Tartım Numune Kütlesi (g)	Kütle Farkı (g)
	En	Boy	Yük.				
1	7,07	7,00	7,12	49,49	945,7	945,7	0,0
2	7,05	7,06	7,08	49,77	951,4	951,4	0,0
3	7,08	7,01	7,30	49,63	976,2	976,2	0,0
4	7,03	7,05	7,08	49,56	948,3	948,4	0,1
5	7,07	7,05	7,07	49,84	957,6	957,7	0,1

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Uygulanan Yük (kgf)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yük.			
1	7,07	7,00	7,12	49,49	36325,52	734,00
2	7,05	7,06	7,08	49,77	38861,24	780,77
3	7,08	7,01	7,30	49,63	35086,72	706,95
4	7,03	7,05	7,08	49,56	39717,27	801,37
5	7,07	7,05	7,07	49,84	38644,19	775,31

Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	759,68
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )	38,30

Çizelge 5.8. Suya doygun sarı kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	1. Tartım Numune Kütlesi (g)	2. Tartım Numune Kütlesi (g)	Kütle Farkı (g)
	En	Boy	Yük.				
1	7,00	7,00	6,53	49,00	853,1	853,1	0,0
2	7,10	7,08	6,57	50,27	877,3	877,4	0,1
3	7,02	7,04	7,01	49,42	867,3	867,3	0,0
4	7,02	7,00	6,58	49,14	868,1	868,2	0,1
5	7,01	7,06	7,01	49,49	868,7	868,8	0,1

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numunenin Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Uygulanan Yük (kgf)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yük.			
1	7,00	7,00	6,53	49,00	37316,56	761,56
2	7,10	7,08	6,57	50,27	38117,02	758,28
3	7,02	7,04	7,01	49,42	36601,41	740,61
4	7,02	7,00	6,58	49,14	36001,52	732,63
5	7,01	7,06	7,01	49,49	35986,39	727,14

Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	744,04
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )	15,31

Suya doygun hale getirilmiş deney numunelerinin, deney sonuçlarına göre, Bodrum ilçesinde üretilen siyah renkli kayrak taşlarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı  $f_b = 759,68 \text{ kgf/cm}^2$  ve sarı renkli kayrak taşlarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı  $f_b = 744,04 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Bodrum ilçesinde üretilen kayrak taşları üzerinde, iki tür koşullandırma sonucunda yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre, siyah renkli kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımının, sarı renkli kayrak taşlarına nazaran biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Ocaktaki üretime göre de, tabakaları birbirine daha sıkı bir şekilde bağlı olan siyah renk kayrak taşlarının, sarı renk kayrak taşlarına

göre üretiminin daha zor olduğu tespit edilmiştir. Bu durum deney sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Suya doymun hale getirilen kayrak taşlarının, ortalama tek eksenli basınç dayanımlarının çok az miktarda düştüğü görülmüştür. Siyah renkli kayrak taşlarının tek eksenli basınç dayanımlarının, suya doymun hale getirildikten sonra da, sarı renkli kayrak taşlarından fazla olduğu belirlenmiştir.

#### **5.2.4. Tabii don tesirlerine dayanıklılık ve don sonu basınç mukavemeti deneyi**

Tabii don tesirlerine dayanıklılık ve don sonu basınç mukavemeti deneyi, Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları standardı (TS 699, 1987) esas alınarak yürütülmüştür.

Deneyler için, tek eksenli basınç dayanımı deneyinde olduğu gibi, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarından, kenar uzunlukları yaklaşık 7 cm olan küp şeklinde 5'er adet deney numunesi hazırlanmıştır. Küp numuneler, taş kesme testeresi ile ıslak kesim uygulanarak, basınç uygulanacak yüzleri düzgün ve birbirine paralel olacak şekilde hazırlanmıştır.

Deney öncesinde numuneler, etüvde değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatöre konularak oda sıcaklığına kadar soğutulan numunelerin 0,1 g hassasiyetle tartımları alınmıştır ( $G_0$ ).

Tabii don tesirlerine dayanıklılık deneyleri için, numunelerin değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doymun hale getirilmesi gerekmektedir. Değişmez kütleyle gelinceye kadar suya doymun hale getirme işlemi, Bölüm 5.2.1'de su emme deneyi için uygulanan yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

Değişmez kütleye gelinceye kadar suya doymun hale getirilen numuneler soğuk hava dolabına konulmuştur. Soğutma hızı, yaklaşık 4 saatlik süre içinde  $-20^{\circ}\text{C}$ 'a düşecek şekilde ayarlanmıştır. Soğuk hava dolabı sıcaklığının  $-20^{\circ}\text{C}$ 'a düştüğü gözlemlendikten sonra, yaklaşık 2 saat bu sıcaklıkta bekletilen deney numuneleri, bu süre sonunda dolaptan çıkarılmış ve içinde  $20^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) sıcaklıkta su bulunan kabın içine tamamen su altında kalacak şekilde batırılmıştır. Numuneler bu şekilde 3 saat bekletilerek buzların tamamen erimesi sağlanmıştır. Sonra tekrar soğuk hava dolabına konulmuştur ve  $-20^{\circ}\text{C}$ 'a kadar soğutulmuştur. Bu şekilde donma ve çözülme işlemi 25 kez tekrarlanmış, her defasında deney numunesinde meydana gelen gözle görülür değişiklikler kaydedilmiştir.

Donma-çözülme işlemlerinin sonunda deney numuneleri  $110^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleye kadar kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuştur. Soğutulan deney numuneleri, 0,1 g hassasiyetle tartılmıştır ( $G_k$ ).

Tabii don tesirlerine dayanıklılık deneyinde, don tesirleri sebebiyle koparak ayrılan kısımlardan meydana gelen kütle azalması (don kaybı), eşitlik (5.8) yardımıyla hesaplanmıştır:

$$D_k = \frac{G_0 - G_k}{G_0} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5.8)$$

Burada;

$D_k$  = Don kaybı (%)

$G_0$  = Deney numunesinin deneyden önceki kütlesi (g)

$G_k$  = Deney numunesinin deneyden sonraki kütlesi (g)'dir.

Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da, sırasıyla siyah ve sarı renkli kayrak taşları üzerinde yapılan don kaybı deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.9. Siyah renkli kayrak taşlarının don kaybı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			G <sub>0</sub> (g)	G <sub>k</sub> (g)	Don Kaybı (%)
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,12	7,04	7,22	963,30	963,30	0,00000
2	7,08	7,06	7,11	949,70	949,60	0,01053
3	7,08	7,08	7,20	965,40	965,40	0,00000
4	7,10	7,03	7,40	990,70	990,60	0,01009
5	7,15	7,04	7,12	964,20	964,20	0,00000

Ortalama Don Kaybı (%)	0,00412
Standart Sapma (%)	0,006

Çizelge 5.10. Sarı renkli kayrak taşlarının don kaybı deneyi sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			G <sub>0</sub> (g)	G <sub>k</sub> (g)	Don Kaybı (%)
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,14	7,10	6,51	876,30	876,10	0,02282
2	7,10	7,03	6,57	873,60	873,50	0,01145
3	7,08	7,08	6,45	860,50	860,50	0,00000
4	7,02	7,00	6,58	863,80	863,80	0,00000
5	7,10	7,05	6,54	872,70	872,60	0,01146

Ortalama Don Kaybı (%)	0,00915
Standart Sapma (%)	0,010

Deney sonrasında, siyah renkli kayrak taşlarının ortalama don kaybı % 0,00412 ve sarı renkli kayrak taşlarının ortalama don kaybı ise % 0,00915 olarak bulunmuştur. Buna göre, kütlece don kayıpları çok düşük oranlarda meydana gelmiştir.

Don kayıpları bulunduktan sonra, aynı deney numuneleri üzerinde, Bölüm 5.2.3'te yer alan tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. Çizelge 5.11 ve

5.12’de sırasıyla siyah renkli ve sarı renkli kayrak taşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları verilmiştir. Buna göre; siyah ve sarı renkli kayrak taşlarının don sonrası ortalama tek eksenli basınç dayanımları sırasıyla  $757,50 \text{ kgf/cm}^2$  ve  $743,75 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.11. Siyah kayrak taşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numune Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Don Sonrası Kuvvet (kgf)	Don Sonrası Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,12	7,04	7,22	50,12	27558,60	549,80
2	7,08	7,06	7,11	49,98	43110,35	862,47
3	7,08	7,08	7,20	50,13	40893,00	815,80
4	7,10	7,03	7,40	49,91	39641,70	794,22
5	7,15	7,04	7,12	50,34	38517,25	765,20
Don Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )						757,50
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )						121,41

Çizelge 5.12. Sarı kayrak taşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

Numune No	Numune Ebatları (cm)			Numune Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Don Sonrası Kuvvet (kgf)	Don Sonrası Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )
	En	Boy	Yükseklik			
1	7,14	7,10	6,51	50,69	37793,02	745,51
2	7,10	7,03	6,57	49,91	37545,26	752,21
3	7,08	7,08	6,45	50,13	36992,57	737,99
4	7,02	7,00	6,58	49,14	36897,27	750,86
5	7,10	7,05	6,54	50,06	36649,51	732,18
Don Sonrası Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )						743,75
Standart Sapma (kgf/cm <sup>2</sup> )						8,55

Bölüm 5.2.3'e göre; kuru numuneler üzerinde uygulanmış tek eksenli basınç dayanımı değeri siyah renkli kayrak taşları için  $762,80 \text{ kgf/cm}^2$  ve sarı renkli kayrak taşları için ise  $749,70 \text{ kgf/cm}^2$  olarak bulunmuştur.

Don sonrasında yapılan, don sonu tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalaması ile tabii don deneyi uygulanmamış taşlar için bulunan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin aritmetik ortalamasından yararlanılarak, tabii don tesirleri sebebiyle meydana gelen azalma, eşitlik (5.9) yardımıyla hesaplanabilmektedir:

$$\Delta f = \frac{f_b - f_{db}}{f_b} \cdot 100 \quad (\%) \quad (5.9)$$

Burada;

$\Delta f$  = Tabii don tesirleri sebebiyle tek eksenli basınç dayanımında meydana gelen azalma (%)

$f_b$  = Tabii don deneyi uygulanmamış taşın tek eksenli basınç dayanımı değerleri aritmetik ortalaması ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$f_{db}$  = Taşın don sonu tek eksenli basınç dayanımı aritmetik ortalaması ( $\text{kgf/cm}^2$ )'dır.

Eşitlik (5.9)'dan, sırasıyla siyah kayrak taşlarının ve sarı kayrak taşlarının tabii don tesirleri sebebiyle tek eksenli basınç dayanımlarında meydana gelen azalmalar;

$$\Delta f = [(762,80 - 757,50) / 762,80] \times 100 = \% 0,695$$

$$\Delta f = [(749,70 - 743,75) / 749,70] \times 100 = \% 0,794 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Tabii don tesirlerine dayanıklılık ve don sonu tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçlarına bakılarak, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarında meydana gelen don kayıplarının ve tek eksenli basınç dayanımlarında meydana gelen azalmanın, çok düşük oranlarda olduğu görülmüştür.

### 5.2.5. Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi (Böhme metodu)

Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi, Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları standardı (TS 699, 1987) esas alınarak yürütülmüştür.

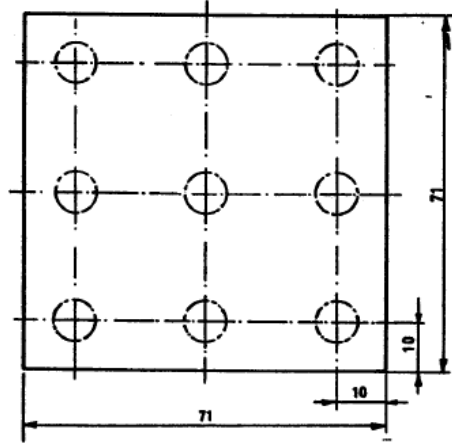
Bodrum bölgesinde üretilen kayrak taşlarının iki farklı renkte olması nedeniyle, sarı ve siyah renkli kayrak taşlarının her birinden 5'er adet numune üzerinde deney gerçekleştirilmiştir.

Böhme yüzey aşındırma deneyi için, kenar uzunlukları 71 mm ( $\pm 1,5$  mm), yüzey alanı 50 cm<sup>2</sup> ( $\pm 2$  cm<sup>2</sup>) olan küp biçiminde 5 adet deney numunesi, taş kesme testeresi ile ıslak kesilmek suretiyle hazırlanmıştır. Kayrak taşlarının oluşumlarının, bu ebatlarda deney numunesi bulunmasını zorlaştırması nedeniyle deneyde kullanılan numuneler bu ebatlara en yakın ölçülerde seçilmeye çalışılmıştır.

Deney numuneleri atmosfer koşullarında bekletilerek havada kuru hale getirilmiştir.

Aşınma kaybı, kalınlıktaki azalmanın ölçülmesi yolu ile tayin edilmiştir. Deneyin tabakalanma yüzeyine paralel olan yüzde yapılması gerektiğinden, her bir numunede, tabakalanmaya dik 9 ayrı noktadaki kalınlık ( $d_0$ ) 0,01 mm hassasiyetle Şekil 5.6'da ki gibi ölçülmüş ve bu numuneler üzerinde sürtünme ile aşınma kaybı deneyi uygulanmıştır.





Şekil 5.6. Aşınma kaybı deney numunesinin kalınlığının ölçüleceği yerler

Böhme yüzey aşındırma cihazı, döner bir aşındırma diski ile deney numunesinin yerleştirildiği tutucu çerçeve ve numuneyi dönen disk üzerine belli bir basınç ile bastıran donanımdan oluşur. Şekil 5.7’de Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarındaki Böhme yüzey aşındırma cihazı görülmektedir.



Şekil 5.7. Böhme yüzey aşındırma cihazı

Böhme yüzey aşındırma cihazı numune tutucu çerçevesine ilk deney numunesi yerleştirilmiştir. Aşındırıcı toz olarak, 100 ve 120 numaralı zımpara tozlarının %50 karışımı kullanılmıştır. Aşındırıcı disk üzerine 20 g ( $\pm 0,5$  g) zımpara tozu dökülmüştür. Deney numunesine, çelik manivela aracılığı ile 30 kgf'lik ( $\pm 0,3$  kgf) yük uygulanarak, deney numunesinin sürtünme şeridine 0.6 kgf/cm<sup>2</sup>'lik bir basınç ile bastırılması sağlandıktan sonra, cihaz çalıştırılıp disk harekete geçirilmiştir. Diskin dönme hareketi, sırasında sürtünme şeridi dışına çıkan zımpara tozları, uygun bir şekilde sürtünme şeridi üzerinde toplanmıştır. 22 devir sonunda, otomatik olarak duran disk üzerindeki zımpara tozları ve aşınma ile deney numunesinden ayrılan kısımlar, uygun bir fırça ile temizlenmiştir. Sürtünme şeridi üzerine yeniden 20 g ( $\pm 0,5$  g) zımpara tozu serpilmiş ve deney numunesi düşey eksenini etrafında 90° çevrilmiştir. Bu şekilde numune üzerinde 22'şer devirlik, 20 periyot tamamlanmış, yani toplam olarak 440 devir uygulanmıştır.

440 devir sonunda deney numunesi, uygun bir fırçayla temizlendikten sonra, numunenin kalınlığı, daha önce ölçüm yapılan 9 noktadan 0.01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak, deney numunesinin deneyden sonraki kalınlığı bulunmuştur ( $d_1$ ). Numunenin, kalınlık azalması cinsinden aşınma kaybı eşitlik (5.10) yardımıyla, hacim azalması cinsinden aşınma kaybı ise eşitlik (5.11) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\Delta d = d_0 - d_1 \text{ (cm/50 cm}^2\text{)} \quad (5.10)$$

$$\Delta V = (d_0 - d_1).50 \text{ (cm}^3\text{/50 cm}^2\text{)} \quad (5.11)$$

Burada;

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

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

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

$\Delta V$  = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>)'dir.

Çizelge 5.13'te siyah renk kayrak taşı aşınma kaybı deneyi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.13. Siyah renk kayrak taşı sürtünme ile aşınma kaybı deneyi sonuçları

1. Numune				2. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)	Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	67,00	62,10	4,90	1	68,60	64,30	4,30
2	66,50	62,10	4,40	2	68,50	64,30	4,20
3	66,00	62,80	3,20	3	68,30	64,20	4,10
4	67,00	62,30	4,70	4	68,40	64,40	4,00
5	66,00	62,20	3,80	5	68,80	64,70	4,10
6	66,80	62,80	4,00	6	68,20	64,50	3,70
7	66,30	62,30	4,00	7	68,10	64,80	3,30
8	67,00	62,80	4,20	8	68,20	64,60	3,60
9	66,20	62,60	3,60	9	68,10	64,80	3,30
<b>Ortalama</b>	66,53	62,44	4,09	<b>Ortalama</b>	68,36	64,51	3,84

3. Numune				4. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)	Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	66,00	62,00	4,00	1	66,00	62,00	4,00
2	66,00	61,80	4,20	2	65,90	62,00	3,90
3	66,80	61,80	5,00	3	65,50	62,10	3,40
4	64,80	61,40	3,40	4	66,50	62,20	4,30
5	65,70	61,30	4,40	5	67,00	62,20	4,80
6	66,10	61,00	5,10	6	65,80	62,50	3,30
7	64,10	61,10	3,00	7	66,60	62,30	4,30
8	64,60	60,80	3,80	8	66,70	62,50	4,20
9	65,10	60,60	4,50	9	66,00	62,80	3,20
<b>Ortalama</b>	65,47	61,31	4,16	<b>Ortalama</b>	66,22	62,29	3,93

5. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	66,90	63,10	3,80
2	67,20	63,30	3,90
3	67,40	63,40	4,00
4	67,00	63,30	3,70
5	67,40	63,30	4,10
6	67,50	63,20	4,30
7	67,20	63,10	4,10
8	67,40	63,10	4,30
9	67,40	63,10	4,30
<b>Ortalama</b>	67,27	63,21	4,06

1. Num. Ort. Aşınma Kaybı	4,09
2. Num. Ort. Aşınma Kaybı	3,84
3. Num. Ort. Aşınma Kaybı	4,16
4. Num. Ort. Aşınma Kaybı	3,93
5. Num. Ort. Aşınma Kaybı	4,06
Siyah Kayrak Taşının Ortalama Aşınma Kaybı (mm)	4,02
Standart Sapma (mm)	0,13

Çizelge 5.14'te sarı renk kayrak taşı aşınma kaybı deneyi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.14. Sarı renk kayrak taşı sürtünme ile aşınma kaybı deneyi sonuçları

1. Numune				2. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)	Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	67,30	62,00	5,30	1	67,20	64,20	3,00
2	67,20	62,00	5,20	2	67,30	64,60	2,70
3	67,10	62,10	5,00	3	67,30	65,00	2,30
4	67,70	62,10	5,60	4	68,00	64,30	3,70
5	67,60	62,20	5,40	5	68,00	64,80	3,20
6	66,60	62,10	4,50	6	67,70	65,10	2,60
7	67,20	62,10	5,10	7	68,20	64,90	3,30
8	66,70	62,10	4,60	8	68,30	65,20	3,10
9	65,80	62,10	3,70	9	68,10	65,50	2,60
<b>Ortalama</b>	67,02	62,09	4,93	<b>Ortalama</b>	67,79	64,84	2,94

3. Numune				4. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)	Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	67,80	64,00	3,80	1	69,30	65,80	3,50
2	67,20	63,90	3,30	2	68,30	65,80	2,50
3	66,90	63,80	3,10	3	68,60	65,70	2,90
4	68,00	64,70	3,30	4	69,00	66,00	3,00
5	68,00	64,60	3,40	5	68,90	66,00	2,90
6	67,10	64,30	2,80	6	67,90	65,90	2,00
7	68,00	65,20	2,80	7	68,90	66,10	2,80
8	67,30	65,00	2,30	8	68,80	66,00	2,80
9	66,30	65,00	1,30	9	68,00	66,00	2,00
<b>Ortalama</b>	67,40	64,50	2,90	<b>Ortalama</b>	68,63	65,92	2,71

5. Numune			
Nokta No	d <sub>0</sub> (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	Aşınma Kaybı (mm)
1	68,20	63,50	4,70
2	67,70	63,50	4,20
3	67,10	63,60	3,50
4	68,60	63,90	4,70
5	68,40	63,90	4,50
6	67,00	63,80	3,20
7	67,90	63,90	4,00
8	67,10	63,90	3,20
9	66,20	63,90	2,30
<b>Ortalama</b>	67,58	63,77	3,81

1. Num. Ort. Aşınma Kaybı	4,93
2. Num. Ort. Aşınma Kaybı	2,94
3. Num. Ort. Aşınma Kaybı	2,90
4. Num. Ort. Aşınma Kaybı	2,71
5. Num. Ort. Aşınma Kaybı	3,81
Sarı Kayrak Taşının Ortalama Aşınma Kaybı (mm)	3,46
Standart Sapma (mm)	0,93

Siyah renkli kayrak taşı numunelerinin, deney öncesi kalınlıklarının ortalaması 6,677 cm ve deney sonrası kalınlıklarının ortalaması ise, 6,275 cm olarak hesaplanmıştır. Sarı renkli kayrak taşı numunelerinin, deney öncesi kalınlıklarının ortalaması 6,768 cm ve deney sonrası kalınlıklarının ortalaması ise, 6,422 cm olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama değerlerden yararlanılarak, eşitlik (5.10)'a göre sırasıyla, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarının kalınlık azalması cinsinden aşınma kaybı hesaplandığında;

$$\Delta d = (6,677 - 6,275) = 0,402 \text{ (cm/50cm}^2\text{)}$$

$$\Delta d = (6,768 - 6,422) = 0,346 \text{ (cm/50cm}^2\text{) olarak bulunmuştur.}$$

Hesaplanan ortalama değerlerden yararlanılarak, eşitlik (5.11)'e göre sırasıyla, siyah ve sarı renkli kayrak taşlarının hacim azalması cinsinden aşınma kaybı hesaplandığında;

$$\Delta V = (6,677 - 6,275).50 = 20,1 \text{ (cm}^3\text{/50 cm}^2\text{)}$$

$$\Delta V = (6,768 - 6,422).50 = 17,3 \text{ (cm}^3\text{/50 cm}^2\text{) olarak bulunmuştur.}$$

Bodrum bölgesinde üretilen iki ayrı renk kayrak taşından, siyah renk kayrak taşlarının, sarı renk kayrak taşlarına nazaran, aşınma kayıplarının az bir farkla fazla olduğu deney neticesinde görülmüştür. Sarı renkli kayrak taşlarının yapı itibarıyla siyah renkli kayrak taşlarına göre, daha ince kristalli ve daha homojen yapılı olmasının bunda etken olduğu düşünülmüştür.

### 5.3. Yüzey Renginin Dış Ortamda Korunabilirliği

Kayrak taşlarının oluşum koşullarından ve üretim şekillerinden çalışmanın önceki bölümlerinde bahsedilmiştir. Kayrak taşlarının üretilip, pazarlanmasından sonra nihai kullanıcıların uzun süreli memnuniyetinin varlığı ve renk kayıpları bu bölümde araştırılmıştır.

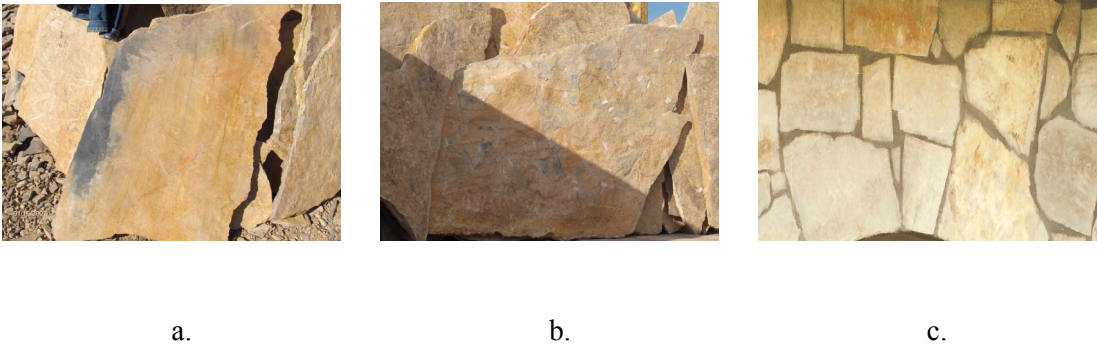
Kayrak taşları, oluşumları esnasında, oluşum koşulları ve çevresel etkenler nedeniyle belli renk ve desenler almaktadır. Bu renk ve desenlerin korunması taşın ticari niteliğini kaybetmemesi için çok önemlidir. Kayrak taşlarının yüzey renkleri taşın ticari değer kazanmasındaki en önemli etkenlerden biridir. Rengin tamamen doğal ve göze hoş gelen bir şekilde görünmesi önemlidir.

Kayrak taşlarının renklerinin korunması amacıyla bazı basit çözümler düşünülse de bu yöntemler çok başarılı olmamıştır. Bu yöntemlerden biri ürünün yüzeyinin vernikle kaplanmasıdır. Ancak bu yöntem uygulanan taşların zaman içinde içyapısının bozulduğu ve doğal görünümünü kaybettiği görülmüştür. Vernikle kaplanan taşların başlangıçta çok parlak görünmesi de ayrı bir dezavantajdır. Renk ve bazı kayrak taşlarında bulunan desenlerin korunması için, mermerler için kullanılan bazı koruyucu malzemeler kullanılabilir. Kayrak taşlarının dış yüzeylerinin cilalanmış mermerler gibi net görünmesi taşın pazarlanabilirliği açısından çok önemlidir.

Bodrum ilçesinde üretilen kayrak taşlarının yüzey renklerinde zamana bağlı meydana gelen değişimler bu tez çalışması kapsamında araştırılmış ve gözlemlenmiştir.

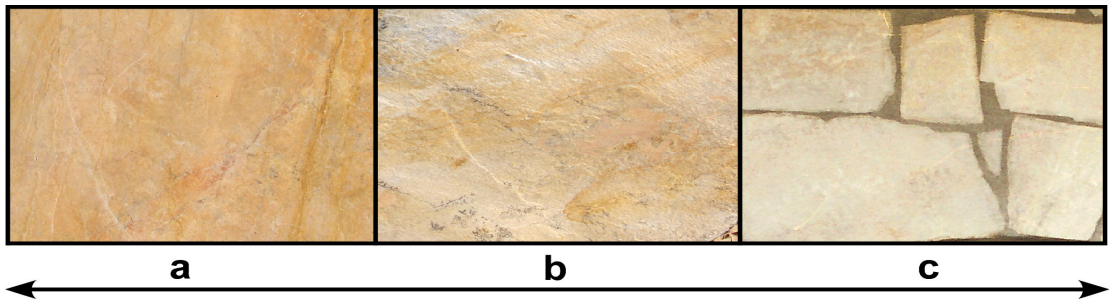
Bodrum kayrak taşlarında üretimin hemen sonrasında mevcut olan renk, taş yüzeyindeki nemden dolayı cilalanmış mermerdeki gibi çok net ve parlaktır. Üretim sonrasında stok alanında bekletilirken ya da satışı yapıldıktan sonra nakledilirken taşın yüzeyindeki nemin gitmesinden dolayı renk biraz matlaşmaktadır. Bu renk, taşın normal koşullarda, yani ıslanmamış, verniklenmemiş veya başka herhangi bir işlem

yapılmamış haliyle sahip olduğu renktir. Renk zamanla uygulandığı yerin ısısına, güneşle ve ya yağışla temasına göre belli ölçüde matlaşmaktadır. Kayrak taşlarının yüzey renklerinde tam olarak bir renk kaybı olmamakla birlikte yalnızca taşın nemliliğini yitirmesinden dolayı matlaşma olmaktadır. Şekil 5.8’de ocaktan yeni çıkan, stok sahasında bekleyen ve uygulama yapıldıktan sonra fotoğrafları çekilmiş kayrak taşları görülmektedir.



Şekil 5.8. Belli aşamalardaki kayrak taşları a. Yeni üretilmiş b. Stok sahasında bekleyen c. Duvar kaplaması olarak kullanılmış

Bodrum kayrak taşlarındaki renk farklılıklarının daha belirgin olarak görülebilmesi için Şekil 5.9’da kayrak taşlarına ait bir renk skalası verilmiştir.



Şekil 5.9. Belli aşamalardaki kayrak taşları için renk skalası a. Yeni üretilmiş b. Stok sahasında bekleyen c. Duvar kaplaması olarak kullanılmış

Dış ortamda kullanılmış bir kayrak taşının üzerine su değmesi ya da yağmurda ıslanması sonrasında kayrak taşları daha parlak hale gelmektedir. Başka bir deyişle üretiminin ardından uzun yıllar geçmiş kayrak taşlarının üzerine su değdiği zaman ilk üretildiği esnadaki rengine geri kavuşmaktadır. Bu da kayrak taşlarındaki renk kaybının belli bir oranda olduğunu, zamana bağlı olarak sürekli artış göstermediğini ve de taşın yüzeyindeki ıslaklığa bağlı olduğunu göstermektedir.

Kayrak taşlarında zamanla renk kaybı olsa da taşın yüzeyindeki fosillerin ve desenlerin görüntüsünde hemen hemen hiçbir değişiklik olmamaktadır. Kayrak taşlarının yüzeylerinin korunmasında, piyasada bulunan solvent içermeyen, su bazlı, yanıcı ve toksik olmayan, su geçirmeye karşı çok dirençli ancak taşın nefes almasını engellemeyen yüzey koruyucu kimyasallar kullanılabilir. Bu kimyasalların uygulaması öncesi yüzey temiz ve kuru olmalıdır. Uygulama şekli ise şöyledir, yüzeye iyice yayılır ve 5 dakika bekledikten sonra yüzey temiz bir bezle ovalanır. Daha sonra iyice kuruması beklenir. Tamamen kurumadan yüzey kullanılmamalıdır. Tam kuruma sağlandıktan sonra leke tutmaz yüzey kullanıma hazırdır.

Bu kimyasalların yanı sıra sıvı, sprey ve silikonlu cilalarda kayrak taşlarının parlak görünmesi ve yüzeylerinin korunması için kullanılmaktadır. Ancak, kayrak taşlarının tüketici tarafından tercih edilmesinde mat görünüm önemli rol oynamaktadır. Döşendiği yerde eskitilmiş yüzey havası vermektedir. Benzer durum traverten için de söz konusudur. Travertenlerin parlatılmadan kullanımını daha yaygındır.



## 6. SONUÇLAR

Kayrak taşları, 1800'lü yılların başlarından itibaren yapı malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Gerek çatı kaplama malzemesi, gerek duvar kaplaması, gerekse yer döşemesi olarak kullanımı çok yaygınlaşmıştır. Sağlamlığı, ısı ve ses yalıtımını iyi yapması, geçirimsiz olması, doğal ve göze güzel görünmesi gibi sebeplerden dolayı insanlar kayrak taşlarını istedikleri her türlü mekanda kullanmaktadırlar.

Kayrak taşlarının üretiminin uzun sürmesi ve üretim verimliliğinin az olmasına rağmen, satış gelirlerinin düşük olması nedeniyle, ülkemizde kayrak taşı üretimi yapan firmalar maddi açıdan zorluklar çekmektedir. Bu durumu az da olsa değiştirebilmek için, üretim verimliliğini ve satış gelirlerini arttırıcı çalışmalar yapılmalıdır. Ham ve ebatlanmış halde pazarlanan ürünlerin çeşitliliğinin arttırılması, kayrak taşı satışlarında artış sağlayabilecektir. Kayrak taşlarının kullanımı esnasında ömrünün artması ve doğal görünümünü kaybetmemesi için, yüzeyine uygulanacak kimyasal maddeler konusunda araştırmaların yapılması, sektöre büyük katkıda bulunacaktır. Türkiye'de birçok bölgede kayrak taşı oluşumuna rastlanmaktadır ve bu oluşumların çoğu kayrak taşı üretimi yapılabilecek durumdadır. Bu bölgelerde de üretim yapılması, ülke ekonomisine katkıda bulunacağı gibi, istihdam olanağı da sağlayacaktır.

Kayrak taşlarının dilinim özelliği, diğer doğal yapı taşlarına göre farklı bir üretim tekniğinin kullanılmasını getirmektedir. Tez çalışmaları içerisinde, kayrak taşlarının üretim aşamaları ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

İnce kesit üzerinden yapılan, mineralojik petrografik analiz sonucunda, kayaç Biyomikrit (fosilli kireçtaşı) olarak tanımlanmıştır. XRD çekiminde sonuç Kalsit olarak belirtilmiştir. XRF analizi sonucunda, kayrak taşının bileşiminde %50,45 oranında Kalsit olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında, Bodrum kayrak taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemeye yönelik çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bölgede iki farklı dilinim yüzeyi rengi gösteren siyah ve sarı renkli kayrak taşları için deneyler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deneysel Metotları standardı (TS 699, 1987) esas alınarak yürütülmüştür. Bununla; kayrak taşlarının sahip olduğu özelliklerin diğer doğal yapı taşlarıyla karşılaştırılabilmesi amaçlanmıştır. Çizelge 6.1’de doğal yapı taşlarıyla ilgili çeşitli Türk standartlarına göre doğal yapı taşlarının taşınması gereken fiziksel ve mekanik özellikler ile birlikte, Bodrum kayrak taşları üzerinde gerçekleştirilmiş deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 6.1. Bodrum kayrak taşlarının doğal yapı taşlarıyla ilgili standartlara uygunluğu

ÖZELLİKLER	STANDARTLAR				Deney Sonuçları	
	TS 2513	TS 6234	TS 10449	TS 11143/T1	Siyah	Sarı
Birim Hacim Kütlesi (g/cm <sup>3</sup> )		≥2,56	≥2,55	≥2,30	2,64	2,60
Özgül Ağırlık	≥2,55	≥2,56				
Kütlece Su Emme (%)	≤1,80	≤0,75	≤0,40	≤3,00	0,067	0,512
Porozite (%)		<0,5			0,11	0,84
Tek Eks. Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> ) - Duvar Kaplamasında - Yer Döşemesinde	≥500	≥1200	≥300 ≥500	≥300 ≥480	759,7 (SD)	744,0 (SD)
Don Sonu Basınç Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )			≥300		757,5	743,8
Kütlece Don Kaybı (%)	≤5	≤5	≤1	≤5	0,004	0,009
Aşınma Kaybı (cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> ) - Duvar Kaplamasında - Yer Döşemesinde	≤15	≤15 ≤10	≤25 ≤15	≤20 ≤15	20,1	17,3

\* TS 2513, 1977, Doğal yapı taşları standardı

\* TS 6234, 1988, Granit-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan

\* TS 10449, 1992, Mermer-kalsiyum karbonat esaslı-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan

\* TS 11143/T1, 2004, Traverten-yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan

\* SD: Suya doymuş

Kayrak taşlarının doğal yapı taşları standartlarına uygunluk çizelgesinde, yürürlükten kaldırılmış olmasına rağmen doğal yapı taşları standardına (TS 2513, 1977) da yer verilmiştir. Bundan amaç, standartta çeşitli doğal yapı taşları için verilmiş olan sınır değerlerle Bodrum kayrak taşlarının özelliklerinin karşılaştırılabilmesi içindir.

Aynı çizelgeden Bodrum kayrak taşlarının birim hacim kütlesi değerlerinin standartlara uygun olduğu görülmektedir. Çizelgeden, siyah renkli kayrak taşlarının diğer fiziksel ve mekanik özelliklerine bakıldığında; kütlece su emme oranı, porozite, don sonu basınç dayanımı ve kütlece don kaybının standartlara uygun olduğu görülmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı granit için istenilen sınırı aşmıyor olmasına rağmen yüksek bir değer taşımaktadır. Bu durumda, sadece aşınma kaybı yönünden siyah kayrak taşlarının yer döşemesi için verilen sınır değerleri aştığı görülmektedir. Bu ise, siyah kayrak taşlarının zemin kaplamasında kullanımının uygun olmadığını göstermektedir. Ayrıca, siyah kayrak taşlarının sahip olduğu fiziksel ve mekanik özelliklerin sarı kayrak taşlarına göre daha iyi olduğu görülmektedir.

Kayrak taşlarının yaygın bir şekilde dış mekan kaplamasında kullanıldığı düşünüldüğünde, atmosfer koşullarına dayanıklılığı önemli olmaktadır. Atmosfer koşulları denildiği zaman ilk olarak doğal yapı taşlarının yağış ve dona karşı dayanımı akla gelmektedir. Kayrak taşlarının sahip olduğu dilinim yüzeylerinin sudan etkilenebileceği düşünülerek tek eksenli basınç deneyi kuru ve suya doymun numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş, ancak dayanım değerlerinde ciddi bir değişim olmamıştır. Bu ise, Bodrum kayrak taşlarının yağış alan bölgelerde kullanılabileceğini göstermiş olmaktadır. Gerçekleştirilen dona dayanım deney sonuçları da, Bodrum kayrak taşlarının kışları sert geçen yerleşim yerlerinde dış yapı kaplamasında kullanılabileceğini göstermektedir.

Tez çalışması kapsamında Bodrum kayrak taşlarının zamana bağlı yüzey rengindeki değişim gözlemlenmiş, doğal renklerini büyük ölçüde koruduğu görülmüştür.

**KAYNAKLAR DİZİNİ**

Altınlı, İ.E., 1968 a. , Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun jeolojisi, MTA Dergisi, C. 66, 9-21.

Altınlı, İ.E., 1968 b. , İzmit-Hereke-Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi, MTA Dergisi, C. 71, 7-21.

Anon(a), <http://www.slate-stone.com/chemical-properties.html>

Anon(b), <http://www.penmorfa.com/Slate/#intro.html>

Anon(c), <http://www.slate-stone.com/physical-properties.html>

Anon(d), <http://www.slate-stone.com/slate-stone-properties.html>

Anon(e), [http://www.americanslate.com/whySlate\\_fs.html](http://www.americanslate.com/whySlate_fs.html)

Anon(f), <http://www.kimyasanal.net/konugoster.php?yazi=sh0fgwbc3s>

Anon(g), <http://www.kimyasanal.net/konugoster.php?yazi=gy6lean5ax>

Anon(h), <http://www.teknis.com.tr/xrd.html>

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Anon(i), [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/kategori\\_id=4&SORU\\_ID=3744](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/kategori_id=4&SORU_ID=3744)

Apaydın, A., 1997, Kireçtaşı akiferlerinde yağıştan süzülmenin hesabı üzerine bir araştırma: Triyas kireçtaşları, Çorum, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 40, Sayı 2, 49.

Bozkaya, Ö. ve Yalçın, H., 1997, Kangal-Alacahan yöresi (Sivas) Üst Paleozoyik yaşlı meta-sedimanter kayalarda gömülme ve bindirme ile ilişkili çok düşük dereceli metamorfizma, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 40, Sayı 2, 4-12.

Bozkaya, Ö., Yalçın, H. ve Kozlu, H., 2006, Güneydoğu Anadolu otoktonu (Diyarbakır ve Amanoslar Bölgesi) Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı kayalarının Diyajenez-Metamorfizmasına ilişkin yeni mineralojik bulgular, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 1.

Boztuğ, D., 1992, Daday-Devrekani masifi güneybatı kesiminin litostratigrafi birimleri ve tektoniği, MTA Dergisi, C. 114, 5-12.

Demirkol, C., 1988, Türkoğlu (K. Maraş) batısında yer alan Amanos Dağlarının stratigrafisi, yapısal özellikleri ve jeotektonik evrimi, MTA Dergisi, C. 108, 4-18.

Engin, T., 1971, Andızlık-Zımparalık sahası (Fethiye, Güneybatı Anadolu) ultramafik kayalarının petrolojisi ve bölgenin genel jeolojik konumu, MTA bildirisi, 2.

Ercan, T., Günay, E. ve Türkecan, A., 1982, Bodrum yarımadasının jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu 36. Bilimsel ve Teknik Kurultayı bildirisi, 1-14.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Eren, Y., 2006, Metamorfik kayalar ve saha özellikleri, Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Saha Jeolojisi Ders Notları, 43-44.

Erguvanlı, K., 1983, Mühendislere Jeoloji, İTÜ Maden Fakültesi Baskısı, 191 s.

Kafadar, İ., Birgili, Ş. ve Onbaşı, A., 1996, Turin Turizm İnşaat San. ve Tic. A.Ş. Pınar Dağı Kabaca Tepe kayrak sahası çevresel etki değerlendirme raporu, 72 s.

Kaya, O., Sadeddin, W., Altın, D., Meriç, E., Tansel, İ. ve Vural, A., 1995, Tavşanlı (Kütahya) güneyindeki ankimetamorfik kayaların stratigrafisi ve yapısal konumu: İzmir-Ankara zonu ile bağlantısı, MTA Dergisi, C. 117, 1-10.

Kulaksız, S., 2005, Doğal taş maden işletmeciliği ve işleme teknolojileri, Maden Mühendisleri Odası Yayınları Ankara, 624 s.

Kuşçu, M., 1990, Belence (Eğridir-Isparta) siyah mermer yataklarının ekonomik jeolojisi, Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Dergisi, S. 36, 12.

Özgenç, İ., 1993, Kızılcaören (Sivrihisar-Eskişehir) karbotermal bastneazit-fluorit-barit yatağının jeolojisi ve nadir toprak element jeokimyası, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yayınları, 1-3.

Özgül, N., 1997, Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Toroslar'ın kuzey kesimi) dolayında yer alan tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi, MTA Dergisi C.119, 125-166.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Saner, S., 1980, Batı Pontidler'in ve komşu havzaların oluşumlarının levha tektoniği kuramıyla açıklanması, Türkiye Jeoloji Kurumu 34. Bilimsel ve Teknik Kurultayı bildirisi, 10.

Türk Standardları Enstitüsü, 1977, Doğal Yapı Taşları TS 2513, Türk Standardları Enstitüsü, 6 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 1987, Tabii Yapı Taşları - Muayene ve Deney Metotları TS 699, Türk Standardları Enstitüsü, 81 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 1988, Granit – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan TS 6234, Türk Standardları Enstitüsü, 6 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 1992, Mermer – Kalsiyum Karbonat Esaslı – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan TS 10449, Türk Standardları Enstitüsü, 8 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 2001, Kayraktaşı ve Diğer Taş Mamuller – Sürekli Olmayan Çatı Örtüsü ve Kaplama İçin – Bölüm 2: Deney Metotları TS EN 12326-2, Türk Standardları Enstitüsü, 50 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 2004, Traverten – Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan Tadil 1 TS 11143/T1, Türk Standardları Enstitüsü, 9 s.

Türk Standardları Enstitüsü, 2006, Kayraktaşı ve Diğer Taş Mamuller – Sürekli Olmayan Çatı Örtüsü ve Kaplama İçin – Bölüm 1: Mamul Özellikleri TS EN 12326-1, Türk Standardları Enstitüsü, 28 s.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)**

Yalçın, N., 1980, Amanosların litolojik karakterleri ve Güneydoğu Anadolu'nun tektonik evrimindeki anlamı, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 23, 3-5.

Yapı Yayın, 2005, Stone 2005 Doğal taş ve endüstrisi kataloğu, Yapı Endüstrisi Merkezi Yayın Bölümü, 108.

Yavuz, A.B., Türk N. ve Koca M.Y., 2001, Muğla yöresi mermerlerinin mineralojik, kimyasal fiziksel ve mekanik özellikleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yayınları, 5 s.

Yılmaz, O. ve Boztuğ, O., 1995, Daday-Devrekani masifi metamorfizması ve jeolojik evrimi, Kastamonu bölgesi, Batı Pontidler, Türkiye, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 38, 20 s.