

## Muğla Yöresi Mermerlerinin. Mineralojik, Kimyasal Fiziksel ve Mekanik özellikleri

*The Mineralogical, Chemical, Physical And Mechanical Properties Of Muğla Region Marbles*

A. Bahadır YAVUZ\*, Necdet TÜRK\*\* ve M.Y. KOCA\*\*

\*D\*E,, Ü., Torbalı Meslek **Yüksekokulu**, Torbalı, İzmir..

:<sup>ME</sup>D,E.Ö., **Jeoloji Mühendisliği Bölümü**, Bornova, İzmir.

### • O Z

Muğla, yöresinde dola, renk ve desen açısından, farklılıklar sunan dört ayrı stratigrafik seviyede mermer üretimi yapılmaktadır. Bu mermer seviyeleri; alttan üste doğru Permokarbonifer yaşlı fiil itler içerisinde bant ve mercerler şeklinde yer alan siyah, mermerler, Triyas yaşlı şistler içerisinde mercerler şeklinde bulunan değişik ton ve desenlere sahip beyaz mermerler,, Üst Kretase yaşlı zımparalı beyaz-grimsi beyaz mermerler ve Paleosen yaşlı renkli Ege Bordo Mermeri Mir. Muğla yöresinde farklı stratigrafik seviyelerde açılmış olan mermer ocaklarından alınan mermer numunelerinin mineralojik, kimyasal fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerin birbirleri arasındaki ilişkileri araştırılmıştır.

Muğla yöresi mermerleri, genelde düşük poroziteli, yüksek birim hacim ağırlığına sahip ve yüksek dirençli kayaçlar olup mineral boyutları 22-769 (u arasında değişmektedir., Mermerlerin, mineral boyutlarının büyümesine bağlı olarak, tek eksenli basma, nokta yükleme, eğilme ve Böhme yüzeysel aşınma dirençleri ile Schmidt darbe dayanımı ve kuru. birim, hacim, ağırlıklarının azaldığı, kuru birim, hacim ağırlığının artmasına bağlı olarak, ise tek eksenli basma, nokta yükleme, eğilme ve Schmidt darbe dayanımlarının arttığı belirlenmiştir. Muğla yöresi mermerlerinin tek eksenli basınç dirençleri (a.) ile nokta yükleme

dirençleri (Is,5o) aralarındaki K katsayısının 15 ila 26 arasında değiştiği ve aralarındaki ilişkinin  $a_c = 14.24 \text{ İsse} + 32$  eşitliği ile tanımlandığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mermer, Muğla, Kalsit ve Dolomit,,

### SUMMARY

*Block marble productions are made at four different stratigraphic level having different texture, colour and pattern in the Muğla region.. These marble levels from bottom to\* top are **Permocarboniferous** aged- banded and lens shaped white marbles interbedded with the same' aged phyllites, Trias aged white marbles found as lenses within schists with different hue and paitem. Upper Cretaceous aged **emery** bearing white - greyish while marbles and. Paleocene aged red coloured Aegean **Bordeaux** Marble. In this paper the mineralogical,chemical, physical and mechanical properties of the marble samples obtained from **the** working quarries opened at different stratigraphic levels were determined and the inie dations of these roperties were investigated.*

The Muğla region marbles, generally have low porosity, high unit weight and are highly strong rocks having mineral sizes vary between 22 $\beta$  and 769 ft. As the mineral sizes increase, the uniaxial compressive strength, point load strength index, flexural strength and Böhme surface attrition values, Schmidt Hammer values and dry unit weight are found to decrease and as the dry unit weight increases the uniaxial compressive strength, point load strength index, flexural

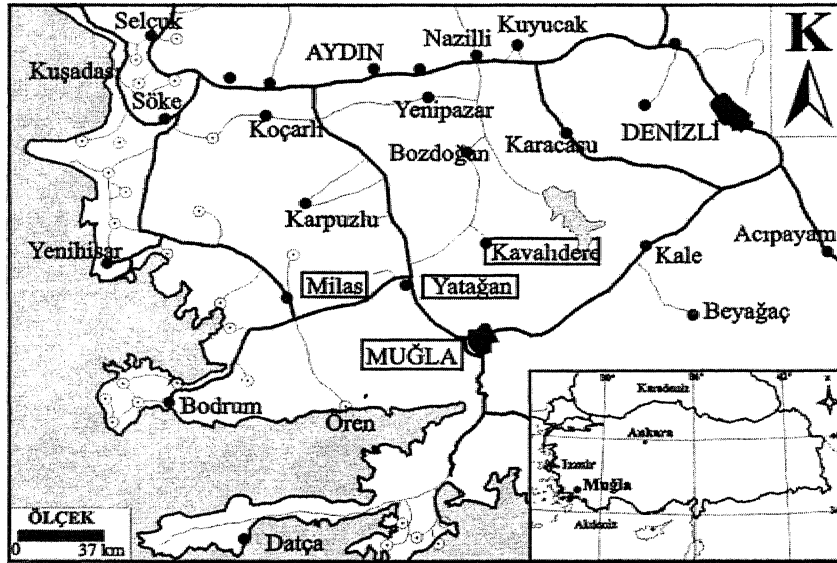
strength, Böhme surface attrition value, Shore hardness index and Schmidt hammer values are found to increase. The ratio between the uniaxial compressive strength (GC) and the point load strength index (Isc50) of the Muğla marbles is found to vary between 15 and 26 and the mean relation is found to be represented by  $dc = 14,24 \text{Isc} + 32$ .

**Key Words:** Muğla Marble, Dolomite» Calcite

## GİRİŞ

Muğla İli yöresi, 1980'li yıllarda, ülkemiz mermer sektöründeki gelişmeye bağlı olarak önemli bir mermer üretim ve işleme merkezi

haline gelmiştir. Yörede, blok mermer üretimi Muğla İli'ne bağlı Yatağan, Milas ve Kavaklıdere ilçeleri ve yakın çevrelerinde yapılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası..

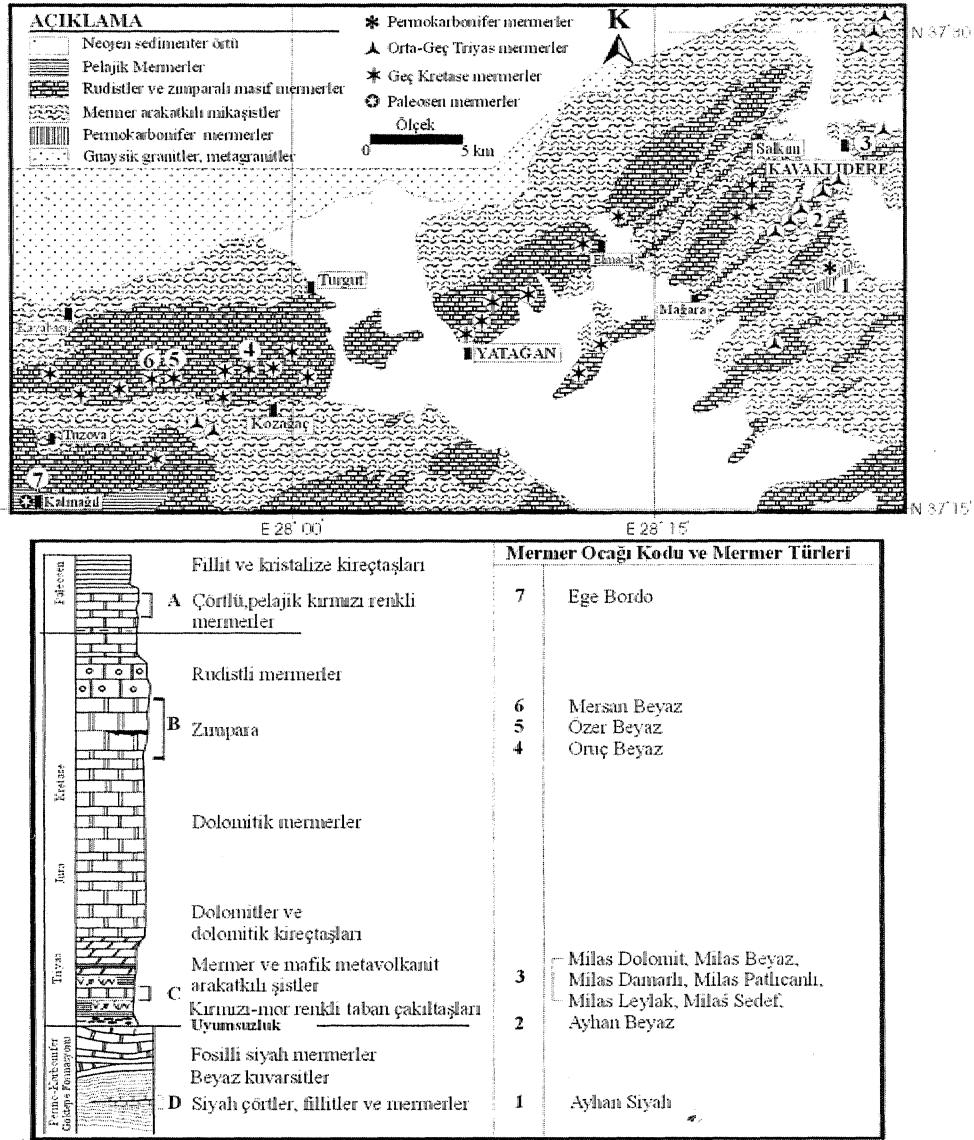
Figure I. The location map of the study area..

Muğla yöresi mermerlerinin, buldukları stratigrafik seviyeye, bağlı olarak, doku, renk ve desenleri farklılıklar sunmaktadır. Bu yörede, dört ayrı stratigrafik mermer seviyesi yer almaktadır (Şekil 2). Bu mermer seviyeleri alttan üste doğru Permokarbonifer yaşlı fosilli siyah mermerler ile

aynı yaşlı fiilitler içerisinde bant ve mercerler şeklinde yer alan siyah mermerler, Triyas yaşlı şistler içerisinde mercer şeklinde yer alan ve değişik ton ve desenlere sahip beyaz, mermerler, Üst Kretase yaşlı zımparalı beyaz-grimsi beyaz mermerler ve Paleosen yaşlı kırmızı renkli pelajik

mermerlerdir., **Muğla** yöresi mermer **ocaklarında**, yatay ve düşey yönlerde farklı renk. ve desenli mermerler **yer almakta** ve bu **nedenle** aynı mermer ocağından, mermer **sektöründe** farklı isimlerle tanımlanmış değişik **mermer** türleri üretilmektedir (Şekil 2).. Bu çalışmada, Muğla ili sınırları

içerisinde, blok mermer üretimi yapılan ve değişik stratigrafik seviyelerde açılmış olan 'mermer ocaklarından alınan mermer numunelerinin mineralojik, **kimyasal**, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş, be. özelliklerin birbirleriyle olan ilişkileri araştırılmıştır.

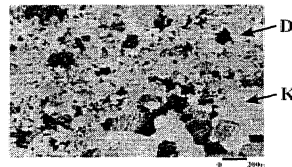


Şekil 2. Çalışma alanına ait genel jeoloji haritası ve stratigrafik kolon kesiti (Kun ve diğ., 1999'dan değiştirilerek).

Figure 2. The geological map and stratigraphic coloumner-section of the study area partially changed from (Kun ve diğ., 1999).

## JEOLOJİ

Muğla, yöresi mermer ocakları Menderes Masifi'nin güney kanadında yer almakta olup, bu yörede mermer yalıkları Menderes Masifi'nin örtü serileri olarak adlandırılan birimler içerisinde yer almaktadır (Kun ve diğ., 1999). Muğla yöresinde örtü serisinin en altında siyah mermer mercikleri ve çörtler içeren fillitlerle başlayan ve beyaz kuvarsitler ve fosilli siyah mermerlerle devam eden Permokarbonifer yaşlı Göktepe Formasyonu yer almaktadır (Kun ve diğ., 1999) (Şekil 2). Göktepe Formasyonunun üzerine uyumsuz olarak, kırmızı-mor taban çakıltaşlarıyla başlayan ve Orta-Üst Triyas'tan Paleosen'e kadar olan zaman aralığında çökelmiş ve sürekli olan kaim bir karbonat platformu yer alır. Karbonat istifinin alt seviyelerinde, değişik boyutlarda mermer mercikleri ile mafik metavolkanit mercikleri içeren Geç Ladinien-Karnien yaşlı şistler yer almaktadır. Şistler üzerine uyumlu olarak Triyas yaşlı dolomit ve dolomitik kireçtaşları ile Jura yaşlı kaim bir dolomiti k mermer seviyesi yer alır (Şekil 2). Bu birimin üzerinde, Geç Kretase yaşlı, zımpara içerikli mermerler yer almaktadır. Yörede Geç Kretase yaşlı platform karbonatları üzerinde, Paleosen yaşlı çörtlü kırmızı renkli pelajik kireçtaşları bulunur. Brinkman (1.967) tarafından Kızılağaç Formasyonu olarak adlandırılan birim, Geç Kretase yaşlı karbonat kayaları üzerinde uyumlu bir dokanak boyunca yer almaktadır (Kon ve diğ., 1999) (Şekil 2).



D: Dolomit K: Kalsit

Şekil 3. (a) Milas Beyaz (b) Milas Patlıcanlı mermerlerinin polarizan mikroskop altındaki görüntüleri (Yavuz., 2001).

Figure 3. The view of Milas White And Milas Dark Lilac marbles under the polarized microscope (Yavuz., 2001).

## MİNERALOJİK ÖZELLİKLER

Muğla yöresi mermerlerinin mineralojik incelemeleri, mermer ocaklarında renk ve desen açısından farklılıklar sunan değişik bölümlerden alınan, taze-aynışmamış kaya numuneleri üzerinde yapılmıştır. Araştırma için alınan mermer örnekleri üzerinde, ocaklarda göz lene n yönlenmeye dik ve paralel konumlarda olmak üzere ikişer adet ince kesit yaptırılmış ve hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskopta incelenmiştir. Mermerlerin mineral yüzdeleri polarizan mikroskoba monte edilen nokta sayıcı aleti ile belirlenmiştir (Çizelge!). Kalsit mineralinden oluşan mermerlerde granoblastik doku gözlenmektedir (Şekil 3a). MgO oranı yüksek, dolomitik mermerlerde ise heteroblastik doku gözlenmektedir (Şekil 3b). Dolomitik mermerlerde iri kalsit minerallerinin ( $378 \mu \pm 132$ ) yanısıra, ince dolomit mineralleri de ( $60 \mu \pm 23.9$ ) doku içerisinde yer almaktadır (Çizelge 1). İnce kesitlerde dolomit ile kalsit mineralleri gümüş kromat yöntemi ile boyanarak ayımlanmışlar ve yüzdelik oranları belirlenmiştir (Çizelge 1) (Lemberg., 1892).

Granoblastik doku gözlenen Oruç Beyaz, Özer Beyaz ve Mersan Beyaz gibi, üst Kretase yaşlı zımparalı mermerlerin mineral boyutları, diğer seviyelerde üretilen mermer türlerine oranla daha iri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Muğla Yöresi Mermerlerinin Mineralojik Bileşimi ve Mineral Boyutları (Yavuz., 2001 ).  
Table 1. The Mineralogical Compositioe. and Mineral Sizes of the Muğla Marbles (Yavuz., 2001 ).

Mermer Türü ; Mermer ; Mineral. Boyutu	Mimerai Bileşimi
I Ocağı Kod« (j) N=100 (Şekil 2)	(%D)
Ayhan Siyah ! 1 ! 156 ± 68.	Kalsit (% 92), Dolomit (% 8) Muskovit j
Milas Dolomit 2 22 ± 1,6	Dolomit (% 92), Kalsit (%8)
Milas Beyaz • 2 437 + 162,	Kalsit (% 100)
Milas Damarlı ; 2 470 ± 150	Kalsit (% 99), Muskovit+Opak (% 1 )
Milas Sedef   2 378 ± 132	Kalsit (% 66)
Milas Patlıcanlı : 2 49.2 ± 19.47	Dolomit ( % 34)
Milas Patlıcanlı İ 2 285.38 ± 91.7	Kalsit (% 76)
Milas Leylak ! 2   367.45 ± 105.6	Dolomit (% 24)
Ayhan Beyaz   3 769 ± 1291	(Yönlenme gözleniyor)
Oruç Beyaz : 4 768 ± 303	Kalsit (% 78)
Özer Beyaz ; 5 600 ± 216	Dolomit (% 22)
Mersan Beyaz j 6 625 ± 236	Kalsit (% 100)
Ege Bordo ; 7 j 319 ± 114	Kalsit (% 100)
	Kalsit (% 100)
	(Yönlenme gözleniyor)
	Kalsit (% 88), Kuvars (% 4),
	Amfibol (% 2-3), Muskovit j
	(% 2-3), Epidot (% 1 -2), Opak ( % 1 ) !

N= Ölçüm sayısı

1:Ayhan Siyah, 2:Ege Maden, 3: Ayhan Beyaz, 4: Oruçoğlu, 5: özer ,6: Mersan ,7: Ege Bordo

### KİMYASAL BİLEŞİM

Muğla yöresinde değişik stratigrafik konumlardaki mermer seviyeleri içerisinde açılmış ve halen işletilmekte olan mermer ocaklarının farklı seviyelerinden alınan taze mermer örneklerinin., atomik absorpsiyon cihazı kullanılarak kimyasal analizleri yapılmış ve deneylerin sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Ayrıca, bu kimyasal analizlerde yüksek oranda MgO içerdiği belirlenen dört numunenin XRD'si çekilmiş ve bu mermerlerde dolomit ile kalsit

minerallerinin varlığı kamtlanmıştır (Şekil 1 4).. Muğla yöresi, mermerlerle kimyasal analiz sonuçları onların jeolojik yaşlarına bağlı olarak kimyasal içeriklerinde belirgin bir farklılığı olmadığını göstermektedir (Çizelge 2), Kimyasal analizler dolomitik mermerlerde MgO oranının. % 2.5-17 arasında değiştiğini ve mermerlerin MgO ve CaO oranlarının toplamının % 53.5 ± 2.5 olduğunu ve kızdırma kayıplarının % 38\*24 ile % 45,05 arasında değiştiği gözlenmiştir.,

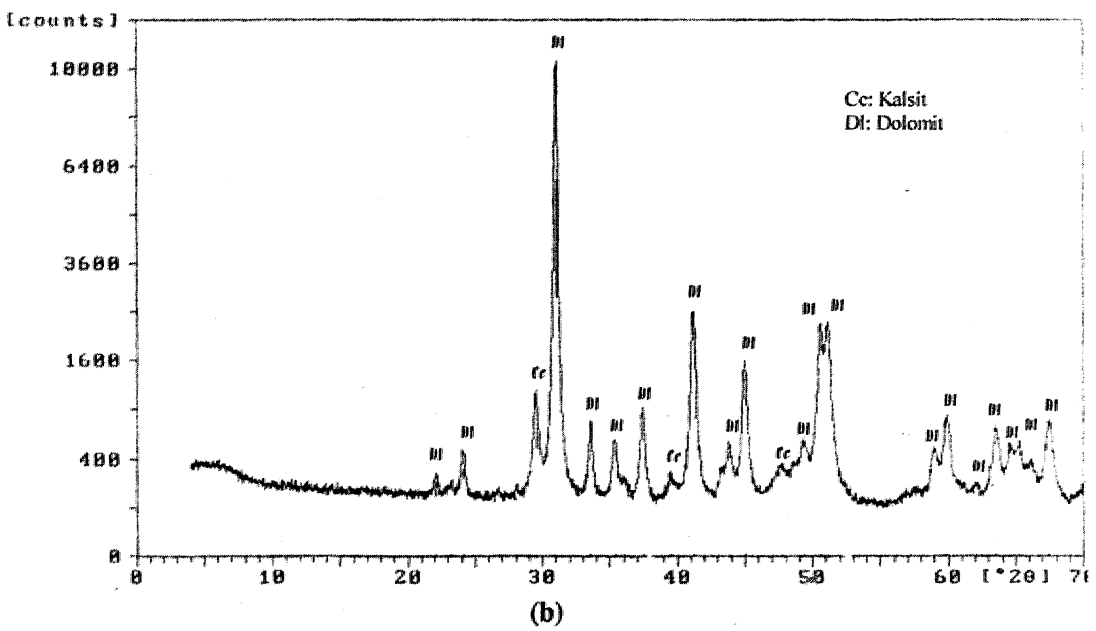
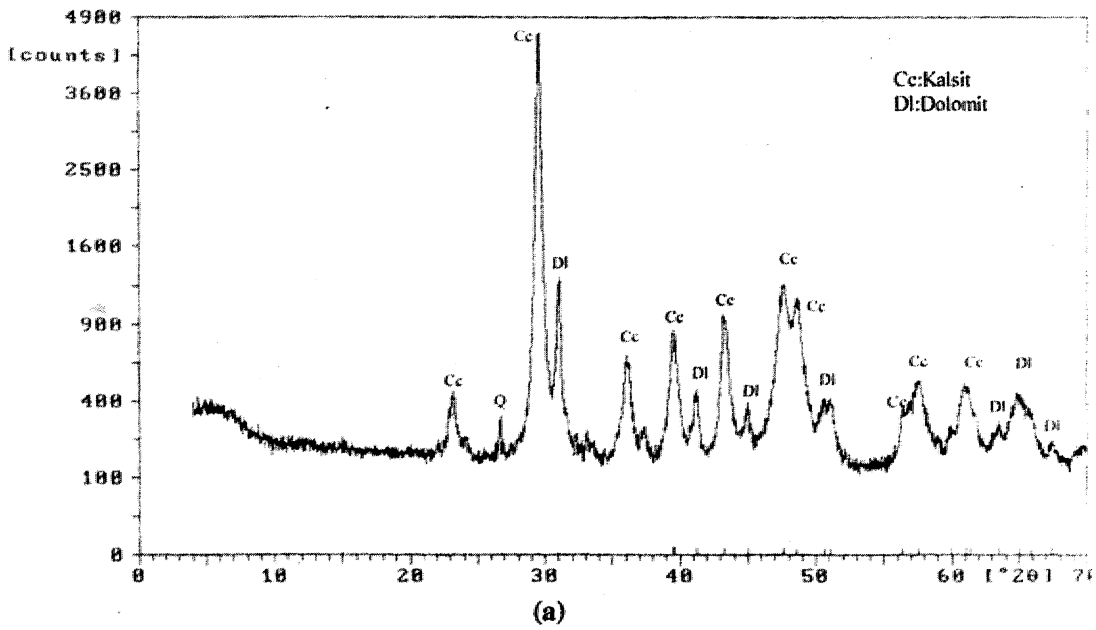
**Çizelge 2:** Muğla Yöresi Mermerlerinin Kimyasal Bleşimleri (Yavuz,, 2001).

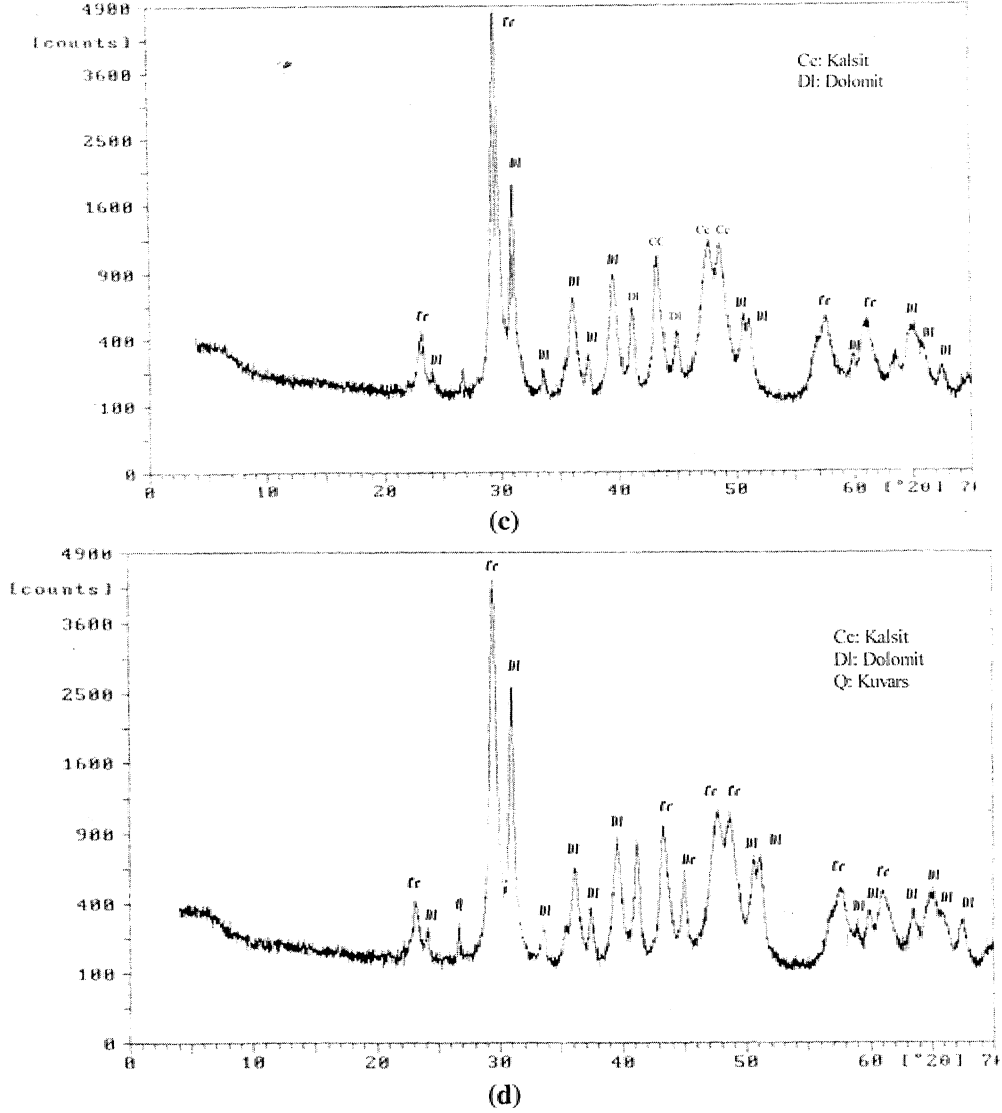
Table 2. The Chemical Composition of the Muğla Marbles (Yavuz., 2001).

Mermer Türü	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO	MnO	K.Kayb
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Ayhan Siyah*	0.42	0.309	0.718	3.591	50.5	0.022	0.021	0.11	0.006	43.70
Milas Dolomit*	0.12	0.016	0.121	17.16	35.2	0.003	0.003	0.00	0.18	46.71
Milas Beyaz	0.27	0.065	0.06	0.59	54.7	0.001	0.001	0.00	0.006	43.67
Milas Damarlı	0.23	0.065	1.424	4.21	49.9	0.004	0.004	0.00	0.189	43.93
Milas Sedef*	0.04	0.016	0.0133	6.45	48.2	0.001	0.002	0.00	0.012	45.05
Milas Patlıcanlı*	0.065	0.279	4.937	49.5	0.005	0.004	0.00	0.036		44.41
Milas Leylak	0.00	0.035	0.136	6.96	47.1	0.001	0.000	0.00	0.026	44.79
Ayhan Beyaz	0.12	0.016	0.030	0.534	54.8	0.001	0.004	0.00	0.012	43.67
Oruç Beyaz	1.19	0.016	0.012	0.253	55.5	0.001	0.002	0.00	0.0004	43.89
Özer Beyaz	0.08	0.016	0.048	1.207	54.6	0.003	0.017	0.00	0.0002	43.45
Mersan Beyaz	0.64	0.358	0.218	0.562	54.8	0.001	0.016	0.00	0.004	43.45
Ege Bordo	0.58	0.176	1.424	0.618	47.8	0.42	0.33	0.11	0.358	38.24

\* XRD grafiği çekilen mermer numuneleri.

†: Marble samples which have XRD<sup>h</sup>





#### Açıklama

a) Ayhan Siyah b) Milas Dolomit c) Milas Sedef d) Milas Patlıcanlı

Şekil 4. Muğla yöresi mermerlerine ait XRD grafikleri.

Figure 4. The XRD graphs of the Muğla marbles.

#### FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Muğla yöresi mermerlerinin fiziksel özellikleri Türk Standartları (TS 699)\*da önerilen deneylerle belirlenmiş ve yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Muğla yöresi mermerleri, International Association of Engineering Geology (Anon, 1979)\*'nin sınıflandırmasına göre yüksek birim hacim ağırlığına sahip düşük poroziteli

kayaçlar grubuna girmektedirler. İri mineralli olan Üst Kretase yaşlı mermerlerinin (Oruç Beyaz, Özer Beyaz ve Mersan Beyaz) porozite ve ağırlıkça su emme oranlarının dolomitik mermerler ile yöredeki diğer mermer türlerine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (ÇizelgeS).



Çizelge 3: Muğla Yöresi Mermerlerinin Fiziksel Özellikleri (Yavuz, 2001).

Table 3. The Physical Properties of Muğla Marbles (Yavuz, 2001).

Mermer Türü	Birini Hacim Ağırlığı (Kuru) (kN/m <sup>3</sup> )	Birim Hacim Ağırlığı (Suya Doygun) (kN/m <sup>3</sup> )	P'orozite (%)	Ağırlıkça. Su Emme (%)	Boşluk Oram (%)	Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)
Ayhan Siyah	27.2010.03	27.22±0.03	0.25010.0	0.0910.01	0.26010.0	*
Milas Beyaz	27.2510.06	27.2610.06	0.108±0.0	0.04±0.01	0.10910.0	*
Milas Dolomit	28.04 ±0.12	28.08±0.12	0.437±0.0	0.15±0.02	0.439±0.0	0.2610.03
Milas Damarlı	27.18±0.02	27.19±0.02	0.10210.0	0.04±0.01	0.102±0.0	*
Milas Sedef	27.36±0.06	27.39±0.06	0.230±0.0	0.08±0.01	0.231±0.0	*
Milas Pathcanlı	27.6110.26	27.62±0.27	0.165±0.0	0.06±0.02	0.166±0.0	*
Milas Leylek	2730±0.06	273110.06	0.101 0.02	0.0410.07	0.1010.02	*
Ayhan Beyaz	27.1510.05	27.1710.05	0.15810.0	0.0610.01	0.15810.0	0.0910.002
Oruç Beyaz	27.1110.09	27.1410.09	0.30810.0	0.1110.01	0.30910.0	0.2810.023
Özer Beyaz	27.0310.04	27.0710.03	0.40710.0	0.1510.01	0.409±0.0	0.35±0.078
Mersan Beyaz	27.0410.02	27.0710.02	0.37210.0	0.14±0.05	0.37310.0	0.32±0.063
Ege Bordo	27.4210.03	27.43±0.03	0.18410.0	0.0710.02	0.18510.0	*

\* Don sonrası ağırlık kaybı gözlenmeyen, numuneler.

N: Deney Sayısı

## MEKANİK ÖZELLİKLER.

Muğla yöresi mermerlerinin mekanik özellikleri TS 699'da önerilen 3»ntemlere uygun olarak yapılan deneylerle belirlenmiş olup» elde edilen sonuçlar Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir. Mermerler,, tek eksenli basınç dirençleri açısından Deere ve Miller (1966)\*e göre yüksek-aşm yüksek dirençli kayalar grubuna girmektedirler. Ayhan Siyah, Milas Patlıcanlı, Özer Beyaz ve Mers an Beyaz gibi belirgin yönlenmeler sunan mermerler, yönlenmeye paralel yüklemelerde» dik yüklemelere oranla daha. düşük yükler altında kırıldıkları saptanmıştır ( Çizelge 4).. Ayrıca, Oruç Beyaz, Özer Beyaz ve Mersan Beyaz gibi Üst Kretase yaşlı mermerlerin donma-çözüm? sonrası tek eksenli basınç dirençlerinin belirgin oranda azaldığı saptanmıştır { Çizelge 4 ).

Nokta yükleme direnci deneyleri, düzgün kesilmiş "5 cm lik küp numuneler üzerinde ve mermerlerde gözlenen, yönlenmelere dik ve paralel konumlu olmak üzere iki ayrı şekilde yapılmıştır (Çizelge 4). Muğla yöresi mermerleri.» nokta yükleme direnci indeksi değerleri dikkate alındığında Bieniawski (1975)'e göre yüksek-çok yüksek dirençli kayalar grubuna. girmektedirler(Çizelge 4). Yönlenme sunan mermerlerin,» yönlenmeye paralel yüklemelerde, yönlenmeye dik yüklemelere oranla daha düşük. yükler altında, kırıldıkları saptanmıştır (Çizelge 4). •

Muğla yöresi mermerleri üzerinde yapılan eğilme direnci, Böhme yüzeysel aşınma direnci,

Shore sertliği ve Schmidt darbe dayanımı testleri sırasıyla TS 699 ve ESRM (1981) standartlarına uygun olarak, yapılmış ve sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü gibi yöredeki diğer mermer türlerine oranla daha iri kristalli olan Üst Kretase yaşlı mermerlerin (Oruç Beyaz, Özer Beyaz, Mersan. Beyaz) eğilme ve darbe dirençlerinin daha düşük,, shore sertliği ve Schmidt darbe dayanım değerlerinin ise aynı mertebelerde olduğu belirlenmiştir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Üst Kretase yaşlı zımparalı mermerleri (Oruç Beyaz» Özer Beyaz ve Mersan Beyaz) mineral boyutlarının, yer yer dolomitik olan Triyas yaşlı. mermerlere oranla (Milas Beyaz, Milas Damarlı, Milas Leylak vb) daha iri. olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Mermerlerin genelde CaCO<sub>3</sub> oranlarının % 50'den fazla olduğu, dolomitik mermerlerin % 2.5-17 arasında MgO içerdiği ve CaO + MgO oranı toplamlarının % 53.5 ± 2.5 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, mermerlerin kızdı rma kayıplarının % 38.24 ile % 4.5,05 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Üst. Kretase yaşlı mermerlerin porozite ve ağırlıkça su emme oranları ile don sonrası ağırlık kaybı yüzdelerinin, Triyas yaşlı dolomitik mermerlere oranla» daha yüksek olduğu ve mermerlerin birim hacim ağırlığı değerlerinin 2,7 mertebesinde olduğu belirlenmiştir..

Çizelge 4. Muğla Yöresi Mermerlerinin Tek Eksenli Basınç direnci ve Nokta  
Yükleme: Dayanım İndeksleri (Yavuz., 2001).

Table 4. The Uniaxial Compressive Strength and Point Load Strength Index Values of the Muğla  
Marbles (Yavuz., 2001).

Mermer Türü	N	Ged (MPa)	N	CTCp (MPa)	N	ocdd (MPa)	N	IsSOd (MPa)	Ni	Is50p (MPa)
Ayhan Siyah	9	119.7 ± 17.0	9	76.5 ± 27.3	1	103.4 ± 12.1	9	5.99 ± 1.37	8	3.09 ± 130.1
Milas Beyaz	1 3	99.0 ± 18.9	-	-	7	98.7 ± 14.1	2 0	6.0 ± 0.97	-	-
Milas Damarlı	1 1	99.4 ± 21.8	-	-	8	90.5 ± 12.7	1 2	6.1 ± 0.73	-	-
Milas Sedef	1 3	131.6 ± 14.2	-	-	7	129.2 ± 13.1	9	6.55 ± 0.89	-	-
Milas Dolomit	8	159.2 ± 11.2	-	-	-	-	1 0	6.94 ± 0.55	-	-
Milas Patlıcanlı	9	155.5 ± 7.6	9	140.7 ± 7.6	7	152.2 ± 3.5	1 1	7.23 ± 0.36	9	5.82 ± 0.56
Milas Leylak	1 0	100.4 ± 11.7	-	-	8	99.6 ± 11.1	1 2	6.84 ± 1.32	-	-
Ayhan Beyaz	1 0	83.7 ± 11.5	-	-	6	78.6 ± 7.4	1 0	3.83 ± 0.6	-	-
Oruç Beyaz	9	73.6 ± 3.7	-	-	9	67.5 ± 5.5	1 0	2.51 ± 0.56	-	-
Özer Beyaz	1 0	70.1 ± 10.3	9	61.7 ± 4.0	7	50.2 ± 7.5	1 1	2.62 ± 0.48	1 2	2.82 ± 0.86
Mersan Beyaz	1 0	67.7 ± 7.4	8	54.5 ± 4.4	7	60.4 ± 3.5	-	-	-	-
EgeBordo	9	116.8 ± 11.9	-	-	9	111.4 ± 10.7	1 0	5.06 ± 1.46	-	-

$\bar{\sigma}_{cd}$  : İksel tabakalanma düzlemlerine dik konumlu tek eksenli basınç direnci.  $\bar{\sigma}_{cp}$  : İksel tabakalanma düzlemlerine- paralel konumlu tek eksenli basınç direnci,  $\bar{\sigma}_{cdd}$ : İksel tabakalanma düzlemlerine dik konumlu, don. sonrası tek eksenli basınç direnci **Is50d**: İksel tabakalanma düzlemlerine dik konumlu nokta yüklemeye dayanım indeksi. **Is50p**: İksel tabakalanma düzlemlerine paralel konumlu nokta yüklemeye dayanım indeksi. N: Deney Sayısı.

Muğla yöresi mermerlerinin tek. eksenli basınç dirençlerinin 67.7 Mpa ile 119.7 Mpa arasında değiştiği ve yönlenmeye paralel yüklemelerde, basınç dirençlerinde belirgin azalma olduğu saptanmıştır (Çizelge 4). Yöre: mermerlerinin, tek.

eksenli basınç dirençleri açısından Deer ve Miller 1966'nın sınıflandırmasına göre yüksek dayanımlı kayalar grubuna girmektedirler. Ayrıca iri kristalli Üst Kretase mermerlerinin don sonrası tek eksenli basınç değerlerinde belirgin oranda azalma olduğu saptanmıştır.

MgO oranı yüksek ve ince kristalli dolomit mineralleri içeren mermerlerin MgO oranı düşük, iri kristalli kalsit mineralleri içeren mermer türlerine oranla/daha yüksek tek eksenli basınç, eğilme, darbe ve böhme yüzeysel aşınma direnci ile daha yüksek nokta yüklemeye dayanım indeksi değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1,2,4 ve 5).

**Çizelge 5:** Muğla Yöresi. Mermerlerinin Eğilme Direnci, Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci, Darbe Direnci,, Shore Sertliği, ve Schmidt Darbe Dayanımları (Yavuz,, 2001).

Table 5. The Bending Strength, Böhme Abrasslon Resistance, Impact Srtength Shore Hardness Value and Schmidt Rewound Value of the Muğla Marbles (Yavuz,, 200 i)..

Mermer Türü	N	Eğilme Direnci (MFa) (o cd)	N'	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm <sup>2</sup> /VSÖ)	N	Shore Sertliği	Nj	Darbe Direnci (M. mm/m <sup>3</sup> )	N	Scimld t Darbe Dayanı mı
Ayhan Siyah	5	19.7±3.9	5	18.6±1.54	7	47.5014., 78	9	4.6010.9	12	59.311.069
Milas Beyaz	5	16.6±3.2	5	21.011.26	6	45.5214.98	1	2.8710.9	2	56,811.047
Milas Damarlı	5	15±1.5	5	21.0±2.53	3	47.4114.83	1	2.781 i, 2		.
Milas Sedef	6	21.8±1.3	5	20.0±2.31	7	48.1513..94	1	3.9510.7		-
Milas Dolomit	6	25.011.8	5	18.011.0		-	7	4.7710.8		~
Milas Patlıcanlı	6	25.813.8	5	24.011.5	8	51.6512..31	9	6.6011.8	2	65.4±1.04
Milas Leylak	5	25.7±2.9	5	21.011.54	9	49.5013.79	1	3.5411.1		
Ayhan Beyaz	5	18.0±0.14	5	26.0±2.0	7	43.2614.98	1	2.1210.4	2	43.6±4.098
Oruç Beyaz	5	9.4 ±2.6	5	34.011.6	7	36.9815..65	1	1.40±0.5	2	52.6±0.05
Özer Beyaz	5	8.9 ±1.5	6	29.710.87			1	1.2010.7	2	52.811.039
Mersan Beyaz	5	9.210.75	5	31.4013.82			1	1.3010.7		-
Ege Bordo	5	23.711.4	5	21.0913.5.5	6	51.6012.94	1	7.5012.0	2	56.110.087

N= Denei Sayısı 0 cd : İksel tabakalanma düzlemlerine dik konumlu eğilme direnci..

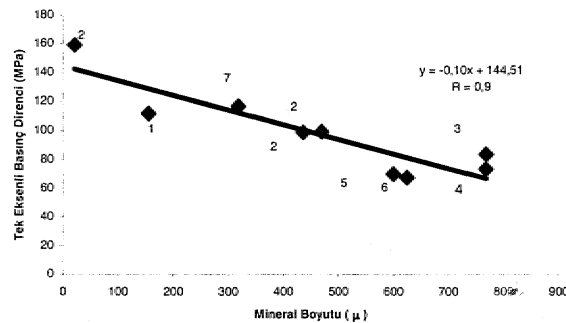
Yurt içi ve yurt dışında oldukça iyi tanınmış olan Muğla yöresi mermerlerinin fiziksel özellikleri,, Mekanik özellikleri açısından ise tek eksenli basınç, don sonrası tek eksenli basınç, eğilme ve darbe direnci **değerleri** doğal yapıtaşı olarak kullanımları açısından (Çizelge 3 ve 6). Türk standartlarında öngörülen sınır değerler içerisinde yer alırken, Böhme yüzeysel aşınma direnci değerlerinin iri. mineralli olan bazı mermer türleri için (Ayhan Beyaz, Oruç Beyaz, Özer Beyaz ve Mersan Beyaz) sınır değerleri aştığı saptanmıştır (Çizelge 4-5 ve 6).

Muğla yöresi mermer ocaklarından alınan değişik mermer türlerinin mineral boyutları ile Çizelge 6. Mermer ve Kalsiyum Karbonat. Bileşimli. Kayaçların Doğal Yapı Taşı Olarak

Kullanılabilmesi İçin. Sahip Olmaları, Gereken Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Sınır Değerleri (TS 10449).

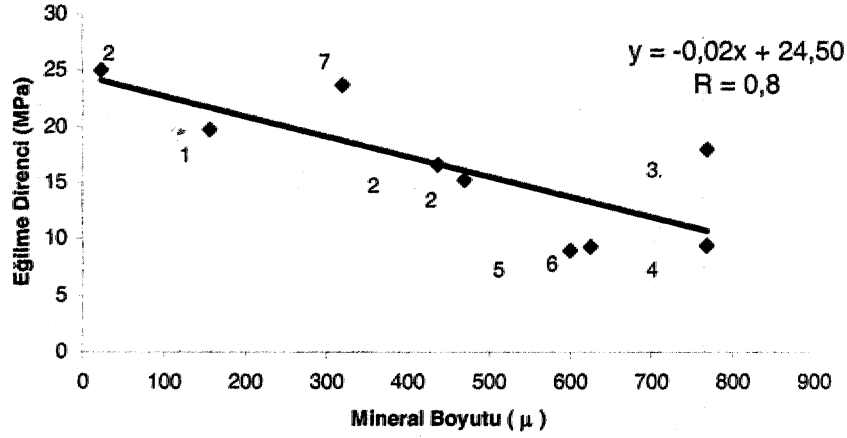
Table 6. Required Physical and Mechanical Properties of Marbles and Carbonate Rocks for Their Use as Natural Building Stone (TS 10449),

Fiziksel Özellikler	Sınır Değer	Mekanik Özellikler	Sınır Değer
Ağırlıkça Su Emme (%)	< 0.4	Tek Eksenli Basınç Direnci (MPa) (Döşeme)	> 50
		Tek Eksenli Basınç Direnci. (MPa) (Kaplama)	> 30
Doluluk Oranı (%)	> 98	Eğilme Direnci (MPa)	> 6
Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	< 1	Don Sonrası. Basınç Direnci ( MPa)	> 30
		<b>Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm<sup>3</sup>/ 50 cm<sup>2</sup>) (Döşeme)</b>	<b>&lt; 15</b>
		<b>Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci. (cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup>) (Kaplama)</b>	<b>&lt; 25</b>
		Darbe Dayanımı (N.mm/mm <sup>3</sup> ) (Döşeme)	> 0,6
		Darbe Dayanımı (N.mm/mm <sup>3</sup> ). (Kaplama)	> 0,4

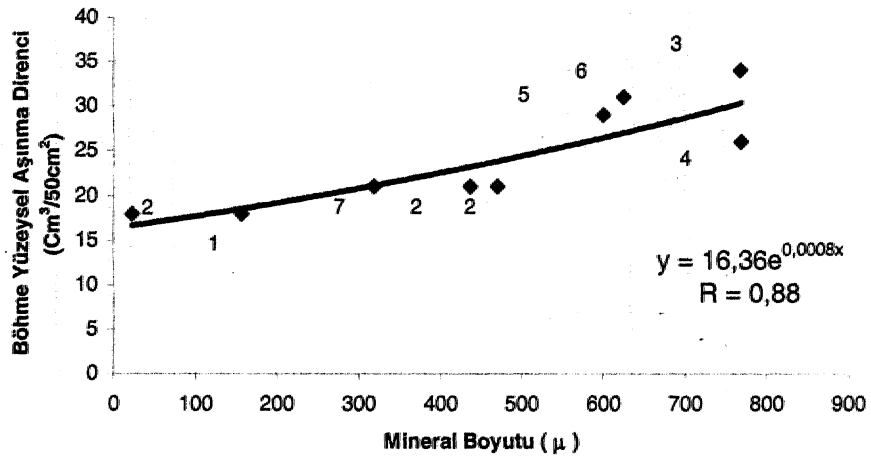


Şekil 5. Muğla yöresi mermerlerinin mineral boyutları ile tek. eksenli basınç dirençleri arasındaki ilişki.,

Figure 5. Relation between the mineral sizes and the uniaxial compressive strengths of Muğla marbles (Yavuz,, 2001),,

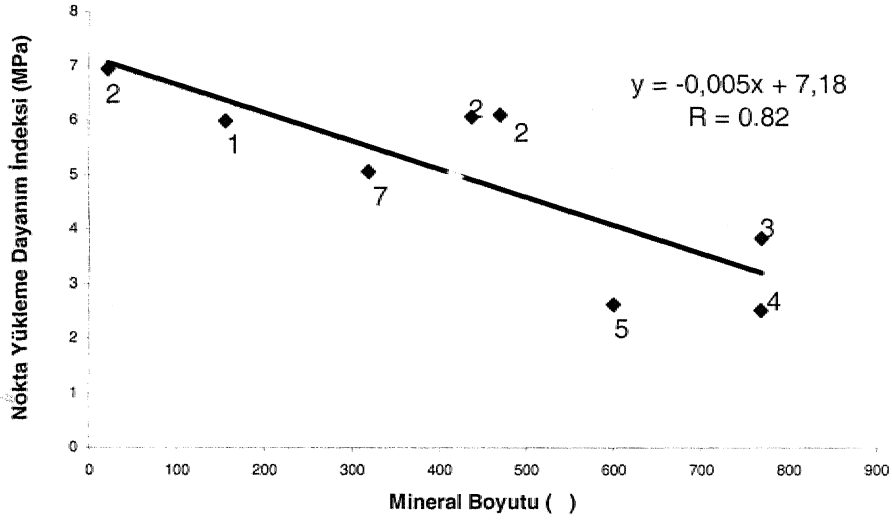


Şekil 6. Muğla yöresi mermerlerinin mineral boyutları ile eğilme dirençleri arasındaki ilişki.  
 Figure 6. Relation between the mineral sizes and the bending strengths of Muğla marbles (Yavuz., 2001).



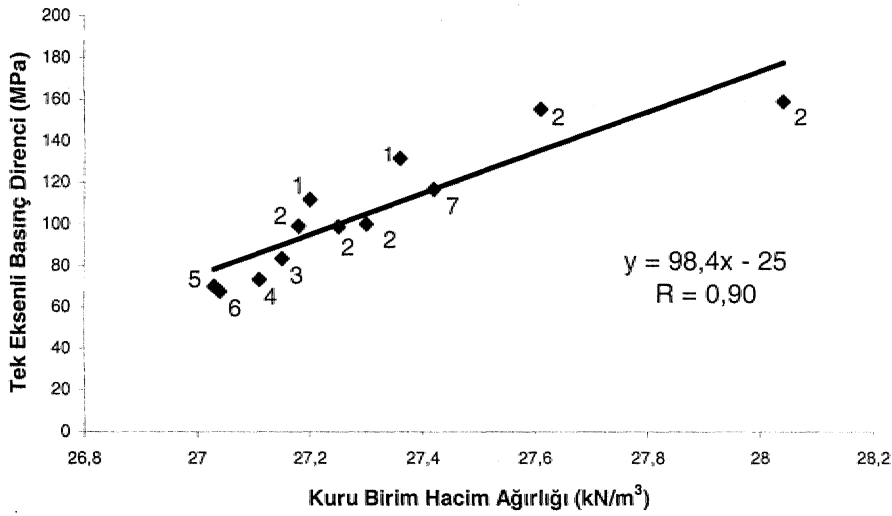
Şekil 7. Muğla yöresi mermerlerinin mineral boyutları ile Böhme yüzeyel aşınma dirençleri arasındaki ilişki.

Figure 7. Relation between the mineral sizes and Bohme abrasion resistances of the Muğla marbles (Yavuz., 2001).



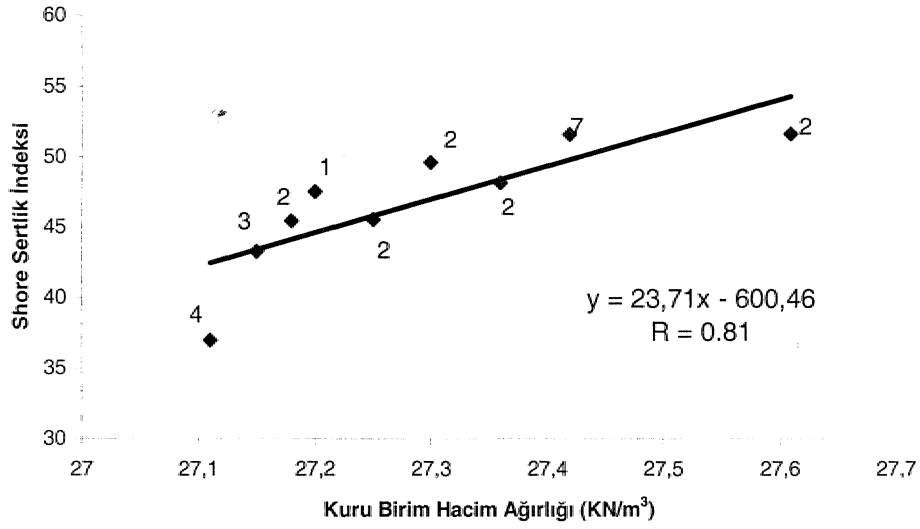
Şekil 8. Muğla yöresi mermerlerinin mineral boyutları ile nokta yükleme dayanım indeksleri arasındaki ilişki.

Figure 8. Relation between the mineral sizes and point load index values of the Muğla marbles.



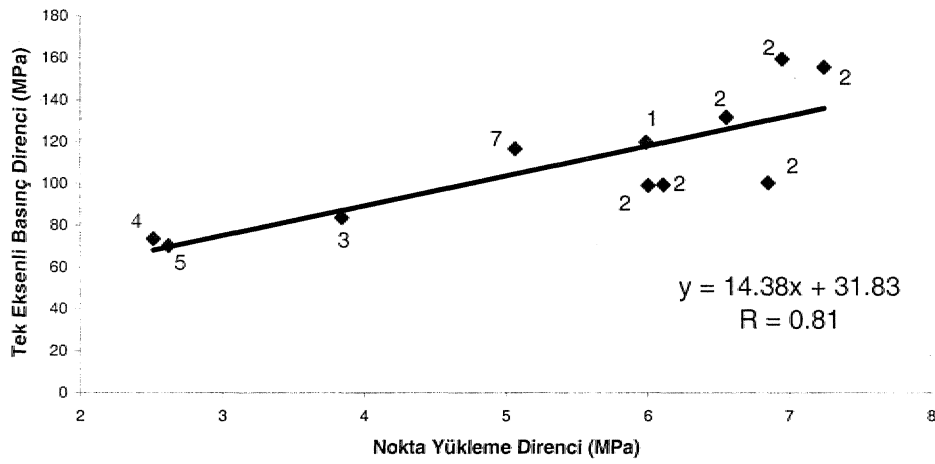
Şekil 9. Muğla yöresi mermerlerinin kuru birim hacim ağırlıkları ile tek eksenli basınç dirençleri arasındaki ilişki .

Figure 9. Relation between the dry unit weights and the uniaxial compressive strengths of the Muğla marbles.



Şekil 10. Muğla yöresi mermerlerinin kuru birim hacim ağırlıkları ile Shore sertlik indeksi arasındaki ilişki.

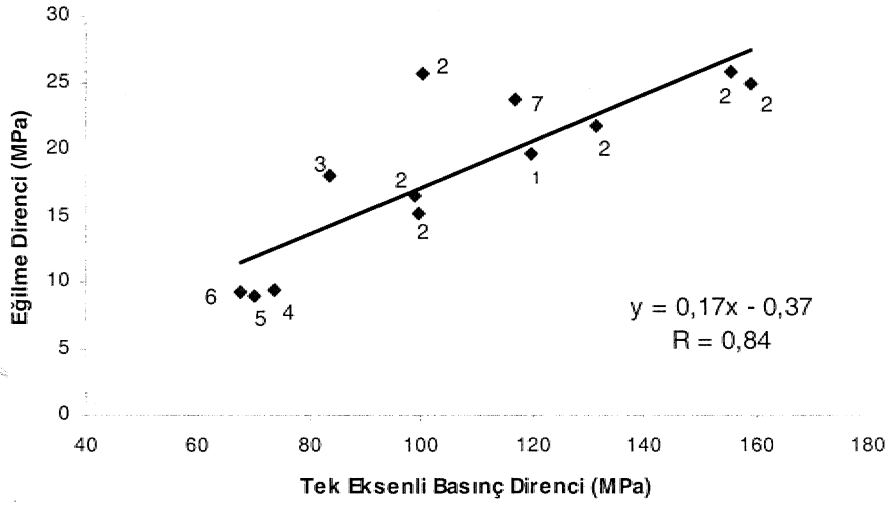
Figure 10. Relation between dry unit weights and the shore hardness values of the Muğla marbles.



Şekil 11. Muğla yöresi mermerlerinin nokta yükleme dirençleri ile tek eksenli basınç dirençleri arasındaki ilişki.

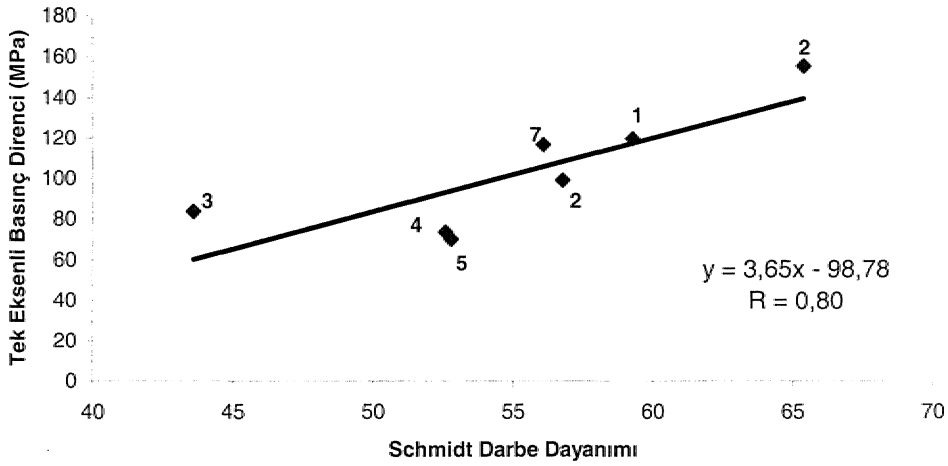
Figure 11. Relation between the uniaxial compressive strengths and the point load index value of the Muğla marbles.





Şekil 12. Muğla yöresi mermerlerinin tek eksenli basınç dirençleri ile eğilme dirençleri arasındaki ilişki.

Figure 12. Relation between the uniaxial compressive strengths and the bending strengths of the Muğla marbles.



Şekil 13\* Muğla yöresi mermerlerinin Schmidt çekici darbe dayanımı ile tek eksenli basınç dirençleri arasındaki ilişki..

Figure 13. Relation between the uniaxial compressive strengths and the Schmidt rebound hardness value of the Muğla marbles.

Kuru birim hacim ağırlıklarının artışına bağlı olarak tek eksenli basınç dirençleri (Şekil 9) ile Shore sretlik indeksi değerlerinin (Şekil 10) arttığı belirlenmiştir.

Yüksek tek eksenli basınç direncine sahip olan mermerlerin yüksek nokta yükleme dayanım indeksli oldukları ve tek eksenli basınç dirençleri sie nokta yükleme dayanım indeksleri arasında  $a_c = 14.24 \text{ Is}50 + 32$  denklemi ile tanımlanan doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir... Ayrıca mermerlerin tek eksenli, basınç dirençlerinin artışına bağlı olarak eğilme dirençleri ile (Şekil 12), Schmidt darbe dayanımlarının (Şekil 13) arttığı saptanmıştır.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışmada,, mermer örneklerinin mineralojik ve petrografik .incelemesinde yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Osman CANDAN ve XRD grafiklerinin yorumlanmasında yardımcı olan Yard.Doc.Dr. Mümtaz Çolak\*a, makale taslağını inceleyerek değerli katkılarını koyan Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof.Dr.Seyfi KUKALSIZ'a ve Konya Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim Üyesi Doç.Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA'ya ve arazi çalışmalarım esnasında her türlü imkanı sağlayan Ege Maden, Onıçoğlu, Mersan, Özer ve Ayhan Mermer Firmaları yetkililerine teşekkür ederiz.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Anon, 1979, Classification of rocks, and soils for engineering geological mapping,. Part I-Rock and soil materials; Bull.Int. Ass.Eng GeoL, 19, 364-371.

Bieniavski, Z.T., 1975, Rock mass classification in rock engineering. Proc. Symp.

Exploration for Rock Engineering., Johannesburg., 1,97-106.

Brinkman, R., 1967, Die Südflanke des Menderes Massive Me Milas, Bodrum und ören, Scient Report of Faculty of Science, Ege University., 43p, 12,2 abb., 1 Tab.,, İzmir-Bornova.

DeereJD.U., & MillerJR.P., 1966, Engineering classification and index properties for intact rocks.. Report A.FWL-TR-65-116... Air Force Weapons Laboratory (WLDC) Kirtland Air Force Base,, New Mexico.

I.S..R.M 1981.,, International. Society for Rock Mechanics Suggested Methods Rock Characterization,, Testing and Monitoring.E.T. Brown., (ed), Pergamon Press,Lon.don, 211 pp..

Run, M., Güngör, T, ve Erdoğan., B.,, 1999, Menderes Masifindeki Mermer Yataklarının Stratigrafik Konumlan ve özellikleri., I, Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 46-53. İzmir.

Lemberg. J., 1892, Zur microchemischen Untresuchung einiger Minerale; Zeitschr. Deutsch.g6ol. Gesellsch., vol. 44, pp.. 224-242,

T.S. 699/ Ocak. 1987.,. ILD..K, 691.2 Doğal yapı taşları-muayene ve deney metodları.

T.S- 10449/ Ekim. 1991., Mermer - kalsiyum karbonat esash-yapı ve kaplama taşı olarak kullanımları.,

Yavuz.A.B., 2001., Muğla Yöresi .Mermer Ocaklarında Blok Mermer Üretimini Etkileyen Jeolojik Parametreler: Doktora Tezi, D.E.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, 33İs., İzmir. (Yayınüanmamış).