



## USABILITY OF RADYOLARITE ROCK OF KÜTAHYA -ILICA REGION IN NATURAL STONE SECTOR

Mehmet. DEMİRBILEK\* & İsmail TOPAL\* & Hamdi AKÇAKOCA\*  
& Veli UZ\*\* & İskender IŞIK\*\*

\* Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

\*\* Dumlupınar Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

### ABSTRACT

In this study, the usability of radyolarit rock that is found in Kutahya – Ilıca Region in natural stone sector is worked out. Within this framework, firstly the geology of the region and the formation of the Radyolarite rock is examined. Rock mechanic experiments are applied to the rock samples that are taken from various parts of the region, in the laboratories of Dumlupınar University, Mining Engineering Department. The experiment results are compared to some natural stones and International standarts. The radyolarite rock has a very hard structure because of originating from compact, planktonic and pelagic, silica skeletons. As a result of comparing experiment results with other natural stones, it was concluded that radyolarite rock can be used as a covering stone in construction sector and it can provide a decorative view in buildings with its red appearance. By this study, it was determined that the rock can be utilized in the same way as other natural stones and it may have a good place in the market.

**Key words:** *Radyolarite, Radyolarite's rock mechanics property, natural stone's standards*

## KÜTAHYA - ILICA BÖLGESİ RADYOLARİT KAYACININ DOĞALTAŞ SEKTÖRÜNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

### ÖZET

Bu çalışmada, Kütahya-Ilıca bölgesinde bulunan Radyolarit kayacının doğal taş sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda öncelikle, bölgenin jeolojisi ve kayacın oluşumu incelenmiştir. Bölgenin değişik kesimlerinden alınan kayaç numunelerine, kaya mekaniği deneyleri uygulanmıştır. Elde edilen deney sonuçları bazı doğal taşlara ait değerlerle ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır. Kayaç, kompakt (sıkı), planktonik ve pelajik tek hücreli ökaryotik silis iskeletlerinden oluşması nedeniyle oldukça sert bir yapıya sahiptir. Deney sonuçları, diğer kayaçlarla karşılaştırılmalı olarak incelendiğinde, kayacın kaplama taşı, zemin döşeme taşı ve çevre düzenleme taşı olarak kullanılabilmesi, ayrıca kırmızı rengi ile oldukça dekoratif bir görünüm sağlayacağı ve bu pazarda kendine yer edinebileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Radyolarit, Radyolarit'in kaya mekaniksel özellikleri, Doğaltaş standartları*

## 1.GİRİŞ

Radyolarlar (Radiolaria) geniş bir denizel, planktonik ve pelajik tek-hücreli ökaryotik organizmalardır. Karakteristik olarak, endoplazma (yumuşak kısım) içeren zarlı (membran) bir kapsülü saran delikli bir kabuk ve spikül, diken, çubuğumsu yapılardan oluşan değişik morfolojiye sahip kafesten ibaret silisli veya stronsiyum sülfatlı bir iskelete sahiptirler. Radyolaryaların geneli çok küçük, bir kısmı gözle görülebilir büyüklüktedir. Kapsül etrafında ışınal yapıdaki yalancı ayaklar (psödopoda) nedeni ile bu ismi almışlardır. Özellikle, kalkerli organizmaların çözünüp gittiği yerlerde büyük önem kazanırlar. Devoniyen, Jura ve Tersiyer gibi bazı formasyonların kayaç oluşumlarında önemli rol oynamışlar ve radyolarit denen kayaçları oluşturmuşlardır.

Radyolarit (Radiolarite) esas olarak zooplankton diye bilinen radyolaryaların silisli kabuklarından oluşan kompakt (sıkı) silisli bir sedimanter kayaçtır. Kayacı oluşturan sediment, radyolaryaya çamuru olarak adlandırılır. Çökelme esnasında derinlik arttıkça narin iskeletlerin çözünürlüğü de artar, tabana iniş hızı veya sedimantasyon hızı yavaşsa bu iskeletlerin yalnız dayanıklı kesimleri fosilleşir. İşte bu malzemeden oluşan kırmızı çamurlarda radyolaritlerin yalnız dayanıklı kesimlerine rastlanması bu nedendir [1].

Bu çalışma ile Kütahya – Ilıca bölgesinden alınan radyolarit kayacının özellikleri jeolojik, kimyasal ve kaya mekaniksel olarak incelenmiş ve bu kayacın doğaltaş sektöründe değerlendirilebilirliği araştırılmıştır.

## 2.BÖLGENİN JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ

Kütahya – Ilıca bölgesini de içine alan (Şekil 1) inceleme alanında en yaşlı birimi Üst Kretase yaşlı Beşçam formasyonu oluşturmakta olup, bunların üzerine Orta-Üst Miyosen yaşlı tüf, tüfit, aglomera, kireçtaşı ve dolomit birimlerinden oluşan Tavşanlı volkanitleri diskordan olarak gelmektedir. Bu birimin üzerine ise Geç Pliyosen – Kuvaterner yaşlı Karacaören volkanitleri uyumlu olarak gelmiştir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ve traverten birimleri ise diğer birimleri diskordan olarak örtmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Yer bulduru haritası [2].

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	STRATİGRAFI BİRİMİ	SİMGELER	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER		ALÜVYON	Qal		Alüvyon	
			TRAVERTEN	Qtr		Traverten	
	TERSIYER NEOJEN	PLİYOSEN	KARACAÖREN VOLKANİTLERİ	Tk		Açsıl Diskordans	
						Boz, siyah, kısmen kahverengi renkli bazalt	
	MİYOSEN	TAVŞANLI VOLKANİTLERİ	Tt		Marn arakatlı ince tabakalı kireçtaşı		
					Kırmızı renkli, sert, bol kırıklı tüf ve tüfit		
	MESOZOYİK	KRETASE		BEŞÇAM MELANJİ	Kbm		Kırmızı renkli, sert, silisifiye çörtlü kireçtaşı
							Beyaz renkli yumuşak alt seviyeli aglomera olan tüfit
							Açsıl Diskordans
							Serpantin, peridotit, hornfels ve radyolarit

Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş tektono-stratigrafik dikme kesiti (Ölçeksiz) [2].

Beşçam melanjı çalışma sahasında serpantin, peridotit, hornfels ve radyolaritler ile temsil edilmektedir. Vıçıl [3] birimi Yalamapınar Karmaşık serisi olarak ele alırken, Okay [4] Ofiyolitik karmaşık, Akat ve diğ. [5] Renkli Melanj, Ergül ve diğ. [6] Yayla Melanjı olarak tanımlamışlardır. Çalışma sahası kuzeyindeki Beşçam bölgesi civarında birime ait bütün litolojiler gözlemlendiğinden bu birime tarafımızdan Beşçam melanjı (Şekil 3) adı verilmiştir [2].

Sahada serpantin bol kırıklı yeşil renkli seviyeler halinde bulunmaktadır. Ayrışma yüzeyleri koyu gri, koyu yeşil renkli; kırılma yüzeyleri ise zeytuni siyah, koyu yeşil ve açık yeşil

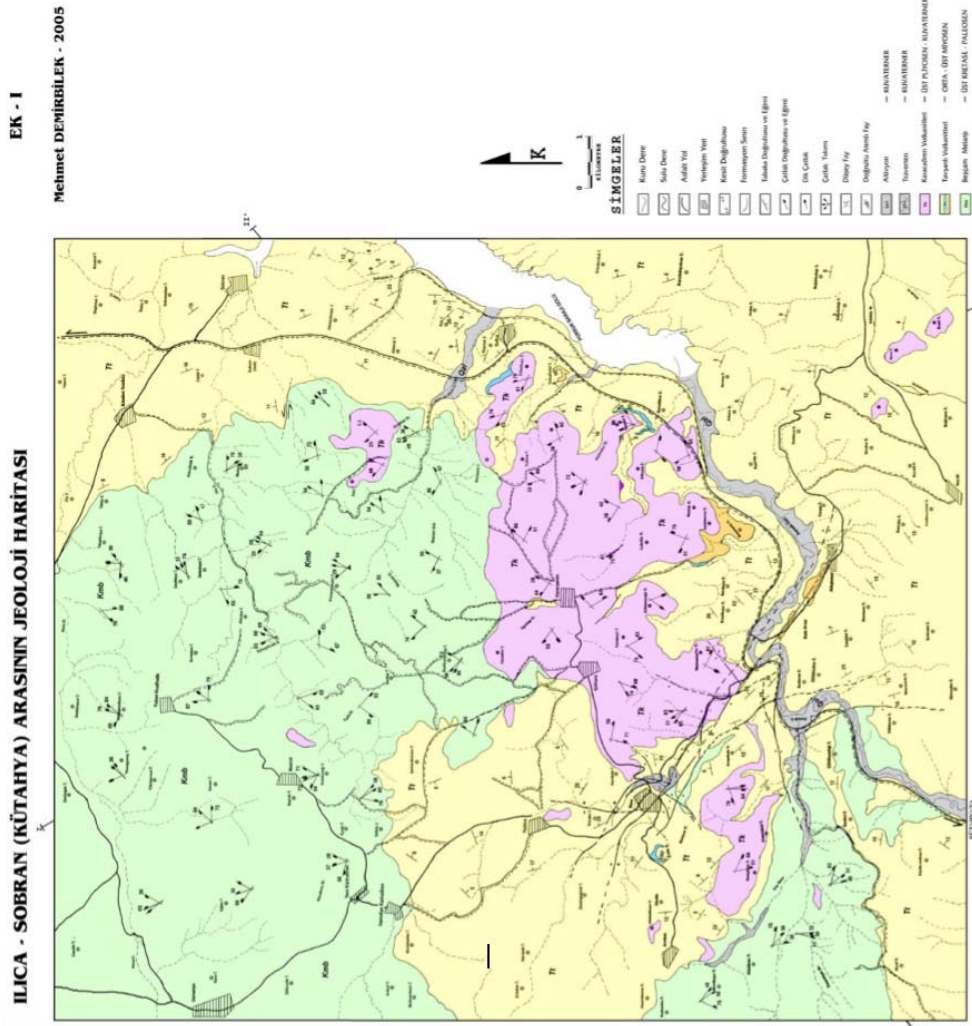
renklidir. Eklemlı, bol çatlaklı olup, kırılğan bir dokuya ve cilalı, kayğan yüzeylere sahiptirler. Peridotit; yeşil renkli, sert, bol kırıklı olup boşlukları yer yer magnezit ile doldurulmuştur. Hornfelsler de bol kırıklı, erime boşluklu, kırmızımsı, açık kırmızımsı olup, ekseri peridotitlerin üst kısımlarında fay ve kırık zonlarında yaygındır. Radyolaritli seviyeler kırmızı renkli sert, Kavak değirmeni civarlarında masif, Avdankuyu mevkinde ise ince tabakalı, çalışma sahasının bazı bölgelerinde bol kırıklı olarak gözlenmektedir (Şekil 3-4).



Şekil 3. Kavak değirmeni kuzeyinde gözlenen masif, kırmızı renkli, sert radyolarit seviyesinin görünümü



Şekil 4. Kütahya – Ilıca bölgesi radyolarit ocağı



Şekil 5. Ilıca-Sobran (Kütahya) arasının Jeoloji Haritası [2].

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kütahya-İlıca radyolarit kayacı, ocak olarak belli bir süre işletilmiştir. Ancak bu süreçte kayacın herhangi bir kaya mekaniksel özelliği saptanmamıştır. Kayaç geometrik durumu itibarıyla ince ve orta kalınlıkta tabakalı bir yapı göstermektedir.

Bu çalışmada, ticari anlamda kayrak taşı olarak da ifade edilen Kütahya – Ilıca bölgesi radyolarit kayacının özelliklerinin belirlenebilmesi için aşağıdaki kaya mekaniksel deneyler Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü kaya mekaniği laboratuvarında yapılmış, elde edilen sonuçlar tablolarda belirtilen doğal taşların kaya mekaniksel özellikleri ve uluslararası doğal taş standartları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan deneyler;

- Tek eksenli basınç dayanımı deneyi
- Endirekt çekme dayanımı (Brasilian) deneyi
- Üç eksenli basınç dayanımı deneyi
- Sertlik belirleme deneyi
- Aşınma dayanımı deneyi
- Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi
- Suda dağılma dayanımı deneyi
- Su içeriği tayini ve doluluk oranı belirleme deneyi
- Yoğunluk-Birim hacim ağırlık tayini deneyi
- Porozite belirleme deneyi

#### a) Tek eksenli basınç dayanımı deneyi

Radyolarit kayacından ISRM (1981)[7] standartlarına uygun olarak NX(54,7 mm) çapında ve 110 mm. boyunda 10 adet karot numunesi hazırlanmış ve hidrolik pres altında tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçların ortalaması alınarak radyolarit kayacının tek eksenli basınç direnci bulunmuştur. Deney sonuçlarının standart sapması 100,5 olarak hesaplanmıştır. Standart sapma değerinin yüksek çıkmasının nedeni radyolarit kayacının homojen bir yapıya sahip olmamasından kaynaklanmaktadır. Bazı doğal taşların ve radyolarit kayacının tek eksenli basınç dayanımı değerleri Tablo 1’de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Kütahya – Ilıca bölgesi Radyolaritleri ve bazı doğal taşların tek eksenli basınç dayanımı değerleri [8,9].

Doğal Taşlar	Tek Eksenli Basınç Değerleri (Kgf/cm <sup>2</sup> )
Royal Bej	1364
<b>Radyolarit</b>	<b>988</b>
Traverten(Klasik)	900
Afyon Beyaz	701
Muğla Beyaz	600

Hakiki mermerlerin basınç dayanımı TS 10449'a göre merdiven basamağı ve yer döşemesinde 500 kgf/cm<sup>2</sup>, duvar kaplamalarında ise 300 kgf/cm<sup>2</sup> den büyük olmalıdır [10]. Kireçtaşlarında ise TS 11137' ye göre döşeme, zemin vb. yük taşıyıcı mekânlarda en az 500 kgf/cm<sup>2</sup>, dekorasyon, süs ve duvar kaplamalarında ise en az 300 kgf/cm<sup>2</sup> olmalıdır [11]. Tablo 1'de görüldüğü gibi radyolarit kayacının tek eksenli basınç direnci değeri diğer doğal taşların tek eksenli basınç direncinden oldukça yüksektir ve uluslar arası doğaltaş standartlarına uygundur. Yukarıda belirtilen tek eksenli basınç dayanımı değerlerine dayanarak radyolarit kayacının kaplama taşı ve yer döşemesi olarak kullanılabilceği anlaşılmaktadır.

#### b) Endirekt çekme dayanımı (Brasilian) deneyi

Kayaçtan ISRM [7] ve CANMET [12] standartlarına uygun olarak 54,7 mm (NX) çapında ve 27 mm. boyutunda 10 adet karot numunesi hazırlanmış ve hidrolik pres altında indirek çekme basıncı dayanımı deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçların ortalaması alınarak radyolarit kayacının indirek çekme dayanımı değeri bulunmuştur. Bu deney sonuçlarının standart sapması 1,25 olarak bulunmuştur. Bazı doğal taşların ve radyolarit kayacının indirek çekme dayanımı değerleri Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

**Tablo 2.** Radyolarit kayacı ile bazı doğal taşların Endirekt Çekme Değerlerinin Karşılaştırılması [9].

Doğal Taşlar	Endirekt Çekme Dayanımı (Kgf/cm <sup>2</sup> )
Afyon beyaz	39
Söğüt Bej	68
Denizli Traverten	41
<b>Radyolarit</b>	<b>115</b>

Doğal taşlar üzerine uygulanan çekme direncine taşın sertliği ve içerisindeki süreksizlikler etki etmektedir. Bu özelliklerden sertlik doğal taşların çekmeye karşı dirençlerini arttırmaktadır. Bunun yanında bünyelerindeki süreksizliklerin fazla olması çekme



dayanımlarının olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır [13]. Tablo 2’de görüldüğü gibi radyolarit kayacının gerek jeolojik oluşumu gerekse silis içeriği nedeniyle indirekt çekme direnci diğer doğal taşlara oranla oldukça yüksektir.

### c) Üç eksenli basınç dayanımı deneyi

Kayaçtan ISRM [7] standartlarına uygun olarak 54,7 mm (NX) çapında ve 110 mm boyutunda 9 adet karot numunesi hazırlanarak Hoek hücrelerinde üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneyler üç farklı yan basınç için üçer adet numuneye uygulanmış ve her yan basınç için ortalama değerler bulunmuştur (Tablo 3).

**Tablo 3.** Kütahya –Ilıca bölgesi radyolarit kayacına ait 3 eksenli basınç dayanımı değerleri.

Deney No	Yan basınç (Bar)	Kırılma basıncı (KN)	Standart Sapması
1	100	485,9	69,3
2	200	578,1	5,4
3	300	675,6	44,6

### d) Sertlik Belirleme Deneyi

Kayacın sertlik değerinin tespit edilebilmesi için Schmidt çekici kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucu kayacın Schmidt değerinin 57 olduğu tespit edilmiştir. Deney sonuçlarının standart sapması ise 3,16 olarak hesaplanmıştır. Bulunan Schmidt çekici değerine göre kayaç sertliği tasfiri Mohs sertlik skalasında 8-9 değerlerine tekabül etmektedir. Buna göre kayaç oldukça sert kayaçlar sınıfına girmektedir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Schmidt Sertlik Sınıflaması [14].

Schmidt Çekici Değeri (Value)	Tasvir Terimi	Mohs Sertlik Sırası
0 – 10	Yumuşak	1
10 – 20	Az Yumuşak	2 – 3
20 – 40	Az Sert	4 – 5
40 – 50	Sert	6 – 7
50 – 60	Oldukça Sert	8 – 9
> 60	Sert	10

Kayacın belirlenen sertlik değeri kullanılan bazı doğal taşlarla karşılaştırılmış ve kullanılmakta olan doğal taşlardan daha sert bir yapıda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Çeşitli Doğal Taşların Mohs Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması [7].

Doğal Taşlar	Mohs Sertlik Değeri
Afyon Beyazı	3
Muğla Beyaz	3
Söğüt Bej	3 – 4
Afyon Traverten	3,5
Denizli Traverten	4
<b>Radyolarit</b>	<b>8 – 9</b>

**e) Aşınma dayanımı deneyi**

Bilindiği gibi yer kaplaması olarak kullanılacak taşlar için aşınma dayanımı önemlidir. Yapılan deneyler sonucunda radyolarit kayacının sürtünme ile aşınma kaybı değeri  $7,875 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  olarak tespit edilmiştir. Deney sonuçlarının standart sapması 0,74 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, kayacın aşınma dayanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Tablo 6’da bazı doğal taşlarla çalışma konusu kayacın aşınma dayanımı değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 6.** Çeşitli doğal taşların aşınma kaybı değerlerinin karşılaştırılması [9].

Doğal Taşlar	Aşınma kaybı ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )
<b>Radyolarit</b>	<b>7,875</b>
Afyon Beyaz	25,4
Muğla Beyaz	32,36
Söğüt Bej	16,7
Denizli Traverten	28,7

Hakiki mermerlerin TS 10449’ a göre döşeme kaplaması, merdiven basamağı ve benzeri yer döşemelerinde  $15\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ , duvar kaplamasında ise  $25 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  den küçük olması gerekir [10]. Kireç taşlarında ise TS 11137’e göre yük taşıyıcı mekânlarda kullanılacaklar için en çok  $10 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ , dekorasyon, süs ve duvar kaplamalarında kullanılacak kireç taşları için en çok  $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$  olmalıdır [11]. Tablo 6’da görüldüğü gibi radyolarit kayacının aşınma dayanımı değeri uluslar arası doğaltaş standartlarına uygundur.

**f) Ağırlıkça ve hacimce su emme deneyi**

Kayaç numunelerine RILEM ve TSE 8615’e göre ağırlıkça ve hacimce su emme deneyleri uygulanmıştır [15,16]. Deney sonuçlarından, ağırlıkça su emme deneyi sonuçlarının standart sapması 0,05 hacimce su emme deney sonuçlarının standart sapması ise 0,06

olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuca göre radyolarit kayacına ve bazı doğal taşlara ait değerler Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo7.**Çeşitli doğal taşların ağırlıkça ve hacimce su emme değerlerinin karşılaştırılması[9].

Doğal Taşlar	Ağırlıkça su emme (%)	Hacimce su emme %
<b>Radyolarit</b>	<b>0,138</b>	<b>0,33</b>
Afyon Beyaz	0,1	0,2
Muğla Beyaz	0,2	0,5
Söğüt Beyaz	0,244	0,659
Afyon Traverten	1,2	2,4
Denizli Traverten	1	2,3
Andezit (Ankara Gölbaşı)	4	8,4

Hakiki mermerlerde atmosfer basıncında su emme TS 10449’a göre kütlece % 0.4’den küçük olmalıdır [10]. Travertende ise atmosfer basıncında su emme TS 11143’e göre kütlece % 3’den fazla olmamalıdır [17]. Kayacın gerek ağırlıkça, gerek hacimce su emme oranı düşük, bir başka deyişle doluluk oranı fazladır. Doluluk oranının fazla olması gözeneklilik derecesinin düşük olduğunu göstermektedir. Tablo 7’de görüldüğü gibi radyolarit kayacının ağırlıkça ve hacimce su emme değeri uluslar arası doğaltaş standartlarına uygundur.

#### g) Suda Dağılma Dayanımı

Suda dağılma dayanımı deneyi zayıf ve kil içeren kayaçların sınıflandırılması ve karşılaştırılmasında kullanılmaktadır [13]. Radyolarit kayacı numunelerine ISRM’ in [7] önerdiği yöntemlere göre suda dağılma dayanımı deneyi yapılmış ve dayanımı % 98,6 olarak bulunmuştur. Tablo 8’de gösterilen indeks’e göre değerlendirildiğinde dağılma sınıflaması değeri çok yüksek olarak bulunmuştur.

**Tablo 8.** Suda dağılmaya karşı duyarlılık indeksi – plastisite indeksi sınıflaması [18].

İndeks Değeri (%)	Dağılma dayanımı sınıflaması
0 – 30	Çok düşük
30 – 60	Düşük
60 – 85	Orta derecede
85 – 95	Orta yüksek
95 – 98	Yüksek
98 – 100	Çok yüksek

#### h) Su içeriği tayini ve doluluk oranı belirleme deneyi

Kayaç numunelerinin gözeneklerinde içerdiği suyun ağırlığının, kuru numunenin ağırlığına oranını belirlemek amacıyla yapılan bir işlemdir. Yapılan deneyler sonucu kayacın su içeriği % 0.37 bulunmuştur. Bu veriye göre kayacın doluluk oranı % 99.63 tür. Bu kayacın bazı doğal taşlarla doluluk oranının karşılaştırılması Tablo 9'da verilmiştir.

**Tablo 9.** Çeşitli doğal taşların doluluk oranlarının Radyolarit kayacı ile karşılaştırılması [9].

Doğal Taşlar	Doluluk Oranı ( % )
<b>Radyolarit</b>	<b>99,63</b>
Afyon Beyaz	99,3
Muğla Beyaz	99,3
Söğüt Bej	98,9
Afyon Traverten	92,59
Denizli Traverten	91,9

Hakiki mermerlerde TS. 10449'a göre doluluk oranı %98 den büyük olmalıdır [10]. TS. 8615 standartlarına göre hakiki mermerlerde doluluk oranı % 98' den az olmamalıdır. Travertenlerde ise bu değer %88 olarak belirtilmektedir [16]. Elde edilen verilere göre kayaç T.S. 8615 ve TS. 10449'a uygundur. Tablo 9'da görüldüğü gibi radyolarit kayacının doluluk oranı uluslar arası standartlara uygundur.

#### i) Yoğunluk-Birim Hacim Ağırlık tayini deneyi

Yoğunluk, birim hacimdeki cismin ağırlığının + 4 C° deki aynı hacimdeki saf suyun ağırlığına oranıdır. Taşın özgül ağırlığı içerdiği minerallere ve mineralojik yapısına bağlı olarak değişir. Taşın birim hacim ağırlığı kayaç içerisindeki boşluk, çatlak ve su miktarına göre değişmekte olup, mineralojik bileşime, fiziksel ve mekanik özelliklerine de bağlıdır. Numune ağırlığının toplam hacme bölünmesi ile bulunmaktadır [13].

Yapılan deneyler sonucu Radyolarit kayacının yoğunluğu yaklaşık 2,57 gr/cm<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu değer bazı doğal taşlarla karşılaştırılarak Tablo 10'da verilmiştir;

**Tablo 10.** Radyolarit kayacı ve bazı doğal taşların yoğunluklarının karşılaştırılması [14].

Doğal Taşlar	Yoğunluğu ( gr/cm <sup>3</sup> )
<b>Radyolarit</b>	<b>2,57</b>
Afyon Beyaz	2,75
Muğla Beyaz	2,71
Söğüt Bej	2,73
Denizli Traverten	2,72
Afyon Traverten	2,64

TS. 2513 (doğal yapı taşları)'a göre doğal taşlar en az 2,55 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğunda olmalıdır [19]. Tablo 10'da görüldüğü gibi radyolarit kayacının yoğunluğu doğaltaş standartlarına uygundur.

#### j) Porozite Deneyi

Kayaç içerisinde bulunan boşluklar olarak tanımlanan porozite, bir kayacın içerisinde bulunan boşluk hacminin, kayacın tüm hacmine olan oranı olarak ifade edilir ve % olarak gösterilir [13]. Mermerler içerisinde porozite istenmeyen bir durumdur. Mermerin su emme kapasitesiyle doğru orantılı olan porozite yüzdesi ne kadar büyürse, mermerin ekonomikliği de o derece azalmaktadır [20]. Yapılan deneyler sonucunda Radyolarit kayacının porozitesi %0,4 olarak bulunmuştur. Elde edilen verilere göre kayacın porozitesi Afyon Beyazı doğal taşı hariç diğer doğal taşların porozitesinden düşüktür (Tablo 11).

**Tablo 11.** Radyolarit kayacına ait porozite yüzdesinin bazı doğal taşlarla karşılaştırılması [14].

Doğal Taşlar	Porozite (%)
<b>Radyolarit</b>	<b>% 0,4</b>
Afyon Beyazı	% 0,2
Muğla Beyazı	% 0,5
Söğüt Bej	% 0,6
Denizli Traverten	% 2,3
Afyon Traverten	% 2,9
Andezit	% 8,4

TS. 10449'a göre mermerlerin porozitesi %2 den küçük olmalıdır [10]. Tablo 11'de görüldüğü gibi Radyolarit kayacının porozitesi yani boşluk oranı diğer bazı doğal taşlara oranla düşüktür ve uluslar arası doğaltaş standartlarına uygundur.

#### k) XRF Analizi sonuçları

Bölgeden alınan Radyolarit kayaç numunelerine XRF analizleri yapılmış ve Tablo 12'deki sonuçlar bulunmuştur.

**Tablo 12.** Radyolarit numunesi XRF analizi sonuçları

SEMBOL	SONUÇLAR	KONSATRASYON
MgO	20.27 %	0.11 %
CaO	29.04 %	0.05 %
SiO <sub>2</sub>	8.815 %	0.030 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.518 %	0.008 %
SO <sub>3</sub>	0.4827 %	0.0031 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4350 %	0.0077 %
SrO	593.8 µg/g	2.0 µg/g
Ba(Barium)	499.0 µg/g	6.2 µg/g
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	186.7 µg/g	2.1 µg/g
Sb(Antimony)	259.6 µg/g	2.1 µg/g
NiO	136.4 µg/g	3.8 µg/g

Verilen XRF sonuçlarına göre kayaç % 20,27 MgO, %29,04 CaO ve % 8,8 SiO<sub>2</sub> içermektedir. Buna göre kayacın sertliğinin içerdiği Mg ve Si'dan kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.SONUÇ

Bütün doğal taşların kullanım yerine uygun hale getirilebilmesi için tekno-mekanik özelliklerinin en iyi şekilde bilinmesi ve bu özelliklerin ilgili standartlara uygun olması gereklidir [21]. Radyolarit kayacına uygulanan kaya mekaniksel deney sonuçları incelendiğinde, kayacın oldukça sert, basınca, aşınmaya ve suya karşı mukavemetinin yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Kütahya-Ilıca bölgesi radyolarit kayacı oluşumu itibariyle sedimanter bir yapı arz etmektedir. Bu nedenle, kayacın geometrik durumu incele-orta kalınlıkta tabakalı bir yapıdadır. Dolayısıyla blok alınarak işlenmesi söz konusu değildir ve kayacın blok verimi açısından değerlendirilmesi gerekmemektedir. Deney sonuçlarında görüldüğü gibi radyolarit kayacının tüm kaya mekaniksel özellikleri uluslararası doğal taş standartlarına uygundur. Bu nedenle, kayacın kullanımı levha ve plaka şeklinde, ocaktan alındığı gibi, isteğe bağlı olarak düzenlenip (Yalnızca kenar kesim işlemleri yapılmalıdır), çevre düzenlemesi, doğal duvar kaplaması ve zemin döşeme alanlarında kullanımı mümkündür. Kütahya-Ilıca bölgesi radyolarit kayacı belirtilen alanlarda kullanımı ile kullanım alanına dekoratif bir görünüm katacaktır .

## KAYNAKLAR

- [1] Alkaya, F., “Paleontoloji II (Mikrofosiller)” Selçuk Üniversitesi Müh.Mim.Fak. ders notları yayın no:43, Konya, 1998
- [2] Demirbilek, M., “Ilıca-Sobran (Kütahya) arasının jeolojisi” Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya,2005
- [3] Vıçıl, M., 1982, Gümüşköy (Kütahya) Aktepe Pb – Zn – Sb – Ag cevherleşmesi; Ege Üniv. Yerb. Fak. Dok. Tezi, 258 s.
- [4] Okay, A. İ., 1986, High pressure / low temperature metamorphic rocks of Turkey; in Blueschist and ecklogites, (Eds: B. W Evans and E. H. Brown) Geol. Soc. Amer. Memoir. V. 164, 333 - 347.
- [5] Akat, U., Çağlayan, A. ve İvak, M., 1978, Dursunbey-Orhaneli-Susurluk-Kepsut arasındaki sahanın jeolojisi; Maden Tetkik ve Arama Enst. Derl. Rap., 6618, 38 s.
- [6] Ergül, E., Gözler, Z. ve Akçören, F., 1986, 1:100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi, Balıkesir F-6 paftası; Maden Tetkik ve Arama Enst. Jeol. Et. Dai., 11 s.
- [7] ISRM (International Society for Rock Mechanics), Suggested method for determining point load strength. Int.J.Rock,1981.
- [8] Altıntaş, marble industry and trading co. Inc. (katalog)-Yalova
- [9] İstanbul Maden İhracatçıları Birliği (İ.M.İ.B.), Türkiye Doğal Taşları, İstanbul – Nisan 201
- [10] T.S. 10449, Mermer – Kalsiyum karbonat esaslı – yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, 1.baskı, G.T.İ.P. 25.15.11-25.15.12, U.D.K. 691.214.8 ,Ankara – Kasım 1992
- [11] T.S. 11137, Kireçtaşı (kalker) –yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, 1. baskı, G.T.İ.P. 25.15.12 , U.D.K. 552.54:691.215, Ankara – Kasım 1993
- [12] CANMET, 1977A., Laboratory classification tests. In Pit Slope Manuel of CANMET, Supplement 3-1, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report.
- [13] Önce, G.,Topal, İ., “Kaya mekaniği deneyleri” Dumlupınar Üniversitesi Yayın No:18, Kütahya, 2005
- [14] Şentürk A., Gündüz L., Tosun Y., İ., Sarıışık A., Mermer Teknolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta – Mart 1910

- [15] RILEM, 1980, Recommended tests to measure the deterioration of Stone and to assess the effectiveness of treatment methods. Commission 25-PEM, Material and Structures.
- [16] T.S. 8615 kayaçların su muhtevası, yoğunluk ve porozitesi
- [17] T.S. 11143 , Traverten – yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan , 1.baskı , G.T.İ.P. 25.15.12, U.D.K. 552.54:691.215, Ankara – Aralık 1993
- [18] Gamble, J.C., 1971, Durability – Plasticity clasification of shales and other argillaceous rocks PhD thesis, University of Illinois(unpublished).
- [19] T.S. 2513, Doğal Yapı Taşları, birinci baskı, UDK. 691.2:620.1, Ankara – Şubat 1975
- [20] Uysal, Ö., Akçakoca, H., Topal, İ., Bazı doğal taşların tekno-mekanik özellikleri ve uygun kullanım alanlarının belirlenmesi, MERSEM 2003, Afyon.
- [21] Akçakoca, H., Uysal, Ö., Topal, İ., Mermerlerin kalite kontrol süreci açısından tekno-mekanik özelliklerinin önemi, MERSEM 2003, Afyon.



D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK

D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü  
11. Sayı Eylül 2006  
Kütahya – Ilıca Bölgesi Radyolarit Kayacının  
Doğal Taş Sektöründe Kullanılabilirliği  
M. DEMİRBİLEK & İ. TOPAL & H. AKÇAKOCA & V. UZ & İ. IŞIK