

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEL KESME MAKİNELERİNDE
ELMASLI TELLERDE KESME PERFORMANSININ
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

NEVZAT KEKEÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ISPARTA, 2001

**TEL KESME MAKİNELERİNDE ELMASLI
TELLERDE KESME PERFORMANSININ
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

Nevzat KEKEÇ

**Yüksek Lisans Tezi
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2001**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafımızdan MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman :

Üye :

Üye :

Üye :

Üye :

ONAY

Bu tez S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu/...../ 2001 tarih ve sayılı kararınca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../ 2001 tarihinde kabul edilmiştir.

S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLGİSİ	3
2.1. Mermer Blok İşletmeciliğinin Tarihçesi	3
2.2. Mermer Ocak İşletmeciliği ve Ocak Tasarımı	4
2.2.1. Mermer Ocak İşletme Şekilleri ve Seçimi	5
2.2.1.1. Yerüstü Ocakları	5
2.2.1.2. Yeraltı Ocakları	6
2.3. Mermer Üretim Şekilleri	7
2.3.1. İlkel Yöntemler	8
2.3.1.1. Oluk-Kanal Açma Yöntemi ile Üretim	8
2.3.1.2. Delik Delme Yöntemi ile Üretim (Üçlü Kama)	9
2.3.1.3. Modern Üçlü Kama Yöntemi ile Üretim (Pnömatik Makineler ile Üretim)	9
2.3.1.4. Patlayıcı Maddeler ile Üretim	12
2.3.2. Mekanik Yöntemler	13
2.3.2.1. Taş Kesiciler ile Sürekli Kesim Yöntemi	13
2.3.2.1.1. Zincirli Kesiciler ile Üretim	13
2.3.2.1.2. Jet-Belt ile Üretim	15
2.3.2.1.3. Elmaslı Diskler ile Üretim	16
2.3.2.2. Tel Testere ile Üretim (Heliz veya Helezonik Çelik Tel ile Üretim)	17

2.3.2.3. Yüksek Hızlı Helezonik Tel Kesme Makinesi ile Üretim (Kombinat ile Üretim)	18
2.3.2.4. Termal Ok Yöntemi ile Üretim (Rock Jet)	19
2.3.2.5. Basınçlı Su Yöntemi ile Üretim (Water Jet)	21
2.3.2.6. Lazer Işınları ve Ultrason Yöntemi ile Üretim	22
2.3.2.7. Elmas Tel Kesme Yöntemi ile Üretim	22
2.3.2.7.1. Mermer Ocağının Kesime Hazırlanması ve Kesme İşlemi	24
2.3.2.7.2. Deliklerin Delinmesi	24
2.3.2.7.3. Elmas Telin Kesime Alınması	24
2.3.2.7.4. Mermer Kütesinin Kesimi	25
2.3.2.7.5. Kesme İşlemi Esnasında Dikkat Edilecek Hususlar	25
2.3.2.7.5.1. Telin sulanması ile ilgili hususlar	25
2.3.2.7.5.2. Blok Boyutunun Tespiti	26
2.3.2.7.5.3. Tel Kesme Makinesinin Kesme Pozisyonu Ve Sürati	26
2.4. Blok İşletmeciliği Yapılan Mermer Türleri ve Sınıflandırılması	27
2.4.1. Sedimanter Mermer	27
2.4.2. Mağmatik Mermerler	28
2.4.3. Metamorfik Mermerler	29
3. MATERYAL VE METOT	30
3.1. Materyal	30
3.1.1. Elmas Tel Kesme Makinesi (Dağ Kesim Makinesi)	30
3.1.1.1. Elektrikli Tel Kesme Makineleri	30
3.1.1.2. Elmas Tel Kesme Makinesinin Bölümleri	32
3.1.2. Rampalı Elmas Telle Mermer Kesme Makinesi (Sayalama Makinesi)	32
3.1.2.1. Rampalı Elmas Tel Kesme Makinelerinin Bölümleri ve Teknik Özellikleri	33
3.1.3. Delgi Matkapları (Mermer Sondajı)	35
3.1.4. Elmas Teller	36
3.1.4.1. Elmas Boncukların Üretimi	37
3.1.4.1.1. Eloktröplate elmas boncuk üretimi	37
3.1.4.1.2. Sinterize Elmas Boncuk Üretimi	38

3.1.4.1.3. Kimyasal yapıştırma ile boncuk üretimi	39
3.1.4.2. Elmas Boncukların Dizilmesi ve Kullanıma Hazırlanması	40
3.1.4.2.1. Yaylı dizim	40
3.1.4.2.2. Plastik Enjeksiyon İle Dizim	42
3.1.4.2.3. Kauçuk Enjeksiyon İle Dizim	42
3.1.4.3. Elmas Boncuk Çapları	45
3.1.4.4. Elmas Boncuk Tiplerinin Performansları	45
3.1.4.4.1. Elektrolite Elmas Boncuk	46
3.1.4.4.2. Kimyasal Yapıştırma (Kaynaklama) ile Üretilen Boncuklar	46
3.1.4.4.3. Sinterize Elmas Boncuk	46
3.1.4.5. Elmas Telin Kesime Alınması	48
3.1.4.6. Elmas Telin Performansını Etkileyen Faktörler	49
3.2. Metot	52
3.2.1. Elmaslı Tel Kesme Yönteminde Kayaçların Kesilebilirliğini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi	52
3.2.1.1. Petrografik Ve Mineralojik Özellik	52
3.2.1.2. Kayaçların Fiziksel Özellikleri	54
3.2.2. Kayaçların Mekanik Özellikleri	56
3.2.2.1. Basınç Dayanım Karakteristiği	57
3.2.2.1.1. Tek eksenli basınç dayanımı, Test prosedürü-Veri analizi	57
3.2.2.1.2. Üç Eksenli Basınç Dayanımı, Test Prosedürü-Veri Anallizi	59
3.2.2.1.3. Nokta Yükleme Dayanımı	60
3.2.2.2. Çekme Dayanımı	62
3.2.2.3. Makaslama Dayanımı	63
3.2.2.4. Eğilme Dayanımı	64
3.2.2.5. Darbe Dayanımı	65
3.2.2.6. Aşınma Dayanımı	66
3.2.3. Elmaslı Tel Blok Kesmede Kesim Performansına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi	67
3.2.3.1. Rampalı Tel Kesme Makinelerinde Kesim Performansı	68

4. BULGULAR	72
4.1. Mermer Ocak İşletmeciliğinde Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Belirlenmesi Ve Kestirimi Üzerine Bir Analiz	72
4.2. Performans Analiz Verilerinin Elde Edilmesi	72
4.2.1. Erdem Mermer San. Tic. A.Ş.	73
4.2.2. Ç.M.S. Madencilik ve Mermer San. Tic. Ltd. Şti.	76
4.2.3. Yükseller Mermer San. Tic. Ltd. Şti.	77
4.3. Tel Kesme Ve Sayalama	78
4.4. Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Analiz	79
4.5. Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Kestirimi Üzerine Bir Analiz	91
5. SONUÇ	104
6. KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	108

ÖZET

Günümüzde mermer ocak işletmelerine verilen önem giderek artmasına paralel olarak, ocaklarda üretilen blokların büyüklüğünün, sayalama işlemi ile daha küçük ve ekonomik boyutlu bloklar haline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlemde, sayalama veriminin analizi ile, blok üretim maliyeti optimize edilebilmektedir. Bu tez çalışmasında, farklı mermer türlerinin üretiminin yapıldığı üç ayrı mermer ocak işletmesinde, sayalama kesimlerine ait gözlemsel ve analiz bulguları irdelenerek, sayalama randımanının belirlenmesine yönelik algoritmik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER : Mermer, blok, tel kesme, kesim performansı.

ABSTRACT

Nowadays, in parallel of increasing demand for the marble technology is becoming very popular, the sizes of the marble blocks, producing in the marble quarries should be reduced by small diamond wire sawing machines as getting much more smaller block sizes in order to obtain the economical advantages for the processes. In this process, the expenditure of the block production could be optimised with the analysis of the cutting efficiency in quarries. In this thesis, in three marble quarries producing the different marble types, evaluating the observational and technical research findings for the wire cutting operations, the algorithmic approaches were developed for determining the efficiency of the wire cutting processes.

KEY WORDS : Marble, block, wire sawing, cutting performance.

TEŐÜKKÜR

Bu tez çalıŐmasının gerçekleŐmesi için gerekli ortamın sağlanmasında, gereken ilgi ve önemi gösteren ıracioğlu AY-İR Mermer A.Ő. ortaklarından Sayın İshak İRACIOğLU'na, Erdem Mermer A.Ő. Genel Müdürü Sayın Halil ÖKSÜZ'e ve Yükseller Mermer A.Ő. Yetkili Maden Mühendisi Sayın Suat GÖKBULUT'a içtenlikle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın sonuca ulaŐtırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aÇılmasında, yön gösterici olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ahmet ŞENTÜRK'e ve Sayın Doç. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ'e yardımları ve ilgilerinden dolayı sonsuz teşekkür ederim. Literatür araŐtırmalarımnda katkılarından dolayı Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilimdalı Araştırma Görevlisi Sayın Ahmet ÖZGÜVEN'e teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalıŐmasının titiz bir şekilde yazılım ve düzenlemesini gerçekleştiren Nokta Gümrükleme A.Ő. Firması ve Personellerinden Sayın Kemal ARIDUMAN'a teşekkür ederim.

SİMGELER DİZİNİ

τ	: Kayma gerilmesi, kg/cm^2 ,
σ	: Basınç gerilmesi, kg/cm^2 ,
σ_1	: Düşey basınç gerilme değeri, kg/cm^2 ,
σ_c	: Mermerin basınç dayanım değeri, kg/cm^2 ,
σ_n	: Normal basınç gerilmesi, kg/cm^2 ,
σ_t	: Mermerin direkt çekme dayanımı, kg/cm^2 ,
α	: Kırılma açısı, derece,
C	: Kohezyon, kg/cm^2 ,
ϕ	: İçsel sürtünme açısı, derece.
Ft	: Mermerin yenilme yük değeri, kğ,
A	: Mermer numunesinin yüzey alanı, cm^2 .
As	: Su demetinin kesit alanı , m^2
A ₁	: Düz olarak kesilen toplam alan, m^2 ,
H	: Tokmağın düşme yüksekliği, cm,
V	: Deney numunesinin hacmi, cm^3 .
Vs	: Su demetinin hızı, m/s
η	: Sayalama randımanı, %,
Q _{fiili}	: Sayalamanın fiili kapasite değeri, m^2/m ,
Q _f	: Sayalamanın fiili kapasite değeri, m^2/m ,
Q _{teorik}	: Telin teorik kapasite değeri, m^2/m .
Q _t	: Elmas telin teorik kapasite değeri, m^2/m ,
Δy	:Düşey kesim derinliği, m,
Δx	:Yatay kesim derinliği, m.
L	: Telin boyu, m.
t _i	: Kesim süresi, dk.
R	: Çekiç rebound değeri.
Pg	: Mermerin porozite değeri, %,

- k : Mermerin doluluk oranı, %,
 γ : Mermerin birim hacim ağırlık değeri, gr/cm³,
Sk : Mermerin kütlece su emme oranı, %.
F : Yüzeyde oluşan kuvvet (N)
 δ : Akışkanın yoğunluğu, Kg/m³

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Mermer üretim yöntemleri	2
Çizelge 2.1. Açık işletme mermer üretim yöntemleri	8
Çizelge 3.1. Mermerde petrografik analiz – akım şeması	53
Çizelge 3.2. Mohs sertlik sınıflaması	55
Çizelge-4.1. Sayalama randımanı optimizasyonu bulguları	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Mermer ocak şekilleri A (Çukur ocak), B (Açık çukur ocak), C(Yamaç ocakları çok basamaklı kazı), D(Yamaç ocakları tek basamaklı kazı), E (Zirve ocağı), F (Tepe açık çukur ocak), G (Yer altı ocakları), DV(Derrick vinç), KV(Kule vinç); BG(Blok galerisi)	4
Şekil 2.2. Pnömatik yöntemlerle üretim	11
Şekil-2.3. Termal ok yöntemi ile üretim	20
Şekil 3.1. Elektrikli ve Mekanik sistemli tel kesme makinesi	30
Şekil 3.2. Hidrostatik sistemli, elektrikli, tel kesme makinesi	31
Şekil 3.3. Hidrostatik sistemli dizelli, tel kesme makinesi	31
Şekil 3.4. Rampalı, elmas telle mermer kesme makinesi (Sayalama Makinesi)	33
Şekil 3.5. Rampalı, elmas tel kesme makinesinin bölümleri	34
Şekil 3.6. Delgi matkabı. (Mermer sondajı)	35
Şekil-3.7. Elmas Tel Dizim Şekilleri	44
Şekil-3.8. Elmas boncuk tipleri	47
Şekil-3.9. Schmidt darbe çekici ile ölçüm pozisyonları	55
Şekil-3.10. Shore Scleroscope	56
Şekil-3.11. Tek eksenli basınç dayanım deneyi için Morh Zarfı	58
Şekil-3.12. Üç eksenli basınç dayanım deneyi için Mohr Zarfı	59
Şekil-3.13. Nokta yükleme deney türleri ve numune boyutlandırılması	61
Şekil-3.14. Çevresel gerilmesiz makaslama dayanım deney düzeneği	63
Şekil-3.15. Makaslama dayanım deney düzeneği	64
Şekil-3.16. Eğilme dayanımı deney düzeneği	65
Şekil-3.17. Böhme yüzeysel aşınma cihazı	67
Şekil-3.18. Rampalı elmas tel kesme makinesi	69
Şekil-3.19. Rampalı tel kesme makinesinin, geri halatının gövde ve kollu makara ile bağlantısı	70
Şekil-3.20. Elmas tel kesme makinelerinin bazılarının rampalı ray ölçüleri	71

Şekil-4.1. Yatay ve dikey derinliklerin ölçülmesi	74
Şekil-4.2. Yatay ve dikey derinliklerin ölçülmesi	75
Şekil-4.3. Rampalı sayalama makinesi	79
Şekil-4.4. Sayalamada elmas telin eğrisel izi	82
Şekil-4.5. Sayalamada kesilen alan değerleri	82
Şekil-4.6. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları (<i>Denizli Traverten</i>)	84
Şekil-4.7. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları (<i>Korkuteli Bej Mermeri</i>)	84
Şekil-4.8. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları (<i>Muğla Leylak Mermeri</i>)	86
Şekil-4.9. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (<i>Denizli Traverten</i>)	88
Şekil-4.10. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (<i>Korkuteli Bej Mermeri</i>)	88
Şekil-4.11. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (<i>Muğla Leylak ermeri</i>)	89
Şekil-4.12. Sayalamada elmas telin eğrisel izi	94
Şekil-4.13. Schmidt darbe çekici ile ölçüm pozisyonları	96
Şekil-4.14. Mermer türlerinin basınç dayanım değerleri değişim aralığı	97
Şekil-4.15. Mermer türlerinin prozite değerleri değişim aralığı	97

1. GİRİŞ

Mermer ocaklarının işletilmesi ihtisas isteyen bir sanattır. Dünya yeni usuller ve yeni makinalar icat etmek sureti ile mermer cinsine göre blok mermer üretimini, ihtiyaca göre düzenlemektedir. Buna paralel olarak insan gücünün yerini makine ve pratik usuller almakta ve pahalı olan ağır işçilik yerine bilimsel sistemler getirilmektedir. Mermer ocak işletmeciliğinde amaç, mermer fabrikaları ve piyasanın istediği boyutlarda kırıksız ve çatlaksız blok çıkartmaktır. Mermer ocak şekline karar verdikten sonra, mermer blokları ocaktan çıkarana kadar karşılaşılan üretim aşamalarının incelenmesi ve üretim yöntemine karar verilmesi gereklidir. Açık ocak mermer üretim yöntemleri genel olarak;

- İlkel yöntemler
- Mekanik yöntemler

olmak üzere iki grupta irdelenebilmektedir. Çizelge 1.1.'de bu yöntemlerin sınıflandırılması verilmiştir.

İşlenmiş mermer ürünleri için artan talebin sonunda dünyanın bir çok yerinde yeni mermer ocakları açılmıştır. Bunun sonucunda, üretilen mermer ve mermer ürünlerinin çeşidi de büyük ölçüde artmıştır. Mermer ocaklarında üretilen taşın, kesilerek şekillendirilmesi işlemi ve elmaslı tel seçimi ve soket tasarımı konuları giderek önem kazanmıştır.

Çizelge 1.1. Mermer üretim yöntemleri. (Tombul. M., 1992.)

	Oluk-kanal açma
--	-----------------

İlkel Yöntemler	Delik delme (Üçlü kama) Modern üçlü kama Patlayıcı madde yöntemi
Mekanik Yöntemler	Taş kesiciler ile sürekli kesim Tel testerelerle üretim Kombinat ile üretim Termal ok (Rock jet) Basıncılı su yöntemi (Water jet) Lazer ışınları-ultrason yöntemi Elmas tel kesme yöntemi

Günümüze değin yapıla gelmiş uygulamalarda, bir taşın kesilebilmesi için uygun soketin (elmas boncuğun) belirlenmesi işlemi ancak tecrübe yolu ile bulunmuştur. Taşların kesilebilmesi için değişik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, bu çalışmalar hem pahalı olmakta ve hem de çok zaman gerektirmektedir. Bu bakımdan, kesilecek mermer bloğuna en uygun soket seçiminin yapılabilmesi için, çok kapsamlı ve çok değişken parametrelere bağımlı bir deneysel araştırma çalışması sonucu, elde edilecek bulgulara göre, elmas tel ile kesim için kayaç türüne bağımlı kesim özellikleri ve kesim kapasite değerleri önceden kestirimi yapılabilmelidir. Şüphesiz bu, çok yönlü bir araştırmanın ürünü olacaktır. Bu tez çalışmasında, mermer ocak işletmelerinde kullanılan sayalama ünitelerindeki sinterize elmas boncuklu tel ile kesim performanslarının belirlenmesine kullanılan algoritmik yaklaşımlar tanımlanmış olup, üç farklı mermer ocak işletmesine ait sayısal inceleme bulguları irdelenerek, mermer blok sayalama performans kriter yaklaşımları verilmiştir. Ayrıca bu tez çalışmasında, mermer türlerinin mühendislik özelliklerinin, değişken parametreler olarak kullanıldığı ve sinterize elmas boncuklu tel ile kesme işleminin uygulandığı sayalama ünitelerine ait kesim özellikleri ve kesim randımanı ilişkileri, gözlemsel ve deneysel bulgularla araştırılmış olup, tanımsal bulgular bu çalışmada detay olarak sunulmuştur.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Mermer Blok İşletmeciliğinin Tarihçesi

Mermer ocak işletmeciliği, uygarlık dönemlerinin ilk tarihlerinde başlamış, temel prensipleri değişmemekle beraber, yüksek üretim kapasitelerini sağlayan mekanizasyonun bu alana gelmesiyle günümüzdeki şeklini almıştır.

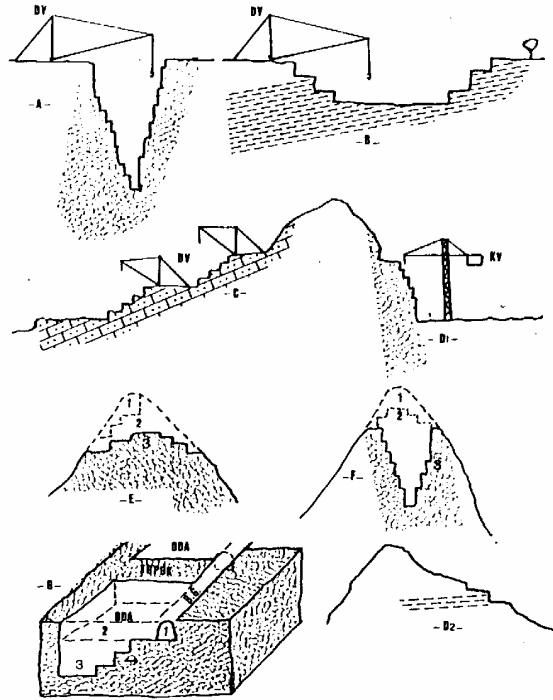
Milattan önceki tarihlerde insanlar kol gücüyle çalışmaktaydı. Hititlere ve Paflagonyalı'lara, Frikya, Karya ve Lidyalı'lara ait yapılar ve desenler bu insanların, taştan ne kadar ve nasıl yararlandıklarını çok iyi göstermektedir. Yurdumuzda da Afyon bölgesinde, işletilmiş mermer ocaklarında ki artıklar içinde, madeni paraların bulunması, büyük çapta ilk mermer çıkartılmasının (MÖ. 900 sıralarında) başladığını gösteren bilinen ilk tarihsel belgedir. Daha sonraları Roma ve Bizanslıların büyük mermer bloklarla yaptıkları binalar, sütun ve sütun başlıkları, heykellerdeki renk ve sanat açısından bugünün insanlarını hayret içinde bırakmaktadır.

İlk çağlardan bu yana mermer ülkesi olarak bilinen Anadolu'dan eski zamanlarda dünya pazarlarında aranılan çeşitli tip ve kalitede mermer bulunduğu ve dünya piyasasında çok önemli bir rol oynadığı tarihi kaynaklardan anlaşılmaktadır. Anadolu Selçuklarına ve Osmanlı Türklerine ait camii, han, hamam, kervansaray ve medreselerin duvar, kapı ve pencerelerindeki oyma ve kabartmalar, geometrik şekiller ve figürler o devirde ileri bir mermer işleme tekniğinin varlığını kanıtlamaktadır. Ayrıca Osmanlı eserlerinde görülen renkli mermerler ve süslemeler, mimari zevkin örnekleridir. Daha sonraki yıllarda "taş"a verilen önem ve ondan yararlanma gitgide azalmıştır. Fakat 19.yy'da Avrupa'da mermer ocak işletmeciliğinde mekanizasyona yönelmesi ve yeni ekonomik işletme yöntemlerinin ortaya konması ile mermere verilen önem bir anda artmıştır. Özellikle İtalya'da 19.yy'ın sonlarından itibaren mermer ocakçılığında çok büyük patlama yaşanmıştır. Özellikle "Hellis Tel Keme Makinesi"nin geliştirilmesi bu olayda büyük rol oynamıştır.

Günümüzde mermer üretim yöntemleri hızla gelişmektedir, fakat ülkemizde ne yazık ki bu gelişme yeterince takip edilmemektedir. Teknolojideki gelişmelere ayak uyduran ülkeler dünya mermer pazarında söz sahibi olmakta ve pastanın büyük dilimini kapmaktadır. Gelişen mermer üretim yöntemleri iyi takip edilmeli ve mermer ocağının özelliğine uygun olan üretim metodu belirlenip, büyük bir dikkat ve titizlikle uygulanmalıdır.

2.2. Mermer Ocak İşletmeciliği ve Ocak Tasarımı

Mermer ocak tasarımı gerçekleştirilirken öncelikle mermer yatağına ait özelliklere en iyi uyumu sağlayacak ocak yeri ve işletme şeklinin seçimi gereklidir. Bu aşamadan sonra yatak şartlarına uygun üretim yönteminin belirlenmesi gelir. Mermer ocak yeri, jeolojik, tektonik ve renk-desen haritalarında ideal alanların çakıştığı yerlerde açılır. Mermer ocak şekillerinin şematik görünüşleri Şekil 2.1.'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Mermer ocak şekilleri A(Çukur ocak), B(Açık çukur ocak), C(Yamaç ocakları çok basamaklı kazı), D(Yamaç ocakları tek basamaklı kazı), E(Zirve ocağı), F(Tepe açık çukur ocak), G(Yer altı ocakları), DV(Derrick vinç), KV(Kule vinç); BG(Blok galerisi). (Erguvanlı, K. ve Yüzer E., 1985.)

2.2.1. Mermer Ocak İşletme Şekilleri ve Seçimi

Mermer yatakları, dağ, tepe ve ova gibi çeşitli morfolojik yapılarla beraber, yüzeyde ve çeşitli derinliklerde, farklı dayanım, yapı ve jeolojik özelliklere sahip olarak görülürler.

Mermer yatağına ait bu gibi özelliklere bağlı olarak ocak işletmeleri de öncelikle “Yerüstü Ocakları” ve “Yeraltı Ocakları” olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.2.1.1. Yerüstü Ocakları

Yerüstü ocaklarının ayrımında esas olan morfolojik noktalar ovalar ve tepelerdir. Buna göre yerüstü ocakları “Ova Ocakları” ve “Tepe Ocakları” olmak üzere iki gruba ayrılır.

Ova ocaklarında belirgin özellik, tüm çalışmanın topoğrafik seviyenin altında olmasıdır. Ocağın dört yanının dik ve dikey akım ocak aynasınca çevrelendiği ova ocakları “Çukur Ocaklar” olarak adlandırılır. Yöntem, granit gibi sert taşlar, bazı mermer formasyonları gibi masif yataklar ve dik dalımlı tabakalar veya daykların işletilmesine uyum sağlar. Ocağın genişliği derricks (Eklemlı vinç) etki alanı ile sınırlıdır. Ocağın daha geniş bir alana yayılması durumunda birkaç derricks vinç çalıştırılır ve gerekli görülen hallerde ocak duvarlarının desteklenmesi amacıyla ocak çubukları arasına emniyet topukları bırakılır. Üretim ocak duvarlarına asma olarak kurulan geçici platformlar yardımıyla gerçekleştirilir. İşçilerin ocak içi ulaşımı katlar arasına kurulan dik merdivenlerle sağlanır. Bu ocaklar 40-60 m derinliğine ekonomik olarak uygulanabilir (Conti, 1986).

Ova ocaklarının bir şeklide “Açık Çukur Ocakları”dır. Bu ocaklar yatık veya düşük eğimli her türlü yatağın işletilmesinde tercih edilir. kazı mostradan başlar ve yatağın dalım yönünde devam eder. Ocak içi nakliyat katlar arası kurulan rampalar ve derricks vinçler yardımıyla gerçekleştirilir. Ova ocaklarında önemli maliyetlerden biri meteorolojik ve yer altı kaynaklı suyun ocak dışına atılmasıdır. Çalışmaların yer

altı su tablası altında sürmesi durumunda pompa sistemleri ile su tablasının düşürülmesi gereklidir.

Yerüstü ocaklarının diğer bir türü de dağlık, tepelik morfolojilerde kurulan “Tepe Ocakları”dır. Tepe ocakları “Yamaç Ocakları”, “Zirve Ocakları” ve “Tepe Açık Çukur Ocakları” olmak üzere üç grupta toplanabilir.

Yamaç ocakları bütün kazı yüzeylerinin ocak taban seviyesinin üzerinde olduğu ve tepe yamaçlarının işlendiği ocaklardır. Tipik şekilleri anfi-tiyatro’ya benzer. Dağ ve tepe çıkıntılarında görülen sağlam ve az çatlaklı mermerlerin üretilmesinde, düşük yamaç eğimi ve kalın yataklanma için çok basamaklı, dik yamaç eğimi veya düşük eğimli ince yatak için tek basamaklı kazı yöntemi uygulanır. Bu ocaklar her basamak sırası veya her bir basamak için birden fazla ocak tabanına sahip olabilirler. Basamaklar uygun rampa serileriyle stok sahasına bağlanır. Çalışma kolay ulaşılan ve taşıma yapılan alt basamaklardan başlar. Zirve ocakları ise tepe ve dağ zirvelerinde yatağın üst tabaklardan başlayarak, dilimler halinde, yukarıdan aşağı işletilmesi ile oluşturulur. Tepe açık çukur ocakları ise dağlık alanlardaki yamaç ocaklarının genişlemesi ile oluşurlar.

Tepe ocaklarında, üretim öncesi zorlu morfolojik koşullarda yol yapımı gerekmektedir. Formasyonların kırılma ile ikincil geçirgenliğe sahip olması nedeniyle önemli su atımı problemleri görülmez. Kar ve soğuk, çalışma şartlarını güçleştirir ve yıllık çalışma süresini sınırlar.

2.2.1.2. Yeraltı Ocakları

Yer altı ocakları örtü tabakasının açık işletmeciliğine olanak vermediği, mekanik özellikleri yüksek ve doğal çatlakların sınırlı olduğu, kıymetli mermerlerin işletmesinde uygulanır. Ocak ya kuruluşundan yeraltı ocağı olarak tasarlanır veya çukur ocakların ocak dibinden yanlara gelişmesi ile yeraltı ocağına dönüşür (Cappuzi, 1980). Kazı oda-topuk yöntemi ile oda ve topukların düzenli ve düzensiz seçilmesine göre iki şekilde yapılır.

Düzenli topuklar, masif ve homojen yataklarda, plan görünümü kare ve dikdörtgen olan oda ve topuklarla gerçekleştirilir. Oda yükseklikleri genellikle 10-15 m genişlik ve boyları 50-100 m'dir (Conti, 1986). Odalar genişliklerinin %15 - %25'ne sahip topuklar tarafından desteklenir ve tahkimat teknikleri (tavan cıvataları) uygulanarak topuk dayanımları artırılır (Power, 1985). Odaların oluşturulmasına tüm oda boyunca 2-3 m yükseklikte açılan blok galerisinin tüm oda tavanı boyunca genişletilmesi ile başlanır. Blok galerileri zincirli kesiciler, elmas tel testereleri veya delme-patlama ile açılır. Taş kaybını önlemek ve en ucuz yöntem olan delme-patlatma yönetimini uygulamak için blok galerisi tavan taşı içinde sürülebilir. Bu aşamadan sonra izotropik yataklarda ticari boyutlarda (zincirli kesicilerle 2-3 m basamak yüksekliği seçilerek) veya homojen olmayan yataklarda 8-10 m'lik kazı basamakları oluşturularak (elmas tel testereleri ile) üretim yapılır. 30° - 45° eğimli, tabakalı yataklar, tabaka düzlemine dik oluşturulan topuklar yardımı ile üretilir. Buna bağlı olarak ocak tabanı eğimlidir (Power, 1985).

Düzensiz topukların boyutları, çatlakların karmaşık geliştiği yataklarda çatlakların lokal derecesine göre belirlenir.

2.3. Mermer Üretim Şekilleri

Mermer ocak işletmeciliğinde amaç, mermer fabrikaları ve piyasanın istediği boyutlarda kırıksız ve çatlaksız blok çıkartmaktır. Mermer ocak şekline karar verdikten sonra, mermer blokları ocaktan çıkarana kadar karşılaşılan üretim aşamalarının incelenmesi ve üretim yöntemine karar verilmesi gereklidir.

Açık işletme mermer üretim yöntemlerini genel olarak;

- İkel yöntemler
- Mekanik yöntemler

olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür. Çizelge 2.1.'de yöntemlerin sınıflandırılması yapılmıştır.

Çizelge 2.1. Açık işletme mermer üretim yöntemleri.

İlkel Yöntemler	Oluk-kanal açma Delik delme (Üçlü kama) Modern üçlü kama Patlayıcı madde yöntemi
Mekanik Yöntemler	Taş kesiciler ile sürekli kesim Tel testerelele üretim Kombinat ile üretim Termal ok (Rock jet) Basıncılı su yöntemi (Water jet) Lazer ışınları ve ultrason yöntemi Elmas tel kesme yöntemi

2.3.1. İlkel Yöntemler

2.3.1.1. Oluk-Kanal Açma Yöntemi ile Üretim

Yöntem, kompressör ve martoperfarator yardımıyla aynı doğrultuda açılan deliklerin ,birbirlerinin etki alanlarını kesecek sıklıkta açılması sonucu ,bloğun kesilerek ana kayadan koparılmasından ibarettir (Ersoy, 1991).

Çok eski olan bu üretim yönteminde üretilmek istenen mermerin süreksizliklerine(çatlak, kırık, boşluk, vs.) göre uygun yer seçerek taşın dört tarafında oluk veya kanal açılmaktadır (Onargan ve Köse, 1997). Delikler, deliklerin aynı doğrultuda ve belli aralıkla açılmasını sağlayan şablonlar ve ray üzerinde hareketli bir veya birden fazla sayıda martoperfaratorun bulunduğu kanal açma makineleri ile yapılmaktadır (Ersoy, 1991). Uygun şekilde taşın altına girilerek serbest hale gelmesi sağlanmaktadır. Daha sonra, insan gücüyle çalışan madırğa, murç, külünk gibi aletlerle mermer blok bulunduğu yerden çıkarılmaktadır. Ülkemizde bir çok antik ocak (Boğazköy, Gaziantep-İslahiye-Yasenek Bazaltı vb.) bu üretim yöntemi ile işletilmiştir.

2.3.1.2. Delik Delme Yöntemi ile Üretim (Üçlü Kama)

İş gücünün ucuz olduğu yerlerde, hiçbir yatırım gerektirmediğinden, yaygın olarak kullanılmaktadır (Ersoy, 1991). Bu yöntemde, mermer yatağının fiziksel yapısı ve jeolojik süreksizlikler, son derece önemli bir noktayı teşkil etmektedirler. Kama, balyoz, murç, madırğa ve kaşık gibi basit el aletlerinin kullanıldığı bu yöntemde, bloğun mermer yatağından koparabileceği yerin iyi tespiti gerekmektedir (Tombul,1992). Bu yöntem mermerin zayıf yerinden çatlatılması esasına dayandığından, üretim kayıpları çok yüksek olmaktadır (D.P.T., 1977).

Yöntem, genellikle blok alınacak taşın kütle halinde bulunmadığı, sistematik olmayan, gelişigüzel süreksizliklerin görüldüğü yataklarda uygulanmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1985). Birincil ve ikincil çatlak sistemleri, tabakalanma yüzeyleri, mevcut el aletleri ve çalışma durumu gibi hususlar dikkate alınarak, koparılacak blok belirlenmektedir (Ersoy, 1991). İşaretlenen blokta yataklanma yönünde, aralarına 10-15 cm ara bırakılarak açılan kama yuvalarına kamaların yerleştirilerek çakılması ile gerçekleştirilmektedir. Bir sıra 8-12 cm boyunda, 4-6 m genişliğinde ve 6-10 cm derinliğinde kama yuvası açılmaktadır. Bu kama yuvalarının açılmasında keski ve balyoz kullanılmaktadır. Usta bir işçinin bu tip kama yuvalarından bir saatte 5-8 adet açması mümkündür (Arıkan, 1968). Bloğu masif olan kütleden koparmak için, delik çapından daha kalın çivi çakılır ve bunlar çıkartılmamaktadırlar. Bu çivilere 4-10 kg ağırlığındaki balyozlarla vurulmaktadır. Bütün çivilere aynı sayıda darbe vurmaya dikkat etmelidir. Her darbeden sonra çivi, eksen etrafında döndürülmelidir. Metal kaşıkla kırılan parçalar alınmalıdır. Bu yöntem, patlatma yapılamayan ve mekanize olmaya imkan vermeyen ocaklarda halen kullanılmaktadır.

2.3.1.3. Modern Üçlü Kama Yöntemi ile Üretim (Pnömatik Makineler ile Üretim)

Bu yöntem, elle üretim yönteminin kompresör ve martoperfarator yardımıyla yarı mekanize edilmiş halidir. Genellikle; büyük ve çatlak sistemi gelişmemiş yataklarda

başarı ile uygulanmaktadır (Ersoy, 1991). Bu yöntem konvansiyel yöntemle mermer blok üretiminde patlayıcı madde gereksinimini azaltmaktadır. Patlayıcı kullanımı ile oluşan kayıplar azaldığı için ekonomik bir yöntem olduğu söylenebilmektedir (Onargan ve Köse, 1997). Pnömatik makinelerde üretim yönteminin esasını dizel veya elektrik enerjisi ile çalışan kompresör ünitesinden elde edilen basınçlı havanın, basınçlı hava tabancaları vasıtasıyla mermer üretiminde kullanılması oluşturulmaktadır. Basınçlı hava eldesinde kullanılan kompresörlerin çalışma basıncı 7 bar'dır. Kompresörün büyüklüğüne göre sağladığı hava değişimle birlikte, yaygın olarak kullanılan dizel kompresörler dakikada 4.5-15 m³ hava sağlayıp, 2-3 martoperfaratörü çalıştırılabilmektedir.

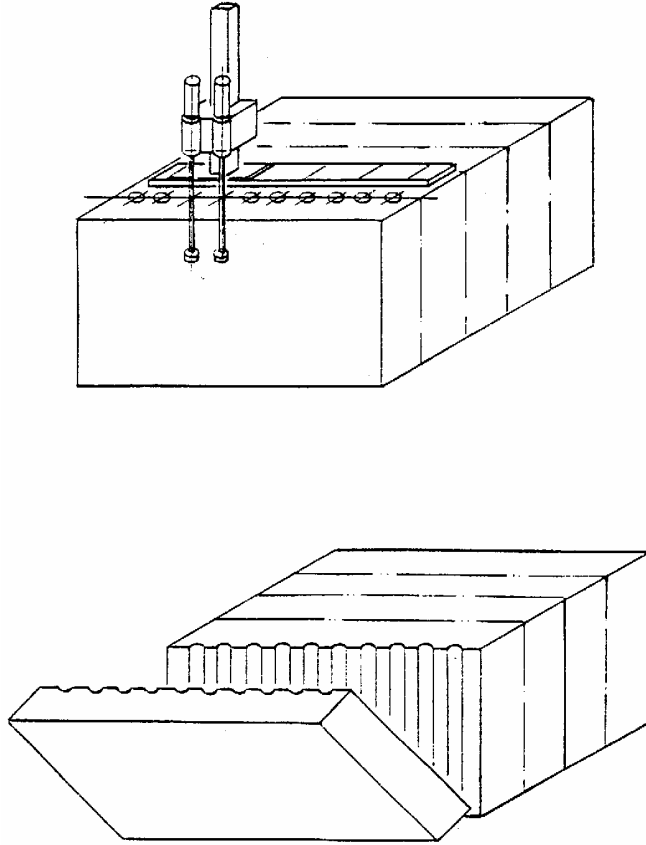
Martoperfaratörler basınçlı hava vasıtasıyla çalışmakta olup darbe ve döndürme hareketi sağlarlar. Uçlarına takılan tijlerin boyu 20 cm – 6 cm arasında, çapları 9-25 mm arasındadır. Bu tijlerin uçlarında tungsten karbürden imal edilmiş kesici uç bulunmaktadır. Devir sayısı martoperfaratör tipine göre 100-200 dev/dak arasında değişmektedir. Bugün kullanılan martoperfaratörlerdeki darbe sayısı 1200-3000 d/dak arasında değişmektedir (Öcal, 1978).

Bu yöntemde ilk iş, koparılacak bloğun tespit edilmesi ve uygun yüzeylerden belirli aralıklarda martoperfaratörlerle delik delinmesidir. Burada delik uzunlukları ve delikler arasındaki mesafe, mermerin fiziksel yapısına ve çatlak sistemlerinin gelişimine göre değişmektedir. Delik uzunlukları ya çatlak sistemine ulaşacak boyda veya bloğun koparılacak istenen boyutuna yakın olmalıdır. Delikler arasındaki uzaklık tamamen bir maliyet unsurudur. Çünkü ne kadar sık delik açılırsa, bloğun ana kütlede koparılması işi de o derece kolaylaşır ve sayalama için harcanacak zaman ve maliyet artar. Bunun için optimum delik mesafesinin tespiti gerekmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu optimum delik mesafesinin, kayacın cinsine bağlı olmakla birlikte 12-14 cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 2*2*1,5 = 6 m³ 'lük bloğun koparılması için ortalama 35 delik delinmesi gerektiği ve bir deliğin ortalama 15 dakikada delindiği tespit edilmiştir. Bloğun koparılması için, üç yüzeyin delinmesi gerekmektedir. Buna göre, kesilecek yüzey alanı 10 m² olarak hesaplanmıştır. Bir kompresör ortalama 3 martoperfaratoru çalıştırdığına göre

mevcut örnek için, pnömatik yöntemde kesme hızının 2 m²/saat olduğu hesaplanmıştır.

Koparılabak bloğun uygun yüzeylerinden deliklerin açılmasından sonra, bu deliklere üçlü kamalar yerleştirilerek, bloğun delikler istikametince çatlaması sağlanmaktadır. Tüm yüzeyleri ana kütlede serbest hale gelen blok, hidrolik krikolar vasıtasıyla, ana kütlede ayrılarak, boş alana devrilir. Şayet ocakta vinç varsa, bu işin yapılmasında vinçten de yararlanılmaktadır.

Ana kütlede koparılabak bloklar, ocağın uygun bir yerine alınarak sayalama işlemi yapılmaktadır. Bu işlemde yine blok yüzeyinde belirli aralıklarla delikler açılarak bloktan istenmeyen kısımlar koparılmaktadır. Şekil 2.2.'de pnömatik yöntemle üretimin şekli verilmektedir.



Şekil 2.2. Pnömatik yöntemle üretim.

Ülkemizde pek kullanılmamakla birlikte, martoperfektorler bir kızaklı sistem üzerine bir veya birden çok martoperfarator bir arada olacak şekilde monte edilerek, büyük blokların ticari boyuta getirilmesinde kullanılmaktadır.

2.3.1.4. Patlayıcı Maddeler ile Üretim

Yöntem, patlayıcı maddenin mermeri daha önceden birbirine paralel sıralar halinde açılmış olan deliklerin meydana getirdiği zayıflık düzlemleri boyunca, ana kütleden ayırma prensibine dayanmaktadır (Ersoy, 1991). Yardımcı bir yöntem olmakla beraber, tek başına mermer blok üretiminde kullanılmaktadır. Daha çok, kırık ve çatlak sistemleri homojen olmayan kristalin mermerler ile sert mermer (granit, diabloz, vs.) ocaklarda tel kesme yöntemi ile kombine şekilde, yaygın olarak uygulanmaktadır. Ülkemizde, delme-patlama yöntemiyle granit üretimine, Giresun Vizon, Aksaray-Nova ve Aksaray-Yaylak ocaklarını örnek vermek mümkündür (Onargan ve Köse, 1997). Mermer yatağına fazla zarar verdiğinden, kaliteli blok çıkartma işlemi çok düşük olmaktadır. Mermerin dokusunda gözle görülmeyen kılcal çatlaklar meydana getirdiğinden, mermerin atölyelerde kesilmesi ve parlatılması esnasında parçalanarak dağılmasına neden olmaktadır.

Mermer ocaklarında patlayıcıların ana kullanım yeri örtü tabakasının kaldırılması esnasındadır. Burada yanlış tabir edilen mermer blokları patlayıcı yardımıyla esas mermer blokları üzerinden temizlenmektedir. Mermer ocaklarında kullanılan patlayıcı maddeler kırıcı ve ezici olmaktan çok, büyük boyda blokları itici ve koparıcı olmalıdır. Mermer üretiminde kullanılan patlayıcı maddeleri iki grupta toparlayabiliriz. Birinci grupta dekapaj malzemesinin kaldırılması için kullanılan dinamit ve teknik amonyum nitrat, ikinci grupta ise blokları yerinden sökmek ve koparmak için kullanılan patlayıcı kara barut gelmektedir. Bunların yanında yardımcı malzeme olarak elektrikli kapsül, adi kapsül ve adi fitil kullanılmaktadır (Tunç, 1984).

Teknik önlemlerden de bahsedilecek olunursa; patlayıcı maddeler ocaklarda kullanıldıklarında kayalar üzerinde büyük tahribat yaparak, yeni çatlak oluşumlarına

yol açarlar ve var olan eski çatlakların ise genişlemesine neden olurlar. Patlayıcı kullanıldığı sürece bu böyle devam edecek ve ocakların verimliliği büyük oranda düşecektir. Bir mermer ocağında yapılan patlama uygulamasının olumsuz etkisi görülmektedir. Ancak bazı durumlarda ocaklarda patlayıcı kullanımı zorunlu olabilmektedir. O zaman patlayıcının kullanılacağı alanda tel kesme ile alt ve yan kesimler yapılarak istenilen yönlerde süreksizlikler yaratılmış olur. bu durumda patlayıcıdan kaynaklanan şok dalgaları ve süreksizlik düzlemlerinden geçemeyecekleri için sadece istenmeyen kısımlar parçalanarak temizlenmiş olur (Onargan ve Köse, 1997).

2.3.2. Mekanik Yöntemler

2.3.2.1. Taş Kesiciler ile Sürekli Kesim Yöntemi

Taş kesiciler, yüksek dönme hızları ile dönerek kesim yapan elmaslı büyük diskler veya zincirlerden ibarettir.

2.3.2.1.1. Zincirli Kesiciler ile Üretim

Bu yöntem, ilk olarak kömür madenciliğinde kullanılan potkapaç makinelerinde ufak değişiklikler yapılarak bunların mermer endüstrisinde kullanılmaya başlanması ile ortaya çıkmıştır. İlk makinelerde kesici uç olarak tungsten karbür kullanılırken 1977'den sonra elmas kesici uçlu makinelerde üretilmeye başlanmıştır.

Zincirli kesicilerle üretim yönteminin esası; yatay ve düşey olarak ayarlanabilen 2.2-4.8 m Arasında değişen uzunluktaki bir kol etrafında dönen bir kesici zincir halkasının bir tahrik gücü ile çevrilerek mermerle belirli bir basınç kuvvetiyle teması sonucunda mermerin kesilmesidir (Ersoy, 1991). Bu kol çeşitli yönlerde 180° 'ye kadar hareket edebilmektedir (Onargan ve Köse, 1977). Kesme işlemi zincir halka üzerinde bulunan tungsten veya elmas dişler tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bu üretim yönteminin kullanıldığı mermer ocaklarında üretim, basamaklar oluşturularak yapılmaktadır. Mermer talebine göre veya daha önceden yapılmış olan

planlamaya göre tespit edilmiş olan bloklar kesilebilmesi için, zincirli blok kesiciler uygun olan basama üzerine yerleştirilir.

Zincirli kesiciler, sertliği 3'ün altında, %4'den az kuvars içeren ve çatlak sisteminin fazla gelişmediği ocaklarda kullanılabilirler. Kesme işlemi esnasında verilecek suyun debisi, kırıntıları dışarıya taşıyacak miktarda olmalıdır. Yapılan araştırmalarda suyun debisinin 50 lt/dak olması gerektiği tespit edilmiştir. Bu kesicilerde zincirin hızı 1-30 m/sn arasında değişmektedir (Tombul, 1992). Bunlar tungsten karpit parçalarla ortalama 4-5 m²/saat kesme hızına ulaşan, elmaslı zincirli kesicilerle (Jet-belt) sert kireçli taşlarda 18 m²/saat ve travertende 6-8 m²/saat gibi ani hızlara ulaşabilen oldukça hızlı makinelerdir (Conti ve ark., 1986).

Kesici zincir üzerinde kesme işlemi yapan keski mevcuttur. Keski çelikten yapılmış olup, uç kısımlarında tungsten karbür veya elmas parçacıklar bulunmaktadır. Kesici zincir üzerinde dört tür keski mevcut olup bunlardan en dar olanı 15 mm eninde ve 200 mm yüksekliğindedir. Bunu takip eden her keskinin eni büyürken boyu küçülmektedir. En son keskinin eni 40 mm, boyu da 14 mm olmakta ve kesme açıklığını bu en büyük enine sahip keski tayin etmektedir (Tunç, 1984). Bu keski 75 cm ray açıklığı olan ve boyları 2,5-3 m arasında değişen 3-4 parçalı raylar üzerinde hareket ederek sürekli kesim yapabilmektedir (Tombul, 1992). Özel bir aletle kol dikey kesimler yapmak için düşey pozisyondan yatay kesimler yapmak için yatay pozisyona getirilebilmektedir (Capuzzi, 1980 ve 1989).

Zincirli kesicilerde, çalışma basamağının yüksekliği düşey kesime bağlı olup 1.5-3.0 m arasında değişmektedir. Yatay kesme derinliği ise zincirli kesicinin kol uzunluğuna bağlı olup 1.6-2.0 m arasındadır. Çalışma cephesinin uzunluğu teknik ve ekonomik hesaplamalar göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Eğer dikey ve yatay kesim aynı anda yapılıyor ise yatay kesim yapan makine düşey kesim yapan makineden en az 5 m ileride olmalıdır. Yapılan araştırmalar bu makinelerle saatte 3.0-5.6 m² arasında kesim yapılabildiğini ortaya koymaktadır (Daniel, 1987).

Kesilmiş olan blok, mermer tabanına çakılan akisler yardımıyla yerinden oynatılıp bir miktar yukarı kaldırılmakla ve böylece blok altına çelik halatların geçmesi sağlanmaktadır. Çelik halatlar kesilmiş olan blok mermerin serbest iki yüzeyinin bulunduğu bölgeden geçirilerek vincin ucundaki kancaya bağlanıp, vinç yardımıyla stok alanına taşınmaktadır (Onargan ve Köse, 1997).

Zincirli kesicilerle yapılan kesimlerde kesme kapasitesi, mermerin sertliğine, çatlak sisteminin durumuna, yatay ve düşey kesim derinliğine ve makinelerin cinsine göre değişmektedir. Zincirli kesiciler sığ ve kısa kesme işlemleri için çok uygundur. Bu yüzden bunlar, çok az yapısal kusurlara sahip masif yataklarda ve birkaç metre kalınlığındaki tabakalı yataklarda, hazırlık çalışmalarında ve seçici çıkarma yöntemlerinde kullanılabilirler (Conti ve ark., 1986).

2.3.2.1.2. Jet-Belt ile Üretim

Zincirli kesicilerin daha pratik ve ekonomik olarak kullanılması için W.F. Meyers (Amerikan) ile Benetti (İtalyan) işbirliği ile "Jet-Belt"ler geliştirilmiştir.

Sistem olarak zincirli kesme makinelerine benzemekle birlikte çalışma ilkeleri farklıdır. Bu makinelerin ray uzunlukları 9 m'dir. kesici kolun üzerinde iki çelik tel olan ve üzerinde sinterize elmas parçacıkları bulunan özel bir kemer dönmektedir. Kesici elmasların soğutulması ve kemer yatağının kayganlığı su ile sağlanmaktadır. Bu özellik zincirli kesmelerdeki yağ kullanımına karşın büyük bir ekonomi ve çevre koruması sağlamaktadır.

Makine kesim sırasında 2.5-5 atü basıncında ve 100 lt/dak'lık suya ihtiyaç duymaktadır. Jet-Belt'de bulunan bir pompa sistemi ile kullanılan suyun %80'i geri kazanılarak tekrar kullanılmaktadır.

Mermerin sertliğine göre makinenin kesici kol boyutu farklılık göstermektedir. Sert mermerlerde net 3.054 m, yumuşak mermerlerde 3.40 m kesim yüksekliği sağlamaktadır. Kesici kolun 360° döner olması, rayların pozisyon değiştirmeden

birbirine paralel 1.2-1.7 m aralıklı iki ayrı kesim olanağı sağlamaktadır. Kesme kalınlığı 3-4 m civarında olup, ray aralığı 75 cm, boyu 3-4 m arasındadır. Teorik kesme hızı makine tipi ve gücüne bağlı olarak düşey kesimde 3-4 cm/dak, yatay kesimde 4-6 cm/dak arasındadır. Maksimum kesme derinliği 2-2.5 m arasındadır.

Kesici kemeri çalıştıran motor 55 kWA gücündedir ve dönme hızı sahiptir. Bir boy kemer ile, 3 sertliğinde ve homojen bir mermer ocağında 1000 m² kesim yapılabilmektedir. Aynı tür mermer ocaklarında 1.5 m/saat hızda yatay kesimler yapılabilmektedir. Rayın üstünde bu ilerleme hızı ve kolun eksenine etrafındaki dönüşleri farklı iki doğru akım motoru tarafından kumanda tablosundan sağlanmaktadır.

Bu tür makinelerin iki ayrı türü mevcuttur. Jet-belt ile sadece dikey kesimler yapılabilirken “süper jet-belt” adı verilen makinelerle hem yatay hem de dikey kesimler yapılabilmektedir.

Bu sistemin en önemli avantajlarından birisi, kesici kemerin elmas uçlar bitinceye kadar kullanılır olmasıdır. Bu nedenle çok sert ve çatlaklı ocaklarda, kum taşı gibi aşındırıcı malzemelerde, kayrak taşı gibi diğer sistemlerin iş görmediği zor malzemelerde kullanılabilir (Onargan ve Köse, 1997).

2.3.2.1.3. Elmaslı Diskler ile Üretim

Kaya kesme disklerinin çapları 2.20-4.80 m, kalınlığı 11.5 mm ve makinenin toplam ağırlığı 4.8 ton kadardır. Yumuşak ve çatlak sistemleri gelişmemiş mermer yataklarında uygulanmaktadır. Kaya kesme disklerinin kesme derinlikleri 1.0-2.2 m arasında değişirken, yatay ve düşey doğrultuda kesim yapılabilmektedir. Dönme hızları 330 dev/dak ve motor güçleri 40-60 kW (55-90 HP)'dir. Kesme hızı 0.1 m/dak olabilmektedir (Vardar, 1972).

Hacim ve ağırlıkça çok hantal olan kaya kesme diskleri diğer mekanik üretim makinelerine oranla mermer üretiminde daha az tercih edilmektedir. Ancak, zincirli

kaya kesiciler ve kaya kesme diskleri ile yapılan üretim hızı ve verimliliği yüksektir. Ayrıca, üretim kayıpları %10'un altındadır (D.P.T., 1977).

2.3.2.2 Tel Testere ile Üretim (Heliz veya Helezonik Çelik Tel ile Üretim)

İlk yatırım ve işletme giderlerinin yüksek olmasına karşılık yüksek kapasiteli üretim sağlayan bir yöntem olup, çok değişik jeolojik koşullarda kullanılabilir (Onargan ve Köse, 1997).

Helezonik tel kesme sistemi; helezonik tel, bir adet motor bölümü, bir germe düzeneği ve çeşitli şekillerde yerleştirilebilen, kesme sırasında tele kesme yönünde basınç uygulayan iki arabadan (trolley) oluşur.

Önceleri buharlı motorla çalışan bu yöntemin esası; elektrik veya dizel motor ile çalışan bir tamburdan geçirilmiş helezonik çelik telin, çeşitli makara ve direkler yardımıyla kesilecek mermerin bulunduğu alana taşınması, helezonik çelik telin mermer keseceği noktaya su ile karışık kuvars kumunun (veya genellikle 1 mm çapında silisli kum, kuvarsit ya da çakmaktaşı-karborandum karışımı tozu) verilmesi ve telin bükümleri arasına giren kuvars kumunun telin hareketi ile mermere sürtünmesi sonucu oluşan kesme işlemidir (Tombul, 1992). Bu yöntemde önemli bir husus, kesim sırasında kullanılan su miktarıdır. Gereğinden fazla su, aşındırıcıyı sürükleyerek kesim yapılmasını önlemekte, gereğinden az su ise telin ısınarak kopmasına neden olmaktadır. Herhangi bir nedenden dolayı tel koptuğunda, sistemin yeniden çalışır hale gelmesi çok uzun süre almaktadır (Onargan ve Köse, 1997). Tel düzeneği helezonik tellerin zıt uçlarının birbirine birleştirilmesi ile oluşmaktadır. Helezonik telin düzgün bir kesim yapmasını engelleyen çıkıntılardan kurtulmak için, kopmadan dolayı düzensizleşen uçlar birkaç metre kesilmektedir (Conti ve ark., 1986).

Kesme uzunlukları, mermer yatağında mevcut çatlaklar arası mesafe ve kullanılan makine türüne bağlı olarak, 10-40 m arasında değişmektedir. Tercih edilen kesme mesafesi 20-25m'dir (Ersoy, 1991). Çalışma basamaklarının yüksekliği, jeolojik

süreksizliklerin türüne bağlı olarak 2-20 m arasında değişmektedir. Süreksizliklerin uygun olması halinde optimum basamak yüksekliği 3.5-7 m 'dir (Erguvanlı ve Yüzer, 1938).

Bu işletme yöntemi, çalışma esnekliği bakımından her türlü mermeri ocakta ve şantiyede kesebilmesi, kesme düzleminin herhangi bir pozisyonda olabilmesi ve kesme uzunluğunun 35-40 m 'ye kadar artırılabilmesi gibi avantajlara sahip olmaktadır. ayrıca kesilen yüzeyler çok düzgün olduğu için sayalama işlemine gerek kalmamaktadır (Onargan ve Köse, 1997). Bu yöntem yatağın oransal incelenmesine de uygundur, çalışma emniyetini daha iyi sağlamaktadır. Dolayısıyla çalışma zamanı kısalmaktadır (Capuzzi, 1980). Ayrıca bu yöntemde, ocak kayıpları oldukça düşüktür ancak yöntemin başarısı geniş aralıklı sistematik süreksizliklerin varlığına ve kaya içerisinde kil dolgulu büyük çatlak boşluklarının olup olmamasına bağlıdır (Ersoy, 1991).

Yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması, delme-kamalama yöntemine göre üretim hızının düşük olması, bu yöntemin dezavantajlarıdır (Onargan ve Köse, 1997). Ayrıca bu yöntemde çok uzun çelik halat gerekmede, kesime hazırlık safhası çok uzun ve pahalı olmakta, kesim hızı ise sarf edilen enerjiye oranla düşük olmaktadır. Bu tür nedenlerin zorlaması ile mermer çıkarmada elmaslı tellerin kullanımı gündeme gelmiştir (Urhan ve Şişman, 1992). Elmas tel kesme sisteminin gelişmesi ile hemen hemen bu sistem terk edilmiş durumdadır (Tombul, 1992).

2.3.2.3. Yüksek Hızlı Helezonik Tel Kesme Makinesi ile Üretim (Kombinat ile Üretim)

Kombinat veya yüksek hızlı tel makinesi normal helezonik makinelerden; hem yapıcı, olumlu özellikleriyle hem de malzeme üretiminde kullanılan ekipmanları ile ayrılmaktadır.

Dönme, helezonik telin hareketiyle hareket eden, teli içine alan makaralar tarafından sağlanmaktadır. Bu durumda helezonik tel bir itici güç olarak çalışır. Makara, dönme

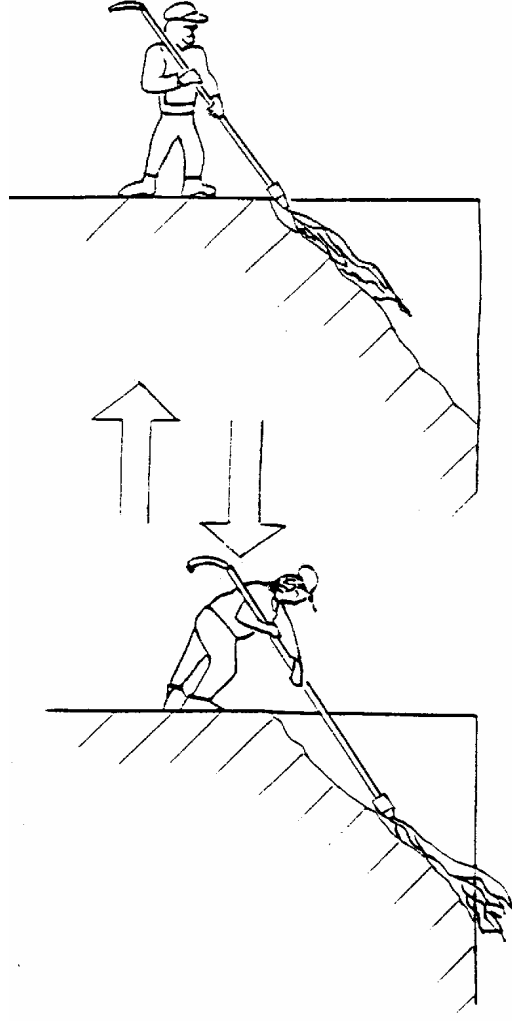
hareketini bir rulman vasıtasıyla rota iletmektedir. Bu gün geleneksel “Macchinetta” hidrolik delme tesisi ile desteklenmektedir. Burada delme tijlerinin dönme hareketi, teli içine alan makaranın yerine koyulan bir elektrik motoru ile sağlanmaktadır. Düşey hareket, 100-110 atm. Basınçla çalışan bir elektrikli hidrolik pompa ünitesi ile sağlanmaktadır.

Bu makine yeni teli girmek ve eski olan telin sarılması için uygun yapıda bir mekanik sarıcı (makara) ile tamamlanmıştır.

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde mevcut mermer işletme teknikleri geliştirilirken diğer yandan diğer yeni yöntemler araştırılmaktadır. Bu yöntemlerin henüz günümüz şartlarında ekonomik olmaması, kısıtlı kullanılmalarına ve üzerinde araştırmaların devam etmesini gerektirmektedir. Bu araştırmalara halen devam eden yöntemlerin en yaygın bilinenleri; Termal ok (Rock jet), Basınçlı su (Water jet), Ultrason veya Lazer yöntemleridir.

2.3.2.4. Termal Ok Yöntemi ile Üretim (Rock Jet)

Yöntemin esası, gaz yağının bir çelik tüp içerisinde sıkıştırılmış hava ile yanması sonucu oluşan 1500-2000 °C sıcaklıktaki alev şokunun taşı ergiterek sonra da iterek bunun sonucunda da taşı parçalayarak bir kanal açmasıdır. Termal ok'un (Alev jeti) bir diğer ateşleme şekli ise, mazotun basınçlı hava yardımıyla püskürtülmesi ve ateşleme için oksijen-asetilen kullanılması şeklindedir. Alev şoku, çelik borunun ağzından yaklaşık ses hızının beş katı bir hızla çıkarak taş üzerinde 10 cm kalınlığında bir kanal açmaktadır. Açılan kanalın derinliği 6 m' ye kadar çıkabilmektedir. Bu işlem için çelik tüpün ağzının kesilecek yüzeye 30° 'lik bir açı ile tutulması gerekmektedir (Erguvanlı, 1984). Termal ok yöntemi ile 80-120 mm genişliğinde kesimler 1.0-1.5 m/s hızla yapılabilmektedir. Termal ok kesilen yüzey boyunca ileri geri hareket ettirilerek kesim gerçekleştirilir (SET Makine). (Şekil 2.3.)



Şekil-2.3. Termal ok yöntemi ile üretim

Termal ok yönteminin kullanılması için, taşın homojen ve çatlaksız olması gerekmektedir. Bu yöntem, granit ve diğer sert taşlarda başarı ile uygulanırken, ergimenin parçalanmaya göre fazla olduğu hakiki mermerler ve kalkerlerde verimli olarak uygulanamamaktadır (Lefond, 1985). Kullanılan hava miktarı 500 lt/dak, maksimum hava basıncı 7 bar, minimum hava basıncı 5.5 bar, gaz yağı tüketimi 30-35 lt/s, gazyağı basıncı ise hava basıncı ile aynı veya biraz daha yüksek olabilmektedir.

Alev jeti yöntemi ocak açma sırasında tel kesmeye yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir. Tel kesme öncesinde ana kesimler alev jeti yardımıyla yapılabilir. Böylelikle alev jeti ile açılan kanalın yatay bir delikle birleştirilmesi, yapılacak düşüş

kesimdeki vakit kaybını azaltacaktır. Yapılacak her düşey kesim için yalnızca yatay delik delinecek, düşey deliğe gerek kalmayacaktır (SET Makine).

2.3.2.5. Basınçlı Su Yöntemi ile Üretim (Water Jet)

Kesme işlemi yüksek basınçlı suyun 0.2-1.0 mm çaplı bir delikten ses hızının üç-dört katı bir hızla 50 mm uzaklıktaki taş yüzeyine çarptırılması ile sağlanmaktadır. Suyun püskürtüldüğü uç, sentetik safirden yapılmış olup, uç ve bağlayıcı kısımların ömrü 50-200 saati bulmaktadır (Ersoy, 1991). Basınçlı su ve aşındırıcı (kuvars) karışımı dar alandan geçirilerek püskürtülmektedir. Kompresör basıncı çok yüksek olmalıdır ki, bu da maliyeti artırmaktadır. Herhangi bir yüzeye dik olarak uygulanan devamlı bir su jeti, yüzeyde;

$$F = \delta \cdot V_s^2 \cdot A_s$$

kadarlık bir itme kuvveti oluşturmaktadır.

Yüzeyde oluşan kalıcı basınç ise;

$$P = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot V_s^2$$

kadardır.

F : Yüzeyde oluşan kuvvet (N)

V_s : Su demetinin hızı (m/s)

A_s : Su demetinin kesit alanı (m²)

δ : Akışkanın yoğunluğu (Kg/m³)

Mühendislikte kullanılan jetler daldırma ve serbest olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Atmosfer basıncında hava ortamı içinde bırakılan sıvı demetleri “serbest jetler”, sıvı bir ortam içinde bırakılanlar ise “daldırma jetler” olarak adlandırılmaktadırlar (sualtı çalışmaları vs.).

Yüksek basınçlı su jetleri akım tiplerine göre ise üç grupta toplanmaktadır. Bunlar; devamlı jetler, kesikli jetler ve su toplarıdır. Yüksek basınçlı su jetlerinde sıvı olarak sadece temiz su kullanıldığı gibi suyla birlikte aşındırıcıda kullanılmaktadır.

Mekanik keskilerle su jetinin birlikte kullanılması durumunda, keskilerin kayalara temas ettiği kısımları hemen önüne gelecek şekilde hedeflendirilmiş su jetleriyle kayaç önceden kesilmekte ve kayacın kesme direnci azaltılmaktadır. Bazı araştırmacılar, keski ile jet arasındaki mesafenin 2 mm olması gerektiğini savunmuşlardır. Özellikle sert kayaç kazısında jet keskinin hemen önüne yerleştirilmesi halinde daha derin kesmelere ve keski kuvvetlerinin uç kısmından gövdeye doğru artmasına neden olmaktadır. Buna karşın, jet kesici uçtan çok uzağa yerleştirilirse bu etki zonu boyunca kayaca baskı yapacaktır (Summers, 1989).

Sınırlamalar ise; çok sert malzemeleri (metal, seramik ve sert kayaçlar) kesememesi ve endüstriyel ölçekte 400 Mpa basınç ve 25 lt/dak akış debisi olan pompalar üretilmiş olmasına rağmen yüksek enerji gereksinimi nedeniyle yöntemin henüz ekonomik olmamasıdır (Tutluoğlu, 1986).

2.3.2.6. Lazer Işınları ve Ultrason Yöntemi ile Üretim

Sistemin kapalı ortamda çalışması şarttır, çünkü CO₂ gibi gazlar, enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bunun için gaz kayıpları önlenmelidir, yani çalışma ortamında gaz yalıtımı çok iyi yapılmalıdır. Ancak böyle bir ortamda insanların maskesiz veya herhangi bir önlem almadan çalışması mümkün olmayacaktır. Ayrıca bu yöntemde lazerin ışık dalga boyu da çok önemli bir faktördür. Bu yöntemin gelişmesini olumsuz etkileyen faktörlerden biri de, lazerlerin askeri amaçlı kullanılmasından korkulmasıdır.

Taş kesme sisteminde geliştirilen en son yöntem lazer ışınları ile üretim yöntemidir. Ancak yöntem henüz laboratuvar aşamasındadır. Yöntemin, yalnızca Amerika, İtalya ve Almanya'da bazı uygulamaları vardır.

2.3.2.7. Elmas Tel Kesme Yöntemi ile Üretim

Helezonik çelik tel sisteminde silisli kumun yanında tungsten karbür gibi aşındırıcılarda kullanılmasına rağmen istenilen verim elde edilememiştir. Bu

durumun yapılan araştırmalarda kayaç ile aşındırıcı arasındaki sertlik farkından ve aşındırıcı sıvı filminin bozulmasından ve istenilen basıncın sağlanamamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu problemin üstesinden gelebilecek en iyi aşındırıcının elmas olduğuna karar verilmiştir. Araştırmalardan yıllar sonra, 1978 yılında elmas tel kesme sistemi ilk olarak İtalya'nın Carrara mermer bölgesinde bulunan Apuan mermer ocağında denenmiştir. İlk tel kesme sistemi sınırlı performansa sahip olup, yalnız düşey kesim yapabilmekteydi (Conti, 1986). Ancak sonraları her türlü kesimde başarıyla uygulanabilen makineler geliştirilmiştir.

Elmas telin çalışma esası; kesilecek yüzeylerde düşey ve yatay olarak açılan iki delikten geçirilen elmas telin makinenin volanından (tamburundan) geçirilerek iki ucunun birleştirilmesi ve motor tarafından volanın hareketiyle elmas telin kayacı kesmesidir. Kesme işlemine sağlayan gergi kuvveti, elmas tel kesme makinesinin bir ray üzerinde geriye hareketi ile sağlanmaktadır.

Elmaslı tel kesme yöntemi, her tür mermer ocağı için uygun değildir. Özellikle atlak ve eklemlerinden açılarak çıkartılan mermer kütlelerinin bloklara bölünmesi, elmaslı tel kesme yönteminin kullanılmasından daha ekonomiktir. Çatlak ve eklem sistemi çok gelişmiş mermer ocaklarında elmaslı tel kesme yönteminin kullanılması, verim artırılmasına bir katkıda bulunmayacağı gibi, aksine üretim veriminin düşmesine de neden olabilmektedir. Elmaslı tel kesme yöntemi, çatlak ve eklemlileri az, masif yapıdaki mermerler için uygun bir yöntemdir (Urhan ve Şişman, 1993).

Yöntemin en büyük avantajı, kesme hızının 3 m²/saat gibi yüksek bir değerde olmasıdır (Ersoy, 1991). Elmas tel kesme sistemi yüksek kesme kapasitesi, ucuz maliyet, her çeşit mermerde uygulanabilme özelliği, kullanım kolaylığı gibi özellikleri ile diğer yöntemlerden daha avantajlı olabilen bir sistemdir (Tombul, 1992).

Sonuçta elmaslı tel kesme daha çok kalite güvencesi vermekte ve bloğun değeri artmaktadır. Kare bloklar işletme verimini artırmaktadır. Elmaslı tel kesme ile kesilen blokların değeri %10-20 oranında artmaktadır. Blok yüzeyleri daha düzgün

olacağında kenar düzeltmelerinden kaynaklanan blok ve zaman kayıpları da önlenmiş olmaktadır. Teknolojik esneklik getirmekte ve işletme gürültüsünü azaltmaktadır. Ancak ilk yatırım maliyetleri diğer yöntemlere oranla daha fazladır ve kalifiye elemana gereksinim vardır.

2.3.2.7.1. Mermer Ocağının Kesime Hazırlanması ve Kesme İşlemi

Elmas tel kesme yöntemi ile mermer çıkartabilmek için ocakta çalışacak aynanın bir ucundan boşaltılıp, L şeklinde bir ağız açılması gerekmektedir.

Ocakta L şekli ağız açıldıktan sonra mermer çıkartma işlemi üç etapta yapılır.

- Aynadan kesilecek kütlenin sınırlarında yatay ve dikey deliklerin delinmesi
- Elmaslı telin mermer kütlesine ve tel kesme makinesine koşulması
- Kesme işlemi ve çıkartılan kütlenin ticari bloklar halinde saçalanması

2.3.2.7.2. Deliklerin Delinmesi

Elmas tel kesme yönteminde yapılacak kesimler için düşey ve yatay deliklerin delinerek birbiri ile irtibatlandırılması ve elmaslı telin bu deliklerden geçirilmesi gerekmektedir. Deliklerin arasındaki mesafe aynadan çıkartılacak en büyük mermer kütlesinin kesimine imkan tanınmalıdır. Deliklerin delinmesinde karşılaşılabilecek en önemli güçlük ve düşey ve yatay deliklerin birbiri ile çakıştırılmasıdır. Deliklerin birbiri ile bağlantısının sağlanabilmesi için teodelit, lazer kullanılmasının yanında bar-şakül kullanılarak ta aynı işlem yapılabilir. Bu sistemde önce düşey delik delinir, daha sonra yatay delikler bu deliğe hizalanır.

2.3.2.7.3. Elmas Telin Kesime Alınması

Hafif bir malzemeye göre (örneğin pamuk top, çaput) bağlanan elmaslı tel gereken delikten basınçlı hava ile iletilen hafif malzemenin diğer delikten çıkarılması yolu ile geçirilebilir. Basınçlı hava ile iletilen malzeme diğer uçtan çıkmazsa bir kanca

yardımı ile çekilip çıkartılabilir. Mermer kütlesine koşulacak telin boyu (TB); $TB = 2L + 3H$ olarak hesaplanır. Bu denklemde L, kesilecek kütlenin uzunluğu, h ise yüksekliğidir.

2.3.2.7.4. Mermer Kütlesinin Kesimi

Tel kesme makinesi makinenin kasnağı ile mermerin içinde elmaslı telin geçtiği delik çıkışı aynı doğru üzerinde gelecek şekilde yerleştirilir. Makine aynadan en az 3 m uzağa yerleştirilir. Raylar mutlaka aynı seviyede ve yatay olmalıdır. Elmas tel mermer kütlesine ve tel kesme makinesine koşulup iki ucu bağlandıktan sonra, kıvrımları düzelecek şekilde gerilir. Elmas telin yoluna alışması ve telin özellikle deliklerin birleştiği noktalardaki keskin dönüşler düzelineye kadar 5-10 dakika tele fazla yük bindirmeden makine çalıştırılır.

2.3.2.7.5. Kesme İşlemi Esnasında Dikkat Edilecek Hususlar

2.3.2.7.5.1. Telin sulanması ile ilgili hususlar

- Kesme işlemi boyunca elmas tel mermer kütlesi için ilerledikçe su hortumu da su ile elmas tel temas edecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Düşey kesimlerde tel kesim makinesinin volanı saat yönünde çalıştırmak telin sulanmasını kolaylaştırır.
- Yatay kesimlerde telin sulanması daha zor olduğu için boncuklar daha fazla aşınır.
- Kesim esnasında su tüketimi 500-700 lt/h dır. Su miktarının gereğinden az olması telin ısınmasına ve aşınarak kopmasına, gereğinden fazla olan su ise kesme veriminin düşmesine sebep olmaktadır.

2.3.2.7.5.2. Blok Boyutunun Tespiti

Elmas telle kesimde blok boyutu ocağın çatlak-eklem yapısının ve ocaktaki ekipmanın elverdiği kadar büyük tutulmalıdır. Ekipman kapasitesi, hidrolik krikonun itme gücü ve makinenin motor gücü olarak kabul edilirse 10m * 6m * 3m (uzunluk * yükseklik * derinlik) ebadındaki bir blok ideal ölçülere yaklaşır.

Blok boyutunun büyük tutulmasıyla, bu kütlede olabilecek doğal çatlak, renk bozuklukları gibi istenmeyen kısımlardan rahatlıkla kurtulup bir kesimde bir çok ticari blok elde edilmektedir. Eğer kütle küçük kesilirse istenmeyen renk bozukluğu ve çatlaklardan kurtulabilmek zorlaşır ve verim düşer. Telle kesilmiş büyük ayna bir sonraki kesim için rengin yönelişi ve çatlakların yönü hakkında bilgi vermekte ve bir sonraki kesimin yönü için yol göstermektedir.

Blok boyutunun yüksek tutulmasıyla kesim sayısı azalacağından makinenin yerleştirilmesi, deliklerin açılıp çakıştırılması, elmas telin makineye ve kütleyle koşulması, keskin köşelerin düzeltilmesi gibi mermer üretimi için gerekli olan zamanın %10 gibi büyük kısmını alan işlemler asgariye indirilmiş olup verim artırılmaktadır.

2.3.2.7.5.3. Tel Kesme Makinesinin Kesme Pozisyonu Ve Sürati

- Elmas boncukların kesim yönleri hep aynı olmalıdır.
- Yatay kesimlerde telin giriş ve çıkış delikleri önüne yardımcı makaralar konularak telin ağırlığından dolayı oluşacak dalgalanmalar önlenir.
- Telin dönüş hızı tel kesme makinesinin motor gücüne bağlıdır. Tel kesme makinesinin geriye gitme (öteleme) hızı ile elmas telin mermer içinde ilerleme hızı aynı olmalıdır. Öteleme hızı düşük olduğunda kesme verimi düşmekte, fazla olduğunda teldeki aşırı gerilme ve salınımlardan dolayı kopma olabilmektedir.

- Tel kesme makinesi rayların sonuna geldikçe tel boyu kısaltılır ve makine öne alınır. Kesme işleminin sonuna doğru kesme yüzeyi daraldığından telin dönüş açısı küçülür, boncuklara binen yük artar. Bu durumda telin gerginliği düşük tutulmalı, son 0.5 m² de kesim yapılmamalıdır.
- Çelik telin aşındığı görülürse tel bozularak elmas soketler, yaylar ve pullar yeni bir tele dizilerek yeniden kullanılabilir. Kesim esnasında oluşan tel kopmaları, çelik telde aşınma yoksa, bağlantı elemanlarının boşanmasından meydana gelir.
- Düşey kesimlerde elmas tel hizasında ve arkasında, yatay kesimlerde elmaslı tel yüksekliğinde kimse bulunmamalıdır.

2.4. Blok İşletmeciliği Yapılan Mermer Türleri ve Sınıflandırılması

Mermer olarak kullanılan taşlar, jinerolojik ve oluşum şekillerine göre üç kısımda toplanabilirler. Bunlar; kökensei olarak sedimanter, mağmatik ve metamorfik mermerlerdir.

2.4.1. Sedimanter Mermer

Bu mermerler adından da anlaşılacağı gibi sedimanter, mağmatik ve metamorfik kayalardan kopan parçaların sürüklenerek bir yerde birikmesi ve daha sonra çimento maddesi ile birleşmesi sonucu oluşan kalkerlerin yanı sıra konglomera, gre, ardavuz gibi detritik veya klastik kökenli mermerler olabileceği gibi, su kaynaklarında meydana gelen onoksin mermer, traverten ve kireç taşı gibi organik ve kimyasal kökenli mermerlerdir.

Traverten ve oniks mermeri birleşiminde erimiş halde kalsiyum karbonat bulunduran sularda oluşan kayalardır..

Oniks mermeri, bileşiminde erimiş halde SiSO₂ bulunan hidrotermal sulardan gelişen kalsedon kristallerinden oluşmuş boşluksuz ve ince bantlı kayaç türüdür. Oniks, ince

dokusu nedeniyle kolayca işlenebilir, şeffafa yakın özellik gösterir ve iyi cila kabul eder. Bunun yanı sıra, sertliği nedeniyle kesme ve parlatma zorlukları bulunmaktadır.

Mermer olarak değerlendirilen kireçtaşlarının bileşiminin %90 dan fazlası CaCO_3 den oluşmuş olup az miktarda MgCO_3 içerir. Kuvars, demir, manganez, kil ve organik maddeler safsızlıkları oluşturur. Bileşiminde yer alan MgCO_3 artarsa, artışa bağlı olarak sıra ile dolomitik kireçtaşı, kireçli dolomit ve dolomit adını almaktadır.

2.4.2. Mağmatik Mermerler

Mermer olarak kullanılan mağmatik kayalar, sedimanter olanlara göre daha dayanıklıdır. Fakat, çıkartılmaları ve işlenmeleri daha zordur. Mağmatik kayalar, kendi aralarında derinlik kayaları, yüzey kayaları ve damar kayaları olmak üzere üç gruba ayrılmakta ve kimyasal bileşim yönünden ise;

- %66 dan fazla SiO_2 içerenler Asidik,
- %66-52 arası SiO_2 içerenler Nötr,
- %52-45 arası SiO_2 içerenler Bazik,
- %45 den az SiO_2 içerenler Ultrabazik,

kayalar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu kayalar içerisinde mermer olarak değerlendirilenler daha ziyade granit, siyenit, gabro ve serpantin gibi derinlik kayalarıdır. Yüzey kayaları olarak da en çok kullanılan kuvars, porfir, diyabaz, riyolit, trakit, bazalt ve andezit melafirdir. Yüzey kayalarından olan diyabaz da işlenme zorluğuna rağmen bileşiminde bulunan piroksen mineralleri nedeniyle güzel bir yeşil renge sahip olduğu için mermer olarak değerlendirilmektedir.

2.4.3. Metamorfik Mermerler

Yerkabuğundaki her çeşit kayacın katı durumunu koruyarak fiziksel ve kimyasal şartlar altında (alterasyon ortamı dışında) derinliklerde diyajenez ortamda minerallerin daha farklı minerallere dönüşerek farklı bir kayaç durumuna gelmesi ile

oluşan kayaçlardır. Bunların içinde en önemli olanı bilimsel mermer tanımına uygun olan kireçtaşları ve dolomeitlerin sıcaklık ve basınç altında yeniden kristalleşmeleri ile oluşan hakiki mermerlerdir. Diğerleri ise kristalin şistler olup volkanik ve sidimenter kayaçların yapı ve bileşimlerinin değişmesi ile meydana gelirler. Bunlar; gnays, şist, kuvarsit, fillit, anfibolit gibi kayaçlar olup, bunlardan ülkemizde gnays, mermer olarak değerlendirilmektedir.

Hakiki mermerler, başkalaşım yoluyla oluşmaktadır. Değişik başkalaşım şartlarında oluşurlar, bu şartlar;

- Kontakt başkalaşım,
- Dinamik başkalaşım,
- Bölgesel başkalaşım.

Olarak sıralanabilir.

Kontakt başkalaşımında; mağmadan gelen sıcaklık, gaz ve hidrotermal sıvıların etkisi önem taşır. Karbonatlı kayaçta, mağmanın değme yüzeyinden uzağa doğru başkalaşım etkisi azalır.

Dinamik başkalaşımında; gerili kuvvetlerin etkisiyle değişim söz konusudur. Sıcaklığın etkisi fazla görülmez. Yönlü kuvvetlerin etkisiyle kayaçlarda kırılma, ufalanma ve erime ve yeniden kristallenme görülür.

Bölgesel başkalaşımında; sıcaklık, basınç, gerilim ve kimyasal faaliyetler etkin rol oynarlar. Jeosekinal bölgelerinde geliştiklerinden geniş alanlara ayrılırlar

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Elmas Tel Kesme Makinesi (Dağ Kesim Makinesi)

Elmas tel kesme makineleri , elektrikli ve dizel olmak üzere iki farklı tipte üretilmektedir. Bu farklı tip makineler ayrıca kendi içerisinde de çalışma prensibine göre bölümlere ayrılmaktadır.

3.1.1.1. Elektrikli Tel Kesme Makineleri

Elektrikli ve mekanik sistemli tel kesme makinesi; Kesim süresince telin gerginliği elektrik motoru-balata yada elektrik motoru ve dişli birliği ile sağlanır. İtalyan kökenli makinelerin çoğu elektro-mekanik sistemlidir. Şekil 3.1.



Şekil 3.1. Elektrikli ve Mekanik sistemli tel kesme makinesi.

Hidrostatik sistemli, elektrikli tel kesme makinesi; Gövdenin içerisinde yağ tankı bulunmaktadır. Kasnağın dönüş hareketi ne makinenin ileri geri yürüyüşü. Yağ pompası ile elde edilen hidrolik basınç ile kontrol edilmektedir. Kesim süresince telin gerginliği hidrolik piston ile sağlanmaktadır. Şekil 3.2.

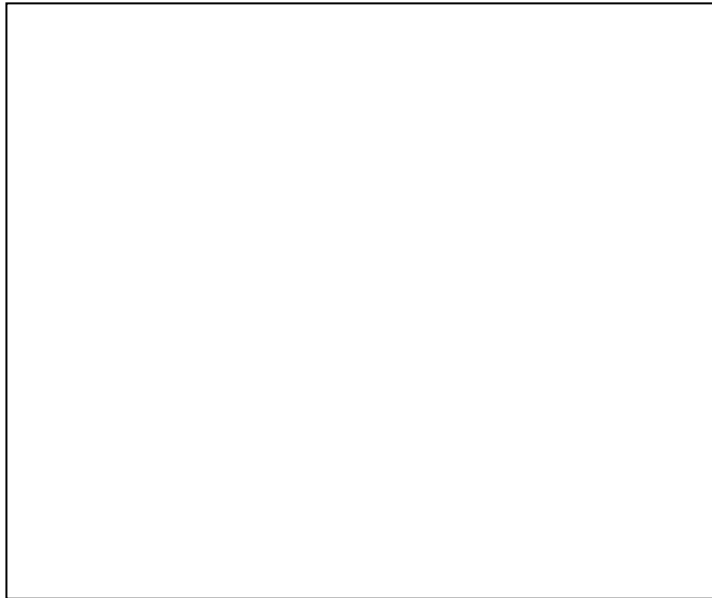


Şekil 3.2. Hidrostatik sistemli, elektrikli, tel kesme makinesi.

Dizel tel kesme makineleri;

Mekanik sistemli dizelli tel kesme makinesi.

Hidrostatik sistemli dizelli tel kesme makinesi. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Hidrostatik sistemli dizelli, tel kesme makinesi.

3.1.1.2. Elmas Tel Kesme Makinesinin Bölümleri

Gövde : Motor ve dişlerin bulunduğu, saçtan yapılmış kısımdır. Motor gücü 30HP – 1500 d/d ile 60 HP – 1500 d/d arasında değişmektedir. Hidrostatik tip tel makinelerinde, yağ tankı ve yağ hortumları gövdeye monte edilmiştir.

Kasnak : Dökme çelikten veya alüminyumdan yapılmıştır. Elmas tel ile metalin temasını önlemek için kasnağın oluğuna özel yapılmış lastik-kauçuk yerleştirilmiştir. Ana kasnak çapları 60 cm – 80 cm olabilmektedir. Ayrıca elmas telin ilk kalkışına yardımcı olan ve kesim sonuna doğru telin çok fazla bükülmesini engelleyen, hem yatay hem de dikeyde kullanılabilen 30 cm – 40 cm çapında kasnağı olan özel ekipman (üst kullanım için) bulunmaktadır. Bu kasnaklara istikamet kasnakları da denmektedir. Ana kasnak 360° kesilecek yüzeyin eğimine göre dönebilmektedir. Ayrıca ray üzerinde sağa ve sola 40-60 cm ayarlanabilmektedir.

Ray : Kesim yapan makinenin hareket ettiği kısımdır. Üçer metre boyunda iki veya üç adet ray birbirine eklenerek kullanılmaktadır. Makinenin ray üzerinde hareketi 2 HP , 1500 d/d , A.C. motor otomatik beyniyle sağlanmaktadır.

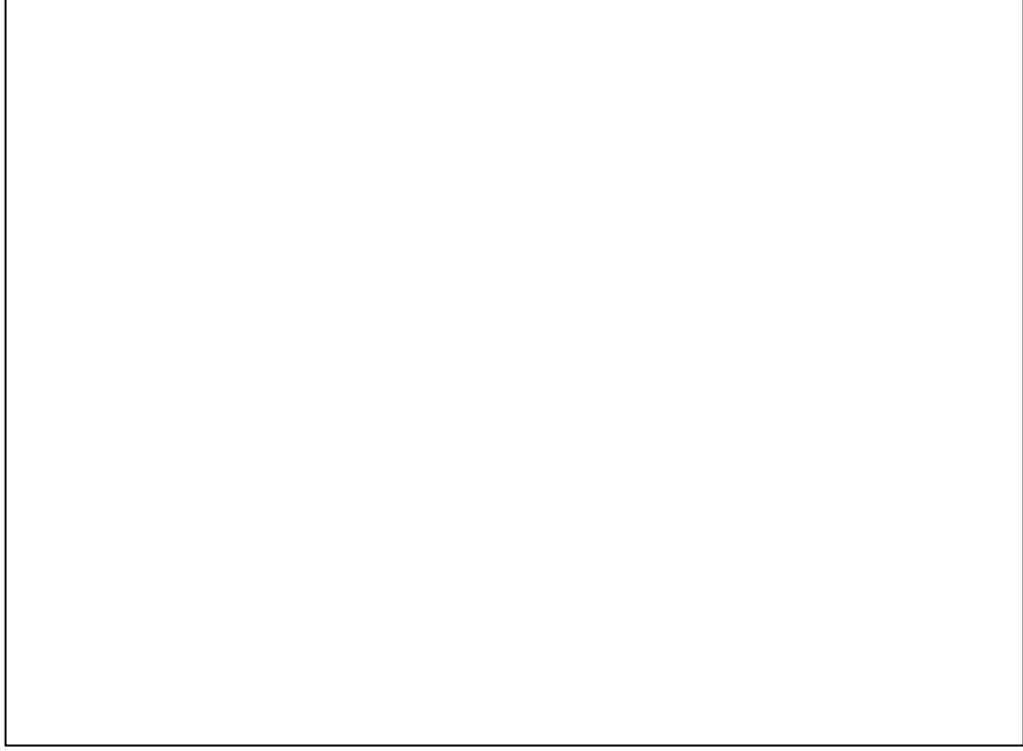
Kumanda panosu : Makinenin tüm fonksiyonlarının kontrol edildiği ünedir. Kumanda panosu çalışma alanından 15 m uzaklığa kadar, operatör için güvenli bir yere yerleştirilmelidir. Bazı tip tel kesme makinelerinde (hidrostatik-makesan marka) kumanda panosu gövdenin arka kısmına monte edilmiştir.

Elmas tel kesme makinesinin motor gücüne bağlı olarak makineye koşulacak elmaslı telin uzunluğu 50 m – 80 m arasında değişmektedir.

3.1.2. Rampalı Elmas Telle Mermer Kesme Makinesi (Sayalama Makinesi)

Elmas tel kesme (dağ kesimi) makineleri ile kesilmiş olan kütlenin, hidrolik çift tesirli silindirlere kumanda eden hidrolik güç üniteleri yardımıyla , ana kütleden ayrılması ve devrilmesinden sonra , standart bloklar haline getirilmesini sağlayan

elmas tel makineleridir . Standart bloklarda , boyun 230 – 330 cm , enin 110 – 160 cm ve yüksekliğin 90 –150 cm arasında olması gerekir.



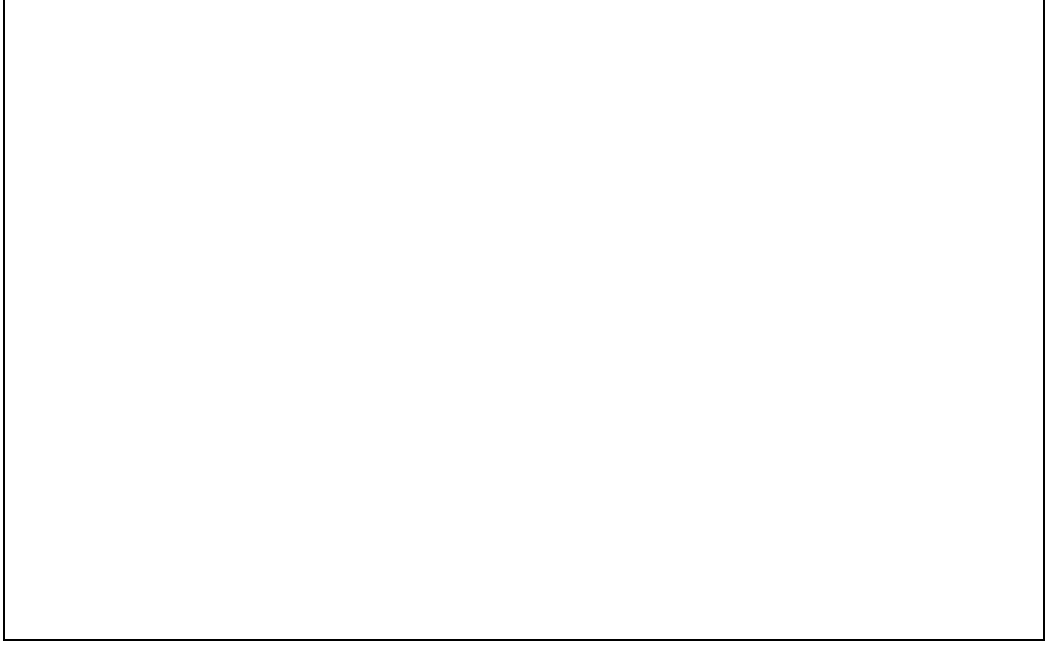
Şekil 3.4. Rampalı, elmas telle mermer kesme makinesi (Sayalama Makinesi).

Rampalı sayalama makineleri ocak içerisinde , tek bir işçi tarafından kolay bir şekilde yer değiştirilebildiği için , mermer ocakları da büyük önem taşımaktadır. (Bir mermer fabrikasında kafa kesme makinesinin önemi ve görevi ne ise , mermer ocağında sayalama makinesi de odur.

3.1.2.1.Rampalı Elmas Tel Kesme Makinelerinin Bölümleri Ve Teknik Özellikleri

Rampalı elmas tel kesme makineleri elektrikli ve dizel olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Elektrikli tip rampalı sayalama daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gövde :20HP- 30HP 1500d/d özelliğinde elektrik motor tahrikli bir mille 42- 50 cm çapında kasnağa bağlı olan bir mekanik sistemden oluşmuştur. Bu sistemin etrafı sac ile kaplıdır.



Şekil 3.5. Rampalı, elmas tel kesme makinesinin bölümleri.

Rampalı ray : Profil demirlerle yapılmış bir iskelet üzerine 2 adet , boyuna olarak ortadan kesilmiş boru kaynatılarak meydana getirilen bir sistemdir.

Gödenin rampalı ray üzerinde ki hareketi , gergi halatı veya hidrolik piston ile sağlanmaktadır. Bu gergi manisel (elle hareket) olarak kesim durumuna göre gerilir ve salınır. Ortalama kesme hızı motor gücüne göre, 4-6 m/saat (yüzey kesimi)

Kumanda panosu : 10 m uzaktan kumanda edilebilen, kolay taşınabilen bir elektrik sistemidir. Kasnağın dönüşünü kumanda etmektedir. Rampa eğimi 20°-35° arasında değişmektedir.

Rampalı sayamalarda dikkat edilecek diğer bir unsurda kesimde kullanılacak elmas telin soketleri, uzun süre dağ kesiminde kullanılmış ve iyice açılmış olmalı (soket çapı ~9,60mm)

Büyük kütlelerin kusurlarına (renk veya çatlak durumu) göre ebatlanmasını sağlayan bu sayalama makineleri üretimi büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Bu yüzden yıllık

üretimi 5000-6000 m³ün üzerinde olan mermer ocaklarında en az 10 adet bulunmalıdır.

3.1.3. Delgi Matkapları (Mermer Sondajı)

Elmaslı telin kesime alınabilmesi için taşta birbiriyle irtibatlı yatay ve dikey deliklerin delinmesi gereklidir. Bu işlem için 7,5-25 kW gücünde motorlu deliciler kullanılmaktadır. Şekil (3.6.)

Şekil 3.6. Delgi matkabı. (Mermer sondajı)

Kullanılan delgi makineleri düzenli hidrolik sistemle ya da darbeli sistemle çalışabilir. Düzenli sistem daha ucuz olup, su ile çalışır ve delme hızı yavaştır (1-2 m/saat). Vidya ucun çabuk aşınması en önemli sorundur. Darbeli sistem hava ile çalışır. Dönenli sistemden daha pahalı olmasına karşın delme hızı yüksektir (8-10 m/saat). Bu tür delicilerde sapma olmadığından özellikle uzun deliklerde ($L \geq 15m$) daha büyük avantaj sağlar.

Havalı deliciler, çelik konstrüksiyon gövde ve ucuna kuyu dibi tabancası bağlanmış olan bir pnömatik (havalı) rotasyon motorundan oluşmuştur. Havalı delici makineler mermer ocaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda imal edilen havalı delici makineler, üretimi oldukça hızlandırmıştır. Bu delicilerin motor gücü genellikle 2-3 HP arasındadır. 10 cm çapında 90-100 cm uzunluğundaki tijler birbirine eklenerek istenilen uzunlukta (15-20 m) delikler hazırlanmaktadır. Makine ağırlığı 125-150 kg. olduğu için ocak içinde rahat bir şekilde hareket ettirilebilmektedir. Kumanda panosu ise manüeldir. Ayrıca anahtar, gergi, zincir ve diğer ek malzemeleri de bulunmaktadır.

3.1.4. Elmas Teller

Elmas tel ocaklarda ve fabrikalarda su anki teknoloji ile en düşük maliyet ve en yüksek performansı sağlayan kullanışlı bir araçtır.

Elmas teller yapıları itibari ile genel olarak üç gruba ayrılır;

- 1) Elektroplate elmas boncuklar
- 2) Sinterize elmas boncuklar
- 3) Kimyasal yapıştırımalı elmas boncuklar

Her üç sistemde de öncelikle elmas tozları bir ayarım ve sınıflama işlemine tabi tutulur.

Değişik boyutlardaki elmas tozu bir çoklu eleğin içine atılarak yaklaşık bir saat elekten geçirilerek aynı boydaki elmasların ayrımı sağlanır. Kullanılan elmas sentetik

elmadır. Bu nedenle çok kaliteli olmak durumundadır. Aksi takdirde uzun uğraşlar sonucu elde edilecek elmas boncuk görevini yerine getirmeyecek ve beklenen performansı vermeyecektir.

Ayırım işlemi tamamlandıktan sonra ayrıştırılmış olan elmas taneciklerinden her boy elmas gruplarından birkaç numune alınıp mikroskopta incelenir. Köşe yapıları ve keskinlik düzeyi görülür.

Alınan numuneler microhardnes tester'a konularak üzerine baskı uygulanır. Buradaki amaç elmas taneciklerin sağlamlığını ölçmektir. Elmas taneciklerinin dayanıklılık ölçümü aynı zamanda bu taneciklerin kalitesini belirtmektedir.

Elmas boncuk yapımında gerekli malzemeler şunlardır;

1- Çelik yüzük (normal çelikten çok daha sert olmalıdır. Aksi takdirde imalat aşamasında daralma, kullanım aşamasında ise iç çap genişlemesi söz konusu olacaktır.)

2- Matrix tozu (Çeşitli oranlarda cobalt, bakır, bronz, carbait, çelik, çinko, ve nikel dahil yaklaşık 30 değişik madde içeren bir karışımdır.)

3- Elmas tozu (üretilecek elmas boncuğun özelliğine uygun boyda olmalıdır.)

3.1.4.1. Elmas Boncukarın Üretimi

Elmas boncukların üretimi genel hatlarıyla aşağıda belirtildiği gibi yapılır. Burada her tip boncuğun üretim aşamalarını genel hatlarıyla ayrı ayrı anlatmaya çalışacağız.

3.1.4.1.3. Eloktroplate elmas boncuk üretimi

Çelik yüzükler yuvalarına yerleştirilir ve matrx yapı ile kaplanır. Yüksek ısıya tabi tutularak matrixin yüzüğe kaynaklanması sağlanır. Yüksek ısıda yarı eriyik durumda olan matrixin üzerine yüksek basınçla elmas tanecikleri püskürtülür. Elmas

boncuklar genel olarak kullanılacakları yere göre 0,35-1,2 karat arası elmas tozu içerirler.

Elmas boncuklar soğumaya bırakılır. Bu aşamadan sonra kalite kontrolden geçirilir ve kullanıma sunulur.

Burada elmas taneciklerinin kalitesi kadar matrix yapının sağlamlığı da önemlidir. Matrix yapı ne kadar sağlam olursa elmas taneciklerini o kadar sıkı tutacak ve elmas tanecikleri ömrünü bitirmeden matrixten kopamayacaktır. Matrix elmas taneciği yeterince sıkı tutamadığı takdirde elmas tanecikler ömrünü tamamlamadan boncuktan kopacaktır. Ve boncuk ömrünü normalin çok altında bir performansla tamamlayacaktır.

3.1.4.1.4. Sinterize Elmas Boncuk Üretimi

İçinde her bir elmas boncuk için ayrı yuva bulunan yüksek ısıya dayanıklı tepsinin içine çelik yüzükler yerleştirilir.

Matrix tozu ağırlığıyla orantılı olarak uygun boydaki elmas taneleriyle harmanlanır. Harmanlama işlemi çok özel bir teknikle yapılır. Aksi takdirde elmas taneciklerinin boncuklara eşit oranda dağılımı mümkün olmayacaktır.

Elmas tozlarıyla harmanlanan matrix pres makinesinin üzerindeki kovaya dökülür.

Pres makinesi çalıştırılır, elmas tozlarıyla harmanlanmış matrix pres kovasından belirlenen ağırlığa gelene kadar hazneye dökülür. Belirli ağırlığa ulaşıncaya hazne kapanır ve yüksek basınçlı bir presleme işlemine tabi tutulan yapı halka şeklinde pres makinesinden çıkar.

Bu halkalar tek tek el değmeden kalite kontrolden geçirilir. Kalite kontrolden geçemeyen halkalar tekrar toz haline getirilmek üzere ayrılır.

Tepsideki çelik yüzüklerin dış yüzeyine kaynaklamanın kalitesini artırmak için bir madde tatbik edilir.

Kalite kontrolden geçen halkadan geçen halkalar tepsideki çelik yüzüklere geçirilir.

Bu tepsiler yüksek ısılı fırınlara sürülerek 1.000 – 1.200 C' ye kadar ısıtılır. Bu aşamada halka halindeki matrix yapı kendini çekerek daha önce yüzeye sürülen maddenin de etkisiyle tam bir kaynaklama sağlamış olur. Matrix yapının bu esnada kendi içinde eriyerek preslenmiş toz halinden katı yapıya dönüşür.

Fırın kapatılarak kendi halinde soğumaya bırakılır.

Tekrar kalite kontrolden geçer. burada kalite kontrolden geçemeyen elmas boncukların geri dönüşü mümkün değildir.

Kaynaklama makinesine atılarak yüksek ısılı püskürtme kaynağa tabi tutulur. Böylece son işlemden birmiş demektir.

Son kez kalite kontrolden geçirilerek kullanıma sunulur.

3.1.4.1.3. Kimyasal yapıştırma ile boncuk üretimi

Çelik yüzüğün üzeri ısı ile kimyasal reaksiyona girecek bir matrix yapı ile kaplanır.

Aynı boydaki elmas tanecikler düzenli olarak matrixin üzerine yerleştirilir. İkinci bir ince matrix yapıyla kaplanır. Yüksek ısı altında matrix yapı yüzükle ve elmaslarla kimyasal reaksiyona girerek yapışma işlemi (kaynaklama) tamamlanır.

Kalite kontrolden geçirilerek kontrole sunulur.

Her üç sistemde de ortası delik yada üretimden sonra delinebilen iki tip çelik yüzük kullanılabilir. Yalnız sonradan delme işleminde yüzüğün çevre kalınlıklarında

orantısızlıklar olabilmektedir. Bu da kullanım esnasında elmas boncuğun dönüşünü engeller ve tek taraflı aşınmaya sebep olur.

3.1.4.2. Elmas Boncukların Dizilmesi ve Kullanıma Hazırlanması

Elmas boncuklar kesilecek taşın cinsine, yapısına ve aşındırıcılığına göre 1 metreye 25-40 adet gelecek şekilde dizilebilir. 3 değişik şekilde dizim yapılır.

3.1.4.2.1. Yaylı dizim

Ülkemizde en yaygın kullanılan dizim şeklidir.

Dizim esnasında kullanılacak malzemeler :

- a- Elmas boncuk
- b- Çelik halat (4.8 mm – 4.9 mm kalınlığında yüksek oranda gerilmeye dayanıklı (minimum 1 metre / 2 ton kapasiteli))
- c- Yay (metrede istenilen boncuk adedine göre 1.5 cm – 3 cm arası uzunlukta olacak yayların pula tam oturması ve kolay bozulmaması için iki tarafı da tıraşlanmış olmalı)
- d- Sıkma (6 mm * 9 mm yada 6 mm * 8 mm)
- e- Ekleme (isteğe ve kullanım kolaylığına göre bakır boru ek, çelik boru ek, vidalı iki parçalı ek, vidalı üç parçalı ek)
- f- Tel kesme makası
- g- Pres (Sabit pres makinesi yada el presi kullanılabilir)
- h- Havya
- i- Lehim
- j- Zımpara taşı

Çelik halat tel kesme makası ile istenilen uzunlukta kesilir, bir ucuna eklemenin bir tarafı takılıp pres ile sabitlenir diğer ucu ise lehimlenerek ucu taş tutulur ve boncukların geçebileceği seviyeye kadar taşlanır. Daha sonra normal dizim işlemine başlanır.

Dizim sırası şu şekilde olmalıdır;

Sıkma – pul - elmas boncuk – pul – yay – pul - elmas boncuk – pul – yay ... Her beş boncuktan sonra sıkma konulur ve aynı sıra takip edilerek dizim işlemine devam edilir.

Genelde ülkemizdeki ocaklarda genellikle üç boncuktan bir sıkma kullanılmaktadır. Bu tarz dizimlerde tel esnekliğini belli bir oranda kaybetmektedir ve minimum 4 boncukta bir sıkma kullanılması tavsiye edilmektedir. Dizim işlemi tamamlanınca sıkma işlemine başlanır. Bu dizimi 1 metreye 30 boncuk şeklinde 1 metrelik sabit bir uzunluk belirlenir. İki ucunda sabit yuvalar vardır. Bir tarafın yuvasının 15 cm uzağında ortasından sabitlenmiş bir tutacak yer alır. Bu düzenek sayesinde 1 metrede bulunacak elmas boncuk adedi isteğe göre ayarlanabilir ve boncuklar arası mesafe eşit olarak ayarlanabilir. İlk sıkma tutacağın aksi tarafındaki yuvaya yerleştirilir. 30'uncu boncuktan sonraki sıkma tutacak yuvaya yerleştirilir. Tutacak ile boşta kalan taraftaki halat kavranarak iki yuva arası tamamen gerilecek şekilde gerdirilir. Tutacak tarafındaki sıkma preslenir. Daha sonra aynı işlem devam ettirilir. Mevcut dizim tamamlandıktan sonra halatın sıkılmamış tarafında boşluk olacaktır. Buralardaki eksiklerde tamamlanır. Aradaki preslenmemiş olan sıkımlar preslenir ve ekin diğer tarafı takılarak preslenir. Elmas tel kullanıma hazırlanmış hale gelir.

Halat veya diğer yedekler özelliğini yitirdiği zaman dizim bozularak yeniden dizim yapılır.

3.1.4.2.2. Plastik Enjeksiyon İle Dizim

Plastik enjeksiyon yaylı veya yaysız yapılabilir sıkma ve pul kullanılmaz.

Halatın bir ucuna eklemenin bir parçası takılır, preslenir. Sonra yay- elmas boncuk – yay – elmas boncuk ... Eğer yay kullanılmayacaksa sadece boncuk dizimi yapılır. Metrede istenilen boncuk adedine göre uygun olan kalıp enjeksiyon makinesine takılır. Boncuklar kalıplardaki yuvaya yerleştirilir ve enjeksiyon işlemine başlanır. Daha sonra aynı işlem diğer boncuklara yapılarak enjeksiyon işlemi tamamlanır. Enjeksiyon işlemi bittikten sonra diğer uca da ekleme takılarak işlem bitirilir. Mermer ve granite yönelik kullanılabilir. CONCRİTE (beton) uygulamalarında ısıya dayanıklılığı daha yüksek olan kauçuk enjeksiyon sistemi kullanılmaktadır.

İki boncuk arasına gelen plastik enjeksiyon suyu taşıyabilir nitelikte olmalıdır.

Plastik enjeksiyon işlemi boncukların ideal dönüşünü sağlayabilmek ve en önemlisi güvenlik amacıyla başvuru bir sistemdir. Genelde telin çalışması esnasında görülen kopmalarda özellikle yaylı dizimde fırlayan boncuklar tehlikeli olmaktadır. Örneğin mermer kesiminde elmas tel 36 m/sn (yaklaşık 130 km/h) hızla dönmektedir. Kopma esnasında yaylardaki sıkışma ve telin gerginliğinden kurtulma esnasında bu hız yaklaşık 200 km/h'ye kadar çıkabilir. Yani serbest kalan elmas boncuklar adeta birer kurşun gibi tehlike arz etmektedirler. Halbuki plastik enjeksiyon yada kauçuk enjeksiyonda elmas boncuklar kopma esnasında dahi halat üzerinde kaldıkları için bir tehlike arz etmemektedirler.

Plastik enjeksiyonda enjeksiyon özelliğini yitirdiği zaman dizin bozulup yeniden dizin yapılabilir.

3.1.4.2.3. Kauçuk Enjeksiyon İle Dizim

Dizin şekli olarak plastik enjeksiyonla aynıdır. Plastik yerine kauçuk kullanılmaktadır.

Daha ziyade sert taşların (Ege bordo, serpantin, andezit granit ve beton (concrete)) kesimlerinde kullanılır. Plastik enjeksiyonda plastiğin erime derecesi 70 – 80 C iken kauçukta dayanıklılık daha fazladır ve 110- 115 C'ye kadar erime görülmez. Plastikle aynı şekilde ideal dönüş sağlanır ve güvenlik ön plandadır.

Tekrar dizim mümkün değildir. Boncukların ömrü bitene kadar ikinci bir dizim gerekmemektedir.

Kauçuk enjeksiyonda performansı diğer boncuk tiplerine oranla daha yüksek olan sinterize elmas boncuk kullanılır.

İki boncuk arasında kalan kauçuk enjeksiyon şekli suyu ve aşındırılan parçacıkları taşıyabilecek şekilde olmalıdır. Enjeksiyon elmas boncuğunda altına halata kadar işlemelidir.

Sert taşlarda ve betonda un şeklinde bir aşınma olmamakta yine parçacık (kum gibi) aşınması olmaktadır. Bu nedenle yaylı dizim bu taşlarda kullanılamamaktadır. Çünkü ana yapıdan kopan her parçacık matrix yapının aşınmasına sebep olacak, elmas boncuğun dönüşünü engelleyecek, yayların arasına girerek yayları bozacak, halatı yıpratarak kopmasına sebep olacaktır. Bu sebeplerden dolayı sert taşlar ve beton kesimlerinde yaylı dizim kullanılmaz. Beton kesimlerinde sadece kauçuk enjeksiyonlu teller tavsiye edilir.

Elmas tel dizim şekilleri Şekil-3.7.'de verilmiştir.

Mermer için yaylı dizim. (Sinterize elmas boncuk ile)

Mermer için yaylı dizim. (Electroplate elmas boncuk ile)

Mermer için plastik enjeksiyonlu dizim. (Sinterize elmas boncuk ile)

Granit ve beton kesimi için plastik enjeksiyonlu dizim. (Sinterize elmas boncuk ile)

Şekil-3.7. Elmas Tel Dizim Şekilleri.

3.1.4.3. Elmas Boncuk apları

Elmas boncuk çapları kullanım amaçları ve üretim teknolojisine göre değişim göstermektedir (Blok kesme işlemleri, süs işçiliği gibi).

Elmas boncuk dış yüzey çapları :

8 mm , 8.8 mm , 10 mm , 10.5 mm ve 11 mm olarak değişmektedir.

Yüzük çapları

7 mm , 8 mm , 8.5 mm olarak değişmektedir.

Yüzük içi çapları

4.2 mm ve 5.1 mm olarak değişmektedir.

elik halat çapları

4.0 mm , 4.8 mm ve 4.9 mm olarak değişmektedir.

Elmas boncuğun matrix yapısının hacmi hesaplandığında en yüksek oranın 11.0 mm çapındaki elmas boncuklarda elde edildiği görülür. Bu oran çaplar küçüldükçe düşmektedir. Yani aynı özelliklere sahip matrix yapılar olduğu var sayıldığında en fazla matrix yapı 11.0 mm dış çaplı elmas boncukta mevcut olup çaplar düştükçe kullanılan matrix yapının miktarının düştüğü görülmektedir. Aynı özelliklerde matrix yapının kullanıldığı iki farklı çaptaki elmas boncuğun performansı kıyaslandığında doğal olarak çapı büyük olan elmas boncukta daha yüksek bir performans elde edilecektir.

3.1.4.4. Elmas Boncuk Tiplerinin Performansları

Aynı özellikteki bir taşı üç değişik yapıdaki elmas boncuklar ile kestiğimizde kesim hızı ve kesim alanları ile ilgili aşağıdaki sonuçlar elde edilir. Aşağıdaki veriler CARRARA BIANCO (beyaz mermer) ocağında alınan sonuçlardır. (kullanılan elmas

tel: yaylı , 1 metre telde 30 boncuk ile , kullanılan tel kesme makinesi: 70 HP tel kesme makinesi, uygulanan dönüş hız 36 m/s, uygulana yürüyüş: 40 A)

3.1.4.4.1. Elektroplate Elmas Boncuk

18 m²/h kesim hızıyla başlar 1.1 m²/boncuk (33 m²/metre) kesime ulaştığında ömrünü tamamlar. Elmas boncukların tamamı yüzeyde olduğu için yüzeydeki elmas tanecikler ömrünü tamamladığında alttan yeni elmas taneciğın gelmesi söz konusu değildir. Elmas taneciklerin görevini tamamlamadan kaybedildiği de görülmektedir.

3.1.4.4.2. Kimyasal Yapıştırma (Kaynaklama) ile Üretilen Boncuklar:

16 m²/h kesim hızıyla başlar 1.5 m²/ Boncuk (45 m²/metre) kesime ulaştığında elmas boncuklar ömrünü tamamlamış olur. Elmas tanecikler düzenli olarak yüzeye dağıtıldığında ve electroplate elmas boncuklara göre matrix yapının elmas tanecikleri daha sağlam tuttuğundan dolayı elmas ömrünü tamamlamamış elmas tanecik kaybı minimum düzeydedir. Elmas taneciklerin tamamı yüzeye yerleştirildiğinden alttan yeni elmas tanecik gelmesi söz konusu değildir.

3.1.4.4.3. Sinterize Elmas Boncuk

8 m²/m kesim hızıyla başlar bu kesim alanına ulaştığında boncuklar açılarak normal kesim hızı olan 12 m²/h kesim hızına ulaşır. Üstündeki elmaslar görevini tamamladıkça matrix yapı içinde saklı olan yeni elmas tanecikler devreye girecektir. Toplam 1.9 m²/Boncuk (57 m²/m) kesim yapıldığında elmas boncuklar ömrünü tamamlamış olmaktadır. Matrix yapının sağlamlığı ve kaynak işleminin mükemmel oluşu performansı direkt etkilenmeyen faktörlerdendir. Diğer boncuk tiplere oranla en yüksek performans sinterize elmas boncuklarda elde edilmektedir.

Şekil-3.8.'de Elmas boncuk tipleri verilmiştir.

Sinterize elmas boncuk.

Sinterize elmas boncuk.
(Kesit görünümü)

Sinterize elmas boncuk.

Elektroplate elmas boncuk
(Kesit görünümü)

Elektroplate boncuk örnekleri

Şekil-3.8. Elmas boncuk tipleri.

3.1.4.5. Elmas Telin Kesime Alınması

Elmas tel kullanıma hazırlandıktan sonra daha önce hazırlanan deliklerden geçirilir. Tel her bir metre uzunluk için bir tur ve buna ilave olarak vidalı ekleme kullanılıyorsa eklenmenin dış sayısı kadar daha çevrilerek kurulur (Örneğin 40 metre tel koşulacak ve beş dişli ekleme kullanılacak ise $40 + 5 = 45$ tur çevrilir). Dış sayısı kadar ilave bir kurma işlemi eklemenin iki ucu birleştirildiğinde dış sayısı kadar geri dönüş olacağı içindir.

Bu işlemin amacı telin koşumu esnasında dönerek kesmesine sebep olarak tüm elmas boncukların eşit olarak aşınmasını sağlamaktır.

Kurulan tel, tel kesme makinesinin kasnağına takılır ve makinenin geri yürüyüşü çalıştırılarak tel gerdirilir. Telin geçtiği delikler telin dönüş yönü dikkate alınarak su verilir. Verilecek olan suyun oranı iyi belirlenmelidir. Aksi takdirde az su verildiğinde tel soğumayacak ve yanacak, çok su verildiğinde su taş ile elmas boncukların birbirine temasını engelleyecek ve tel dönmesine rağmen kesim yapamayacaktır.

Telin kesim hızı, makinenin geri çekme hızı ve kasnak dönüş hızı uyumlu olmalıdır.

Örneğin beyaz ve bej mermer sınıfı için elmas telin dönüş hızı 36 m/s makinenin geri çekme hızı 40 A olarak tavsiye edilmektedir.

Makine gücü ile sarılabilecek maksimum tel uzunluğu yakın ilişkilidir. Örneğin 40 HP gücünde bir tel kesme makinesine maksimum 50 metre elmas tel sarmak gerekir. Bunun üzerindeki metrajlarda makine zorlanacaktır.

Granit için tavsiye edilen tel dönüş hızı 28-27 m/s ve geri çekme hızı olarak da 30-33 A dır.

Beton (Concrete) için tavsiye edilen tel dönüş hız 12-15 m/s ve geri çekme hızı olarak da 15-20 A dır.

Görüldüğü gibi kesilecek yapı sertleştikçe elmas telin dönüş hızı düşmektedir. Bunun amacı elmas tellerin kesilecek yapıya ideal temasını sağlamak ve maksimum kesim hızına ve performansa ulaşmaktır. Daha yavaş dönüş hızı uygulandığında elmas boncuklar daha hızlı aşınmakta, daha hızlı bir dönüş hızı uygulandığında ise suyla kayganlaşan alanlar oluşmakta ve tel kesmeksizin boşa dönmektedir.

3.1.4.6. Elmas Telin Performansını Etkileyen Faktörler

1- Elmas tel belli bir süre çalıştıktan sonra yaylı dizimde pul - yay - halat hasar görür ve yeniden dizilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde pul ve yay bozulmadan dolayı görevini yapamaz ve elmas boncuk dönme kabiliyetini yitirir, dizim esnekliğini yitirir ve elmas boncuklar tek taraflı aşınmaya başlar. Böylece elmas boncuk tek taraflı aşınmaya maruz kalarak ömrünü tamamlayamadan kullanılmaz hale gelecektir. Bu aynı zamanda ekonomik bir kayıp demektir.

a) Pul deformasyonu

b) Yay dformasyonu

Çelik halat belirli bir kesim yapıldıktan sonra incilir. Bunu iyi gözlemlemek gerekir. Çünkü belirli bir kullanımdan sonra çelik halatın kalınlığı 4,6 mm.nin altına düştüğünde elmas boncuk halata tam olarak oturmadığı için boşluklar meydana gelecek ve elmas boncuk çelik halatın üzerinde serbest bir şekilde oynamaya başlayacaktır. Sert bir yüzeye temas olduğunda çelik yüzük halatı zedeleyerek kopmasına sebep olacaktır. Aynı zamanda elmas boncuk halatın kurulmuş olmasına rağmen dönüş kabiliyetini yitirecek ve başboş hareket ederek tek taraflı aşınacaktır. Böylece elmas boncuk ömrünü tamamlayamadan kullanılmaz hale gelecektir.

2- Eğer plastik enjeksiyonlu dizim kullanılıyorsa, belli bir kullanımdan sonra plastik enjeksiyon özelliğini kaybedecek, çelik halat incelemek ve elmas boncuklar sabit tutulmayacak ve elmas boncuklar tel kurumuş olmasına rağmen dönüş kabiliyetini yitirecek ve tek taraflı aşınma meydana gelecektir. Buda elmas boncuk ömrünü tamamlayamadan kullanılmaz hale gelmesi demektir.

3- Elmas boncuğun yüzük yapısı son derece sert bir çelikten yapılmış olması gerekir. Aksi takdirde çelik yüzüğün iç çapında bir genişleme söz konusu olacaktır ve incelmış çelik halatta anlatılan sonuç meydana gelecektir.

4- Matrix yapının sertliği ideal olmalıdır. Aksi takdirde kimyasal kaynaklama ve electroplate elmas boncuklarda elmas taneciklerinin görevini yapamadan kaybı söz konusu olacaktır. Sinterize elmas boncuklarda ise matrix yapının aşınabilirliği ile elmas taneciklerinin kesim kapasiteleri uyumlu olmalıdır. Aksi takdirde aşırı sert yapıdaki bir matrix yapıda yüzeydeki elmaslar görevini tamamladıktan sonra matrix yapı aşınmayacak ve alttaki elmaslar yüzeye çıkamayarak görevlerini yapamayacaklardır. Bu durumda kesilecek alan kesilmeyecek fakat tel kesme makinesi boş yere çalışacaktır. Bu şekilde uzun süre çalıştırıldığında kesilecek alanda normal kesimlerde düz bir görünüm elde edilirken bu tip elmas boncuklarla kesilmeye çalışılan alanlarda oval bir görünüm ortaya çıkar. Matrix yapının olması gerekenden daha yumuşak ya da gevşek olması durumunda ise matrix yapı daha hızlı aşınacak, elmas taneciklerini tutamayacak ve elmas tanecikleri henüz görevini yapamadan kaybedilmiş olacaktır.

5- Matrix yapıdaki elmas tozun miktarı, kalitesi ve ebatları elmas boncuğun performansı ile direkt ilişkilidir. Gereğinden az olduğunda elmas boncuklar kesme işlemi yapamayacak, zaman – işgücü – enerji kaybı ortaya çıkacaktır. Fazla olması halinde matrixin yapısını bozacak, elmas tanecik kaybı yüksek düzeyde olacak, dolayısıyla maliyet artacak fakat performans düşecektir.

6- Yapının sertliği telin performansını direkt olarak etkileyen diğer bir faktördür.

Yapı ne kadar sert ve aşındırıcı olursa, elmas tanecikleri ve matrix o oranda fazla aşınacak ve elmas boncuk ömrünü daha çabuk tamamlayacaktır. Örneğin Limra taşında yaklaşık 4 m² kesim yaptıktan sonra ömrünü tamamlayan bir elmas boncuk beyaz mermerde yaklaşık 2 m² kesimden sonra ömrünü tamamlar.

7- Yapının içerdiği aşındırıcı maddeler telin performansını olumsuz yönde etkiler.

Örneğin kumlu – topraklı sayılar içeren bir yapı kesilirken, bu yapının içerdiği kum ve toprak elmas boncuklar ve yaylar aracılığıyla taşınacak ve kesilecek yapıya temas ettiğinde matrixi aşındıracak ve yayların bozulmasına sebep olacaktır. Matrix aşınması sonucunda elmas tanecikler tutunamayarak düşecekler, yani görevlerini yapamadan kaybedileceklerdir

Aynı zamanda yapının içerisindeki demir, zımpara, quartz , vs. gibi yüksek sertlikte ve aşındırıcılıkta olan maddeler elmasın sertliğine yakın bir sertlikte oldukları için elmasın daha hızlı aşınmasını sağlayacak ve boncuğun ömrünün tükenmesini hızlandıracaktır.

Örneğin yatağan bölgesinde zımparalı yapıya oldukça fazla rastlanmaktadır. Bu tip yapılara denk geldiğinde normalde kesim sonrası bulanık akan su berraklaşır, makinenin yürüyüşü yavaşlar hatta sabit yürüyüşlü bir makine ise teli koparmaya kadar gidebilir. Bu tip yapıya gelindiğinde kesim durdurularak farklı bir yerden kesim yapmak en doğrusudur. Aksi takdirde tel çok çabuk ömrünü tüketecektir.

Burada bahsedilen elmas tel mermer için imal edilen tiptedir. Beton için üretilen uygulandığında sonuç çok daha fazla olacaktır.

8- Elmas telin kesim hızıyla tel kesme makinesi uyumlu çalışmalıdır. Hızlı üretim uğruna yüksek amperde çalıştırılan makineler elmas boncukları zorlayarak erken tükenmesine sebep olacaktır.

3.2. Metot

3.2.1. Elmaslı Tel Kesme Yönteminde Kayaçların Kesilebilirliğini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi

İşlenmiş mermer ürünleri için artan talebin sonunda dünyanın bir çok yerinde yeni mermer ocakları açılmıştır. Bunun sonucunda, üretilen mermer ve mermer ürünleri çeşidi de büyük ölçüde artmıştır. Mermer ocaklarında üretilen taşın kesilerek şekillendirilmesi işlemi ve elmaslı tel seçimi ve soket tasarımı konuları önem kazanmıştır. Belirli bir taşın kesilebilmesi için uygun soketin (elmas boncuğun) belirlenmesi işlemi ancak tecrübe yolu ile bulunmaktadır. Taşların kesilebilmesi için değişik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, bu çalışmalar hem pahalı olmakta ve ham de çok zaman gerektirmektedir.

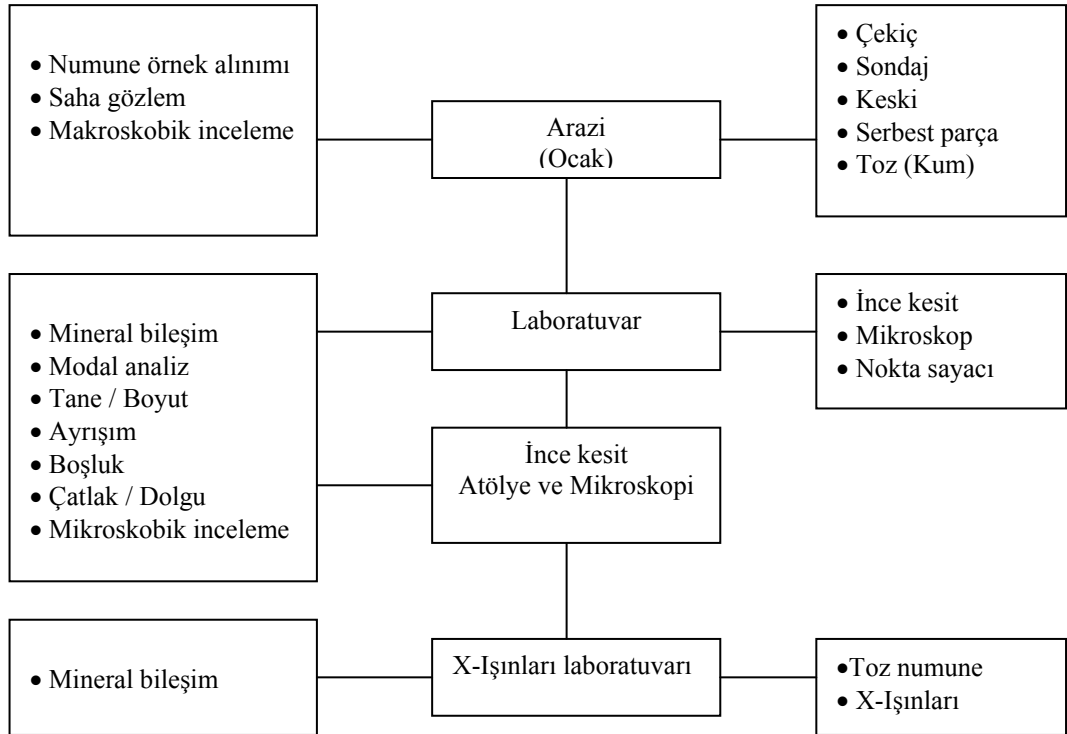
3.2.1.1. Petrografik Ve Mineralojik Özellik

Kayaç oluşturan minerallerin birbirleri ile olan göreceli özellikleri doku olarak adlandırılır. Doku kavramı kayacın temel bileşenleri olan minerallerin boyutları , şekilleri, dağılımları ve yönelimleri gibi özelliklerin yanı sıra kayacın uğradığı farklı P- T (Basınç - Sıcaklık) koşulları altındaki çoklu metamorfizme ve de formasyon evreleri gibi jeolojik evrimlere ait bilgileri kapsamaktadır. Bunlar tanelerin bireysel özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileri olarak iki ana grup altında incelenebilir. Taneler arası özelliklerin (İntergranular) başlıcaları tane sınırlar, kristal boyutları ve şekilleridir. Tanelerin bireysel özellikleri (İntergranular) ise bileşimsel zonlanmaları, ikizlenmeleri, kink-band yapıları, eksolusyon ve inklüzyonlar olarak verilebilir.

Bir taşın kesilebilirliğini belirlemek için, söz konusu taşı temsil edecek numunelerin özellikle sağlam, fiziksel ve kimyasal olarak aşınmamış olmasına özen gösterilmelidir. Numunelerden hazırlanan ince kesitler analiz edilerek, kayaların kesilebilirliğini etkilemesi açısından kuvars ve feldspat (Plajyoklaz ve ortoklaz) miktarları ve tane boyutları belirlenmelidir.

Mikroskop ve X-ışınları yardımı ile petrografik analizler yapılarak mermerlerin mikroskobik olarak belirlenmeyen bileşenleri belirlenebilmektedir. Petrografik analiz yöntemi, metodolojik olarak Çizelge 3.1.'de akım şeması olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Mermerde petrografik analiz – akım şeması.



3.2.1.2. Kayaçların Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlık, porosite, geçirgenlik, su emme, birim hacim, ağırlık, renk ve biçim, kompozisyon, doku olarak sıralanabilir.

Yoğunluk : Taşın homojen olmasına ve bileşimindeki minerallerin mineorolojik karakterine bağlı olarak değişmektedir. Mermerlerde en yüksek yoğunluk 2.75 gr/cm³ ve en düşük yoğunluk 2.70 gr/cm³'tür. En yüksek ve en düşük yoğunluk değerleri arasındaki fark diğer taşlara oranla mermerde daha azdır. Bu durum mermerlerin homojen olma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle mermerlerin özgül ağırlıkları ve yoğunlukları birbirine çok yakındır.

Özgül ağırlık : Porosite (kayacın içindeki boşlukların ölçüsü) ile ilişkili olmayıp, taşları meydana getiren minerallerin mineorolojik yapısına bağlı olarak değişmektedir. Yoğunluğun özgül ağırlığa oranı taşın homojenlik derecesini ve porosite katsayısını vermektedir.

Su emme : Bir mermerin su emme katsayısı, su emmiş mermer ağırlığı farkının susuz ağırlığa bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu katsayısı mermerlerin cinsine göre değişmektedir. Örneğin gnays'ta 0.010, taraverten'de 0.098-0.178 ve dolomitik kalker'de 0.021'dir.

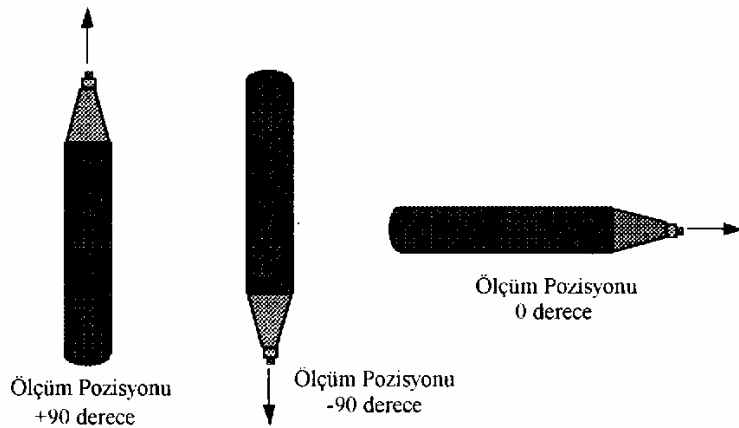
Sertlik : Bilindiği üzere mermerin gerçek ocakta kesilerek üretilmesi, gerekse mermer işletme tesislerinde plaka haline getirilmesi için yapılan kesme ve cilalama işlemlerinde kayaçların sertlik özelliği önemli rol oynamaktadır.

Kayaçların sertlik kavramı; düzgün yüzeyli kayacın taze yüzeyinin göreceli olarak değişik cihazlarla tespit edilebilen bir özelliğidir. Genellikle kayaçlarda kullanılan sertlik belirleme yöntemlerinden en önemlileri Mohs sertlik, Schmidt ve Shore endeks değerleridir. Mohs sertliği en pratik sertlik belirleme yöntemi olup, belirli minerallerin sertliğini ölçü olarak almaktadır. Mohs sertlik sınıflamasında yer alan 10 mineralin sertlik dereceleri çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mohs sertlik sınıflaması.

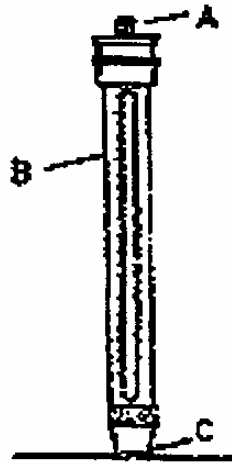
<i>Mineral</i>	<i>Kimyasal Bileşeni</i>	<i>Mohs Sertlik</i>
Talk	$Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$	1
Jips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Kalsit	$CaCO_3$	3
Flüorit	CaF_2	4
Apatit	$Ca_5F(PO_4)_3$	5
Feldspat	$K Al Si_3O_8$	6
Kuvars	SiO_2	7
Topaz	$Al_2 (F,OH)_2SiO_4$	8
Korund	Al_2O_3	9
Elmas	C	10

Bu sayılar sertlik için bir ip ucu niteliğinde olup sayı aralıklarındaki sertlik farklılıkları birbirlerine eşit değildir. Schmidt sertliği, Schmidt çekici ile bulunan bir endeks değeridir. Schmidt çekici silindirik kapalı bir kutu içinde bulunan yay, çekiç ve çekiç kurma düzeneğinden oluşur. Alet hem arazide hem de laboratuvarında yapılan deneyler için uygundur. (Şekil-3.9.)



Şekil-3.9. Schmidt darbe çekici ile ölçüm pozisyonları.

Shore sertlik endeksi : Shore sertliği, Shore Scleroskobu ile bulunan bir endeks değeridir. Deney prosedürü uygulanırken, belli aralığa sahip elmas bir çubuk, sabit bir yükseklikten örnek üzerine düşürülür. Yüzeyde küçük bir de formasyon oluşturarak örneğin yapısına göre enerjinin bir kısmını kaybederek zıplar. Ancak yer çekiminin etkisiyle yeniden düşmesi engellendiğinden sıkışır ve durur. Ucun zıplam uzaklığı, 100 bölümlü bir kadrandan okunur. Bu değer Shore sertliği olarak kabul edilir (Köse ve Kahraman, 1993). (Şekil-3.10.)



A - Ucu sertleştirilmiş cubuğu kaldırıp düşürmek için el tutma kısmı

B - 100 bölümlü kadrán

C - Çubuğun sertleştirilmiş ucu

Şekil-3.10. Shore Scleroscope.

Shore sertlik endeksi ile kayaç içinde %SiO₂'nin kayaçın tek eksenli basınç dayanımının tayin etmede önemli parametreler olduğu saptanmıştır. Shore sertlik deneyi, uygulamada plakaların parlak yüzeylerine tatbik edildiğinde başarılı olabilmektedir. Bu nedenle özellikle gözenekli yapıya sahip (Traverten gibi) mermerlere uygulanması açısından yanılıcı olmaktadır.

3.2.2. Kayaçların Mekanik Özellikleri

Kesilebilirliği belirlenecek numunenin petrografik ve ince kesit analizleri yapıldıktan sonra kesme deneği ile birlikte çeşitli mekanik özelliklerin bulunması amacıyla bir dizi deney yapılmalıdır.

3.2.2.1. Basınç Dayanım Karakteristiği

Basınç dayanımı, belirli boyutlardaki mermerlerin belirli ve farklı doğrultuda etkiyen gerilimler karşısında davranışları ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç karakteristiğidir. Deneyler üç farklı basınç gerilmesi altında yapılmaktadır.

- Tek eksenli basınç gerilme etkisi
- Üç eksenli basınç gerilme etkisi
- Nokta yükleme gerilme etkisi

3.2.2.1.1. Tek eksenli basınç dayanımı, Test prosedürü-Veri analizi

Tek eksenli basınç deneyi için TS 699 ve ISRM (Internatinol Society For Rock Mechanics) standartlarında, kenarları yaklaşık 70 mm olan küp deney numunelerinin kullanımı önerilmiştir. Ancak kenarları 50 mm küçük olmayan küp numuneler ile nominal boy/çap oranı 1/1 den küçük olmayan ($h/d = 2/1-3/1$) silindirik dikey numunelerin de kullanılabilceği belirtilmektedir. Ancak, iri kristalli ve bünye yapısı değişik özellikler gösteren mermer türlerinde ise, küp deney numunelerinin çap ve yükseklikleri yaklaşık 100 mm olmalıdır.

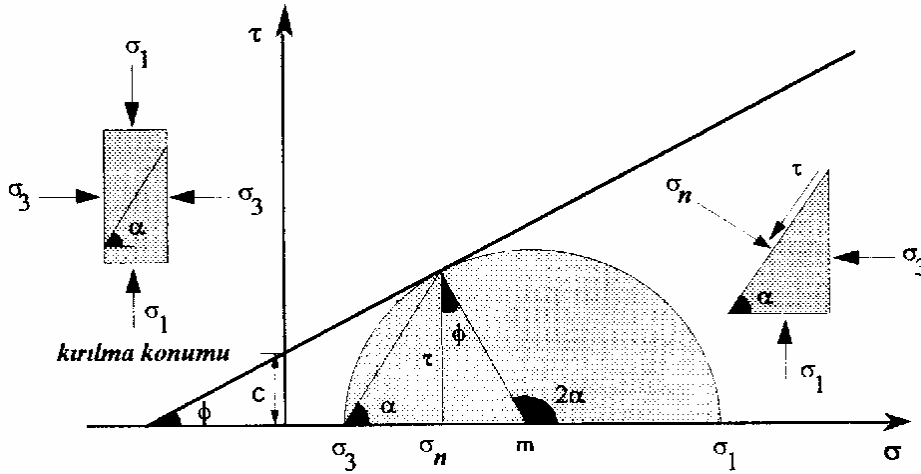
Deneyler için en az 5 er adet numune seti hazırlanmalıdır. Tabakalı (şıştözite düzlemine sahip olan) mermer yapılarında, deney numuneleri iki farklı doğrultuda hazırlanmaktadır

- Tabakalaşma doğrultusuna dik
(Şiştözite düzlemine dik – suyuna dik kesim yönü)
- Tabakalaşma doğrultusuna paralel
(Şiştözite düzlemine paralele – suyuna kesim yönü)

3.2.2.1.2. Üç Eksenli Basınç Dayanımı, Test Prosedürü-Veri Anallizi

Üç eksenli dayanım deneylerinde, yukarıda özetle anlatılan tek eksenli basınç dayanım deneyi için kullanılan ve önerilen silindirik numune standardı ve numune kondisyonlama prosedürü aynen uygulanmaktadır. Kondisyonlanan silindirik deney numuneleri, basınç hücresi diye adlandırılan bir çelik hücre içersine yerleştirilir. İçerisinde numune bulunan hücreye, önceden tatbik edilmesi düşünülen basınç değeri ölçüsünde hidrolik yağ yardımıyla bir yanal basıncı uygulanır ve belirli bir süre bu basınç altında numunenin kondisyonlanması sağlanır. Sonrasında, sanayide ortalama $10 \text{ kg/cm}^2 - 12 \text{ kg/cm}^2$ lik basınç gerilmesi deney numunesi üzerine düşey olarak uygulanarak numunenin yenilme yük değeri belirlenir. Burada, her bir mermer türü için en az 5 farklı yanal basıncın etkisinde 5 er defa ayrı ayrı numuneler ile deneyler yapılır. Deneyler sonucunda tatbik edilen her bir yanal basınç değerinde (σ_3), elde edilen üç eksenli basınç dayanım değeri (σ_1) ayrı ayrı bir liste halinde kadedilir.

Üç eksenli basınç dayanım değerleri bulgularından, mermer örneklerin normal gerilme değerleri (σ_n), kayma gerilme değeri (τ) ve içsel sürtünme açısı (ϕ), kohezyon (C) gibi tekno-mekanik parametreleri irdelemek mümkün olabilmektedir. (Şekil-3.12.)



Şekil-3.12. Üç eksenli basınç dayanım deneyi için Mohr Zarfı.

Buradaki bulgulara göre oluşturulabilecek Morh Zarfı eşitliği:

$$\tau = C + \sigma_n \cdot \tan\phi$$

dir. Burada;

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \cos 2\alpha$$

dir. Burada ;

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\alpha$$

olarak kullanılmaktadır.

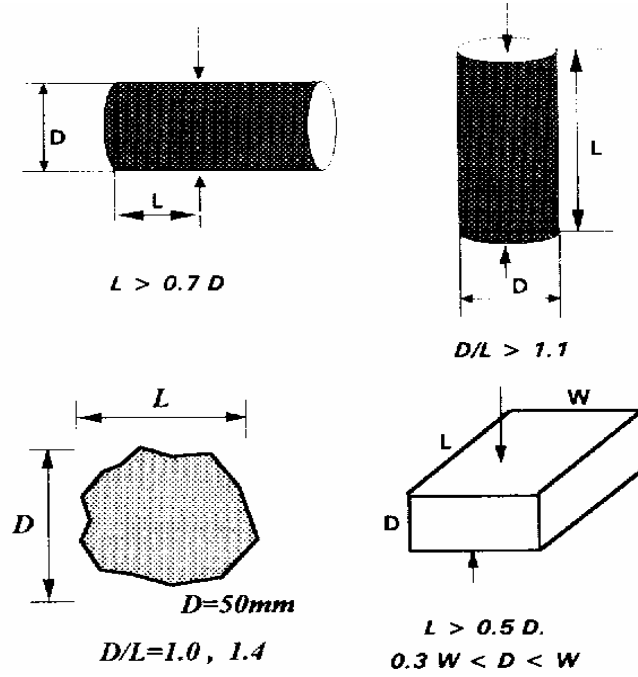
Genel olarak, mermerin basınç dayanımı aşağıdaki değişkenlerin fonksiyonudur.

- Numune boyutu,
- Numune şekli
- Numune şistozite ve homojenlik durumu,
- Yatay basınç gerilmeleri,
- Numune nominal boy/çap oranları,
- Yükleme oranı,
- Numune porozite oranı,
- Numunenin nem içeriği.

3.2.2.1.3. Nokta Yükleme Dayanımı

Nokta yükleme dayanım deneyleri, mermer türünün kayaç kalite sınıflamaları için kullanılan indeks değerini belirlemek için yapılır. Ancak, deney sonucunda, tek eksenli basınç dayanım değerini de tahmin edebilmek mümkün olmaktadır. Deneyler 4 farklı numune boyutlandırılması şeklinde yapılabilmektedir. (Şekil-3.13.)

- Çap deneyi,
- Eksenel deney,
- Blok deneyi,
- Parça deneyi.



Şekil-3.13. Nokta yükleme deney türleri ve numune boyutlandırılması.

Genel amaçlı sınıflama için yapılan deneylerde, numuneler ya doğal nem oranını korumalı yada suya doygun hale getirilerek deney yapılmaktadır. Deneylerde her bir mermer türü için en az 10 adet deney numunesi kullanılmalıdır.

Deney numuneleri, deney düzeneğindeki baskı uçları arasına yerleştirilir. Numune üzerine devamlı bir yük etkisi verilerek, numunenin 10-60 saniye içerisinde kırılması sağlanır ve yenilme yük değeri kaydedilir.

Deney bulgularına göre mermerin tek eksenli basınç dayanım değeri

$$\sigma_C \cong 24 I_{S(50)}$$

formülü ile belirlenir. Burada;

σ_C : Tek eksenli basınç dayanımı, kg/cm^2 ,

$I_{S(50)}$: Nokta yükleme yenilme yük değeri.

3.2.2.2. Çekme Dayanımı

Çekme dayanımı; mermerin çekme gerilmeleri karşısındaki direncidir. Çekme dayanımı için iki farklı deney yöntemi kullanılmaktadır:

- Direkt çekme dayanım deneyi,
- Yarmada çekme dayanımı (Brazilian) deneyi.

Direkt çekme dayanım deneylerinde; silindir şeklinde dış yüzeyleri düzgün ve nominal boy/çap oranı (h/d) 2-2.5 arasında çapı 50 mm den az olmayan en az 5 adet deney numunesi kullanılır. Deney numuneleri etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutularak, sonrasında oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kondisyonlanan deney numuneleri, görülen çelik başlıklara epoksi reçine tipi bir yapıştırıcı ile yapıştırılarak, numune üzerine sürekli bir çekme etkisi uygulanır ve 5-15 dakikalık bir sürede numunenin kırılması sağlanır. Numune yenilme değeri kaydedilerek;

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A}$$

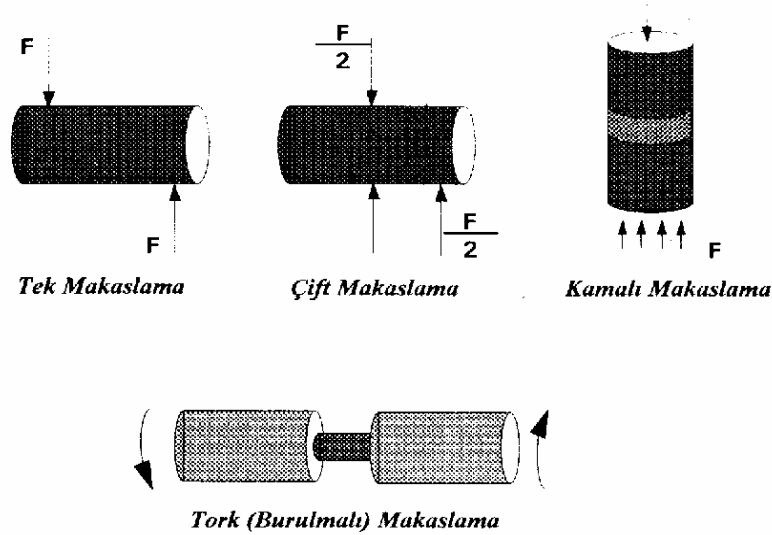
eşitliği ile çekme dayanım değeri hesaplanır. Burada;

- σ_t : Mermerin direkt çekme dayanımı, kg/cm²,
 F_t : Mermerin yenilme yük değeri, kğ,
 A : Mermer numunesinin yüzey alanı, cm².

Yarmada çekme dayanımı deneyinde ise; silindir şeklinde nominal boy/çap oranları 0.5-1.0 arasında olan, çapı 50 mm den az olmayan düzgün yüzeyli mermer numuneleri kullanılır

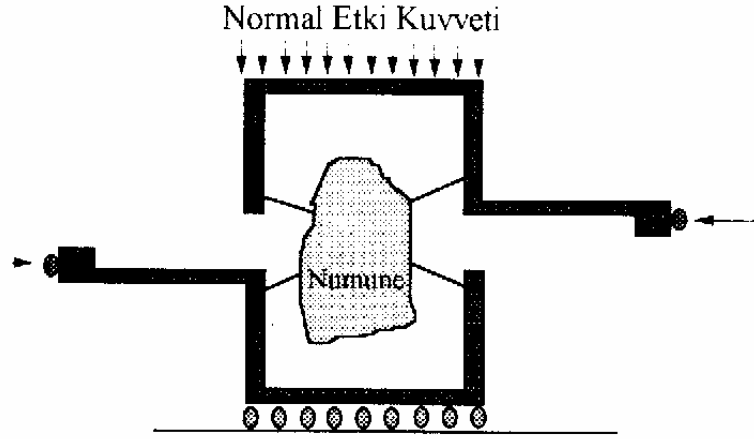
3.2.2.3. Makaslama Dayanımı

Makaslama dayanımı; mermerin makaslama gerilmeleri karşısındaki direncidir. Makaslama dayanımında düzgün kenarlı silindirik veya dikdörtgen prizmatik mermer numuneleri kullanılabilir. Deney numuneleri, tek yönlü yüklemeli ve/veya çevresel gerilme etkisi altında makaslama ve homojen yapıya sahip mermer türleri için tek yönlü yüklemeli makaslama dayanım değerleri yeterli olabilmektedir. Bu tür deney için uygulanan 4 farklı yöntem (Şekil-3.14.)ve uygulama hesapları aşağıda verilmiştir.



Şekil-3.14. Çevresel gerilmesiz makaslama dayanım deney düzeneği.

Mermerde yapı itibariyle farklı doğrultularda şistozite görülmekte ve heterojen bir yapı hakimse, gelede önerilen deney metodu, çevresel etki gerilmeli deney şekli Şekil-3.15.de görülmektedir.



Şekil-3.15. Makaslama dayanım deney düzeneği.

3.2.2.4. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı; standart boyutlardaki plaka mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Mermerlerin kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda plaka şeklinde olduğundan eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü, plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe mermerin eğilme dayanımına göre tespit edilmektedir.

Eğilme dayanımının belirlenmesi için mermer bloklardan tabakalaşma (şistozote düzlemlerine) yönü dikkate alınarak 50 mm x 100 mm x 200 mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmaktadır.

Deney numuneleri şekil-3.16.de görülen deney düzeneğindeki gibi plaka şeklinde numuneler arasındaki açıklık 180 mm olacak şekilde deney presi tablaları arasına, yükleme ortadan uygulanabilecek biçimde yerleştirilir. Deney numunesi üzerine yaklaşık 5 kg lık bir yük verilerek mesnetlerin tam yerleşmesi ve kondisyonlanması sağlanır. Sonrada yük artışı dakikada 450 kg geçmeyecek şekilde artırılarak, kırılma anındaki yük değeri kaydedilir ve yükleme yüzeyi ile plaka kalınlığı çizgisinin oluştuğu noktada ölçülür. Bulunan sonuç aşağıdaki eşitlikte yerine konularak eğilme dayanım değeri hesaplanır:

$$\sigma_{eğ} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

burada;

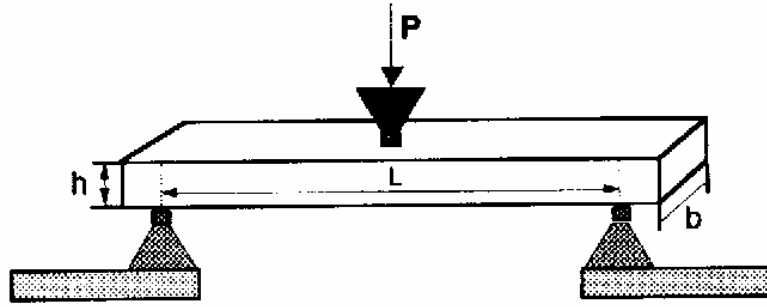
$\sigma_{eğ}$: Mermerin eğilme dayanımı, kg/cm²,

P : Kırılmaya neden olan en büyük yük, kg,

L : deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi, cm,

b : Deney numunesinin genişliği, cm,

h : deney numunesinin kalınlığı, cm



Şekil-3.16. Eğilme dayanımı deney düzeneği.

3.2.2.5. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı; standart boyutlardaki mermerin belli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Mermerin kullanım alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir.

Mermerin darbe dayanımlarının belirlenmesi için şistozite düzlemine paralel veya dik konumda alınan 40 x 40 x 40 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmaktadır.

Örnek numuneler, darbe dayanımı deney düzeneğinde örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilir ve bunun üzerine çelik plaka konularak deney tokmağı aşağıdaki eşitlikten hesaplanan yükseklikten düşürülür.

$$H = 0.04 \cdot V$$

Burada;

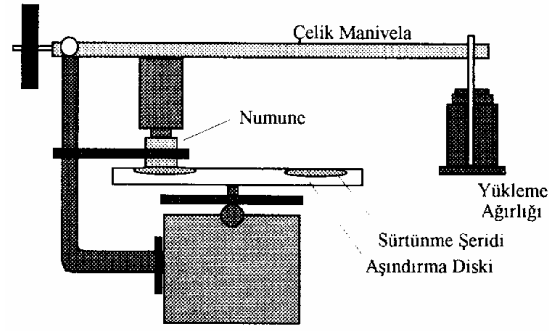
H : Tokmağın düşme yüksekliği, cm,

V : Deney numunesinin hacmi, cm³.

3.2.2.6. Aşınma Dayanımı

Aşınma dayanımı; mermerin yüzeyindeki aşındırıcı maddelerle meydana getirilen aşınmaya karşı dirençtir. Mermerlerin aşınma dayanımlarının bilinmesi son derece önemlidir. Taban döşemesi ve merdiven basamaklarında kullanılacak mermer plakalarda oluşabilecek aşınma kayıplarının önceden laboratuvarında ölçümü, uygun taş seçimine imkan sağlamaktadır. Ticari tanım kapsamındaki her tür mermer için bilinmesi gereken sürtünme etkisi ile oluşan aşınma kayıpları, genellikle karbonatlı kayaçlarda yüksek; mineral içeriği ve içerdiği minerallerin özellikleri nedeniyle sert taş olarak nitelenen mağmatik kökenli taşlarda ise düşüktür.

Mermerin aşınma dayanımının belirlenmesi için TS 699'a uygun olarak 71 mm ebatlarındaki küp numuneler hazırlanmaktadır. Bu numuneler önce 105°C kurutularak tartılır ve tartım sonuçları kaydedilir. Daha sonra numuneler Şekil-3.17.de görülen Böhme yüzey aşındırma cihazında yüzey aşındırma deneyine tabi tutulur.



Şekil-3.17. Böhme yüzeysel aşınma cihazı.

Kayaçların kesilmesi birbirine bağlı bir çok faktörün ortak etkileşimi sonucu oldukça karmaşık bir işlemdir. İstatiksel analizler sonucunda kayaç kesilebilirliği açısından en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert mineralin tane boyutları olduğu görülmüştür. Sert mineralin tane boyutları arttıkça kesme işleminin zorlaştığı anlaşılmıştır. Özellikle kuvars, plajiyoklaz ve oftoklaz tane boyutlarının miktarları ile birlikte kritik faktörler olduğu tespit edilmiştir.

Kayaçların kesilebilirliği teknik ve ekonomik yönden oldukça önemli bir konudur. Bu yüzden “Elmaslı Tel Kesme Sistemi”nde kullanılması bilinen soket (Elmaslı Boncuk) tipinin belirlenmesi için kayacın kesilebilirliği incelenmelidir. Kesim performansı açısından kayaca en uygun soket kullanılmalıdır.

3.2.3. Elmaslı Tel Blok Kesmede Kesim Performansına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi

Kayacın kesilebilirliğine etki eden parametreler (Minerolojik ve petroğrafik özellikler, fiziko-mekanik özellikler) dışında elmaslı tel kesme metodunda kullanılan makinelerin teknik özellikleri de kesim performansını birinci derecede etkilemektedir.

Yatay ve Dikey delikleri hazırlanmış olan büyük kütlelerin (200-500 m³) kesiminde kullanılacak olan elmaslı tel makinesinin gücü, hazırlanmış olan bu kesime

koşulacak tel uzunluğunu çevirebilecek büyüklükte olmalıdır. Dolayısıyla kesim performansını etkileyen faktörlerin başında kullanılacak tel makinesinin gücü gelmektedir. Yapılan araştırmalara göre, 50 HP gücündeki bir motora sahip tel kesme makinesi 60-70 m, 60 HP gücündeki bir motora sahip tel kesme makinesi 80-100 m elmas teli çevirebilmektedir. Dağ kesimlerinde kullanılan bu elmaslı tel kesme makinelerinin kasnak çapları motor gücü ve devri ile uyumlu olmalıdır. 50 HP gücündeki bir tel kesme makinesinin kasnak çapı 80cm, 60 HP gücündeki bir tel kesme makinesinin kasnak çapı 90 cm olmalıdır.

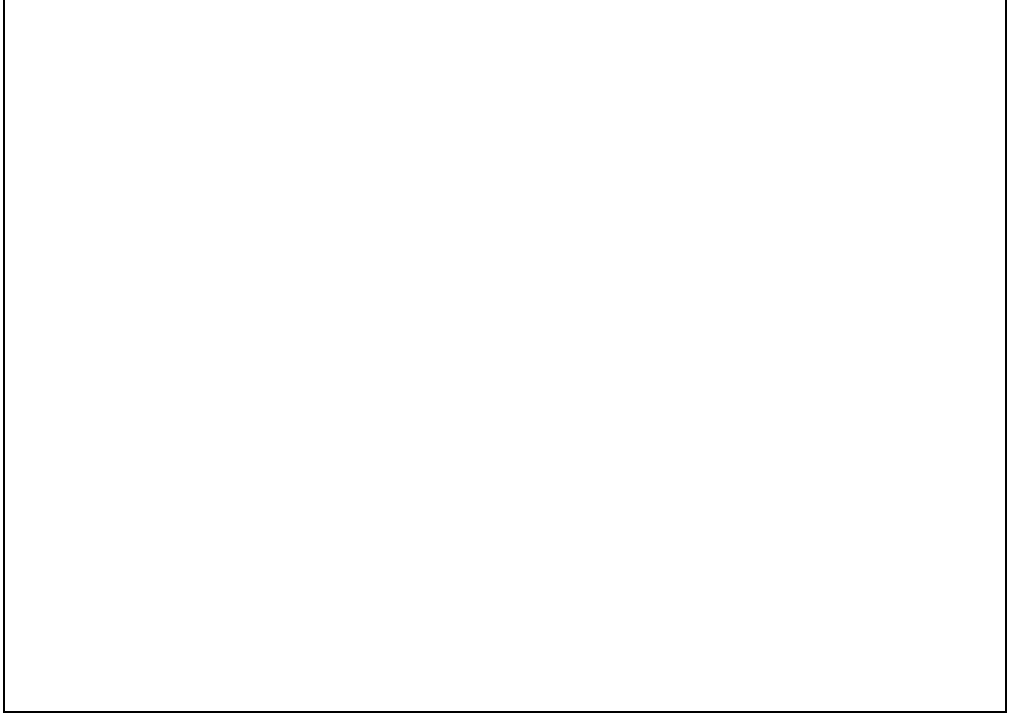
Mermer ocaklarında kullanılan bu tel kesme makineleri 2 HP gücündeki bir yürüyüş motoruyla yatay raylar üzerinde geriye doğru hareket ederek kesimi gerçekleştirmektedir. Bu makinelerin kesim kapasiteleri 6-8 m²/saat civarındadır.

3.2.3.1. Rampalı Tel Kesme Makinelerinde Kesim Performansı

Kesilmiş olan büyük kütleleri, Hidrolik iticilerle, su veya hava yastıklarıyla ana kütleden ayrılıp, devirdikten sonra standart bloklar haline getirilmesi genellikle Rampalı Elmas Tel Kesme Makinesi (sayalama, ebatlama) ile yapılmaktadır. (Şekil-3.18.) Mermer ocaklarında üretimi hızlandıran faktörlerin başında ebatlama hızı gelmektedir. Devrilen kütle bir an önce ebatlanarak uygun blok haline getirilip, üretim alanı dışına çıkarılmalıdır. Böylece bir sonraki ana kesimin önü açılıp, yatay ve dikey delikleri delinip kesime hazırlanmış olması sağlanacaktır. Eğer sayalama işlemi uzarsa, bir sonraki kütlenin kesimi de gecikecektir. Buda uzun vade de iş kaybı demektir.

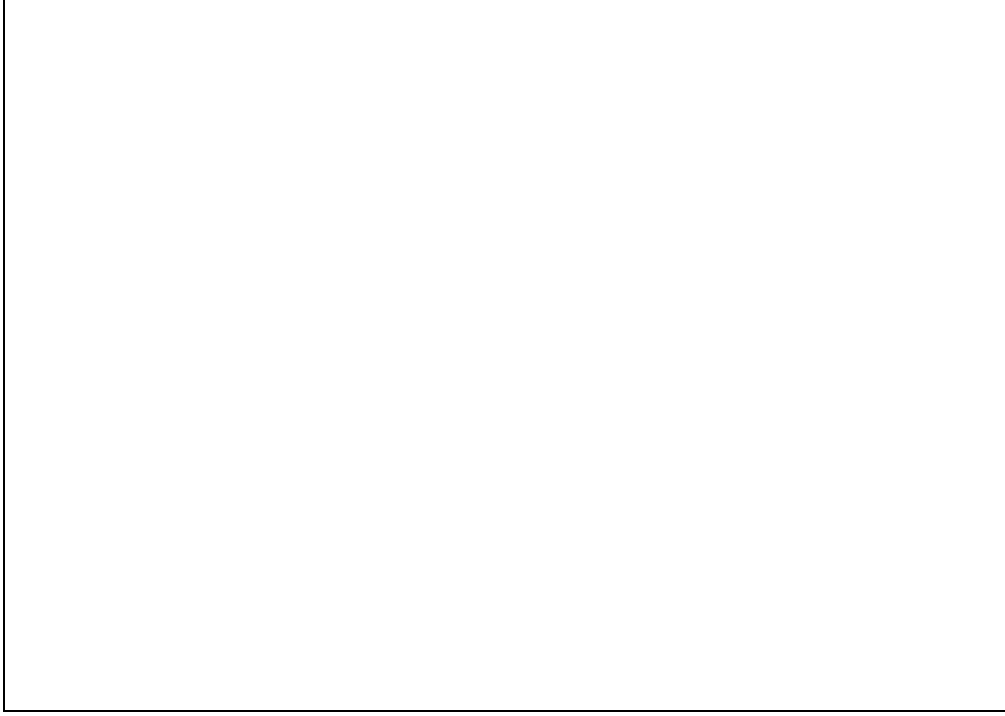
Rampalı Elmas Tel Kesme Makinesinde kesim performansına göre etki eden parametreler şunlardır.

- 1- Motor kapasitesi (güç),
- 2- Kasnak çapı,
- 3- Rampalı ray eğimi,
- 4- Kullanılan elmas telin kesilen kayaca uygunluğu.



Şekil-3.18. Rampalı elmas tel kesme makinesi.

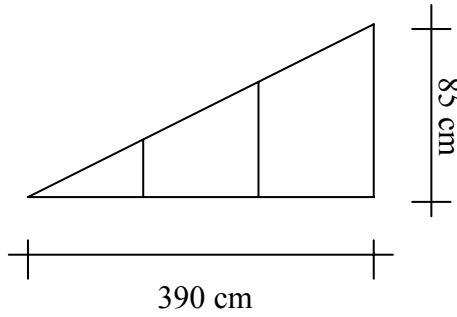
Kasnak ve kasnağın dönme hareketini sağlayan motordan oluşmuş gövde, rampalı (eğimli) ray üzerinde geriye doğru bilyalı tekerlekler üzerinde hareket ederek kesimi gerçekleştirmektedir. Kasnak ve motordan oluşmuş gövde, rampalı ray üzerine geriye doğru hareket ederken, gövdeye monte edilmiş bir halatla kontrol edilmektedir. Bu halat rampalı rayın en üst iki ucunu birleştiren demir profilin ortasına konmuş bir kollu makara ile bağlantılıdır. Kesim bittiğinde veya tel kısaltılacağına, bu kolun işçi tarafından çevrilmesi ile gövde rayın üst noktasına çıkarılır, ve kesim tekrar başlatılır. (Şekil-3.19.: Rampalı tel kesme makinesinin, geri halatının gövde ve kollu makara ile bağlantısı.)



Şekil-3.19. Rampalı tel kesme makinesinin, geri halatının gövde ve kolları ile bağlantısı.

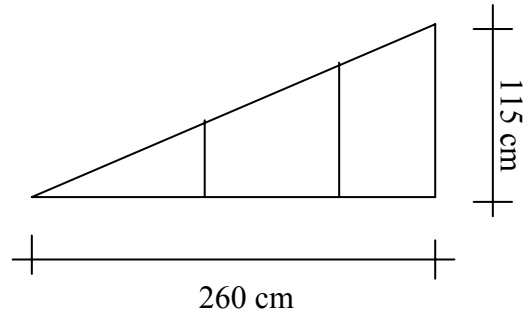
Kesimde kullanılan elmas teline kesilecek kayaca uygun olarak seçilmiş olduğunu kabul edersek, kesim performansını etkileyen en önemli faktörler, rampanın eğimi, motor gücü ve buna bağlı olarak kasnak çapı olmaktadır. Kayacın kesilebilirliğine uygun kapasitede motor ve kasnak kullanılmalıdır. Tarzeten, beyaz ve gri mermerlerde 20 HP gücünde motora bir milleden bağlı olan 42 cm çapındaki kasnaktan, imal edilmiş Rampalı Elmas Tel Kesme Makineleri kullanılmaktadır. Bunların eğimi ise 20° civarındadır. Bu tip yumuşak taşlarda çok verimli şekilde kullanılabilen bu sayalama makineleri daha sert olan Bej mermerlerde (Kireçtaşlarında) istenilen performansı sağlamaktadır. Dolayısıyla 30 HP gücüne sahip motordan , 50 cm çapında kasnaktan imal edilmiş rampalı tel kesme makinelerinin kullanılma zorunluluğu doğmuştur. Bu özellikleri taşıyan makinelerin rampa eğimi de yaklaşık 20° dir. Motor gücü ve kasnak çapı artırıldığında makinenin kesim hızı da artmaktadır. Motor gücü ve kasnak çapı artırılan makineyle daha büyük kütleler, daha kısa zamanda kesilebilmektedir. Böylelikle kesim hızlandırılıp, bir sonraki dağ kütesinin kesimine başlanmış olunabilmektedir. Yapılan araştırmalara göre, aynı

güce sahip, fakat rampa eğimleri farklı olan, iki ayrı rampalı sayalama makinesinden rampa eğimi büyük olan sayalama makinesinin kesim hızının daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni, eğimin artmasıyla meydana gelen dik rampa üzerinde kendi ağırlığıyla hareket eden gövdenin, (Motor ve kasnak) yerçekiminin etkisiyle sürekli geriye doğru hareket etmesidir. Böylece makine devamlı yükte çalışmak zorunda kalacaktır. Eğimin fazla olması demek $\sim 30^\circ$ - 35° civarındadır. Mermer ocaklarında kullanılan yerli rampalı elmas tel kesme makinelerinin bazılarının rampalı ray ölçüleri (Şekil3.20.a-b-c.) şöyledir.



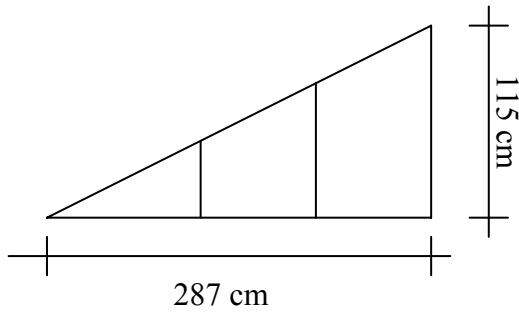
Makesan Marka Rampalı Elmaslı
Tel kesme Makinesi
(30 HP motor, 50Ø Kasnak)
Yan görünüş

Şekil-3.20.a.



Kaptanlar Marka Marka Rampalı Elmaslı
Tel kesme Makinesi
(20 HP motor, 42Ø Kasnak)
Yan görünüş

Şekil-3.20.b.



Demak Marka Rampalı Elmaslı
Tel kesme Makinesi
(20 HP motor, 42Ø Kasnak)
Yan görünüş

Şekil-3.20.c.

4. BULGULAR

4.1. Mermer Ocak İşletmeciliğinde Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Belirlenmesi Ve Kestirimi Üzerine Bir Analiz

Bu bölümde, mermer ocak işletmelerinde kullanılan sayalama ünitelerindeki sinterize elmas boncuklu tel ile kesim performanslarının belirlenmesine kullanılan algoritmik yaklaşımlar tanımlanmış olup, üç farklı mermer ocak işletmesine ait sayısal inceleme bulguları irdelenerek, mermer blok sayalama performans kriter yaklaşımları verilmiştir. Ayrıca bu bölümde, mermer türlerinin mühendislik özelliklerinin, değişken parametreler olarak kullanıldığı ve sinterize elmas boncuklu tel ile kesme işleminin uygulandığı sayalama ünitelerine ait kesim özellikleri ve kesim randımanı ilişkileri, gözlemsel ve deneysel bulgularla araştırılmış olup, tanımsal bulgular bu bölümde detay olarak sunulmuştur.

4.2. Performans Analiz Verilerinin Elde Edilmesi

Bu çalışmada, elmas tel kesme yönteminde rampalı sayalama (ebatlama) makinelerinin farklı karakteristik yapıya sahip mermer oluşumlarının kesiminde kullanılmasıyla elde edilen kesim performansları incelenmiştir. Elmas tel kesme yönteminde kullanılan sinterize boncuklardan oluşmuş elmas tellerin kesim sırasında kayaç içerisinde oluşturdukları tel izinin belirlenmesi için kesim derinliğine ve zamana bağlı bir takım veriler elde edilerek tel izi fonksiyonlarının çıkarılıp algoritmik ve pratik yaklaşımların geliştirilmesi amaç edilmiştir.

Gerekli bulguların elde edilmiş olup, sağlıklı olarak değerlendirilebilmesi için farklı karakteristik yapıya olan, Bej mermer, Traverten ve Muğla mermeri olmak üzere üç ayrı cins mermer üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Mermer ocaklarında blokların uygun ölçülere getirilmesi (ebatlama) yaygın olarak rampalı elmas tel kesme makineleriyle yapılmaktadır. Rampalı elmas tel kesme makinelerinin (Sayalamalar) ocaklarda yaygın olarak kullanılmasının başlıca nedeni;

bir işçi tarafından, iş makinesine gerek duymadan ocak içerisinde istenilen bölgeye taşınabilmesidir. Ayrıca kullanımının pratik oluşu işçilere kolaylık sağlamaktadır. Düz raylı elmas tel kesme sayalama makinelerinin ocak içerisindeki yer değişikliği iş makineleri tarafından sağlanmaktadır. Kumanda panolarının elektronik donanımı işçiye zor gelmektedir.

Farklı yapıya sahip mermerlerin ebatlanmasında kullanılan rampalı sayalamaların motor gücü, kasnak çapı ve rampa eğimi mermerin kesim sertliğine uygun olmalıdır. Özellikle Bej mermer ocaklarında kullanılan rampalı sayalama makineleri, daha az sertlikte olan Traverten ve Muğla mermerlerinde kullanılanlarından daha güçlü olmalıdır. Aksi takdirde üretim düşecek iş ve enerji kaybı olacaktır. Bu da işletmede ki blok maliyetinin artmasına neden olacaktır.

Verilerin elde edilmesi için adı geçen üç farklı karakteristik yapıya sahip mermer ocaklarında bir dizi çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, zamana bağlı olarak, kesim sırasında telin oluşturduğu yatay ve dikey derinlikler ölçülmüştür.(Şekil-4.1. ve Şekil-4.2.) Farklı zaman periyotlarında (5 -15 dak) alına yatay ve dikey değerler not edilerek değerlendirmeye alınmıştır. Saha verilerinin elde edilmesi için üç ayrı mermer ocak işletmesinde teknik kesim analizleri ve gözlemsel veriler fiili olarak ele alınmıştır. Verilerin alındığı işletmelere ait özet bilgiler aşağıdaki alt bölümlerde verilmiştir.

4.2.1. Erdem Mermer San. Tic. A.Ş.

Denizli İli Çay İlçesi Belevi köyü mevkiinde bulunan mermer işletmesidir. 1974 yılında ilkel yöntemlerle işletmeye alınmıştır. İşletilen mermer cinsi Travertendir. 1994 yılına kadar ilkel yöntemlerle çalışılmıştır. 1994 yılından sonra mekanizasyona geçilmiştir. Lastikli ve paletli yükleyicilerin alınması ve tel kesme yöntemine geçilmesi işletme üretim hızını artırmıştır.

Traverten Ocağında Sinterize elmas boncuklardan oluşmuş elmas teller kullanılmaktadır. Traverten kayaları teklemeye olduğundan elmas tel fazla tüketilmemektedir. Kesim sertliği az olduğundan üretim hızı yüksektir.

Şekil-4.1. Yatay ve dikey derinliklerin ölçülmesi

Şekil-4.2. Yatay ve dikey derinliklerin ölçülmesi.

Mermer ocağı üç kademe olarak işletilmektedir. Birinci kademe yüksekliği 9 metre olmakla beraber bunun 4 metresi pasa, 5 metresi travertendir. İkinci kademe yüksekliği 7 metre olup, 3 metresi pasa, 4 metresi travertendir. Üçüncü kademe yüksekliği 4 metredir. Tamamı travertenden oluşmaktadır. Yıllık blok üretimi 5000-5500 m³ civarındadır.

Üretilen traverten blokları, Afyon'a Erdem Mermer'in kendi fabrikasına nakledilip işlenmektedir. Ayrıca İspanya, Arabistan, İsrail ve Amerika gibi ülkelere ihraç edilmektedir.

İşletmede iki adet lastikli yükleyici, bir adet ekskavatör, bir adet kamyon bulunmaktadır. Ayrıca iki Elmas Tel Dağ kesme makinesi, sekiz adet rampalı sayalama makinesi, bir adet sondaj makinesi, iki adet titano, sekiz adet bom bulunmaktadır.

4.2.2. Ç.M.S. Madencilik ve Mermer San. Tic.Ltd.Şti.

Antalya İli Korkuteli ilçesi Kızılcadağ Köyü mevkiinde İ.R.6199 Nolu Bej Mermer İşletme Sahasıdır. 1997 yılında Erka Mermer tarafından işletmeye alınmış fakat ekonomik yetersizlik nedeniyle 1,5 yıl vasat bir şekilde üretim yapılmıştır. Daha sonra Ç.M.S. Madencilik'e devredilmiştir. 1,5 yıldır işletilen mermer ocağı üç kademeye ulaşmıştır. İşletmede Sinterize elmas boncuklardan oluşan elmas tel kesme yöntemi kullanılmaktadır.

Ç.M.S. Madencilik Bej mermer ocağında, Krem rengi, Kırmızı damarlı ve Yeşil damarlı olmak üzere üç farklı renkte blok üretilmektedir. Üretilen bloklar Afyon'a nakledilerek burada kendi fabrikalarında işletilmektedir. Elde edilen ebatlı ürün ve bloklar genellikle Orta Doğu ve Körfez Ülkelerinin yanı sıra İsrail, A.B.D., Kanada ve Honkong'a ihraç edilmektedir. Ayrıca moloz mermerler de Bucak'da satın alınan bir fabrikada değerlendirilmektedir.

İşletmenin yıllık blok üretimi 5000-6000 m³ civarındadır. Bej mermer ocaklarında blok bölümü %10-20 arasında değişmektedir. Ayrıca malzemenin sertliğinin fazla olması üretimi yavaşlatmaktadır.

İşletmede bir adet lastikli yükleyici, bir adet ekskavatör, bir adet kamyon bulunmaktadır. Ocak ekipmanları olarak da üç adet Elmas Tel Dağ kesme makinesi, altı adet rampalı sayalama makinesi, iki adet sondaj makinesi, iki adet titano, on adet bom bulunmaktadır.

4.2.3. Yükseller Mermer San. Tic. Ltd. Şti.

Muğla İli Kavaklıdere İlçesi Salkım Köyü Kestanecik Mahallesi mevkiinde bulunan İ.R.2880 Ruhsat nolu Mermer işletmesidir. 1995 yılında işletmeye alınmıştır. 5,5 yıl içerisinde 7 kademe oluşturulmuştur. Ocakta Elmaslı tel kesme yöntemi kullanılmaktadır. Elmaslı tellerde kesimi gerçekleştiren boncuklar, Sinterize elmas boncuklardır.

Yükseller Mermer ocağında, Leylak, Beyaz, Menekşe ve Sedef olmak üzere dört ayrı renkte blok mermer üretilmektedir. Mermer ince kristallidir. Mermer sahası metamorfik şist içinde mercer şeklinde oluşmuştur.

Yıllık ortalama 5000-6000 m³ blok mermer üretilmektedir. Üretilen bloklar genellikle iç piyasaya verilmektedir. Özellikle İzmir Torbalı'da bulunan mermer fabrikaları tarafından işlenerek piyasaya sürülmektedir.

Sahanın ekonomik rezervi 90000-100000 m³, görünür rezervi 800000-1000000 m³, muhtemel rezervi 3000000 m³ civarındadır.

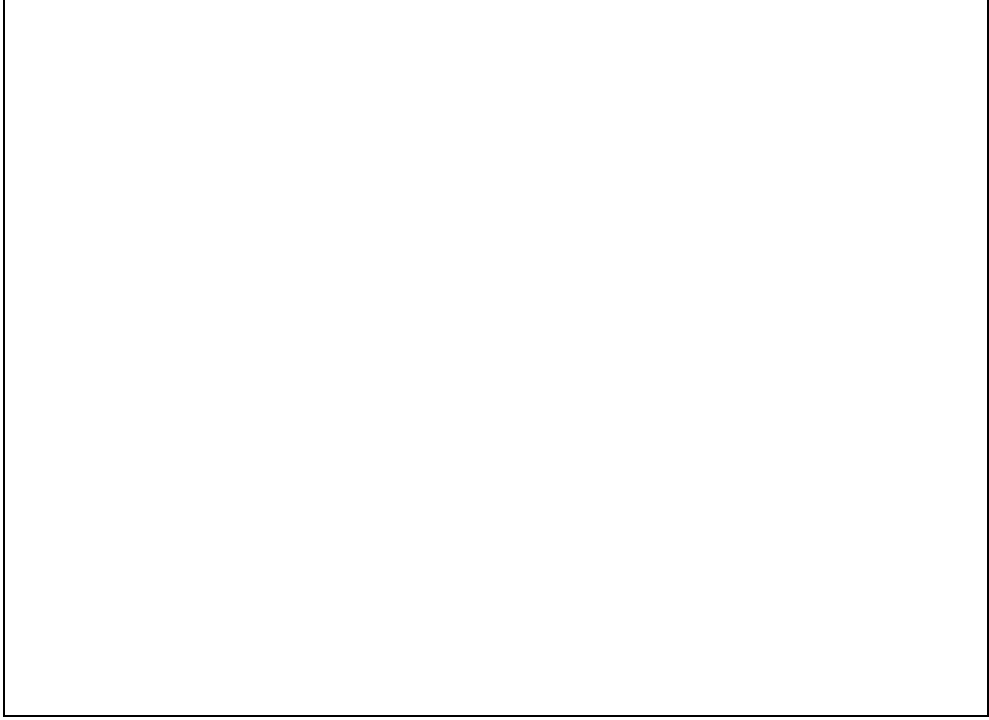
Mermer ocağında, iki adet lastikli yükleyici, bir adet ekskavatör, iki adet kamyon bulunmaktadır. Ayrıca iki Elmas Tel Dağ kesme makinesi, on adet rampalı sayalama makinesi, üç adet sondaj makinesi, altı adet titano, yirmi adet bom bulunmaktadır.

4.3. Tel Kesme Ve Sayalama

Elmas tel kesme makineleri , elektrikli ve dizel olmak üzere iki farklı tipte üretilmektedir. Bu farklı tip makineler ayrıca, çalışma prensiplerine göre de bölümlere ayrılmaktadır. Elektrikli ve mekanik sistemli tel kesme makinesi; kesim süresince telin gerginliği elektrik motoru-balata yada elektrik motoru ve dişli birliği ile sağlanır. İtalyan kökenli makinelerin çoğu elektro-mekanik sistemlidir.

Hidrostatik sistemli, elektrikli tel kesme makinesi; gövdenin içerisinde yağ tankı bulunmaktadır. Kasnağın dönüş hareketi ne makinenin ileri geri yürüyüşü. Yağ pompası ile elde edilen hidrolik basınç ile kontrol edilmektedir. Kesim süresince telin gerginliği hidrolik piston ile sağlanmaktadır.

Elmas tel kesme (dağ kesimi) makineleri ile kesilmiş olan kütlenin, hidrolik çift tesirli silindirlere kumanda eden hidrolik güç üniteleri yardımıyla, ana kütleden ayrılması ve devrilmesinden sonra, standart bloklar haline getirilmesini sağlayan elmas tel makinelerine sayalama makineleri adı verilmektedir (Şekil-4.3.). Bu makineler 3m boyunda 2-3 adet raydan oluşan bir hat üzerinde hareket etmektedirler. Ağırlık olarak hafif olan makinalar, düşük güçte makinalar olup bunlar büyük blokların ticari boyutlara kesilmesi için kullanılmaktadırlar. Bu işlemede sayalama işlemi veya tel kesme ile sayalama adı verilmektedir. Standart bloklarda, boyun 230 – 330 cm , enin 110 – 160 cm ve yüksekliğin 90 –150 cm arasında olması gerekir.



Şekil-4.3. Rampalı sayalama makinesi.

Rampalı sayalama makineleri ocak içerisinde, tek bir işçi tarafından kolay bir şekilde yer değiştirilebildiği için, mermer ocaklarında büyük önem taşımaktadır. Rampalı elmas tel kesme makineleri elektrikli ve dizel olmak üzere iki tipte üretilmektedir. Elektrikli tip rampalı sayalama, daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.4. Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Analiz

Mermer ocak işletmeciliğinde, ana kayaç gövdesinden tel kesme ile koparılan mermer blokları genelde ya büyük boyutlarda olabilmekte yada bir ve/veya birkaç yüzeyi düzgün olarak elde edilememektedir. Bu da, blokların kamyonlar ile nakledilmesinde boyutlarının büyüklüğü sebebi ile problem oluşturabilmektedir. Diğer bir husus ise, bu bloklar, ilk kesimde elde edilen büyüklükleri ile mermer işleme fabrikalarına kadar nakledilebilseler bile, eğer blok yüzeyleri düzgün değil ise, fabrikalarda genelde gereksiz moloz oluşumlarına sebep olabilmektedirler. Bu

bakımdan, bu tarz mermer blokları, ocak yerinde sayalama işlemine tabii tutularak, istenilen blok boyutlarına indirgenebilmektedir. Sayalama işlemlerinde, genelde blok kesiminde kullanılan tel kesme ekipmanlarına nazaran daha küçük boyutlarda ve daha düşük kesim kapasitelerine sahip, sayalama donanımları kullanılmaktadır.

Ülkemizde fiili olarak çalışmakta olan bir çok mermer ocak işletmelerinde yapılan gözlemler sonucunda, kullanılan sayalama ekipmanlarının çeşitliliği hemen göze çapmakla birlikte, bu ekipmanların kullanımları sürecinde, sayalamada elde edilen kesim performanslarının belirlenmesine yönelik pek fazla bir rakamsal verilere rastlanamamaktadır. Genelde karşılaşılan olgu, ocak sayalamalarının performansı, kesilen mermer blok yüzeyi eğrileri ile ifade edilmiştir. Ancak, bu sayalama ünitesinden % ne kadar performans alınabildiği veya diğer bir değişle, sayalama ünitesinin rantabil olarak ne kadar kullanılabildiği hususunda çok fazla veriye ulaşılamamaktadır. Burada önemli husus, ocak işletmesinde kullanılan sayalama ekipmanının çalışma prensibine ve kesimi yapılan mermer bloğunun genel malzeme karakteristiğine ve kesimde kullanılan tel türüne bağımlı olarak, yapılan uygulamadan ne kadar verim alınabildiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu verim belirlendiği takdirde, ocaktaki sayalamadan elde edilen performans değeri tanımlanabileceği gibi, işletmedeki sayalama uygulamasının rantabil olarak çalışıp çalışmadığı hususunda da yorum yapılabilecektir.

Mermer ocak işletmelerinde, sayalama uygulamalarının kesim performans değerlerinin pratik olarak belirlenmesine yönelik yapılan yoğun bir ArGe çalışmasında, sinterize boncuk dizimli teller ile farklı tip ve çalışma prensibine sahip sayalama makinalarının, farklı tür mermer kesimlerinin, birim zamanda elde edilen kesim kapasite değerleri detay olarak ölçülmüş ve belirli formatlarda mermer ocak işletmelerine ait veri kümeleri oluşturulmuştur. Bu veri kümeleri, ileri mühendislik matematiği ve non lineer istatistiksel yaklaşımlar da kullanılarak, sayalama uygulamalarına ait pratik olarak kullanılabilecek ampirik eşitlikler geliştirilmiştir. Bu bölümde, geliştirilen bu eşitlikler tanımsal ölçeklerle verilmekle birlikte, oluşturulan veri kümelerinin sistematigi de tanımlanmıştır.

Sayalama işleminde elde edilen kesim performansının belirlenebilmesi için aşağıda belirtilen parametre ve verilerin ocakta kesim sürecinde detay olarak belirlenmesi ve rakamsal değerlerin rapor edilmesi gerekmektedir.

- Kesimi yapılan mermerin türü ve mühendislik özellikleri,
- Kesimde kullanılan elmas boncukların türü ve dizilim sayısı,
- Sayalamada kullanılan elmas telin uzunluğu ve kesim sürecindeki çevresel hız değeri,
- Kesim sürecinde belirli periyotlarla, blok içinde telin izini belirlemeye yönelik, yatayda ve düşeydeki kesim derinliklerinin en az 15'er noktada ölçüm değerleri,
- Kesimde kullanılan tel ve boncuk türü için, teorik kesim kapasite değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yukarıda verilen bu değerler kullanılarak, bir sayalama uygulamasının performans değeri tanımlanabilmektedir. Bu tanımlama işleminin genel algoritmik yaklaşımı şu şekilde verilmektedir:

$$\eta = \frac{Q_{\text{fiili}}}{Q_{\text{teorik}}} \cdot 100$$

Burada;

η : Sayalama randımanı, %,

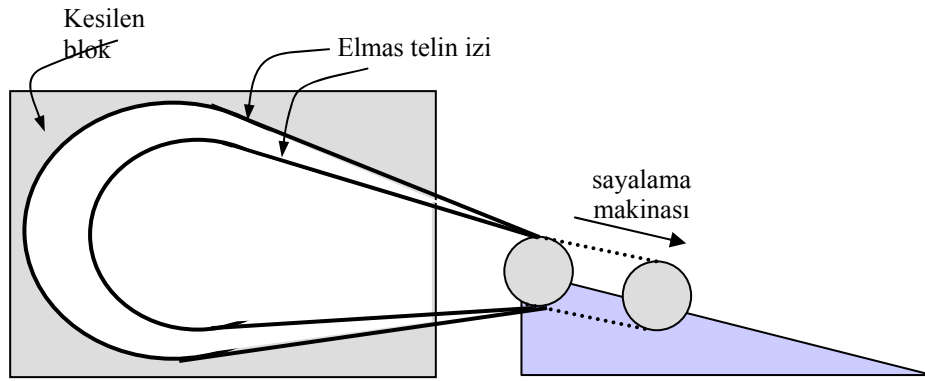
Q_{fiili} : Sayalamanın fiili kapasite değeri, m²/m,

Q_{teorik} : Telin teorik kapasite değeri, m²/m.

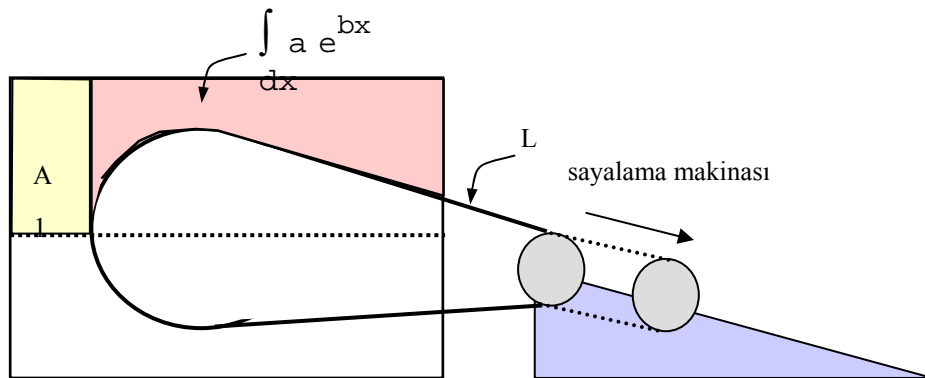
Sayalama randımanın belirlenmesinde görüleceği gibi, sayalama uygulamasında elde edilen fiili kapasite değerinin ve kullanılan telin teorik kapasite değerinin optimum olarak belirlenmesi gerekmektedir. Burada üzerinde hassasiyetle durulması gereken iki ayrı husus gündeme gelmektedir. Birincisi; sayalamanın fiili kapasite değerinin belirlenmesinde, belirli zaman periyodunda mermer karakteristiğine bağımlı olarak elmas telin, blok içinde kesim sürecinde oluşan fonksiyonel izlerinin tanımlanması gerekmektedir. İkinci husus ise; kullanılan telde bulunan elmas boncukların türüne,

boncuk sayısına ve kesim için uygulanabilecek mermer türüne bağımlı olarak, tel ve boncuk üreticisi firmaların katalog değerlerinden, bu tele ait teorik kapasitenin ne olabileceğinin tasarlanması gerekmektedir. Bu uygulama sistematığının tanımsal örneklemeşi aşağıda detay olarak verilmiştir.

Bilindiği gibi, elmas tel ile kesim sürecinde, elmas tel blok içersinde giderek azalan bir trend gösteren parabolik birer eğri şeklinde iz çizerek, kesim yapmaktadır. Sayalama uygulamalarında bu olgu Şekil-4.4. ve Şekil-4.5. 'de sembolize edilmiştir.



Şekil-4.4. Sayalamada elmas telin eğrisel izi.

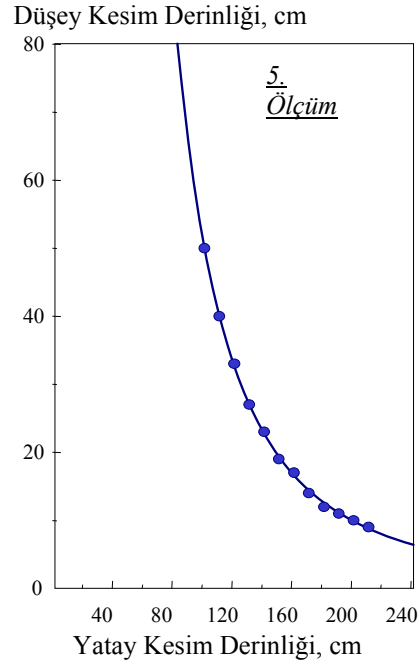
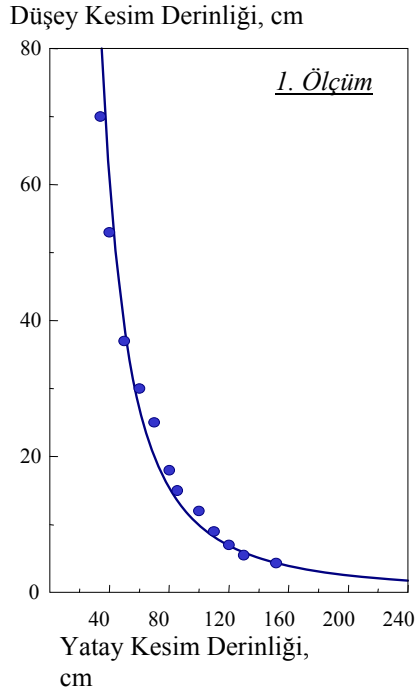


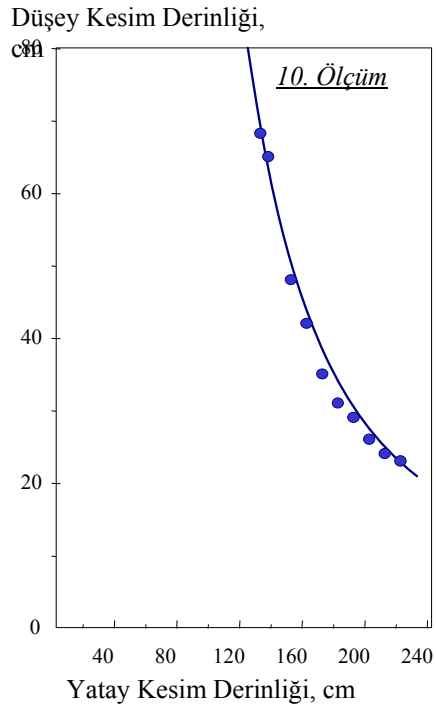
Şekil-4.5. Sayalamada kesilen alan değerleri.

Şekil-4.4.`de gösterilen telin eğrisel izleri, ocakta yapılacak ölçümler ile fonksiyonları birim zaman kesimi için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Bu tanımlamaya yönelik olarak, bu çalışmada üç ayrı mermer ocak işletmesine ait veri değerleri burada örnek olarak verilmiştir. Sayalama uygulamalarında, sinterize boncuk dizilimine sahip elmas telle kesimde ölçüm değerleri alınan mermer blok türleri şunlardır:

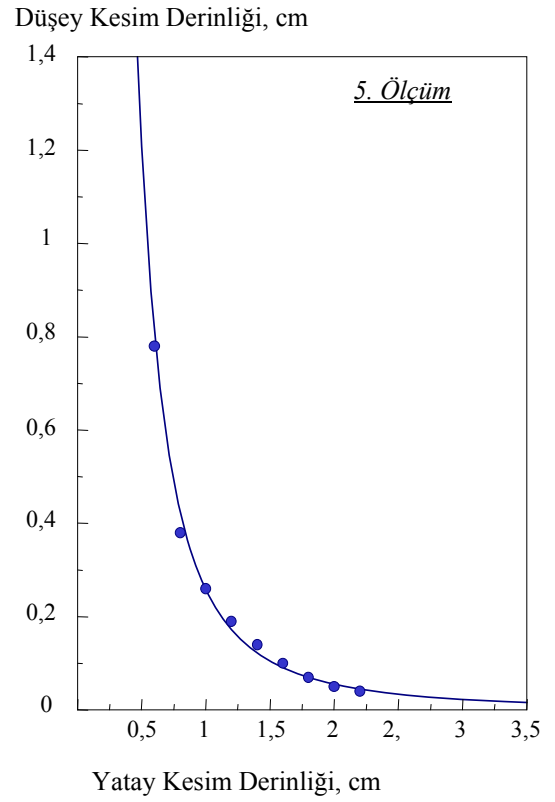
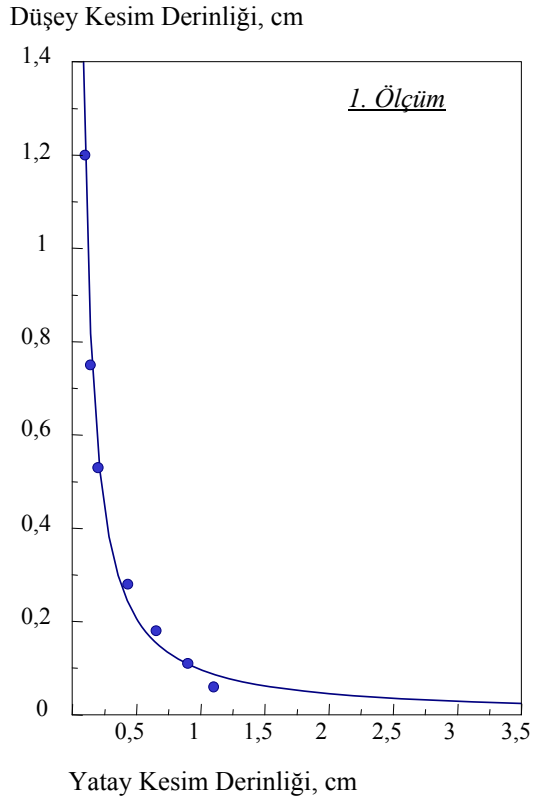
- Denizli traverten,
- Korkuteli Bej mermeri,
- Muğla Leylak mermeri.

Mermer türlerine ait, sayalamada elde edilen elmas telin iz fonksiyonları detay ölçüm değerlerine göre ayrı ayrı tanımlanarak, 30 dakikalık kesim zamanına ait fonksiyonel ifadeler aşağıda verilmiş olup, iz fonksiyonları Şekil-4.6.ve Şekil-4.8.`de gösterilmiştir.

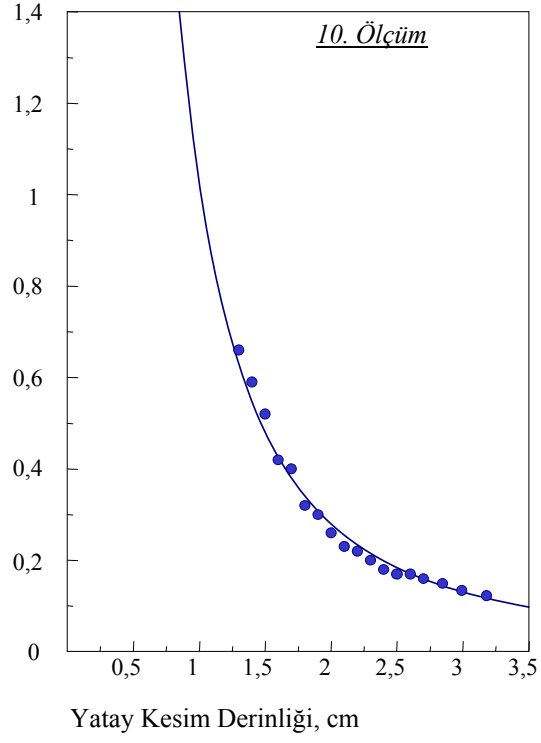




Ŗekil-4.6. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları (*Denizli Traverten*).

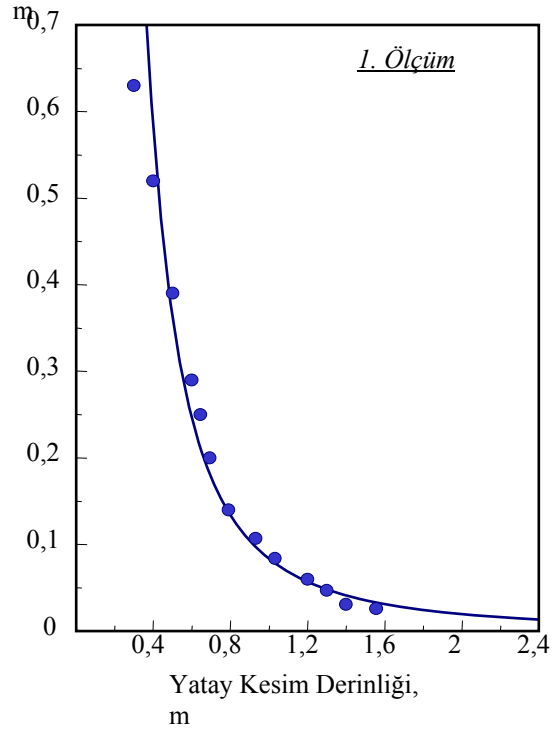


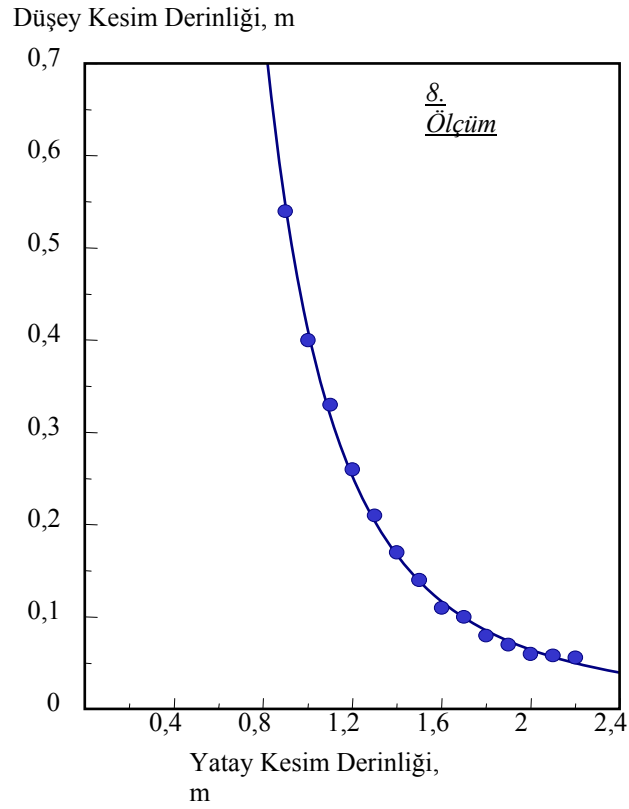
DüŖey Kesim Derinliği, cm



**Ŗekil-4.7. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları
(Korkuteli Bej Mermeri).**

DüŖey Kesim Derinliği,





Şekil-4.8. Sayalamada sinterize elmas telin iz fonksiyonları (Muğla Leylak Mermeri).

- Denizli Traverten:

$$\Delta y = 3.5311 * e^{-1.290 * \Delta x}$$

- Korkuteli Bej Mermeri:

$$\Delta y = 0.258 * e^{-2.226 * \Delta x}$$

- Muğla Leylak Mermeri:

$$\Delta y = 2.279 * e^{-1.780 * \Delta x}$$

Burada;

Δy : Düşey kesim derinliği, m,

Δx : Yatay kesim derinliği, m.

Bu eşitliklerden de görüleceği üzere, elde edilen fonksiyonların genel karakteristiği, üstel fonksiyonlar olarak tanımlanmıştır. Bu değerlendirmeler kullanılarak, sayalamada mermer türlerine ait fiili kapasite değerleri şu yaklaşım ile tanımlanabilmektedir:

$$Q_f = \frac{A_1 + \int a e^{bx} dx}{L}$$

Burada;

Q_f : Sayalamanın fiili kapasite değeri, m^2/m ,

A_1 : Düz olarak kesilen toplam alan, m^2 ,

L : Telin boyu, m.

Yukarıda verilen yaklaşım kullanılarak, mermer türlerinin kesim zamanına bağımlı sayalama fiili kapasite değerleri aşağıdaki fonksiyonlar şeklinde belirlenmiş olup, zaman-kapasite değişimleri Şekil-4.9. ve Şekil-4.11.'de verilmiştir.

Denizli Traverten:

$$Q_f = 0.1494 * t_i^{0.9244}$$

Korkuteli Bej Mermeri:

$$Q_f = 0.0849 * t_i^{0.9238}$$

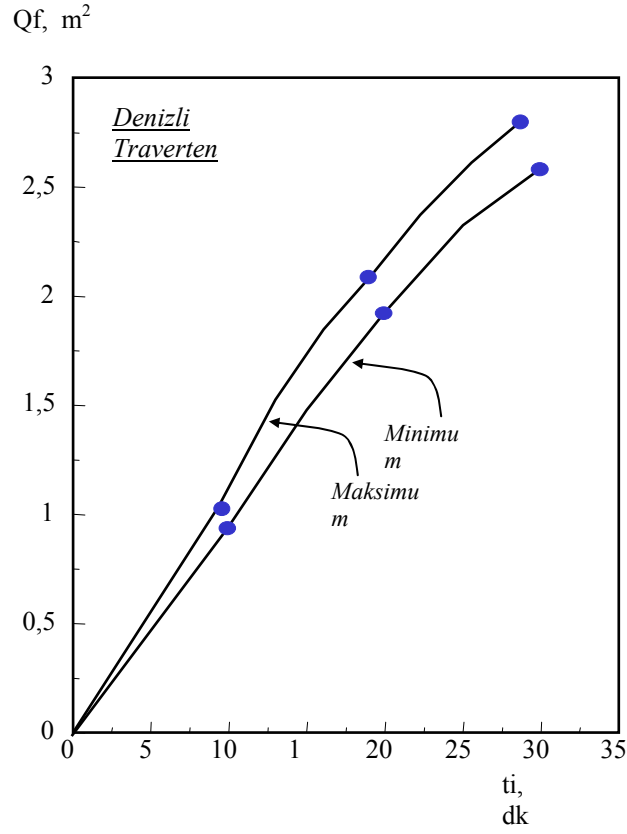
Muğla Leylak Mermeri:

$$Q_f = 0.0601 * t_i^{0.9671}$$

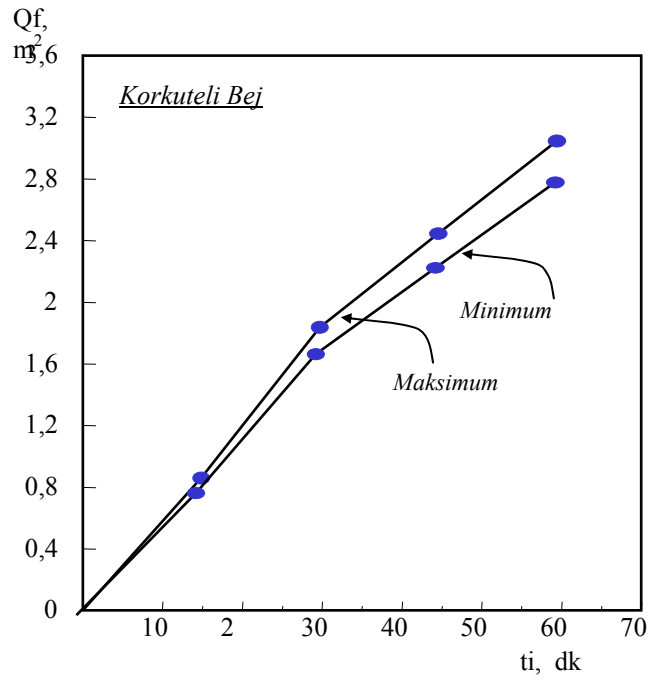
Burada;

Q_f : Sayalamanın fiili kapasite değeri, m^2/m ,

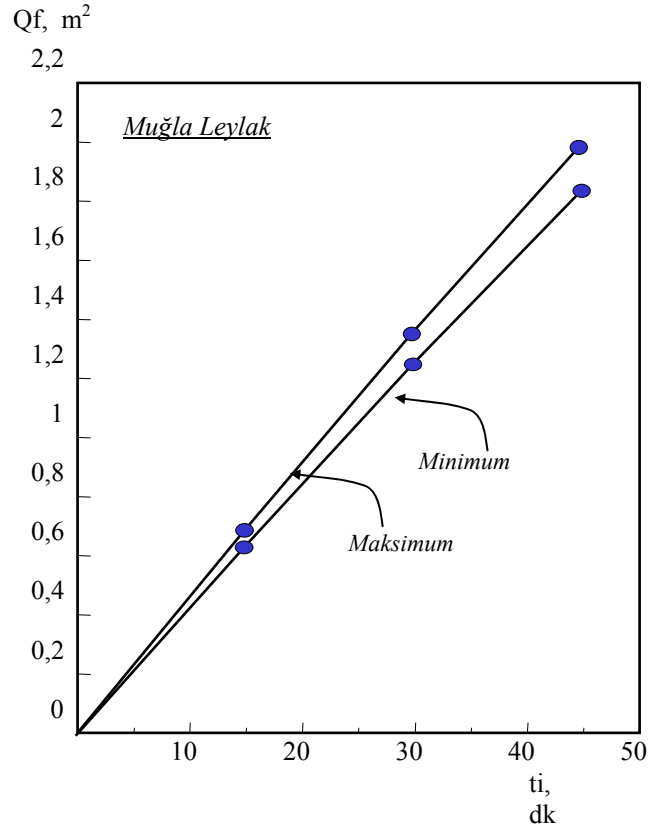
t_i : Kesim süresi, dk.



Şekil-4.9. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (Denizli Traverten).



Şekil-4.10. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (Korkuteli Bej Mermeri).



Şekil-4.11. Sayalamada kesim zamanına bağımlı fiili kapasite değişimi, (Muğla Leylak ermeri).

Mermer türlerine ait sayalamada kullanılan elmas telin karakteristiğine göre belirlenen teorik kapasite değerleri de, birim zamanda kesilen mermer yüzeyi biriminde hesaplanarak, aşağıda verilen fonksiyonlar şeklinde değerleri bulunmuştur:

Denizli Traverten:

$$Q_t = 0.125 * t_i^{0.999}$$

Korkuteli Bej Mermeri:

$$Q_t = 0.101 * t_i^{0.999}$$

Muğla Leylak Mermeri:

$$Q_t = 0.114 * t_i^{0.999}$$

Burada;

Q_t : Elmas telin teorik kapasite değeri, m^2/m ,

t_i : Kesim süresi, dk.

Yukarıda ayrı ayrı tanımlamaları verilen sayalamalara ait kesim kapasite yaklaşımları kullanılarak, mermer türleri için çıkarımı yapılan randıman eşitlikleri ise şu şekilde verilmiştir:

Denizli Traverten:

$$\eta = 119.52 * t_i^{-0.0656}$$

Korkuteli Bej Mermeri:

$$\eta = 84.95 * t_i^{-0.0660}$$

Muğla Leylak Mermeri:

$$\eta = 52.72 * t_i^{-0.0230}$$

Burada;

η : Sayalama randımanı, %,

t_i : Kesim süresi, dk.

Bu eşitlikler yardımı ile ocak işletmesindeki sayalama ünitelerine ait optimum randıman veya çalışma performans değerleri belirlenebilmektedir. Bu eşitliklerin kullanılabilirliğine ilişkin, yapılan bir analiz karşılaştırmasının bulguları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge-4.1. Sayalama randımanı optimizasyonu bulguları.

Mermer Türü	Saha ölçüm verilerine göre 60 dk kesim için Sayalama Randımanı %	Regrasyonel yaklaşımlar ile 60 dk kesim için Sayalama Randımanı %
Denizli Traverten	89.55	91.37
Korkuteli Bej	63.47	64.83
Muğla Leylak	47.54	47.98

4.5. Sayalama Uygulamalarında Kesim Performansının Kestirimi Üzerine Bir Analiz

Mermer ocak işletmelerinde farklı tür mermer oluşumlarının blok işletmeciliği sürecinde, farklı amaçlarla sayalama işlemleri, diğer bir deyişle monotel uygulamaları sıklıkla uygulana gelen bir işlemdir. Bu işlem sürecinde, sayalama uygulamasından optimum verim alınabilmesi için, uygulama yapılan işletmede teknik elemanlar tarafından günlük faaliyet raporları tutularak, sayalama kesiminin randımanının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, ne var ki bir çok işletmede bu tarz raporlamalar yapılmadığı gibi, işletmede sayalama uygulamaları için belirli bir randıman hesaplamalarına da gidilmemektedir. Bu bakımdan, işletmecilik ele alındığında, gerektiği kadar teknik anlamda çalıştırılmadığı sonucuna varılabilmektedir. Diğer taraftan, mermer ocak işletmelerinde, sayalama uygulamalarında kesimi yapılan bloğa hangi tür bir tel kullanılacak ve tele ne kadarlık bir çevresel hız dönüşü verilecek gibi ayrıntıların belirlenebilmesi için, arzu edilen sayalama randımanının önceden belirlenmesi ve bu değere ulaşabilmek için sayalama ekipmanında yapılması gereken tanzimler düzenlenmelidir.

Mermer ocak işletmelerinde, sayalama uygulamalarının kesim performans değerlerinin pratik olarak belirlenmesine yönelik yapılan yoğun bir ArGe çalışmasında, sinterize boncuk diziliimli teller ile farklı tip ve çalışma prensibine sahip sayalama makinalarının, farklı tür mermer kesimlerinin, birim zamanda elde edilen kesim kapasite değerleri detay olarak ölçülmüş ve belirli formatlarda mermer ocak işletmelerine ait veri kümeleri oluşturulmuştur. Bu veri kümeleri, ileri mühendislik matematiği ve non lineer istatistiksel yaklaşımlar da kullanılarak, sayalama uygulamalarına ait pratik olarak kullanılabilir ampirik eşitlikler geliştirilmiştir. Ayrıca, sayalama ile kesimi yapılacak mermer bloğunun mekanik dayanım ve fiziksel özelliklerine bağımlı olarak, sayalama randımanının pratik kestirimine yönelik çalışmalar sayısal olarak yapılmış ve istatistiksel anlamlılık düzeyleri yüksek algoritmik eşitlikler geliştirilmiştir. Bu makalede, geliştirilen bu eşitlikler tanımsal ölçeklerle verilmekle birlikte, oluşturulan veri kümelerinin sistematigi de tanımlanmıştır.

Sayalama işleminde elde edilen kesim performansının belirlenebilmesi için, aşağıda belirtilen parametre ve verilerin ocakta kesim sürecinde detay olarak belirlenmesi ve rakamsal değerlerin rapor edilmesi gerekmektedir.

- Kesimi yapılan mermerin türü, mekanik özellikleri ve fiziksel özellikleri,
- Kesimde kullanılan elmas boncukların türü ve dizilim sayısı,
- Sayalamada kullanılan elmas telin uzunluğu ve kesim sürecindeki çevresel hız değeri,
- Kesim sürecinde belirli periyotlarla, blok içinde telin izini belirlemeye yönelik, yatayda ve düşeydeki kesim derinliklerinin en az 15'er noktada ölçüm değerleri,
- Kesimde kullanılan tel ve boncuk türü için, kesilecek mermer bloğunun türüne göre, teorik kesim kapasite değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Yukarıda verilen bu değerler kullanılarak, bir sayalama uygulamasının performans değeri tanımlanabilmektedir. Bu tanımlama işleminin genel algoritmik yaklaşımı şu şekilde verilmektedir:

$$\eta = \frac{Q_{\text{fiili}}}{Q_{\text{teorik}}} \cdot 100$$

Burada;

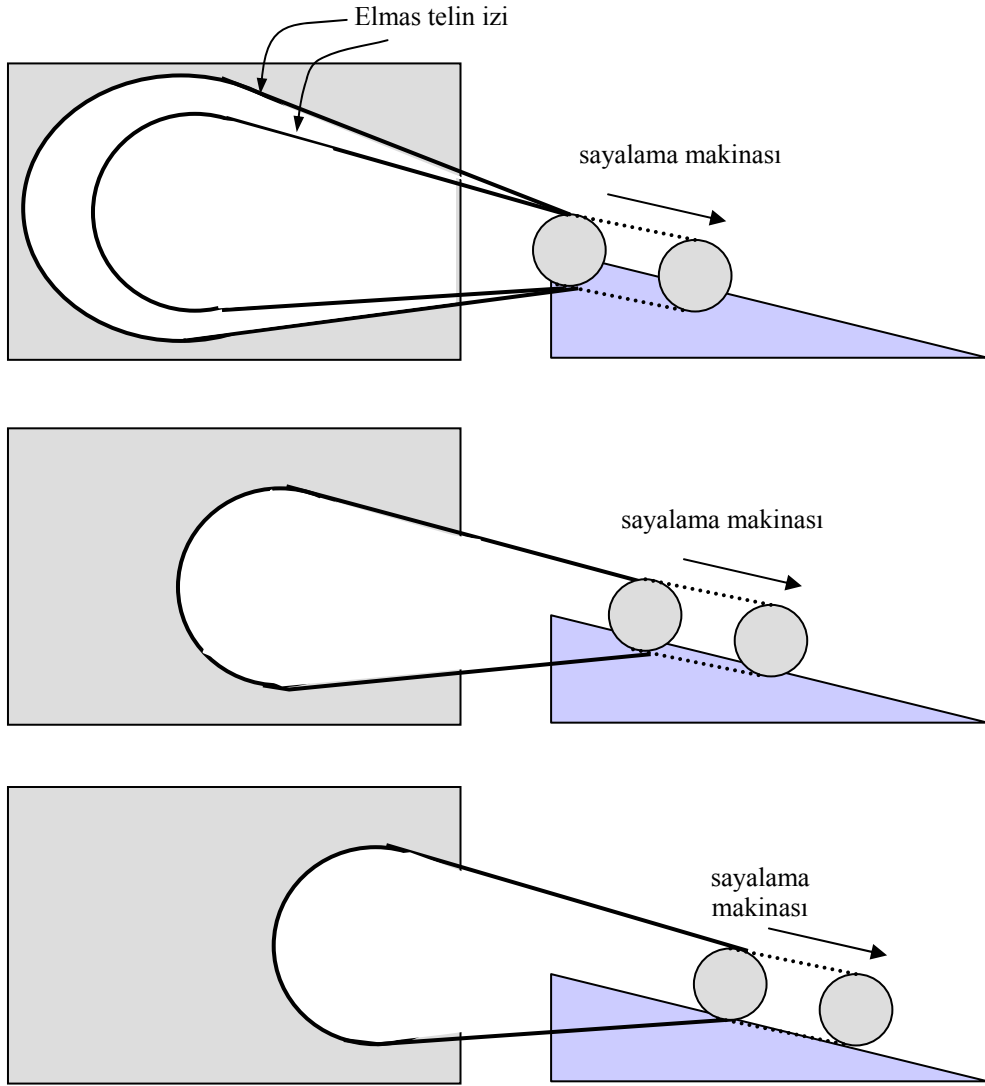
η : Sayalama randımanı, %,

Q_{fiili} : Sayalamanın fiili kapasite değeri, m²/h,

Q_{teorik} : Telin teorik kapasite değeri, m²/h.

Sayalama randımanın belirlenmesinde görüleceği gibi, sayalama uygulamasında elde edilen fiili kapasite değerinin ve kullanılan telin teorik kapasite değerinin optimum olarak belirlenmesi gerekmektedir. Burada üzerinde hassasiyetle durulması gereken iki ayrı husus gündeme gelmektedir. Birincisi; sayalamanın fiili kapasite değerinin belirlenmesinde, belirli zaman periyodunda mermer karakteristiğine bağımlı olarak elmas telin, blok içinde kesim sürecinde oluşan fonksiyonel izlerinin tanımlanması gerekmektedir. İkinci husus ise; kullanılan telde bulunan elmas boncukların türüne, boncuk sayısına ve kesim için uygulanabilecek mermer türüne bağımlı olarak, tel ve boncuk üreticisi firmaların katalog değerlerinden, bu tele ait teorik kapasitenin ne olabileceğinin tasarlanması gerekmektedir. Bu uygulama sistematığının tanımsal örnekleme aşağıda detay olarak verilmiştir.

Bilindiği gibi, elmas tel ile kesim sürecinde, elmas tel blok içersinde giderek azalan bir trend gösteren parabolik birer eğri şeklinde iz çizerek, kesim yapmaktadır. Sayalama uygulamalarında bu olgu Şekil-4.12.'de sembolize edilmiştir.



Şekil-4.12. Sayalamada elmas telin eğrisel izi.

Şekil-4.10.'da gösterilen telin eğrisel izleri, ocakta yapılacak ölçümler ile fonksiyonları birim zaman kesimi için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Ayrıca bu iz değerleri, sayalama yapılan mermer bloğunun genel karakteristiği ve bunu sembolize eden parametreler cinsinden de ayrı ayrı fonksiyonel olarak tanımlamaları yapılmalıdır. Bu tanımlamaların optimum olarak yapılabilmesi için, farklı tür mermerlerin genel karakteristiği bu çalışma için mekanik dayanım değerleri (basınç dayanım değerleri, σ_c) ve fiziksel özellikleri (porozite değeri, P_g , doluluk oranı, k , birim hacim ağırlık değeri, γ , ve kütlece su emme oranı değeri, S_k) değerleri ile

sembolize edilmiştir. Bilindiği gibi mermerin sertliği, mermerin tel kesme ile kesim performansına etkileyen temel faktörlerin başında gelmektedir. Mermerin sertliği, strüktür yapısındaki silis içeriğinin bir fonksiyonu olarak tanımlanabilmektedir. Sert karakteristik sergileyen mermerler, kesimi genelde güç olan mermerlerdir. Bununla birlikte, sert karakteristiğe sahip mermer yapılarının, basınç dayanım değerleri de oldukça yüksek değerlerdedir. Bu bakımdan, mermerin basınç dayanım değerinin yüksek değerlerde olması, bu mermerin, elmas tel ile kesilmesi sürecinde, kesim işleminin daha zor olacağına bir göstergesi olmaktadır. Bu açıdan, mermer bloğu sayalama ünitesine alınmadan önce, mermeri oluşturan yapının basınç dayanım değerinin bilinmesi, pratik olarak kesim performansı ve kapasitesi hakkında ön bilgi edinilmesine yardımcı olabilmektedir. Bir mermerin basınç dayanım değeri, genelde blok üzerinden TS 699 standardına göre numune alınarak, laboratuvar ortamında dayanım deneylerinin yapılması ile belirlenebilmektedir. Ancak, mermer ocak işletmelerinde bu işlemin devamlı bir şekilde rutin bir işlem olarak yapılabilmesi, çok fazla pratik görülmemektedir. İşletmelerde bu işlem, Schmidt Darbe Çekici diye adlandırılan yüzey sertlik ölçme aleti ile mermer blok yüzeyinde okuma yapılarak elde edilen çekiç Rebound (**R**) değerlerinden yararlanarak mermer bloğunun basınç dayanımı yaklaşık olarak kestirilebilmektedir. Endüstriyel olarak kullanılan L tipi ve N tipi Schmidt darbe çekici, 3 farklı konumda kullanılarak, (Şekil-4.13.) mermer blok yüzeylerinde ölçüm yapılabilmekte ve değerler, çekicinin skalasından okunmaktadır. Her tür çekicinin kendi üzerinde, yüzey sertlik endeks parametresine bağımlı ilişki grafikleri (abak) bulunmaktadır. Bu grafik yardımıyla, kayacın basınç dayanım değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği, ISRM tarafından önerilen ölçme yöntemi, kayaç yüzeyinde en az 3 mm aralıklarla 20 ayrı noktadan okuma yapılması ve en yüksek 10 değerlerin aritmetik ortalamasının SDÇD olarak kabul edilmesi şeklindedir. Bu değer aynı zamanda, kayacın yüzey sertlik endeks değeri olarak da tanımlanabilmektedir. L-Tipi Schmidt darbe çekici ile yapılan ölçümlerde, mermerin maksimum ve minimum basınç dayanım değerleri, aşağıdaki eşitlikler ile belirlenebilmektedir:

- Traverten Grubu mermerler için:

$$\sigma_{c \max} = 16.83 * R - 40.51$$

$$\sigma_{c \min} = 15.25 * R - 134.14$$

- Bej Grubu ve İnce Kristalli mermerler için:

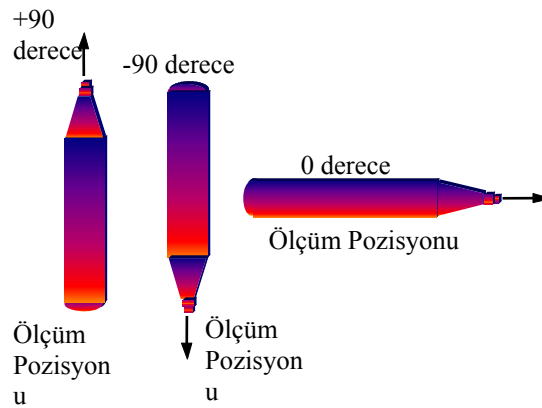
$$\sigma_{c \max} = 16.39 * R - 23.88$$

$$\sigma_{c \min} = 15.69 * R - 150.77$$

Burada;

σ_c : Mermerin basınç dayanım değeri, kg/cm^2 ,

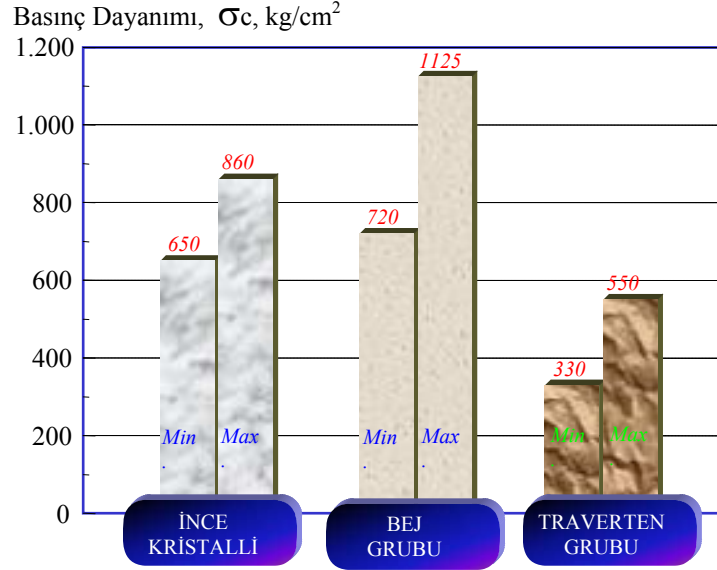
R : Çekiç rebound değeri.



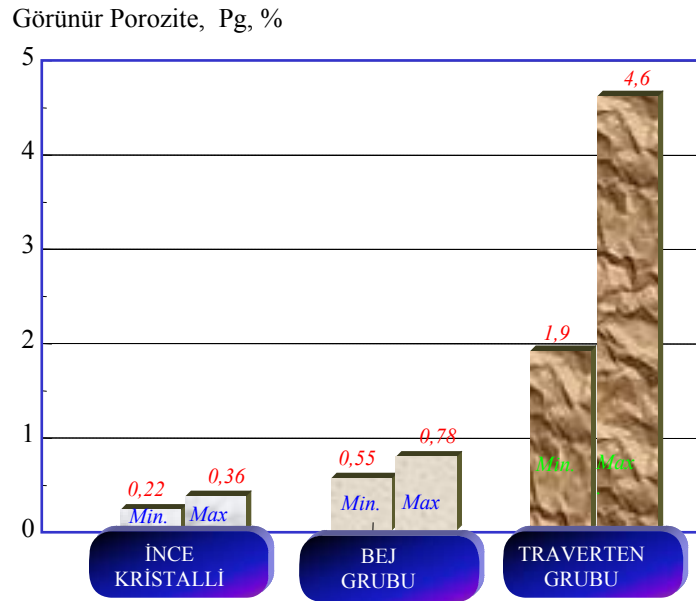
Şekil-4.13. Schmidt darbe çekici ile ölçüm pozisyonları.

Yukarıda öz olarak açıklanan yöntemle, mermerin basınç dayanım değeri pratik olarak belirlenebilmektedir. Ancak, sayalamada mermerin kesim performansına etki eden faktörler arasında mermerin basınç dayanım ve porozite parametrelerinin belirlenmesi gerekliliği vurgulanmıştı. Mermer ocak işletmelerinin çoğunluğunda, kesimi yapılan mermere ait detay teknik özellikler ayrıntılı olarak bulunmadığı için, bu tarz işlemleri pratik olarak uygulayamamaktadırlar. Bu bakımdan, mermerlerin

teknik özellikleri üzerinde yoğun bir ARGE çalışması sonucu, mermer türlerine göre basınç dayanım değeri ve porozite değerlerinin hangi aralıklar arasında olabildikleri bir sınıflama ile tanımlanmış olup, bu sınıflamanın parametrik verileri Şekil-4.14 ve Şekil-4.15`de verilmiştir.



Şekil-4.14. Mermer türlerinin basınç dayanım değerleri değişim aralığı.



Şekil-4.15. Mermer türlerinin porozite değerleri değişim aralığı.

Yukarıda tanımlama ve sınıflandırması verilen mermer parametrelerine bağımlı olarak, bu çalışma kapsamında yapılan bir analiz ile, mermer türleri için sinterize elmas boncuk dizilimli elmas tel ile sayalama uygulamalarındaki teorik kapasite değerleri, mermerin mekanik dayanım ve fiziksel özelliklerine bağımlı olarak maksimum ve minimum limit değerler için tanımlanmıştır. Elde edilen tanımsal eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Mermerin basınç dayanımına bağımlı:

$$Q_t(\min) = 8.9917 * e^{-0.00052 * \sigma_c}$$

$$Q_t(\max) = 9.3530 * e^{-0.00039 * \sigma_c}$$

Mermerin porozitesine bağımlı:

$$Q_t(\min) = 7.0557 + 0.7378 * \ln P_g$$

$$Q_t(\max) = 6.2423 + 0.8433 * \ln P_g$$

Burada;

Q_t : Elmas telin teorik kapasite değeri, m²/h,

σ_c : Mermerin basınç dayanım değeri, kg/cm²,

P_g : Mermerin porozite değeri, %.

Sayalama işleminde, sayalama randımanına etki eden diğer bir faktör ise, kesim işleminin süresidir. Kesim süresi arttıkça, kesimden elde edilen kapasite değeri de o oranda yükse olacaktır teorik kapasite değerinin hesaplanmasında, kesimin devam ettiği süreye bağımlı olarak, mermer bloğunda elde edilebilecek maksimum ve minimum kesim kapasitesi değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu olgunun incelenmesi amacıyla yapılan bir çalışmadan elde edilen rakamsal bulgular,

mermerin sertliğinin artmasına paralel olarak, aynı kesim süresinde, teorik olarak elde edilebilecek kesim kapasite değerinin düştüğü belirlenmiştir, Diğer bir deyişle; sert bir mermer türünün elmas tel ile kesiminde, sayalama uygulaması da dahil, aynı birim kapasiteyi elde edebilmek için, yumuşak karakterli bir mermere göre daha uzun bir süre kesim yapılması gerekliliği kaçınılmaz olmaktadır. Bu bakımdan, mermer türleri için sayalama uygulamalarında randıman değerinin önceden kestiriminin yapılabilmesi için, ne kadarlık bir kesim süresi uygulanması gerektiği ve kesim süresine bağımlı olarak elde edilebilecek kapasite değerinin ne olabileceği belirlenmelidir. Farklı mermer ocak işletmelerinde tutulan teknik veriler irdelenerek, mermer türlerinin sayalama uygulamalarında sinterize elmas boncuk tel ile kesim değerleri regrasyonel ifadeleme ile tanımsal fonksiyonlar olarak belirlenmeye çalışılmış olup, mermer türleri için minimum ve maksimum teorik kapasite değerleri şu şekilde tanımlanmıştır:

Mermerin basınç dayanımına bağımlı:

$$Q_t(\min) = 0.151 * t_i^{0.99} * e^{-0.00052 * \sigma_c}$$

$$Q_t(\max) = 0.156 * t_i^{0.99} * e^{-0.00039 * \sigma_c}$$

Mermerin porozitesine bağımlı:

$$Q_t(\min) = 0.118 * t_i^{0.99} + 0.0123 * t_i * \ln P_g$$

$$Q_t(\max) = 0.104 * t_i^{0.99} + 0.0140 * t_i * \ln P_g$$

Mermerin fiziksel özelliklerine bağımlı:

$$Q_t(\min) = 0.1178 * t_i^{0.99} + 0.0123 * t_i^{0.992} * \ln(k * \gamma * S_k)$$

$$Q_t(\max) = 0.1043 * t_i^{0.99} + 0.0140 * t_i^{0.994} * \ln(k * \gamma * S_k)$$

Burada;

- Q_t : Elmas telin teorik kapasite değeri, m^2/h ,
- σ_c : Mermerin basınç dayanım değeri, kg/cm^2 ,
- t_i : Sayalama kesim süresi, dk,
- P_g : Mermerin porozite değeri, %,
- k : Mermerin doluluk oranı, %,
- γ : Mermerin birim hacim ağırlık değeri, gr/cm^3 ,
- Sk : Mermerin kütlece su emme oranı, %.

Mermer ocak işletmelerinde, sayalama performanslarının önceden kestirimini yaplabilmesi için, ikinci olarak belirlenecek parametrik değerlendirme, ocakta elde edilebilecek fiili kapasite değerlerinin belirlenmesi işlemidir. Bu uygulama için, bu çalışma kapsamında üç ayrı mermer ocak işletmesine ait veri değerleri örnek olarak verilmiştir. Sayalama uygulamalarında, sinterize boncuk dizilimine sahip elmas telle kesimde ölçüm değerleri alınan mermer blok türleri şunlardır:

- Denizli traverten,
- Korkuteli Bej mermeri,
- Muğla Leylak mermeri.

Saha incelemelerinden elde edilen veriler yardımı ile, her bir mermere ait sayalama kesiminin blok içindeki iz fonksiyonları çizilmiş ve bu fonksiyonların genel karakteristiği, üstel fonksiyonlar olarak tanımlanmıştır. Bu fonksiyon algoritmik yapısı kullanılarak, sayalamada mermer türlerine ait fiili kapasite değerleri şu yaklaşım ile tanımlanmıştır:

$$Q_f = \frac{A_{1+} \int a e^{bx} dx}{t_i}$$

Burada;

Q_f : Sayalamanın fiili kapasite değeri, m^2/h ,

A_1 : Düz olarak kesilen toplam alan, m^2 ,

t_i : Sayalama kesim süresi, dk.

Yukarıda ayrı ayrı tanımlamaları verilen sayalamalara ait kesim kapasite yaklaşımları kullanılarak, her bir mermer türü için çıkarımı yapılan maksimum ve minimum değerlerde randıman eşitlikleri, mermer-kesim ortamı eğişken parametrelerine bağımlı olarak şu şekilde verilmiştir:

Denizli Traverten Mermeri için;

$$\eta_{(\max)} = 99.6 * t_i^{-0.0656} * e^{0.0087 * R - 0.021}$$

$$\eta_{(\min)} = 99.6 * t_i^{-0.0656} * e^{0.0059 * R - 0.052}$$

$$\eta_{(\max)} = \frac{14.94 * t_i^{-0.0656}}{0.1178 + 0.0123 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * S_k)}$$

$$\eta_{(\min)} = \frac{14.94 * t_i^{-0.0656}}{0.1043 + 0.014 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * S_k)}$$

Korkuteli Bej Mermeri:

$$\eta_{(\max)} = 56.6 * t_i^{-0.066} * e^{0.008 * R - 0.012}$$

$$\eta_{(\min)} = 54.4 * t_i^{-0.066} * e^{0.0061 * R - 0.059}$$

$$\eta_{(\max)} = \frac{84.95 * t_i^{-0.066}}{0.1178 + 0.0123 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * Sk)}$$

$$\eta_{(\min)} = \frac{84.95 * t_i^{-0.066}}{0.1043 + 0.014 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * Sk)}$$

Muğla Leylak Mermeri:

$$\eta_{(\max)} = 40.07 * t_i^{-0.023} * e^{0.008 * R - 0.012}$$

$$\eta_{(\min)} = 38.53 * t_i^{-0.023} * e^{0.0061 * R - 0.059}$$

$$\eta_{(\max)} = \frac{6.01 * t_i^{-0.023}}{0.1178 + 0.0123 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * Sk)}$$

$$\eta_{(\min)} = \frac{6.01 * t_i^{-0.023}}{0.1043 + 0.014 * t_i^{0.01} * \ln(k * \gamma * Sk)}$$

Burada;

η : Sayalama randımanı, %,

t_i : Kesim süresi, dk.

Bu eşitlikler yardımı ile ocak işletmesindeki sayalama ünitelerine ait optimum randıman veya çalışma performans değerleri, mermer bloğunun mühendislik özelliklerine göre önceden kestirimi yapılabilmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, mermer ocak işletmelerinde uygulanan sayalama işlemlerinin kesim performanslarının önceden kestirimine yönelik, pratik olarak kullanılabilir yaklaşımlar verilmiştir. Üç ayrı mermer türüne ait saha analizlerinden elde edilen sayalama kesim verileri, mühendislik yaklaşımları ile irdelenerek, mermer türlerine ait performans kriter tanımlamaları geliştirilmiştir. Ancak, bu makalede verilen rakamsal yaklaşımlar, yalnızca çalışmanın yapıldığı mermer ocak işletmelerine ait olup, aynı tür mermer işleyen farklı ocaklarda daha değişik tanımsal yaklaşım değerleri elde edilebilir. Bu bakımdan, her işletmede ayrı ayrı işlemin teknik uzmanlarınca bu ölçüm değerleri alınarak, işletmeye özgü performans değerlerinin kestiriminin yapılabileceği ifadeler çıkarılmalıdır.

6. KAYNAKÇA

- Akpar Makine San. ve Tic. Ltd. Şti. Ankara.
- Aksöz, İ., 1982, Maliyet Hesapları, Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Ofset-Teksir Ünitesi, İzmir.
- Arıkan, m., 1968, Mermer ve Mermercilik, Ankara Basımevi ve Ciltevi, Ankara, 187s.
- Berry, M., 1968, Optimum Use of Diamond Wire Equipment in Stone Quarrying, Proceedings 21st Application of Computers and Operation Research in the Mineral Industry, Las Vegas, U.S.A., pp351-365.
- Blok Çıkartma Yöntemleri, SET Makine yayını, Ankara.
- Capuzzi, Q., 1980, Modern Technology and Machinery for Marble Quarrying, Benetti Macchine Srl., Roma, Italy, 96p.
- Conti, G., 1986, Marble in the World, Societa Editrice Apuana Srl., 1st Eddition, Carrara, Italy, 247p.
- D.P.T., 1977, Mermer Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Raporu, Metal Dışı Madenler, D.P.T. Yayını, 1-90s.
- Daniel, P., 1987, Chain Saws Cut Costs in Stone Extraction, Dimensioanal Stone, 3,1, 52-54p.
- Erguvanlı, K. Ve Yüzer, E., 1985, Mermer Ocağı İşletmelerini Etkileyen Mühendislik Jeolojisi Parametreleri, II. Uluslar Arası Mermer Sempozyumu, İstanbul Mermer İhracatçıları Birliği Yayını, 9-17s.
- Ersoy, H.T., 1991, Ladik (Konya) Mermerlerinin Jeomekanik Özellikleri ve İşletmeciliği, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 98s.
- Ersoy, H.T. ve Osmanlıoğlu, A.E., 1993, Mermer Ocak Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, İstanbul, 355-356s.
- Ertürk, E., 1982, Maliyet Muhasebesine Giriş, Uludağ Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 3-023-0071, Bursa, 191s.
- Gök, R., 1981, Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, Muğla İşletmecilik Yüksek Okulu Yayını, Ankara İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayın No: 164, Muğla, 207s.

- Görgülü, K., 1994, Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sisteminin İncelenmesi ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi, Sivas, 73s.
- Hawkins, A.C., Antenen, A.P. and Johnson, G., 1990, The Diamond Wire Saw in Quarrying Granite and Marble, Dimensional stone, vol:8, No:6, 45-50p.
- Kızıltepe, T., 1990, Elmas Tel Kesme Makinelerinin Kullanımında Bazı Püf Noktalar, Türkiye’de Mermer Yapı ve Dekorasyon, No: 11, 26-28s.
- Köse, H.; Aksöz, H.İ. ve Kahraman, B., 1997, Maden İşletme Ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Yayınları, Yayın No: 223, 337s.
- Kun, N. ve Kaçmaz, H., 1998, Mermer Fabrikalarındaki Üretim Kayıplarının Önlenmesi, Mermer Dergisi, Sayı: 17, 116-124s.
- Lefond, S.L., 1985, Industrial Minerals and Rocks, 5th Eddition, AIME, Newyork, 161-181p.
- Onargan, T. ve Köse, H., 1997, Mermer Ocak İşletmeciliği, Kesme Teknolojisi, Ekonomisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Yayınları, Yayın No: 220, İzmir, 209s.
- Öcal, M., 1987, Açık İşletmeciliğin El Kitabı, Cilt: 1-2, Etibank Yayını, Ankara.
- Öztürk, F., 1987, Mermer Teknolojisinin İncelenmesi, Y.T.Ü. Maden Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.
- Power, W.R., 1985, An Evaluation of Dimension Stone Depposits, Mining Engineering, vol:24, No:6, 42-44p.
- Şentürk, A.; Gündüz, L.; Tosun. Y.İ. ve Sarıışık. A., 1995, Mermer Teknolojisi, S.D.Ü. Yayını, Isparta.
- T.S.E., 1977, Doğal Yapı Taşları, T.S.2513, T.S.E. Yayını, Ankara, 6s.
- T.S.E., 1977, Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, T.S.1910, T.S.E. Yayını, Ankara, 7s.
- T.S.E., 1987, Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları, T.S.699, T.S.E. Yayını, Ankara, 82s.
- Tombul. M. 1992, Dümrek (Sivrihisar) Mermerlerinin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Üretim Yönteminin Seçimi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 95s.

- Tunç, A.Y., 1984, Afyon İncehisar Mermerleri İçin En Uygun İşletme Yönteminin Seçimi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 112s.
- Tutluoğlu, L., 1986, Basınçlı Su Yardımıyla Mekanik Kaya Kesme, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Türk Ulusal Kaya Derneği Yayını, 393-410s.
- Urhan, S. Ve Şişman, N., 1993, Blok Mermer Üretiminde Elmaslı Tel Kesme Kullanımı Uygulaması ve Kesme Veriminin Optimizasyonu, Medencilik Dergisi, Cilt: XXXII, No: 3-4, 23-30s.
- Vardar, M., 1972, Marmara Adası Mermerlerinin Rasyonel İşletme Olanaklarının Araştırılması, Diploma Projesi, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul, 171s.
- Winkler, H.G.F., 1965, Petrogenesis of Metamorphic Rocks, Springer-Verlag, 220p.
- Yükçü, S., 1992, Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, Anadolu Matbaacılık, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı soyadı : Nevzat KEKEÇ

Doğum Yeri : ALMANYA (Obersdorf)

Doğum Yılı : 17.04.1972

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durum :

İlkokul : 1979-1981 Antakya İstiklal ilkokulu
1981-1983 Almanya (Herford)

Ortaokul : 1983-1986 Antakya Atatürk Orta okulu

Lise : 1986-1989 Antakya Merkez Lisesi

Ön Lisans : 1990-1992 Akdeniz Ü. Isparta Meslek Y.O. İnşaat Programı

Lisans : 1992-1997 Süleyman Demirel Ü. Mühendislik Mimarlık Fak.
Maden Mühendisliği Anabilimdalı.

Yüksek Lisans : 1997- Süleyman Demirel Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilimdalı

Yabancı Dil : ALMANCA

İş Deneyimi : 1996-1997 Gürel Mermer A.Ş. AFYON

1997-1998 Akdeniz Mermer A.Ş. ISPARTA

1998-1999 Dekomer Mermer A.Ş. UŞAK

1999 Çıracıoğlu AY-ÇİR Mermer A.Ş. ANTALYA