

ZİLE BEJ VE AFYON GÖK MERMER BİRİMLERİ İÇİN BİRİM YÜZEY AŞINDIRMA VE CİLALAMA MALİYET ANALİZİ

Unit Cost Analysis of Surface Abrading and Polishing For Zile Bej and Afyon Gök Marble Units

Atilla CEYLANOĞLU H
Kazım GÖRGÜLÜ (*)

ÖZET

Bu makalede, oldukça yüksek rezervli iki farklı mermer biriminin yerinde aşındırma ve cilalama maliyetlerini belirlemeye yönelik çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Öncelikle mermer birimlerinin bazı önemli malzeme özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra, bu birimlerde klasik ve elmalı aşındırıcılar kullanılarak gerçekleştirilen üretim miktarları ve bunlara karşılık gelen aşındırıcı ve enerji tüketimleri ölçülmüştür. Çalışma koşulları da dikkate alınarak birim aşındırma ve cilalama maliyetleri belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Aşındırma ve Cilalama, Aşındırıcı ve Enerji Tüketimleri, Birim Maliyet

ABSTRACT

In this paper, the results of in-situ investigations on the cost of abrading and polishing operation of two different marble units which have fairly high reserves are presented. Initially, some important material properties of these marble units were determined. Then, the amounts of production using conventional and diamond-type abrasives and the corresponding abrasives and energy consumptions were measured for these units. The unit costs of abrading and polishing were determined considering the operating conditions.

Keywords: Abrading and Polishing, Abrasive and Energy Consumptions, Unit Cost

(*) Prof.Dr., C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140, Sivas

(**)Yrd.Doç.Dr., C.Ü. Müh. Fak. Mader. Müh. Bölümü, 58140, Sivas

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesine ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak, mermer kullanımının artması sonucunda mermer işletmeciliği madencilik sektörünün en önemli alanlarından biri olmuştur. Son yıllarda bu sektörün önemi giderek artmış ve mermer sektörü üretici ülkelerin belirgin bir gelir kaynağı haline gelmiştir.

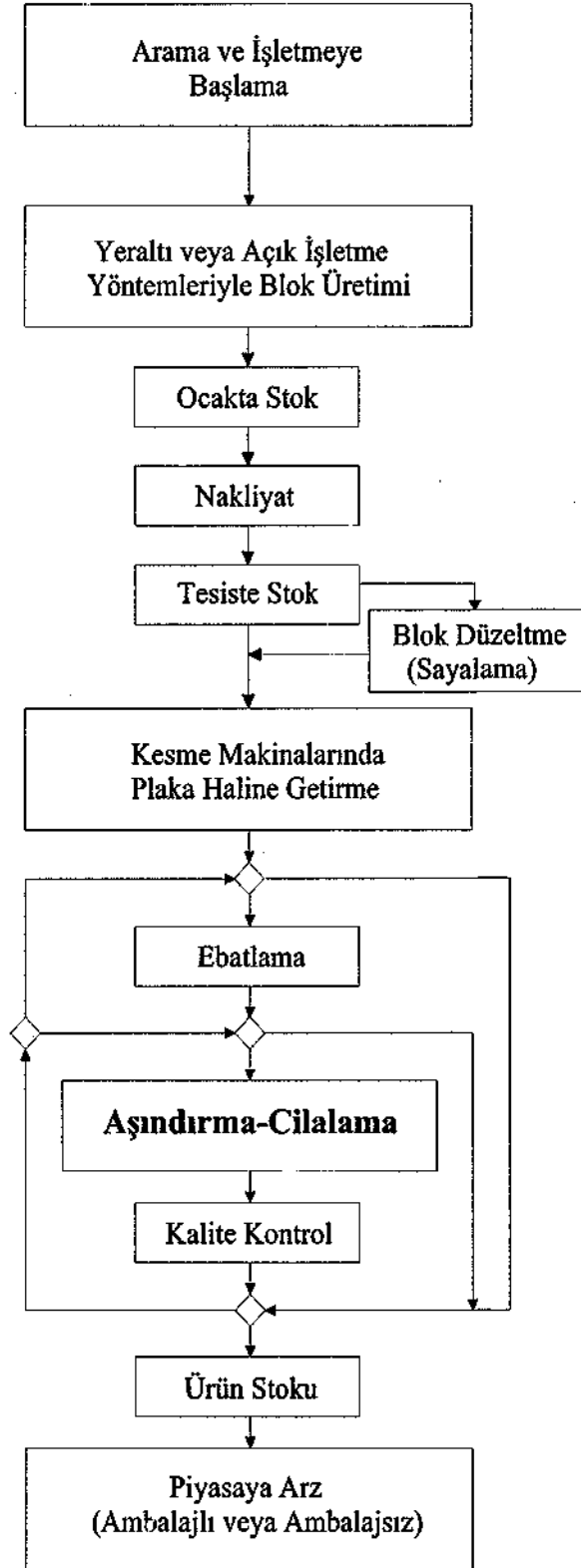
Mermer; "Kalker ve dolomitik kalkerlerin ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik kayaç" olarak (petrografik) tanımlanmaktadır. Ticari anlamda ise mermer tanımlaması, çok geniş bir kapsam taşımaktadır. Blok verebilen, kesilerek cilalanıp parlatılabilen, dayanıklı ve göze hoş görünen her türlü taş mermer olarak tanımlanmakta ve değerlendirilmektedir. Ülkemizde mermer; kalitesi, yaklaşık 5 milyar m³ toplam rezervi (Aydoğan ve Yıldız, 1997), jeolojik ve tektonik yapısı ile önemli bir potansiyele sahiptir. Teknik ve ekonomik açıdan bu rezervin optimum şekilde işletilmesi ve işlenmesi gerekmektedir. Mermer, piyasaya ürün olarak arz edilene kadar çeşitli evreler geçirmektedir (Şekil 1). Mermer ocaklarından blok olarak kazanılan mermerler, işleme tesislerinde çeşitli makineler kullanılarak plakalar halinde kesilmekte ve kesilen yüzeylerde değişik derinlik ve genişliklerde pürüzlülükler oluşmaktadır. Çok değişik renk ve desenlerde oluşum gösteren mermerler, aşındırma işlemi sonucunda yüzey pürüzlülükleri ortadan kaldırılarak parlatma işlemine tabi tutulduklarında doğal güzelliklerini yansıtabilmekte ve dekoratif özellik sergileyebilmektedir.

Aşındırma-cilalama işlemi, mermer işleme tesislerinde çeşitli makinelerle yapılabildiği gibi ham olarak teinin edilen ürünün döşenmesinden sonra yer silme ve parlatma makineleriyle yerinde de uygulanabilmektedir. Dolayısıyla, mermer ürünleri üzerinde aşındırma-cilalama işleminin yapılıp yapılmayacağını piyasadan gelen talep belirlemede, ürünün ham veya cilalı

olması durumuna göre iki tür fiyat uygulaması sözkonusu olmakta ve aşındırma-cilalama ayrı bir işlem ve maliyet kalemi olarak değerlendirilmektedir. Aşındırma ve cilalamanın farklı aşamalarında değişik oran ve boyutta aşındırıcı içeren çeşitli tipte kalıplar kullanılmaktadır. Sektörde en yaygın kullanılan aşındırıcı malzemeler silisyum karbür ve alüminyum oksittir. Son yıllarda, özellikle granit işlemeciliğinde, sentetik elmaslı aşındırıcılar da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Poirier, 1993; 1994a; 1994b; 1994c; Davis ve Pearce, 1995).

Ülkemizde mermer aşındırma ve cilalama malzemeleri üreten firmalar mevcut olmakla birlikte, bu firmalar hammaddelerinin çoğunu yurtdışından ithal etmektedir. Ayrıca matriks halinde de ithalat sözkonusudur. Aşındırıcı ve cila matriksleri en çok bantlı silme ve cilalama makinelerinde tüketilmekte, bunu el perdah ile yer silme ve parlatma makineleri takip etmektedir. Gerek yurtiçinden gerekse yurtdışından temin edilen farklı türdeki aşındırıcı malzemelerin değişik mermer birimlerinde ve üretim koşullarındaki performansları, henüz yeterince ortaya konulamamıştır. Bu nedenle, çalışılan mermer birimine uygun aşındırıcı türü ve serisi ile optimum çalışma koşullarının belirlenmesi, bir yandan üretim kalitesinin ve aşındırma-cilalama işlemlerinin verimliliğinin artırılmasını, diğer yandan da birim işleme maliyetinin azaltılmasını sağlayabilecektir.

Mermer işlemeciliğinde aşındırma ve cilalama işlemlerinin toplam üretim (işleme) maliyeti içindeki payı, uygun çalışma koşullarının sağlanıp sağlanmadığına bağlı olarak %10-30 arasında değişmektedir. Günümüzde mermer işleme tesislerinin (atölye ve fabrika) sayılarının ve kapasitelerinin artışı dikkate alındığında, bu maliyet aralığı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, oldukça yüksek rezervli iki farklı mermer birimi için iki değişik mermer fabrikasında klasik ve elmaslı aşındırıcılar kullanılarak gerçekleştirilen aşındırma-cilalama işlemlerinin birim maliyetleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Mermerin kullanılabilir hale gelinceye kadar geçirdiği aşamalar.

2. MERMER BİRİMLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİ

Çizelge 1' de çalışılan mermer birimlerinin rezerv durumu verilmiştir. Rezerv durumunu belirlemek amacıyla yapılan literatür araştırmasında, Afyon gök mermer biriminin rezervine ait bilgi bulunamamıştır, ancak Afyon bölgesine ait tüm mermer birimlerinin rezerv durumu elde edilebilmiştir (Anonim, 1991).

Mermer birimlerinin ISRM, 1981 standartlarına uygun olarak C.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvar'nda belirlenen bazı önemli malzeme özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Ayrıca, mermer birimlerinin sınıflandırılması amacıyla laboratuvar deney sonuçları kullanılarak literatürdeki bazı önemli malzeme sınıflama sistemlerine göre mermer birimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 3 'de verilmiştir.

3. ÇALIŞILAN MERMER FABRİKALARININ TANITIMI

Bu çalışma, Sivas Organize Sanayi'nde yer alan Emmioğlu mermer fabrikası ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Kampus'ü içerisinde bulunan Akün İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne ait mermer fabrikasında bulunan bantlı silme-cilalama makinalarında gerçekleştirmiştir.

Emmioğlu mermer fabrikasında Aldemir firması tarafından üretilmiş olan bantlı silme ve cilalama makinası kullanılmaktadır. Makina üzerinde 2 adet 15 KW gücünde kalibre motoru, 1 adet 4 KW gücünde köprü motoru, 1 adet 4 KW gücünde bant motoru ve 8 adet 4 KW gücünde silim motoru bulunmaktadır. Silim disklerinin herbirine 7'şer adet aşındırıcı ve/veya cila takılabilmektedir. Silim disklerinin çapları 45 cm ve boş devirleri ortalama 420 rpm'dir. Bant hızı ayarlanabilir olup 70 cm silim genişliğine kadar çalışabilmektedir. Bu fabrikada üretimin yaklaşık %95'ini Zile bej mermer birimi, %5'lik kısmını ise Yıldız siyah, Eiazığ vişne, sarı ve beyaz traverten birimleri oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Çalışılan Mermer Birimlerinin Rezerv Durumu (Anonim, 1991)

Bölge	Mermer Birimi	Rezerv (m ³) x (1 000)			
		Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Afyon	Afyon şeker + Afyon gök	63 000	266 000	300 000	629 000
Tokat -Amasya	Zile bej	10 000	100 000	300 000	410 000

Akün İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti. mermer fabrikasında kullanılan bantlı silme ve cilalama makinası Gürmas Güral Makina Sanayi A.Ş. tarafından üretilmiştir. Makina üzerinde 1 adet 15 KW gücünde kalibre motoru, 1 adet 2,2 KW gücünde bant motoru ve 5 adet 7,5 KW gücünde silim motoru bulunmaktadır. Silim disklerinin herbirine 6'şar adet aşındırıcı ve/veya cila takılabilmektedir. Silim disklerinin çapları 75 cm ve boş devirleri ortalama 590 rpm'dir. Bant hızı ayarlanabilir olup 65 cm silim genişliğine kadar çalışılabilmektedir. Bu fabrikada üretimin yaklaşık %80'ini Afyon gök, %10'luk kısmını Afyon kaplan postu, %10'luk kısmını ise Afyon şeker ve Muğla beyaz mermer birimleri oluşturmaktadır.

4. AŞINDIRICI VE ENERJİ TÜKETİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Zile bej ve Afyon gök mermer birimlerinin de içinde bulunduğu yedi farklı mermer biriminde klasik ve elmaslı aşındırıcılar kullanılarak değişik koşullarda gerçekleştirilen, yerinde yüzey aşındırma deneyleri sonucunda önerilen çalışma koşulları (Görgülü, 1998; Ceylanoğlu vd., 1999) Çizelge 4'de sunulmuştur.

Bantlı silme ve cilalama makinalarının aşındırıcı ve enerji tüketimlerini belirlemeye yönelik çalışmalar, üretim miktarı yüksek mermer birimleri için gerçekleştirilebilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi Emmioğlu mermer fabrikasında genellikle Zile bej (üretimin % 95'i), Akün İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti. mermer fabrikasında da Afyon gök (üretimin % 80'i) mermer birimi çalışılmaktadır. Bu nedenle, aşındırıcı ve enerji tüketimlerini belirleme çalışmaları sadece bu birimler için yapılabilmektedir.

Gerek klasik gerekse elmaslı aşındırıcı tüketimlerini belirlemek için aşındırıcı serideki

herbir aşındırıcı numarası ile gerçekleştirilen üretim miktarları (m²) ölçülmüştür (Çizelge 5). Üretim sürecinde tüketilen aşındırıcı takımlarının yerine yenileri takılırken değişim anına kadar gerçekleştirilen üretim miktarları kaydedilmiş ve aşındırıcı serideki tüm aşındırıcılar tüketilene kadar ölçümlere devam edilmiştir. Bu ölçümler sırasında, her bir üretim vardiyası başlangıcından bitişine kadar geçen süreler (sa) ve bu sürelerde gerçekleştirilen üretim miktarları (m²) belirlenerek, her iki aşındırıcı türünün kullanımı sonucunda gerçekleştirilen tüh saatlik kapasiteler (m²/sa) hesaplanmıştır (Çizelge 6).

Zile bej mermer biriminin çalışıldığı makinada 8 adet, Afyon gök mermer biriminin çalışıldığı makinada ise 5 adet silim diski bulunmaktadır. Bu nedenle, Afyon gök mermer biriminde gerek klasik gerekse elmaslı aşındırıcılardan oluşan serilerdeki her bir aşındırıcı ile gerçekleştirilen üretim miktarlarını belirlemek için 80, 180, 280, 400; 80, 180, 280, 600 ve 80, 180, 280, 800 numaralı aşındırıcıları müteakip cila ihtiva eden seriler kullanılmıştır.

Klasik ve elmaslı aşındırıcıların kullanıldığı bantlı silme ve cilalama makinalarında güç tüketimlerini belirlemek için anlık akım değerlerinden yararlanılmış ve hesaplamalarda aşağıdaki formül kullanılmıştır. Hesaplanan güç değeri ile çalışma süresi çarpılarak enerji tüketimleri (kWh/sa) bulunmuştur (Çizelge 6).

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi}{1000}$$

Burada;

P : Güç (KW),

U : Voltaj (Volt),

I : Akım (Amper)

Çizelge 2. Kaya Mekanikliği Laboratuvar Deney Sonuçları.

Özellikler	Min. Tane (Tabii)	Toplam (Etkili)	Nem Oranı (%)	Suya Dayanım İndeksi (Id2)(%)	Schmidt (Shore) Sertliği	Darbe Dayanımı (kgf.cm/cm ³) (Eğilme Dayanımı, MPa)	Tek Eks. Basınç (Dolaylı Çekme) Dayanımı (MPa)	Kohezyon (MPa) (İçsel Sürtünme Açısı, Derece)	Elastisite Modülü (GPa) (Poisson Oranı)
Mermer Birimi	Yoğunluğu (gr/cm ³)	Gözeneklilik (%)							
Afyon	2,709	0,509	0,076	99,31	57,90±0,88	4,61±1,90	49,74±4,48	17,32	34,70
Gök	(2,697)	(0,077)			(52,91±4,40)	(13,72)	(5,02±1,44)	(35,06)	(0,289)
Zile Bej	2,695	0,195	0,109	99,75	61,00±0,82	3,44±2,39	91,60±14,54	19,84	35,37
	(2,693)	(0,115)			(69,88±3,75)	(13,86)	(7,27±1,13)	(49,73)	(0,316)

Çizelge 3. Mermer Birimlerinin Bazı Malzeme Sınıflamalarına Göre Değerlendirme Sonuçları.

Sınıflama	Renk	*T.B.D.	Schmidt Sertliği	Modülüs Oranı	Suda D. Dayanımı	Deere ve Miller (1966)	
Mermer Birimi						Dayanım	Deformabilite
Afyon Gök	Genellikle koyu gri, bazen açık gri.	Orta düşük dayanımlı	Oldukça sert	Sağlam	Çok yüksek	Düşük-orta arası dayanım	Az derecede deforme olan
Zile Bej	Açık krem.	Orta dayanımlı	Çok sert	Orta sağlam	Çok yüksek	Orta dayanım	Az derecede deforme olan

* T.B.D. : Tek eksenli basınç dayanımı (ISRM).

Çizelge 4. Mermer Birimleri İçin Önerilen Çalışma Koşulları (Görgülü, 1998; Ceylanoğlu vd., 1999).

Mermer Birimi	Aşındırıcı Türü ve Serisi		Baskı (kg/cm ²)			Bant Hızı (m/dak)	
	Klasik	Elmaslı	Klasik	Elmaslı	Cila	Klasik	Elmaslı
Afyon Gök*	80,180,280,800,Cila	---	1,0	-	1,0	1,0	-
	80,180,280,600 veya 400,Cila						
Zile Bej**	60,120,180,220,320,800,Cila	60,120,220,500,800,Cila	2,2	0,7-1,1	1,5	1,0-1,6	0,8-1,1
	80,120,180,220,360,800,Cila	60,120,220,500,800,1200,Cila					

*. Akün İnşaat San. ve Tic. Ltd.Şti. Mermer Fabrikası, Afyon.

**. Emmioğlu Mermer Fabrikası, Sivas.

Çizelge 5. Mermer Birimlerinde Klasik ve Elmaslı Aşındırıcılarla Gerçekleştirilen Üretim Miktarları.

Zile Bej				Afyon Gök			
Klasik		Elmaslı		Klasik		Elmaslı	
Aşındırıcı No	Üretim Miktarı (m ²)	Aşındırıcı No	Üretim Miktarı (m ²)	Aşındırıcı No	Üretim Miktarı (m ²)	Aşındırıcı No	Üretim Miktarı (m ²)
80	450	60	125	80	100	80	150
120	295	120	150	180	75	180	93
180	365	220	112	280 ₁	80	280 ₁	63
220	315	400	125	400 ₂	80	400 ₂	24
360	435	600	80	600 ₂	55	600 ₂	28
800	520	800	70	800 ₃	60	800 ₃	40
Cila	190	Cila	210	Cila	40	Cila	55

¹. 80, 180, 280, 400 numaralı aşındırıcıları müteakip cila,

². 80, 180, 280, 600 numaralı aşındırıcıları müteakip cila,

³. 80, 180, 280, 800 numaralı aşındırıcıları müteakip cila serisi kullanılmıştır.

Çizelge 6. Fiili Saatlik Kapasite ve Enerji Tüketimleri.

Aşındırıcı Türü	8 Kafalı Bantlı Silme ve Cilalama Makinası*			5 Kafalı Bantlı Silme ve Cilalama Makinası**		
	Fiili Saatlik Kapasite (m ² /sa)	Enerji Tüketimi (kWh/sa)	Özgül Enerji (kWh/m ²)	Fiili Saatlik Kapasite (m ² /sa)	Enerji Tüketimi (kWh/sa)	Özgül Enerji (kWh/m ²)
Klasik ¹	20	32,78	1,639	10	44,76	4.476
Klasik ²	20	30,05	1,503	-	-	-
Elmaslı	15	30,05	2,003	10	41,96	4.196

*. Emmioğlu mermer fabrikasına ait bantlı silme ve cilalama makinası

** . Aktün İnşaat San. ve Tic. Ltd.Şti. mermer fabrikasına ait bantlı silme ve cilalama makinası

¹. Mevcut durum, ². Önerilen durum.

5. BİRİM MALİYET ANALİZİ

Mermer fabrikalarında satışa sunulan ürünün ham veya cilalı olması durumuna göre, iki farklı satış fiyatı uygulanmaktadır. Cilalı ürün satılırken ham mermer plaka satış fiyatı üzerine genelde piyasada standart olarak belirlenen aşındırma-cilalama ücreti eklenmekte ve aşındırma-cilalama maliyeti diğer maliyetlerden ayrı bir kalem olarak değerlendirilmektedir.

Bu makalede, yerinde yüzey aşındırma deney sonuçlarının (Görgülü, 1998; Ceylanoğlu vd., 1999) ekonomik açıdan değerlendirilebilmesi amacıyla, gerek fabrikaların uygulamakta olduğu klasik aşındırıcı serilerinin gerekse önerilen klasik aşındırıcı serilerinin ve elmaslı aşındırıcı serilerinin kullanımı sonucu oluşan aşındırma ve

cilalama maliyetleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, her iki mermer fabrikası için aşağıda verilen kabul ve varsayımlar yapılmıştır.

Aşındırıcı türü ve aşındırıcı serideki farklılığın sadece aşındırıcı, cila ve enerji tüketimlerini etkileyeceği düşünüldüğünden, diğer maliyetlerin aynı kalacağı varsayılmıştır. Aşındırıcı, cila ve elektrik enerjisi giderleri dışında kalan diğer maliyet unsurları, aşındırma-cilalama işleminin maliyeti hakkında genel bilgi vermeye yöneliktir.

Bantlı silme ve cilalama makinalarının günde 9 saat, yılda 264 gün çalıştığı kabul edilmiştir.

Yıllık amortisman miktarı belirlenirken tesislerde bantlı silme ve cilalama makinasının bulunduğu alan için yapılan yatırımlar dikkate alınmamıştır.

Isıtma, aydınlatma, taşıma, basınçlı hava, satış ve pazarlama vb. giderler ayrıntılı olarak değerlendirilmemiş, bu giderler diğer giderler olarak mütalaa edilmiş ve yatırım tutarının % 10'u, beklenmeyen giderler ise toplam değişken maliyetin (enerji, aşındırıcı-cila, kalibre, işçilik, bakım-onarım ve diğer maliyetler) %5'i olarak alınmıştır.

İş organizasyonu faktörü 0,9, bantlı silme-cilalama makinasının çalışma faktörü 0,9 ve genel işletme faktörü 0,81 alınmıştır.

Herbir durum (uygulanan klasik aşındırıcı seri, önerilen klasik aşındırıcı seri ve elmaslı aşındırıcı seri) için maliyetler ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçları toplu halde Çizelge 7'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 2'de sözkonusu durumlar için enerji, aşındırıcı ve cila, toplam değişken ve toplara aşındırma-cilalama birim maliyetleri (\$/m) karşılaştırılmaktadır. Ekonomik değerlendirmede dikkate alınan unsurlar aşağıda açıklanmıştır.

Bantlı silme ve cilalama makinasının ömrü, 20000 saat (Makina katalogları) olarak alınmıştır.

Yıllık çalışma saati her iki makina için 1925 saat (264 gün/yıl x 9 sa/gün x 0,81) alınmıştır.

Sabit Maliyetler:

Amortisman matrahı: Amortisman matrahı hesaplanırken makinanın fiyatına dahil herhangi bir sarf malzemesi verilmediğinden, yalnızca hurda değeri makina fiyatından çıkarılmıştır.

Amortisman matrahı (\$) = Makina fiyatı (\$) - Hurda değeri (\$)

Amortisman: Makinanın ekonomik ömrü sonunda, yerine yenisini alabilmek amacıyla, ayrılması gereken para miktarı olmaktadır.

Amortisman (\$/sa) = Amortisman matrahı (\$) / Makinanın ömrü (sa)

Amortisman süresi (yıl): Makinanın ekonomik ömrünün, yıllık çalışma saatine bölünmesiyle elde edilmektedir.

Amortisman süresi (yıl) = Makinanın ömrü (sa) / Yıllık çalışma saati (sa/yıl)

Faiz maliyeti: Makinaya yatırılan paranın bankada değerlendirilmesi halinde elde edilebilecek faiz gelirine eşit olarak alınmıştır.

Faiz (\$/sa) = $[A \times i \times (n+1) / (2 \times n)] /$ Yıllık çalışma süresi (sa/yıl)

A: Makinanın fiyatı, \$
n: Amortisman süresi, yıl
i: \$ bazında yıllık faiz oranı, (% 10)

Sigorta: Sigorta maliyeti, makinanın satın alma bedelinin % 2'si olarak alınmıştır.

Toplam sabit maliyet: Makinanın yatırım faizi, amortisman ve sigorta maliyetleri toplamıdır.

Değişken Maliyetler:

Yıllık üretim miktarı (m²/yıl) = Yıllık çalışma süresi (sa) x Fiili kapasite (m²/sa)

Fiili kapasite (m²/sa): Kullanılan bantlı silme-cilalama makinası ve aşındırıcı türüne göre değişmekte olup, ölçüm sonuçlarından (Çizelge 6) alınmıştır.

Enerji maliyeti (\$/sa): Kullanılan bantlı silme-cilalama makinası, aşındırıcı türü ve serisine göre değişmektedir.

Enerji maliyeti (\$/sa) = Enerji tüketimi (kWh) x Enerji fiyatı (\$/kWh)

Enerji tüketimi (kWh): Ölçüm sonuçlarından (Çizelge 6) alınmıştır.

Enerji fiyatı (\$/kWh): 0,059 (Sivas); 0,075 (Afyon)

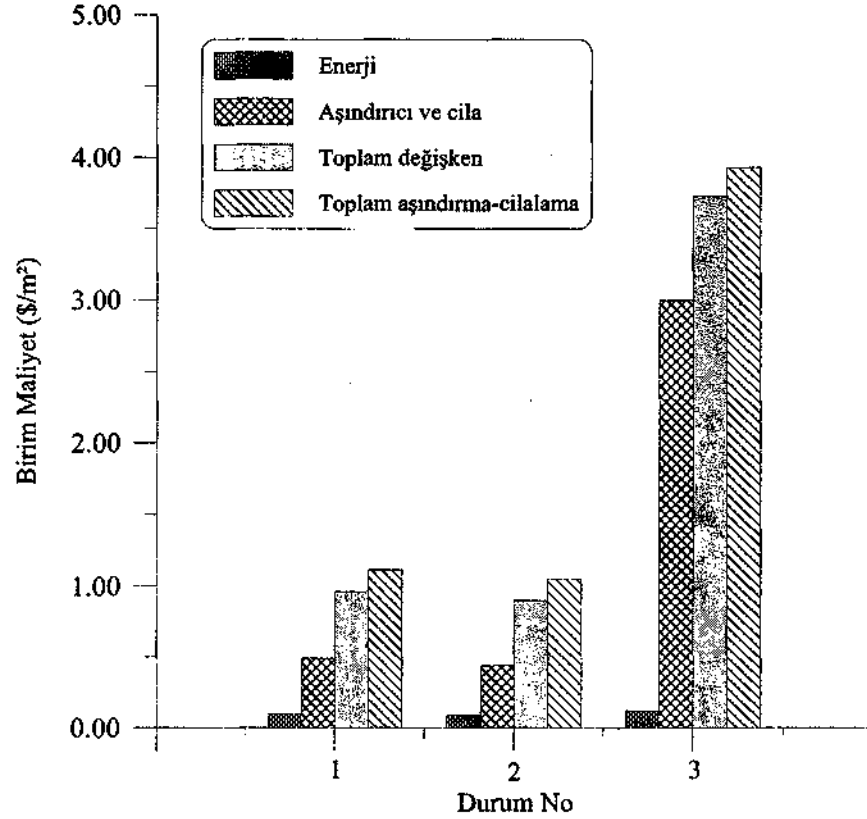
Aşındırıcı ve cila maliyeti (\$/sa): Kullanılan bantlı silme-cilalama makinası, aşındırıcı türü, serisi ve bir takımındaki aşındırıcı sayısına göre değişmektedir. Serideki her bir aşındırıcı ve

Çizelge 7. Birim Maliyet Analizi Sonuçları.

Mermer Birimi	Aşındırıcı Türü ve Serisi	Banlı Silme ve Cilalama Makinası Fiyatı (\$)	Amortisman Maliyeti \$/sa (\$/m ²)	Faiz Maliyeti \$/sa (\$/m ²)	Sigorta Maliyeti \$/sa (\$/m ²)	Toplam Sabit Maliyet \$/sa (\$/m ²)	Enerji Maliyeti \$/sa (\$/m ²)	Aşındırıcı ve Cila Maliyeti \$/sa (\$/m ²)	* Diğer ve Beklenmeyen Maliyetler Toplamı \$/sa (\$/m ²)	Toplam Değişken Maliyet \$/sa (\$/m ²)	Toplam Aşındırma-Cilalama Maliyeti \$/sa (\$/m ²)
Zile Bej (Emmioğlu Mermer Fabrikası)	Klasik (Uyg.)	36 000					1,934	9,817	7,437	19,188	22,207
	Klasik (Önerilen)		1,620 (0,081)	1,025 (0,051)	0,374 (0,019)	3,019 (0,151)	(0,097)	(0,491)	(0,373)	(0,961)	(1,112)
	Elmaslı		1,620 (0,108)	1,025 (0,068)	0,374 (0,025)	3,019 (0,201)	(0,089)	(0,439)	(0,370)	(0,898)	(1,049)
							3,357	13,323	6,170	22,850	24,318
Afyon Gök (Akün Mermer Fabrikası)	Klasik	17 500	0,788 (0,079)	0,498 (0,050)	0,182 (0,018)	1,468 (0,147)	(0,336)	(1,332)	(0,617)	(2,286)	(2,432)
	Elmaslı						3,147 (0,315)	36,120 (3,612)	7,299 (0,730)	46,566 (4,657)	48,034 (4,804)

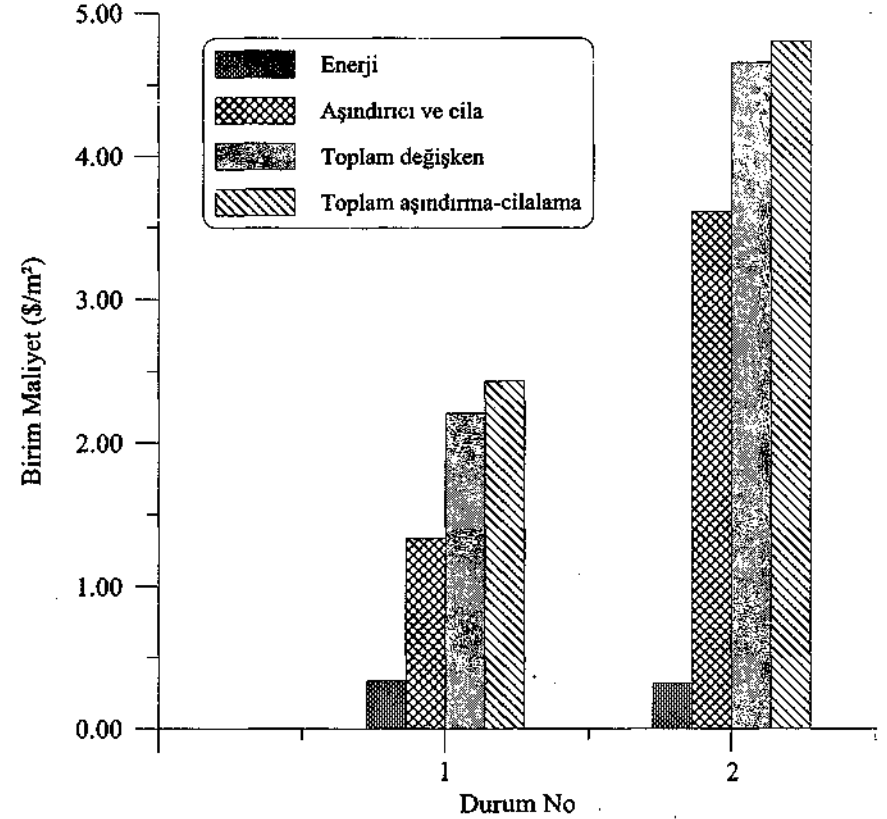
*. Kalibre, işçilik, bakım-onarım, diğer ve beklenmeyen maliyetlerin toplamı.

3



Durum 1. Uygulanan klasik aşındırıcı serisi
 Durum 2. Önerilen klasik aşındırıcı serisi
 Durum 3. Elmaslı aşındırıcı serisi

a. Zile Bej



Durum 1. Uygulanan klasik aşındırıcı serisi
 Durum 2. Elmaslı aşındırıcı serisi

b. Afyon Gök

Şekil 2. Değişik durumlardaki birim maliyetleri, ($\$/m^2$) karşılaştırılması.

cilaya 1, 2, 3, ..., n'e kadar numara verilerek aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$A = \frac{YUM}{UM_j}$$

$$ACM = \sum_{j=1}^n \frac{\hat{E}^A i^{xS} i^{xF} j}{T}$$

Burada;

A_j : Serideki herbir aşındırıcıdan gereken miktar (takım/yıl),

YUM : Yıllık üretim miktarı (m /yıl),

UM_j : Serideki herbir aşındırıcı takımının gerçekleştirdiği üretim miktarı (m /takım), ölçüm sonuçlarından (Çizelge 5) alınmıştır.

ACM : Aşındırıcı ve cila maliyeti (\$/sa),

S_j : Herbir takımdaki aşındırıcı sayısı (adet/takım),

F_j : Aşındırıcı fiyatı (\$/adet),

T : Yıllık çalışma süresi (sa/yıl)

Elmaslı aşındırıcıların herbir aşındırıcı numarası için satış fiyatı 7 \$/adet'tir. Klasik aşındırıcı satış fiyatı 60 ve 80 numaralar için 2,18; 220, 280, 320 ve 360 numaralar için 2,57; 400 numara için 2,86; 600 ve 800 numaralar için 3,70 \$/adet'tir. Cila satış fiyatı 4,23 \$/adet'tir.

Kalibre maliyeti: Her iki mermer fabrikasından alınan bilgiler doğrultusunda yaklaşık 2 yıl süreyle kalibre üzerindeki soketlerin (elmas) yenilediği, yemleme maliyetininin 300 \$/yıl olduğu belirlenmiştir.

Kalibre maliyeti (\$/sa) = Yıllık yenileme maliyeti (\$/yıl) / Yıllık çalışma saati (sa/yıl)

İşçilik maliyeti: Her iki mermer fabrikasından alınan bilgiler doğrultusunda bir işçinin maliyeti (maaş, servis, yemek, iletişim, sigorta vb. dahil olmak üzere) 3428,52 \$/yıl olarak belirlenmiştir. Her iki tesiste de bantlı silme ve cilalama makinasında iki işçi çalıştırılmaktadır.

İşçilik maliyeti (\$/sa) = İşçilik mal.(\$/yıl.adet) x İşçi say.(adet)/Yıllık çal. sür. (sa/yıl)

Bakım-onarım maliyeti: Makina fiyatının % 5'i kadar olacağı düşünülmüştür. Periyodik bakım maliyeti, bakım onarım maliyetinin içinde alınmıştır.

Bakım-onarım maliyeti (\$/sa) = Makina fiyatı (\$) x 0,05 (1/yıl)/Yıllık çal. sür. (sa/yıl)

Diğer maliyetler (\$/sa) = Makina fiyatı (\$) x 0,1 (1/yıl)/Yıllık çal. sür. (sa/yıl)

Beklenmeyen maliyetler (\$/sa) = Toplam değişken maliyet (\$/sa) x 0,05

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Zile bej ve Afyon gök mermer birimlerinde klasik ve elmaslı aşındırıcılarla gerçekleştirilen üretim miktarları (Çizelge 5) karşılaştırıldığında; Afyon gök mermer birimindeki 80 ve 180 numaralı aşındırıcılar dışındaki tüm aşındırıcı numaralarında, klasik aşındırıcılar daha yüksek değerlerle sonuçlanmıştır. Diğer yandan, elmaslı aşındırıcıları müteakip kullanılan cila, daha yüksek üretim miktarları vermiştir. Bu durum, elmaslı aşındırıcıların cila öncesinde daha iyi pürüzlülük değerleri sağlamasından kaynaklanmıştır. Elmaslı aşındırıcı serilerin kullanımı sonucunda klasik aşındırıcılara göre daha düşük enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Elmaslı aşındırıcılarda silim disklerine uygulanan baskının daha düşük olması enerji tüketiminin azalmasını sağlamıştır. Üretim miktarları, fiili saatlik kapasiteler, saatlik enerji tüketimleri ve özgül enerji değerleri incelendiğinde; makina farklılığı, çalışma koşulları ve aşındırıcı türünün sözkonusu değerler üzerinde oldukça etkili olduğu görülmüştür. Ekonomik değerlendirme sonucunda, aşındırma-cilalama birim maliyetlerinin (\$/m²), klasik aşındırıcıların kullanıldığı durumlarda daha düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Ayrıca önerilen aşındırıcı seriler, değişken birim maliyetlerde belirgin düşüşler sağlamıştır.

Baskı, aşındırma süresi ve devri değiştirilebilen ve elektronik çeviricilerle sayısal olarak ölçülebilen fabrika ölçekli bir bantlı silme-cilalama makinası (en az 8 kafalı) geliştirilerek,

mermer birimlerimiz için farklı aşındırıcı türleri ve serilerinin değişik koşullardaki performansları ortaya konulmalıdır. Ayrıca su, enerji ve aşındırıcı tüketimlerinin bu makinaya eklenecek elektronik sistemlerle ölçülmesi aşındırma-cilalama değişken birim maliyetlerinin daha sağlıklı ortaya konulmasını ve minimizasyonunu sağlayabilecektir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, TÜBİTAK ve C.Ü. Araştırma Fonuna maddi destekleri nedeniyle teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Aydoğan, A., Yıldız, N., 1997; "Mermer Sektörümüze Genel Bir Bakış", Madencilik Bülteni, TMMOB Maden Müh. Odası Aylık Yayın Organı, Ankara, Sayı 51, s. 3-4.

Ceylanoglu, A., Görgülü, K., Arpaz, E., Durutürk, Y.S., 1999; "Bazı Mermer Birimleri İçin Optimum Aşındırma-Cilalama Koşullarını Belirleme Çalışmaları", TÜBİTAK-MİSAG, Proje No: 108, Sivas, 252 s.

Davis, P., Pearce, N., 1995; "Diamond Tooling Reduces Polishing Costs", Industrial Diamond Review, England, 2/95, s. 71-73.

Anonim, 1991; "Mermer", , Endüstriyel Hammaddeler Özel İhtisas Komisyonu Mermer Raporu, Yayın No: DPT:2293-ÖİK:405, Ankara-, 109 s.

Görgülü, K., 1998; "Bazı Mermer Birimleri İçin Optimum Aşındırma-Cilalama Koşullarının Araştırılması ve Malzeme Özellikleri İle İlişkilendirilmesi", Ç.t). Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, Sivas, 178 s.,

ISRM, 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", International Society for Rock Mechanics, 211 s.

Poirier, M., 1993; "Polishing With Diamonds: Hand Polishing", Dimensional Stone Magazine, Eylül, Kanada, s. 74-76.

Poirier, M., 1994a; "Polishing Stone With Diamonds: Radial Arm Polishing", Dimensional Stone Magazine, Kanada, Cilt 10/3, s. 40-41.

Poirier, M., 1994b; "Polishing Stone With Diamonds: Disk Polishing", Dimensional Stone Magazine, Kanada, Cilt 10/4, s. 26-28.

Poirier, M., 1994c; "Polishing Stone With Diamonds: Automatic Edge Polishing", Dimensional Stone Magazine, Kanada, Cilt 10/5, s. 38-39.