

## Muğla Beyaz Mermerinin Tane Boyut Dağılımının Görüntü Analiz Yöntemi ile Ölçülmesi

M. Y. Çelik

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Afyon*

**ÖZET:** Mermerlerin tane boyutu dayanım, kullanım yeri, parlaklık ve cila alma özelliklerine direkt olarak etki etmektedir. Mermerlerde tane boyutu küçüldükçe fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileşmesine paralel olarak ekonomik değeri de artmaktadır. Mermerler tane boyutuna göre çok ince, ince, orta ve iri taneli olarak sınıflandırılmaktadır. Son yıllarda görüntü analiz yöntemleri kullanılarak malzemelerin değişik özellikleri geleneksel yöntemlere göre daha hızlı, daha basit, daha ekonomik ve otomatik olması nedeniyle personel gözlem hatası olmaksızın ölçülebilmektedir. Bu makalede de Muğla Beyaz mermerinin tane boyut analizi bilgisayarda Particle 2.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

**ABSTRACT:** Grain size distribution of marble are compared with theirs physico-mechanical properties (like uniaxial compressive strength, polishing, shinning, usage location). Fine grain size of the marble affects theirs physico-mechanical properties and economical value at positive directions. The classification of marble according to grain size: very fine, fine, medium and coarse grains. Image analysis is one of the fastest growing new technologies and indeed a tool of the 90's. It allows operations for the first time to quickly, accurately, and economically measure particle sizes of rocks and different materials. In this study, to have grain size analysis of Muğla white marble used with software of Particle 2.0 on computers.

### 1. GİRİŞ

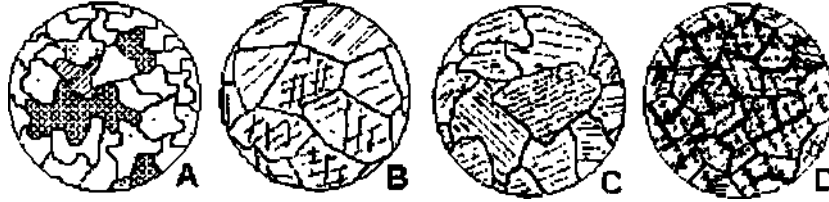
Ticari standartlara uygun boyutlarda blok verebilen, kesilip parlatılan veya yüzeyi işlenebilen ve taş özellikleri (malzeme özellikleri) kaplama taşı normlarına uygun olan her türden taş (tortul, magmatik ve metamorfik) ticari dilde "mermer" olarak bilinmektedir. Bu tanım uyarınca kalker, traverten, kumtaşı gibi tortul; gnays, mermer, kuvarsit gibi metamorfik; granit, siyenit, serpantin, andezit, bazalt gibi magmatik taşlar da mermer olarak isimlendirilmektedir. Ticari tanımlamada mermer sözcüğü taş türünü belirtmediği için bu eksikliği gidermek amacıyla taş adının sonuna mermer takısı eklenerek litolojik farklılık vurgulanmaya çalışılmaktadır (Anon (a), 2001). Bu makalede kullanılan "mermer" terimi sadece karbonat kökenli metamorfik mermerleri (gerçek mermer) ifade etmektedir.

Mermerlerde "tane boyutu" çok önemli bir özelliktir. Çünkü mermerler ilk olarak tane boyutu ile değerlendirilirler. Mermerin dokusu kalsit tanelerin yönelimi, karşılıklı ilişkileri ve kalsit tanelerinin boyutunun bir fonksiyonudur. Mermerler mikroskopta incelenecek olursa kalsit minerallerinin birbirine iyice kenetlenmiş oldukları görülür (Şekil 1). Kalsit kristallerinin boyutu metamorfizma şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Çok ince mikrokristalin dokulu olanlar birkaç mm boyutta olabilirken, ikinci kez kristallerime gösteren hakiki mermerler ise 0.5-1.5 cm boyuta kadar büyüme gösterebilirler (Çelik, 2002).

Mermerlerin tane boyutu dayanım, kullanım yeri, parlaklık ve cila alma özelliklerine direkt olarak etki etmektedir. Bu nedenle mermerlerde tane boyutu küçüldükçe fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileşmesine paralel olarak ekonomik değeri de artmaktadır. Bunun yanı sıra tane boyut dağılımının

ırı ve tane sınırlarının düz olması mermerlerin dayanımlarının düşük olmasına neden olmaktadır. Tane boyut dağılımının genelde ince ve tane sınırının da girift olması mermerlerin dayanımını arttırmaktadır (Onargan vd, 1997). Kalsit kristalleri ırı ise mermer dişli ve kaba görünümlüdür. Bu tip mermerlerin dış tesirlere karşı dirençleri küçük

kristalli olanlara göre daha düşüktür. Tane çapları küçüldükçe ve kenetlenme oranı arttıkça direnç fazlalaşır ve dış etkilerle bozuşma azalır (Çelik, 2001). Kun (2000), endüstriyel anlamda tanımlanan gerçek mermerleri tane boyutuna göre dört grupta toplamıştır. Kun (2000) tarafından yapılan bu sınıflama Çizelge 1 'de verilmiştir.



Şekil 1. Mermerlerde tane boyutu ve tane sınırları ilişkileri: (A) ince taneli ve tane sınırları dantel gibi girintili çıkıntılı, (B) iri taneli ve tane sınırları düzgün, (C) iri taneli ve tane sınırları dantel gibi girintili çıkıntılı, (D) ince taneli ve tane sınırları düzgün (Sarıışık, Çelik, ve Gürcan, 2003).

Çizelge 1. Gerçek mermerlerin tane boyutuna göre sınıflandırılması (Kun, 2000).

Tane Boyutu		Özellikleri	Örnek
Tanım	Değeri		
Çok ince taneli mermer	<100 um	Tane boyutu 100 mikrondan küçüktür. Mermeri oluşturan taneler gözle fark edilemez. Tane boyutunun çok küçük olmasından dolayı çok iyi cila kabul ederler. Bu nedenle iyi parlatılır bu da mermerin daha değerli olmasını sağlar.	Afyon Mermerleri
İnce taneli mermer	100 um -2000 jim	Tane boyutu 100 mikron ile 2000 mikron (2 mm) arasında olan mermerlerdir. İnce taneli mermerlerde taneler birbirlerine iyice kenetlenmiş durmaktadır.	Muğla - Milas Mermeri (Avrupa beyazı)
Orta taneli mermer	2 mm - 5 mm	Tane boyutu 2 mm- 5 mm arasında olan mermerlerdir. Tane boyutunun büyüklüğünden dolayı kesme ve parlatma işlemlerinde problem meydana gelir. Genellikle kenarlardan tane düşmesi ve tane kopması sonucu iyi kenar kesme özelliği vermezler.	Bursa - Mustafa Kemalpaşa beyazı
iri taneli mermer	>5 mm	Tane boyutu 5 mm'den daha iri olan ve taneleri gözle görülebilen mermerlerdir. Kristaller iri olduğunda mermer dişli ve kaba görünümlüdür.	Kırşehir beyazı

Görüntü analiz yöntemleri, 1990'lı yıllardan itibaren bir çok yerbilimi disipliniinde basan ile uygulanmaktadır. Görüntü analiz yöntemleri, bu amaç için kullanılan geleneksel yöntemlere göre daha hızlı, daha basit, daha ekonomik ve otomatik olması nedeniyle personel gözlem hatası olmaksızın ölçüm yapmaktadır. Bu yöntem ile patlatma ve kırma sonucu oluşan tanelerin boyut analizinin yanı sıra, seramik malzemelerin, metal alaşımların ve

kayaçların tane analizleri de yapılmaktadır (Maerz et alı, 1996).

Bu konuda yapılan bazı çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: Ozuloğul ve Erdoğan (1995) ile San ve Yavuz (2000) mermerlerde yüzey parlaklığını görüntü analiz yöntemleri ile ölçerek parlaklığı sayısal olarak tanımlamışlardır. Gökay ve Gündoğdu (2001), mermer renklerini sayısal analiz

yoluyla sınıflandırmışlardır. Jerram and Chead (2000), kayaçlardaki kristal ve tane yapısını görüntü analiz yöntemiyle incelemiştir. Lumbraras and Serrât (1996), mermerlerin ince kesit görüntülerinden petrografik özelliklerini bu yöntemle belirlemişlerdir. Maerz et ali. (1987a), kayaçların makro yapısal özelliklerini görünüş analiz yöntemi ile incelemiştir. Maerz et ali. (1987b), dijital görüntüler yardımıyla kamyon üzendeki kayaçların tane boyut dağılımını ölçmüşlerdir. Akesson et ali. (2001), granitlerin mekanik özellikleri ile dokusal özellikleri arasındaki ilişkiyi görüntü analiz yöntemiyle incelemiştir. Çelik (2003), Paşadağ (Afyon) mermerlerinin tane boyutunu görüntü analiz yöntemleri kullanarak ölçmüştür. Bu makalede de Muğla Beyaz mermerinin tane boyut dağılımı ve tane şekil analizi bilgisayarda Particle 2.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

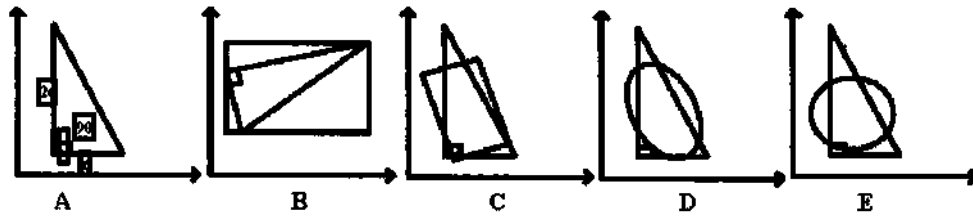
### 3. GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMLERİ İLE TANE BOYUTU ÖLÇÜMÜ

Stereoloji, üç boyutlu örneklerin (biyolojik yapılar, metalurjik örnekler, kayaçlar vb) iki boyutlu kesitlerinden elde edilen verilere dayanarak, onların gerçekteki üç boyutlu özellikleri ile ilgili yorumlar yapılmasını sağlayan bilim dalıdır. Kesitler, herhangi bir yapının içinden geçen ve yapının bileşenleri ile kesişen düzlemler olarak düşünülürse, yapının her bir bileşeni, bu kesitlerde, sayısı, büyüklüğü ve kapladığı uzunluk, alan ve hacim oranıyla ilişkili bir biçimde izdüşümler (profiller) oluşturur. Bu izdüşümler de yapının içerdiği bileşenler hakkında bilgi almak üzere kullanılır. Gerçekte "kesit" kavramı, herhangi bir katı yapı içerisinde geçen ve kalınlığı olmayan ( $t=0$  olan) düzlemleri ifade eder. Buna iyi bir örnek olarak, bir maden örneğinin kesilmiş ve parlatılmış bir yüzeyi verilebilir. Maden örnekleri işığa

geçirgen olmadıklarından bu örnekten inceleyen bir gözlemci, parlatılmış yüzeye karşılık gelen gerçek iki boyutlu bir düzlemle karşı karşıyadır. Genel bir kabul olarak, eğer incelenilen bir yapı, çıplak gözle, ilgilenilen tüm ayrıntıları seçilebilecek büyüklükte ise, herhangi bir yanılmaya meydan vermeyecektir. Fakat, mikroskobik düzeyde yapılan incelemeler söz konusu olduğunda, bir çok yanıltıcı faktör devreye girmektedir. Eğer bunların farkına varılarak mantıklı önlemler alınmaz veya düzeltmeler yapılmazsa, elde edilmek istenen sonuç, gerçek değerden istenmeyen sapmalar gösterebilir (Canan, 2004). Ölçme işlemi prensipte, ölçülecek olan mesafeyi, bilinen başka bir mesafe (ölçek) ile kıyaslamaktır. Mikroskopta ölçme işlemi de ölçmenin mikroskop boyutlarında uygulanışından ibaret olup mikrometrik lam ve üzerinde bölmeleri olan bir oküler yardımıyla yapılmaktadır. Tane boyutu küçüldükçe sayma işleminde yanılma ve hataların yanı sıra işlem çok uzun zaman almaktadır. Görüntü analiz yöntemleri ise çok daha kısa sürede ve daha güvenilir olarak ölçüm yapmaktadır.

Değişik konularda görüntü analizi amacıyla geliştirilmiş çok sayıda bilgisayar programı bulunmaktadır. Bütün programların ortak noktası dijital ortamda çalışmalarıdır. Programlar™ özelliklerine göre bazıları, online olarak kamera görüntüleri ile tane boyut analizi yapılabilirken, bazıları da yüksek çözünürlüğe (2048x1536 ve üzeren) sahip olan dijital fotoğraf makinalarından alınan fotoğraflar ile bu ölçümleri yapılabilir. En çok kullanılan resim formatları bmp, jpg, tif ve gif uzantılı olanlardır.

Görüntü analiz programlarında ölçüm prensibi matematiksel işlemlere dayanmaktadır. Şekil 2'de tanelerin ölçümünde kullanılan benzer geometrik şekillere göre determinasyon parametreleri verilmektedir.



Şekil 2. Görüntü analiz yöntemlerinde tane ölçüm parametreleri (Wang, 2004).

### 3 1. Muğla Beyaz Mermerinin Tane Boyut Analizi

Mermer endüstrisinin gelişmeye başlamasından sonra Muğla bölgesi mermerleri dikkati çekmiş ve endüstriyel ölçekte değerlendirilmeye yönelik olarak çok sayıda çalışma yapılmıştır. Muğla beyaz mermerlerinin petrografik özelliklerine yönelik olarak yapılan çalışmalarda mermerlerin tane boyutlarının genellikle 0.5-5 mm arasında olduğu bildirilmektedir. Ancak hangi boyut aralık dağılımının ne kadar olduğu konusunda detaylı bir veriye rastlanmamıştır. Görüntü analiz yöntemi ile elde edilen verilerle bir karşılaştırılma yapılması bakımında bu konuda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Muğla beyaz mermerleri, Mesozoyik yaşlı zımpara içerikli platform tipi karbonatların alt düzeyini oluşturan Milas-Yatağan-Kavaklıdere hattı boyunca uzanan Kozagaç, Tuzabat, Karaltı, Kurukümes, Eskihisar, Kavak ve çevrelerinde bulunan çok sayıda mermer ocaklarından üretilirler. Farklı firmalar tarafından üretilen mermerler Muğla şeker, Muğla beyazı, Avrupa beyazı ve Muğla kristal gibi ticari isimler ile tanınırlar (Bacakoğlu (Türkmen) ve Çalapkulu, 1999).

Kuşçu (1992), Yatağan-Kestanecik mermerlerinin 0.6-1.2 mm arasında kalsit ve dolomit minerallerinden meydana geldiğini, ancak tane boyu dağılımının 0.6-0.7 mm arasında değiştiğini belirtmiştir. Kozagaç mermerlerinin ise biraz daha iri boyutlu olduğu kalsit tanelerinin 1-2 mm arasında değiştiğini gözlemekle birlikte daha küçük tanelerin varlığından da bahsetmiştir. Diğer bir örnekte ise 1.5-2.5 mm arasında tane boyu dağılımından bahsetmektedir.

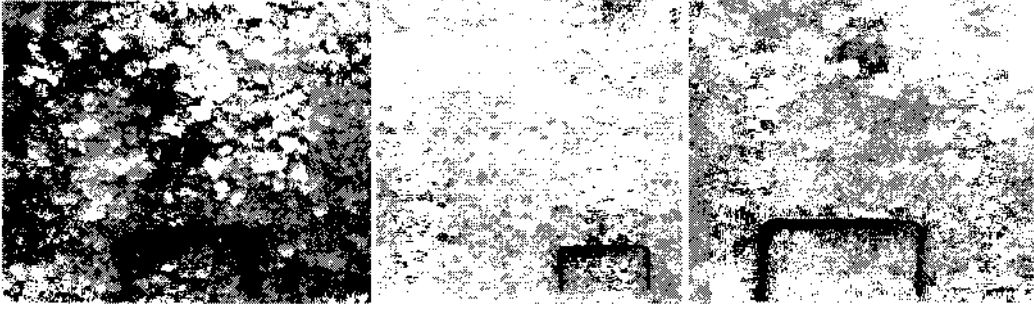
Uz, Çoban ve Eren (1992), Muğla beyaz mermerlerinde, 0.3-1.5 mm boyutlu kalsitlerin ikizli ve mozaik dokulu olduklarını belirtmişlerdir.

Kun, Güngör ve Erdoğan, (1999), Menderes masifindeki mermerlerin hemen hemen tümünün ince ve orta taneli mermer grubunda yer aldığı ve tane boylarının genellikle 0.5-5 mm arasında değiştiğini ifade etmektedirler.

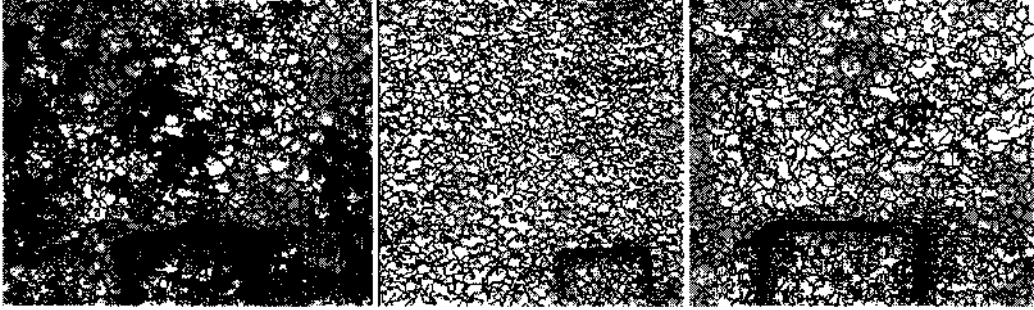
Bacakoğlu (Türkmen) ve Çalapkulu, (1999), Muğla beyaz mermerlerin petrografik ince kesitlerinde granoblatik dokuda, kalsit kristallerinin ise yaklaşık eş boyutlu, öz şekilsiz ve orta taneli olduğu, kalsit kristallerinin 0.8-2 mm arasında ortalama tane boyutuna sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Uz ve Özdamar (1999), Yatağan bölgesi mermerlerin iri-orta taneli, kristalin, beyaz renkli ve 0.06-1.2 mm tane boyutuna sahip olduğunu belirtmişlerdir.

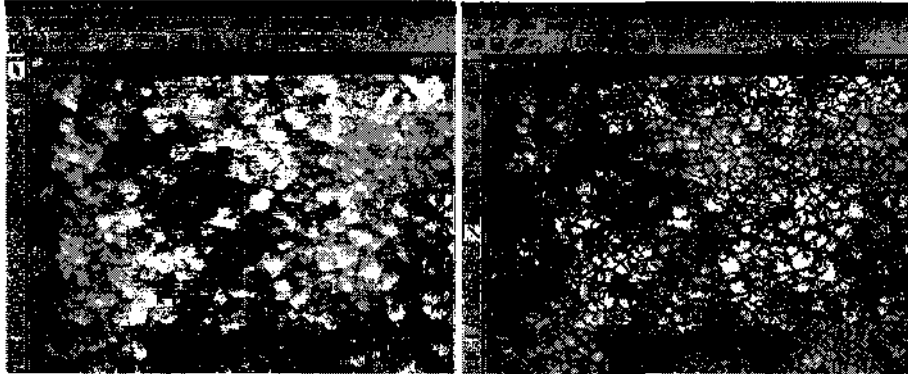
Bu çalışmada Muğla beyaz mermerlerinin değişik çözünürlükte ayarlanabilen bir tarayıcı yardımıyla 900 dpi, 1200 dpi ve 2400 dpi çözünürlükte 24 bit renk derinliğinde çekilen jpg ve bmp uzantılı dijital fotoğrafları kullanılmıştır (Şekil 3). Tane boyut dağılımı ölçülecek örnekler ortalama tane boyutunu temsil edecek şekilde seçilmiştir. Muğla Beyaz mermerlerinin sayısallaştırılmış görüntüleri Partide 2.0 yazılımı ile işlenerek tane boyut analizi yapılmıştır. Mermerlerin Scanner ile taranması sırasında mermer üzerine, mermer tane boyutu ölçümünde referans değeri olarak kullanılmak üzere 1.2 mm uzunluğunda 6 mm yüksekliğinde bir ölçek yerleştirilmiştir. Her bir örnekte değişik alanlar için segmentasyon işlemi, aynı zamanda genel olarak örneklerin ortalama değerlerinin belirlenmesinde de benzer segmentasyonu uygulamak suretiyle bilgisayar tarafından proseslenmiştir (Şekil 4 ve 5). Bilgisayar tarafından yapılan tane boyutu sayım değerlerine bağlı olarak değişik parametrelere göre yüzde tane boyutu dağılımı hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 2-3 ve 4'te diğer değerler ile karşılaştırılması da Çizelge 5'te verilmiştir.



Şekil 3. Görüntü analiz yöntemi ile tane boyutu ölçülmesinde kullanılan Muğla beyaz mermer örnekleri dijital görünümü (ölçek uzunluğu 12 mm).



Şekil 4. Görüntü analiz yöntemi ile tane boyutu ölçülmesinde kullanılan Muğla beyaz mermer örnekleri ve segmentasyon görünümü (ölçek uzunluğu 12 mm).



Şekil 5. Görüntü analiz yöntemi ile tane boyutu ölçülmesinde kullanılan Partide yazılımı görünümü.

Çizelge 2. Muğla beyaz mermennin (Örnek No 1) görüntü analiz yöntemi ile tane boyu ölçüm parametrelerinin sonuçları.

Ölçüm Parametreleri	Örnek Nol	
Ölçüm Yapılan Alan (pixel)	500 x 407	
ölçüm Yapılan Alan (mm)	32.96 x 26.83	
ölçülen tane sayısı	3.031	
	Ortalama Tane Boyutu	Tane Boyut Dağılımı
Tanelerin X-Y yönündeki Max uzunluklarına göre	<1 mm % 81.26 1-2 mm % 16.99 >2 m m % 1.75	<0.12mm%20 0.12-0.31 mm%40 0.31-0.46 mm % 50 0.46-0.63 mm % 60 0.63-1.05 mm %80 1.05-».10mm%100
Tanelerin X-Y yönündeki Min uzunluklarına göre	<1 mm % 91.42 1-2 mm % 8.44 >2mm%0.14	<0.09 mm % 20 0.09-0.22 mm % 40 0.22-0.31 mm % 50 0.31-0.45 mm % 60 0.45-0.77 mm %80 0.77-3.03 mm %100
Daireye benzer tanelerin çapına göre	<1 mm % 93.69 1-2 mm % 6.27 >2 mm % 0.04	<0.10mm%20 0.10-0.23 mm % 40 0.23-0.35 mm % 50 0.35-0.46 mm % 60 0.46-0.74 mm %80 0.74-2.10 mm % 100
Elipse benzer tane uzunluğuna göre	<1 mm % 79.51 1-2mm % 18.47 >2 mm % 2.02	<0.07 mm % 20 0.07-0.31 mm % 40 0.31-0.47 mm % 50 0.47-0.64 mm % 60 0.64-1.10 mm %80 1.10-4.30 mm % 100
Elipse benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 96.37 1-2 mm % 3.59 >2 mm % 0.04	<0.01 mm%20 0.01-0.16 mm % 40 0.16-0.27 mm % 50 0.27-0.37 mm % 60 0.37-0.61 mm %80 0.61-2.40 mm %100
Dikdörtgene benzer tane uzunluğuna göre	<1 mm % 82.08 1-2 mm % 16.30 >2mm%1.62	<0.05 mm % 20 0.05-0.23 mm % 40 0.23-0.40 mm % 50 0.40-0.56 mm % 60 0.56-1.01 mm %80 1.01-4.10 mm %100
Dikdörtgene benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 94.52 1-2 mm % 5.41 >2 mm % 0.07	=0.01 mm%20 0.01-0.13 mm % 40 0.13-0.26 mm % 50 0.26-0.37 mm % 60 0.37-0.67 mm %80 0.67-2.80 mm %100
Tanelerin max uzunluğuna göre	<1 mm % 82.08 1-2 mm % 16.30 >2 m m % 1.62	<0.05 mm % 20 0.05-0.23 mm % 40 0.23-0.40 mm % 50 0.40-0.56 mm % 60 0.56-1.01 mm %80 1.01-4.10 mm %100
Tane sınırları ve merkezi arasındaki max mesafe	<1 mm % 97.06 1-2 mm % 2.90 >2 mm % 0.04	<0.03 mm % 20 0.03-0.13 mm % 40 0.13-0.23 mm % 50 0.23-0.32 mm % 60 0.32-0.57 mm %80 0.57-2.30 mm %100

Çizelge 3. Muğla beyaz mermerinin (Örnek No 2) görüntü analiz yöntemi ile tane boyu ölçüm parametrelerinin sonuçları.

Ölçüm Parametreleri	Örnek No 2	
ölçüm Yapılan Alan (pixel)	400 x 400	
Ölçüm Yapılan Alan (mm)	40.33 x 40.33	
Ölçülen tane sayısı	2.445	
	Ortalama Tane Boyutu	Tane Boyut Dağılımı
Tanelerin X-Y yönündeki Max uzunluklarına göre	<1 mm % 66.42 1-2 mm % 23.8 >2 mm % 9.78	<0.18mm%20 0.18-0.39 mm % 40 0.39-0.56 mm % 50 0.56-0.79 mm % 60 0.79-1.60 mm %80 1.60-6.80 mm %100
Tanelerin X-Y yönündeki Min uzunluklarına göre	<1 mm % 76.36 1-2 mm % 20.28 >2 mm % 3.36	<0.14mm%20 0.14-0.30 mm % 40 0.30-0.40 mm % 50 0.40-0.58 mm % 60 0.58-1.15 mm %80 1.15-4.50 mm %100
Daireye benzer tanelerin çapma göre	<1 mm % 78.69 1-2 mm % 19.01 >2 mm % 2.30	<0.20 mm % 20 0.20-0.28 mm % 40 0.28-0.42 mm % 50 0.42-0.62 mm % 60 0.62-1.09 mm %80 1.09-3.00 mm %100
Elipse benzer tane uzunluğuna göre	<1 mm % 65.31 1-2 mm % 23.56 >2 mm % 11.13	<0.10mm%20 0.10-0.43 mm % 40 0.43-0.62 mm % 50 0.62-0.86 mm % 60 0.86-1.69 mm %80 1.69-7.80 mm %100
Elipse benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 86.29 1-2 mm % 12.48 >2 mm % 1.23	<0.01mm%20 0.01-0.20 mm % 40 0.20-0.32 mm % 50 0.32-0.49 mm % 60 0.49-0.86 mm %80 0.86-2.70 mm %100
Dikdörtgene benzer tane uzunluğuna göre	<1mm%70.14 1-2 mm % 20.73 >2mm%9.13	<0.08 mm % 20 0.08-0.26 mm % 40 0.26-0.48 mm % 50 0.48-0.73 mm % 60 0.73-1.50 mm %80 1.50-6.80 mm % 100
Dikdörtgene benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 83.88 1-2 mm % 14.03 >2 mm % 2.09	<0.01 mm%20 0.01-0.13 mm % 40 0.13-0.28 mm % 50 0.28-0.47 mm % 60 0.47-0.92 mm %80 0.92-3.40 mm %100
Tanelerin max uzunluğuna göre	<1 mm % 70.14 1-2 mm % 20.73 >2mm%9.13	<0.07 mm % 20 0.07-0.26 mm % 40 0.26-0.48 mm % 50 0.48-0.73 mm % 60 0.73-1.50 mm %80 1.50-6.80 mm % 100
Tane sınırları ve merkezi arasındaki max mesafe	<1 mm % 87.23 1-2 mm % 11.09 >2mm%1.68	<0.04 mm % 20 0.04-0.14 mm % 40 0.14-0.28 mm % 50 0.28-0.42 mm % 60 0.42-0.85 mm %80 0.85-3.50 mm %100

Çizelge 4. Muğla beyaz mermerinin (Örnek No 3) görüntü analiz yöntemi ile tane boyu ölçüm parametrelerinin sonuçları.

Ölçüm Parametreleri	Örnek No 3	
Ölçüm Yapılan Alan (pixel)	500 x 444	
Ölçüm Yapılan Alan (mm)	25 x 22.2	
Ölçülen tane sayısı	2.440	
	Ortalama Tane Boyutu	Tane Boyut Dağılımı
Tanelerin X-Y yönündeki Max uzunluklarına göre	<1 mm % 83.48 1-2 mm % 14.27 >2 mm % 2.25	<0.09mm%20 0.09-0.25 mm % 40 0.25-0.36 mm % 50 0.36-0.52 mm % 60 0.52-0.94 mm %80 0.94-7.40 mm % 100
Tanelerin X-Y yönündeki Min uzunluklarına göre	<1 mm % 91.35 1-2 mm % 8.19 >2 mm % 0.46	<0.07 mm % 20 0.07-0.13 mm % 40 0.13-0.25 mm % 50 0.25-0.40 mm % 60 0.40-0.74 mm %80 0.74-2.90 mm % 100
Daireye benzer tanelerin çapına göre	<1 mm % 93.23 1-2 mm % 6.64 >2mm%0.13	<0.08 mm % 20 0.08-0.18mm%40 0.18-0.27 mm % 50 0.27-0.39 mm % 60 0.39-0.70 mm %80 0.70-2.80 mm %100
Elipse benzer tane uzunluğuna göre	<1 mm % 81.84 1-2 mm % 15.49 >2 mm % 2.67	<0.09 mm % 20 0.09-0.24 mm % 40 0.24-0.38 mm % 50 0.38-0.54 mm % 60 0.54-0.95 mm %80 0.95-6.70 mm %100
Elipse benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 96.27 1-2 mm % 3.56 >2mm%0.17	<0.01 mm%20 0.01-0.11 mm%40 0.11-0.20 mm % 50 0.20-0.31 mm%60 0.31-0.60 mm %80 0.60-3.20 mm %100
Dikdörtgene benzer tane uzunluğuna göre	<1 mm % 84.67 1-2 mm % 13.44 >2mm%1.89	<0.04 mm % 20 0.04-0.19 mm % 40 0.19-0.31 mm%50 0.31-0.48 mm % 60 0.48-0.89 mm %80 0.89-7.40 mm %100
Dikdörtgene benzer tane genişliğine göre	<1 mm % 94.01 1-2 mm % 5.82 >2mm%0.17	0.01 mm%20 0.01-0.09 mm % 40 0.09-0.19mm%50 0.19-0.31 mm%60 0.31-0.63 mm %80 0.63-2.70 mm %100
Tanelerin max uzunluğuna göre	<1 mm % 84.67 1-2 mm % 13.44 >2mm%1.89	<0.04 mm % 20 0.04-0.19 mm % 40 0.19-0.31 mm % 50 0.31-0.48 mm % 60 0.48-0.89 mm %80 0.89-7.40 mm %100
Tane sınırları ve merkezi arasındaki max mesafe	<1 mm % 96.72 1-2 mm % 3.15 >2mm%0.13	<0.02 mm % 20 0.02-0.12 mm % 40 0.12-0.18 mm % 50 0.18-0.28 mm % 60 0.28-0.52 mm %80 0.52-4.20 mm % 100

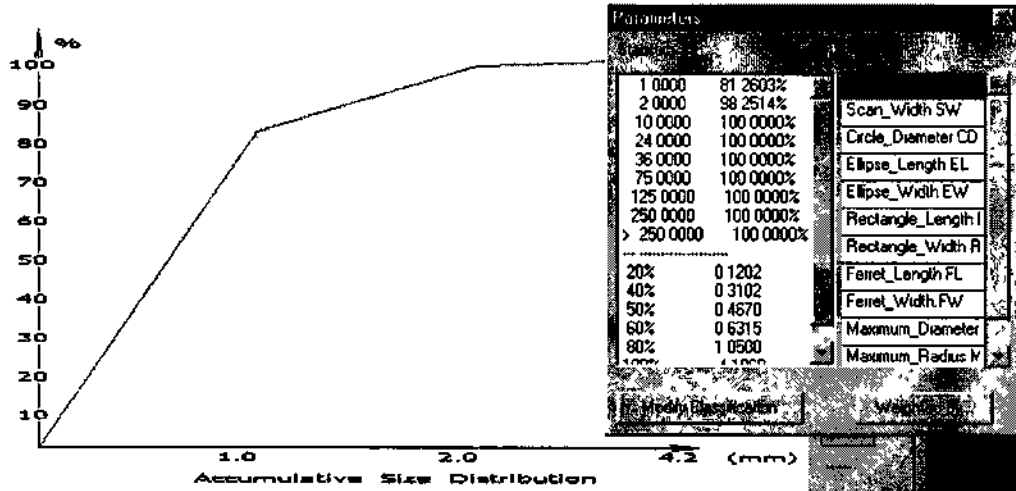


Tane boyutu ölçüm değerlerinin % dağılımları isteğe göre grafik ve histogram olarak alınabilmektedir. Örnek olarak, Muğla beyaz mermeri 1 nolu örneğe ait tanelerin X-Y yönündeki max uzunluklarına göre tane boyutları grafiği Şekil 6'da ve histogramı da Şekil 7'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 1, 2 ve 3 nolu örneklerde 1 mm altındaki ortalama tane boyutu oranı sırasıyla %88.66, %76.05 ve %89.58'dir. Buradan da görülmektedir ki Muğla beyaz mermerinin hakim tane boyutu 0-1 mm arasındadır. Bu dağılım aralığına ait detaylı bilgiler Çizelge 2, 3

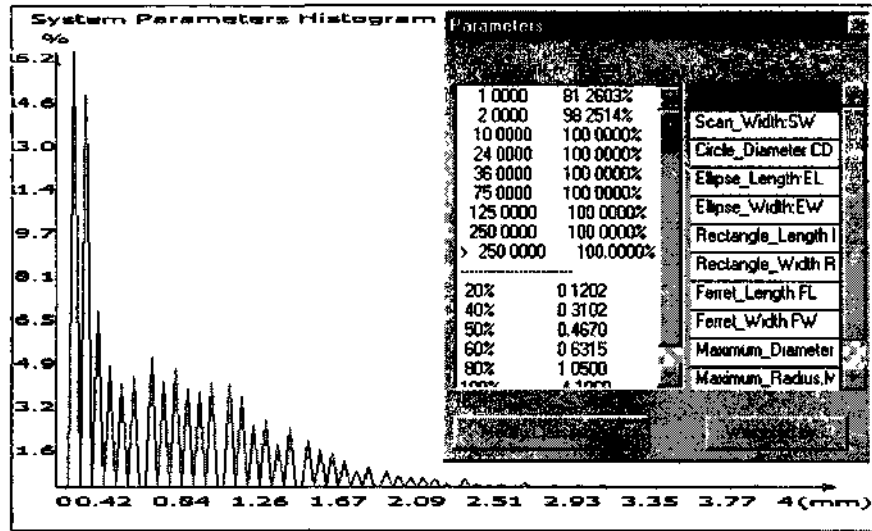
ve 4'te görülmektedir. 1-2 mm arasındaki ortalama tane boyutu oranı sırasıyla %10.52, %18.41 ve %9.32'dir. 2 nolu örneğin 1-2 mm arasındaki tane boyutu oranının diğer iki örneğe göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde 2 mm üzerindeki tane boyut oranı da diğer örneklerle göre daha yüksektir. Bu sonuçlar göstermiştir ki literatürde verilen Muğla beyaz mermerine ait tane boyut değerleri görüntü analiz yöntemiyle doğrulanmıştır. Bu yöntemin en önemli özelliklerinden birisi daha sen bir şekilde daha detaylı veriler elde edilebilmesidir.

Çizelge 5. Muğla beyaz mermerleri tane boyutlarının karşılaştırılması

Bölge	Tane boyutu	Referans			
Yatağan-Kestanecik Kozagaç	0.6-1.2 mm 1-2 mm	Kuşçu (1992)			
Yatağan	0.3-1.5 mm	Uz, Çoban ve Eren (1992)			
Menderes Masifi	0.5-5 mm	Kun, Güngör ve Erdoğan, (1999)			
Muğla Yatağan	0.8-2 mm	Bacakoğlu (Türkmen) ve Çalapkulu,(1999)			
Yatağan	0.06-1.2 mm	UzveÖzdamar(1999)			
Muğla beyaz (Yatağan)	Boyut	Örnek No 1	Örnek No 2	Örnek No 3	Görüntü analiz yöntemi (ortalama)
	<1 mm %	88.66	76.05	89.58	
	1-2 mm %	10.52	18.41	9.32	
	>2 mm %	0.82	5.54	1.20	



Şekil 6. Muğla beyaz mermeri 1 nolu örneğe ait tanelerin X-Y yönündeki Max uzunluklarına göre tane boyutları grafiği.



Şekil 7. Muğla beyaz mermeri 1 nolu örneğe ait tanelerin X-Y yönündeki Max uzunluklarına göre tane boyutları histogramı.

#### 4. SONUÇLAR

Mermerlerin en önemli fiziksel özelliklerinden birisi de tane boyutudur. Mermerlerde, rengin dışında makroskopik olarak incelenen ve ilk dikkat edilen özellik olup bazı durumlarda mermerlerin değerlendirilmesi sadece tane boyutuna da endekslenebilmektedir. Kullanım yerlerinin saptanmasında, cila alma kapasitesinde, su emme, basınç dayanımı gibi fiziko-mekanik özelliklerin tane boyutu ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle imalatçı firmalar ürünlerini tanıtırken kataloglarında tane boyutu değerlerini de vermektedirler.

Tane boyutu, geleneksel mikroskopik yöntemler ile ölçülmektedir. Binoküler mikroskopta parlatma ile polarizan mikroskopta ise ince kesitler yardımıyla ölçülebilmektedir. Daha gelişmiş bir yöntem olan SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile tane boyutu ölçülebilmektedir. Son yıllarda ise dijital ortamda görüntü analiz yöntemleri kullanılarak daha detaylı, hızlı ve hatasız olarak tane boyut ölçümleri yapılmaktadır. Farklı alanlarda uygulanmakta olan görüntü analiz teknikleri ile Muğla beyaz mermerinin tane boyutu Partide isimli bir bilgisayar yazılımı ile ölçülmüştür. Ölçüm değerlerine göre; 1, 2 ve 3 nolu örneklerde 1 mm altındaki ortalama tane boyutu oranı sırasıyla

%88.66, %76.05 ve %89.58'dir. Muğla beyaz mermerinin hakim tane boyutu 0-1 mm arasındadır. 1-2 mm arasındaki ortalama tane boyutu oranı sırasıyla %10.52, %18.41 ve %9.32'dir. 2 nolu örneğin 1-2 mm arasındaki tane boyutu oranının diğer iki örneğe göre daha yüksektir. Yine aynı şekilde 2 mm üzerindeki tane boyut oranı da diğer örneklerle göre daha yüksektir. Bu sonuçlar göstermiştir ki literatürde verilen Muğla beyaz mermerine ait tane boyut değerleri görüntü analiz yöntemiyle doğrulanmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Akesson, U., Lindqvist, J.E., Göransson, M., and Stigh, J. 2001. *Relationship Between Texture and Mechanical Properties of Granites, Central Sweden, by Use of Image-Analysing Techniques*. Bull Eng Geol Env 60:277-284.
- Anon (a), 2001; *Devlet Planlama Teşkilatı. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Endüstriyel Hammaddeler Altı Komisyonu. Yapı Malzemeleri II Çalışma Grubu Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*. Yayın No: DPT: 2616-ÖİK:627, 191 s. Ankara.

- Bacakoğlu (Türkmen), F. ve Çalapkulu, F., 1999. *Muğla Yöresi Mermerleri*. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s. 39-46, Ankara.
- Canan, S., 2004. *Stereolojik Metotlar*. <http://stereoloji.tripod.com/stereo.html>
- Çelik, M.Y., 2001. *Dış Mekanlarda Kullanılan Mermerlerde Doğal Bozuşmalar*. Mermer, Doğal Taş Sektörünün Dergisi, Yıl 6, Sayı:29, s.66-70, İzmir.
- Çelik, M.Y., 2002. *Mermer Jeolojisi Ders Notları*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksek Okulu, Mermer Teknolojisi Programı. (Basılmamış). Afyon.
- Çelik, M.Y., 2003. *İscehisar - Bolvadin (Afyon Doğusu) Arasındaki Paşadağ Yöresinin Jeolojisi ve Paşadağ Mermerlerinin Değerlendirilebilirliğinin İncelenmesi*. Doktora Tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi. 183 s. Ankara.
- Gökay, M.K., ve Gündoğdu, İ.B. 2001. *Mermer Renklerinin Sayısal Analiz Yoluyla Sınıflandırılması ve Mermer İşleme Tesislerindeki Kullanılabilirliği*. Madencilik Dergisi, Haziran-Eylül-Aralık 2001, s. 3-10, Ankara.
- Jerram., D.A. and Cheadle, M.J. 2000. *On the Cluster Analysis of Grains and Crystals in Rocks*. American Mineralogist, Volume 85, page 47-67.
- Kun, N., Güngör, T. ve Erdoğan, B., 1999. *Menderes Masifindeki Mermer Yataklarının Stratigrafik Konumları ve Özellikleri*. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, s. 47-53, İzmir.
- Kun, N. 2000. *Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi*. Tezer Matbaası. 149 s. İzmir.
- Kuşçu, M. 1992. *Kestanecik ve Kozağaç (Yatağan-Muğla) Mermer Yataklarının Jeolojik ve Ekonomik Özellikleri*. Jeoloji Mühendisliği, s. 41,23-36.
- Lumbreras, F., and Serrât, J. 1996. *Segmentation of Petrographical Images of Marbles*. Computers & Geosciences 22, (1996), pp 547- 558.
- Maerz, N. H., Bennett, C. P., Dony, B. A. 1987a. *Microcomputer Image Analysis of Rock Fabric*. 1st. Can. Symp. on Microcomputer Applications to Geotechnique., Regina, Canada, pp. 269-275.
- Maerz, N. H., Franklin, J. A., Rothenburg, L., and Coursen, D. L. 1987b. *Measurement of Rock Fragmentation by Digital Photoanalysis*. ISRM. 6th Int. Cong. on Rock Mechanics, Montreal, Canada, v 1, pp. 687-692.
- Maerz, N. H., Palangio, T. C., and Franklin, J. A. 1996. *WipFrag Image Based Granulometry System*. Proceedings of the FRAGBLAST 5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, Montreal, Quebec, Canada, 23-24 Aug., 1996, pp. 91-99
- Onargan, T., Deliormanli, A.H., Saydam, S ve Hacımustafaoğlu, S.R. 1997. *Mermerlerde Yüzey Sertliğinin Dayanıma Olan Etkisinin Araştırılması*. II. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı s. 29-34. Afyon.
- Ozuloğul, A., ve Erdoğan, M. 1995. *Mermerlerde Yüzey Parlaklığının Görüntü Analizi Yöntemi ile Ölçülmesi*. 1. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı s. 37-44. Afyon.
- Sarı, D., ve Yavuz, H. 2000. *Mermer Parlaklığının Nicel Tanımı*. Mersem 2001. Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.265-275, Afyon.
- Sarıışık, A., Çelik, M.Y., ve Gürçan, S., 2003; *Karbonat Kökenli Mermerlerin Mineralojik-Petrografik Özelliklerinin Fiziko-Mekanik Parametrelere Olan Etkileri*. Süleyman Demirel Üniversitesi 20 Yıl Mühendislik Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, s.203. İsparta.
- Uz, B. ve Özdamar, Ş. 1999. *Yatağan (Muğla) Mermerleri Jeolojik-Petrografik-Kimyasal Etüd ve Değerlendirilmesi*. Türkiye'de Mermer Yapı ve Dekorasyon Dergisi, Sayı: 62-63, s.42-52.
- Wang, W., 2004. *Partide Analysis by Using Partide Program*. <http://www.imerco.se/zipfile/lect-lul3.pdf>