



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



DOĞAL TAŞ OCAKLARINDA KULLANILAN
ZİNCİRLİ KESME MAKİNELERİNİN KAYA
ÖZELLİKLERİNE BAĞLI PERFORMANS
TAHMİNİ

İlter CANDEMİR

YÜKSEK LİSANS

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İlter CANDEMİR tarafından hazırlanan “Doğal Taş Ocaklarında Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Kaya Özelliklerine Bağlı Performans Tahmini” adlı tez çalışması 14/10/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Arif Emre DURSUN

.....

Üye

Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 201022015 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İlter CANDEMİR

Tarih: 14.10.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞAL TAŞ OCAKLARINDA KULLANILAN ZİNCİRLİ KESME MAKİNELERİNİN KAYA ÖZELLİKLERİNE BAĞLI PERFORMANS TAHMİNİ

İlter CANDEMİR

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Arif Emre DURSUN

2021, 119 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Arif Emre DURSUN

Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

Bu çalışmada amaç ülkemizde son yıllarda doğal taş ocaklarında blok üretimi için yaygın olarak kullanılmaya başlanan zincirli kesme makinelerinin kesme performanslarının araştırılmasıdır. Bu makinelerin kesme hızlarının artırılması, daha sert doğal taşların da kesilebilmesi ve daha hızlı bir şekilde blokların kesilebilmesi yönünde yapılacak bir gelişme, hem doğal taş madenciliğinin hem de makine üreticilerinin rekabet gücünü arttıracaktır. Makineyi seçerken kayaç özelliklerine bağlı olarak makine seçimi yapmak hem enerji tüketimi hem de keski aşınması için önem arz etmektedir. Bu nedenle, blok üretimi yapılacak doğal taşların kesimi esnasında makinenin net kazı hızı, güç tüketimi ve özgül kesme enerjisi gibi bazı performans değerlerinin kayaç özellikleri ile ilişkilendirilmesi kesim performansının izlenmesi açısından önemlidir. Kesilecek kayacın fiziksel, mekanik ve mineralojik-petrografik özelliklerine uygun çalışma parametrelerinin belirlenmesi; maliyet analizlerinde, üretim planlamasında, ürün kalitesi ve doğal taşta uygun makina-donanım seçimi üzerinde ciddi bir etkisi vardır.

Doğal taş madenciliğinde karşılaşılan bu dezavantajları göz önünde bulundurarak bu tez çalışmasında zincirli kesme makinelerinin çalışma şartları ve performansları araştırılmıştır. Bunun için zincirli kesme makinelerinin kullanıldığı 3 farklı doğal taş ocağında ocakta performans ölçümleri yapılmıştır. İlk olarak makineler kesim yaparken bir güç analizörü yardımıyla makinenin elektrik şebekesinden çektiği bazı elektriksel parametreler ölçülerek bilgisayar ortamında kayıt edilmiştir. Daha sonra makinelere ait çeşitli kesme şartlarında net kazı hızı ve güç tüketimi değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu performans ölçümleri neticesinde kayıt edilen elektriksel parametreler kullanılarak uygulanan kesim şartları bağlı olarak kesme veriminin ve kesme performansının en önemli göstergelerinden olan spesifik kesme enerjisi hesaplanmıştır. Son olarak elektriksel parametreler ve spesifik kesme enerji ile kaya özelliklerine bağlı performans tahmini için istatistiksel olarak modeller geliştirilmiştir. Ayrıca yine ocaklarda çeşitli ölçümler yapılarak zincirli kesme makinelerinin performans değerleri olarak kullanılan Zincirli Kesme Penetrasyon İndeksi ve Alansal Net Kazı Hızı gibi değerlerde hesaplanarak makinelerin kesim performansları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal taş, Elektriksel parametreler, Net kesme hızı, Spesifik kesme enerjisi, Performans tahmini, Zincirli kesme makineleri

ABSTRACT

MS THESIS

PERFORMANCE PREDICTION OF CHAIN SAW MACHINES USED IN NATURAL STONE QUARRIES BASED ON ROCK PROPERTIES

İlter CANDEMİR

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mining Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Arif Emre DURSUN

2021, 119 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Arif Emre DURSUN

Assoc. Prof. Dr. Hakan ÖZŞEN

Asst. Prof. Dr. Hakan TERZİOĞLU

The aim of this study is to investigate the cutting performance of chain saw machines, which have been widely used for block production in natural stone quarries in Turkey in recent years. An improvement in the cutting speed of these machines, cutting harder natural stones and cutting blocks more quickly will increase the competitiveness of both natural stone mining and machine manufacturers. Choosing the machine depending on the rock properties is important for both energy consumption and chisel wear. For this reason, it is important to correlate some performance values such as the net excavation speed, power consumption and specific cutting energy of the machine with the rock properties in terms of monitoring the cutting performance. Determination of working parameters suitable for the physical, mechanical and mineralogical-petrographic properties of the rock to be cut; It has a serious effect on cost analysis, production planning, product quality and selection of machinery-equipment suitable for natural stone.

Considering these disadvantages encountered in natural stone mining, the working conditions and performances of chain saw machines were investigated in this study. For this, performance measurements were made in the quarry in 3 different natural stone quarries where chain saw machines were used. First, some electrical parameters drawn by the machine from the electrical network were measured and recorded in the computer environment with the help of a power analyzer while the machines were cutting. Then, the net excavation speed and power consumption values of the machines were determined under various cutting conditions. As a result of these performance measurements, the specific cutting energy, which is one of the most important indicators of cutting efficiency and cutting performance, was calculated depending on the cutting conditions applied using the recorded electrical parameters. Finally, statistical models have been developed to predict performance based on electrical parameters, specific cutting energy and rock properties. In addition, various measurements were made in the quarries, and the cutting performance of the machines was tried to be determined by calculating the values such as chain saw penetration index and areal net cutting rate, which are used as the performance values of the chain saw machines.

Keywords: Natural stone, electrical parameters, net cutting rate, specific cutting energy, performance prediction, chain saw machines

ÖNSÖZ

Ülkelerin gelişmesi ve kalkınmasında yer altı maden kaynaklarının bilimsel metotlarla üretilmesi hayati önem taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerin kalkınmasında, bu kaynakların verimli olarak işletilmesi yatmaktadır. Çünkü hayatı aktif hale getiren unsurların çoğunu madenler oluşturmaktadır. Ülkemizde son yıllarda doğal taş madenciliğine doğru artan talepler nedeniyle dünya da diğer madencilik şirketleri ile rekabet edebilmek ve doğal taş madenciliğinde daha verimli, ucuz ve hızlı blok üretimi yapabilmek için yeni üretim yöntemleri ve makineleri kullanmak kaçınılmaz olmuştur.

Bu çalışmada bu düşünceden yola çıkarak ülkemizde doğal taş madenciliğinde son yıllarda sıklıkla kullanılan zincirli kesme makinelerinin kesme şartları ve performansları araştırılmış ve blok üretiminin hızlı ve ekonomik yöntemler ve makineler ile üretiminin geliştirilebilmesi ve uygulanabilmesi için bazı öneriler sunulmuştur.

Çalışmalarım sırasında danışmanlığımı yapan, hiçbir yardımı benden esirgemeyen, yönlendirmeleriyle ufkumu açan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Arif Emre DURSUN'a özellikle teşekkürlerimi sunarım. Doğal taş ocaklarında çalışmalarımıza izin veren ve yardımlarını esirgemeyen MRT Maden A.Ş. ve OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti firmalarına sonsuz şükranlarımı sunarım.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında bize eşlik ederek yardımlarını esirgemeyen ve bu çalışma hakkında katkı ve eleştirilerinden dolayı jüri üyesi Sayın Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN'e ve elektriksel parametrelerin alınmasında kullanılan güç analizörü panosunun tasarımında bize yardımcı olan ve bu çalışma hakkında katkı ve eleştirilerinden dolayı jüri üyesi Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi öğretim üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda ekipman alımında yapmış olduğu maddi katkıdan dolayı Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğüne teşekkür ederim (BAP, Proje no: 201022015).

İlter CANDEMİR
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Doğal Taş Madenciliği ve Blok Üretim Yöntemleri	4
2.2. Zincirli Kesme Makinelerinin Tanıtımı ve Özellikleri	8
2.3. Zincirli Kesme Makineleri İle İlgili Önceki Çalışmalar	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Arazi Ölçümleri ve Doğal Taş Ocaklarının Tanıtımı	18
3.1.1. MRT Maden A.Ş. Konya Meram Çayırbağı Doğal Taş Ocağı	18
3.1.2. OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti Konya Çumra Alibeyhüyüğü Doğal Taş Ocağı.....	21
3.1.3. OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti Konya/Kavak Kahverengi Bej Ocağı	25
3.2. Doğal Taşların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi	26
3.2.1. Yoğunluk Belirleme Deneyleri	26
3.2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	27
3.2.3. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyi	29
3.2.4. Nokta Yükleme Dayanımı İndeksi Deneyi	30
3.2.5. Schmidt Çekici ile Sertlik Belirleme Deneyi.....	32
3.2.6. Sonik hız deneyi.....	33
3.3. Elektriksel Parametrelerin Elde Edilmesi İçin Veri Toplama Sistemi ve Diğer Arazi Ölçümleri	35
3.3.1. Elektrik Panosundan Elektriksel Parametrelerin Ölçümü	38
3.3.2. Zincirli Kesme Makinesine Ait Kesme Şartlarının Ölçümü.....	42
3.3.3. Kesim Sürecinde Bazı Değerlerin Belirlenmesi, Süre Ölçümleri ve Performans Hesaplamaları	42
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Kaya Mekanik Deney Sonuçları	45
4.1.1. Yoğunluk ve Porozite Deneyi Sonuçları	45
4.1.2. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyi Sonuçları	46
4.1.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....	48
4.1.4. Sonik Hız Deneyi Sonuçları	49
4.1.5. Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi Sonuçları	51
4.1.6. Schmidt Çekici Sertlik Deneyi Sonuçları	53
4.2. Zincirli Kesme Makinelerine Ait Elektriksel Parametrelerin Ölçüm Sonuçları..	55

4.2.1. MRT Madencilik Gri Bej Ocağında Kullanılan Benetti CSM 968 Zincirli Kesme Makinesine Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları	56
4.2.2. OKK Madencilik Gri Bej Ocağında Kullanılan Fantini 70 SUPER H Zincirli Kesme Makinesi Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları	66
4.2.3. OKK Madencilik Kahverengi Bej Ocağında Kullanılan Fantini 70 SUPER H Zincirli Kesme Makinesi Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları	82
4.3. Zincirli Kesme Makinelerine Ait Arazi Ölçümleri Sonucu Hesaplanan Performans Değerleri	90
4.4. Kayaç Özellikleri İle Elektriksel Parametreler Ve Zincirli Kesme Makinelerinin Performans Değerleri Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirmesi	90
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	103
5.1. Sonuçlar	103
5.2. Öneriler	105
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	111

1. GİRİŞ

Ülkemiz jeolojik özellikleri nedeniyle doğal taş bakımından zengin bir rezerve sahiptir. Ancak bu doğal taşların amacına uygun ve bilimsel yöntemlere dayalı bir şekilde üretimi yapılamamaktadır. Ülkemizde ve dünyada yapı malzemesi olarak doğal taşlara olan talebin artması nedeniyle sektörün bu artan talebe karşılık verebilmesi için hızlı bir şekilde kırıksız ve çatlaksız blok üretimi yapması gerekmektedir. Çoğu ülkede teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni doğal taş üretim makineleri ve üretim yöntemleri kullanılarak daha hızlı ve kaliteli blok üretimi yapılmaktadır. Doğal taş madenciliğinde yaşanan bu gelişmeler ile birlikte son yıllarda ülkemizde de yeni yöntemler yavaş yavaş yerini almaya başlamıştır. Bunun için doğal taş ocaklarında hızlı, kaliteli ve sürekli blok üretimi yapabilmek ve ocağın verimliliğini arttırmak için eski yöntemlere ve şuan aktif olarak en çok tercih edilen tel ile kesme yönteminin yerine, zincirli kesme makineleri yeni bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Özellikle traverten gibi yumuşak ve mermer gibi orta dereceli dayanıma sahip olan doğal taş ocaklarında blok üretimi için kullanılan zincirli kesme makineleri en çok hat kesimi de denilen ana kesim olarak nitelendirilen yatay ve düşey kesim için açık ve yeraltı doğal taş işletmelerinde kullanılabilmektedirler. Bunun yanında daha az sıklıkta sayalama amacıyla da kullanılmaktadırlar. Yapılan araştırmalarda zincirli kesme makinesi ile elmas telli kesme makinesinin hızlı ve kaliteli blok üretimi, kesme performansı, ocak çalışma şartları ve iş güvenliği, üretim verimliliği, su kullanımı ve işletme giderleri gibi bazı yaygın faktörler bakımından karşılaştırması yapıldığında zincirli kesme makinesinin avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Doğal taş endüstrisinde, zincirli kesme makineleri ile blok üretimi son yıllarda oldukça yaygındır. Doğal taşların kesilebilirlik özelliklerinin önceden tahmin edilebilmesi, maliyet analizi ve üretim planlaması açısından büyük önem taşımaktadır. Doğal taş tüketiminin yaygınlaşması ve aynı zamanda bu alanda faaliyet gösteren üretici firmalar arasındaki rekabetin artması, çeşitli operasyon parametrelerinin optimize edilerek verimlilik ve maliyetler konusunda iyileştirme çalışmalarının önemini ortaya çıkarmıştır. Kesilecek kayacın fiziksel ve mekanik özelliklerine uygun çalışma parametrelerinin belirlenmesi, elde edilecek ürünlerin kalite ve maliyetleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada doğal taş ocaklarında kullanılan zincirli kesme makinelerinin performans tahmini için ocakta performans ölçümleri (net kazı/kesim hızı, güç tüketimi, keski tüketimi) yapılarak kesilen doğal taşın fiziksel ve mekanik

özelliklerine bağılı istatistiksel tahmin modelleri oluşturularak kesme performansı üzerine en etkili kaya özelliğı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca doğal taş kesimi esnasında harcanan elektrik enerjisinin kayaç özelliklerine uygun kesme şartları belirlenmesiyle tüketimi daha az miktarlara indirgenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda kullanıcılara kaya özelliklerine uygun makine seçimi ve kesme şartlarını önceden belirlemeleri için bir yol gösterici çalışma olacaktır. Böylelikle zincirli kesme makinelerinin kullanımının Türkiye’de daha da yaygınlaşarak, belirli miktarda doğal taş rezervlerinin daha etkin ve ekonomik üretimi sağlanarak ülke ekonomisinde önemli payı olan doğal taş üretiminin bilimsel metotlara dayalı yapılmasına katkı sağlanmaya çalışılmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Doğal taş terimi, doğada (yer kabuğunda) bulunan, farklı kökendeki her türlü kayaç (kaya, kütle, taş) için kullanılan genel bir ifadedir. Endüstriyel ya da ticari anlamdaki “Doğal taş” tanımı ise yasal izinle üretilerek, kullanım alanına uygun ocaktan nihai ürün haline gelene kadar işlem gören bütün kayaçlar için kullanılmaktadır. Tanımdan da anlaşılacağı gibi; “Doğal taş” ifadesi, kullanım yerine ve amacına göre farklı işlevleri kapsayan bir “şemsiye kavram” niteliğindedir (Yüzer, 2003).

Genel anlamda doğal taş denince akla ilk gelen ürün mermerdir. Ancak doğal taşlar, jeolojik özelliklerine, yapı ve doku özelliklerine, mineral içeriklerine, ticari pazara ve renk çeşitliliğine, sertliğine, kullanım alanına, ekonomik şartlara ve kökenlerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamalar içerisinde en geçerli olanı doğal taşların jeolojik olarak sınıflandırmasıdır. Bu sınıflandırmaya göre doğal taşlar metamorfik, sedimanter ve magmatik olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

- Metamorfik taşlar (Hakiki mermerler, kireçtaşları vb.): Tam kristalleşmiş taşları içine alır. Genellikle iyi kristalleşmişlerdir. Renkleri genellikle beyaz ve açık gridir. Bileşimlerinde çok yabancı madde taşırılar.
- Sedimanter taşlar (Travertenler, oniks mermerler vb.): Oniks ve travertenleri içerir. Yapılarında yalnız CaCO_3 vardır. Travertenler toplu iğne başından, birkaç cm’ye varan boşluklar içerdiklerinden kolaylıkla işlenebilmekte ve iyi cila kabul edebilmektedirler.
- Magmatik taşlar (Granit, diyabaz, siyenit vb.): Magmatik kökenli mermerleri içerirler. Andezit, dasit, granit, siyanit, bazalt, diabaz, gabro, serpantin vs. gibi.

Doğal taş üretiminde dünyada önemli bir paya sahip olan ülkemizde 650’ye yakın renk ve çeşitte doğal taşın üretildiği ve bunlarından ortalama olarak 300’e yakın çeşidi mermer, 200’e yakın çeşidi traverten ve geri kalan ise kireçtaşı ve granit olarak yer almaktadır. Ülkemiz rezerv potansiyeli, üretim ve değer bakımından doğal taş madenciliğinde dünya genelinde ilk beş büyük ülke arasındadır. Doğal taş ihracatında şu an aktif olarak ülkemiz yaklaşık 179 ülkeye doğal taş satmakta ve bu satıştan yaklaşık 2 milyar dolar gelir elde etmektedir.

Türkiye sahip olduğu zengin doğal taş rezervi nedeniyle sektörde uluslararası alanda önemli bir paya sahiptir. Ülkemizin doğal taş rezervinin bu kadar zengin olmasının önemli nedenlerinden birisi Alp sıra dağlarının bir parçası olmasıdır. Bu

rezervin önemli bir bölümü Batı Anadolu ve Trakya’da yer almaktadır. Genel olarak doğal taş rezervlerinin yoğun olarak yer aldığı iller Afyon, Balıkesir, Diyarbakır, Mersin, Antalya, Isparta, Burdur, Bursa, Denizli, Tokat, Bilecik, Muğla, Konya, Karaman, Eskişehir ve Çanakkale’dir. Dünya doğal taş pazarında ülkemizde çıkarılan ve özellikle Türk ürünleri olarak tanımlanan Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Ege Bordo, Milas Leylak, Gemlik Dişbaz, Afyon Şekeri, Burdur Beji gibi doğal taşlarımızda dünya çapında tanınmaktadır.

Doğal taşlar yapı malzemesi olarak en çok ve yaygın olarak inşaat sektöründe tüketim alanı bulmaktadır. Daha sonra binaların iç ve dış cephe kaplamalarında dekorasyon amaçlı, mimari yapıların restorasyonu, heykeltçilik, döşeme ve kaplama işlemleri, cam ve porselen sanayi, tarihi yapıların sağlamlaştırılması ve yenilenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bunların dışında son yıllarda özellikle evlerde iç mekân dekorasyonu için mutfak ve banyolarda, süs eşyası ve hediyelik eşya yapımında, şehirlerde yol ve kaldırım döşeme işlemlerinde, duvar ve merdiven basamağı kaplama işlerinde de kullanım alanı bulmaya başlamıştır (Özdamar 2001; Karahan, 2018).

2.1. Doğal Taş Madenciliği ve Blok Üretim Yöntemleri

Doğal taş madenciliğinde taşın derinliğine ve jeolojik özelliklere bağlı olarak hem açık ocak hem de yeraltı madenciliği üretim yöntemleri uygulanarak doğal taş ocaklarında blok şeklinde üretimi yapılır. Doğal taş üretiminin diğer maden üretim yöntemlerinden en büyük farkı doğal taşın büyük bloklar şeklinde kesilerek çıkarılma zorunluluğunun olmasıdır. Bunun için yıllardır farklı teknolojiler, makineler ve üretim yöntemleri kullanılarak doğal taşlar kesilerek bloklar şeklinde üretilmiştir.

Genel anlamda gerekli ön hazırlıkları yapılmış, su, enerji, makine parkı vs. alt yapı sistemleri tamamlanmış ve üzerindeki örtü tabakası kaldırılmış olan bir doğal taş ocağında blok üretim veya kesim işleminin aşamaları şu şekildedir (Şekil 2.1):

- 1) Üretim öncesi hazırlık (Kanal açma (yarma-oluk)):** Kesim bölgesinin temizlenmesi ve süreksizliklerin tayini, delme ve kesme noktalarının belirlenmesi.
- 2) Doğal taş bloğunun ana kütleden ayrılması:** Deliklerin açılması, çalışacak delme veya kesme makinalarının kurulması ve blok yüzeylerinin kesilmesi ve bloğun serbestleştirilmesi. Değişik kesme makinaları ve/veya delme yöntemi ile

kesim, kama ve yapraklar ile çatlatıp ayırma, çok zayıf patlayıcılar, hidrolik krikolar ile yapılabilir. Duruma göre yardımcı makinalar da kullanılabilir.

- 3) **Doğal taş bloklarının devrilmesi/ötelenmesi:** Bloğun ana kütleden ötelenmesi işlemi hidrolik krikolar, havalı yastıklar, ters kepçe, loder ve dozerlerle yapılır.
- 4) **Blokların kaldırma/yükleme işlemi:** Bloğun sayalama bölgesine taşınması ve kenarlarının düzeltilmesi. Değişik tipte vinçler (kule veya gezer vinçler) değişik güçte loderler veya çelik halatlı yükleyici taşıyıcı kamyonlar.
- 5) **Nakliye işlemi:** Bloğun stoklanması veya yüklenerek tesise nakledilmesi işlemi son aşamadır. Ocaktan kamyon, nakliye tren ve duruma göre konveyörler ile yapılabilir (Kulaksız, 2012).

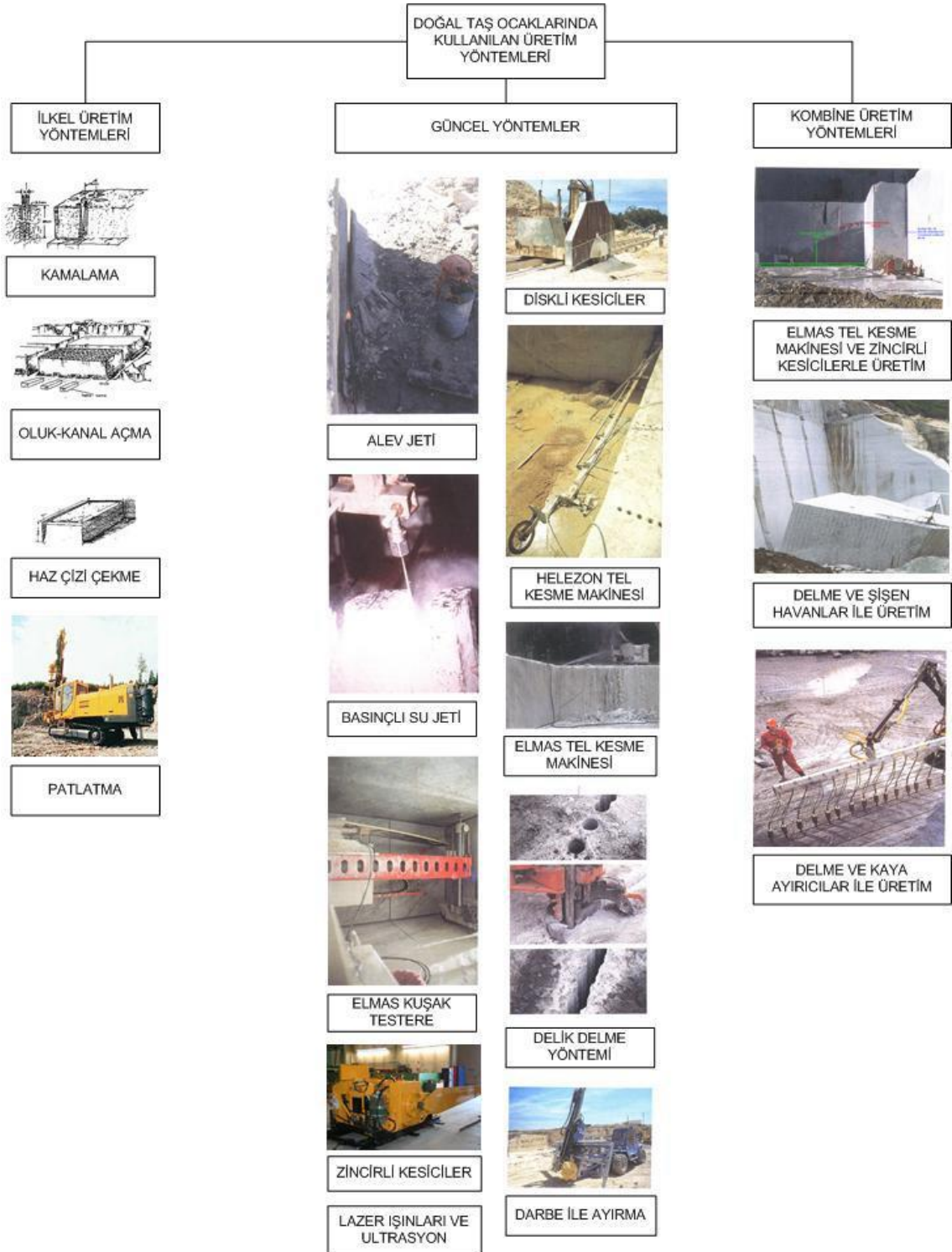
Doğal taş madenciliğinde blok üretim yöntemini etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar jeolojik yapı, faylar ve çatlakların durumu, topografya, iklim koşulları, ekonomik yapı, çevre şartları ve üretim tekniği gibi faktörler olup doğal taş madenciliğinde üretim yönteminin belirlenmesinde etkili olan faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Doğal taş madenciliğinde blok üretiminde kesme işleminin sürekliliğine göre kesikli ve kesintisiz (sürekli) üretim diye iki gruba ayrılmaktadır. Kesikli üretim yönteminde ana kayaktan doğal taş blok kesiminde kesim işlemlerinde kesiklikler bulunur. Örneğin; üçlü kama yönteminde veya delme-patlatma ile blok üretiminde işlemler arasında zaman aralıkları bulunurken, sürekli kesimde kesme zaman aralıkları bulunmaz. Sürekli kesme yöntemine örnekler ise; elmas telli kesme, zincirli/kollu kesicilerle kesme ve bantlı kesicilerle kesme yöntemleri verilebilir.

Doğal taş madenciliğinde diğer bir sınıflama yöntemi ise blok üretim veya kesim teknolojisine göre yapılmaktadır. Bu sınıflama yöntemi üretim aşamalarında üretim yönteminin türünü belirleyen en önemli faktördür ve kesim teknolojisi doğal taş madenciliğinde bloğun ana kütleden kesilerek serbestleşmesi işleminde uygulanan yöntem olarak tanımlanmakta ve ocağın verimliliğini, üretim hızını, blok kalitesini ve maliyetlerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Önceden kullanılan ve şu an kullanımı kaldırılmış ilkel üretim yöntemleri, şuanda çoğu doğal taş ocağında aktif olarak kullanılan güncel yöntemler ve deneme aşaması devam eden yeni teknolojik üretim yöntemleri olmak üzere 3 ana grupta blok kesim/üretim yöntemlerini değerlendirebiliriz (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Doğal taş madenciliğinde blok üretim aşamaları (Kulaksız, 2012)



Şekil 2.2. Doğal taş ocaklarında kullanılan blok kesim/üretim yöntemlerinin şematik görünümü
(Hanecioğlu, 2006)

Doğal taş blok kesim/üretim teknolojilerine göre sınıflama ise;

- Çelik halatlı kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi,
- Elmas telli kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi,
- Dairesel testereli kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi,

- Alev jeti ekipmanı ile blok kesim/üretim yöntemi,
- Su jeti ekipmanı ile blok kesim/üretim yöntemi,
- Zincirli/bantlı kollu kesme makinalarıyla kesim/üretim yöntemi
- Delik delme makinalarıyla (sondaj) kesim/üretim yöntemi,
- Diğer yöntemler ve/veya bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı blok kesme yöntemleri

2.2 Zincirli Kesme Makinelerinin Tanıtımı ve Özellikleri

Zincirli kesme makineleri, mekanize kazının ilk dönemlerinde yeraltı kömür madenciliğinde kömür kazısı için yaygın olarak kullanılan potkabaç makineleri üzerinde yapılan bazı tasarım değişiklikleri ile doğal taş madenciliğinde de son 30 yıldır sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda doğal taş madenciliğinde yaygın olarak kullanılan zincirli kesme makineleri kullanım amacına göre 3 kategoride değerlendirilmektedir (Gündüz ve ark., 1995).

1. Açık doğal taş madenciliğinde ana kesim için kullanılanlar (en yaygın)
2. Açık doğal taş madenciliğinde sayalama amacı için kullanılanlar
3. Yeraltı doğal taş madenciliğinde ana kesim için kullanılanlar

Açık doğal taş ocaklarında en çok kullanılan yatay ve dikey kesim yapabilen hat tipi kesme makineleri olarak da adlandırılan ana kesim yapan tiplerdir (Şekil 2.3a ve 2.3b). Değişik kesme derinliğine sahip olan bu tipler mermerlerde ve yüksek sertliğe sahip kayalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Soğutma suyuna ihtiyaç duymadan yatay ve dikey kesim yapabilen ve elektrikli bir motor tarafında tahrik edilen bu makineler elektro hidrolik kumanda sistemleri ile kontrol edilmektedir ve değişen kayaç özelliklerine göre uygun güç ve hız ayarlamaları yapılabilmektedir. Açık ocaklarda kullanılan diğer tip zincirli kesme makineleri ise kare kesim makineleri olarak adlandırılan sayalama amacıyla kullanılan tiplerdir (Şekil 2.3c). Bu makineler bir kepçe üzerine yerleştirilmiş ve kesme kolunun aşağı ve yukarı doğru hareketi ile sayalama işlemlerini kuru kesim olarak ve daha ekonomik bir şekilde yaparlar. Yeraltı doğal taş işletmelerinde ise tünel tipi kesme makineleri olarak adlandırılan ve açık ocaklarda kullanılan hat tipinin paletli olanları kullanılmaktadır (Fantini, 2015).



(a)



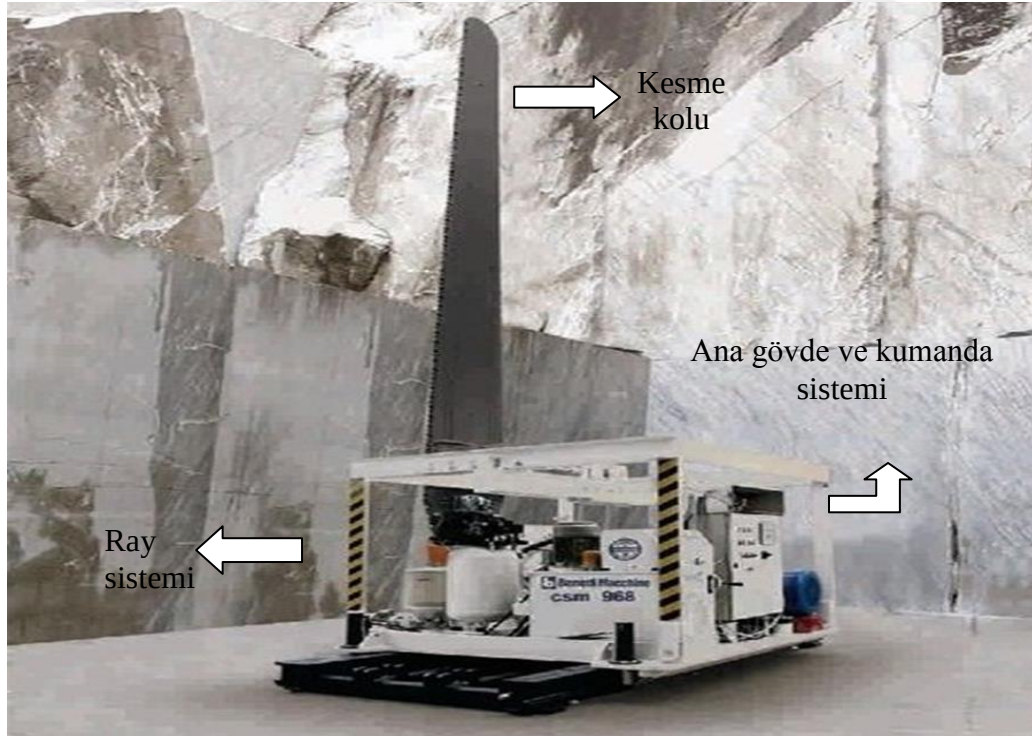
(b)



(c)

Şekil 2.3. Açık doğal taş ocaklarında kullanılan zincirli kesme makineleri a) yatay kesim, b) düşey kesim
c) sayalama işlemleri (Fantini, 2015)

Zincirli kesme makinelerinin doğal taş endüstrisinde kullanımı, kömür kazısında kullanılan potkabaçlarda yapılan bazı tasarım değişiklikleri ile birlikte sektördeki yerini almış ve son yıllarda kullanımı iyice yaygınlaşmıştır (Karaca, 2007). Bu elektro hidrolik makineler genellikle elmas boncuklu tel kesme makineleri ile birlikte kullanılmakta, nadiren de yalnız başlarına blok kesiminde dikey veya yatay kesimlerde kullanılabilmektedirler. Makine, ana gövde ve kontrol panosu, kesici kol ve hareketi sağlayan ray sistemi olmak üzere üç ana üniteden oluşmaktadır (Şekil 2.4). Ray sistemi üzerinde ana gövde ve kontrol panosu hareket ederken, zincir sistemi üzerine yerleştirilen keskiler (kama tip keski) kesici kol üzerine yerleştirilmiş ve kesme işlemini gerçekleştiren ünitelerdir. Kol üzerindeki bu keskilerin dönüşü sağlayan ve kesimi yapıldığı ana birim olan zincirin dönüşü ayrı bir motor ile ray sisteminin hareketini ise yine ayrı bir elektrik motoru ile tahrik edilen 2 ayrı hidrolik motor vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kesici kolun uzunluğu makineyi üreten firmalara ve uygulayıcı mühendislerin isteklerine göre farklı uzunluklarda imal edilmekte olup uzunlukları yaklaşık 7-7,5 m'ye kadar olabilmektedir. Kesici kolun kesme dilim kalınlığı 42 mm (en yaygın) veya 38 mm olup yine bu da üretici firmaya bağlı olarak imal edilmektedir.



Şekil 2.4. CSM 968 Benetti marka zincirli kesme makinesi

Yapılan araştırmalara göre zincirli kesme makinelerinin bazı önemli avantajlarının olduğu belirtilmiştir (Mancini ve ark., 2001; Primavori, 2006; opur ve ark., 2008; Sarıuşık ve ark., 2009). Bu avantajları;

- Zincirli kesme makineleri işçilik maliyetinden ve zamandan tasarruf sağlarlar. Bunu özellikle 6-7 m'den yüksek basamaklarda telli kesme sistemiyle birlikte kullanıldıklarında delik sayısını azaltarak sağlarlar. Tel kesme sisteminde en çok karşılaşılan delik çakıştırma problemini ortadan kaldırırlar.
- Blok kesimlerinde üretim ve zaman kayıplarını azaltırlar. Basamaklar oluşturulurken yatay veya düşey kesim yapabildikleri için yeni bir basamak kesiminde kolaylıkla giriş yapabilme özelliklerine sahiptirler. Ve bu özellikleri sayesinde telli kesme yönteminde yapılan üçgen parça kesme işlemini ortadan kaldırırlar.
- Başka herhangi bir işleme gerek duymayan fabrikada işlemeye hazır doğrudan satılabilir ürün kesebilme özelliklerine sahiptirler.
- Oldukça düzgün yüzeyler oluşturdukları için ek bir blok düzeltme işlemine ihtiyaç duyulmadığı için çalışanların sağlık ve güvenliği açısından daha az toz riski ve daha az atık çıkarırlar ve bu durumda diğer üretim yöntemlerine göre mükemmel çalışma ortamı oluşturmalarını sağlar.
- Hızlı ve kaliteli ürün ortaya çıkardıkları için diğer yöntemlere göre blok verimliliğini artırırır.

Bu makinelerin en önemli dezavantajı ise, çatlaklı ve çok sert-çok aşındırıcı formasyonlarda kullanılamayışlarıdır. Zincirli kesme makinelerinin kazı performanslarının, ocağın fizibilite aşamasında bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bir zincirli kesme makinesinin performansı ocağın ve doğal taşın jeolojik ve jeoteknik özelliklerine, kullanılan makinenin özelliklerine ve ocağın işletme parametrelerine bağlıdır (izelge 2.1) (opur ve ark., 2006; 2007a; 2007b; 2008).

Çizelge 2.1. Zincirli kesme makinelerinin performansını etkileyen parametreler

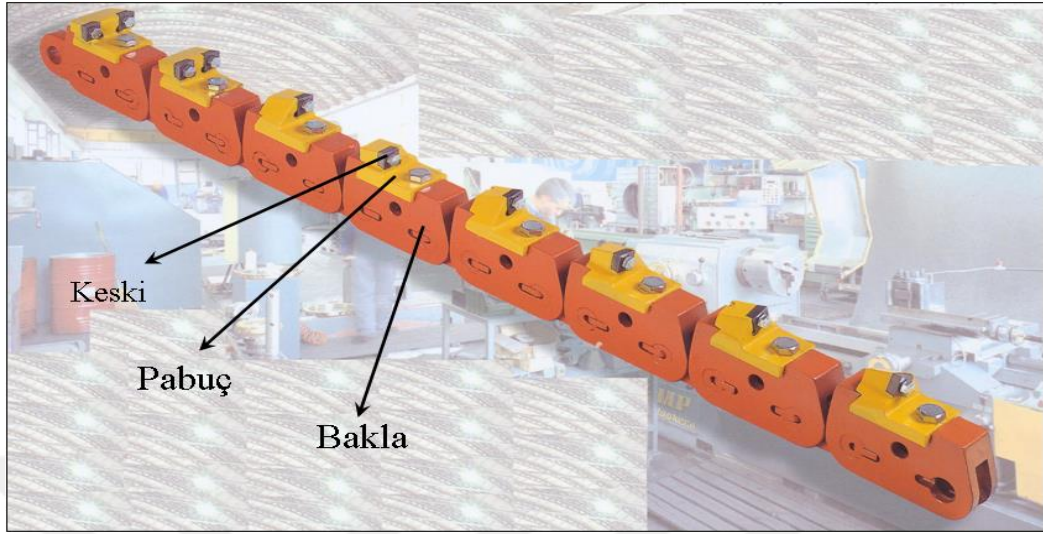
Jeolojik	• Çatlak takımı sayısı ve frekansı • Doğal taş yatağının eğimi, doğrultusu, şekli • Yataklanma ve foliasyon • Kazılabilirlik, dayanım, elastisite, aşındırıcılık, petrografik, dokusal özellikleri
Makine	• Tork-güç-baskı kuvveti kapasitesi • Kol/bıçak uzunluğu ve kalınlığı • Keskilerin konumları,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

Bu makinelerin zincir düzenleri, kol üzerinde kullanılan keskiler, kesme profilleri ve kesme parametreleri ile ilgili olarak bazı araştırmalar yapılmıştır (Çopur ve ark., 2006; 2007a,b; 2008; 2009; 2011; Çopur, 2010). Keskiler, genellikle pabuç denilen keski tutuculara civata ile tutturulur. Pabuçlar ise bakla denilen zincir ünitesine civatalanır. Birbirine bağlı olan baklalar, kol üzerinde bir ön-gerilme verilen ve kayarak hareket eden sonsuz halat şeklindeki zinciri oluşturur. Makinenin tork ihtiyacını azaltmak için zincirin kola temas ettiği yüzey gres yağı ile yağlanır.

Geometri, bileşim ve metalürjik özellikler bakımından farklı keskiler vardır. 4 kenarlı veya 8 kenarlı kullanılabilen prizma şeklindeki keskiler en yaygın olarak kullanılan keskilerdir. 4 kenarlı keskilerde kesme açısı 0° ve temizleme açısı 10° 'dir. 8 kenarlı keskilerde negatif kesme açıları (genellikle -5°) kullanılır ve temizleme açısı 5° 'dir. Kesme açısı, keski ön yüzeyinin dikeyle yaptığı açıdır ve temizleme açısı keski alt yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır. Bir kenar aşındıktan sonra, keskiler döndürülerek keskin bir kenar kullanılmaya başlanır. Erken kırılan keskiler hariç, keskilerin hepsinin aynı anda döndürülmesi kazı performansını arttırmaktadır (Çopur ve ark., 2008).

Bir zincirdeki toplam keski seti sayısı, set ve zincir uzunluklarına, dolayısı ile kol uzunluğuna bağlıdır. Bir setteki keskilerin konumları keski düzeni veya kesme düzenini oluşturur (Şekil 2.5) ve üretici firmalara bağlı olarak değişik keski düzenleri vardır. Kesme dilim kalınlığı boyunca keskilerin kesme hatları arasındaki yanal mesafe değişim göstermektedir. Ancak, kol uzunluğu veya set uzunluğu boyunca ardışık keskiler arasındaki mesafe, diğer bir değişle bakla uzunluğu, sabittir. Kesme profiline bakıldığında ise her bir keskinin vuruş noktasının yataya göre seviyesi farklıdır. Keski

yanal açısı, kesme hatları arasındaki mesafe ve vuruş noktası seviyesi kesme profilini oluşturur.



Şekil 2.5. Bir keski seti görünüşü

Kesici uçlar normal olarak tungsten karbür esaslıdır ve özel bir kesme açısı vardır. Bu özel yapı onlara hızlı kesme ve uzun süre dayanım imkânı sağlar. Bunların 4 kenarı da kesici olmakla birlikte, bir yüzey körlendiğinde diğer yüzey kolaylıkla devreye alınabilmekte ve böylece uzun bir kullanım ömrü sağlanmış olmaktadır. Daha sert mermerlerde strapax veya benzeri uçlar kullanılır.

2.3 Zincirli Kesme Makineleri İle İlgili Önceki Çalışmalar

Zincirli kesme makinelerinin kazı performanslarının, ocağın fizibilite aşamasında bilinmesi önemlidir. Kesilecek kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerine uygun makine seçimi maliyet açısından dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerin başında gelmektedir. Bir zincirli kesme makinesinin performansı kayanın özelliklerine, makine özelliklerine ve ocağın işletme parametrelerine bağlıdır. Önceki çalışmalarda bu parametrelerin bazılarının kazı performansı üzerine olan etkileri incelenmiş ancak zincirli kesme makinelerinin performanslarının tahminine yönelik çok fazla çalışma bulunmamaktadır.

Kazı mekaniğinin temel prensiplerinin ortaya konduğu çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalarda yapılan deneysel ve ampirik performans modelleme çalışmaları ile teorik çalışmalar desteklenmiş ve çeşitli madenlerin kazısında kullanılan

farklı özelliklere sahip kazı/kesme makinelerinin net kazı/kesme hızlarının tahmini ve keski aşınmalarının belirlenmesine yönelik olarak istatistiksel modeller geliştirilmiştir. Ve ayrıca bazı çalışmalarda keski tasarım parametrelerinin kesme performansına olan etkileri detaylı olarak incelenmiştir (Whittaker, 1962; Fowell ve Smith, 1976; Smith ve Fowell, 1977; Roxborough, 1973; 1988; Roepke ve ark., 1983; Farmer ve Garrity, 1986; Bilgin ve ark., 1988; 1990; 1996; 1997; Rostami ve Özdemir, 1993; 1994; Özdemir, 1995; Verhoef ve ark., 1996; Deketh ve ark., 1998; Çopur ve ark., 2001; 2003).

Dalziel (1967) çalışmasında zincirli kesme makinelerinin temelini oluşturan ve kömür madenciliğinde kullanılan potkapaç makinelerinin tasarım parametrelerini incelemiştir. Mellor (1976) çalışmasında sonsuz halat olarak çalışan kazı sistemlerinin (zincirli kesici, potkapaç, trencher, dredger vs) tasarım parametrelerini kinematik açıdan incelemiştir.

Mancini ve ark. (1992, 1994) jeostatistiksel yöntem kullanarak zincirli kesme makinelerinin performansı üzerinde etkili olan kaya özellikleri, makine ve işletme parametrelerini incelemiştir. Bu çalışmada doğal taşta ait Knoop sertliği değerleri kullanılarak kesici kol üzerine etkiyen kuvvetleri tahmin edilmeye çalışılmış ve bir jeostatistiksel olarak değişimine bağlı olarak model geliştirmişlerdir.

Mancini ve ark. (2001), arazi çalışmaları ve ölçümleri yaparak zincirli kesme makinelerinin performansını incelemiştir. Performans parametreleri olan net kesme hızı ve kesici aşınmasına etkiyen doğal taş özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır.

Deketh ve ark. (1998), zincirli kesme makinelerine benzeyen kanal kazı makinelerinin kazı hızları ve keski tüketimlerine tahmin etmeye yönelik bir araştırma yapmışlardır.

Başka bir çalışmada bir doğal taş ocağına sadece bir zincirli kesme makinesinin eklenmesi ile ocağın genel verimliliğinin yaklaşık %20 oranında arttığı belirtilmiştir. Bunun temel nedenleri, zincirli kesme makinelerinin blok üretiminde daha düzgün yüzeyli daha kaliteli ürün ortaya çıkarması, yeni bir basamak oluşturulurken yatay veya düşey kesim yapabildikleri için ilk basamak kesiminde kolaylıkla giriş yapabilme özelliğine sahip olmaları olarak belirlenmiştir. Ve bu özellikleri sayesinde telli kesme yönteminde yapılan üçgen parça kesme işlemini ortadan kaldırarak üretim kayıplarını azalttığı belirtilmiştir (Çopur ve ark., 2006).

Demirel ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada kendi ürettikleri zincirli kesme makinesinin, Denizli Kaklık/Kocabaş traverten ocaklarında denemelerini yapmışlar ve elde edilen sonuçları değerlendirmişlerdir. Buna göre bu çalışmada doğal taş

ocaklarında en çok tercih edilen blok üretim yöntemlerinden olan telli kesme yöntemine alternatif olacak zincirli kesme yönteminin uygulamalı olarak ön çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma ile zincirli kesme makinelerinin daha kaliteli ve daha hızlı blok üretimi yapabildiğini telli kesme yöntemi ile karşılaştırılarak açıklamışlardır. Zincirli kesme yönteminin blok üretim verimliliğini arttırdığını, blok üretim maliyetlerini birim zamanda azalttığını ve daha kaliteli ürün ortaya koyduğu belirtmişlerdir.

Yeşilkaya ve ark. (2009) Denizli-Kaklık civarındaki traverten ocaklarında yaptıkları çalışmada zincirli kesme makinelerinin avantajlarından bahsetmişlerdir. Buna göre zincirli kesme yönteminin daha emniyetli ve daha az iş gücüne ihtiyaç duyduğu, telli kesme yöntemindeki tel kısaltma ve delik delme masraflarının olmayışı ve blok üretiminde daha az kayıpların olduğunu belirtmişlerdir.

Sarışık ve Sarışık (2010), Denizli Kaklık/Kocabaş traverten ocağında yerli üretim olan ve yeni geliştirilen zincirli kesme makinesinin denemesinin sonuçlarını analiz etmişlerdir. Bu çalışma sonucunda zincirli kesme makinesinin elmas tel kesme yöntemine bir alternatif olduğu ve çeşitli avantajlarının olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre zincirli kesme makinesi doğal taş ocağında blok üretim verimliliğini ve kalitesini artırmaktadır. Zincirli kesim yönteminde blokların üretiminde çatlak oluşma riski yoktur. Bu durumun doğal taş blok verimliliğinde önemli bir artışa neden olmuştur. Zincirli kesme makinesinin diğer blok kesme yöntemlerine göre hem montajı hem de çalıştırılması daha kolaydır. Bu süreç, özellikle traverten ocaklarında ve diğer tüm doğal taş ocaklarında aynı zaman diliminde daha fazla sayıda ve daha düşük maliyetle blok üretimi ile sonuçlanmıştır. Zincirli kesme makinesinin üretim hızı, telli kesme yöntemiyle karşılaştırıldığında 3 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Zincirli kesme makinesi ile blok üretiminde tüm işlemlerin %30 daha az işçi kullanılarak yapılabildiği vurgulanmıştır. Ayrıca elmas tel kesim işleminde gerekli olan tüm hafriyat işleri ortadan kalkmıştır. Sonuç olarak ise blok verimliliğinin elmas tel kesme yönteminde % 7-14 olduğu ve bu oran zincirli kesme makinesi ile % 65-80 oranına yükseldiği belirtilmiştir.

Çopur (2010), zincirli kesme makinelerinin performans ile ilgili yaptığı araştırmada laboratuvarında değişik yanal açılara sahip kama tip keski kullanarak doğal taşlara üzerinde küçük boyutlu doğrusal kesme deneyleri yaparak spesifik enerji değerini belirlemiş ve arazide makine kesim yaparken kullanılan kesme şartları ve bazı makineye ve kesilen doğal taş a ait özellikleri kullanarak zincirli kesme makinelerinin alansal net kazı hızlarının tahmini ve optimizasyonu için deterministik bir model geliştirmiştir.

Çopur ve ark. (2011a), zincirli kesme makinesinin performans tahmini ve kullanım şartları ile ilgili yaptıkları diğer bir araştırmada doğal taş ocaklarında zincirli kesme makinesi ile kesimler yapılırken arazide doğal taş, zincirli kesme makinesine ve kullanılan kesme şartlarına ait bazı veriler elde ederek bir tahmin modeli oluşturmuşlardır. Ayrıca laboratuvar da doğal taş ocaklarından temin edilen kaya örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini ve kama tip keski kullanarak küçük boyutlu kesme setinde doğrusal kesme deneyleri yaparak spesifik enerji değerini elde etmişlerdir. Bu yaptıkları laboratuvar ve arazi çalışmaları sonucunda iki değişik görgül model önermişlerdir. Bu modellerden birincisinde doğal taşın tek eksenli basınç dayanımı, makine ağırlığı ve kesici kolun faydalı kesme uzunluğu gibi parametreleri kullanarak zincirli kesme penetrasyon indeksi modelini ortaya koymuşlardır. Diğer modelde ise, yardımsız kesme deneyleri ile bulunan spesifik enerji değeri, kesme kolunun kalınlığı veya zincir genişliği ile kesme için harcanan güç değeri parametrelerinden alansal net kazı hızı modelini ortaya koymuşlardır.

Çopur ve ark. (2011b) yaptıkları diğer bir çalışmada zincirli kesme makinelerinin performansını tahmin için görgül bir model önermişlerdir. Bu çalışmada deneysel ve arazide yapılan çalışmalar sonucunda zincirli kesme makinelerinin alansal net kazı hızını tahmin için spesifik enerjiyi kullanmışlardır. Sonuçta geliştirilen bu görgül model yardımı ile alansal net kazı hızlarının güvenilir bir şekilde önceden tahmin edilebileceğini öne sürmüşlerdir.

Tumaç (2014), yaptığı çalışmada zincirli kesme makinelerinin performansının tahmini için geliştirilen alansal net kazı hızı ile zincirli kesme penetrasyon indeksi modellerini kayaçların Shore sertliği değerlerini kullanarak tahmin etmeye çalışmıştır.

Çelik ve ark. (2017), telli kesme yöntemi ile zincirli kesme yöntemini makinelerin kullanım şekli, delme/kesme hızları, sarf malzemesi tüketimleri, harcanan iş gücü ve iş güvenliği gibi verileri değerlendirerek karşılaştırmasını yapmışlardır. Isparta-Senirkent civarındaki bir kireçtaşı (bej mermer) ocağında yapılan bu araştırma sonucunda, doğal taş ocaklarında zincirli kesme makinelerinin kullanımının delme faaliyetleri azaltması, yüksek kesme hızı, iş güvenliği, daha az sarf malzeme tüketiminden dolayı ekonomikliği, gerekli iş gücünü azaltması ve daha az atık çıkması nedeniyle gibi birçok avantajından dolayı blok çıkartma faaliyetlerinin verimini arttırdığını belirtmişlerdir.

Dursun (2018), zincirli kesme makinelerinin performansının tahmini için geliştirilen zincirli kesme penetrasyon indeksi modelini tahmin için kayaçların Schmidt

çekici sertliği değerini kullanarak bir performans tahmini yapmaya çalışmıştır. Buna göre; zincirli kesme penetrasyon indeksi değerinin tahmini için Schmidt çekici sertliği değerine dayanan modelin geçerli ve güvenilir olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Çalışkan ve Yavuz (2019) yaptıkları çalışmada zincirli kesme makinelerinin kullanıldığı 4 farklı doğal taş ocağında makinelerin performanslarını araştırmışlardır. Ocaklarda makineler kesim yaparken kesilen alan ve kesme süreleri kayıt altına alınmış ve birim zamanda kesilen yüzey alanları hesaplanmıştır. Makineler ile ilgili çeşitli parametreler değiştirilerek en uygun çalışma parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında MRT Maden A.Ş firmasına ait Konya/Meram/Çayırbağı ve OKK Madencilik San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ait Konya/Çumra/Alibeyhüyüğü ile Konya/Kavak mevkilerinde yer alan doğal taş ocakları belirlenmiş ve bu 3 farklı doğal taş ocağında kullanılan zincirli kesme makinelerine ait elektriksel parametreler kayıt edilmiştir. Daha sonra bu ocaklardan temin edilen doğal taş örnekleri üzerinde laboratuvarda bazı kaya mekaniği deneyleri yapılarak doğal taşların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu bölümde deney örnekleri, kullanılan alet ve ekipmanların özellikleri tanıtılarak, ölçme sistemi ve elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirme yönteminden bahsedilmiştir.

3.1. Arazi Ölçümleri ve Doğal Taş Ocaklarının Tanıtımı

Çalışma kapsamında MRT Maden A.Ş firmasına ait Konya/Meram/Çayırbağı gri bej mermer ocağı ve OKK Madencilik San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ait Konya/Çumra/Alibeyhüyüğü gri bej ocağı ile Konya/Kavak kahverengi bej ocaklarında zincirli kesme makinelerinin performansının tahmini için çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

3.1.1. MRT Maden A.Ş. Konya Meram Çayırbağı Doğal Taş Ocağı

Zincirli kesme makinesini incelemek, elektriksel verileri ölçmek ve doğal taş örneklerini temin etmek için ilk önce MRT Maden San. ve Tic. A.Ş firmasına ait Konya/Meram/Çayırbağın 'da bulunan (Aqua Luna) mermer ocağı ilk ziyaret edilen ocak olmuştur. Ocakta 6 kademe şeklinde üretim yapılmaktadır ve Şekil 3.1'de ocağa ait genel bir görünümü verilmiştir. Ocaktan Aqua Luna ve Bianco Unico olarak adlandırılan iki farklı seleksiyonda taş üretilmektedir. Ocağın tahmin edilen toplam rezerv miktarı 4.486.500,00 m³'tür. Çalışma alanının yaklaşık % 90'ı kireçtaşı ve geriye kalan % 10'luk kısmında ise alüvyonlar ve kireçtaşı ofiyolitler yer almaktadır. Ocakta Kuzey-Güney yönlerinde çatlaklar mevcut olup eğimleri % 70 - % 90 arasındadır.

Çalışma alanlarında su problemi sorunu yaşanmamaktadır ve yılda ortalama 26000 m³ blok üretimi yapılmaktadır. Yaklaşık 4 m³ - 9 m³ arasında değişen boyutlarda bloklar üretilmektedir. Ocakta çalışma sistemi olarak haftada 6 gün, günde 2 vardiya ve

her vardiyada 8 saat çalışılmaktadır. Ocakta gündüz vardiyasında 80 kişi ve gece vardiyasında da 14 kişi çalışmaktadır.



Şekil 3.1. MRT Madencilik Konya/Meram/Çayırbağı mermer ocağı

Ocakta blok üretimi yapılırken tel kesme makinesi ile ilk önce alt kesimler yapılmakta olup daha sonra Benetti CSM 968 zincirli kesme makinesi ile düşey kesimler yapılmaktadır. Bu makinenin teknik özellikleri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir. Basamaklarda kesme yüksekliği yaklaşık 6 metre olup kesme uzunluğu 20-40 metre arasında değişmektedir. Kesilen kütlenin alt ve yan kesimi yapıldıktan sonra diğer yan kesimleri içinde tel kesme makinesi kullanılmaktadır. Tüm yüzeyleri kesilen ve serbest kalan kütle ana kayadan su yastıkları ile ayrılmakta ve ekskavatör ataçmanı ile topraktan oluşturulan bir hafriyatın üzerine devirme işlemi yapılmaktadır.

Ocakta 1 adet Benetti CSM 968 zincirli kesme makinesi mevcuttur (Şekil 3.2). Zincirli kesme makinesinde kesim için ise standart 8 köşe kare elmas kullanılmaktadır. Bu kaynaklı elmas boncukların avantajı elması tutan bir cıvata ile tutturulmaları ve 8 köşesinin de kesimde değerlendirilebilir olmasıdır. Elmas'ların çapı 13x13 mm, kalınlığı 7,1 mm'dir.

Çizelge 3.1. Benetti CSM 968 zincirli kesme makinesine ait özellikler

Üretici	Benetti Macchine
Model	CSM 968
Üretim Yılı	2011
Ağırlık	11.000 Kg
Elektrik Voltajı	400 V
Toplam Kurulu Güç:	65 KW
Ana motor gücü:	55 KW
Zincir dönüş ve yürüyüş motor gücü:	7,5 KW
Gres yağı motor gücü:	0,75 KW
Hava kompresörü motor gücü:	1,5 KW
Max. Kol Uzunluğu	7,30
Max. Zincir Hızı	1 m/Saat
Max. Araba Hızı	1,2 - 1,5 m /Saat
Kol Kesme Kalınlığı	42 mm
Gres Tank Kapasitesi	18 Kg
Yağ Tankı Kapasitesi	300 Litre
Zincir Dönüş Basıncı	110-120 Bar
Araba Hareket Basıncı	50 Bar
Kol Döndürme Basıncı	250 Bar
Kol Dönebilme Açısı	360 Derece
Soket (Pabuç) Sayısı	162 Adet
Keski Tipi	Standart 8 Köşeli Kare Elmas
Keski Sayısı	199 Adet

**Şekil 3.2** MRT Çayırbağı ocağında kullanılan Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesi

Bir keski seti, uzunlukları 100 mm olan 162 adet bakladan oluşmaktadır. Set uzunluğu 1472 mm'dir. Bir sette toplam keski sayısı 199'dur. Toplam bakla veya pabuç sayısı 162 adettir. Dolayısıyla zincir uzunluğu 16200 mm (16,2 m)'dir. Toplam set sayısı ise 11 olmaktadır. Kesme genişliği 42 mm'dir.

Zincirli kesme makinesinin üzerinde yürüyebilmesi için 4'er metrelik 3 adet ray kullanılmaktadır. Ray genişlikleri 1,65 metredir. Benetti CSM 968 üzerindeki ana güç motoru 55 kW'dır. Zincir dönüş hidrolik motoru ve yürüyüş hidrolik motoru tek bir motor tarafından çalışmakta ve bu motorun gücü ise 7,5 kW'dır. Zincirli kollu kesme makinesinin kesici kolunun yağlanması için bir adet gres pompası ve bir adet kompresör bulunmaktadır. Zincirli kolun dişlilerin olduğu makineye bağlantı yerinde bir adet üfleyici hava hortumu ve bir adet gres yağ hortumu bulunmaktadır. Kolun yağlaması buradan ve kol üzerindeki kanallardan yapılmaktadır. 18 kg'lık gres yağ tankı yaklaşık 11 saat sonra bitmektedir. Gres yağ kullanım miktarı yaklaşık olarak 1,63 kg/saat'tir. Gres yağını basan motorun gücü 0,75 kW ve havayı üreten kompresörün motor gücünde 1,5 kW'dır.

3.1.2. OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti Konya Çumra Alibeyhüyüğü Doğal Taş Ocağı

OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti firmasına Konya/Çumra/Alibeyhüyüğü mevkinde yer alan mermer ocağı ikinci olarak inceleme yapılan doğal taş ocağı olmuştur. Ocağa ait bir görünüm Şekil 3.2'de verilmiştir. Ocakta şu an 3 kademe üretim yapılmakta olup aktif olarak ocakta bir adet 55 kW motor gücüne sahip Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi kullanılmaktadır (Şekil 3.3). Ocağın tahmin edilen toplam rezerv miktarı 407.167,890 m³'tür. Çalışma alanlarında su problemi sorunu yaşanmamaktadır ve yılda ortalama 150-200 m³ blok üretimi yapılmaktadır. Yaklaşık 4 m³ - 6 m³ arasında değişen boyutlarda bloklar üretilmektedir. Ocakta çalışma sistemi olarak haftada 6 gün, günde 2 vardiya ve her vardiyada 8 saat çalışılmaktadır. Ocakta gündüz vardiyasında 14 kişi ve gece vardiyasında da sadece zincirli kesme makinesi ile kesim yapılmakta olup en çok 4 kişi çalışmaktadır.



Şekil 3.2. OKK Madencilik Konya/Çumra/Alibeyhüyüğü gri bej mermer ocağı



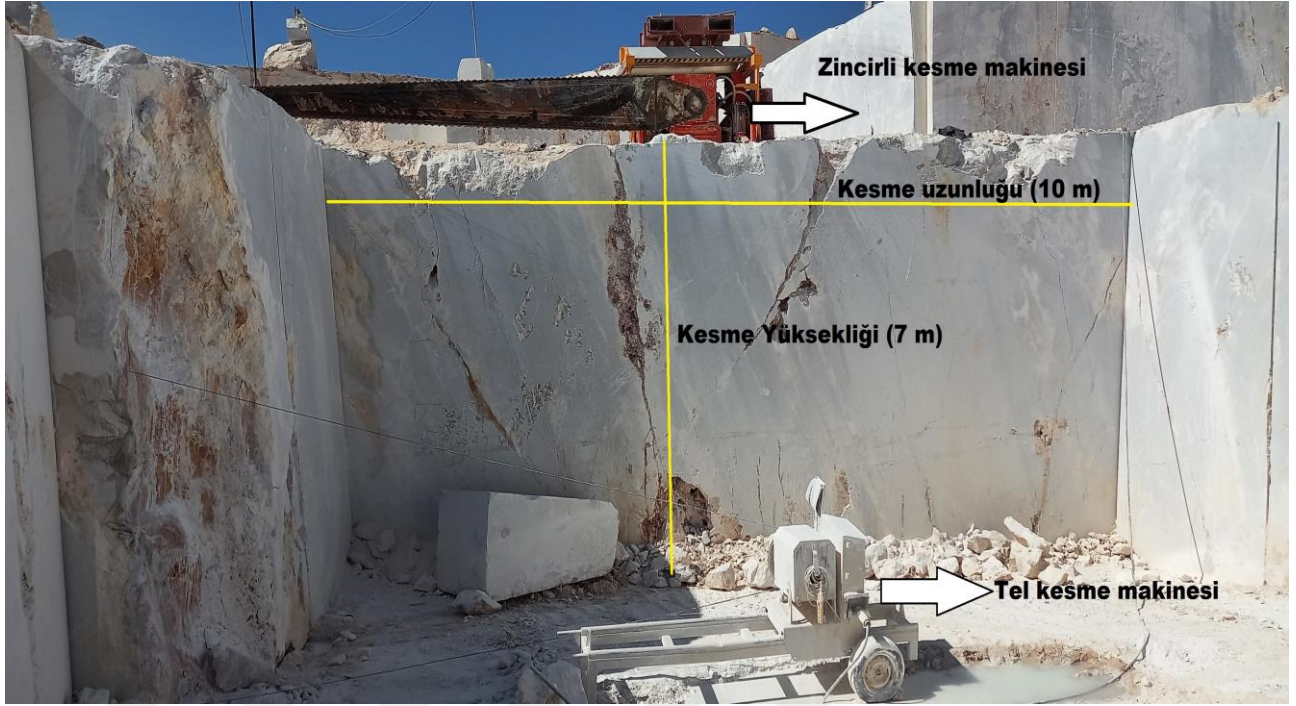
Şekil 3.3. OKK Madencilik Alibeyhüyüğü ocağında kullanılan Fantini 70-SUPER-Hmodel zincirli kesme makinesi

Çizelge 3.2. Fantini 70 SUPER H zincirli kesme makinesine ait özellikler

Üretici	Fantini
Model	70-SUPER-H
Üretim Yılı	2016
Ağırlık	10.000 Kg
Elektrik Voltajı	380 V
Toplam Kurulu Güç:	65 KW
Ana motor gücü:	55 KW
Zincir dönüş ve yürüyüş motor gücü:	5,5 KW
Gres yağı motor gücü:	0,18 KW
Hava kompresörü motor gücü:	2,2 KW
Max. Kol Uzunluğu	7,40 m
Max. Zincir Hızı	1 m/Saat
Max. Araba Hızı	1,2 - 1,5 m /Saat
Kol Kesme Kalınlığı	42 mm
Gres Tank Kapasitesi	20 litre
Yağ Tankı Kapasitesi	300 Litre
Zincir Dönüş Basıncı	85 Bar
Araba Hareket Basıncı	25 Bar
Kol Döndürme Basıncı	32 Bar
Kol Dönebilme Açısı	75 derece çalışma 90 derece durma
Soket (Pabuç) Sayısı	183 Adet
Keski Tipi	Kare-Yıldız pcd
Keski Sayısı	153

Bu ocakta kullanılan makineye ait özellikler Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Ocakta blok üretimi yapılırken tel kesme makinesi ile ilk önce alt ve yan kesimler yapılmakta olup daha sonra Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi ile düşey kesimler yapılmaktadır (Şekil 3.4). Basamaklarda kesme yüksekliği yaklaşık 7 metre olup kesme uzunluğu 8-10 metre arasında değişmektedir. Kesilen kütlenin alt ve yan kesimi yapıldıktan sonra diğer yan kesimleri içinde tel kesme makinesi kullanılmaktadır (Şekil 3.4) Tüm yüzeyleri kesilen ve serbest kalan kütle ana kayadan su yastıkları ile ayrılmakta ve ekskavatör ataçmanı ile topraktan oluşturulan bir hafriyatın üzerine devirme işlemi yapılmaktadır.

Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesine ait zincirin toplam uzunluğu 16 m olup bir keski seti 10 pabuç içermektedir. Bu pabuçlarda kullanılan keskiler yıldız ve kare şeklinde olup her bir keski setinde 2 kare ve 8 yıldız keski yer almaktadır. Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesinde kullanılan keskiler ve kesme seti Şekil 3.5'de gösterilmektedir. Her keski setinde ilk önce kare daha sonra 4 adet yıldız şeklinde dizilim yer almaktadır. Bir kenar aşındıktan sonra, keskiler döndürülerek keskin bir kenar kullanılmaya başlanır.



Şekil 3.4. Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi ile Alibeyhüyüğü bej ocağında kesilen bir basamak görünümü



Şekil 3.5. Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi kullanılan keski ve keski seti

3.1.3. OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti Konya/Kavak Kahverengi Bej Ocağı

OKK Madencilik San ve Tic Ltd Şti firmasına ait Konya/Kavak mevkiinde yer alan kahverengi bej ocağı ziyaret edilen üçüncü ocak olmuştur. Bu ocakta henüz üretim yapılmamaktadır. Ancak firma ocak ağzı açmak ve doğal taşın blok verip vermemesi ile ilgili fizibilite çalışmaları yapmak amacıyla Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesini kullanarak kesimler yapmıştır. Bu ocağa ait görünüm Şekil 3.6'da verilmiştir. Ocakta yapılan çalışmalarda Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi ile 5'er metre uzunluğunda ve 5 metre derinliğinde kesimler yapılarak ocak ağzı açma çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3.6. OKK Madencilik Konya/Kavak/ kahverengi bej ocağı

3.2. Doğal Taşların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Arazi ölçümleri yapılan doğal taş ocaklarından alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yoğunluk deneyleri, tek eksenli basınç dayanımı deneyi, nokta yükleme indeks deneyi, dolaylı çekme (Brazilian) dayanımı deneyi, sonik hız ve Schmidt sertliği deneyi deneyleri yapılarak belirlenmiştir. Blok veya düzensiz şeklinde getirilen kaya bloklarından (Şekil 3.7) karot alma makinesi ile silindirik 54 mm (NX) boyutunda her bir kayaç biriminden 20 adet karot örnekleri alınarak ISRM (2007) standartlarına göre deneyler yapılmıştır.



Şekil 3.7 Karot numuneleri hazırlamak için kullanılan blok şeklinde kayaç örnekleri

3.2.1. Yoğunluk Belirleme Deneyleri

Bu tez çalışmasında doğal taş örneklerinin yoğunluğunu ve gözenekliliğini belirlemek için Buoyancy metodu kullanılmıştır. Buoyancy metodu düzenli ya da düzensiz numunelerin bulk hacmi Arşimet prensibi kullanılarak bulunabilmektedir. Porozite deneyinde kullandığımız numuneler nokta yükleme için hazırlanmış disk şeklindeki numuneler olup her kayadan 10 adet örneğin ilk önce doğal ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Doğal ağırlıkları ölçülen numuneler daha sonra su dolu geniş bir kap içerisinde 1 gün boyunca bekletilmiştir. Suyu doymuş hale gelen örneklerin ilk önce hassas terazide sudaki ağırlığı tartılmış daha sonra kuru bir bez veya kâğıtla örneklerin

yüzey suyu alınarak suya doymuş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra örnekler 105 C°'de en az 12 saat boyunca etüve konularak kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Kuruyan örneklerin ağırlıkları hassas terazide ölçülerek kuru ağırlıkları tayin edilir. Daha sonra örneklerin bulk hacmi Eşitlik 3.1 ile yoğunluk, gözeneklilik ve porozite değerleri ise Eşitlik 3.2, 3.3 ve 3.4 ile hesaplanarak belirlenmiştir.

$$B_v = \frac{W_{sat} - W_{sub}}{\rho_s}, \text{ cm}^3 \quad (3.1)$$

$$\rho = \frac{G}{B_v}, \text{ g/cm}^3 \quad (3.2)$$

$$P_v = W_{sat} - G_w \text{ (g)} \quad (3.3)$$

$$\text{Porozite} = \left(\frac{P_v}{B_v} \right) \times 100, \% \quad (3.4)$$

Burada;

B_v : Bulk hacmi, cm^3

W_{sat} : Yaş ağırlık, g

W_{sub} : Sudaki ağırlık, gr

ρ_s : Suyun yoğunluğu, (1 g/cm^3)

ρ : Kayacın Yoğunluğu, g/cm^3

G : Doğal ağırlık, g

P_v : Gözenek hacmi, cm^3

G_w : Kuru ağırlık, g

3.2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney, kayaç örneklerinin tek eksenli basınç dayanımı değerlerini belirlemek için yapılmaktadır. Deneyde boy/çap oranı 2,5-3,0 arasında olacak şekilde düzgün kırksız ve çatlaksız kayanın kendini temsil eden karot örnekleri kullanılarak yapılmaktadır. Numune 5 ile 10 dakika arasında yenilecek şekilde veya alternatif olarak saniyede 0,5-1,0 MPa'lık bir yükleme hızıyla yükleme yapılarak deneyler gerçekleştirilir. Kayaç numunesi yenildiği anda yenilme yükü %1 duyarlılıkta okunur ve

hidrolik sistem durdurulur. Kayaç numunesinin tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) aşağıdaki Eşitlik 3.5 ile hesaplanır (ISRM, 2007);

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (3.5)$$

Burada;

σ_c : Kayaçın tek eksenli basınç dayanımı, MPa

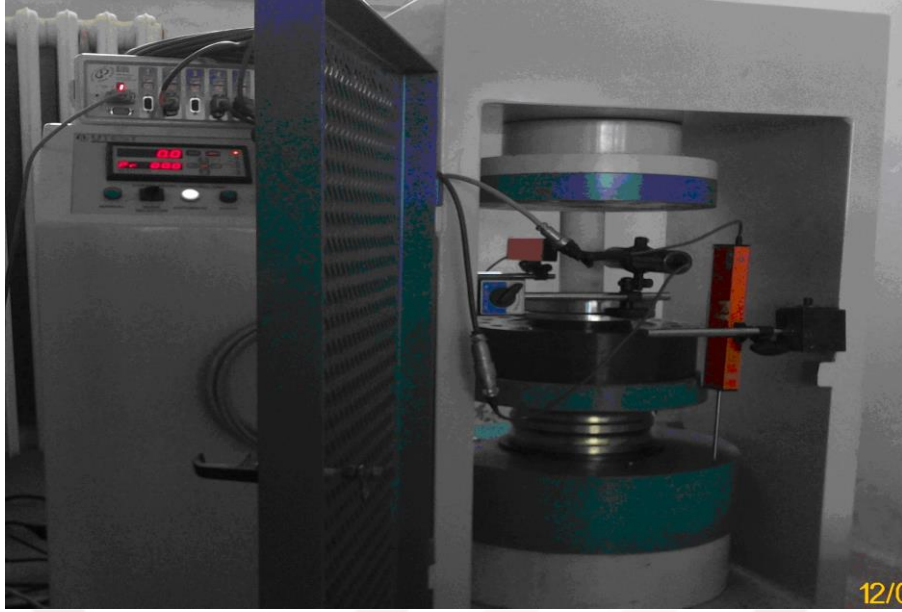
F : Yenilme anında kaydedilen yük, kN

A : Silindir örneğin kesit alanı, m²

Bu tez çalışmasında doğal taş ocaklarından temin edilen doğal taşları temsil eden 10 adet 54 mm (NX) çapında, L/D oranı 2,5-3,0 olan yaklaşık 30 adet silindirik karot örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 3.8). Hazırlanan bu örnekler Konya Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan 300 ton kapasiteli hidrolik pres kullanılarak tek eksenli basınç deneyine tabii tutulmuştur (Şekil 3.9). Bu deneylerde presin yükleme hızı olarak 2 kN/sn olarak seçilmiştir (ISRM, 2007).



Şekil 3.8. Tek eksenli basınç deneyi için hazırlanmış tipik karot numuneleri



Şekil 3.9. Tek eksenli basınç deneylerinde kullanılan hidrolik pres

3.2.3. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyi

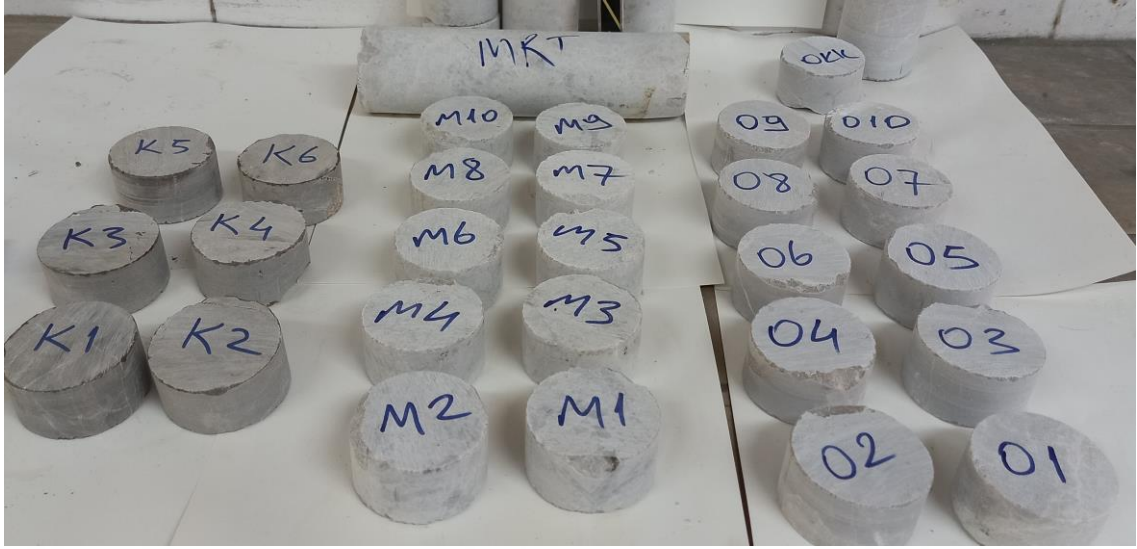
Bu deney, kayaç örneklerinin çekme dayanımlarının dolaylı olarak belirlendiği yöntem olan Brazilian deneyi ile belirlenir. Disk şeklinde hazırlanmış kayaç örnekleri üzerinde gerçekleştirilen bu deneyde kalınlık/çap oranı 0,5-1,0 arasında olacak şekilde (tercihen bu oran 1'e yakın olmalıdır), sağlam ve çatlaksız disk şeklinde deney örnekleri kullanılır. Yenilme olana kadar örnek sabit bir hızla sürekli yüklenir. Örneğin yenildiği andaki yük (P) presin göstergesinden okunur ve çekilme dayanımı aşağıdaki Eşitlik 3.6 ile hesaplanır (ISRM, 2007).

$$\sigma_t = \frac{0,636P}{Dt} \times 10^{-3} \quad (3.6)$$

Burada;

- σ_t : Kayaç örneğinin çekme dayanımı, MPa
- P : Kayacın yenildiği andaki yük değeri, kN
- D : Örnek çapı, cm
- t : Örneğin kalınlığı, cm

Bu çalışmada kayaçların çekme dayanımı değerlerini belirlemek için dolaylı çekme (brazilian) deney yöntemi kullanılmıştır. Her kaya için 10 adet yaklaşık kalınlığı 27-29 mm olacak şekilde numuneler hazırlanmıştır (Şekil 3.10) Brazilian deneyleri tek eksenli basınç deneylerinin de yapıldığı hidrolik preste yapılmıştır. Hidrolik pres yükleme hızı olarak 0,2 kN/sn olarak seçilmiştir (ISRM, 2007).



Şekil 3.10. Brazilian deneyi için hazırlanmış tipik kayaç örnekleri

3.2.4. Nokta Yükleme Dayanımı İndeksi Deneyi

Bu tez çalışmada doğal taş örneklerinin nokta yükleme indeks değerleri eksenel tipteki karot numuneleri üzerinde belirlenmiştir. Kesme deneylerinde kullanılan her bir kayacı temsilen 10 adet numune genişlik/çap oranı 0,5-1,0 olacak şekilde hazırlanmış ve bunlar üzerinde nokta yükleme indeks deneyi, Konya Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında mevcut nokta yükleme deney aleti kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Nokta yükleme deney aleti

Nokta yükleme dayanım indeksi sırasıyla Eşitlik 3.7, 3.8, 3.9 ve 3.10 ile hesaplanmıştır;

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (3.7)$$

$$D_e^2 = \frac{4A}{\pi} \quad (3.8)$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad (3.9)$$

$$I_{s(50)} = F \cdot I_s \quad (3.10)$$

Burada;

P : Yenilme yükü, MN

D_e : Eşdeğer karot çapı, cm

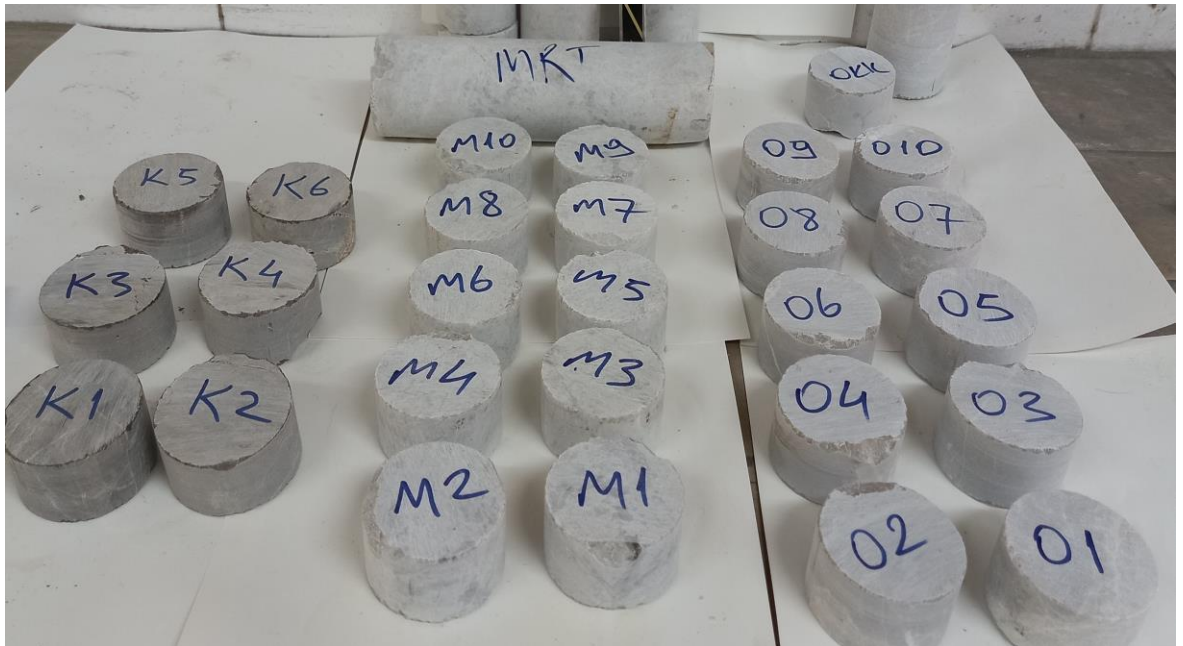
$A=WD$, Konik başlıkların temas noktalarından geçen numunenin kesit alanı, m^2

F : Boyut düzeltme faktörü

I_s : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım, MPa

$I_{s(50)}$: Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi, MPa

Bu çalışmada kayaç numunelerinin nokta yükleme indeks değerleri eksenel tipteki karot numuneleri üzerinde belirlenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Nokta yükleme deneyi için hazırlanmış eksenel tipteki tipik örnekleri

3.2.5. Schmidt Çekici ile Sertlik Belirleme Deneyi

Bu deney Schmidt çekici kullanılarak, kayaçların Schmidt geri sıçrama sertliğinin belirlenmesi için yapılmaktadır. N ve L olarak adlandırılan iki farklı tipte Schmidt çekici kullanılarak kayaçları sertlikleri belirlenmektedir (ISRM, 2007). Bu çalışmada kayaçların yüzey sertliğini belirlemek için L tipi analog Schmidt çekici kullanılmıştır. Bu deneyde hem doğal taş ocaklarında bloklar üzerinde hem de laboratuvara getirilen blok veya düzensiz şekilli doğal taş örnekleri üzerinde farklı noktalara 20 vuruş yapılmış ve en yüksek 10 değerın ortalaması alınarak kayaçların sertlikleri Schmidt çekici ile belirlenmiştir.

OKK Madencilik firmasına ait gri bej ve kahverengi bej ocaklarında bloklar üzerinde ocakta ölçümler yapılmış, MRT Madencilik firmasına ait ocakta ise ocaktan alınan blok numuneler üzerinde ölçümler yapılmıştır. OKK Madencilik Alibeyhüyüğü gri bej ocağında önce basamaklar üzerinde 3 m² lik bir alanda karelaj hazırlanıp 20 cm aralıklarla toplamda 96 vuruş yapılarak basamakların Schmidt çekici sertlik değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.13b). Yine aynı şekilde OKK Madencilik Kavak kahverengi bej ocağında kesilen basamak üzerinde sistematik bir şekilde Schmidt çekici sertlik deneyleri yapılmıştır (Şekil 3.13a).



Şekil 3.13. OKK madencilik Kavak (a) ve Alibeyhüyüğü (b) ocaklarında basamaklarda yapılan Schmidt çekici sertlik deneyleri

Daha sonra OKK Madencilik firmasına ait gri bej ocağında Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesi kesim yaptıktan sonra basamağın üst kısmında 10 m uzunluğunda kesilen hat üzerinde her 20 cm de bir Schmidt çekici sertlik deneyi yapılmıştır (Şekil 3.14). Burada amaç makine kesim yaparken kayıt edilen elektriksel parametrelerin hat boyunca değişimi ile Schmidt çekici sertlik değerlerinin değişimi arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.



Şekil 3.14. Fantini 70 SUPER-H zincirli kesme makinesinin kesim yaptığı hat boyunca (a) her 20 cm de yapılan sistematik Schmidt çekici sertlik deneyleri (b)

3.2.6. Sonik hız deneyi

Bu deney, kayaç örnekleri içerisinde geçirilen sıkışma (P) ve makaslama (S) dalgalarının yayılma hızlarından yararlanılarak, kayaç malzemesinin dinamik Young

modülü ile dinamik Poisson oranının tayini amacıyla yapılır. Yöntem, homojen ve izotrop veya çok az derecede anizotropiye sahip kayaçlarda uygulanır.

Karotun yüzeyleri ile gönderici ve alıcı (çevirgeç) arasındaki temas arttırılarak boşluk kalmasını önlemek amacıyla, örneğin alt ve üst yüzeylerine vazelin, gres veya jel sürülür. Sinyal üreticisinin voltaj çıktısı, yükselticinin ve osiloskobun duyarlılığı doğru zaman ölçümünün sağlanması için optimum bir seviyeye ayarlanır. Dakikada bir veya iki okuma alacak şekilde sinyal gönderilerek sıkışma dalgasının (P) örnekten geçiş süresi (t_p) % 1 duyarlılıkta ölçülür. Daha sonra makaslama dalgasının geçiş süresi (t_s) % 2 duyarlılıkta ölçülür. Yayılma hızlarının 3.11 ve 3.12 eşitlikleri ile hesaplanır.

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad (3.11)$$

$$V_s = \frac{L}{T_s} \quad (3.12)$$

Burada;

V_p : P dalgasının yayılma hızı, m/s

V_s : S dalgasının yayılma hızı, m/s

L : Silindirik kayaç numunesinin boyu, mm

T_p : ($t_p - t_0$); P dalgasının etkin ilerleme zamanı, μs

T_s : ($t_s - t_0$); S dalgasının etkin ilerleme zamanı, μs

t_p : P dalgasının ölçülen yayılma zamanı, μs

t_s : S dalgasının ölçülen yayılma zamanı, μs

t_0 : Ölçülen sıfır(başlangıç) zamanı, μs

Bu çalışmada kayaç numunelerinin P dalga hızı MATEST marka dijital göstergeli 55 kHz gönderici ve alıcıya (çevirgeç) sahip sonik test cihazıyla tespit edilmiştir (Şekil 3.15). Sonik hız deneylerinde tek eksenli basınç deneyi için hazırlanmış 54 mm çapında yaklaşık 135-137 cm uzunluğunda her kaya tipi için 10'ar adet silindirik karot örnekleri kullanılmıştır. Deney esnasında geçirgenliği daha iyi sağlamak için jel kullanılmıştır.



Şekil 3.15. Kayaçların P dalga hızını belirlemek için kullanılan MATEST sonik cihazı

3.3. Elektriksel Parametrelerin Elde Edilmesi İçin Veri Toplama Sistemi ve Diğer Arazi Ölçümleri

Bu tez çalışmasında arazi ölçümlerinde ilk yapılan işlem zincirli kesme makinelerinin verimini belirlemek için makine doğal taş kesimi yaparken elektrik şebekesinden çektiği gücün ve harcadığı enerjinin belirlenmesi için bazı elektriksel parametrelerin ölçümü olmuştur. Bu elektriksel parametreleri belirlemek birçok alet veya donanım kullanılmaktadır ancak en etkili olanı makine kesim yaparken şebekeye ait akım, gerilim, güç faktörü, akım ve gerilim harmonikleri, aktif, reaktif ve görünür güçler gibi birçok elektriksel parametreyi aynı anda ölçme imkânı veren güç analizörü kullanılarak yapılan ölçümlerdir. Bunun için arazi ölçümlerinde zincirli kesme makinesi doğal taş kesimi yaparken elektrik şebekesinden çektiği elektriksel parametreler Şekil 3.16' de gösterilen mikroişlemcili bir analizör olan Entes marka MPR63 güç analizörü

kullanılarak kayıt edilmiştir. MPR63 cihazı bir elektrik şebekesine ait tüm parametreleri ölçmek ve istenildiğinde kaydetmek amacıyla tasarlanmıştır. DSP (Dijital Signal Processor) tabanlı universal bir cihazdır. Ölçülen parametreler 3,6 inç.lik LCD ekranda görüntülenmekte ve isteğe bağlı olarak anlık değişimlerinde görünmesi için bilgisayar ortamına da kayıt edilebilmektedir. MPR63 cihazı MODBUS seri haberleşme arayüzüne sahiptir. MPR63 güç analizörü Çizelge 3.3’de yer alan parametreleri ölçebilme özelliğine sahiptir. Cihaza ait bazı özellikler ise aşağıda verilmiştir (ENTES, 2021).

MPR63 ile Çizelge 3.3’de verilen parametreler ölçülürken bu değerler ekrandan takip edilebilir.

Cihaz akım ve gerilim trafosu çeviri oranlarını değiştirebilme imkânı sağlar.

Cihaz tüm 3 fazlı sistemlerde veri okuma özelliğine sahiptir.

Cihaz RS-485 çıkış özelliğine sahip olması nedeniyle ölçülen tüm verileri bilgisayar ortamına aktarma ve kayıt etme özelliğine sahiptir.

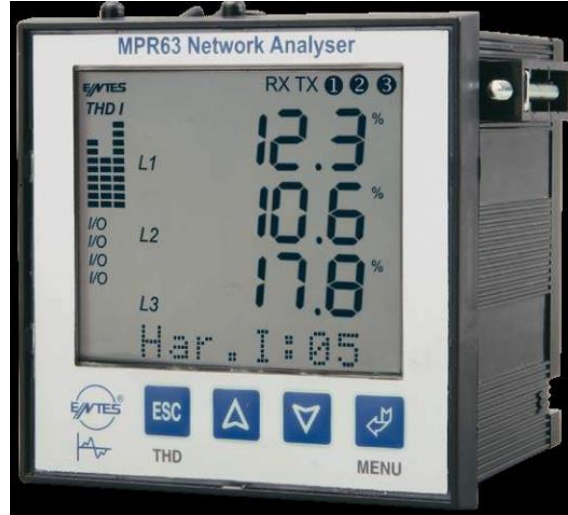
Cihazın kendine ait 1 MB kalıcı belleği sayesinde ölçülen değerleri kendi hafızasına tarih ve saatiyle birlikte kayıt etme özelliği bulunmaktadır. Kendi hafızasına kayıt ettiği bu verileri uygun bir yazılım ile sonradan bilgisayar ortamına aktarabilir.

3 fazlı sistemden parametreleri ölçerken ekranda fazların ölçüldüğünü gösteren faz sembolleri görülebilmektedir. Yine aynı şekilde ekranda harmonikleri her an görebilme özelliği de yer almaktadır.

Cihazın başkaları tarafından ayarlarının değiştirilmemesi için şifreli giriş özelliği yer almaktadır.

Giriş ve çıkış değerlerinin (1-2-3-4) hangisinin aktif olduğunu ekrandan takip edebilme özelliği vardır.

İstenilen parametreyi 0/4-20 mA veya 0/2-10 V çıkışına atayıp bu çıkıştan değeri okunabilir.



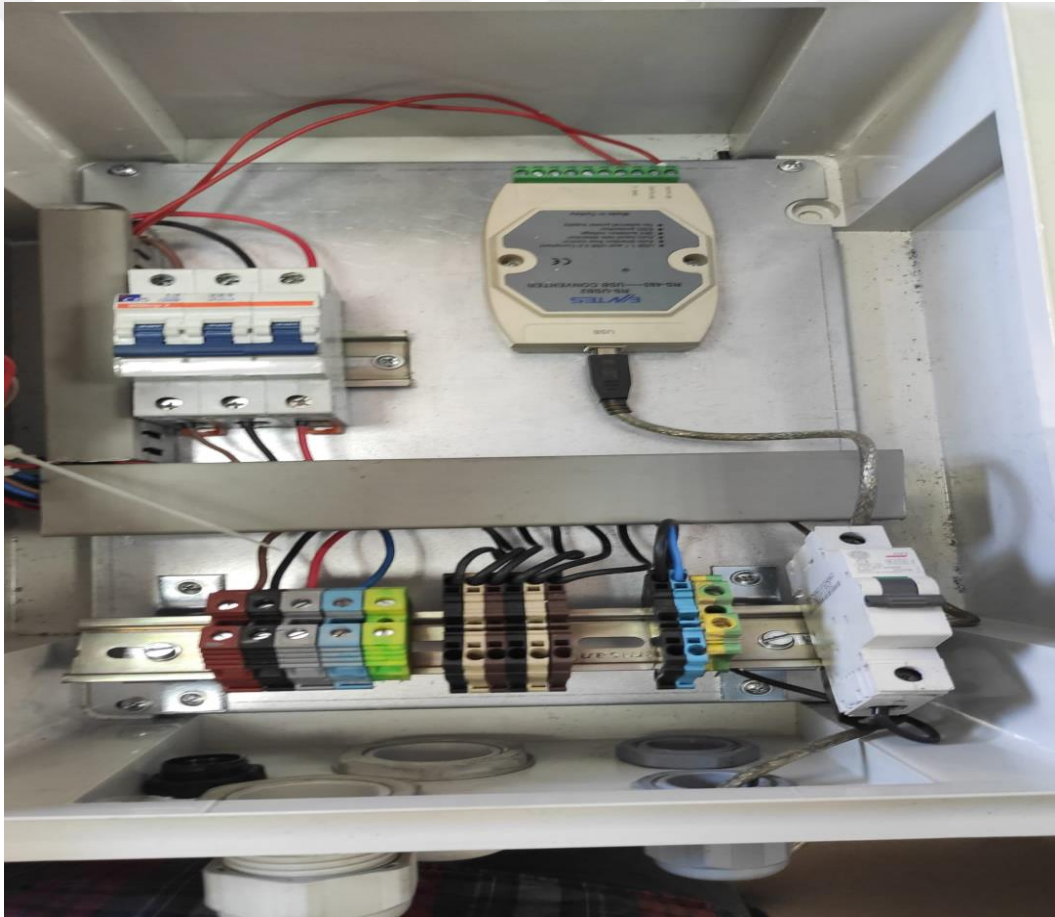
Şekil 3.16. Elektriksel parametrelerin ölçümü için kullanılan MPR63 güç analizörü (ENTES, 2021).

Çizelge 3.3. MPR63 güç analizörünün ölçebildiği elektriksel parametreler (ENTES, 2021).

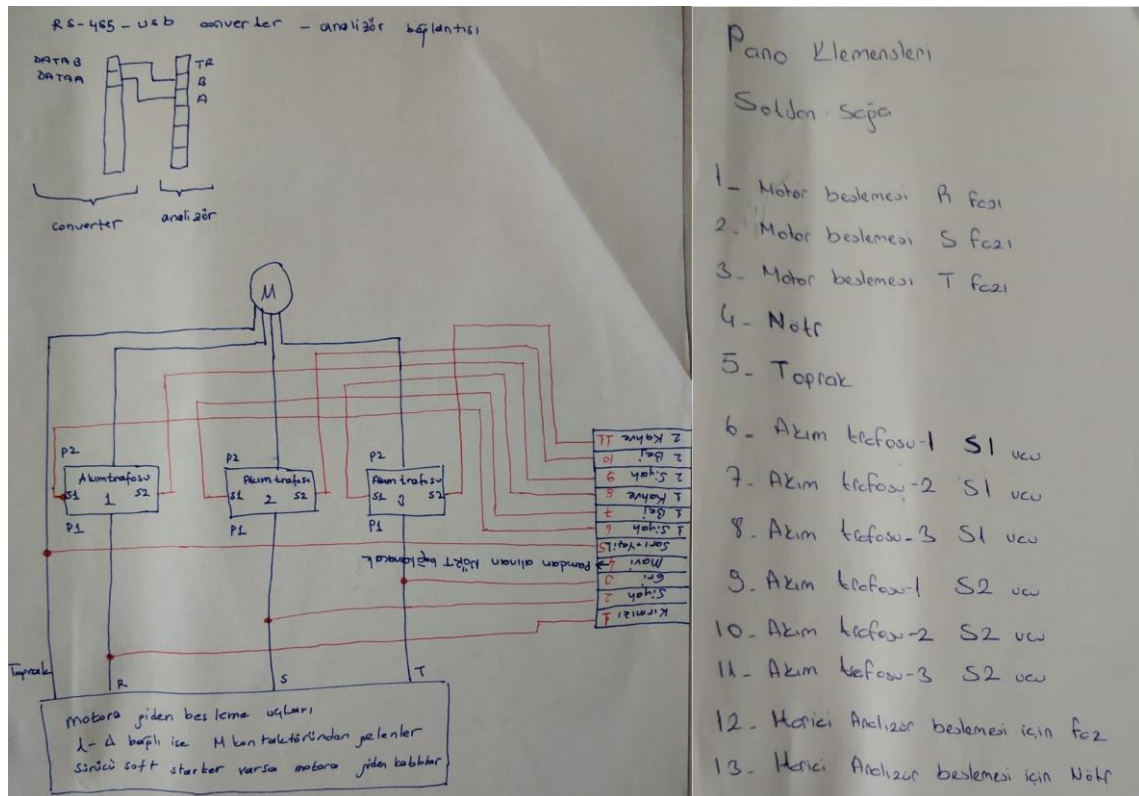
*V _{L1, L2, L3}	(Faz Gerilimleri)
*V _{L12, L23, L31}	(Faz-Faz Gerilimleri)
*V _L (Ortalama)	(Toplam Faz Gerilimlerinin Ortalaması)
*V _L (Ortalama)	(Toplam Faz-Faz Gerilimlerinin Ortalaması)
*Frekans	(Frekans)
*I _{L1, L2, L3}	(Faz Akımları)
*ΣI	(Toplam Faz Akımları)
*P _{L1, L2, L3(W)}	(Aktif Güç)
*Q _{L1, L2, L3(VAr)}	(Reaktif Güç)
*S _{L1, L2, L3(VA)}	(Görünür Güç)
*ΣP. (W)	(Toplam Aktif Güç)
*ΣQ. (VAr)	(Toplam Reaktif Güç)
*ΣS. (VA)	(Toplam Görünür Güç)
*COSφ _{L1, L2, L3}	(Yerdeğiştirme Güç Katsayısı)
*PF _{L1, L2, L3}	(Güç Faktörü)
ΣP.F.	(Toplam Güç Faktörü)
Exp.(KWh)	(Export Aktif Enerji)
Imp.(KWh)	(Import Aktif Enerji)
Ind. (KVArh)	(İndüktif Reaktif Enerji)
Cap.(KVArh)	(Kapasitif Reaktif Enerji)
*H-V _{L1, L2, L3}	(Gerilimlerin Harmonikleri)
*THD %V 2.-31.	(Toplam Gerilim Harmonikleri)
*H-I _{L1, L2, L3}	(Akımların Harmonikleri)
*THD %I 2.-31.	(Toplam Akımların Harmonikleri)
*Max. V _{LN}	(Maksimum Faz Gerilimleri)
*Min. V _{LN}	(Minimum Faz Gerilimleri)
*Max. Demand IL	(Faz Akımlarının Maksimum Demandı)
*Min. Demand IL	(Faz Akımlarının Minimum Demandı)
*Max. Demand ΣI	(Toplam Faz Akımlarının Maksimum Demandı)
*Min. Demand ΣI	(Toplam Faz Akımlarının Minimum Demandı)
*Demand IL	(Faz Akımlarının Demandı)
*Demand ΣIL	(Toplam Faz Akımlarının Demandı)
*Demand ΣW	(Toplam Aktif Güçlerin Demandı)
*Demand ΣVAr	(Toplam Reaktif Güçlerin Demandı)
*Demand ΣVA	(Toplam Görünür Güçlerin Demandı)
Hr.	(Saat)
Min.	(Dakika)
Sec.	(Saniye)
Day	(Gün)
Mo.	(Ay)
Year	(Yıl)
CTR	(Akım Trafosu Oranı)
VTR	(Gerilim Trafosu Oranı)
IOS	(Röle Pozisyonu)
*In	(Nötr Akımı)
Max. Demand ΣW	(Toplam Aktif Güçlerin Maksimum Demandı)
Max. Demand ΣVAr	(Toplam Reaktif Güçlerin Maksimum Demandı)
Max. Demand ΣVA	(Toplam Görünür Güçlerin Maksimum Demandı)
Min. Demand ΣW	(Toplam Aktif Güçlerin Minimum Demandı)
Min. Demand ΣVAr	(Toplam Reaktif Güçlerin Minimum Demandı)
Min. Demand ΣVA	(Toplam Görünür Güçlerin Minimum Demandı)

3.3.1. Elektrik Panosundan Elektriksel Parametrelerin Ölçümü

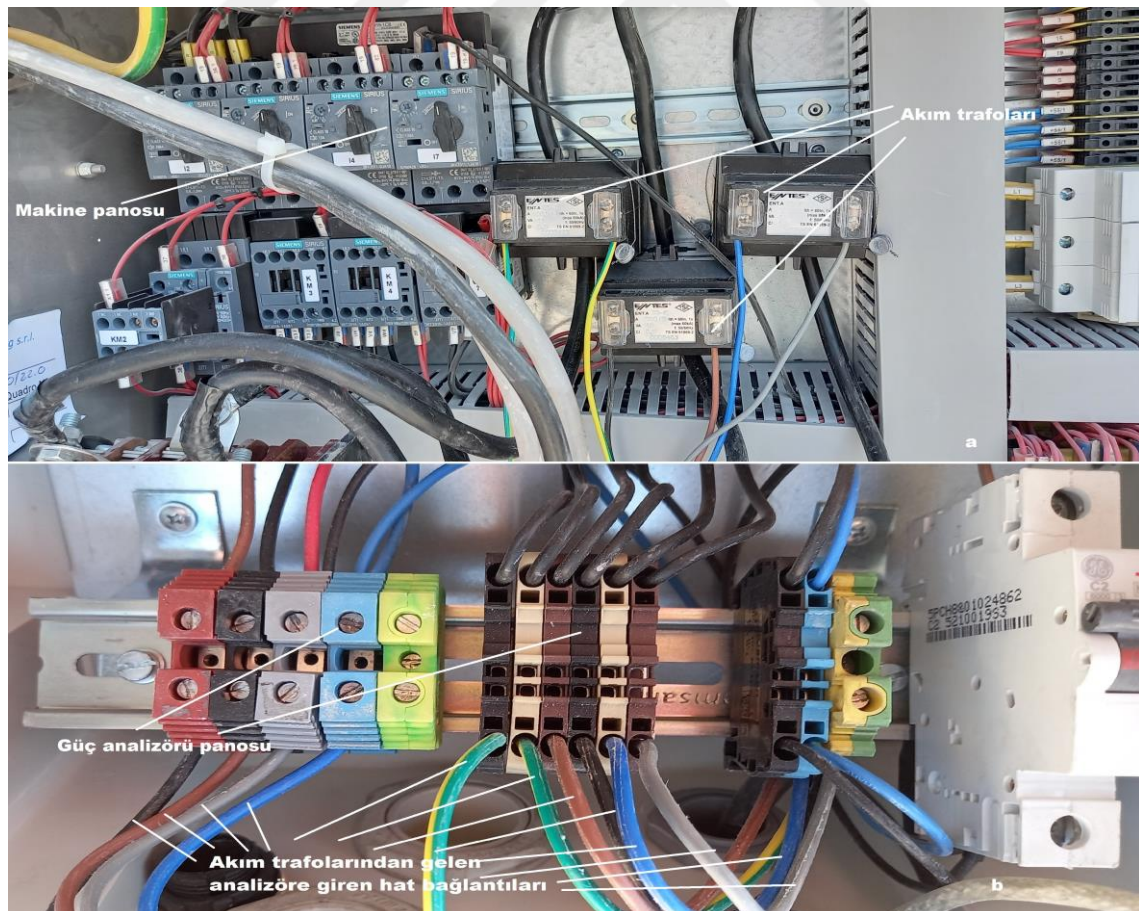
Zincirli kesme makinesi kesim yaparken elektrik şebekesinden çektiği voltaj (V), akım (A), aktif güç (Watt), toplam aktif güç (ΣP), reaktif güç (Var), güç faktörü (PF), frekans (Hz), aktif enerji (kVarH) ve reaktif enerji (kVarH) gibi bazı elektriksel parametreler MPR63 ile kayıt altına alınmıştır. MPR63 güç analizörünün MODBUS seri haberleşme özelliğine sahip olması ve RS-485 çıkış özelliği sayesinde ölçülen parametreler bilgisayar ortamına kayıt edilmektedir. Şekil 3.17’de MPR63 güç analizörünün için oluşturulan pano ve veri alma sistemi verilmektedir. Güç analizörünün bağlantı şeması Şekil 3.18’de ve kesim makinesinin panosuna akım trafolarının bağlantısı ve analizöre giren hat bağlantısı ise Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.17. Güç analizörünü kesme makinesine entegre etmek için oluşturulan pano ve RS-485 bağlantısı



Şekil 3.18. Güç analizörünün pano bağlantı şeması



Şekil 3.19. Akım trafolarının kesim makinesinin panosuna bağlantı şekli (a) ve bu panodan güç analizörü panosuna giren hat bağlantıları (b)

55 kW'lık ana motor gücüne (Şekil 3.20) sahip olan Fantini 70 SUPER-H ve Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinelerinin kesim yaparken elektrik şebekesinden çektikleri akım, gerilim, aktif güç, $\cos\phi$ ve diğer bazı elektriksel parametreleri kayıt etmek için hazırlanan güç analizörü panosu Şekil 3.21 de görüldüğü gibi zincirli kesme makinelerinin elektrik panolarına entegre edilerek bu değerler kayıt altına alınmıştır.

V	Hz	kW	rpm	A	$\cos\phi$	Duty
690Y	50	55	1485	55,7	0,85	S1
400D	50	55	1485	97,8	0,85	S1
660Y	50	55	1482	58,8	0,86	S1
380D	50	55	1482	102	0,86	S1
415D	50	55	1486	95,2	0,84	S1
460D	60	55	1787	85,8	0,84	S1

IE3-50Hz-95,5(100%)-95,7(75%)-95,7(50%)
 IE3-60Hz-95,7(100%)-95,8(75%)-95,2(50%)
 Prod.code 3GA
 6315

Şekil 3.20. Zincirli kesme makinelerine ait motor etiketi

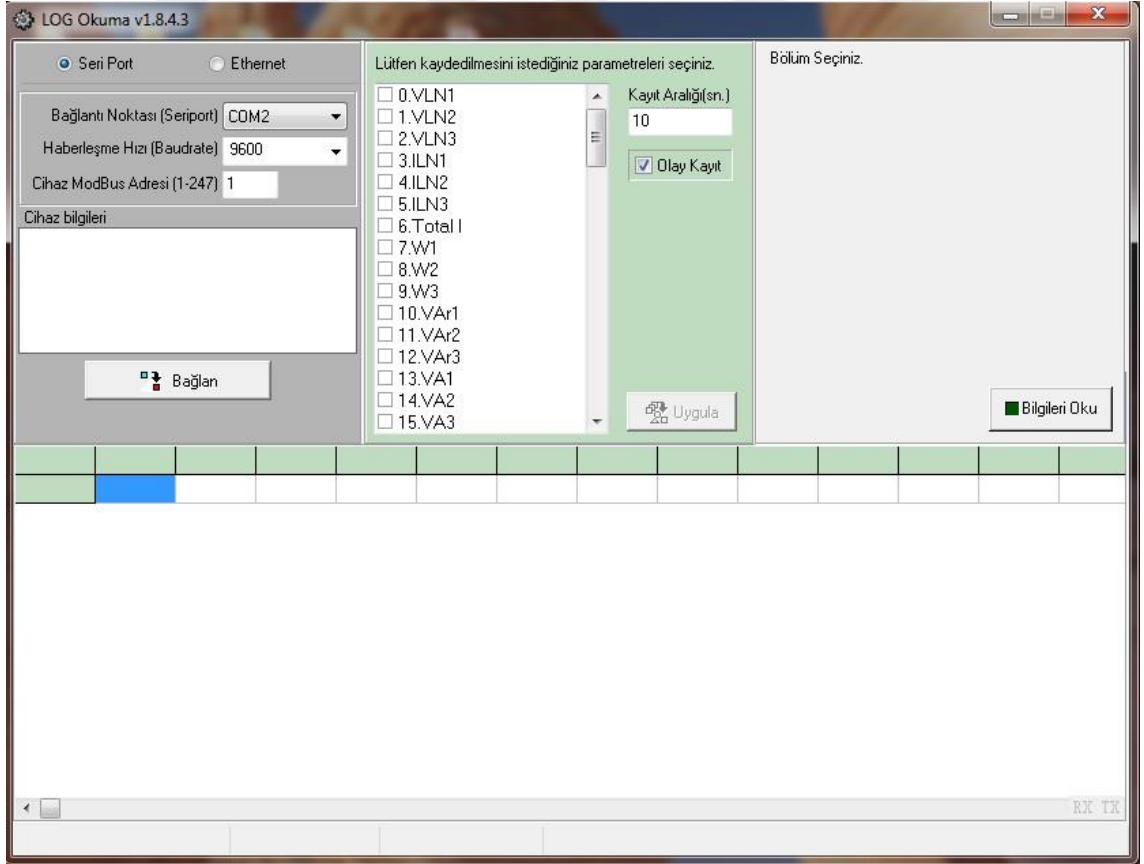


Şekil 3.21. Güç analizörü için hazırlanan panonun zincirli kesme makinelerinin elektrik panolarına bağlantısı

MPR63 güç analizörünün kayıt ettiği elektriksel parametreler Log Okuma Programı yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Bu Log okuma programı, log tutma özelliği bulunan ENTES cihazlarına seri veya TCP bağlanarak cihaz bilgilerini ve cihazın yetkinliğine göre;

- Olay
- Profil (Enerji)
- Güç
- Gerilim
- Akım
- Toplam Harmonik Bozulma
- Sıcaklık loglarının çekilebildiği bir programdır.

Zincirli kesme makinesinin doğal taşı keserken oluşan bazı elektriksel parametreler MPR63 güç analizörü ile ölçülerek kayıt edilmiş ve Şekil 3.22’de verilen LOG okuma v1.8.4.3 yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Burada veri bant genişliği 9600 bps, veri alma kayıt aralığı 10 sn ve aynı anda 13 parametre ölçülerek kayıt edilmiştir.



Şekil 3.22. MPR63 güç analizöründen verilerin okunması için kullanılan Log okuma programı

Çalışmada kesimler sonucunda elde edilen bu elektriksel parametreler ile birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerji miktarı olan özgül kesme enerji değeri (kWh/m^3) hesaplanmıştır (Eşitlik 3.11). Kesim esnasında zincirli kesme makinesinin çektiği akım, gerilim ve net güç değerleri makinenin panelinde bulunan MPR63 güç analizörü aracılığıyla kaydedilmiş ve bu değerlerin ortalamasının kesim süresiyle çarpımının, makinenin kayada açtığı kanalın hacmine bölünmesiyle özgül kesme enerjisi değeri hesaplanmıştır. Zincirli kesme makinesi doğal taşı kesmeye başlamadan önceki elektriksel parametre değerleri hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Bu sayede özgül kesme enerji değişimleri net enerji değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

$$SE = E_t / Q \quad (3.11)$$

Burada;

SE: Özgül kesme enerjisi (kJ/m^3)

E_t : kayayı keserken makinenin harcadığı toplam enerji (J), $E_t = P \cdot t$; P: ortalama güç tüketimi (kW), t: kesme zamanı (s)

Q: kesme sırasında makine tarafından kayada kesilen kanalın hacmi (m^3)

3.3.2. Zincirli Kesme Makinesine Ait Kesme Şartlarının Ölçümü

Arazi ölçümlerinde zincirli kesme makinesi kesim yaparken ocakta uygulanan kesme şartları ve makineye ait bazı özellikler de kayıt altına alınmıştır. Özellikle spesifik enerjinin hesaplanmasında kullandığımız kesme derinliği, zincirli makinesinin blok üzerinde açtığı kesme kanalının genişliği, kesme uzunluğu gibi bazı değerler ile zincir dönüş hızı, araba ilerleme hızı, kesme kol uzunluğu, kesme açısı, keski tipi, keski sayısı, toplam motor gücü ve makinenin ağırlığı gibi zincirli kesme makinelerinin bazı özellikleri de kayıt altına alınmıştır.

3.3.3. Kesim Sürecinde Bazı Değerlerin Belirlenmesi, Süre Ölçümleri ve Performans Hesaplamaları

Kazı mekaniği prensiplerine göre bir kazı/kesme makinesinin performansını belirlemek için arazide kesim yapılırken kazıcının net ilerleme hızı değeri belirlenerek bir verimlilik değerlendirmesi yapılır. Bu değer kazı makinelerinde spesifik enerji değeri kullanılarak bulunduğu gibi makinenin kazdığı/kestiği alan ve bu alanı ne kadar sürede kestiği gibi bilgiler ile de bulunabilmektedir. Herhangi bir kazı/kesme

makinesinin net kazı/kesme hızı aşağıdaki Eşitlik 3.12 ile hesaplanabilir (Rostami ve ark., 1994).

$$NCR = k \cdot P_{\text{cutting}} / SE \quad (3.12)$$

Burada;

NCR: Net (sadece kazı/kesme yapılan zaman içindeki) kazı hızı (m^3/h)

P_{cutting} : kazı makinesinin kesme gücü (kW)

SE: optimum spesifik enerji (MJ/m^3)

k: kazı makinesinin tipine bağlı olarak keski ile kayaç arasındaki güç iletim katsayısıdır.

Zincirli kesme makinelerinin net kesme hızı ise toplam kesilen alanın kesimde geçen süreye bölünmesiyle hesaplanmaktadır ($m^2/saat$).

Bunun yanında Çopur (2010) ve Tumac (2014) yaptıkları çalışmalarda arazi ölçümlerinden elde edilen veriler ile zincirli kesme makinelerinin performansını belirlemek için iki ayrı eşitlik önermişlerdir. Bunlardan ilki zincirli kesme makinesi penetrasyon indeksi (CSPI) değeridir. Bu değer Eşitlik 3.13 ile hesaplanmaktadır.

$$CSPI = W \cdot H / UCS \quad (3.13)$$

Burada;

CSPI: zincirli kesme makinesi penetrasyon indeksi (m^3)

W: Zincirli kesme makinesinin ağırlığı (ton)

H: Faydalı kesme uzunluğu (m)

UCS: Kesilen doğal taşın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

İkinci performans değeri ise yine Çopur 2010 tarafından önerilen zincirli kesme makinesi alansal net kesme hızı (ANCR) değeridir (Eşitlik 3.14).

$$ANCR = NCR / T = [0.3(P_{\text{cutting}} / 1.3SE)] / T \quad (3.14)$$

Burada;

ANCR: Zincirli kesme makinesi alansal net kazı hızı (m^2/h)

P_{cutting} : Kesme sırasında kayıtlı edilen zincirli kesme makinesinin doğal taşı kesmek için harcadığı güç (kW)

SE: Spesifik enerji değeri (kWh/m^3)

T: Kesme kolunun kalınlığı veya zincir genişliği (m) olarak tanımlanır (üretici firmaya bağlı olarak 42 mm ya da 38 mm olabilmektedir)

Yukarıda belirtilen zincirli kesme makinesinin performans değerlerini hesaplamak için gerekli olan veriler toplam kesme uzunluğu, faydalı kesme derinliği, dalmada kesme uzunluğu, kesilen alan, dalma için harcanan zaman, toplam kesme süresi, ortalama net kesme hızı gibi değerler makine kesim yaparken ölçülerek kayıt altına alınmıştır.



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 3 farklı doğal taş ocağında kullanılan zincirli kesme makinelerine ait performans değerleri arazi ölçümleri sonucunda elde edilmiş ve kesilen kayaç özellikleri ile olan ilişkisi istatistiksel olarak araştırılmıştır. Bu bölümde ilk önce laboratuvarında ocaklardan alınan kayaç örneklerine ait fiziksel ve mekanik özellikler verilmiştir. Daha sonra OKK madencilik firmasına ait Alibeyhüyüğü gri bej ocağı ile Kavak kahverengi bej ocaklarında kullanılan Fantini 70 SUPER H zincirli kesme makinesi ve MRT madencilik Çayırbağı gri bej ocağında kullanılan Benetti CSM 968 zincirli kesme makinelerinin kesim yaparken oluşan elektriksel parametreler kayıt altına alınmış ve elde edilen değerler bu bölümde verilmiştir. Son olarak zincirli kesme makinelerine ait arazide ölçülen performans değerleri kullanılarak en yaygın olarak kullanılan performans değerleri her ocak için hesaplanmış ve bu bölümde verilmiştir.

4.1. Kaya Mekaniği Deney Sonuçları

Kaya mekaniği deneyleri ISRM (2007) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Her kayacı temsilen deneyler için 20'şer adet silindirik karot örneği hazırlanmıştır. Bu 20 karotun 10 tanesinde önce Sonik hız deneyi yapılmış sonrada tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Diğer 10 karot numunesi üzerinde; nokta yükleme, yoğunluk ve Brazilian deneyleri yapılmıştır. Her kayaç türüne ait ilgili deney sonuçları yapılan deney değerlerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

4.1.1. Yoğunluk ve Porozite Deneyi Sonuçları

Kayaçların yoğunluk ve porozite özelliklerini belirlemek için hazırlanan 10'ar adet örnekler kullanılmıştır. Çizelge 4.1'de 3 doğal taş ocağından alınan kayaç örneklerine ait yoğunluk ve porozite deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kayaçlara ait yoğunluk ve porozite deney sonuçları

Numune No	Doğal Ağırlık (g)	Sudaki Ağırlık (W _{sub}) (g)	Suya doyurulmuş Ağırlık (W _{sat}) (g)	Bulk Hacmi B _v (cm ³)	Kuru Ağırlık G _w	Gözenek Hacmi P _v (cm ³)	Porozite (%)	Yoğunluk (g/cm ³)
MRT 1	165,51	103,90	165,63	61,73	165,43	0,20	0,32	2,68
MRT 2	168,41	105,70	168,60	62,90	168,31	0,29	0,46	2,68
MRT 3	162,72	102,30	162,86	60,56	162,62	0,24	0,40	2,69
MRT 4	162,56	102,20	162,75	60,55	162,44	0,31	0,51	2,68
MRT 5	167,40	105,10	167,62	62,52	167,30	0,32	0,51	2,68
MRT 6	166,71	104,70	166,90	62,20	166,59	0,31	0,50	2,68
MRT 7	163,82	102,70	164,21	61,51	163,70	0,51	0,83	2,66
MRT 8	167,47	105,30	167,65	62,35	167,40	0,25	0,40	2,69
MRT 9	167,91	105,50	168,06	62,56	167,82	0,24	0,38	2,68
MRT 10	163,61	102,70	163,70	61,00	163,56	0,14	0,23	2,68
Ort. Std.Sapma								2,68 ± 0,06
OKK G1	166,34	105,80	167,13	61,33	165,98	1,15	1,88	2,71
OKK G2	163,97	103,50	164,05	60,55	163,88	0,17	0,28	2,71
OKK G3	168,07	105,90	168,12	62,22	167,99	0,13	0,21	2,70
OKK G4	165,31	103,90	165,36	61,46	165,22	0,14	0,23	2,69
OKK G5	168,86	106,30	169,02	62,72	168,73	0,29	0,46	2,69
OKK G6	165,70	104,40	165,86	61,46	165,54	0,32	0,52	2,70
OKK G7	167,88	106,80	168,26	61,46	167,57	0,69	1,12	2,73
OKK G8	167,07	105,60	167,19	61,59	166,91	0,28	0,45	2,71
OKK G9	171,61	108,90	171,82	62,92	171,40	0,42	0,67	2,73
OKK G10	169,19	106,90	169,31	62,41	169,04	0,27	0,43	2,71
Ort. Std. Sapma								2,71 ± 0,01
OKK K1	163,63	102,10	164,01	61,91	163,38	0,63	1,02	2,64
OKK K2	161,06	100,60	161,53	60,93	160,91	0,62	1,02	2,64
OKK K3	155,91	97,50	156,18	58,68	155,77	0,41	0,70	2,66
OKK K4	161,80	100,70	162,25	61,55	161,57	0,68	1,10	2,63
OKK K5	168,20	105,00	168,50	63,50	167,86	0,64	1,01	2,65
OKK K6	158,94	99,00	159,26	60,26	158,62	0,64	1,06	2,64
Ort. Std. Sapma								2,64 ± 0,01

4.1.2. Dolaylı Çekme (Brazilian) Dayanımı Deneyi Sonuçları

Kayaçların çekme dayanımı dolaylı çekme (Brazilian) deneyi yöntemi ile belirlenmiştir. ISRM (2007) standartlarına uygun olarak hazırlanmış 10 adet kayaç örneği 300 ton'luk hidrolik pres vasıtasıyla deneylere tabi tutulmuştur. Dolaylı çekme deneyine tabi tutulmuş örnekler için Şekil 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar yardımıyla doğal taş ocaklarından alınan kayaç örneklerine ait çekme dayanımı değerleri Çizelge 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. MRT gri bej ve OKK gri bej kayaç numunelerinin dolaylı çekme deneyi sonrası görünümü

Çizelge 4.2. Kayaç örneklerine ait dolaylı çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Çekme Dayanımı (MPa)
MRT 1	54,03	28,67	9,69	3,98
MRT 2	52,44	29,16	9,99	4,16
MRT 3	52,47	28,24	8,84	3,80
MRT 4	52,47	28,95	13,32	5,58
MRT 5	52,44	28,87	12,29	5,16
MRT 6	52,67	28,37	8,60	3,66
MRT 7	52,46	29,12	8,96	3,73
MRT 8	52,59	27,95	7,45	3,22
MRT 9	52,43	29,16	12,90	5,37
MRT 10	52,47	28,61	8,78	3,72
Ort.				4,24
Std.Sapma				±0,82
OKK G1	52,51	28,48	3,94	1,67
OKK G2	52,54	29,13	12,96	5,39
OKK G3	52,57	28,55	23,07	9,78
OKK G4	52,54	29,10	11,87	4,94
OKK G5	52,46	29,54	6,78	2,78
OKK G6	52,42	28,36	8,30	3,55
OKK G7	52,48	28,94	15,62	6,54
OKK G8	52,46	29,32	11,99	4,96
OKK G9	52,66	28,94	13,26	5,53
OKK G10	52,5	28,73	5,69	2,40
Ort.				4,75
Std.Sapma				±2,35
OKK K1	52,46	28,35	16,17	6,92
OKK K2	52,47	27,87	17,99	7,82
OKK K3	52,45	28,23	19,20	8,25
OKK K4	52,44	27,67	17,20	7,54
OKK K5	52,41	27,41	8,84	3,91
OKK K6	52,43	28,33	17,50	7,49
OKK K7	52,39	28,99	5,27	2,21
Ort.				6,31
Std.Sapma				±2,31

4.1.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Kayaçlar için hazırlanan silindir şeklindeki karot numuneler, ISRM (2007) standartlarına uygun olarak Boy/Çap oranları 2,5-3 arasında olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu silindirik numuneler 300 tonluk preste 0,5-1 MPa/sn yükleme hızında yükleme yapılarak tek eksenli basınç dayanımları belirlenmiş ve sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Şekil 4.2’de deney öncesi ve deney sonrası numunelerin görünümü verilmiştir.



Şekil 4.2. Kayaç örneklerine ait tek eksenli basınç deneyi sonrası numunelerin görünümü

Çizelge 4.3. Kayaç örneklerine ait tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune No	Çap (mm)	Boy (mm)	Boy/Çap Oranı	Alan (m ²)	Kırılma Yüğü (kN)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
MRT 1	52,51	137,76	2,62	0,00217	118,5	54,72
MRT 2	52,54	137,81	2,62	0,00217	70,4	32,47
MRT 3	52,55	138,12	2,63	0,00217	117,5	54,18
MRT 4	52,52	137,36	2,62	0,00217	105	48,47
MRT 5	52,54	137,82	2,62	0,00217	101,6	46,86
MRT 6	52,51	137,99	2,63	0,00217	107,6	49,69
MRT 7	52,52	137,60	2,62	0,00217	-	-
MRT 8	52,70	137,77	2,61	0,00218	-	-
MRT 9	52,74	138,54	2,63	0,00218	136,1	62,30
MRT 10	52,53	138,47	2,64	0,00217	73	33,68
Ort.						47,80
Std.Sapma						±10,27
OKK G1	52,64	138,22	2,63	0,00218	115,5	53,07
OKK G2	52,53	137,50	2,62	0,00217	57,3	26,44
OKK G3	52,54	138,22	2,63	0,00217	119,4	55,07
OKK G4	52,01	137,61	2,65	0,00212	91,2	42,93
OKK G5	52,52	137,54	2,62	0,00217	119,9	55,35
OKK G6	52,59	137,95	2,62	0,00217	-	-
OKK G7	52,61	138,01	2,62	0,00217	60,5	27,83
OKK G8	52,55	138,10	2,63	0,00217	-	-
OKK G9	52,50	138,14	2,63	0,00216	98,7	45,59
OKK G10	52,49	138,42	2,64	0,00216	63,2	29,21
Ort.						41,94
Std.Sapma						±12,49
OKK K1	52,48	137,55	2,62	0,00216	67,5	31,21
OKK K2	52,26	137,35	2,63	0,00215	125,8	58,65
OKK K3	52,47	137,30	2,62	0,00216	93,3	43,15
OKK K4	52,48	136,49	2,60	0,00216	102,1	47,20
OKK K5	52,49	137,31	2,62	0,00216	140,6	64,97
OKK K6	52,53	137,32	2,61	0,00217	123,9	57,17
OKK K7	52,46	137,38	2,62	0,00216	42,7	19,76
OKK K8	52,56	138,06	2,63	0,00217	87,6	40,37
Ort.						45,31
Std.Sapma						±15,07

4.1.4. Sonik Hız Deneyi Sonuçları

Bu deney kayaçların içerisinde geçen P dalgasının yayılma hızını bulmak için yapılmıştır. Bu deneyde tek eksenli basınç deneyi için hazırlanan silindirik karot örnekleri kullanılarak MATEST sonik cihazı yardımıyla P dalga hızı ölçülmüştür. Şekil 4.3’de deneyde kullanılan numuneler verilmiştir. Seydişehir-Kavak travertenine ait P dalga hızı değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Kayaç numunelerinde sonik hız deneyinin yapılışı

Çizelge 4.4. Kayaçlara ait P dalga hızı deney sonuçları

Numune No	Çap (mm)	Boy (mm)	Dalganın İlerleme Zamanı (μ s)	V_p (km/sn)
MRT 1	52,51	137,76	21,80	6,32
MRT 2	52,54	137,81	21,90	6,29
MRT 3	52,55	138,12	21,70	6,36
MRT 4	52,52	137,36	21,90	6,27
MRT 5	52,54	137,82	21,70	6,35
MRT 6	52,51	137,99	21,90	6,30
MRT 7	52,52	137,60	21,80	6,31
MRT 8	52,70	137,77	21,50	6,41
MRT 9	52,74	138,54	21,80	6,36
MRT 10	52,53	138,47	21,50	6,44
Ort.				6,34
Std.Sapma				$\pm 0,05$
OKK G1	52,64	138,22	22,20	6,23
OKK G2	52,53	137,50	21,30	6,46
OKK G3	52,54	138,22	21,40	6,46
OKK G4	52,01	137,61	21,50	6,40
OKK G5	52,52	137,54	21,20	6,49
OKK G6	52,59	137,95	21,60	6,39
OKK G7	52,61	138,01	21,40	6,45
OKK G8	52,55	138,10	21,40	6,45
OKK G9	52,50	138,14	21,50	6,43
OKK G10	52,49	138,42	21,60	6,41
Ort.				6,42
Std.Sapma				$\pm 0,07$
OKK K1	52,48	137,55	22,70	6,06
OKK K2	52,26	137,35	23,00	5,97
OKK K3	52,47	137,30	21,80	6,30
OKK K4	52,48	136,49	21,70	6,29
OKK K5	52,49	137,31	21,80	6,30
OKK K6	52,53	137,32	21,90	6,27
OKK K7	52,46	137,38	22,10	6,22
OKK K8	52,56	138,06	22,00	6,28
Ort.				6,21
Std.Sapma				$\pm 0,13$

4.1.5. Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Nokta yükleme dayanımı deneyi için ISRM (2007) standartlarına uygun eksenel tipte deney örnekleri hazırlanmıştır. Deneyde kalınlığı 27-29 arasında olan örnekler kullanılmıştır. Kayaç örneklerine ait deney sonrası görünüm Şekil 4.4’de gösterilirken, Çizelge 4.5’de de kayaç örneklerine ait nokta yükleme dayanımı sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.4. Kayaç örneklerine ait nokta yükleme deneyi sonrası görüntüler

Çizelge 4.5. Kayaçlara ait nokta yükleme dayanım deneyi sonuçları

Numune No	Çap (mm)	Boy (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Is (MPa)	F Düzeltme katsayısı	I _{s(50)} (MPa)
MRT 1	52,54	28,71	9,19	4,79	0,942	4,51
MRT 2	52,11	29,51	8,87	4,53	0,946	4,29
MRT 3	52,71	28,42	10,53	5,52	0,941	5,19
MRT 4	52,56	28,18	8,19	4,34	0,939	4,08
MRT 5	52,54	28,98	9,21	4,75	0,944	4,49
MRT 6	52,59	28,88	11,78	6,09	0,944	5,75
MRT 7	52,61	28,46	10,26	5,38	0,941	5,06
MRT 8	52,58	28,98	11,73	6,05	0,945	5,71
MRT 9	52,55	29,28	9,18	4,69	0,947	4,44
MRT 10	52,29	28,77	9,69	5,06	0,942	4,76
Ort.						4,83
Std.Sapma						±0,58
OKK G1	52,49	28,39	14,71	7,75	0,940	7,29
OKK G2	52,71	28,34	8,98	4,72	0,940	4,44
OKK G3	52,51	29,10	6,28	3,23	0,945	3,05
OKK G4	52,52	28,55	8,98	4,70	0,941	4,43
OKK G5	52,56	28,98	8,39	4,33	0,944	4,09
OKK G6	52,58	28,63	9,14	4,77	0,942	4,49
OKK G7	52,51	28,44	15,30	8,05	0,940	7,57
OKK G8	52,52	28,60	13,44	7,03	0,942	6,62
OKK G9	52,59	29,13	15,64	8,02	0,946	7,58
OKK G10	52,50	28,99	10,69	5,52	0,944	5,21
Ort.						5,48
Std.Sapma						±1,65
OKK K1	52,50	28,69	8,45	4,41	0,942	4,15
OKK K2	52,53	28,23	7,36	3,90	0,939	3,66
OKK K3	52,56	27,36	8,39	4,58	0,932	4,27
OKK K4	52,53	28,97	8,10	4,18	0,944	3,95
OKK K5	52,53	29,25	9,25	4,73	0,946	4,47
OKK K6	52,59	28,40	9,02	4,74	0,940	4,46
Ort.						4,16
Std.Sapma						±0,32

4.1.6. Schmidt Çekici Sertlik Deneyi Sonuçları

Kayaçların yüzey sertlikleri L tipi Schmidt çekici ile belirlenmiştir. MRT gri bej ocağından laboratuara blok şeklinde getirilen kayaç numuneleri üzerinde 20 farklı noktada ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerden en yüksek %50'sinin ortalaması alınarak kayaçların yüzey sertlikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.6). OKK kahverengi bej ocağında kesilen basamak üzerinde Schmidt sertliği ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. MRT gri bej kayaç örneğine ait Schmidt sertliği deney sonuçları

Numune No	Schmidt sertliği değeri
1	71
2	69
3	67
4	67
5	67
6	67
7	66
8	66
9	66
10	66
Ort.	67,13
Std.Sapma	±1,81

Çizelge 4.7. OKK kahverengi bej ocağında basamakta yapılan Schmidt sertliği deney sonuçları

Numune No	Schmidt sertliği değeri
1	75
2	74
3	71
4	70
5	70
6	69
7	69
8	67
9	67
10	67
Ort.	69,92
Std.Sapma	±2,73

OKK gri bej ocağında ise 2 farklı şekilde Schmidt sertliği deneyleri yapılmıştır. İlk olarak 3 kademe şeklinde çalışan ocakta her kademedeki sistematik şekilde 3 m²'lik karelajlar oluşturularak sertlik ölçümleri yapılmış ve her basamağın yüzey sertliği ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 4.8'de verilmiştir. OKK gri bej ocağında ikinci sertlik ölçüm şekli ise zincirli kesme makinesi 10 m'lik kesimler yaptıktan sonra her 20 cm de bir yüzey sertliği ölçümleri yapılmış ve ölçümler Çizelge 4.8'de verilmiştir. Burada 6

kesim için ayrı ayrı basamak üstünden zincirli kesim makinesinin kestiği hat boyunca yüzey sertliği ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 4.8. OKK gri bej ocağında 3 basamakta ayrı ayrı yapılan Schmidt sertliği deney sonuçları

1.basamak																
Metrajlar (cm)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0	46	49	56	49	47	60	58	47	57	54	59	48	45	58	51	47
20	43	48	48	47	51	54	55	51	54	54	48	49	47	54	50	54
40	42	51	49	46	54	50	51	54	51	51	43	50	50	49	51	47
60	46	43	43	54	52	56	55	54	54	54	45	47	48	45	56	55
80	47	51	42	47	47	54	55	54	57	56	58	49	54	47	51	50
100	46	49	42	51	51	56	57	58	58	58	59	49	50	49	54	47
2. basamak	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0	49	47	50	49	42	54	42	51	54	54	60	62	60	57	59	58
20	38	43	51	45	50	54	54	48	54	60	55	58	61	59	58	57
40	47	47	46	42	49	51	49	47	49	61	56	54	60	61	59	59
60	40	46	47	45	54	51	49	50	42	62	52	61	62	62	58	60
80	56	41	49	42	60	49	58	55	45	50	61	54	54	58	54	58
100	45	42	48	58	51	59	57	50	54	56	47	50	55	54	55	50
3. basamak	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
0	62	65	61	66	65	66	56	56	51	54	51	49	48	49	51	54
20	58	56	57	66	64	67	65	58	61	61	62	65	62	65	60	66
40	56	67	65	65	66	64	60	59	62	64	66	62	60	62	62	66
60	60	67	56	56	57	62	54	59	61	56	54	54	54	56	59	65
80	62	64	59	62	65	62	64	66	65	58	62	60	58	56	55	64
100	58	66	60	61	57	58	59	61	62	57	59	58	61	59	56	57

Çizelge 4.8. Zincirli kesme makinesinin kesim yaptığı hat boyunca yapılan Schmidt sertliği deney sonuçları

Aralık (cm)	1.KESİM	2. KESİM	3.KESİM	4. KESİM	5. KESİM	6.KESİM
0	54	69	64	75	66	65
20	61	65	70	68	72	71
40	58	68	69	67	69	67
60	67	74	72	62	56	55
80	67	72	67	69	71	72
100	60	67	71	60	67	66
120	71	67	69	69	70	69
140	74	70	76	65	69	68
160	74	69	77	66	58	59
180	74	71	69	56	51	52
200	75	75	71	51	49	50
220	71	71	65	48	48	49
240	67	64	60	46	48	49
260	65	68	67	45	45	43

280	69	69	67	48	48	49
300	71	65	67	48	48	49
320	71	67	60	49	51	50
340	72	68	62	51	54	52
360	68	68	69	54	54	52
380	67	62	67	54	54	52
400	62	70	67	56	56	55
420	67	70	69	57	59	58
440	66	75	67	66	65	66
460	76	68	67	68	69	70
480	68	67	66	69	70	68
500	69	65	64	68	59	60
520	67	65	62	58	62	61
540	65	64	65	61	65	64
560	66	68	62	61	62	64
580	67	69	60	69	64	65
600	69	65	62	67	67	66
620	70	67	69	62	65	67
640	69	68	67	69	58	60
660	69	68	67	60	62	61
680	69	62	69	69	68	67
700	66	70	67	56	67	69
720	70	69	67	75	62	61
740	68	64	74	65	68	67
760	69	68	67	67	67	69
780	67	67	61	71	69	70
800	70	65	60	69	47	49
820	68	68	62	49	58	60
840	69	65	60	59	69	71
860	67	60	62	71	70	69
880	65	65	58	69	67	66
900	66	62	56	66	71	69
920	67	56	65	62	56	55
940		69	66	60	69	71
960		70	66	68	72	74
980		67	66	71	66	65
1000		72	68	67	68	67
Ort. Std. Sapma	67,81 4,17	67,39 3,67	66,05 4,48	61,90 8,31	61,60 8,15	61,68 7,94

4.2. Zincirli Kesme Makinelerine Ait Elektriksel Parametrelerin Ölçüm Sonuçları

Zincirli kesme makineleri kesim yaparken harcadıkları aktif gücü, enerji tüketimini ve spesifik enerji değerini belirlemek için elektrik şebekesinden çektikleri

akım, gerilim, $\cos\phi$, güç değerleri güç analizörü yardımıyla 3 fazdan aynı anda değerler okunmak kaydıyla belirlenmiştir. 3 ayrı ocak için elde edilen değerler ile ilgili bilgiler aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

4.2.1. MRT Madencilik Gri Bej Ocağında Kullanılan Benetti CSM 968 Zincirli Kesme Makinesine Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları

Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesi 55 kW'lık bir motor ile tahrik edilmekte olup maksimum kesici kol uzunluğu 7,30 m'dir. Ocakta zincirli kesme makinesinin kesim şartları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Makine kesime başladığında güç analizörü 3 fazdan akım, gerilim ve diğer parametreleri kayıt etmeye başlamakta ve her 10 sn de 1 veri alarak 13 parametre değerini kayıt altına almaktadır. Bu ocakta 3 ayrı kesimden veriler kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlardan 1. kesime ait bazı değerler Çizelge 4.10'da verilmektedir. Diğer kesimlerden elde edilen değerler ise grafikler şeklinde yer almaktadır.

Çizelge 4.9. MRT ocağında kullanılan Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesi ait kesme şartları

Doğal taş	Gri bej
Kesme yüzeyi	Düşey kesim (yan yüzey)
Toplam kesme uzunluğu	Her bir kesim 6 m olup 3 ayrı kesim toplamda 18 m
Dalmada kesme uzunluğu	Dalım yok (serbest yüzey)
Faydalı kesme derinliği	6,5 m
Kesme genişliği	4,5 cm
Ortalama kesme hızı	90 cm/saat

Çizelge 4.10. MRT ocağında 2. kesimde kayıt altına alınan bazı elektriksel parametreler

Kayıt No.	Tarih	Saat	Akım (I)	Gerilim (V)	$\cos\phi$	Güç (kW)	Enerji (kJ)
0	06.09.2021	14:44:46	49,64	417,9	0,71	25,48	254,81
1	06.09.2021	14:44:56	50,20	418,6	0,71	25,81	258,11
2	06.09.2021	14:45:06	50,13	418,6	0,71	25,78	257,77
3	06.09.2021	14:45:16	50,25	418,8	0,71	25,85	258,51
4	06.09.2021	14:45:26	49,91	417,8	0,72	25,97	259,72
5	06.09.2021	14:45:36	50,04	418,6	0,72	26,09	260,91
6	06.09.2021	14:45:46	50,37	417,9	0,71	25,86	258,57
7	06.09.2021	14:45:56	51,17	417,7	0,71	26,26	262,55
8	06.09.2021	14:46:06	51,19	417,7	0,71	26,26	262,62
9	06.09.2021	14:46:16	51,17	417,8	0,7	25,89	258,91
10	06.09.2021	14:46:26	51,32	418,3	0,71	26,37	263,68
11	06.09.2021	14:46:36	52,23	417,8	0,7	26,42	264,24
12	06.09.2021	14:46:46	50,07	418,5	0,71	25,74	257,36
13	06.09.2021	14:46:56	52,19	417,3	0,72	27,13	271,26
14	06.09.2021	14:47:06	52,05	417,3	0,72	27,06	270,57

15	06.09.2021	14:47:16	52,23	417,4	0,71	26,78	267,76
16	06.09.2021	14:47:26	52,73	416,9	0,7	26,62	266,23
17	06.09.2021	14:47:36	52,53	417,3	0,7	26,55	265,48
18	06.09.2021	14:47:46	52,72	417,6	0,7	26,66	266,61
19	06.09.2021	14:47:56	52,68	417,9	0,7	26,66	266,60
20	06.09.2021	14:48:06	52,56	417,5	0,7	26,57	265,74
21	06.09.2021	14:48:16	52,48	417,7	0,72	27,30	273,05
22	06.09.2021	14:48:26	52,57	417,8	0,71	26,98	269,80
23	06.09.2021	14:48:36	52,40	417,3	0,7	26,48	264,80
24	06.09.2021	14:48:46	52,47	417,5	0,71	26,91	269,06
25	06.09.2021	14:48:56	52,57	418	0,71	26,99	269,93
26	06.09.2021	14:49:06	52,95	417,8	0,71	27,17	271,71
27	06.09.2021	14:49:16	53,80	417,5	0,72	27,98	279,78
28	06.09.2021	14:49:26	53,57	416,7	0,71	27,42	274,21
29	06.09.2021	14:49:36	54,75	420,6	0,71	28,28	282,83
30	06.09.2021	14:49:46	54,53	420	0,72	28,53	285,29
31	06.09.2021	14:49:56	54,61	420,2	0,71	28,19	281,88
32	06.09.2021	14:50:06	53,48	420,7	0,72	28,02	280,25
33	06.09.2021	14:50:16	53,48	421	0,71	27,66	276,55
34	06.09.2021	14:50:26	53,45	420,9	0,71	27,63	276,35
35	06.09.2021	14:50:36	53,47	420,8	0,71	27,64	276,35
36	06.09.2021	14:50:46	53,47	421	0,71	27,65	276,48
37	06.09.2021	14:50:56	53,28	420,4	0,71	27,51	275,13
38	06.09.2021	14:51:06	53,44	420,8	0,71	27,62	276,21
39	06.09.2021	14:51:16	53,23	420,6	0,72	27,89	278,85
40	06.09.2021	14:51:26	53,20	420,7	0,71	27,49	274,91
41	06.09.2021	14:51:36	53,43	420,9	0,72	28,01	280,10
42	06.09.2021	14:51:46	53,31	420,7	0,71	27,55	275,46
43	06.09.2021	14:51:56	53,52	421,3	0,7	27,31	273,06
44	06.09.2021	14:52:06	53,36	421	0,72	27,98	279,82
45	06.09.2021	14:52:16	51,43	419,3	0,71	26,49	264,86
46	06.09.2021	14:52:26	53,35	418,9	0,71	27,45	274,49
47	06.09.2021	14:52:36	54,19	418,1	0,72	28,22	282,20
48	06.09.2021	14:52:46	54,33	419	0,72	28,36	283,57
49	06.09.2021	14:52:56	54,31	418,7	0,71	27,93	279,29
50	06.09.2021	14:53:06	54,29	418,7	0,72	28,32	283,16
51	06.09.2021	14:53:16	54,05	418,5	0,72	28,18	281,77
52	06.09.2021	14:53:26	52,87	419	0,72	27,59	275,91
53	06.09.2021	14:53:36	53,27	420	0,72	27,87	278,67
54	06.09.2021	14:53:46	53,17	419,6	0,72	27,79	277,91
55	06.09.2021	14:53:56	53,32	420,3	0,72	27,91	279,14
56	06.09.2021	14:54:06	53,59	421,5	0,72	28,13	281,34
57	06.09.2021	14:54:16	53,76	421,5	0,72	28,23	282,25
58	06.09.2021	14:54:26	53,75	421,9	0,71	27,85	278,53
59	06.09.2021	14:54:36	53,39	420,8	0,71	27,59	275,94

60	06.09.2021	14:54:46	53,73	421,6	0,72	28,22	282,18
61	06.09.2021	14:54:56	53,52	421,2	0,7	27,30	272,99
62	06.09.2021	14:55:06	53,93	422,5	0,7	27,59	275,95
63	06.09.2021	14:55:16	53,81	422,1	0,71	27,90	279,00
64	06.09.2021	14:55:26	54,20	423,2	0,7	27,78	277,77
65	06.09.2021	14:55:36	54,21	423,2	0,7	27,78	277,84
66	06.09.2021	14:55:46	54,88	424	0,7	28,18	281,79
67	06.09.2021	14:55:56	54,07	425,3	0,71	28,24	282,44
68	06.09.2021	14:56:06	54,72	425,1	0,71	28,57	285,72
69	06.09.2021	14:56:16	54,33	425,7	0,7	28,01	280,10
70	06.09.2021	14:56:26	54,97	425,7	0,71	28,74	287,45
71	06.09.2021	14:56:36	54,73	426,1	0,71	28,65	286,46
72	06.09.2021	14:56:46	54,88	425,4	0,71	28,68	286,76
73	06.09.2021	14:56:56	52,99	426,6	0,71	27,76	277,65
74	06.09.2021	14:57:06	53,15	427	0,71	27,87	278,75
75	06.09.2021	14:57:16	53,24	427,3	0,71	27,94	279,43
76	06.09.2021	14:57:26	53,36	427,4	0,72	28,41	284,07
77	06.09.2021	14:57:36	53,32	427,6	0,71	28,00	280,05
78	06.09.2021	14:57:46	53,43	428	0,71	28,09	280,87
79	06.09.2021	14:57:56	55,15	426,4	0,71	28,88	288,83
80	06.09.2021	14:58:06	55,35	426,8	0,7	28,61	286,06
81	06.09.2021	14:58:16	53,35	427,3	0,71	28,00	279,99
82	06.09.2021	14:58:26	53,33	427,4	0,71	28,00	279,99
83	06.09.2021	14:58:36	53,48	428	0,72	28,51	285,11
84	06.09.2021	14:58:46	54,24	426,8	0,71	28,43	284,35
85	06.09.2021	14:58:56	54,27	427	0,71	28,46	284,62
86	06.09.2021	14:59:06	53,99	427,7	0,71	28,36	283,62
87	06.09.2021	14:59:16	54,80	427,4	0,76	30,79	307,95
88	06.09.2021	14:59:26	54,64	427,2	0,76	30,69	306,90
89	06.09.2021	14:59:36	54,67	427,3	0,76	30,71	307,13
90	06.09.2021	14:59:46	54,72	427,3	0,76	30,74	307,42
91	06.09.2021	14:59:56	54,79	427,5	0,76	30,79	307,94
92	06.09.2021	15:00:06	53,21	427,2	0,76	29,89	298,89
93	06.09.2021	15:00:16	55,23	426,6	0,76	30,98	309,76
94	06.09.2021	15:00:26	55,19	426,4	0,76	30,94	309,39
95	06.09.2021	15:00:36	55,25	426,3	0,76	30,97	309,69
96	06.09.2021	15:00:46	55,15	426	0,76	30,89	308,88
97	06.09.2021	15:00:56	55,25	426,6	0,76	30,99	309,91
98	06.09.2021	15:01:06	55,32	427,1	0,76	31,07	310,65
99	06.09.2021	15:01:16	55,23	426,9	0,76	31,00	309,98
100	06.09.2021	15:01:26	55,25	426,8	0,76	31,01	310,06

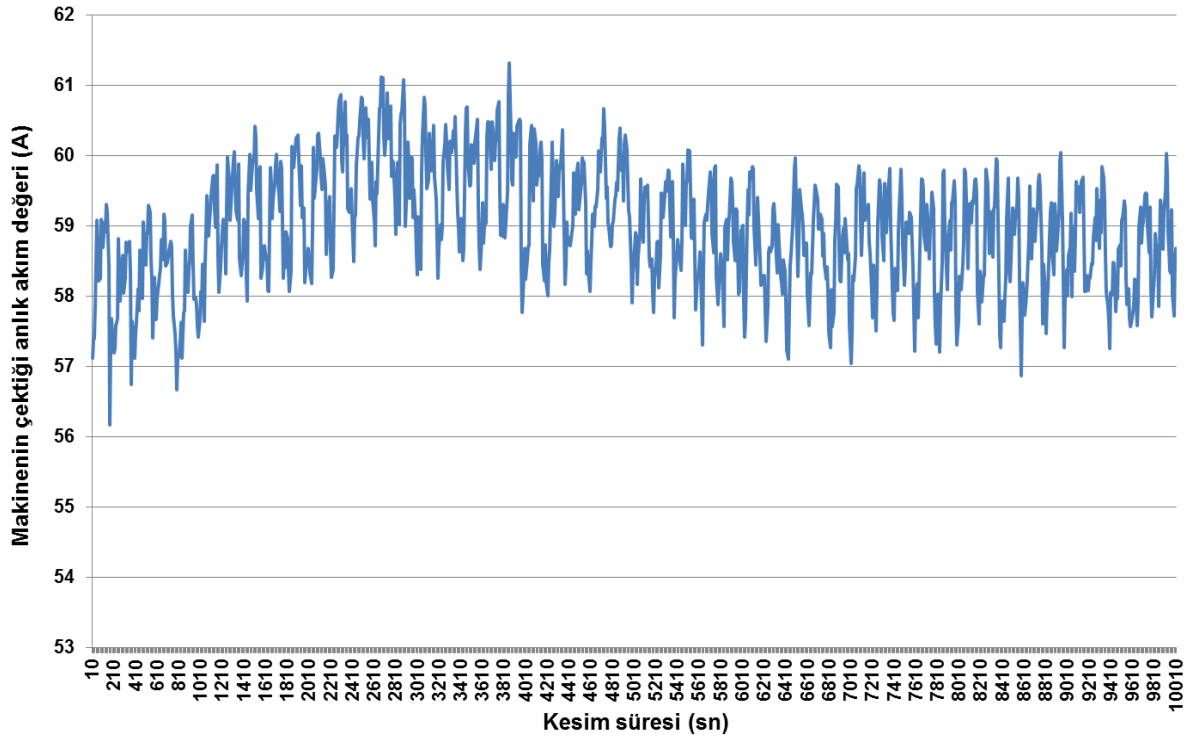
MRT madencilik gri bej ocağında kesimlerden elde edilen akım, gerilim ve $\cos\phi$ değeri ile her faz için ayrı ayrı makinenin çektiği aktif güç (kW), tüketilen enerji

(kJ) ve kayacı kesmek için gereken spesifik enerji (kJ/m^3) değerleri hesaplanmıştır. 1. kesim yaklaşık 3 saat, 2. kesim 8,40 saat ve 3. kesim ise 10,39 saat sürmüştür. Bu kesimler sonucu elde edilen ve hesaplanan değerlerin zamana bağlı grafikleri sırasıyla 1.kesime ait grafikler Şekil 4.5’de, 2. kesime ait grafikler Şekil 4.6’da, 3. Kesime ait grafikler ise Şekil 4.7’de verilmiştir. Bu ocakta kullanılan Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesi için elektriksel değerler kayıt altına alınan 3 kesimin ortalaması alınarak Çizelge 4.11’de verilmiştir. Kayacın daha sağlam ve dayanım ve sertlik değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde (Şekil 4.5-4.7) akım, aktif güç ve harcanan enerji değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bu duruma paralel olarak Şekil 4.5-4.7’de görülen spesifik enerji değerlerinin de aynı bölgelerde arttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kayacın içerisinde daha zayıf bölgeler, boşluklar veya çatlakların olduğu bölgelerde ise tam tersine bu değerlerin düştüğü görülmektedir.

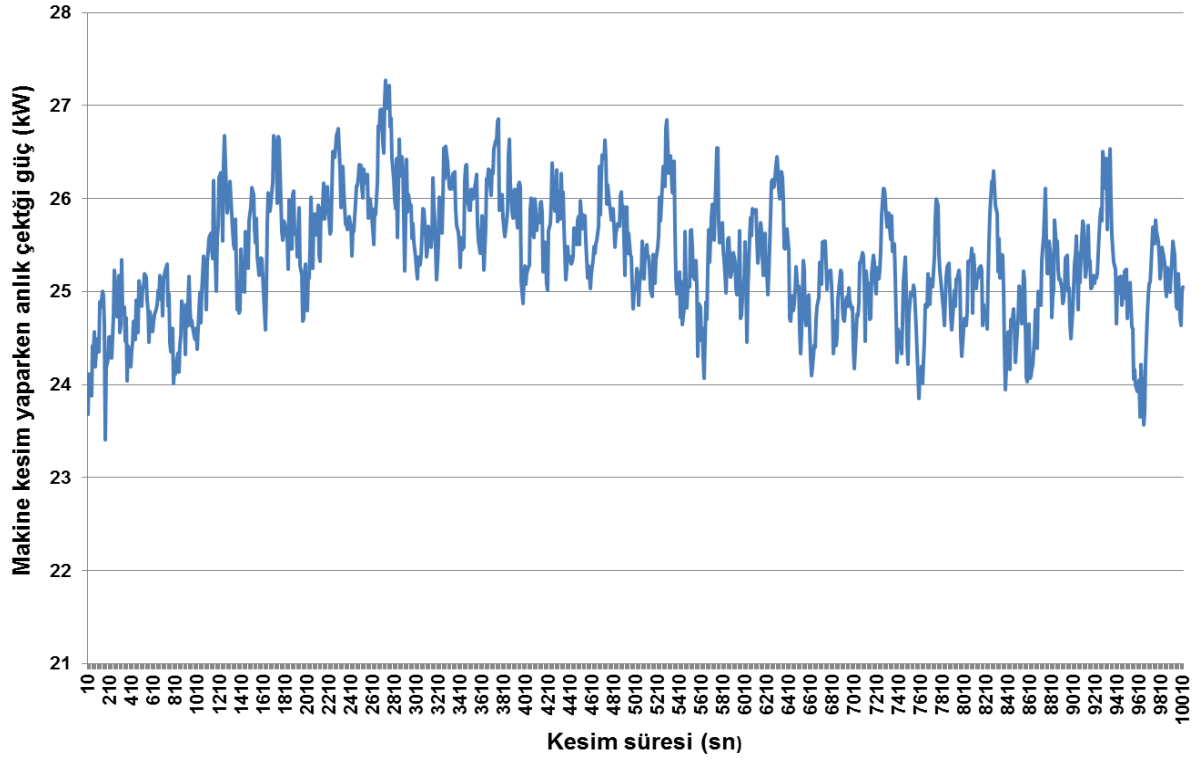
Çizelge 4.11. MRT ocağında kullanılan Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesine ait ölçülen ve hesaplanan elektriksel değerler

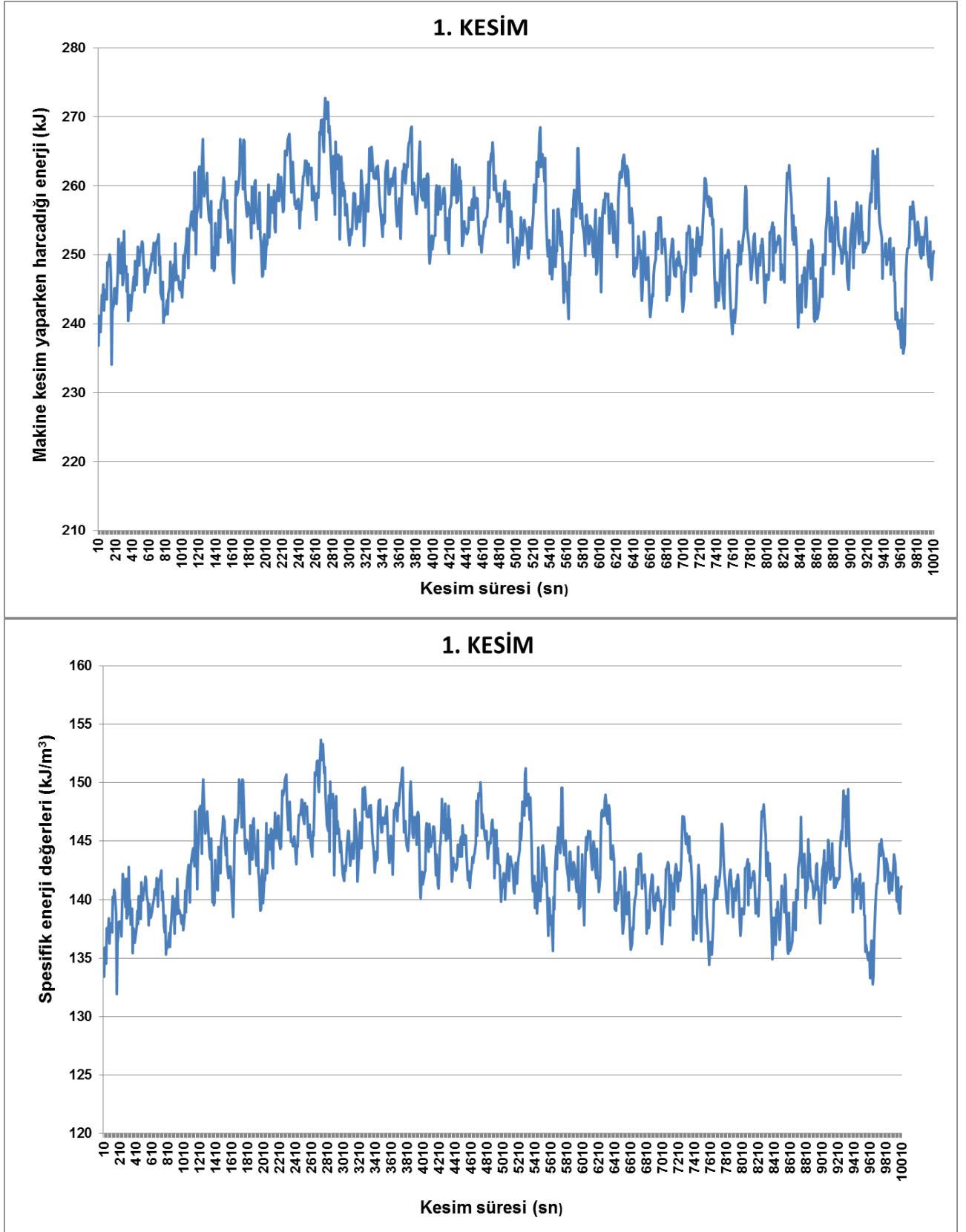
Kesim Sonuçları	1.KESİM	2.KESİM	3.KESİM
Kesme uzunluğu (m)	3	6	6
Kesme süresi (saat)	3	8,40	10, 39
Kesme hızı (cm/saat)	90	90	90
Ort Akım değerleri (A)	58,97	51,90	49,81
Ort Gerilim değerleri (V)	412,02	421,48	406,77
Ort Güç değerleri (kW)	25,36	26,83	24,53
Ort Enerji değerleri (kJ)	253,58	268,25	245,31
Ort Spesifik enerji değerleri (kJ/m^3)	142,86	152,85	139,78

1. KESİM

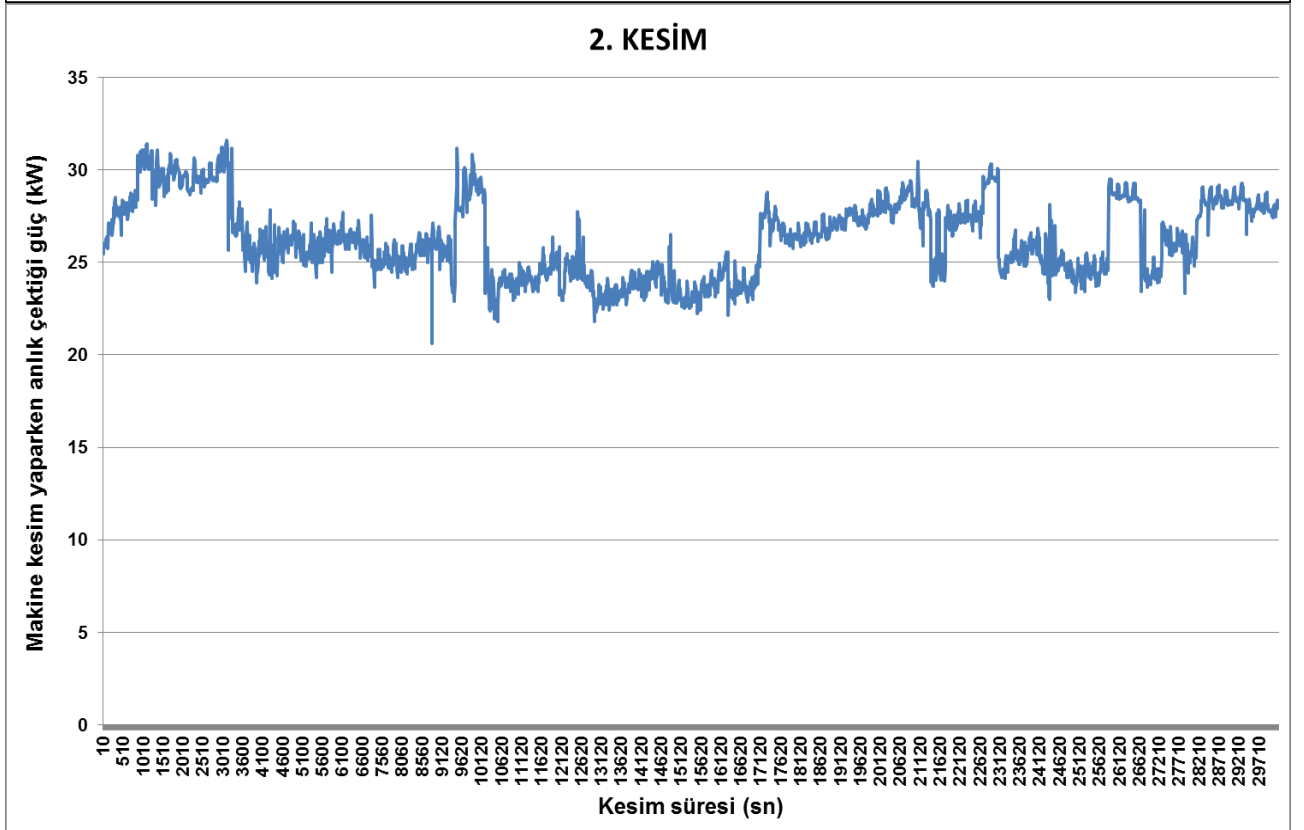
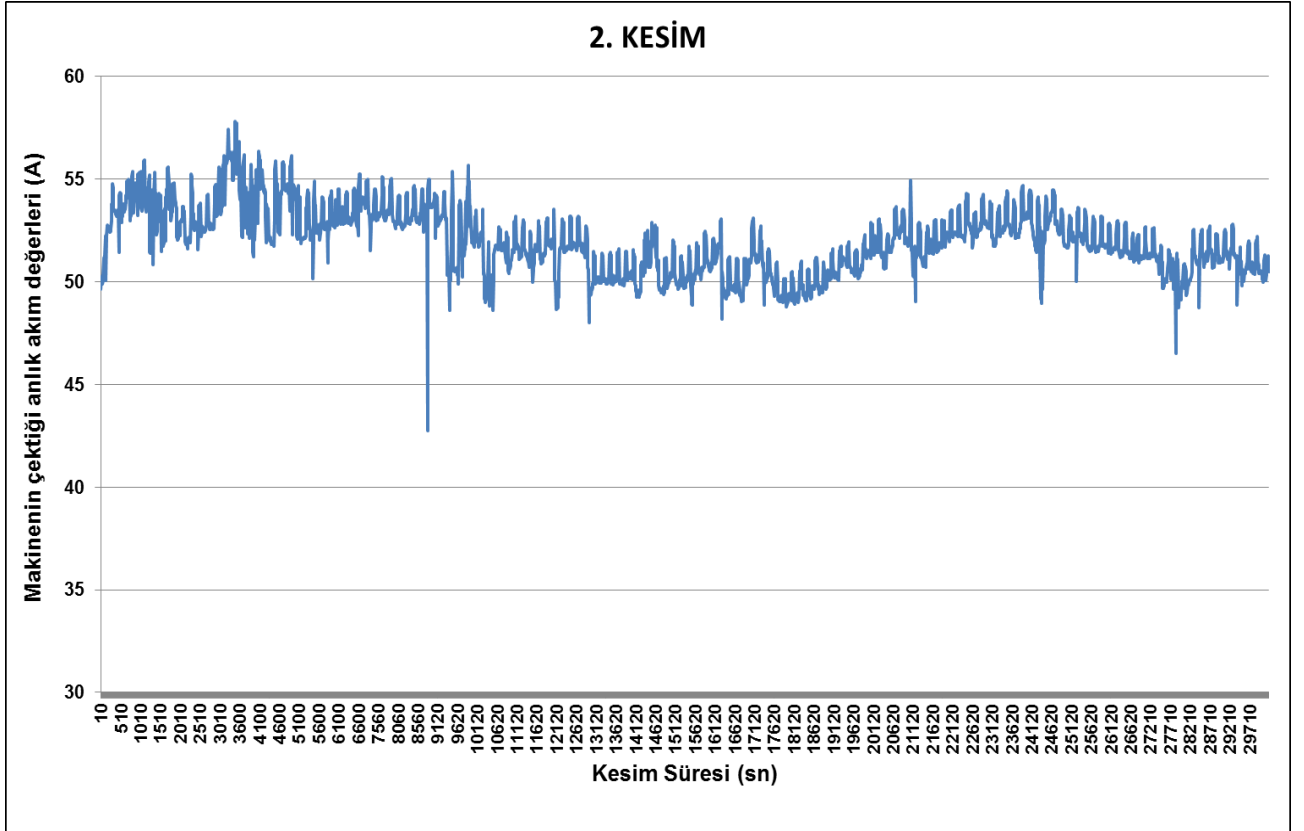


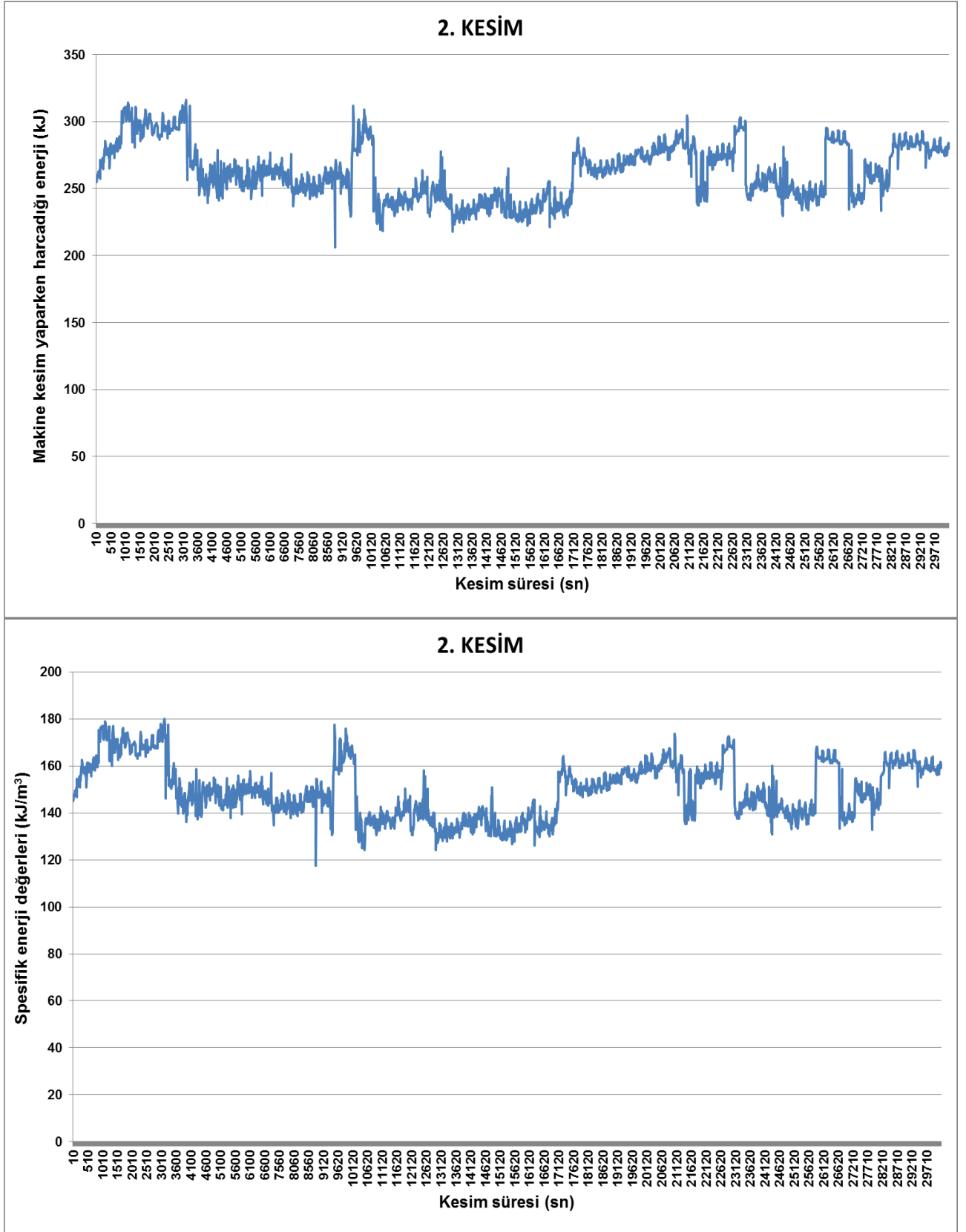
1. KESİM



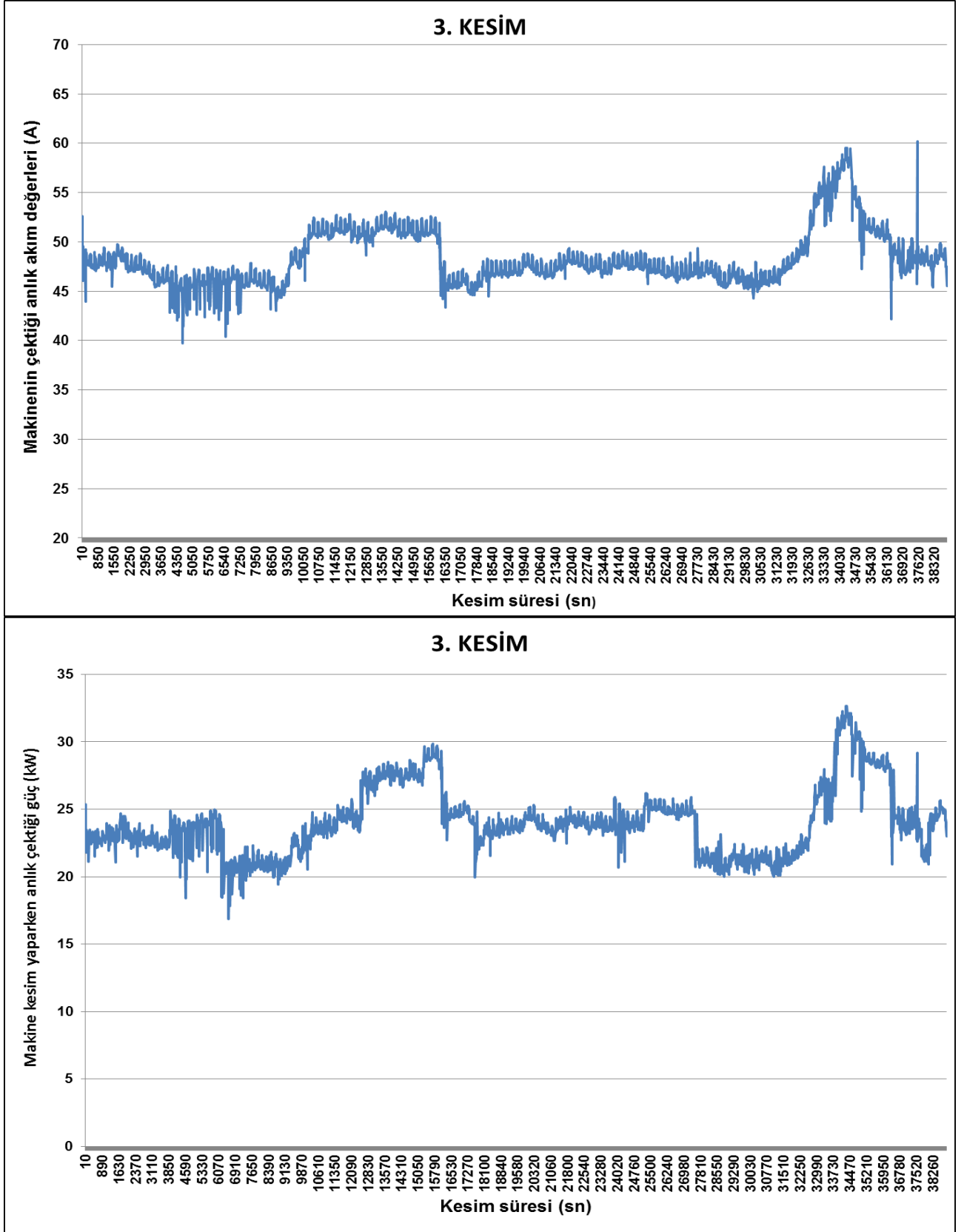


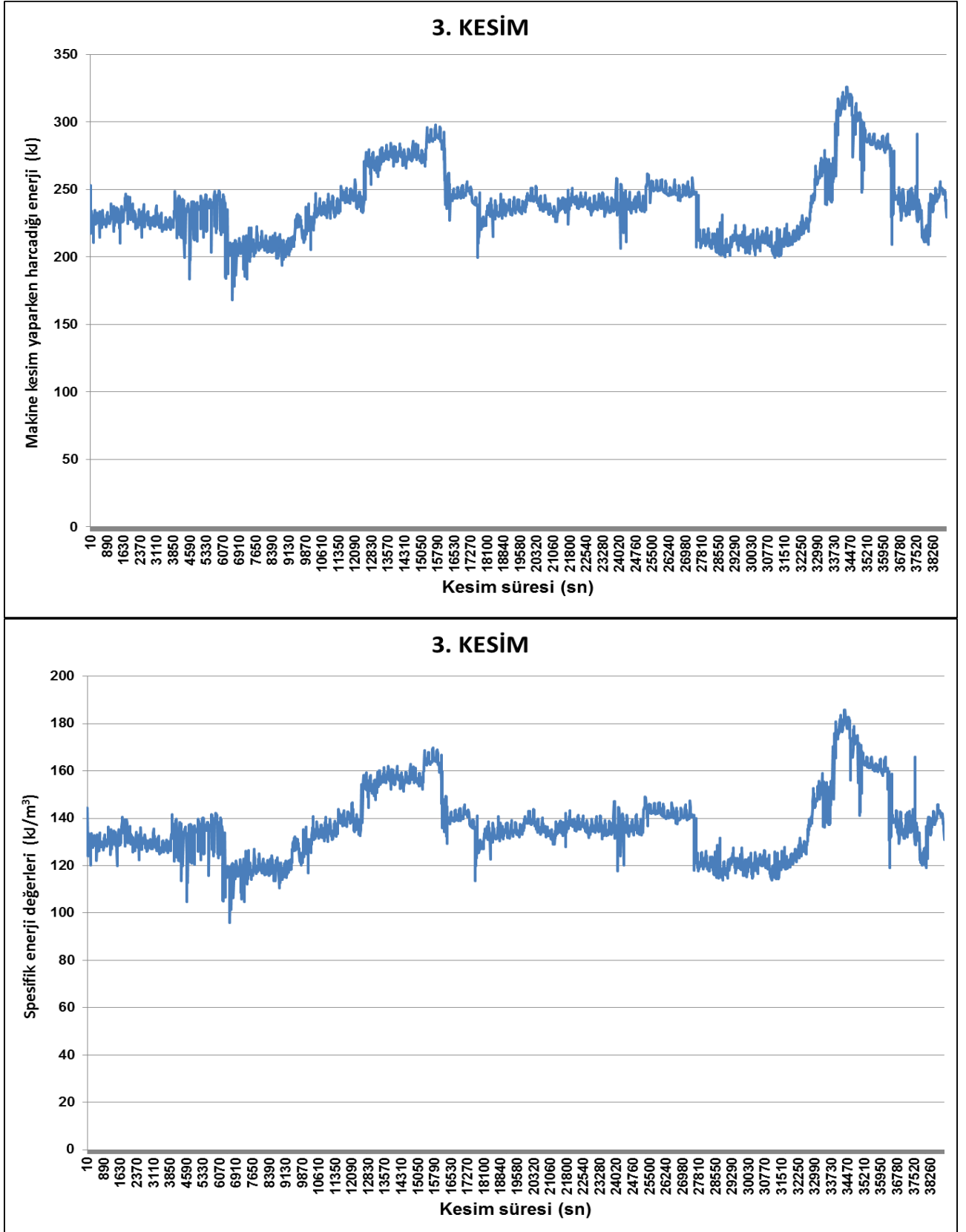
Şekil 4.5 MRT ocağında yapılan 1. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri





Şekil 4.6. MRT ocağında yapılan 2. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri





Şekil 4.7. MRT ocağında yapılan 3. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri

4.2.2. OKK Madencilik Gri Bej Ocağında Kullanılan Fantini 70 SUPER H Zincirli Kesme Makinesi Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları

OKK madencilik firmasına ait iki ayrı ocakta kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi 55 kW'lık bir motor ile tahrik edilmekte olup maksimum kesici kol uzunluğu 7,30 m'dir. Gri bej ocağında zincirli kesme makinesinin kesim şartları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Makine kesime başladığında güç analizörü 3 fazdan akım, gerilim ve diğer parametreleri kayıt etmeye başlamakta ve her 10 sn de 1 veri olarak 13 parametre değerini kayıt altına almaktadır. OKK madenciliğe ait aktif olarak üretimin yapıldığı gri bej ocağında 6 ayrı kesimden veriler kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlardan 1. kesime ait bazı değerler Çizelge 4.13'de verilmektedir. Diğer kesimlerden elde edilen değerler ise grafikler şeklinde yer almaktadır.

Çizelge 4.12. OKK madenciliğe ait gri bej ocağında kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi ait kesme şartları

Doğal taş	Gri bej
Kesme yüzeyi	Düşey kesim (yan yüzey)
Toplam kesme uzunluğu	Her bir kesim 10 m olup 6 ayrı kesim toplamda 60 m
Dalmada kesme uzunluğu	Dalım yok (serbest yüzey)
Faydalı kesme derinliği	7 m
Kesme genişliği	3,45 cm
Ortalama kesme hızı	70 cm/saat ve 90 cm/saat

Çizelge 4.13. OKK gri bej ocağında 1. kesimde kayıt altına alınan bazı elektriksel parametreler

Kayıt No.	Tarih	Saat	Akım (I)	Gerilim (V)	cosφ	Güç (kW)	Enerji (kJ)
0	21.08.2021	13:09:44	22,40	389,9	0,9	13,60	135,98
1	21.08.2021	13:09:54	22,25	390,9	0,92	13,85	138,45
2	21.08.2021	13:10:04	22,35	391,3	0,85	12,86	128,58
3	21.08.2021	13:10:14	22,37	391,3	0,87	13,18	131,77
4	21.08.2021	13:10:24	22,45	392,6	0,86	13,12	131,15
5	21.08.2021	13:10:34	22,39	391,4	0,83	12,58	125,82
6	21.08.2021	13:10:44	22,39	390,9	0,81	12,26	122,63
7	21.08.2021	13:10:54	22,48	392,2	0,84	12,81	128,12
8	21.08.2021	13:11:04	22,43	392	0,85	12,93	129,28
9	21.08.2021	13:11:14	22,47	392	0,84	12,80	127,98
10	21.08.2021	13:11:24	22,73	391,4	0,8	12,31	123,15
11	21.08.2021	13:11:34	22,67	390	0,8	12,23	122,35
12	21.08.2021	13:11:44	22,64	390,5	0,79	12,08	120,83
13	21.08.2021	13:11:54	22,84	392,5	0,79	12,25	122,52
14	21.08.2021	13:12:04	22,84	392,7	0,79	12,26	122,58
15	21.08.2021	13:12:14	22,95	394,3	0,83	12,99	129,92
16	21.08.2021	13:12:24	22,67	395	0,76	11,77	117,72
17	21.08.2021	13:12:34	22,68	395,1	0,86	13,33	133,32

18	21.08.2021	13:12:44	23,00	394,1	0,76	11,92	119,18
19	21.08.2021	13:12:54	23,01	394,3	0,8	12,56	125,59
20	21.08.2021	13:13:04	22,99	394,6	0,79	12,40	123,97
21	21.08.2021	13:13:14	22,99	394,2	0,82	12,85	128,54
22	21.08.2021	13:13:24	22,92	394,1	0,8	12,50	125,01
23	21.08.2021	13:13:34	22,61	394,7	0,79	12,20	121,98
24	21.08.2021	13:13:44	23,93	392,7	0,7	11,38	113,82
25	21.08.2021	13:13:54	23,89	393,5	0,74	12,04	120,36
26	21.08.2021	13:14:04	22,83	397,6	0,84	13,19	131,89
27	21.08.2021	13:14:14	22,67	396,3	0,81	12,59	125,88
28	21.08.2021	13:14:24	23,91	394,5	0,7	11,42	114,21
29	21.08.2021	13:14:34	22,73	396,2	0,77	12,00	119,98
30	21.08.2021	13:14:44	22,67	396,9	0,81	12,61	126,07
31	21.08.2021	13:14:54	22,61	395,5	0,82	12,69	126,87
32	21.08.2021	13:15:04	22,61	395,8	0,79	12,23	122,32
33	21.08.2021	13:15:14	22,68	396,8	0,81	12,61	126,11
34	21.08.2021	13:15:24	22,81	395,3	0,79	12,33	123,25
35	21.08.2021	13:15:34	22,87	396,5	0,77	12,08	120,78
36	21.08.2021	13:15:44	22,80	395,8	0,78	12,18	121,77
37	21.08.2021	13:15:54	22,72	395,7	0,79	12,29	122,87
38	21.08.2021	13:16:04	22,84	396,4	0,79	12,37	123,74
39	21.08.2021	13:16:14	22,76	396,3	0,79	12,33	123,27
40	21.08.2021	13:16:24	24,45	395,4	0,76	12,71	127,13
41	21.08.2021	13:16:34	23,97	396,6	0,83	13,65	136,52
42	21.08.2021	13:16:44	23,87	395,7	0,85	13,89	138,87
43	21.08.2021	13:16:54	23,88	395,8	0,78	12,75	127,54
44	21.08.2021	13:17:04	23,95	395,6	0,8	13,11	131,11
45	21.08.2021	13:17:14	23,95	395,7	0,82	13,44	134,42
46	21.08.2021	13:17:24	23,92	395,1	0,8	13,08	130,80
47	21.08.2021	13:17:34	23,91	395,4	0,81	13,25	132,46
48	21.08.2021	13:17:44	23,87	395,4	0,8	13,06	130,61
49	21.08.2021	13:17:54	23,93	395,8	0,85	13,93	139,30
50	21.08.2021	13:18:04	24,08	395,3	0,85	14,00	139,97
51	21.08.2021	13:18:14	24,03	395,3	0,84	13,80	138,02
52	21.08.2021	13:18:24	23,99	395,5	0,83	13,62	136,22
53	21.08.2021	13:18:34	23,99	395,3	0,82	13,45	134,51
54	21.08.2021	13:18:44	23,97	395,4	0,86	14,10	141,03
55	21.08.2021	13:18:54	24,03	395,1	0,81	13,30	133,02
56	21.08.2021	13:19:04	24,07	395,5	0,83	13,67	136,67
57	21.08.2021	13:19:14	24,04	395,6	0,81	13,33	133,27
58	21.08.2021	13:19:24	24,00	395,8	0,86	14,13	141,33
59	21.08.2021	13:19:33	24,04	396,2	0,82	13,51	135,12
60	21.08.2021	13:19:43	24,04	396	0,8	13,18	131,75
61	21.08.2021	13:19:53	24,08	395,8	0,82	13,52	135,20
62	21.08.2021	13:20:03	24,09	396,1	0,84	13,87	138,68

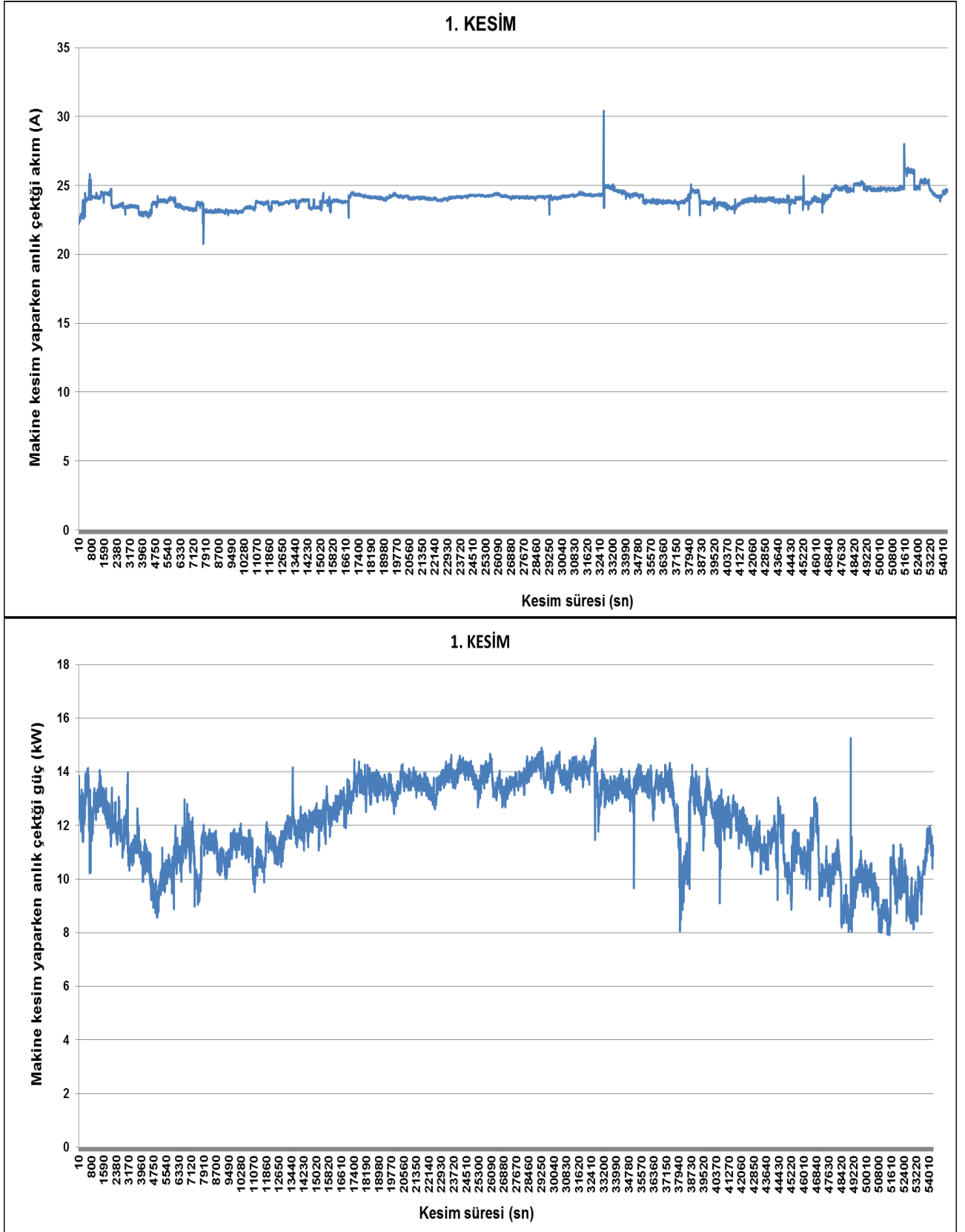
63	21.08.2021	13:20:13	24,04	396	0,82	13,50	135,05
64	21.08.2021	13:20:23	25,40	394,7	0,68	11,79	117,94
65	21.08.2021	13:20:33	24,05	396,3	0,78	12,86	128,63
66	21.08.2021	13:20:43	24,01	395,9	0,76	12,50	125,00
67	21.08.2021	13:20:53	24,03	395,9	0,76	12,51	125,07
68	21.08.2021	13:21:03	24,01	396,2	0,79	13,00	130,03
69	21.08.2021	13:21:13	25,83	394,2	0,58	10,22	102,15
70	21.08.2021	13:21:23	24,13	397,4	0,74	12,28	122,78
71	21.08.2021	13:21:33	24,07	396,2	0,77	12,70	127,02
72	21.08.2021	13:21:43	24,01	396,5	0,81	13,34	133,42
73	21.08.2021	13:21:53	24,03	396,4	0,75	12,36	123,58
74	21.08.2021	13:22:03	24,00	396,4	0,74	12,18	121,79
75	21.08.2021	13:22:13	25,43	395,3	0,59	10,26	102,59
76	21.08.2021	13:22:23	25,40	395,3	0,59	10,25	102,48
77	21.08.2021	13:22:33	24,11	396,6	0,72	11,91	119,09
78	21.08.2021	13:22:43	23,97	396,6	0,74	12,17	121,72
79	21.08.2021	13:22:53	23,99	396,5	0,77	12,67	126,69
80	21.08.2021	13:23:03	24,00	396,8	0,77	12,69	126,86
81	21.08.2021	13:23:13	24,21	396,4	0,73	12,12	121,22
82	21.08.2021	13:23:23	24,21	396,1	0,74	12,28	122,78
83	21.08.2021	13:23:33	24,20	396	0,69	11,44	114,39
84	21.08.2021	13:23:43	24,24	396,5	0,74	12,30	123,04
85	21.08.2021	13:23:53	24,23	395,9	0,71	11,78	117,81
86	21.08.2021	13:24:03	24,23	396	0,73	12,12	121,16
87	21.08.2021	13:24:13	24,16	395,7	0,74	12,24	122,39
88	21.08.2021	13:24:23	24,23	396,2	0,75	12,45	124,54
89	21.08.2021	13:24:33	24,12	394,6	0,71	11,69	116,91
90	21.08.2021	13:24:43	24,17	395,7	0,72	11,91	119,15
91	21.08.2021	13:24:53	24,17	395,6	0,75	12,41	124,08
92	21.08.2021	13:25:03	24,19	395,5	0,76	12,58	125,77
93	21.08.2021	13:25:13	24,15	395,1	0,75	12,38	123,79
94	21.08.2021	13:25:23	24,17	395,4	0,76	12,57	125,67
95	21.08.2021	13:25:33	24,17	395,5	0,77	12,74	127,36
96	21.08.2021	13:25:43	24,17	395,3	0,77	12,73	127,29
97	21.08.2021	13:25:53	24,13	395,5	0,8	13,21	132,10
98	21.08.2021	13:26:03	24,15	395,4	0,78	12,88	128,84
99	21.08.2021	13:26:13	24,13	395,5	0,81	13,38	133,75
100	21.08.2021	13:26:23	24,11	395,3	0,79	13,02	130,24

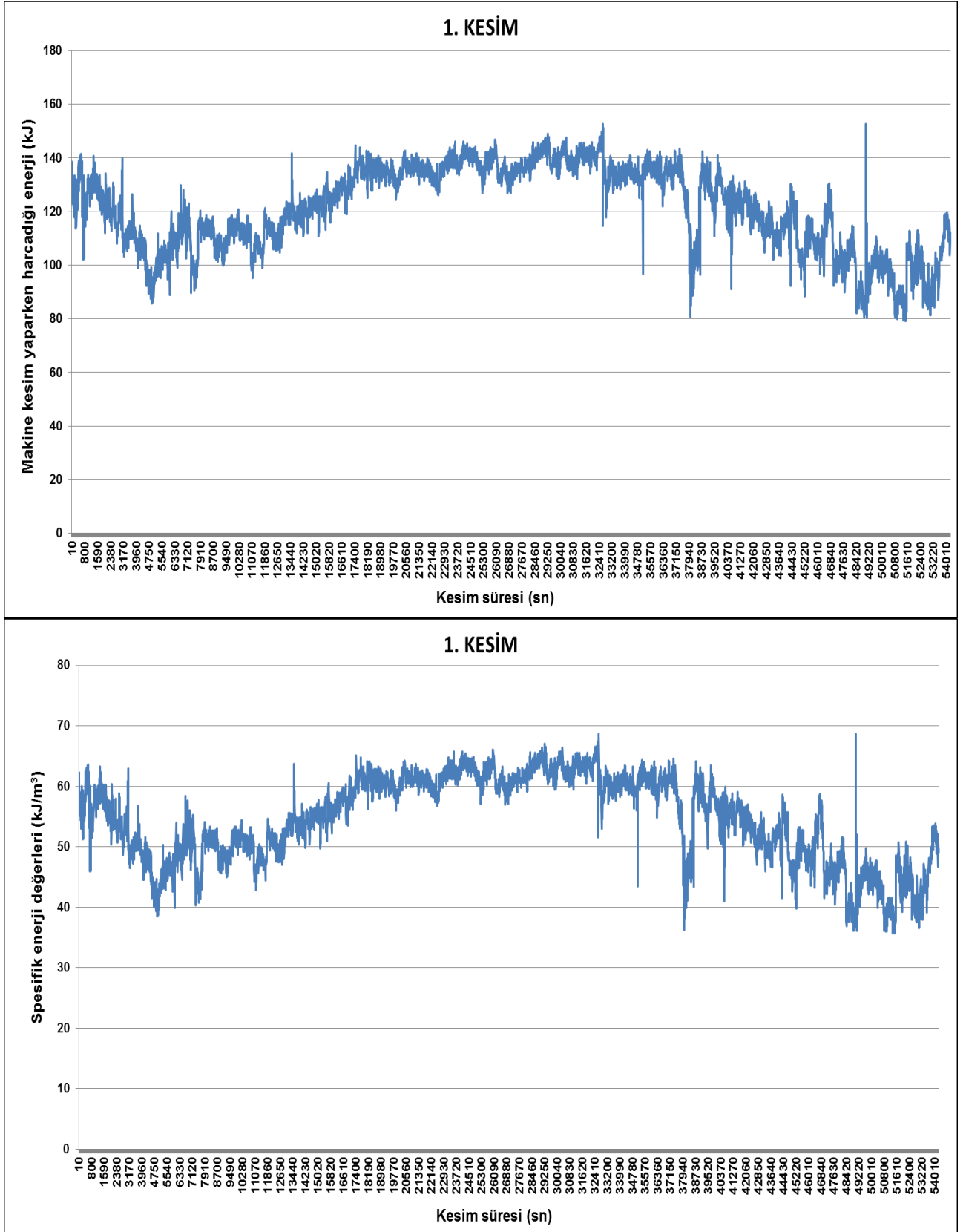
OKK madencilik gri bej ocağında kesimlerden elde edilen akım, gerilim ve $\cos\phi$ değeri ile her faz için ayrı ayrı makinenin çektiği aktif güç (kW), tüketilen enerji (kJ) ve kayacı kesmek için gereken spesifik enerji (kJ/m^3) değerleri hesaplanmıştır. 1. kesim yaklaşık 9,20 ve diğer 5 kesimde 10'ar metre kesilmiştir ve kesimlere ait diğer

şartlar Çizelge 4.14’de verilmiştir. Bu kesimler sonucu elde edilen ve hesaplanan değerlerin zamana bağlı grafikleri sırasıyla 1.kesime ait grafikler Şekil 4.8’da, 2. kesime ait grafikler Şekil 4.9’da, 3. kesime ait grafikler Şekil 4.10’de, 4. kesime ait grafikler Şekil 4.11’de, 5. kesime ait grafikler Şekil 4.12’de ve 6. kesime ait grafikler Şekil 4.13’de verilmiştir. Bu ocakta kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi için elektriksel değerler kayıt altına alınan 6 kesimin ortalaması alınarak Çizelge 4.14’de verilmiştir. Kayacın daha sağlam ve dayanım ve sertlik değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde akım, aktif güç ve harcanan enerji değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bu duruma paralel olarak spesifik enerji değerlerinin de aynı bölgelerde arttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kayacın içerisinde daha zayıf bölgeler, boşluklar veya çatlakların olduğu bölgelerde ise tam tersine bu değerlerin düştüğü görülmektedir.

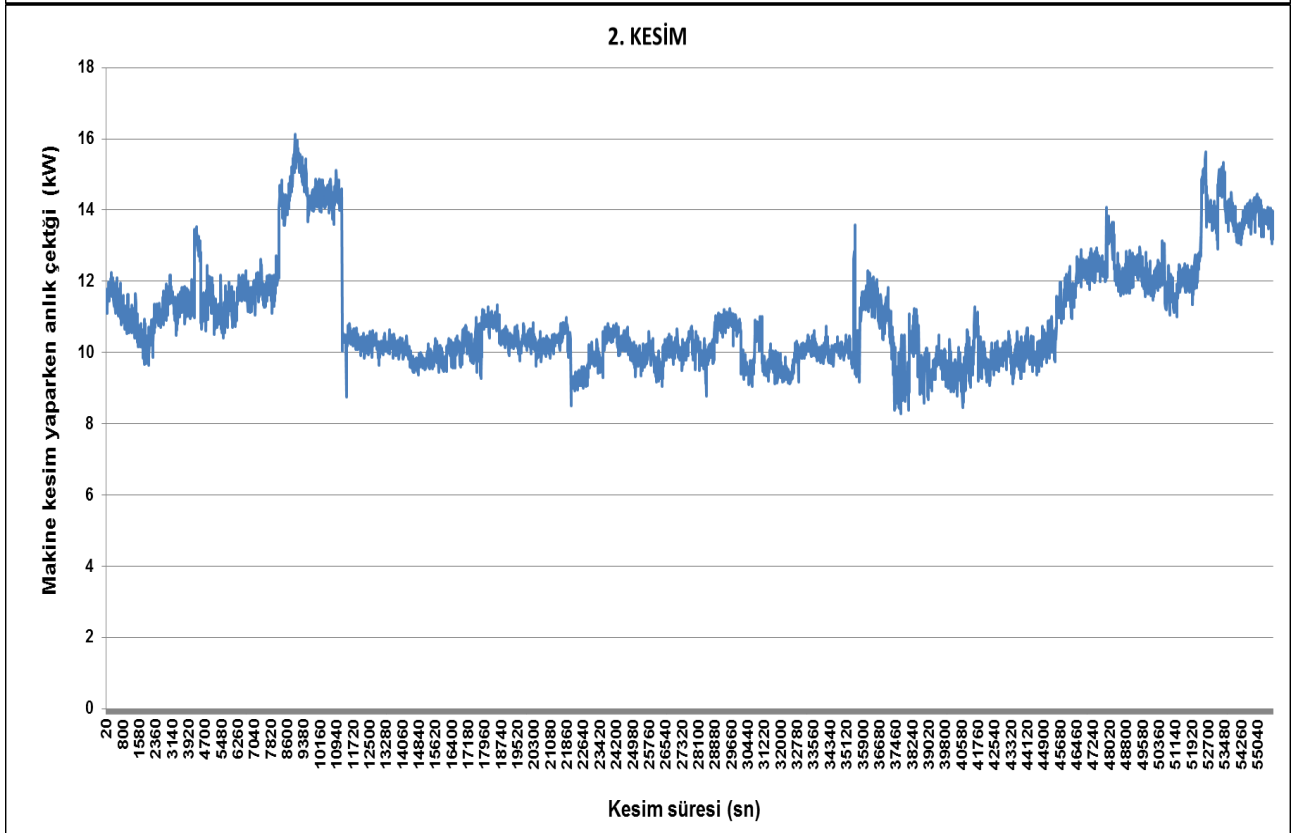
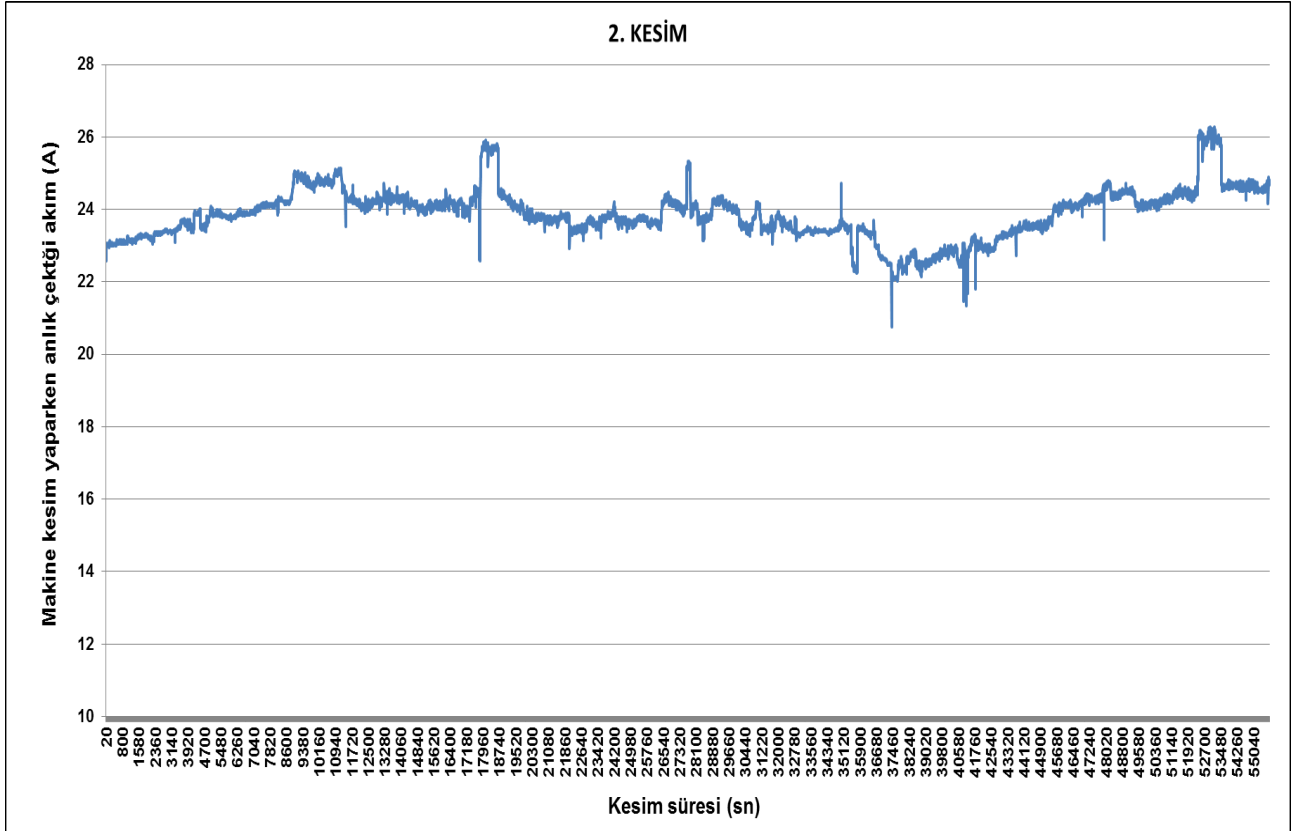
Çizelge 4.14. OKK gri bej ocağında kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesine ait ölçülen ve hesaplanan elektriksel değerler

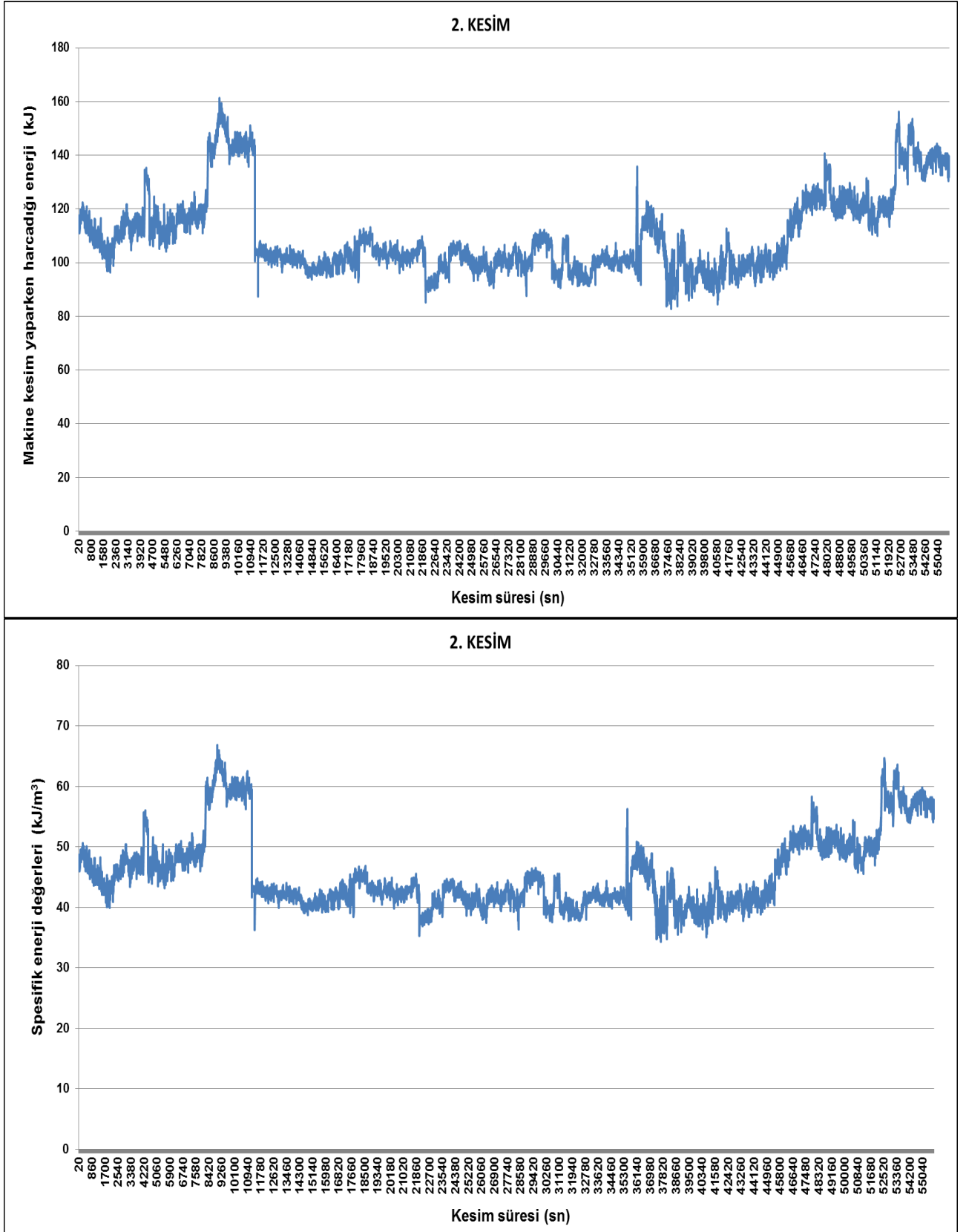
Kesim sonuçları	1.KESİM	2.KESİM	3.KESİM	4. KESİM	5.KESİM	6.KESİM
Kesme uzunluğu (m)	9,20	10	10	10	10	10
Kesme süresi (saat)	15,08	15,49	23,51	16,50	15,54	12,74
Kesme hızı (cm/saat)	70	70	70	90	90	90
Ort Akım değerleri (A)	24,04	23,90	23,91	26,07	24,75	25,34
Ort Gerilim değerleri (V)	393,17	391,09	387,64	384,40	383,20	393,61
Ort Güç değerleri (kW)	12,12	11,01	13,01	13,30	12,49	12,88
Ort Enerji değerleri (kJ)	121,20	110,14	130,11	133,00	124,89	128,79
Ort Spesifik enerji değerleri (kJ/m ³)	54,55	45,60	53,88	55,07	51,72	53,33



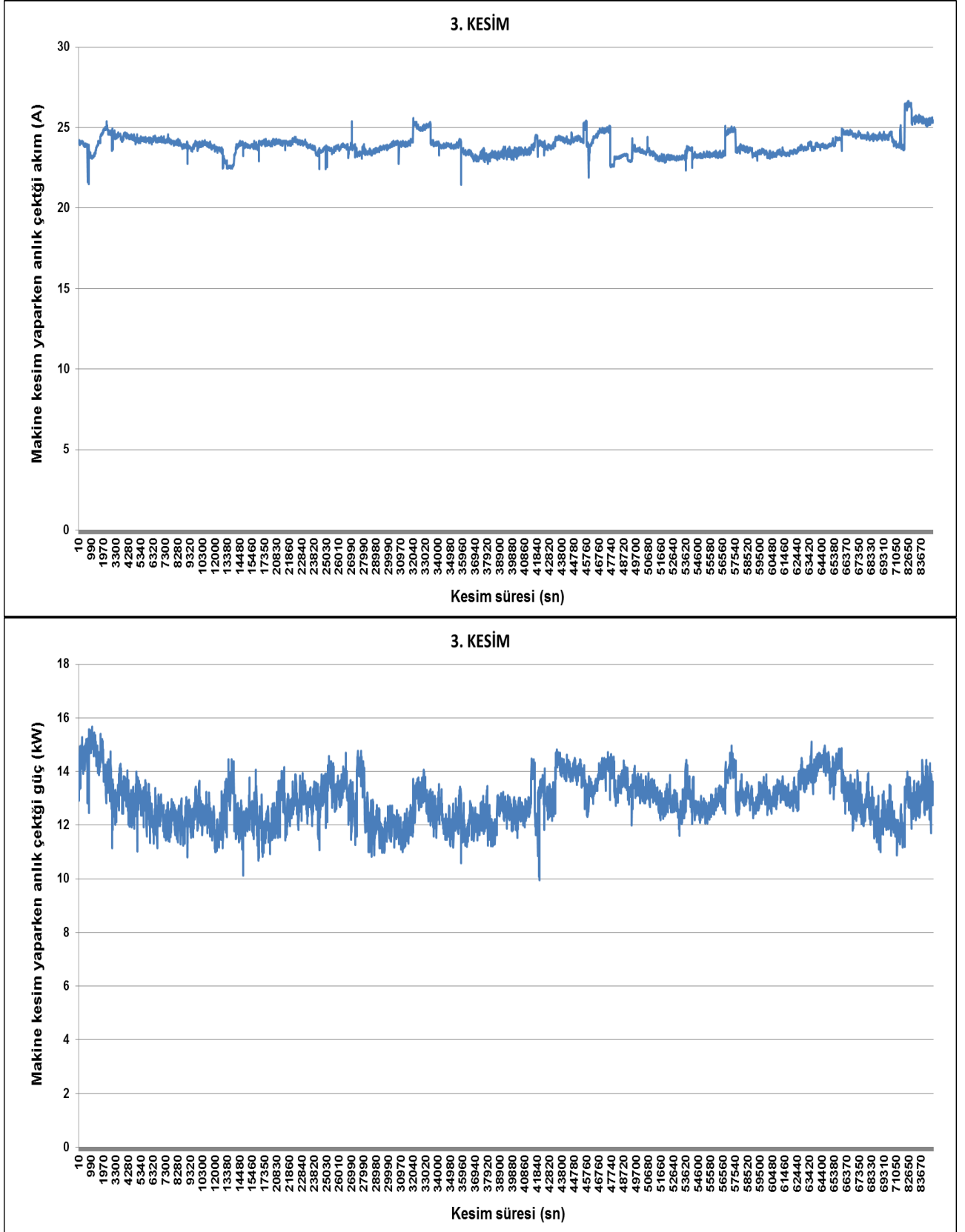


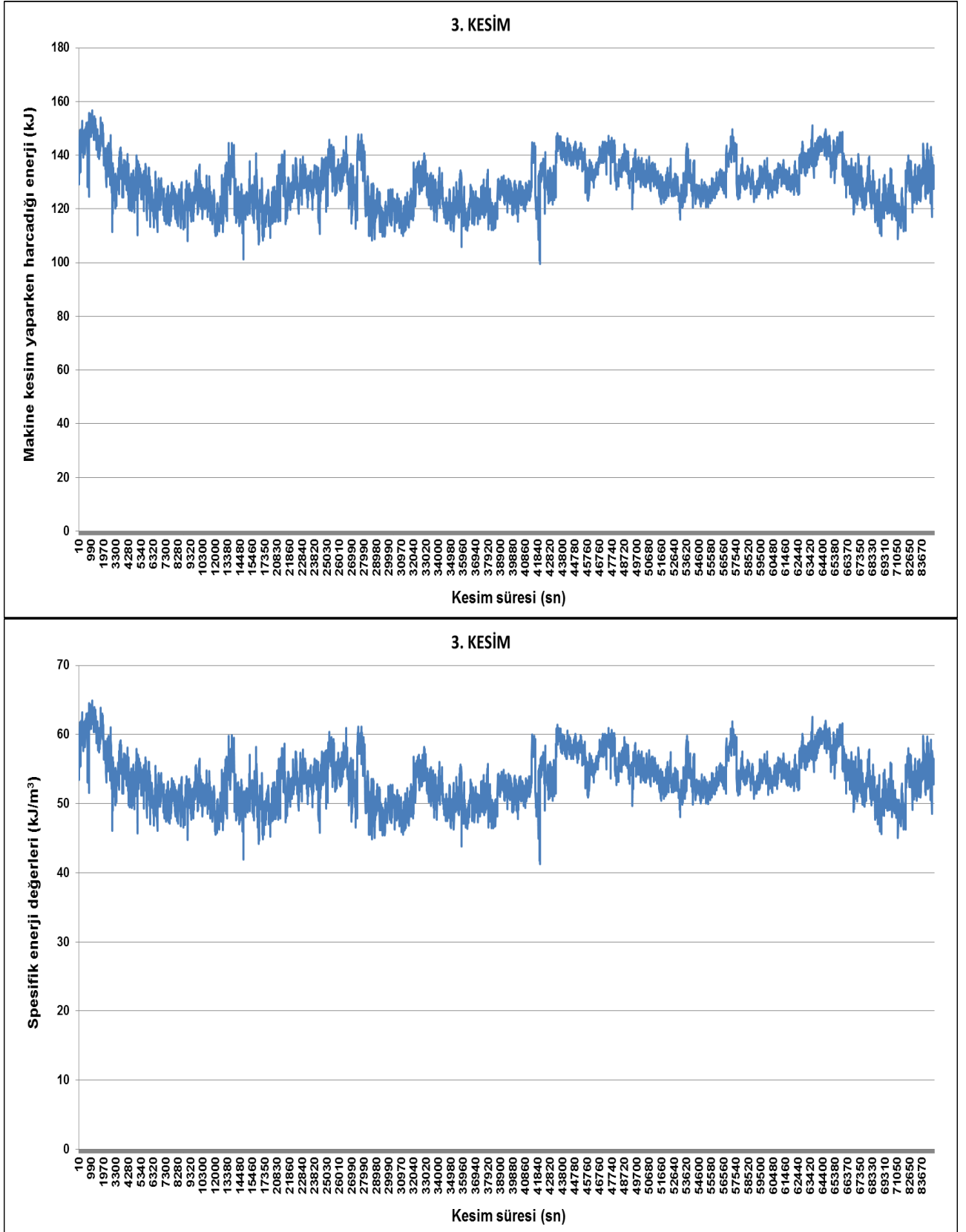
Şekil 4.8 OKK gri bej ocağında 1. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri



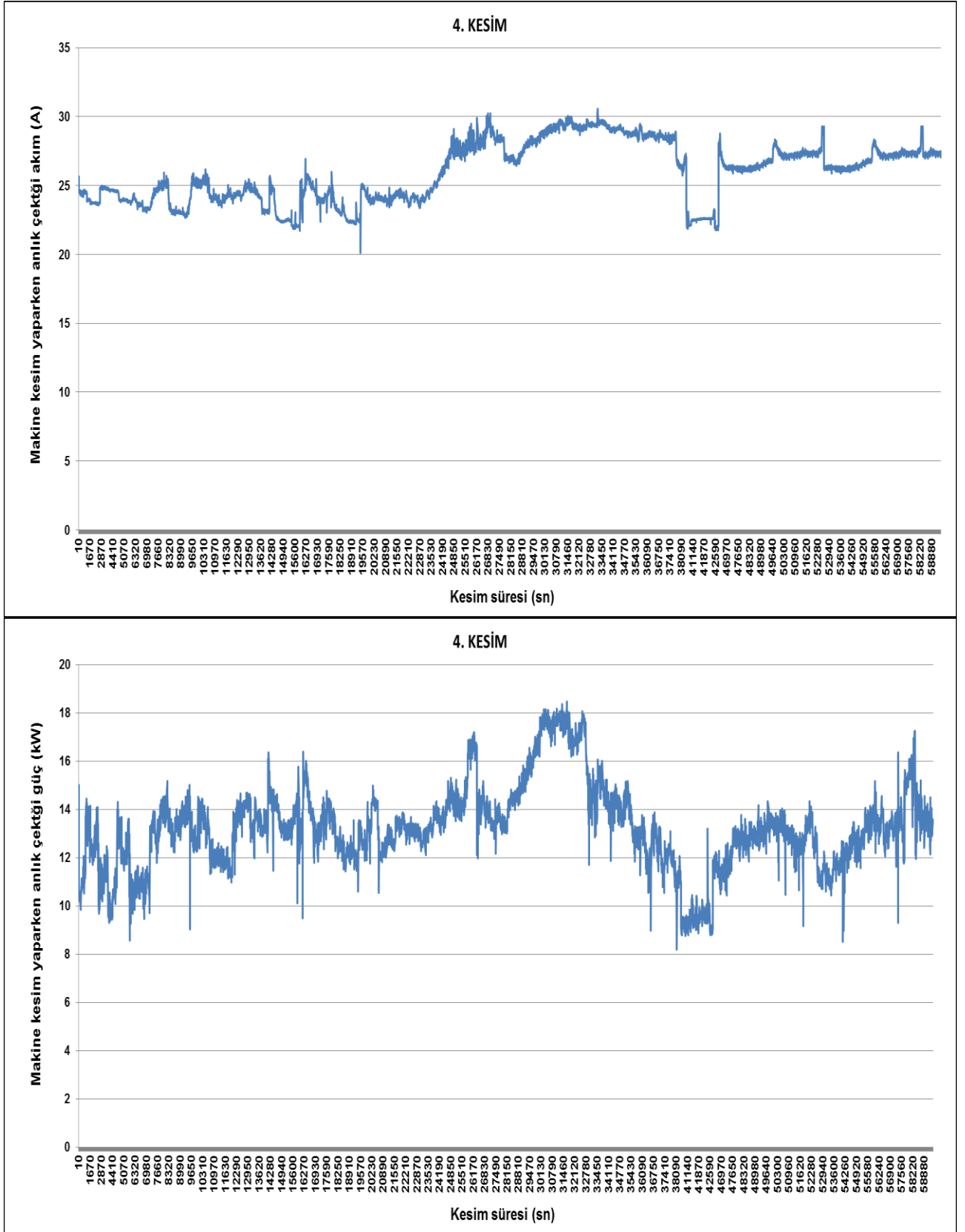


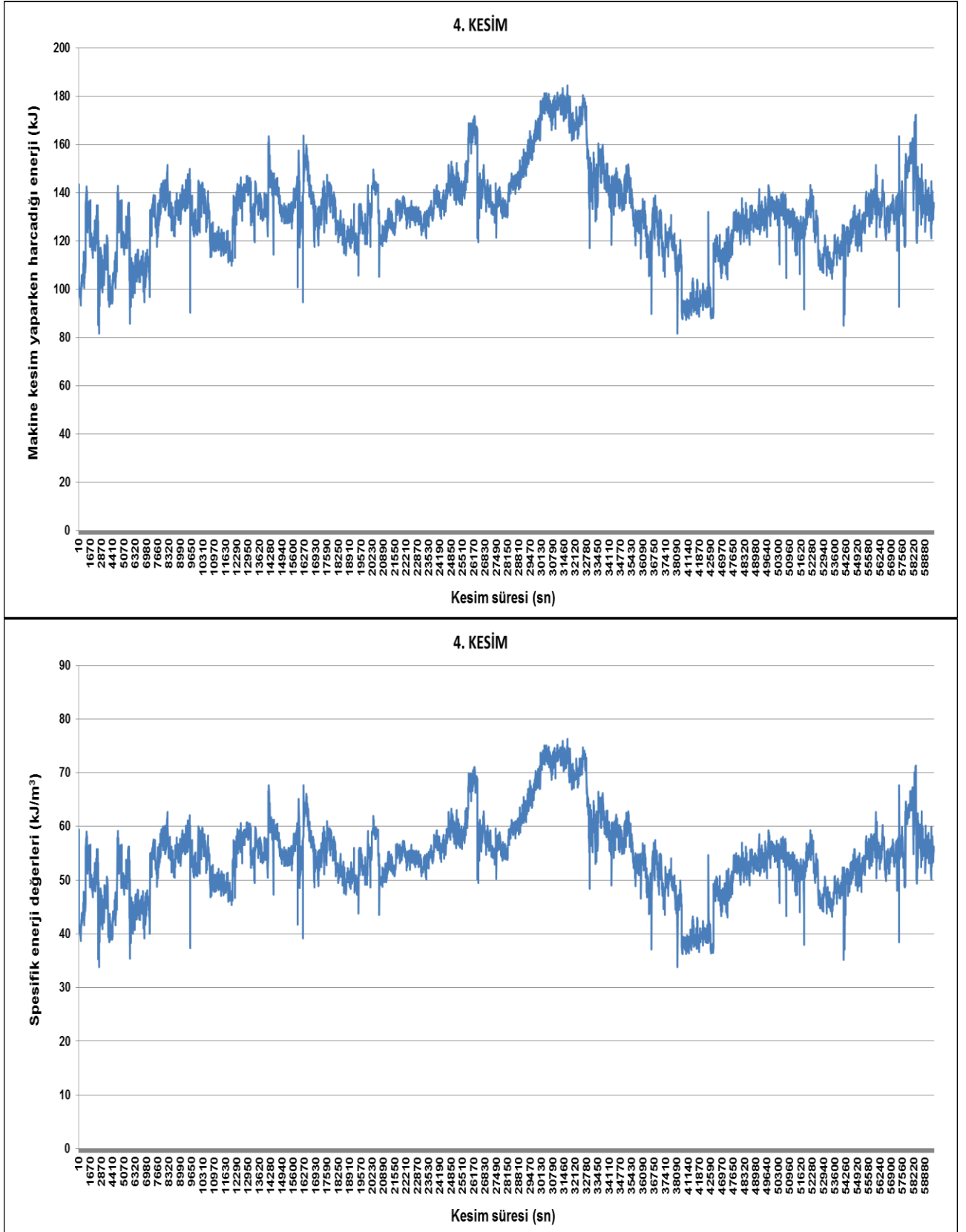
Şekil 4.9. OKK gri bej ocağında 2. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri



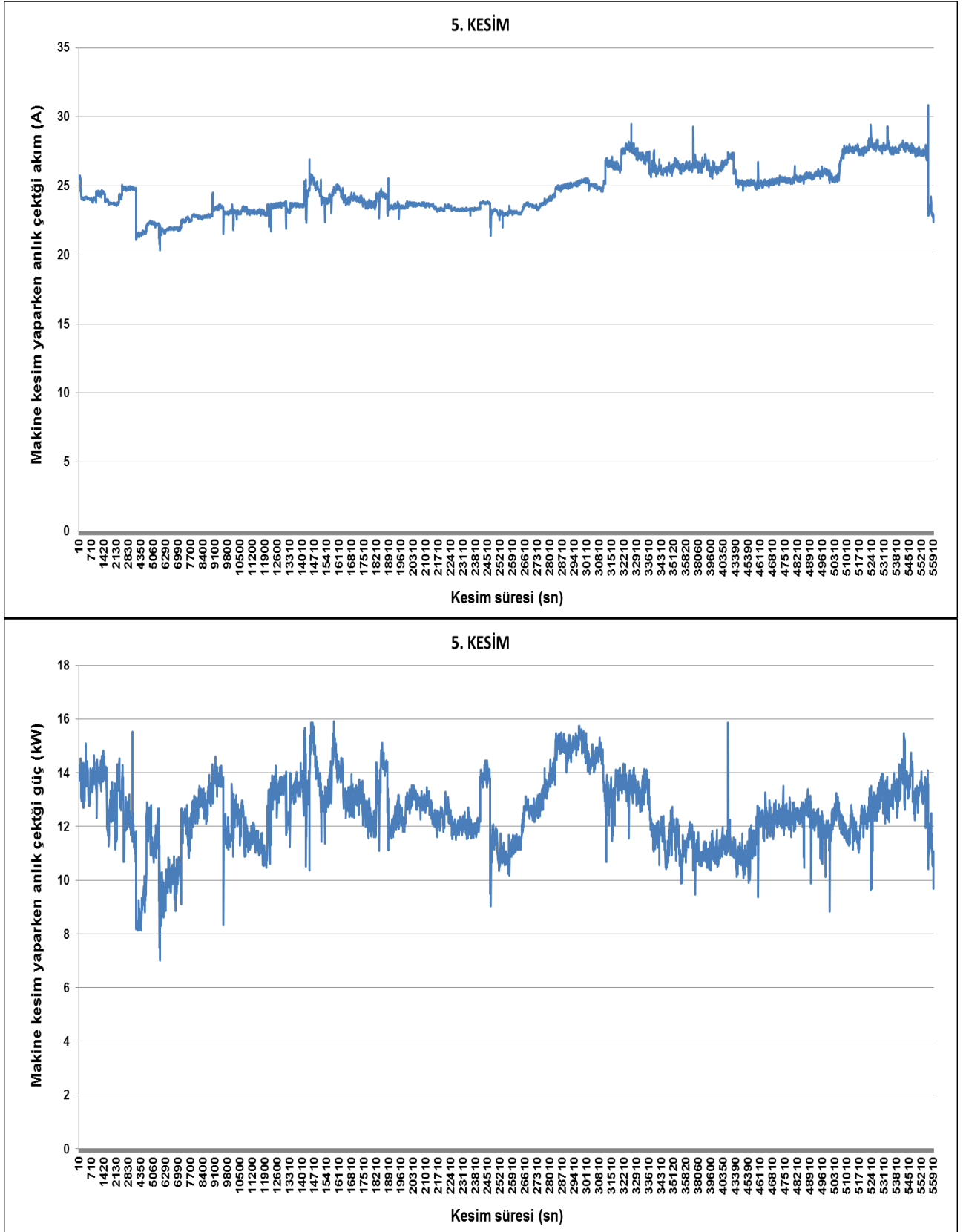


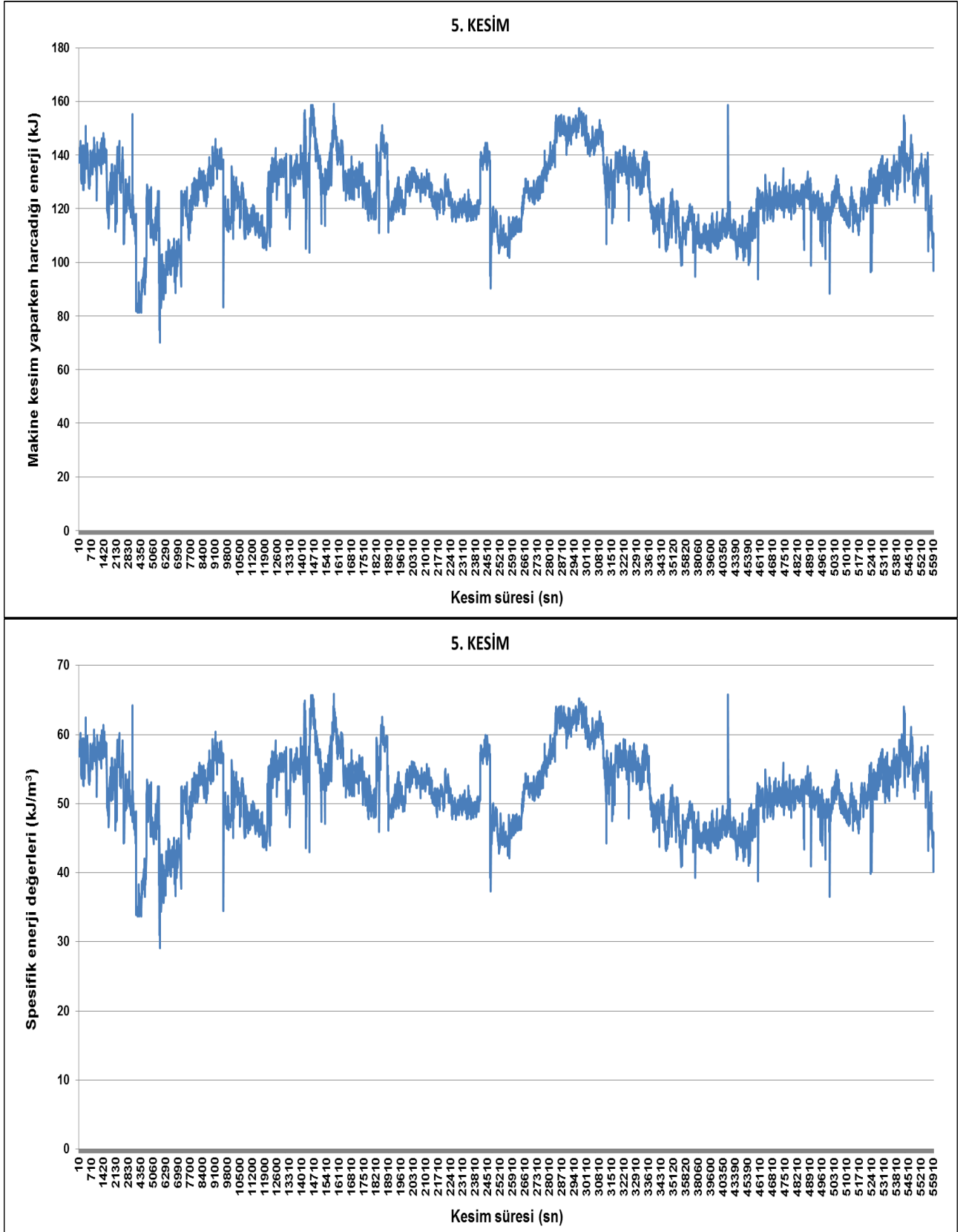
Şekil 4.10. OKK gri bej ocağında 3. kesime sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri



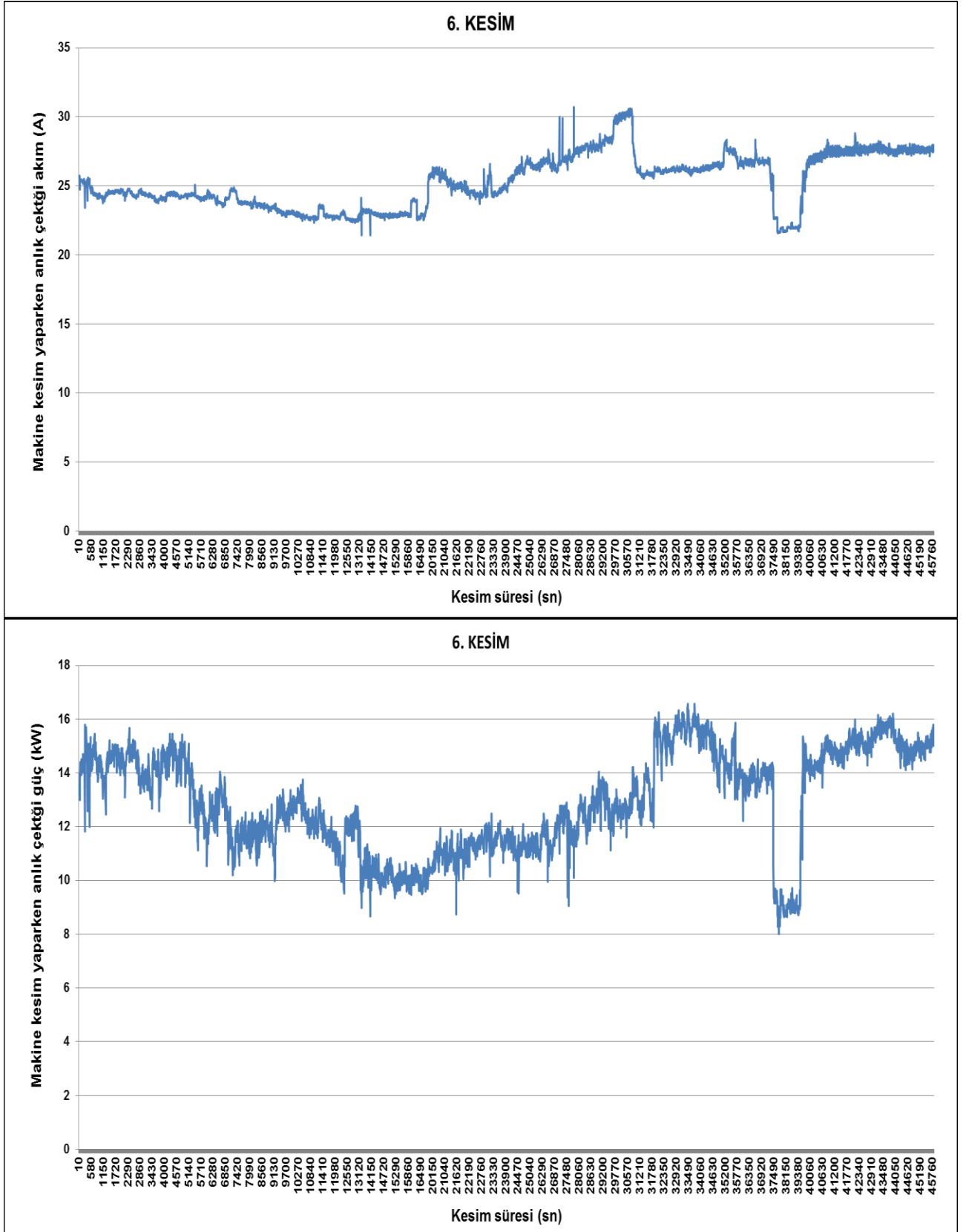


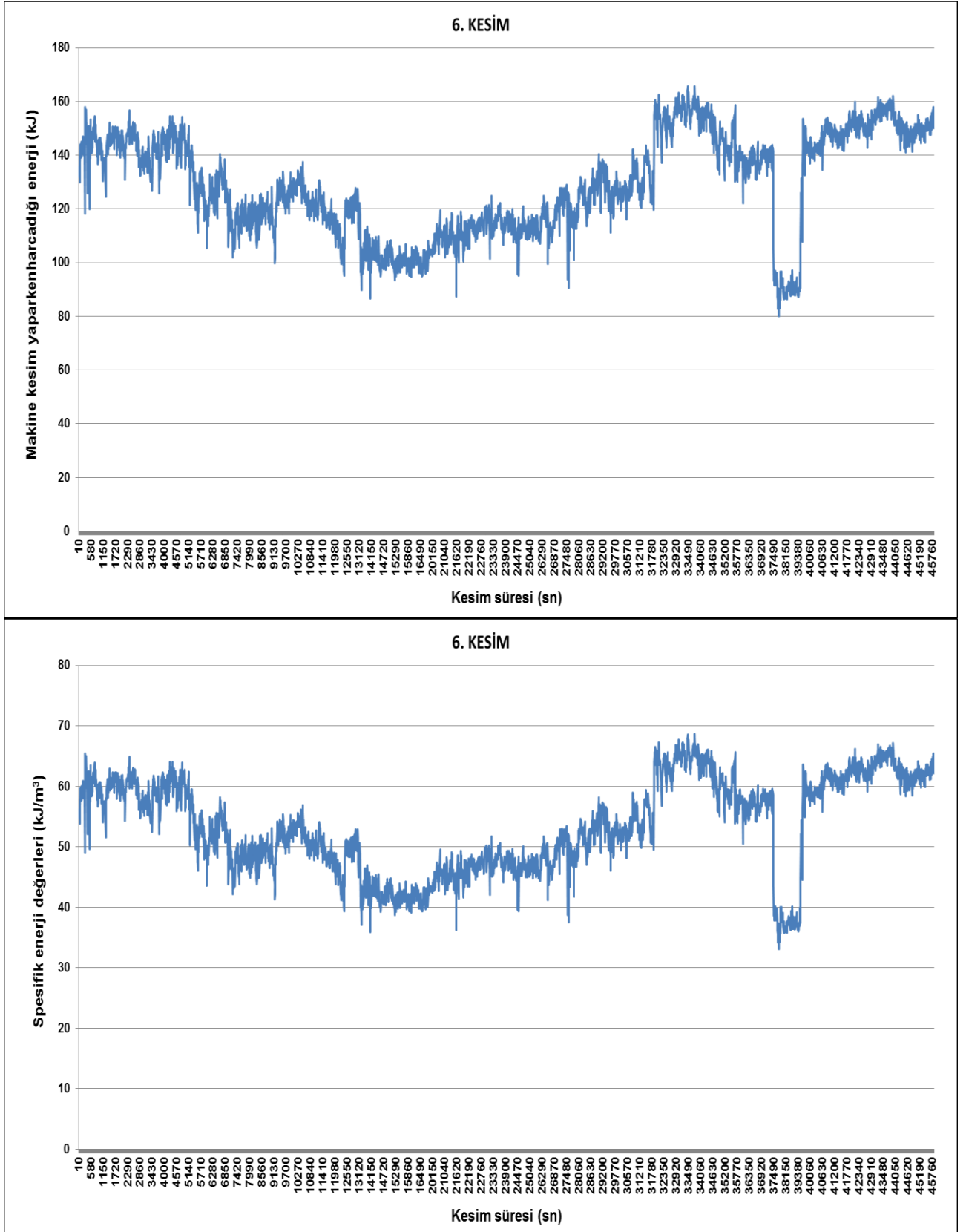
Şekil 4.11. OKK gri bej ocağında 4. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri





Şekil 4.12. OKK gri bej ocağında 5. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri





Şekil 4.13. OKK gri bej ocağında 6. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri

4.2.3. OKK Madencilik Kahverengi Bej Ocağında Kullanılan Fantini 70 SUPER H Zincirli Kesme Makinesi Ait Elektriksel Ölçüm Sonuçları

OKK madencilik firmasına ait kahverengi bej ocağında ocak ağzı açmak için belli bir süre Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi kullanılarak kesimler yapılmıştır. Bu ocaktaki kesimlerde kesme derinliği 5 m olarak uygulanmıştır. Kahverengi bej ocağında zincirli kesme makinesinin kesim şartları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Makine kesime başladığında güç analizörü 3 fazdan akım, gerilim ve diğer parametreleri kayıt etmeye başlamakta ve her 10 sn de 1 veri olarak 13 parametre değerini kayıt altına almaktadır. OKK madencilğe ait kahverengi bej ocağında 2 ayrı kesimden veriler kayıt altına alınmıştır. Bu kayıtlardan 1. kesime ait bazı değerler Çizelge 4.16’da verilmektedir. Diğer kesimlerden elde edilen değerler ise grafikler şeklinde yer almaktadır.

Çizelge 4.15. OKK madencilğe ait kahverengi bej ocağında kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi ait kesme şartları

Doğal taş	Kahverengi bej
Kesme yüzeyi	Düşey kesim (yan yüzey)
Toplam kesme uzunluğu	Her bir kesim 5 m olup 2 ayrı kesim toplamda 10 m
Dalmada kesme uzunluğu	Dalım yok (serbest yüzey)
Faydalı kesme derinliği	5 m
Kesme genişliği	3,45 cm
Ortalama kesme hızı	50 cm/saat

Çizelge 4.16. OKK kahverengi bej ocağında 1. kesimde kayıt altına alınan bazı elektriksel parametreler

Kayıt No.	Tarih	Saat	Akım (I)	Gerilim (V)	cosφ	Güç (kW)	Enerji (kJ)
0	19.08.2021	12:34:36	42,61	397,4	0,72	21,09	210,94
1	19.08.2021	12:34:46	42,32	395,8	0,71	20,57	205,74
2	19.08.2021	12:34:56	45,11	394,5	0,6	18,47	184,71
3	19.08.2021	12:35:06	46,79	394,5	0,74	23,63	236,29
4	19.08.2021	12:35:16	46,76	394,8	0,73	23,31	233,14
5	19.08.2021	12:35:26	46,60	394,8	0,72	22,92	229,16
6	19.08.2021	12:35:36	46,25	394,7	0,72	22,74	227,40
7	19.08.2021	12:35:46	45,92	394,8	0,77	24,15	241,50
8	19.08.2021	12:35:56	46,04	394,6	0,74	23,26	232,58
9	19.08.2021	12:36:06	45,88	394,8	0,76	23,82	238,16
10	19.08.2021	12:36:16	46,08	394,8	0,8	25,18	251,78
11	19.08.2021	12:36:26	46,12	394,9	0,78	24,58	245,76
12	19.08.2021	12:36:36	46,16	394,9	0,79	24,91	249,13
13	19.08.2021	12:36:46	45,97	394,8	0,77	24,18	241,78
14	19.08.2021	12:36:56	46,16	394,6	0,8	25,21	252,09
15	19.08.2021	12:37:06	46,00	394,6	0,79	24,81	248,08
16	19.08.2021	12:37:16	46,09	394,8	0,77	24,24	242,41

17	19.08.2021	12:37:26	46,12	394,9	0,78	24,58	245,76
18	19.08.2021	12:37:36	46,33	395	0,78	24,70	246,96
19	19.08.2021	12:37:46	46,64	394,8	0,79	25,17	251,66
20	19.08.2021	12:37:56	46,52	394,7	0,78	24,78	247,77
21	19.08.2021	12:38:06	46,17	394,7	0,79	24,91	249,08
22	19.08.2021	12:38:16	45,99	394,6	0,79	24,80	248,01
23	19.08.2021	12:38:26	45,68	394,8	0,82	25,58	255,84
24	19.08.2021	12:38:36	45,77	394,9	0,81	25,33	253,30
25	19.08.2021	12:38:46	45,80	395,1	0,8	25,04	250,44
26	19.08.2021	12:38:56	45,91	395	0,78	24,47	244,69
27	19.08.2021	12:39:06	45,88	394,9	0,77	24,14	241,35
28	19.08.2021	12:39:16	46,01	394,8	0,79	24,83	248,28
29	19.08.2021	12:39:26	45,95	394,7	0,78	24,47	244,72
30	19.08.2021	12:39:36	46,12	394,7	0,77	24,25	242,49
31	19.08.2021	12:39:46	46,15	394,8	0,76	23,95	239,54
32	19.08.2021	12:39:56	46,08	395	0,86	27,08	270,80
33	19.08.2021	12:40:06	46,01	395,1	0,89	27,99	279,92
34	19.08.2021	12:40:16	46,13	394,8	0,88	27,73	277,28
35	19.08.2021	12:40:26	46,43	394,7	0,87	27,58	275,80
36	19.08.2021	12:40:36	46,15	394,7	0,87	27,41	274,14
37	19.08.2021	12:40:46	46,23	394,9	0,89	28,11	281,07
38	19.08.2021	12:40:56	45,95	395	0,84	26,37	263,74
39	19.08.2021	12:41:06	45,64	395,2	0,86	26,84	268,35
40	19.08.2021	12:41:16	45,83	395,1	0,84	26,31	263,12
41	19.08.2021	12:41:26	45,63	394,8	0,79	24,62	246,19
42	19.08.2021	12:41:36	45,87	394,6	0,82	25,68	256,75
43	19.08.2021	12:41:46	46,12	394,7	0,79	24,88	248,79
44	19.08.2021	12:41:56	46,24	394,8	0,81	25,58	255,82
45	19.08.2021	12:42:06	46,28	394,9	0,82	25,93	259,26
46	19.08.2021	12:42:16	46,41	394,9	0,82	26,00	260,01
47	19.08.2021	12:42:26	46,32	395	0,77	24,37	243,73
48	19.08.2021	12:42:36	46,40	394,8	0,78	24,72	247,19
49	19.08.2021	12:42:46	46,29	394,6	0,83	26,23	262,30
50	19.08.2021	12:42:56	46,67	394,5	0,82	26,12	261,16
51	19.08.2021	12:43:06	47,04	394,6	0,78	25,05	250,48
52	19.08.2021	12:43:16	47,00	394,8	0,74	23,75	237,55
53	19.08.2021	12:43:26	46,56	395	0,67	21,32	213,17
54	19.08.2021	12:43:36	46,23	394,9	0,82	25,90	258,96
55	19.08.2021	12:43:46	46,04	394,8	0,79	24,84	248,42
56	19.08.2021	12:43:56	45,93	394,7	0,81	25,41	254,05
57	19.08.2021	12:44:06	45,85	394,8	0,8	25,05	250,54
58	19.08.2021	12:44:16	46,16	394,8	0,87	27,43	274,29
59	19.08.2021	12:44:26	46,21	395	0,86	27,16	271,59
60	19.08.2021	12:44:36	46,28	395	0,85	26,88	268,82
61	19.08.2021	12:44:46	45,99	395,2	0,85	26,72	267,25

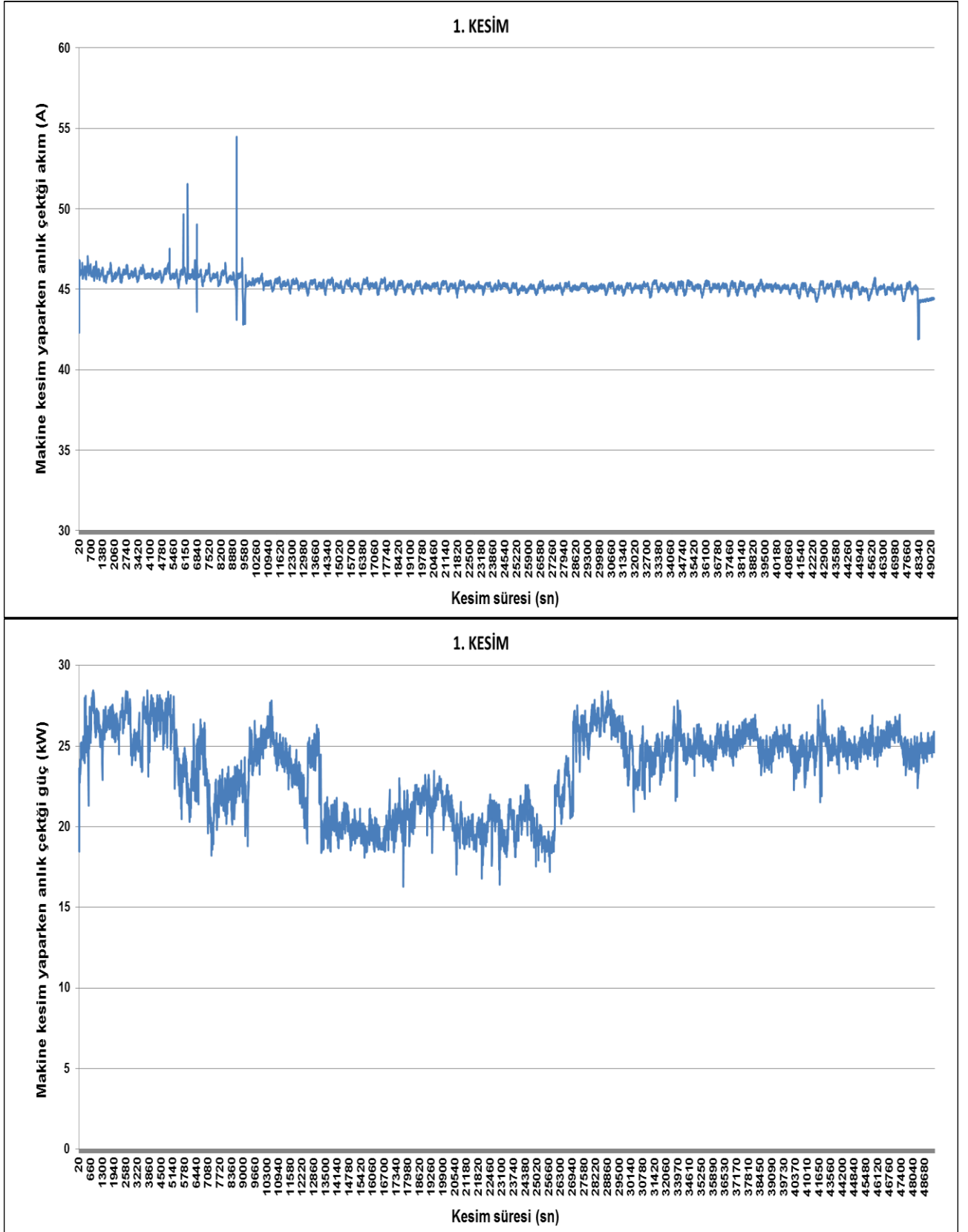
62	19.08.2021	12:44:56	46,05	394,8	0,81	25,48	254,78
63	19.08.2021	12:45:06	46,09	394,7	0,82	25,81	258,09
64	19.08.2021	12:45:16	46,17	394,7	0,8	25,22	252,23
65	19.08.2021	12:45:26	46,11	394,8	0,81	25,51	255,08
66	19.08.2021	12:45:36	46,45	394,9	0,83	26,34	263,41
67	19.08.2021	12:45:46	46,40	394,9	0,82	25,99	259,94
68	19.08.2021	12:45:56	46,56	395	0,86	27,36	273,62
69	19.08.2021	12:46:06	46,32	394,9	0,86	27,21	272,14
70	19.08.2021	12:46:16	46,04	394,7	0,89	27,98	279,79
71	19.08.2021	12:46:26	45,84	394,6	0,87	27,22	272,25
72	19.08.2021	12:46:36	45,92	394,8	0,88	27,60	276,00
73	19.08.2021	12:46:46	45,84	394,9	0,87	27,25	272,46
74	19.08.2021	12:46:56	46,00	395,1	0,9	28,30	282,98
75	19.08.2021	12:47:06	46,00	395	0,89	27,98	279,76
76	19.08.2021	12:47:16	46,00	394,9	0,9	28,28	282,84
77	19.08.2021	12:47:26	45,79	394,8	0,91	28,46	284,58
78	19.08.2021	12:47:36	46,00	394,7	0,89	27,96	279,55
79	19.08.2021	12:47:46	45,88	394,9	0,89	27,90	278,96
80	19.08.2021	12:47:56	46,01	395,1	0,86	27,05	270,48
81	19.08.2021	12:48:06	46,04	395,2	0,9	28,33	283,30
82	19.08.2021	12:48:16	46,19	395,1	0,88	27,78	277,81
83	19.08.2021	12:48:26	46,04	394,8	0,88	27,67	276,72
84	19.08.2021	12:48:36	46,39	394,5	0,87	27,54	275,43
85	19.08.2021	12:48:46	45,96	394,7	0,86	26,99	269,89
86	19.08.2021	12:48:56	45,95	395	0,84	26,37	263,74
87	19.08.2021	12:49:06	45,60	395,1	0,85	26,49	264,93
88	19.08.2021	12:49:16	45,63	395,3	0,83	25,90	258,98
89	19.08.2021	12:49:26	45,53	395,1	0,83	25,83	258,32
90	19.08.2021	12:49:36	45,84	394,7	0,84	26,29	262,93
91	19.08.2021	12:49:46	46,00	394,8	0,84	26,39	263,91
92	19.08.2021	12:49:56	46,19	394,7	0,81	25,55	255,46
93	19.08.2021	12:50:06	46,41	394,8	0,81	25,68	256,77
94	19.08.2021	12:50:16	46,29	394,9	0,86	27,20	271,99
95	19.08.2021	12:50:26	46,28	395	0,84	26,57	265,65
96	19.08.2021	12:50:36	46,25	395	0,86	27,18	271,82
97	19.08.2021	12:50:46	46,19	394,8	0,83	26,18	261,83
98	19.08.2021	12:50:56	46,49	394,6	0,86	27,30	272,96
99	19.08.2021	12:51:06	46,48	394,8	0,83	26,35	263,49
100	19.08.2021	12:51:16	46,71	394,8	0,85	27,12	271,16

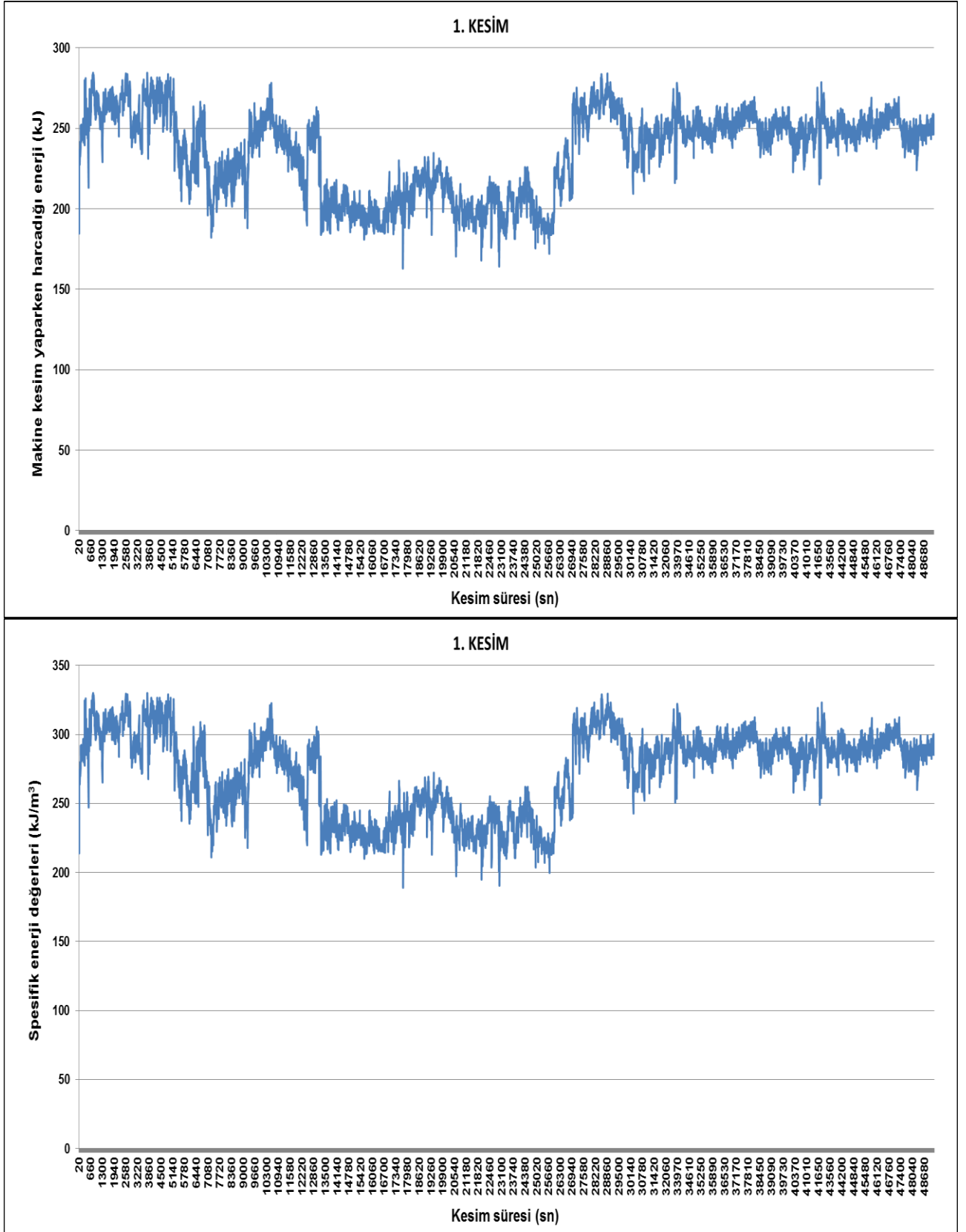
OKK madencilik kahverengi bej ocağında kesimlerden elde edilen akım, gerilim ve $\cos\phi$ değeri ile her faz için ayrı ayrı makinenin çektiği aktif güç (kW), tüketilen enerji (kJ) ve kayacı kesmek için gereken spesifik enerji (kJ/m³) değerleri hesaplanmıştır. Kesimler 5'er metre olarak uygulanmış ve kesimlere ait diğer şartlar

Çizelge 4.14’de verilmiştir. Bu kesimler sonucu elde edilen ve hesaplanan değerlerin zamana bağlı grafikleri sırasıyla 1. kesime ait grafikler Şekil 4.14’da ve 2. kesime ait grafikler Şekil 4.15’de verilmiştir. Bu ocakta kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi için elektriksel değerler kayıt altına alınan 2 kesimin ortalaması alınarak Çizelge 4.17’de verilmiştir. Kayacın daha sağlam ve dayanım ve sertlik değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde akım, aktif güç ve harcanan enerji değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bu duruma paralel olarak spesifik enerji değerlerinin de aynı bölgelerde arttığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kayacın içerisinde daha zayıf bölgeler, boşluklar veya çatlakların olduğu bölgelerde ise tam tersine bu değerlerin düştüğü görülmektedir.

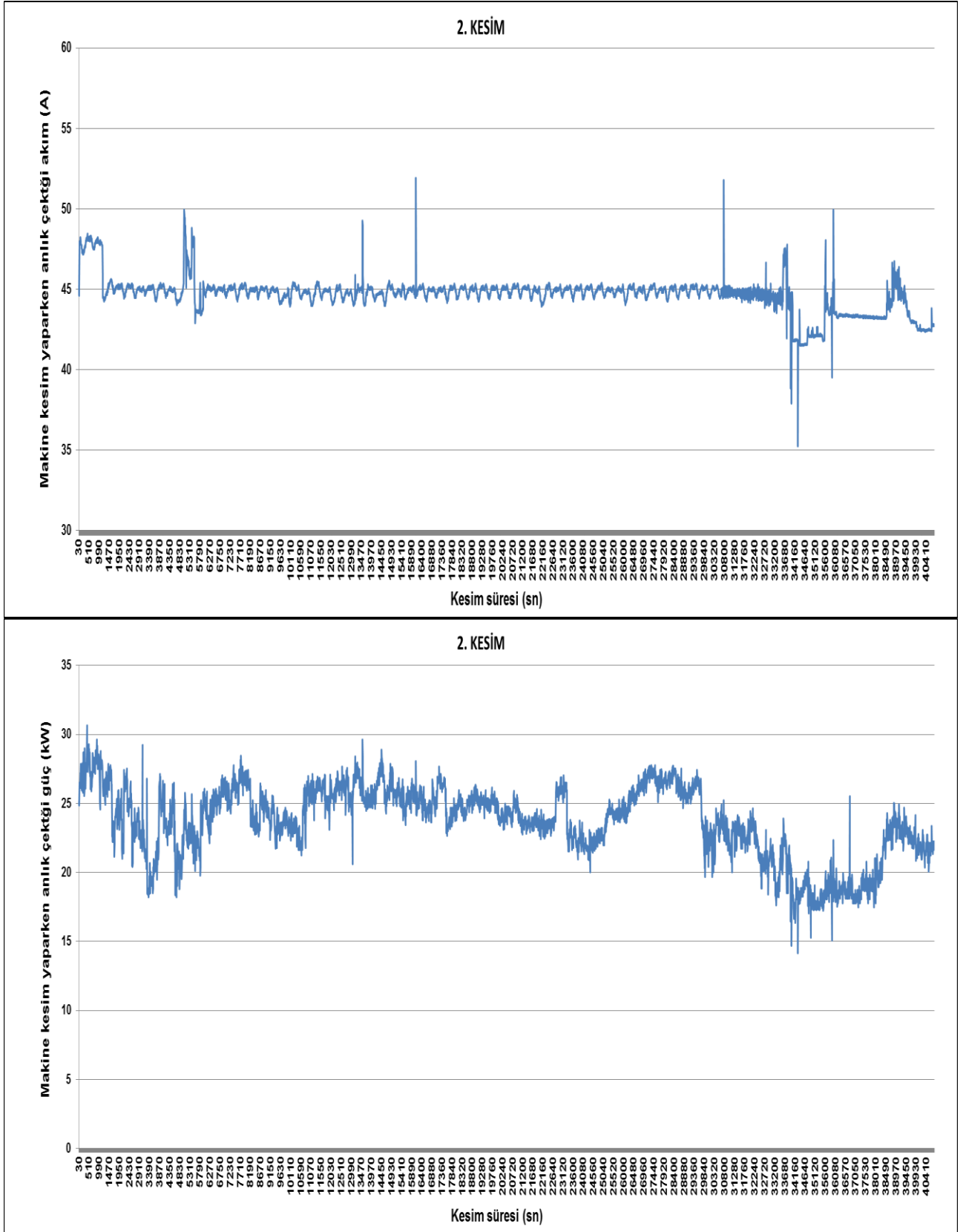
Çizelge 4.17. OKK kahverengi bej ocağında kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesine ait ölçülen ve hesaplanan elektriksel değerler

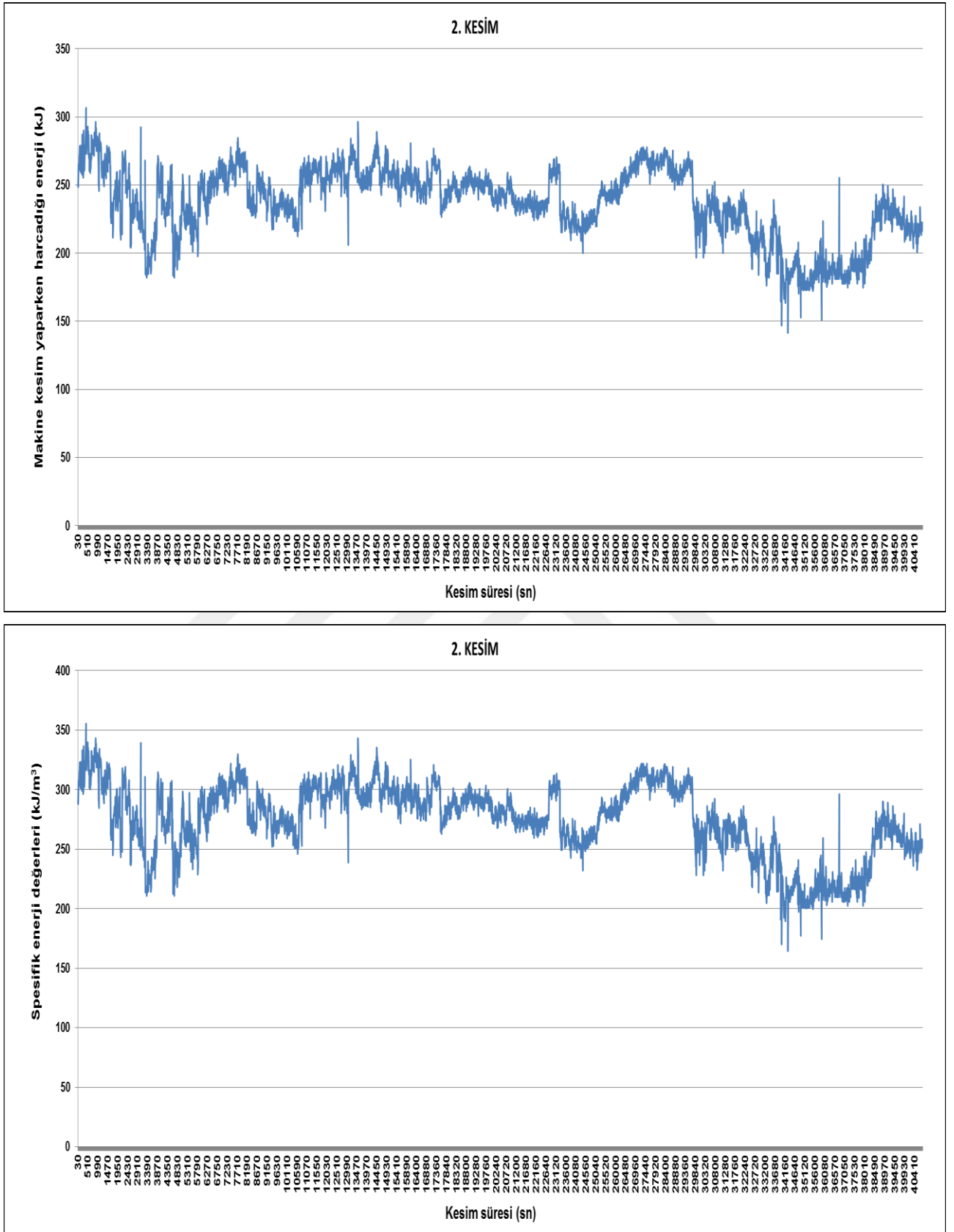
Kesim sonuçları	1.KESİM	2.KESİM
Kesme uzunluğu (m)	5	5
Kesme süresi (saat)	13,67	11,33
Kesme hızı (cm/saat)	50	50
Ort Akım değerleri (A)	45,26	44,68
Ort Gerilim değerleri (V)	395,30	395,43
Ort Güç değerleri (kW)	23,31	23,69
Ort Enerji değerleri (kJ)	233,10	236,89
Ort Spesifik enerji değerleri (kJ/m ³)	270,26	274,66





Şekil 4.14. OKK kahverengi bej ocağında 1. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri





Şekil 4.15. OKK kahverengi bej ocağında 2. kesim sonucunda elde edilen akım-zaman, güç-zaman, enerji-zaman ve spesifik enerji zaman değişim grafikleri

4.3. Zincirli Kesme Makinelerine Ait Arazi Ölçümleri Sonucu Hesaplanan Performans Değerleri

Zincirli kesme makinelerinin kullanıldığı ocaklarda verimli kesim yapıp yapmadıklarını belirlemek için bazı performans hesaplamaları yapılmıştır. Bu çalışmada arazide yapılan ölçümler sonucunda OKK Madencilik'e ait ocaklarda kullanılan Fantini 70 SUPER H model zincirli kesme makinesi ile MRT Madencilik'e ait ocakta kullanılan Benetti CSM 968 model zincirli kesme makinesine ait net kesme hızı, zincirli kesme makinesi penetrasyon indeksi ve zincirli kesme makinesi alansal net kazı hızı değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.18'de verilmiştir.

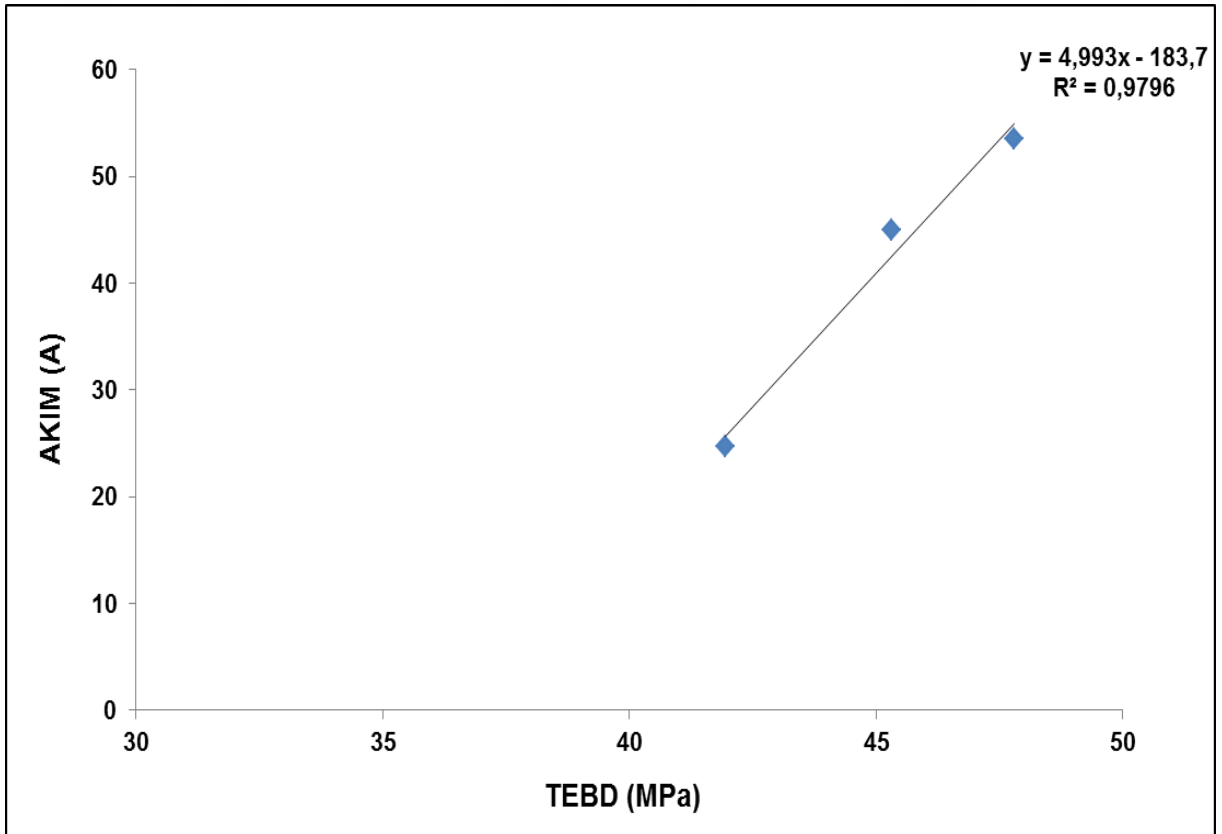
4.4. Kayaç Özellikleri İle Elektriksel Parametreler Ve Zincirli Kesme Makinelerinin Performans Değerleri Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Olarak Değerlendirmesi

Doğal taş ocaklarında son dönemde sıklıkla kullanılmaya başlanan zincirli kesme makinelerinin performansının araştırıldığı bu çalışmada 3 farklı ocakta yapılan elektriksel parametre ölçümleri ile laboratuvarında yapılan kaya mekaniği deney sonuçları toplu olarak Çizelge 4.18'de verilmiştir.

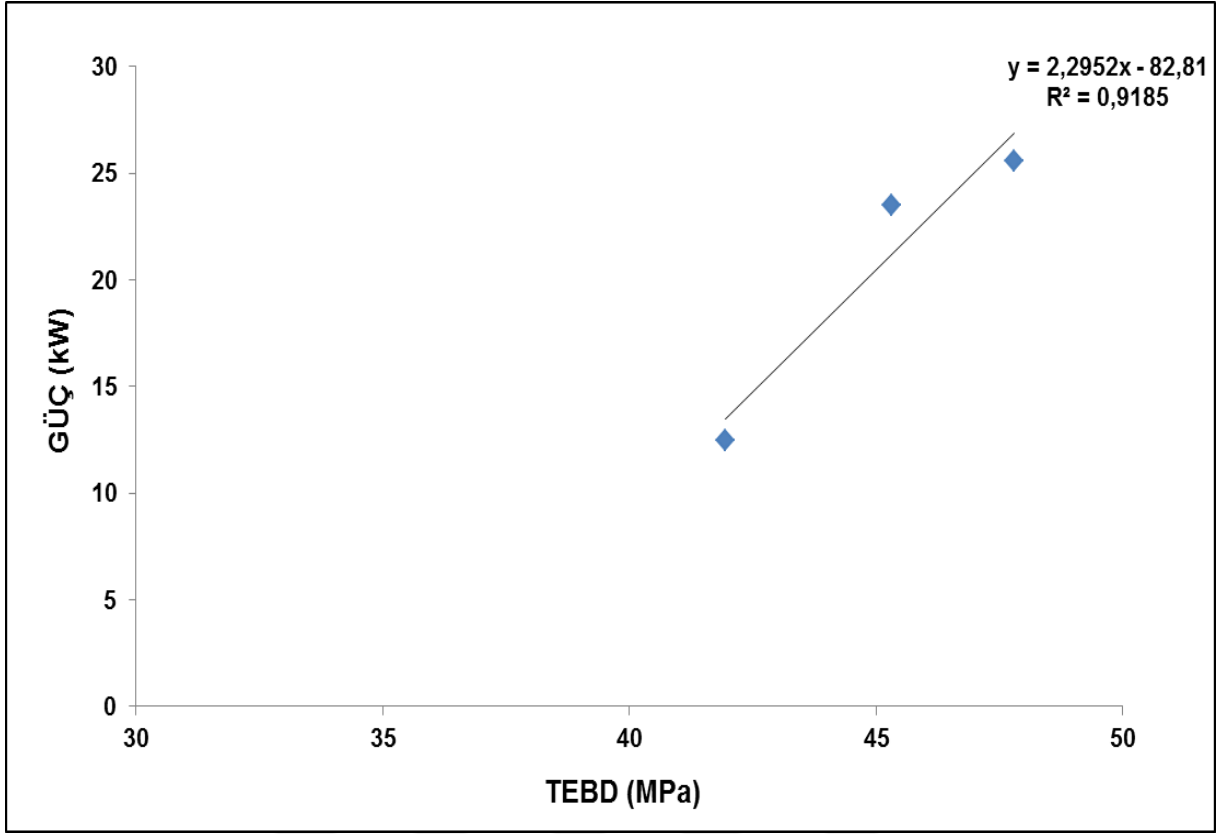
Çizelge 4.18. Ocaklardan ölçümler sonucu elde edilen makinelere ait performans özellikleri ile laboratuvarında kaya mekaniği deneyleri sonucu kesilen kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri

		MRT GRİ OCAK	OKK GRİ OCAK	OKK KAHVERENGİ OCAK
KAYAÇ ÖZELLİKLERİ	Yoğunluk (gr/cm)	2,68	2,71	2,64
	TEBD (MPa)	47,80	41,94	45,31
	TEÇD (MPa)	4,24	4,75	6,31
	Schmidt Sertliği	67,13	64,40	69,92
	Vp (km/s)	6,34	6,42	6,21
	NY (MPa)	4,83	5,48	4,16
PERFORMANS ÖZELLİKLERİ	AKIM (A)	53,56	24,67	44,97
	GERİLİM (V)	413,42	388,85	395,37
	GÜÇ (kW)	25,57	12,47	23,50
	ENERJİ (kJ)	255,71	124,69	235,00
	SE (kJ/m ³)	145,16	52,36	272,46
	NCR (m ² /saat)	6,07	5,70	2,46
	CSPI (m ³)	1,50	1,67	1,10
	ANCR (m ² /h)	3,48	4,71	1,71
TEBD: Tek eksenli basınç dayanımı; TEÇD: Dolaylı çekme dayanımı; Vp: P dalga hızı; NY: Nokta yükleme dayanımı; SE: Spesifik enerji				

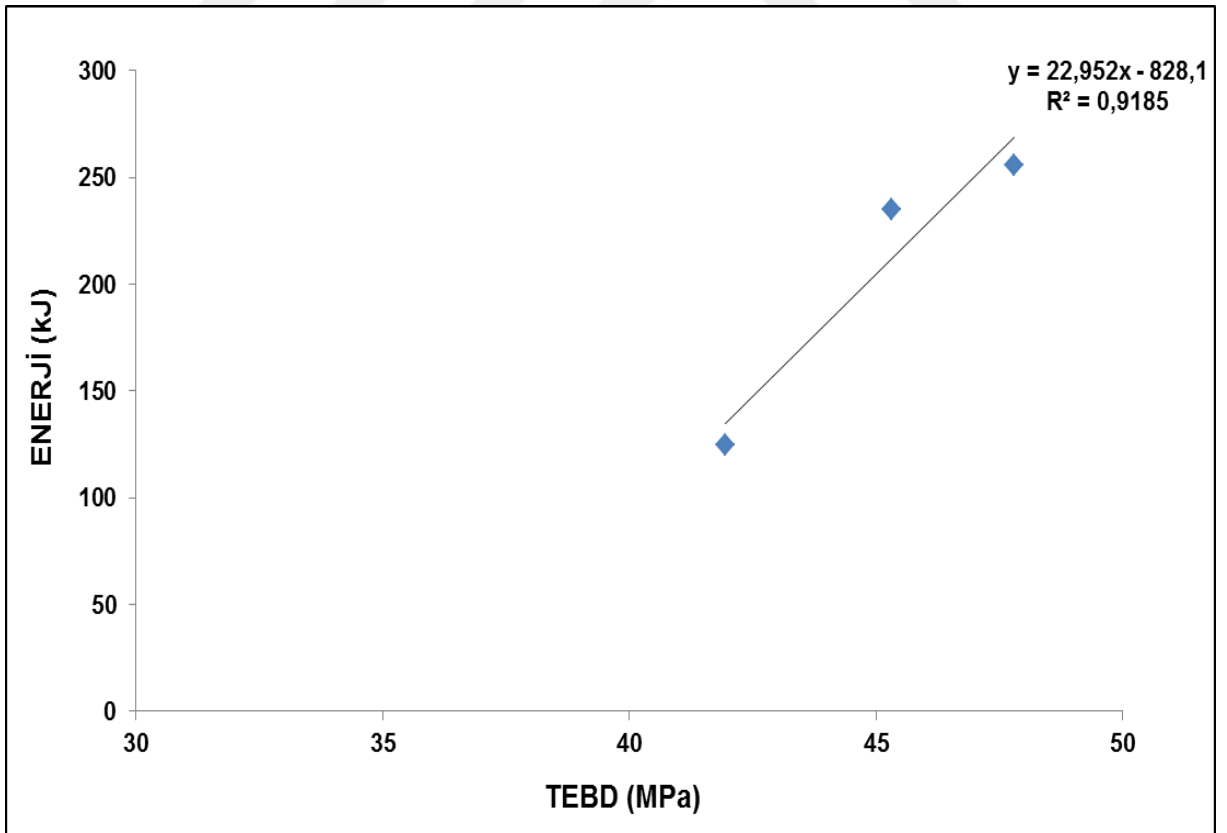
Bu çalışmada yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda ilk önce kayaç özellikleri ile kesim yapılırken elde edilen elektriksel parametreler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Buna göre makinelerin kesim yaparken çektiği akım, güç ve kesimde harcadıkları enerji değerleri ile kayaç özelliklerinde en anlamlı ilişki ve yüksek R^2 değeri gösteren kayaç özelliği tek eksenli basınç dayanımı değeri olarak bulunmuştur (Şekil 4.16-4.18). Kayaçların TEBD değerleri ile makinenin kesim yaparken çektiği akım, güç ve enerji değerleri arasında elde edilen korelasyon katsayısı R^2 değerleri sırasıyla 0,98, 0,92 ve 0,91 olarak bulunmuştur. Diğer kayaç özellikleri ile elektriksel parametreler arasında anlamlı ilişki görülmemiştir.



Şekil 4.16. Kayaçların TEBD değerleri ile makinelerin çektiği akım değerleri arasındaki ilişki

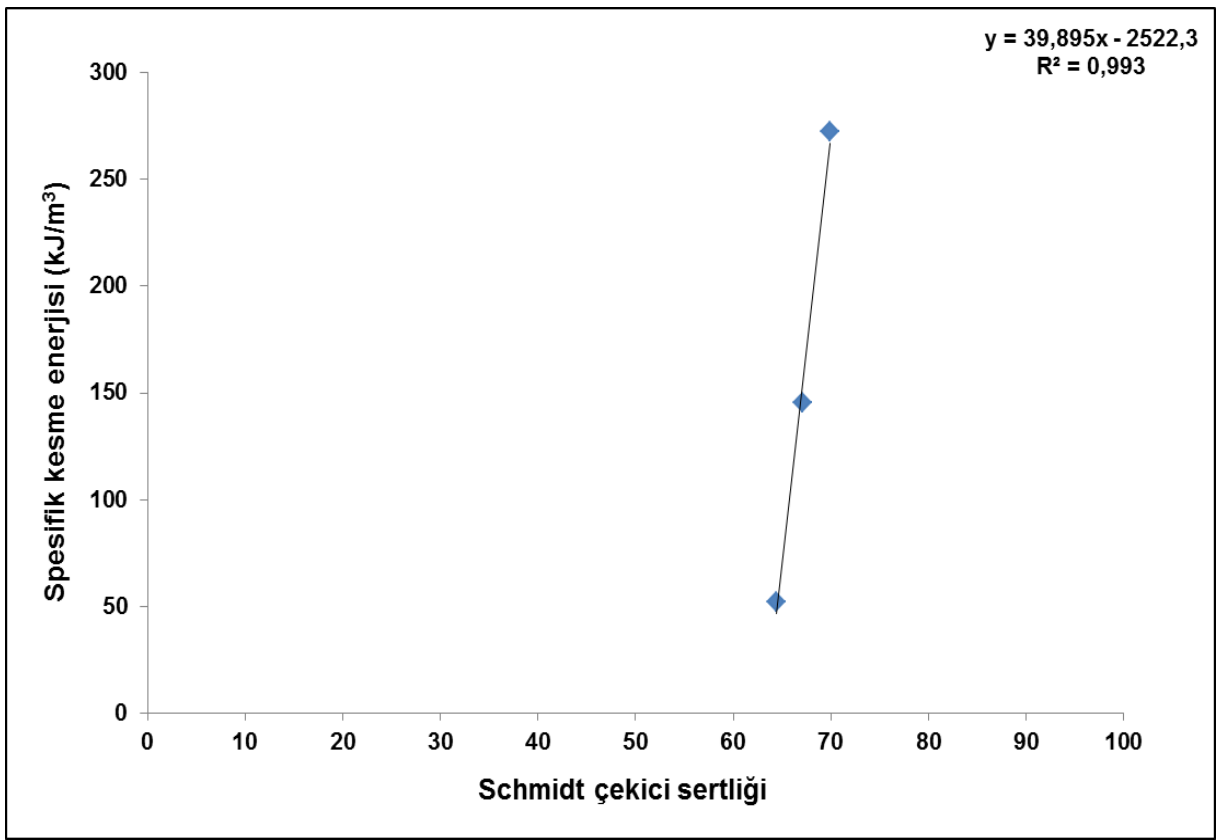


Şekil 4.17. Kayaçların TEBD değerleri ile makinelerin çektiği güç değerleri arasındaki ilişki

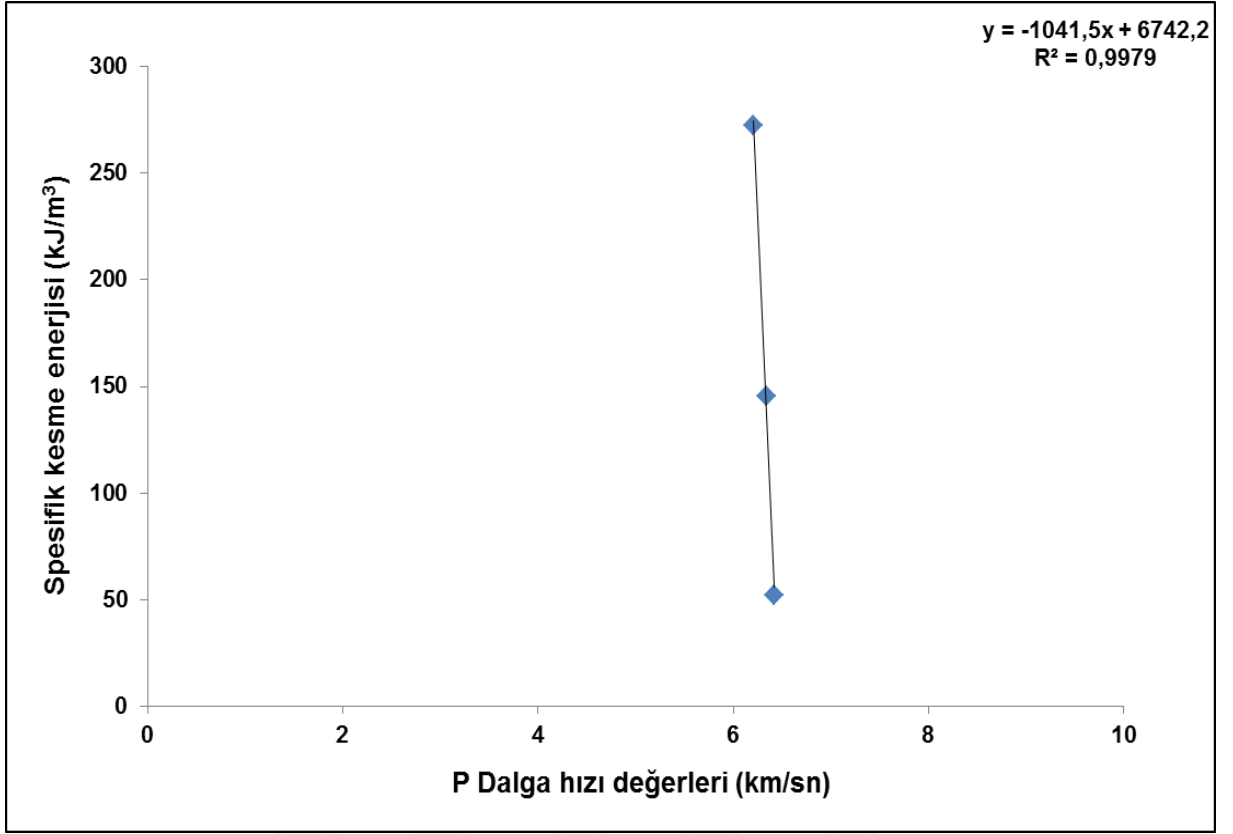


Şekil 4.18. Kayaçların TEBD değerleri ile makinelerin harcadığı enerji değerleri arasındaki ilişki

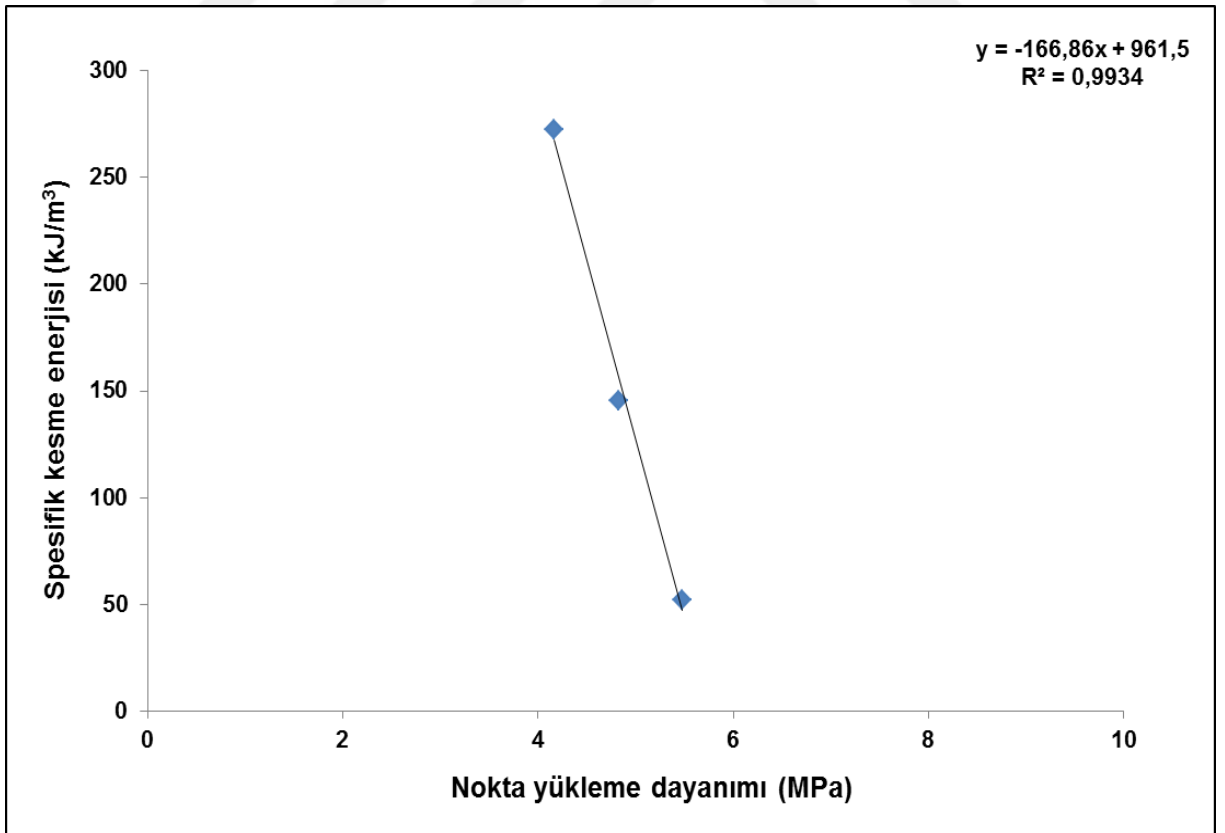
İkinci istatistiksel değerlendirme kayaç özellikleri ile kazıcı/kesici makinelerin performans tahmininde en yaygın olarak kullanılan ve bu çalışmada da elektriksel parametreler kullanılarak hesaplanan spesifik kesme enerjisi değerleri arasında yapılmıştır (Şekil 4.19-4.22). Buna göre kayaçların Schmidt sertliği, P dalga hızı ve nokta yükleme değerleri ile spesifik enerji değerleri arasında anlamlı ve yüksek korelasyon katsayısı görülmüştür ve R^2 değerleri 0,99 olarak bulunmuştur. Kayaçların TEÇD ($R^2=0,61$) değerleri ile spesifik enerji değerleri arasında ise daha zayıf ve düşük korelasyon görülmüştür.



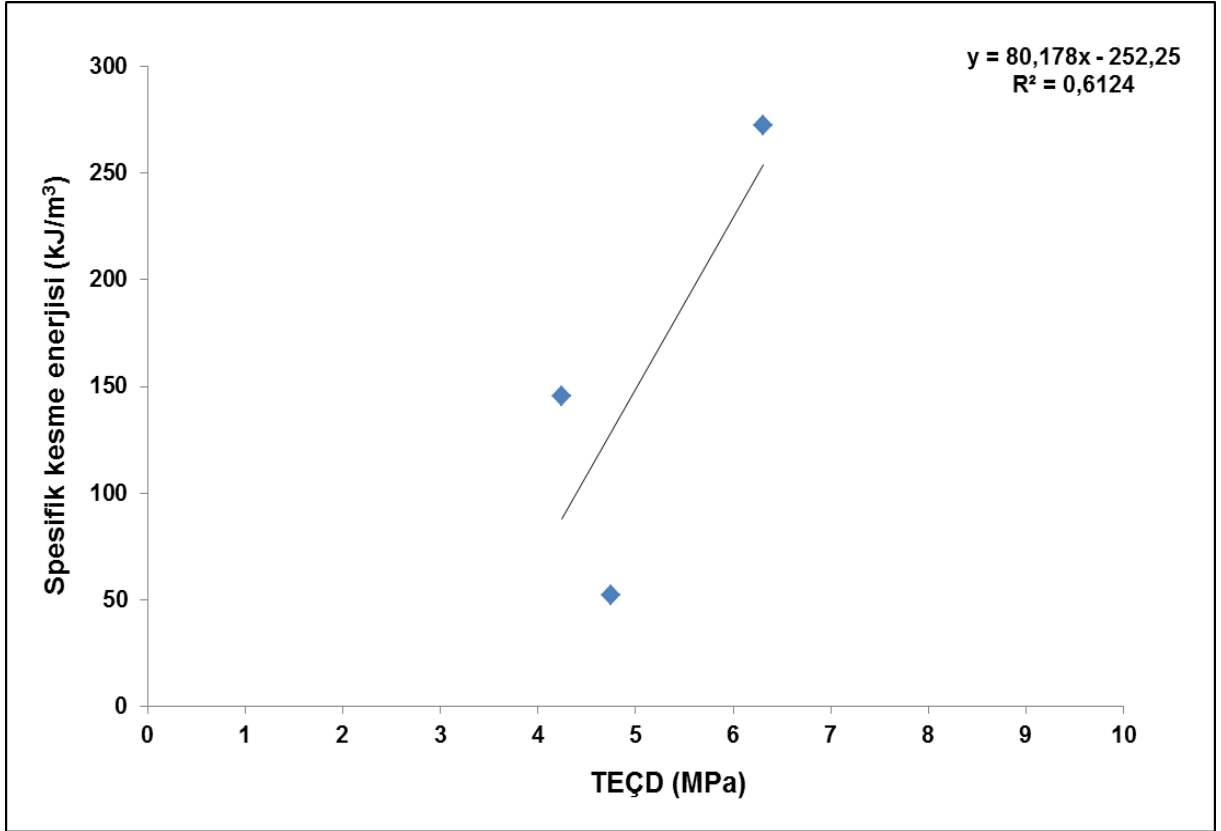
Şekil 4.19. Spesifik enerji değerleri ile kayaçların Schmidt sertliği değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.20. Spesifik enerji değeri ile kayaçların P dalga hızı değeri arasındaki ilişki

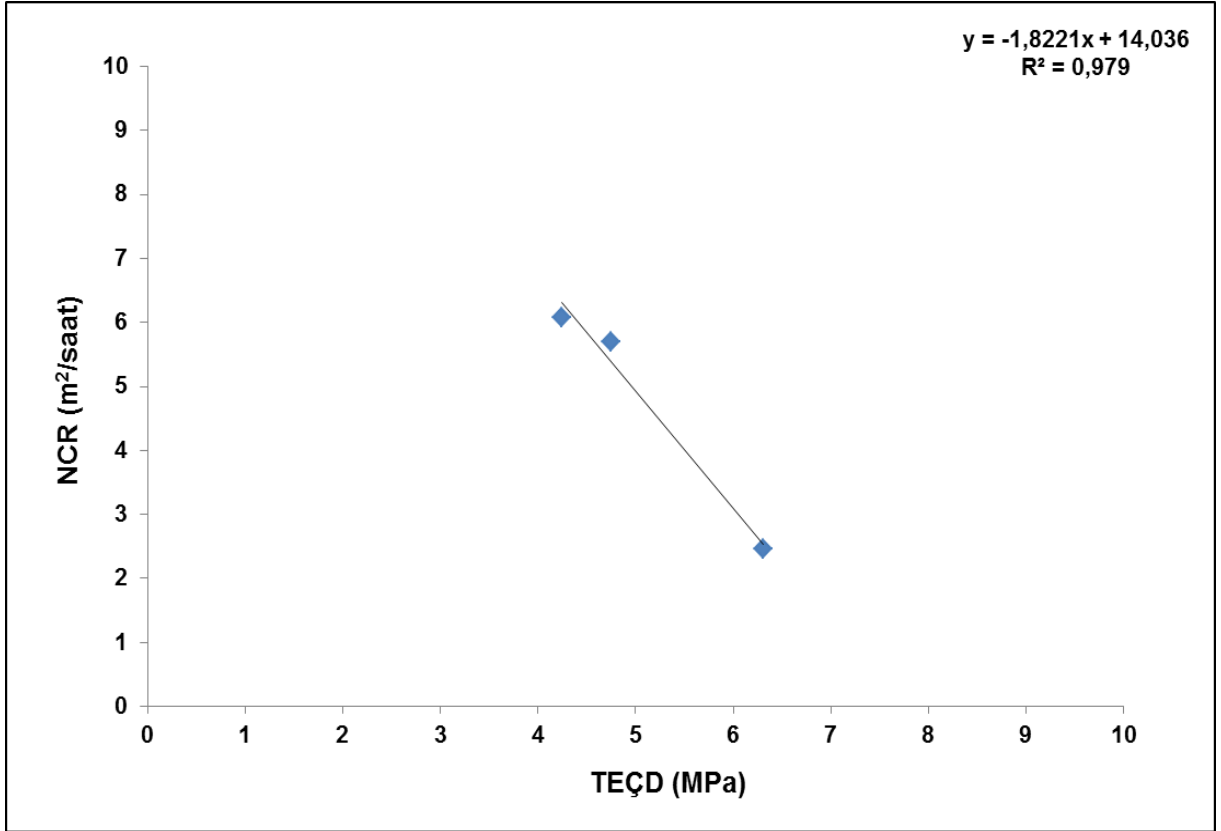


Şekil 4.21. Spesifik enerji değeri ile kayaçların nokta yükleme dayanımı değeri arasındaki ilişki

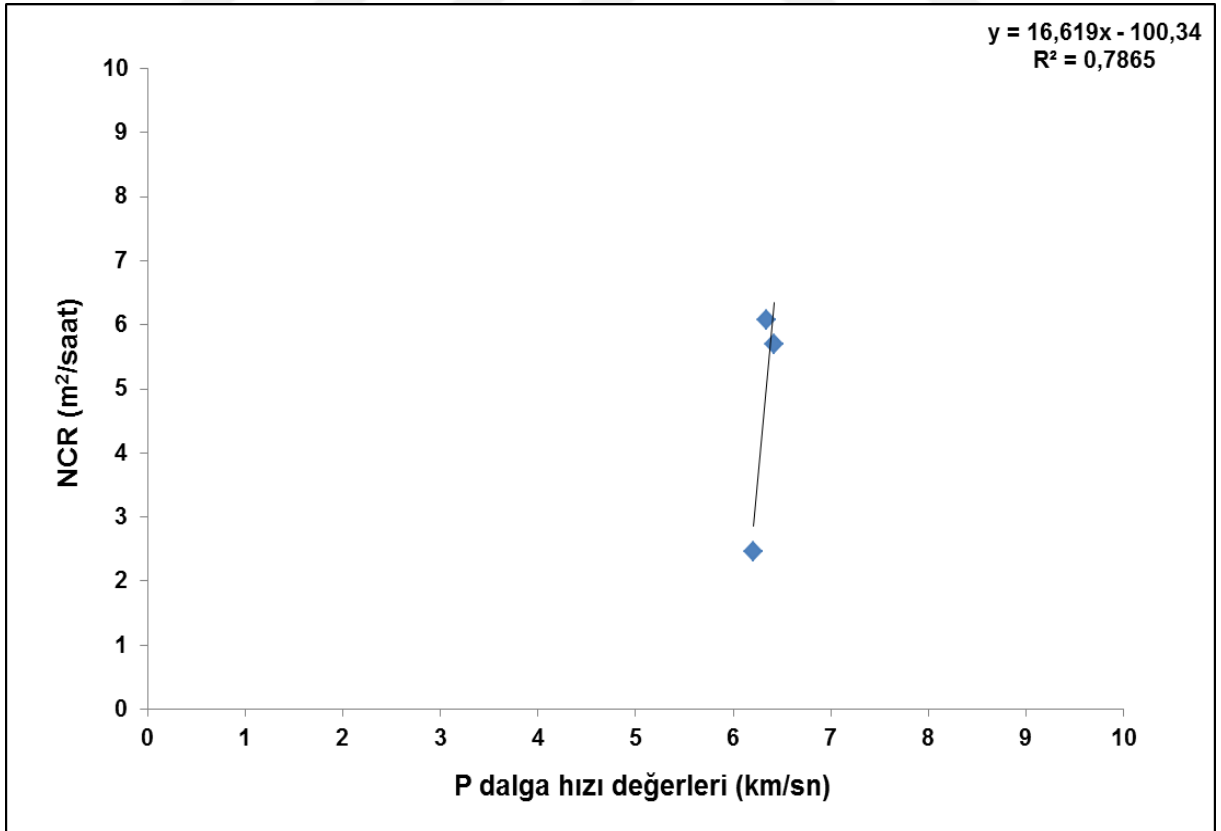


Şekil 4.22. Spesifik enerji değerleri ile kayaçların TEÇD değerleri arasındaki ilişki

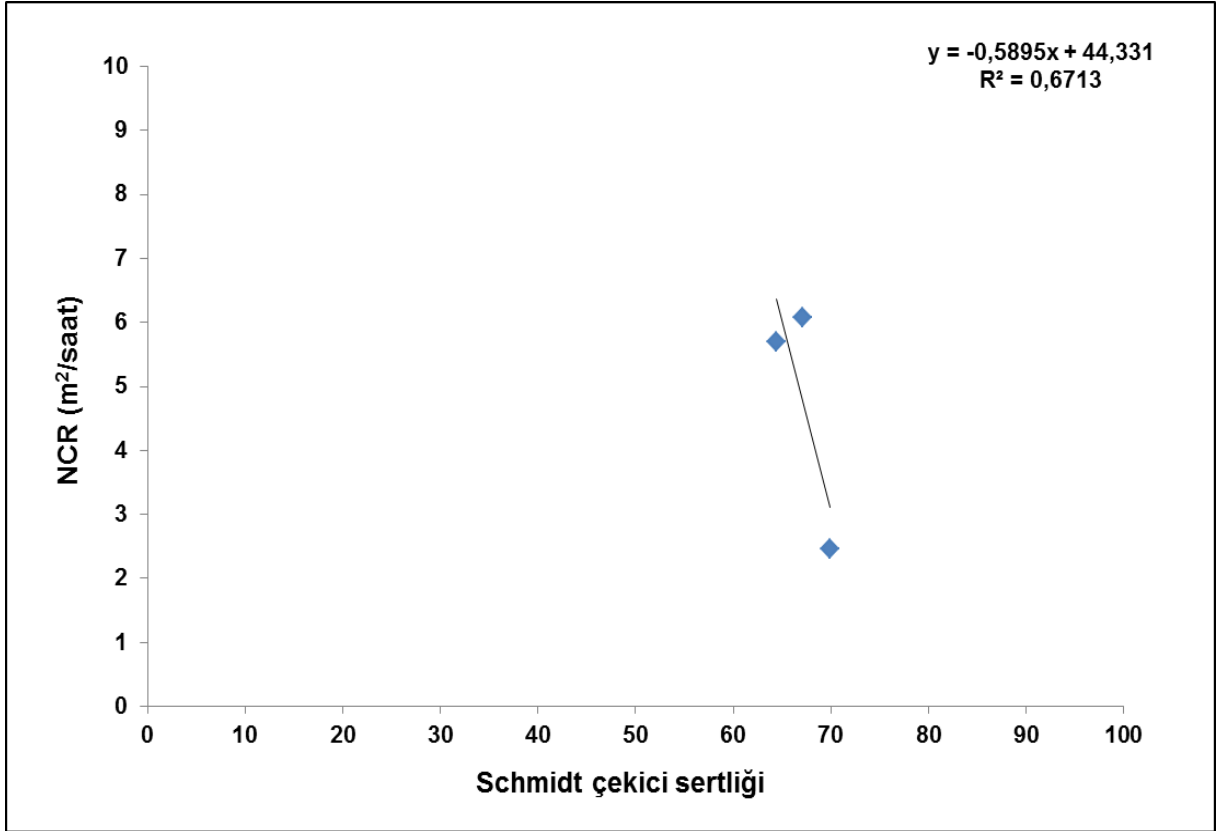
Ocaklarda kullanılan zincirli kesme makinelerine ait arazi ölçümleri sonucu hesaplanan performans değerlerinden NCR değerleri ile kayaç özellikleri arasında istatistiksel olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda (Şekil 4.23-4.26) en iyi korelasyon değeri sırasıyla TEÇD ($R^2=0,98$) ve P dalga hızı ($R^2=0,79$) değerleri ile elde edilmiştir. Ayrıca NCR değerleri ile kayaçların Schmidt sertliği değerleri ve nokta yükleme dayanımı değerleri arasında daha düşük bir korelasyon elde edilmiş ve $R^2=0,67$ olarak bulunmuştur. TEBD değerleri ile anlamlı bir ilişki görülmemiştir.



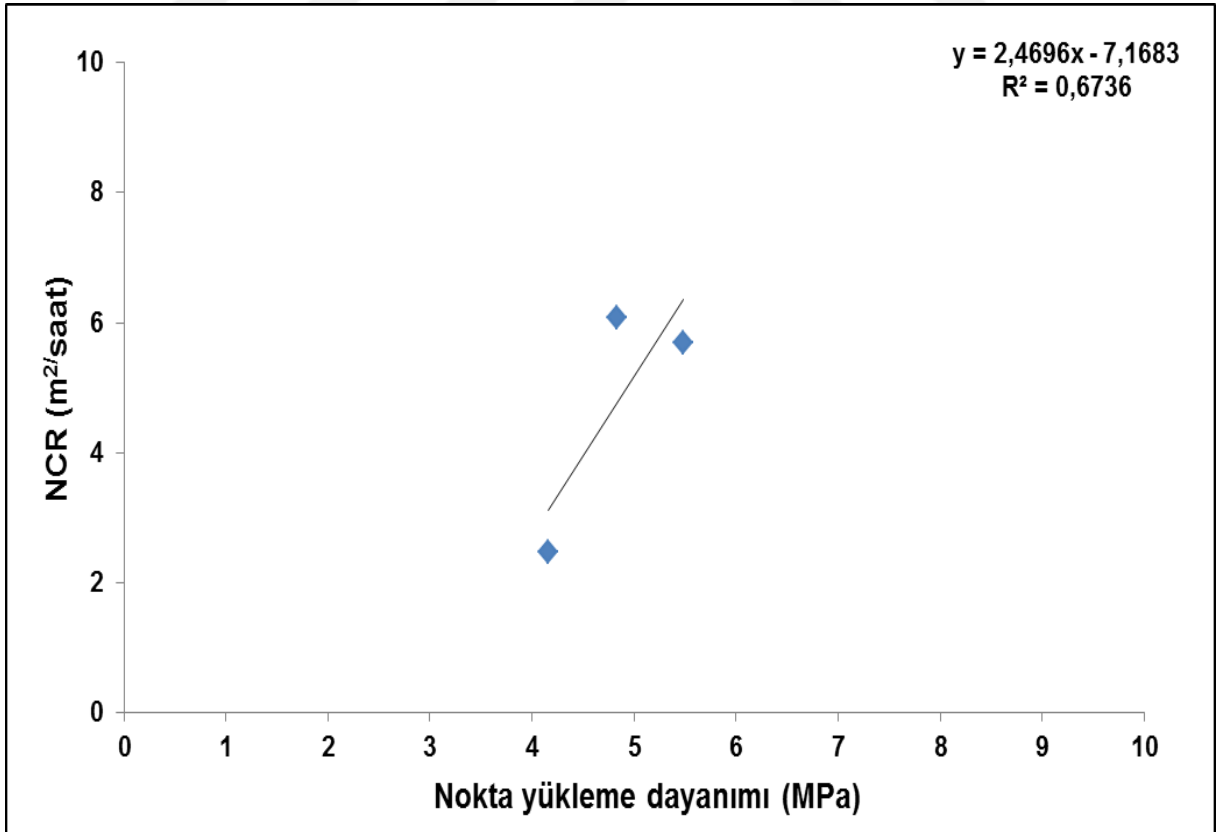
Şekil 4.23. Makinelerin net kesme hızı değerleri ile kayaçların TEÇD değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.24. Makinelerin net kesme hızı değerleri ile kayaçların P dalga hızı değerleri arasındaki ilişki

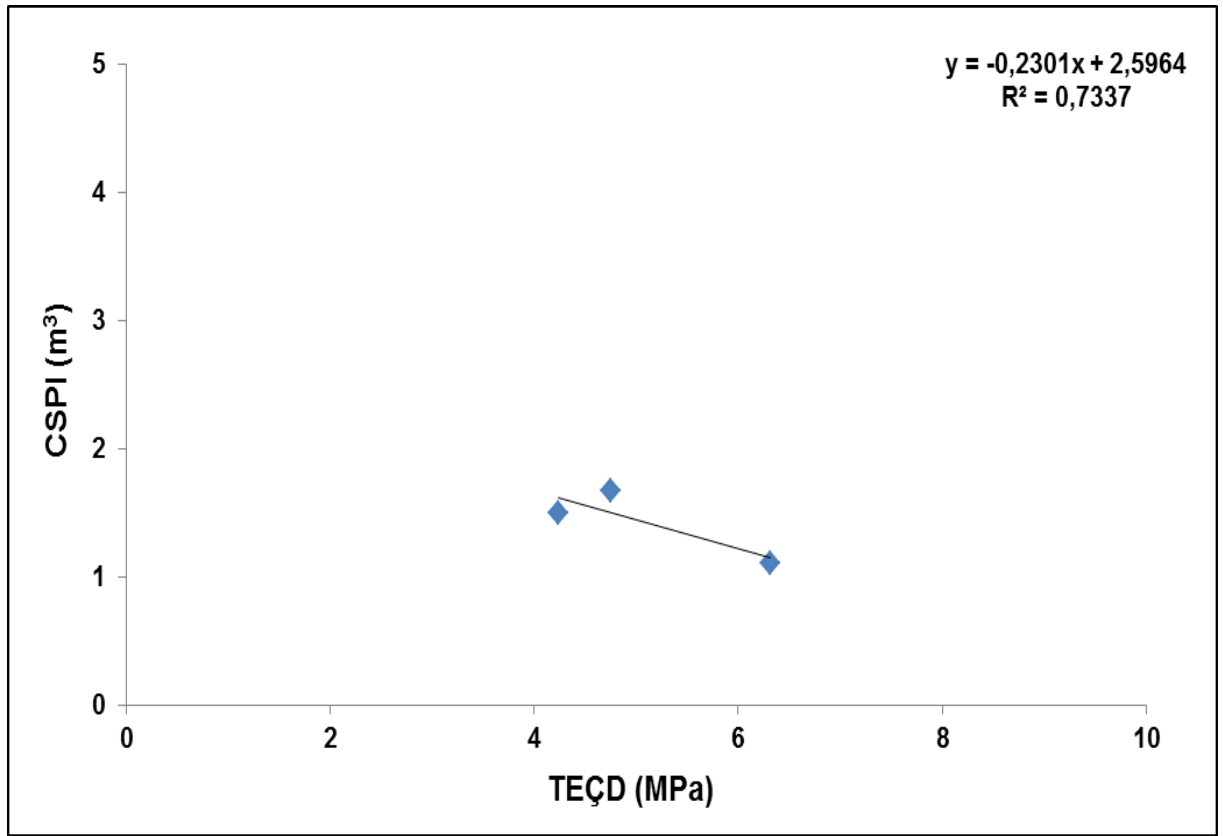


Şekil 4.25. Makinelerin net kesme hızı değerleri ile kayaçların Schmidt sertliği değerleri arasındaki ilişki

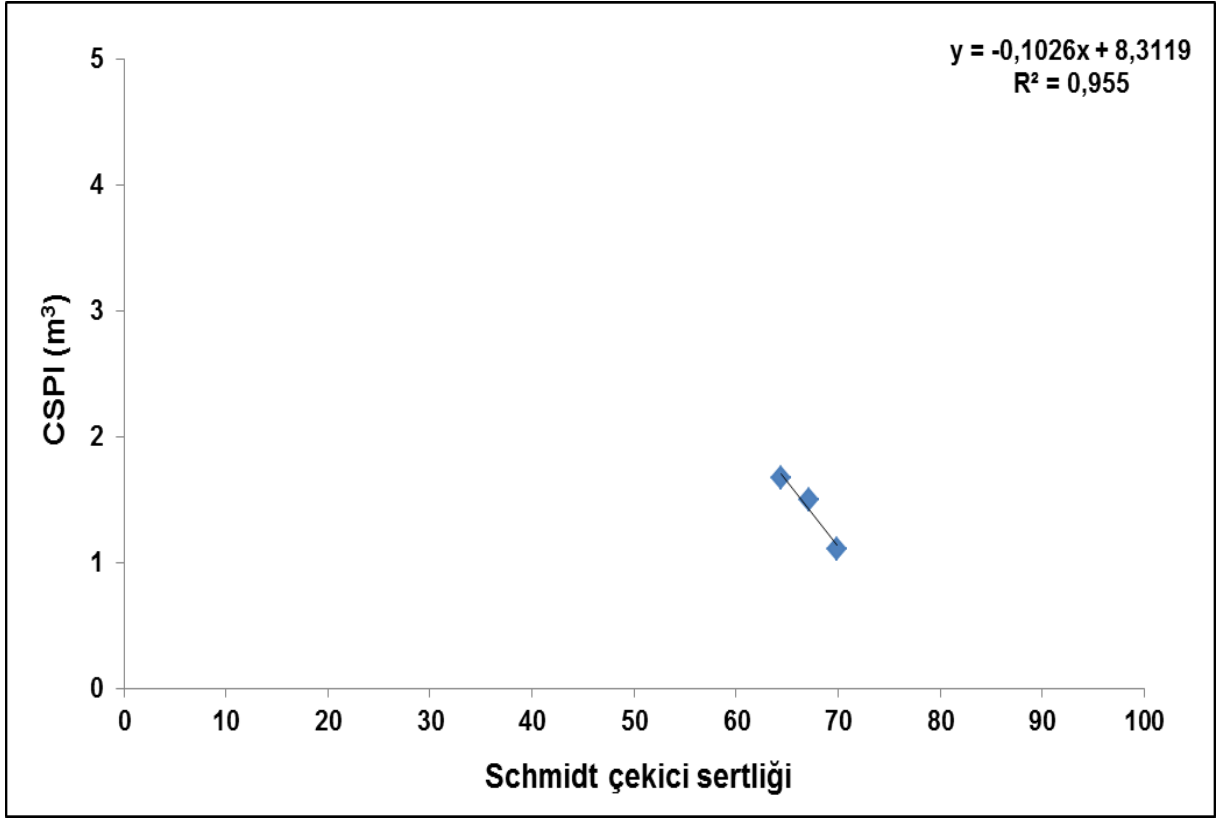


Şekil 4.26. Makinelerin net kesme hızı değerleri ile kayaçların nokta yükleme dayanımı değerleri arasındaki ilişki

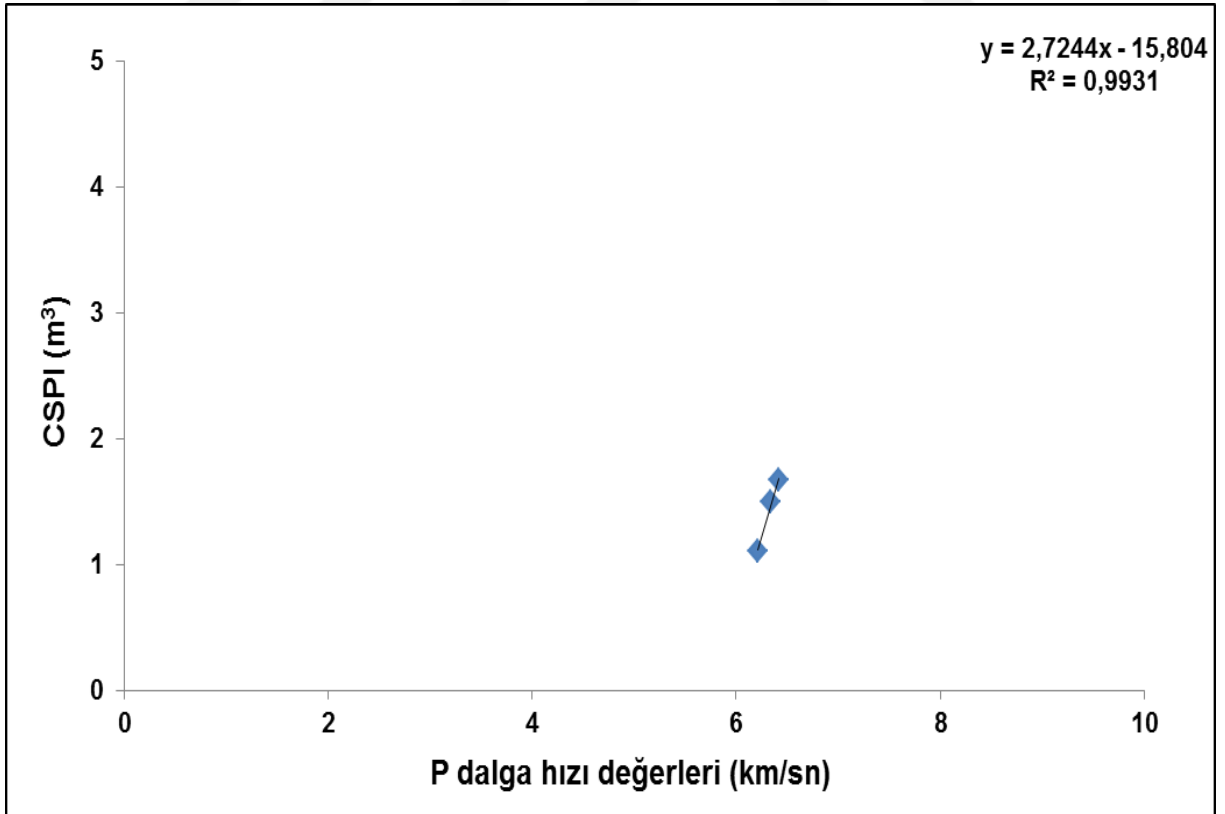
Ocaklarda kullanılan zincirli kesme makinelerine ait arazi ölçümleri sonucu hesaplanan performans değerlerinden CSPI değerleri ile kesilen kayaç özellikleri arasında istatistiksel olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda (Şekil 4.27-4.30) en iyi korelasyon $R^2=0,99$ olarak bulunan kayaçların P dalga hızı değerleri ile CSPI değerleri arasında görülmüştür. Daha sonra $R^2=0,96$ ile Schmidt sertliği değerleri ve nokta yükleme dayanımı değerleri ile bulunmuştur. $R^2=0,73$ ile kayaçların TEÇD ile CSPI değerleri arasında bulunmuştur. Diğer kayaç özellikleri ile ise anlamlı ilişkiler görülmemiştir.



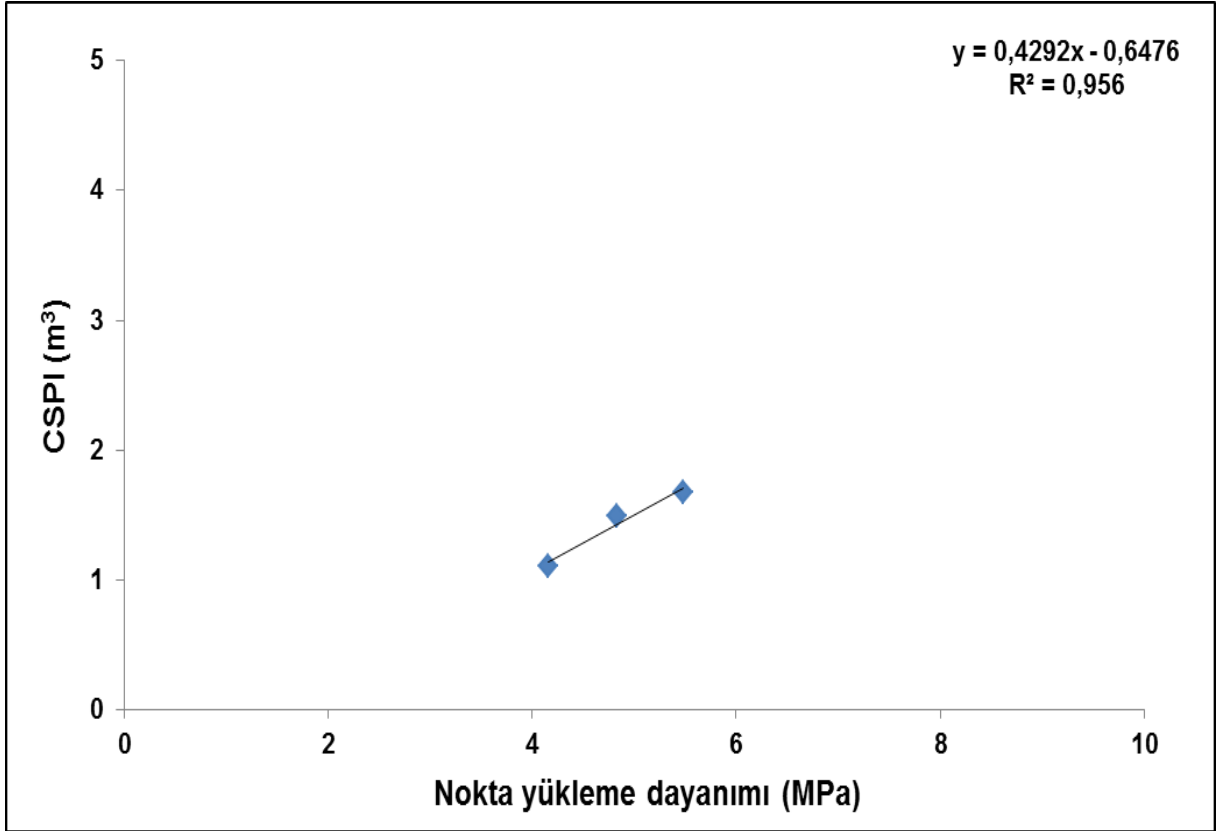
Şekil 4.27. Makinelerin zincirli kesme penetrasyon indeksi değerleri ile kayaçların TEÇD değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.28. Makinelerin zincirli kesme penetrasyon indeksi değerleri ile kayaçların Schmidt sertliği değerleri arasındaki ilişki

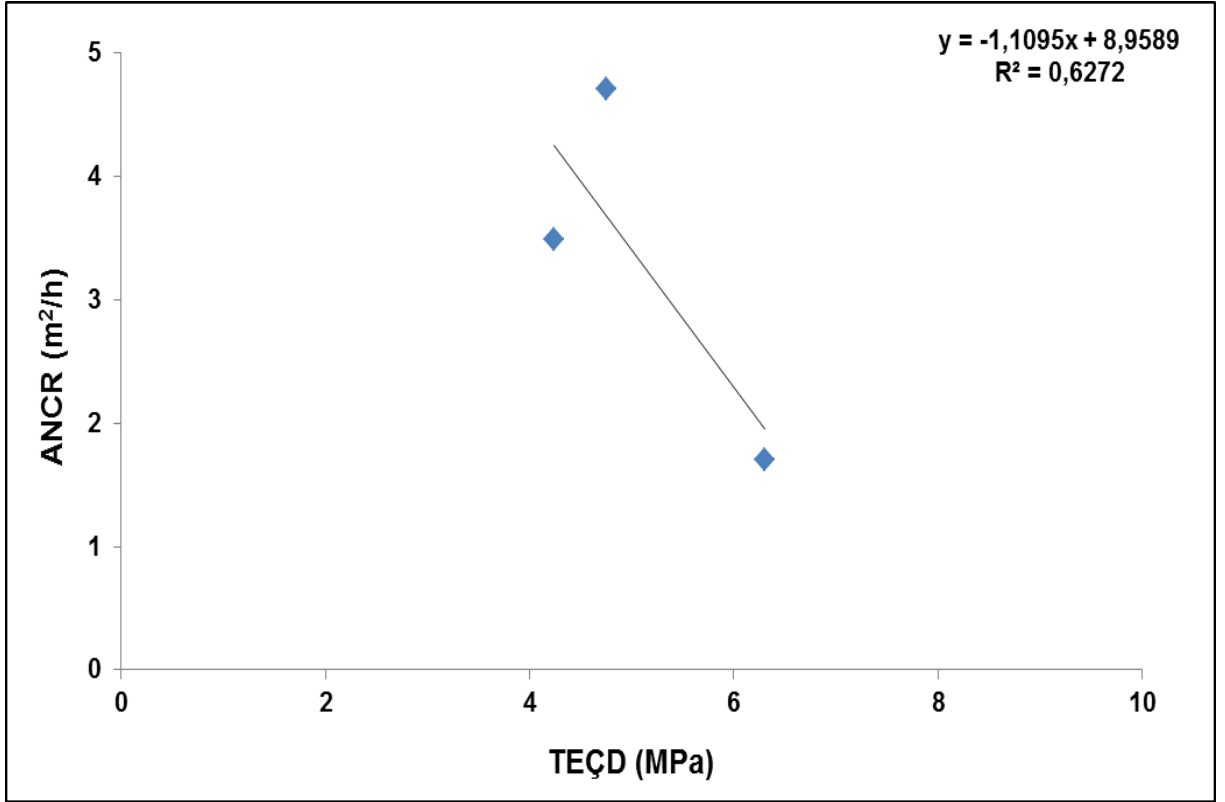


Şekil 4.29. Makinelerin zincirli kesme penetrasyon indeksi değerleri ile kayaçların P dalga hızı değerleri arasındaki ilişki

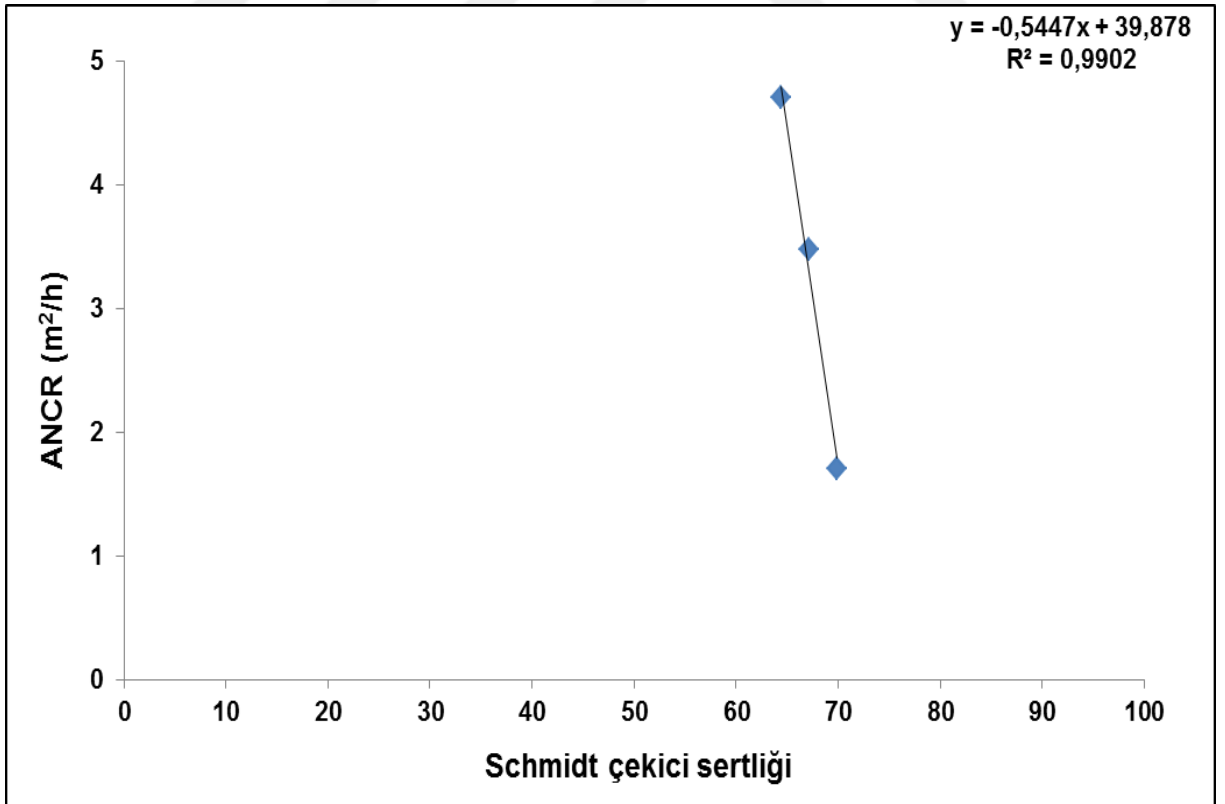


Şekil 4.30. Makinelerin zincirli kesme penetrasyon indeksi değerleri ile kayaçların nokta yükleme dayanımı değerleri arasındaki ilişki

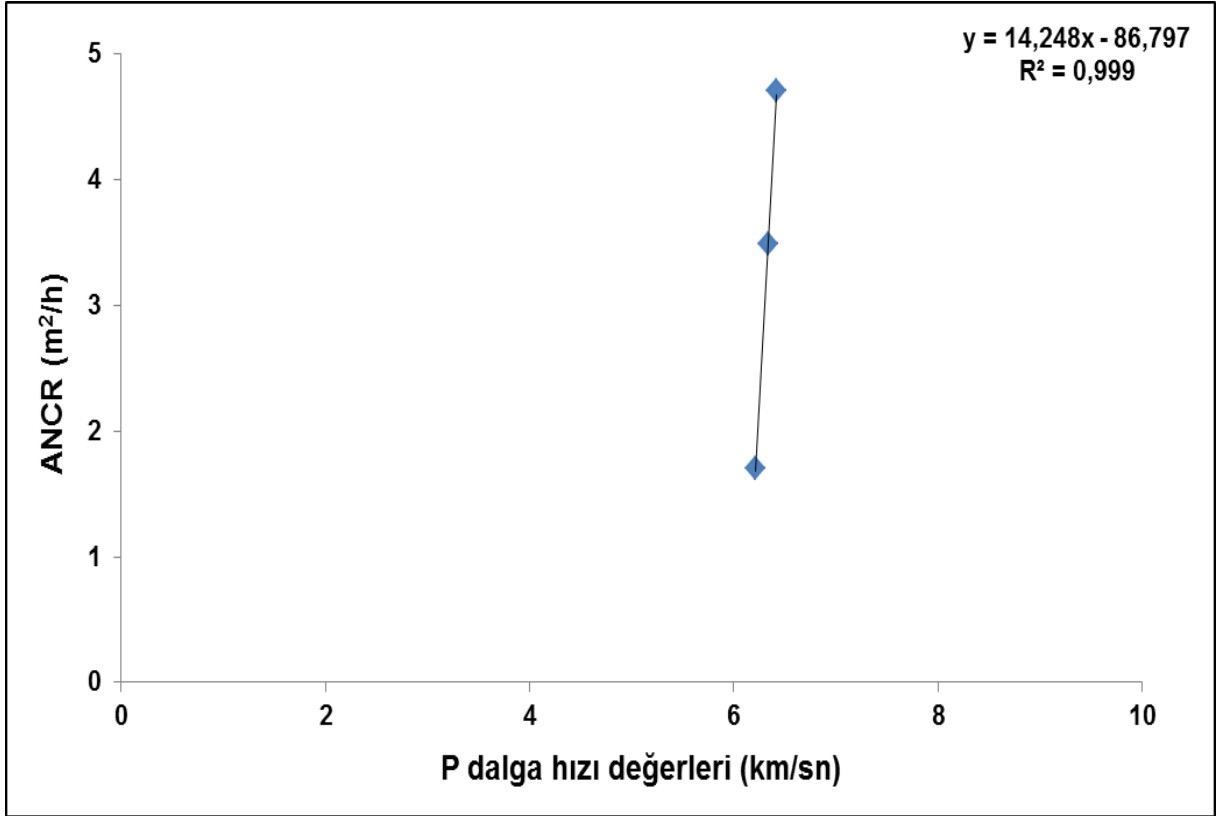
Ocaklarda kullanılan zincirli kesme makinelerine ait arazi ölçümleri sonucu hesaplanan performans değerlerinden ANCR değerleri ile kesilen kayaç özellikleri arasında istatistiksel olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda (Şekil 4.31-4.44) en iyi korelasyon katsayısı değeri $R^2=0,99$ ile Schmidt sertliği, P dalga hızı ve nokta yükleme dayanımı değerleri ile elde edilmiştir. Ayrıca ANCR değerleri ile kayaçların TEÇD değerleri arasında daha düşük bir korelasyon elde edilmiş ve $R^2=0,63$ olarak bulunmuştur.



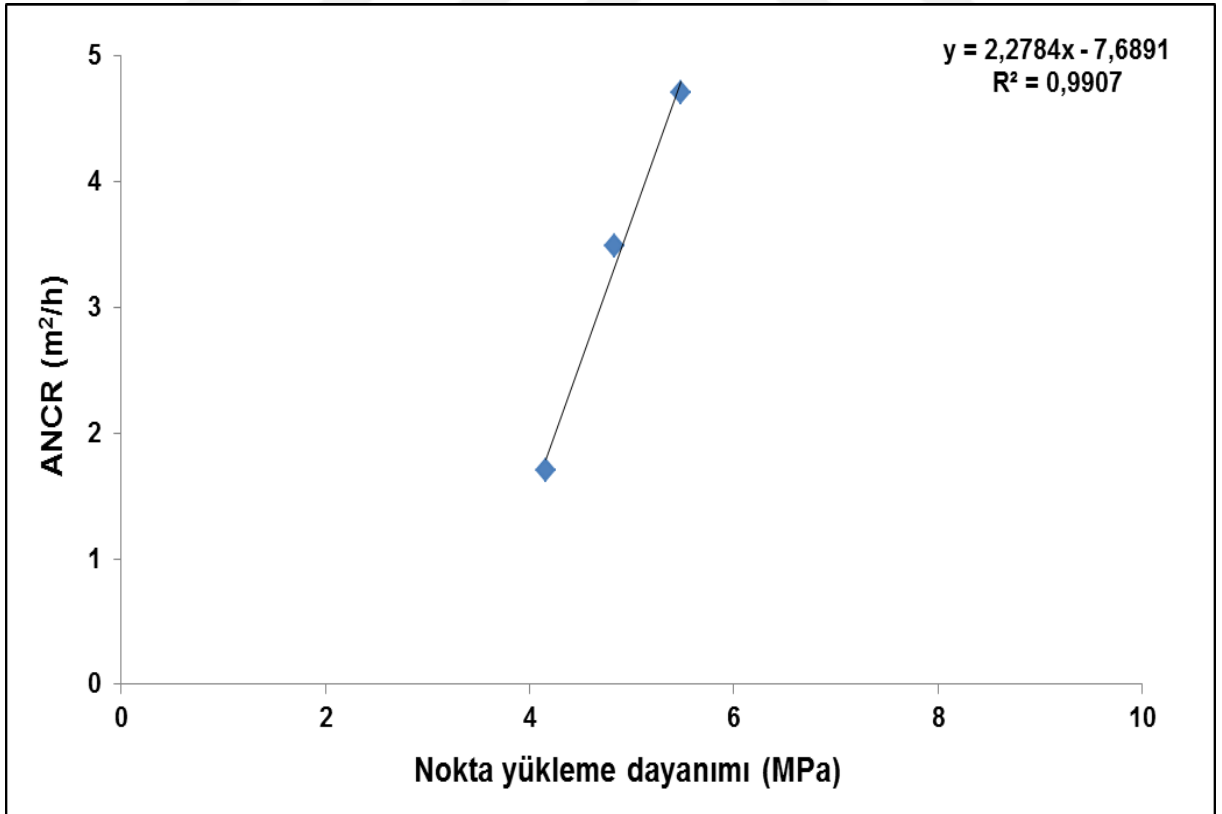
Şekil 4.31. Makinelerin alansal net kazı hızı değerleri ile kayaçların TEÇD değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.32. Makinelerin alansal net kazı hızı değerleri ile kayaçların Schmidt sertliği değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.33. Makinelerin alansal net kazı hızı değerleri ile kayaçların P dalga hızı değerleri arasındaki ilişki



Şekil 4.34. Makinelerin alansal net kazı hızı değerleri ile kayaçların nokta yükleme dayanımı değerleri arasındaki ilişki

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada son yıllarda ülkemizde doğal taş ocaklarında yaygın olarak kullanılmaya başlanan zincirli kesme makinelerinin performans değerleri ile kesilen kayaçların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bunun için zincirli kesme makinelerinin kullanıldığı 3 farklı doğal taş ocağında ocakta performans ölçümleri yapılmıştır. Yapılan arazi ölçümleri sonucunda kullanılan bir güç analizörü yardımıyla makineler kesim yaparken bazı elektriksel parametreler kayıt altına alınmış ve zincirli kesme makinelerinin kayacı keserken harcadığı elektriksel güç ve enerji değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra makinelere ait çeşitli kesme şartlarında net kesme hızı ve güç tüketimi değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu performans ölçümleri neticesinde kayıt edilen elektriksel parametreler kullanılarak uygulanan kesim şartları bağlı olarak kesme veriminin ve kesme performansının en önemli göstergelerinden olan spesifik kesme enerjisi hesaplanmıştır. Ayrıca ocaklarda yapılan ölçümler sonucunda zincirli kesme makinelerinin kesme verimliliğinin belirlenmesinde kullanılan net kesme hızı (NCR), zincirli kesme makinesi penetrasyon indeksi (CSPI) ve zincirli kesme makinesi alansal net kesme hızı (ANCR) değerlerinde makinelerin performans değerleri olarak hesaplanmıştır.

Ocaklardan temin edilen kayaç numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, nokta yükleme dayanımı, P dalga hızı, Schmidt çekici sertliği ve yoğunluk deneyleri yapılarak kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Elde edilen elektriksel parametreler ve performans değerleri ile kayaç özellikleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde elektriksel parametreler (akım, güç ve harcanan enerji değerleri) ile kayaç özellikleri arasında en iyi ilişki tek eksenli basınç dayanımı ile elde edilmiş ve R^2 değerleri sırasıyla 0,98, 0,92 ve 0,92 olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre kayaçların tek eksenli basınç dayanımı bilindiği takdirde zincirli kesme makinesinin kesim için elektrik şebekesinden çekeceği akım, güç ve harcadığı enerji değerlerinin önceden tahmin edilmesi mümkün olabilir ve ocakların kayaç özelliğine göre zincirli kesme makinesi kullandığı takdirde ne kadar elektrik harcayacağını tahmin edebilmesi mümkün olabilir.

Kazıcı/kesici makinelerin performans tahmininde en çok kullanılan ve en geçerli yöntemlerden olan spesifik enerji değeri bu çalışmada zincirli kesme makineleri için arazide ölçülen elektriksel parametreler kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre spesifik enerji değeri ile en yüksek korelasyon gösteren kayaç özellikleri R^2 değerleri 0,99 olarak bulunan Schmidt çekici sertliği, P dalga hızı ve nokta yükleme dayanımı değerleri olarak bulunmuştur. Dolaylı çekme dayanımı ile de $R^2 = 0,61$ olarak daha düşük korelasyon görülmüştür. Bu durumda ise ocakların 1 m³ kayacı kesmek için ne kadar bir enerjiye ihtiyacı olduğu ve makine seçiminde kayaç özelliklerine uygun ve zincirli kesme makinesinin güç gereksiniminin ne kadar olacağını önceden seçebilme imkanı olabilir.

Performans özelliklerinden olan net kesme hızı değerleri ile kayaç özellikleri arasında yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda en iyi korelasyon değeri sırasıyla TEÇD ($R^2=0,98$), P dalga hızı ($R^2=0,79$), Schmidt çekici sertliği ($R^2=0,67$) ve nokta yükleme dayanımı ($R^2=0,67$) değerleri ile elde edilmiştir. Ocaklarda kayaçların bu 4 özelliği bilindiği takdirde zincirli kesme makinesinin ilerleme hızının ne kadar olacağı önceden tahmin edilebilir.

Performans özelliklerinden olan CSPI değerleri ile kayaç özellikleri arasında yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda ise en iyi korelasyon TEÇD ($R^2=0,73$), P dalga hızı ($R^2=0,99$), Schmidt çekici sertliği ($R^2=0,96$) ve nokta yükleme dayanımı ($R^2=0,96$) değerleri ile elde edilmiştir. ANCR değerleri ile de en iyi korelasyon değeri $R^2=0,99$ ile Schmidt sertliği, P dalga hızı ve nokta yükleme dayanımı değerleri ile elde edilmiştir. Dolaylı çekme dayanımı ile de $R^2 = 0,63$ olarak daha düşük korelasyon görülmüştür.

Ayrıca bu çalışmada OKK madenciliğe ait gri bej ocağında 2 farklı kesme hızı kullanılarak kesimler yapılarak kesme hızının performans özellikleri ve elektriksel parametre değerleri üzerine olan etkisi belirlemeye çalışılmıştır. Ocakta yapılan ölçümlerde 3 kesim 70 cm/saat ilerleme hızında, 3 kesim ise 90 cm/saat ilerleme hızı olacak şekilde uygulanmış ve veriler kayıt edilmiştir ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak her kesme hızı için elektriksel parametre değerleri ve spesifik enerji değeri tek bir değer olacak şekilde karşılaştırma yapılmıştır ve Çizelge 5.1’de bu değerler verilmiştir. Buna göre ilerleme hızının artırılması ile elektriksel parametrelerin ve spesifik enerji değerinin çok fazla değişmediği görülmüştür. Bu durumda OKK madencilik gri bej ocağında kesme hızının elektriksel parametreler ve spesifik enerji değeri üzerinde çok fazla etkisi olmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.1. OKK madencilik gri bej ocağında farklı ilerleme hızlarında elde edilen elektriksel parametreler ve spesifik enerji değerleri

Elektriksel Parametreler	İlerleme Hızı	
	70 cm/saat	90 cm/saat
Akım değerleri (A)	23,95	25,39
Gerilim değerleri (V)	390,63	387,07
Güç değerleri (kW)	12,05	12,89
Enerji değerleri (kJ)	120,48	128,89
Spesifik enerji değerleri (kJ/m ³)	51,34	53,37

Bu çalışma ile uygulayıcı mühendislerin kolaylıkla zincirli kesme makinelerinin performansını, verimliliğini ve net kesme hızını bulabilecekleri modeller geliştirilmiştir. Ayrıca bu makinelerin birçoğunun elektrik enerjisi ile çalıştığı göz önünde tutulursa bu elektriksel parametreler kullanılarak spesifik enerji değerinin zincirli kesme makinelerinin performans tahmininde kullanılmasının daha doğru ve kolay bir yöntem olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, kesim yapılacak formasyona ait fiziksel ve mekanik özelliklerin bilinmesiyle kazı mekaniği deneyleri yapmaksızın spesifik enerji değerlerinin tahmin edilebileceğini göstermiştir. Böylelikle kesim yapılacak formasyona uygun zincirli kesme makinesi seçiminin önceden yapılması mümkün olacaktır. Ayrıca bu çalışmada zincirli kesme makinelerinin performansını belirlemek için yaygın olarak kullanılan NCR, CSPI ve ANCR değerlerinin de bazı kayaç özelliklerinden tahmin edilebileceği görülmüştür.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada 3 farklı doğal taş ocağında kullanılan zincirli kesme makinelerinin performans değerlerinin kayaç özelliklerinden tahmin edilebilmesi için bazı istatistiksel modeller belirlenmiştir. Ancak modellerin daha uygulanabilir olması için;

- Aynı motor gücüne sahip zincirli kesme makinelerinin kullanıldığı farklı doğal taş ocaklarında ölçümler yapılarak ocak sayısı arttırılabilir,
- İlerleme hızının performans değerleri ve elektriksel parametrelere etkisini daha iyi anlamak için aynı kesim hattında farklı hızlar denenebilir,
- Keski aşınması takip edilmeli ve aşınan keskilerin elektriksel parametreler ve performans değerleri üzerine olan etkisi araştırılabilir,
- Laboratuvarda kesme deneyleri yapılarak arazide elde edilen spesifik enerji değeri ile karşılaştırılabilir

KAYNAKLAR

- Bilgin, N. Seyrek, T. Shahriar, K., 1988, Roadheader performance in Istanbul, Golden Horn cleanup contributes valuable data, *Tunnels and Tunneling*, pp. 41-44.
- Bilgin, N. Seyrek, T. Erdinc, E. Shahriar, K., 1990, Roadheaders clean valuable tips for Istanbul Metro, *Tunnels and Tunneling*, pp. 29-32.
- Bilgin, N. Yazıcı, S. Eskikaya, S., 1996, A model to predict the performance of roadheaders and impact hammers in tunnel drivages, *Proceedings, Eurock '96*, Balkema, pp. 715-720.
- Bilgin, N. Kuzu, C. Eskikaya, S., 1997, Cutting performance of rock hammers and roadheaders in Istanbul Metro drivages, *Pro. Word Tunnel Congress '97, Tunnels for People*, Balkema, pp. 455-460.
- Çalışkan, M.A Yavuz, H., 2019, Mermer ocaklarında kullanılan zincirli kesme makinelerinin performansının araştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 23, Özel Sayı, 108-118.
- Çelik, M. Ersoy, M. Yeşilkaya, L. Kayı, Z., 2017, Mermer ocaklarında elmas tel kesme ve zincirli kollu kesme makinelerinin birlikte kullanımının incelenmesi, *Politeknik Dergisi*, 20(2), 459-473.
- Copur, H. Tuncdemir, H. Bilgin, N. Dincer, T., 2001, Specific energy as a criterion for use of rapid excavation systems in Turkish mines, *Trans. Inst. Min. Metall.-Section A*, vol. 110, pp. A149-157.
- Copur, H. Bilgin, N. Tuncdemir, H. and Balci, C., 2003, A set of indices based on indentation tests for assessment of rock cutting performance and rock properties, *J of South African Inst of Min Met*, 103(9), pp. 589-600.
- Copur, H. Balci, C. Bilgin, N. Tumac, D. Feridunoglu, C. Dincer, T. Serter, A., 2006, Cutting performance of chain saws in quarries and laboratory. *Proc. 15th Int. Symp. on Mine Planning and Equipment Selection*, Torino-Italy, Sep.20-22. pp. 1324-1329.

- Çopur, H. Balcı, C. Bilgin, N. Tumaç, D. Düzyol, İ., 2007a, Full-scale linear cutting tests towards performance prediction of chain saw machines, *Proc. 20th Int. Mining Congress and Exhibition of Turkey-IMCET2007*, TMMOB The Chamber of Mining Engineers of Turkey, Ankara, 6-8 June. Editors: C. Karpuz, M.A. Hindistan, E. Tercan. ISBN 978-9944-89-288-9, pp. 161-169.
- Çopur, H. Balcı, C. Bilgin, N. Tumaç, D. Düzyol, İ. Kekeç, N., 2007b, Doğal taş madenciliğinde kullanılan zincirli kesme makinelerinin performansı”. 1. *Maden Makinaları Sempozyumu*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Dumlupınar Üniv., Kütahya, Editör: C. Şensöğüt. ISBN 978-9944-89-277-3, 10-12 Mayıs. ss. 37-46.
- Çopur, H. Bilgin, N. Balcı, C. Tumaç, D., 2008, Doğal taş madenciliğinde kullanılan zincirli kesme makinelerinin kazı performanslarının optimizasyonu, TÜBİTAK Rapor No 105M017, 224s.
- Copur, H., 2010, Linear stone cutting tests with chisel tools for identification of cutting principles and predicting performance of chain saw machines, *Int J Rock Mech Min Sci*, 47(1):104-120.
- Çopur, H. Balcı, C. Tumaç, D. Bilgin, N., 2011a, Field and laboratory studies on natural stones leading to empirical performance prediction of chain saw machines, *Int J Rock Mech Min Sci*, 48(2), 269-282.
- Çopur, H. Balcı, C. Bilgin, N. Tumaç, D. Avunduk, E., 2011b, Zincirli kesme makinelerinin performans tahmini için görgül bir model, 3. *Maden Makinaları Sempozyumu*, 05-06 Mayıs, İzmir, Türkiye, 55-65.
- Dalziel, J.A., 1967, Coal cutting research-Friction and blunting: their effects on the performance of a model cutter jib, *Colliery Engineering*, pp. 476-486.
- Deketh, H.J.R. Grima, M.A., 1998, Towards the prediction of rock excavation machine performance, *Bull Eng Geol Env*, No. 57, pp. 3-15.
- Demirel, Ş., 2008, Mermer ocaklarında kollu zincirli kesme makinesinin uygulanabilirliği, 1. *Ulusal Mermer ve Doğaltaşlar Kongresi*, 1-2 Şubat, İzmir, 187-196.

- Dursun, A.E., 2018, Performance prediction of chain saw machines using Schmidt hammer hardness, *Scientific Mining Journal*, 57(1), 25-33.
- Entes, 2021. Güç analizörü kullanım kılavuzu. https://www.entes.com.tr/uploads/files/MPR-63_MPR-63-10-20-21-40-41_Sebeke_Analizoru_Kullanma_Talimati_TR.pdf [Ziyaret tarihi: 3 Nisan 2021]
- Fantini, 2015. Fantini testere kesme makineleri ürün katalogu. <https://www.fantinispa.it/wp-content/uploads/2015/05/brochure-serie70.pdf> [Ziyaret tarihi: 3 Nisan 2021]
- Farmer, I.W. Garrity, P., 1986, Prediction of roadheader cutting performance from fracture toughness considerations, *Proc. 6th Int. Cong. On Rock Mechanics*, Montreal, Canada, Vol. 1, pp. 621-624
- Fowell, R.J. and McFeat-Smith, I., 1976, Factors influencing the cutting performance of a selective tunnelling machine, *Int. Tunnelling '76 Symp.*, London, 1-5 Mar., pp. 301-318.
- Gündüz L., Sentürk, A., Tosun, Y.I., Sarıışık, A., 1995. Mermer Teknolojisi, Tugra Offset, 245s, Isparta.
- Hanecioğlu, B., 2006. Pilot model elmas telli kesme makinesinde bazı makine parametrelerinin incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara, 83 s.
- ISRM, 2007, The Complete ISRM Suggested Methods For Rock Characterization, Testing and Monitoring, R. Ulusay; J.A. Hudson (Editors), Kozan Ofset Mat., Ankara, p. 156.
- Karaca, Z., 2007, Mermer ocaklarında kullanılan kollu kesme makinaları, *Türkiye I. Maden Makinaları Sempozyumu*, Editör: C. Şensöğüt, 10-11 Mayıs, ss.3-11.
- Karahan, D.S., 2018. Dünyada ve Türkiye’de Doğal Taşlar Raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etüt Dairesi Başkanlığı, Ankara, 40 s.
- Kulaksız, S., 2012. Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri. Afyon, 69 s.

- Mancini, R. Cardu, M. Fornaro, M., Linares, M. Peila, D., 1992, Analysis and simulation of stone cutting with microtools, *Proc. III. Geoengineering Congress, Rock Excavation: The Future and Beyond*, 1-2 Dec., Torino, Italy, pp. 227-236.
- Mancini, R. Linares, M. Cardu, M. Fornaro, M. Bobbio, M., 1994, Simulation of the operation of a rock chain cutter on statistical models of inhomogenous rocks, *Proc. Mine Planning and Equipment Selection*, Eds. Pasamehmetoglu et al., Istanbul, Turkey, October, pp. 461-468.
- Mancini, R. Cardu, M. Fornaro, M. Toma, C.M., 2001, The current status of marble chain cutting, *Proc. Mine Planning and Equipment Selection*, New Delhi, India, pp. 151-158.
- McFeat-Smith I. and Fowell R.J., 1977, Correlation of rock properties and the cutting performance of tunnelling machines, *Conference on Rock Engineering*, UK, organized jointly by the British Geotechnical Society and Department of Mining Engineering, The University of Newcastle Upon Tyne, pp. 581-602.
- Mellor, M., 1976, Mechanics of cutting and boring, *Part 3: Kinematics of continuous belt machines*, CRREL (US Army, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire), Special Report, 76-17.
- Ozdemir, L., 1995, "Mechanical Mining". Short Course Notebook, Colorado School of Mines, Mining Eng. Dept., Golden.
- Özdamar, A., 2001, Mermercilik Sektörünün Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Bucak Uygulaması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 53 s.
- Primavori, P., 2006, Uses of the chain saw, *Marmo Mach Int*; 53:80-102.
- Roepke, W.W. Hanson, B.D. Longfellow, C.E., 1983, Drag bit cutting characteristics using sintered diamond inserts, *U.S. Bureau of Mines*, RI-8802, 30 pages.
- Rostami, J. and Ozdemir, L., 1993, A new model for performance prediction of hard rock TBMs, *Rapid Excavation and Tunnelling Conference*, pp. 793-809.
- Rostami, J. and Ozdemir, L., 1996, Modeling for design and performance analysis of mechanical excavators, *Proc. Conf. On Mechanical Excavation's Future Role in Mining*, World Rock Boring Association, Sudbury, Ontario, Canada.

- Rostami, J. Ozdemir, L. Neil, D.M., 1994, Performance prediction: A key issue in mechanical hard rock mining, *Mining Engineering*, Nov., Vol. 11, pp. 1263-1267.
- Roxborough, F.F., 1973, Cutting rock with picks, *The Mining Engineer*, June, pp. 445-452.
- Roxborough, F. F., 1988, Multiple pass sub-interactive rock cutting with picks and discs, *CARE '88*, pp. 183-191.
- Sarıışık, A. Demirel, Ş. Şimşek, A. Sarıışık, G., 2009, Kollu zincirli kesicilerin traverten ocaklarında blok üretimi verimlilik analizi, *Türkiye 2. Maden Makinaları Sempozyumu*, Editör: Bilir, M.E ve Ekmekçi, B., 04-06 Kasım, ss.131-144.
- Sarıışık, A., Sarıışık, G., 2010, Efficiency analysis of armed-chained cutting machines in block production in travertine quarries, *J of South African Inst of Min Met*, 110(8), 473-480.
- Tumac, D., 2014, Predicting the performance of chain saw machines based on shore scleroscope hardness, *Rock Mech Rock Eng*, 47:703–715
- Verhoef, P.N.W. Ockeloen, J.J. Kesteren, W.G.M.V., 1996, The significance of rock ductility for mechanical rock cutting, *Proc. 2nd North American Rock Mechanics Symp.*, 19-21 June, Montreal, Quebec, Canada, pp. 709-716.
- Whittaker, D., 1962, Effect of pick shape on cutting forces, *Colliery Guardian*, August, pp. 242-244.
- Yeşilkaya, L. Ersoy, M. Çelik, M. Çatalpınar, A. 2009, Kaklık-Denizli traverten ocağında zincirli kollu kesicinin kullanımının araştırılması, *Madencilik Dergisi*, 48(3), 33-43.
- Yüzer, E., 2003, Doğal Taş, Stone 2003-Doğal Taş ve Endüstrisi Katalogu, İstanbul, 301 s.