

**ELMASLI TEL İLE MERMER ÜRETİMİNDE
BASAMAK GEOMETRİSİNİN
KESME PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Mehmet Kürşat DİLMAÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2009**

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELMASLI TEL İLE MERMER ÜRETİMİNDE
BASAMAK GEOMETRİSİNİN
KESME PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

MEHMET KÜRŞAT DİLMAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. KAZIM GÖRGÜLÜ

SİVAS
2009

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. Atilla CEYLANOĞLU _____

Üye Yrd. Doç. Dr. Ahmet ŞENOL _____

Üye (Danışman) Doç. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ _____

ONAY

Bu tez çalışması, 28/07/2009 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24-09-2008 tarihli ve 7 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET

ELMASLI TEL İLE MERMER ÜRETİMİNDE BASAMAK GEOMETRİSİNİN KESME PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ

Mehmet Kürşat DİLMAÇ

Yüksek Lisans Tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ

2009, 52 sayfa

Bu çalışmada, elmaslı tel ile mermer ve doğal taş üretiminde basamak geometrisinin kesme performansı üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Emmioğlu A.Ş. Amasya bej ve Özmersan A.Ş. Sivas sarı traverten ocaklarında gerekli ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, basamak geometrisinin elmaslı tel kesme performansı üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca elmaslı boncuklarda meydana gelen aşınmalar ölçülmüş ve birim aşınma miktarları belirlenmiştir.

Aşınma ve saatlik kesme kapasitesi açısından bej sahası için en uygun kesim alanı 75-90 m² ve kesme yüksekliği/kesme derinliği oranı 0.2-0.6 arasında, traverten sahası için en uygun kesim alanı 58-70 m² ve kesme yüksekliği/kesme derinliği oranının 0.4-0.5 arasında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Elmaslı tel, doğal taş, basamak geometrisi, kesme kapasitesi, aşınma.

ABSTRACT

EFFECTS OF BENCH GEOMETRY ON CUTTING PERFORMANCE OF MARBLE PRODUCTION WITH DIAMOND WIRE

Mehmet Kürşat DİLMAÇ

Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ

2009, 52 pages

In this study, the main aim is to investigate the effects of bench geometry on cutting performance of marble and natural stone production with diamond wire. For this purpose, necessary measurements were made in Emmioğlu Inc. Amasya beige quarry and Özmersan Inc. Sivas yellow travertine quarry and the results of these measurements were evaluated to determine the effects of bench geometry on diamond wire cutting performance. Also wear occurred on diamond beads was measured and the amount of wear per unit was determined.

In terms of wear and hourly cutting capacity, for beige and travertine quarry, the optimum cutting area vary between 75-90 m² and 58-70 m² while the optimum (most appropriate) cutting height/cutting depth ratio vary between 0.2-0.6 and 0.4-0.5, respectively.

Key words: Diamond wire, natural stone, bench geometry, cutting capacity, wear.

TEŞEKKÜR

Tezimin konusunun belirlenmesinde, hazırlanmasında ve sonuca ulaştırılmasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ'ye teőekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında gerekli ortamın hazırlanmasında gereken ilgi ve önemi gösteren Emmioğlu A.Ő. işletme müdürü Sayın İbrahim AKKAŐ, işletme mühendisleri Sayın Murat KARA ve Müslim ÖZDEMİR 'e, Özmersan A.Ő. işletme müdürü Sayın Zeki ÖZDEMİR ve işletme mühendisi Sayın Kürşat DEMİR'e teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. ELMASLI TEL İLE BLOK DOĞALTAŞ ÜRETİMİ	3
2.1 Açık Ocak Blok Doğal Taş Üretim Yöntemleri	3
2.2 Yeraltı Blok Doğal Taş Üretim Yöntemleri	4
2.3 Elmaslı Tel Kesme Yöntemi	5
2.3.1 Elmaslı tel kesme makinesi	6
2.3.2 Elmaslı tel	7
2.3.3 Yardımcı ekipman	14
2.3.4 Delme makinesi	15
2.4 Elmaslı Tel Kesme Yöntemiyle Blok Doğal Taş Üretiminin Ana Hatları	16
2.4.1 Elmaslı telin performansını etkileyen yapısal faktörler	19
2.5 Önceki Bazı Çalışmalar	21
3. ARAZİ ÇALIŞMALARI	35
3.1 Bej Ocağının Tanıtılması	35
3.2 Traverten Ocağının Tanıtılması	36
3.3 Çalışılan Doğal Taş Birimlerinin Özellikleri	38
3.4 Arazi Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi	38
3.4.1 Bej sahası ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi	39
3.4.2 Sarı traverten sahası ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi	43
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Yeraltı işletmesine geçmiş Kanfanar açık doğal taş ocağı (Vujec ve ark., 2000).....	5
Şekil 2.2	Elmaslı tel kesme makinesi (Anonim, 2009a).....	6
Şekil 2.3	Elmaslı telin dizilimi ve parçaları.....	8
Şekil 2.4	Elmaslı tel bağlantı elemanları (Urhan ve Şişman, 1992).....	8
Şekil 2.5	Elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklar (Anonim, 2009b).....	10
Şekil 2.6	Sinterize (emprenye) elmaslı boncuklar (Anonim, 2009b).....	11
Şekil 2.7	Yaylı dizilimli elmaslı tel.....	13
Şekil 2.8	Plastik enjeksiyon ile dizilimli elmaslı tel.....	13
Şekil 2.9	Pres makas ve pres pompa.....	14
Şekil 2.10	Tel makası	15
Şekil 2.11	Delik delme makinesi (Anonim, 2009c)	15
Şekil 2.12	Düşey ve yatay deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi (Anonim, 2008).....	16
Şekil 2.13	Boncukların kesme pozisyonları (Anonim, 2008).....	17
Şekil 2.14	Elmaslı tel ile düşey ve yatay kesim (Özçelik, 2005).....	18
Şekil 2.15	Elmaslı tel ile basamak üstü kesim	18
Şekil 2.16	Elmaslı tel kesme yönteminde istikamet makaralarının kullanımı (Anonim,2008)	22
Şekil 2.17	Düşey kesimde elmaslı telin değişik aşamalardaki konumu (Bortolussi ve ark., 1994).....	23
Şekil 2.18	Kayaç içerisinde elmaslı tel yörüngesinin tel kesme açısı ile değişimi (Özçelik, 1999)	24
Şekil 2.19	Kesme kapasitesinin kesme geometrisine (h/l) göre değişimi (Berry ve ark., 1989).....	25
Şekil 2.20	Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Jain ve Rathore, 2009).....	27
Şekil 2.21	Kesme kapasitesi-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Jain ve Rathore, 2009)	27
Şekil 2.22	Yumuşak (a), orta sert (b) ve sert (c) doğal taşlarda kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkileri (düşey kesim) (Jain ve Rathore, 2009).....	28
Şekil 2.23	Çubuk andeziti için kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (Özçelik, 1999)	30
Şekil 2.24	Çubuk andeziti için kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Özçelik, 1999)	30
Şekil 2.25	Farklı doğal taş ocaklarında elde edilen kesme kapasiteleri (Wright, 1992)	31
Şekil 2.26	Farklı doğal taş ocaklarında tel ömürleri (Wright, 1992)	31
Şekil 2.27	Elmaslı kesici takım ile kayaç arasındaki mekanik ilişki (Tönshoff ve Asche, 1997).....	32
Şekil 2.28	Sinterize ve elektrolitik elmaslı telin değişik kayaçlardaki kesme kapasiteleri (Aktürk, 1991).....	34
Şekil 3.1	Emmioğlu A.Ş. bej ocağı yer bulduru haritası	36
Şekil 3.2	Emmioğlu A.Ş. bej ocağının genel görünümü	36
Şekil 3.3	Özmersan A.Ş. sarı traverten ocağı yer bulduru haritası	37
Şekil 3.4	Özmersan A.Ş. sarı traverten ocağının genel görünümü.....	37
Şekil 3.5	Kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (Amasya bej).....	41

Şekil 3.6	Kesme yüksekliği/kesme derinliği-kesme kapasitesi ilişkisi (Amasya bej)	41
Şekil 3.7	Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Amasya bej)	42
Şekil 3.8	Kesme yüksekliği/kesme derinliği-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Amasya bej)	42
Şekil 3.9	Kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (sarı traverten)	44
Şekil 3.10	Kesme yüksekliği/kesme derinliği-kesme kapasitesi ilişkisi (sarı traverten).....	45
Şekil 3.11	Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (sarı traverten).....	45
Şekil 3.12	Kesme yüksekliği/kesme derinliği-boncuk aşınma oranı ilişkisi (sarı traverten).....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Kesme verimine etki eden kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler (Jain ve Rathore, 2009).....	22
Çizelge 2.2	Kesme performansı ölçüm sonuçları (Jain ve Rathore, 2009).....	26
Çizelge 2.3	Çubuk andezit sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları (Özçelik, 1999)	29
Çizelge 2.4	Elektrolitik ve sinterize elmaslı tellerin değişik kayaçlar karşısındaki gösterdikleri performans (Aktürk,1991)	33
Çizelge 3.1	Çalışılan doğal taş birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri (Görgülü, 1998)	38
Çizelge 3.2	Kesme makinelerine ait teknik özellikler (Amasya bej)	39
Çizelge 3.3	Bej sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları	40
Çizelge 3.4	Kesme makinelerine ait teknik özellikler (sarı traverten)	43
Çizelge 3.5	Sarı traverten sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları.....	44

1. GİRİŞ

Uygarıklarımları gelişimine paralel olarak doğal taş kullanımı artmış, bunun doğal sonucu olarak da doğal taş işletmeciliği madencilik sektörünün en önemli alanlarından biri durumuna gelmiştir. Son yıllarda bu önem gittikçe artmış olup, doğal taş sektörü üretici ülkeler açısından önemli bir milli gelir kaynağı halini almıştır. Doğal yapı malzemelerin olan talebin artması ve ülkemizin yüksek doğal taş potansiyeline sahip olması, ülkemizin dünyada önemli bir yere sahip olmasını sağlamıştır.

Madencilik sektöründe önemli bir yere sahip olan ve hızla gelişen doğal taş sektörü Türkiye ekonomisinin yapı taşlarındanr. Söz konusu hızlı gelişmenin temelinde iki önemli unsurun belirleyiciliği olmuştur. Birincisi 1985 yılında, doğal taşların, Taşocakları Nizamname'sinden çıkarılarak, Maden Kanunu kapsamına alınması, doğal taş sektörünün arkasındaki en önemli dinamiklerden biri olmuştur. Yine, sektörün gelişme sürecindeki ikinci önemli dinamik ise teknik eleman istihdamıdır. Gerek üretimin verimliliği, gerekse iş güvenliği açısından teknik eleman istihdamının gerekliliğini en başından itibaren kavrayan doğal taş sektöründe, teknik eleman istihdamı ve kaliteli üretim artışı birbirine paralel gelişmiştir (Torun, 2003).

Doğal taş sektörü son dönemlerde oldukça gelişmiş ve önemli aşamalar kaydetmiştir. Bu süreçte oldukça fazla sayıda doğal taş ocağı açılmış, önceden açık olan ocaklar ise daha da fazla derinleşmiş ve büyümüştür. Bu gelişmelere doğal taş üretim makineleri sektörü de katılmıştır. Böylece değişik doğal taş işletmelerinde değişik basamak geometrileri ortaya çıkmıştır. Günümüzde doğal taş işletmelerinde kullanılan modern üretim yöntemlerinde kesme performansının ve verimliliğinin incelenmesi oldukça önem kazanmıştır. Kesme performansını etkileyen diğer faktörlerin yanında en önemli faktörlerden biri de ocak basamak geometrisidir (Berry ve ark., 1989; Bortolussi ve ark., 1990-1994; Görgülü, 1994; Tönshoff ve Asche, 1997; Özçelik, 1999-2005; Jain ve Rathore, 2009). Basamak geometrilerini bazen saha koşulları, bazen de kullanılan üretim makinelerinin kapasitesi belirlemektedir.

Dünyada doğal taş üretiminde büyük paya sahip olan elmaslı tel kesme yöntemi ülkemizde de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizin doğal taş

sektöründeki payının ve rekabet gücünün yüksek olması, bu yöntemin çeşitli yönlerden incelenmesini, yöntemin uygulanışına yönelik araştırmaların yapılmasını ve yeni stratejik planların geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda kesme yüksekliklerinin ve kesme derinliklerinin en uygun boyutlarda tutulması, elmaslı boncuklarda meydana gelen aşınmaların azaltılarak kesme kapasitelerinin artırılması önem kazanmaktadır.

Cai ve Mancini (1989), Capuzzi (1989) ve Bortolussi ve ark. (1994), blok üretiminde boncuk aşınmasının toplam maliyetin yaklaşık % 50'sini oluşturduğunu belirtmişlerdir. Gerek elmaslı tane tarafından kayaçtan parça koparılarak kesilmesi, gerekse kayaç ve kesim sonucu oluşan talaş tarafından elmaslı tane ve matriksinde oluşan aşınma kesim boyunca yer alan mekanik ve termal yüklere bağlıdır. Bu yükler ise makine tarafından elmaslı tel halata uygulanan gerilme ve basamak geometrisine göre şekillenmektedir (Tönshoff ve Asche, 1997). Kullanılacak olan elmaslı boncukların, üretimi yapılacak olan doğal taş ile uyumunun belirlenmesi de önemli bir konudur.

Bu çalışmada, elmaslı tel ile doğal taş üretiminde basamak geometrisinin kesme performansı üzerine etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde elmaslı tel kesme yönteminin ana hatları, yöntemi oluşturan elemanlar tanıtılmış, üçüncü bölümünde ise arazi çalışmaları, arazi ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesine, dördüncü bölümünde ise sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. ELMASLI TEL İLE BLOK DOĞALTAŞ ÜRETİMİ

Açık ve yeraltı işletmelerinde blok doğal taş üretimi; doğal taşın değişik yöntemlerle ana kayadan koparılarak piyasada istenilen boyutlara indirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu amaçla tarihte çok eski devirlerden bu yana farklı araçlar ve yöntemler kullanıla gelmiştir.

Bir ocakta üretime geçilebilmesi için işletilecek doğal taşın yeterli miktarda ve kalitede olması istenmektedir. Kaliteden amaç renk, desen, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere dayanıklılık (rüzgâr, sıcaklık, su, darbe, aşınma), homojenlik, izotropluk ve işlenebilirlik (kesilip parlatılabilirlik) gibi özelliklerdir. Yeterli rezervde ve istenilen kalitede olan bir yatağın, ocak açılarak ekonomik olarak işletilebilmesi için ek olarak bazı özellikleri de içermesi gerekmektedir. Bu özelliklerin başında ise doğal taşın yapısı ile ilgili olanları gelmektedir. Bunlar;

- i. Tabaka, çatlak, fay ve kıvrımlanma durumu
- ii. Erime boşlukları, mağaralar vb. oluşumlar
- iii. Yeraltı suyu durumu
- iv. Örtü malzemesi ve/veya ayrıışmış zonun kalınlığı
- v. Bünyesindeki yabancı madde varlığı

Bu kriterlerin değerlendirilmesinden sonra işletme metodu seçilerek üretime geçilebilmektedir.

2.1 Açık Ocak Blok Doğal Taş Üretim Yöntemleri

Doğal taş yatağının üzerindeki örtü tabakasının ekonomik sınırları zorlamadığı durumlarda açık ocak blok doğal taş işletme yöntemleri uygulanmaktadır. Genellikle doğal taş yataklarının üzerinde fazla kalınlıkta örtü tabakası bulunmamakla birlikte, açık işletmelerde dekapaj işlerinde kullanılan ekipmanın çoğu doğal taş işletmelerinde de kullanılabilir.

Doğal taş yatakları genelde geniş mostralara vermekte ve üst kısımlarında kalınlıkları 0.5-3 m arasında değişen ve yanık diye tabir edilen ayrıışmış zonlar yer almaktadır. Bu zonlar işletmecilik açısından genelde fazla bir problem oluşturmamakta, taze-ayrıışmamış kısımlarla birlikte üretilmekte ve atılmaktadır (Görgülü, 1994).

Açık doğal taş ocaklarında uygulanan blok üretim yöntemleri;

- i. Patlayıcı maddeler
- ii. Kamalama
- iii. Helezon tel testere ile kesme
- iv. Elmaslı diskli kesici makineler ile kesme
- v. Elmaslı tel ile kesme
- vi. Kollu kesiciler ile kesme
 - Zincirli kollu kesiciler
 - Elmaslı kayışlı kollu kesiciler (Jet-Belt)
- vii. Alevle kesme (termal şok)
- viii. Basınçlı su ile kesme olarak sıralanmaktadır.

Bu üretim yöntemlerinden helezon tel ile kesme ve elmaslı diskli kesici makineler ile keserek üretim yöntemleri tamamen terkedilmiştir. Kamalama ve patlayıcı maddelerle üretim ise oldukça az ve yerel uygulamalar şeklinde kalmıştır.

2.2 Yeraltı Blok Doğal Taş Üretim Yöntemleri

Örtü tabakasının açık işletmeciliğe olanak vermediği, mekanik özellikleri yüksek ve doğal çatlakların sınırlı olduğu, kıymetli doğal taşların işletilmesinde yeraltı doğal taş üretim yöntemi uygulanmaktadır. Yeraltı ocaklarında blok doğal taş üretiminde elmaslı tel kesme ve kollu kesicilerin ayrı ayrı ya da karma olarak kullanıldığı oda-topuk yöntemi uygulanmaktadır. Ocak belli bir metotla açık ocağın yeraltı ocağına dönüştürülmekte (Şekil 2.1) veya işletmeye doğrudan yeraltı hazırlıkları ile başlanmaktadır (Vujec ve ark., 2000).

Yeraltı doğal taş üretiminde kazı planı topukların düzenli veya düzensiz olmasına göre ikiye ayrılmaktadır. Masif ve homojen yataklarda kare ve dikdörtgen kesitli, 50-100 m genişliği ve uzunluğu olan, 10-15 m yüksekliğinde ve düzenli odalarda üretim yapılabilmektedir. Çatlaklı ve homojen olmayan yataklarda ise oda ve topuk boyutları çatlakların lokal derecesine göre tespit edilmektedir (Vujec ve ark, 2000).



Şekil 2.1 Yeraltı işletmesine geçmiş Kanfanar açık doğal taş ocağı
(Vujec ve ark., 2000)

2.3 Elmaslı Tel Kesme Yöntemi

Blok doğal taş üretim yöntemleri içerisinde şu anda en fazla uygulama alanı bulmuş yöntem olup, kesim yapılacak yüzey etrafında sonsuz bir halka oluşturan elmaslı telin elektrikli veya dizel bir tahrik ünitesi ile belirli bir devirde döndürülmesi ve uygulanan gerilme ile de taşa sürttürülmesi sonucu kesmesi esasına dayanmaktadır (Görgülü, 1994).

Elmaslı tel kesme yöntemi ilk defa 1970’li yıllarda doğal taş fabrikalarında blokların plaka üretimine uygun hale getirilmesi için boyutlandırılmasında kullanılmış, ancak aynı yıllarda ortaya çıkan monolamalar bu makinelerin yaygın bir biçimde kullanımına olanak vermemiştir (Mannoni ve ark., 1984). Yine aynı yıllarda bu yöntem doğal taş ocaklarında üretim için denenmiş, başlangıçta büyük çekme ve eğilme gerilmelerine maruz kalan tellerin mekanik dirençlerinde sorunlar çıkmış, bu sorunların giderilmesi ile 1975’lerde ocaklarda görülmeye, 1980’li yıllardan itibaren yumuşak doğal taş sahalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kızıltepe, 1990). 1990 yılından sonra ise, yöntem tüm yumuşak ve sert doğal taş sahalarında uygulama alanı bulmuştur. Günümüzde, blok doğal taş sektörü dışında, eski binaların, tren yolu köprülerinin, eski beton bacaların, baraj bentlerinin imhasında elmaslı tel kesme yöntemi başarı ile uygulanmaktadır. (Werland, 1990; Hayes 1990; Beckman ve Hulick, 1991; Özçelik, 1999; Demirdağ, 2001).

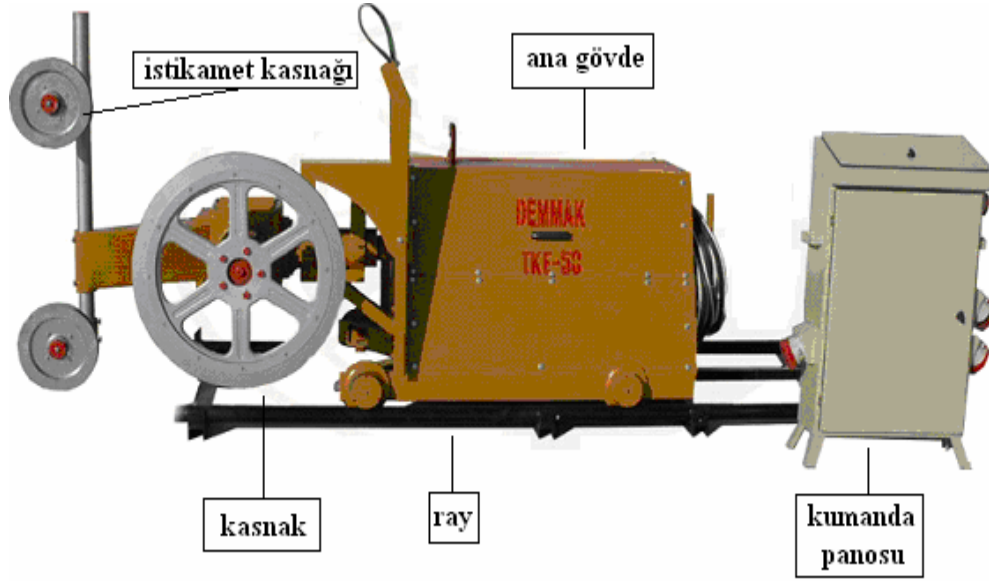
Elmaslı tel kesme yöntemi ile doğal taş üretimin ana parçaları şunlardır:

- i. Elmaslı tel kesme makinesi
- ii. Elmaslı tel,

- iii. Yardımcı ekipman
- iv. Delme makinesi

2.3.1 Elmaslı tel kesme makinesi

Elmaslı tel kesme makinesi, ana gövde, kasnaklar, ray ve kumanda panosu olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Elmaslı tel kesme makinesi (Anonim, 2009a)

Ana gövde, sac bir muhafaza içine yerleştirilmiş birisi ana motor olmak üzere iki adet elektrikli veya dizel motordan oluşmaktadır. Ana motorun görevi ana kasnağı istenen devirle döndürmektir. Yürüyüş motoru olarak adlandırılan diğer motorun görevi ise ana gövdenin ray üzerinde istenen hızlarda ileri-geri hareketini sağlamaktır. Ana motorlar genellikle 30-60 kW, yürüyüş motorları ise yaklaşık 0.75-1.50 kW güce sahiptir.

Görevi ana motordan aldığı dönüş hareketini elmaslı tele aktarmak olan ana kasnak, gövde üzerine yerleştirilmekte, 60-80 cm çap aralığında ve genellikle alüminyumdan yapılmaktadır. Kasnağın iç kısmında, dönme hareketi esnasında elmaslı telin tutunmasını sağlayan, kauçuk veya lastik bulunmaktadır. Kasnak dönüş devri 750-1500 rpm civarında olmaktadır. Elmaslı telin dik açılarla taş sürtünmesini temin etmek amacıyla kullanılan istikamet (yardımcı) kasnaklar da

15-40 cm çap aralığında serbest dönme hareketine sahip olarak yerleştirilmektedir. Bazı tel kesme makinelerinde bu kasnaklar bulunmamaktadır.

Raylar 2-3 'er m uzunluklarda genellikle yuvarlak ya da I profilli, eklemelerle birlikte 5-9 m uzunluğunda, kesim esnasında makinenin üzerinde hareket ettiği parçadır. Üzerinde ana gövdenin ileri-geri hareketini yaptığı dişli sistemi bulunmaktadır. Bu dişli sistem kesim sırasında makinenin geri hareketi esnasında ray üzerinde kaymasını engellemekte ve elmaslı tele çekme kuvveti uygulanmasını sağlamaktadır.

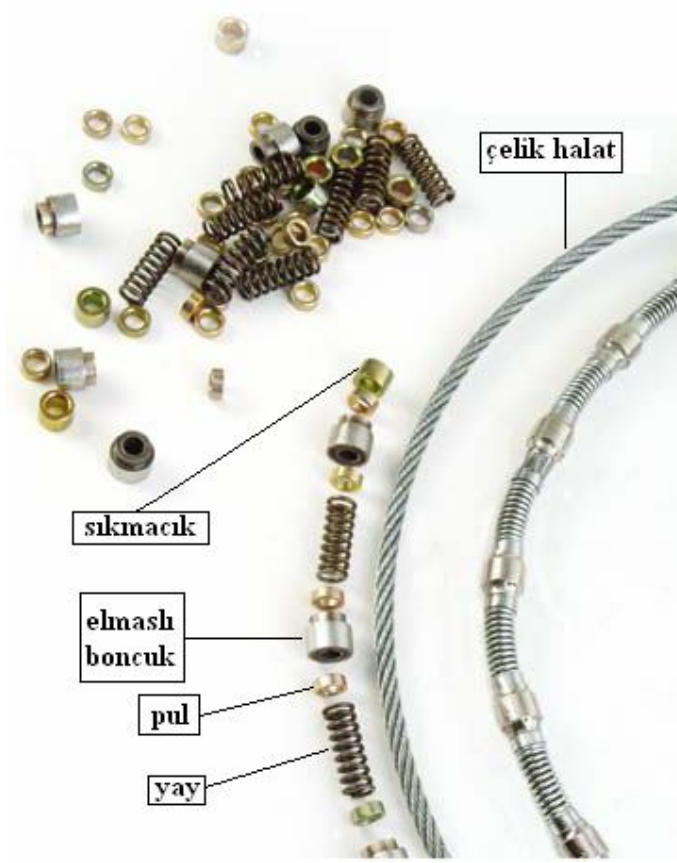
Kumanda panosu, kesim sırasında makinenin kontrolünün sağlandığı parçadır. Bu bölüm hareketli olup kesim esnasında operatörün tercihinine göre en uygun yere konuşturulmaktadır.

2.3.2 Elmaslı tel

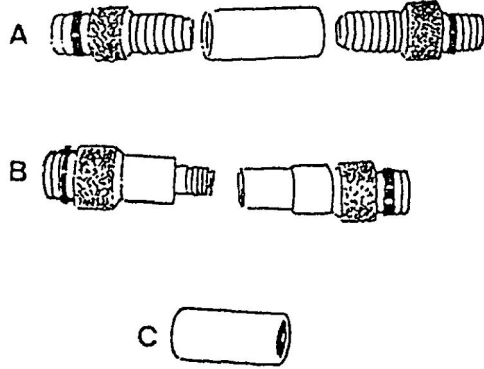
Bu sistemin en önemli parçasıdır. Çelik tel halat üzerine geçirilmiş elmaslı boncuk, pul, yay ve sıkmacık diziliminden oluşmaktadır (Şekil 2.3). Sert ve aşındırıcı taşlarda yay yerine kauçuk enjeksiyonu ya da plastik tüpler kullanılmaktadır. Elmaslı boncuklar kesilecek taşın cinsine, yapısına ve aşındırıcılığına göre, her metrede 25-40 adet elmaslı boncuk bulunacak şekilde dizilmektedir. Ayrıca, elmaslı tellerin uç uca eklenerek daha uzun elmaslı tel oluşturulmasında ya da tel kopmalarında bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Şekil 2.4).

i. Çelik halat: Krom nikel alaşımli her biri 19-61 adet telcikten oluşan 7 adet telin burulması ile elde edilmektedir (Capuzzi, 1980, 1989; Biasco, 1993; Özçelik, 1999). Çapları 4, 4.8 ve 4.9 mm olabilmektedir (Anonim, 1989).

ii. Elmaslı boncuklar: Elmaslı telin taşı aşındırarak kesen kısmıdır. Çapları, kullanım amaçlarına ve üretim teknolojisine göre farklı değerlerde olabilmektedir. Dış yüzey çapları itibariyle 8, 8.8, 10, 10.2, 10.5, 11 ve 12 mm olarak değişim göstermektedir. Elmaslı boncuklar, 0.25-0.37 mm boyutlu sentetik veya sanayi elmaslı tanelerinden elektrolitik kaplama, sinterleme veya kimyasal yapıştırma ile elde edilmektedir. Her bir elmaslı boncukta 0.30-1.2 karat elmas bulunmaktadır (Demirdağ, 2001).



Şekil 2.3 Elmaslı telin dizilimi ve parçaları



A: İki ucu ters dişli vida-somun tipi

B: Vida-somun tipi

C: Tüp tipi

Şekil 2.4 Elmaslı tel bağlantı elemanları (Urhan ve Şişman, 1992)

Elmaslı boncukların matriks yapısı, elmas tanelerin çok iyi bağlanmasına ve kesim sırasında elmas aşınmasına uygun olarak aşınmasına izin verecek şekilde seçilmelidir. Matriks yapıda çeşitli oranlarda kobalt, bronz, nikel, demir, tungsten,

çinko veya kobalt yerine bor destekli nikel alüminyumun kullanılabilir (Hu ve Hwang, 1998; Özçelik, 1999; Demirdağ, 2001). Cook ve Smith (1993) 'e göre elmas ve metal matriks arasında çoğunlukla bir reaksiyon bulunmaktadır. Bu reaksiyonun süresi, gelişimi ve boncuğun dayanımı; metal tozlarının bileşimine, elmas taneciklerinin ve metal tozlarının boyutlarına ve özelliklerine, işlem sıcaklığına ve uygulanan basınç gibi faktörlere bağlıdır.

Matriks yapının oluşturuluş şekline göre elmaslı boncuklar elektrolitik kaplamalı (elektroplate), sinterize (emprenye) ve kimyasal yapıştırılmalı olarak ifade edilmektedir.

a. Elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklar: Üretim aşamasında, öncelikle çelik yüzükler yuvalarına yerleştirilerek matriks yapı ile kaplanmakta ve daha sonra, yüksek ısıya tabi tutularak matriks yapının yüzüğe kaynaklanması sağlanmaktadır. Yüksek ısıda yarı eriyik durumda bulunan matriks yapının üzerine yüksek basınçla elmas tanecikleri püskürtülmekte ve daha sonra soğumaya bırakılmaktadır. Kullanılacakları yere göre 0.35-1.2 karat arası elmas tanesi içeren boncuklar, bu aşamadan sonra kalite kontrolünden geçirilerek kullanıma sunulmaktadır. Elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuğun genel görünümü Şekil 2.5'de verilmiştir. Burada, elmas taneciklerin kalitesi kadar, matriks yapının sağlamlığı da önemlidir. Matriks yapı ne kadar sağlam olursa, elmas-matriks temas bölgesi de, o oranda kuvvetlenerek, elmas taneciklerin kesim ömrü tamamlamadan matriks yapıdan ayrılması engellenmiş olmakta ve istenen performansın elde edilebilmesi mümkün olmaktadır (Anonim, 1999).

Elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklar ile kesme işlemi, 18 m²/saat'lik bir hız değeri ile başlamaktadır. Bu boncuk türü, 1.1 m²/boncuk (33 m²/metre) kesime ulaştığında ömrünü tamamlamaktadır. Elmaslı boncukların tamamının yüzeyde olmasından dolayı, yüzeydeki elmas tanecikler ömrünü tamamladığında, alttan yeni elmas taneciklerin gelmesi söz konusu olmamakla birlikte, elmas taneciklerin görevini tamamlamadan kaybedildiği de görülebilmektedir. Bu nedenle, kesme hızları yüksek olmasına rağmen, kullanım ömürleri azalarak, kesim hızları, kullanımın sonlarına doğru başlangıç hızının yarısına düşmektedir. Nispeten yumuşak, kristalize ve bej taşların ebatlanmasında, küçük ve büyük alan kesimlerinde elektrolitik elmaslı telin ömrü 25 m²/m, kesme hızı ise 5-16 m²/sa olarak belirlenmiştir (Anonim, 1994).

Elektrolitik kaplamalı elmaslı tel, sinterize elmaslı tele nazaran daha düşük güçte motor (7.45-18.62 kW) ve daha az su (15-20 litre/dakika) gerektirmektedir. Bu tel türü granit blokların üretiminde kullanılamamaktadır (Aktürk, 1991).



Şekil 2.5 Elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklar (Anonim, 2009b)

b. Sinterize elmaslı boncuklar: Sinterize elmaslı boncuk üretiminde, öncelikle içinde her bir elmaslı boncuk için ayrı bir yuva bulunan yüksek ısıya dayanıklı tepsinin içine çelik yüzükler yerleştirilmektedir. Daha sonra matriks yapıda bulunan bileşenler, ağırlıklarıyla orantılı olarak uygun boyutlardaki elmas taneleri ile harmanlanmaktadır. Elmas tozlarıyla harmanlanan matriks, pres makinesinin üzerindeki kovaya dökülerek pres makinesi çalıştırılmakta ve elmas tozları ile harmanlanmış matriks, pres kovasından belirlenen ağırlığa gelene kadar hazneye dökülmektedir. Belirli ağırlığa ulaşıldığında, hazne kapanmakta ve yüksek basınçlı bir presleme işlemine tabi tutulan yapı, pres makinesinden halka şeklinde çıkmaktadır. Kalite kontrolden geçen halkalar tepsideki çelik yüzüklere geçirilmektedir. Bu işlemde, tepsideki çelik yüzüklerin dış yüzeyine kaynaklamanın kalitesini arttırmak için özel bir madde tatbik edilmektedir. Bu tepsiler, yüksek fırınlara sürülerek 1000-1200 °C 'ye kadar ısıtılmaktadır. Bu aşamada halka halindeki matriks yapı kendini çekerek, daha önce yüzüğe sürülen maddenin etkisiyle tam bir kaynaklama sağlamaktadır. Matriks yapının bu esnada kendisinde eriyerek, preslenmiş toz halinden katı yapıya dönüşmekte ve fırın kapatılarak kendi halinde soğumaya bırakılmaktadır. Kaynaklama makinesinden geçirilerek yüksek ısılı püskürtme kaynağına tabi tutulan elmaslı boncuklar, son kez kalite kontrolden geçirilerek kullanıma sunulmaktadır (Şekil 2.6). Sinterize elmaslı boncuklar ile kesim hızı başlangıçta düşük olmakta, boncuklar açıldığında

hız artmakta ve sabit bir değere ulaşmaktadır. Üstteki elmaslar görevini tamamladıkça, matriks yapı içerisinde saklı olan yeni elmas tanecikler devreye girerek, kesim işleminin sürekliliği sağlanmış olmaktadır.



Şekil 2.6 Sinterize (emprenye) elmaslı boncuklar (Anonim, 2009b)

Diğer boncuk tiplerine oranla, en yüksek performans, sinterize elmaslı boncuklarda elde edilmektedir. Bu tipte bir elmaslı telin kullanılması suretiyle teknolojik olarak, her tür doğal taş (granit gibi sert kayalar dahil) kesilebilmektedir. Kesim işlemi boyunca, aşınan boncuk yüzeyinin altından yeni elmas parçacıkları çıkmakta ve bu nedenle sinterize boncuk ömrü genellikle elektrolitik tipteki boncuklara oranla iki kat daha fazla olmakla birlikte, kesme hızı boncuk ömrü boyunca sabit kalmaktadır (Önenç, 1999). Nispeten yumuşak, sert, orta kristalin ve bejin ebatlanmasında küçük ve büyük alan kesimlerinde sinterize elmaslı telin ömrü $50 \text{ m}^2/\text{m}$, kesme hızı ise $5-8 \text{ m}^2/\text{sa}$ olarak belirlenmiştir (Anonim, 1994).

c. Kimyasal yapıştırımalı elmaslı boncuklar: Çelik yüzüğün üzeri ısı ile kimyasal reaksiyona girecek bir matriks yapı ile kaplanmaktadır. Bu işlemden sonra, aynı boyut aralığına sahip elmas tanecikler, düzenli olarak matriks yapının üzerine yerleştirilmekte ve ikinci bir ince matriks yapı ile kaplanmaktadır. Daha sonra matriks yapı, yüksek ısı altında yüzükle ve elmas taneleri ile kimyasal reaksiyona girerek yapışma işlemi tamamlanmakta ve kalite kontrolden geçirilerek kullanıma sunulmaktadır (Demirdağ, 2001).

Kimyasal yapıştırma ile elde edilen elmaslı boncuklar ile kesme işlemine, $16 \text{ m}^2/\text{saat}$ 'lik bir kesim hızı değeriyle başlanmakta ve $1.5 \text{ m}^2/\text{boncuk}$ ($45 \text{ m}^2/\text{metre}$) kesime ulaştığında elmaslı boncuklar ömrünü tamamlamış olmaktadır.

Elmas tanecikler, düzenli olarak yüzeye dağıtıldığından ve elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklara göre matriks yapının, elmas tanecikleri ile daha sağlam bir bağ oluşturmasından dolayı, elmas tanecik kaybı minimum düzeyde kalmaktadır. Elmas taneciklerin tamamının yüzeyde bulunmasından dolayı, alttan yeni elmas taneciklerin gelmesi söz konusu olmamaktadır (Anonim, 1999).

iii. Pullar: Elmaslı boncuk ve yay arasına yerleştirilir. Çelik yayların elmaslı boncukların içerisine girmesini engellemek ve yayın itme gücünün elmaslı boncuklara düzenli olarak iletilmesini sağlamak için kullanılır. Dış çapları 7-8.5 mm, iç çapları 4.2-5.1 mm olarak değişim göstermektedir.

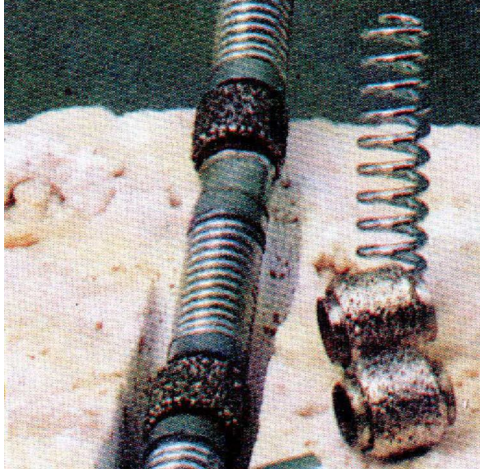
iv. Yaylar: Kesim süresince telde olabilecek ani gerilmeleri azaltmak ve boncukların tel üzerinde kaymasını önlemek için kullanılmaktadır. Granit ve kumtaşı gibi sert ve aşındırıcı taşların kesiminde, kesim esnasında kopan taş parçalarının tel-yay arasına sıkışması çelik teli ve elmaslı boncukların iç çeperlerini yıprattığından, çelik yay yerine, aynı görevi üstlenen, kauçuk enjeksiyonu ya da plastik tüpler kullanılmaktadır.

v. Sıkmacıklar: Elmaslı boncukların kesim süresinde tel üzerinde fazla miktarda kayarak bir tarafa toplanmalarını önlemek ve tel kopunca elmaslı boncukların telden çıkıp kaybolmalarını önlemek için kullanılır. Genellikle, iki sıkmacık arasına 3-5 elmaslı boncuk takılır. Dolayısıyla, herhangi bir kopma durumunda sadece iki sıkma arasındaki boncuk sayısı kadar bir kayıp söz konusu olur. Çelik yay yerine plastik tüp kullanıldığında sıkmacıklara gerek yoktur (Urhan ve Şişman, 1992; Özçelik 1999).

vi. Tel bağlantı elemanları: Telin iki ucunu birbirine bağlamak ve telin kopması durumunda kopan kısımların birbirine eklenmesi veya daha uzun tel elde etmek için kullanılır. Bağlantı elemanı olarak, iki ucu ters dişli vida-somun, vida-somun veya bakır tüp kullanılır. Telin iki ucu, vidalı tiplerde vidalanarak; bakır tüpte ise; iki ucu bakır tüp içinde birleştirildikten sonra, sıkıştırma makası ile sıkıştırılarak bağlanır.

Elmaslı boncuklar taşın cinsine, yapısına ve aşındırıcılığına göre dizilmektedir. Dizim işlemi için üç farklı yöntem kullanılmaktadır.

i. Yaylı Dizim: Yaylı dizim, en yaygın olarak kullanılan bir dizim şeklidir (Şekil 2.7). Her metrede 30 boncuk bulunacak şekilde yapılan dizilim, boncuklar arasında bulunan mesafe eşit olacak şekilde ayarlanmaktadır. Daha sonra, preslenmemiş sıkmacıklar preslenerek, mevcut dizim tamamlanmakta ve elmaslı tel, kullanıma hazır hale getirilmiş olmaktadır. Halat ve diğer yedek parçalar özelliğini yitirdiğinde, dizim bozularak yeniden dizim yapılmaktadır.



Şekil 2.7 Yaylı dizimli elmaslı tel

ii. Plastik enjeksiyon ile dizim: Plastik enjeksiyon, yaylı ve yaysız olarak yapılabilmekte ve bu işlem sırasında, sıkma ve pul kullanılmamaktadır. Halatın bir ucuna, eklemenin bir parçası takılarak preslenmekte ve daha sonra yay-elmaslı boncuk dizilimi yapılmaktadır (Şekil 2.8). Dizim işlemi sırasında, yayın kullanılmaması durumunda, sadece boncuk dizimi yapılmaktadır. Plastik enjeksiyonla dizim yönteminde, enjeksiyon özelliğini yitirdiği takdirde, dizim bozularak yeniden dizim yapılabilmektedir.



Şekil 2.8 Plastik enjeksiyon ile dizimli elmaslı tel

iii. Kauçuk enjeksiyon ile dizim: Bu dizim şekli, prensip olarak plastik enjeksiyon yöntemiyle oldukça yakın bir benzerlik göstermektedir. Dizimde, plastik yerine kauçuk kullanılmakta ve daha ziyade sert taşların (Ege bordo, serpantin, andezit, granit ve beton) kesimlerinde kullanılmaktadır. Plastik enjeksiyonda, plastiğin erime derecesi 70 °C-80 °C iken, kauçukta dayanıklılık daha fazladır ve 110 °C-115 °C 'ye kadar erime görülmemektedir. Plastikle aynı şekilde ideal dönüş sağlanmakla birlikte, güvenlik ön plandadır. Bu dizim yönteminde, herhangi bir nedenden dolayı dizimin tekrar yapılması mümkün olmamakta ve boncukların ömrü bitene kadar ikinci bir dizim yapılamamaktadır. Kauçuk enjeksiyon ile dizimde, performansı diğer boncuk türlerine oranla daha yüksek olan sinterize elmaslı boncuklar kullanılmaktadır.

2.3.3 Yardımcı ekipman

Elmaslı teller piyasadan hazır halde temin edilebildiği gibi tel halat, yay, elmaslı boncuk, pul, bağlantı parçaları gibi tel halatı oluşturan parçaların ayrı ayrı alınarak montajı da yapılabilmektedir. Ayrıca, elmaslı tel ile üretimde tel halata gelen şoklar nedeniyle kopmalar meydana gelmektedir. Yeni bir tel montajı yapılırken sıkımacıkların sıkıştırılmasında, kopan bölümlerin birbirine eklenmesinde veya yeni tel uçlarını birleştirirken tel bağlantı elemanlarının tele sabitleştirilmesinde pres makas ya da pres pompa kullanılmaktadır (Şekil 2.9). Halat uçlarını kesmek ve düzeltmek için de makas kullanılmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.9 Pres makas ve pres pompa



Şekil 2.10 Tel makası

Blok doğal taş üretiminde elmaslı tel kesme yöntemi ile çalışırken telin soğutulması su ile yapılmaktadır. Bu nedenle su tankı, hortumlar bazen de su pompası sistemin çalışması için gerekli olan yardımcı malzemelerdir.

2.3.4 Delme makinesi

Blok doğal taş üretiminin ilk aşaması delik delme işlemidir. Delikler elmaslı telin kesim yapılacak bloğu çepre çevre sarmasını sağlamak amacıyla açılmaktadır. Deliklerin açılmasında delici tabanca ile donatılmış pnömatik delik delme makineleri kullanılmaktadır (Şekil 2.11).

Genelde delik delme işleminde 9-12 cm aralığında çap tercih edilmekte ve delikler üretim basamağına bağlı olarak istenilen uzunluklarda açılabilir. Bazen kısa yatay deliklerin açılmasında yaklaşık 3.2 cm matkap çaplı martoperferatörler de kullanılmaktadır.



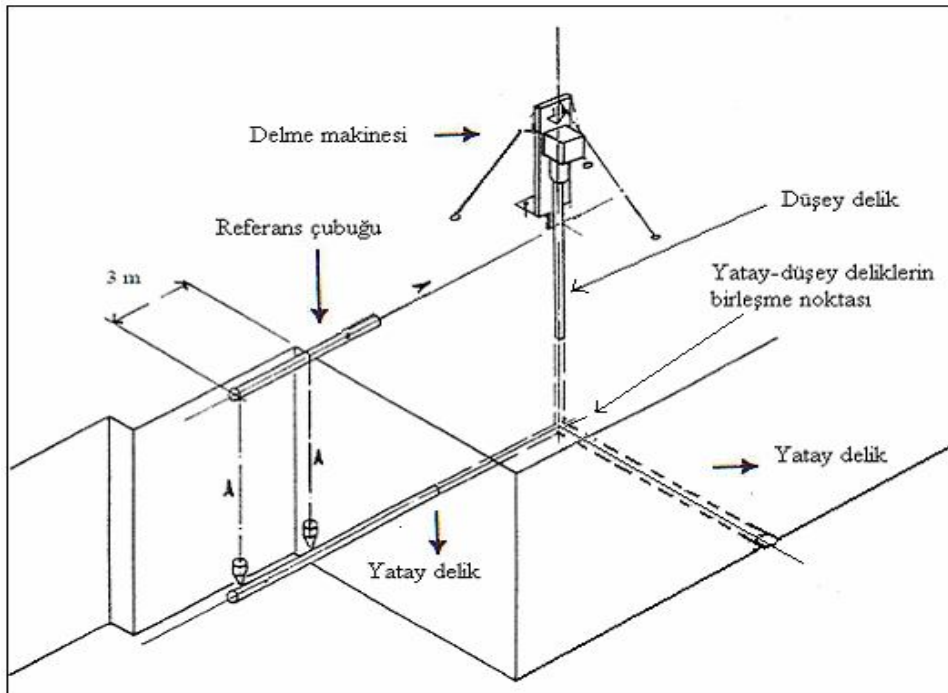
Şekil 2.11 Delik delme makinesi (Anonim, 2009c)

2.4 Elmaslı Tel Kesme Yöntemiyle Blok Doğal Taş Üretiminin Ana Hatları

Elmaslı tel ile üretimin ilk aşamasında büyük bloklar üretilmekte ($50-500 \text{ m}^3$), üretilen bu bloklar hava yastıkları, hidrolik iticiler veya hidrolik ekskavatörler yardımıyla yerinden çıkarılmakta ve sayalama makinesi olarak adlandırılan ve elmaslı tel kullanan boyutlandırma makineleri yardımı ile piyasada istenen boyutlara kesilmektedir.

Blok doğal taş üretiminde üretim yapılacak olan yerde bloğun serbest olmayan yüzeylerinin serbest hale getirilmesine yönelik olarak uygun hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda, elmaslı telin kesim yapılacak bloğu çepere çevre sararak kesmesini sağlamak amacıyla, istenilen blok yüksekliği, kalınlığı ve genişliğine uygun olarak düşey ve yatay delikler delinmektedir.

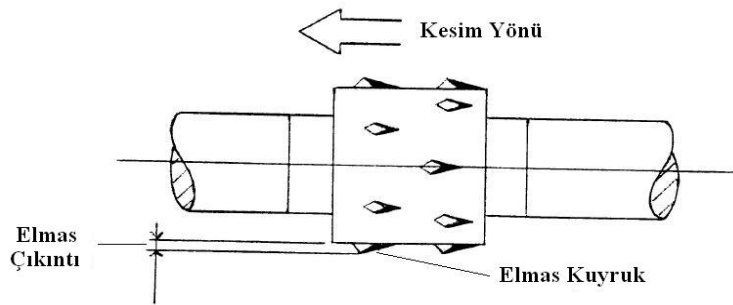
Düşey delik derinliği mevcut ve/veya açılmak istenen kesme yüksekliği kadar olmaktadır. Düşey delik aynı zamanda blok üretiminin referans deliği olup tam düşey delinmesi çok önemlidir. Düşeyden sapmaların olması durumunda daha sonra açılacak olan yatay deliklerin düşey delikler ile çakıştırılmasında sorun yaşanmaktadır. Düşey delik noktası belirlendikten sonra yakınına delik delme makinesini sabitlemek için kısa bir delik delinmekte, makinenin düşeyliğini kontrol edilerek sabitleme cıvataları ile sabitledikten sonra düşey delik delinmektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Düşey ve yatay deliklerin işaretlenmesi ve delinmesi (Anonim, 2008)

Yatay deliklerin işaretlenmesi ve delinmesinde düşey delik referans alınmaktadır. Kesilecek bloğun bulunduğu kadememin üst tarafı, düşey deliğin bulunduğu yerden başlanarak basamak aynasına paralel olacak şekilde işaretlenmektedir. Daha sonra, doğrultusunu kesim hattına paralel ve kesilecek bloğun üst tarafından yaklaşık 3 m ileri sarkacak şekilde bir çubuk yerleştirilmekte ve biri basamak aynasına yakın, diğeri çubuğun ucunda olmak üzere iki adet şakül sallandırılarak yatay delik yerinin tespiti ve delik delme makinesinin yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Delik delme makinesini tespit etmek için yatay deliğin delineceği yere yakın kısa bir delik delinmekte, makinenin yataylığı kontrol edilerek sabitlenmektedir. Bloğun ön tarafı için de aynı işlemler yapılarak hem düşey delik ile yatay deliklerin hem de yatay deliklerin birbirini kesmesi sağlanmaktadır (Şekil 2.12).

Delme işleminin tamamlanmasından sonra, elmaslı tel kesim yapılacak yüzey etrafında sonsuz bir halka oluşturacak şekilde deliklerden geçirilerek telin iki ucu bağlantı elemanları ile birleştirilmekte ve ray üzerine yerleştirilerek kesim için hazırlanmış olan kesme makinesinin ana kasmağına takılmaktadır. Elmaslı tel takıldıktan sonra telin gerginliğini sağlamak için kesme makinesi yürüyüş motoru yardımıyla ray üzerinde geriye doğru hareket ettirilmektedir. Daha sonra, kesim sırasında elmaslı telin soğutulması ve kesim kanallarında oluşan kırıntıların ortamdaki uzaklaştırılması amacıyla kullanılan su sistemi yerleştirilmektedir. Tüm bu işlemler tamamlandıktan sonra kesme makinesi operatör marifeti ile çalıştırılmaktadır. Elmaslı telin kesim sırasında belirli bir kesim yönü vardır (Şekil 2.13)

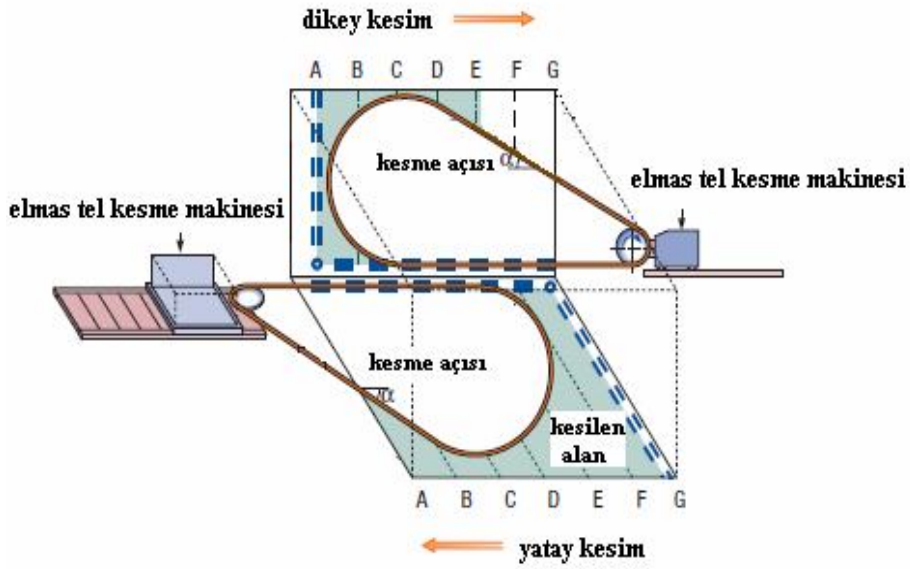


Şekil 2.13 Boncukların kesme pozisyonları (Anonim, 2008)

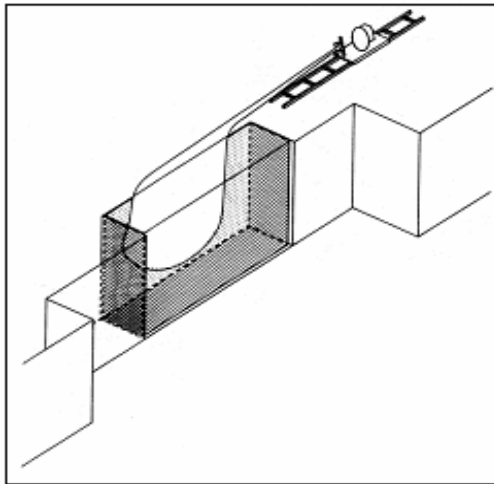
Kesme işlemi esnasında elmaslı tel, kesme makinesinin kasmağı yardımıyla belirli bir devirle döndürülmekte, kesme makinesinin geriye doğru yürümesi sonucunda uygulanan gerilme ile taşta sürtünmekte ve taşı aşındırarak

kesmektedir. Kesme işlemi devam ederken, tel kesme makinesi rayların sonuna geldiğinde makine durdurulmakta, kesimde kullanılan elmaslı telin boyu uygun şekilde kısaltılmakta, makine öne alınarak kesme işlemine tekrar başlanılmaktadır.

Elmaslı tel ile blok doğal taş üretiminde kesime bloğun tabanının yatay olarak kesimi ile başlanmaktadır. Bunun en önemli nedeni taban kesimi sırasında bloğun oturarak teli sıkıştırmasını engellemektir. Blok taban kesiminin tamamlanmasından sonra düşey kesimler yapılmaktadır (Şekil 2.14). Düşey kesim basamak tabanından (Şekil 2.14) yapılabildiği gibi, basamak üstünden de (Şekil 2.15) yapılabilmektedir.



Şekil 2.14 Elmaslı tel ile düşey ve yatay kesim (Özçelik, 2005)



Şekil 2.15 Elmaslı tel ile basamak üstü kesim

2.4.1 Elmaslı telin performansını etkileyen yapısal faktörler

Elmaslı telin kesim yapması esnasında, yapısal olarak performansını etkileyen faktörler, genel olarak şu şekilde sıralanabilmektedir (Anonim, 1999):

i. Elmaslı tel belirli bir süre kesim yaptıktan sonra, yaylı dizimde pul, yay ve halat belirli derecede hasar görmekte ve yeniden dizilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde pul ve yay, uğradığı deformasyondan dolayı görevini yapamamakta ve buna bağlı olarak, elmaslı boncuk dönme kabiliyetini ve dizim esnekliğini yitirerek tek taraflı aşınmaya başlamaktadır. Böylece, elmaslı boncuklar, ömrünü tamamlayamadan kullanılamaz hale gelmektedir.

Elmaslı boncukların dizili bulunduğu çelik halatın, belirli bir kesim yapıldıktan sonra incilmesi nedeniyle, çelik halatın kalınlığı 4.6 mm' nin altına düştüğünde elmaslı boncuk halata tam olarak oturmadığı için boşluklar meydana gelmekte ve elmaslı boncuk, çelik halatın üzerinde serbest bir şekilde oynamaya başlamaktadır. Sert bir yüzeye temas olduğunda, çelik yüzük, halatı zedeleyerek kopmasına sebep olabilmektedir.

ii. Plastik enjeksiyonlu dizimin kullanılması durumunda, belirli bir kullanımdan sonra plastik enjeksiyon özelliğini kaybederek, çelik halatın elmaslı boncukları sabit bir şekilde tutamayacak düzeyde incelmeye ve dönüş kabiliyetini yitirerek tek taraflı aşınmanın oluşmasına neden olmaktadır. Bu da, elmaslı boncuğun ömrünü tamamlayamadan kullanılamaz hale gelmesine sebep olmaktadır..

iii. Elmaslı boncuğun yüzük yapısının, son derece sert bir çelikten yapılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde çelik yüzüğün iç çapında bir genişleme söz konusu olacağından, elmaslı boncukların düzensiz bir şekilde aşınmasına neden olacaktır.

iv. Kimyasal yapıştırılmalı ve elektrolitik kaplamalı elmaslı boncuklarda, elmas taneciklerinin görevini yapmadan kaybının engellenmesi için matris yapı, ideal bir sertlik derecesine sahip olmalıdır. Sinterize elmaslı boncuklarda ise, matris yapının aşınabilirlik özelliği ile elmas taneciklerinin kesme kapasiteleri, birbirleriyle uyumlu olmalıdır. Aksi takdirde, aşırı sert bir matris yapının yüzeyindeki elmaslar görevini tamamladıktan sonra, matris yapı aşınmayacak ve alttaki elmaslar yüzeye çıkamayarak görevlerini yapamayacaklardır. Bu durumda,

kesilmesi gereken alan kesilemeyerek, tel kesme makinesi boş yere çalışmış olacaktır. Bu şekilde, uzun süre kesim yapılması durumunda, kesilecek alanda düz bir görünüm elde edilmesi gerekirken, bu tip elmaslı boncuklarla kesilen alanlarda oval bir görünüm ortaya çıkmaktadır. Matriks yapının olması gerekenden daha yumuşak ya da gevşek olması durumunda ise, matriks yapı daha hızlı aşınarak, elmas taneciklerini tutamayacak ve elmas tanecikler görevini yapamadan kaybedilmiş olacaktır.

v. Matriks yapıda, elmas tanelerinin bulunuş oranı, kalitesi ve ebatları, elmaslı boncuğun göstereceği kesme performansı ile doğrudan ilişkili parametrelerdir. Matriks yapıdaki elmas tanelerinin, olması gerekenden daha az miktarda olması durumunda, elmaslı boncuklar kesme işlemini verimli bir şekilde yapamayarak, zaman, işgücü ve enerji kaybının oluşmasına neden olmaktadır. Gerekenden fazla olması durumunda ise, matriks yapısının bozulmasına, elmas tanecik kaybına ve dolayısıyla maliyet artışıyla birlikte kesme performansının azalmasına neden olmaktadır.

vi. Kesimi yapılacak olan doğal taşın sertliği, telin performansını doğrudan etkileyen diğer önemli bir faktördür. Yapı ne kadar sert ve aşındırıcı olursa, elmas tanecikleri ve matriks yapı da, o oranda fazla aşınarak elmaslı boncuk ömrünü daha kısa bir sürede tamamlayacaktır.

vii. Yapının içerdiği aşındırıcı maddeler, telin performansını olumsuz yönde etkileyen diğer önemli unsurlardan birisidir. Örneğin, kum ve toprak içeren bir yapının kesiminde, bu yapının içerdiği kum ve toprak, elmaslı boncuklar ve yaylar aracılığıyla taşınarak, kesilecek yapıya temas ettiğinde matriks yapının aşınmasına neden olarak, yayların bozulmasına sebep olabilmektedir. Matriks yapının aşınması sonucunda, elmas tanecikler tutunamayarak düşecek ve görevlerini yapamadan kaybedileceklerdir. Aynı zamanda yapının içerisindeki yüksek sertlik ve aşındırıcılık özelliğine sahip olan maddeler (demir, zımpara, kuvars, vb.), elmasın sertliğine yakın bir sertlikte olmalarından dolayı, elmaslı boncuğun daha hızlı aşınmasına neden olup, boncuğun ömrünün normalden daha kısa bir sürede tükenmesine sebep olacaktır.

viii. Elmaslı telin kesim hızıyla tel kesme makinesi uyumlu çalışmalıdır. Hızlı üretim amacıyla yüksek amperde çalıştırılan makineler, elmaslı boncukları zorlayarak erken aşınmasına ve dolayısıyla kullanım süresinin kısalmasına sebep olmaktadır.

2.5 Önceki Bazı Çalışmalar

Elmaslı tel kesme yöntemi her tür doğal taş ocağına uygun değildir. Çatlak ve eklem sistemi çok gelişmiş ocaklarda elmaslı tel kesme yönteminin kullanılması, verim artışına bir katkıda bulunmayıp verimin düşmesine neden olabilir. Elmaslı tel kesme çatlak ve eklemleri az, masif yapıdaki doğal taşlar için uygun bir yöntemdir. Kesimde olabildiğince büyük kütle kesilmesi doğal taştaki süreksizliklerin (çatlak, renk değişimi vs.) etkilerini en aza indirmekte ve blok verimini arttırmaktadır. Bunun yanında manevra sayısı da azalacağından manevra zamanından tasarruf sağlanmaktadır (Urhan, Şişman 1992).

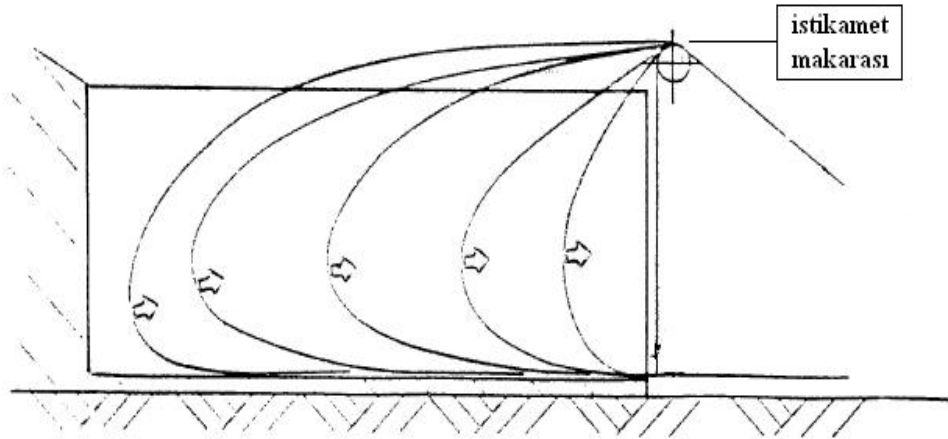
Elmaslı tel kesme yönteminde telin ekonomik olarak uygulanabilmesi için, kesme süresince etkili olan çeşitli kuvvetlerin doğasını ve etkilerini anlamak çok önemlidir. Bu kuvvetlerin analizi, aletin nasıl kullanılacağı, optimum kesme hızı ve maksimum alet ömrünün nasıl sağlanacağını göstermektedir (Hallez, 1992). Doğal taş ocaklarında elmaslı tel ile kesme performansını etkileyen birçok parametre vardır. Berry ve ark. (1989) kesme performansının çekme kuvveti, çevresel hız, kesme geometrisi, su miktarı ve elmaslı boncuk aşınma durumu gibi çalışma değişkenleri ile basınç dayanımı, darbe ve aşınma direnci, tane boyu, mineral bileşimi, mikro-sertliği ve benzeri gibi kayaç parametrelerinden etkilendiğini belirtmiştir. Jain ve Rathore (2009) kesme performansı etkileyen faktörleri kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler olarak Çizelge 2.1'deki gibi tarif etmişlerdir.

Bortolussi ve ark. (1990) kesme mekanizmasının, değişik kayaç şartlarına, seçilen ekipmana ve çalışılan basamağın geometrisi v.b. birçok faktöre bağlı olduğu, elmaslı tel kullanımında söz konusu olan kuvvetlerin, tel hızı ve germe kuvveti gibi parametrelerin bir fonksiyonu olarak ifade edilmesinin de oldukça güç olduğu belirtilmektedirler. Bunun nedenini ise, telin her noktasında kuvvetlerin farklı bir yapı göstermesi olarak ifade etmişlerdir.

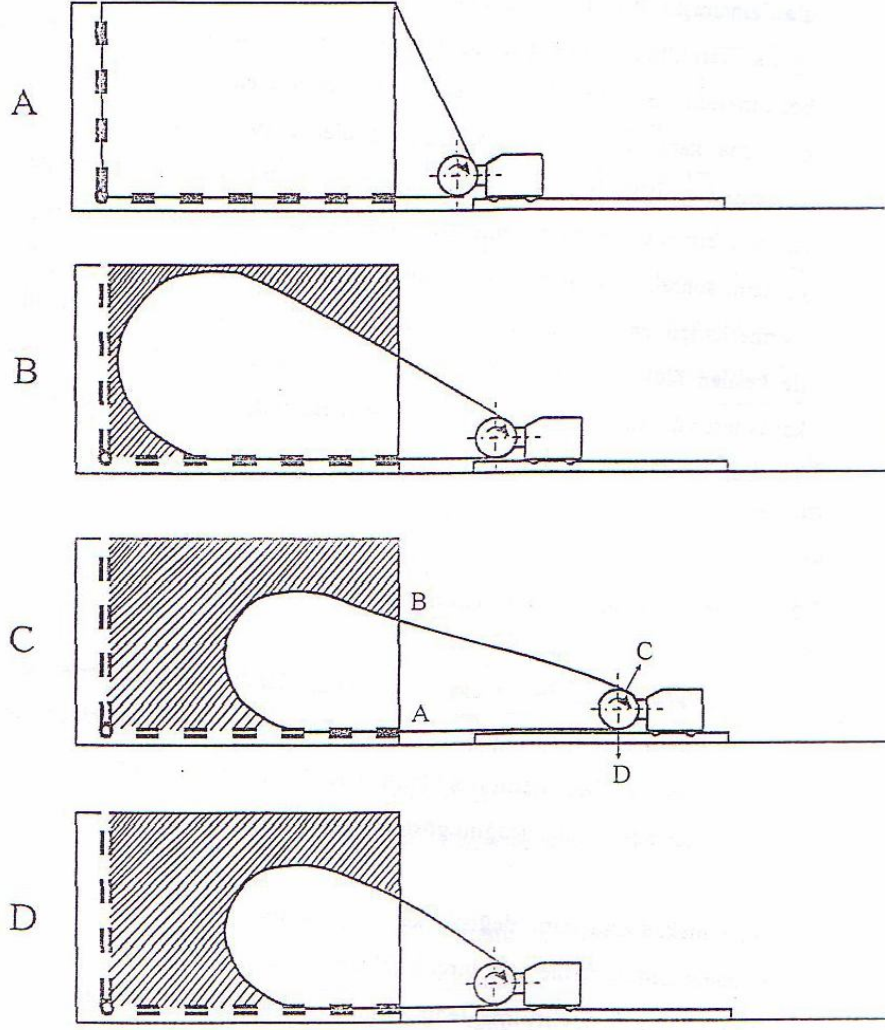
Çizelge 2.1 Kesme verimine etki eden kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler (Jain ve Rathore, 2009)

Kontrol edilemeyen parametreler	Kontrol edilebilen parametreler	
Kaya karakteristiği ile ilgili parametreler	Makine ile ilgili parametreler	Çalışma parametreleri
i. Mukavemet	i. Makine gücü	i. Basamak kesim geometrisi
ii. Sertlik	ii. Elmaslı tel çevresel hızı	ii. Kesim tipi (makine pozisyonu)
iii. Doku	iii. Boncuk yapısı	iii. Operatör tecrübesi
iv. Mineraloji	iv. Tel yapısı	iv. Su kullanım miktarı
	v. Çekme kuvveti	

Elmaslı tel uygulamasında bazen sürtünme yüzeyini azaltıp, makinenin yükünü hafifletmek amacı ile istikamet makaralarının kullanımı da (Urhan, Şişman, 1992) söz konusu olmaktadır (Şekil 2.16). Bir üretici firma da bu istikamet makaraların kullanımının kesme performansını artırdığını ifade etmektedir (Anonim, 2008). Genelde zorunlu haller dışında doğal taş işletmelerinde istikamet makaraların kullanımı tercih edilmemektedir (Şekil 2.17). İstikamet makarası ile çalışan elmaslı telin kesim aşamalarında izlediği yörünge (Şekil 2.16), istikamet makarası olmayan yöntemle çalışanlardan farklıdır (Şekil 2.17).



Şekil 2.16 Elmaslı tel kesme yönteminde istikamet makaralarının kullanımı (Anonim, 2008)

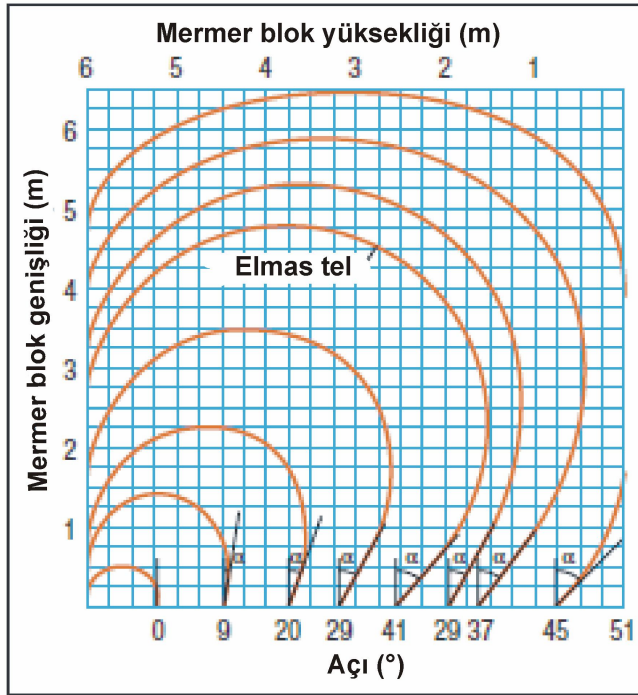


Şekil 2.17 Düşey kesimde elmaslı telin değişik aşamalarındaki konumu (Bortolussi ve ark., 1994)

Elmaslı tel ile düşey kesimin ilk aşamasında, tel halat dolaştığı yüzeyin köşelerinde keskin bir şekilde bükülmektedir (Şekil 2.17.A). Kesim ilerledikçe telin izlediği yörünge, düzgün ve yavaşça değişen eğilme ile karakterize edilmektedir (Şekil 2.17.B). Tahrik ünitesi basamak aynasından ray üzerinde uzaklaştıkça kesilen alan kademeli olarak azalmakta (Şekil 2.17.C), rayın sonuna gelindiğinde makine durdurularak tel kısaltmakta ve makine kesmenin devam edebilmesi için öne çekilmektedir (Şekil 2.17.D). Kesim esnasında elmaslı tel üzerindeki gerilme, en düşük değerini A-D noktaları arasında alırken, hareket makarası (D) ile telin giriş noktası (A) arasında artış eğilimine girmektedir. Teldeki gerilme basamak çıkışındaki B noktası ve üst dış yol boyunca (B-C) maksimum değere ulaşmaktadır. Kesme profili sonunda telin kayadan çıkışında

(B noktası) maksimum değere ulaşan gerilme, telin kayaya girişinde minimum değere düşmektedir (Şekil 2.17.C). Bu azalma kaya üzerindeki her bir boncuğun sürtünme direncine bağlı olarak adım adım gerçekleşmektedir. Bu yüzden, makine çalıştığı zaman boncuk hep aynı safhadaki yükleme devresine uğramaktadır. Ancak kesim çevresinin her noktasındaki koşulların, kısa vadede dereceli değişmesi söz konusu olsa da aynı olduğu kabul edilebilmektedir (Hallez, 1992; Bortolussi ve ark., 1994).

Özçelik (1999), elmaslı telin değişik kesme aşamalarındaki yörüngesini tel kesme açısına bağlı olarak tespit etmek amacıyla yaptığı çalışmada kesim profillerini vermiştir (Şekil 2.18). Kesilecek bloğun boyutlarına, istikamet makarası kullanılıp kullanılmama durumlarına göre elmaslı telin taş içerisinde izlediği yörünge değişken olmaktadır (Şekil 2.16-2.18). Bu değişime bağlı olarak, elmaslı tel üzerinde oluşan gerilmeler, elmaslı tel ile kesilen taş arasındaki sürtünme ve kesme performansları da farklı olacaktır.

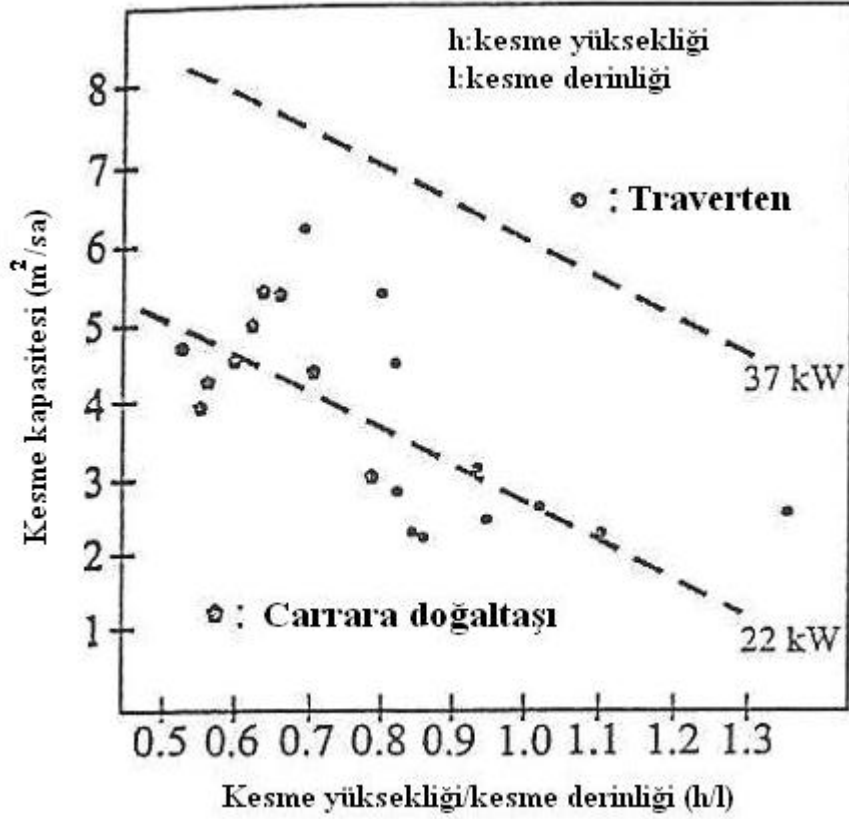


Şekil 2.18 Kayaç içerisinde elmaslı tel yörüngesinin tel kesme açısı ile değişimi (Özçelik, 1999)

Bortolussi ve ark (1990-1994) makine tarafından tel halata uygulanan çekme kuvveti ile tel verimliliği arasında ters orantılı bir ilişkinin, makine geri

çekme kuvveti ile kesme hızı arasında ise doğru orantılı bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Berry ve ark. (1989), traverten ve Carrara doğal taşı üzerinde yaptıkları çalışmada, kesme kapasitesi (m^2/sa) ile blok yüksekliğinin (h) blok genişliğine (l) oranı (h/l) arasında bir ilişki olduğunu, bu oranın artmasına bağlı olarak kesme hızının azalan bir davranış gösterdiğini ifade etmişlerdir (Şekil 2.19).



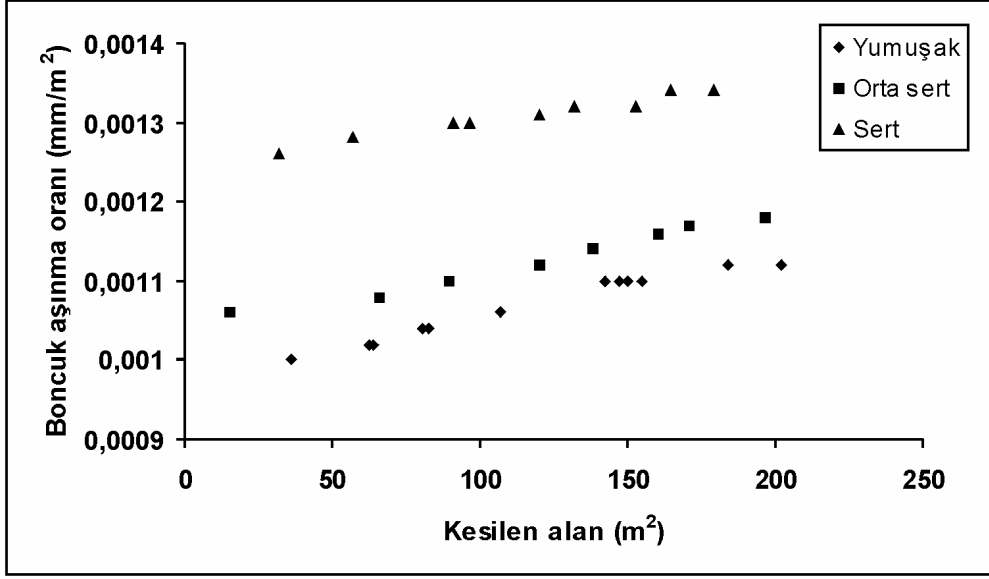
Şekil 2.19 Kesme kapasitesinin kesme geometrisine (h/l) göre değişimi (Berry ve ark., 1989)

Jain ve Rathore (2009) yumuşak, orta sert ve sert olarak sınıflandırılmış üç farklı dolomitik doğal taş biriminde elmaslı tel ile blok üretiminde kesilen alanın kesme performansına etkisini belirlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada kullanılan makinenin gücü 60 HP, telin çevresel hızı 27.2 m/s olup düşey, basamak üstü düşey ve yatay kesimler incelenmiştir. Jain ve Rathore (2009) tarafından düşey kesimde ölçülen saatlik kesme kapasiteleri ve elmaslı boncuk aşınma oranları Çizelge 2.2’de sunulmuştur.

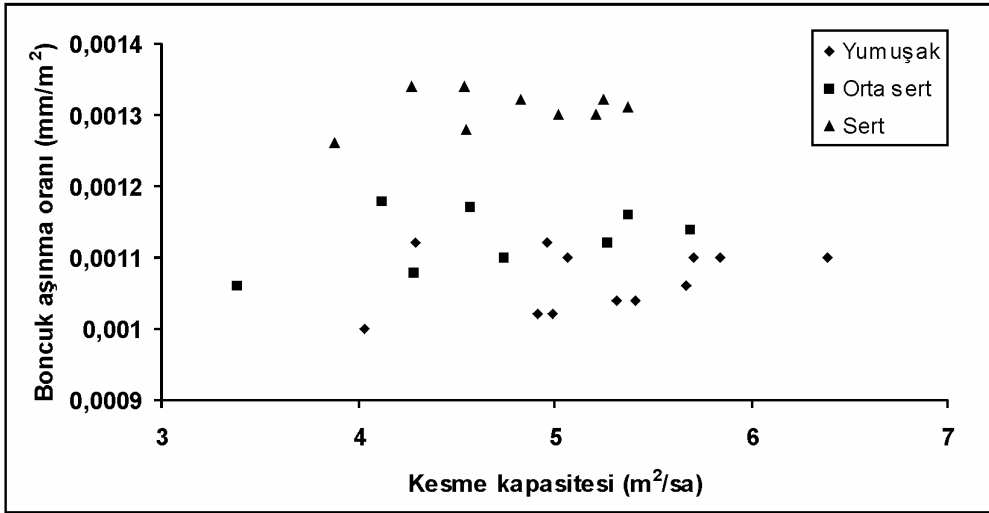
Çizelge 2.2 Kesme performansı ölçüm sonuçları (Jain ve Rathore, 2009)

Kesim No	Kesilen Alan (m ²)	Kesim Süresi (saat)	Kesme Kapasitesi (m ² /sa)	Boncuk Aşınma Oranı (mm/m ²)	Kesim No	Kesilen Alan (m ²)	Kesim Süresi (saat)	Kesme Kapasitesi (m ² /sa)	Boncuk Aşınma Oranı (mm/m ²)
(a) yumuşak									
A-1	36.32	9	4.03	0.00100	A-7	142.65	25	5.71	0.00110
A-2	62.38	12.5	4.99	0.00102	A-8	147.08	25.16	5.84	0.00110
A-3	63.86	13.5	4.91	0.00102	A-9	149.76	23.41	6.39	0.00110
A-4	80.35	15.1	5.32	0.00104	A-10	154.59	30.5	5.07	0.00110
A-5	82.65	15.27	5.41	0.00104	A-11	184.35	37.16	4.96	0.00112
A-6	106.76	18.83	5.67	0.00106	A-12	201.81	47.08	4.29	0.00112
(b) orta-sert									
B-1	15.52	4.58	3.38	0.00106	B-5	137.96	23.41	5.69	0.00114
B-2	66.14	17.5	4.28	0.00108	B-6	160.38	29.86	5.37	0.00116
B-3	89.65	18.91	4.74	0.00110	B-7	170.58	37.33	4.57	0.00117
B-4	120.34	22.83	5.27	0.00112	B-8	196.24	47.58	4.12	0.00118
(c) sert									
C-1	31.65	8.16	3.88	0.00126	C-6	131.9	25.27	5.25	0.00132
C-2	57.26	12.58	4.55	0.00128	C-7	152.54	31.58	4.83	0.00132
C-3	90.71	18.08	5.02	0.00130	C-8	164.41	36.25	4.54	0.00134
C-4	96.27	18.47	5.21	0.00130	C-9	179.44	42	4.27	0.00134
C-5	120.34	22.41	5.37	0.00131					

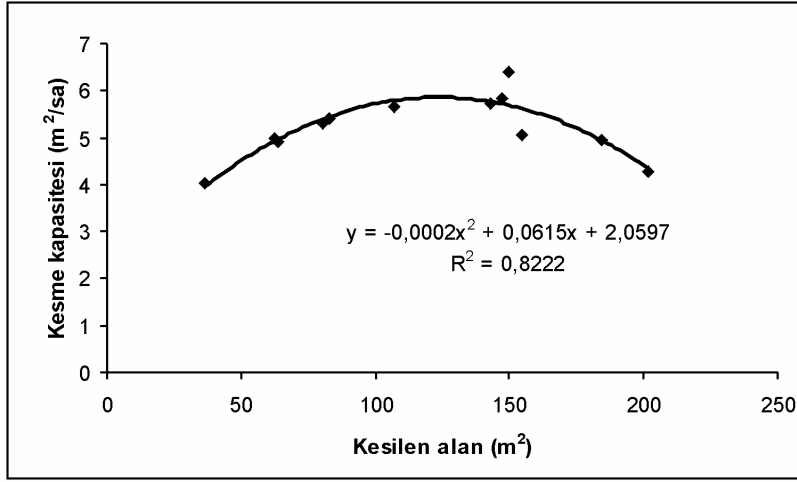
Bu verilere göre, üç doğal taş türü için de kesilen alan arttıkça elmaslı boncuk aşınma oranları (mm/m²) yaklaşık lineer olarak artmıştır (Şekil 2.20). Ancak, yine aynı verilerden yararlanılarak elde edilen kesme kapasitesi ile elmaslı boncuk aşınma oranları arasında anlamlı ilişkiler söz konusu değildir (Şekil 2.21). Üç doğal taş grubu için de kesme kapasitesindeki artış ya da azalış aşınma miktarlarında belirgin bir artış ya da azalışa yol açmamaktadır. Diğer yandan, üç doğal taş türünde de kesilen alan artışı ile kesme kapasitesi (m²/sa) başlangıçta artan, belli değerlerden sonra ise azalan parabolik bir davranış göstermiştir (Şekil 2.22). Kesme kapasitesinin yumuşak doğal taşlar için 142-150 m², orta sert doğal taşlar için 135-145 m² ve sert doğal taşlar için 125-135 m² arasında daha yüksek olduğu, daha büyük alanlarda ise kesme kapasitesinin düşmeye başladığı belirlenmiştir (Jain ve Rathore, 2009). Yazarlar tarafından benzer ilişkilerin basamak üstü düşey ve yatay kesimler için de elde edildiği ifade edilmiştir. Bu çalışma farklı tip doğal taşlarda yapılan değişik tip kesimlerde elmaslı tel kesme makinesinin performansında kesilen alanın (dolayısı ile basamak geometrisinin) önemli rolü olduğunu, basamak kesim boyutlarının tüm kesimlerde yumuşaktan sert taşa doğru azalan bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır.



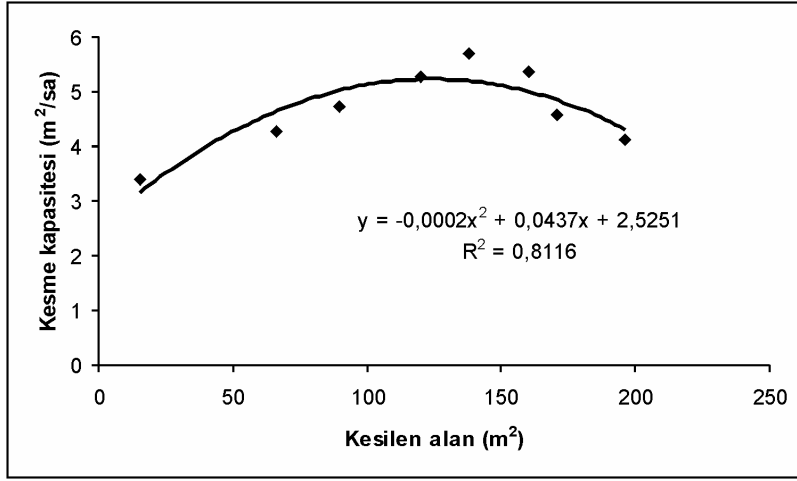
Şekil 2.20 Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Jain ve Rathore, 2009)



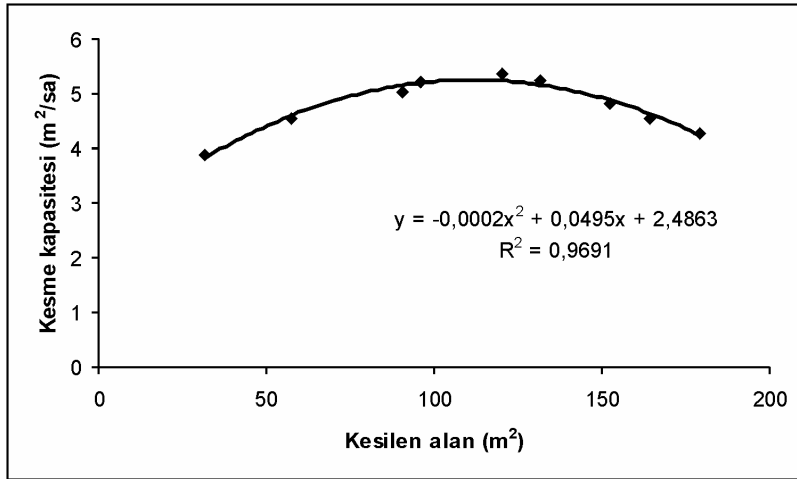
Şekil 2.21 Kesme kapasitesi-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Jain ve Rathore, 2009)



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.22 Yumuşak (a), orta sert (b) ve sert (c) doğal taşlarda kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkileri (düşey kesim) (Jain ve Rathore, 2009)

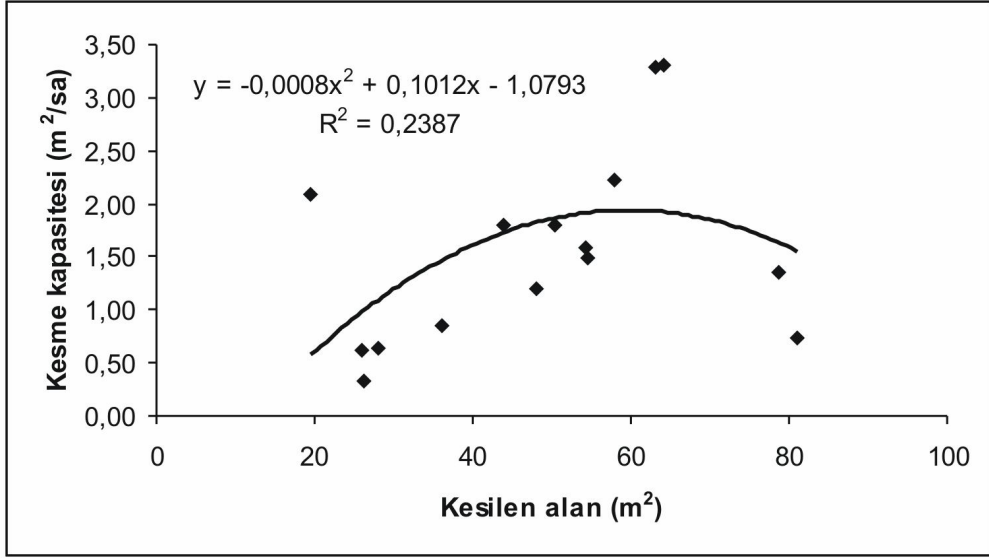
Özçelik (1999), Çubuk andezit sahasında elmaslı tel kesme kapasiteleri ve elmaslı boncuk aşınma oranlarını belirlemek amacıyla çalışmalar yapmış ve aşağıdaki verileri elde etmiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 Çubuk andezit sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları (Özçelik, 1999)

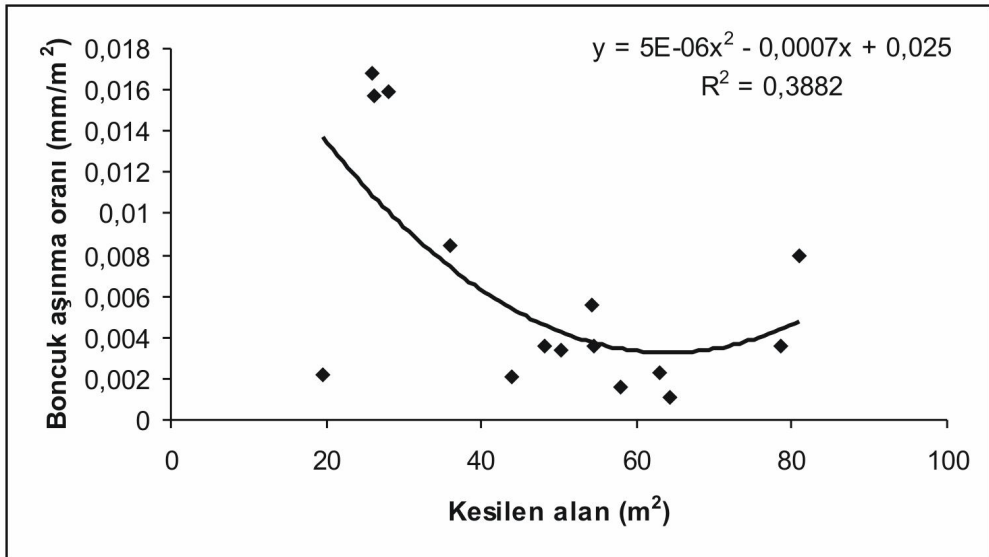
Kesilen alan (m ²)	Kesim süresi (saat)	Beklemez kapasite (m ² /sa)	Boncuk aşınma oranı (mm/m ²)
64.24	19.45	3.30	0.001090
63	19.15	3.29	0.002302
78.61	58.1	1.35	0.003600
50.37	28	1.80	0.003415
43.91	24.3	1.81	0.002118
54.17	34.3	1.58	0.005575
57.94	26	2.23	0.001605
26.13	79.58	0.33	0.015729
26	41.83	0.62	0.016808
28	44.08	0.64	0.015893
36	42.2	0.85	0.008472
81	109	0.74	0.007963
48.1	40	1.20	0.003576
19.5	9.3	2.10	0.002154
54.6	36.4	1.49	0.003553

Sahadan elde edilen verilere göre, Çubuk andeziti için kesme kapasiteleri yaklaşık 57 m² 'ye kadar düşüktür. Kesilen alan büyüklüğü 64 m² civarındayken kesme kapasitesi maksimum değerine ulaşmıştır. Daha büyük alanların kesiminde ise kesme kapasitesi düşmüştür. Sahada en yüksek kesme kapasitesi değerlerine 60-65 m² aralığında ulaşılmaktadır (Şekil 2.23).

Kesilen alana bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı ilişkisi irdelendiğinde, 25-30 m² alan aralığında elmaslı boncuk aşınma miktarlarının maksimum olduğu görülmektedir. En düşük aşınma miktarına 64 m² civarında ulaşılmıştır (Şekil 2.24).

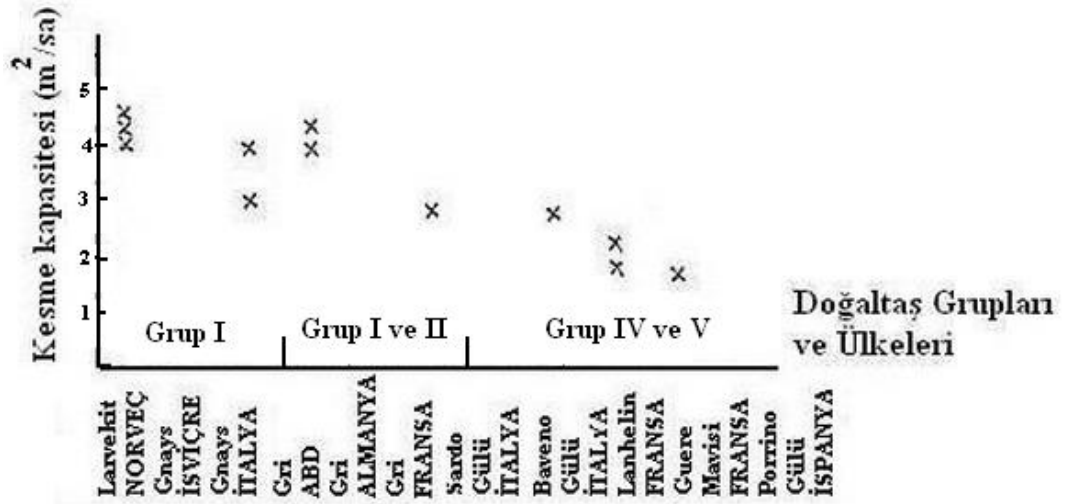


Şekil 2.23 Çubuk andeziti için kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (Özçelik, 1999)

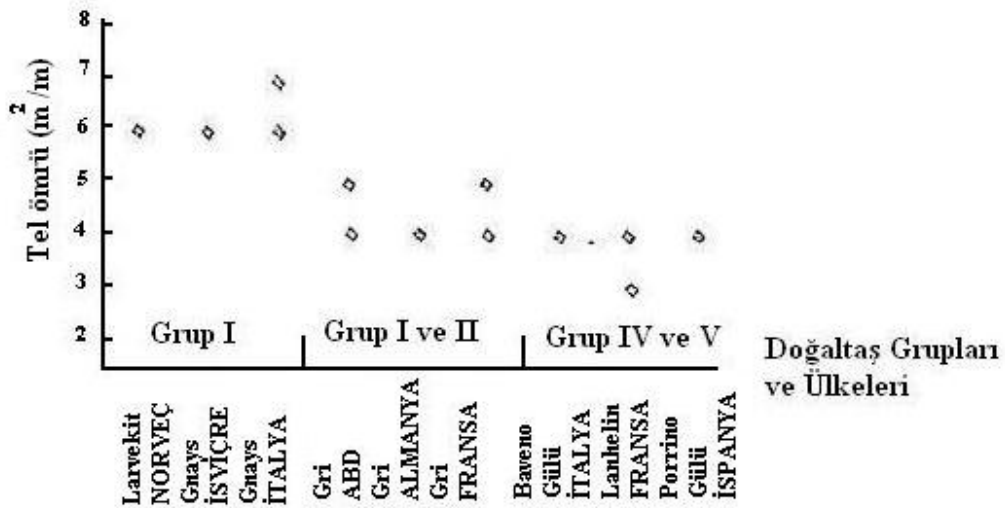


Şekil 2.24 Çubuk andeziti için kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Özçelik, 1999)

Wright (1992), farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip granit türü doğal taşları beş gruba ayırmış ve birinci gruptaki doğal taşları yumuşak beşinci gruptakileri ise sert olarak sınıflandırmış olup, yumuşak doğal taştan sert'e doğru kesme kapasitesi (Şekil 2.25) ve tel ömrünün (Şekil 2.26) azaldığını ifade etmiştir.



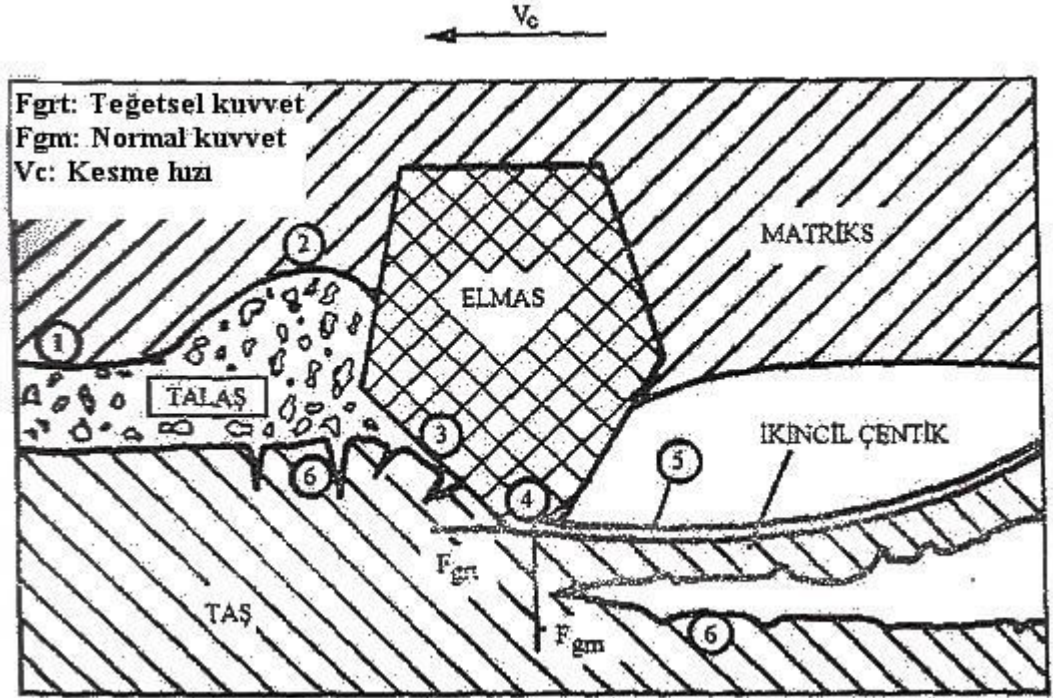
Şekil 2.25 Farklı doğal taş ocaklarında elde edilen kesme kapasiteleri (Wright, 1992)



Şekil 2.26 Farklı doğal taş ocaklarında tel ömürleri (Wright, 1992)

Elmaslı boncuk kullanarak kayaktan parça koparılması, çentik oluşumu olarak tanımlanmaktadır. Kayaçlarda çentik oluşumu doğrudan ya da dolaylı olarak kayacın fiziksel özellikleri (tane büyüklüğü, sertliği, dayanımı vb.), elmaslı taneleri ile taş arasında oluşan kuvvetler, taştaki gerilimin dağılımı ve elmaslı boncuk ile taş ara yüzeyindeki sıcaklık gibi çeşitli faktörler tarafından saptanmaktadır. Diğer yandan, ara yüzeyde su, taş kırıntıları ve aşınmış elmas tanelerinden meydana gelen talaş da matriksin aşınmasına sebep olmaktadır. Tönshoff ve Asche (1997), kayacın kesiminde elmaslı boncuk ve kayaç arasındaki mekanik ilişkinin kesim sırasında kayaçta oluşan elastik ve plastik deformasyon,

kayaç ile elmas taneleri arasındaki sürtünme, kayaç ile matriks arasındaki sürtünme ve kesilmiş malzeme ile matriks arasındaki sürtünme gibi faktörlerden meydana geldiğini ifade etmektedirler (Şekil 2.27). Ayrıca elmas boncuğun aşınma şartlarının, boncuğun kesme kabiliyeti ve sağlamlığı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Elmasın uç keskinliğinin korumak, düzenli kesme performansı elde etmek için değişmez bir faktördür (Tönshoff ve Asche, 1997).



1. Talaş ile matriks arasındaki sürtünme, 2. Talaş etkisiyle oluşan matriks erozyonu, 3. Birincil çentik alanı, 4. Elmas tanesi ve taş arasındaki sürtünme bölgesi, 5. Plastik deformasyon, 6. Elastik deformasyon

Şekil 2.27 Elmaslı kesici takım ile kayaç arasındaki mekanik ilişki (Tönshoff ve Asche, 1997)

Gerek elmaslı tane tarafından kayaçtan parça koparılarak kesilmesi, gerekse kayaç ve kesim sonucu oluşan talaş tarafından elmas tane ve matriksinde oluşan aşınma, kesim boyunca yer alan mekanik ve termal yüklere bağlıdır. Bu yükler ise makine tarafından elmaslı tel halata uygulanan gerilme ve basamak geometrisine göre şekillenmektedir.

Elmaslı boncuğun matriks yapısının hacmi hesaplandığında, en yüksek oranın, orta sert taşlarda 11.0 mm ve sert taşlarda ise 12 mm çapındaki elmaslı boncuklardan elde edildiği görülmekle birlikte, bu oran çaplar küçüldükçe azalma

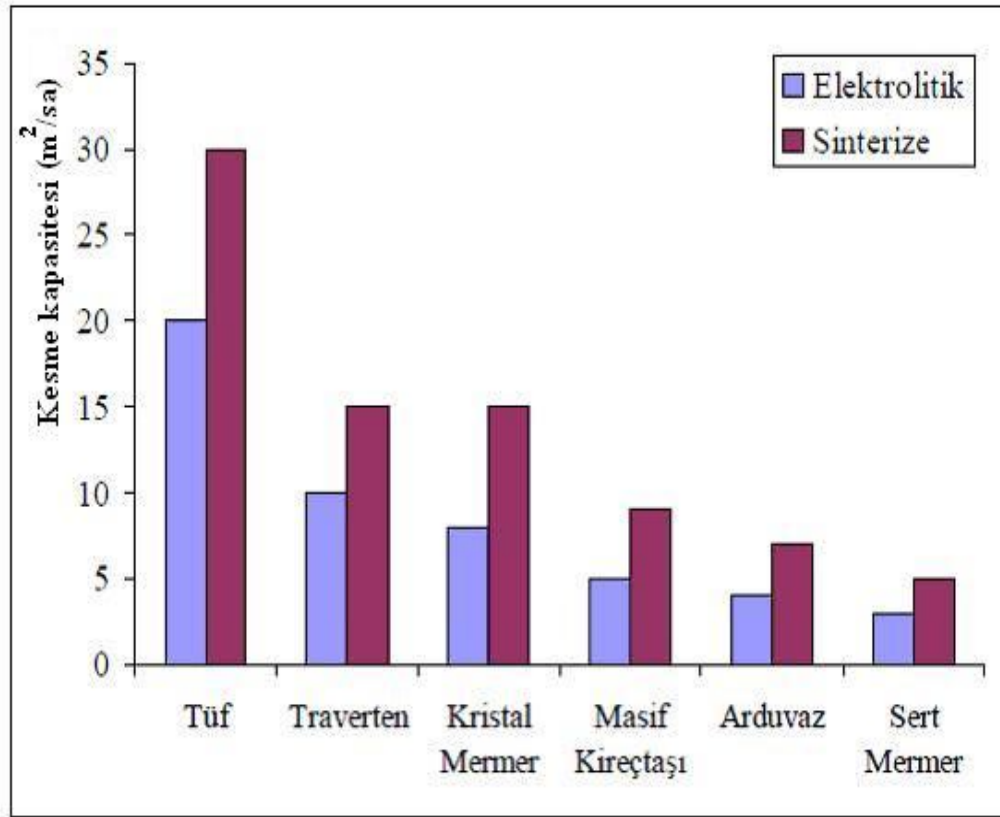
göstermektedir. Aynı özelliklerde matriks yapının kullanıldığı iki farklı çaptaki elmaslı boncuğun performansı kıyaslandığında, doğal olarak çapı büyük olan elmaslı boncukta daha yüksek bir performans elde edilebilmektedir (Anonim, 1999).

Aktürk (1991), elektrolitik ve sinterize elmaslı teller ile değişik kayaçlar üzerinde elde edilen kesme kapasitelerini vermiş (Çizelge 2.4), ilk kesimlerde elektrolitik elmaslı boncukların kesim hızlarının, yeni sinterize elmaslı boncuklara göre daha yüksek olmasına karşın sinterize elmaslı tellerin kesme kapasitesinin daha yüksek olduğunu ifade etmiştir (Şekil 2.28).

Çizelge 2.4 Elektrolitik ve sinterize elmaslı tellerin değişik kayaçlar karşısındaki gösterdikleri performans (Aktürk,1991)

Kayaç türü	Elektrolitik	Sinterize Elmaslı
	Elmaslı tel (m ² /saat)	Tel (m ² /saat)
Tüf	20	30
Traverten	10	15
Kristal yapılı	8	15
Masif Kireçtaşı	5	9
Arduvaz	4	7
Sert taşlar	3	5

Burdur bejinde kullanılan sinterize elmaslı boncuklarda meydana gelen aşınmanın incelenmesi üzerine yapılan çalışmada Demirdağ (2001) ve Demirdağ ve Gündüz (2001) boncukların koşum yönüne göre konik olarak aşındığını ifade etmişler, koniklik açısının artmasına bağlı olarak da ana kesimden ziyade blok boyutlandırma işlemlerinde kullanılmasına yönelik öneriler sunmuşlardır. Demirdağ (2001) sinterize elmaslı boncuklu tel halatlar ile ortalama 4-6 m²/sa kesme kapasitesine ulaşıldığını, tel ömrünün ise Arcofil tanımlı boncuklarda yaklaşık olarak 51 m²/m, Diamond I tanımlı boncuklarda 50 m²/m ve Diamond II tanımlı boncuklarda ise, 49.5 m²/m civarında olduğunu belirlemiştir.



Şekil 2.28 Sinterize ve elektrolitik elmaslı telin değişik kayalardaki kesme kapasiteleri (Aktürk, 1991)

Cai ve Mancini (1989), kesim sırasında boncuğun çelik tel üzerinde dönmemesi gerektiğini belirtmişler ve kesim sırasında oluşan oyuk ile tel arasındaki aşınmanın dönme nedeniyle olumsuz yönde etkileneceğini ortaya koymuşlardır.

Hawkins ve ark. (1990), çelik tele dizili olan elmaslı boncuklar arası mesafenin homojen olmaması durumunda, boncukların kesme kabiliyetlerinin olumsuz yönde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Özçelik (1999), elmaslı boncuk imali yapılırken kayaç türüne ve yapısına göre matrisin oluşturulmasını, elmas tane boyutunun mutlaka kayacın özelliklerine göre seçilmesi ve sert kayalarda ince taneli, yumuşak kayalarda ise iri taneli elmas kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

3. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Elmaslı tel ile blok doğal taş üretiminde basamak geometrisinin kesme performansına etkisinin belirlenmesi, yöntemin doğru ve ekonomik olarak kullanılabilirliğinin tespiti açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında Emmioğlu A.Ş.'nin Amasya ili sınırları içerisinde bulunan bej ocağında ve Özmersan A.Ş.'nin Sivas ili sınırları içerisinde bulunan sarı traverten ocağında çalışmalar yapılmıştır. Basamak geometrisinin belirlenmesi amacıyla üretim basamaklarının yükseklik-derinlikleri ölçülmüş, saatlik üretimler ile elmaslı boncuklarda meydana gelen aşınmalar belirlenmeye çalışılmıştır. Microsoft Excel 2002 programı kullanılarak verilerin grafiksel analizi yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

3.1 Bej Ocağının Tanıtılması

Ruhsat sahası Karadeniz Bölgesi'nin batısında bulunan Amasya ili sınırları içerisinde, Amasya iline bağlı Eliktekte Köyü civarındadır (Şekil 3.1). Bu sahada, klasik olarak adlandırılan açık renkli ve regal olarak adlandırılan koyu renkli blok bej doğal taş üretimi yapılmaktadır.

Bölge jeolojisi paleozoyik yaşlı dayanıklı başkalaşım kayalarından havza içlerinde ve akarsu yataklarında oluşmuş güncel zayıf birimlere kadar uzanan geniş bir yelpazede kaya topluluklarına sahiptir. Bu kaya toplulukları arasındaki sınırlar çoğunlukla eski tektonizmaya bağlı olan yapısal hatların kontrolündedir. Güncel çökeller ise aktif faylarla kesilmektedir (Anonim, 2009d). Çalışma sahasında içi toprak dolu oldukça fazla erime boşluğu bulunmaktadır.

Üretim yapılan basamakların yükseklikleri 3.5-9.3 m arasında değişmektedir (Şekil 3.2). Kesme derinlikleri taşın sağlamlık durumuna göre değişiklik göstermekte, sağlam olan formasyonlarda kesme derinlikleri küçük, bozuk olan formasyonlarda ise büyük tutulmaktadır.

Üretim yöntemi olarak elmaslı tel ve zincirli kollu kesici kombinasyonu kullanılmaktadır. Büyük parçalar halindeki bloklar boyutlandırma makineleri ile küçük boyutlara indirildikten sonra stok sahasına taşınmakta ve buradan sevki yapılmaktadır.



Şekil 3.1 Emmioğlu A.Ş. bej ocağı yer bulduru haritası

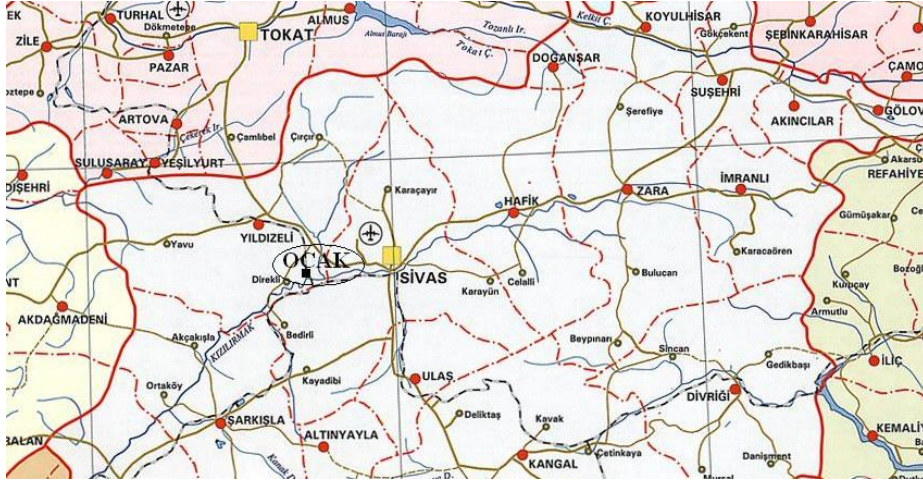


Şekil 3.2 Emmioğlu A.Ş. bej ocağının genel görünümü

3.2 Traverten Ocağının Tanıtılması

Ruhsat sahası Sivas ilinin 30 km batısında, Sıcak Çermik bölgesi içerisinde ve yaklaşık K-G doğrultuludur (Şekil 3.3). Bölgede yer alan travertenler büyük oranda kalsit mineralleri içermekte olup, demirli mineraller (götüt ve hematit) içermesi nedeniyle kırmızımsı-sarı renklidir. Bu bölgedeki travertenler morfolojik olarak çoğunlukla (~ %52) çatlak sırtı tipi sınıfına girmektedir. Bu bölgede traverten çökeltin çözeltilerin yüzeye çıkmasını sağlayan merkezi bir

çatlak bulunmakta ve tabakalı travertenlerin çatlak ekseninin her iki tarafında çatlak eksenine dik olacak şekilde eğimlidirler (Mesci, 2004).



Şekil 3.3 Özmersan A.Ş. sarı traverten ocağı yer bulduru haritası

Üretim elmaslı tel kesme yöntemi ile yapılmaktadır. Üretim yapılan basamakların yükseklikleri 5.1-9.4 m arasında değişmektedir (Şekil 3.4). Kesme derinliği değişkendir.



Şekil 3.4 Özmersan A.Ş. sarı traverten ocağının genel görünümü

3.3 Çalışılan Doğal Taş Birimlerinin Özellikleri

Bej ve sarı traverten birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Tek eksenli basınç dayanımına göre her iki doğal taş birimi de orta dayanımlı, Schmidt sertliğine göre sarı traverten oldukça sert, bej ise çok sert sınıfta yer almaktadır (ISRM, 1978).

Çizelge 3.1 Çalışılan doğal taş birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri
(Görgülü, 1998)

Özellikler	Bej	Sarı Traverten
Birim Hacim Kütlesi (g/cm ³)	2.664	2.334
Mineral Tane Yoğunluğu (g/cm ³)	2.695	2.620
Atmosfer Basıncında Kütlece Su Emme (%)	0.227	2.149
Doluluk Oranı (%)	99.805	89.082
Toplam Gözeneklilik (%)	0.195	10.918
Etkili Gözeneklilik (%)	0.115	4.841
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	91.60	51.29
Kohezyon (MPa)	19.84	19.16
İçsel Sürtünme Açısı (Derece)	49.73	26.14
Elastik Modülü (GPa)	35.37	22.22
Poisson Oranı	0.316	0.254
Eğilme Dayanımı (MPa)	13.86	6.62
Dolaylı Çekme Dayanımı (Brazilian) (MPa)	7.27	1.34
Darbe Dayanımı (ASTM) (kgf-cm/cm ³)	3.44	7.90
Schmidt Sertliği	61.00	55.70
Shore Sertliği	69.88	51.70
ST Kesme Hızı (Kalınlık=30 cm)(m/dk)	0.91	1.19

3.4 Arazi Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Arazi ölçümleri bej ve sarı traverten sahalarında iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmalara söz konusu sahalarda durum tespiti ile başlanmış ve daha sonra gerekli ölçümlere geçilmiştir.

3.4.1 Bej sahası ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi

Bej sahasında üretim yapılan basamakların yüksekliklerinin 3.5-9.3 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu yükseklik farklılığı değişik basamak geometrilerini değerlendirmek açısından oldukça fayda sağlamıştır.

Bu sahadaki ölçümler aynı teknik özelliklere sahip kesme makinelerinde (Çizelge 3.2) ve aynı çalışma koşulları altında (kasnak çapı, devir, akım, volt v.b) gerçekleştirildiğinden basamak geometrisi dışındaki tüm çalışma değişkenlerinin sonuçlara aynı oranda etkidiği kabul edilmiştir. Çalışmada sinterize elmaslı boncuğa sahip elmaslı teller kullanılmıştır.

Çizelge 3.2 Kesme makinelerine ait teknik özellikler (Amasya bej)

Parametreler	Değer
Motor cinsi	Elektrikli
Makine gücü	37 kW
Kasnak devri	970 rpm
Voltaj	380 volt
Gerdirme amperajı	55 amper
Kasnak çapı	80 cm
Güç faktörü (cosφ)	0.82
Ray boyu	5 m

Ölçümlere kesilecek basamaklarda kesme yüksekliği ve kesme derinliğinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Ayrıca kullanılan elmaslı boncukların çapları kesim öncesi ve kesim sonrası Demirdağ (2001) tarafından önerildiği gibi dijital kumpas ile ölçülerek, kesimler sırasında elmaslı boncuklarda meydana gelen aşınmalar belirlenmeye çalışılmıştır. Kesim sırasında başlangıçtan bitişe kadar kronometraj tutulmuş, herhangi bir nedenle oluşan duraklamalar kaydedilmiş ve kesimde harcanan net süreler tespit edilmiştir. Kesim esnasında kesme makinelerinin ortalama 55 amper'lik bir akımla çalışması sağlanmıştır. Bu sahada amacına uygun olarak ve aynı basamak geometrisinde en az iki ölçüm olacak şekilde 95 adet ölçüm yapılabilmektedir. Sonuçta 28 farklı kesme yüksekliği ve derinliğine sahip ölçüm elde edilmiştir (Çizelge 3.3). Bu ölçümlerde kesme yüksekliğinin kesme genişliğine oranı (h/l) 0.16-2.31 aralığında değişmiştir.

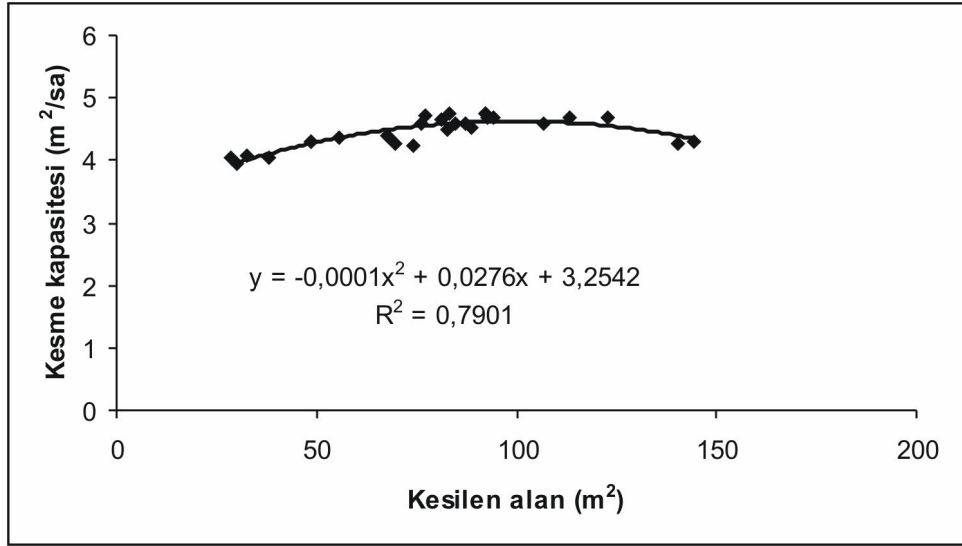
Çizelge 3.3 Bej sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları

Yükseklik (h)	Genişlik (l)	Kesilen alan	Kesme yüksekliği/kesme derinliği	Beklemez kapasite	Boncuk aşınma oranı
(m)	(m)	(m ²)	(h/l)	(m ² /sa)	(mm/m ²)
3.5	22.1	77.35	0.158	4.7107	0.000905
6.3	14.7	92.61	0.429	4.6803	0.001188
6.5	14.2	92.30	0.458	4.7455	0.000758
6.4	13.0	83.20	0.492	4.7427	0.001082
7.7	14.7	113.19	0.524	4.6800	0.001237
7.1	13.0	92.30	0.546	4.7614	0.001300
8.4	14.6	122.64	0.575	4.6760	0.001305
9.1	15.4	140.14	0.591	4.2725	0.001356
9.3	15.5	144.15	0.600	4.3142	0.001249
7.6	12.4	94.24	0.613	4.6848	0.001167
7.4	12.0	88.80	0.617	4.5400	0.000788
8.0	10.9	87.20	0.734	4.5729	0.001261
8.0	10.6	84.80	0.755	4.5800	0.000943
7.2	9.4	67.68	0.766	4.4084	0.001330
9.3	11.5	106.95	0.809	4.5850	0.001122
6.4	7.6	48.64	0.842	4.3044	0.001234
6.5	7.5	48.75	0.867	4.3141	0.001026
8.3	9.2	76.36	0.902	4.5903	0.001048
8.0	8.7	69.60	0.920	4.2744	0.001580
8.0	8.5	68.00	0.941	4.3498	0.001029
8.5	8.7	73.95	0.977	4.2500	0.000811
9.1	8.9	80.99	1.022	4.6440	0.000864
9.3	8.9	82.77	1.045	4.5048	0.001087
8.4	6.6	55.44	1.273	4.3709	0.001623
7.2	5.3	38.16	1.358	4.0357	0.001048
7.1	4.6	32.66	1.543	4.0633	0.001225
8.0	3.6	28.80	2.222	4.0525	0.001389
8.3	3.6	29.88	2.306	3.9358	0.001339

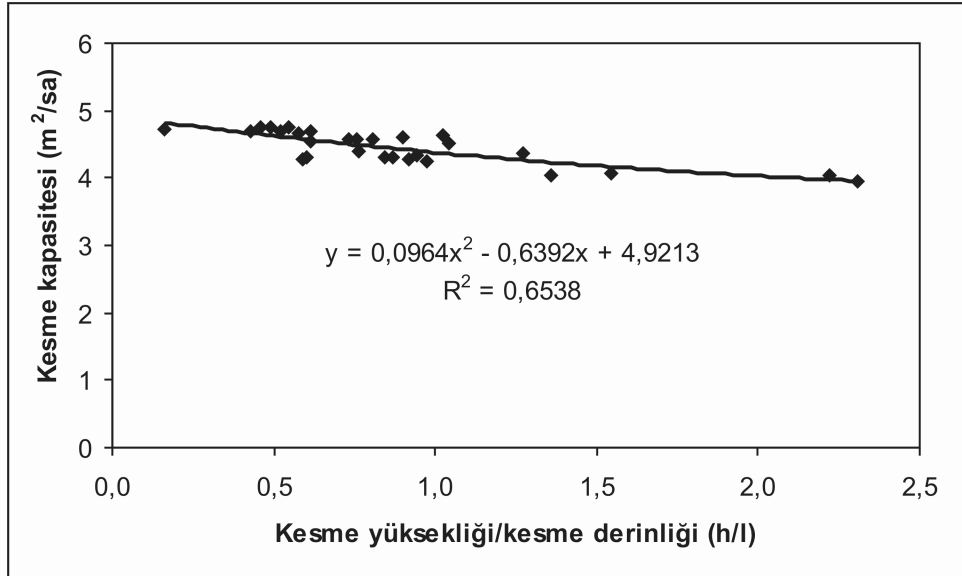
Kesilen alan ile beklemez saatlik kapasite değerleri arasında ikinci dereceden bir fonksiyonel ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 3.5). Başlangıçta kesilen alanın büyüklüğü arttıkça kesme kapasitesi de artmıştır. Kesilen alan yaklaşık 80 m² civarına ulaştığında kesme kapasitesi değeri de maksimum değerine ulaşmış, kesme kapasitesinin yüksek değeri 120 m²'lik alanın kesimine kadar devam etmiştir. Daha büyük alanların kesiminde ise kesme kapasitesi düşmeye başlamıştır. Bu sahada kesilen alana göre en yüksek kesme kapasitesi değerlerine 75-125 m² alan aralığında ulaşılmaktadır.

Yalnız kesilen alana göre kesme kapasitesinin değerlendirilmesi kuşkusuz yeterli olmayacaktır. Bu nedenle kesme yüksekliğinin kesme derinliğine oranı (h/l) ile kesme kapasitesi arasındaki ilişki irdelenmiş ve bu oranın artması ile kesme kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.6). Bu ilişkide h/l oranının

0.16-0.6 değer aralığında en yüksek kesme kapasitesi değerlerine ulaşılmıştır. Şekil 3.6'ya göre ulaşılan kesme kapasitesi açısından ideal h/l oranının 0.15-0.6 aralığında olduğu söylenebilir. Çizelge 3.3 'den bu oran aralığındaki basamaklarda kesilen alanların yaklaşık 75-125 m² aralığında yer aldığı görülmektedir.



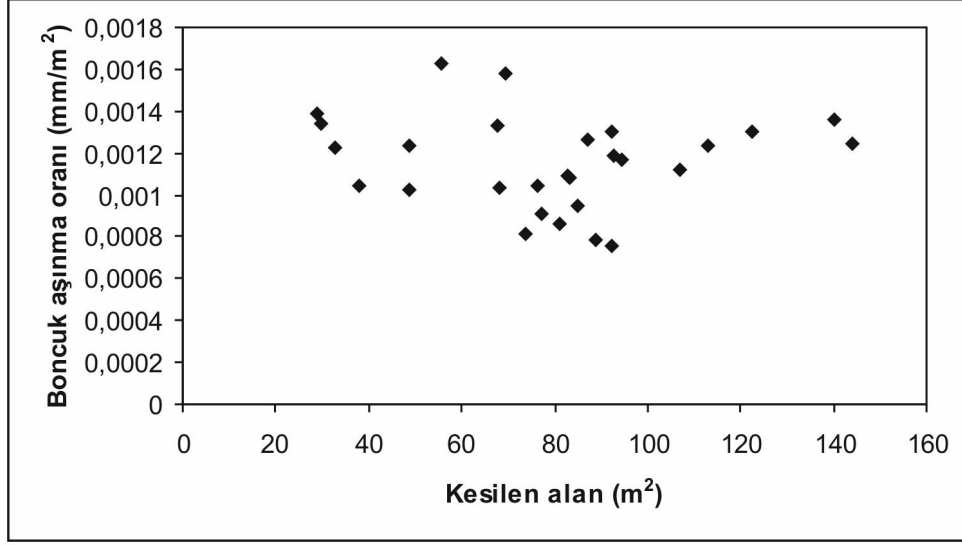
Şekil 3.5 Kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (Amasya bej)



Şekil 3.6 Kesme yüksekliği/kesme derinliği-kesme kapasitesi ilişkisi (Amasya bej)

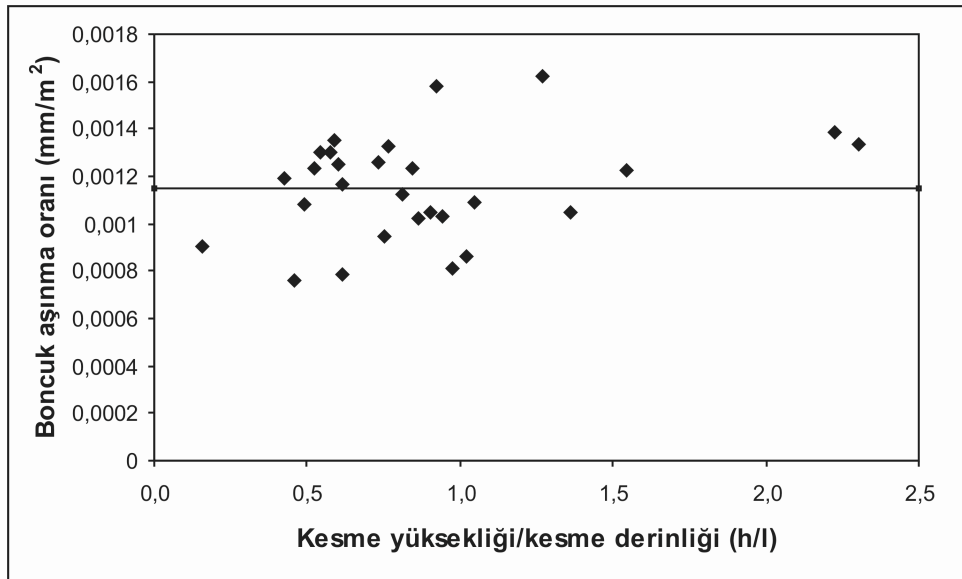
Kesilen alana bağlı olarak elmaslı boncuk aşıma oranı ilişkisi incelendiğinde Jain ve Rathore (2009)'nin ifade ettikleri gibi anlamlı bir ilişkinin

olmadığı görülmektedir (Şekil 3.7). Ancak, 75-90 m²'lik alanlarda yapılan kesimlerde aşınma miktarlarının daha düşük olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 3.7 Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Amasya bej)

Kesme yüksekliği/kesme derinliği oranı ile elmaslı boncuk aşınma oranı arasında da anlamlı ilişkiler elde edilememiştir (Şekil 3.8). Ölçümlerden elde edilen ortalama aşınma oranı 0.0011534 mm/m² olup ortalama aşınma hattı şekil üzerinde gösterilmiştir. Şekil 3.8 ve Çizelge 3.3 birlikte değerlendirildiğinde ortalama aşınma hattının altında aşınma değeri veren alanların çoğunluğu 73-93 m² aralığına düşmektedir.



Şekil 3.8 Kesme yüksekliği/kesme derinliği-boncuk aşınma oranı ilişkisi (Amasya bej)

Sonuç olarak; bej sahasında kesilen alana göre en yüksek kesme kapasitesi değerlerine 75-125 m² alan aralığında ulaşılmıştır. Ulaşılan kesme kapasitesi açısından ideal h/l oranları ise 0.15-0.6 aralığında yer almıştır. Diğer yandan, kesilen alana bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı ilişkisi incelendiğinde 75-90 m²'lik alanlarda yapılan kesimlerde aşınma miktarlarının daha düşük olduğu, ortalama aşınma değerinin altında aşınma değeri veren alanların çoğunluğunun 73-93 m² aralığına düştüğü belirlenmiştir. Bu durumda söz konusu sahada 75-90 m² alan aralığında ve 0.2-0.6 h/l oranlarında çalışılmasının en uygun sonuçları vereceği söylenebilir.

3.4.2 Sarı traverten sahası ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesi

Sarı traverten sahasında üretim yapılan basamakların yüksekliklerinin 5.1-9.4 m arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bu sahadaki ölçümler teknik özellikleri Çizelge 3.4 'de verilen kesme makinelerinde sinterize elmaslı boncuğa sahip elmaslı teller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yöntemi bej ocağı ile aynı uygulanmıştır. Sarı traverten sahasında amacına uygun olarak 10 adet ölçüm yapılabilmektedir (Çizelge 3.5). Bu ölçümlerde kesme yüksekliğinin kesme derinliğine oranı (h/l) 0.42-0.97 aralığında değişmiştir.

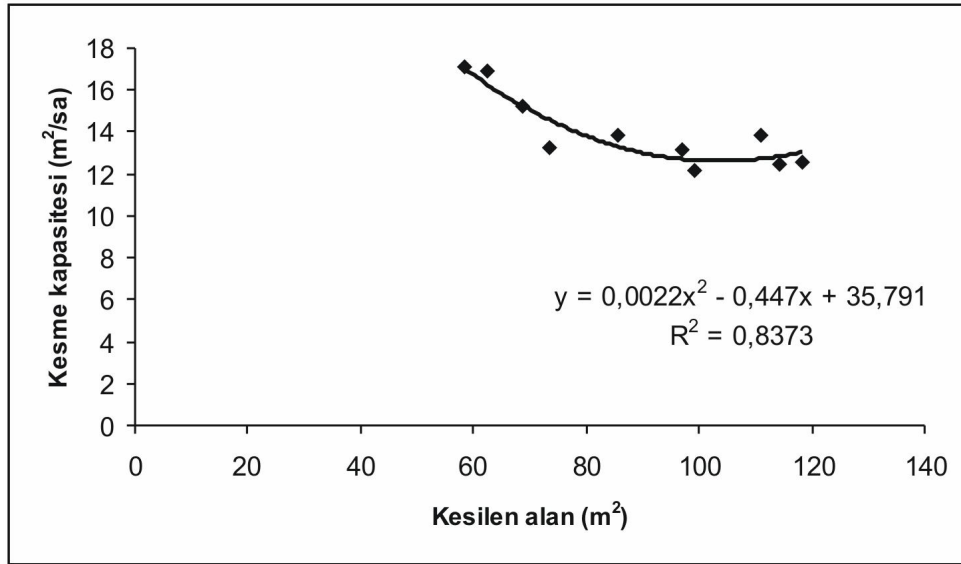
Çizelge 3.4 Kesme makinelerine ait teknik özellikler (sarı traverten)

Parametreler	Değer
Motor cinsi	Elektrikli
Makine gücü	37 kW
Kasnak devri	970 rpm
Voltaj	380 volt
Gerdirme amperajı	55 amper
Kasnak çapı	80 cm
Güç faktörü (cosφ)	0.82
Ray boyu	6 m

Çizelge 3.5 Sarı traverten sahası elmaslı tel kesme ölçüm sonuçları

Yükseklik (h) (m)	Genişlik (l) (m)	Kesme yüksekliği/ kesme derinliği h/l	Kesilen alan m ²	Beklemez kapasite m ² /h	Boncuk aşınma oranı (mm/m ²)
5.1	12.25	0.4163	62.475	16.89	0.000160
5.6	12.25	0.4571	68.6	15.28	0.000146
5.3	11	0.4818	58.3	17.10	0.000172
6.0	12.25	0.4898	73.5	13.22	0.000136
7.7	12.9	0.5969	99.33	12.13	0.000201
8.8	13	0.6769	114.4	12.43	0.000262
8.3	11.7	0.7094	97.11	13.12	0.000206
9.1	12.2	0.7459	111.02	13.88	0.000270
9.4	12.6	0.7460	118.44	12.60	0.000253
9.1	9.4	0.9681	85.54	13.86	0.000234

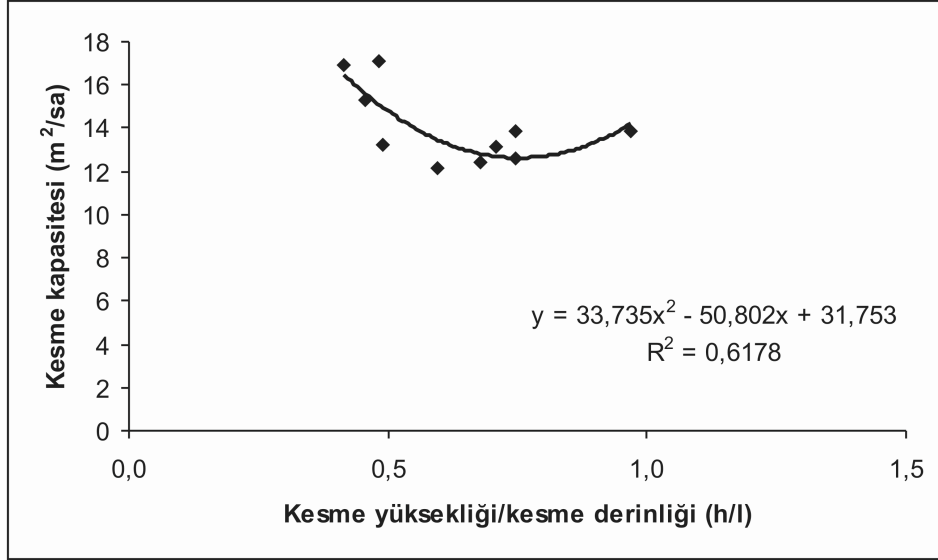
Kesilen alan ile beklemez saatlik kapasite değerleri arasında ikinci dereceden bir fonksiyonel ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 3.9). Kesilen alan 58-75 m² civarında olduğunda kesme kapasitesi değeri de maksimum olmuştur. Daha büyük alanların kesiminde ise kesme kapasitesi düşük kalmıştır. Bu sahada elde edilen kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi bej sahası ve literatürde sunulanlar ile uyumlu değildir.



Şekil 3.9 Kesilen alan-kesme kapasitesi ilişkisi (sarı traverten)

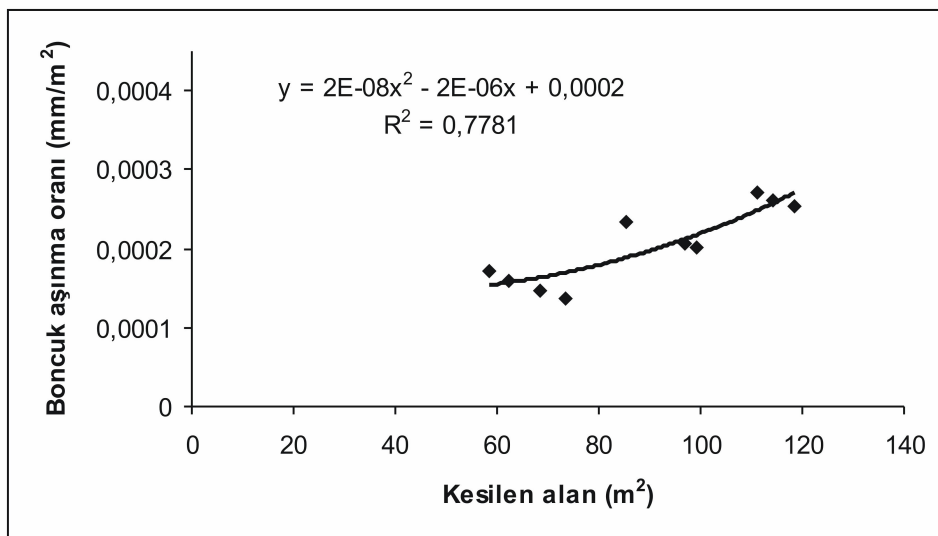
Kesme yüksekliğinin kesme derinliğine oranı (h/l) ile kesme kapasitesi arasındaki ilişki irdelenmiş ve bu oranın artması ile kesme kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3.10). Bu ilişkide h/l oranının 0.4-0.48 değer aralığında en yüksek kesme kapasitesi değerlerine ulaşılmıştır. Şekil 3.10'a göre ulaşılan kesme

kapasitesi açısından ideal h/l oranının 0.4-0.5 aralığında olduğu söylenebilir. Çizelge 3.5 'den bu oran aralığındaki basamaklarda kesilen alanların yaklaşık 58-70 m² aralığında yer aldığı görülmektedir.



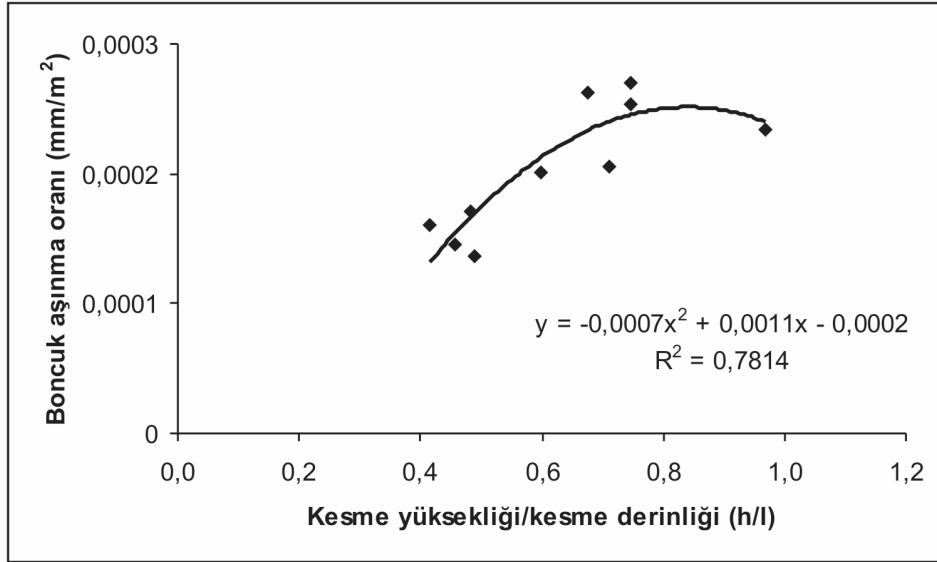
Şekil 3.10 Kesme yüksekliği/kesme derinliği-kesme kapasitesi ilişkisi (sarı traverten)

Kesilen alana bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı ilişkisi incelendiğinde, kesilen alan arttıkça aşınma miktarının arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.11). Kesilen alanın 110-120 m² arasındaki değerlerinde aşınma miktarı en fazladır. Şekil 3.11 incelendiğinde en düşük aşınma miktarlarının 58-75 m² aralığında en düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3.11 Kesilen alan-boncuk aşınma oranı ilişkisi (sarı traverten)

Kesme yüksekliği/derinliği ile elmaslı boncuk aşınma oranı arasında da anlamlı ilişkiler elde edilebilmiştir (Şekil 3.12). Şekil 3.12 değerlendirildiğinde h/l oranının 0.4-0.5 aralığında aşınma miktarının en az olduğu gözlenmektedir. Ölçümlerden elde edilen ortalama aşınma miktarı 0.000204 mm/m^2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.12 Kesme yüksekliği/kesme derinliği-boncuk aşınma oranı ilişkisi (sarı traverten)

Sonuç olarak; sarı traverten sahasında kesilen alana göre en yüksek kesme kapasitesi değerlerine $58-70 \text{ m}^2$ alan aralığında ulaşılmıştır. Ulaşılan kesme kapasitesi açısından ideal h/l oranları ise 0.4-0.5 aralığında yer almıştır. Diğer yandan, kesilen alana bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı ilişkisi incelendiğinde $58-75 \text{ m}^2$ 'lik alanlarda yapılan kesimlerde aşınma miktarlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumda söz konusu sahada $60-75 \text{ m}^2$ alan aralığında ve 0.4-0.5 h/l oranlarında çalışılmasının en uygun sonuçları vereceği söylenebilir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Elmaslı tel ile doğal taş üretiminde basamak geometrisinin kesme performansı üzerine etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi amacıyla iki farklı doğal taş işletmesinde sürdürülen bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- i. Günümüz açık ve yeraltı blok doğal taş işletmelerinde taşın ana kayadan ayrılmasında yaygın olarak kollu kesiciler ve elmaslı tel ile üretim yöntemleri kullanılmaktadır. En fazla kullanılan yöntem ise elmaslı tel ile kesme yöntemidir.
- ii. Elmaslı tel ile doğal taş üretiminde kesme performansını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; makine gücü, makinenin elmaslı tele uyguladığı çekme kuvveti, elmaslı telin çevresel hızı, elmaslı tel ve elmaslı boncuk yapısı, kesim tipi, basamak geometrisi gibi çalışma parametreleri ile mineraloji, doku, sertlik, mukavemet vb. gibi fiziksel ve mekanik kayaç parametreleridir.
- iii. Kesme yüksekliği/kesme derinliği oranı (h/l) arttıkça kesme kapasitesi düşmektedir. Bu düşüş sarı traverten sahasında daha belirgindir.
- iv. Kesme yüksekliği/kesme derinliği oranı (h/l) dikkate alınarak kesme kapasitesi değerlendirildiğinde bej sahasında 0.2-0.6 aralığında, sarı traverten sahasında 0.4-0.5 aralığında en yüksek kesme kapasitesine ulaşılmıştır.
- v. Kesilen alan büyüklüğü değerlendirildiğinde, en yüksek saatlik kesme kapasitesi değerlerine bej sahasında 75-125 m², sarı traverten sahasında 58-70 m² alan aralığında ulaşılmıştır.
- vi. Kesilen alan-beklemeden saatlik kesme kapasitesi ilişkisi bej sahası için başlangıçta kesilen alan büyüklüğü arttıkça artan, maksimum bir alan değerinden (125 m²) sonra ise azalan ikinci dereceden fonksiyonel (polinom) ilişkidir. Bu davranış modeli Jain ve Rathore'nin (2009) yumuşak, orta sert ve sert doğal taşlarda elde ettiği davranış modelleri ile uyumludur. Ancak sarı traverten sahasında elde edilen ilişki alan artışı ile başlangıçta hızla azalan, belli bir alan değerinden (120 m² civarı) sonra ise yavaş artan ikinci dereceden fonksiyonel bir ilişkidir. Sonuç olarak bej ve

sarı traverten sahasında elde edilen kesilen alan-beklemesiz saatlik kapasite ilişkisi terstir.

- vii. Kesilen alan ve/veya kesme yüksekliği/kesme derinliği oranına bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı ilişkisi incelendiğinde bej sahasında anlamlı ilişkiler elde edilememiştir. Diğer yandan, 75-90 m²'lik alanlarda yapılan kesimlerde aşınma miktarlarının daha düşük olduğu, ortalama aşınma değerinin altında aşınma değeri veren alanların çoğunluğunun 73-93 m² aralığına düştüğü belirlenmiştir. Bu durumda söz konusu sahada 75-90 m² alan aralığında ve 0.2-0.6 h/l oranlarında çalışılmasının en uygun sonuçları vereceği söylenebilir. Sarı traverten sahasında kesilen alan ve/veya kesme yüksekliği/kesme derinliği oranı artışına bağlı olarak elmaslı boncuk aşınma oranı artmıştır. Çalışma koşulları açısından en düşük aşınma miktarlarının 58-75 m² alan aralığında ve 0.4-0.5 h/l oranlarında elde edildiği belirlenmiştir.

Bu çalışma ve literatür değerlendirmesi sonucunda elde edilen bilgiler değişik özelliklere sahip doğal taş ocaklarında farklı basamak geometrilerinde farklı kesme performans değerleri elde edileceğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle;

- i. Üretim yapılan blok doğal taş işletmelerinde basamak geometrilerinin kesme performansı üzerindeki etkilerinin belirlenerek uygun kesme alanı ve kesme yüksekliği/kesme derinliği oranlarında çalışılması iş verimliliğini artıracaktır.
- ii. Bu çalışmanın benzerlerinin değişik özelliklere sahip blok doğal taş işletmelerinde sürdürülmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aktürk, Y. K., (1991). Elmas Teller ve Özellikleri, Ege Mermer Ltd., Teknik Hizmetler Serisi, İzmir, No: 2.
- Anonim, (1989). Marmo Macchine, Rivista Internazionale Del Associazione, Marmo Macchine Club, II Bim XIX Anno 86, Italy.
- Anonim, (1994). Sonmak, Elmas Tel, Sonmak Tanıtım Kataloğu, Sonmak A.Ş. Yayını, Ankara, 4s.
- Anonim, (1999). Akpar Makine Elmas Tel Kullanım El Kitabı, Ankara, 1-13s.
- Anonim, (2008). Set Makine Üretim Kataloğu, Ankara, 50s.
- Anonim, (2009a). http://www.demmak.com/makina_jpg/tke50-1big.jpg
- Anonim, (2009b). <http://www.diamant-board.com/images/stone/DB120-001.jpg>
- Anonim, (2009c). <http://www.gemsa.com.tr/tr/marmarok/MARMOROK-5.jpg>
- Anonim, (2009d). <http://www.gizlikapi.org/amasya/32865-amasya-nin-jeolojik-yapisi.html>
- Beckman, T.R., and Hulick, R.M., (1991). Diamond Wire Sawing Speed Dam Project, Industrial Diamond Review, 272-274.
- Berry, P., vd., (1989). Optimum Use of Diamond Wire Equipment in Stone Quarrying, 21st APCOM, Las Vegas, 351-365.
- Biasco, G., (1993). Diamond Wire for Quarrying Hard Rocks, Industrial Diamond Review, No:5, 252-255.
- Bortolussi, A., Ciccu, R., Manca, P.P. ve Massacci, G., (1990). Simulation and Optimization of Rock Cutting with Diamond Wire, XXII. International Symposium APCOM, Berlin, 163-176.
- Bortolussi, A., Ciccu, R., Manca, P.P. ve Massacci, G., (1994). Computer Simulation of Diamond-Wire Cutting of Hard Rock and Abrasive Rock, IMM, vol. 103, A55-A128.
- Cai, O., Mancini, R., (1989). Diamond Wire for Cutting Hard Rock, Dimensional Stone, 24-27.
- Capuzzi, Q., (1980). Modern Technology and Machinery for Marble Quarrying, Banetti Machine Press, Roma, 96s.

- Capuzzi, Q., (1989). Diamond Wire Cutting Tecnology in Granite Quarry, ACIMM for Marble, 24.
- Cook, M., Smith, B.A., (1993). A Study of Diamond Wire Bead Rotation, Industrial Diamond Review, No: 2, 79-81.
- Demirdağ, S., (2001). Mermer İşletmeciliğinde Elmas Telle Kesim Performansının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S. Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Demirdağ, S., Gündüz, L., (2001). Blok İşletmeciliğinde Elmas Tel ve Boncuk Performans Analizi, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem '2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, 219-233.
- Görgülü K., (1994). Bazı Mermer Ocaklarında (Isparta-Burdur-Sivas) İşletme Sistemlerinin İncelenmesi ve Öncelikli Kaya Madde/Kütle Özellikleri ile İlişkilendirilmesi Araştırmaları, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Fen Bil. Enst. Maden Müh. Anabilim Dalı, Sivas, 95s.
- Görgülü K., (1998). Bazı Mermer Birimleri İçin Optimum Aşınırma-Cilalama Koşullarının Araştırılması ve Malzeme Özellikleri ile İlişkilendirilmesi, Doktora Tezi, C.Ü. Fen Bil. Enst. Maden Müh. Anabilim Dalı, Sivas, 178s.
- Hallez, C.P., (1992). Sawing Marble with Diamond Wire, Diamonds in Industry, 24-27.
- Hawkins, A. C, Antenen, A.P. ve Johnson, G., (1990). The Diamond Wire Saw in Quarrying Granite and Marble, Dimensional Stone, vol 8, No 6, 44-50.
- Hayes, D., (1990). Demolition-the Modern Method, Industrial Diamond Review, 69.
- Hu, S.C., Hwang, K.S., (1998). Diamond Tools with Reaction Sintered Ni₃Al Matriks, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, Granada, Spain, vol. 1, 468-473.
- ISRM, (1978). Suggested Method: for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Int. J. Rock Mech. and Min. Sci., vol 15, USA, 319-368.
- Jain S.C., Rathore, S.S., (2009). Role of Cut Size Area on the Performance of Diamond Wire Saw Machine in Quarrying of Marble, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, vol. 23, No. 2, 79-91.

- Kızıltepe, T., (1990). Elmas Tel Kesme Makineleri Kullanımında Bazı Püf Noktalar, Türkiye'de Mermer ve Dekorasyon, No: 11, 26-28.
- Mannoni, L, Mannoni T., (1984). Le Marbre, Sagep Yayınevi, Cenova, İtalya, 270s.
- Mesci, L. B., (2004). Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi, Doktora Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 245s.
- Önenç, D.İ., (1999). Elmas Tel Hangi Tarafa Koşturuluyor ?, Teknoloji Dergisi Yayını, İstanbul, 10s.
- Özçelik, Y., (1999). Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinelerinin Çalışma Koşullarının İncelenmesi, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 242s.
- Özçelik, Y., (2005). Optimum Working Conditions of Diamond Wire Cutting Machines in The Marble Industry, Industrial Diamond Review, issue 1.
- Torun, M., (2003). Türkiye 4. Mermer Sempozyumu Kitabı, Mersem'2003, Afyon.
- Tönshoff, H.K., Asche, J., (1997). Wear of Metal-Bond Diamond Tools in the Machining of Stone, Industrial Diamond Review, No:1, 7-13.
- Urhan S., Şişman A.N., (1992). Blok Mermer Üretiminde Kullanılan Tel Kesme Yönteminin Gelişim ve Önemi, Madencilik, Cilt 31, No: 2, 35-39.
- Wright, N.D., (1992). Marble and Granite Quarries Turn to Diamond Wire, Stone World, 77-80
- Werland, W., (1990). Railway Bridge Cut in Two, Industrial Diamond Review, 65-66.
- Vujec, S. ve ark., (2000). Criteria For Design and Stability Control in Underground Production of Natural Stone, University of Zagreb, Croatia.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Mehmet Kürşat Dilmaç
Doğum Yeri ve Tarihi	Kastamonu, 23/12/1983
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Yeniköy kalıcı konutları 2. ada P-4 no:7 Başiskele/Kocaeli
E-posta Adresi	mkdilmac@yahoo.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Eskişehir Yunusemre Lisesi (Y.D.A.), 2002
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2002
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2007

İş Tecrübesi

Fimar Mermer A.Ş.	Maden mühendisi, Mart 2008-Aralık 2008
-------------------	--

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

TMMOB/MMO	Asil Üye, 2007-
-----------	-----------------