

Mermer Ocaklarında Elmas Tel Kesme ve Zincirli Kollu Kesme Makinelerinin Birlikte Kullanımının İncelenmesi

Mustafa Yavuz ÇELİK^{1*}, Metin ERSOY¹, Liyaddin YEŞİLKAYA¹, Zehra KAYI²

¹Afyon Kocatepe Üniv. Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Ali Çetinkaya Kampüsü, 03100, Afyonkarahisar

²Maden Mühendisi, Büyükkabaca Yolu Üzeri Kaldırım Mevkii, Senirkent, Isparta

(Geliş/Received : 03.05.2016 ; Kabul/Accepted : 08.07.2016)

ÖZ

Mermer ocaklarında, elmas tel kesme ve zincirli kollu kesme makineleri, blok üretiminde değişik yöntemlerle kullanılmaktadır. İnceleme yapılan ocakta temel olarak üç farklı üretim şekli uygulanmaktadır. Birincisi Yöntem A olarak adlandırılmış olup standart elmas tel kesme yöntemidir. Bu yöntemde alt, yan ve arka kesimlerin tamamı birbirine dik açılmış deliklerden geçirilen elmas tel yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yöntem B olarak adlandırılan çalışma şeklinde ise arka kesim 7.40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesme makinesi ile kesilirken alt ve yan kesimler elmas teller yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yöntem C yönteminde ise; alt kesim 3.40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesici ile yapılırken yan ve arka kesimler elmas teller yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Ocakta uygulanan her üç üretim yöntemi, yaklaşık 4 ay boyunca anlık veriler alınarak değerlendirilmiş olup bu süre zarfında 3848.68 m³ lük bir hacmin kazanılması için toplam 159.60 m delme, 3357.55 m² kesme işi yapılmıştır. Operasyonlar sırasında makinelerin kullanım şekli, delme/kesme hızları, sarf malzemesi tüketimleri, harcanan iş gücü gibi veriler takip edilmiştir. Sonuç olarak en hızlı yöntemin B yöntemi olduğu, en hızlı kesme makinesinin 7.40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesici olduğu, verimi artırmak için bir defada kesilen alanın en büyük olması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zincirli Kollu Kesici, Elmas Tel Kesme, Bej Mermer, Blok Kesim Verimi.

Investigation of Using Diamond Wire Cutting and Chain Saw Machines Combination in Quarries

ABSTRACT

In marble quarries, diamond wire cutting and chain saw machines are used in the process of creating blocks in several ways. Three different cutting techniques were used in the studied quarry. The first one is called Method A which is the standard diamond wire cutting method. In this method; bottom, side and rear cuttings are carried out by diamond wires passing through drilled holes perpendicular to each other. Secondly, the rear is cut with chain saw machine with the length of 7.40m while the bottom and side cuttings are achieved through diamond wires. This is called Method B. The third method, Method C, operates by cutting the bottom with chain saw machine with the length of 3.40m. The side and rear are cut with diamond wire in this method. All three methods operated in the quarry are evaluated with the data taken for approximately 4 months. During this period, 159.60 m drilling and 3357.55 m² cutting have been done in order to achieve the volume increase of 3848.68 m³. During the operations; the usage of machines, drilling / cutting speed, supplies consumption and labour force are observed and this data is evaluated in terms of production method and type of machinery. As a result of this research, the fastest method was discovered as Method B while the fastest cutting machine was determined as chain saw machine with the length of 7.40m. Moreover; it is found that in order to increase efficiency, areas that are cut must be as large as it can get.

Keywords: Chain Saw Machines, Beige Marble, Block Cutting Performance.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde mermer ve doğaltaşların kullanım alanlarının artmasına paralel olarak mermere olan talep artmış ve mermer sektörü madencilik faaliyetleri içinde önemli bir yere sahip olmuştur. Mermer ocak işletmeciliğinde amaç, mermer fabrikaları ve piyasanın istediği boyutlarda kırksız ve çatlaksız blok çıkartmaktır. Buna paralel olarak insan gücünün yerini

makine ve pratik usuller almakta ve pahalı olan ağır işçilik yerine bilimsel sistemler getirilmektedir. Son yıllarda bu amaca hizmet edecek yeni teknolojik gelişmeler ortaya çıkmaya başlamıştır. Dünya, yeni usuller ve yeni makineler icat etmek sureti ile mermer cinsine göre blok mermer üretimini, ihtiyaca göre düzenlemektedir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak modern ocak üretim yöntemi ve ekipmanlarının kullanılmaya başlanmasıyla blok üretim miktarlarında da önemli artışlar meydana gelmiştir. Bunun bir sonucu olarak da Türkiye, dünyada önemli mermer üreticisi ülkeler arasındaki yerini almıştır. İstanbul Maden

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: mycelik@aku.edu.tr.

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2017.20.2 459-473

İhracatçıları Birliği verilerine göre 1996 yılında 319.646 ton blok mermer ve işlenmiş mermer ihraç ederek 93.9 milyon \$ ihraç geliri elde eden Türkiye, 2003 yılında 2.113.303 ton ihracat yaparak 431.1 milyon \$ ihracat geliri elde etmiştir. 2015 yılında ise bu rakamlar mermer ve traverten blok ihracatında 3.945.820 ton ve 796.992.134 milyon \$ seviyelerine ulaşmıştır [1].

Günümüzde açık mermer ocaklarında en çok uygulanan yöntemler, elmas tel kesme ve kollu kesicilerle kesme yöntemleridir. Elmas tel kesme yönteminde kullanılan makine, raylar üzerinde hareket eden bir güç ünitesi ve buna bağlı yatay, düşey, eğimli konumlandırılabilen volandan ibarettir. Kollu kesme makinesi ise yeraltı maden ocaklarında potkabaç makinesi olarak kullanılan makinelerin bir versiyonu olup kesme prensibine göre zincirli ya da kayışlı (bantlı) kollu kesme makinesi olarak tanımlanır. Bu makine de raylar üzerinde hareket eden bir güç ünitesi ve buna bağlı kesici koldan ibarettir. Kesici kol yatayda 180° ve düşeyde 360° konumlandırılabilir [2].

Kollu kesiciler raylar, güç ünitesi, kol ve kesiciler olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Makine ray üzerinde hareket ederken, kol üzerindeki kesiciler de döner ve mermer yüzeyini kesmektedir. Kollu kesicilerde kol üzerinde dönen sonsuz zincir ve onun üzerinde farklı açılarla yerleştirilmiş olan sertleştirilmiş ısıya dayanıklı metal karbür bulunmaktadır ve esas kesme işi metal karbür tarafından yapılmaktadır. Kesim sırasında zincirin kolay dönmesi için mekanizmaya bir miktar yağ ve kesicilerin soğuması için su verilir. Kesme yarığında makinenin önüne biriken şlam, kürekle işçiler tarafından atılarak uzaklaştırılmaktadır. Kollu kesiciler ile kesme yönteminde alt kesim için, basamak önünde aynaya paralel raylar döşenmekte ve yere sabitlenmektedir. Kollu kesme makinesi ray üzerine oturtulmakta, kesici kol yatay konuma getirilmekte ve makine çalıştırılmaktadır. Kol üzerindeki kayış ya da zincirin dönmesi ve kolun kütleye batırılmasıyla kesime başlanır. Kayacın sertliğine ve ortamın nemliliğine göre sulu ya da kuru kesim yapılmaktadır. Makinenin ray boyunca hareket ettirilmesiyle kesim gerçekleşir. Düşey kesimler ise makine ve ray grubu basamak üzerine taşınarak kesici kolun düşey konumlandırılması şeklinde yapılmaktadır [2].

Blok üretiminde kullanılan elmas tel kesme yöntemi hakkında, literatürde çok sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Bu çalışmalar mermer, granit, andezit, kireçtaşı, traverten gibi değişik doğaltaşlar hakkındadır. Mikaeil vd. [3], İran'da bulunan 14 farklı karbonat kökenli mermerin, elmas tel testere ile kesme performanslarının tahmin edilmesini istatistiksel analiz yöntemiyle incelemişlerdir. Jain vd. [4], yumuşak, orta sert ve sert dolomitik mermerlerde, elmas tel kesme makinelerinin kesim alanı boyutunun, kesme performansı üzerinde etkilerini araştırmışlardır. Ataei vd. [5], 14 farklı karbonat kökenli mermerin, elmas tel testere ile kesme performanslarının tek eksenli basınç dayanımı, Brazilian dayanımı, Schmidt çekici ve Los Angeles aşınma dayanımı ile ilişkisini regresyon analiz yöntemi

ile incelemişlerdir. Jain ve Rathore [6], dolomitik mermerlerde elmas tel kesme makinelerinin kesim performanslarını yapay sinir ağları yardımıyla değerlendirmişlerdir. Özçelik ve Yılmazkaya [7], elmas tel kesme makinelerinin travertenlerde tabakalanma düzlemlerinin kesme verimliliğine etkisini araştırmışlar ve aynı zamanda kesme makinesinin kesme verimliliğini araştırırken, birim hızı ve spesifik enerjiyi de dikkate almışlardır. Biasco [8], sert taş ocaklarında elmas tel kesme çalışmalarında, plastik kaplı elmas teli güvenlik açısından incelemiş ve güvenlik standartlarıyla ilgili yapılması gerekenler olduğunu belirtmiştir. Andrissi vd. [9], granit ocaklarında elmas tel kesme verimlerinin iyileştirilmesi hakkında inceleme yapmışlardır. Demirdağ ve Gündüz [10], Burdur bej mermerlerinde elmas tel kesme ünitelerinin kesim performanslarının belirlenmesine yönelik, pratik olarak kullanılacak yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Özçelik ve Kulaksız [11], elmas tel kesme yönteminde kesme açıları ve boncuk aşınması arasındaki ilişkiyi deneysel olarak araştırmışlardır. Özçelik ve Bayram [12], Elmas tel kesme işleminde farklı mineralojik bileşimli mermerlerde kesme işlemi yaparak, meydana gelen boncuk aşınmalarını optik yöntemlerle incelemişlerdir. Özçelik [13], elmas tel yönteminde mermerlerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin kesme işlemine etkisini araştırmışlardır. Özçelik [14], mermer sektöründe elmas tel kesme makinelerinin optimum çalışma koşullarını elde etmek için deneysel çalışmalar yapmıştır.

Literatürde blok elde etmek amacıyla kullanılan zincirli kollu kesme makineleri hakkında yapılmış çalışmalara daha az rastlanmaktadır. Bu çalışmalarda zincirli kollu kesme makinelerinin çalışma özelliklerinin yanı sıra zincir ve soket tasarımları da incelenmiştir. Zincirli kollu kesme makineleri hakkında yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir: Dagrain vd. [15], zincirli kollu kesme makinelerinde zincir tasarımı ve testere performans ile operasyonel parametreler arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Tumac vd. [16], farklı doğal taş örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini, Schmidt ve Shore sertlik değerlerini tanımlayarak, bunları zincirli kollu kesme makinelerinin performansını tahmin etmek için kullanmışlardır. Avunduk vd. [17], zincirli kollu kesme makinelerinin testere zincirinde, soketlerin tek ve çift sarmal (kaydırma) desenlerin performanslarını incelemişlerdir. Tumac [18], zincirli kollu kesme makinelerinde kesilen doğal taş örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile Shore sertlik değerlerinin korelasyonu yapılarak, doğrusal kesme parametrelerini (normal kuvvet, kesme kuvveti ve özgül enerji) tahmin etmeye çalışmışlardır. Hekimoğlu [19], zincirli kollu kesme makinelerinde kullanılan zincirin ve soket dizilimindeki değişikliklerin kesme performans oranına etkisini araştırmıştır. Korman vd. [20], zincirli kollu kesicilerin kesme işleminin laboratuvar ortamında simülasyonunu yapmışlardır. Çopur [21], değişik doğal taşların zincirli kollu kesme makinelerinde kesilebilirliğini belirlemek amacıyla yaptıkları deneysel

çalışmalarda, değişik açılarda ve kesme uç açıklıklarında ve farklı derinliklerdeki soket performanslarını incelemişlerdir. Mancini vd, [22], zincirli kesme makinelerinin verimlerini etkileyen makine, kayaç ve işletme parametrelerini inceleyerek, makinenin çalışmasını jeostatistiksel olarak simüle etmişlerdir. Modelden elde edilen çıktılar, arazide ölçülen makine verimleri ile kıyaslamışlardır. Mancini vd, [23], zincirli kesme makineleri teknolojisinin uygulamaları ve gelişimi, makine kazı hızları, uç aşınmaları, kazı hızı ve uç aşınmalarını etkileyen kaya parametreleri konularında araziden toplanan verilere dayanarak bir inceleme yapmışlardır. Önenç ve Demirocak [24], tabaka duruşlarına göre blok kesim yöntemlerini inceleyerek, tabaka kalınlıkları fazla olmayan, sertlikleri 3-4 Mohs arasında bulunan, yaygın olarak kullanılan kayaçların kesimlerinde zincirli kesiciyi kullanmanın iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Çopur vd [25], Denizli’de bir traverten ocağında blokların düşey ve arka kesimlerinin elmas tel kesme makinesi ile yatay dip kesiminin ise zincirli kollu kesme makinesi ile yapıldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, zincirli kollu kesme makinesinin verimini bir yıllık periyotta değerlendirerek, blok üretim kayıplarının en aza indirildiği bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır. Demirel [26], mermer ocaklarında kollu zincirli kesme makinesi ile elmas tel kesme makinesini iş sağlığı ve güvenliği, blok verimi, makine montaj ve demontajı, üretim hızı bakımından karşılaştırmıştır. Yeşilkaya vd, [27], Denizli havzasında Denizli Çimento Fabrikası çevresi -Kaklık dolaylarındaki- traverten ocaklarında, blok üretiminde kullanılan zincirli kollu kesme makinelerinin kesme verimleri incelemişler, metrekare bazında kesme maliyetini hesaplamışlardır. Çopur, vd, [28], 30x30x30 cm boyutlu blokları kullanarak, zincirli kollu kesme makinelerinin laboratuvar ortamında kesme verimlerini incelemişlerdir.

Zincirli kollu kesme makineleri düşük veya orta dereceli aşındırıcı olan mermer ve traverten gibi yumuşak ve orta sert doğal taşların, hem açık ocaklarda hem de yeraltı ocaklarında blok olarak çıkarılmasında ve sayalama amacı ile düşey veya yatay kesme işlemlerinde kullanılabilirlerdir. Elmas boncuklu tel kesme makineleri ile birlikte kullanıldıklarında (bu yaygın kullanım şeklidir) ocak verimini artırırlar. Bir traverten açık ocağında kullanılan elmas boncuklu tel kesme makinelerinin yanına sadece bir adet zincirli kesme makinesi ilave edilerek, ocağın genel veriminin %20 arttığı görülmüştür [25].

Mermer blok üretiminde elmas tel kesme makineleri çok yaygın olarak kullanılırken zincirli kollu kesici makineleri henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamıştır. Dolayısıyla gerek bireysel gerekse kombine olarak kullanılan zincirli kollu kesici makinelerinin verimleri ve kesme özellikleri hakkında literatürde çok fazla veriye rastlanmamaktadır. Kullanımı henüz elmas tel kesme makineleri kadar yaygınlaşmamış olan zincirli kollu kesici makinelerinin mermer blok üretiminde kullanım verimlerinin belirlenmesi, bu tür makinelerin kullanım

olanağı bakımından mermer işletmecilerine bir ışık tutacaktır.

Bu çalışmada Isparta-Senirkent civarındaki bir kireçtaşı (bej mermer) ocağında, blok üretiminde elmas tel kesme ile kombine olarak kullanılan zincirli kollu kesme makinelerinin çalışma hızları, uygulama koşulları, malzeme gereksinimleri ve kesme performansları incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

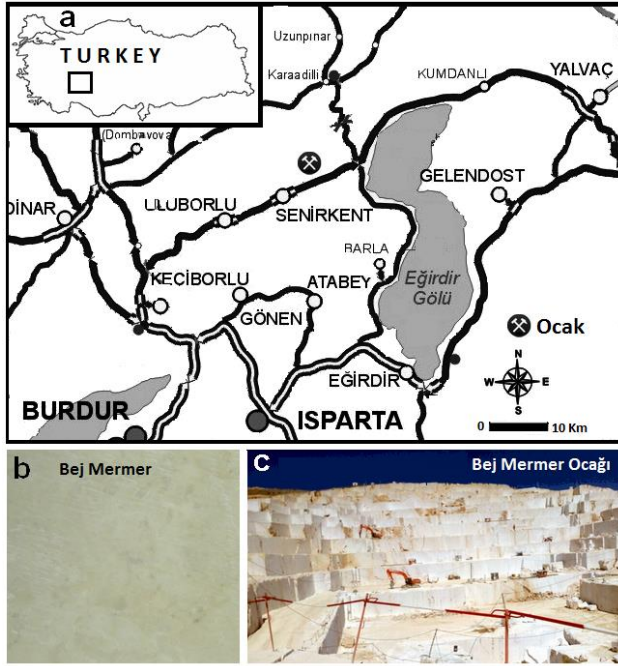
Çalışma alanı, Isparta il sınırları içerisinde yer alıp Senirkent ilçesine yaklaşık 8 km mesafede, Senirkent-Yalvaç karayolunun kuzeyindedir. Çalışmanın yapıldığı ocak, 12 kademededen oluşmakta ve bej mermer olarak nitelendirilen kireçtaşı türünde blok mermer üretimi yapılmaktadır. Üretimi yapılan bej mermer, açık ve koyu bej renklerinin homojen bir renk karışımına sahiptir. Bu renklerin yanı sıra açık kırmızı ve açık yeşil renkli stilolitleri de içermektedir. Ocak lokasyonu, bej mermerin yüzey görünümü ve ocağın genel görünümü Şekil 1’de verilmiştir.

Mermer blok kesimlerinde, deliklerin delinmesi için Kaptanlar marka (rock) delme makinesi, kesim işleminin yapılmasında ise Kaptanlar marka elmas tel kesme makineleri ve Fantini marka zincirli kollu kesme makineleri kullanılmıştır (Şekil 2).

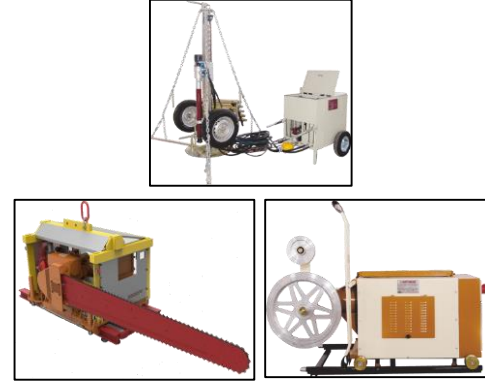
Ocakta kullanılan delme makinesi, 7,5 kw gücünde elektrikli bir motora sahip olup yukarı-aşağı hareketleri hidrolik kumanda sistemleri aracılığıyla yapılmaktadır. Makine, 6 bar basınçta 2,1 m³/dk hava tüketmekte ve dakikada 1500 devirle kayaç cinsine göre 0,2 m/dk hıza kadar delme yapabilmektedir. Makinenin efektif kapasitesi, 1 m boyundaki tijlerle 15 m olup en çok 30 m derinliğe kadar delme yapabilmektedir [29].

Ocakta 60 ve 80 cm kasnak çaplarına sahip iki çeşit elmas tel kesme makinesi kullanılmakta olup aynaya dik kesimlerde 60 cm kasnak çapına sahip olan aynaya paralel arka ve yatay alt kesimlerde 80 cm kasnak çapına sahip olan versiyonlar tercih edilmektedir. Elmas tel kesme makinelerine ait bazı teknik veriler Çizelge 1’de verilmiştir.

Ocakta kullanılan, zincirli kollu kesme makinelerinin üçü 7,40 m ve biri 3.40 m kol uzunluğuna sahiptir. Tüm zincirli kollu kesiciler ocak içerisinde elmas tel kesme makineleri ile birlikte karma olarak kullanılmaktadır. 7.40 m lik zincirli kollu kesici ile düşey kesimler yapılmakta, 3.40 m lik zincirli kollu kesici ile yatay-alt kesimler yapılmaktadır. Makinelerin bakımları yaklaşık 40 metrede veya gerektiğinde her kesim öncesi yapılmaktadır. Bakımlar sırasında rutin kontrol olarak, talaş temizliği, makine genel temizliği, zincir pim ve bakla bakımı, pabuç ve civata bakımı, soket çevirimi ve değişimi, ray temizliği gibi işlemler yapılmaktadır.



Şekil 1. Bej mermer ocağı lokasyon haritası (a), üretilen mermerin (b) ve ocağın görünümü (c). (The location map of Senirkent limestone quarry(a) (Beige marble), view of marbles (b) and quarry (c))



Şekil 2. Delme makinesi (Kaptanlar), Elmas tel kesme makinesi (Kaptanlar) ve Zincirli kollar kesme makinesi (Fantini). (Drilling machine (Kaptanlar), diamond wire cutting machine (Kaptanlar) and chain saw machine (Fantini).)

Zincirli kollar kesicilere ait, motor gücü, ağırlık, kol uzunluğu, kesme genişliği, maksimum kesim genişliği, malzeme tedarik firması, ray uzunluğu ve adeti gibi başlıca özellikler ve bu özelliklerin yanı sıra ölçümler sırasında tespit edilen gres kullanımı, çalışan kişi sayısı, pabuç ve soket sayısı, rayda yürüyüş ve kesim hızları, dalış süreleri, pabuç ve ek sayıları, soket sayıları gibi değerler Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Elmas tel kesme makinesinin özellikleri* (Specifications of the diamond wire cutting machine).

Üretici Markası	Kaptanlar (ETK ⁸⁰)	Kaptanlar (ETK ⁶⁰)
Motor gücü	55 kw	45 kw
Ağırlığı	1800 kg	1415 kg
Motor devri	1500 dv/dk	1500 dv/dk
Kesim Tipi	Elmas tel	Elmas tel
Çalışma açısı	360° Her Pozisyonda	360° Her Pozisyonda
Maksimum kesme hızı	15 m ² /sa	8 m ² /sa
Kapasite (kesme alanı)	100-150 m ²	80-120 m ²
Su tüketimi	500 lt/sa	500 lt/sa
Çalışan Kişi Sayısı	2	2
Ray Uzunluğu ve Adedi	3x2=6 m	3x2=6 m

* Üretici firma verileri [29]

Çizelge 2. Zincirli kollar kesme makinesi özellikleri* (Specifications of the chain saw machine).

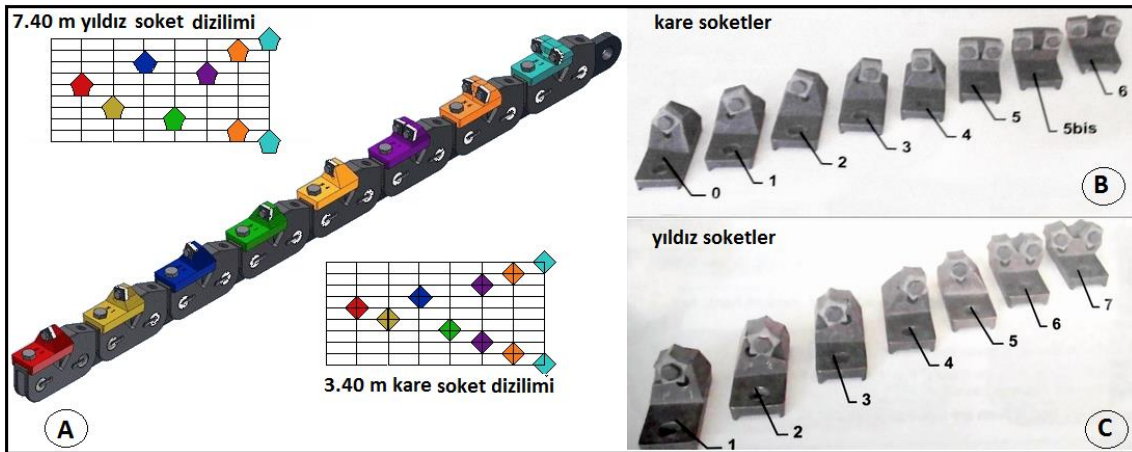
Üretici Markası	Fantini (ZKK ⁷⁴⁰)	Fantini (ZKK ³⁴⁰)
Motor gücü	61 KW	50 KW
Ağırlığı	9600 kg	5700 kg
Kol Uzunluğu	8 m	3.40 m
Kesme Genişliği	3.8 mm	3.8 mm
Efektif Kesme Derinliği	7.20 m	3.20 m
Kesim Tipi	Dikey	Yatay
Pabuç (Zincir Eki) Sayısı	135	77
Soket Sayısı	180	99
Gres Yağı Tüketimi	1.4 lt/sa	1 lt/sa
Ortalama 70° Dalış Süresi	145 dk	100 dk
Ray İlerleme hızı	0-15 cm/dk	0-13 cm/dk
Zincir dönüş hızı	0-0.7 cm/sn	0-0.7 cm/sn
Çalışan Kişi Sayısı	1	1
Ray Uzunluğu ve Adedi	4x4 = 16 m	3x3 = 9 m

Makinelerde iki farklı pabuç ve soket türü kullanılmaktadır. Bunlar, geometrik şekillerine göre kare ve yıldız olarak birbirinden ayrılır. Kare soketler 8 köşeli olup bir köşe yıprandığı zaman çevrilerek maksimum 8 defa kullanılabilir. Yıldız soketin avantajı ise 10 köşeye sahip olmasıdır bu sayede kareye göre daha fazla kullanılabilir. Ancak aşırı yıpranmış soketlerin arka köşeleri kullanılmadığından kullanım sayısı yarıya düşebilmekte ya da tek kullanım sonunda yenisiyle değiştirilmektedir.

Zincirli kollu kesicilerde pabuçlar zincir üzerinde belli bir dizilime sahiptir. Kare soket kullanılan pabuçlar ve yıldız soket kullanılan pabuçlar ayrı bir takım oluşturarak dizilmektedir. Bej mermer ocağında zincirli kollu kesicilerde kare sokete sahip pabuçlar 0 numara ile başlayarak 1, 2, 3, 4, 5, 5 bis ve 6 numara olarak dizilmektedir. Yıldız sokete sahip pabuçlar ise 1 numara ile başlayarak 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 numara şeklinde dizilmektedir (Şekil 3). Bej mermer ocağında, Zincirli kollu kesicilerde bir boyda, kare ve yıldız soket dizilim paternleri ile kullanılan kare ve yıldız pabuç ve soketlerin görünümü Şekil 3'de, yeni ve yıpranmış soketlerin görünümü ise Şekil 4'de verilmiştir.

Zincirli kollu kesicilerde, üreticisine bağlı olarak farklı kesme düzenleri bulunmaktadır. Aynı kesme düzenine sahip olan kesme setleri, arka arkaya gelerek zincirin tamamını oluşturur. Bir kesme seti genellikle 8-10 pabuç/bakla içerir. Genellikle setteki son 2 veya 3 pabuç üzerinde 2'şer ve diğerlerinde 1'er adet keski (soket) bulunur. Bu keski köşe kesme yaptıkları için daha zor koşullarda kazı yaparlar ve aşınmaları diğer keskilere göre daha fazladır. Benzer şekilde, setteki ilk keski de yardımsız kazı yaptığı için zor koşullarda çalışır. Bir setteki keski, keskilere gelen kuvvetleri dengelemek ve keski ve kol plakasının dengeli aşınmasını sağlamak amacıyla genellikle simetrik olarak yerleştirilir (Şekil 5) [17, 31].

Bir setteki keski kesme hareketi kendisini takip eden keski setleri tarafından tekrarlanır. Her bir keskinin açılma konumu (yanal açısı) set üzerindeki konumuna göre değişiklik gösterir. Yanal açılar genellikle 45° ile -5° arasında değişir ve bu açı en öndeki keski maksimumdan başlar ve arkadaki keskilere ve yanlara doğru azalır. Optimum kesme koşulları için tasarlanılmamış kesme düzenlerinde kazı hızları beklenenden düşük olmakta keski tüketimleri ise oldukça



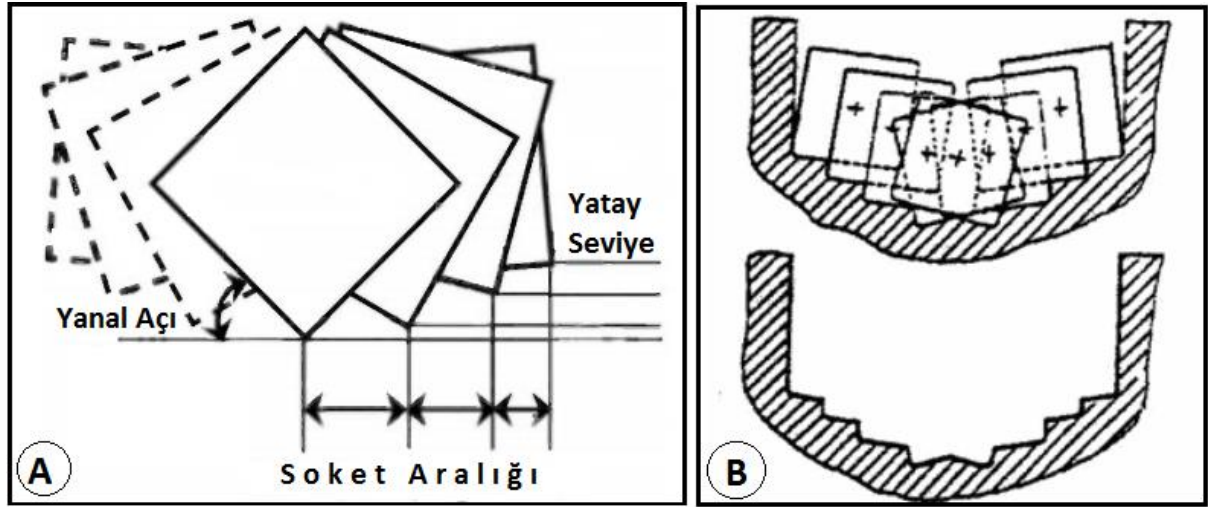
Şekil 3. Zincirli kollu kesicilerde bir boyda, kare ve yıldız soket dizilim paternleri (A), kullanılan kare (B) ve yıldız (C) pabuç ve soketlerin görünümü. (An example of square (B) and star (C) tool layout of a sequence in single scroll cutting pattern (A)).



Şekil 4. Zincirli kollu kesici soketlerinin kırılma şekilleri, eski ve yeni soketlerin görünümü. (Breaking patterns of the chain saw machine's sockets and some view of new and used sockets).

yüksek olmaktadır. Bu nedenle, karmaşık bir problem olan kesme düzeni tasarımları kazı mekaniği bilimi çerçevesinde çözümlenmelidir [17, 31].

aynaya paralel dikey ve/veya yatay alt kesim zincirli kolları kesici makineleri ile kesilirken aynaya dik yönde dikey kesimler elmas tel kesme makineleri ile



Şekil 5. Kesme profilini oluşturan parametreler (A) ve örnek bir kesme profili (B) [31]. (Cutting profile parameters (A) and an example cutting profile (B))

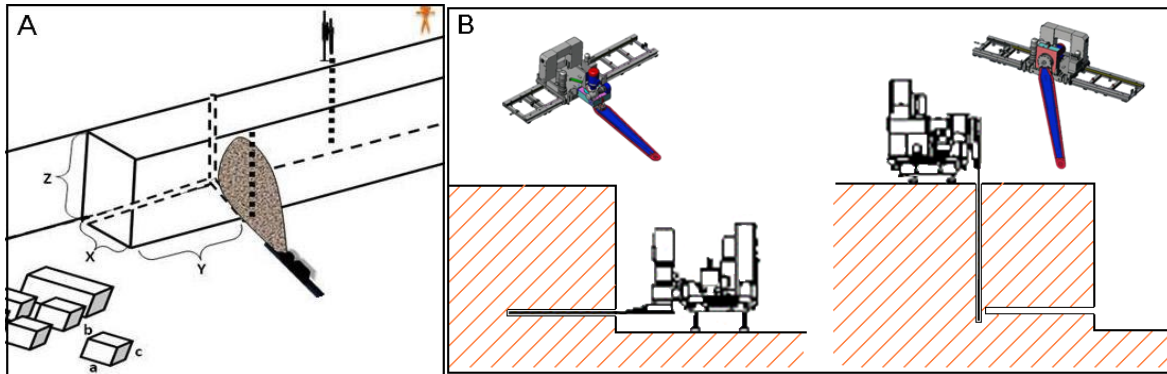
2.2. Yöntem (Method)

Bej mermerlerin petrografik ve mineralojik özellikleri, hazırlanan ince kesitler üzerinde, Nikon E200POL marka polarizan mikroskop kullanılarak belirlenmiştir. Kimyasal analizler ise, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümü Doğtaş analiz Laboratuvarı'nda RİGAKU marka XRF cihazında yapılmıştır.

Mermer ocak işletmeciliğinde 1980'li yıllardan beri elmas tel kesme makineleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüz traverten ve kireçtaşı (bej mermer) ocaklarında da çoğunlukla elmas tel kesme makineleri kullanılmakla beraber daha yeni bir teknoloji olan zincirli kolları kesici makinelerinin de kullanılması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Mermer ocaklarında zincirli kolları kesici makineleri daha çok elmas tel kesme makineleri ile kombine olarak çalıştırılmaktadır. Örneğin

kesilmektedir. Bu tarz çalışma şeklinin en önemli avantajı, elmas tel kesme yönteminde yapılması gereken üç adet delme işlemini bire indirmesidir. Böylece iki adet delme işi ortadan kaldırılarak hem zaman hem de delme maliyetinden tasarruf edilmektedir.

Zincirli kolları kesme makinesi odaklı üretim yönteminde, birbirine paralel ve birbirini kesen düşey kesme düzlemleri oluşturulur. Alt kesim ise yine zincirli kolları kesme makinesi ile kesilerek kütle serbestleştirilir. Bloğun ana kütlede ayrılması iş makineleriyle yapılır. Bu şekil çalışmada düşey kesimler kol boyu ile sınırlı olduğundan devrilme işlemi yapılmayabilir, dolayısıyla bloğun çatlaması sonucu ortaya çıkan üretim kayıpları daha az gerçekleşir. Çalışma, elmas tel kesme yöntemindeki delme işlemlerine gerek duyulmadığı için daha seridir. Söz konusu makinelerin kesme pozisyonları Şekil 6'da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Elmas telle kesme makinesinin düşey kesim pozisyonu (A), Zincirli kolları kesicinin yatay ve düşey kesim pozisyonları (B) [27] (Vertical running position of diamond wire cutting machine (A), Vertical and horizontal running position of chain saw machine)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ (EXPERIMENTAL STUDIES AND ASSEMET OF FINDINGS)

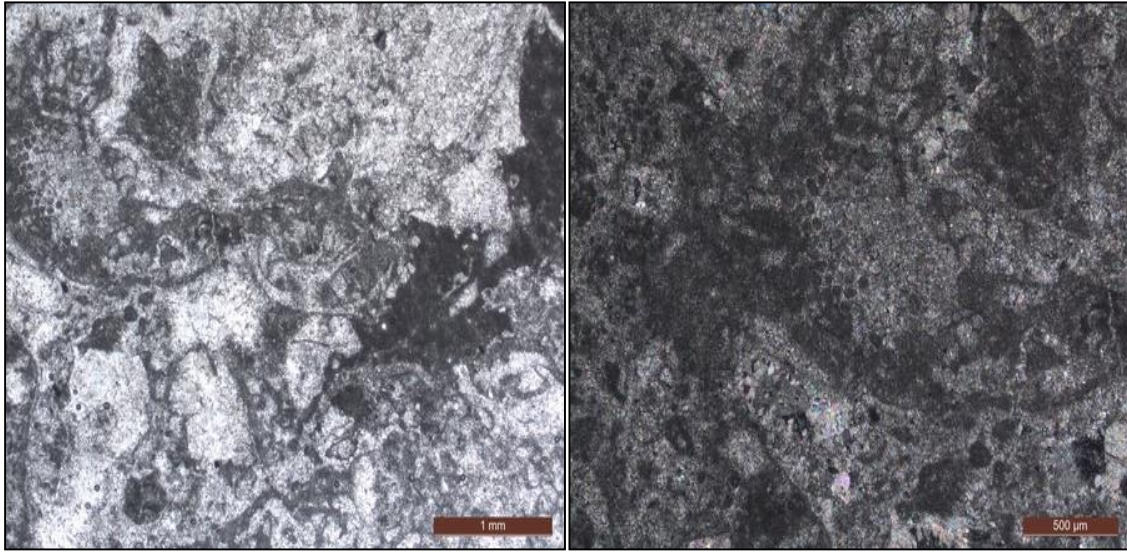
3.1. Mineralojik ve Petrografik Analizle

(Mineralogical and Petrographic Analysis)

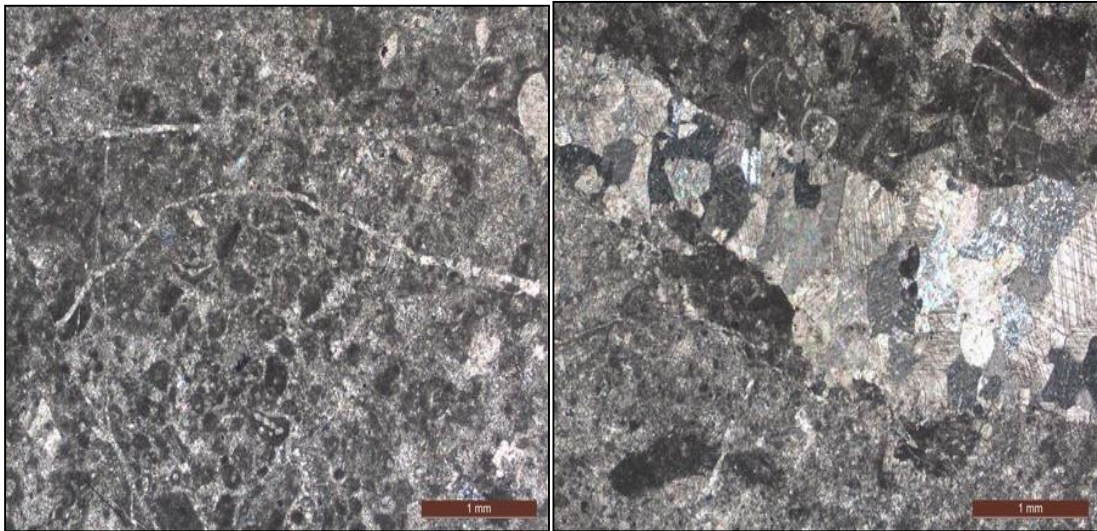
Doğal taşların gerek blok gerekse levha şeklinde kesilmesinde önemli olan parametreler, kayacın matriks yapısı ve sertlik değerleridir. Sertlik değeri kayacın mineral bileşimine bağlı olup genellikle kalsitten oluşan doğal taşlarda 3-3.5 civarındadır. Kuvars ve silikat minerallerinin bileşime girmesi durumunda sertlik değeri artmaya başlar. Genellikle bir kayacın sertlik değeri arttıkça, kayacın basınç dayanımı da artmaktadır. Bu durum kayacın kesilebilirliğini güçleştirmektedir.

Mineralojik ve petrografik özelliklerinin makine performansına etkisinin olup olmadığının belirlenmesi

amacıyla çalışma alanından alınan numuneler üzerinde mineralojik ve petrografik analizler yapılmıştır. Bej mermerinin mikroskopik inceleme sonucunda ana mineralinin kalsit olduğu görülmüştür. Şekil 7’de de görüldüğü gibi kript ve mikrokristalin kalsit kristalleri içerisinde sparitleşmiş mikrofossil kavkı izleri, kriptokristalin kalsitten oluşmuş pellet ve intraklast içermektedir. Çatlak ve boşluklarda mikro ve mesokristalin kalsit kristalleri izlenmiştir. Şekil 8’de mikro çatlaklar içinde kalsit kristalleri görülmekte ve mikrofossil kavkuları bileşende yer almaktadır. Kalsitin, basınç sonucu gelişmiş ikiz düzlemleri de izlenmektedir. Çalışma alanındaki bej mermerlerin, gerek çatlak dolgularında gerekse bileşiminde, kuvars ve silikat minerallerine rastlanmaması ve esas mineralin kalsit olmasından dolayı kesme performansında herhangi bir olumsuz etkinin olmadığı söylenebilir.



Şekil 7. Bej mermerin ince kesit görüntüsü, kalsit kristalleri içerisinde sparitleşmiş mikrofossil kavkı izleri. (Thin section of Beige marble, sparitic micro fossil shells indications in calcite crystals)



Şekil 8. Bej mermerlerde mikro çatlakların ve sparitik kalsit kristallerinin görünümü. (View of micro cracks and sparitic calcite crystals in Beige marbles)

3.2. Kimyasal Analizler (Chemical Analysis)

Bej mermerinin kimyasal özelliklerini belirleyebilmek için yapılan deneylerin sonuçları Çizelge.3'de verilmiştir. Çizelge 3 de görüldüğü gibi CaO bileşiği haricinde diğer tüm bileşiklerin oranı %1'in altında olduğundan bej mermerinin saf kireçtaşı olduğu söylenebilir. Aynı zamanda Fe₂O₃ değerinin %0.03 olması, bej mermerinin renginin koyu olmadığı ve atmosfer şartlarında ise paslanmanın en az düzeyde olacağı ve SiO₂ değerinin de %0.18 olması nedeniyle; kesiminde zorluk çıkmayacağı ve kolay kesileceği düşünülebilir. MgO miktarının %0.25 olması dolomit mineralinin ince kesitlerde görülmemesi ile de örtüşmektedir.

Çizelge 3. Bej mermerinin kimyasal analiz sonuçları. (Results of chemical analysis of Beige marble)

Bileşim	%
SiO ₂	0.18
Al ₂ O ₃	0.06
Fe ₂ O ₃	0.03
CaO	56.39
MgO	0.25
Na ₂ O	0.01
SO ₃	0.02
P ₂ O ₅	0.01
K ₂ O	0.01
A.Z.	43.01

3.3. Ocakta Uygulanan Kesim Yöntemleri (Cutting Methods in the Quarry)

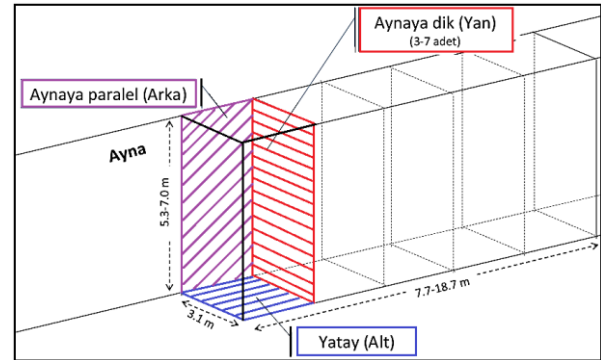
Çalışma alanında üretim, kesimi planlanan kütle için önce alt, sonra arka (aynaya paralel) ve en son belli aralıklarla aynaya dik yönde düşey kesimlerin yapılması şeklinde özetlenebilir. Kesme derinliği tüm basamaklarda 3.1 m kesme yüksekliği ise basamak ve tabakalanma durumuna göre 5.3, 6.8 ve 7 m olarak planlanmaktadır. Kesilecek kütle için kullanılan makinelerin kapasitesine göre 7.7 m ile 18.7 m arasında değişmektedir. Aynaya dik yan kesimlerin sayısı ve sıklığı, kesilen kütle üzerindeki süreksizliklere ve mermer işleme tesislerindeki blok kesici makinelerin (ST, Katrak) kesme parametrelerine göre belirlenmekte ve her bir kütle kesimi için 3-7 kez tekrarlanmaktadır (Şekil 9).



Şekil 10. Yatay delik delme ve düşey delik delme işlemleri (Horizontal and vertical drilling operations)

Deneyisel çalışmaların yapıldığı Bej mermer ocağında “dağ kesimi” olarak da adlandırılan büyük boyutlu kütle kesimlerinde elmas tel kesme makineleri ve zincirli kollu kesme makineleri, 3 farklı kombinasyonda uygulanmakta olup her bir kullanım şekli A, B ve C yöntemleri olarak adlandırılmıştır. Bu yöntemler;

- Yöntem A: Delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ETK^{80/60}),
- Yöntem B: Aynaya paralel kesimde zincirli kollu kesici makinenin (7,40), yatay ve aynaya dik kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ZKK⁷⁴⁰+ETK^{80/60}) ve
- Yöntem C: Yatay kesimde zincirli kollu kesici makinenin (3,40), dikey kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ZKK³⁴⁰+ETK^{80/60}) olarak özetlenebilir.



Şekil 9. Kütle kesme parametreleri (Block cutting parameters)

3.3.1. Yöntem A: Delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ETK^{60/80}). (Method A: The method that Drilling and diamond wire cutting machines are used together (DWC^{60/80}))

Bu üretim yönteminde önce 5 adet dikey 2 adet yatay olmak üzere birbirine dik ve birbirleriyle irtibatlı delikler açılır, sonra yatay iki delikten geçirilen elmas tel yardımıyla alt kesim, düşey deliklerden geçirilen elmas tel yardımıyla da aynaya dik düşey kesimler gerçekleştirilir. En son aynaya paralel arka kesim

yapılarak kütlelerin tamamen serbestleşmesi sağlanır. Arka kesim genellikle bir defada yapılmasına rağmen süreksizliklerin sık olduğu kütlelerde, bloğun kayması veya parça düşmesi riskine karşı kademeli olarak gerçekleştirilebilmektedir. Yatay (alt) ve aynaya paralel (arka) kesimler için 80 cm kasnak çaplı, aynaya dik yöndeki kesimler için ise 60 cm kasnak çaplı elmas tel kesme makineleri kullanılmaktadır. Yöntem A ile gerçekleştirilen 3.1x6.8x13 m boyutlarındaki 5 adet kütlelerin üretim süreci incelenmiş olup kesimlerin hazırlanma sırasındaki delik delme sırasında alınan fotoğraflar Şekil 10’da verilmiştir.

Delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem için veriler Çizelge 4’de verilmiştir. Delik delme işleminde ilk olarak 7 metre derinliğinde, kütle üzerindeki süreksizlik düzlemlerine göre belli aralıklarla 5 adet düşey delik delinmiştir. Sonra en son deliği dik açıyla kesecek şekilde, aynaya dik doğrultuda, 3.1 m derinliğinde bir adet yatay delik delinmiştir. En son dik açılan delikleri kesecek ve yatay açılan delikle birleşecek şekilde, aynaya paralel doğrultuda yaklaşık 13 m uzunluğunda bir yatay delik daha açılarak delme işlemi tamamlanmıştır. İncelenen 5 kesim sonunda 1370.2 m³ lük hacim için toplam 256.6 m delme işi yapılmış olup ortalama delme hızı 0,1 m/dk olarak hesaplanmıştır.

Delme operasyonu için harcanan toplam süre, çalışan işçi sayısı ve faaliyetin tekrar sayısı çarpılarak, bu faaliyet

için sarf edilen iş gücü miktarı hesaplanabilir. Buna göre operasyonlar sırasında bir işçi ile 607.5 adam-saat lik iş yapılmıştır.

Delik delme işleminden bir sonraki adım ise deliklerden elmas telin geçirilerek elmas tel kesme makinesinin kurulması ve kesim işlemidir. Kesim işleminde ilk olarak ortak alt kesim yapılmıştır. Bu aşamada, elmas tel yatay deliklerden geçirilmiş ve 80 cm çapında kasnağa sahip elmas tel kesme makinesi ile kesim gerçekleştirilmiştir. Kesme işleminin ikinci aşamasında düşey kesimler yapılmıştır. Bu işlem, 60 cm kasnak çapına sahip olan elmas tel kesme makinesi ile kütle uzunluğu boyunca 5 kez tekrarlanmıştır. Aynaya paralel arka kesim, kütle uzunluğu boyunca bir defada 80 cm kasnak çapına sahip elmas tel kesme makinesi ile yapılmıştır. İncelenen 5 kesim sonucunda toplam 1199 m² lik alanın ortalama 4.25 m²/sa hızla kesildiği hesaplanmıştır. Bu işlem 2 işçi tarafından yapılmış olup toplam 8457.5 adam-saat lik iş yapılmıştır.

Kesim işleminden sonraki adım, yıkım (devirme) işlemidir (Şekil 11). Yıkım işlemini, kesilen bölümün altına beslenme, kütleli aynadan ayırmak için hava yastığı ile öteleme ve ekskavatöre bağlı panter yardımıyla devirme işlemi oluşturmaktadır. Bu işlemler için 5 kütle kesiminde toplam 7.33 saat harcanmıştır. A yöntemi ile yapılan beş adet kesime ait ölçüm sonuçları Çizelge 4’de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 11. Hazırlanan kesimin yıkım işleminden önce altına hafriyat ile beslenmesi, yıkılma ve yıkıldıktan sonraki görünümü. (View of the before and after turnover of the block)

Çizelge 4. Yöntem A, Delme ve kesme verileri. (Method A: Drilling and cutting data)

YÖNTEM_A	A1			A2			A3			A4			A5		
	Kesme Parametreleri (m)	3,1	6,8	13	3,1	6,8	13	3,1	6,8	13	3,1	6,8	13	3,1	6,8
DELME_A	Yd1	Yd2	Dd	Yd1	Yd2	Dd	Yd1	Yd2	Dd	Yd1	Yd2	Dd	Yd1	Yd2	Dd
Makine Tipi	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock	Rock
İşlem Sayısı	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	1	5
Delik Boyu (m)	13,2	3,2	7	13	3,2	7	13,2	3,2	7	13,2	3,2	7	13,2	3,2	7
Toplam Delme (m)	13,2	3,2	35	13	3,2	35	13,2	3,2	35	13,2	3,2	35	13	3,2	35
Hazırlık Süresi (dk)	20	6	5	20	6	5	20	6	5	20	6	5	20	6	5
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	20	6	25	20	6	25	20	6	25	20	6	25	20	6	25
Delme Süresi (dk)	155	34	65	140	34	60	140	34	60	150	34	65	150	34	55
Toplam Delme Süresi (dk)	155	34	325	140	34	300	140	34	300	150	34	325	150	34	275
Delme Hızı (m/dk)	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,12	0,09	0,09	0,12	0,09	0,09	0,11	0,09	0,09	0,13
Çalışan Kişi Sayısı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KESME_A	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk
Makine Tipi	ETK80	ETK80	ETK60	ETK80	ETK80	ETK60	ETK80	ETK80	ETK60	ETK80	ETK80	ETK60	ETK80	ETK80	ETK60
İşlem sayısı	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	1	5	1	1	5
Kesme Derinliği (m)	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7
Kesme Uzunluğu (m)	13	13	3,1	13	13	3,1	13	13	3,1	13	13	3,1	13	13	3,1
Kesim Alanı (m ²)	40,3	91	21,7	40,3	91	21,7	40,3	91	21,7	40,3	91	21,7	40,3	91	21,7
Toplam Kesilen Alan (m ²)	40,3	91	108,5	40,3	91	108,5	40,3	91	108,5	40,3	91	108,5	40,3	91	108,5
Hazırlık Süresi (dk)	7	35	7	7	35	7	7	35	7	7	35	7	7	35	7
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	7	35	35	7	35	35	7	35	35	7	35	35	7	35	35
Kesme Süresi (dk)	497	1035	370	497	1095	370	497	985	370	497	1015	370	497	1050	370
Toplam Kesme Süresi (dk)	497	1035	1850	497	1095	1850	497	985	1850	497	1015	1850	497	1050	1850
Kesim Hızı (m ² /s)	4,87	5,28	3,52	4,87	4,99	3,52	4,87	5,54	3,52	4,87	5,38	3,52	4,87	5,2	3,52
Çalışan Kişi Sayısı	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Elmas Tel Uzunluğu (m)	75	50	50	75	50	50	75	50	50	75	50	50	75	50	50
Boncuk Ağırlık Farkı (g/ad)	0,063	0,067	0,107	0,063	0,051	0,107	0,063	0,055	0,107	0,063	0,099	0,107	0,063	0,034	0,107
Boncuk Çap Farkı (mm/ad)	0,11	0,125	0,81	0,11	0,043	0,81	0,11	0,073	0,81	0,11	0,058	0,81	0,11	0,134	0,81
DEVİRME (dk)	100			85			80			80			95		

* Yd1: Yatay delme (aynaya paralel), Yd2: Yatay delme (aynaya dik), Dd: Düşey delme, Yk: Yatay kesme (alt), Pk: Düşey kesme (aynaya paralel, arka), Dk: Düşey kesme (aynaya dik), ETK80: Elmas tel kesme makinası (Kasnak çapı 80 cm), ETK60: Elmas tel kesme makinası (Kasnak çapı 60 cm)

3.3.2. Yöntem B: Arka kesimde zincirli kollu kesici makinesinin (7,40), alt ve yan kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ZKK⁷⁴⁰+ETK^{60/80}) (Method B: The method that is used the chain saw machine (7.40) for the cutting of back and drilling and diamond wire cutting machine for the underside and sidelong cuts together).

Bu üretim metodunda önce aynaya paralel olan arka kesim zincirli kollu kesici ile kesilmiş, sonra bu kesige 90° açı ile delinen ve kesikle ilişkilendirilen yatay deliklerden elmas tel geçirilip yatay (alt) kesim bir defada (süreksizliklerin sık olduğu durumda kademeli olarak) kesilmiştir. En son kollu kesicinin kesme yarığında ve buna dik açılan yatay deliklerden elmas tel geçirilerek dikey (yan) kesimler gerçekleştirilmiştir. Yatay kesimler için 80 cm çaplı, düşey kesimler için ise 60 cm kasnak çaplı Kaptanlar marka elmas tel kesme makinesi kullanılmıştır. Aynaya paralel kesimlerde (arka kesim) Fantini firmasına ait zincirli kollu kesici kullanılmış olup deliklerin delinmesi, Kaptanlar marka delik delme makinesi ile yapılmıştır. Şekil 12’de 7.40 zincirli kollu kesicinin dalış sırasındaki ve elmas tel kesme makinesinin alt kesim sırasındaki görüntüleri verilmiştir.

Bu çalışma şeklinde incelenen 5 kesim sonunda 1464.8 m³ lük hacim için toplam 80.6 m delme işi yapılmış olup

ortalama delme hızı 0.08 m/dk olarak ölçülmüştür. Operasyonlar sırasında bir işçi ile 87.1 adam-saat lik iş yapılmıştır. Kesme faaliyeti için ise toplam 1246 m² lik alanın ortalama 9.69 m²/sa hızla kesildiği hesaplanmıştır. Bu işlem zaman zaman 1 veya 2 işçi tarafından yapılmış olup toplam 7715.97 adam-saat lik iş yapılmıştır. Kesimden sonra yapılan yıkım işlemi de toplam 6.7 saat süre almıştır. B yöntemi ile ilgili olarak incelenen 3.1x7x9.2-18.7 boyutlarındaki beş adet kütle için kesime ait veriler Çizelge 5 te verilmiştir.



Şekil 12. Arka kesimde zincirli kollu kesici makinesinin ve alt kesimde elmas tel kesme makinesinin kullanımı (The use of chain saw machine for the back cutting and diamond wire cutting machine for the underside cuts)

Çizelge 5. Yöntem B: Arka kesimde zincirli kollu kesici makinesinin (7,40), alt ve yan kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntemle ait blok kesim verileri (ZKK_p⁷⁴⁰+ETK_{ya}). (Method B: Cutting data of the method that is used the chain saw machine (7.40) for the cutting of back and drilling and diamond wire cutting machine for the underside and sidelong cuts together).

YÖNTEM_B	B1			B2			B3			B4			B5		
Kesme Parametreleri (m)	3,1	7	13	3,1	7	9,2	3,1	7	10,5	3,1	7	18,7	3,1	7	16,1
DELME_B	Yd			Yd			Yd			Yd			Yd		
Makine Tipi	Rock			Rock			Rock			Rock			Rock		
İşlem Sayısı	5			4			4			7			6		
Delik Boyu (m)	3,1			3,1			3,1			3,1			3,1		
Toplam Delme (m)	15,5			12,4			12,4			21,7			18,6		
Hazırlık Süresi (dk)	5			5			5			5			5		
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	25			20			20			35			30		
Delme Süresi (dk)	45			35			40			40			40		
Toplam Delme Süresi (dk)	225			140			160			280			240		
Delme Hızı (m/dk)	0,07			0,09			0,08			0,08			0,08		
Çalışan Kişi Sayısı	1			1			1			1			1		
KESME_B	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk
Makine Tipi	ETK80	ZKK740	ETK60	ETK80	ZKK740	ETK60	ETK80	ZKK740	ETK60	ETK80	ZKK740	ETK60	ETK80	ZKK740	ETK60
İşlem sayısı	1	1	5	1	1	4	1	1	4	1	1	7	1	1	6
Kesme Derinliği (m)	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7	3,1	7	7
Kesme Uzunluğu (m)	13	13	3,1	9,2	9,2	3,1	10,5	10,5	3,1	18,7	18,7	3,1	16,1	16,1	3,1
Kesim Alanı (m ²)	40,3	91	21,7	28,52	64,4	21,7	32,55	73,5	21,7	57,97	130,9	21,7	49,91	112,7	21,7
Toplam Kesilen Alan (m2)	40,3	91	108,5	28,52	64,4	86,8	32,55	73,5	86,8	57,97	130,9	151,9	49,91	112,7	130,2
Hazırlık Süresi (dk)	25	80	20	20	80	15	20	80	15	15	80	15	30	80	15
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	25	0	100	20	0	60	20	0	60	15	0	105	30	0	90
Kesme Süresi (dk)	520	816,67	525	390	403,33	450	370	440	465	660	866,67	490	620	806,67	485
Toplam Kesme Süresi (dk)	520	816,67	2625	390	403,33	1800	370	440	1860	660	866,67	3430	620	806,67	2910
Kesim Hızı (m ² /s)	4,65	6,69	2,48	4,39	9,58	2,89	5,28	10,02	2,80	5,27	9,06	2,66	4,83	8,38	2,68
Çalışan Kişi Sayısı	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
Elmas Tel Uzunluğu (m)	40		27	40		27	40		27	40		27	40		27
Değişen Soket Sayısı (ad)		24			24			24			24			24	
Soket Ağırlık Farkı (g/ad)		0,216			0,22			0,043			0,088			0,192	
Boncuk Ağırlık Farkı (g/ad)	0,053		0,103	0,101		0,064	0,045		0,085	0,065		0,061	0,033		0,043
Boncuk Çap Farkı (mm/ad)	0,13		0,074	0,13		0,1	0,13		0,091	0,13		0,08	0,13		0,035
Değişen Pabuç Sayısı		5			5			5			5			5	
Yağ Tüketimi (kg)		50			40			45			70			60	
DEVİRME (dk)		85			75			80			90			70	

* Yd: Yatay delme (aynaya dik), Yk: Yatay kesme (alt), Pk: Düşey kesme (aynaya paralel, arka), Dk: Düşey kesme (aynaya dik), ETK80: Elmas tel kesme makinesi (Kasnak çapı 80 cm), ETK60: Elmas tel kesme makinesi (Kasnak çapı 60 cm), ZKK740: Zincirli kollu kesici (Kol boyu 7.40 m)

3.3.3. Yöntem C: Yatay kesimde zincirli kollu kesici makinesinin (3,40), dikey kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntem (ZKK³⁴⁰+ETK^{60/80}). (Method C: The method that is used chain saw machine for underside cuts and drilling and diamond wire cutting machine for vertical cuts)

Bu üretim metodunda önce yatay kesim (alt) zincirli kollu kesici ile kesilmiş sonra bu kesige dik olarak delinen ve kesikle ilişkilendirilen dikey deliklerden elmas telin geçirilmesiyle, aynaya paralel (arka) ve aynaya dik (yan) kesimler gerçekleştirilmiştir. Aynaya paralel arka kesimlerde 80 cm çaplı elmas tel kesme makinesi, alt kesimlerde 3.40 m lik zincir kollu kesici kullanılırken düşey kesimlerde 60 cm kasnak çapına

sahip elmas tel kesme makinesi kullanılmıştır. Şekil 13’de bu üretim metoduna ait bazı fotoğraflar verilmiştir.

C yöntemi ile yapılan 3.1x5.3x7.7-16.7 boyutlarındaki beş kütlelin üretiminde 1013.73 m³ lük hacim için toplam 132 m delme işi yapılmış olup ortalama delme hızı 0.13 m/dk olarak ölçülmüştür. Operasyonlar sırasında bir işçi ile 83.3 adam-saat lik iş yapılmıştır. Kesme faaliyeti için ise toplam 912.6 m² lik alanın ortalama 3.64 m²/sa hızla kesildiği hesaplanmıştır. Bu işlem zaman zaman 1 veya 2 işçi tarafından yapılmış olup toplam 5774.28 adam-saat lik iş yapılmıştır. Kesimden sonra yapılan yıkım işlemi de toplam 8.42 saat süre almıştır. C yöntemi ile yapılan beş adet kesime ait ölçüm sonuçları Çizelge 6’da detaylı olarak verilmiştir



Şekil 13. Alt kesimde zincirli kollu kesicinin ve dikey kesimde elmas tel kesme kullanımı (The use of chain saw machine for underside cut and diamond wire cutting machine for the vertical cuts)

Çizelge 6. Yöntem C: Alt kesimde zincirli kollu kesici makinesinin (3,40), dikey kesimlerde delik delme ve elmas tel kesme makinelerinin beraber kullanıldığı yöntemde ait blok kesim verileri (ZKK³⁴⁰+ETK^{60/80}). (Method C: Cutting data of the method that is used chain saw machine for underside cuts and drilling and diamond wire cutting machine for vertical cuts)

YÖNTEM_C	C1			C2			C3			C4			C5		
Kesme Parametreleri (m)	3,1	5,3	7,7	3,1	5,3	10	3,1	5,3	12,1	3,1	5,3	15,2	3,1	5,3	16,7
DELME_C	Dd			Dd			Dd			Dd			Dd		
Makine Tipi	Rock			Rock			Rock			Rock			Rock		
İşlem Sayısı	3			4			5			6			6		
Delik Boyu (m)	5,5			5,5			5,5			5,5			5,5		
Toplam Delme (m)	16,5			22			27,5			33			33		
Hazırlık Süresi (dk)	20			10			10			10			20		
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	60			40			50			60			120		
Delme Süresi (dk)	40			35			40			40			45		
Toplam Delme Süresi (dk)	200			175			200			200			225		
Delme Hızı (m/dk)	0,08			0,13			0,14			0,17			0,15		
Çalışan Kişi Sayısı	1			1			1			1			1		
KESME_C	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk	Yk	Pk	Dk
Makine Tipi	ZKK340	ETK80	ETK60	ZKK340	ETK80	ETK60	ZKK340	ETK80	ETK60	ZKK340	ETK80	ETK60	ZKK340	ETK80	ETK60
İşlem sayısı	1	1	3	1	1	4	1	1	5	1	1	6	1	1	6
Kesme Derinliği (m)	3,1	5,3	5,3	3,1	5,3	5,3	3,1	5,3	5,3	3,1	5,3	5,3	3,1	5,3	5,3
Kesme Uzunluğu (m)	7,7	7,7	3,1	10	10	3,1	12,1	12,1	3,1	15,2	15,2	3,1	16,7	16,7	3,1
Kesim Alanı (m2)	23,87	40,81	16,43	31	53	16,43	37,51	64,13	16,43	47,12	80,56	16,43	51,77	88,51	16,43
Toplam Kesilen Alan (m2)	23,87	40,81	49,29	31	53	65,72	37,51	64,13	82,15	47,12	80,56	98,58	51,77	88,51	98,58
Hazırlık Süresi (dk)	75	40	20	75	35	20	75	65	25	75	55	25	75	35	20
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	0	40	60	0	35	80	0	65	125	0	55	150	0	35	120
Kesme Süresi (dk)	226,67	490	400	320	660	410	406,67	700	440	426,67	775	420	443,33	805	375
Toplam Kesme Süresi (dk)	226,67	490	1200	320	660	1640	406,67	700	2200	426,67	775	2520	443,33	805	2250
Kesim Hızı (m2/s)	6,32	5,00	2,46	5,81	4,82	2,40	5,53	5,50	2,24	6,63	6,24	2,35	7,01	6,60	2,63
Çalışan Kişi Sayısı	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2
Elmas Tel Uzunluğu (m)		30	27		37	27		44	27		50	27		54	27
Değişen Soket Sayısı (ad)	18			18			18			18			18		
Soket Ağırlık Farkı (g/ad)	0,184			0,141			0,103			0,058			0,132		
Boncuk Ağırlık Farkı (g/ad)		0,053	0,05		0,036	0,067		0,047	0,029		0,051	0,05		0,049	0,089
Boncuk Çap Farkı (mm/ad)		0,107	0,107		0,083	0,163		0,056	0,136		0,09	0,079		0,095	0,046
Değişen Pabuç Sayısı	2			2			2			2			2		
Yağ Tüketimi (kg)	25			35			45			60			60		
DEVİRME (dk)		81			112			93			104			115	

* Dd: Düşey delme, Yk: Yatay kesme (alt), Pk: Düşey kesme (aynaya paralel, arka), Dk: Düşey kesme (aynaya dik), ETK80: Elmas tel kesme makinesi (Kasnak çapı 80 cm), ETK60: Elmas tel kesme makinesi (Kasnak çapı 60 cm), ZKK340: Zincirli kollu kesici (Kol boyu 3.40 m)

3.4. Bulguların Değerlendirilmesi (Results and Discussions)

İnceleme süresince toplam 3848.68 m³ lük bir hacmin kazısı yapılmış olup bunun %35.6 sında Yöntem A, %38.1 inde Yöntem B ve %26.3 ünde Yöntem C uygulanmıştır. Yöntem A da alt ve arka kesimler için ETK⁸⁰, yan kesimlerde ETK⁶⁰ makineleri kullanılmıştır. Yöntem B de ise alt kesimlerde ETK⁸⁰ ve arka kesimlerde ZKK⁷⁴⁰ makineleri kullanılırken yan kesimlerde ETK⁶⁰ kullanılmıştır. Yöntem C de de alt kesimlerde ZKK³⁴⁰, arka kesimlerde ETK⁸⁰ ve yan kesimlerde ETK⁶⁰ makineleri kullanılmıştır. Böylece mermer ve doğaltaş ocaklarında yaygın olarak kullanılan elmas tel kesme ve zincirli kollu kesme makinelerinin farklı versiyonlarının değişik kombinasyonları denenmiştir. İncelemede her bir yöntem için 5 olmak üzere 15 kütlenin kesimi takip edilmiş olup toplam 85 kez delme (159.6 m), 105 kez kesme (3357.55 m²) işlemi yapılmıştır. Bu işlemler sırasında hazırlık süreleri dâhil toplam 760.27 saat (yaklaşık 6 ay) gözlem yapılmıştır.

İnceleme sırasında ölçülen parametreler, makinelerin kurulumu sırasında harcanan zaman, makinelerin çalışma süreleri, delme parametreleri ve delinen derinlik, kesme parametreleri ve kesilen alan, delme ve kesme

hızları, kesme faaliyeti sırasında harcanan aşındırıcı ve diğer sarf malzemeleri ve çalışan iş gücü (işçilik) dır. Değerlendirme, A, B ve C yöntemlerinin karşılaştırılmasının yanı sıra elmas tel kesme ve zincirli kollu kesme makinelerinin karşılaştırılması şeklinde iki yönlü yapılmıştır.

3.4.1. Çalışma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Comparing of the Operation Methods)

Her üç yöntemde yapılan toplam 15 adet kesme faaliyetlerinden elde edilen sonuçlar yöntemler bazında gruplandırılarak Çizelge 7 de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde, A yönteminde açılan toplam delik boyunun (116.60 m) ile diğer yöntemlere (15.5 m, 27.5 m) göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla her üç yöntemde delme hızları birbirine yakın olsa da (0.10, 0.08, 0.13 m/dk) A yönteminde delme için 40.5 saat gibi uzun bir süre harcanmıştır. Bunun nedeni kütlenin tüm kenarlarının elmas telle kesilebilmesi için çeşitli yerlerinden delikler açılması zorunluluğudur.

A, B ve C yöntemlerinde sırasıyla 765.00, 790.25 ve 600.43 m² lik kesimler yapılmış, makinelerin kesme hızları 4.25, 9.69 ve 3.64 m²/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7. A, B ve C yöntemlerine ait veriler (The data of the methods A, B and C)

	Yöntem A	Yöntem B	Yöntem C
Kesilen Kütle (m ³)	1370.20	1464.75	1013.73
DELME	Rock	Rock	Rock
İşlem Sayısı	35.00	26.00	24.00
Delik Boyu (m)	116.60	15.50	27.50
Toplam Delme (m)	256.60	80.60	132.00
Hazırlık Süresi (dk)	155.00	25.00	70.00
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	255.00	130.00	330.00
Delme Süresi (dk)	1210.00	200.00	200.00
Toplam Delme Süresi (dk)	2430.00	87.08	1000.00
Delme Hızı (m/dk)	0.10	0.08	0.13
İş Gücü (adam-saat)	607.50	87.08	83.33
KESME	ETK80/60	ZKK740+ETK	ZKK340+ETK
İşlem sayısı	35.00	36.00	34.00
Kesme Derinliği (m)	85.50	85.50	68.50
Kesme Uzunluğu (m)	145.50	150.50	138.90
Kesim Alanı (m ²)	765.00	790.25	600.43
Toplam Kesilen Alan (m ²)	1199.00	1245.95	912.60
Hazırlık Süresi (dk)	260.00	590.00	715.00
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	400.00	525.00	765.00
Kesme Süresi (dk)	9515.00	8308.33	7298.33
Toplam Kesme Süresi (dk)	16915.00	7715.97	15063.33
Kesim Hızı (m ² /s)	4.25	9.69	3.64
İş Gücü (adam-saat)	8457.50	7715.97	5774.28
Elmas Tel Uzunluğu (m)	875.00	335.00	350.00
Değişen Soket Sayısı (ad)		120.00	90.00
Soket Ağırlık Farkı (g/ad)		0.76	0.62
Boncuk Ağırlık Farkı (g/ad)	1.16	0.65	0.52
Boncuk Çap Farkı (mm/ad)	5.03	1.03	0.96
Değişen Pabuç Sayısı		25.00	10.00
Yağ Tüketimi (kg)		265.00	225.00
DEVİRME (sa)	7.33	6.67	8.42

Burada Yöntem B nin, kesme hızı bakımından bariz üstünlüğü görülmektedir. Bu durumun, bir defada kesilen alanın büyüklüğü ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Çünkü B yönteminde, bir defada kesilen araka kesim ile alt kesimler ZKK⁷⁴⁰ ve ETK⁸⁰ makineleri ile alınmıştır. C yönteminde ise basamak yüksekliğinin diğerlerinden düşük olması (5.3 m) toplam kesilen alanı azaltılmış olup eşdeğer metrekare alanlar için yapılan makinenin taşınması ve kurulması gibi işlemlerin sayısını artırmıştır. Ayrıca kesme hızının düşüklüğü, bu yöntemde çok tekrar eden yan kesimlerde ETK⁶⁰ gibi düşük kapasiteli bir makinenin kullanılması gösterilebilir.

Bunlara paralel olarak A yönteminde ETK makinelerinin yoğun kullanımından dolayı ortalama elmas tel kullanımının (875 m) ve boncuk tüketiminin (1.16 g/ad) B ve C yöntemlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Buna karşın B ve C yöntemlerinde de ZKK kullanımından dolayı soket, pabuç ve yağ tüketimleri olduğu ve B yönteminde bu tüketimlerin C ye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu, C yönteminde kol boyu 3.40 m olan ZKK makinesinin kullanılmasından ve ZKK makinesinin kullanım oranının B yöntemine göre daha düşük olmasından dolayı beklenen bir durumdur.

3.4.2. Kesme Makinelerinin Karşılaştırılması (Comparing of the cutting machines)

Her üç yöntemde yapılan toplam 15 adet kesme faaliyetlerinden elde edilen sonuçlar kesme makineleri bazında gruplandırılarak Çizelge 8 de sunulmaktadır. Çizelge 8 e göre en fazla kesimin 1192.76 m² ile ETK⁸⁰ makinesi ile yapıldığı ve bunu 958.52 m² ile ETK⁶⁰, 472.5 m² ile ZKK⁷⁴⁰ ve 191.27 m² ile ZKK³⁴⁰ makinelerinin izlediği görülmektedir. Operasyonların tamamında ETK⁸⁰ makinesi 20 ve ETK⁶⁰ makinesi 50 kez kullanılırken ZKK⁷⁴⁰ ve ZKK³⁴⁰ makineleri sadece 5 er kez kullanılmıştır. Kullanım sayısı, kesilen birim metrekare bazında değerlendirildiğinde bir m² kesim için ETK⁸⁰ makinesinin 0.02 kez, ETK⁶⁰ makinesinin 0.05 kez, ZKK⁷⁴⁰ makinesinin 0.01 kez ve ZKK³⁴⁰

makinesinin 0.03 kez kurulup söküldüğü ortaya çıkmaktadır. Burada hem elmas tel kesme hem de zincirli kollu kesme makineleri için daha güçlü olan makinede taşıma, sökme ve kurma gibi işlemlerin daha az yapıldığı sonucuna varılabilmektedir.

İnceleme sırasında ortalama kesme hızları, ETK⁸⁰ makinesi için 5.24 m²/s, ETK⁶⁰ makinesi için 2.56 m²/s, ZKK⁷⁴⁰ makinesi için 8.51 m²/s ve ZKK³⁴⁰ makinesi için 6.29 m²/s olarak hesaplanmıştır. Makineler birlikte değerlendirildiğinde ZKK makinelerinin daha hızlı olduğu, her iki makine grubu birlikte değerlendirildiğinde de kol boyu ve/veya kasnak çapı büyük olan, dolayısıyla motor gücü de yüksek olan makinenin daha hızlı kesim yaptığı söylenebilir.

Her bir makine için çalışan işçi sayısı ile yapılan kesim süresi çarpılarak ve kesilen alana bölünerek bir m² için yapılan iş miktarı hesaplanmıştır. Metrekare bazında kullanılan iş gücü, ETK⁸⁰ için 7.25 adam-saat/m² ve ETK⁶⁰ için 7.80 adam-saat/m² olarak gerçekleşirken ZKK⁷⁴⁰ ve ZKK³⁴⁰ için 0.59 ve 0.79 adam-saat/m² gibi çok küçük değerler elde edilmiştir. Buna göre zincirli kollu kesme makinelerinin daha az iş gücü gerektirdiği sonucuna varılmıştır. Yine makineler kendi grupları içinde değerlendirildiğinde, daha yüksek motor gücüne sahip olanların daha az iş gücüne ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

Elmas tel kesme makinelerindeki tel ve elmas boncuk tüketimine karşın zincirli kollu kesme makinelerinde soket, pabuç ve yağ tüketimleri görülmektedir. Elmas boncuk tüketimi ETK⁸⁰ makinesinde 0,0037 mm-boncuk/m² iken ETK⁶⁰ makinesinde 0,0054 mm-boncuk/m² dir. ETK⁸⁰ makinesinin hem kasnak çapının hem de çevirdiği elmas tel uzunluğunun daha fazla olmasının boncuklardaki aşınma miktarını düşürdüğü düşünülmektedir. Benzer durum ZKK makinelerinde de görülmektedir. Kol boyu daha uzun olan ZKK⁷⁴⁰ makinesinde soket tüketimi 0.25 ad/m² iken ZKK³⁴⁰ makinesinde 0.47 ad/m² olarak gerçekleşmiştir. Burada da kapasitesi ve kullanım oranı yüksek olan makinelerde

Çizelge 8. Kesme makinelerine ait veriler (The data of the cutting machines)

	ETK ⁸⁰	ETK ⁶⁰	ZKK ⁷⁴⁰	ZKK ³⁴⁰
İşlem sayısı	20	50	5	5
Kesme Derinliği (m)	92,5	61,5	35	15,5
Kesme Uzunluğu (m)	259,2	31	67,5	61,7
Kesim Alanı (m ²)	1192,76	190,65	472,5	191,27
Toplam Kesilen Alan (m ²)	1192,76	958,52	472,5	191,27
Hazırlık Süresi (dk)	565	190	400	375
Toplam Hazırlık Süresi (dk)	565	950		
Kesme Süresi (dk)	13655	4460	3333,333	1823,333
Toplam Kesme Süresi (dk)	13655	22435	3333,333	1823,333
Kesme Hızı (m ² /s)	5,24	2,56	8,51	6,29
İş Gücü (adam-saat/m ²)	7,25	7,80	0,59	0,79
Elmas Tel Uzunluğu (m)	1040	270		
Değişen Soket Sayısı (soket/m ²)			0,25	0,47
Boncuk Çap Farkı (mm-boncuk/m ²)	0,0037	0,0054		
Değişen Pabuç Sayısı (ad/m ²)			0,0529	0,0523
Yağ Tüketimi (kg/m ²)			0,56	1,18

bu tüketimlerin yüksek olmasına rağmen metrekafe bazında sarfiyatın daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Gerek daha kısa tel kullanılan ETK⁶⁰ gerekse kol boyu daha kısa olan ZKK³⁴⁰ makinelerinde aşındırıcı elemanların (boncuk-soket) kesme ortamına giriş ve çıkışları (kaya içine batma-çıkma) daha sık gerçekleştiği için yıpranma ve aşınmanın daha fazla olması kaçınılmazdır. Ayrıca ZKK makinelerinin yağ tüketiminden dolayı çevre için olumsuz etkileri olduğu ve ETK makinelerinin daha çevreci olduğu söylenebilir.

Ayrıca literatürde zincirli kollu kesme makineleri ile ilgili yaşanan ciddi bir iş kazasına rastlanmamasına rağmen elmas tel kesme makinelerinde sıklıkla tel kopması nedeniyle yaralanmalı kazaları olması nedeniyle zincirli kollu kesme makinelerinin daha güvenli olduğu düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Elmas tel kesme ve zincirli kollu kesme makinelerinin üç farklı şekilde kullanımının incelenmesi için toplam 15 adet kütle kesilerek 75 adet bloğun üretimi gözlemlenmiştir. Gözlem sırasında kesme işleminde en fazla 1192.76 m² ile ETK⁸⁰ makinesi kullanıldığı ve bunu 958.52 m² ile ETK⁶⁰, 472.5 m² ile ZKK⁷⁴⁰ ve 191.27 m² ile ZKK³⁴⁰ makinelerinin izlediği görülmektedir.

İnceleme sonucu elde edilen diğer sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Mermer ocaklarında zincirli kollu kesme makinelerinin kullanımı, elmas tel kesme yönteminin vaz geçilmez faaliyetlerinden olan delme işleminin sayısını azaltmaktadır. Bu hem zaman hem de iş gücü bakımından tasarruf sağlamaktadır.
- Zincirli kollu kesme makineleri, elmas tel kesme makinelerine göre daha hızlı kesim yapmaktadır. Veriler incelendiğinde ETK⁸⁰ makinesi kesme hızının 5.24 m²/s, ETK⁶⁰ makinesinin 2.56 m²/s, ZKK⁷⁴⁰ makinesinin 8.51 m²/s ve ZKK³⁴⁰ makinesinin 6.29 m²/s olduğu görülmektedir. Buna göre, motor gücü ve kapasitesi yüksek olan makineler daha hızlı ve verimli kesim yapmaktadır.
- A, B ve C yöntemlerinde sırasıyla 765.00, 790.25 ve 600.43 m² lik kesimler yapılmış, makinelerin kesme hızları 4.25, 9.69 ve 3.64 m²/s olarak hesaplanmıştır. Alt kesimlerin 3.40 m kol boyuna sahip ZKK makinesi ile diğer kesimlerin ETK makineleri ile yapıldığı Yöntem C de, gerek kesme hızı gerek se kesilen alan diğer yöntemlere göre bariz şekilde düşüktür. Bunun nedeni basamak yüksekliklerinin A ve B yöntemlerine göre yaklaşık 2 m daha düşük seçilmesidir. Dolayısıyla yapılan bir birimlik iş bazında daha az alan kesilebilmiştir. Buna göre, mermer ocaklarında basamak yüksekliğinin artırılması verimi de artıracaktır.
- ETK makinelerinde tel ve boncuk tüketimi, ZKK makinelerinde da soket, pabuç ve yağ tüketimi, kullanılan makinenin kapasitesine ve kullanım oranına göre doğru orantılı olarak artmaktadır. Yağ,

çevre bakımından zararlı atıklardır. Dolayısıyla ZKK makinesinin kullanımı sırasında bozulan yağın toplanarak uygun koşullarda depolanması gerekir. Burada ETK makinelerinin daha çevreci olduğu ortaya çıkmaktadır.

- ETK makinelerinin çalışması sırasında çok kereler özellikle tel kopması nedeniyle iş kazaları olduğu duyulmaktadır, bu konuyla ilgili bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. ZKK makineleri ile ilgili ciddi bir kaza bugüne kadar literatüre girmemiştir. Dolayısıyla ZKK makineleri iş sağlığı ve güvenliği bakımında daha uygun makinelerdir.
- ZKK makinelerinin motor güçleri ETK makinelerinden 10-20 kw daha fazla olmasına karşın kesim hızları da daha fazladır. Buna göre, motor gücünden kaynaklı enerji tüketimi ZKK makinelerinde daha fazla olmasına rağmen yüksek kesim hızı nedeniyle m² bazında daha ekonomik olacaktır.

Sonuç olarak zincirli kollu kesme makinelerinin tek başına ya da elmas tel kesme makineleri ile birlikte kullanımı, yukarıda özetlenen delme faaliyetleri azaltması, yüksek kesme hızı, iş güvenliği, ekonomisi, gerekli iş gücünü azaltması gibi avantajlarından dolayı blok çıkartma faaliyetlerinin verimini artırmaktadır. İleriki dönemlerde araştırmanın genişletilerek optimum ZKK ve ETK kombinasyonun belirlenmesi ve farklı mermer türlerinin üretildiği ocaklarda denenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince 15.MYO.02 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Anon 1 <http://www.immib.org.tr/tr/ihracat-ihracat-rakamlari-istatistikler.html>
2. Eleren A., ve Ersoy M., "Mermer ocaklarında elmas telle ve kollu kesiciyle kesme teknolojilerinin iş güvenliği bakımından karşılaştırılmasında hata türü etki analizi yönteminin uygulanması", *TÜBAV Bilim Dergisi*, 4(1): 9-19, (2011).
3. Mikaeil R., Ataei M., Hoseinie SH. "Predicting the production rate of diamond wire saws in carbonate rock cutting". *Industrial Diamond Review*, 68(3): 28 – 34, (2008).
4. Jain SC., Rathore SS. "Role of cut size area on the performance of diamond wire saw machine in quarrying of marble". *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 23(2): 79– 91, (2009).
5. Ataei M., Mikaeil R., Sereshki F., Ghaysari N. "Predicting the production rate of diamond wire saw using statistical analysis". *Arabian Journal of Geosciences*, 5(6): 1289-1295, (2011).
6. Jain SC, Rathore SS. "Prediction of Cutting Performance of Diamond Wire Saw Machine in Quarrying of Marble: A

- Neural Network Approach”, *Rock Mech Rock Eng.*, 44(3): 67–371, (2011).
7. Özçelik Y, Yılmazkaya E. “The effect of the rock anisotropy on the efficiency of diamond wire cutting machines”. *Int J Rock Mech Min.*, 48: 626–636, (2011).
 8. Biasco G. “Diamond wire for quarrying hard rocks”. *Ind Diamond Rev.*, 5: 252–255, (1993).
 9. Andrissi GS, Loi G, Trois P, Rossi G. “Combining mechanochemistry and innovative diamond wire saws for improving productivity in granite quarries”. *Min Eng.*, Oct: 46–52, (2005).
 10. Demirdağ S, Gündüz L. “Blok İşletmeciliğinde Elmas Tel ve Boncuk Performans Analizi”. *Türkiye III. Mermer Sempozyumu*, 3-5 Mayıs 2001, Afyon. (2001).
 11. Özçelik Y, Kulaksız S. “Investigation of the relationship between cutting angles and wear on beads in diamond wire cutting method”, In: Panagiotou G.N. & Michalakopoulos T.N. (eds), *Mine Planning and Equipment Selection Symposium*, Athens, Greece, 6–9 Nov, 661–666, (2000).
 12. Özçelik Y, Bayram F. “Optical investigations of bead wear in diamond wire cutting”. *Ind Diamond Rev* 64: 60–65, (2004).
 13. Özçelik Y. “Optimum working conditions of diamond wire cutting machines in the marble industry”. *Ind Diamond Rev.*, 1: 58–64, (2005a).
 14. Özçelik Y. “Effect of mineralogical and petrographical properties of marble on cutting by diamond wire”. *CIM Bulletin* 98(1085):1–6, (2005b).
 15. Dagrain F, Marchandise P, Brux P. “Monitoring of chain saw machines to follow their performances in quarries”. *Diam Appl Technol.* 69:43–49, (2012).
 16. Tumac D, Avunduk E, Çopur H, Bilgin N, Balci C. “Estimation of the performance of chain saw machines from shore hardness and the other mechanical properties”. In: Tan Fei, editor. *Rock Characterisation, Modelling and Engineering Design Methods*; 261-265, (2013).
 17. Avunduk E, Tumac D, Çopur H, Balci C, Bilgin N. “Experimental comparison of single and double scroll cutting patterns by using chisel cutting tools of chain saw machines”. In: Tan Fei, editor. *Rock Characterisation, Modelling and Engineering Design Methods*, 729-734, (2013).
 18. Tumac D. “Predicting the performance of chain saw machines based on shore scleroscope hardness”. *Rock Mech Rock Eng.* 47(2): 703–715, (2014).
 19. Hekimoğlu OZ. “Studies on increasing the performance of chain saw machines for mechanical excavation of marbles and natural Stones”. *Int J Rock Mech Min Sci.* 72: 230–241, (2014).
 20. Korman T, Kujundžić T, Kuhinek D. “Simulation of the chain saw cutting process with a linear cutting Machine”, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 78: 283–289, (2015).
 21. Çopur H. “Linear stone cutting tests with chisel tools for identification of cutting principles and predicting performance of chain saw machines”, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 47: 104–120, (2010).
 22. Mancini R, Linares M, Cardu M, Fornaro M. and Bobbio M, “Simulation of the operation of a rock chain cutter on statistical models of inhomogenous rocks.” *Proc. Mine Planning and Equipment Selection*, 461-468, (1994).
 23. Mancini R, Cardu M, Fornaro M. and Toma CM. “The current status of marble chain cutting.” *Proc. Mine Planning and Equipment Selection*, 151-158, (2001).
 24. Önenç Dİ. ve Demirocak Y. “Tabaka Duruşlarına Göre Blok Kesim Yöntemlerinin Ocak Mermer İşletmeciliğinde Planlanması ve Ayna Pozisyonlarının Dizaynları”, *Mersem 2003 Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, 277-290, Afyon. (2003).
 25. Çopur H, Balci C, Bilgin N, Tumac D, Feridunoglu C, Dincer T. and Serter A. “Cutting performance of chain saws in quarries and laboratory”. *Proc. 15th Int. Symp. on Mine Planning and Equipment Selection*, Torino-Italy, Sep.20-22, 1324-1329, (2006).
 26. Demirel Ş. “Mermer ocaklarında kollar zincirli kesme makinesinin uygulanabilirliği”, *I. Ulusal Mermer ve Doğal Taşlar Kongresi*, 1-2 Şubat 2008, 187-196, İzmir. (2008).
 27. Yeşilkaya L, Ersoy M, Çelik MY, Çatalpınar, A “Kaklık-Denizli Traverten Ocağında Zincirli Kollar Kesicinin Kullanımının Araştırılması”. *Madencilik Dergisi*, 48(3): 33-44, (2009).
 28. Çopur H, Balci C, Tumac D, Bilgin N. “Field and laboratory studies on natural stones leading to empirical performance prediction of chain saw machines”. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 48: 269–282, (2011).
 29. Kaptanlar, 2014, “*Ürün Tanıtım Kataloğu*”, Afyonkarahisar.
 30. Fantini, 2014, Tataroğlu A.Ş. “*Fantini Zincir Kollar Kesici Ürün Tanıtım Kataloğu*”, Ankara.
 31. Çopur H, Bilgin N, Balci C, Tümaç D. “Doğal taş madenciliğinde kullanılan zincirli kesme makinelerinin kazı performanslarının optimizasyonu”. *TUBİTAK Proje No: 105M017*. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, (2008).