

Karaburun Yarımadası Kireçtaşı Ocaklarında Üretilecek Blokların Hacimlerinin Ölçülen Süreksizlik Aralığı Verileriyle Tahmini

Estimation of the Mean Volume of the Producible Blocks Using the Discontinuity Spacing Data Measured in the Limestone Quarries in Karaburun Peninsula

Hakan ELÇİ¹, Necdet TÜRK²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Geoteknik Programı, Torbalı, İZMİR.

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İZMİR.

Geliş (received) : 26 Nisan (April) 2013
Düzeltilme (revised) : 20 Mayıs (May) 2013
Kabul (accepted) : 04 Haziran (June) 2013

ÖZ

Blok taş işletmeciliğinde bir kaya kütlelerinden alınabilecek ortalama blok hacminin tahmin edilebilmesi ekonomik açıdan önemlidir. Bu çalışmanın ilk aşamasında Karaburun Yarımadası Mesozoyik kireçtaşlarında açılmış blok taş ocaklarında kayıt olunan süreksizlik ölçülerinin, literatürde önerilen eşitlikler kullanılarak yapılan analizlerden, bu taş ocaklarından alınabilecek ortalama blok hacimleri hesaplanmıştır. Yazarlar tarafından önerilen blok kalite katsayısı (BQD) yöntemiyle hesaplanan blok hacim değerlerinin literatürde önerilen yöntemlerden kayaçların hacimsel eklem sayısını (J_v) kullanarak ($V_i = 36/J_v^3$) hesaplanan blok hacim değerlerine yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. İkinci aşamada, Karaburun Yarımadası'nda işletilmekte olan blok taş ocaklarından çıkarılan 2378 bloğa ait ortalama blok hacmi (V_b), hacimsel eklem sayısı (J_{vb}) ve blok şekil faktörü (β_b) katsayıları elde edilmiş ve bu katsayıların ortalama değerleri, arazide ölçülen süreksizlik aralığı verilerinden hesaplanan yerinde ortalama blok hacmi (V_i) ve hacimsel eklem sayısı (J_{vi}), ile karşılaştırılmıştır. Arazide ölçülen süreksizlik aralığı verilerinden, herhangi bir taş ocağından üretilebilecek blokların ortalama hacimlerinin tahmin edilmesine olanak sağlayacak ilişkiler belirlenmiş ve genel kullanım için grafik olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Blok Hacmi, Blok Kalite Katsayısı, Karaburun, Mesozoyik kireçtaşı, Süreksizlik aralığı.

ABSTRACT

It is important from the economy point of view to be able to estimate the mean block volume obtainable from a rock mass in block stone quarrying operations. In the first stage of this study, the mean block volumes likely to be obtainable from the Mesozoic limestone quarries of the Karaburun Peninsula are estimated by analyzing the discontinuity measurements made in these quarries using the equation given in literature. It has been found that the rock block designation method (BQD) proposed by the author has given closer results to the block volume values estimated using the volumetric joint count (J_v) as $V_i = 36/J_v^3$ among the suggested block volume estimation method given in literature. In the second stage, the mean block volume (V_b), the volumetric joint count (J_{vb}) and the block shape factors (β_b) values of 2378 blocks produced from the working quarries of Karaburun Peninsula are compared with the mean block volumes (V) and the volumetric joint counts (J_v) estimated by using the field discontinuity spacing measurements. Relations are given for estimating the mean block volume producible from a quarry using the field discontinuity spacing measurements and they are presented as a graph for general use.

Key Words: Blok volume, Blok Quality Designation, Karaburun, Mesozoic limestone, Discontinuity spacing

1. GİRİŞ

Bir kaya kütesinden elde edilecek blok boyutları süreksizlik düzlemleri tarafından denetlenir. Dolayısıyla herhangi bir kaya kütesinde blok taş işletmeciliğine başlanmadan önce o kaya kütesinden alınabilecek ekonomik blok boyutlarını tahmin edebilmek için süreksizliklerin aralıklarını belirlemek ve analiz etmek oldukça önemlidir. Süreksizlik aralıklarının analizi sadece üretilebilecek blok hacmini tahmin edebilmek için değil, aynı zamanda kaya kütesinin ekonomik olarak işletilebilir bölümlerinin de belirlenmesine imkân sağlar.

Literatürde, süreksizlik aralıklarını kullanarak blok boyutunu belirlemek için yapılmış çok sayıda çalışma vardır. Priest

ve Hudson (1976) süreksizlik düzlemlerinin bulunuş geometrileri açısından oldukça düzensiz şekiller oluşturduğunu, bunların geometrilerini açıklamak ve buna bağlı modeller yapmak için istatistiksel yöntemlerin kullanılmasının gerektiğini belirtmişlerdir. Attawell ve Farmer (1976), Priest ve Hudson (1976), Hudson ve Priest (1979), Einstein ve diğ. (1983), Ulusay ve Sönmez (2007), süreksizlik düzlemlerinin geometrilerini iki boyutlu ve düzensiz dağılmış çizgiler şeklinde tanımlamışlar, süreksizlik aralıkları ile frekanslar arasında negatif eksponansiyel bir ilişki olduğunu belirtmişler ve bu ilişkiyi de;

$$f(S_m) = \lambda e^{-\lambda S_m} \quad (1)$$

eşitliği ile açıklamışlardır. Eşitlikte;

$$f(S_m): \text{Olasılık}$$

λ : Ortalama süreksizlik sıklığını

S_m : Ortalama süreksizlik aralığını belirtmektedir.

Süreksizlik aralıklarının dağılımlarını istatistiksel olarak modelleyen araştırmacıların büyük çoğunluğu negatif eksponansiyel dağılım önerirken, Wang (1992); Lu ve Latham (1999); Priest (1993); Wittke (1990); Barton ve Zobak (1990); Doyuran ve diğ. (1993) log normal dağılımını önermiştir. Rouleau ve Gale; (1985) ise Weibull dağılımını önermişlerdir (Bardsley, 1990). Hudson (1993), log normal ve Weibull dağılımı sonuçlarının birbirine benzer olduğunu ve bu dağılımlar sonucunda elde edilen ortalama süreksizlik aralığı sonuçlarının, Priest ve Hudson (1976); Priest ve Hudson (1979) tarafından önerilen negatif eksponansiyel eşitlikten elde edilen ortalama süreksizlik aralığı değerlerine yakın olduğunu belirtmiştir.

Türkiye’de de değişik kaya kütlelerinde, gerek blok taş işletmeciliğine, gerekse kaya kütlelerinin mühendislik amaçlı sınıflamalarına yönelik yapılan benzeri çalışmalar da, farklı araştırmacılar (Ayday (1989); Ulusay (1991); Gökçeoğlu (1997); Yavuz ve diğ. (2005); Ulusay ve Sönmez (2007) ve Kaya ve diğ. (2011)) süreksizlik aralığı parametresinin negatif eksponansiyel dağılım modeline uyduğunu saptamışlardır.

Literatürde süreksizlik verilerinden blok boyutunu tahmin etmek için önerilen ve kullanılan iki yöntem vardır. Bu yöntemlerden ilki hacimsel eklem sayısı (Palmström 1982), ikincisi ise ağırlıklı eklem sıklığı yöntemidir (Palmström, 1995).

Hacimsel eklem sayısı (J_v), eklemli kaya kütlelerinde metre küp başına düşen süreksizlik sayısı olarak ifade edilir ve bir 1 m^3 eklemli kaya kütleleri içerisinde kesişen süreksizliklerin sayısının bir ölçüsüdür. J_v genellikle süreksizlik setlerinin ortalama süreksizlik aralığından hesaplanır.

$$J_v = 1/S_1 + 1/S_2 + 1/S_3 \dots + 1/S_n \quad (2)$$

Burda; S_1 , S_2 , ve S_3 her bir süreksizlik seti için gerçek süreksizlik ara uzaklığıdır.

Ayrıca Palmström (1995), bir boyutta ölçülen süreksizlik aralığından, hacimsel eklem sayısını kullanarak (J_v) arazide yerinde blok hacminin (V_i) tahmin edilebileceği bir eşitlik önermiştir. Bu eşitlikte blokların şekline göre de bir blok şekil katsayını (β) tanımlamıştır. Yaygın blok şekli (prizmatik şekilli bloklar) için bu değer 36 olarak önerilmiştir.

$$V_i = \beta/(J_v)^3 \quad (3)$$

Latham ve diğ. (2006), sondaj yönü ile süreksizlik düzlemi arasındaki açının çoğu zaman 35° olduğunu belirtmiş, blok şekil faktörünü (36) kabul ederek ortalama süreksizlik aralığından (S_m) yerinde blok hacmini (V_i) genel kullanım için aşağıdaki eşitlikten hesaplamayı önermiştir.

$$V_i = 36(S_m/2)^3 \quad (4)$$

Palmström (2005), ayrıca üç veya daha fazla süreksizlik seti içeren kaya kütlelerindeki blok hacminin, süreksizlik ara uzaklığına bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanabileceğini belirtmiştir.

$$V_i = (S_1 * S_2 * S_3) / (\text{Sin} \gamma_1 * \text{Sin} \gamma_2 * \text{Sin} \gamma_3) \quad (5)$$

İki süreksizlik setine sahip kaya kütlelerinde;

$$V_i = S_1 * S_2 * 5S_3 \quad (6)$$

ilişkisini önermişlerdir (Elçi ve Türk, 2013).

V_i : arazideki blok hacmi (m^3)

S_1, S_2, S_3 : her bir süreksizlik setine ait ara uzaklık (m)

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$: Süreksizlik setleri arasındaki açı ($^\circ$)

Elçi ve Türk (2013), Karaburun kireçtaşı ocaklarında yaptıkları gözlemlerde, üretilen blokların en küçük boyutunun 1 m ve 1 m'den büyük olduğunu belirtmişler, 1 m ve daha büyük süreksizlik ara uzaklığını dikkate alarak, kayaç kütle blok kalite katsayısı (BQD) kavramını önermişlerdir.

BQD'yi % olarak ifade etmişler ve 1 m ve 1 m'den daha büyük aralıklı süreksizliklerin toplamının hat etüdü uzunluğuna oranı olarak tanımlamışlardır.

$$\% BQD = (\sum S_{\geq 1m} / L) 100 \quad (7)$$

BQD: Kayaç Blok Kalite katsayısı (%)

S: süreksizlik aralığı (m)

L: hat etüdü uzunluğu (m)

Karaburun Yarımadasındaki kireçtaşı ocaklarının ölçülen süreksizlik ara uzaklıkları değerlendirildiğinde % 50 BQD oranının eşik bir değer olduğu, BQD'nin % 50'den büyük olduğu ocaklarda blok üretiminin yapıldığı ve BQD'nin % 50'nin altında olduğu ocakların ise terk edilmiş olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kireçtaşları için BQD oranı ile yerinde blok hacmi (V_i) arasında:

$$V_i = (BQD)^6 * 6.77 * 10^{-11} \quad (8)$$

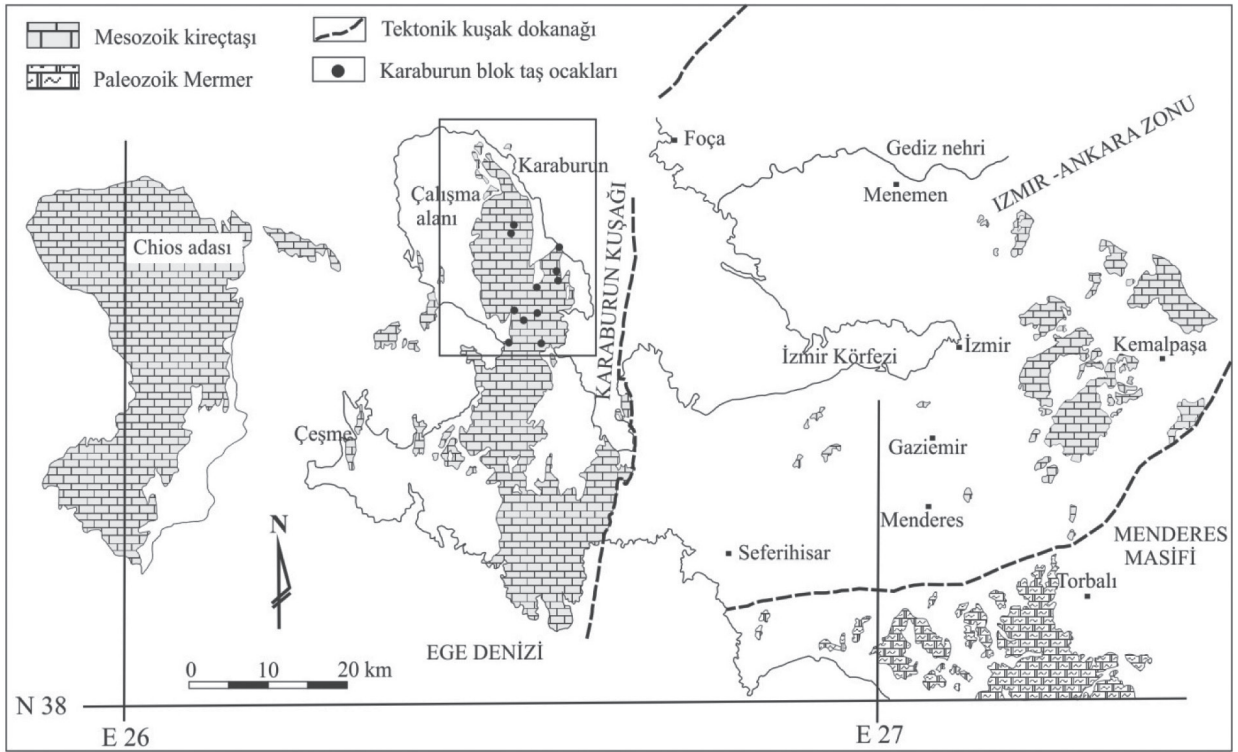
ilişkisini önermişlerdir (Elçi ve Türk, 2013).

Bu çalışmada, Karaburun Yarımadasında Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarında açılmış olan taş ocaklarının işletme aynalarındaki süreksizliklerin aralık değerleri hat etütleriyle ölçülmüş ve değerlendirilmeleri yapılmıştır (Şekil 4A). Süreksizliklerin gerçek aralıkları, ortalama süreksizlik aralıkları, süreksizlik setleri arasındaki açılar, hacimsel eklem sayısı ve BQD oranları belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu süreksizlik verileri kullanılarak kireçtaşı kütlelerinde yer alan blokların yerinde hacimleri, yukarıda verilen eşitliklerle hesaplanmış ve bulunan blok hacim değerleri (V_i) Çizelge 2'de verilmiştir.

Ayrıca, halen blok üretilen ocaklardan 2009-2011 yılları arasında üretilmiş olan 2378 kireçtaşı bloğunun boyutları ölçülmüş, elde edilen değerler yardımıyla blokların hacimsel eklem sayısı (J_v), hacimleri (V_i) ve şekil faktörleri (β_b) hesaplanmıştır. Her ocak için arazide belirlenen J_{vi} , BQD ve V_i değerleri, ocaklardan üretilmiş olan gerçek blok değerlerinin J_{vb} ve V_b değerleri ile karşılaştırılarak ocaklardan üretililecek bloklar ile ilgili arazide ölçülen süreksizlik verilerine dayalı genel kullanım amaçlı bir grafik önerilmiştir.

2. KARABURUN YARIMADASININ JEOLJİSİ VE OCAKLARININ KONUMU

Çalışma alanı İzmir-Ankara Bloğuna (Okay ve Tüysüz, 1999) (Şekil 1) ait Bornova Filiş Zonunun (Okay ve Siako, 1993; Okay ve diğ., 1996) güney batı ucunda yer alan tektonik bir kuşaktır.



Şekil 1. İzmir ve yakın çevresinde yüzeyleyen Mesozoik karbonat kayaları ve çalışma alanını gösteren jeolojik harita (Yakut, 2001'den değiştirilerek).

Figure 1. Geological map showing the Mesozoic carbonate rocks in Izmir and its surrounding and the study area (Modified from Yakut, 2001).

Karaburun Yarımadası Mesozoik kireçtaşları Orta Triyas'tan Geç Kretase'ye kadar kalın bir istif sunar. İstif alttan üste doğru Skitiyen-Anisiyen Gerence Formasyonu, Anisiyen -Karniyen Camiboğazı Formasyonu, Noriyen-Resiyen Güvercinlik Formasyonu, Lias-Erken Kretase Nohutalan ve Kampaniyen-Mastrihtiyen Balıklıova Formasyonu olarak sıralanır (Erdoğan ve diğ., 1990). İstifin en üst bölümünde yer alan Balıklıova Formasyonu, Karahasan Kireçtaşı ve Haneybaşı Üyesinden oluşur. (Brinkman ve diğ., 1972; Güngör 1989; Erdoğan ve diğ., 1990; İştetek, 2002). Gerence

Formasyonu; çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı, çörtlü ve radyolaryalı kireçtaşı, yeşil çamurtaşı, kırmızı yumru kireçtaşları, ammonitli yumru kireçtaşları, dolomit, dolomitleşmiş oolitik kireçtaşları ve kırmızı çört düzeylerine kadar değişen, çok örnek litolojik özellikleriyle tanınır ve derin deniz koşullarından derin deniz kenarı koşullarına kadar değişen bir birikim alanında çökelmiştir.

Süreksizlik ölçümleri hâlen aktif olan 6 ve terk edilmiş 5 taş ocağında gerçekleştirilmiştir. Taş ocaklarının jeolojik özellikleri aşağıda belirtilmiştir. 1 numaralı ocak Gerence

Formasyonunun en üst bölümünü oluşturan Orta Triyas yaşlı dolomit, dolomitleşmiş oolitik kireçtaşları içerisinde yer alır. Camiboğazi Formasyonu Karaburun Yarımadası'nda geniş yayılımı olan açık kahverengi, bej, gri ve açık gri renkli, iyi pekleşmiş, dayanımlı, masif veya kalın katmanlı, küçük mercan sünger yığılımları yanı sıra algal biyostromal kireçtaşı özellikleriyle tanınır ve sığ deniz karbonat platformu açık dolaşımli lagün ve daha az olarak sınırlı dolaşımli lagün koşullarında bir birikim alanında çökelmiştir. 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 numaralı ocaklar Ladiyen yaşlı Camiboğazi Formasyonunun üst bölümünde yer alır. 4 numaralı ocak Camiboğazi Formasyonunun en üst bölümünde yer alır. Karniyen-Noriyen yaşlı sığ şelf lagün kireçtaşlarıdır.

10 numaralı ocak Güvercinlik Formasyonun alt düzeylerinde yer alır. Formasyonu'nun 10-numaralı blok taş ocağı alanında yüzeyleyen bölümleri de sığ denizel karbonat platformunun, daha çok sınırlı dolaşımli lagün, daha az açık dolaşımli lagün, gelgit düzlüğü gelgit altı ve gelgit arası ortamlarında çökelmiştir. 11 numaralı ocak Balıklıova Formasyonunun Karahasan Kireçtaşı içerisinde yer alır. Kampaniyen Mastrihtiyen yaşlı, yokuş önü-derin deniz kenarı kireçtaşları ile temsil edilir (Elçi, 2011). Karaburun Yarımadasının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası ve Mesozoyik karbonat istifi Şekil 2'de verilmiştir.

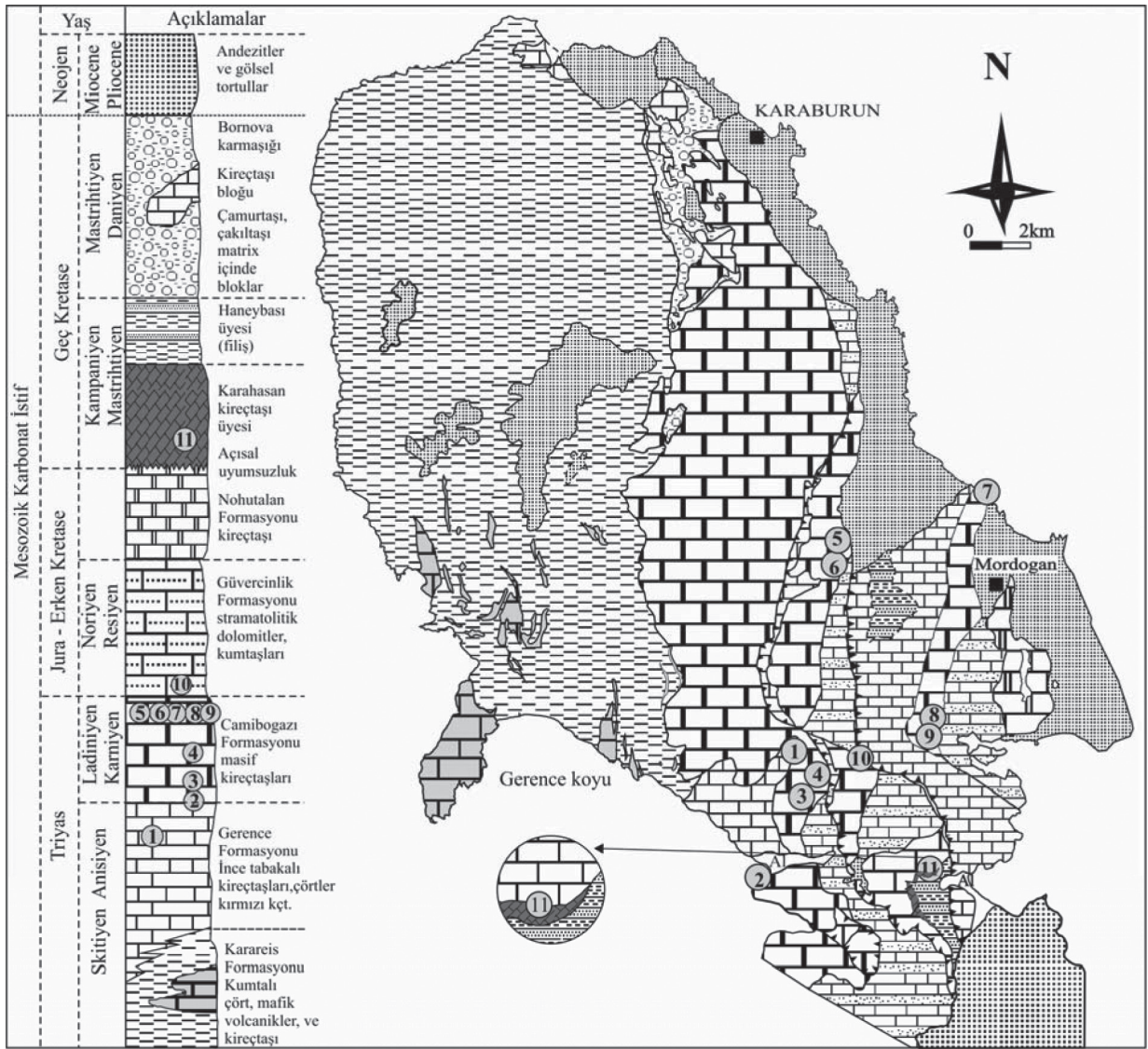
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada, başlangıçta blok taş ocaklarının işletme aynalarının süreksizlik

haritası yapılmıştır (Şekil 3A). Ocaklarda tel kesme yöntemi ile üretim yapıldığı için işletme aynaları düzgün ve dik yüzeylidir. Süreksizliklere ait özellikler işletme aynalarında açık bir şekilde gözlenebilmiştir. 11 blok taş ocağına ait 183 adet işletme aynasında toplam 2199 m hat etüdü gerçekleştirilmiş ve ISRM (2007)'e göre süreksizliklere ait özellikler ölçülmüştür (Şekil 3B).

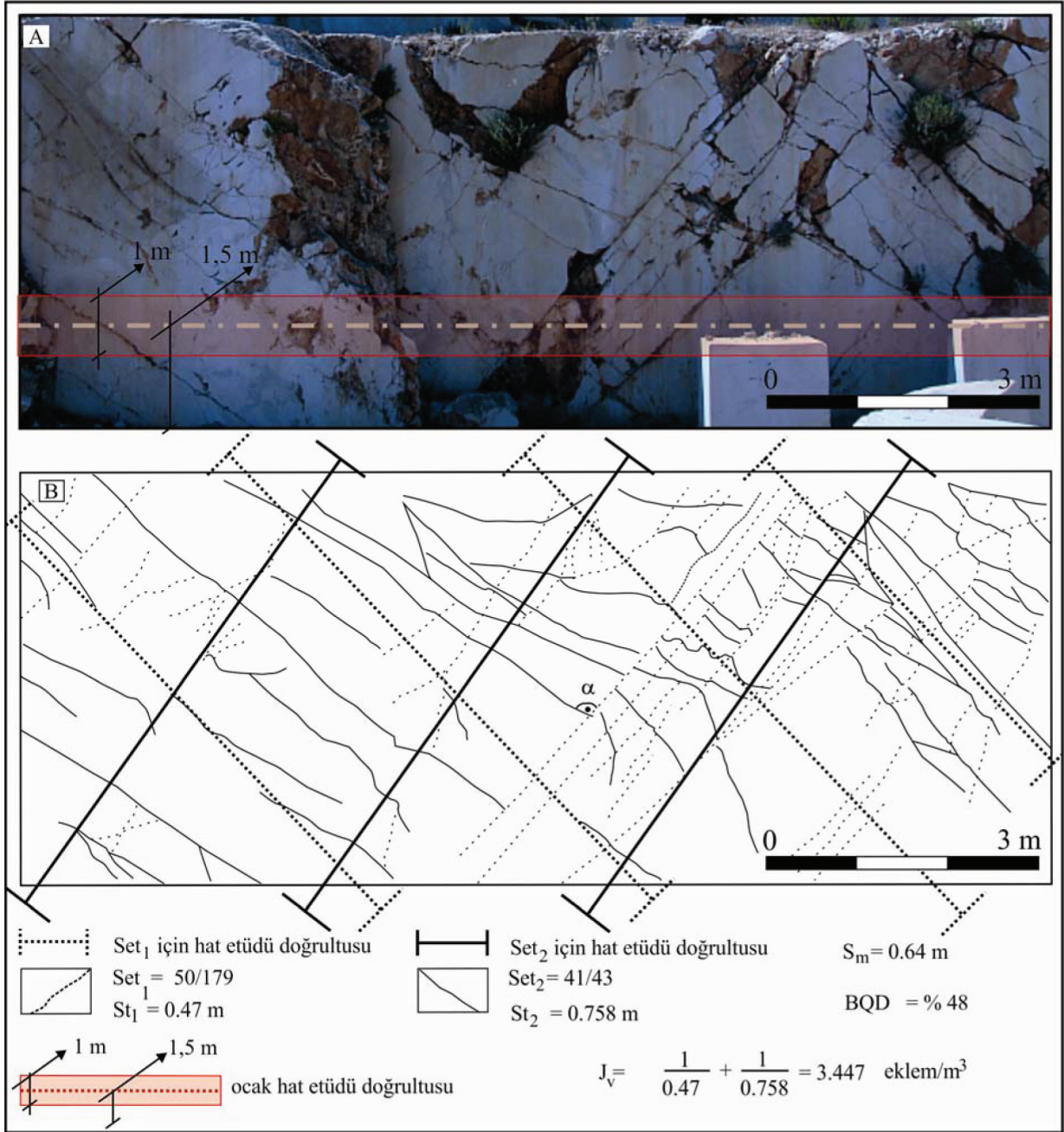
İlk aşamada ocaklarda blok taş üretimini kontrol eden süreksizlik düzlemleri, panoramik fotoğraf tekniği kullanılarak haritalanmıştır. Öncelikle hat etütlerinin gerçekleştirildiği işletme aynalarında panoramik fotoğraf çekimi yapılmıştır. Fotoğraf çekimi sırasında, fotoğraf makinesinin objektifinin yatay ekseninin fotoğraflanacak işletme aynası yüzeyine mümkün olduğunca dik olmasına dikkat edilmiş ve bu dikliğin bozulması durumunda en fazla 20°'lik sapmasına (Priest, 1993) izin verilmiştir. Fotoğraf çekiminde dijital fotoğraf makinesi ve uçayaklı sabitleyici kullanılmıştır.

İkinci aşamada çekilen fotoğraflar bilgisayar ortamında "Photostitch 3.1" (Canon, 2006) adlı yazılım yardımı ile birleştirilerek işletme aynaları tek bir fotoğraf haline getirilmiştir. Fotoğrafları çekilen işletme aynaları A0 boyutunda basılarak, bu baskı üzerine süreksizliklerin özellikleri işlenmiştir. Son olarak bu baskılardan 1/100 ölçekli süreksizlik haritaları hazırlanmış ve bu süreksizlik haritaları üzerinden süreksizlik arası uzaklıklar, oluşturulan ölçüm hatları boyunca ölçülmüş ve kireçtaşlarının hacimsel eklem sayısı hesaplanmıştır (Şekil 3B).



Şekil 2. Karaburun Yarımadasının jeoloji haritası ve Mesozoyik karbonat istifi (Erdoğan, 1990).

Figure 2. Geological map of the Karaburun Peninsula and the Mesozoic carbonate sequence (Erdoğan, 1990).



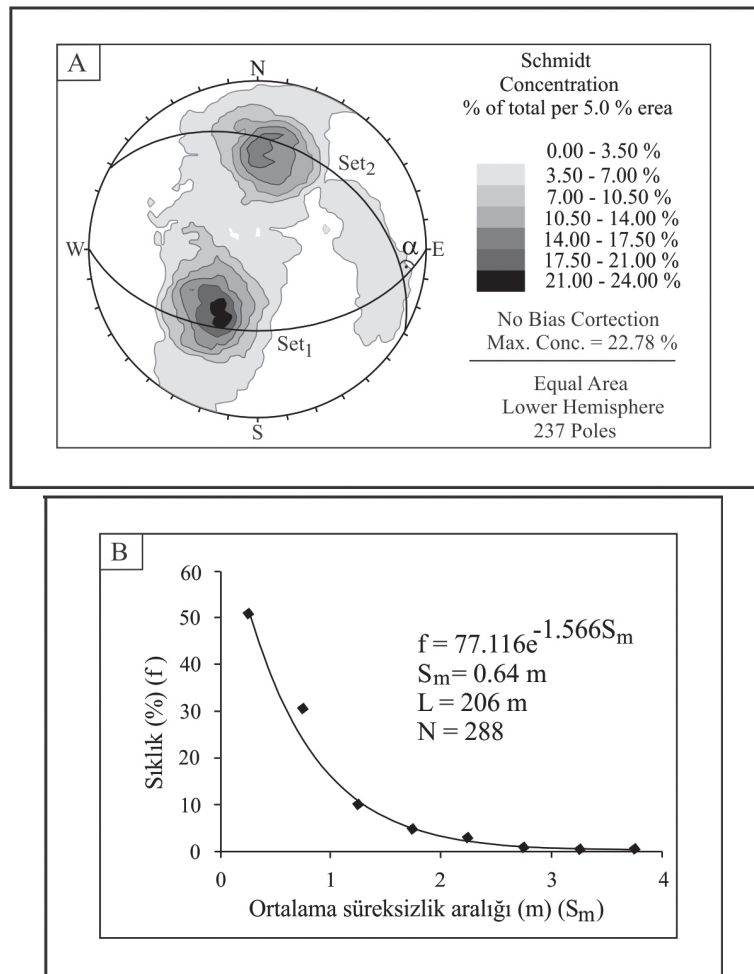
Şekil 3. 8 numaralı blok taş ocağın panoramik görünümü (A) ve 1/100 ölçekli süreksizlik haritası (B).

Figure 3. A panoramic view (A) and 1/100 scale discontinuity map (B) of a section of the quarry 8.

Süreksizlik yönelimleri “Stereografik İzdüşüm Tekniği” kullanılarak “Alt Yarımküre Projeksiyonunda” eğim açısı/eğim yönü çizilerek değerlendirilmiştir. (Şekil 4). Çizelge 1’de her bir blok taş ocağına ait hakim süreksizlik seti ve sayısı, süreksizlik yönelimleri, gerçek süreksizlik aralığı (S_i), ortalama süreksizlik aralığı (S_m), hacimsel eklem sayısı (J_v) ve BQD oranı verilmiştir. 1, 2, 3, 4, 9 ve 10 numaralı blok taş

ocaklarında 3 süreksizlik seti, 5,6 ve 8 numaralı blok taş ocaklarında 2 süreksizlik seti, 7 ve 11 numaralı blok taş ocaklarında 4 süreksizlik seti belirlenmiştir.

Karaburun Yarımadası blok taş ocakların da 183 hatta toplamda 2199 m’lik hat etüdü boyunca ölçülen süreksizliklerin genel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 4. 8 numaralı ocağın alt yarımküre stereografik projeksiyonu (A) ve 8 numaralı ocakta hat etüdü ile ölçülen süreksizlik aralıklarının negatif eksponansiyel dağılımı (B).

Figure 4. Lower hemispherical stereographic projection plots of the quarry 8 (C) and the negative exponential distribution fit to the discontinuity spacing obtained along the horizontal direction on the scan line (D).

Elçi, Türk

Çizelge 1. Karaburun Yarımadası blok taş ocaklarında 183 hat boyunca süreksizlik düzlemlerinin genel özellikleri.

Table 1. The general properties of discontinuities measured along 183 scan lines in limestone quarries of the Karaburun Peninsula.

Ocak no	Süreksizlik seti yönelimi	γ (°)	S_i (m)	S_m (m)	J_v (eklem/m ³)	% BQD	
1	Set1	45/277	0.78	1.19	1.25	1.39	76
	Set2	66/187	0.64	2.01			
	Set3	71/344	0.70	2.67			
2	Set1	85/179	0.19	2.01	1.07	1.43	75
	Set2	84/0	0.98	1.98			
	Set3	18/320	0.93	2.33			
3	Set1	70/260	0.99	0.81	0.57	3.10	51
	Set2	22/80	0.93	1.00			
	Set3	70/357	0.94	1.15			
4	Set1	82/46	0.17	1.14	0.78	2.62	56
	Set2	88/90	0.95	1.18			
	Set3	21/46	0.94	1.11			
5*	Set1	33/26	0.64	0.50	0.68	3.70	47
	Set2	70/217	0.58	0.58			
6*	Set1	68/202	0.62	0.32	0.50	4.89	40
	Set2	75/29	0.56	0.56			
7*	Set1	65/90	0.74	1.01	0.50	7.60	34
	Set2	67/20	0.615	0.61			
	Set3	66/194	0.47	0.48			
	Set4	34/341	0.94	0.35			
8*	Set1	50/179	0.71	0.47	0.64	3.45	48
	Set2	38/29	0.76	0.76			
9*	Set1	22/173	0.99	0.49	0.56	4.79	39
	Set2	57/31	0.89	0.68			
	Set3	81/228	0.68	0.79			
10	Set1	30/36	0.99	2.16	1.60	1.11	86
	Set2	67/239	0.83	2.33			
	Set3	57/107	0.79	4.85			
11	Set1	80/74	0.64	3.47	1.14	1.81	67
	Set2	60/238	0.92	1.60			
	Set3	62/160	0.89	1.96			
	Set4	58/318	0.59	2.61			

S_i : gerçek süreksizlik aralığı, S_m : ortalama süreksizlik aralığı, γ : Süreksizlik setleri arasındaki açı, BQD: blok kalite katsayısı, *: terk edilmiş ocak.

Çizelge 2’de Karaburun Yarımadası kireçtaşı ocaklarında belirlenen süreksizlik verileri kullanılarak ve literatürde önerilen eşitlikler yardımıyla hesaplanan ortalama arazi blok hacimleri verilmiştir. Çizelge 2’de belirtilen kaya kütleindeki blok hacim tahmin yöntemleriyle hesaplanan ortalama blok hacimlerinden Palmström (1995) ile Elçi ve Türk (2013) yöntemlerinin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

4. OCAKLARDA ÜRETİLEN BLOKLARIN BOYUTLARININ ANALİZİ

Karaburun’daki kireçtaşı ocaklarında yapılan süreksizlik ölçümleri yanı sıra, hâlen işletilmekte olan ocaklarda, toplamda 2378 kireçtaşı bloğunun boyutları da kayıt edilmiştir. Bu blokların hacimleri, uzunluğu, yüksekliği, genişlikleri ve bu değerler kullanılarak elde edilen ortalama hacim değerleri Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Karaburun Yarımadası kireçtaşı ocakları için literatürde önerilen yöntemlerle hesaplanan ortalama arazi blok hacim değerleri.

Table 2. Mean in situ block volumes values of the Karaburun limestone quarries using the suggested method in literature.

Ocak No	Palmström, 1995 (Eş.3)	Latham ve dig., 2006 (Eş.4)	Palmström, 2005 (Eş.5 ve Eş.6)	Elçi ve Turk, 2013 (Eş.7)	Üretilen ortalama blok hacmi (V_i , m ³)
1	13.29	8.852	7.04	13.47	4.814 ± 2.187
2	12.23	5.482	16.57	12.36	4.406 ± 1.829
3	1.21	0.820	1.20	1.21	3.480 ± 1.381
4	1.99	2.135	2.9	1.99	3.980 ± 1.675
5	0.71	1.412	0.74	0.71	-
6	0.39	0.556	0.29	0.28	-
7	0.08	0.546	0.16	0.10	-
8	0.78	1.174	0.84	0.87	-
9	0.33	0.807	0.31	0.25	-
10	27.12	18.432	28.15	27.35	3.148 ± 1.645
11	6.10	6.221	10.14	6.33	4.026 ± 0.572

Elçi, Türk

Çizelge 3. Karaburun Yarımadasında işletilen taş ocaklarında üretilen blokların ortalama uzunlukları, genişlikleri, yükseklikleri ve hacimleri.

Table 3. Mean length, height, width and volume of the limestone blocks produced at limestone quarries in the Karaburun Peninsula.

Ocak No	Blok boyutları, ort (m)			J _v Eklem/m ³	Blok hacmi (m ³) V=l.w.h	Blok sayısı
	Uzunluk (l)	Genişlik (w)	Yükseklik (h)			
1	2.328 ± 0.496	1.298 ± 0.313	1.593 ± 0.265	1.828 ± 0.301	4.814 ± 2.187	798
2	2.304 ± 0.516	1.225 ± 0.254	1.561 ± 0.276	1.891 ± 0.310	4.406 ± 1.829	192
3	1.986 ± 0.400	1.205 ± 0.220	1.454 ± 0.223	2.021 ± 0.309	3.480 ± 1.381	353
4	2.090 ± 0.332	1.248 ± 0.224	1.526 ± 0.264	1.935 ± 0.264	3.980 ± 1.675	24
10	1.951 ± 0.400	1.151 ± 0.231	1.402 ± 0.213	2.095 ± 0.461	3.148 ± 1.645	158
11	2.192 ± 0.426	1.274 ± 0.243	1.549 ± 0.191	1.887 ± 0.368	4.026 ± 0.572	853
Ağırlıklı ortalama	2.142 ± 0.145	1.234 ± 0.048	1.514 ± 0.066	1.868 ± 0.100	4.127 ± 0.642	2378*

*: Toplam blok sayısı

4.1 Blokların Hacimsel Eklem Sayısı ve Şekil Faktörü Değeri

Kireçtaşı bloklarının yüzeyleri süreksizlik düzlemi olarak kabul edilerek, blokların hacimsel eklem sayısı (J_{vb}) eşitlik 9'dan hesaplanır.

$$J_{vb} = 1/uzunluk(l) + 1/genişlik(w) + 1/yükseklik(h) \quad (9)$$

Burada; J_{vb} = kireçtaşı bloğunun hacimsel eklem sayısı (1/m³).

Uzunluk = kireçtaşı bloğunun uzunluğu, (m)

Genişlik = kireçtaşı bloğunun genişliği, (m).

Yükseklik = kireçtaşı bloğunun yüksekliği, (m).

Çizelge 4. Karaburun Yarımadası'nda taş ocaklarında üretilen blokların ortalama hacmi (V_b), hacimsel eklem sayısı (J_{vb}) ve şekil faktörü (β) değerleri.

Table 4. The volumetric joint counts (J_{vb}) the shape factor (β) values and volume (V_b) of the limestone blocks in Karaburun Peninsula quarry.

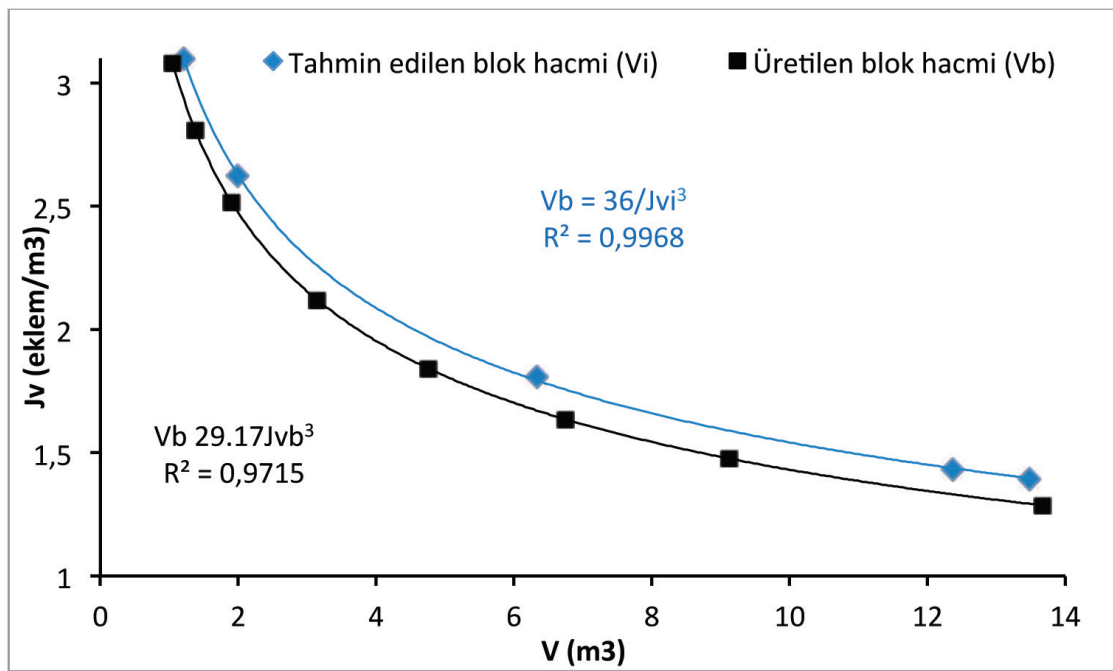
Ocak No	Ort. J_{vb} (1/m ³)	Ort. V_b	$\beta = V_b.(J_{vb})^3$	Blok sayısı
1	1.828 ± 0.301	4.814 ± 2.187	29.41	798
2	1.891 ± 0.310	4.406 ± 1.829	29.79	192
3	2.021 ± 0.309	3.480 ± 1.381	28.73	353
4	1.935 ± 0.264	3.980 ± 1.675	28.84	24
10	2.095 ± 0.461	3.148 ± 1.645	28.93	158
11	1.887 ± 0.368	4.026 ± 0.572	29.07	853
Ağırlıklı ortalama	1.868 ± 0.100	4.127 ± 0.642	29.17	2378*

*: toplam blok sayısı

Farklı ocaklarda üretilen blokların boyutlarından hesaplanan J_v değerlerinin ortalamaları Çizelge 4'te verilmiştir. 2378 adet bloğun J_v değerinin ağırlıklı ortalaması $J_v = 1.868$ eklem/m³tür ve blok hacimlerinin ağırlıklı ortalaması 4.127 m³ bulunmuştur. Ayrıca taş ocaklarında üretilen blokların şekil faktörünün ağırlıklı ortalaması $\beta = 29.17$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4).

5. TARTIŞMA

Bir kaya kütesinden blok taş (TS EN 1467, 2005) üretimine karar vermek için kayacın materyal özelliklerini belirlemek kadar, o kayaktan alınabilecek blok hacmini de tahmin etmek önemlidir. Özellikle blok taş ocağı işletmeciliği yüksek maliyetler gerektirdiğinden bir ocak açılmadan önce ocaktan üretilebilecek ortalama blok hacmi tahmin edilebilirse



Şekil 5. Kireçtaşı bloklarının hacimsel eklem sayıları (J_{vi} , J_{vb}) ile blok hacimleri (V_i , V_b) arasındaki ilişki.

Figure 5. The relation between the volumetric joint counts (J_{vi} , J_{vb}) and block volumes (V_i , V_b) of limestone blocks.

Şekil 5'te kireçtaşı ocaklarında üretilen blokların V_b değerleri ile J_v değerleri arasında elde edilen $V_b = 29.17/(J_v)^3$ ilişkisi grafik halinde verilmiştir. Bu şekilde, ayrıca $V_i = 36/(J_v)^3$ ilişkiside mukayese için verilmiştir. Taş ocaklarında üretilen kireçtaşı bloklarının J_v değerinin 1 ile 3 arasında değiştiği, hacimlerin ise (V_b) 1 ile 14 m³ arasında değişmekte olduğu gözlenmiştir (Şekil 5).

ekonomik olmayan sahalara yatırım yapılmasının da önüne geçilebilir. Karaburun Yarımadasında yakın geçmişte açılan 5 adet blok taş ocağı bu yüzden terk edilmiştir. Bu durum taş ocaklarından ekonomik boyutta blok alınıp alınamayacağı önceden belirlenmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla yeterli etüt yapılmamış bir taş ocağın açılması para ve zaman kaybına neden olacaktır.

Bu çalışmada, Karaburun Yarımadası'nda (İzmir) blok taş üretimi yapılan 6, terk edilmiş olan 5 ocakta ölçülen süreksizliklere ait veriler ve blok üretimi yapılan ocaklardan elde edilmiş olan blok boyutları analiz edilmiştir. Ortalama süreksizlik aralığı, gerçek süreksizlik aralığı ve hacimsel eklem sayısı değerlerinden elde edilen ortalama blok hacimleri, üretim yapılan ocaklardan üretilmiş gerçek blok hacimlerinden çok farklı sonuçlar vermektedir (Çizelge 2 ve 3). Blok taş ocaklarında, süreksizlik düzlemlerinin aralıklarının istatistiksel dağılımı negatif eksponansiyel bir denklem vermişlerdir. Önerilen farklı yöntemlerle hesaplanan ortalama blok hacim değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu çizelgede ayrıca tarafımızca önerilen kaya kütle blok kalite katsayısı (BQD) kullanılarak hesaplanan arazi blok hacim değerleri de verilmiştir. Palmström (1995) ve BQD yöntemlerinin birbirine yakın blok hacim değerleri verdiği gözlenmiştir. BQD yöntemi sadece süreksizlikler arası mesafe ölçümlerine dayandığı için uygulaması daha pratiktir.

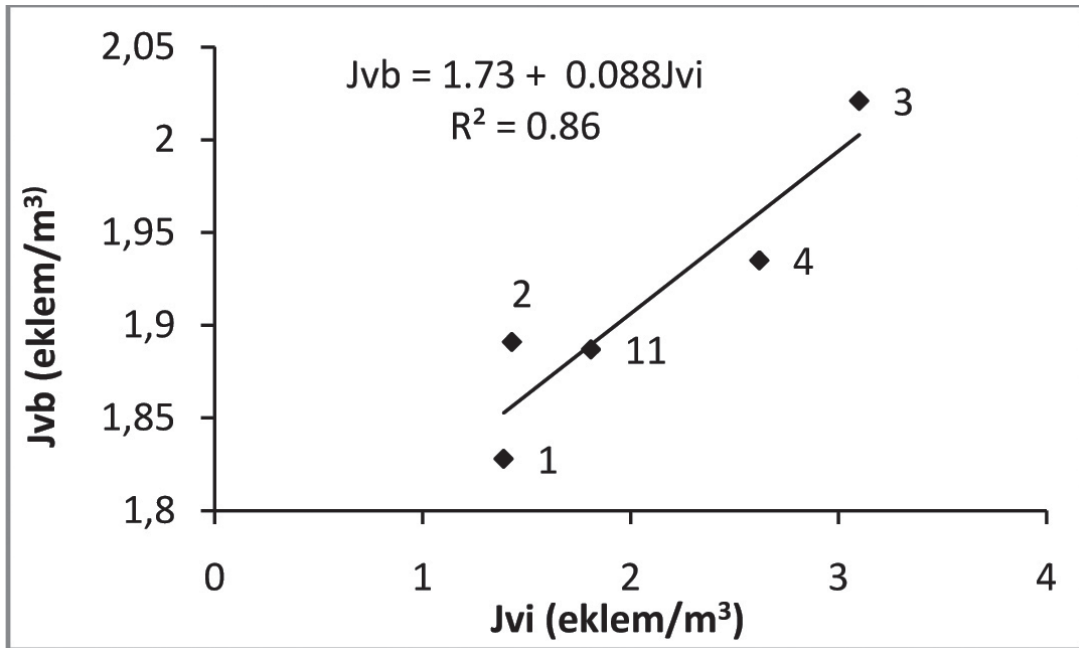
Munoz de la Nava ve diğ. (1989) J_v değeri ile doğal süreksizliklerin sınırlandığı kaya bloklarının boyutları hakkında bir fikir edinilebileceğini ve uygun bloklar elde etmek için J_v değerinin 3'ten küçük olması gerektiğini belirtmiştir. Garcia (1996) bir kaya kütlelerinden uygun bloklar elde etmek için J_v değerinin 2'den fazla olmaması gerektiğini belirtmiştir. Sousa (2007) ise bu eşik değeri, granitik kayalarda blok taş işletmeciliği için kullanmıştır. Karaburun Yarımadasında açılan taş ocaklarında 1.11 ile 7.60 eklem/m³ arası J_{vi} değerleri elde edilmiştir (Çizelge 1). Terk edilmiş ocaklarda J_{vi} değerinin 3.45 ile 7.60 eklem/m³ arasında olduğu belirlenmiştir. Üretim yapılan taş ocaklarında ise

1.11 ile 3.45 eklem/m³ arası değişen değerler elde edilmiştir (Çizelge 1). Ayrıca taş ocaklarından üretilmiş olan blokların J_{vb} değerlerinin ağırlıklı ortalaması 1.868 eklem/m³ değerini vermiştir.

Karaburun Yarımadası kireçtaşları ocaklarında ölçülen süreksizlik verileri ile ocaklarda üretilmiş kireçtaşı bloklarının boyutları yardımıyla R^2 değerleri 0.86 olan yaklaşık ilişkiler elde edilmiştir. Şekil 6, 7 ve 8 uygulamada yeni açılacak taş ocaklarının işletilebilirlikleri ve onlardan alınabilecek ortalama blok hacimlerinin hangi mertebeye olacağını belirlemede kılavuz olarak kullanılabilir.

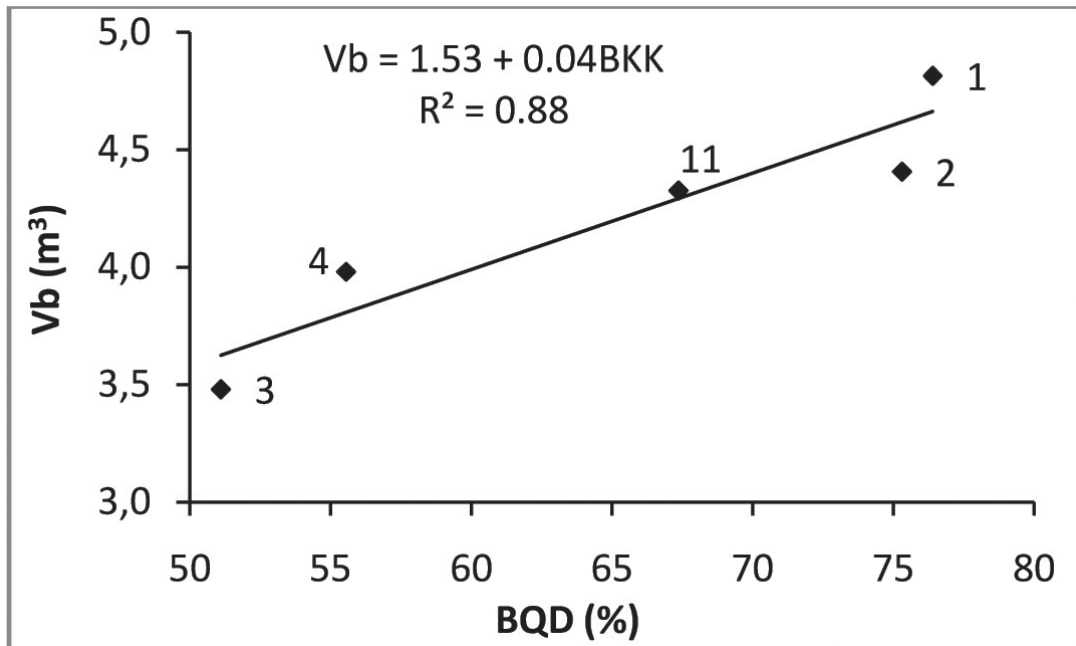
Taş ocaklarında üretilen bloklar bir taraftan ocağın makine ve teçhizatının kapasitesiyle, diğer taraftan da karayolları taşıma koşullarıyla sınırlandırılmaktadır. Dolayısıyla ortalama blok hacmi 4-5 m³ arası oluşturulmaya çalışılmaktadır. 10 numaralı ocak gerek BQD değeri, gerekse de J_v değeri bakımından Karaburun Yarımadasının en iyi ocağıdır. Fakat ocakta kullanılan iş makinelerinin kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle üretilen blok hacimleri 3.1 m³ civarında kalmıştır. Bu nedenle 10 numaralı ocak verileri Şekil 6, 7, 8 ve 9'daki grafik çizimlerinde değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Çizelge 1 ve 3'te Karaburun kireçtaşlarında ölçülen süreksizliklerden yararlanılarak elde edilen J_{vi} (Eşitlik-3) ve blok boyutlarından yararlanılarak elde edilen J_{vb} değerleri verilmiştir. Arazi J_{vi} değerleri ile blok J_{vb} değerleri arasında $J_{vb} = 1.73 + 0.888J_{vi}$ ilişkisi elde edilmiştir (Şekil 6). Şekil 7 'de de ocaklarda ölçülen BQD değerleri ile ocaklardan üretilen bloklar arasında $V_b = 1.53 + 0.04BQD$ bağıntısı elde edilmiştir. Şekil 8'de J_{vi} ile V_b arasında $V_b = 5.5 - 0.63J_{vi} (R^2 0.90)$ ilişkisi elde edilmiştir.



Şekil 6. Blok taş ocaklarında belirlenen ortalama hacimsel eklem sayısı (J_{vi}) ile ocaklarda üretilmiş blokların ortalama hacimsel eklem sayısı (J_{vb}) arasındaki ilişki.

Figure 6. Relation between the mean field volumetric joint count values determined in the quarries (J_{vi}) and the block volumetric joint count values (J_{vb}) of the blocks produced in the quarries.

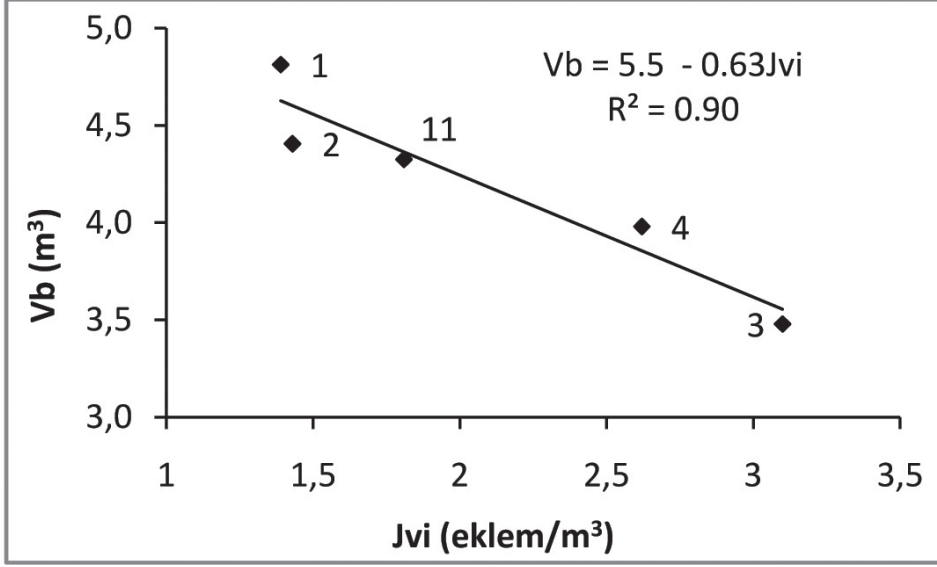


Şekil 7. Karaburun Yarımadası'nda blok taş ocaklarının % BQD değerleri ile ocaklardan üretilen blokların ortalama hacimleri (V_b) arasındaki ilişki

Figure 7. Relation between the % BQD values and mean volume of the blocks produced in the Karaburun Peninsula quarries.

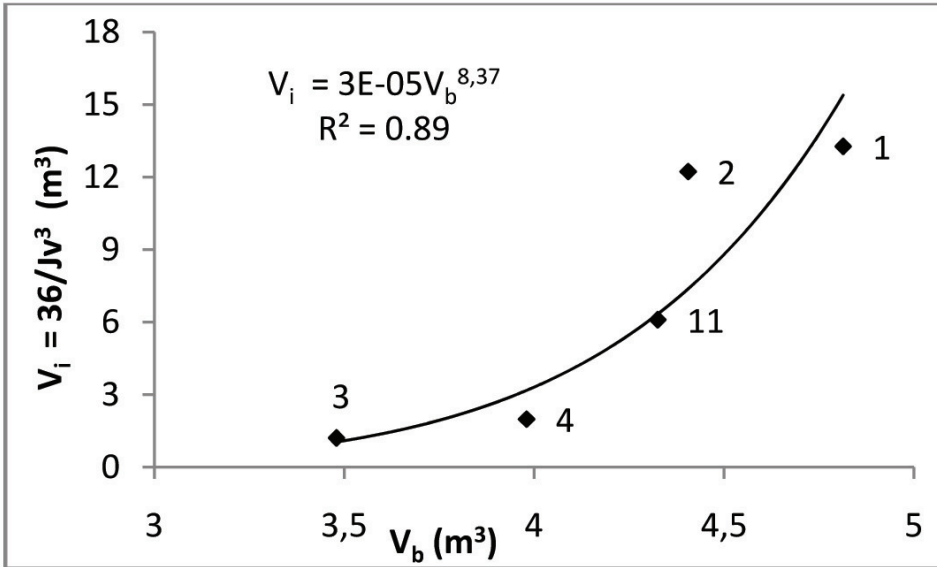
Şekil 9'da kayaçların arazide ölçülen süreksizliklerinin J_v ve $\beta = 36$ değerleri kullanılarak elde edilen hacimleri $V_i = 36/(J_v)^3$

ile ocaklarda üretilmiş olan blokların hacimleri arasındaki ilişki gösterilmiştir.



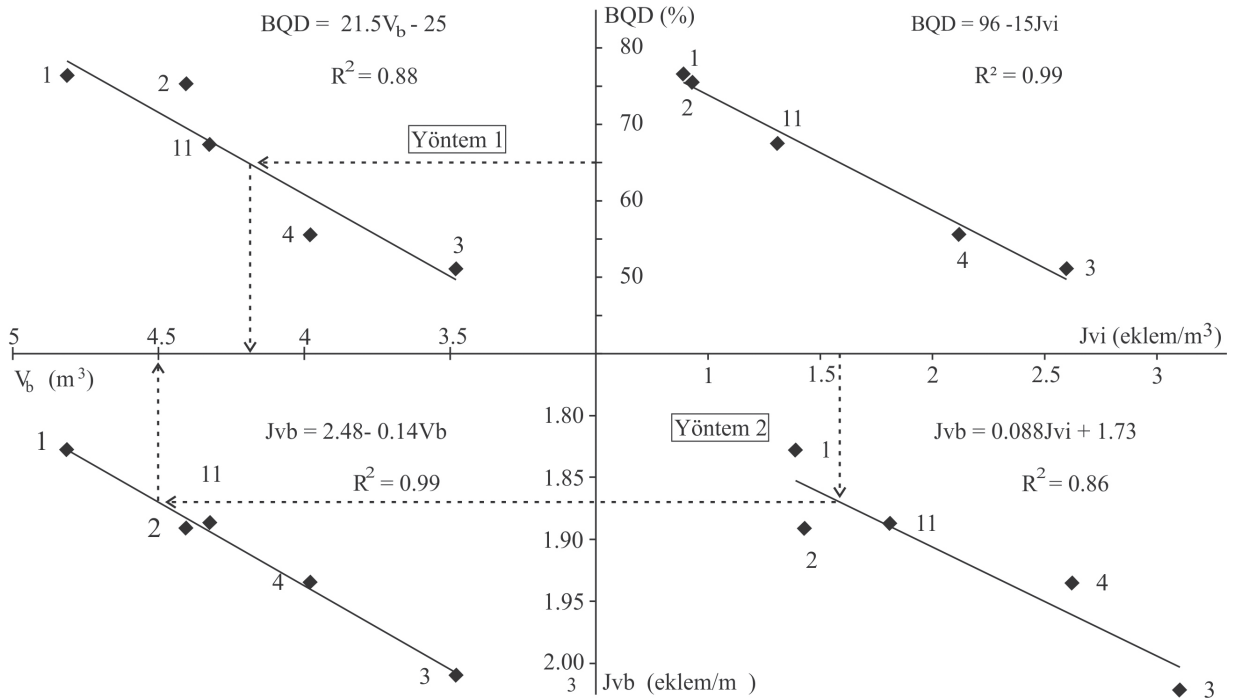
Şekil 8. Karaburun Yarımadası blok taş ocaklarında ölçülen hacimsel eklem sayısı (J_{vi}) ile ocaklardan üretilen blokların ortalama hacimleri (V_b) arasındaki ilişki.

Figure 8. Relation between the field volumetric joint count and mean volumes of the blocks produced in the Karaburun Peninsula quarries.



Şekil 9. Karaburun Yarımadası blok taş ocakları için hesaplanan yerinde ortalama blok hacmi (V_i) ile ocaklardan üretilen blokların ortalama hacimleri (V_b) arasındaki ilişki.

Figure 9. Relation between the estimated field block volume (V_i) and the mean volumes of the blocks produced in the Karaburun Peninsula quarries.



Şekil 10. Karaburun Yarımadası kireçtaşı ocaklarında arazide ölçülen süreksizlik aralıklarıyla ocaklarda üretilen blok hacimlerini tahmin etmek için önerilen bir grafik.

Figure 10. A chart to estimate the mean produced block volume from the field discontinuity spacing measurement in the Karaburun Peninsula limestone quarries.

Şekil 10'da Karaburun Yarımadasında üretim yapılan kireçtaşı ocaklarında kayıt alınan süreksizlik ölçümleri ve üretilen blokların boyutlarından yararlanılarak elde edilen ilişkiler genel bir grafikte sunulmuştur. Bu grafik ile bir blok taş ocağında üretilebilecek ortalama blok hacminin belirlenmesi, kaya kütlelerinin BQD oranı ve J_{vi} değerinden yararlanılarak iki farklı yöntemle önerilmiştir. Bir ocakta üretilebilecek blokların hacimleri;

- Ortalama blok hacmi BQD- V_b ilişkisi (Yöntem 1) veya
- J_{vi} - J_{vb} ve J_{vb} - V_b ilişkilerinden (Yöntem 2) iki farklı şekilde hesaplanabilir (Şekil 10).

6. SONUÇLAR

Karaburun Yarımadası kireçtaşlarında açılmış olan taş ocaklarında ölçülen süreksizliklerin ve hâlen üretim yapılan ocaklarda üretilen blokların boyutlarının değerlendirilmesinden;

- Yazarlar tarafından önerilen kayaç Blok Kalite Katsayısı yönteminde, BQD değerinin % 50'den daha büyük olduğu ocaklarda blok üretimi yapıldığı gözlenmiştir. Böylece BQD değeri % 50'den büyük olan sahalarda blok taş üretme potansiyeli olduğu kabul edilir.

- Arazide, yerinde ortalama blok hacmini belirleme yöntemlerinden Palmström (1995) ve Elçi ve Türk (2013) yöntemleri birbirlerine yakın değerler vermiştir.
- Blokların hacmi (V_b), hacimsel eklem sayısı (J_{vb}) ve şekil faktörü değerleri (β) arazide taş ocaklarında ölçülen süreksizlik verileriyle karşılaştırılarak J_{vb} ve BQD değerleriyle elde edilen ilişkiler Karaburun Yarımadasında yeni ocak işletmesine geçmeden kaya kütlelerinden alınabilecek ortalama blok hacmini tahmin etmede kullanılabilir (Şekil 10).
- J_{vi} ile J_{vb} arasında $J_{vb} = 0.088 - 1.73 (R^2 = 0.86)$ ilişkisi bulunmuştur. Benzer şekilde J_{vi} ile V_b arasında $J_{vb} = 2.48 - 0.14V_b (R^2 = 0.99)$ ilişkisi elde edilmiştir. J_{vi} 'yi belirlemek için farklı yönlerdeki süreksizlikleri ve aralarındaki açılarının sinüslerini belirlemek gerekirken, BQD oranı yöntemi sadece lineer hat boyunca süreksizlik aralığı ölçümü yapılarak pratik bir şekilde uygulanabilmektedir.
- Arazi bloklarının genel kullanımı için önerilen $\beta = 36$ değeri, taş ocaklarında üretilen düzgün şekilli bloklar için $\beta = 29.17$ olarak bulunmuştur.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma 107Y052 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Finansal desteği için TÜBİTAK'A ve değerli görüş ve bilgileriyle katkıda bulunan hakemlere teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Attewel, P. B., Farmer, I. W., 1976. Principles of Engineering Geology. Chapman & Hall, London.
- Ayday, C., 1989. Statistical analysis of discontinuity parameters of Gölbaşı (Ankara) andesites, Süpren (Eskişehir) marble and Porsuk Dam (Eskişehir) peridotite. Middle East Technical University PhD Thesis, Geological Engineering Department, Ankara, 186.
- Bardsley, W. E., 1990. Note on a Weibull property for joint spacing analyses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract, 27 (2), 133-134.
- Barton C. A., Zobak, M. D., 1990. Self-similar distribution of macroscopic features at depth in crystalline rock in the Cajon Pass scientific drill hole. Journal of Geophysical Research, 97, 5181-5200.
- Canon 2006. Canon Utilities PhotoStitch Version 3.1
- Brinkman, R., Flogel, E., Jacobshagen, V., Kenchner, H., Rendel, B., Trick, P., 1972. Triyas, Jura and Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West Anatolia). Geologica et Paleontologica, 6, 139-150, 4 Abb, Marburg.
- Doyuran, V., Ayday, C., Karahanoglu, N., 1993. Statistical Analyses of Discontinuity Parameters of Gölbaşı (Ank.) Andesites, Süpren (Eskişehir) Marble, and Porsuk Dam (Eskişehir) Peridotite in Turkey. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 48, 15-31.
- Elçi, H., 2011. Karaburun yöresi doğal yapı taşlarının mühendislik jeolojisi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 518 (yayımlanmamış).
- Elçi, H., Türk, N., 2013. Blok taş işletmeciliği için blok kalite katsayısı. 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, s. 334.
- Einstein H. H., Veneziona, D., Baecher, B. G., Reilly, J. K., 1983. The Effect of discontinuity

- persistance on rock slope stability. International Journal of Rock Mechanics Mining. Science and Geomechanics. Abstracts, (20), 227-236
- Erdoğan, B., 1990. İzmir – Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi. MTA Dergisi. 110, 1-15.
- Erdoğan, B., Altın, D., Güngör, T. Özer, S., 1990. Karaburun Yarımadası'nın stratigrafisi. MTA Dergisi 111, 1-22
- Garcia, E.O., 1996. Investigación de yacimientos In: Sousa, L. M. O., 2010 (ed.). Evaluation of joints in granitic outcrops for dimension Stone exploitation. Quarterly Journal Engineering Geology and Hydrogeology (43), 85–94.
- Gökçeoğlu, C., 1997. Killi, yoğun süreksizlik içeren ve zayıf kaya kütlelerinin Mühendislik sınıflamalarında karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 214 s. (yayımlanmamış)
- Güngör, T., 1989. Karaburun Yarımadası Balıkhova – Barboros arasındaki bölgenin jeolojisi ve yapısal evrimi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 47 s, (yayımlanmamış)
- Hudson, J.A., 1993. Comprehensive Rock Engineering. Pergamon Press, Oxford
- Hudson, J.A., Priest, S.D., 1979. Discontinuities and rock mass geometry International Journal of Rock Mechanics Mining. Science and Geomechanics. Abstracts, 16, 339-362.
- I.S.R.M. 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, 1974-2006, Ulusay, R., & Hudson J.A. ISRM Turkish National Group Ankara, Turkey.
- İşintek, İ., 2002. Foraminiferal and Algal Biostratigraphy and Petrology of the Triassic to Early Cretaceous Carbonate Assemblages in the Karaburun Peninsula, (Western Turkey). Ph.D. Thesis, Natural and Applied Science of Dokuz Eylül University, 446 s, (yayımlanmamış)
- Kaya A., Alemdağ S., Yılmaz A., Çapık M., 2011. Doğal Taş Ocaklarında Blok Hacminin Belirlenmesi için RQD ve Jv'nin Kullanılabilirliği. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 35 (1), 79-92.
- Latham, J.P., Meulen, J.M., Dupray, S., 2006. Prediction of in-situ block size distributions with reference to armourstone for breakwaters. Engineering Geology (86), 18–36
- Lu, P., Latham, J.P., 1999. Developments in the assessment of in-situ block size distributions of rock masses. Rock Mechanics Rock Engineering 30 (1), 29-49.
- Munoz de la Nava, P., Escudero, J.A.R., Suarez, I.R., Romero, E.G., Rosa, A.C., Moles, F.C., Martinez, M.P.G., 1989. Metodología de investigación de rocas ornamentales: granitos. Boletín Geológico y Minero. In: Sousa L. M O. 2010 (eds). Evaluation of joints in granitic outcrops for dimension Stone exploitation. Quarterly Journal Engineering Geology and Hydrogeology (43), 85–94.
- Okay, A.I., Siyako, M., 1993. İzmir-Balıkesir arasında İzmir-Ankara Neo-Tetis Kenedinin yeni konumu. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği-Petrol Potansiyeli (ed. S. Turgut) Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri, Ankara, 333-355.
- Okay A.I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. In: Durand B., Jolivet L., Horvath, F. & Seranne M. (eds). Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society of London, Special Publication 156, 475–515.
- Okay, A.I., Satır, M., Siyako, M., Monié, P., Metzger, R., Akyüz, S., 1996. Paleo- and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints. In: Yin A, Harrison

- TM, (eds). The Tectonic Evolution of Asia. Cambridge University Press, Cambridge. 420–41
- Palmström, A., 1982. The volumetric joint count-a useful and simple measure of the degree of jointing. Proceedings of the 4th International Congress of IAEG, New Delhi, 221-228.
- Palmström, A., 1995. Rmi - A System for Characterization of Rock Masses for Rock Engineering Purposes. Ph.D. Thesis, Univeristy of Oslo, Norway pp. 408.
- Palmström, A., 2005. Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD). Tunnelling and Underground Space Technology. 20 (4), 362–377.
- Priest, S.D. 1993. Discontinuity Analysis for Rock Engineering. London Chapman & Hall Inc.
- Priest, S.D., Hudson, J.A., 1976. Discontinuity spacing in rock. International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics. Abstracts, 13, 135-138.
- Priest, S.D., Hudson, J.A. 1979. Discontinuites and rock mass geometry. International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics. Abstracts, 16 (6), 339-362.
- Roulea, A., Gale J, E. 1985. Statistical characterization of the fracture system in the Stripa granite, Sweden. International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics. Abstracts, 22 (6), 353-367.
- Sousa, L.M.O., 2007. Granite fracture index to check suitability of granite outcrops for quarrying. Engineering Geology 92 (3-4), 146–159.
- TS EN 1467, 2005. Doğal taşlar - Ham bloklar – Özellikler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Ulusay, R., 1991. Geotechnical evaluations and deterministic design considerations for pitwall slopes at Eskihisar (Yatağan-Muğla) strip coal mine. Middle East Technical University PHD Thesis, Geological Engineering Department, Ankara Turkey 340 p. (yayımlanmamış)
- Ulusay, R., Sönmez, H. 2007. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. (2. Baskı) . Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.
- Wang, H., 1992. Prediction of In-situ and blastpile block size distributions of rock masses, with special reference to costal requirements. Queen Mary and Westfield College Thesis of Phd, London University.
- Wittke, W., 1990. Rock Mechanics, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg-quarrying. Quarterly Journal of Engineering Geology, 24, 91-99.
- Yakut, E., 2001. İzmir ili çevresindeki kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve kullanım alanlarının araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. 196 s. (yayımlanmamış).
- Yavuz, A. B., Turk, N., Koca, M. Y., 2005. Geological parameters affecting the marble production in the quarries along the southern flank of the Menderes Massif, in SW Turkey. Engineering Geology, 80, 214-241