

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

**KÖPRÜLÜ ELMAS TEL KESME MAKİNESİ İLE ZİNCİRLİ KOLLU
KESİCİ MAKİNEİNİN KESİM PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

İbrahim KILIÇ

**Danışman
Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2020**



© 2020 [İbrahim KILIÇ]

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İbrahim KILIÇ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2.MATERYAL VE METOT.....	9
2.1. Materyal.....	9
2.2. Metot.....	14
2.2.1. Kesim bölgelerinin belirlenmesi	16
2.2.2. Zincirli kollu kesici ile üretim.....	17
2.2.3. Köprülü elmas tel kesme makinesi ile üretim	17
2.2.4. Kesilen yüzey alanlarının ölçümü	18
2.2.5. Elmas boncuklar ve soketlerdeki aşınmaların ölçümü	18
2.2.6. Harcanan enerji maliyetinin hesaplanması	18
2.2.7. Kurulum sürelerinin belirlenmesi.....	19
2.2.8. Su ve gres kullanımının belirlenmesi	19
2.2.9. Sonuçların değerlendirilmesi ve öneriler.....	19
3. BULGULAR	20
3.1. Ocakta Uygulanan Yöntem.....	20
3.1.1. Köprülü elmas tel kesme makinesiyle üretim	22
3.1.1.1. Kesim hızı	35
3.1.1.2. Harcanan su	35
3.1.1.3. Kasnak lastiği gideri	35
3.1.1.4. Malzeme kaybı	35
3.1.1.5. Elektrik	35
3.1.2. Zincirli kollu kesici ile üretim	36
3.1.2.1. Kesim hızı	39
3.1.2.2. Malzeme kaybı	39
3.1.2.3. Gres kullanımı	40
3.1.2.4. Elektrik	40
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
5.KAYNAKÇA.....	47
ÖZGEÇMİŞ	50

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÖPRÜLÜ ELMAS TEL KESME MAKİNESİ İLE ZİNCİRLİ KOLLU KESİCİ MAKİNESİNİN KESİM PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

İbrahim KILIÇ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ

Bu tez çalışmasında mermer ocağında üretimde aktif olarak kullanılan köprülü elmas tel kesme makinesi ile zincirli kollu kesici makinenin kesim performansları karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda makinelerin kesimde harcadığı enerji, işçilik, sarf malzeme, gres kullanımı, elmas boncuk ve soketlerdeki aşınmalar, su tüketimi, kesim hızları, ilk yatırım maliyeti ve iki makinenin avantaj-dezavantajları gibi parametreler dikkate alınarak gerekli inceleme ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda, köprülü elmas tel kesme makinesi ile toplam 7869 m²'lik alan kesilmiş olup kesim hızı 11,68 m²/h olarak hesaplanmıştır. Zincirli kollu kesici makinesi ile kesim işlemi boyunca toplam 3689,9 m²'lik alan kesilmiş olup kesim hızı 4,94 m²/h olarak belirlenmiştir. Makinelerin kesim boyunca toplam kurulum süreleri ve toplam maliyet incelendiğinde köprülü elmas tel kesme makinesinin kurulum süresi 18,28 h iken zincirli kollu kesici makinenin kurulum süresi 21,68 h olarak hesaplanmıştır. Enerji maliyetleri irdelendiğinde zincirli kollu kesici makine ile kesim işlemlerinde 18062,06 TL, köprülü elmas tel kesme makineyle ise 10355,604 TL enerji maliyeti hesaplanmış ve köprülü elmas tel kesme makinesinin daha ekonomik bir makine olduğu görülmüştür. Kesim boyunca makinelerin işçilik maliyetleri karşılaştırıldığında zincirli kollu kesicinin 3,796 TL/m², köprülü elmas tel kesmenin ise 1,784 TL/m² olarak bulunmuş ve köprülü elmas tel kesme makinesinden daha az işçilik ile daha fazla verim alınmıştır. Zincirli kollu kesici makinede kesim işleminde kesici takımı soğutmak için gres kullanılmakta olup, köprülü elmas tel kesme makinesinde ise su kullanıldığından köprülü elmas tel kesme makinesinin daha çevreci olduğu görülmektedir. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda, köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim işleminde daha verimli bir makine olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mermer, köprülü elmas tel kesme makinesi, zincirli kollu kesici makine, kesim performansı.

2020, 50 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COMPARISON OF CUTTING PERFORMANCE OF BRIDGED DIAMOND WIRE CUTTING MACHINE AND CHAIN SAW MACHINE

İbrahim KILIÇ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ

In this thesis, the cutting performances of the bridge diamond wire cutting machine and the chain saw machine, which are actively used in the marble quarry, are compared. In this context, necessary examinations and evaluations have been made by taking into account parameters such as energy consumption, labor costs, consumables, use of grease, wear of diamond beads and sockets, water consumption, cutting speeds, initial investment costs and the advantages-disadvantages of the two machines.

In this study, 7869 m² area was cut during the cutting process with bridge diamond wire cutting machine and the cutting speed was calculated as 11.68 m²/h. During the cutting process with the chain saw machine, an area of 3689.9 m² was cut and the cutting speed was calculated as 4.94 m²/h. When the total installation times and the total cost of the machines during the cutting are examined, the installation time of the bridge diamond wire cutting machine was 18.28 h, and the installation time of the chain saw machine was calculated as 21.68 h. It has been seen that the bridge diamond wire cutting machine is a more efficient machine in the cutting process since it requires more time to install the chain saw and is more costly. It is seen that the bridge cutting machine is more environmentally friendly, since the chain saw cutting machine uses grease to cool the cutting tool in the cutting process, and water is used in the bridged diamond wire cutting machine to cool the diamond wire. When the energy costs are examined, the energy cost of the chain saw machine is 18062.06 TL, the bridge diamond wire cutting machine is 10355.604 TL and it is seen that the bridge diamond wire cutting machine is a more economically machine. When the labor costs of the machines were compared during the cutting, it was found that the chain saw machine was 3.796 TL/m², and the bridge diamond wire cutting was 1.784 TL/m², and the bridge diamond wire cutting machine received more efficiency with less work.

Keywords: Marble, bridged diamond wire cutting machine, chain saw machine, cutting performance.

2020, 50 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Servet DEMİRDAĞ'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmasında kullanılan elmas tellerin temini ve bilgi amaçlı yardımını esirgemeyen Süleyman ALGÜL beye, araştırmanın yürütülmesinde yardımcı olan Maden Mühendisi Ersin İLHAN, Genel müdürümüz Zekeriya AKTÜRK'e ve tüm Aytaş Akın personeline teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

İbrahim KILIÇ
ISPARTA, 2020



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. a) Raylı elmas tel kesme makine, b) Köprülü elmas tel kesme makinesi	2
Şekil 1.2. Köprülü elmas tel kesme makinesi	2
Şekil 1.3. Zincirli kollu kesici makinesi	5
Şekil 2.1. Vakumlu lehimli elmas tel	10
Şekil 2.2. a) Kullanılmamış elmas boncuk, b) Bitmiş elmas boncuk	10
Şekil 2.3. Elmas soket üst ve alt noktalar	10
Şekil 2.4. Delik delme makinesi	11
Şekil 2.5. a) Katerler, b) Kare elmas soket	14
Şekil 2.6. Çalışma kapsamında izlenen akım şeması	16
Şekil 3.1. a) Bej mermer ocağının Google Earth görüntüsü, b) Bej mermer, c) Ocağın görünümü	21
Şekil 3.2. Kesim için hazırlanan parsellerin şematik görünümü	22
Şekil 3.3. KETK makinesiyle oluşturulan kesimler	23
Şekil 3.4. Delik delme makinesiyle delme işlemi	23
Şekil 3.5. Elmas tel aşınmalarının ölçümü	24
Şekil 3.6. Zincirli kollu kesiciler ile oluşturulan kesimler	36
Şekil 3.7. ZKK elmas soket aşınması ölçümü	37
Şekil 3.8. Kesim hızları	41
Şekil 3.9. Toplam malzeme kayıpları	41
Şekil 3.10. Malzeme kaybı maliyeti	42
Şekil 3.11. Birim alan kesimi için gerekli enerji miktarı	42
Şekil 3.12. Toplam elektrik maliyeti	43
Şekil 3.13. Birim alan için işçilik maliyetleri	43
Şekil 3.14. Toplam kurulum için harcanan süreler	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. ZKK makinelerinin performanslarını etkileyen parametreler ..	7
Çizelge 2.1. KETK makinasının özellikleri	12
Çizelge 2.2. ZKK makinasının özellikleri.....	13
Çizelge 3.1. Kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri	21
Çizelge 3.2. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları 1	25
Çizelge 3.3. KETK makinesinin 1. kesimden kesim den önceki delme işlemleri.....	26
Çizelge 3.4. KETK makinasının elmas tel kesim sonuçları 2	27
Çizelge 3.5. KETK makinasının 2. kesimden önceki delme işlemleri.....	28
Çizelge 3.6. KETK makinasının elmas tel kesim sonuçları 3	29
Çizelge 3.7. KETK makinasının 3. kesimden önceki delme işlemleri.....	30
Çizelge 3.8. KETK makinasının elmas tel kesim sonuçları 4	31
Çizelge 3.9. KETK makinesinin 4. Kesimden önceki delme işlemi	32
Çizelge 3.10. KETK yönteminin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri	34
Çizelge 3.11. Dizime giden elmas tellerin dizim maliyetleri	34
Çizelge 3.12. Zincirli kollu kesici kesme verileri.....	38
Çizelge 3.13. ZKK makinesinin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri	39
Çizelge 3.14. Kesme makinelerine ait veriler	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ZKK	Zincirli kolu kesici makinesi
KETK	Köprülü elmas tel kesme makinesi



1. GİRİŞ

Bilimsel anlamda mermer, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarının sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristallenmesi ile oluşan bir metamorfik kayadır. Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat, magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit ile değişik metal oksitleri ve silikat mineralleri bulunur. Endüstriyel anlamda mermer ise, blok verebilen, kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümlü her türden taşların (tortul, magmatik, metamorfik) bütünü için kullanılan bir terimdir. Bu tanıma göre kalker, traverten, kumtaşı gibi tortul, gnays, mermer, kuvarsit gibi metamorfik, granit, siyenit, serpantin gibi magmatik taşlar da mermer olarak isimlendirilmektedir (Aktaş, 2012)

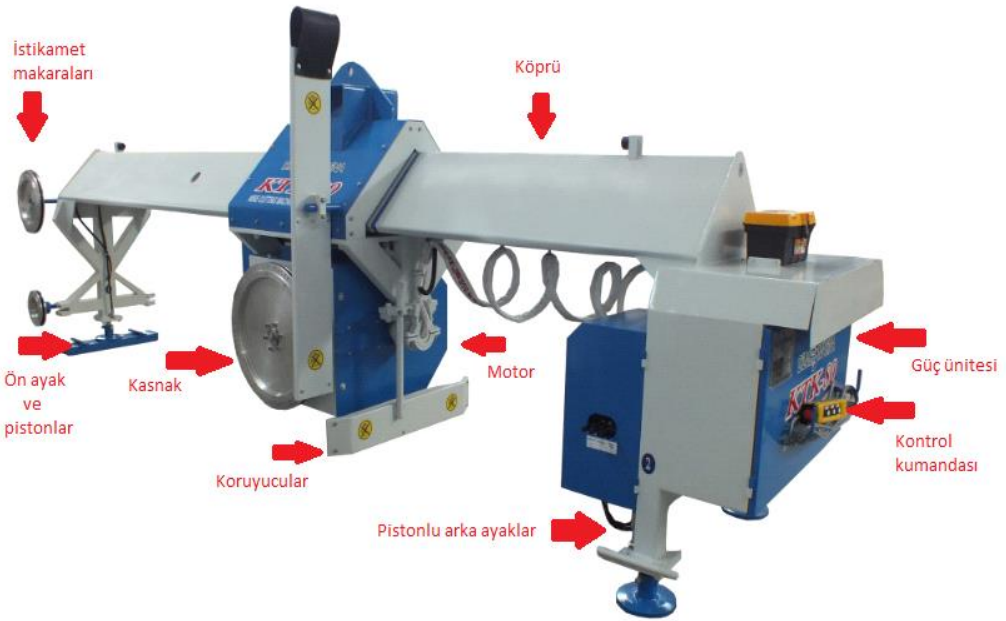
Günümüzde gelişen teknoloji ve artan ekonomik rekabet karşısında, ülkemizin başarılı olabilmesi için kendi doğal kaynaklarının en verimli şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Mermer antik çağlardan insanların uğraş alanı olmuştur. Ancak mermercilikte uygulanan üretim yöntemlerinde son yüzyıla kadar klasik yöntemlerle üretim yapılmıştır. Özellikle 1970'li yıllarda elmas tel kesme yöntemleri ve zincirli kesiciler ile birlikte büyük kapasiteli iş makinelerinin mermer üretiminde kullanılmaya başlanması sektöre büyük bir hareketlilik kazandırmıştır (Polat, 2000).

Mermer ocaklarında üretim aşamasında yaygın olarak elmas tel kesme makineleri ve kollu kesiciler kullanılmaktadır. Günümüzde en çok uygulanan yöntem ise elmas tel kesme yöntemidir. Elmas tel kesme yönteminde kullanılan makineler; raylı olabileceği gibi köprülü olan çeşitleri de mevcuttur. Raylı sistemlerde birbirine eklenebilen raylar mevcut olup, bu rayların üzerinde hareket edebilen bir güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı düşeyde veya yatayda konumlandırılabilen kask, köprülü olan tel kesme makinelerinde ise, bir köprünün üzerinde hareket edebilen güç ünitesi ve bu güç ünitesine bağlı yatay da veya düşeyde konumlandırılabilen kask bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. a) Raylı elmas tel kesme makine b) Köprülü elmas tel kesme makinesi

Günümüzde raylı elmas tel kesme makineleri yerini artık köprülü elmas tel kesme makinelerine (KETK) bırakmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Köprülü elmas tel kesme makinesi

Köprülü elmas tel kesme makinesinin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.

Avantajları;

- Kurulumunun basit, tek bir işçi ile makinenin kurulabilmesi
- Raylı makinelerdeki gibi ray ekleme sorununun olmaması
- Motor gücüne bağlı olarak istenilen uzunluklarda kesim yapılabilmesi

- Hızlı kesim yaptığından üretimde verimliliği arttırması
- Makine ağırlığının zincirli kollu kesicilere göre daha hafif olması
- Düz olmayan engebeli yerlerde üzerinde bulunan otomatik ayaklar sayesinde kolayca teraziye alınarak düzgün kesimler yapılabilmesi
- Kesim sona geldiğinde makinenin otomatik olarak kendini durdurması
- İlk yatırım maliyetlerinin düşük olması
- Daha az kayıpla daha düzgün blok üretimine olanak sağlaması ve bloğa hasar vermemesi
- Bazı raylı makinelerdeki gibi volanın dışarıdan destek olmadan otomatik olarak döndürülebilmesi
- Üretimin hızlı olması
- Kesimde malzeme kaybı 10,55-11 mm olması avantajıdır.

Dezavantajları;

- İş güvenliği bakımından tehlike riskinin fazla olması
- Üretim işlemine başlamadan önce delik delme işleminin yapılması, elmas telin bu delinen deliklerden geçirilmesi işlemi ve kesime başlandığında ara sıra tel kısaltma işlemlerinin yapılması, buna bağlı bu işlemlerin zaman kayıplarına neden olması
- Su temini ve yetişmiş personelin gerekliliği (Özçelik, 1999).

Türkiye'deki mermer ocak işletmeciliğinde son 30-35 yılda kullanılmaya başlanan elmas tel kesme makine ve ekipmanları çok büyük gelişmeler göstererek mermer madenciliğinin vazgeçilmez makinesi haline gelmiştir. Mermer ocaklarında üretimin en üst seviyede gerçekleşmesini ve fire vermeden blok elde edilmesini sağlayan makinedir. Elmas tel kesme yöntemi halen dünyada en yaygın olarak kullanılan blok çıkarma yöntemidir. Elmas tel kesme yöntemiyle blok üretiminin ana prensibi, mermer kütlesi içinde birbiri ile irtibatlandırılan yatay ve düşey deliklerin delinip, elmas telin bu deliklerden geçirilmesi ve delikler arasında kalan yüzeyin kesilmesi oluşturmaktadır (Alkaçır, 2016).

Mermer ocak işletmeciliğinde günümüzde yaygın olarak kullanılan elmas telle kesme yönteminde, elmas tellerin kullanımı göz önüne alındığında, elmas boncukların aşınmasının ne denli önemli olduğu belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Mermer ocak işletmeciliğinde elmas boncukların özelliklerinin bilinmesi ve mermer türüne göre uygun elmas boncukların seçilmesi önemlidir. Bu nedenle blok kesme işini üstlenen elmas boncukların verimliliğini arttırmak üzere yapılacak tüm çalışmalar doğrudan mermer ocak işletmeciliğini, dolayısıyla da ülke ekonomisini iyileştirici yönde yapılmış çalışmalar olacaktır (Demirdağ, 2001).

Literatür araştırmalarında elmas tel kesme yöntemi hakkında çeşitli çalışmalara rastlamak mümkündür. Jain ve Rathore (2009), yumuşak, orta-sert ve sert dolomitik mermerde kesim alanının elmas tel kesme makinelerinin kesme performanslarına etkisini araştırmışlardır. Ataei vd., (2012), İran'da bulunan doğaltaş ocaklarındaki 14 farklı kayaç üzerinde elmas tel kesme makinesinin kesme performansının tahmini üzerinde çalışmada bulunmuşlardır. Cardu vd., (2014), İtalya ve Hindistan'da bulunan iki mermer ocağında kullanılan ağırlıklı olarak elmas tel kesme makineleri dikkate alınarak elmas tellerin performans analizlerini ve özelliklerini kıyaslayan bir çalışmada bulunmuşlardır. Demirdağ ve Gündüz (2001), Burdur bej mermer ocağında yaptıkları çalışmada, kesme işleminde kullanılan elmas telin kesim performansını ve aşınmalarını belirleyerek, yeni yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Özçelik (1999), elmas tel kesme makinelerinin mermer ocaklarındaki çalışma koşullarını ve kesme verimine etkileyebilecek parametrelerin ve değişkenlerin incelenmesiyle ilgili araştırma yapmıştır. Demirdağ (2001), bej mermer ocağında elmas telle kesim performansının analizlerini yaparak en uygun elmas tel ve boncuk çapının belirlenmesi konularında çalışmıştır. Özçelik (2008), mermer kesimi için tek telli elmas boncuk test makinesini geliştirmiştir. Kanbir ve Özçelik (2012), optimum çalışma koşullarını belirleyerek Afyon gri mermerinin kesiminde farklı amperaj ve dönme hızında kesimler yaparak kesilebilirlik abakları geliştirmişlerdir.

Mermer ocaklarında elmas tel kesme makineleri kadar kullanım alanı yaygın olmasa da ocaklarda üretimde verimliliği arttırmak ve hızlandırmak için zincirli kollu kesicilerin (ZKK) de kullanıldığı görülmektedir. Zincirli kollu kesiciler son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte mermer ocaklarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Şekil 1.3). Bu makineler üretimde tek başlarına kullanıldığı gibi, elmas tel kesme makineleriyle birlikte de kullanılmaktadırlar. Ocaklarda genellikle elmas tel kesme makineleri ile zincirli kollu kesicilerin birlikte kullanıldığı yöntemler yaygın bir şekilde görülmektedir.



Şekil 1.3. Zincirli kollu kesici makinesi

Zincirli kollu kesiciler yapı itibariyle, ağaç kesen motorlu testerelere benzemektedir ve bu makinenin mermer ocaklarında mermer kesmek için uyarlanmış halidir. Mermer ocaklarında az kullanılmasının nedenlerinin en başında yüksek ilk yatırım maliyeti gelmektedir. Zincirli kollu kesicilerde kesme işlemi, kesici kol üzerinde kayarak hareket eden sonsuz bir zincir üzerinde bulunan keskinlerle gerçekleştirilmektedir. Zincirli kollu kesme makineleri ana gövde, kesici kol ve ray sistemi olmak üzere üç temel kısımda incelenebilir. Ana gövde tüm sistemin tahrik edildiği elemanları içerir. Kesme işlemi gövdeye bağlı olan kesici kol tarafından gerçekleştirilmektedir. Kesici kolun dönme hareketi ana gövde tarafından sağlanırken, ileriye doğru yaptığı kesme işlemi ise bütünüyle ana gövdenin ray üzerindeki hareketiyle gerçekleştirilmektedir (Hekimoğlu, 2015)

ZKK makinelerinde kesim işleminden önce KETK makinesindeki gibi elmas telin deliklerden geçirilme işleminin olmaması, KETK ile birlikte kullanıldıklarında delik delme işleminin sadece yatay delik ile sınırlı olmasından dolayı zaman kayıpları daha az olmaktadır. Mermer ocağında ZKK makinesi KETK makinesindeki gibi bir kesim uzunluğuna sahip olmadığı için, kesim uzunluğu kol boyu ile sınırlı olmakta ve basamak yükseklikleri de makinenin kol boyu ile sınırlı olmaktadır. ZKK makinelerinde KETK makinelerindeki gibi elmas tel kopmaları gibi durum söz konusu olmadığından iş kazası olasılığı daha düşük olmaktadır. ZKK makineleri kullanıldığı ocaklarda üretimde daha çok elmas tel kesme makineleriyle birlikte kullanılmakta olduğu görülmektedir. Günümüzde üretimi yapılan ZKK makinelerin kol uzunlukları 3,40-8,80 m uzunluğunda ve kesme dilim kalınlıkları ise 38-42 mm'dir. Zincirli kollu kesme makinelerinin avantaj ve dezavantajları aşağıda, performanslarını etkileyen parametreler ise Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Avantajları:

- Yüksek basamaklarda elmas boncuklu tel kesme makineleri ile birlikte kullanıldıklarında, tel geçirmek için gereken delik sayısını azaltarak zamandan ve işçilikten tasarruf sağlaması (Çopur vd., 2008; Çalışkan, 2018)
- Yeni kesilecek olan basamağa yatay veya düşey olarak kolaylıkla giriş sağlayıp üçgen parça kesme işlemini ortadan kaldırdıkları için üretim ve zaman kayıplarını azaltması (Çopur vd., 2008; Çalışkan, 2018)
- Zincirli kollu kesicilerin kesim işleminden sonra doğrudan satılabilir ürün çıkarabilmesi (Çopur vd., 2008; Çalışkan, 2018)
- Kesim yapılan yüzeylerin düzgün olması (Çopur vd., 2008; Çalışkan, 2018)
- Su tüketiminin olmaması
- İş güvenliği riski en düşük makinelerden biri olması
- Elmas tel kesme makineleri ile birlikte kullanıldıklarında elmas tel kesme makinesi için gerekli 3 delik delme sayısının 1'e düşmesi zaman bakımından avantaj sağlamaktadır.

Dezavantajı;

- İlk yatırım maliyetinin yüksek olması
- Kesim yapılacak alanın temiz ve düz olmasının gerekliliği, engebeli yerlerde kesim yapmasının çok zor olması

- Makinenin kurulum süresinin köprülü elmas tel kesme makinesine göre daha çok zaman alması
- Kesim sırasında gres kullanılmasından dolayı çevre kirliliği açısından bir dezavantaj oluşturmakta
- Kesim derinliğinin kol boyu ile sınırlı olması köprülü elma tel kesmeye göre dezavantaj oluşturmaktadır.

Çizelge 1.1. ZKK makinelerinin performanslarını etkileyen parametreler (Çopur vd., 2008).

Jeolojik	Çatlak takımı sayısı ve frekansı
	Doğal taş yatağının eğimi-doğrultusu-yatağı
	Yataklanma ve foliasyon
	Kazılabilirlik, dayanım, elastisite, aşındırıcılık, dokusal özellikleri
Makine	Tork-güç-baskı kuvveti kapasitesi
	Kol/bıçak uzunluğu ve kalınlığı
	Keskilerin konumları, metalürjik özellikleri ve geometrileri
İşletme	Kol/bıçak kesme derinliği ve kesme açısı
	Araba ilerleme hızı
	Zincir dönme hızı
	Zincir öngerilmesi
	Zincirde gres yağı kullanımı
	Kuru veya sulu kesme
	Yatay veya düşey kesme
	İşçilik kalitesi ve bulunabilirliği

Literatürde zincirli kollu kesicilerle ilgili çalışmalara çok az rastlanmaktadır. Mohammadi vd., (2018), yapay sinir ağları yöntemi ile zincirli kollu kesici makinenin üretim oranını boyutsal olarak öngörmeye çalışmışlardır. Tumac (2014), farklı doğal taş numunelerinde Shore sertlik değerlerini belirleyerek zincirli kollu kesici makinelerin kesim performanslarını tahmin etmeye çalışmıştır. Çopur vd., (2011), doğal taş ocaklarında ve laboratuvarında yaptıkları çalışmalar sonucunda kollu kesici makinelerin alansal net kesme oranının tahmini için iki ampirik model geliştirmişlerdir. Hekimoğlu (2012), zincirli kollu kesicilerin kesim performansı, kesme hızı ve keski aşınması konusunda çalışmalar yaparak keski konum ve sıralamalarında değişiklikler yapılması gerektiğini belirtmiştir. Saruışık ve Saruışık (2010) ve Saruışık ve Saruışık (2013), yurtiçinde üretilen yeni bir zincirli kollu kesicinin blok üretimi ve kesme

performansını incelemişlerdir. Çopur (2010), farklı doğal taş ocaklarında zincirli kollu kesicilerin kesim performans analizlerini yapmıştır. Avunduk vd., (2014), bej mermerinin mekanik özellikleri ile zincir testereli ve elmas telli makinelerin kesme performansı arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Çalışkan (2018), mermer ocaklarında kullanılan zincirli kesme makinelerinin performanslarının araştırılması hakkında bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada öncelikle dört farklı ocakta kullanılan kollu kesim makinelerinin özellikleri, keskinlikleri ve keski düzeni incelenmiş, farklı ocaklardaki dalış kesiminde, kol basıncı ve zincir dönüş hızı, ana kesimde ise zincir dönüş hızı ve makine yürüyüş hızı gibi parametreler değiştirilerek, kesme derinliğine bağlı olarak birim zamanda kesilen yüzey alanlarının ölçümleri, kesim hızı, keski seti kesme derinliği hesaplanmıştır. Çelik vd., (2017), raylı elmas teller ile kollu kesicilerin birlikte kullanımını incelemişlerdir. Bunun için makinelerin kullanım şekli, delme/kesme hızları, sarf malzeme tüketimleri, harcanan iş gücü gibi verileri değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak en hızlı yöntemin B yöntemi olduğu (arka kesim 7,40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesme makinesi ile kesilirken alt ve yan kesimler elmas teller yardımıyla gerçekleştirilmektedir), en hızlı kesme makinesinin 7.40 m kol boyuna sahip zincirli kollu kesici olduğu, verimi artırmak için bir defada kesilen alanın en büyük olması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Bu tez kapsamında literatürde incelenen çalışmalardan farklı olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan köprülü elmas tel kesme makinesi ve 7,20 m kol uzunluğuna sahip sadece düşey kesim yapabilen zincirli kollu kesici makine üzerinde çalışılmış ve bu iki makinenin kesim performansları, enerji, işçilik, sarf-yedek malzeme giderleri, gres kullanımı, elmas boncuk ve soketlerdeki aşınmalar, su tüketimi, kesim hızları, ilk yatırım maliyeti ve iki makinenin avantaj-dezavantajları gibi parametreler dikkate alınarak inceleme ve ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile mermer ocaklarında yaygın olarak kullanılan yöntemlerin teknik ve bilimsel olarak karşılaştırması yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

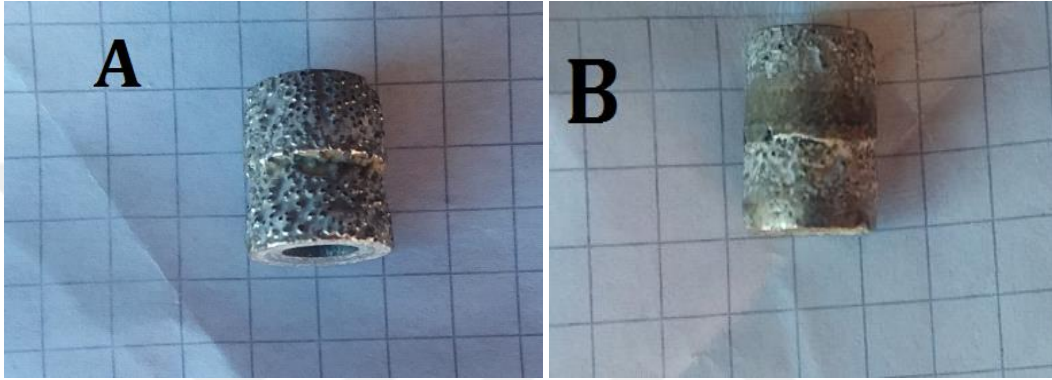
2.1. Materyal

Mermer ocaklarında üretim sürecinde kullanılan elmas tellerde farklı elmas boncuk türleri bulunmaktadır. Bunlar elektrolize elmas teller, sinterize elmas teller ve kimyasal yapıştırırmalı elmas boncuklardır.

Çalışma kapsamında ocakta vakumlu lehimli çift soketli elmas tel kullanılmaktadır (Şekil 2.1). Elmas boncuğun türü Elektroliz, Lehimli Elmas boncuk olarak adlandırılmaktadır. Ocakta vakumlu lehimli elmas telin kullanım amacı diğer tellere göre daha hızlı kesim yapması ve sürekli olarak kesim yaptığı için halata fazla yük binmediğinden elmas tel ile 15-20 kesim yapabilmesidir. Halata fazla yük binmediği için telin dizime gönderilme süresi uzamakta, böylelikle telden daha fazla yararlanma olanağı sağlanmış olmakta ve 1 m elmas tel ile 55 m² kesim yapılmaktadır. Elmas boncuğun üzerindeki elmaslar yüzeyde gözle görülebilmektedir. Elmasların yüzeyde olmasından dolayı elmas telde kesim hızı ilk başta yüksek olmakta daha sonra elmas boncuk aşındıkça elmas telin kesim hızı düşmektedir. Elmas boncuklar aşındıkça alttan yeni elmas taneleri gelmemektedir. Kesim de kullanılan çift soketli elmas telde aşınma, konik şeklinden dolayı yukarıdan aşağıya doğru bir aşınma gerçekleşmektedir. Elmas boncuk tamamen bitip kullanılamaz hale geldiğindeki görünüm Şekil 2.2’de verilmiştir. Elmas telin üst noktasıyla alt noktası aynı çapta olup çapı 10,75 mm’dir (Şekil 2.3).



Şekil 2.1. Vakumlu lehimli elmas tel



Şekil 2.2. a) Kullanılmamış elmas boncuk, b) Bitmiş elmas boncuk



Şekil 2.3. Elmas boncuk üst ve alt noktalar

Elmas tel dizilirken, yaylar elmas boncuklara tam baskı yapacak şekilde iyi sıkılmalı kesinlikle gevşek bırakılmamalıdır. Aksi takdirde tek taraflı aşınma ve göbek burcu deliklerinde büyüme meydana gelebilmektedir. Elmas tel makinesi çalıştırılmadan önce elmas tel bağlantı elemanlarının zıt yönünde her 1 metre için bir kere burulmalıdır. Tel yanlış yönünde burulursa bağlantı elemanlarında çözülme ve boncuklarda tek taraflı aşınma meydana gelir. Eğer tel yetersiz burulursa, kendi etrafında gerektiği gibi dönmeyeceğinden düzensiz aşınacak

ve verimli bir kesim elde edilemeyecektir. Elmas tel makinesi çalıştırılırken, su debisi yeterli olmalıdır. Verilen su miktarı yetersiz olursa boncuklarda yanma ve aşırı aşınma; eğer su fazla olursa da su yastığı neticesinde kesim hızında düşme meydana gelmektedir. Bu durum, gereksiz enerji tüketimi ve zaman kaybına yol açmaktadır. Elmas tele kesim yaparken aşırı gergiye alınmamalıdır. Aşırı gergiye maruz kalan teller konik ve tek taraflı aşınır, erken bitme meydana gelmektedir (Unimas, 2020).

Ocakta elmas tel kesme yöntemiyle mermer blok üretimi yapılabilmesi için öncelikle deliklerin delinmesi gereklidir. Bunun için Gemsa marka delik delme makinası kullanılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Delik delme makinesi

Ocakta kullanılan delme makinesi 22 kW gücünde bir elektrikli motora, 23 kW gücünde dizel motora ve 8 bar basınca sahiptir. Manuel kontrol paneli yardımıyla yukarı-aşağı hareket sistemi buradan sağlanmaktadır.

Kesim işlemleri için ise köprülü elmas tel kesme makinesi ile zincirli kollu kesici makine kullanılmıştır. Ocakta ağırlıklı olarak köprülü elmas tel kesme makineleri kullanılmakta ve üretim genel olarak bu makineler ile yapılmaktadır. Kesim işlemi yapılacak olan alana köprülü elmas tel kesme makinesi getirilir ve kesim yönü doğrultusunda (alt ya da yan) makinenin volanı kumanda yardımıyla otomatik olarak kesim yapılacak doğrultuya doğru çevrilir. Daha sonra kesim için deliklerden geçirilmiş olan elmas tel makinenin kasnağına dolanır. Makine kesim yaparken kesim yerinde oluşacak dalgalanmaları önlemek için makine üzerinde bulunan pistonlar yardımıyla teraziye alınır ve teraziye alındıktan sonra makine çalıştırılarak kesim işlemine geçilmektedir. KETK makinesine ait özellikler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. KETK makinesinin özellikleri (Dilmer makine, 2019)

Ana motor gücü	55 kW 1000 d/dk	Kurulum	Kumandalı hidrolik ayaklar
Yürüyüş motoru	0.75 kW 1400 d/dk	Kesme kapasitesi	2-25 m ² /h (kayacın sertliğine göre)
Çevirme motoru	0.75 kW 1400d/dk	Tel kapasitesi	80-150 m
Hidrolik motoru	2.2 kW 1400 d/dk	En/boy/yükseklik	1250x6520x2190 mm
Makine kontrolü	Kablolu uzaktan kumanda	Ağırlık	3200 kg
Elektrik donanımı	380 v 3 faz yıldız üçgen	Yardımcı kasnaklar	(500mm)-(300mm)
Kasnak çapı	800 mm	Kesme yöntemi	3 yönlü kesim yöntemi

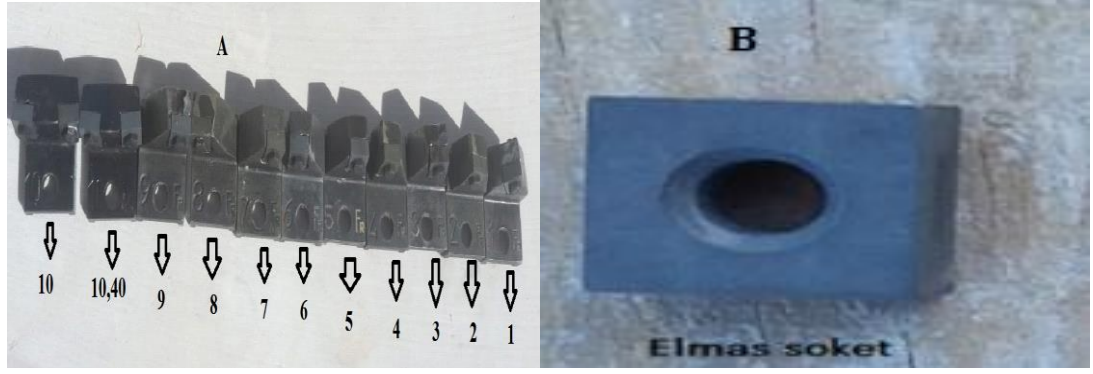
Ocakta kesimler için kullanılan bir diğer makine de zincirli kollu kesicilerdir. Bu makineler 7,20 m’ye kadar kesim yapabilmektedirler. Zincirli kollu kesiciyle yapılacak olan kesim yeri önceden belirlenir ve kesim yapılacak yer loder yardımıyla temizlenir. Makinenin kurulacağı yer aynadan 3 m içeriden kesim yapılacak şekilde boyayla, kesilecek yer işaretlenir ve makine loder yardımıyla çok dikkatli bir şekilde taşınarak kesim yerine yerleştirilir. Makinenin kesim

yerine yerleştirilmesinden sonra 4'er m uzunluğunda iki ray atma işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra raylar ve makine teraziye alınır, bunun nedeni kesim ilerledikçe her yerde aynı derinlikte kesim yapabilmektir. Makine teraziye alındıktan sonra rayların üzerinde bulunan deliklerden geçirilmek üzere mermer yüzeyine yaklaşık 10 cm kadar bir delme işlemi yapılarak "T" şeklindeki demir kazıklar ile makine sabitlenmiş olur ve kesim sırasında makinanın sağa sola oynaması önlenmiş olmaktadır. Bütün bu işlemlerden sonra makine dalışa verilerek kesim işlemine başlanmış olur. Genelde kesim işlemi bittikten sonra makinada genel bakım yapılmaktadır. Bu bakımda elmas çevirimi veya değişimi, varsa kırılmış pabuç değişimi, talaş temizliği, makine ray temizliği, cıvata, pim ve bakla bakımı ve gres kontrolü gibi işlemler yapılmaktadır. ZKK makinesine ait özellikler Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. ZKK makinesinin özellikleri (Benetti makine, 2019)

Motor gücü	55 kW
Ağırlığı	10500 kg
Kol uzunluğu	7.30 m
Kesme genişliği	38-40-42 mm
Max. Kullanışlı kesme derinliği	7.20 m
Kesim tipi	Dikey
Pabuç (zincir eki) sayısı	168
Soket sayısı	187
Gres yağı tüketimi	0.666 kg/h
Ortalama dalış süresi	4-4.5 h
Ray ilerleme hızı	0-13 cm/dk
Zincir dönme hızı	0-1 m/sn
Çalışan kişi sayısı	1
Ray uzunluğu	4+4+4 = 12 m

Makinede tek tip pabuç ve soket kullanılmaktadır. Pabuçlar kare şeklinde geometriye sahiptirler. 1 numaradan başlayarak 10 numaraya kadar olmak üzere numaralandırılmışlardır. Kollu kesicide elmas dizilimi 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10,40-10 ve 1-2-3-4-5-1-6-7-8-9-10,40-10 olarak bulunmaktadır. Zincirli kollu kesicide kullanılan soket ve dizimleri Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. a) Katerler, b) Kare elmas soket

Kare elmas soketlerin 8 köşesi de kullanılmaktadır. Kesim işlemi bittikten sonra bakım işlemi esnasında köşesi aşınmış olan elmaslar sağlam yüzeydeki köşelerine çevrilmektedir. Kare elmaslar, elmas kırılmaları olduğu zaman yeni elmas takılmakta ve her kırılan elmas yerine yeni bir elmas takılması maliyetleri arttırmaktadır. ZKK makinelerde ilk yatırım, harcanan gres miktarı, değişen elmaslar, değişen pabuç değişimi, makinenin harcadığı elektrik, bakım maliyeti, değişen pim ve bakla maliyeti, işçilik maliyeti gibi parametreler en önemli maliyet unsurlarını oluşturmaktadır. ZKK'lerde yedek malzeme maliyetleri bulgular kısmında verilmiştir.

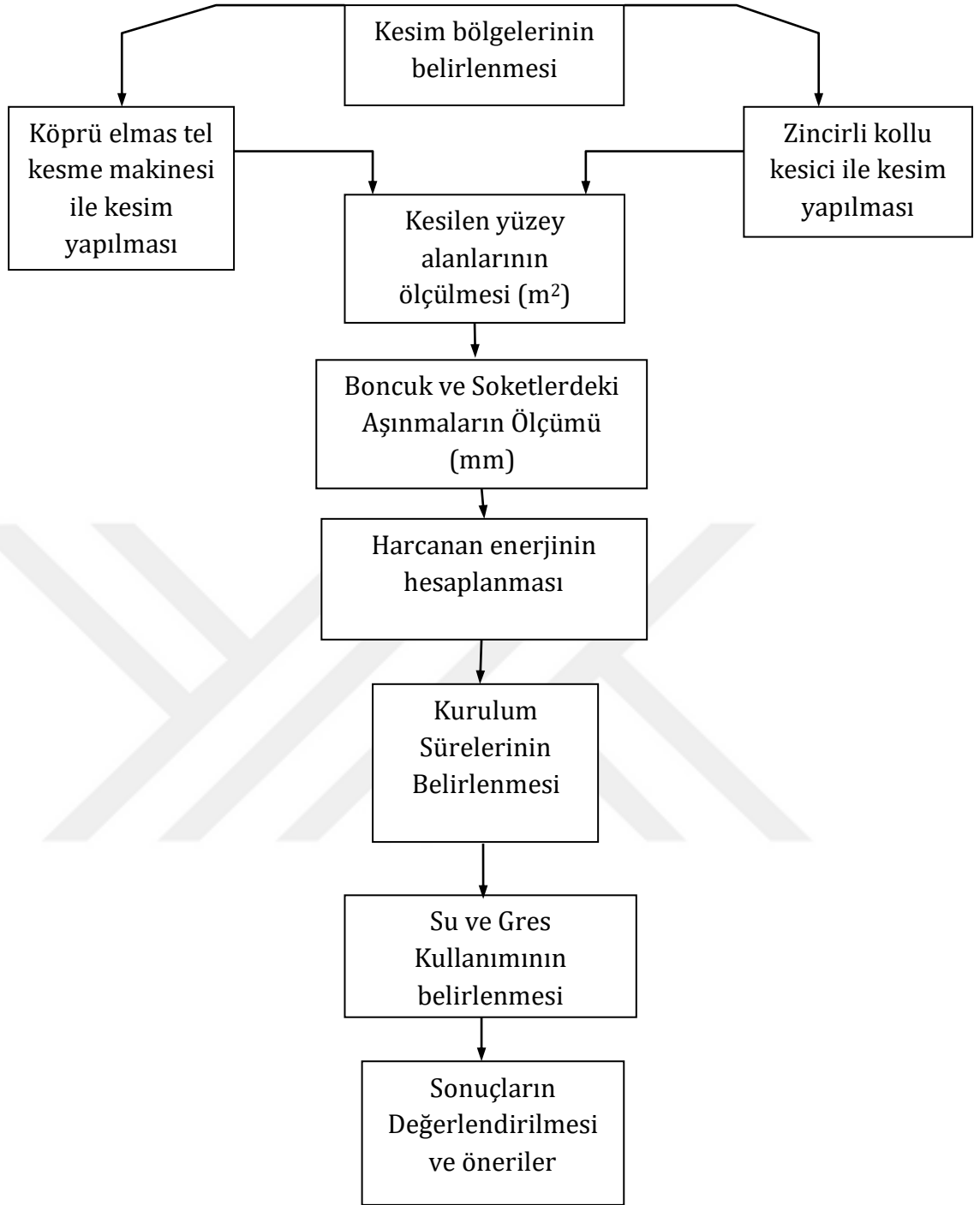
Ocakta kullanılan ZKK'lerde genellikle her kesim bitiminde elmas soket bakımı yapılmaktadır. Bu bakım da 1 numaralı katerde bulunan soketler ile 10 numaralı katerde bulunan soketler değiştirilmiştir. Bunun nedeni ilk darbeyi 1 numaranın vurması ve en sonunda da 10 numaranın bir toplayıcı gibi mermer kesimini topladığı için bu iki katerler de bulunan soketler daha çok aşınmaya maruz kalmaktadır. Bunun içinde her kesim bitiminden sonra soket bakımı yapıp aşınan elmasların yönü değiştirilmekte ya da yeni elmas soket takılmaktadır.

2.2. Metot

Ocak işletmeciliğinde uzun yıllardır elmas tel kesme makineleriyle blok mermer üretimi yapılmaktadır. İlk olarak raylı elmas tel kesme makinaları kullanılarak blok mermer üretimi yapılırken teknolojinin gelişmesiyle beraber ocaklarda

köprülü elmas tel kesme makinaları kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle beraber elmas tel kesme makinalarına alternatif olarak zincirli kollu kesme makinaları mermer ocak işletmeciliğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu makinalar tek başlarına da kullanılabileceği gibi elmas tel kesme makineleriyle de uyumlu bir şekilde kullanılmaktadırlar. Zincirli kollu kesiciler, elmas el kesme makinalarıyla birlikte kullanıldıklarında elmas tel kesmede kesimden önce delinen 3 adet delik sayısını bire indirerek hem zaman hem de delme işlemi maliyetinden tasarruf sağlamaktadır.

Günümüzde doğal taşa artan taleplere göre yeni ocaklar açılmakta ve bu artan taleplere ürün yetiştirebilmek ve buna bağlı olarak üretimi arttırmak gerekmektedir. İşletmeler üretimi arttırmada elmas tel kesme makinalarını ve zincirli kollu kesicileri kullanmaktadırlar. Bu tez çalışması kapsamında üretimde kullanılan makinelerin kesimlerdeki hızı, su tüketimleri, harcadıkları enerji, gres tüketimi, işçilik, elmaslardaki aşınmalar gibi parametreler aşağıdaki akım şeması izlenerek belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Çalışma kapsamında izlenen akım şeması

2.2.1. Kesim bölgelerinin belirlenmesi

Çalışma kapsamında ilk olarak kesim yapılacak bölge belirlenmiştir. Bu işlem de ZKK makinesi için yapılırken önce kesilecek yerin sağlam olup olmadığına, makinanın kurulacak yerinin düz ve temiz olup olmadığına, kesilecek yerin

basamak yüksekliğine bakılmış olup, KETK makinesi için kesilecek yerin çatlak olup olmadığına bakılmıştır.

2.2.2. Zincirli kollu kesici ile üretim

Zincirli kolu kesiciyle kesim yapılacak yer belirlenirken önce kesilecek alanın çatlaksız, basamak yüksekliğinin yeterli olup olmadığına ve kesilecek yüzeyin temiz olmasına bakılmıştır. Kesilen yüzey eğer çatlaklı bir yapıya sahip ise burada kollu kesiciyle kesim yapılmamaktadır. Bunun nedeni kesim sırasında kesimin içinde oluşabilecek göçmeler, buna bağlı olarak bıçak sıkışmaları meydana geleceğinden tercih edilmemektedir. Kesim yapılacak yer temizlendikten sonra makinenin kurulacağı yer işaretlenmiş ve işaretlenen yere makine getirilerek kurulmuştur. Kurulum işleminden önce makinenin kesim yerine konulması, rayların atılması ve çivilerin çakılması gibi hazırlık işlemleri yapılmaktadır. Makinenin dalış işlemine geçmeden önce kurulum işleminde geçen süre belirlenmiştir. Bu işlemlerden sonra zincirli kollu kesici dalışa verilerek kesim işlemine başlanmıştır. Kesilen yüzey alanları çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Kesim sırasında elde edilen veriler bulgular kısmında verilmiştir. Zincirli kollu kesicide kare elmas soketlerin kullanılma nedeni diğer elmas soket tiplerine göre daha sağlam olmasıdır. Kesimde kesim boşluğu 42 mm olarak ölçülmüştür.

2.2.3. Köprülü elmas tel kesme makinesi ile üretim

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim işlemine 10,75 mm boncuk çapına sahip vakumlu lehimli elmas tel kullanılmıştır. Kesime geçilmeden önce kesim yapılacak alanın zincirli kollu kesicide olduğu kadar kesim bölgesinin yapısına pek dikkat edilmemektedir. Burada tek dikkat edilen nokta delme makinesiyle delinen deliklerin hizada olması ve elmas telin rahat bir şekilde deliklerden geçirilmesidir. Makine kesim yapılacak alana getirilir ve makinenin volanı kesim yapılacak yöne doğru makinenin üzerindeki kumanda yardımıyla çevrilir. Daha sonra kesimlerde ayna yüzeylerinde elmas telden kaynaklı çanaklama ya da oyma gibi ayna bozuklukları oluşmaması için makine üzerinde bulunan

pistonlar yardımıyla ayarlanarak teraziye alınmış ve makine kesime hazır hale getirilmiştir. Kesim yerine getirilen makinenin kurulumu yapılmış ve kurulum için geçen süre belirlenmiştir. Makinenin kestiği yüzey alanı her kesim sonunda çelik şerit metreyle ölçülmüştür. Makinenin ne kadar sürede kesim yaptığı makinenin arkasında bulunan dijital saatten okunmuştur. Kesim boyunca makinenin kasnak lastiği değişim süreleri belirlenmiştir. Bu ölçümler sırasında makineyle ilgili faktörler (hız, gerdirme kuvveti vb.) sabit kabul edilmiştir. Elde edilen veriler bulgular kısmında verilmiştir.

2.2.4. Kesilen yüzey alanlarının ölçümü

Makinelerin kesim işlemlerinden sonra çelik şerit metre ile kesilen yüzey alanlarının ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler en, boy ve yükseklik olarak yapılmış ve elde edilen veriler bulgular kısmında verilmiştir.

2.2.5. Elmas boncuk ve soketlerdeki aşınmaların ölçümü

Kesim işlemleri bittikten sonra her bir kesim için ZKK makinenin soketlerinde ve köprülü elmas tel kesme makinesinde kullanılan elmas boncuklarda meydana gelen aşınmalar kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Elmas teldeki elmas boncuklar ölçülürken elmas boncuğun üst kısmından bir ölçüm ve alt kısmından bir ölçüm alınarak ortalama değerler alınmıştır. Ölçümlerde 1 m elmas telde 10-15 adet elmas boncuktan ölçüm alınmıştır. Kesimlerde 70-90 m uzunluğunda elmas tel kullanılmıştır. Zincirli kollu kesicilerde elmas soket ölçümleri kumpas yardımıyla yapılmış, ölçümlerde soketin en, boy ve yükseklik ölçümleri alınmıştır. Elde edilen veriler bulgular kısmında verilmiştir.

2.2.6. Harcanan enerji maliyetinin hesaplanması

Makinelerin kesim işlemleri sırasında ne kadar enerji harcadıkları zincirli kollu kesici ve köprülü elmas tel kesme makinesinin üzerinde bulunan motor güçleri dikkate alınarak, makinenin kesim boyunca çalışma süresi ve elektriğin

kullanım maliyeti göz önünde tutularak hesaplamalar yapılmış ve elde edilen veriler bulgular kısmında verilmiştir.

2.2.7. Kurulum sürelerinin belirlenmesi

Makinelerin kurulum süreleri kesim yapılacak alana getirilen makinenin zincirli kollu kesici için, makinenin kesim doğrultusuna alınması, ray atma, rayları sabitlemek için çivilerin çakılması ve deliklerin delinmesi, köprülü elmas tel kesme makinesi için makinenin kesim yerine taşındıktan sonra makinenin kesim doğrultusuna alınması, kasnağın çevrilmesi, makinenin teraziye alınması gibi kesim işlemine geçmeden önceki kurulum aşamasında harcanan süreler saat tutularak belirlenmiştir.

2.2.8. Su ve gres kullanımının belirlenmesi

Köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim işlemlerinde elmas tele su verilmiş ve kesim boyunca harcanan suyu belirlemek için 1,5 litrelik boş bir şişeyi suyun ne kadar sürede doldurduğu belirlenmiş ve kesim süresine oranlanarak su tüketimi saptanmaya çalışılmıştır. Zincirli kollu kesici makinede gres kullanımı, üzerinde bulunan 30 kg'lık kazana gres tamamen doldurulduktan sonra makine kesime geçmiş ve kesim sırasında gres kullanımını sadece bu kazandan yapmıştır. Kazandaki gres bittikten sonra makinenin ne kadar çalıştığı makinenin üzerinde bulunan dijital saatten okunmuş ve kesim yaptığı yüzey alanı ölçülmüştür. Elde edilen veriler ışığında makinelerin kesim boyunca su ve gres kullanım miktarı belirlenmiş ve veriler bulgular kısmında verilmiştir.

2.2.9. Sonuçların değerlendirilmesi ve öneriler

Son aşama olarak, çalışma boyunca elde edilen veriler ışığında zincirli kollu kesici ve köprülü elmas tel kesme makinelerinin kesim performansları karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

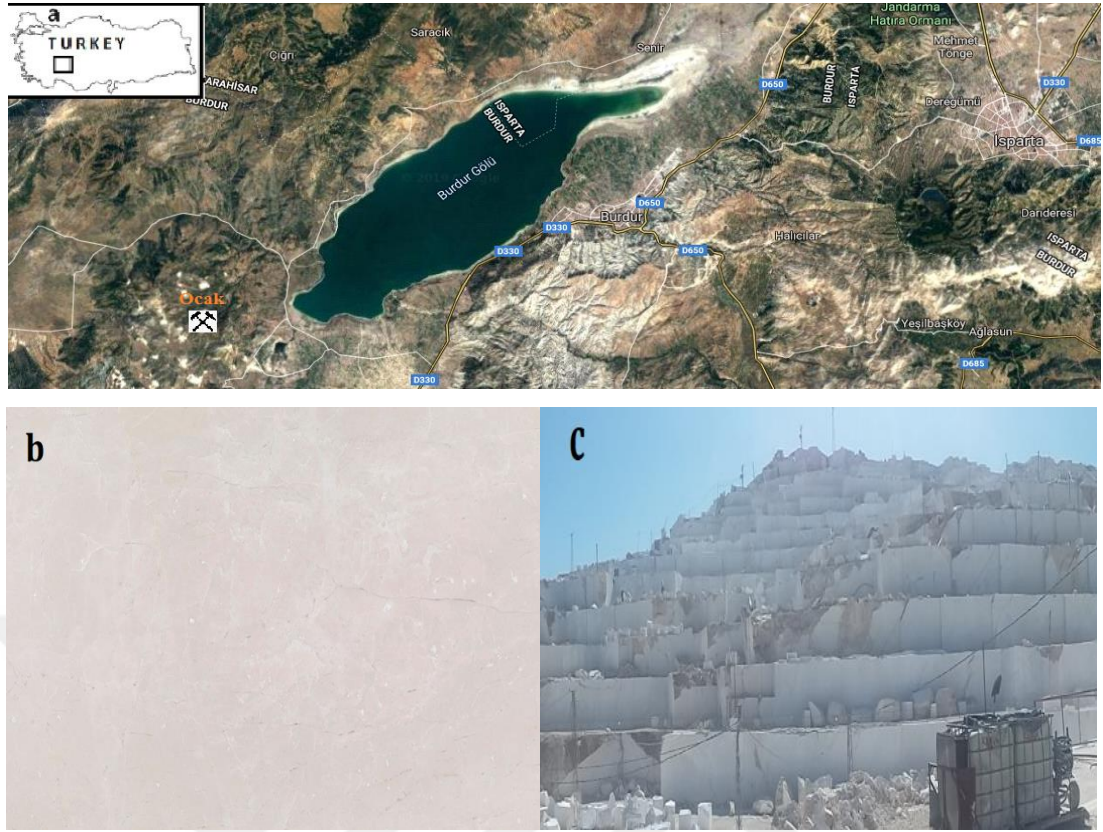
3. BULGULAR

3.1. Ocakta Uygulanan Yöntem

Bu bölümde ocakta kullanılan zincirli kollu kesici ve köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim performanslarını belirlemek için elde edilen sayısal bulgular irdelenerek makinelerin performansları ve verimlilikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu kapsamda makinaların kesim hızları, su tüketimi, gres tüketimi, harcadıkları enerji, elmas soket ve boncuk aşınmaları, malzeme kaybı gibi parametreler göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmanın yapıldığı doğal taş ocağı Burdur ili, Merkez İlçesi, Yaylabeli Köyü civarındadır. Ocak, Burdur İl merkezinin kuzey batısında kuş uçuşu 24,9 km, mesafede olup en yakın yerleşim yeri 1,72 km mesafede Yaylabeli Köyü bulunmaktadır (Şekil 3.1).

Ocak yapı itibariyle kırık, çatlak ve süreksizliklerin fazla olmasından dolayı üretimde zorluklara ve ekonomik olarak masrafların artmasına neden olmaktadır. Ocağın yıllık üretimi 30000 m³, verim ise yaklaşık % 15'tir. Ocaktan üretilen doğal taş blokları hem işletmeye ait fabrikalarda işlenip ihraç edilmekte hem de dış ülkelere ham blok olarak ihracı yapılmaktadır.



Şekil 3.1. (a) Bej mermer ocağının Google Earth görüntüsü, (b) Bej mermer, (c) Ocağın görünümü

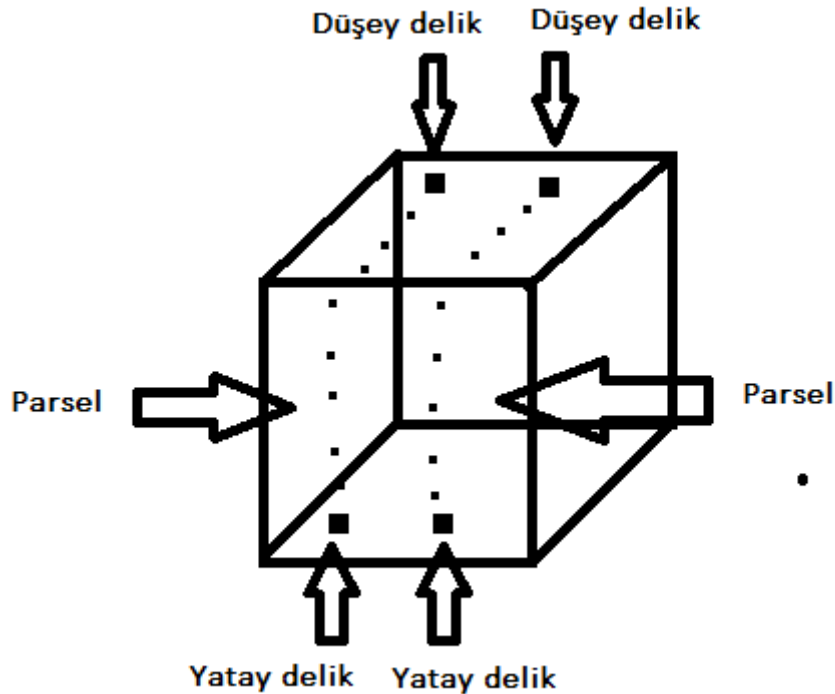
Üretimi yapılan doğal taşın fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellik	Ortalama	Standart
Sertlik (Mohs)	3,5-4	TS 6809
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2,715±0,006	TS EN 1936
Görünür yoğunluk (g/cm ³)	2,674±0,007	TS EN 1936
Açık gözeneklilik (%)	0,401±0,012	TS EN 1936
Toplam gözeneklilik (%)	1,51	TS EN 1936
Aşınma dayanımı (Metod-B/Böhme) (cm ³ /50cm ²)	14,16±3,79	TS EN 14157
Basınç dayanımı (MPa)	140±20	TS EN 1926
Yoğun yük altında bükülme dayanımı (MPa)	9±2	TS EN 12372

3.1.1. Köprülü elmas tel kesme makinesiyle üretim

KETK makinesinde kesime başlanmadan önce delik delme makinesi ile yatay ve düşey delikler delinmektedir. Kesilecek alanda parsel (köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılmadan önce delme makinesiyle delinen dilim sayısı) sayısına bağlı olarak delinecek delik sayısı artmaktadır (Şekil 3.2). Ocak içerisinde kesim uzunlukları, süreksizlik ve tabaklanma durumlarına göre değişkenlik göstermektedir. Köprülü elmas tel kesme makinesiyle oluşturulan parseller Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Ocakta parselleme işlemi genel olarak en az 3, en fazla 6 parselle kadar yapılmaktadır. 4 parsel olarak hazırlanacak olan yerde ilk olarak 4 adet düşey delik delinmekte olup bu deliklerin boyu 7 m'dir. Düşey deliklerde 1 delik için harcanan süre yaklaşık 105 dk'dır. Toplamda ise 420 dk'lık süre belirlenmiştir. Düşey delikler bittikten sonra yatay deliklere geçilmektedir. Yatay delik olarak 4 adet aynaya paralel ve 1 adet aynaya düşey delik delinmektedir. Yatay deliklerde delik boyu 6 m ile 22 m arasında değişmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.2. Kesim için hazırlanan parsellerin şematik görünümü



Şekil 3.3. KETK makinesiyle oluşturulan kesimler



Şekil 3.4. Delik delme makinası ile delme işlemi

Yatay delikler 12 m uzunluğunda olup 180 dk süre harcanmaktadır. 1 adet yatay (boğazlama) delik için yine 12 m uzunluğunda ve 180 dk süre geçmektedir. Toplam geçen süre yatay delikler için 900 dk olarak belirlenmiştir.

Delik delme işleminde düşey deliklerde (Dd) delme işlemine geçene kadar harcanan süre 1 delik için ortalama 10 dk, 4 düşey delik için toplam hazırlık 40 dk olmaktadır. Yatay delikler (Yd) için ise 1 delik için geçen hazırlık süresi ortalama 25 dk ve toplam da ise 125 dk'lık süre gerekmektedir. Yani kesime hazırlanan yer için hazırlık ve delme işlemi ile birlikte geçen toplam süre yaklaşık 1485 dk'dır. Delik delme işlemi bittikten sonra elmas tel deliklerden geçirilmiş ve tel geçirildikten sonra makine kesim için yerine konumlandırılarak kesime başlanmıştır. Kesime başlanmadan önce makinenin kurulumu için geçen süre ortalama 10 dk olmaktadır. Kesimler sırasında elmas telde oluşan aşınmalar kumpas yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Elmas tel aşınmalarının ölçümü

Ocakta köprülü elmas tel kesme makinaları ile hem yan hem de alt kesimler yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında toplam 7869 m²'lik yüzey alanına ait kesme ve delme verileri Çizelge 3.2-3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.2. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları 1

KESİM İŞLEMİ											ELEKTRİK VE İŞÇİLİK		
Kesim		Kesilen yüzey alanı (m ²)	Kesim yapılan bölgenin hacmi (m ³)	Kesim süresi (h)	Kesim hızı (m ² /h)	Kullanılan su miktarı (ton)	Birim alanda harcanan su (ton/m ²)	Malzeme kaybı (m ³)	Makine kurulum süresi (dk)	Soket çapı (mm)	Birim enerji gideri (TL/m ²)	Toplam enerji maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)
1	ALT	228	684	15	15,2	1,62	0,007	2,45	20,0	10,75-10,50	1,32	300	270
2	YAN	60	180	3	20,0	0,32	0,005	0,65	15,0	10,75-10,50	1,00	60	135
3	ALT	312	936	21	14,9	2,27	0,007	3,35	20,0	10,75-10,50	1,35	420	405
4	YAN	156	468	9	17,3	0,97	0,006	1,68	17,0	10,75-10,50	1,15	180	270
5	YAN	156	468	10	15,6	1,08	0,007	1,68	17,0	10,75-10,50	1,28	200	270
6	ALT	225	675	16	14,1	1,73	0,008	2,42	18,0	10,75-10,50	1,42	320	270
7	YAN	105	315	6	17,5	0,65	0,006	1,13	13,0	10,75-10,50	1,14	120	135
8	ALT	168	504	12	14,0	1,29	0,008	1,81	18,0	10,75-10,50	1,43	240	270
9	YAN	84	252	5	16,8	0,54	0,006	0,90	10,0	10,75-10,50	1,19	100	135
10	ALT	204	612	15	13,6	1,62	0,008	2,19	15,0	10,75-10,50	1,47	300	270
11	YAN	119	357	7	17,0	0,76	0,006	1,28	10,0	10,75-10,50	1,18	140	135
12	YAN	119	357	7	17,0	0,76	0,006	1,28	10,0	10,75-10,50	1,18	140	135
13	ALT	156	468	11	14,2	1,19	0,008	1,68	15,0	10,75-10,50	1,41	220	270
14	YAN	70	210	4	17,5	0,43	0,006	0,75	16,0	10,75-10,50	1,14	80	135
15	ALT	144	432	11	13,1	1,19	0,008	1,55	25,0	10,75-10,50	1,53	220	270
16	YAN	104	312	6	17,3	0,65	0,006	1,12	15,0	10,75-10,50	1,15	120	135
17	YAN	104	312	7	14,9	0,76	0,007	1,12	15,0	10,75-10,50	1,35	140	135
18	ALT	63	189	5	12,6	0,54	0,009	0,68	19,0	10,75-10,50	1,59	100	135
19	YAN	45,5	136,5	3	15,2	0,32	0,007	0,49	12,0	10,75-10,50	1,32	60	135
20	YAN	45,5	136,5	3	15,2	0,32	0,007	0,49	12,0	10,75-10,50	1,32	60	135

Çizelge 3.3. KETK makinesinin 1. kesimden önceki delme işlemleri

DELME İŞLEMİ											
Kesim		Dd	Yd	Delik Sayısı	Toplam Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Süresi (dk)	Toplam Delme Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Toplam Hazırlık (dk)
1	ALT	1	2	3	9	39	120	293	900	50	140
2	YAN	1	1	2	7	15	54	113	405	35	120
3	ALT	1	2	3	3	45	45	338	338	60	60
4	YAN	1	1	2	7	30,5	102	230	765	45	120
5	YAN	1	1	2	7	30,5	102	230	765	45	120
6	ALT	1	2	3	11	37	125	278	938	65	180
7	YAN	1	1	2	11	22	125	165	938	35	180
8	ALT	1	2	3	9	33	110	248	825	55	155
9	YAN	1	1	2	5	19	44	143	330	30	85
10	ALT	1	2	3	9	36	108	270	810	55	150
11	YAN	1	1	2	9	24	108	180	810	35	150
12	YAN	1	1	2	9	24	108	180	810	35	150
13	ALT	1	2	3	9	32	92	240	690	50	140
14	YAN	1	1	2	5	17	40	128	300	55	90
15	ALT	1	2	3	7	32	78	240	585	55	88
16	YAN	1	1	2	5	23	52	173	390	35	85
17	YAN	1	1	2	5	23	52	173	390	35	85
18	ALT	1	2	3	7	23	51	173	383	60	115
19	YAN	1	1	2	9	14	68	105	510	45	145
20	YAN	1	1	2	9	14	68	105	510	45	145

Çizelge 3.4. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları 2

KESİM											ELEKTRİK VE İŞÇİLİK		
Kesim		Kesilen yüzey alanı (m ²)	Kesim yapılan bölgenin hacmi (m ³)	Kesim süresi (h)	Kesim hızı (m ² /h)	Kullanılan su miktarı (ton)	Birim alanda harcanan su (ton/m ²)	Malzeme kaybı (m ³)	Makine kurulum süresi (dk)	Soket çapı (mm)	Birim enerji gideri (TL/m ²)	Toplam enerji maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)
21	YAN	78	234	5	16	0,54	0,007	0,84	18,00	10,75-10,50	1,28	100	135
22	ALT	126	378	11	11	1,19	0,009	1,35	20,00	10,75-10,50	1,75	220	270
23	YAN	117	351	12	10	1,29	0,011	1,26	15,00	10,75-10,50	2,00	234	270
24	YAN	52	156	3	17	0,32	0,006	0,56	18,00	10,75-10,50	1,15	60	135
25	YAN	126	378	10	13	1,08	0,009	1,35	18,00	10,75-10,50	1,59	200	135
26	ALT	40	120	3	13	0,32	0,008	0,43	22,00	10,75-10,50	1,50	60	135
27	YAN	111	333	8	14	0,86	0,008	1,19	15,00	10,75-10,50	1,43	159	135
28	ALT	108	324	11	10	1,19	0,011	1,16	17,00	10,75-10,50	2,04	220	270
29	YAN	105	315	8	13	0,86	0,008	1,13	12,00	10,75-10,50	1,54	162	135
30	ALT	144	432	15	10	1,62	0,011	1,51	20,00	10,50-10,20	2,00	288	270
31	ALT	90	270	8	11	0,86	0,010	0,95	20,00	10,50-10,20	1,82	164	135
32	YAN	109	327	9	12	0,97	0,009	1,14	15,00	10,50-10,20	1,67	182	135
33	ALT	120	360	10	12	1,08	0,009	1,26	18,00	10,50-10,20	1,67	200	135
34	YAN	105	315	8	13	0,86	0,008	1,10	12,00	10,50-10,20	1,60	168	135
35	ALT	156	468	11	14	1,19	0,008	1,64	20,00	10,50-10,20	1,44	224	270
36	YAN	112	336	7	16	0,76	0,007	1,18	12,00	10,50-10,20	1,23	138	135
37	YAN	96	288	8	12	0,86	0,009	1,01	12,00	10,50-10,20	1,70	163	135
38	YAN	72	216	7	10	0,76	0,010	0,76	10,00	10,50-10,20	1,94	140	135
39	YAN	72	216	7	10	0,76	0,010	0,76	10,00	10,50-10,20	1,94	140	135

Çizelge 3.5. KETK makinasının 2. kesimden önceki delme işlemleri

DELME İŞLEMİ											
Kesim		Dd	Yd	Delik Sayısı	Toplam Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Süresi (dk)	Toplam Delme Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Toplam Hazırlık (dk)
21	YAN	1	1	2	7	19	66	143	495	35	125
22	ALT	1	2	3	5	32	56	240	420	30	90
23	YAN	1	1	2	7	25	84	188	630	37	85
24	YAN	1	1	2	9	15	72	113	540	40	148
25	YAN	1	1	2	7	25	84	188	630	30	120
26	ALT	1	2	3	3	23	23	173	173	40	40
27	YAN	1	1	2	7	24	81	180	608	35	115
28	ALT	1	2	3	7	28	66	210	495	55	120
29	YAN	1	1	2	7	22	75	165	563	30	110
30	ALT	1	2	3	9	31	88	233	660	50	155
31	ALT	1	2	3	7	26	60	195	450	50	120
32	YAN	1	1	2	5	23	51	173	383	38	84
33	ALT	1	2	3	9	29	80	218	600	43	162
34	YAN	1	1	2	11	22	125	165	938	40	178
35	ALT	1	2	3	9	32	92	240	690	56	144
36	YAN	1	1	2	7	23	78	173	585	30	110
37	YAN	1	1	2	5	22	50	165	375	34	84
38	YAN	1	1	2	7	18	63	135	473	36	116
39	YAN	1	1	2	7	18	63	135	473	33	116

Çizelge 3.6. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları 3

KESİM											ELEKTRİK VE İŞÇİLİK		
Kesim		Kesilen yüzey alanı (m ²)	Kesilen bölgenin hacmi (m ³)	Kesim süresi (h)	Kesim hızı (m ² /h)	Kullanılan su miktarı (ton)	Birim alanda harcanan su (ton/m ²)	Malzeme kaybı (m ³)	Makine kurulum süresi (dk)	Soket çapı (mm)	Birim enerji gideri (TL/m ²)	Toplam enerji maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)
40	ALT	144	432	12	12	1,295	0,0090	1,51	20,00	10,50-10,20	1,67	240	270
41	YAN	84	252	6	14	0,647	0,0077	0,88	13,00	10,50-10,20	1,43	120	135
42	YAN	85	255	8	11	0,863	0,0102	0,89	12,00	10,50-10,20	1,88	160	135
43	ALT	135	405	13	10	1,403	0,0104	1,42	20,00	10,50-10,20	1,93	260	270
44	YAN	56	168	5	11	0,540	0,0096	0,59	10,00	10,50-10,20	1,79	100	135
45	YAN	56	168	5	11	0,540	0,0096	0,59	10,00	10,50-10,20	1,79	100	135
46	YAN	56	168	6	9	0,647	0,0116	0,59	12,00	10,50-10,20	2,14	120	135
47	YAN	63	189	6	11	0,647	0,0103	0,66	15,00	10,50-10,20	1,90	120	135
48	ALT	108	324	12	9	1,102	0,0102	1,16	18,00	10,20-9,90	2,22	240	270
49	ALT	204	612	22	9	2,081	0,0102	2,19	22,00	10,20-9,90	2,16	440	405
50	YAN	84	252	8	11	0,857	0,0102	0,90	15,00	10,20-9,90	1,90	160	135
51	YAN	112	336	10	11	1,142	0,0102	1,20	13,00	10,20-9,90	1,79	200	135
52	YAN	96	288	10	10	0,979	0,0102	1,03	13,00	10,20-9,90	2,08	200	135
53	YAN	96	288	11	9	0,979	0,0102	1,03	13,00	10,20-9,90	2,29	220	270
54	YAN	63	189	7	9	0,643	0,0102	0,68	10,00	10,20-9,90	2,22	140	135
55	YAN	84	252	9	9	0,857	0,0102	0,90	10,00	10,20-9,90	2,14	180	135

Çizelge 3.7. KETK makinasının 3. kesimden önceki delme işlemleri

DELME İŞLEMİ											
Kesim		Dd	Yd	Delik Sayısı	Toplam Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Süresi (dk)	Toplam Delme Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Toplam Hazırlık (dk)
40	ALT	1	2	3	9	31	88	233	660	55	145
41	YAN	1	1	2	7	19	66	143	495	35	110
42	YAN	1	1	2	9	19	88	143	660	30	140
43	ALT	1	2	3	7	33	81	248	608	50	115
44	YAN	1	1	2	5	15	36	113	270	30	85
45	YAN	1	1	2	5	15	36	113	270	30	85
46	YAN	1	1	2	5	15	36	113	270	30	85
47	YAN	1	1	2	7	16	57	120	428	30	110
48	ALT	1	2	3	9	28	76	210	570	55	140
49	ALT	1	2	3	9	36	108	270	810	60	150
50	YAN	1	1	2	7	19	66	143	495	40	115
51	YAN	1	1	2	7	22	75	165	563	40	110
52	YAN	1	1	2	9	21	95	158	713	35	140
53	YAN	1	1	2	9	21	95	158	713	35	140
54	YAN	1	1	2	5	16	38	120	285	30	80
55	YAN	1	1	2	5	19	44	143	330	35	85

Çizelge 3.8. KETK makinesinin elmas tel kesim sonuçları 4

KESİM											ELEKTRİK VE İŞÇİLİK		
Kesim		Kesilen yüzey alanı (m ²)	Kesilen bölgenin hacmi (m ³)	Kesim süresi (h)	Kesim hızı (m ² /h)	Malzeme kaybı (m ³)	Kullanılan su miktarı (ton)	Birim alanda harcanan su (ton/m ²)	Makine kurulum süresi (dk)	Soket çapı (mm)	Birim enerji gideri (TL/m ²)	Toplam enerji maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL)
56	ALT	94	282	12	8	0,96	1,295	0,0138	22,00	10,20-9,90	2,55	240	270
57	YAN	95	285	10	10	0,97	1,079	0,0114	15,00	10,20-9,90	2,11	200	270
58	YAN	95	285	11	9	0,97	1,187	0,0125	15,00	10,20-9,90	2,32	220	270
59	YAN	64	192	6	11	0,65	0,647	0,0101	15,00	10,20-9,90	1,88	120	135
60	YAN	64	192	6	11	0,65	0,647	0,0101	15,00	10,20-9,90	1,88	120	135
61	YAN	64	192	7	9	0,63	0,755	0,0118	12,00	9,90-9,70	2,19	140	135
62	YAN	72	216	7	10	0,71	0,755	0,0105	13,00	9,90-9,70	1,94	140	135
63	YAN	72	216	7	10	0,71	0,755	0,0105	12,00	9,90-9,70	1,94	140	135
64	YAN	84	252	8	11	0,83	0,863	0,0103	10,00	9,90-9,70	1,90	160	135
65	YAN	77	231	7	11	0,76	0,755	0,0098	12,00	9,90-9,70	1,82	140	135
66	YAN	84	252	9	9	0,83	0,971	0,0116	12,00	9,90-9,70	2,14	180	135
67	ALT	156	468	17	9	1,54	1,835	0,0118	20,00	9,90-9,70	2,18	340	270
68	YAN	98	294	12	8	0,97	1,295	0,0132	15,00	9,90-9,70	2,45	240	270
69	YAN	91	273	11	8	0,90	1,187	0,0130	15,00	9,90-9,70	2,42	220	270
70	YAN	144	432	16	9	1,43	1,727	0,0120	12,00	9,90-9,70	2,22	320	270
71	YAN	154	462	15	10	1,52	1,619	0,0105	15,00	9,90-9,70	1,95	300	270
72	YAN	84	252	10	8	0,83	1,079	0,0128	12,00	9,90-9,70	2,38	200	270
73	YAN	144	432	16	9	1,43	1,727	0,0120	13,00	9,90-9,70	2,22	320	270

Çizelge 3.9. KETK makinesinin 4. kesimden önceki delme işlemi

DELME İŞLEMİ											
Kesim		Dd	Yd	Delik Sayısı	Toplam Delik Sayısı	Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Süresi (dk)	Toplam Delme Süresi (dk)	Hazırlık Süresi (dk)	Toplam Hazırlık (dk)
56	ALT	1	2	3	7	26,5	63	198,75	472,5	30	110
57	YAN	1	1	2	9	19,6	90,4	147	678	55	140
58	YAN	1	1	2	5	20,5	47	153,75	352,5	60	150
59	YAN	1	1	2	11	16	95	120	712,5	40	115
60	YAN	1	1	2	5	16	38	120	285	40	110
61	YAN	1	1	2	7	16	57	120	427,5	35	140
62	YAN	1	1	2	5	17,5	41	131,25	307,5	35	140
63	YAN	1	1	2	7	17	60	127,5	450	30	80
64	YAN	1	1	2	9	19	88	142,5	660	55	145
65	YAN	1	1	2	7	18	63	135	472,5	35	110
66	YAN	1	1	2	5	20	46	150	345	30	140
67	ALT	1	2	3	9	32	92	240	690	50	115
68	YAN	1	1	2	9	20,5	94	153,75	705	30	85
69	YAN	1	1	2	5	20	46	150	345	30	85
70	YAN	1	1	2	5	26	58	195	435	30	85
71	YAN	1	1	2	5	29	64	217,5	480	60	140
72	YAN	1	1	2	7	19	66	142,5	495	40	80
73	YAN	1	1	2	7	26	87	195	652,5	40	145

Köprülü elmas tel kesme makinesi ile kesim esnasında oluşan malzeme kaybı 10,75 mm'dir. Kesimde oluşan malzeme kaybı; örneğin 7 m yükseklik, 10 m uzunluk ve 3 m eninde bir alan için;

$7 * 0,01075 * 10 = 0,7525 \text{ m}^3$ 'lük bir malzeme kaybı olmaktadır.

Oluşan malzeme kaybının ekonomik değeri (bütün hesaplamalarda kayacın birim hacim ağırlığı 2,7 ton/m³, \$/TL kuru ise 6,83 olarak alınmıştır);

$0,7525 * 2,7 \text{ ton/m}^3 = 2,03175 \text{ ton}$ olarak hesaplanmaktadır. Kayacın birim satış değeri 180 \$/ton olduğu kabul edilirse $2,03175 * 180 = 365,715 \text{ \$}$ veya $365,715 * 6,83 = 2224 \text{ TL}$ olarak hesaplanmaktadır.

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesime geçilmeden kesilecek yer için delme işlemi yapılmaktadır. Bu kapsamda köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesilen toplam 7869 m² alan için toplam 5289,4 m delik delme işlemi yapılmış olup bu delme işlemi için 661,31 saat zaman harcanmış ve delme hızı 7,99 m/h olarak hesaplanmıştır.

Tez çalışması kapsamında köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılırken ilk kesimde yeni elmas tel kullanılmış olup diğer kesimlerde de aynı elmas tel, dizim işleminden geldikten sonra kullanılmaya devam edilmiştir. Kesim işlemlerinde 1, 2 ve 3. kesim sonuçlarında köprülü elmas tel kesme makinesi hız olarak 80 A (amper) de çalıştırılmıştır. Son kesimde ise makine 75-80 A arasında çalıştırılmıştır. Bunun nedeni ise, elmas boncuklarda aşınmanın fazla olması ve boncukların yavaş yavaş kesim kabiliyetini kaybetmesinden dolayı boncukların kesim yapamayarak çelik halata yük binmesi ve tel kopmalarına neden olacağından dolayı amper değeri düşürülmüştür.

Yukarıda verilen Çizelgelerde görüleceği gibi yan kesimlerde kesim hızı yüksek alt kesimlerde ise yan kesime göre düşmektedir. Bunun nedeni, elmas telin yan kesimlerde kesilen kütlenin birim hacim ağırlığı ve yerçekiminin etkisine maruz kalmaması kesim hızının yüksek olmasına neden olmakta alt kesimde ise elmas tel kesilen kütlenin birim hacim ağırlığı ve yerçekiminin etkisine bağlı olarak gerilmelere maruz kaldığından dolayı elmas teldeki aşınmalar daha fazla olmakta ve kesim hızı düşmektedir.

Kesim işlemlerinde köprülü elmas tel kesme yöntemine ait olabilecek ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. KETK yönteminin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri

Gider	Miktar	Maliyet (TL)
KETK	1 adet	80000
Kasnak (80 cm)	1 adet	450
Lastik	1 adet	42
Çelik halat	1 m	7,5
Pul	1 adet	0,013
Yay	1 adet	0,032
Sıkma	1 adet	0,032
Yeni elmas tel	1 m	70
Elektrik	1 kWh	0,50
İşçilik	1 gün	135

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılırken kesim işlemi boyunca elmas tel 3 defa dizime gönderilmiş ve elmas tel 5'li olarak dizim işlemi yapılmıştır. Elmas telin dizim işleminden kaynaklanan maliyetler Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Dizime giden elmas tellerin dizim maliyetleri

Dizim	Malzeme	Miktar	Fiyat (TL)	Maliyet (TL)
1. Dizim	Halat	90 m	$90 \cdot 7,5 = 675$	959,9
	Pul	4500 adet	$4500 \cdot 0,013 = 58,5$	
	Yay	2250 adet	$2250 \cdot 0,032 = 72$	
	Sıkma	450 adet	$450 \cdot 0,032 = 14,4$	
	İşçilik	1 işçi	140	
2. Dizim	Halat	80 m	$80 \cdot 7,5 = 600$	868,8
	Pul	4000 adet	$4000 \cdot 0,013 = 52$	
	Yay	2000 adet	$2400 \cdot 0,032 = 64$	
	Sıkma	400 adet	$400 \cdot 0,032 = 12,8$	
	İşçilik	1 işçi	140	
3. Dizim	Halat	70 m	$70 \cdot 7,5 = 525$	777,7
	Pul	3500 adet	$3500 \cdot 0,013 = 45,5$	
	Yay	1750 adet	$1750 \cdot 0,032 = 56$	
	Sıkma	350 adet	$350 \cdot 0,032 = 11,2$	
	İşçilik	1 işçi	140	
TOPLAM				2606,4

3.1.1.1. Kesim hızı

Çalışma boyunca köprülü elmas tel kesme makinesi toplam 7869 m²'lik alan kesmiştir. Bu alanın kesimi için makine 674 saat çalışmıştır. Makinenin kesim hızı (7869/674) 11,68 m²/h olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.2. Harcanan su

Çalışma boyunca kesilen 7869 m²'lik alan için toplamda 71,77 ton su harcanmıştır. Birim alanda (m²'de) harcanan su miktarı 0,00912 ton/m² olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.3. Kasnak lastiği gideri

Toplam kesim işlemi boyunca 50 adet köprülü elmas tel kesme makinesi kasnak lastiği değişimi yapılmıştır. Bir adet lastik fiyatı 42 TL olup toplam kasnak lastiği maliyeti ise 2100 TL'dir.

3.1.1.4. Malzeme kaybı

Kesim sırasında ortaya çıkan toplam malzeme kaybı 82,8 m³ olarak belirlenmiştir. Buradan; $82,8 \times 2,7 \text{ ton/m}^3 = 223,56 \text{ ton}$ olarak hesaplanmıştır. Kayacın birim satış fiyatı 180 \$/ton olarak kabul edilirse $223,56 \times 180 = 40241 \text{ \$}$ veya $40240,8 \times 6,83 = 274846 \text{ TL}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.5. Elektrik

Yapılan çalışmalarda 15,2 m²'lik alan için yaklaşık 40 kWh enerji harcanmaktadır. 1 m²'lik alanın kesimi için gerekli elektrik enerjisi 2,63 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Elektrik birim fiyatı 0,50 TL olarak kabul edilirse, birim m²'de harcanan enerji maliyeti 1,316 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam kesilen yüzey alanı 7869 m² için harcanan enerji gideri ise, 10355,604 TL olarak hesaplanmıştır.

3.1.2. Zincirli kollu kesici ile üretim

Zincirli kollu kesicilerle üretim de kesim yapılacak alan kesinlikle temiz olmalıdır. Zincirli kollu kesicilerle üretimde delik delme makinasıyla delme işlemi bire (1'e) düşmektedir. Elmas tel kesme yöntemi ile kombine çalışan Zincirli kollu kesicilerde sadece yatay delik delinmektedir. Zincirli kollu kesici ile oluşturulan parseller Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6. Zincirli kollu kesicilerle oluşturulan kesimler

Zincirli kollu kesici kesime başlamadan önce yatay delik delinmektedir. Bunun nedeni hem kesim sırasında kesimin içine yağmur suları dolduğunda bu delikten suyu tahliye etmek hem de delik delme makinesinin delme işlemi sırasında kesikler içerisinde taş parçalarının kalması ile kapak oluşturmaması için delme işlemi öncelikli yapılmaktadır. Eğer delme işlemi kesim işlemi başladıktan sonra yapılacak olursa kesik içerisinde kapak oluşmakta ve oluşan bu kapak elmas tel kesme makinesiyle kesim yapılacağı zaman elmas telin deliklerden geçirilmesini zorlaştırmaktadır. Delme makinesi ile delinen alana kesim yapmak için zincirli kollu kesici kesim yerine getirilerek makinenin kurulumu yapılmıştır. Zincirli kollu kesici makine kurulum işleminde makinenin zincir dönüş hızı % 20, makinenin yürüyüş hızı da 7 cm/dk olarak ayarlanıp dalış işlemine başlanmış ve makinenin dalış işlemi 330 dk olarak belirlenmiştir. Dalış işlemi bittikten sonra makine kesim işlemine geçmiş ve yürüyüş hızı 4 cm/dk, zincir dönüş hızı % 60

olarak ayarlanarak kesim işlemine gerçekleştirilmiştir. Kesim işleminde makine 45 A akım değerinde çalışmıştır. Kesim işlemlerinde kesilen yere göre makinenin ayarlarını yükseltme ya da düşürme işlemleri yapılmıştır. Makinenin kesim açısı arttıkça zincirin alt kısımlarına toz dolmaya başlamış ve bu durum zincirin aşırı gerilmesine ve makinenin yağlamayı daha zor ve fazla yapmasına neden olmuştur. Kesim açısı düştükçe makinenin kesim hızı artmış ve makinenin yağlama işlemini kolay ve az yaptığı gözlenmiştir. Makine kesimdeyken zincir hızı artırıldığında makine yürüyüşü ve zincir hızının orantılı çalışmaması nedeniyle makinenin bir müddet sonra titremeye başladığı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak zincir kopmaları, soketlerin daha fazla aşınmasına, kırılmasına, katerlerin aşınmasına veya kırılmalarına yol açmaktadır.

ZKK makinesinin kesilecek alana getirilip kesim yerine yerleştirilmesi, rayların atılması, rayları sabitlemek için çivilerin çakılmasıyla birlikte makinenin dalış işlemine geçinceye kadar olan kurulum süresi 60 dk olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında toplam 3689,9 m²'lik alan için kesme verileri Çizelge 3.12'de verilmiştir. Kesim sırasında soketlerde oluşan aşınmalar kumpas ile ölçülmüştür (Şekil 3.7). ZKK yöntemine ait maliyetler ise Çizelge 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.7. ZKK elmas soket aşınması ölçümü

Çizelge 3.12. Zincirli kollu kesici kesme verileri

Kesim	Hazırlık (dk)	Kesim Alanı (m ²)	Kesme Süresi (h)	Kesim Hızı (m ² /h)	Malzeme Kaybı (m ³)	Gres (kg)	Soket Köşesi Kesimleri (m ²)	En (mm)	Boy (mm)	Yükseklik (mm)	İşçi Maliyeti (TL)	Elektrik Maliyeti (TL)
1	45	202,3	36	5,62	8,50	22,3	1. Köşe: 443,8	6,85	13	12,9	675,0	990,0
2	60	115,5	26	4,44	4,85	12,7					487,5	715,0
3	55	126,0	26	4,85	5,29	13,9					487,5	715,0
4	60	93,0	21	4,43	3,90	10,2	2. Köşe: 592,5	6,85	12,9	12,95	393,8	577,5
5	78	133,3	27	4,94	5,60	14,7					506,3	742,5
6	53	164,8	33	4,99	6,92	18,1					618,8	907,5
7	60	201,5	40	5,04	8,46	22,2					750,0	1100,0
8	60	194,4	42	4,63	8,17	21,4	3. Köşe: 375,9	6,85	13	13	787,5	1155,0
9	55	181,5	42	4,32	7,62	20,0					787,5	1155,0
10	55	152,9	40	3,82	6,42	16,8	4. Köşe: 391,4	6,8	12,9	12,95	750,0	1100,0
11	60	238,5	44	5,42	10,02	26,2					825,0	1210,0
12	55	136,5	30	4,55	5,73	15,0	5. Köşe: 494,1	6,85	13	13	562,5	825,0
13	60	84,0	14	6,00	3,53	9,2					262,5	385,0
14	45	56,0	8	7,00	2,35	6,2					150,0	220,0
15	50	165,6	47	3,52	6,96	18,2					881,3	1292,5
16	55	52,0	6	8,67	2,18	5,7					112,5	165,0
17	60	356,4	61	5,84	14,97	39,2	6. Köşe: 481,6	6,8	13	12,85	1143,8	1677,5
18	55	125,1	24	5,21	5,26	16,0					450,0	660,0
19	60	370,7	61	6,08	15,57	40,7	7. Köşe: 499,4	6,8	13	12,85	1143,8	1677,5
20	60	128,7	26	4,95	5,41	17,3					487,5	715,0
21	50	146,6	29	5,05	6,16	19,3	8. Köşe: 411,2	6,8	12,9	12,95	543,8	797,5
22	55	125,1	24	5,21	5,26	16,0					450,0	660,0
23	55	139,5	40	3,49	5,86	26,7					750,0	1100,0

Çizelge 3.13. ZKK makinesinin ilk yatırım, yedek ve sarf malzeme maliyetleri

Gider	Miktar	Fiyatı (TL)
ZKK	1 adet	1500000
Elmas	1 adet	2,5 € (2,5*8 = 20 TL)/adet
Gres	1 varil	1750
Elektrik	1 kWh	0,50
Pabuç	1 adet	10
Hidrolik	270 lt	270 lt*10,63 tl/lt = 2870
Rediktör	10 lt	10 lt*12,50 tl/lt = 125
680 yağ	76 lt	76 lt*13,70 tl/lt = 1041,2
İşçilik	1 gün	150

Zincirli kollu kesicinin kesme kalınlığı 42 mm'dir. Kesimde oluşan malzeme kaybı; örneğin 7 m yükseklikte, 10 m uzunluğunda ve 3 m eninde bir bölge için; $7*0,042*10= 2,94\text{m}^3$ lük malzeme kaybı olmaktadır.

Kesim sonucu oluşan malzeme kaybının ekonomik değeri;

$2,94*2,7 \text{ ton/m}^3=7,938 \text{ ton}$ olarak bulunur. Kayacın birim satış fiyatı 180 \$/ton kabul edilirse $7,938*180= 1428,84 \text{ \$}$ veya $1428,84*6,83= 9759 \text{ TL}$ olarak hesaplanmaktadır.

3.1.2.1. Kesim hızı

Çalışma boyunca ZKK ile kesilen toplam alan toplam 3689,9 m²'dir. Bu alanın kesimi için ZKK toplam çalışma süresi 747 saat olup ZKK'nın kesim kapasitesi $(3689,9/747) 4,94 \text{ m}^2/\text{h}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.2. Malzeme kaybı

Kesim sırasında ortaya çıkan toplam malzeme kaybı 154,97 m³ olarak bulunmuştur. Buradan; $154,97*2,7 \text{ ton/m}^3=418,419 \text{ ton}$ olarak malzeme kaybı hesaplanmaktadır. Kayacın birim satış fiyatı 180 \$/ton alınacak olursa $418,419*180=75315,42\text{\$}$ veya $75315,42*6,83=514,404\text{TL}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.2.3. Gres kullanımı

Zincirli kollu kesici ile yapılan kesimde toplam 3689,9 m²'lik alan kesilmiş ve bu kesim boyunca harcanan gres miktarı 428 kg'dır. Kesim işlemi boyunca birim alanda (m²'de) harcanan gres 0,12 kg/m² olarak hesaplanmış olup 4161 TL'dir.

3.1.2.4. Elektrik

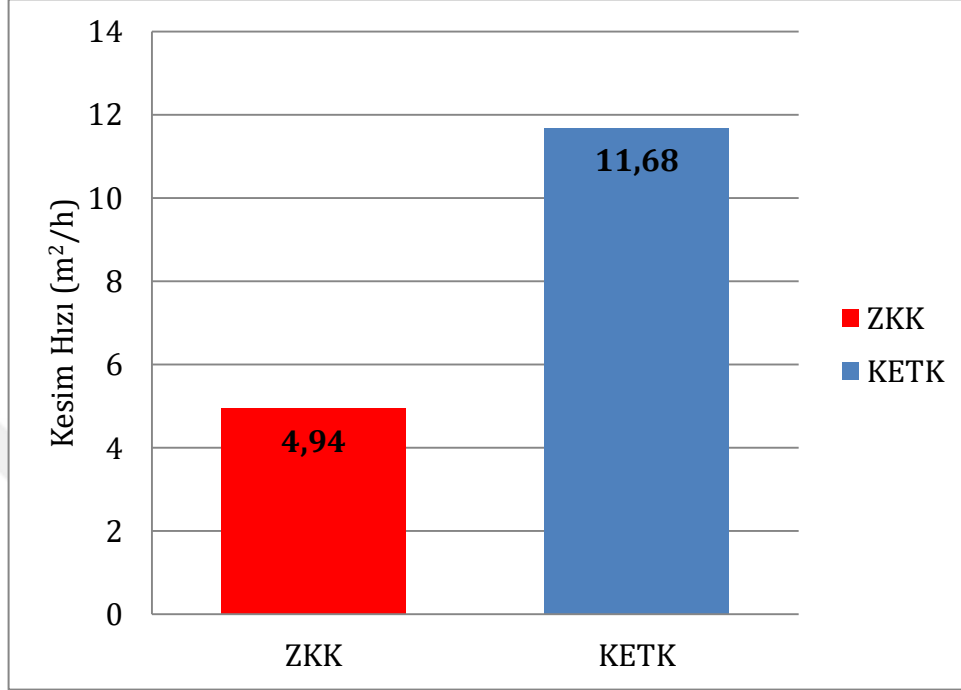
Yapılan ölçümlerde 5,62 m²'lik alanın kesimi için yaklaşık 55 kWh enerji harcanmaktadır. Birim alan için gerekli elektrik enerjisi tüketimi 9,79 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Elektrik birim fiyatı 0,50 TL olarak kabul edilirse enerji maliyeti 4,895 TL/m² olarak hesaplanmıştır. Toplam kesim boyunca harcanan elektrik enerjisi gideri 18062 TL olarak hesaplanmıştır.

Ocakta üretimde kullanılan köprülü elmas tel kesme makinesinin kurulumu ve kesme işlemi için bir işçi yeterli olmakta ve işçiye maaş olarak 4200 TL verilmektedir. ZKK makinesi için ise makine kurulumu ve kesme işleminde bir işçi yeterli olmak ve işçiye maaş olarak 4500 TL verilmektedir. Makinelere yedek malzeme temini anlaşmalı firmalar ile sağlanmaktadır. Malzeme temininde her hafta bir ihtiyaç listesi oluşturularak anlaşmalı firmaya bildirilmekte ve firma istenen malzemeleri ocağa getirmektedir. Makinelerin ilk yatırım maliyeti olarak köprülü elmas tel kesme makinesi 80000-100000 TL, zincirli kollu kesici makine ise 1500000-2000000 TL arasındadır. İki yöntemin kesme verilerine ait veriler Çizelge 3.14'de verilmiştir.

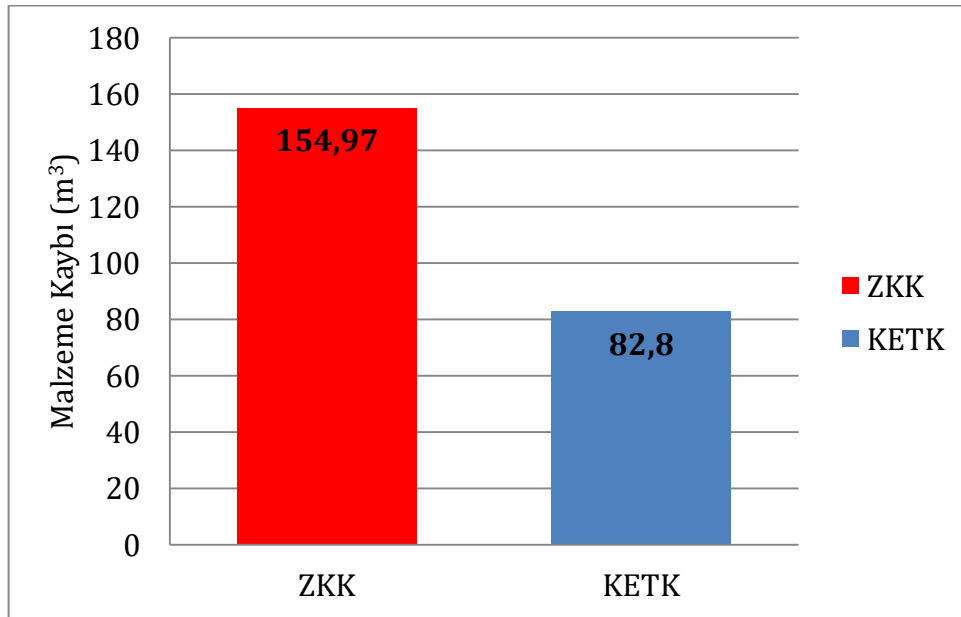
Çizelge 3.14. Kesme makinelerine ait veriler

Makineler	Kesim hızı (m ² /h)	Toplam malzeme kaybı (m ³)	Malzeme kaybı maliyeti (TL)	Harcanan enerji (kWh/m ²)	Toplam elektrik maliyeti (TL)	İşçilik maliyeti (TL/m ²)
ZKK	4,94	154,97	442854,67	9,79	18062,06	3,796
KETK	11,68	82,80	236615,90	2,63	10355,60	1,784

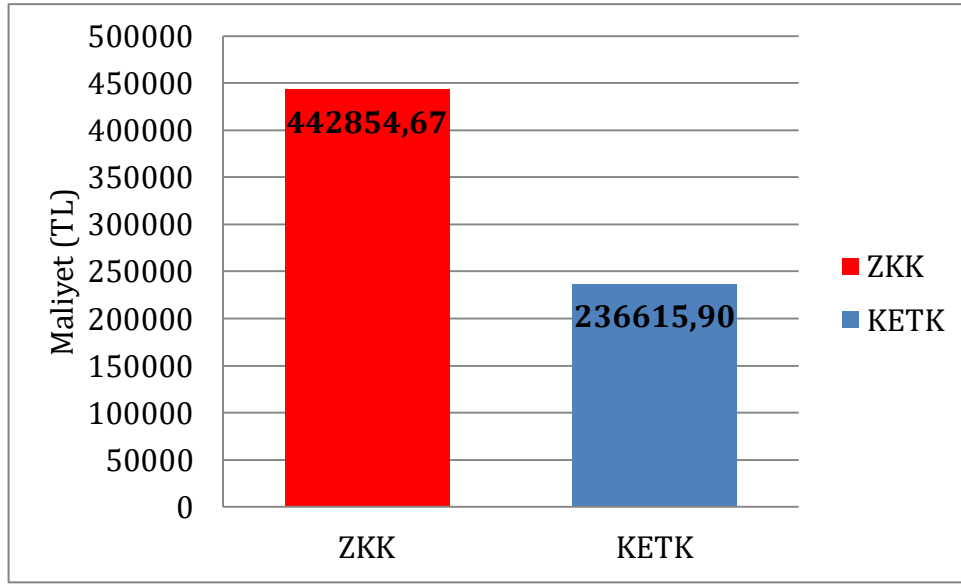
Köprülü elmas tel kesme ve Zincirli kollu kesicilere ait kesim performans ve maliyetlerle ilgili değerlendirmelerin grafiksel gösterimleri Şekil 3.8-3.14’de verilmiştir.



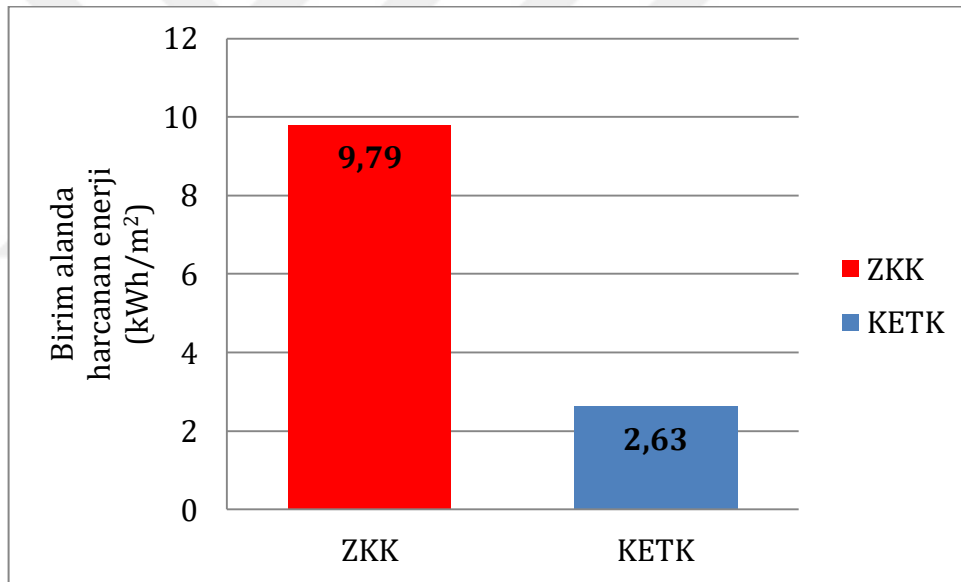
Şekil 3.8. Kesim hızları



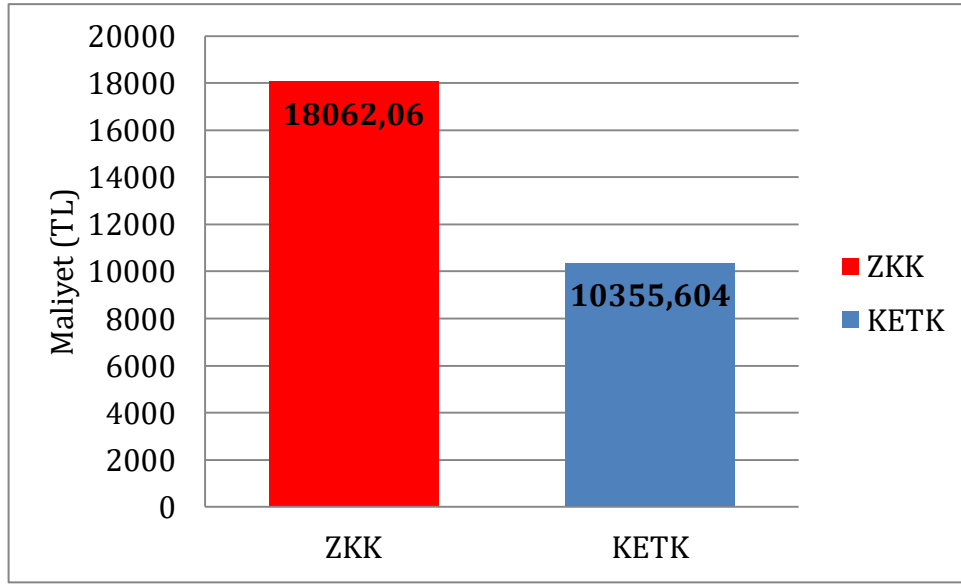
Şekil 3.9. Toplam malzeme kayıpları



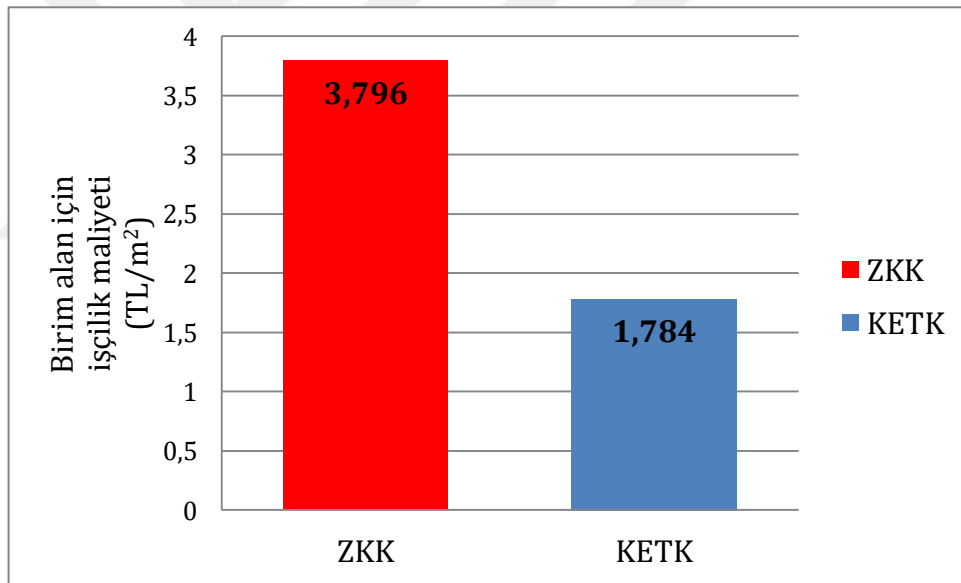
Şekil 3.10. Malzeme kaybı maliyeti



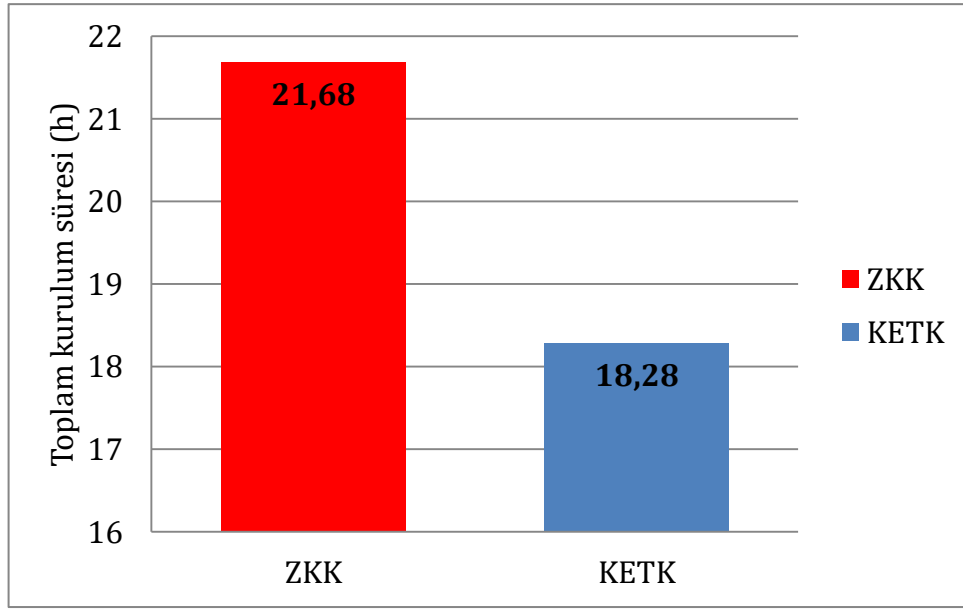
Şekil 3.11. Birim alan kesimi için gerekli enerji miktarı



Şekil 3.12. Toplam elektrik maliyeti



Şekil 3.13. Birim alan için işçilik maliyetleri



Şekil 3.14. Toplam kurulum için harcanan süreler

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Aytaş Akın Mermer Sanayi ve Ticaret A.Ş. bünyesinde bulunan Burdur bölgesindeki bej mermer ocak işletmesinde uygulanan iki farklı kesim yöntemi; KETK ve ZKK yönteminde birim süre, birim maliyet gibi konularda ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, elde edilen saha verileri irdelenerek bu ocağa ait en uygun kesim yöntemi tanımlanmaya çalışılmıştır. Doğal taş ocaklarında kesim hızının ve verimliliğinin arttırılması, üretim maliyetlerini düşürerek doğrudan işletme kazançlarını etkilemektedir. Bej mermer ocağında iki farklı kesim yönteminin kesim performansları karşılaştırılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda KETK hızı 11,68 m²/h, ZKK kesim hızı 4,94 m²/h olarak bulunmuştur. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesi ile yapılan kesim daha verimli olarak belirlenmiştir.

Makinelerin kesim boyunca toplam kurulum sürelerine bakıldığında köprülü elmas tel kesme makinasında 7869 m²'lik alanın kesimi boyunca kurulum için 1097 dk'lık (18,28 h) zaman harcanmıştır. Birim alan için gerekli kurulum süresi (m²'de) 0,0023230 (8,3628 m²/s) m²/h olarak hesaplanmıştır. Zincirli kollu kesici makinasında toplam 3689,9 m²'lik alanın kesimi boyunca kurulum için 1301 dk'lık (21,68 h) zaman geçmiştir. Birim alanın (m²'de) kesimi için gerekli kurulum süresi 0,0058754 (21,1514 m²/s) m²/h olarak hesaplanmıştır. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesinin kurulum olarak daha pratik olduğu görülmektedir.

Köprülü elmas tel kesme makinesinde toplam 7869 m²'lik alan için toplam işçilik maliyeti 14040 TL olarak bulunmuş olup m²'de 1,784 TL/m² işçilik yapılmıştır. Zincirli kollu kesicide toplam 3689,9 m²'lik alan için toplam işçilik maliyeti 14006,6 TL olarak bulunmuş olup m²'de 3,796 TL/m² olarak işçilik hesaplanmış olup yaklaşık iki kat daha fazla işçilik maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Diğer maliyetler olarak köprülü elmas tel kesme makinesi ile toplam 7869 m²'lik alanın kesimi boyunca toplam maliyeti (elektrik, kasnak lastiği, elmas tel dizim, malzeme kaybı) 251687,908 TL olarak bulunmuştur. Zincirli kollu kesicide toplam 3689,6 m²'lik alanın kesimi boyunca toplam maliyeti (elektrik, gres, malzeme kaybı) 465077,84 TL olarak bulunmuştur. Buna göre köprülü elmas tel kesme makinesinin daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Köprülü elmas tel kesme makinesiyle kesim işlemi için delik delme işlemleri gerektiğinden, zincirli kollu kesme yönteminde ise delik delmeye gerek olmadığından iş gücü ve zaman bakımından tasarruf sağlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında köprülü elmas tel kesme makinesi avantajlı gibi görünse de elmas tellerin kopmasından dolayı iş güvenliği açısından zincirli kollu kesici makinenin daha güvenli bir yöntem olduğu görülmüştür.

Zincirli kollu kesici makinede kesim işleminde kesici takımı soğutmak için gres kullanılmakta olup, köprülü elmas tel kesme makinesinde ise su kullanıldığından köprülü elmas tel kesme makinesinin daha çevreci olduğu görülmektedir.

Bütün bu değerlendirmeler sonucunda, köprülü elmas tel kesme makinesinin kesim işleminde daha pratik, ekonomik ve verimli bir makine olduğu kanaati oluşmuştur.

Bu çalışmada verilen rakamsal değerler, yalnızca çalışmanın yapıldığı mermer ocak işletmesine ait olup aynı veya farklı tür doğal taş işleyen farklı ocaklarda daha farklı rakamsal veriler ve bunlara bağlı olarak kesim performansları elde edilebilir. Bu açıdan farklı kayaç türlerine uygun kesim performansı ve birim maliyet seçilmesi için teknik elemanlar tarafından bu ölçüm değerleri alınarak, kayaç türlerine en uygun kesim yöntemleri belirlenebilir.

5. KAYNAKÇA

- Aktaş, Ö. (2012). Elmas Tel Kesme Yöntemi ile Mermer İşletmeciliğinde Elmas Tellerin Kesim Performanslarının Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58s, Konya.
- Alkaçır, İ.E. (2016). Bej Mermer Ocağında Elmas Tel Kesim Performans Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 177s.
- Ataei, M., Mikael, R., Sereshki, F., Ghaysari, N. (2012). Predicting The Production Rate of Diamond Wire Saw Using Statistical Analysis. Arab J Geosci 5, 1289–1295 (2012). <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0278-z>.
- Avunduk, E., Tumac, D., Basyigit, M., Er, S., Copur, H., Balci, C. (2014). Cutting Performance of Chain Saw and Diamond Wire Machines in Beige Marble Quarry. ISRM International Symposium-8th Asian Rock Mechanics Symposium, ARMS 2014 pp. 1573-1578.
- Benetti makine. Erişim Tarihi: 15.12.2019. (2019). <https://www.benettimacchine.it/en/portfolio-items/csm-968>.
- Cardu, M., Giraudi, A., Murthy, V., Choudhary, B., Shukla, A. (2014). Rock Characterization and Wire Performances for Dimension Stone Cutting by Diamond Wire Saw. MT Scientific, (5), 25-37. Retrieved From <https://dergipark.org.tr/en/pub/mtb/issue/32059/3>.
- Çalışkan, M.A. (2018). Mermer Ocaklarında Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Performanslarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 119s. Isparta.
- Çelik, M.Y., Ersoy, M., Yeşilkaya, L., Kayı, Z. (2017). Mermer Ocaklarında Elmas Tel Kesme ve Zincirli Kollu Kesme Makinelerinin Birlikte Kullanımının İncelenmesi. Politeknik Dergisi, 20(2), 459-473.
- Çopur, H. (2010). Linear Stone Cutting Tests With Chisel Tools for Identification of Cutting Principles and Predicting Performance of Chain Saw Machines. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 47 (1), pp. 104-120.
- Çopur, H., Balci, C., Tumac, D., Bilgin, N. (2011). Field and Laboratory Studies on Natural Stones Leading to Empirical Performance Prediction of Chain Saw Machines. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 48(2), 269-282.

- Çopur, H., Bilgin, N., Balcı, C., Tumaç, D. (2008). Doğal Taş Madenciliğinde Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Kazı Performanslarının Optimizasyonu. TÜBİTAK Rapor No 105M017, 224s.
- Demirdağ, S. (2001). Mermer İşletmeciliğinde Elmas Telle Kesim Performansının Araştırılması. Yüksek lisans Tezi, SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 61s.
- Demirdağ, S., Gündüz, L. (2001). Blok İşletmeciliğinde Elmas Tel ve Boncuk Performans Analizi, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, 3-5 Mayıs 2001, Afyon.
- Dilmer makine, Erişim Tarih: 15.12.2019. (2019). <https://www.dilmermakina.com.tr/kategori/koprulu-makinalar>.
- Hekimoğlu, O.Z. (2012). Mermer ve Doğal Taş Kesiminde Kullanılan Zincirli Kollu Makinelerinin Kesme Verimliliklerinin Araştırılması. Mersem 2012, 8. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi, 13-15 Aralık 2012, Afyonkarahisar, 569-574.
- Hekimoğlu, O.Z. (2015). Zincirli Kollu Mermer ve Doğaltaş Kesme Makinelerinin Bazı Dinamik, Kinematik ve Tasarım Özellikleri. Türkiye 5. Uluslararası Maden Makinaları Sempozyumu ve Sergisi, 1-2 Ekim 2015, Eskişehir.
- Jain, SC., Rathore, SS. (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, 23(2): 79– 91.
- Kanbir, E. S., Özçelik, Y. (2012). Development of Cuttability Charts for A Marble Cutting With Diamond Wire in Quarry, MERSEM 2012 - 8th International Marble and Natural Stone Congress Afyonkarahisar, Turkey, pp. 345-353.
- Mohammadi, J., Ataei, M., Kakaei, R.K., Mikaeil, R., Haghshenas, S.S. (2018). Prediction of The Production Rate of Chain Saw Machine Using The Multilayer Perceptron (MLP) Neural Network, Civil Engineering Journal, Vol. 4, No. 7, July, 2018.
- Ozcelik, Y. (2008). Development of A Single Diamond Bead Test Machine for Marble Cutting, (IDR) Ind. Diamond Rev. 68 56-62.
- Özçelik, Y. (1999). Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinelerinin Çalışma Koşullarının İncelenmesi. Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 242s.
- Polat, Y. (2000). Türkiye'de Uygulanan Mermer Üretim Yöntemleri ve Bilecik-Gölpazarı Mermer Ocakları Kapasite Arttırımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 203s.

Sarışık, A., Sarışık, G. (2010). Efficiency Analysis of Armed-Chain Cutting Machines in Block Production in Travertine Quarries, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 110, pp.473-480.

Sarışık, A., Sarışık, G. (2013). Investigation of The Cutting Performance of The Natural Stone Block Production in Quarries With Armed-Chain Cutting Machine. Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineer.

Tumaç, D. (2014). Predicting The Performance of Chain Saw Machines Based on Shore Scleroscope Hardness. Rock Mech Rock Eng. 47(2): 703–715.

Unimas, Erişim Tarihi : 15.09.2020. (2020). <https://www.unimas.com.tr/elmas-tel-halatlari/>.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim KILIÇ
Doğum Yeri : BURDUR / KEMER
Doğum Yılı : 01.10.1992
Medeni Hali : Bekar
E_posta : ibrahim_kilic_1905@hotmail.com

Eğitim ve Akademik Durum:

İlkokul : 2000-2004 Belenli Köyü İlkokulu (Kemer)
Ortaokul : 2004-2007 Kemer Orta Okulu
Lise : 2007-2009 Kemer Lisesi,
2009-2010 Afyon İhsaniye Lisesi
Lisans : 2010-2014 Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık
Fakültesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Y. Lisans : 2016- Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil : İngilizce
İş Deneyimi : 2014-2015 Ege Öztaş Mad. San. ve Tic. A.Ş. BURDUR
2015-2016 Karmersan Mermer İnş. Malz. Nak. Tic. ve San. A.Ş.
ISPARTA
2017- Aytaş Akın Mermer San. ve Tic. A.Ş. BURDUR