T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR KIRMATAŞ İŞLETMESİNDE BİRİM MALİYETİ ETKİLEYEN FAALİYETLERİN ETKİ DERECELERİNİN BELİRLENMESİ

Arif ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2016
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Arif ÇELİK tarafından hazırlanan "**Bir kırmataş işletmesinde birim maliyeti etkileyen faaliyetlerin etki derecelerinin belirlenmesi**" adlı tez çalışması 07/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Yrd. Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN	.....
Danışman Doç. Dr. Niyazi BİLİM	.....
Üye Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN	.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Aşır GENÇ
FBE Müdürü

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.



Arif ÇELİK

Tarih: 19.01.2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR KIRMATAŞ İŞLETMESİNDE BİRİM MALİYETİ ETKİLEYEN FAALİYETLERİN ETKİ DERECELERİNİN BELİRLENMESİ

Arif ÇELİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Niyazi BİLİM

2016, 125 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Niyazi BİLİM
Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN
Yrd. Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN

Kırmataş (yapay agrega); konut, sanayi tesisleri, hastane gibi her türlü bina inşaatına; yol, köprü, liman, havaalanı, su yapıları, boru hattı gibi altyapı faaliyetlerini kapsayan geniş bir faaliyet alanına sahip olan inşaat sektörünün bir parçası olan beton imalatının ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesidir. Dünyada fert başına en fazla tüketilen maddeler su ve agrega olup ülkemizdeki agrega kullanımı yaklaşık 4 ton/kişi civarındadır. Agregaya olan ihtiyacın bu denli fazla olması agrega üretimi yapan kum ve taş ocak sayısının artmasına neden olmaktadır. Tez çalışmasının yürütüldüğü bölgede (Konya-Ankara karayolunun 25- 35km'si) bile 15'den fazla kum ve taş ocağı bulunmaktadır. Kırmataş ocaklarının sayılarındaki bu artış, pazarda ciddi bir rekabet ortamı doğurmaktadır. Pazarda oluşan bu rekabet ortamı, fiyatları doğrudan etkilediği için kırmataş üreticilerinin kırmataş üretim maliyetleri üzerinde yeni önlemler alma ve maliyet analizleri yapma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Kırmataş işletmelerinde her bir işlem kendinden sonraki faaliyetleri etkilediğinden ya da kendinden önceki faaliyetlerden etkilendiğinden dolayı, üretim maliyetlerini optimize etmek zorlu bir süreçtir. Düşük birim maliyetli üretim için, her bir faaliyet titizlikle incelenmeli ve birbirlerini nasıl etkiledikleri belirlenmelidir. Bu kapsamda üretimin ilk aşaması olan delme-patlatma faaliyetinin tasarım parametrelerinin iyi bir şekilde dizayn edilmesi çok büyük önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda kırmataş ocaklarında uygulanabilecek olan en uygun patlatma tasarım parametrelerinin belirlenmesi, kırmataş üretiminde yer alan her bir faaliyetin kırmataş üretim birim maliyetine olan etkilerinin belirlenmesi ve patlatma tasarım parametrelerinin birim maliyet üzerindeki etkilerinin belirlenmesi bu tezin ana amaçları olmuştur.

Tez çalışması Konya İli Selçuklu İlçesi Eğribayat Köyü civarındaki Öztaşoğlu kırmataş işletmesinde yürütülmüştür. Tezin amaçları doğrultusunda farklı patlatma tasarım parametreleri belirlenerek patlatmalar gerçekleştirilmiştir ve izlenmiştir. Arazi deneylerinde 89 mm çapında toplam 1178 adet (20 111 m) patlatma deliği ile 20 atım ve 102 mm çapında 930 adet (15 831 m) patlatma deliği ile 20 atım olmak üzere farklı parametrelere sahip toplam 40 atım yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda 40 atım içerisinde en iyi delme-patlatma basamak tasarım parametrelerinin olduğu atım/atımlar belirlenerek, çalışılan işletme veya kayaç özelliği benzer olan işletmeler için optimum delme-patlatma basamak tasarım parametrelerine ulaşılmıştır. Ayrıca kırmataş üretim birim maliyetine etki eden ardışık faaliyetlerin etki dereceleri de belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın sonucunda, elde edilen sonuçlara göre; kırmataş üretim birim maliyeti içerisinde delik delmenin payı % 7,83, patlatmanın payı % 22,45, ikincil kırmanın payı % 7,20, yüklemenin payı % 24,45, nakliyenin payı % 8,98 ve kırma-elemenin payı % 29,09 olduğu

belirlenmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen optimum basamak tasarım parametreleri uygulandığı taktirde işletmenin kırmataş üretim birim maliyeti % 19,50'ye kadar bir düşüş göstermektedir. Ayrıca söz konusu işletmede yalnızca kullanılan makinalarda tüketilen sıvı yakıt (motorin) ve konkasör tesisi için tüketilen elektrik enerjisi baz alındığında kırmataş üretim birim maliyetinin 4,02 TL/m^3 olduğu da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık ocak, birim maliyet, delme-patlatma, ikincil kırma, kırmataş

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMİNİNG THE EFFECT DEGREES OF ACTİVİTİES AFFECTİNG UNİT COST İN A QUARRY PLANT

Arif ÇELİK

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MİNİNG ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Niyazi BİLİM

2016, 125 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Niyazi BİLİM
Asst. Prof. Dr. Hakan ÖZŞEN
Asst. Prof. Dr. Ali Ekrem ARITAN

Crushed stone (artificial aggregates) such as hospitals , housing, industrial plants, construction of all types of buildings,; roads, bridges, ports, airports, water structures, the most important raw material for the manufacture of concrete and asphalt production, which is part of the construction sector, which has a broad scope covering activities such as pipeline infrastructure. Most consumed substance in the world in per capita water and aggregate, using aggregate in our country is about 4 tons/person around. The need for aggregates to be so much more, making aggregate production leads to an increase in the number of sand and stone quarries. Carried out in the region of the thesis (25- 35 km of the Konya-Ankara highway) there is even more than 15 sand and stone quarries. This increase in the number of crushed stone quarries pose serious competition in the market. This competition is occurring in the market, prices on crushed stone new measures that directly affect production costs for producers of crushed stone and has revealed the need to cost analysis.

Crushed stone affected their business because every transaction that affects self from the previous activity or next activity is a difficult process to optimize production costs. For low-cost production units should be determined carefully and examined each activity how they affect each other. A good way to design the first phase of the design parameters of the production drilling and blasting activities are of great importance in this context. Optimal blasting determination of design parameters that can be applied to achieve these objectives, quarries, determining the impact of each activity of the crushed stone production unit cost Situated in crushed stone production and determining the impact of blasting design parameters of the unit cost has been purpose master's thesis.

Thesis was conducted in the village Konya Selçuk County Eğribayat Öztaşoğlu near crushed stone businesses. Blasting and blasting design parameters in determining the different purposes of the thesis was carried out and monitored. In field tests, totally 40 shot was done which have different parameters 89 mm total 1178 units (20 111 m) 20 shot with blastholes and 102 mm 930 pieces (15831 m), 20 pulses with blastholes. These experiments resulted in beats as the best drilling and blasting step design parameters in beats 40 / pulses identified, studied business or rock feature has reached the optimum drilling and blasting step design parameters for businesses that are similar. Furthermore, their efficiency of consecutive operations affecting the crushed stone production unit costs are determined.

As a result of the shot 40 he made the thesis, according to the results obtained; The share of drilling in crushed stone production unit cost of 7.83 %, the share of blasting 22,45 %, the share of secondary crushing 7,20 %, the share of the load 24.45 %, the share of transport 8.98 %, and crushing-

elimination, the share of 29.09 % It was determined to be. If the optimal design parameters determined in step implementation of crushed stone production unit cost of operating results of the study show a reduction of up to 19,50 %. In addition, the machines used in liquid fuels consumed only in the entity (diesel) and, when consumed electric energy base of crushed stone crusher plant for production of unit costs 4,02 TL/m^3 that have been identified.

Keywords: Crushed stone, drilling-blasting, open pit mine, secondary crushing, unit cost

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sn. Doç. Dr. Niyazi BİLİM yönetiminde hazırlanarak, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Üniversite hayatım boyunca gerek lisans eğitimim olsun, gerekse yüksek lisans eğitimim olsun yardımlarını bir an bile eksik etmeyen Selçuk Üniversitesi Öğretim Üyesi Sn. Doç. Dr. Niyazi BİLİM'e canı gönülden teşekkür ederim.

Tezimin sonuçlanmasında yardımları olan hocalarım; Sn. Yrd. Doç. Dr. Hakan ÖZŞEN ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Ali Ekrem ARITAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca ilgi ve alakasını benden hiç eksik etmeyen Sn. Arş. Gör. Dr. Bilgehan KEKEÇ'e teşekkür ederim.

Çalışmalarımın gerçekleştiği Öztaşoğlu kırmataş ocağının yetkililerinden Sn. Mustafa ÖZTAŞ ve Sn. Nuri TUMBUL'a bana olan yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi çalışmalarım boyunca ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen başta Mümin Ali YILDIZ, Rahim MIHÇI, İsmail DEMİR ve Ramazan DEMİR olmak üzere tüm ocak personeline teşekkür ederim.

Çalışmalarımın değişik aşamalarında yaptığı yoğun yardım ve desteklerinden dolayı iş arkadaşım Cem YAYLAGÜL'e teşekkür ederim.

Yüksek Lisans süresince hep yanımda olan ve yardımlarını hiç esirgemeyen TKİ Dodurga Kontrol Müdürü Sn. Oğuz SEMİZ'e ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, beni her zaman destekleyen aileme ve sevgili eşim Yıldız ÇELİK'e minnet duygularımı sunarım.

Arif ÇELİK
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

KISALTMALAR ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Problemin Tanımı 2
1.2. Çalışmanın Amacı 2
1.1. Tezin Önemi 4
1.2. Tezin İçeriği 4

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **6**

2.1. Kırmataş ile İlgili Literatür Bilgisi 6
2.1.1. Kırmataş (agrega) tanım ve çeşitleri 6
2.1.2. Kırmataş madenciliğinin gelişim aşamaları 6
2.1.3. Kırmataş (agrega) sektörüne genel bir bakış 7
2.1.4. Kırmataş üretimi 8
2.1.5. Kırmataş üretim aşamaları 9
2.2. Kırmataşın Delme-Patlatma Yöntemi ile Üretilmesi 11
2.2.1. Delme-patlatma yöntemi 11
2.2.2. Patlayıcı maddelerin tanımı ve tarihsel gelişimi 13
2.2.3. Patlatmanın mühendislik ile ilgisi 14
2.2.4. Delik delme sistemleri 15
2.2.5. Patlayıcı maddelerin özellikleri 16
2.2.6. Patlatma tasarımında göz önünde bulundurulması gereken parametreler 17
2.2.7. Basamak patlatması terimleri 18
2.3. Yükleme-Nakliye ile İlgili Literatür Bilgisi 25
2.3.1. Yükleme 25
2.3.2. Taşıma 28
2.4. Kırma – Eleme ile İlgili Literatür Bilgisi 30
2.4.1. Kırma-eleme teknolojisi 30
2.5. Kırmataş İşletmelerinde Maliyet Analizleri 34
2.5.1. Delme-patlatmanın işletme ekonomisine etkileri 34
2.5.2. Delme-patlatmanın patlatma sonrası operasyonların maliyetlerine etkisi 36
2.5.3. Patlatma tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkilerine dair yapılan çalışmalar 39
2.5.4. İş makineleri için maliyet analizi yaklaşımları 41
2.5.5. Kırıcı seçiminin maliyete etkisi 43

3. ÇALIŞMANIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ KIRMATAŞ OCAĞI 45

3.1. Tarihçe..... 45
3.2. Çalışma Sahasının Yeri ve Kırmataşa Ait Temel Özellikler 45
3.3. Çalışma Yöntemi..... 47
3.3.1. Delme-patlatma..... 48
3.3.2. İkincil kırma (Patarlama) 49
3.3.3. Yükleme-taşıma 50
3.3.4. Kırma-eleme 51
3.4. Makine Parkı 53
3.5. Ocağın Ömrü..... 53

4. ARAZİDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖLÇÜMLER..... 55

4.1. İşletmenin 2013 Yılı İçerisinde Gerçekleştirdiği Çalışmalar..... 55
4.2. İşletmede 2014-2015 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Çalışmalar 56
4.2.1. Giriş 56
4.2.2. Delik delme verileri 60
4.2.3. Patlayıcı madde verileri 61
4.2.4. İkincil kırma verileri 63
4.2.5. Yükleme verileri 64
4.2.6. Taşıma verileri 66
4.2.7. Kırma verileri..... 69

5. MALİYET ANALİZLERİ 71

5.1. Kırmataş Üretim Birim Maliyet Analizleri 71
5.1.1. Delme birim maliyet analizi 72
5.1.2. Patlatma birim maliyet analizi 74
5.1.3. İkincil kırma birim maliyet analizi 77
5.1.4. Yükleme birim maliyet analizi 79
5.1.5. Taşıma birim maliyet analizi 81
5.1.6. Kırma-eleme birim maliyet analizi 83
5.1.7. Kırmataş üretim birim maliyetlerinin toplam kırmataş üretim birim maliyetine olan etkilerinin belirlenmesi 85
5.2. Delme-Patlatma Basamak Tasarım Parametrelerin Kırmataş Üretim Birim Maliyetleri Üzerindeki Etkisi..... 87
5.2.1. Delik boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi..... 87
5.2.2. Delik çapı değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi..... 89
5.2.3. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi 91
5.2.4. Sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi..... 93
5.3. Tasarım Parametreleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar 95
5.3.1. En ideal tasarım parametrelerinin belirlenmesi 95
5.3.2. Tasarım parametreleri ile üretim birim maliyetleri arasındaki ilişkiye dair yaklaşımlar..... 98
5.3.3. En ideal tasarım parametrelerinin literatüre uygunluğu 106

5.4. Tez Çalışması Öncesi ve Sonrası Oluşan Kırmataş Üretim Birim Maliyetleri 109

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 115

6.1. Sonuçlar 115
6.1.1. Kırmataş üretim birim maliyetleri ile ilgili sonuçlar 115
6.1.2. Tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkilerine dair sonuçlar 116
6.1.3. En ideal tasarım parametreleri ve bu parametrelerin literatüre uygunluğuna dair sonuçlar 117
6.1.4. Tez çalışması öncesi ve sonrası firmanın kırmataş üretim verileri arasındaki değişime dair sonuçlar 117
6.2. Öneriler 119

7. KAYNAKLAR 121

KISALTMALAR

Kısaltmalar

B : Dilim kalınlığı
B_0 : Dilim kalınlığı
B_{max} : Dilim kalınlığı
D : Delik çapı
H_0 : Sıkılama boyu
K : Basamak yüksekliği
S : Delikler arası mesafe
U : Delik taban boyu

1. GİRİŞ

Ülkemizde kırmataş olarak kullanılabilecek rezervler oldukça fazladır. Beton ve asfalt gibi inşaat sektörünün vazgeçilemez ürünlerinin üretiminde kullanılan kum, çakıl ve kırmataş agregaları toplam ürünün büyük bir hacmini oluşturmaktadır. Ürüne olan talebin artması rekabet ortamını doğurmuştur. Pazarda oluşan rekabet, fiyatları doğrudan etkilediği için üretim maliyetleri üzerinde yeni önlemler ve maliyet analizleri yapma zorunluluğu ortaya çıkarmıştır.

Kırmataş ocaklarında üretilen her ton üretim başına düşen birim maliyeti etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin birim maliyet üzerindeki etkilerinin iyi bir şekilde tanımlanması, bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Delme-patlatma maliyeti üzerine etki eden parametreler genel olarak değiştirilebilir parametreler ve değiştirilemeyen parametreler olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir. Değiştirilemeyen parametreler kaya maddesine bağlı özellikler (petrografik, kimyasal, mekanik fiziksel vb) ve kaya kütlesine bağlı özelliklerdir (süreksizlikler, tabakalanma, dolgu, su durumu vb). Değiştirilebilir parametreler ise; patlayıcı cinsi, özgül şarj, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe gibi parametrelerin amaca uygun bir şekilde belirlenebilmesi esasına dayanmaktadır. Kırmataş ocaklarında maliyeti etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler içerisinde en büyük maliyeti delme-patlatma maliyeti oluşturmaktadır. Kırmataş tesislerinde delme-patlatma maliyetinin çok önemli olmasının birçok nedeni vardır. Fakat en önemli nedeni iyi bir delme-patlatma tasarım dizaynı yapıldığı taktirde, kendisinden sonra gelen işlemler (ikincil kırma, yükleme, taşıma, eleme ve boyut küçültme) için oluşacak olan maliyetlerin de doğrudan etkileneceğidir. Sadece delme-patlatma işlemlerinde hedeflenecek maliyet düşüklüğü bile, patlatma sonrası gelen ardışık faaliyetlerin maliyetlerinde de önemli miktarlarda düşüşlere neden olacaktır. Bu nedenle patlatma uygulaması yapılan her maden işletmesinde patlatma maliyeti diğer ardışık işlemlerle bir tutulmalı ve toplam maliyet üzerinden hesaplamalar yapılmalıdır. Aksi takdirde patlatmadan kâr edildiği sanılırken toplam maliyette zarar edilebilmektedir.

1.1. Problemin Tanımı

Delme-patlatma yöntemi ile kazı işleminin yapıldığı maden işletmelerinde, her bir işlem kendisinden sonraki faaliyetleri etkilediğinden ya da kendinden önceki faaliyetlerden etkilendiğinden üretim maliyetlerini optimize etmek zorlu bir süreçtir. Bu sürecin ilk aşamasını da delme-patlatma işlemi oluşturmaktadır. Bu nedenle maliyet optimizasyonunda dikkat edilmesi gereken en önemli husus delme-patlatma sürecinin iyi bir şekilde dizayn edilmesidir. Delme-patlatma konusunda yıllardır süre gelen araştırmalar olmakla birlikte bu araştırmaları yapan ülkelerin başında Kanada, Avustralya ve ABD gelmektedir. Yapılan araştırmalar neticesinde patlatmaya etki eden birçok parametrenin olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler içerisinde kontrol edilemeyen parametreler olan kaya madde ve kütlesine ait parametrelere tasarımcı uymak zorunda kalmaktadır. Tasarımcı mühendisler kontrol edilebilen parametreler üzerinde bazı değişiklikler yaparak en uygun delme-patlatma tasarımlarına ulaşmak için araştırmalar yapmış ve yapmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus; kaya madde ve kütle özelliklerinin iyi bir şekilde irdelenerek delme-patlatma kazı yöntemi ile kazılacak olan kayacın en iyi şekilde delinebileceği ve parçalanabileceği delme-patlatma tasarım parametreleri ile uygun patlayıcı maddeyi belirleyebilmektir. Delme-patlatma tasarımı ve patlayıcı maddeler ile ilgili detaylı bilgilere bölüm 2'de değinilecektir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Günümüz agrega ocak işletmeciliğinde kaliteye dayanan sert bir rekabet yaşanmaktadır ve bu rekabet karşısında, ilkel yöntemlerle çalışan, teknolojiyi akılcı bir yönde kullanamayan, araştırma ve geliştirme çalışmalarını dikkate almayan işletmelerin iflas etmemesi içten bile değildir. Bu rekabete dayanabilmek için her bir işletmenin ana hedefi, en düşük maliyetle ve en verimli şekilde çalışmak olmalıdır. Günümüz agrega işletmecilerine bakıldığında hatırı sayılır bir kısmı kar elde ettiğinden dolayı, en düşük maliyet kısmını önemsememekte olup buna bağlı olarak da yapacakları araştırma ve geliştirme çalışmalarına ayıracakları bütçeyi kardan elde edilmiş zarar olarak görmektedirler.

Bu kapsamda genel olarak firmaların çalışma prensipleri incelendiğinde 3 tip fikir anlayışı hakim sürmektedir. Bunlar ;

1. İşe başlamadan önce araştırmalar yaparak, işin konusu hakkında bilgi sahibi olup, işe başladıktan sonra sürekli yeni gelişmeleri ve teknolojiyi takip ederek çalışmak,
2. Bir süre kara düzen çalışılıp sonrasında mevcut durumun fark edilmesi üzerine AR-GE çalışmalarına önem vererek çalışmak,
3. Bilime ve teknolojiye pek yanaşmayan, yenilikçi anlayışa sıcak bakmayan, kara düzen adı ile bilinen yöntem ile kardan zarar ederek çalışmak,

Bu tez kapsamında ise AR-GE çalışmalarına önem veren Öztaşoğlu firmasına ait kırmataş ocağının delme-patlatma tasarım parametrelerinde yapılacak değişikliklerle her bir patlatma işlemi sonrası ardışık birim faaliyetlerin maliyetleri titizlikle incelecek olup bu çalışmalar ışığında;

- En düşük birim maliyetin oluştuğu delme-patlatma basamak tasarım parametreleri,
- Firmanın tez çalışmasından önceki ve sonraki birim metreküp başına kırmataş üretim birim maliyetleri,
- Basamak tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim faaliyetleri üzerindeki etkileri,
- En uygun tasarım parametrelerinin literatürdeki çalışmalarla uygunluğu,
- Toplam maliyetler içerisinde yer alan unsurların birbiriyle olan etkileşimleri ve her bir unsurun toplam birim maliyet üzerindeki payları hesaplanacaktır.

Bu hesaplamalar sonucunda firmanın piyasadaki rekabete tutunma gücü artacak, kırmataş üretim birim maliyetindeki düşüşler ile satış fiyatlarında yapacağı indirimler ile müşteri portföyünü genişletebilecektir. Böylelikle ilkel yöntemlerle çalışan firmalar yavaş yavaş piyasadaki konumlarını kaybederlerken, bilime ve teknolojiye destek veren firmalar çoğalacaktır. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ile sadece yukarıda belirtilen sektöre ve firmalara olan katkılarından başka ülkemiz bilimine de faydalarının olması amaçları arasındadır.

1.1. Tezin Önemi

Bu tez çalışması ile amaçlanan kırmataş üreticilerine hatta delme-patlatma yöntemi ile çalışan tüm ocak sahiplerine, delme-patlatma birim maliyetini hesaplarken yaptıkları hataları göstermek ve delme-patlatma birim maliyetini hesaplarken, diğer tüm üretim birim maliyetlerinden ayrı olarak değil, onlarla bir bütün olarak hesaplamaları gerektiğini göstermektir. Bu sayede kırmataş üretimi yapan firmalar delme-patlatma parametrelerinde yapılacak her bir değişiklik ile patlatma sonrası ardışık faaliyetlerin birim maliyetlerinde oluşan değişimleri görecek ve böylece en düşük maliyette kırmataş üretimi için üretimin ilk aşaması olan delme-patlatma işleminde optimum değerleri sağlama yoluna gideceklerdir. Kırmataş üreticileri bu çalışma ile delme-patlatma tasarım parametrelerin toplam birim maliyet üzerindeki önemini anlayabileceklerdir. Ayrıca bu çalışma sonrasında sağlanacak optimum delme-patlatma parametreleri, kayaç yapısının benzer olduğu kırmataş ocakları ve açık ocak maden işletmelerinde de uygulanabilecektir.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile delme-patlatma parametrelerinin toplam birim maliyet üzerindeki önemi anlaşılacak ve kar maksimizasyonunu sağlamak isteyen kırmataş üreticileri bu çalışmaları baz alarak mühendislik çalışmaları ile kendi ocaklarının optimum delme-patlatma parametrelerini belirleyebileceklerdir. Ayrıca delme-patlatma işlemlerinde maliyet tahmini ve hesaplanması, kırmataş işletmelerinde maliyet analizi gibi konularda bilimsel çalışmalara büyük katkılar sağlayacak olup, bu tür konularda çalışan araştırmacılara da yardımcı olacaktır.

1.2. Tezin İçeriği

Bu tez kapsamında birinci bölümde problemin tanımı, çalışmanın amacı ve tezin öneminden bahsedilmektedir.

İkinci bölümde kırmataş ve kırmataş üretim birim faaliyetleri ile kırmataş üretim birim faaliyetleri üzerine yapılan maliyet çalışmaları hakkında ilgili literatür bilgileri yer almaktadır.

Üçüncü bölümde tez çalışmalarına söz konusu sahanın konumu, makine parkı, üretim yöntemi, ocağın durumu vb. bilgiler ile firma tanıtılmaktadır.

Dördüncü bölümde sahadan alınan veriler ve veri alınma aşamaları ile ilgili bilgiler paylaşılmaktadır.

Beşinci bölümde sahada yapılan çalışmalar ışığında elde edilen verilerin sonuçları ile ilgili analizler kısmına yer verilmektedir.

Altıncı bölümde tez çalışması kapsamında yapılan analizlerden çıkarılan sonuçlar ile bu sonuçlar üzerine yapılan öneriler kısmı yer almaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, kırmataş madenciliği ile ilgili literatür bilgilerine, kırmataş üretim birim maliyetine etki eden ardışık birim faaliyetler olan delme-patlatma, yükleme-taşıma ve kırma-eleme birim faaliyetlerinin literatür bilgilerine ve literatürde bu birim faaliyetlerin maliyetleri üzerine yapılmış olan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Kırmataş ile İlgili Literatür Bilgisi

2.1.1. Kırmataş (agrega) tanım ve çeşitleri

Kum, çakıl, kırmataş ve cüruf gibi çeşitli büyüklükteki taneli malzemelere agrega denir. Genellikle büyüklüğü 1-4 mm arasında olan agrega kum, 8-31,5 mm arasında olan agrega çakıl, 31,5-64 mm arasında olan agrega ise balast olarak adlandırılır ve belirtilen ölçülerin aralığındaki malzemenin tümünün bir arada harmanlanması ile oluşur. Agrega dolgu malzemesi veya yapay taş beton oluşturmak amacıyla diğer malzemeler ile birlikte belirli ölçülerde kullanılan bir elemandır. Doğal agrega, kum ocaklarından, dere yataklarından ya da deniz kıyısından elde edilirken yapay agrega, taşların bu iş için üretilmiş araçlar (konkasör) ile kırılmasıyla mekanik olarak üretilir. Ayrıca inşaat sektöründe beton harcından yol kaplamasına (tüvenan agrega) kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır.

2.1.2. Kırmataş madenciliğinin gelişim aşamaları

Paleolitik çağda insanların barınağı taş mağaralardı. Taş bu çağda bir yapı malzemesi değildi; avcılık ve hayvanlardan korunmak amacıyla taştan araçlar üretiliyordu. Mağaralar terkedildikten sonra başlayan barınak inşaat süreci, taşı bir yapı malzemesi durumuna getirdi. İnsanlığın uygarlık aşamalarının tamamlanmasında taşın etkinliği sözcüklere yansımıştır. Litos eski yunancada taş anlamına gelir, litik eki de bu sözcükten üretilmiştir. Uygarlık aşamalarını simgeleyen paleolitik, mezolitik, neolitik, kalkolitik deyimleri de bu etkinliği vurgularlar.

Mezolitik ve neolitik çağlarda önceleri toplama taşlardan yararlanılmış, bunları çamurla bağlayarak duvarlar örülmüştür. Daha sonraları bu taşlar işlenerek

şekillendirilmiş, böylece düzgün ve hatta estetik duvarlar inşa edilmiştir. Günümüzde bile hala moloz taş duvar ürettiğimizi anımsamak ilginç bir saptama oluyor. Bazı toplulukların göçtükleri yörelerde toplama taşların bulunmaması yapay taş üretimini zorunlu kılmış ve ilk yapay taş olan kerpiç icat edilmiştir (Akman, 2003).

Romalıların betonu geliştirmesi ile de özellikle kil, kireçtaşı, kum, çakıl ve agregaya olan ihtiyaç artmış ve taş ocaklarının daha yoğun bir şekilde kullanımını ortaya çıkmıştır. Anadolu'da Hitit, Roma ve Bizans dönemlerine ait çok sayıda taş ocakları bulunmaktadır (Belli, 2007).

Tarihimizde Selçuklu ve Osmanlı imparatorluğu dönemlerinde de taş ocakları kullanılarak, buralardan çıkarılan taşlar köprü, kervansaray, cami, kümbet gibi yapılarda hem yapı hem de süsleme amaçlı olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır (Akpınar, 2000).

18. yüzyılda sanayi devrimi ile hızlanan endüstriyelleşme başta inşaat sektörü olmak üzere birçok sektörü hareketlendirmiş ve bu devirde kırmataşa olan talepler daha da çok artmıştır.

2.1.3. Kırmataş (agrega) sektörüne genel bir bakış

Agrega, konut, sanayi tesisleri, hastane gibi her türlü bina inşaatını; yol, köprü, liman, havaalanı, su yapıları, boru hattı gibi altyapı faaliyetlerini kapsayan geniş bir faaliyet alanına sahip olan inşaat sektörünün bir parçası olan beton imalatının ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesidir. Dünyada fert başına en fazla tüketilen maddeler su ve agregadır. Dünya genelinde agrega üretimi % 58'lik payla tüm maden üretimi içinde birinci sıradadır. Avrupa Agrega Birliği (UEPG) tarafından yapılan istatistik çalışmalarına göre 92 milyar €'luk pazar değeri ile petrol, doğalgaz ve kömürden sonra dördüncü sırada yer alıp 24 milyar € değerindeki altın sektöründen çok daha büyüktür. Avrupa'da ortalama agrega kullanımı 7 ton/kişi iken, bu rakam ülkemizde 4 ton civarındadır (Öztürk, vd., 2007).

Ülkemizde de agrega madenciliğinin payı aynı oranları göstermektedir. 2009 yılı verilerine göre, madencilik faaliyetlerinin toplam üretim miktarı 450 milyon ton iken, bunun 300 milyon tonu agrega üretimidir. Agrega sektörü, önemli ölçüde ulusal inşaat faaliyetleri ile ilgili olması, istihdam potansiyeli, başta inşaat sanayi olmak üzere diğer

sektörlerle yoğun girdi-çıktı ilişkisi içinde olması gibi özellikleri nedeniyle Türkiye ekonomisinin vazgeçilemez sektörlerindendir (Erkan, vd., 2011).

Türkiye'de kırmatas üretiminde başlıca 3 tip kayaç hammadde olarak kullanılmaktadır.

1. Sedimanter kökenli kayaçlar (kireçtası, dolomit ve kalsit)
2. Volkanik kökenli kayaçlar (bazalt ve andezit)
3. Detritik kayaçlar (kumtası, metakumtası)

Görüldüğü gibi kırmatas üretimi yüksek ağırlıklı olarak karbonat kökenli kayaçlardan (% 96) yapılmakta, volkanik kayaçlar sadece % 3 ve detritik kayaçlar ise % 1 oranında kullanılmaktadır (Öztürk, vd., 2007).

2.1.4. Kırmataş üretimi

Kum, çakıl ve kırmataş (agrega) üretimi genellikle açık ocak işletme yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Üretim genellikle üretim yerinin topografyasına bağlı olarak tekli veya çoklu basamaklar dizayn edilerek yapılmaktadır. Kırmataş üretiminde kazı ve yükleme öncesinde hammaddenin patlatma işlemleri ile gevşetilmesi gerekmektedir. Taş ocakları üretiminde kullanılan galeri patlatması, teknolojik gelişmelere paralel olarak yerini delme-patlatma yöntemine bırakmıştır. Galeri patlatması sonucu nihai ürünün tane boyutunun büyük olması, düzgün basamakların oluşturulamaması ve en önemlisi bu yöntemle oluşturulan şiddetli sarsıntıların çevresel etkileri nedeniyle yasaklanmıştır. Delme-patlatma yönteminde bir veya birden fazla sıralı delikler açılarak patlayıcılarla doldurulur ve ateşleme yapılır. Delinen deliklerin çapları, derinliği ve aralarındaki uzaklık formasyonun niteliğine, basamak yüksekliğine ve günlük üretime göre değişir. Ocaktan alınan patlatılmış malzeme kırma-eleme tesislerine taşınarak kırmataş standartlarına uygun olarak tane boyutlarına ayrılır.

Kırmataş işletmelerinde cevher üretimi için çok farklı tip, boyut ve şekilde ekipmanlar kullanılmakta olup genel itibariyle aşağıdaki ekipmanlar kullanılmaktadır.

- Delici (Vagon Drill veya Jumbo)
- Hidrolik kırıcı
- Ekskavatör
- Yükleyici (Paletli veya lastik tekerlekli)
- Damperli kamyon

- Kompresör
- Kırıcı (Konkasör)
- Elek
- Konveyör

Yukarıda bahsedilen ekipmanlara ilave başka ekipmanlarda kullanılmasına rağmen genel olarak kullanılan ve tercih edilenler bunlardır.

ABD'de kırmataş üretiminin %5'i yeraltı yöntemi ile yapılmaktayken Türkiye'de tamamı açık ocak yöntemi ile yapılmaktadır. İdeal açık işletmecilik, önce toprak ve bitki örtüsünün kaldırılıp yakın bir yerde depolanması ve istihraç sonrası işletilen ocak sahasının tekrar ağaçlandırılması şeklinde olmalıdır. Son yıllarda gelişen malzeme teknolojisine paralel olarak geliştirilen özel kesici uçlar yardımı ile açık ocak işletmelerinde kazı ve yüklemeyi aynı anda yapan, delme-patlatma işlemlerini ortadan kaldıran ve bu nedenle yerleşim yerlerine daha yakın yerlerde ocak açmayı mümkün kılan makineler kullanıma sunulmuştur (Alp, 2004).

2.1.5. Kırmataş üretim aşamaları

Taş ocakçılığında üretim 3 temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

a) Kayanın parçalanması (delme-patlatma ve ikincil kırma)

b) Parçalanan malzemenin nakli (yükleme-taşıma)

c) Boyutlandırma (kırma-eleme)

Bu aşamalar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanarak her bir aşamanın kırmataş üretimine olan etkileri belirtilmiştir.

2.1.5.1. Kaya kütlesinin parçalanması

Kayanın parçalanma işlemi iki aşamada yapılmaktadır. Birincil kırma ve ikincil kırma olarak adlandırılan bu aşamalar birbirleriyle ilişkilidir. Birincil kırma ne kadar başarılı olursa ikincil kırmaya olan ihtiyaç da o kadar azalacaktır. Ülkemizdeki taş ocaklarında birincil kırma delme-patlatma yöntemiyle yapılmakta olup ikincil kırmada ise hidrolik kırıcılar kullanılmaktadır. Delme-patlatma işleminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus delme-patlatma tasarım parametreleri iken, hidrolik kırıcıda dikkat edilmesi gereken en önemli husus patarı ufaltma oranıdır. Bu oran konkasör

tesisinde primer kırıcının ağız açıklığına göre ayarlanmaktadır. Aksi takdirde ağız açıklığından büyük boyutlarda blokların konkasör tesisine beslenmesi primer kırıcının tıkanmasına neden olurken, büyük blokları hidrolik kırıcı ile fazla küçültmek de toplam maliyeti artıracaktır.

2.1.5.2. Parçalanan malzemenin nakli

Ülkemizde kırmataş ocaklarında yükleme-taşıma yöntemi ya lastik tekerlekli yükleyici-kamyon yöntemi ile ya da hidrolik ekskavatör-kamyon yöntemi ile yapılmaktadır. Patlatma sonrası malzemeyi aynadan sökmede sorun yaşamayan ve tırnak sorunu olmayan ocaklarda, mazot maliyetlerinin az olması ve patlatma anında sahadan kolaylıkla uzaklaştırılabilir ve aynı şekilde çalışma alanına daha hızlı getirilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı lastik tekerlekli yükleyici, hidrolik ekskavatörlere kıyasla daha çok kullanılmaktadır. Ancak yüksek basamak boylarında çalışan ocaklarda ve aynadan malzemeyi sökmede zorlanılan ocaklarda koparma kuvvetinin ve bom yüksekliğinin fazla olması gibi özelliklerinden dolayı hidrolik ekskavatörler, lastik tekerlekli yükleyicilere göre daha çok kullanılmaktadır. Bunlarla beraber nakliye yöntemi her iki makina için de kamyonlarla yürütülmektedir.

2.1.5.3. Boyutlandırma

Kırma-eleme tesisleri maden sektöründe üretilen cevherlerin işlenmesi ve inşaat sektöründe kırmataş üretimi (asfalt, beton, yol malzemesi vs.) için kullanılan elektro-mekanik tesislerdir.

Ocaklardan elde edilen iri boyut nedeniyle kum veya çakıl olarak kullanılamayan malzemeler kırma ve eleme işlemlerinden geçirilerek istenen boyutta malzeme haline getirilir. Kırma-eleme tesisleri bu açıdan son derece önemlidir. Son ürünün istenilen nitelikte olması kırma-eleme tesislerinin verimliliği ile doğrudan ilişkilidir.

Kırma-eleme tesislerinin kurulmasında gerekli özenin gösterilmesi (kapasite uyumu, yedek parça temini, malzeme kalitesi vb.) sonradan çıkacak sorunların ortadan kaldırılması açısından önemlidir. Tesisin kurulması aşamasında göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli husus ise maliyettir. Gerek "yatırım maliyeti",

gerekse "işletme maliyeti" işletmenin karlılığı üzerinde önemli rol oynamaktadır (Yılmaz, 2003).

2.2. Kırmataşın Delme-Patlatma Yöntemi ile Üretilmesi

Patlatma mühendisliğinin temel amaçlarından biri, konforlu bir yaşam için gerekli alt yapı kazılarıyla birlikte; insanoğlunun gereksinim duyduğu endüstri hammaddesini içinde bulunduğu ana kütleden faydalanabilir bir büyüklükte, ekonomik olarak, minimum bir zaman diliminde ve emniyetli bir biçimde ayırmaktır. Patlatma mühendisi ekonomik bir patlatma yapabilmek için delik delme sistemlerinin işleyişini, delme patlatma işleminin önemini, delme patlatma parametrelerini vb. gibi patlatma için son derece öneme sahip bilgileri çok iyi bir şekilde irdeleyerek patlatma işlemini gerçekleştirmektedir. Aksi takdirde bilinçsiz kişilerce yapılan patlatmalarda ekonomik yönden meydana gelen zararın yanında birçok da iş kazası meydana gelmektedir.

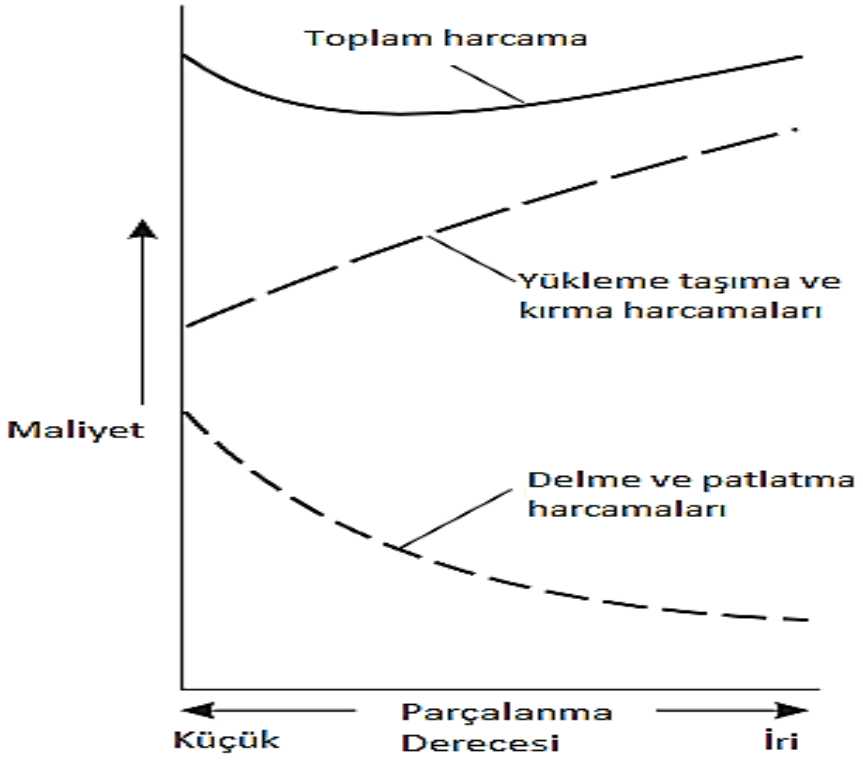
2.2.1. Delme-patlatma yöntemi

Açık işletmecilikte dekapaj veya cevher basamaklarında kazı genellikle delme-patlatma yoluyla yapılır. Patlayıcı madde kullanarak kayaları (cevherleri) parçalama iyi bilinmesi ve üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Kayaların parçalanması konusu delik delme, patlatma, kazı-yükleme ve taşıma gibi birbirleriyle ilgili açık işletmecilik faaliyetlerini kapsar. Patlatma genellikle yanlış bir yorumla delik delme, kazı-yükleme ve taşımadan bağımsız düşünülür. Gerçekte ise uygun bir düzende uygun çap ve boyda delikler delmeden patlatmanın başarılı olması mümkün değildir. Patlatmanın başarısı uygun patlayıcı madde ve ateşleme yöntemi seçimi ile de ilgilidir. Bu ve benzeri nedenlerle meydana gelebilen uygunsuz ve başarısız patlatma ise kazı-yükleme ve taşıma işlerinin zorluk derecesine ve iş hızına etki ederek bu işlerde verim düşüklüğüne ve maliyet artışlarına yol açar. Bu bakımdan patlatma konusunu delik delme, yükleme-taşıma ve kırma-eleme işleri ile bir bütün olarak düşünmek gerekir.

Genellikle açık işletme mühendisinden çok miktarda dekapaj ve kayanın iyi parçalanmış olması istenir. Her ocağın fiziki büyüklüğüne göre günde yapılabilecek patlatma adedinin bir optimum sayısı vardır. Dolayısıyla çok miktarda dekapaj yapabilmek için atım gruplarının (delik sayısını artırılarak) büyütülmesi gerekir. Bu ise

bir seferde atılan patlayıcı madde miktarının artması demektir. Patlayıcı miktarı arttıkça, meydana gelen yer sarsıntısı da ona göre fazla olur ve böylece basamakların bozulması ile şevlerde heyelan riski artar. Kayayı daha iyi parçalamak için ise delikleri daha sık delmek ve her deliğe daha fazla patlayıcı madde koymak gibi tedbirler gerekir.

Kayanın istenen düzeyde parçalanması işleminde açık işletmeciler üzerindeki ekonomik baskılar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Daha küçük parça istenildikçe daha küçük çaplı ve sık veya aynı çaplı fakat mutlaka daha sık delik delmek, deliklere daha fazla patlayıcı madde yerleştirmek gerektiğinden bu halde delme ve patlatma masrafları artar. Bununla birlikte atım sonucunda iyi parçalanmış ve kolay kazılabilir bir yığın kazı-yükleme, taşıma (ve cevherde kırma) harcamalarını azaltır. Diğer taraftan bunun tam tersi olarak daha iri parçalanma istendikçe delme-patlatma maliyeti düşer, fakat yükleme, taşıma (ve kırma) harcamaları artar. Bu iki kalem harcama Şekil 2.1'de toplam harcama olarak birleştirilmiştir. Açık işletmecinin hedefi toplam harcama eğrisinin minimum olduğu noktanın tayini olmalıdır(Bilgin, 1986).



Şekil 2.1. Açık işletmelerde parçalanma derecesinin delme, patlatma, yükleme, taşıma ve kırma maliyetleri üzerine etkisi (Hoek, 1981)

2.2.2. Patlayıcı maddelerin tanımı ve tarihsel gelişimi

Patlayıcı maddeler, çevreden herhangi bir maddenin katkısı olmadan, fiziksel bir darbe sonucunda, çoğunlukla gaz basıncı ve ısı açığa çıkaran, ses üstü hızda kimyasal reaksiyona girebilen, organik veya inorganik kimyasal maddelerdir.

Patlayıcılar; sahip oldukları yüksek gaz hacmi, enerji miktarı, patlatma sonucu oluşturdukları yüksek ısı ve basınç nedeniyle günümüzde kaya parçalamada sıklıkla kullanılmaktadır. Madencilikte kazı amacıyla patlayıcı madde kullanımı 17. Yüzyıl başlarında "Kara Barut" ile başlar. Bundan önce kullanılan ateş yakarak kayayı ısıtma ve daha sonra su ile soğutarak çatlatma yöntemi oldukça ağır ve pahalı bir yöntemdi. Özellikle maden çevresinde ağaçların bitmesi veya hiç olmaması durumunda tamamen ekonomikliğini yitiriyordu.

Kara barut madencilik sektörüne girdikten sonra oldukça yaygın bir kullanım alanı buldu. Fakat ateşleme sistemi oldukça tehlikeliydi ve birçok kaza meydana geliyordu. Bu tehlike 1831 yılında William Bickford'un emniyetli fitili bulması ile ortadan kaldırılmış oldu.

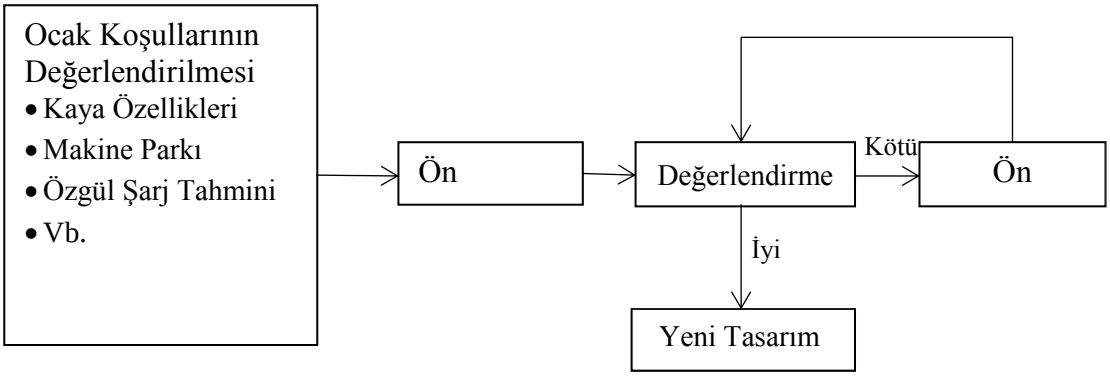
Patlayıcı maddelerin gücünü gördükten sonra madencilerde daha kuvvetli patlayıcılara yönelik bir talep meydana geldi. Bunun neticesinde 1846 yılında Ascanio Sabrero Nitrogliserin'i buldu. Nitrogliserin kuvvetli bir patlayıcıydı fakat üretim ve kullanımı çok tehlikeliydi. Bu yüzden yaygın bir kullanım alanı bulamadı. Alfred NOBEL ve kardeşleri nitrogliserin'in güvenli üretimini ve emniyetli kullanım şekli olan "Dinamit" (1866) ile civa fulminatlı kapsülü (1867) geliştirdi. Bu tarihten sonra madencilik sektöründe dinamitin egemenliği başladı. 1950'li yılların başında bir kaza sonucu Amonyum Nitrat'ın patlama özelliğinin keşfedilmesi madencilik ve patlayıcı madde kullanımı açısından yeni bir dönüm noktası oldu.

Amonyum Nitrat ile yapılan araştırmalar sonucunda, Robert W. Akre, 1955 yılında Amonyum Nitrat ile Karbon karışımından oluşan ve kolayca hazırlanabilen 'Akremite' adlı patlayıcıyı buldu. Bir yıl sonra ise Amonyum Nitrat Fuel Oil karışımından oluşan ve ANFO olarak isimlendirilen patlayıcı madde Amerika'da piyasaya sürüldü. Ucuzluğu, kolay üretilmesi ve güvenli oluşu ANFO'yu kısa bir sürede madencilik sektörünün en yaygın olarak kullandığı patlayıcı madde haline getirdi (Şeran ve Akay, 1999).

2.2.3. Patlatmanın mühendislik ile ilgisi

Yapılan araştırmalarda ortalama delme-patlatma maliyeti üretim maliyetleri içinde % 5-40 arasında değişmekte iken mühendislik hesaplamaları ile bu oran % 10-20 arasına indirgenebilmektedir. Böylelikle delme-patlatma işlemlerinde mühendislik hesaplarının önemi anlaşılmaktadır. İyi bir mühendis yapacağı optimizasyon çalışmaları ile kendi maliyetini karşılayabildiği gibi işletmeye artı değerde kazandırabilmektedir. Önemli olan kendisine ve bilgisine güvenip, işletme yönetimini ikna edebilmesidir.

Mühendis çalıştığı işletme için en uygun patlatma koşullarını araştırırken Şekil 2.2'de belirtilen bir tasarım biçimini uygulamalı ve ekonomik analizi gerekli performans etütleriyle birlikte yapmalıdır (Kahriman, 2004).



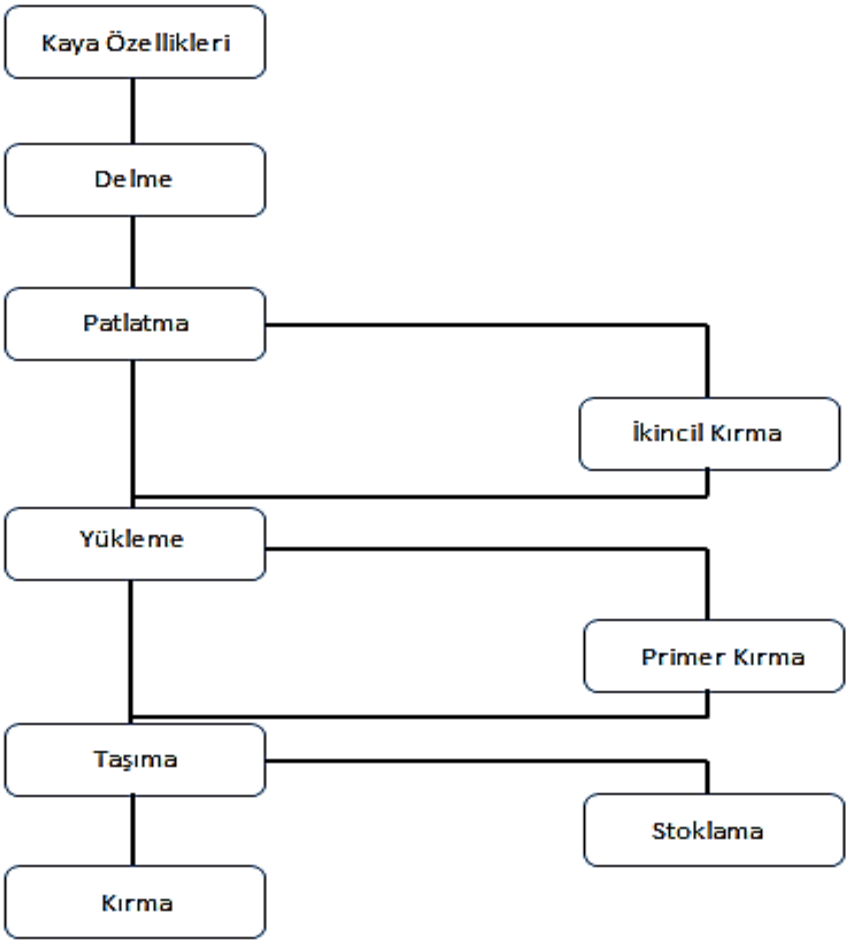
Şekil 2.2. Patlatma tasarımında izlenecek yöntem (Bilgin, 1986)

Şekil 2.2'de blok boyutuna etki eden faktörler gösterildiği gibi mühendisin sonuçlarını gözlemleyeceği ve performans etüdü yapacağı teknolojik işlemler de belirtilmektedir. Burada üzerinde durulması gereken; mühendisin kaya ve işletme koşullarını dikkate alarak, literatüre uygun bir ön tasarım yapması, uygulaması ve uygulama sonuçlarını teknolojik işlemlerde değerlendirmesi ve optimum koşulları elde edinceye kadar çalışmalarını sürdürmesidir.

Tüm bu açıklamalar ışığında, delme-patlatmanın mühendislik ile ilgisi aşağıdaki maddelerle özetlenebilir:

- Bilimsel ve teknik yaklaşımlar
- Ekonomik sonuçlar
- Emniyet koşulları
- Çevre sorunları

- Patlayıcı madde üretimi, pazarlanması, seçimi, temini, nakli ve depolanması
- Delme-patlatma konularında gerekli elemanların eğitimi ve öğretimi



Şekil 2.3. Blok boyutuna etki eden faktörler (Tamrock, 1984)

Şekil 2.3'de de gösterildiği üzere bir mühendis yapacağı maliyet çalışmalarına üretimin ilk aşaması olan delme-patlatma birim faaliyetini iyi bir şekilde analiz ederek başlamalıdır. Aksi taktirde ilk başta yapılan hata ardışık olarak diğer birim faaliyetleri de etkileyecektir.

2.2.4. Delik delme sistemleri

Yüzey madencilik faaliyetlerinde geleneksel olarak üç değişik delme sistemi kullanılmaktadır. Geniş ve orta çaplı delik delmek için döner delik delme (rotary), orta çaplı delik için dipten darbeli sistem (Down The Hole-DTH) veya COPROD, küçük çaplı delikler için üstten darbeli (Top hammer) sistemler kullanılmaktadır. Taş

ocaklarında basamak delikleri küçük veya orta çaplı açılmasından dolayı ve delik sapmasının büyük sorun teşkil etmemesinden dolayı büyük bir oranda üstten darbeli yöntem seçilmektedir. Üstten darbeli yöntemde basınçlı hava (pnömatik) ve hidrolik güç ile çalışan iki çeşit delik delme sistemi kullanılarak delik delme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Son birkaç yıldır üstten darbeli hidrolik delme sistemi, taş ocaklarında artan bir şekilde önem kazanmaktadır. Bu sistem yine üstten darbeli pnömatik sisteme oranla performans, yakıt tasarrufu, düşük işçilik maliyetleri, daha az sarf malzeme tüketimi, ergonomi ve emniyetten dolayı daha fazla kullanım alanı bulmaktadır (Aytekin, vd., 2003).

Taş ocaklarında patlatma deliklerinin delinmesi için mobil delicilerden faydalanılmakta olup işletmelerde en çok tercih edilen delik delme makineleri vagon drill ve jumbo'dur. Bu iki makine arazinin yapısına, işletmenin bütçesine, kayacın cinsine vb. parametrelere göre aralarında bir seçim yapılarak kullanılmaktadır. Genel itibariyle işletmelere bakıldığında Jumbo'nun Vagon Drill'den daha çok kullanıldığı görülmektedir.

2.2.5. Patlayıcı maddelerin özellikleri

Bugün piyasada satılan pek çok cins patlayıcı madde vardır. Günümüzün patlayıcı maddeleri daha emniyetli, daha güvenilir ve daha etkilidir. Her patlayıcı maddenin kendine özgü özellikleri ve uygulama alanı vardır. Yanlış patlayıcı madde veya uygun patlayıcı madde, uygun olmayan biçimde kullanıldığında sonuçlar tehlikeli, maliyeti yüksek ve üretim verimi düşük olur (Wright, 1986). Bu nedenle patlayıcı maddelerin birbirleriyle karşılaştırılmasında, seçim ve kullanılmasında baz alınan bazı özellikleri şöyledir (Bilgin, 1986).

- Gücü
- Patlatma hızı
- Yoğunluğu
- Suya dayanıklılığı
- Dona dayanıklılığı
- Gaz özellikleri
- Patlatma ısısı ve özgül gaz hacmi

- Hassasiyeti
- Depolanabilirlikleri

2.2.6. Patlatma tasarımında göz önünde bulundurulması gereken parametreler

Maden üretim sürecinde patlatmanın önemi bilindiğinden, konuyla ilgili değişik çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından uzun süreden beri yoğun bir biçimde sürdürülmektedir. Ancak konunun karmaşıklığı ve koşullarının zorluğu nedeniyle hala yanıtlanması gereken pek çok husus mevcuttur. Teknik, ekonomik ve emniyet açısından iyi ve güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz konusudur. Bu parametreleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (Hoek ve Bray, 1991; Dick ve Ark., 1983; Tamrock, 1984).

Kaya birimlerinin malzeme ve kütle özellikleri

- Yoğunluk
- Basınç, çekme, darbe dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans - süreksizlik durumu ve kütlesel olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik modülü
- Poisson oranı - değişkenlik durumu (homojen, anizotropi ve izotropiklik)
- Sertlik

Patlayıcı maddenin cinsi, özellikleri ve dağılımı

- Yoğunluk
- Patlama hızı
- Güç
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlama ısısı ve özgül gaz hacmi
- Depolama şekli ve süresi

Patlatma geometrisi

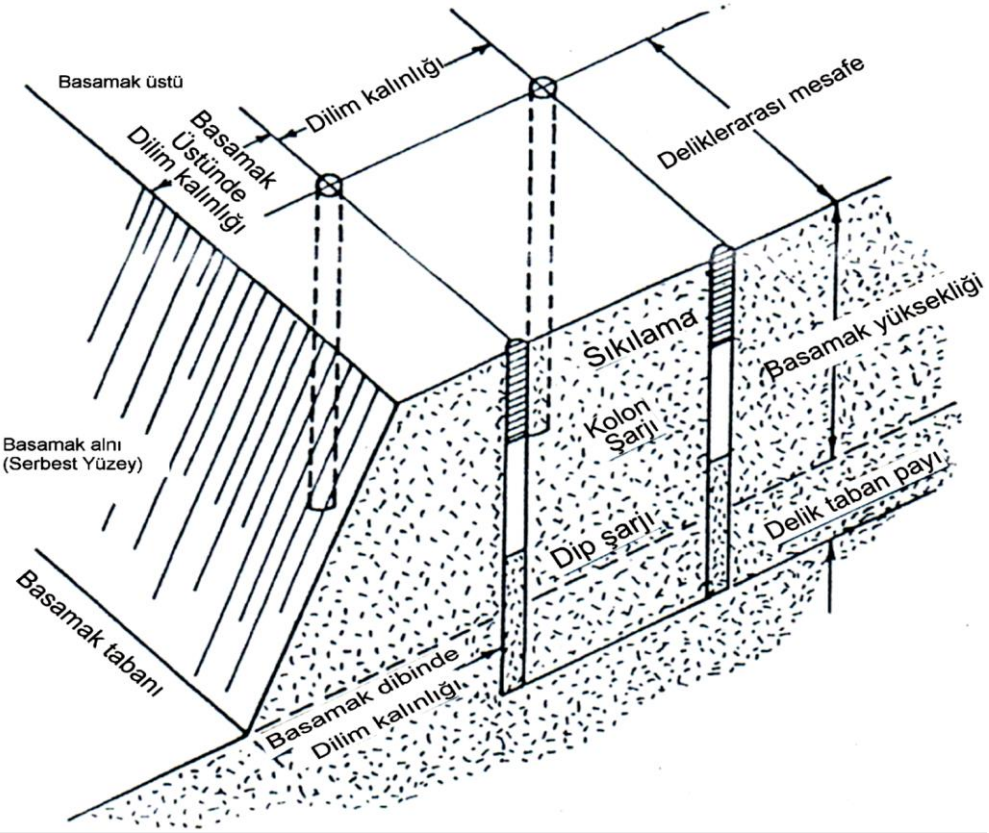
- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı
- Delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi
- Sıkılama payı
- Delik taban payı
- Şarj şekli
- Delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

Yukarıda bahsedilen parametreler içerisinde iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kaya birimi için) makul bir yanıt verildiği taktirde; kabul edilebilir yaklaşımlara dayalı olarak diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir (Langefors ve Kıhlstrom, 1979; Olofsson, 1988). Deneme-yanılma yoluyla yapılacak dilim kalınlığı ve özgül şarj miktarı belirleme çalışmalarında, maliyeti göz önüne almak gerekmektedir. Bu nedenle, ilk tasarım açısından makul bir değerdeki özgül şarj ve dilim kalınlığı değerlerinden başlamak çok olumlu sonuçlar verebilmektedir. Bu da ancak yukarıda ifade edilen üç ayrı temel parametre arasındaki ilişkilerin yorumlanması ile mümkün olabilmektedir.

2.2.7. Basamak patlatması terimleri

Açık ocak maden işletmelerinde kazı sırasında oluşturulan ayrı kotlardaki her kademeye basamak, burada yapılan atımlara da basamak patlatması denilmektedir. Her basamağın bir üst bir de alt kotu olup, bunlar farklı basamak yüksekliğini belirlemektedir. Basamak alnı kayanın sağlamlığına, yapısına (fay, eklem, tabakalanma vb.) ve delik eğimine bağlı olarak dik veya 90° den az meyilli, şev basamağı oluşturan kayanın parçalanmasını özendiren ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkân veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır.

Serbest yüzey ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arası uzaklıklara dilim kalınlığı adı verilmektedir. Bir atımın basamak patlatması olarak adlandırılabilmesi için dilim kalınlığı (B) en fazla basamak yüksekliğinin (K) yarısına (B≤K/2) eşit olmalıdır (Gustaffson, 1973; Langefors ve Kıhlstrom, 1978).



Şekil 2.4. Basamak patlatmalarında düşey delikli bir atım düzeni (Bilgin, 1986)

Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları ise delikler arası mesafe olarak bilinmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak için basamak yüksekliğinden biraz fazla delinmekte ve bu fazla kısım delik taban payı olarak adlandırılmaktadır. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı, bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Genellikle basamak tabanına yakın kısımlarda kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarjına göre miktarca ve kudretçe fazla olacak şekilde seçilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden (çakıl, kum, kırma taş, delme makinası kırıntıları) oluşan tıkaca ise sıkılama denilmektedir (Sayınbatur, 2011).

a-) Delik çapı

Patlatılacak kaya yapılarının içerisine patlayıcı madde yerleştirmenin en verimli yolu, kaya yapılarına delik delmektir. Bu işlem ise;

- Patlatmanın verimini
- Patlayıcı maddenin verimini
- Patlatmanın maliyetini

Belirleyen faktör olması açısından çok önemlidir(Köse, vd., 2009).

Kaya sert ve masif ise hem delik delme masraflarını azaltmak, hem de en iyi parçalanmayı sağlamak için küçük delik çapları gerekir. Yumuşak ve orta-sert kayalarla, çok çatlaklı formasyonlarda geniş çap daha uygundur. Küçük parça istendikçe delik çapı küçültülmeli, büyük parça isteniyorsa delik çapı büyültülmelidir.

Açık ocaklarda basamak yüksekliği mevcut ekskavatör kapasitesine göre seçilir. Delik çapı da belirlenen basamak yüksekliğine göre seçilir. Bu konuda değişik yaklaşımlar vardır. Gustafsson delik çapı (d) ile dilim kalınlığı (Bmax) arasındaki ilişkiyi, Bmax ≤ K/2 koşuluyla;

Bmax = 45 x d (metre) olarak tanımlar. (2.1)

Tamrock ise delik çapının basamak yüksekliğinin % 0,5 ile %1'i arasında olması gerektiğini savunmaktadır (Bilgin, 1986).

b-) Delik boyu

Delik boyu arttıkça, delme sırasında oluşabilecek delik sapması da artar. Bu durum basamak alt kısımlarında dilim kalınlıkları (B) ile delikler arası mesafelerin (S) hatalı olmasına yol açabilir. B ile S olması gerekenden az ise parçalanma fazla, çok ise parçalanma yetersiz olur (Bilgin, 1986).

c-) Delik eğimi

Açık ocaklarda delikler ya dik ya da meyilli olarak delinir. Piyasada hem eğimli hem de dik delikler delebilecek ekipman olmasına karşın uygulamada daha çok dik delikler kullanılır (Bilgin, 1986).

Eğimli delikle yapılan patlatmanın dik delikle yapılan patlatmaya göre pasa geometrisi de değişik olmaktadır. Eğimli deliklerin malzemeyi daha iyi oynatması, daha çok yayılmış bir pasa geometrisine neden olmaktadır. Böylesine bir malzemenin yüklenmesi ise özellikle koparma gücü nispeten az olan lastik tekerlekli yükleyiciler için daha uygun olmaktadır.

Eğimli deliklerin şu avantajları vardır;

- Geriyi çatlatma riski daha az, dolayısıyla daha düzgün ve emniyetli ayna elde edilmesi
- Taban bölgesinde daha iyi parçalanma ve tırnak problemi daha az
- Sıkılama bölgesinden daha az patarlanacak malzeme çıkışı
- Patlatma sonucu daha az sarsıntı, taş fırlaması ve hava patlaması

Eğimli deliklerin dezavantajı ise, delme işleminin daha zor olmasıdır. Ayrıca delme işlemi çok iyi kontrol edilemez ve verilen eğimler hassasiyetle uygulanmazsa, patlatmadan beklenen verim elde edilemez (Köse, vd., 2009).

d-) Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe

Dilim kalınlığı, delik merkezinden aynaya olan en kısa mesafedir. Delikler arası mesafe ise aynaya paralel bir hat üzerindeki iki delik arasındaki uzaklıktır.

Açık işletmelerde delme patlatma tasarımının başarısını etkileyen faktörlerin başında dilim kalınlığı gelir. Dilim kalınlığı, patlama gazlarının atmosfere yayıldığı ana kadar bütün enerjilerini kayayı parçalamak için kullanabilecekleri boyutta olmalıdır. Dilim kalınlığı küçük seçildiğinde, basınç çatlakları aynaya kadar ulaşır ve gazlar bu çatlaklardan sızar, dolayısıyla enerjilerini tam kullanamazlar. Dilim kalınlığı büyük seçildiğinde ise, patlayıcı maddenin hareket ettirmesi gereken kütle daha büyüktür. Bu durumda kırılma daha yetersiz olacağı gibi, enerji dalgası geriye etki ederek aynanın düzensiz olmasına neden olacaktır (Köse, vd., 2009).

Tamrock en uygun dilim kalınlığının, B_0 = (25-40)xd (m) olduğunu söylerken Hagan B_0 = (20-35)xd (m) değerinin açık işletmelerde daha yaygın olarak kullanıldığını belirtmektedir (Bilgin, 1986).

Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı, kayaca, patlayıcı maddeye ve şarj parametrelerine bağlıdır. Tek sıra halinde hazırlanan ve aynı anda atılan deliklerde delikler arası mesafe, dilim kalınlığına eşit alınır. Deliklerin atımı sırasında belirli bir zaman farkı olduğunda delikler arası mesafenin dilim kalınlığından büyük olması daha olumlu sonuçlar verir (Köse, vd., 2009).

e-) Delik taban boyu

Yerinde basınç dağılımı ve patlayıcının etkinliği açısından konu incelendiğinde görülür ki, aynaların tabanında kırılması güç bir kısım vardır. Eğer delikler tam basamak yüksekliğinde delinirse, kırılmanın tam 90^0 olmaması nedeni ile tırnak dediğimiz sert bir kısım kalacaktır. Bu ise yükleyici makinalar açısından olsun, kazıcı makinalar açısından olsun hiç istenmeyen bir olaydır. Bu nedenle delikler, aynayı tabanından kesecek gibi biraz derin delinir. Bu fazlalığa alt delme veya delik taban payı (Sub-drilling) denir.

Alt delme konusu yakından takip edilmelidir. Çünkü gereğinden derin delinen alt delme aşırı yer sarsıntısına yol açabileceği, alt basamağı oluşturacak kayayı fazla parçalayabileceği ve yükleyicilerin baş aşağı dalmalarına ve basamak kotunu düşürmelerine neden olabileceği gibi, birbirini takip eden basamakların çalıştığı iş yerlerinde, bir alt basamakta delme işlevini zorlaştıracaktır (Eskikaya, vd., 2012).

Alt delme sert kayalarda normalden biraz uzun eğimli deliklerde biraz kısa olmalıdır. Alt delme hesabında aşağıdaki formüllerden yararlanılabilir.

$U = (0{,}2 – 0{,}3) \times B$ (Hoek) (2.2)

$U = 0{,}3 \times B$ (Gustafsson ve Langefors) (2.3)

f-) Sıkılama

Sıkılama patlayıcı madde konulmuş deliğin ağzına yerleştirilen patlayıcı olmayan maddeden yapılmış tıkaca denir. Bu tıkaç enerjinin havaya kaçmasını

önleyerek onu kayaya yöneltir ve iyi parçalanma ve yığın gevşekliğine olumlu katkıda bulunur. İyi sıkılama delikteki yüksek gaz basıncını uzun süre muhafaza eder. İyi sıkılama kg-patlayıcı madde başına yapılan iş miktarını artırır. Bu patlatmayı takip eden işlemlerin toplam maliyetini artırmaksızın delme ve patlatma maliyetlerini azaltır. Dahası, uygun tipte ve boyda sıkılama kullanıldığında dilim kalınlığı arttırılabilir (Bilgin, 1986).

Delme pasaları en ucuz ve uygun sıkılama malzemesi olmalarına karşın, her zaman istenilen sonucu vermez. Kuru ve iri gradasyonlu köşeli malzemeler, örneğin 10-15 mm boyutunda kırılmış kaya malzemesi, nemli malzemeden daha verimlidir.

Sıkılama boyu hesabında;

$H_0 = (0,7 – 1) \times B$ (Tamrock) (2.4)

$H_0 = (0,67 – 2) \times B$ (Hoek) (2.5)

Bağıntılarını kullanmaktadırlar.

g-) Delik düzeni

Uygulamada delikler genellikle sıralı(kare), şeş-beş ve İsveç düzeninde delinmektedir. Sıralı düzende deliklerin yerlerinin belirlenmesi ve delinmesi daha kolay olmasına karşılık, şeş-beş düzeninde patlayıcı madde enerjisi, kayaç kütlesi üzerinde optimum bir yanal yayılım gösterir ve parçalanmanın eşit boyutta olmasını sağlar. Ayrıca şeş-beş delik düzeninde patlatma enerjisinden etkilenmeyen alan minimumdur.

Delik düzeni saptandıktan sonra dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, delik yerlerinin ölçülerek belirlenmesi ve rahatça görülebilecek şekilde işaretlenmesidir. Eğer bu işlem titizlikle yapılmazsa patlatma sonucunda bazı bölgeler gereğinden fazla patlama enerjisinden etkilenirken bazıları çok az etkilenecektir (Köse, 2009).

h-) Şarj

Genel olarak, basamak patlatma delikleri iki farklı şekilde şarj edilmektedir. Bunlar, sürekli ve kısmi şarjdır. Kısmi şarj özel durumlar için geçerlidir. Buna karşılık sürekli şarj kapsamında ifade bulan kolon şarjı ise en genel uygulama biçimidir. Sürekli

şarj durumunda; delikteki şarj boyu; kaya özellikleri ve patlayıcı madde cinsi dikkate alınarak ikiye ayrılmıştır.

- Dip şarjı
- Kolon şarjı

Delik taban kısmında daha fazla enerji ihtiyacı nedeniyle; genellikle delik tabanına konacak patlayıcı madde gücünün daha fazla olması gerekir. Ayrıca patlayıcı maddenin ayna boyunca iyi dağılımını sağlamak için patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması hususu patlama teorisi açısından gereklidir.

ı-) Yemleme yeri ve miktarı

Deliğe şarj edilen patlayıcı madde kolonunun zamanında ve güvenilir bir şekilde ateşlenmesinde, yem sayısı ve konumu önem taşımaktadır. Gereğinden uzun şarj kolonunda, yem detonasyonun sönümlenmesi nedeniyle yeterli olmayabilir. Tabana konan bir yemlemenin uygun nitelikte ateşleyebileceği şarj kolonu uzunluğunun tahmin edilmesi, dolayısıyla delikteki yem sayısının belirlenmesi amacıyla bazı ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir (Kahriman, 2003).

Öte yandan, iyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2 ila 4 katı arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir.

i-) Gecikme aralığı

Günümüzde artık gecikme aralığı uygulamadan basamak patlatması yapılmamaktadır. Gecikme paterninin yararları şunlardır:

- Çok sıralı atımlarda tırnak kalmamasını sağlar
- Parça boyutunun denetiminde yardımcı olur
- Çevreye verilen yer sarsıntısının denetlenmesini sağlar
- Taş savrulması olayını en aza indirir.

Kural olarak gecikme aralığı, ön sıranın patlatıldıktan sonra bir arkadaki sıra için yeterli hacmin ortaya çıkacak kadar hareket etmesini sağlayacak nicelikte olmalıdır. Eğer gecikme aralığı gereğinden az olursa, sıralar arasında yeterli hacim boşluğu olmadığı için malzeme kitlenir. Bozuk pasa geometrisi ve sıkı taban elde edilmesinin

yanı sıra, yukarı ve arka tarafa doğru savurma olur. Doğru gecikme aralığında sıralar birbirini uygun aralıklarla takip edecekleri için hem taban sıkışmayacak, hem sıralar birbirini yakalayarak iç öğütmeyi ve savrulmaya karşı perdelemeyi sağlayacaklardır. Gecikme aralığının gereğinden büyük olması halinde taban sıklığı olmamakla beraber sıralar birbirini yakalayamayacağı için iç öğütme ve savrulmaya karşı perdeleme olmayacaktır.

Genel olarak, delik ayna uzaklığının her metresi için 12 milisaniyelik bir aralık önerilmektedir. Bu değer kayaç özelliklerine ve en önemlisi yoğunluğa göre revize edilebilir. Genel olarak denilebilir ki 64-165 mm arası deliklerin uygulandığı yurdumuzda 20-50 ms aralıklı gecikme elamanları kullanılabilir. Özel durumlarda gecikme aralıkları birer atlanarak aralıklar genişletilebilir (Köse, vd., 2009).

2.3. Yükleme-Nakliye ile İlgili Literatür Bilgisi

Madencilik faaliyetlerinde ana operasyonlar, arazinin düzenlenmesi, kazı ve yükleme, nakliye ve cevher hazırlama, olarak mütalâa edilir ve bu faaliyetler birbiriyle bağımlıdır.

Optimum maliyete genellikle her operasyondaki işletme masraflarını minimize ederek ulaşılamaz. İşte bu sebeptendir ki açık işletme teçhizatını seçerken, seçilecek makinayı bağımsız bir şekilde düşünmek iyi bir tatbikat değildir. Patlayıcı maddenin fazla bir şekilde tüketimi ile yükleme, nakliye ve kırma masraflarında tasarruflar sağlamak mümkündür. Bu tasarrufla çoğu zaman patlama masraflarındaki artışı kapayarak bazı müspet maliyet unsurlarını yaratmak imkan dahilindedir. Böyle bir husus şüphesiz kazı ve yükleme teçhizatının seçiminde bariz bir faktör olacaktır.

Ekskavatör veya loaderin seçimi açık işletmecilikte en önemli hususdur. Çünkü bazı yükleme teçhizatı diğer açık işletme teçhizatlarına etkide bulunacak ve işletme sistemine tesir edecektir. Açık işletme teçhizatının uygun seçimi, düşük maliyetli istihsalin anahtarıdır (Atkınson, 1971).

2.3.1. Yükleme

Açık ocaklarda yerinden sökülen malzemenin, örtü döküm sahasına veya depolanmak üzere silolara nakledilmesi için bulundukları yerden alınıp kaldırılarak

nakliye düzeneğine verilmesine “yükleme” denir. Belirli uzunluktaki periyotlar şeklinde kesintili kazı yapılan olacaklarda (sert kayaç madenciliği) gevşetme, delme-patlatma ve yükleme olarak iki ana operasyon olarak ele alınırken, sürekli kazı yapılan ocaklarda (delme-patlatmaya gerek duyulmayan gevşek tabaka madenciliği), bu işlemler “kazı” adı altında bir arada irdelenir.

Kırmataş madenciliğinde kullanılan yükleyiciler işin ve işyerinin özelliklerine göre paletli ya da lastik tekerlekli olarak seçilebilmektedir. Günümüz madenciliğinde paletli yükleyici kapasiteleri 2,5 yd^3 ile 6 yd^3 arasında değişmektedir. Standart lastik tekerli yükleyici kapasiteleri ise 2,5 yd^3 ile 12 yd^3 arasında bulunmaktadır. Bu kapasiteler aşağı yukarı yükleyiciler için ulaşılmış ekonomik limit değerler olarak kabul edilebilir. Zira yükleyiciler, hidrolik ekskavatörlerin ciddi rekabeti ile karşı karşıyadır. Yükleyici kepçeleri kazılıp, yüklenecek malzemenin özellik ve yoğunluğuna göre değişik biçim ve hacimlerde olabilir (Özdoğan, 1983).

2.3.1.1. Yükleyici çeşitleri

Yükleyicilerin lastik tekerlekli ve paletli yükleyiciler olmak üzere iki ana çeşidi var olup, işin cinsine ve iş yerinin özelliklerine göre de her iki tipin kullanım alanı vardır. Ayrıca her iki tipin kendine özgü üstün özellikleri bulunmaktadır. Yükleyicilerin kökeni geniş tarım alanlarını işlemek üzere geliştirilen lastik tekerlekli ve paletli tarım makinaları olan traktörlerdir. Önceleri tarım ürünlerini yüklemek, aktarmak, depolamak üzere traktörlerin önlerine halatla kumanda edilen rijit kepçeler takılmış, bunlar teknolojinin gelişmesine uygun biçimde gelişerek günümüzün yükleyicilerini oluşturmuşlardır. Günümüzün önemli iş makinalarından olan paletli ve lastik tekerlekli buldozerlerin kökeninde de tarım traktörleri yatmaktadır (Özdoğan, 1983).

a-) Lastik tekerlekli yükleyiciler

1933 yıllarında bugün kullandığımız, içi basınçlı havayla doldurulabilen lastiklerin yapılmasıyla başlamış; böylece makinanın hareketliliği sağlanmış ve daha ağır yüklere uygulanabilmiştir. 1930’ların sonlarına doğru, yükleyiciler özel olarak endüstriyel uygulamalar için dizayn edilip üretilmeye başlanmıştır. Bu tarihten önce yükleyiciler, tarımda kullanılan lastik tekerlekli traktörlerin önlerine kepçe ve rijit bom takılarak yükleyiciye dönüştürülmesi yoluyla yapılmaktaydı. 1940'ların sonuyla,

1950'lerin başında bugün kullandığımız iki tekeri tahrikli, küçük kepçe kapasiteli rijit şasili yükleyiciler yapılmaya başlandı. Daha sonraları dört tekerli, tahrikli yükleyicilerin yapımı, endüstride bu makinalara ve daha büyüklerine olan istemi arttırdı. Yükleyicileri, yığın malzemelerin yüklenmesinden kazı yapan makinalar durumuna geçiren en büyük buluş, belden kırmalı (eklemli şasili) yükleyici dizaynı olmuştur. Bu buluştan sonra yüksek manevra yetenekli, büyük kapasiteli, kazı gücü yüksek yükleyicilerin inşaatçılık ve madencilikteki kazı işlerinde (özellikle 4 yd^3'ün üzerinde) hızla yerini aldığını görüyoruz (Özdemir, 2009).

Lastik tekerlekli yükleyici depo edilmiş, kazılıp yana konmuş veya kamyonla getirilip boşaltılmış malzemenin serilmesi veya bir yere doldurulması amacıyla da kullanılır. Ayrıca kum ve taş ocakları ve beton santralleri gibi üretim merkezlerinde nakliye için çok kısa olan mesafelerde malzemelerin aktarılması, santral ve siloların arkasında besleyici makine olarak kullanılırlar.

Lastik tekerlekli yükleyici, yürüyüş ve manevra hareketini aktarma organları vasıtasıyla direkt motordan alır, kazı ve yükleme işlemlerini de hidrolik pompa aracı ile yapar. Hidrolik pompa ise motordan aldığı güçle çalışır.

b-) Ekskavatör

Delme-patlatma işlemi sonucu gevşetilerek hazırlanan malzemenin aynadan kazılarak kepçeye doldurulması ve bu malzemenin nakliyat işleminde kullanılacak araçlara boşaltılması işlemini gerçekleştiren bir ekipmandır (Tokgöz, 1996).

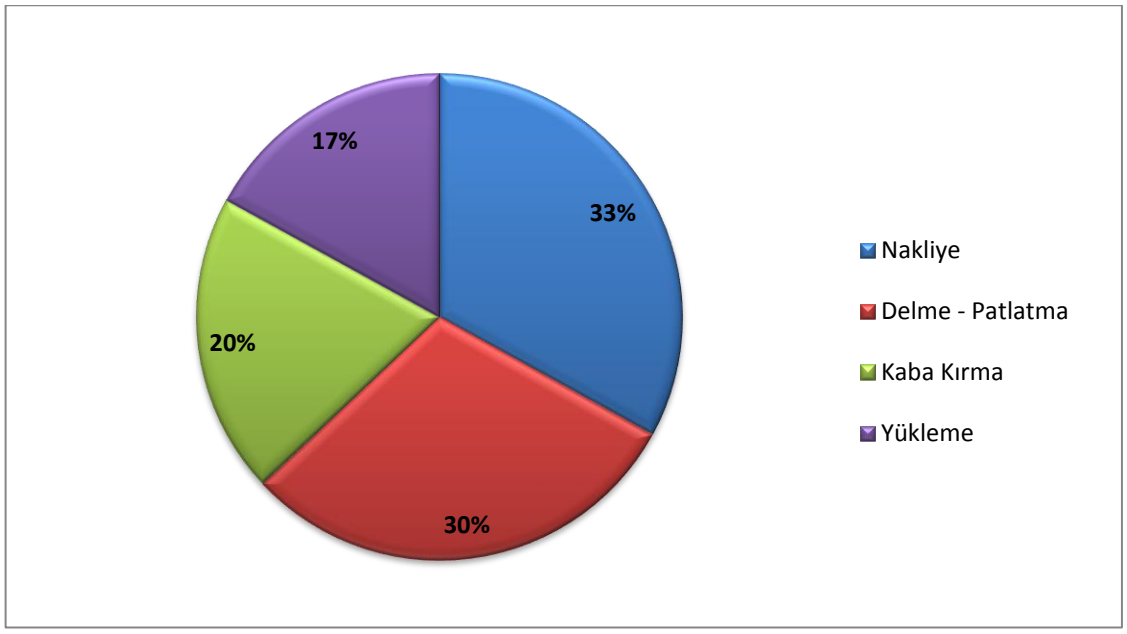
Ekskavatörler kazı işlerinde en yaygın kullanılan iş makineleridir. Genel olarak yapı temelleri, hendek kazıları, hareket sahası kısıtlı yerlerde doğrudan kazıp yükleme gereken kazılarda, drenaj ve sulama kanalları kazılarında, hassas kazı ve kırma işlerinde ve tünellerde kullanılmaktadırlar. Hareket yeteneğinin çok yüksek olması nedeniyle kazı ve yüklemeyi aynı anda yapabilmektedir. Yapılacak kazının amacına göre ekskavatörün büyüklüğü değişmekte olup, motor gücü, kova hacmi ve kazabileceği kazı derinliği ile orantılı olarak artmaktadır.

Çalışma sistemlerine göre temelde mekanik ve hidrolik olarak iki gruba ayrılırlar. İşin amacına göre lastik tekerlekli veya paletli; işin cinsine göre de özel ataşmanlı olabilir. Kova yerine kırma, yıkım ve endüstriyel amaçlar için özel takımlara sahip olabilir.

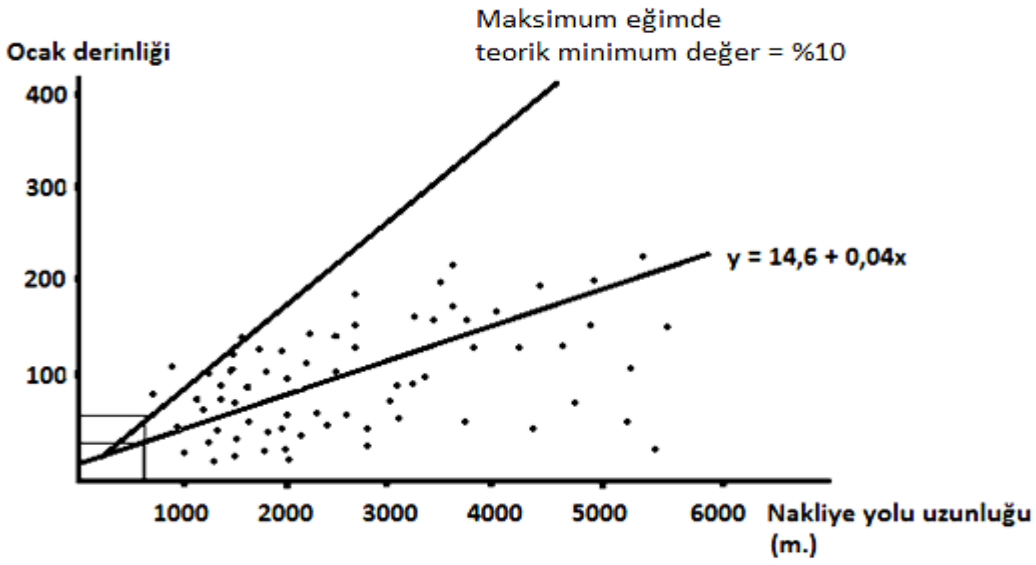
Motor gücü bir aktarma organı vasıtasıyla hidrolik pompaya iletilmekte; hidrolik pompa, tanktan aldığı hidrolik yağı çok yüksek basınçla pompalamaktadır. Kumanda valfleri yağı yönlendirerek komutlara göre kova, bom ve yürüyüş hareketine dönüştürmektedir. Hareketin kaynağı ise yüksek basınçlı yağdır.

2.3.2. Taşıma

Açık işletmelerde söz konusu olan ana operasyonların en önemlilerinde biri de, gevşetilerek yerinden sökülmüş malzemenin yüklenme noktasından atık sahasına, hazırlama tesisine gönderilmesi veya diğer bir deyişle nakliyesidir. Şekil 2.5'de görüldüğü gibi nakliye sert kayaç madenciliğinin yapıldığı açık ocaklarda toplam maliyetin 1/3'ünü oluşturmaktadır ve gelecekte işletmecilerin daha derinlere kaymasıyla bu oranın artacağı düşünülmektedir. Bunun en önemli nedeni açık ocağın derinlere doğru inmesiyle nakliyat yolunun uzamasıdır (Şekil 2.6.).



Şekil 2.5. Sert kayaç madenciliği yapılan açık ocaklarda maliyet dağılımı (Köse, vd., 2009)



Şekil 2.6. Açık ocaklarda derinlik ile nakliye yolu uzunluğu arasındaki ilişki (Köse, vd., 2009)

2.3.2.1. Kamyon nakliyatı

Kamyon nakliyatı ekonomik olduğu tüm açık işletmelerde ve özellikle de derin işletmelerde yaygın olarak uygulanmakta olup aşağıdaki durumlarda vazgeçilmez konumdadır (Köse, vd., 2009).

- Malzemenin yerinden çok iri parçalar halinde koparılıp kazanılması gerekiyorsa (mermer ocakları gibi)
- Üretime geçiş süresinin kısa tutulması istendiğinde
- Kısa ömürlü (10 seneye kadar) küçük ve orta büyüklükte üretim kapasitesine (2milyon ton/yıl‘dan dan küçük) sahip ocaklarda
- Selektif üretim ve taşımanın söz konusu olduğu durumlarda
- Demiryolu veya bant tesisinin uygun olmadığı veya olanaksız olduğu yataklanmanın kesikli yapı gösterdiği durumlarda veya dağlık arazide
- Uygun eğimi sağlamak için demiryolunun çok uzun olması gereken ve bant taşımacılığının uygun veya ekonomik olmadığı derin ocaklarda
- Demiryolu veya bant tesisinin sık sık yer değiştirmesiyle zaman kaybının çok olacağı kısa arınlı dik veya yatay uzanımlı kütlelerin hızlı şekilde üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.4. Kırma – Eleme ile İlgili Literatür Bilgisi

Kırma-eleme tesisleri maden sektöründe üretilen cevherlerin işlenmesi ve inşaat sektöründe kırma taş üretimi (asfalt, beton, yol malzemesi vs.) için kullanılan tesislerdir. Malzeme üretiminde kalite ve maliyet dengesinin sağlanabilmesi için gerekli bilgi ve tecrübenin oluşumu kolay değildir. Zira çok farklı meslek disiplinlerinin (maden, inşaat, jeoloji, makine, elektrik ve elektronik, işletme, iktisat vb.) bir ekip halinde ve koordineli bir şekilde çalışmaları gerekmektedir. Böyle bir geniş yelpazeli bilgi birikiminin oluşması da doğal olarak zordur. Ancak en uygun kırma-eleme teknolojisini yakalayabilmek için çok nadir de olsa özverili çalışan işletmeler görmek mümkündür (Halili, 2003).

2.4.1. Kırma-eleme teknolojisi

Kırma, boyut küçültme işleminin ilk aşaması olup malzemenin/cevherin içerdiği farklı minerallerin birini diğerinden serbest hale getirmek, prosese uygun boyut ya da yüzey alanı veya kullanım amacına uygun boyut sağlamak amacı ile yapılmaktadır. Kırmada uygulanan kuvvetler; darbe, sıkıştırma-ezme, kesme ve sürtünme kuvvetleridir.

Kırma işlemi için kullanılan makinalar kırıcı olarak adlandırılır. Kırıcılar tanelere baskı, darbe ve kesme kuvveti uygulayarak onları daha küçük tane boyutlarına indiren mekanik araçlardır. Kırma makinaları özellikle ürün özellikleri, makina maliyetleri ve enerji kullanımı gibi dizayn özellikleri açısından bir gelişim içindedir.

Kırma 5-2000 mm arasındaki tane boyutlarına uygulanmaktadır. 10-200 cm arasında yapılan kırmaya iri kırma; 5-100 mm arasında yapılan kırmaya ise ince kırma denilmektedir (Arman, 2014).

Taşocaklarından çıkarılan malzeme genellikle primer, sekonder ve tersiyer olarak adlandırılan üç farklı kırma işlemine tabi tutulur. Bu kırma sistemleri sonucunda malzeme nihai eleklerden geçirilerek istenilen boyutlarda sınıflandırma işlemi yapılır (Halili, 2003).

2.4.1.1. Kırıcılar

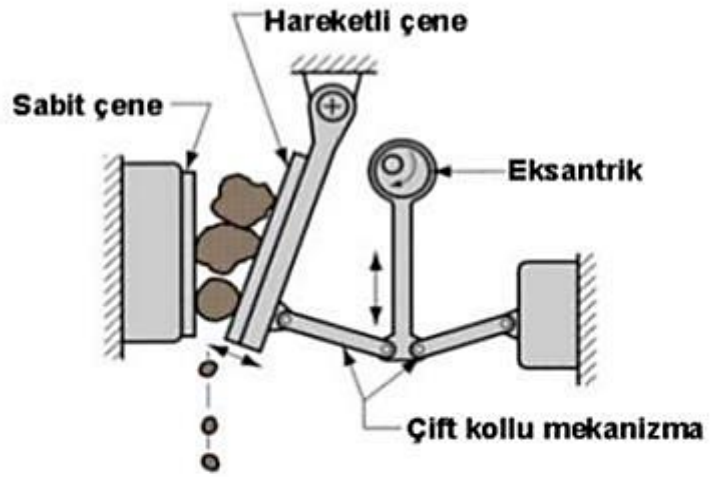
a-) Primer kırıcılar

Primer kırıcılar; primer çeneli kırıcılar ve primer rotorlu kırcılar olarak iki çeşittir.

Primer çeneli kırıcılar; Sertliği ve aşındırıcılığı ne olursa olsun, her çeşit malzemeyi kırmak üzere dizayn edilmiş, primer ve/veya sekonder kırıcılardır. Malzemeyi sabit ve hareketli çene arasında hareketli çenenin eliptik hareketi vasıtasıyla sıkıştırıp patlatarak kıran kırıcılardır. Malzeme/cevher besleyici ile üstten beslenir. Eksantirik döner tahrik şaftı malzemeyi sabit bir çene ile ezmek için hareketli çeneyi çalkalar.

Agrega ve mineral işleme endüstrisinde geniş kullanım alanları vardır. Hidrolik sistem yardımıyla yapılan ayarları, yüksek performansları ve verimlilikleri ile primer kırıcıların en çok tercih edilenidir. Ülkemizde primer kırıcı olarak genellikle primer çeneli kırıcı (Şekil 2.7.) sistemi kullanılmaktadır (Arman, 2014).

Primer darbeli kırıcılar; orta sertlikte az aşındırıcı malzemelerin yüksek boyut küçültme oranlarında kırılmasını kontrollü olarak primer kademede sağlayan kırıcılardır. Ağırlık olarak 3000 kg'a kadar 1300 mm ebadında malzemeyi bu kırıcılarda 100 mm ebadına indirmek mümkündür. Burada kırıcıya giren kaya, rotor paletlerinin çarpması ile önce taşın taşa çarpması ile daha sonra üst kanattaki çarpma plakalarına ve alt kanattaki çarpma plakalarına çarpması ile kırılır (Nace Makinaları, 1999).



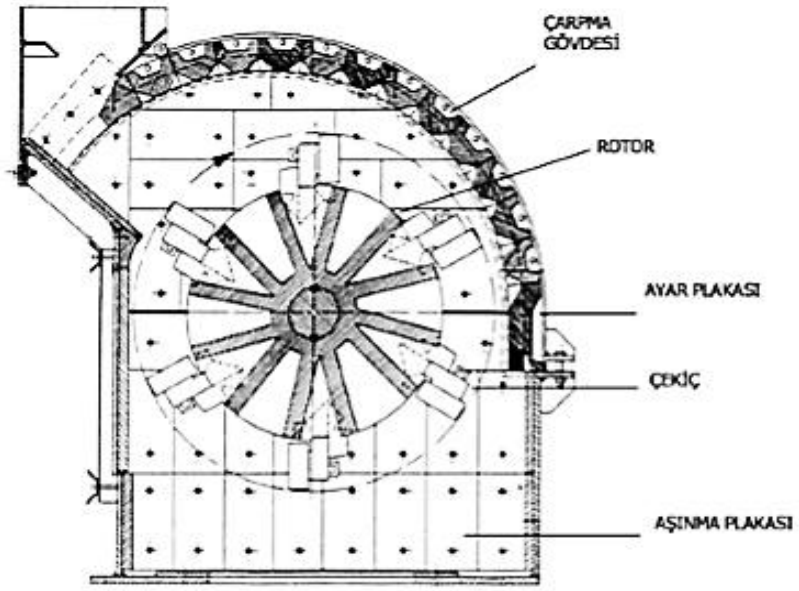
Şekil 2.7. Çeneli kırıcı kesit görünümü (MEB, 2012)

b-) Sekonder kırıcılar

Sekonder kırcılar; sekonder çeneli kırıcı ve sekonder darbeli kırıcı olarak üretilmektedir.

Sekonder çeneli kırıcılar yapraksı malzeme kırdığından dolayı sekonder kırıcı olarak pek tercih edilmemektedir. Bu kırıcılar primer çeneli kırıcıların aynısıdır. Fakat primer çeneli kırıcılara oranla daha yüksek bir devirde çalışırlar. Devir sayısı % 25 oranında daha fazladır.

Sekonder darbeli kırıcılar çarptırma özellikleri olduklarından dolayı kübik malzeme üretirler. Bu kırıcılar gövde ve rotordan oluşurlar. Rotor üzerine kama ve cıvatalarla bıçaklar monte edilir. Ön yüzünde kaburgalar vardır. Rotor bıçakları malzemeyi kaburgalara çarptırarak kırarlar ve Genellikle 400-600 devir/dakika ile çalışırlar (Halili, 2003).



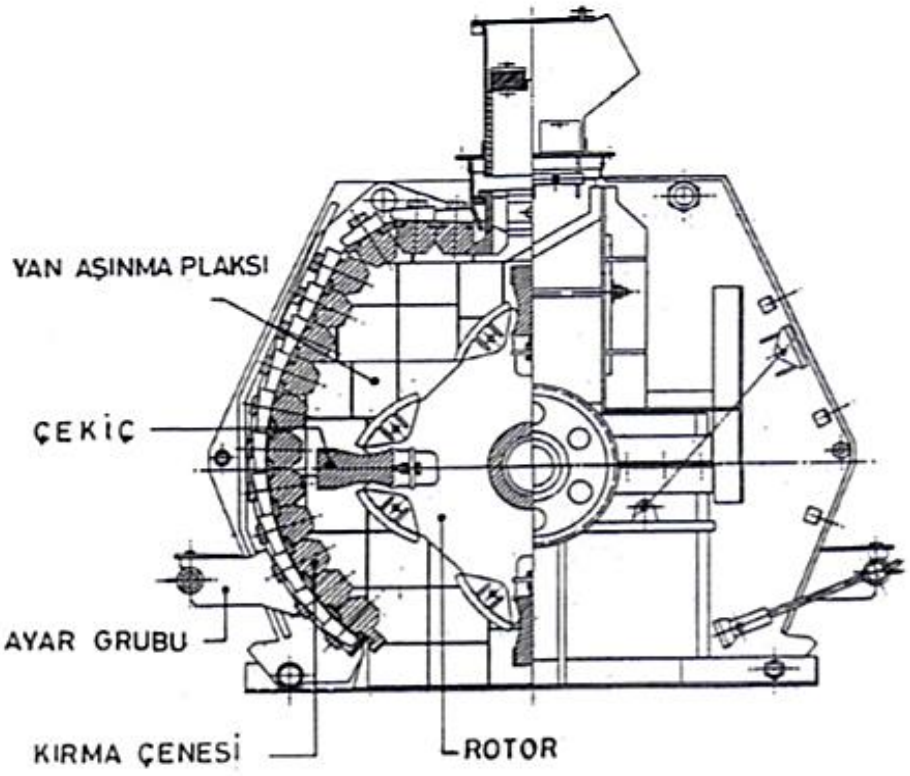
Şekil 2.8. Sekonder darbeli kırıcı iç yapısı (MEB, 2012)

c-) Tersiyer kırıcılar

Tersiyer kırıcılar; merdaneli, çekiçli (değirmen), darbeli, konik ve düşey milli kırıcılar şeklinde dizayn edilirler.

Merdaneli kırıcılar tamamen sıkıştırarak kırma yaparlar. Birbirine ters istikamette dönen iki tamburdan oluşurlar. Arasına aldığı malzemeyi iki tambur arasında sıkıştırarak kırma yaptığı için üretimleri yapraksıdır ve darbeli kırıcılara kıyasla daha az toz üretirler.

Çekiçli kırıcılar gövde ve rotordan oluşurlar. Rotora bağlanan çok sayıdaki çekiç yüksek devir (600-1500 devir/dakika) sayesinde çarpma işlemini yaparlar. Dolayısıyla üretimler kübik ve kalitelidir. Ayrıca kireçtaşı gibi yumuşak malzemelerde tersiyer darbeli kırıcılar (Kum Kırıcı); çift yönlü darbeli kırıcılar sınıfından olup, her türlü taş malzemesi ve doğal minerallerin kırma işlerinde kullanılırlar. Rotor çelik döküm ve yüksek mukavemetli saç konstrüksiyon olarak imal edilmiş olup gerekli ısıl işlemler yapılmıştır. Gövde çift açılır kapaklı olup, kapak açma işlemi kriko ile rahatlıkla yapılabilmektedir. Kırma çeneleri, istenen malzeme iriliğine göre kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Tersiyer darbeli kırıcılar yüksek performansı, kolay tamir bakım özellikleri yanında düşük maliyet avantajı sağlamaktadır (Halili, 2003).



Şekil 2.9. Tersiyer kırıcı kesit görünüşü (MEB, 2012)

2.4.1.2. Elekler

Kırma işleminden sonra en önemli parametre elek sistemidir. Primer kırıcıdan çıkan malzeme ön elek dediğimiz ağır hizmet eleğinden (ızgaralı ön elek) geçirilir. Böylece primer kırıcıdan çıkan malzemenin istenilen ebadının (30-40 mm'den ufak olan parçalarının) sekonder kırıcıya girmeden ayırıcı eleğe (nihai elek) gitmesi sağlanır veya nihai ürünün temiz ve kaliteli olması için bu malzeme yol malzemesi veya ikinci kalite ürün olarak sistem dışına çıkartılır. Bu sistem taş tozu oranının (0-5 mm) düşmesine ve agrega (kırmataş) üretiminin artmasına yardımcı olur. Sekonder ve tersiyer kırıcılardan çıkan malzemenin ayırma işlemi nihai eleklerle yapılır. Bu elekler 3 veya 4 katlı olup meyilli ve yatay elek şeklindedir. Devirleri dakikada 500 ile 1500 olan bu eleklerin titreşim sistemleri ileri-geri ve yukarı-aşağıdır (Halili, 2003).

2.4.1.3. Konveyör bantlar

Kırma eleme tesisleri içerisinde malzemenin taşınma işlemi (primer kırıcıdan ön elek veya sekonder kırıcıya, buradan titreşimli elek ya da tersiyer kırıcıya ve son olarak istenilen nihai ürünlerin yığıldığı stok alanına) farklı uzunluklarda ve genişliklerde (600 mm, 800 mm ya da 1000 mm) konveyör bantlar ile yapılmaktadır.

Konveyör bantlar şase üzerine yerleştirilmiş alt ve üst taşıyıcı makaralarla çalışırlar. Kafa ve kuyruk bölümlerinde bulunan tamburlar hareket mekanizmasını sağlarlar. Konveyör bantların sağa ve sola kaymaması için yan bölmelerde istikamet makaraları vardır (Halili, 2003).

2.5. Kırmataş İşletmelerinde Maliyet Analizleri

Bu bölümde daha önceki bölümlerde bahsedilen delme-patlatma, yükleme-taşıma ve kırma-eleme işlemlerinin toplam kırmataş üretim birim maliyeti üzerindeki etkilerine dair yapılan araştırmalara yer verilmiştir.

2.5.1. Delme-patlatmanın işletme ekonomisine etkileri

Bilindiği gibi delme-patlatma kolay kazılabilir olmayan kaya kütlelerini kontrollü bir şekilde tahrip ederek ana kaya kütlesinden ayırma işlemidir. Bu işlem

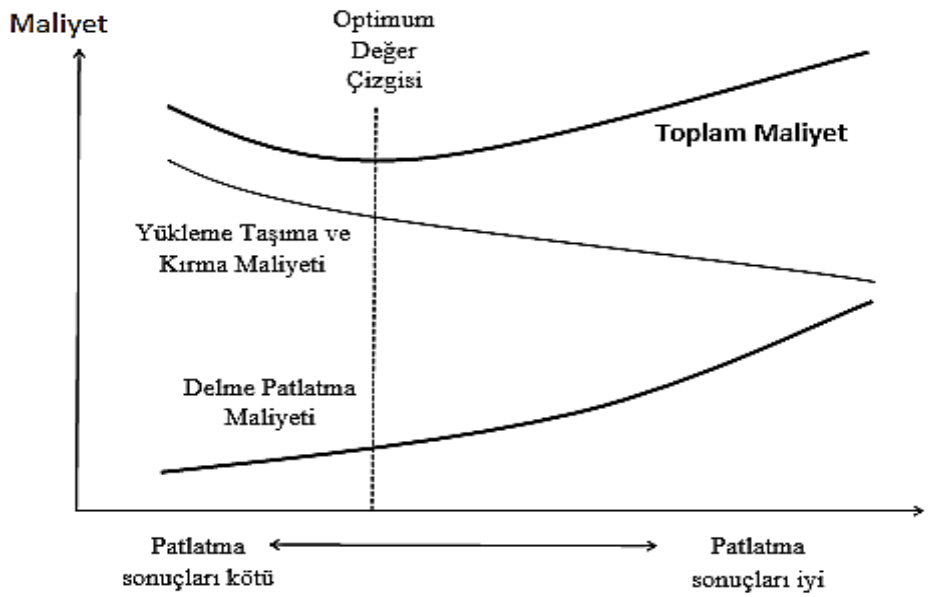
sırasında belirlenmiş büyük kapasiteler için iyi patlatılmış kaya kütleleri elde edilirken arka şevde kalan kayaya en az zarar verilmelidir. Bu iki zıt isteğin şartlarını yerine getirmesi gereken delme-patlatma yöntemi üretim kapasitesinden son ürünün maliyetine, patlatma sonrası işlemlerin randımanından emniyetli bir çalışma ortamına kadar her şeyi doğrudan etkileyen üretimin ilk ve en önemli aşamasıdır.

Örneğin kötü bir patlatma sonucunda yükleyici makineler zor koşullarda çalışır, ikinci delme patlatma ihtiyacı doğar ve kaba oranı artar. Yükleyici makineler zor koşullarda çalışınca kapasiteleri düşer ve arıza oranları yükselir. İkinci patlatma nedeniyle, fazladan maliyetin yanı sıra vardiyadaki iş kayıpları artar. Makinelerin yürüyüş sistemleri zarar görür. Patar oranının yüksek olması yükleme-taşıma emniyetinin azalmasına, kırıcıların kapasitelerinin düşmesine ve ton başına kırma maliyetinin artmasına neden olur (Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1986).

Kırmataş ocaklarında üretilen her ton üretim başına düşen birim maliyeti etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin birim maliyet üzerindeki etkilerinin iyi bir şekilde tanımlanması artan rekabet çerçevesinde işletme gelirleri açısından çok büyük önem arz etmektedir. Kırmataş ocaklarında birim maliyete büyük oranda etki eden parametrelerden bir tanesi de delme-patlatma maliyetidir (Tosun, 1996; Yılmaz ve Arıoğlu, 2006; Aksoy ve Yalçın, 1999).

Genel olarak üretim maliyetinde delme-patlatma maliyeti % 5-40 arasında değişmektedir. Bu değerler delme-patlatma konusunda bilim ve tekniğe uygun çalışmayla daha alt seviyelere çekilebilir. Bazı işletmelerde yapılan deneysel çalışmalar bu rakamların % 10-20 sınırına çekilebileceğini göstermektedir (Bağdatlı, 2013).

Tek başına delme-patlatma maliyeti daha az patlayıcı kullanılarak düşürülebilir. Fakat yükleme-taşıma ve kırma maliyetleri yükseleceğinden işletme ekonomisine olumsuz yansır. Buna karşın Şekil 2.10'da görüldüğü gibi genelde tercih edilen seçenek delme-patlatma maliyetini yüksek tutarak toplam kırma maliyetini düşürmektir. Fakat bunu yaparken de dikkat edilmesi gereken önemli nokta toplam kırma maliyetinin en düşük olduğu seçeneğin tercih edilmesidir.



Şekil 2.10. Toplam maliyet ve optimum nokta (Kahriman, 2003)

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi toplam maliyetin en düşük olduğu optimum değerdeki delme-patlatma harcama değerlerinin arttırılması da azaltılması da sonuçta toplam maliyetin yükselmesine neden olacaktır. Sonuç olarak diyebiliriz ki patlatma performansının patlatma sonrası işlemlerin maliyetlerini, kapasitelerini, randımanlarını ve emniyetini belirleyen en önemli unsur olduğunun bilinerek delme patlatmaya bu açıdan bakılması işletme ekonomilerinin daha sağlıklı değerlendirilmesini sağlayacaktır (Kahriman, 2003).

2.5.2. Delme-patlatmanın patlatma sonrası operasyonların maliyetlerine etkisi

Patlatma sonuçlarının kendinden sonra gelen prosesler üzerinde etkin olduğunu birçok araştırmacı açıkça ortaya koymuştur. Bugün özellikle parçalanma konusunda çalışmalarını yoğunlaştıran Avustralya'daki Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (JKMRC) kurumu 'Madenden Değirmene' patlatma kavramını ortaya atmıştır (Eloranta, 1995; Kanchibotla vd., 1999; Kanchibolta, 2000). Madenden değirmene patlatma kavramı 'patlatmanın kendinden sonra gelen prosesler üzerinde etkili olduğunun farkında olmak ve tekil operasyonlar yerine tüm madenin karlılığını artırmak için patlatma tasarımını iyileştirmek' anlamına gelmektedir. Parçalanma verimliliğini artırmanın sağlayacağı avantajlar çok çeşitli olup belli başlıları şu şekilde sıralanabilir:

- Yığını kolay kazılabilir hale getirerek kepçe yükleme verimini artırmak, kamyon ve kepçe dolma faktörlerini yükseltmek.
- Üniform uygun boyutta malzeme besleyerek kırıcılardan saatlik geçen malzeme miktarını artırmak.
- Kırma ve öğütme dahil olmak üzere patlatmayı izleyen proseslerde enerji tasarrufu sağlamak.
- Değirmenden geçen malzeme miktarını artırmak ve ton başına işlenmiş cevher için enerji tüketimini düşürmek.
- Patlatma kaynaklı hasarı sınırlandırmak ve cevherle yantaşın karışmasını engellemek.
- Kırma, öğütme, yükleme ve nakliyatta aşınma problemini engellemek.
- Daha küçük ekipmanlar kullanma imkânını elde etmek.
- Daha küçük yükleyici, kamyon, kırıcı kullanarak ilk yatırım maliyetini düşürmek (Ouchterlony, 2003).

Parçalanma verimliliğindeki artışın kendinden sonra gelen prosesler üzerindeki etkisini belirtmek için ABD Minnesota eyaletindeki Mesabi Havzası'ndan örnek verilebilir. Bir çok yayında belirtilen bu örnek proje Mesabi Havzası'ndaki takonit (hematit ve manyetit) demir cevheri madeninde gerçekleştirilmiştir (Eloranta, 1995; Hustrulid, 1999; Eloranta, vd., 2007).

Demir madeninde yapılan çalışmada özellikle üç nokta üzerinde durulmuştur: Patlatmada ortaya konan toplam enerji, enerji dağılımı ve enerji kullanımı. Burada deliklerin çevresinde parçalanmanın iyi olduğu, deliklerden yani enerji kaynağından uzaklaştıkça parçalanmanın kötüleştiği görülmüştür. Enerji dağılımının basamakların üst kotlarında yani sıkılama çevresinde kötüleştiği tespit edilmiştir. Parçalanmayı iyileştirmek için üretim deliklerinin arasına sıkılma mesafesi uzunluğunda uygun delikler delinerek patlayıcıyla doldurulmuştur. Enerji kullanımını en üst seviyeye çıkarmak için de uygun sıkılama malzemesi kullanılmış ve uygun delikler arası gecikme uygulanmıştır.

Araştırmacılar parçalanmanın geliştirilmesi için delme ve patlatmanın bir sistem olarak ele alınması gerektiğini belirtmektedirler. Bütün patlatma parametreleri bir arada dengelenmedikçe, parametrelere teker teker müdahale etmenin parçalanmayı iyileştiremeyeceğini savunmaktadırlar. Demir madeninde 1986-1994 yılları arasında gerçekleştirilen iyileştirme tüm proseslerde şu gelişmeleri sağlamıştır (Eloranta, 2007):

Delme-patlatma : Ton başına % 28 maliyet düşüşü.

Cevher yükleme : Aynı ekipmanla yükleme verimliliğinde % 29 artış, ton başına maliyette % 33 düşüş.

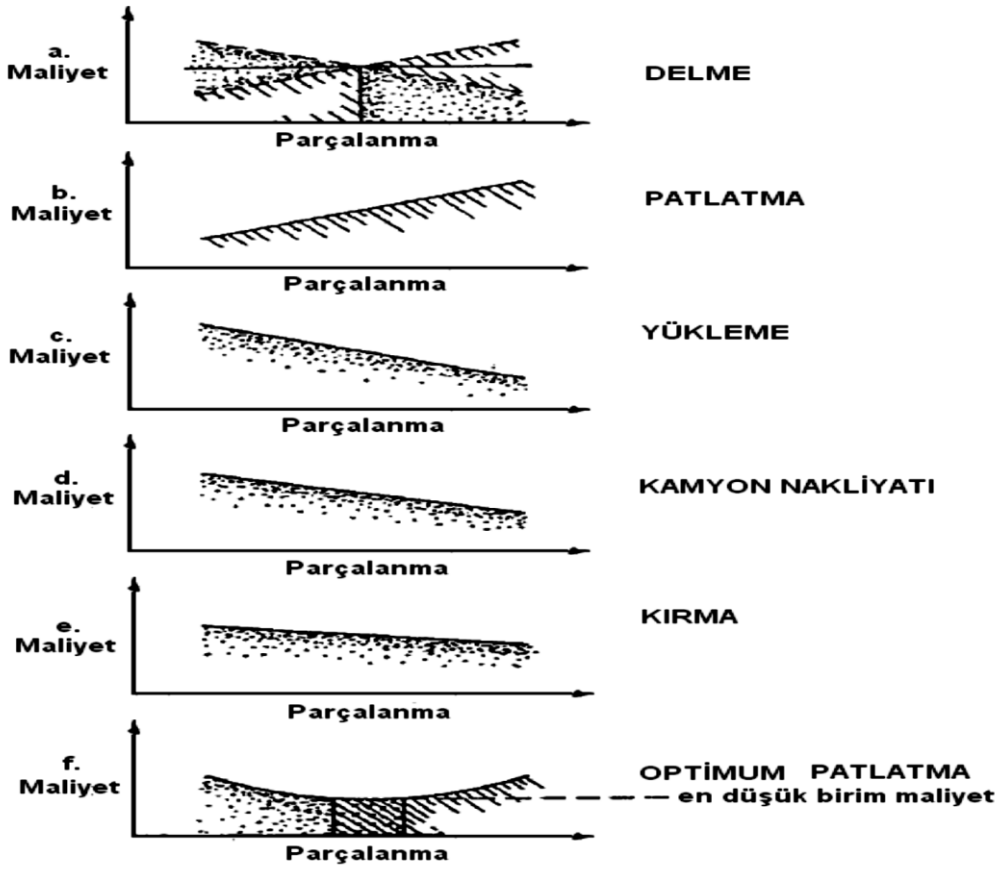
Cevher nakliyatı : Ton başına maliyette % 48 azalma.

Birincil kırma : Kırıcı verimliliğinde % 34 artış (kırılan malzeme/saat).

İkincil kırma : Kırıcı verimliliğinde % 22 artış (kırılan malzeme/saat), ton başına elektrik maliyetinde % 41 düşüş.

İnce öğütme : Genel öğütme maliyetinde % 42 düşüş.

Parçalanmanın patlatma operasyonlarının maliyetine etkisi Şekil 2.11'deki temel grafikte görülmektedir. Patlatma operasyonunda patlatma tasarım parametrelerinin tamamen doğru uygulandığı varsayılırsa, parçalanmayı iyileştirme yönünde hareket edildiği zaman birim patlatma maliyeti artacaktır. Bununla beraber yükleme, nakliyat ve kırma operasyonlarında maliyet düşüşü sağlanmaktadır. Burada madendeki tüm operasyonlar göz önüne alınarak maliyetin minimum olduğu bir parçalanma noktası vardır. Bu nokta tespit edilmelidir (Hüdaverdi, 2010).



Şekil 2.11. Patlatma kaynaklı parçalanmanın operasyonlar üzerindeki etkisi (Mckenzie, 1967)

2.5.3. Patlatma tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkilerine dair yapılan çalışmalar

a-) Delik çapı

Akkoyun'un (2004) delik çaplarıyla ilgili yapmış olduğu çalışmada elde edilen veriler Çizelge 2.1'de, verilerden çıkarılan sonuçlar ise Çizelge 2.2'de sunulmaktadır.

Çizelge 2.1. Patlatmalardan elde edilen verilerin özeti

Veriler	**Delik çapı (mm)**	
	89	**102**
Toplam patlatma sayısı	13	12
Toplam üretim (ton)	128.050	175.300
Toplam delik Sayısı (adet)	603	558
Toplam ANFO (kg)	26.400	31.587
Toplam dinamit (kg)	605	575
Toplam E. kapsül (adet)	603	558

Çizelge 2.2. Bir ton kireçtaşı üretmek için yapılan birim üretim değerleri

1 Ton kireçtaşı üretmek için	**Delik çapı (mm)**		**Değişim**
	89	**102**	**(%)**
Delik sayısı (adet/ton)	0,0047	0,0032	**32,4**
ANFO (kg/ton)	0,2062	0,1802	**12,6**
Dinamit (adet/ton)	0,0047	0,0033	**30,6**
E. kapsül (adet/ton)	0,0047	0,0032	**32,4**
ANFO ($/ton)	0,1275	0,1114	**12,6**
Dinamit ($/ton)	0,0055	0,0039	**30,6**
E. kapsül ($/ton)	0,0049	0,0033	**32,4**
Toplam patlayıcı maliyeti ($/ton)	0,1380	0,1186	**14,03**

Yukarıdaki bilgiler neticesinde 89 mm delik çapı ile 1 ton kireçtaşı üretmek için ortalama 0,206 kg ANFO ve 0,005 kg dinamit kullanılırken, önerilen 102 mm delik çapı ile 1 ton kireçtaşı üretmek için ortalama 0,180 kg ANFO ve 0,003 kg dinamit kullanılmıştır. Bu doğrultuda ANFO giderlerinde % 12 Dinamit giderlerinde ise

% 30‘luk bir azalma gözlemlenmiştir. Delik çapının büyümesi ile doğru orantılı olarak delik sayısında % 32‘lik bir azalma meydana gelmiştir. Bu da patlayıcı madde avantajının yanı sıra delik delme maliyetinde de önemli azalmalara neden olmuştur (Akkoyun, 2004).

b-) Delik boyu

Bir açık işletmede, özellikle günlük üretimin yüksek olduğu bir taşocağı üretim planı hazırlandığında, üzerinde durulması gereken en önemli parametrelerden birisi basamak yüksekliğidir. Basamak yüksekliği ya da buna bağlı olarak delik boyu, yapılacak üretimin esnekliğinden ocakta çalışacak iş makinelerinin büyüklüklerine kadar bir çok üretim parametresini doğrudan etkilemektedir.

Basamak yüksekliği kısa seçildiğinde delinmesi gereken delik sayısı artacak ve delici makinenin manevralar yaparak çok sayıda delik delmesi gerekecektir. Büyük delik boyu durumunda ise delinmesi gereken delik sayısı azalacak buna karşın bir delik delme sırasında uygulanan tij-takma ve tij-çekme çıkarma işlem zamanları ile manşon gibi delme aparatlarının tüketiminde artış gözlenecektir. Ayrıca uzun delik boyu delik sapması ihtimalini artıracaktır (Akkoyun, 2005).

Normal patlatmalarda kural olarak basamak ayna yüksekliğinin delik ayna uzaklığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru seçim olacaktır. Yükleyici makinelerin de güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından karşılarında uygun bir ayna yüksekliği olması gerekmektedir. Tarif olarak bu mesafe kepçe erişebilme yüksekliğidir. Genel olarak basamak yüksekliğinin 3 ile 18 metre arasında değiştiği söylenebilir (Bilgin, 2003).

Delik boyunun uzun seçilmesi durumunda aşağıdaki sonuçlar beklenebilir;

- Basamağın yükselmesi yemleyici ve kapsül tüketimini azaltır.
- Basamak yüksekliğinin artması optimum delik çapını da büyültür, bu ise genelde toplam delik maliyetini azaltır
- Yüksek basamaklar büyük kazıcı-yükleyici makinelerin kullanılmasına olanak verir.
- Şev duyarlılığını zorlaştırır, kayma ve taş düşmesi sorunları ortaya çıkar.
- Delik boyunun büyük olması sulu deliklerde delik göçmesi ve tıkanması sorunlarına neden olur

- Delik sapması ihtimali artar. Bu sapma da delme ve patlatma verimliliğini olumsuz etkiler.

c-) Delik düzeni

Birçok işletmeci işaretlemesi ve delmesi kolay olduğundan kare veya dikdörtgen delik düzenlerini kullanmaktadır (Bilgin, 1986). Ancak yapılan araştırmalarda şeşbeş delik düzeninin daha etkili olduğu görülmektedir.

Ayhan ve Akkoyun'un (2000) kare ve şeşbeş delik düzenleri üzerine yaptıkları çalışmalarda, şeşbeş düzende, aynı çalışma koşullarında bir delikten elde edilen üretimin % 30 oranında arttığı ve bununla birlikte patlayıcı madde giderlerinin de % 23,23 oranında azaldığı belirtilmektedir.

d-) Kullanılan patlayıcı maddenin cinsi

Kaya patlatmalarında ilk amaç iş güvenliğini tehlikeye atmadan minimum toplam maliyetin elde edilmesidir. Ülkemizde birçok işletme, minimum toplam maliyeti sadece patlayıcı madde maliyeti ile değerlendirme yanlışlığına düşmektedir. Eğitim eksikliği, patlayıcıyı sadece patlayıp patlamadığına bakarak değerlendirmek ve ucuzluk endişesi ile kalitesiz patlayıcı kullanımı ile verimsiz ve tehlikeli patlatmalar yapılmaktadır. Meydana gelen verimsiz patlatmalar sonucu birim metreküp başına daha çok patlayıcı tüketimi ve işçilik maliyeti, iri blok ve tırnak ile ikincil patar atımları, yükleyici ve taşıyıcılarda büyük yıpranmalar ve kırıcıların daha çok çalışması gibi ardışık maliyetler göz ardı edilmektedir (Tek, 1999).

Tek'in (1999) patlayıcı madde seçimi konusunda yaptığı çalışmalar neticesinde birim metreküp kaya başına düşen maliyete bakıldığında hazır ANFO kullanımı ile patern % 30 genişletilmiştir. Bu da toplam maliyette % 17'lik bir düşüş sağlamıştır.

2.5.4. İş makineleri için maliyet analizi yaklaşımları

2.5.4.1. Amortisman ve ekonomik ömür

Herhangi bir sermaye malının ilk değerinde, fiziksel yıpranma ve teknolojik eskime nedeniyle zamanla bir azalma oluşur. Bir malın değerindeki dereceli kayıp

miktarına amortisman denir. Amortisman, bir yatırım malının ekonomik ömür sonunda yenisi ile değiştirilebilmesi için ekonomik ömür boyunca her yıl eskime karşılığında ayrılarak biriktirilen tasarruf miktarı olarak da tanımlanmaktadır. Hesaplamalarda amortisman bir harcama olarak değerlendirilir ve bu değer malın yararlı ömrü boyunca vergi öncesi işletme gelirinden düşülür.

Amortisman hesaplamalarında kullanılacak en önemli verilerden birisi amortisman hesabı yapılacak yatırım mallarının ekonomik ömürleridir. Ekonomik ömür, bir sabit varlığın kendisine atfedilen işlevi veya hizmeti istenilen düzeyde yapabildiği zaman dilimine verilen addır (Barç, 2007).

2.5.4.2. İş makinelerinin ekonomik ömürleri

Construction Equipment (İnşaat Ekipmanları) kurumunun 2004 Lifecycle (yasam döngüsü) araştırmalarına göre, iş makinelerinin ekonomik ömürlerinin hesabı yapılırken belli bir strateji gerekmektedir. İş makinelerinin yenilenme analizlerinde motor, şanzıman ve hidrolik pompa gibi büyük makine parçalarının ekonomik ömürlerinin hesabı büyük önem taşır. İşletmeciler, büyük makine parçalarının onarım ve işletme maliyeti hesaplarını yaptıktan sonra makineyi yenileme ya da elden çıkarma kararı verirler. Construction Equipment kurumunun 28 iş makinesini sınıflandırarak yaptığı ulusal çalışmada, büyük makine parçalarının ortalama ömürleri hesaplanmıştır.

2.5.4.3. Ekskavatör-kamyon yöntemi ile maliyet analizi

Açık işletmelerde yaygın olarak ekskavatör-kamyon yöntemi kullanılmaktadır. Birlikte çalışabilecek en uygun ekskavatör-kamyon kombinasyonunun belirlenmesi için ekonomik ve teknik analizler yapılmaktadır. Çebi ve Aksoy'un (2000) yaptığı çalışmada farklı firmalara ait ve değişik kapasitelere sahip 16 ekskavatör ve 12 kamyon kombinasyonları için maliyet analizleri yapılmış ve birim maliyet açısından bir kamyonu doldurmak için en uygun döngü sayısının ne olması gerektiği araştırılmıştır.

Hesaplamalarda üretim kapasitesi 10.000.000 m^3/yıl (yerinde) olarak seçilmiştir. Malzemenin yerinde yoğunluğu 2,5 t/m^3 ve kabarma faktörü ise 1,3 olarak kabul edilmiştir. Malzemenin iyi patlatılmış olduğu ve zeminde su sorunu olmadığı varsayılmış olup genel işyeri verimi 0,75 ve kepçe dolum faktörü ise 0,9 olarak

alınmıştır. Nakliye yolu 1.500 m gidiş ve 1.500 m geliş olmak üzere toplam 3.000 m olarak belirlenmiştir.

Tüm kombinasyonlar için oluşan birim maliyetler iki açıdan incelenmiştir:

- Seçilen kamyonun en düşük birim maliyetle çalışabileceği ekskavatörün bulunması,
- Seçilen ekskavatörün en düşük birim maliyetle çalışabileceği kamyonun bulunması.

Ekskavatör-kamyon kombinasyonlarında en uygun ikilinin seçilmesi ancak tüm alternatiflerin detaylı analizi ile mümkün olmaktadır. Bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının toplam maliyet üzerinde oldukça büyük etkisi bulunmaktadır. Kamyon saatlik kapasitesi, kamyon kapasitesinin küçük olduğu durumlarda genel maliyetlerde etkili olmakta, kamyon kapasitesinin büyümesi ile etkisini azaltmaktadır. Birim maliyetin, bir kamyonu doldurmak için gerekli döngü sayısının tam sayıya yaklaşmasıyla düşmesi, ekskavatör kepçe kapasitesi ile kamyon kapasitesinin birbirleri ile uyum içinde olması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Değerlendirmelere dâhil edilen kombinasyonlarda oluşan birim maliyetlerle kamyon saatlik kapasiteleri incelendiğinde, en düşük birim maliyetin maksimum kamyon saatlik kapasitesine sahip kombinasyonlarda oluşmadığı görülmüştür. Kamyon saatlik kapasitesi ile birim maliyet arasında düşük kamyon kapasitelerinde genel olarak bir bağlantı olduğu, kamyon kapasitesinin artmasına bağlı olarak bu bağlantının ortadan kalktığı görülmüştür.

16 ekskavatör ve 12 kamyonun oluşturduğu kombinasyonların tümü için yapılan birim maliyet analizleri sonucunda en düşük birim maliyetin, ekskavatörün kamyonu 3 döngü ile doldurduğu kombinasyonda oluştuğu görülmüştür. Açık işletmelerde yaygın olarak kullanılan ekskavatör-kamyon yönteminde, önceden iyi bir maliyet analizinin yapılması, ekskavatörün ve kamyonun ayrı firmalardan alınması alternatifini de getirecektir (Doğan, 1983).

2.5.5. Kırıcı seçiminin maliyete etkisi

Kırma maliyetini en aza indirebilmek için üretim ve işletme parametreleri göz önünde tutularak optimum kırıcının seçilmesi gerekmektedir. Kırıcı birim maliyeti konusunda Yılmaz'ın (2003) farklı kapasitelerde yapmış olduğu çalışmalar neticesinde

artan üretim kapasitesi ile birim maliyetler düşmekte olup 50 ton/saat için 2,463 $/ton olan işletme maliyeti, 130 ton/saat için % 60 azalarak 1,006 $/tona, 250 ton/saat için % 74 azalarak 0,628 $/tona ve 500 ton/saat için % 84 azalarak 0,388 $/tona düşmektedir.

Kırıcı seçimindeki bir önemli parametre de taşın özellikleridir. Bu sebeple imalatçı firmaların taşın teknolojik, kimyasal, petrografik, yapısal ve hidrojeolojik özelliklerine uygun aksesuar geliştirmeleri kırma eleme işleminin kalite ve verimini arttırmakla beraber üretim maliyetini de düşürmektedir (Halili, 2003).

3. ÇALIŞMANIN GERÇEKLEŞTİRİLDİĞİ KIRMATAŞ OCAĞI

3.1. Tarihçe

1973 yılında Mehmet ÖZTAŞ öncülüğünde hafriyat ve nakliyat sektöründe çalışmaya başlayan firma, 1994 tarihinde" Öztaşoğlu Hafriyat Nakliyat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti." adını alarak çalışmalarını 1994 yılından beri Konya-Ankara yolu 32. km'sinde devam ettirmektedir. 2004 yılında kırmataş üretimine başlayan firma bu alanda hızla büyüyerek, agrega sektöründe kısa zamanda önemli bir yere gelmiştir.

Kuruluşundan bu yana doğal (kalsit, kalker vb) kaynakların, konkasör sistemi ile kırılarak inşaat sektörünün ana malzemesi olan agregaların üretimini yaparak büyümüş ve bugünlere gelmiştir. Firma öncelikli olarak; kamu kurum ve kuruluşlarının, özel-tüzel kişi ve kuruluşların talepleri doğrultusunda çeşitli özellikteki agregaları kontrollü şartlar altında üretmektedir. Ürün kalite planlarında yer alan standart ürünlerin yanı sıra özel talepler doğrultusunda (yapılacak inceleme sonrasında) farklı özellikteki ürünleri üretebilecek teknik kapasiteye, donanıma ve bilgiye de sahiptir.

3.2. Çalışma Sahasının Yeri ve Kırmataşa Ait Temel Özellikler

Ocağın bulunduğu Selçuklu İlçesi Konya'nın kuzeyinde yer almakta olup yüzölçümü 2056 km^2 ve ilçe rakımı 1020 m'dir.

Taş ocağı sahası Selçuklu İlçesinin kuzeydoğusunda Konya–Ankara şehirlerarası karayolunun 32. km'sinde, Eğribayat Köyü civarındadır. Ocağın yer bulduru haritası Şekil 3.1'de ve ruhsat sahasının uydudan görünümü de Şekil 3.2'de gösterilmektedir.

Ayrıca kırmataşa ait temel özellikler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Kırmataşa ait temel özellikler

Temel Özellikler				
Tane büyüklüğü	0/4 mm	4/8 mm	8/16 mm	16/22,4 mm
Petrografik tanımlama	KALSİTİK MERMER			
Tane yoğunluğu	2,72 gr/cm^3	2,72 gr/cm^3	2,71 gr/cm^3	2,77 gr/cm^3
Temizlik				
Klorürler	% 0.0018	% 0.0024	% 0.0016	% 0.0022
Toplam kükürt	% 0,01422	% 0,006	% 0,01422	% 0,006
Hacim kararlılığı				
Kuruma büzülmesi	% 0,029	% 0,024	% 0,029	% 0,024
Su emme oranı	% 1,3	% 0.63	% 0.60	% 0.38
Yığın yoğunluğu	1,63 gr/cm^3	1,45 gr/cm^3	1,40 gr/cm^3	1,38 gr/cm^3



Şekil 3.1. Yer bulduru haritası



Şekil 3.2. Çalışma sahasının uydudan görünümü

3.3. Çalışma Yöntemi

Ocakta üst tabakada toprağın hemen hemen yok sayılacak derecede az olması, çalışma sistemini elverişli hale getirmekle birlikte kırma-eleme işlemlerinde açığa çıkan malzemelerin de temiz olmasını sağlamaktadır.

Kırmataş üretimi açık ocak yöntemiyle 2 basamak halinde yürütülmektedir. Üst basamak kendi içinde arazi yapısına bağlı olarak 3 farklı aynadan oluşmaktadır. Aynaların ortalama yükseklikleri sırasıyla 10, 15 ve 18 m'dir. Alt basamak ise tek bir aynadan oluşmakta olup, ortalama 15 m yüksekliğindedir. Çalışma sahasına ait görseller Şekil 3.3 ve 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Çalışma sahasına ait bir kare



Şekil 3.4. Çalışma sahasına ait bir kare

3.3.1. Delme-patlatma

Kırmataş üretiminin ilk aşamasını delme patlatma işlemi oluşturmaktadır. Delme işlemleri ocak aynasındaki değişimlere bağlı olarak farklı delik boyları, delik çapları vb. parametrelerde gerçekleşmektedir. Delme işlemi Şekil 3.5'de gösterilen tek kollu delici makina ile gerçekleşmekte olup 4 m uzunluğundaki tijlerle 28 metreye kadar delik delinebilmektedir.



Şekil 3.5. Delici makina

Ocak içerisinde nadir olarak görülen çatlaklı yapıların patlatılmasında ANFO poşete koyularak deliklere doldurulmaktadır. Her bir atım için belirlenen yasal ANFO miktarı 4.400 kg'dır. Yıl içerisinde üretim miktarlarındaki değişimlere bağlı olarak bir ay içerisinde ortalama 5 atım yapılmaktadır. Şekil 3.6'da sahada yapılan atımdan alınan bir kare gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Sahada yapılan patlatma

3.3.2. İkincil kırma (Patarlama)

Patlatma sonrası açığa çıkan büyük bloklar (patarlar) kırma (konkasör) tesisine beslenmeden önce hidrolik kırıcı ile kırılmaktadır. Bu işlemde ufalama oranı konkasör tesisinin birincil kırma evresini oluşturan primer darbeli kırıcının (PDK) ağız açıklığına göre belirlenmektedir. Bu oran da yaklaşık olarak 0,5 ile 1m arasında tutulmaktadır. Aksi takdirde kırma tesisine beslenecek büyük bloklar PDK'yı tıkarken, hidrolik kırıcı ile çok ufak boyutlara indirgenen malzeme de maliyet artışına sebep olmaktadır. Şekil 3.7'de firma bünyesinde çalıştırılan hidrolik kırıcı gösterilmektedir.



Şekil 3.7. İkincil kırma işlemine ait bir kare

3.3.3. Yükleme-taşıma

Ocakta yükleme işlemi 2013 yılının sonlarına kadar lastik tekerlekli yükleyici ile yapılmaktaydı ancak firma teknolojik gelişimleri göz önünde bulundurarak ve ARGE'ye verdiği önemle yaptığı araştırmalarında lastik tekerlekli yükleyicinin ekskavatöre göre daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Bu çalışmalar neticesinde firma 2013 yılı sonrasında üretimlerini Şekil 3.8'de gösterilen lastik tekerlekli yükleyici ile gerçekleştirmiştir. Nadir olarak aynada malzeme kalması ve tırnak oluşumu gözlenen durumlarda lastik tekerlekli yükleyici hidrolik kırıcı ile birlikte çalıştırılmaktadır.



Şekil 3.8. Yükleme işlemine ait bir kare

Ocakta taşıma işlemi çalışma şartlarındaki değişikliklere bağlı olarak 2 veya 3 kamyonla yapılmaktadır. Kamyonların taşıma kapasitesi ortalama 28 ton olup, ocak-kırma tesisi arası ortalama mesafe 300 m civarındadır. Kamyonların makas kırması, lastik patlatması vb. gibi arızalarını en aza indirmek için taşımada kullanılan yol greyder ile belirli aralıklarla düzeltilmekte ve kamyonlara aşırı yükleme yapılmamaktadır. Toz oluşumunu azaltmak için ocakta hava şartlarına bağlı olarak gün içerisinde sıklıkla sulama yapılmaktadır. Şekil 3.9'da firma bünyesinde çalıştırılan kamyon gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Taşımada kullanılan kamyona ait bir kare

3.3.4. Kırma-eleme

Ocakta kırma işlemi 130'luk Primer darbeli kırıcı (PDK) ile yapılmaktadır. Malzeme PDK'ya girmeden önce ızgaralı elekten piyasa şartlarına göre bypass malzemesi olarak 0-25, 0-38, 0-80 mm boyutlarında alınır. Sonrasında PDK'da kırılıp çıkan malzeme sırasıyla sekonder ve tersiyer kırıcılara girer. Tesiste tersiyere aşırı yükleme yapılmaması için tersiyerden önce ara bunker bulunmakta olup tersiyere besleme sürücüler ile kontrol edilmektedir. Elek yapısı yıl içerisinde malzeme durumuna göre değiştirilmektedir. Tesisinin son 5 yıllık üretimi ortalama 700.000 ton olup saatlik kapasitesi ise ortalama 285 tondur. Şekil 3.10'da konkasör tesisin üstü

kapanmadan önceki resmi ve Şekil 3.11'de konkasör tesisinin üstü kapandıktan sonraki resmi gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Tesisin üstü kapanmadan öncesi



Şekil 3.11. Tesisin üstü kapandıktan sonrası

3.4. Makine Parkı

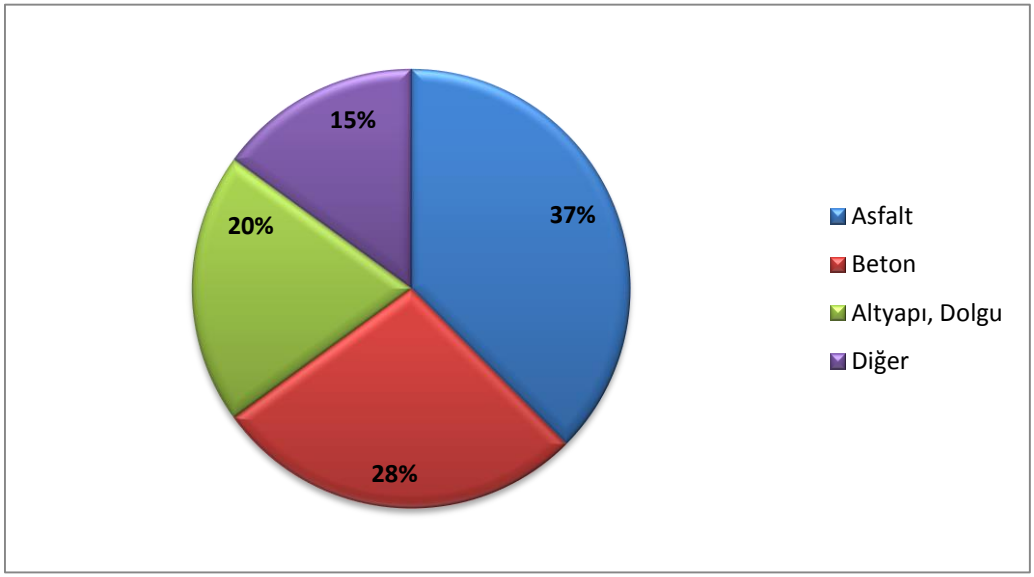
Firmanın kırmataş üretiminde kullandığı makine parkı Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Makine ve ekipman bilgileri

Cins	**Model**
Delici	2006
Hidrolik kırıcı	1983
Lastikli yükleyici 1	2012
Lastikli Yükleyici 2	2005
Ekskavatör	2008
Kamyon 1	1997
Kamyon 2	1996
Kamyon 3	1996
Mazot tankeri	1996
Su tankeri	-
Personel servisi	-
Pikap 1	-
Pikap 2	-

3.5. Ocağın Ömrü

Piyasa şartları göz önünde tutulduğunda ve son yıllarda agregaya olan ilginin artışına bakıldığında firma üretim miktarlarını yıldan yıla arttırarak çalışmalarını yürütmektedir. Son 5 yılın üretim verileri göz önünde tutulduğunda; firmanın her yıl üretim miktarını yaklaşık % 5 ile % 10 aralığında arttırdığı ve bu doğrultuda 2013 yılında yaklaşık 1 milyon tonluk üretim kapasitesine ulaştığı görülmüştür. Bu üretiminin piyasadaki dağılımı ise Şekil 3.12'de gösterilmektedir. Piyasa şartlarına bağlı olarak yapılan bu yıllık artış miktarı ile 17 milyon tonluk görünür rezerv miktarı karşılaştırıldığında ise ocağın ömrü yaklaşık 12 yıl olarak belirlenmektedir (Üretim miktarlarındaki artışlar firmanın makine parkının da yıldan yıla büyümesine neden olmuştur).



Şekil 3.12. Öztaşoğlu firmasının 2014 yılı kırmataş satış grafiği

4. ARAZİDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÖLÇÜMLER

Bu tez çalışmasının amaçlarından biri işletmenin hali hazırda kullandığı dizayn parametreleri ile verimli bir patlatma yapıp yapmadığını test etmektir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle bir yıl boyunca (2013 yılında) işletmenin kendi belirlediği tasarım parametrelerine göre yapılan patlatmalar ve maliyet parametreleri izlenmiş olup 1 yıl sonucunda elde edilen veriler ışığında, firmanın kullandığı patlatma tasarım parametreleri ile elde ettiği birim metreküp başına kırmataş üretim birim maliyet tutarı belirlenmiştir. Tez kapsamında da bu oran baz alınarak, farklı patlatma tasarım parametreleri ile atımlar gerçekleştirilerek hesaplamalar yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar bu bölümde sunulmaktadır.

4.1. İşletmenin 2013 Yılı İçerisinde Gerçekleştirdiği Çalışmalar

İşletme 2013 yılında piyasa şartlarına bağlı olarak tek ve çift vardiya olmak üzere 2 tip çalışma yapmıştır. Tek vardiya ortalama 30 personel ile çalışılırken bu sayı çift vardiya da 41'i bulmaktadır. Firma bu yıl içerisinde yükleme maliyeti üzerinde çalışmalar yapmış olup yapılan bu çalışmalar da 2 farklı modele sahip hidrolik ekskavatör ile 1 adet lastik tekerlekli yükleyici kullanılmıştır. Makinalar kendi arasında en uygun yükleme, en düşük maliyetle yükleme, iş akışının hızlılığı vb. parametreler göz önünde tutularak kıyaslanmış ve bu kıyaslama neticesinde ise firma bundan sonraki çalışmalarına lastik tekerlekli yükleyici ile devam etmiştir ve tez kapsamı dahilinde de yapılan 40 atımın her birinde yükleme sadece lastik tekerlekli yükleyici ile yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında işletmenin kendi parametreleri doğrultusunda yaptığı üretiminin birim maliyeti ile yüksek lisans dahilinde yapılacak delme patlatma parametrelerinin sonucunda çıkacak üretiminin birim maliyetini kıyaslayabilmek için işletmenin 2013 yılı verileri de alınmıştır. 2013 yılı verilerinde herhangi bir patlatma tasarım parametresi değiştirilmeden veriler alınmıştır. Alınan bu veriler doğrultusunda işletmeye ait 2013 yılı delme-patlatma tasarım parametreleri Çizelge 4.1'de ve bunların neticesinde yapılan atımlardan çıkan sonuçlar aylık olarak Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Verilerde makineler için yalnızca sıvı yakıt (motorin) miktarları baz alınırken konkasör için elektrik enerjisi baz alınmıştır.

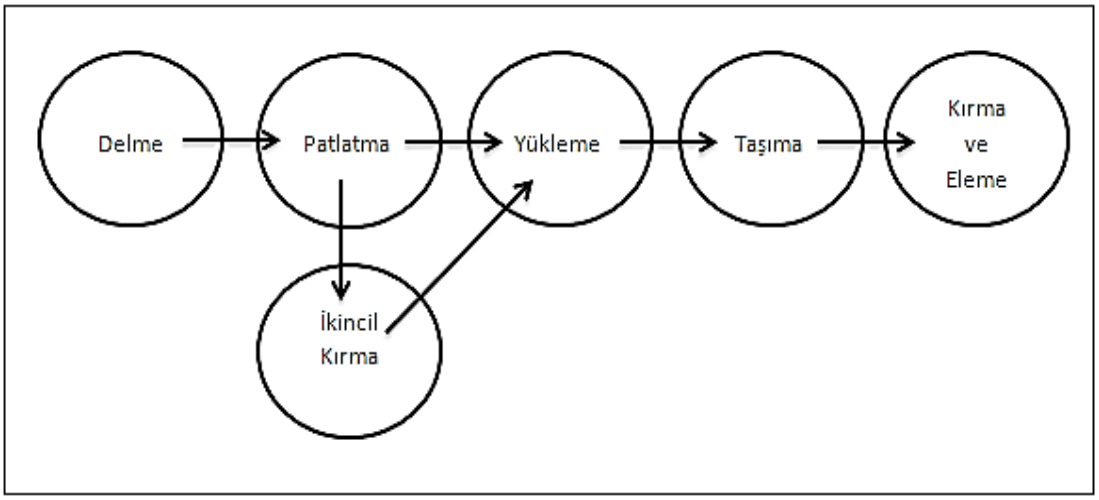
Çizelge 4.1. 2013 yılı delme-patlatma tasarım parametreleri

Tasarım parametreleri	**89 mm delik çapı**	**102 mm delik çapı**
Delik eğimi	Dik	Dik
Delik düzeni	Şeşbeş	Şeşbeş
Delik boyu	12-25 m	12-25 m
Delikler arası mesafe	3 m	3,5 m
Dilim kalınlığı	3 m	3,5 m
Sıkılama boyu	% 15-20 x Delik boyu (m)	% 20 x Delik boyu (m)
Delik taban payı	% 10 x Delik boyu (m)	% 10 x Delik boyu (m)

4.2. İşletmede 2014-2015 Yılları Arasında Gerçekleştirilen Çalışmalar

4.2.1. Giriş

2014-2015 yıllarını kapsayan tez döneminin ilk aşamasını patlatma tasarım parametrelerinin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu kapsamda firma yetkilileri ile sık sık görüşmeler yapılarak 40 atımlık bir patlatma tasarım dizaynı oluşturulmuş olup bu tasarımlarda her bir atım bir diğerinden farklı olarak dizayn edilmiştir. Oluşturulan patlatma tasarım parametreleri Çizelge 4.3a. ve 4.3b'de sunulmaktadır. Tasarım parametreleri belirlendikten sonra izlenecek yol ise Şekil 4.1'de izah edilmektedir.



Şekil 4.1. Kırmataş üretim akım şeması

Çizelge 4.2. 2013 yılı firmanın aylık maliyet giderleri

Aylar	**Delme maliyeti (TL)**	**Patlayıcı maliyeti (TL)**	**Hidrolik kırıcı maliyeti (TL)**	**Yükleme maliyeti (TL)**	**Taşıma maliyeti (TL)**	**Kırma maliyeti (TL)**	**Toplam maliyet (TL)**	**Üretim (m^3)**	**Birim maliyet (TL/m^3)**
Ocak	14.632,80	25.626,93	5.460,00	19.093,20	5.863,20	17.311,21	87.987,34	13.476,30	6,529
Şubat	9.777,60	23.837,13	7.350,00	23.889,60	6.283,20	20.938,43	92.075,96	14.321,48	6,430
Mart	4.296,60	8.824,98	9.030,00	34.087,20	10.151,40	28.861,71	95.251,89	23.569,26	4,041
Nisan	11.251,80	25.162,54	11.520,60	30.685,20	10.172,40	30.246,00	119.038,54	23.875,56	4,986
Mayıs	15.073,80	26.167,00	6.228,60	37.035,60	14.120,40	31.250,85	129.876,25	31.431,11	4,132
Haziran	7.602,00	26.632,41	4.086,60	34.280,40	13.209,00	31.764,15	117.574,56	30.106,30	3,905
Temmuz	14.985,60	44.066,40	10.936,80	53.197,20	18.001,20	39.365,60	180.552,80	41.620,37	4,338
Ağustos	16.224,60	35.253,12	2.633,40	58.396,80	21.033,60	55.249,99	188.791,51	49.020,74	3,851
Eylül	21.147,00	51.336,83	3.418,80	73.059,00	22.785,00	67.211,87	238.958,50	52.618,89	4,541
Ekim	15.409,80	24.958,42	6.241,20	52.584,00	15.439,20	56.780,72	171.413,34	36.002,96	4,761
Kasım	33.742,80	68.587,73	10.361,40	81.001,20	20.420,40	84.177,38	298.290,91	46.195,93	6,457
Aralık	16.976,40	17.599,23	0,00	24.775,80	6.879,60	28.494,84	94.725,87	15.917,78	5,951
Toplam	**181.120,80**	**378.052,72**	**77.267,40**	**522.085,20**	**164.358,60**	**491.652,76**	**1.814.537,48**	**378.156,67**	**4,994**

*1 Yıllık toplam mazot litresinin birim fiyatı 4,20 TL'dir.
*1 Yıllık konkasör tesisinin tükettiği elektriğin kwh değeri 0,2556 TL'dir (Trt payı belediye payı, KDV vb. giderler dahil birim fiyat).

Çizelge 4.3a. İşletmenin 2014 – 2015 dönemi patlatma tasarım parametreleri

Atım no	Delik eğimi (°)	Delik düzeni	Basamak yüksekliği (m)	Delik çapı (mm)	Delikler arası mesafe (m)	Dilim kalınlığı (m)	Delik boyu (m)	Delik taban boyu (m)	Sıkılama boyu (m)	Kolon boyu (m)	Delik sayısı (adet)	Toplam delgi uzunluğu (m)	Üretim miktarı (m^3)
1	Dik	Şeşbeş	11,00	89	3,00	2,50	12,00	1,00	2,00	10,00	83	996	7.470,00
2	Dik	Şeşbeş	11,00	89	3,00	2,50	12,00	1,00	2,50	9,50	87	1.044	7.830,00
3	Dik	Şeşbeş	11,00	89	3,25	2,75	12,00	1,00	2,00	10,00	83	996	8.901,74
4	Dik	Şeşbeş	11,00	89	3,25	2,75	12,00	1,00	2,50	9,50	87	1.044	9.330,74
5	Dik	Şeşbeş	13,75	89	3,00	2,50	15,00	1,25	2,50	12,50	66	990	7.425,00
6	Dik	Şeşbeş	13,75	89	3,00	2,50	15,00	1,25	3,00	12,00	69	1.035	7.762,52
7	Dik	Şeşbeş	13,75	89	3,25	2,75	15,00	1,25	2,50	12,50	66	990	8.848,11
8	Dik	Şeşbeş	13,75	89	3,25	2,75	15,00	1,25	3,00	12,00	69	1.035	9.250,30
9	Dik	Şeşbeş	16,50	89	3,00	2,50	18,00	1,50	3,00	15,00	55	990	7.425,00
10	Dik	Şeşbeş	16,50	89	3,00	2,50	18,00	1,50	3,50	14,50	57	1.026	7.695,00
11	Dik	Şeşbeş	16,50	89	3,25	2,75	18,00	1,50	3,00	15,00	55	990	8.848,11
12	Dik	Şeşbeş	16,50	89	3,25	2,75	18,00	1,50	3,50	14,50	57	1.026	9.169,89
13	Dik	Şeşbeş	19,75	89	3,00	2,50	21,50	1,75	3,50	18,00	46	989	7.417,52
14	Dik	Şeşbeş	19,75	89	3,00	2,50	21,50	1,75	4,00	17,50	47	1.011	7.578,74
15	Dik	Şeşbeş	19,75	89	3,25	2,75	21,50	1,75	3,50	18,00	46	989	8.839,19
16	Dik	Şeşbeş	19,75	89	3,25	2,75	21,50	1,75	4,00	17,50	47	1.011	9.031,33
17	Dik	Şeşbeş	23,00	89	3,00	2,50	25,00	2,00	4,00	21,00	39	975	7.312,52
18	Dik	Şeşbeş	23,00	89	3,00	2,50	25,00	2,00	4,50	20,50	40	1.000	7.500,00
19	Dik	Şeşbeş	23,00	89	3,25	2,75	25,00	2,00	4,00	21,00	39	975	8.714,07
20	Dik	Şeşbeş	23,00	89	3,25	2,75	25,00	2,00	4,50	20,50	40	1.000	8.937,52

Çizelge 4.3b. İşletmenin 2014 – 2015 dönemi patlatma tasarım parametreleri

Atım no	Delik eğimi (°)	Delik düzeni	Basamak yüksekliği (m)	Delik çapı (mm)	Delikler arası mesafe (m)	Dilim kalınlığı (m)	Delik boyu (m)	Delik taban boyu (m)	Sıkılama boyu (m)	Kolon boyu (m)	Delik sayısı (adet)	Toplam delgi uzunluğu (m)	Üretim miktarı (m^3)
21	Dik	Şeşbeş	11,00	102	3,50	3,00	12,00	1,00	2,50	9,50	66	792	8.316,00
22	Dik	Şeşbeş	11,00	102	3,50	3,00	12,00	1,00	3,00	9,00	70	840	8.820,00
23	Dik	Şeşbeş	11,00	102	3,75	3,25	12,00	1,00	2,50	9,50	66	792	9.652,52
24	Dik	Şeşbeş	11,00	102	3,75	3,25	12,00	1,00	3,00	9,00	70	840	10.237,52
25	Dik	Şeşbeş	13,75	102	3,50	3,00	15,00	1,25	3,00	12,00	52	780	8.190,00
26	Dik	Şeşbeş	13,75	102	3,50	3,00	15,00	1,25	3,50	11,50	55	825	8.662,52
27	Dik	Şeşbeş	13,75	102	3,75	3,25	15,00	1,25	3,00	12,00	52	780	9.506,26
28	Dik	Şeşbeş	13,75	102	3,75	3,25	15,00	1,25	3,50	11,50	55	825	10.054,70
29	Dik	Şeşbeş	16,50	102	3,50	3,00	18,00	1,50	3,50	14,50	43	774	8.127,00
30	Dik	Şeşbeş	16,50	102	3,50	3,00	18,00	1,50	4,00	14,00	45	810	8.505,00
31	Dik	Şeşbeş	16,50	102	3,75	3,25	18,00	1,50	3,50	14,50	43	774	9.433,11
32	Dik	Şeşbeş	16,50	102	3,75	3,25	18,00	1,50	4,00	14,00	45	810	9.871,89
33	Dik	Şeşbeş	19,75	102	3,50	3,00	21,50	1,75	4,00	17,50	36	774	8.127,00
34	Dik	Şeşbeş	19,75	102	3,50	3,00	21,50	1,75	4,50	17,00	37	796	8.352,74
35	Dik	Şeşbeş	19,75	102	3,75	3,25	21,50	1,75	4,00	17,50	36	774	9.433,11
36	Dik	Şeşbeş	19,75	102	3,75	3,25	21,50	1,75	4,50	17,00	37	796	9.695,15
37	Dik	Şeşbeş	23,00	102	3,50	3,00	25,00	2,00	4,50	20,50	30	750	7.875,00
38	Dik	Şeşbeş	23,00	102	3,50	3,00	25,00	2,00	5,00	20,00	31	775	8.137,52
39	Dik	Şeşbeş	23,00	102	3,75	3,25	25,00	2,00	4,50	20,50	30	750	9.140,63
40	Dik	Şeşbeş	23,00	102	3,75	3,25	25,00	2,00	5,00	20,00	31	775	9.445,30

Toplamda yapılan 40 atım için 3.366 saatlik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın 1.352 saatlik kısmı çift vardiya 2.014 saatlik kısmı ise tek vardiyada gerçekleştirilmiştir. Kırmataş üretiminde kullanılan makinalardan; hidrolik kırıcı, yükleyici ve kamyon için sıvı yakıt tüketimleri ve konkasör için ise elektrik enerjisi tüketimi baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda sıvı yakıt (motorin) değerinin yıl içerisinde değişkenlik göstermesi ve işletmede kullanılan elektrik sayacının 3 tip sayaç olması, böylelikle birim maliyetlerin vardiya saatlerinden etkilenmesi gibi sebeplerden dolayı, mazot değeri 4,2 TL/Lt ve elektriğin Kwh değeri 0,2556 TL/Kwh olarak belirlenmiş olup alınan veriler bu doğrultuda hesaplanmıştır.

4.2.2. Delik delme verileri

İşletmede delikler tek kollu delici makine (Jumbo) ile delinmektedir. Delici makine 4 m'lik eklemeli tijler ile delme işlemini gerçekleştirmektedir. Tez kapsamında yapılan çalışmalarda birbirinden farklı parametrelere sahip 40 atım yapılmış olup, bu atımlarda Jumbo ile günlük ortalama 6,9 saatlik bir çalışma ile 190 günde 89 mm çapında 1.178 adet (20.111 m) ve 102 mm çapında 930 adet (15.831 m) delik delinmiştir. Delici makinenin delik delme hızı; delik boyu, delik çapı, kayaç özellikleri, arazi yapısı vb. özelliklerden etkilenmektedir.

Tez kapsamında delici makinanın verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan delici makine verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.4'de ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.5'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Bir numaralı atımın delici makine verileri

Çalışılan günler	Çalışma süresi (motor saati)	Delik çapı (mm)	Delik eğimi (°)	Toplam delik sayısı (adet)	Toplam delgi uzunluğu (m)	Ortalama delik boyu (m)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)
1	5,82	89	90	14	168	12	121
2	5,91	89	90	14	168	12	122
3	5,83	89	90	14	168	12	122
4	5,89	89	90	14	168	12	125
5	5,43	89	90	13	156	12	113
6	5,79	89	90	14	168	12	119
Toplam	34,67	-	-	83	996	-	722

Çizelge 4.5. Tüm atımlardan elde edilen delici makine verilerinin sonuçları

Atım no	Çalışma süresi (motor saati)	Delik çapı (mm)	Delik eğimi (°)	Toplam delik sayısı (adet)	Toplam delgi uzunluğu (m)	Ortalama delik boyu (m)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)
1	34,67	89	90	83	996	12	722
2	36,10	89	90	87	1.044	12	754
3	34,95	89	90	83	996	12	735
4	36,44	89	90	87	1.044	12	770
5	34,99	89	90	66	990	15	741
6	36,69	89	90	69	1.035	15	789
7	35,33	89	90	66	990	15	762
8	36,89	89	90	69	1.035	15	788
9	35,95	89	90	55	990	18	785
10	37,19	89	90	57	1.026	18	813
11	35,95	89	90	55	990	18	783
12	37,19	89	90	57	1.026	18	804
13	36,28	89	90	46	989	21,5	802
14	37.00	89	90	47	1.010,5	21,5	834
15	36,47	89	90	46	989	21,5	823
16	37,04	89	90	47	1.010,5	21,5	837
17	37,24	89	90	39	975	25	854
18	37,8	89	90	40	1.000	25	867
19	37,48	89	90	39	975	25	871
20	37,8	89	90	40	1.000	25	895
21	27,59	102	90	66	792	12	583
22	29,47	102	90	70	840	12	629
23	27,70	102	90	66	792	12	599
24	29,52	102	90	70	840	12	638
25	27,57	102	90	52	780	15	616
26	29,57	102	90	55	825	15	640
27	27,97	102	90	52	780	15	610
28	30,75	102	90	55	825	15	657
29	28,78	102	90	43	774	18	657
30	30,03	102	90	45	810	18	672
31	28,06	102	90	43	774	18	615
32	29,2	102	90	45	810	18	667
33	29,11	102	90	36	774	21,5	676
34	29,96	102	90	37	795,5	21,5	698
35	28,79	102	90	36	774	21,5	669
36	29,56	102	90	37	795,5	21,5	680
37	29,65	102	90	30	750	25	714
38	30,57	102	90	31	775	25	726
39	29,23	102	90	30	750	25	685
40	30,62	102	90	31	775	25	731

4.2.3. Patlayıcı madde verileri

İşletmede patlatma işlemi delik boylarına ve arazi yapısına bağlı olarak 2, 3 ve çok nadir olarak da 4 sıra halinde gerçekleşmektedir. İşletmenin en yakın yerleşim yerine uzaklığı 1.200 m olduğundan dolayı her bir atımda en fazla 4.400 kg ANFO kullanılmasına izin verilmektedir. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe ile delik

çapına bağlı olarak ortalama 1 atımda 45 ile 65 adet delik patlatılmakta olup bu da yaklaşık 1 atım için işletmeye ortalama 7.500-10.000 m^3 arasında üretim sağlamaktadır. Patlatma işleminde yemleme 500 g'lık dinamit lokumları ile yapılmakta ve delik boylarına bağlı olarak yemleme miktarı ve yeri de değişmektedir. Ayrıca delik boyuna bağlı olarak sıkılama boyu da değişmektedir. Sıkılama malzemesi olarak delikten çıkan kırıntılar kullanılmaktadır. Delik diplerinde 500 ms'lik Nonel kapsüller kullanılmaktadır. Yüzey bağlantıları Nonel yüzey gecikmeleri ile birbirlerine bağlandıktan sonra sistemin ateşlemesi adi elektrikli kapsül ile yapılmaktadır. Çok nadir olarak da yüzey gecikmeleri yerine infilaklı fitil kullanılmaktadır. Elektrikle şarj olabilen bir manyeto ile de patlatma işlemi gerçekleşmektedir.

Tez kapsamında patlayıcı madde verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan patlayıcı madde verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.6'da ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Bir numaralı atımın patlayıcı madde verileri

Atım no	**Dinamit (kg)**	**Kapsül (adet)**	**Anfo (kg)**	**Fitil (m)**	**Tutar (TL)**
1	90	120	4.400	0	8.854,41

Çizelge 4.7. Tüm atımlardan elde edilen patlayıcı madde verilerinin sonuçları

Atım no	Dinamit (kg)	Kapsül (adet)	ANFO (kg)	Fitil (m)	Tutar (TL)	Atım no	Dinamit (kg)	Kapsül (adet)	ANFO (kg)	Fitil (m)	Tutar (TL)
1	90	120	4.400	0	8.854,41	21	120	102	4.400	0	8.669,23
2	90	110	4.400	0	8.831,92	22	120	122	4.400	250	9.186,65
3	90	110	4.400	0	8.839,62	23	120	144	4.400	500	9.652,71
4	90	100	4.400	0	8.841,63	24	120	128	4.400	0	8.952,36
5	110	90	4.400	0	8.756,39	25	120	94	4.400	0	8.655,32
6	120	100	4.400	250	8.865,32	26	100	72	4.400	0	8.551,71
7	120	100	4.400	0	8.785,63	27	120	104	4.400	250	8.956,32
8	120	100	4.400	250	9.102,39	28	120	112	4.400	500	9.207,63
9	120	110	4.400	0	8.812,36	29	120	98	4.400	0	8.863,69
10	110	110	4.400	0	8.653,12	30	90	72	4.400	0	8.553,99
11	120	100	4.400	0	8.721,54	31	90	88	4.400	0	8.593,23
12	120	112	4.400	500	9.214,98	32	90	122	4.400	0	8.639,11
13	120	116	4.400	0	8.841,73	33	90	122	4.400	0	8.663,39
14	110	102	4.400	0	8.612,74	34	90	122	4.400	500	9.115,36
15	120	90	4.400	0	8.701,81	35	100	122	4.400	0	8.782,91
16	120	88	4.400	250	9002,08	36	90	122	4.400	250	8.996,35
17	120	76	4.400	250	9.007,96	37	90	76	4.400	0	8.553,42
18	120	72	4.400	0	8.511,63	38	100	82	4.400	0	8.632,56
19	120	98	4.400	0	8.792,48	39	80	72	4.400	0	8.511,36
20	120	102	4.400	250	9.101,52	40	110	78	4.400	250	8.863,72

4.2.4. İkincil kırma verileri

İşletmede patlatma sonrasında açığa çıkan büyük blokların (patarların) ikincil kırma işlemi paletli ekskavatöre hidrolik kırıcı takılarak yürütülmektedir. İkincil kırma da büyük blokları ufaltma oranı, kırma tesisinde birincil kırmada kullanılan primer darbeli kırıcının ağız açıklığından geçebilecek boyutlara göre belirlenmiş olup, tesise beslenen maksimum malzeme boyutu 0,5-1 m arasındadır.

Tez kapsamında ikincil kırma verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan ikincil kırma verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.8'de ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Bir numaralı atımın ikincil kırma verileri

Çalışılan günler	Çalışma süresi (motor saati)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)
1	5,19	100
2	4,75	90
3	5,11	97
4	4,94	95
5	4,91	91
Toplam	24,9	473

Çizelge 4.9. Tüm atımlardan elde edilen ikincil kırma verilerinin sonuçları

Atım no	Çalışma süresi (motor saati)	Tüketilen motorin miktarı (Lt)	Atım no	Çalışma süresi (motor saati)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)
1	24,9	473	21	27,05	494
2	24,3	456	22	27,37	499
3	28,27	523	23	29,28	528
4	31,49	577	24	32,52	601
5	21,79	398	25	23,27	428
6	22,06	409	26	23,62	427
7	25,68	482	27	26,46	486
8	27,44	522	28	32,7	623
9	27,46	536	29	28,5	558
10	27,7	534	30	29,07	561
11	33,65	675	31	33,96	672
12	32,15	612	32	42,29	849
13	32,81	689	33	44,78	899
14	29,65	601	34	34,69	719
15	36,71	754	35	38,01	783
16	35,34	707	36	37,93	762
17	48,15	1.012	37	43,39	869
18	43,08	873	38	46,74	950
19	48,01	960	39	52,51	1.101
20	56,12	1.164	40	62,2	1.308

4.2.5. Yükleme verileri

Çalışmanın gerçekleştirildiği maden ocağında yükleme çalışmalarında kullanılan hidrolik ekskavatörler son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte yerini lastik tekerlekli yükleyicilere bırakmıştır. Lastik tekerlekli yükleyiciler, ocak yapısının daha düzgün

olduğu bölgelerde genellikle tercih edilmektedir. Ayrıca yakıt tüketimlerinin daha az olmasından dolayı, ekskavatörlere kıyasla daha çok kullanılmaktadır. Ancak lastik tekerlekli yükleyicinin koparma kuvvetinin ekskavatöre kıyasla daha düşük olması aynadan malzemeyi sökmede sorun yaratmaktadır. Tez çalışmasının gerçekleştirildiği süreç boyunca ocakta yalnızca lastik tekerlekli yükleyici kullanılmıştır. Lastik tekerlekli yükleyicinin aynadan malzemeyi sökmede zorlanması durumunda ise, hidrolik kırıcı ile birlikte çalıştırılmaktadır. İşletmede kullanılan lastik tekerlekli yükleyici yaklaşık 30 ton ağırlığında ve 5 m^3 kepçe kapasitesine sahiptir. Bu makine işletmede daha önce kullanılan 2 m^3'lük kepçe kapasitesine sahip ekskavatöre kıyasla, kamyonları daha hızlı yüklemektedir. Bu sayede de kırma tesisinin kamyon bekleme sorunu da ortadan kalkmış bulunmaktadır.

Tez kapsamında lastik tekerlekli yükleyici verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan lastik tekerlekli yükleyici verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.10'da ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Bir numaralı atımın lastik tekerlekli yükleyici verileri

Çalışılan günler	**Çalışma süresi (motor saati)**	**Tüketilen sıvı yakıt (Lt)**	**Yüklenen araç sayısı (adet)**
1	7,09	193	72
2	7,38	201	74
3	7,51	208	76
4	7,98	217	80
5	7,02	190	71
6	6,37	176	64
7	7,07	189	71
8	5,92	159	59
9	6,21	171	63
10	7,89	211	80
Toplam	70,44	1.915	710

Çizelge 4.11. Tüm atımlardan elde edilen lastik tekerlekli yükleyici verileri

Atım no	Çalışma süresi (motor saati)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)	Yüklenen araç sayısı (adet)	Atım No	Çalışma süresi (motor saati)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)	Yüklenen araç sayısı (adet)
1	70,44	1.915	710	21	78,92	2.136	789
2	73,4	1.970	739	22	82,53	2.211	831
3	83,85	2.261	843	23	90,02	2.386	899
4	86,85	2.311	872	24	96,76	2.603	968
5	67,58	1.770	676	25	75,34	1.976	753
6	71,36	1.880	714	26	79,18	2.062	791
7	82,27	2.180	823	27	87,15	2.275	870
8	87	2.323	867	28	90,21	2.394	899
9	71,34	1.965	721	29	78,72	2.155	788
10	74,69	2.050	752	30	81,56	2.220	817
11	86,91	2.412	870	31	90,82	2.494	893
12	88,55	2.415	884	32	96,6	2.670	965
13	75,23	2.137	750	33	83,76	2.368	835
14	75,09	2.097	758	34	83,74	2.360	836
15	87,98	2.473	887	35	94,85	2.663	936
16	88,67	2.465	891	36	95,57	2.664	959
17	77,76	2.252	781	37	81,43	2.314	818
18	78	2.236	780	38	84,46	2.409	850
19	89,79	2.555	905	39	94,01	2.704	950
20	92,61	2.659	931	40	99,4	2.862	1.002

4.2.6. Taşıma verileri

İşletmede yükleme sonrası kırma tesisine nakliye işlemi 2 adet kamyonla yapılmaktadır. Ortalama ocak ile kırma tesisi arası mesafe 300 m civarındadır. Kamyonların makas kırma gibi bazı sorunlarını ortadan kaldırmak için ortalama 28 ile 30 ton arasında malzeme yüklenmektedir. Nakliyede kullanılan yolda da belirli aralıklarla iyileştirmeler yapılmaktadır. Ayrıca hem iş sağlığı ve güvenliği açısından hem de makinaların toz kaynaklı arızalarını önlemek için, nakliye yolu mevsim şartlarına bağlı olarak sulanmaktadır. İşletmede 2 adet kamyonun yanı sıra, herhangi bir kamyonun devre dışı kalması durumunda üretimin durmaması için de 1 adet yedek kamyon bulunmaktadır. Ancak işletme kış aylarında çalışmalarını durdurup makine parkının bakımlarına verdiği önemden dolayı tez çalışması kapsamında yedek kamyona ihtiyaç duyulmamıştır.

Tez kapsamında taşıma verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan taşıma verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.12'de ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.13'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.12. Bir numaralı atımın nakliye verileri

Çalışılan günler	**Kamyon 1**		**Kamyon 2**		**Toplam**	
	Yüklenen kamyon sayısı (adet)	**Tüketilen sıvı yakıt (Lt)**	**Yüklenen kamyon sayısı (adet)**	**Tüketilen sıvı yakıt (Lt)**	**Yüklenen kamyon sayısı (adet)**	**Tüketilen sıvı yakıt (Lt)**
1	36	350	36	361	72	711
2	37		37		74	
3	38		38		76	
4	40		40		80	
5	36		35		71	
6	32		32		64	
7	35		36		71	
8	30		29		59	
9	32		31		63	
10	40		40		80	
Toplam	356		354		710	

Çizelge 4.13. Tüm atımlardan elde edilen nakliye verilerinin sonuçları

Atım no	Kamyon 1		Kamyon 2		Toplam	
	Yüklenen kamyon sayısı (adet)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)	Yüklenen kamyon sayısı (adet)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)	Yüklenen kamyon sayısı (adet)	Tüketilen sıvı yakıt (Lt)
1	356	350	354	361	710	711
2	371	362	368	374	739	736
3	421	417	422	409	843	826
4	435	436	437	446	872	882
5	340	334	336	339	676	673
6	358	355	356	361	714	716
7	411	400	412	416	823	816
8	432	411	435	414	867	825
9	362	363	359	367	721	730
10	377	381	375	384	752	765
11	436	441	434	451	870	892
12	440	456	444	460	884	916
13	375	362	375	381	750	743
14	383	394	375	391	758	785
15	445	459	442	449	887	908
16	448	448	443	441	891	889
17	392	399	389	395	781	794
18	390	402	390	398	780	800
19	454	463	451	466	905	929
20	468	474	463	469	931	943
21	393	381	396	399	789	780
22	414	409	417	425	831	834
23	445	444	454	467	899	911
24	485	473	483	475	968	948
25	377	370	376	377	753	747
26	396	384	395	390	791	774
27	435	419	435	427	870	846
28	456	451	443	446	899	897
29	395	402	393	411	788	813
30	405	416	412	419	817	835
31	449	463	444	460	893	923
32	479	478	486	480	965	958
33	416	416	419	428	835	844
34	421	429	415	436	836	865
35	468	481	468	496	936	977
36	479	478	480	485	959	963
37	409	416	409	420	818	836
38	426	420	424	430	850	850
39	476	489	474	492	950	981
40	503	515	499	520	1.002	1.035

4.2.7. Kırma verileri

Kırma tesisine gelen malzeme ilk olarak ana bunkere boşaltılmaktadır. Buradan ızgaralı elekten piyasa şartlarına göre bypass malzemesi olarak adlandırılan malzemenin topraklı kısmı elenip sonrasında geri kalan malzeme 130'luk primer darbeli kırıcıya (PDK) girmektedir. PDK'dan çıkan malzeme sekonder kırıcaya girmeden önce piyasa şartlarına bağlı olarak tekrar (22-38 mm, 0-25 mm, 0-38 mm, 0-5 mm) elenmektedir. Malzemenin elek üstü sekonder kırıcıda kırıldıktan sonra konveyör bantlar vasıtasıyla çoklu eleklere taşınmaktadır. Burada yine piyasa şartlarına bağlı olarak, elek düzeni değiştirilip her türlü boyutta malzeme üretilebilmektedir. Birinci çoklu elekten çıkan alt ürünler bantlar vasıtasıyla silolara aktarılmakta ve oradan da nakliye tırlarına ya da kamyon vasıtasıyla stok sahalarına taşınmaktadır. Elek üstü ürünler ise konveyör bantlar vasıtasıyla ara bunkere boşaltılmakta ve buradan da sürücü yardımıyla tersiyer kırıcıya kademeli olarak beslenmektedir. Tersiyerden çıkan ürün ikinci çoklu eleğe girerek 5 mm altındaki malzeme siloya aktarılmakta, 5 mm üstü malzeme ise tekrardan ara bunkere ve oradan da tersiyere geri beslenmektedir.

Tez kapsamında kırma-eleme verileri her bir atım için ayrı ayrı tutulmakta olup, her bir atımda alınan kırma-eleme verilerini gösterir tablonun bir örneği Çizelge 4.14'de ve tez kapsamı dahilinde yapılan tüm atımlardan elde edilen verilerin, sonuçları da Çizelge 4.15'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.14. Bir numaralı atımın kırma-eleme verileri

Çalışılan günler	**Çalışma süresi (saat)**	**Tüketilen elektrik miktarı**		**Tesise beslenen araç sayısı (adet)**	**Tesis arıza süresi (saat)**
		***Endeks farkı**	****Kwh**		
1	7,21	2,419	3.809,93	72	0,25
2	7,45	2,486	3.915,45	74	0,25
3	7,61	2,521	3.970,58	76	0
4	8,01	2,685	4.228,88	80	0
5	7,12	2,386	3.757,95	71	0,5
6	6,41	2,152	3.389,40	64	1,2
7	7,13	2,312	3.641,40	71	0,5
8	5,98	2,091	3.293,33	59	1,5
9	6,32	2,099	3.305,93	63	1,5
10	8,06	2,698	4.249,35	80	0
Toplam	71,3	23,849	37.562,18	710	5,7

*Endeks farkı: Trafo sayacından okunan ilk ve son değer arasındaki fark

**Kwh : Endeks farkı ve trafo çarpanı (1.575) çarpıldıktan sonra çıkan kwh değeri.

Çizelge 4.15. Tüm atımlardan elde edilen kırma-eleme verilerinin sonuçları

Atım no	Çalışma süresi (saat)	Tüketilen elektrik miktarı		Tesise beslenen araç sayısı (adet)	Tesis arıza süresi (saat)
		*Endeks farkı	**Kwh		
1	71,3	23.849	37.562,18	710	5,7
2	74,15	24,54	38.650,5	739	5,56
3	84,6	28,18	44.383,5	843	7,06
4	87,6	28,823	45.396,225	872	6,6
5	68,23	22,023	34.686,225	676	5
6	71,75	23,287	36.677,025	714	5,35
7	82,69	26,994	42.515,55	823	5,5
8	86,99	28,637	45.103,275	867	6,5
9	72,58	24,692	38.889,9	721	5,9
10	75,19	25,496	40.156,2	752	5,5
11	87,09	29,783	46.908,225	870	7,5
12	88,55	29,83	46.982,25	884	6,75
13	75,31	26,364	41.523,3	750	6,35
14	75,64	26,132	41.157,9	758	6,4
15	88,46	30,776	48.472,2	887	7,5
16	89,07	30,571	48.149,325	891	7,75
17	77,76	28,098	44.254,35	781	7,75
18	77,91	27,775	43.745,625	780	7,75
19	90,11	31,93	50.289,75	905	8,5
20	93,09	33,23	52.337,25	931	9,3
21	79,14	26,484	41.712,3	789	6,75
22	83,12	27,515	43.336,125	831	6,25
23	90,21	29,53	46.509,75	899	6,55
24	97,19	32,296	50.866,2	968	7,2
25	75,54	24,449	38.507,175	753	5
26	79,2	25,395	39.997,125	791	5,75
27	87,33	28,081	44.227,575	870	6
28	90,28	29,497	46.457,775	899	9,75
29	79,24	26,775	42.170,625	788	5,75
30	81,92	27,52	43.344	817	6,25
31	90,6	30,893	48.656,475	893	9,5
32	96,88	33,037	52.033,275	965	8,2
33	83,68	29,516	46.487,7	835	7,45
34	83,74	29,141	45.897,075	836	7,5
35	94,05	32,576	51.307,2	936	8
36	95,74	32,954	51.902,55	959	8,75
37	81,09	28,665	45.147,375	818	7,25
38	84,4	29,975	47.210,625	850	8,5
39	94,81	33,67	53.030,25	950	9
40	99,97	36,115	56.881,125	1.002	10

*Endeks farkı: trafodan okunan ilk ve son değer arasındaki fark
**Endeks farkı ve trafo çarpanı (1.575) çarpıldıktan sonra çıkan kwh değeri.

5. MALİYET ANALİZLERİ

Bu bölümde maliyet analizleri 4 ana başlık altında incelenmiştir;

- İlk kısımda tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımda oluşan kırmataş üretim birim maliyetleri titizlikle incelenmiş olup her bir üretim faaliyeti için ortalama birim maliyet ile en düşük 3 birim maliyet belirlenmiştir.
- İkinci kısımda delme-patlatma basamak tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkileri hesaplanmıştır.
- Üçüncü kısımda tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım içerisinde en düşük toplam kırmataş üretim birim maliyetine sahip olan 3 atım belirlenmiş olup bu atımların ortak tasarım parametrelerinin literatüre uygunluğu denetlenmiştir. Ayrıca tasarım parametreleri ile kırmataş üretim birim maliyetleri arasındaki ilişkilere dair yaklaşımlarda bulunulmuştur.
- Dördüncü ve son kısımda ise çalışmaların yürütüldüğü sahadan alınan 2013 yılı üretim verileri ile tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın üretim verileri ve bu atımların içerisinde en düşük birim maliyete sahip olan atımların üretim verileri karşılaştırılmıştır.

5.1. Kırmataş Üretim Birim Maliyet Analizleri

Yapılan çalışmalarda birim maliyet analizinde delme, patlatma, ikincil kırma, yükleme, taşıma ve kırma-eleme birim maliyetleri hesaplanmıştır. Burada hidrolik kırıcı ile yapılan ikincil kırma işleminin birim maliyet analizi, hidrolik kırıcı ile kırılan büyük blokların hacimlerinin hesaplanmasının zor olması ve tez çalışması kapsamında hesaplanamamış olmasından dolayı, ikincil kırma birim maliyet analizi 1 atımda hidrolik kırıcının tükettiği yakıt tutarının o atımdaki toplam üretim miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır. Ayrıca delme birim maliyeti hesaplanırken delici makinenin 1 atımda deliklerin delinmesi aşamasında harcamış olduğu sıvı yakıt tutarının o atımdaki toplam üretim miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

Birim maliyet hesaplamalarında makinalar için sıvı yakıt (Motorin) miktarları baz alınırken, konkasör tesisi için tüketilen elektrik enerjisi baz alınmıştır. Yapılan hesaplamalarda işçilik ve bakım onarım giderleri hesaplamalar dışında tutulmuştur. Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım 11 aylık sürede tamamlanmış olup bu sürede

gerek motorin birim fiyatlarında gerek elektrik enerjisi fiyatlarında oluşan değişikliklerin, hesaplamalarda farklılıklar yaratmaması adına motorin birim maliyeti **4,2 TL/Lt** ve elektrik enerjisi **0,2556 TL/Kwh** (Bu fiyata KDV, TRT payı, vb. giderler dahil edilmiştir) olarak alınmıştır.

5.1.1. Delme birim maliyet analizi

Tez çalışması kapsamında deliklerin delinmesi işlemi tek kollu Jumbo delici makine ile yapılmış olup toplamda 40 atım için 2.108 adet (35.942 m) delik 1.313,2 saatte delinmiştir. Delinen deliklerin 1.178 tanesi (20.111 m) 89 mm çapında, geri kalan 930 tanesi (15.831 m) ise 102 mm çapında delinmiştir.

Çalışmaların yapıldığı işletmenin 1 atımda yasal olarak kullanabileceği ANFO miktarı en çok 4.400 kg'dir. Bu miktar doğrudan delik sayılarını dolayısıyla toplam delinen delik metrelerini de belirlemektedir. Kullanılan patlayıcı madde miktarı sabit olduğundan dolayı, çap değişimlerinde delinen delik metreleri doğrudan etkilenmektedir. Dolayısıyla çalışmalarda 89 mm çapında 20 atım için 20.111 m delik delinirken, 102 mm çapında yine 20 atımda toplamda 15.831 m delik delinmiştir. Burada oluşan 4.280 m'lik fark, delik çapı büyüdükçe aynı miktarda ANFO için daha az deliğe ihtiyaç duyulmasındandır. Toplamda 40 atımda deliklerin delinmesi aşamasında (delici makine için) 29.191 Lt (122.602,2 TL) sıvı yakıt tüketilmiştir. Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın delme birim maliyetleri (delme birim maliyeti, delici makinanın 1 atımda deliklerin delinmesi aşamasında harcamış olduğu sıvı yakıt tutarının o atımdaki toplam üretim miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır) ile her bir atımda 1 metre delik delmek için oluşan maliyetler tek tek incelenmiş olup Çizelge 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Delik delme birim maliyet analizi

Atım no	Çalışma saati	Tüketilen sıvı yakıt		Toplam delik boyu	Üretim	Delik delme maliyeti	Delik delme birim maliyeti
	(motor Saati)	Lt	TL	m	m^3	TL/m	TL/m^3
1	34,7	722,0	3.032,4	996,0	7.470,0	3,04	0,406
2	36,1	754,0	3.166,8	1.044,0	7.830,0	3,03	0,404
3	35,0	735,0	3.087,0	996,0	8.901,8	3,10	0,347
4	36,4	770,0	3.234,0	1.044,0	9.330,8	3,10	0,347
5	35,0	741,0	3.112,2	990,0	7.425,0	3,14	0,419
6	36,7	789,0	3.313,8	1.035,0	7.762,5	3,20	0,427
7	35,3	762,0	3.200,4	990,0	8.848,7	3,23	0,362
8	36,9	788,0	3.309,6	1.035,0	9.250,3	3,20	0,358
9	36,0	785,0	3.297,0	990,0	7.425,0	3,33	0,444
10	37,2	813,0	3.414,6	1.026,0	7.695,0	3,33	0,444
11	36,0	783,0	3.288,6	990,0	8.848,1	3,32	0,372
12	37,2	804,0	3.376,8	1.026,0	9.169,9	3,29	0,368
13	36,3	802,0	3.368,4	989,0	7.417,5	3,41	0,454
14	37,0	834,0	3.502,8	1.010,5	7.578,8	3,47	0,462
15	36,5	823,0	3.456,6	989,0	8.839,2	3,50	0,391
16	37,0	837,0	3.515,4	1.010,5	9.031,3	3,48	0,389
17	37,2	854,0	3.586,8	975,0	7.312,5	3,68	0,491
18	37,8	867,0	3.641,4	1.000,0	7.500,0	3,64	0,486
19	37,5	871,0	3.658,2	975,0	8.714,1	3,75	0,420
20	37,8	895,0	3.759,0	1.000,0	8.937,5	3,76	0,421
21	27,6	583,0	2.448,6	792,0	8.316,0	3,09	0,294
22	29,5	629,0	2.641,8	840,0	8.820,0	3,15	0,300
23	**27,7**	**599,0**	**2.515,8**	**792,0**	**9.652,5**	**3,18**	**0,261**
24	**29,5**	**638,0**	**2.679,6**	**840,0**	**10.238,0**	**3,19**	**0,262**
25	27,6	616,0	2.587,2	780,0	8.190,0	3,32	0,316
26	29,6	640,0	2.688,0	825,0	8.662,5	3,26	0,310
27	**28,0**	**610,0**	**2.562,0**	**780,0**	**9.506,3**	**3,28**	**0,270**
28	30,8	657,0	2.759,4	825,0	10.055,0	3,34	0,274
29	28,8	657,0	2.759,4	774,0	8.127,0	3,57	0,340
30	30,0	672,0	2.822,4	810,0	8.505,0	3,48	0,332
31	28,1	615,0	2.583,0	774,0	9.433,1	3,34	0,274
32	29,2	667,0	2.801,4	810,0	9.871,9	3,46	0,284
33	29,1	676,0	2.839,2	774,0	8.127,0	3,67	0,349
34	30,0	698,0	2.931,6	795,5	8.352,8	3,69	0,351
35	28,8	669,0	2.809,8	774,0	9.433,1	3,63	0,298
36	29,6	680,0	2.856,0	795,5	9.695,2	3,59	0,295
37	29,7	714,0	2.998,8	750,0	7.875,0	4,00	0,381
38	30,6	726,0	3.049,2	775,0	8.137,5	3,93	0,375
39	29,2	685,0	2.877,0	750,0	9.140,6	3,84	0,315
40	30,6	731,0	3.070,2	775,0	9.445,3	3,96	0,325
Toplam	**1.313,2**	**29.191,0**	**122.602,2**	**35.942,0**	**344.871,8**	**-**	**-**
Ortalama	**32,8**	**729,8**	**3.065,1**	**898,6**	**8.621,8**	**3,42**	**0,360**

Yapılan hesaplamalar sonucunda en düşük delme birim maliyetleri 23-24 ve 27 nolu atımlarda oluşurken, 1 metre delik delmek için gereken en düşük delme maliyetleri 1-2 ve 21 nolu atımlarda oluşmuştur. Burada 89 mm çapında 12-25 m arası delinen deliklerde, 1 metre delik delmek için gereken maliyet 3,03 TL ile 3,76 TL arasında

değişmekte iken, 102 mm çapında 12-25 m arası delinen deliklerde, 1 metre delik delmek için gereken maliyet 3,09 TL ile 4,00 TL arasında değişmektedir. En düşük delme birim maliyetinin ise 23-24 ve 27 nolu atımlarda olmasının sebebi, bu atımların dilim kalınlığı ve delikler arası mesafelerinin 1-2 ve 21 nolu atımlara göre daha geniş olmasıdır. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafedeki bu genişlik 23-24 ve 27 nolu atımlardan çıkan üretim miktarlarının 1-2 ve 21 nolu atımlardan çıkan üretim miktarlarından daha fazla olmasını sağlamıştır.

40 atım sonucunda oluşan, delik delme birim maliyetlerinin ortalaması 0,36 TL/m^3 iken, 1 metre delik delmek için oluşan maliyetlerin ortalaması 3,42 TL'dir.

40 atım sonucunda oluşan, en düşük delik delme birim maliyeti 0,261 TL/m^3 iken, 1 metre delik delmek için oluşan en düşük maliyet 3,03 TL'dir.

5.1.2. Patlatma birim maliyet analizi

Patlatmada kullanılan patlayıcı maddelerin temini Kırlıoğlu firması tarafından yapılmaktadır. Firmanın kendi bünyesinde patlayıcı madde deposu bulunmadığı için depolama yapılamamaktadır. Bu yüzden patlatma siparişi, delikler hazırlanma aşamasındayken 2-3 gün sonraki bir tarihe verilerek patlayıcı madde ocağa geldiği gün patlatma işlemi yapılır.

Tez çalışmaları kapsamında 40 atımda toplam 4.330 kg dinamit, 176.000 kg ANFO ve 4.060 adet kapsül kullanılmıştır. Ayrıca az miktarda da olsa infilaklı fitil kullanılmış olup patlayıcı madde maliyetine dahil edilmiştir.

Patlatma birim maliyet hesaplamalarında, patlayıcı madde miktarlarının fiyatı baz alınmış olup, patlayıcı işçiliği firmanın kendi elemanları ile yapıldığından dolayı göz ardı edilmiştir.

Çizelge 5.2'de 40 atımda kullanılan patlayıcı madde miktarları ile 1 m^3 malzeme üretmek için gereken patlayıcı madde miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Patlatma birim maliyet analizi

Atım	Dinamit		Kapsül		ANFO		Tutar		Üretim
	kg	gr/m^3	adet	adet/m^3	kg	gr/m^3	TL	TL/m^3	m^3
1	90	12,05	120	0,016	4.400	589,02	8.854,41	1,185	7.470,00
2	90	11,49	110	0,014	4.400	561,94	8.831,92	1,128	7.830,00
3	90	10,11	110	0,012	4.400	494,28	8.839,62	0,993	8.901,80
4	90	9,65	100	0,011	4.400	471,56	8.841,63	0,948	9.330,80
5	110	14,81	90	0,012	4.400	592,59	8.756,39	1,179	7.425,00
6	120	15,46	100	0,013	4.400	566,83	8.865,32	1,142	7.762,50
7	120	13,56	100	0,011	4.400	497,25	8.785,63	0,993	8.848,70
8	120	12,97	100	0,011	4.400	475,66	9.102,39	0,984	9.250,30
9	120	16,16	110	0,015	4.400	592,59	8.812,36	1,187	7.425,00
10	110	14,29	110	0,014	4.400	571,80	8.653,12	1,125	7.695,00
11	120	13,56	100	0,011	4.400	497,28	8.721,54	0,986	8.848,10
12	120	13,09	112	0,012	4.400	479,83	9.214,98	1,005	9.169,90
13	120	16,18	116	0,016	4.400	593,19	8.841,73	1,192	7.417,50
14	110	14,51	102	0,013	4.400	580,57	8.612,74	1,136	7.578,80
15	120	13,58	90	0,010	4.400	497,78	8.701,81	0,984	8.839,20
16	120	13,29	88	0,010	4.400	487,19	9.002,08	0,997	9.031,30
17	120	16,41	76	0,010	4.400	601,71	9.007,96	1,232	7.312,50
18	120	16,00	72	0,010	4.400	586,67	8.511,63	1,135	7.500,00
19	120	13,77	98	0,011	4.400	504,93	8.792,48	1,009	8.714,10
20	120	13,43	102	0,011	4.400	492,31	9.101,52	1,018	8.937,50
21	120	14,43	102	0,012	4.400	529,10	8.669,23	1,042	8.316,00
22	120	13,61	122	0,014	4.400	498,87	9.186,65	1,042	8.820,00
23	120	12,43	144	0,015	4.400	455,84	9.652,71	1,000	9.652,50
24	**120**	**11,72**	**128**	**0,013**	4.400	**429,77**	**8.952,36**	**0,874**	**10.238,00**
25	120	14,65	94	0,011	4.400	537,24	8.655,32	1,057	8.190,00
26	100	11,54	72	0,008	4.400	507,94	8.551,71	0,987	8.662,50
27	120	12,62	104	0,011	4.400	462,85	8.956,32	0,942	9.506,30
28	**120**	**11,93**	**112**	**0,011**	4.400	**437,59**	**9.207,63**	**0,916**	**10.055,00**
29	120	14,77	98	0,012	4.400	541,41	8.863,69	1,091	8.127,00
30	90	10,58	72	0,008	4.400	517,34	8.553,99	1,006	8.505,00
31	90	9,54	88	0,009	4.400	466,44	8.593,23	0,911	9.433,10
32	**90**	**9,12**	**122**	**0,012**	4.400	**445,71**	**8.639,11**	**0,875**	**9.871,90**
33	90	11,07	122	0,015	4.400	541,41	8.663,39	1,066	8.127,00
34	90	10,77	122	0,015	4.400	526,77	9.115,36	1,091	8.352,75
35	100	10,60	122	0,013	4.400	466,44	8.782,91	0,931	9.433,10
36	90	9,28	122	0,013	4.400	453,83	8.996,35	0,928	9.695,20
37	90	11,43	76	0,010	4.400	558,73	8.553,42	1,086	7.875,00
38	100	12,29	82	0,010	4.400	540,71	8.632,56	1,061	8.137,50
39	80	8,75	72	0,008	4.400	481,37	8.511,36	0,931	9.140,60
40	110	11,65	78	0,008	4.400	465,84	8.863,72	0,938	9.445,30
Toplam	**4.330**	**-**	**4.060**	**-**	**176.000**	**-**	**353.452,28**	**-**	**344.871,75**
Ortalama	**108,25**	**12,68**	**101,5**	**0,012**	**4.400**	**515,01**	**8.836,31**	**1,033**	**8.621,79**

*****Patlatmada kullanılan infilaklı fitil miktarı (m) çok az olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiştir. Ancak patlayıcı madde maliyetine dahil edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda en düşük patlatma birim maliyetinin 24-28 ve 32 nolu atımlarda oluştuğu görülmektedir. Patlatma birim maliyetinde birim maliyeti belirleyen ana unsur üretim miktarıdır. Çünkü firmaya verilen patlatma ruhsatında 1 atımda kullanılması gereken patlayıcı madde miktarları sınırlı olduğundan dolayı her bir atımda ruhsatta verilen en yüksek patlayıcı madde miktarları ile patlatmalar

yapılmaktadır (her atımda izin verilen en üst patlayıcı madde miktarı 4.400 kg ANFO'dur). Bu da aşağı yukarı tüm atımlarda patlayıcı madde maliyetlerinin birbirlerine yakın değerlerde olmalarına neden olmaktadır. Dolayısıyla da patlayıcı madde miktarlarının/maliyetlerinin her bir atımda birbirlerine yaklaşık değerlerde olması patlatma birim maliyetini belirleyen ana unsurun üretim miktarı olmasını sağlamaktadır. Bu doğrultu da Çizelge 5.2'ye bakılacak olursa en düşük patlatma birim maliyetlerinin, üretim miktarlarının yüksek olduğu atımlarda oluştuğu görülmektedir.

5.1.2.1. Özgül Şarj

Özgül şarj, bir metreküp kırmataş üretmek için kullanılan toplam patlayıcı madde miktarını ifade etmektedir. Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın özgül şarj miktarları Çizelge 5.3'de gösterilmektedir.

Yapılan analizlerde özgül şarj miktarının üretim miktarındaki artıştan ters orantılı olarak etkilendiği görülmektedir. Burada atımlarda kullanılan patlayıcı madde miktarları birbirlerine çok yakın değerlerde olduğundan özgül şarj miktarını belirleyen ana unsur üretim miktarı olmuştur. Ayrıca delik çapının büyümesiyle özgül şarj miktarı düşmekte iken delik boyunun büyümesiyle özgül şarj miktarı artmaktadır. Burada delik çapının büyümesiyle doğru orantılı olarak 1 metre deliğe daha fazla patlayıcı madde konulacağından özgül şarjın artacağı düşünülebilir ancak yapılan çalışmalarda delik çapının artışı ile dilim kalınlığı ve delikler arası mesafede arttırıldığından buna paralel olarak üretim miktarı da artmıştır. Üretim miktarındaki artışta doğrudan özgül şarjın düşmesine neden olmuştur.

Yapılan atımlarda en fazla üretimin gerçekleştiği (24 nolu atım) atımda özgül şarjın en az olduğu (0,441 kg/m^3) görülmektedir. Ayrıca yapılan 40 atım sonucunda oluşan ortalama özgül şarj miktarı 0,528 kg/$m^{3'}$dür.

Çizelge 5.3. Özgül şarj analizi

Atım no	Özgül Şarj				Üretim m^3
	Dinamit	ANFO	Toplam	kg/m^3	
	kg	kg	kg		
1	90	4.400	4.490	0,601	7.470,00
2	90	4.400	4.490	0,573	7.830,00
3	90	4.400	4.490	0,504	8.901,80
4	90	4.400	4.490	0,481	9.330,80
5	110	4.400	4.510	0,607	7.425,00
6	120	4.400	4.520	0,582	7.762,50
7	120	4.400	4.520	0,511	8.848,70
8	120	4.400	4.520	0,489	9.250,30
9	120	4.400	4.520	0,609	7.425,00
10	110	4.400	4.510	0,586	7.695,00
11	120	4.400	4.520	0,511	8.848,10
12	120	4.400	4.520	0,493	9.169,90
13	120	4.400	4.520	0,609	7.417,50
14	110	4.400	4.510	0,595	7.578,80
15	120	4.400	4.520	0,511	8.839,20
16	120	4.400	4.520	0,500	9.031,30
17	120	4.400	4.520	0,618	7.312,50
18	120	4.400	4.520	0,603	7.500,00
19	120	4.400	4.520	0,519	8.714,10
20	120	4.400	4.520	0,506	8.937,50
21	120	4.400	4.520	0,544	8.316,00
22	120	4.400	4.520	0,512	8.820,00
23	120	4.400	4.520	0,468	9.652,50
24	**120**	4.400	**4.520**	**0,441**	**10.238,00**
25	120	4.400	4.520	0,552	8.190,00
26	100	4.400	4.500	0,519	8.662,50
27	120	4.400	4.520	0,475	9.506,30
28	**120**	4.400	**4.520**	**0,450**	**10.055,00**
29	120	4.400	4.520	0,556	8.127,00
30	90	4.400	4.490	0,528	8.505,00
31	90	4.400	4.490	0,476	9.433,10
32	**90**	4.400	**4.490**	**0,455**	**9.871,90**
33	90	4.400	4.490	0,552	8.127,00
34	90	4.400	4.490	0,538	8.352,75
35	100	4.400	4.500	0,477	9.433,10
36	90	4.400	4.490	0,463	9.695,20
37	90	4.400	4.490	0,570	7.875,00
38	100	4.400	4.500	0,553	8.137,50
39	80	4.400	4.480	0,490	9.140,60
40	110	4.400	4.510	0,477	9.445,30
Toplam	**4.330**	**176.000**	**180.330**	**-**	**344.871,75**
Ortalama	**108,25**	**4.400**	**4.508,25**	**0,528**	**8.621,79**

5.1.3. İkincil kırma birim maliyet analizi

Çalışmaların yapıldığı sahada ikincil kırma işlemi hidrolik kırıcı ile yapılmaktadır. Tez çalışmaları kapsamında yapılan 40 atımda hidrolik kırıcı 1.373,10 saat çalışmış olup, buna karşın 27.074 Lt sıvı yakıt (motorin) tüketmiştir. Bölüm 5.1'de

bahsedildiği üzere hidrolik kırıcı birim maliyeti, hidrolik kırıcının 1 atımda tükettiği sıvı yakıt tutarının aynı atımdaki toplam üretim miktarına bölünmesi ile hesaplanmış olup yapılan hesaplamalar Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. İkincil kırma birim maliyet analizi

Atım no	**Çalışma saati**	**Tüketilen motorin**		**Üretim**	**İkincil kırma birim maliyeti**
	motor saati	**Lt**	**TL**	**m^3**	**TL/m^3**
1	24,90	473,00	1.986,60	7.470,00	0,266
2	24,30	456,00	1.915,20	7.830,00	0,245
3	28,27	523,00	2.196,60	8.901,80	0,247
4	31,49	577,00	2.423,40	9.330,80	0,260
5	21,79	398,00	1.671,60	7.425,00	0,225
6	22,06	409,00	1.717,80	7.762,50	0,221
7	25,68	482,00	2.024,40	8.848,70	0,229
8	27,44	522,00	2.192,40	9.250,30	0,237
9	27,46	536,00	2.251,20	7.425,00	0,303
10	27,70	534,00	2.242,80	7.695,00	0,291
11	33,65	675,00	2.835,00	8.848,10	0,320
12	32,15	612,00	2.570,40	9.169,90	0,280
13	32,81	689,00	2.893,80	7.417,50	0,390
14	29,65	601,00	2.524,20	7.578,80	0,333
15	36,71	754,00	3.166,80	8.839,20	0,358
16	35,34	707,00	2.969,40	9.031,30	0,329
17	48,15	1.012,00	4.250,40	7.312,50	0,581
18	43,08	873,00	3.666,60	7.500,00	0,489
19	48,01	960,00	4.032,00	8.714,10	0,463
20	56,12	1.164,00	4.888,80	8.937,50	0,547
21	27,05	494,00	2.074,80	8.316,00	0,249
22	27,37	499,00	2.095,80	8.820,00	0,238
23	29,28	528,00	2.217,60	9.652,50	0,230
24	32,52	601,00	2.524,20	10.238,00	0,247
25	**23,27**	**428,00**	**1.797,60**	**8.190,00**	**0,219**
26	**23,62**	**427,00**	**1.793,40**	**8.662,50**	**0,207**
27	**26,46**	**486,00**	**2.041,20**	**9.506,30**	**0,215**
28	32,70	623,00	2.616,60	10.055,00	0,260
29	28,50	558,00	2.343,60	8.127,00	0,288
30	29,07	561,00	2.356,20	8.505,00	0,277
31	33,96	672,00	2.822,40	9.433,10	0,299
32	42,29	849,00	3.565,80	9.871,90	0,361
33	44,78	899,00	3.775,80	8.127,00	0,465
34	34,69	719,00	3.019,80	8.352,75	0,362
35	38,01	783,00	3.288,60	9.433,10	0,349
36	37,93	762,00	3.200,40	9.695,20	0,330
37	43,39	869,00	3.649,80	7.875,00	0,463
38	46,74	950,00	3.990,00	8.137,50	0,490
39	52,51	1.101,00	4.624,20	9.140,60	0,506
40	62,20	1.308,00	5.493,60	9.445,30	0,582
Toplam	**1.373,10**	**27.074,00**	**113.710,80**	**344.871,75**	**-**
Ortalama	**34,33**	**676,85**	**2.842,77**	**8.621,79**	**0,331**

Yapılan hesaplamalar sonucunda en düşük birim maliyetlerin 25-26 ve 27 nolu atımlarda oluştuğu gözlemlenmektedir. En düşük maliyetlerin bu atımlarda yoğunlaşmasının sebebi bu atımlarda oluşan büyük blokların diğer atımlara kıyasla daha az olmasından kaynaklıdır.

Yapılan 40 atımda ikincil kırma birim maliyetleri incelendiğinde en düşük ikincil kırma birim maliyetinin 0,207 TL/m^3 olduğu ve yapılan 40 atım sonucunda oluşan ortalama ikincil kırma birim maliyetinin ise 0,331 TL/m^3 olduğu görülmektedir.

5.1.4. Yükleme birim maliyet analizi

Tez çalışması kapsamında yükleme işi yalnızca lastik tekerlekli yükleyici ile yapılmıştır. Lastik tekerlekli yükleyici 40 atımda toplam 3354,4 saat çalışmış olup buna karşın 92.252 Lt motorin tüketmiştir. Lastik tekerlekli yükleyicinin yüklemede zorlandığı durumlarda (aynadan malzemeyi sökememesi veya tırnak oluşumlarında zorlanması) hidrolik kırıcı ile birlikte çalıştırılarak yükleyici makinanın çok fazla zorlanmasının önüne geçilmiştir. Bu sebeple 40 atımda yapılan yükleyici birim maliyetleri arasında afaki bir birim maliyet farkı gözlemlenmemiştir. Ancak burada hidrolik kırıcı ile birlikte çalışması hidrolik kırıcı maliyetini yükseltmiş ve dolayısıyla toplam birim maliyette artış olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan hesaplamalarda, yükleyici birim maliyetlerinde oluşan fark ise yükleyici makinenin her ne kadar hidrolik kırıcı ile birlikte çalışmasının yükleyiciye sağladığı kolaylığı bilsek bile, aslında bu süreç arazide zorlu bir süreçtir. İki makinenin bir arada çalışması çok dikkat gerektiren ve dolayısıyla da yavaş ilerleyen bir süreç olduğundan dolayı işlerin yavaşlamaması adına bu sürece girilmektense makinanın biraz zorlanması tercih edilmektedir ve yükleyici makinanın zorlanması 1 m^3 malzemeyi yüklemek için gereken sıvı yakıt (motorin) miktarını arttırmaktadır.

Çizelge 5.5. Yükleme birim maliyet analizi

Atım no	Yükleme				Üretim
	Çalışma saati	Tüketilen sıvı yakıt		Birim maliyet	
	motor saati	Lt	TL	TL/m^3	m^3
1	70,44	1.915	8.043,00	1,077	7.470,00
2	73,4	1.970	8.274,00	1,057	7.830,00
3	83,85	2.261	9.496,20	1,067	8.901,80
4	86,85	2.311	9.706,20	1,040	9.330,80
5	**67,58**	**1.770**	**7.434,00**	**1,001**	**7.425,00**
6	71,36	1.880	7.896,00	1,017	7.762,50
7	82,27	2.180	9.156,00	1,035	8.848,70
8	87	2.323	9.756,60	1,055	9.250,30
9	71,34	1.965	8.253,00	1,112	7.425,00
10	74,69	2.050	8.610,00	1,119	7.695,00
11	86,91	2.412	10.130,40	1,145	8.848,10
12	88,55	2.415	10.143,00	1,106	9.169,90
13	75,23	2.137	8.975,40	1,210	7.417,50
14	75,09	2.097	8.807,40	1,162	7.578,80
15	87,98	2.473	10.386,60	1,175	8.839,20
16	88,67	2.465	10.353,00	1,146	9.031,30
17	77,76	2.252	9.458,40	1,293	7.312,50
18	78	2.236	9.391,20	1,252	7.500,00
19	89,79	2.555	10.731,00	1,231	8.714,10
20	92,61	2.659	11.167,80	1,250	8.937,50
21	78,92	2.136	8.971,20	1,079	8.316,00
22	82,53	2.211	9.286,20	1,053	8.820,00
23	90,02	2.386	10.021,20	1,038	9.652,50
24	96,76	2.603	10.932,60	1,068	10.238,00
25	75,34	1.976	8.299,20	1,013	8.190,00
26	**79,18**	**2.062**	**8.660,40**	**1,000**	**8.662,50**
27	87,15	2.275	9.555,00	1,005	9.506,30
28	**90,21**	**2.394**	**10.054,80**	**1,000**	**10.055,00**
29	78,72	2.155	9.051,00	1,114	8.127,00
30	81,56	2.220	9.324,00	1,096	8.505,00
31	90,82	2.494	10.474,80	1,110	9.433,10
32	96,6	2.670	11.214,00	1,136	9.871,90
33	83,76	2.368	9.945,60	1,224	8.127,00
34	83,74	2.360	9.912,00	1,187	8.352,75
35	94,85	2.663	11.184,60	1,186	9.433,10
36	95,57	2.664	11.188,80	1,154	9.695,20
37	81,43	2.314	9.718,80	1,234	7.875,00
38	84,46	2.409	10.117,80	1,243	8.137,50
39	94,01	2.704	11.356,80	1,242	9.140,60
40	99,4	2.862	12.020,40	1,273	9.445,30
Toplam	**3.354,4**	**92.252**	**387.458,40**	**-**	**344.871,75**
Ortalama	**83,86**	**2.306**	**9.686,46**	**1,125**	**8.621,79**

Yapılan hesaplamalar sonucunda en düşük yükleyici birim maliyetlerinin 5-26 ve 28 nolu atımlarda oluştuğu görülmektedir. Bu atımların basamak tasarım parametrelerini incelediğimizde 3 atımında delik boyunun 15 m olduğu görülmektedir. Ayrıca genel olarak yükleme birim maliyetlerini sıraladığımızda en düşük birim maliyetlerin ağırlıklı olarak 15 m delik boyuna sahip olan atımlarda oluştuğu görülmektedir. 15 m boyunda yapılan 8 atım incelendiğinde ise 102 mm çapında yapılan atımların (25-26-27-28) yükleme birim maliyetlerinin 89 mm çapında yapılan atımların (5-6-7-8) yükleme birim maliyetlerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir.

Ayrıca yukarıda belirtilen 8 atım incelendiğinde dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe ile sıkılama boyunda yapılan artışlar yükleme birim maliyetlerini az da olsa düşürmüştür.

Yapılan 40 atım sonucunda oluşan en düşük yükleme birim maliyeti 1,00 TL/m^3 iken, 40 atımın sonucunda oluşan ortalama yükleme birim maliyeti 1,125 TL/$m^{3'}$dür.

5.1.5. Taşıma birim maliyet analizi

Tez çalışmaları kapsamında taşıma işi 2 adet kamyon (10 teker) ile yapılmıştır. Ancak kamyonların birinde oluşabilecek herhangi bir sorunda üretim faaliyetlerinin durmaması adına, çalışma sahasında 1 adet yedek kamyon bulundurulmaktadır (Çalışmalar esnasında yedek kamyona ihtiyaç duyulmamıştır).

Yapılan çalışmalarda kamyonlarda biri 16.821 sefer yaparken, diğeri ise 16.782 sefer yapmıştır. Burada 16.821 sefer yapan kamyon toplamda 16.841 Lt motorin tüketmiş olup sefer başına 1,001 Lt motorin tüketirken, diğer kamyon 16.782 sefer için 17.055 Lt motorin tüketmiş olup sefer başına 1,016 Lt motorin tüketmiştir. Burada oluşan sefer başına motorin farkları, kamyonların teknik özelliklerinin farklı olması ve şoförlerin kamyonları kullanış tarzlarından kaynaklıdır. Yukarıda yapılan hesaplamalar da sefer başına maliyet baz alınmasının sebebi kamyonların kilometre göstergelerinin arızalı olmasından kaynaklıdır.

Taşıma birim maliyet analizinde kamyonların her ikisinin de tükettiği sıvı yakıt (motorin) miktarlarının toplamı ile taşınan toplam malzeme miktarı baz alınmıştır.

Çizelge 5.6. Taşıma birim maliyet analizi

Atım no	Taşıma			Üretim
	Tüketilen sıvı yakıt		Birim maliyet	
	Lt	TL	TL/m^3	m^3
1	711	7.470,00	0,400	7.470,00
2	736	7.830,00	0,395	7.830,00
3	826	8.901,80	0,390	8.901,80
4	882	9.330,80	0,397	9.330,80
5	673	7.425,00	0,381	7.425,00
6	716	7.762,50	0,387	7.762,50
7	816	8.848,70	0,387	8.848,70
8	825	9.250,30	0,375	9.250,30
9	730	7.425,00	0,413	7.425,00
10	765	7.695,00	0,418	7.695,00
11	892	8.848,10	0,423	8.848,10
12	916	9.169,90	0,420	9.169,90
13	743	7.417,50	0,421	7.417,50
14	785	7.578,80	0,435	7.578,80
15	908	8.839,20	0,431	8.839,20
16	889	9.031,30	0,413	9.031,30
17	794	7.312,50	0,456	7.312,50
18	800	7.500,00	0,448	7.500,00
19	929	8.714,10	0,448	8.714,10
20	943	8.937,50	0,443	8.937,50
21	780	8.316,00	0,394	8.316,00
22	834	8.820,00	0,397	8.820,00
23	911	9.652,50	0,396	9.652,50
24	948	10.238,00	0,389	10.238,00
25	747	8.190,00	0,383	8.190,00
26	**774**	**8.662,50**	**0,375**	**8.662,50**
27	**846**	**9.506,30**	**0,374**	**9.506,30**
28	**897**	**10.055,00**	**0,375**	**10.055,00**
29	813	8.127,00	0,420	8.127,00
30	835	8.505,00	0,412	8.505,00
31	923	9.433,10	0,411	9.433,10
32	958	9.871,90	0,408	9.871,90
33	844	8.127,00	0,436	8.127,00
34	865	8.352,75	0,435	8.352,75
35	977	9.433,10	0,435	9.433,10
36	963	9.695,20	0,417	9.695,20
37	836	7.875,00	0,446	7.875,00
38	850	8.137,50	0,439	8.137,50
39	981	9.140,60	0,451	9.140,60
40	1.035	9.445,30	0,460	9.445,30
Toplam	**33.896**	**344.871,75**	**-**	**344.871,75**
Ortalama	**847**	**8.621,79**	**0,413**	**8.621,79**

5.1.6. Kırma-eleme birim maliyet analizi

Kırma tesisinde birincil kırma işlemi 130'luk primer darbeli kırıcı (PDK) ile yapılmakta olup sonrasında buradan çıkan malzeme sırasıyla sekonder darbeli kırıcı ve tersiyer darbeli kırıcıya girmektedir. Kırıcılar arası malzeme iletimi ise konveyör bantlar ile yapılmaktadır.

Kırma tesisinde ilk sınıflandırma işlemi malzeme primer darbeli kırıcıya girmeden malzemenin topraklı kısmının bypass malzemesi olarak ızgaralı elekten alınması ile başlar, sonrasında PDK'da kırılan malzeme sekonder darbeli kırıcın eleğine girerek elek altı malzeme siloya, elek üstü malzeme ise sekonder darbeli kırıcıya girer ve burada kırılan malzeme konveyör bantlar ile çoklu eleklere gönderilir ve piyasa şartlarına göre elek yapısı ayarlanarak sınıflandırma işlemi yapılır. Tesiste bu sınıflandırma işlemi için 2 adet çoklu elek kullanılmaktadır. 1. çoklu elekten 4 farklı malzeme boyutunda sınıflandırma yapılırken 2. çoklu elekten yalnızca 0-5 mm altı malzeme alınmaktadır. Burada 2. çoklu eleğin yalnızca tek kısmının kullanılması piyasa şartlarında 0,5 mm altı malzemeye duyulan ihtiyacın fazla olmasından kaynaklıdır. Ayrıca çoklu eleklerden çıkan üst ürünler doğrudan tersiyer darbeli kırıcının ara bunkerine girmektedir. Burada ara bunkerin bulunmasının sebebi, tersiyere yapılacak olan beslemenin kontrol altına alınabilmesidir. Aksi taktirde doğrudan tersiyere yapılacak besleme kırıcının tıkanmasına neden olacaktır. Tersiyere giren elek üstü malzemeler tersiyer darbeli kırıcıda kırıldıktan sonra konveyör bantlar vasıtasıyla 2. çoklu eleğe gönderilmekte ve burada yalnızca 0,5 mm boyutuna sınıflandırma yapılmaktadır.

Tez çalışmaları kapsamında yapılan 40 atımda kırma-eleme tesisine toplamda 344.871,75 m^3 malzeme beslenmiştir. Bu malzemeyi piyasa şartlarına göre boyutlandırmak için kırma tesisi toplamda 3.366,2 saat çalışmış olup, bu sürede 1.803.523,06 kwh elektrik enerjisi tüketmiştir.

Çizelge 5.7. Kırma-eleme birim maliyet analizi

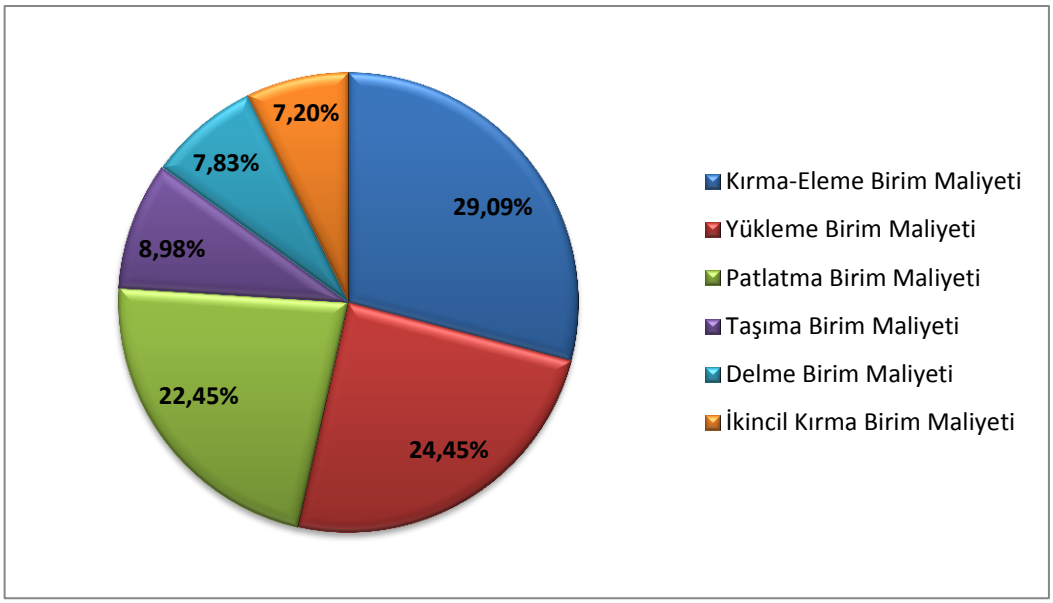
Atım no	Kırma-Eleme				Üretim m^3
	Çalışma zamanı	Elektrik tüketimi	Maliyet	Birim maliyet	
	Saat	Kwh	TL	TL/m^3	
1	71,3	37.562,18	9.600,89	1,285	7.470,00
2	74,15	38.650,50	9.879,07	1,262	7.830,00
3	84,6	44.383,50	11.344,42	1,274	8.901,80
4	87,6	45.396,23	11.603,28	1,244	9.330,80
5	68,23	34.686,23	8.865,80	1,194	7.425,00
6	71,75	36.677,03	9.374,65	1,208	7.762,50
7	82,69	42.515,55	10.866,97	1,228	8.848,70
8	86,99	45.103,28	11.528,40	1,246	9.250,30
9	72,58	38.889,90	9.940,26	1,339	7.425,00
10	75,19	40.156,20	10.263,92	1,334	7.695,00
11	87,09	46.908,23	11.989,74	1,355	8.848,10
12	88,55	46.982,25	12.008,66	1,310	9.169,90
13	75,31	41.523,30	10.613,36	1,431	7.417,50
14	75,64	41.157,90	10.519,96	1,388	7.578,80
15	88,46	48.472,20	12.389,49	1,402	8.839,20
16	89,07	48.149,33	12.306,97	1,363	9.031,30
17	77,76	44.254,35	11.311,41	1,547	7.312,50
18	77,91	43.745,63	11.181,38	1,491	7.500,00
19	90,11	50.289,75	12.854,06	1,475	8.714,10
20	93,09	52.337,25	13.377,40	1,497	8.937,50
21	79,14	41.712,30	10.661,66	1,282	8.316,00
22	83,12	43.336,13	11.076,71	1,256	8.820,00
23	90,21	46.509,75	11.887,89	1,232	9.652,50
24	97,19	50.866,20	13.001,40	1,270	10.238,00
25	75,54	38.507,18	9.842,43	1,202	8.190,00
26	**79,2**	**39.997,13**	**10.223,27**	**1,180**	**8.662,50**
27	**87,33**	**44.227,58**	**11.304,57**	**1,189**	**9.506,30**
28	**90,28**	**46.457,78**	**11.874,61**	**1,181**	**10.055,00**
29	79,24	42.170,63	10.778,81	1,326	8.127,00
30	81,92	43.344,00	11.078,73	1,303	8.505,00
31	90,6	48.656,48	12.436,60	1,318	9.433,10
32	96,88	52.033,28	13.299,71	1,347	9.871,90
33	83,68	46.487,70	11.882,26	1,462	8.127,00
34	83,74	45.897,08	11.731,29	1,404	8.352,75
35	94,05	51.307,20	13.114,12	1,390	9.433,10
36	95,74	51.902,55	13.266,29	1,368	9.695,20
37	81,09	45.147,38	11.539,67	1,465	7.875,00
38	84,4	47.210,63	12.067,04	1,483	8.137,50
39	94,81	53.030,25	13.554,53	1,483	9.140,60
40	99,97	56.881,13	14.538,82	1,539	9.445,30
Toplam	**3.366,20**	**1.803.523,06**	**460.980,49**	**-**	**344.871,75**
Ortalama	**84,15**	**45.088,08**	**11.524,51**	**1,339**	**8.621,79**

Yapılan hesaplamalar sonucunda kırma-eleme birim maliyet analizinde en düşük birim maliyetlerin 26-27 ve 28 nolu atımlarda oluştuğu görülmektedir. Burada en düşük maliyetlerin oluşmasında en önemli unsur kırma-eleme tesisine beslenen malzemenin boyutudur. Patlatma sonrası kırma-eleme tesisine beslenen malzeme boyutunun büyük olması durumunda kırma-eleme tesisi malzemeyi kırmada daha çok güç harcamakta veya primer darbeli kırıcının girişinde büyük boyuttaki malzemeler tıkanmalara neden olup tesisin boşa çalışmasını sağlamaktadır. Bu süreçte birim üretim başına düşen elektrik enerji miktarını arttırmaktadır. Bunların yanında patlatma sonrası büyük blokların hidrolik kırıcı ile kırılmasından sonra bu malzemenin tesise beslenmesi de PDK'da tıkanmalara neden olmaktadır. Ayrıca kırma birim maliyetleri ile ikincil kırma birim maliyetleri incelendiğinde bu iki birim maliyet arasında doğru orantı olduğu görülmektedir.

Kırma birim maliyet analizlerinde, tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımda oluşan en düşük kırma birim maliyeti 1,180 TL/m^3 iken, 40 atım sonucunda oluşan ortalama kırma birim maliyeti 1,339 TL/$m^{3'}$dür.

5.1.7. Kırmataş üretim birim maliyetlerinin toplam kırmataş üretim birim maliyetine olan etkilerinin belirlenmesi

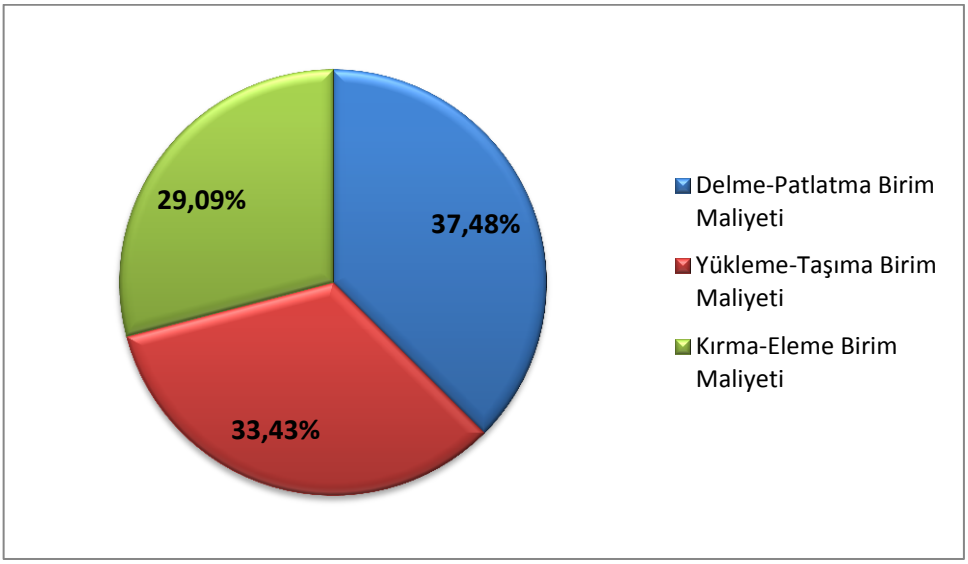
Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımda, toplam kırmataş üretim birim maliyetine etki eden birim faaliyetlerin ayrıntılı analizleri takip edilmiştir. Her bir atımda toplam birim maliyete etki eden birim faaliyetler; delme birim maliyeti, patlatma birim maliyeti, ikincil kırma birim maliyeti, yükleme birim maliyeti, taşıma birim maliyeti ve kırma birim maliyeti üst bölümlerde ayrıntılı olarak hesaplanmıştır. Bu doğrultuda 40 atım sonucunda oluşan kırmataş üretim birim maliyetlerinin ortalamaları alınarak, toplam kırmataş üretim birim maliyeti üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Şekil 5.1'de kırmataş üretim birim maliyetini etkileyen parametreler ve etki dereceleri gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Kırmataş üretim maliyetini etkileyen parametreler ve etki dereceleri

Şekil 5.1'de sunulan grafik incelendiğinde toplam üretim birim maliyetini oluşturan birim faaliyetler içerisinde en yüksek maliyeti % 29,09'luk bir oranla kırma-eleme birim maliyeti oluştururken, en düşük maliyeti % 7,20'lik bir oranla ikincil kırma işlemi oluşturmaktadır. Ayrıca toplam birim maliyetler içerisinde, yüklemenin payı % 24,45, patlatmanın payı % 22,45, taşımanın payı % 8,98 ve delmenin payı % 7,83'dür,

Şekil 5.1'de sunulan maliyetler grafiğindeki üretim giderlerinin 3 ana unsur halinde birleştirilmesi ile oluşan yeni üretim giderlerinin toplam birim maliyete etkisi Şekil 5.2'de gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Üretim giderlerini oluşturan ana unsurların toplam birim maliyet üzerindeki etkileri

Şekil 5.2'de sunulan grafikte, üretim giderlerini oluşturan tüm parametreler birleştirilerek, delme-patlatma birim maliyeti, yükleme-taşıma birim maliyeti ve kırma-eleme birim maliyeti olmak üzere üç ana unsur haline getirilmiştir. Toplam maliyet üzerine etkiyen üç ana unsurun etki yüzdeleri incelendiğinde en büyük payın delme-patlatma birim maliyeti olduğu belirlenmiştir. İşletmenin delme-patlatma birim maliyeti belirlenirken ikincil kırma birim maliyeti de eklenerek % 37,48 olduğu tespit edilmiştir. Üretim giderleri içerisinde en düşük birim maliyetin ise % 29,09 oranıyla kırma işleminin oluşturduğu görülmektedir**.**

5.2. Delme-Patlatma Basamak Tasarım Parametrelerin Kırmataş Üretim Birim Maliyetleri Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde delme-patlatma basamak tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Yapılan analizlerde;

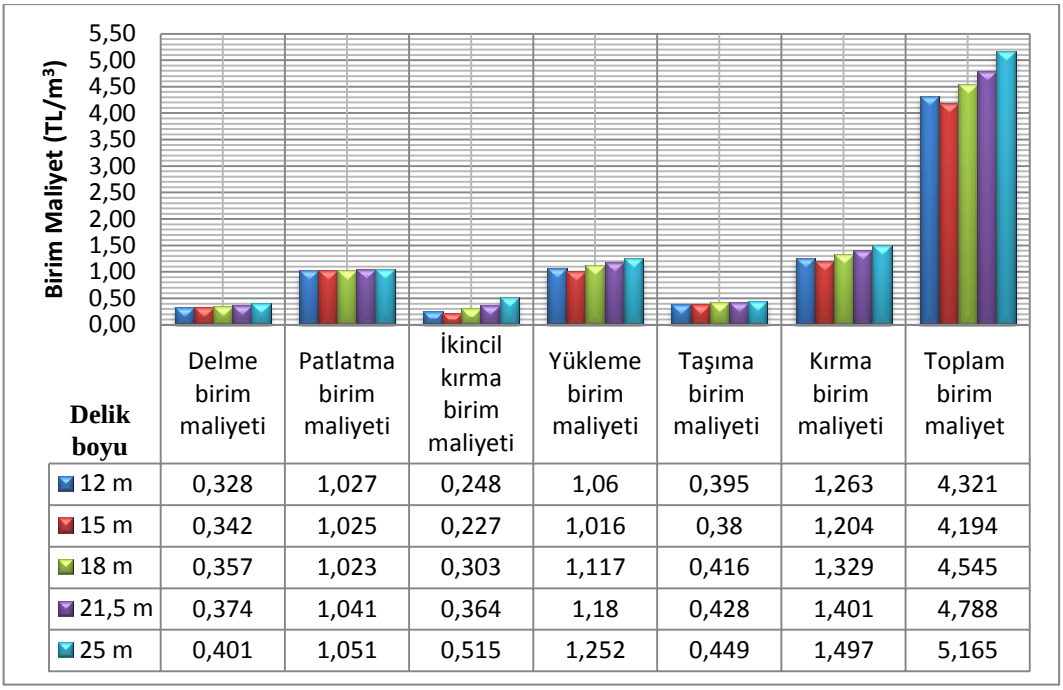
1. Delik boyunun etkisini ölçmek için 5 farklı delik boyunda ölçümler alınmıştır.
2. Delik çapının etkisi ölçmek için 89 ve 102 mm delik çapları kullanılmıştır.
3. Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığının etkisini ölçmek için delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı 0,25 m arttırılarak ölçümler alınmıştır.
4. Sıkılama boyunun etkisini ölçmek için sıkılama boyu 0,5 m arttırılarak ölçümler alınmıştır.

5.2.1. Delik boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımda 2 farklı çapta, 5 farklı delik boyu kullanılmıştır. Ocağın mevcut aynasının durumuna göre delik boyları 12-15-18-21,5 ve 25 m olarak seçilmiş olup her bir delik boyunda 8 atım gerçekleştirilmiştir. Delik boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, yapılan her atımda kırmataş üretim birim maliyetleri titizlikle incelenmiştir.

Her bir delik boyu için yapılan 8 atımda oluşan kırmataş üretim birim maliyetlerinin ortalamaları alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Örneğin Şekil 5.3'de görüldüğü üzere 12m delik boyunda yapılan 8 atım sonucunda açığa çıkan delme birim maliyetlerinin ortalama değeri 0,328 TL/m^3'dür. Bu şekilde 5 farklı delik boyu için yapılan hesaplamalarda her bir kırmataş üretim birim faaliyeti için 8 farklı birim maliyet

açığa çıkmıştır ve analizlerde bu 8 farklı birim maliyetlerin ortalamaları alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda delik boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri ve toplam birim maliyet üzerindeki etkisi Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Delik boyu	Delme birim maliyeti	Patlatma birim maliyeti	İkincil kırma birim maliyeti	Yükleme birim maliyeti	Taşıma birim maliyeti	Kırma birim maliyeti	Toplam birim maliyet
12 m	0,328	1,027	0,248	1,06	0,395	1,263	4,321
15 m	0,342	1,025	0,227	1,016	0,38	1,204	4,194
18 m	0,357	1,023	0,303	1,117	0,416	1,329	4,545
21,5 m	0,374	1,041	0,364	1,18	0,428	1,401	4,788
25 m	0,401	1,051	0,515	1,252	0,449	1,497	5,165

Şekil 5.3. Delik boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi

Yapılan analizlerde delme, ikincil kırma, yükleme ve kırma birim maliyetlerinin delik boyu değişiminden belirgin bir ölçüde etkilendiği görülmekte olup;

- Delme birim maliyetinin delik boyuyla doğru orantılı bir şekilde artmakta olduğu ve en düşük delme birim maliyeti ile en yüksek delme birim maliyeti arasındaki farkın 0,073 TL/m^3 olduğu görülmektedir. Burada oluşan fark delici makinanın yüksek delik boylarını delme de zorlanması ve dolayısıyla daha fazla sıvı yakıt tüketmesinden kaynaklıdır.
- Patlatma birim maliyeti ile delik boyları arasında net bir ilişki yoktur. Çünkü patlatma birim maliyetini etkileyen ana unsur parçalanma değil, yapılan atımdan açığa çıkan üretim miktarıdır. Bu doğrultuda delik boyu değişimi üretim miktarını önemli bir şekilde etkilemediğinden yapılan hesaplamalarda delik boyu değişimi sonucunda oluşan birim maliyet farkı da çok az olup, 0,028 TL/m^3'dür.
- İkincil kırma, yükleme, taşıma ve kırma birim maliyetleri incelendiğinde, 15 m ile yapılan atımlarda oluşan birim maliyetlerin diğer delik boylarında yapılan

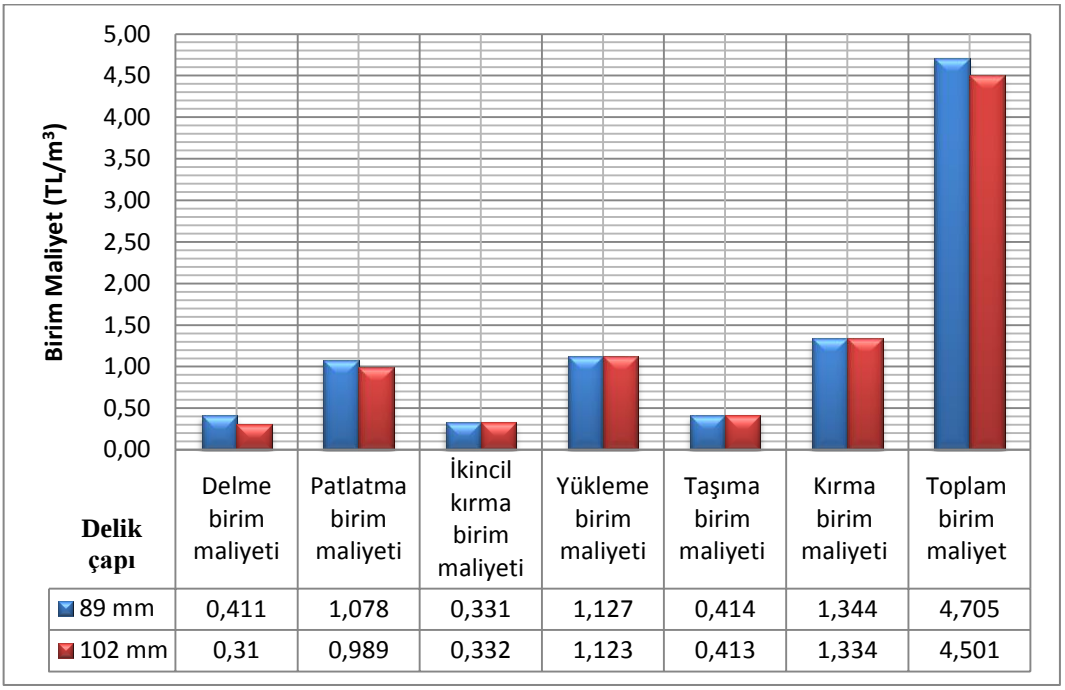
atımlarda oluşan birim maliyetlerden daha az olduğu ve bununla birlikte delik boyunun artmasıyla birlikte birim maliyetlerin de genel itibariyle artığı gözlemlenmiştir. Burada en düşük birim maliyetlerin 15 m delik boyunda yoğunlaşmasının sebebi 15 m delik boyunda yapılan patlatmalarda parçalanmanın daha iyi olmasından kaynaklıdır. Ayrıca en düşük birim maliyetler ile en yüksek birim maliyetler arasındaki farklar irdelendiğinde oluşan birim maliyet farklarının ikincil kırma için 0,288 TL/m^3, yükleme için 0,236 TL/m^3, taşıma için 0,069 TL/m^3 ve kırma için 0,293 TL/m^3 olduğu belirlenmiştir.

- En düşük toplam kırmataş üretim birim maliyetinin 15 m delik boyunda oluştuğu gözlemlenmiş olup genel itibariyle delik boyu artışının toplam kırmataş üretim birim maliyetini arttırdığı görülmüştür. Ayrıca oluşan birim maliyetler irdelendiğinde, en yüksek toplam kırmataş üretim birim maliyeti ile en düşük toplam kırmataş üretim birim maliyeti arasında 0,971 TL/m^3'lük bir fark oluştuğu gözlemlenmiştir. Burada oluşan bu ciddi birim maliyet farkına yüksek delik boylarında parçalanmanın kontrol edilememesinden kaynaklı üretim birim maliyet kalemlerindeki artışlar sebep olmaktadır.

5.2.2. Delik çapı değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi

Tez çalışması kapsamında delik çapı değişiminin etkisini belirlemek için 89 mm çapında 20 atım ile 102 mm çapında 20 atım olmak üzere toplam 40 atım yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda yalnızca delik boyları sabit tutulabilmiştir. Delikler arası mesafe, dilim kalınlığı ve sıkılama boyu delik çapının büyümesiyle doğru orantılı olarak belirli bir miktar büyütülerek atımlar gerçekleştirilmiştir. Bu parametrelerin sabit tutulamamasının sebebi, 89 mm çapında yapılan atımlar incelendiğinde patlatmaların firma yetkilileri tarafından iyi olarak değerlendirilmesi ve çap artışı ile delik sayılarında meydana gelecek azalmanın, patlatma yüzey alanını düşüreceği ve buna paralel olarak üretim miktarlarında oluşacak azalmaların birim maliyeti artacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte literatürdeki araştırmacıların da yaptığı çalışmalarda 102 mm delik çapı için, dilim kalınlığın 2,804 m ile 3,298 m arasında olması, delikler arası mesafenin 3,74 m ile 4,06 m arasında olması ve sıkılama boyunun 2,04 m ile 6,12 m arasında olması uygun görülmüştür. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda 102 mm delik çapı için dilim kalınlığı 3-3,25 m, delikler arası mesafe 3,5-3,75 m ve sıkılama boyu delik

boyuna bağlı olarak 2,5-5 m arasında alınmıştır. Bu şekilde yapılan çalışmalardan elden edilen sonuçlar Şekil 5.4'de gösterilmektedir.



Delik çapı	Delme birim maliyeti	Patlatma birim maliyeti	İkincil kırma birim maliyeti	Yükleme birim maliyeti	Taşıma birim maliyeti	Kırma birim maliyeti	Toplam birim maliyet
89 mm	0,411	1,078	0,331	1,127	0,414	1,344	4,705
102 mm	0,31	0,989	0,332	1,123	0,413	1,334	4,501

Şekil 5.4. Delik çapı değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerine etkisi

Yapılan analizlerde delik çapı değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerinde; delme ve patlatma birim maliyetlerini diğer üretim birim maliyetlerine kıyasla daha çok etkilediği görülmektedir. Özellikle de ikincil kırma, yükleme ve taşıma birim maliyetleri her iki çapta da birbirlerine çok yakın değerlerdedir.

Yapılan analizlerde;

- Delme birim maliyeti delik çapının büyümesiyle ters orantılı olarak azalmaktadır. Burada delme birim maliyetinin çap ile doğru orantılı olacağı yanılgısına düşülebilir. Çünkü çap büyüdükçe makinanın zorlanması ve daha fazla sıvı yakıt tüketmesi beklenir ve bu beklenti doğru bir beklentidir ancak delme maliyetini belirleyen ana unsur çapın büyümesinden kaynaklı makinanın zorlanması değildir. Burada delme maliyetini belirleyen ana unsur 1 atımda kullanılacak olan ANFO miktarının sabit olmasıdır. Yani 89 mm delik çapında delinen deliklerde 4.400 kg ANFO'nun eksiksiz bir şekilde deliklere doldurulabilmesi için ortalama 1.005 m delik delinmesi gerekirken, 102 mm delik çapında bu değer 792 m'dir. Dolayısıyla burada oluşan 213 m'lik delik boyu farkı, 102 mm delik çapında daha az delik delinmesinin yeterli olacağını ve daha düşük maliyetle delme işleminin tamamlanacağını

göstermektedir ve delik çapının büyümesiyle artan üretim miktarı da delme birim maliyetini düşürmektedir. Ayrıca ek bir bilgi vermek gerekirse, delici makinanın 89 mm çapında 1 m delik delme maliyeti ortalama 3,35 TL iken, 102 mm çapında bu değer ortalama 3,50 TL'dir. Buradan da anlaşılacağı üzere delik çapının artması 1 metre delik delmek için gereken delme maliyetini arttırmaktadır. Yapılan analizlerde ise delik çapının artması sonucunda delme birim maliyetinde 0,101 TL/m^3'lük bir düşüş görülmüştür.

- Patlatma birim maliyet analizinde yukarıda da bahsedildiği üzere delik çapının büyümesiyle doğru orantılı olarak büyüyen dilim kalınlığı, delikler arası mesafe ve sıkılama boyu, 1 atımda oluşabilecek üretim miktarını arttırmaktadır. Bu nedenle patlayıcı madde miktarlarının/maliyetlerinin aşağı yukarı tüm atımlarda birbirlerine çok yakın değerlerde olması üretim miktarlarındaki artışların patlatma birim maliyetlerinin düşmesine neden olmaktadır. Burada da delik çapının artmasıyla patlatma birim maliyetleri arasında 0,089 TL/m^3'lük bir düşüş meydana geldiği görülmektedir.

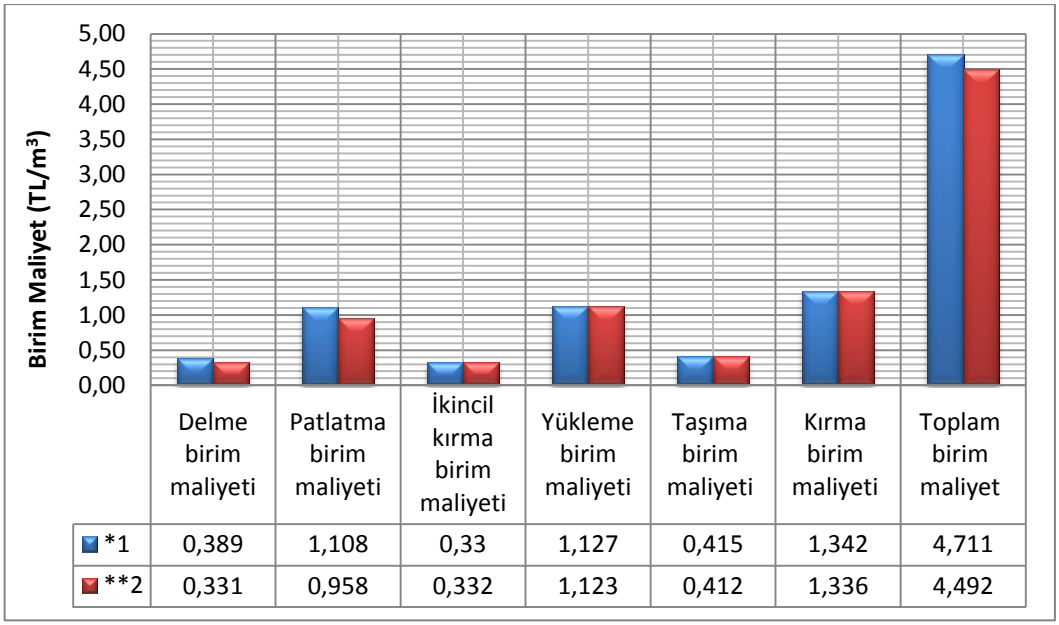
- Yukarıda da bahsedildiği üzere delik çapının değişmesiyle ikincil kırma, yükleme, taşıma ve kırma birim maliyetlerinde çok az bir oranda değişim görülmüş olup yapılan analizlerde ikincil kırma birim maliyetinde 0,001 TL/m^3'lük bir artış görülürken, yükleme birim maliyetinde 0,004 TL/m^3, taşıma birim maliyetinde 0,001 TL/m^3 ve kırma birim maliyetinde 0,01 TL/m^3'lük bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Oluşan bu farklılıkların az miktarlarda olmasının sebebi üretim birim maliyetlerini doğrudan etkileyen parçalanmanın aşağı yukarı 89 mm ve 102 mm çapında aynı boyutlarda olmasıdır.

- Toplam kırmataş üretim birim maliyetinin delik çapına göre değişimi incelendiğinde, delik çapı ile toplam kırmataş üretim maliyetinin ters orantılı olduğu görülmektedir. Ayrıca 102 mm delik çapı ile yapılan atımlarda toplam kırmataş üretim birim maliyetinin 0,204 TL/m^3 düştüğü gözlemlenmiştir.

5.2.3. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalarda 40 atımda oluşturulan tasarım parametreleri belirli bir düzen içerisinde oluşturulmuştur. Burada dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerini ne ölçüde

etkilediklerini hesaplayabilmek için 40 atım iki gruba ayrılmıştır. 1. grupta delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı arttırılmadan önce yapılan 20 atımın ölçüm değerleri bulunmakta iken, 2. grupta delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı 0,25 m arttırıldıktan sonra yapılan 20 atımın ölçüm değerleri bulunmaktadır. Daha açık olmak gerekirse birinci grupta sırasıyla 1-2-5-6-9-10-13-14-17-18-21-22-25-26-29-30-33-34-37-38 nolu atımlar mevcut iken ikinci grupta 3-4-7-8-11-12-15-16-19-20-23-24-27-28-31-32-35-36-39-40 nolu atımlar mevcuttur. Bunların kıyaslaması 2 türlü yapılabilmektedir. Birincisi bu iki grubun her birinde oluşan 20 farklı birim maliyetin ortalamaları alınarak, iki grup arasında oluşan birim maliyet farkı hesaplanabilir. İkincisi ise atımların kendi aralarında tek tek kıyaslanması sonucu oluşan 20 adet birim maliyet farkının ortalaması alınarak hesaplanabilir. Örneğin 1. gruptaki 1 nolu atım ile 2. gruptaki 3 nolu atımın kırmataş üretim birim maliyetlerinin birbirleri ile kıyaslanması sonucu oluşan birim maliyet farkı bir değerdir ve bu şekilde yapılacak olan ikili kıyaslamalar sonucunda elimizde 20 adet birim maliyet farkından oluşan değer olacaktır. Sonrasında bu 20 adet değerin ortalaması alınarak ocağın geneli hakkında dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerini ne şekilde etkiledikleri yorumlanabilecektir. Şekil 5.5'de dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerine olan etkisi gösterilmektedir.



	Delme birim maliyeti	Patlatma birim maliyeti	İkincil kırma birim maliyeti	Yükleme birim maliyeti	Taşıma birim maliyeti	Kırma birim maliyeti	Toplam birim maliyet
*1	0,389	1,108	0,33	1,127	0,415	1,342	4,711
**2	0,331	0,958	0,332	1,123	0,412	1,336	4,492

* Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırılmadan önce oluşan üretim birim maliyetlerinin ortalama değerleri
** Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırıldıktan sonra oluşan üretim birim maliyetlerinin ortalama değerleri

Şekil 5.5. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminin üretim birim maliyetlerine etkisi

Yapılan analizlerde delikler arası mesafe ve dilim kalınlığını 0,25 m arttırmanın genel itibariyle toplam kırmataş üretim birim maliyetlerini azalttığı görülmüştür.

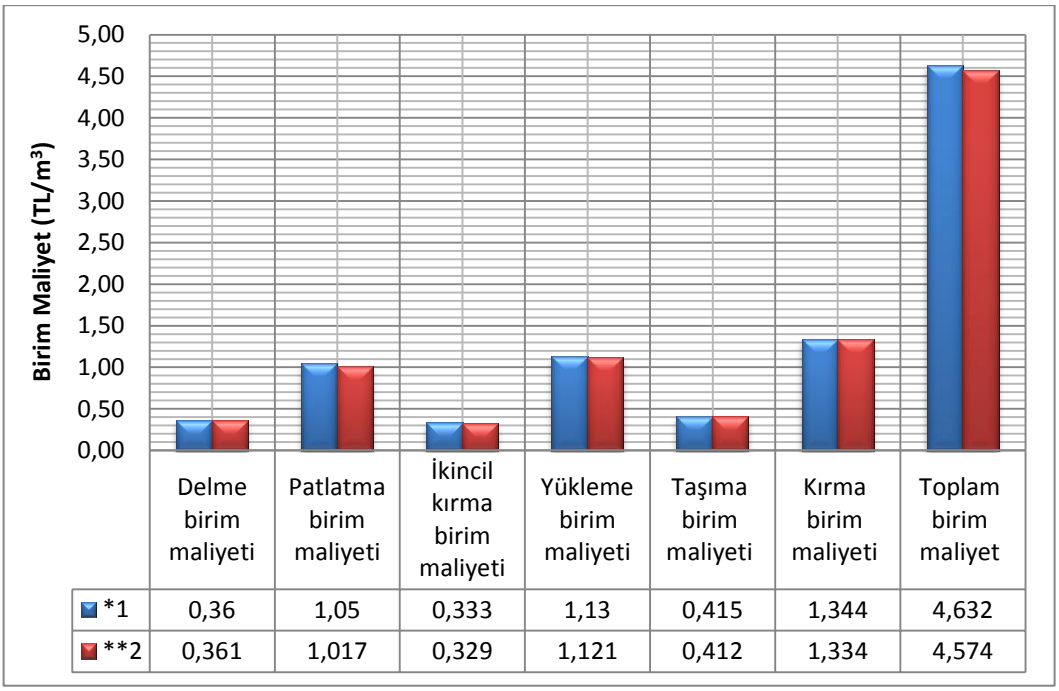
Yapılan analizlerde;

- Delme ve patlatma maliyetleri aslında dilim kalınlığı ve delikler arası mesafeden etkilenmemektedir. Ancak delme ve patlatma işlemlerinin birim maliyetleri, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe artışının sağlamış olduğu üretim miktarındaki artıştan etkilenmektedir. Burada dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin artışı ile ters orantılı olarak delme birim maliyetinin 0,058 TL/m^3 ve patlatma birim maliyetinin 0,15 TL/m^3 düştüğü belirlenmiştir.
- Yapılan hesaplamalarda İkincil kırma, yükleme, taşıma ve kırma birim maliyetlerinin dilim kalınlığı ve delikler arası mesafeden pek fazla etkilenmediğinin görülmüş olması bu birim maliyetlerinin dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminden etkilenmediği anlamına gelmemektedir. Çünkü bu maliyetlerin etkilenmemesinin sebebi dilim kalınlığı ve delikler arası mesafedeki artış miktarının az olmasıdır. Aksi taktirde yapılacak büyük miktarlardaki artışlar ile tüm kırmataş üretim birim maliyetleri dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminden etkilenecektir.
- Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafede yapılan artış ile toplam kırmataş üretim birim maliyetinde 0,219 TL/m^3'lük bir birim maliyet düşüşü gözlemlenmiştir.

5.2.4. Sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkisi

Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe değişiminde de bahsettiğimiz üzere tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalarda 40 atımda oluşturulan tasarım parametreleri belirli bir düzen içerisinde oluşturulmuştur. Burada sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerini ne ölçüde etkilediğini hesaplayabilmek için 40 atım iki gruba ayrılmıştır. 1. grupta sıkılama boyu arttırılmadan önce yapılan 20 atımın ölçüm değerleri bulunmakta iken, 2. grupta sıkılama boyu 0,5 m arttırıldıktan sonra yapılan 20 atımın ölçüm değerleri bulunmaktadır. Daha açık olmak gerekirse birinci grupta sırasıyla 1-3-5-7-9-11-13-15-17-19-21-23-25-27-29-31-33-35-37-39 nolu atımlar mevcut iken ikinci grupta 2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22-24-26-28-30-32-34-36-38-40 nolu atımlar mevcuttur. Bunların kıyaslaması 2 türlü yapılabilmektedir. Birincisi bu iki grubun her birinde oluşan 20 farklı birim maliyetin ortalamaları alınarak, iki grup

arasında oluşan birim maliyet farkı hesaplanabilir. İkincisi ise atımların kendi aralarında tek tek kıyaslanması sonucu oluşan 20 adet birim maliyet farkının ortalaması alınarak hesaplanabilir. Örneğin 1. gruptaki 1 nolu atım ile 2. gruptaki 2 nolu atımın kırmataş üretim birim maliyetlerinin birbirleri ile kıyaslanması sonucu oluşan birim maliyet farkı bir değerdir ve bu şekilde yapılacak olan ikili kıyaslamalar sonucunda elimizde birim maliyet farklarından oluşan 20 adet değer olacaktır. Sonrasında bu 20 adet değerin ortalaması alınarak ocağın geneli hakkında sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerini ne şekilde etkilediği yorumlanabilecektir. Şekil 5.6'da sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerine olan etkisi gösterilmektedir.



	Delme birim maliyeti	Patlatma birim maliyeti	İkincil kırma birim maliyeti	Yükleme birim maliyeti	Taşıma birim maliyeti	Kırma birim maliyeti	Toplam birim maliyet
*1	0,36	1,05	0,333	1,13	0,415	1,344	4,632
**2	0,361	1,017	0,329	1,121	0,412	1,334	4,574

* Sıkılama boyu arttırılmadan önceki birim maliyetler
** Sıkılama boyu 0,5 m arttırıldıktan sonra oluşan birim maliyetler

Şekil 5.6. Sıkılama boyu değişiminin kırmataş üretim birim maliyetlerine olan etkisi

Yapılan analizlerde sıkılama boyunu 0,5 m arttırmanın sonucu olarak kırmataş üretim birim maliyetlerinin az bir oranda da olsa düştüğü görülmektedir. Genel itibariyle kırmataş üretim birim maliyetlerini irdelediğimizde yalnızca delme birim maliyetinde 0,001 TL/m^3'lük bir artış görülürken patlatma birim maliyetinde 0,033 TL/m^3, ikincil kırma birim maliyetinde 0,004 TL/m^3, yükleme birim maliyetinde 0,009 TL/m^3, taşıma birim maliyetinde 0,003 TL/m^3 ve kırma birim maliyetinde 0,01 TL/m^3'lük düşüş görülmüştür. Toplam kırmataş üretim birim maliyetinde ise 0,058 TL/m^3'lük bir birim maliyet düşüşü gözlemlenmiştir.

5.3. Tasarım Parametreleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında birbirinden farklı tasarım parametrelerine sahip 40 atımdan elde edilen kırmataş üretim birim maliyetleri içerisinde en düşük kırmataş üretim birim maliyetlerinin hangi atımlarda ve hangi tasarım parametrelerinde oluştuğu belirlenmiştir ve belirlenen bu tasarım parametrelerinin literatürdeki araştırmacıların geliştirdiği formüllerle uygunluğu araştırılmış olup ayrıca tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri ile ilgili olan ilişkileri sunulmuştur.

5.3.1. En ideal tasarım parametrelerinin belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımdan elde edilen kırmataş üretim maliyetleri 4. bölümde gösterilmektir. Bu bölümde kırmataş üretim maliyetleri, üretim miktarları ile karşılaştırılarak kırmataş üretim birim maliyetleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalarda kırmataş üretim birim maliyetleri tek tek hesaplanmış olup Çizelge 5.8'de gösterilmektedir.

Yapılan analizlerde en düşük kırmataş üretim birim maliyetini bulmak için atımlarda oluşan üretim birim maliyetlerinin toplamları baz alınmış olup bu doğrultuda yapılan çalışmalarda en düşük toplam kırmataş üretim birim maliyetlerinin 26-27 ve 28 nolu atımlarda oluştuğu belirlenmiştir.

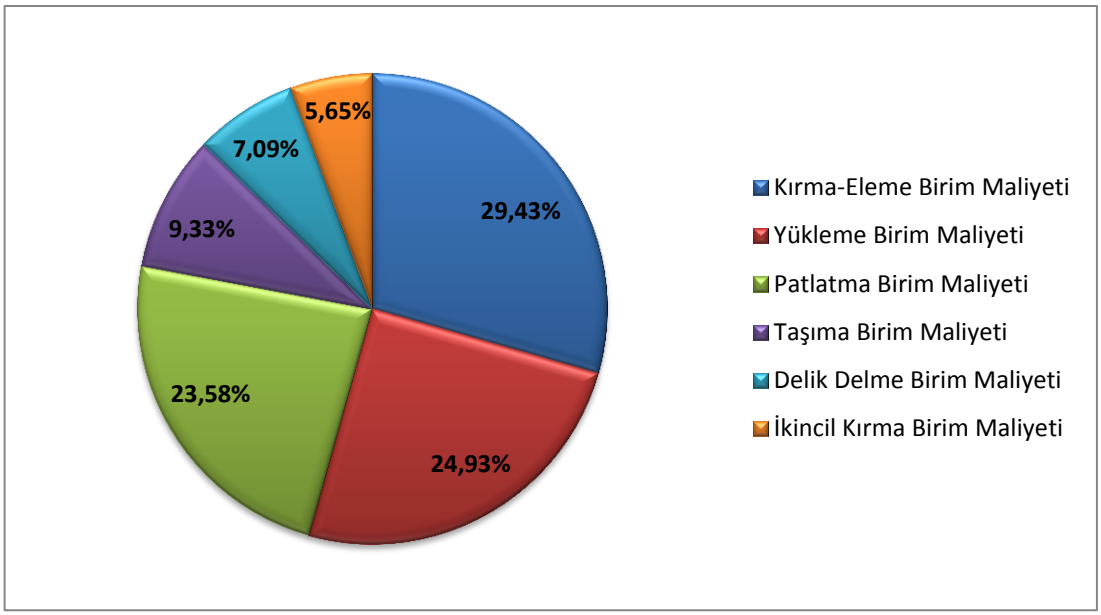
Bu atımların tasarım parametreleri incelendiğinde çalışmaların yapıldığı saha için en uygun görülen tasarım parametrelerinin genel itibariyle 15 m delik boyu, 102 mm delik çapı, 3-3,25 m arası dilim kalınlığı 3,5-3,75 m arası delikler arası mesafe, 3-3,5 m arası sıkılama boyu ve 1,25 m delik taban boyu olduğu görülmektedir.

Ayrıca en ideal 3 atımda (26-27 ve 28) oluşan tasarım parametrelerini incelendiğimizde delik boyu, delik çapı ve delik taban boyunun her 3 atımda da aynı olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda bundan sonra yapılacak birim maliyet çalışmalarında bu üç parametreyi ellemeden diğer tasarım parametreleri üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

Analizler neticesinde belirlenen bu 3 atımın (26-27 ve 28) ortalama üretim giderlerinin toplam birim maliyet üzerindeki etkisi Şekil 5.7'de gösterilmektedir.

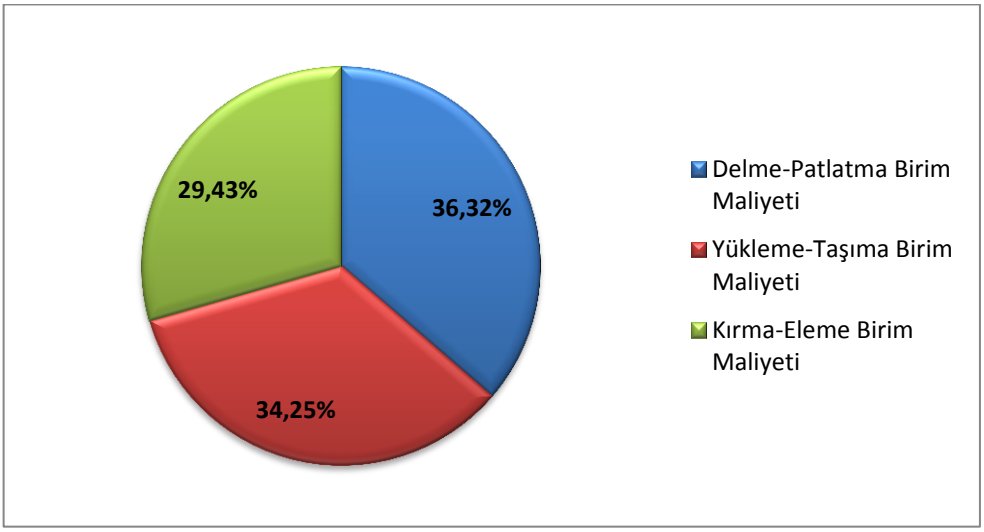
Çizelge 5.8. Kırmataş üretim birim maliyetleri

Atım no	Delme birim maliyeti	Patlatma birim maliyeti	İkincil kırma birim maliyeti	Yükleme birim maliyeti	Taşıma birim maliyeti	Kırma birim maliyeti	Toplam birim maliyet
	TL/m^3	TL/m^3	TL/m^3	TL/m^3	TL/m^3	TL/m^3	TL/m^3
1	0,406	1,185	0,266	1,077	0,400	1,285	4,619
2	0,404	1,128	0,245	1,057	0,395	1,262	4,490
3	0,347	0,993	0,247	1,067	0,390	1,274	4,317
4	0,347	0,948	0,260	1,040	0,397	1,244	4,235
5	0,419	1,179	0,225	1,001	0,381	1,194	4,400
6	0,427	1,142	0,221	1,017	0,387	1,208	4,403
7	0,362	0,993	0,229	1,035	0,387	1,228	4,233
8	0,358	0,984	0,237	1,055	0,375	1,246	4,254
9	0,444	1,187	0,303	1,112	0,413	1,339	4,797
10	0,444	1,125	0,291	1,119	0,418	1,334	4,730
11	0,372	0,986	0,320	1,145	0,423	1,355	4,601
12	0,368	1,005	0,280	1,106	0,420	1,310	4,489
13	0,454	1,192	0,390	1,210	0,421	1,431	5,098
14	0,462	1,136	0,333	1,162	0,435	1,388	4,917
15	0,391	0,984	0,358	1,175	0,431	1,402	4,742
16	0,389	0,997	0,329	1,146	0,413	1,363	4,637
17	0,491	1,232	0,581	1,293	0,456	1,547	5,600
18	0,486	1,135	0,489	1,252	0,448	1,491	5,300
19	0,420	1,009	0,463	1,231	0,448	1,475	5,046
20	0,421	1,018	0,547	1,250	0,443	1,497	5,175
21	0,294	1,042	0,249	1,079	0,394	1,282	4,341
22	0,300	1,042	0,238	1,053	0,397	1,256	4,285
23	0,261	1,000	0,230	1,038	0,396	1,232	4,157
24	0,262	0,874	0,247	1,068	0,389	1,270	4,109
25	0,316	1,057	0,219	1,013	0,383	1,202	4,190
26	0,310	0,987	0,207	1,000	0,375	1,180	4,060
27	0,270	0,942	0,215	1,005	0,374	1,189	3,994
28	0,274	0,916	0,260	1,000	0,375	1,181	4,006
29	0,340	1,091	0,288	1,114	0,420	1,326	4,579
30	0,332	1,006	0,277	1,096	0,412	1,303	4,426
31	0,274	0,911	0,299	1,110	0,411	1,318	4,324
32	0,284	0,875	0,361	1,136	0,408	1,347	4,411
33	0,349	1,066	0,465	1,224	0,436	1,462	5,002
34	0,351	1,091	0,362	1,187	0,435	1,404	4,830
35	0,298	0,931	0,349	1,186	0,435	1,390	4,588
36	0,295	0,928	0,330	1,154	0,417	1,368	4,492
37	0,381	1,086	0,463	1,234	0,446	1,465	5,076
38	0,375	1,061	0,490	1,243	0,439	1,483	5,091
39	0,315	0,931	0,506	1,242	0,451	1,483	4,928
40	0,325	0,938	0,582	1,273	0,460	1,539	5,117
Ortalama	**0,360**	**1,033**	**0,331**	**1,125**	**0,413**	**1,339**	**4,602**



Şekil 5.7. En ideal atımların (26,27 ve 28) ortalama üretim birim maliyetlerinin toplam birim maliyet üzerindeki etkileri

Şekil 5.7'de sunulan grafik incelendiğinde toplam üretim birim maliyetini oluşturan birim faaliyetler içerisinde en yüksek maliyeti % 29,43'lük bir oranla kırma-eleme birim maliyeti oluştururken, en düşük maliyeti % 5,65'lik bir oranla ikincil kırma işlemi oluşturmaktadır. Ayrıca toplam birim maliyetler içerisinde, yüklemenin payı % 24,93, patlatmanın payı % 23,58, taşımanın payı % 9,33 ve delmenin payı % 7,09'dur. Ayrıca Şekil 5.7'de sunulan üretim giderlerinin 3 ana unsur halinde birleştirilmesi ile oluşan yeni üretim giderlerinin toplam birim maliyete etkisi Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.8. En ideal atımların üretim giderlerini oluşturan ana unsurların toplam birim maliyete etkileri

Şekil 5.8'de sunulan grafikte, üretim giderlerini oluşturan tüm parametreler birleştirilerek, delme-patlatma birim maliyeti, yükleme-taşıma birim maliyeti ve kırma-eleme birim maliyeti olmak üzere üç ana unsur haline getirilmiştir. Toplam maliyet üzerine etkiyen üç ana unsurun etki yüzdeleri incelendiğinde en büyük payın delme-patlatma birim maliyeti olduğu belirlenmiştir. İşletmenin delme-patlatma birim maliyeti belirlenirken ikincil kırma birim maliyeti de eklenerek % 36,32 olduğu tespit edilmiştir. Üretim giderleri içerisinde en düşük birim maliyetin ise % 29,43 oranıyla kırma işleminin oluşturduğu görülmektedir**.**

5.3.2. Tasarım parametreleri ile üretim birim maliyetleri arasındaki ilişkiye dair yaklaşımlar

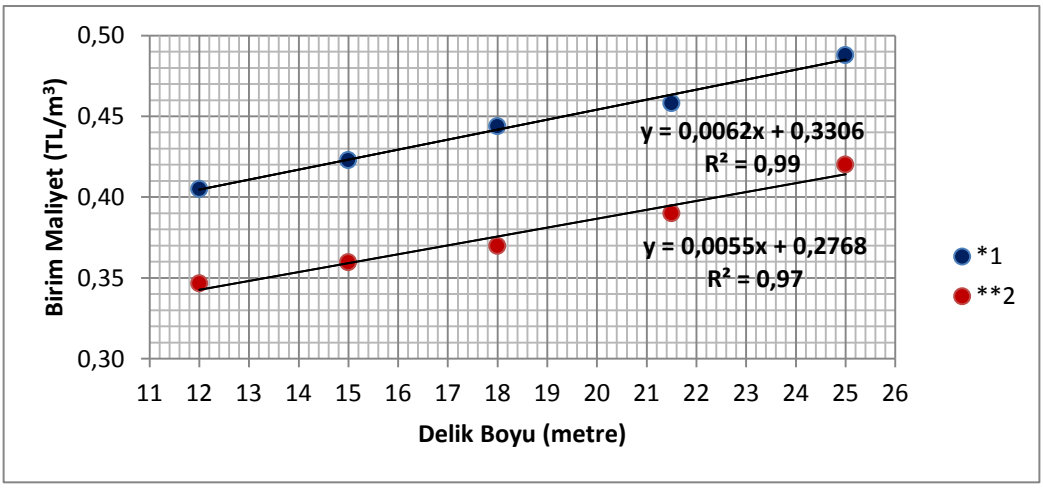
Bu bölümde delik boyu, delik çapı, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe ve özgül şarjın etkiledikleri kırmataş üretim birim maliyetlerine ilişkin yaklaşımlara yer verilmiştir.

5.3.2.1. Delik boyu ile kırmataş üretim birim maliyetleri arasındaki ilişkiye dair yaklaşımlar

Delik boyunun birim maliyetler üzerine olan etkisinden bölüm 5.2'de bahsedilmiş olup, bu bölümde yapılan analizlerde, 89 ve 102 mm çaplarında delik boyu ile delme, ikincil kırma, yükleme ve kırma birim maliyetleri arasındaki ilişki dikkate alınmıştır.

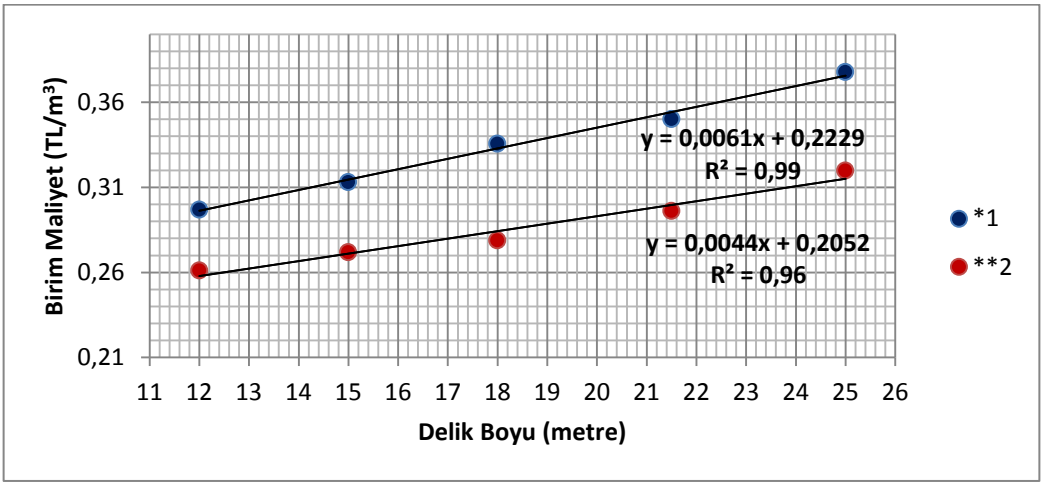
a-) Delik boyu ve delme birim maliyeti arasındaki ilişki

Şekil 5.9'da 89 mm çapında delik boyu ile delme birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilirken Şekil 5.10'da 102 mm çapında delik boyu ile delme birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilmektedir.



*Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırılmadan önce oluşan delme birim maliyet verileri
** Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırıldıktan sonra oluşan delme birim maliyet verileri

Şekil 5.9. 89 mm çapında delik boyu ve delme birim maliyeti arasındaki ilişki



*Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırılmadan önce oluşan delme birim maliyet verileri
** Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe arttırıldıktan sonra oluşan delme birim maliyet verileri

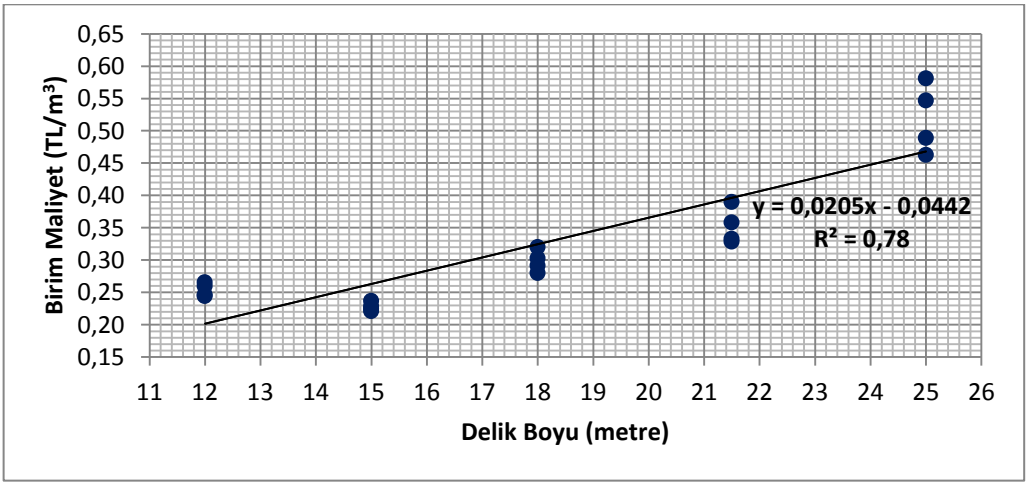
Şekil 5.10. 102 mm çapında delik boyu ve delme birim maliyeti arasındaki ilişki

Yapılan analizlerde delik boyunun her iki çapta da yükselmesiyle delme birim maliyeti de yükselmektedir. Bunun sebebi yüksek delik boylarında delici makinanın zorlanması ve sıvı yakıt tüketimlerinin artmaya başlamasındandır. Her bir delik boyu için gerçekleştirilen 8 atım 2 ayrı çapta 4'er atım olmak üzere incelendiğinde atımların şekillerde ikişer olarak ayrıldıkları görülmektedir. Bu durumunun böyle olması dilim kalınlığı ve delikler arası mesafeden kaynaklı olup, bu parametrelerde yapılan artış doğrudan üretim miktarını arttırdığından delme birim maliyetleri düşmektedir.

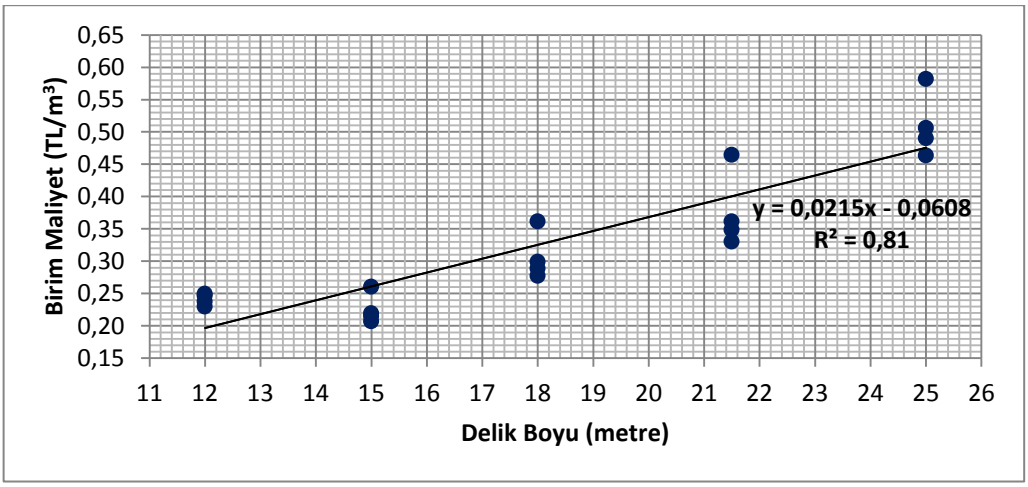
Ayrıca yukarıdaki formüllerden yararlanılarak bundan sonraki süreçte delik boyunda yapılacak olan değişimlerin delme birim maliyetini ne derecede etkileyeceği önceden belirlenebilecektir.

b-) Delik boyu ve ikincil kırma birim maliyeti arasındaki ilişki

Şekil 5.11'de 89 mm çapında delik boyu ile ikincil kırma birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilirken Şekil 5.12'de 102 mm çapında delik boyu ile ikincil kırma birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 5.11. 89 mm çapında delik boyu ve ikincil kırma birim maliyeti arasındaki ilişki



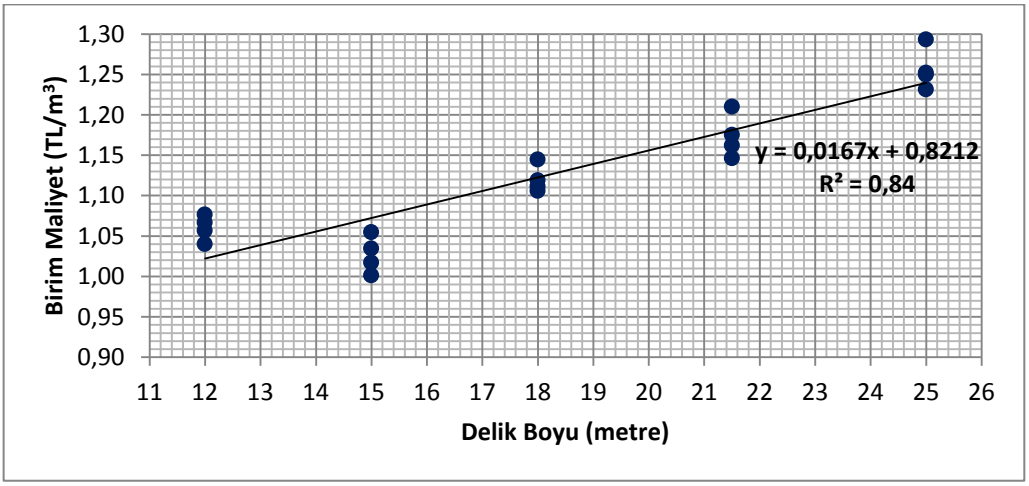
Şekil 5.12. 102 mm çapında delik boyu ve ikincil kırma birim maliyeti arasındaki ilişki

Yapılan analizlerde delik boyu ile ikincil kırma birim maliyeti arasında her iki çapta da doğrusal bir ilişki görülmektedir. Her iki çapta da delik boyunun artmasıyla oluşan ikincil kırma birim maliyetindeki artışın sebebi delik boyunun büyümesiyle meydana gelen parçalanabilirliğin kötü olmasından kaynaklı büyük blokların (patarların) sayısının fazla olmasıdır. Ayrıca burada dikkat edilmesi gereken bir husus

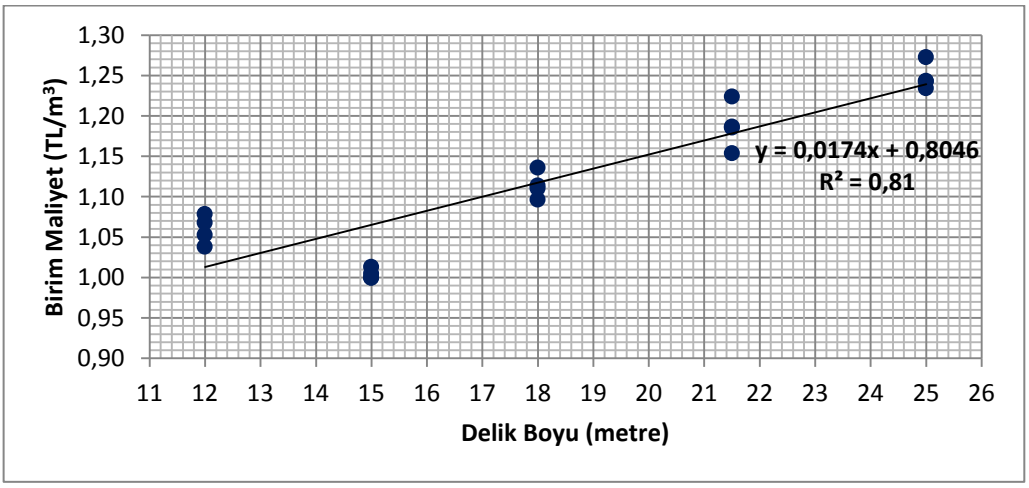
her iki çapta da 15 m delik boyunda yapılan atımlarda ikincil kırma birim maliyetlerinde bir düşüş meydana geldiğidir.

c-) Delik boyu ve yükleme birim maliyeti arasındaki ilişki

Şekil 5.13'de 89 mm çapında delik boyu ile yükleme birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilirken Şekil 5.14'de 102 mm çapında delik boyu ile yükleme birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 5.13. 89 mm çapında delik boyu ve yükleme birim maliyeti arasındaki ilişki



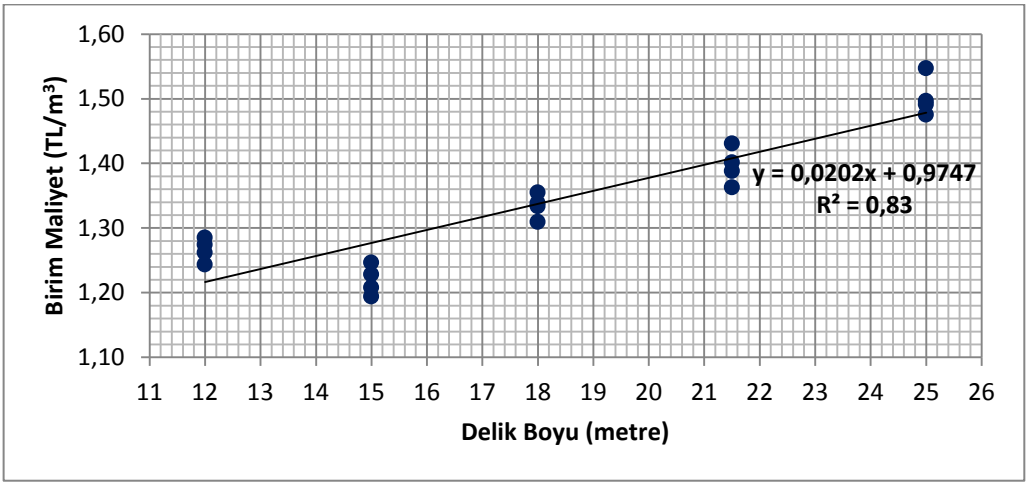
Şekil 5.14. 102 mm çapında delik boyu ve yükleme birim maliyeti arasındaki ilişki

Yapılan analizlerde delik boyu ile yükleme birim maliyeti arasında her iki çapta da doğrusal bir ilişki görülmektedir. Burada delik boyunun artmasıyla yükleme birim maliyetinde oluşan artışın sebebi, parçalanabilirliğin yüksek delik boylarında daha kötü

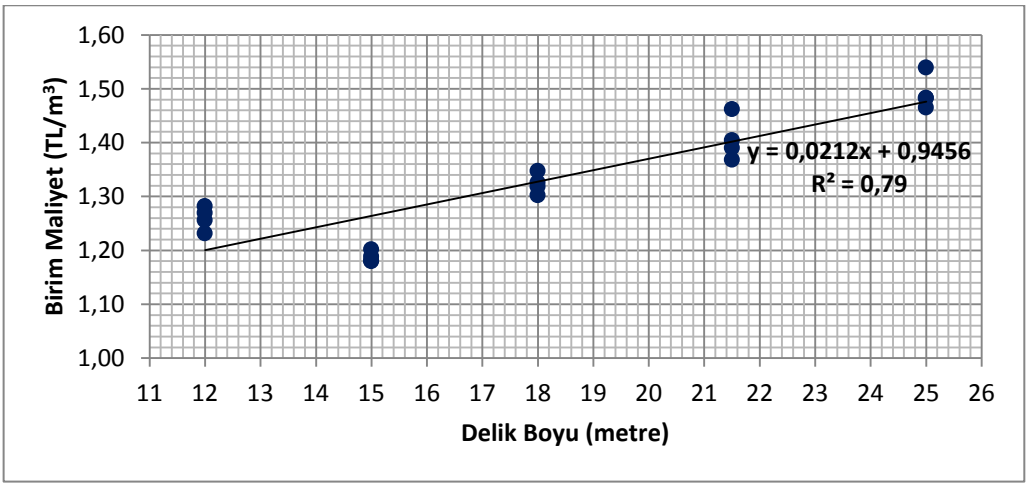
olması ve bu sebeple aynada sökülmesi zor malzemenin kalması ve tırnak oluşumlarının gözlemlenmesi neticesinde yükleyici makinanın yükleme işini yapmakta zorlanması ve daha fazla sıvı yakıt tüketmesidir. Ayrıca yapılan analizlerde yükleme birim maliyetinin en düşük 15 m delik boyunda olduğu gözlemlenmiştir

d-) Delik boyu ve kırma birim maliyeti arasındaki ilişki

Şekil 5.15'de 89 mm çapında delik boyu ile kırma birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilirken Şekil 5.16'da 102 mm çapında delik boyu ile kırma birim maliyeti arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 5.15. 89 mm çapında delik boyu ve kırma birim maliyeti arasındaki ilişki



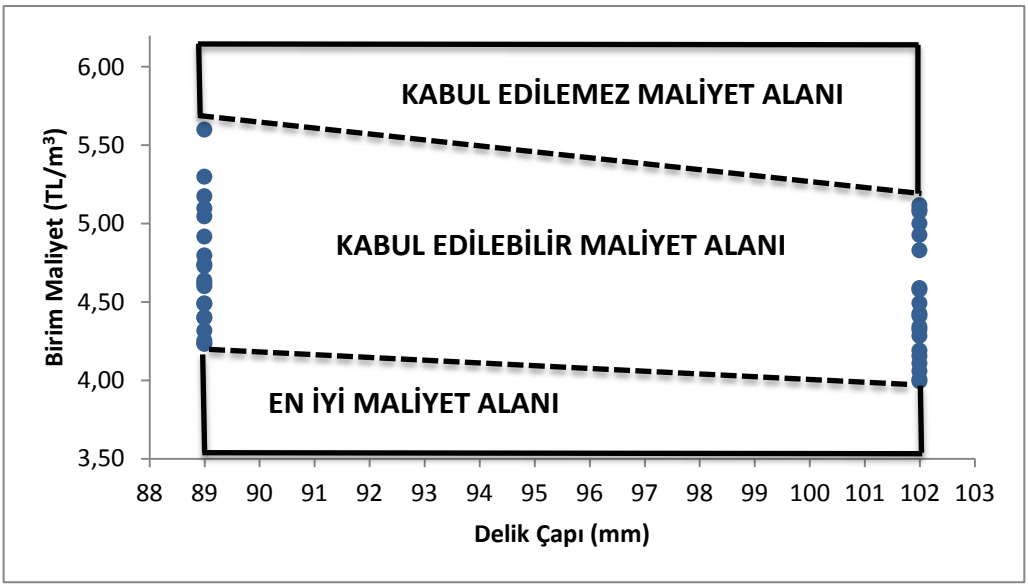
Şekil 5.16. 102 mm çapında delik boyu ve kırma birim maliyeti arasındaki ilişki

Yapılan analizlerde kırma birim maliyetinin, yükleme ve ikincil kırma birim maliyetlerinde de görüldüğü gibi 15 m delik boyunda en düşük birim maliyette olduğu ve genel itibariyle delik boyu artışıyla doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Burada delik boyunun artmasıyla oluşan kırma birim maliyetindeki artışın sebebi, parçalanmanın kötü olmasından kaynaklı patar miktarının fazla olması ve dolayısıyla tesise beslenen malzeme boyutunun büyük olmasından kaynaklıdır. Ayrıca burada patarların ikincil kırma ile kırılıp tesise beslenmesi de primer darbeli kırıcıda tıkanmalara neden olmaktadır. İkincil kırma ile her ne kadar büyük bloklar primer darbeli kırıcının ağız açıklığına göre ayarlansa da bu taşlarının hepsinin 1 seferde kamyona yüklenip tesise beslenmesi primer darbeli kırıcının önünde malzemenin sıkışmasına neden olmaktadır. Bu işlem süresince yapılması gereken, ikincil kırma işlemi ile kırılan patarların her kamyona ortalama 4-5 ton gelecek şekilde beslenmesidir. Ayrıca tek bir hidrolik kırıcı ile 2 ocak idare edildiğinden makinaların bir uyum içerisinde çalışmalarını sağlamak zordur. Bu konuyu biraz daha açmak gerekirse ikincil kırma işleminde kullanılan hidrolik ekskavatörün, lastik tekerlekli yükleyici ile birlikte çalıştığı anlar çok azdır. Genel itibariyle lastik tekerlekli yükleyici yükleme anında karşılaştığı patarları çalışmasına engel olmayacak şekilde 5-10 m uzaklıktaki bir yere götürür ve orada patarlar biriktikten sonra hidrolik kırıcı ile kırma işlemi gerçekleşir. Sonrasında 1 atımda oluşan ayna önündeki malzemenin tesise beslenmesi tamamlandıktan sonra yükleyici makine hidrolik kırıcı ile kırılmış malzemeleri yüklemeye geçer. Bu işlem sonrasında patarların tesise beslenmesi genel itibariyle tıkanmalara, ya da primer darbeli kırıcaya beslemenin kesik kesik olmasına neden olur. Bu süreç de doğal olarak tesisin verimini düşürür ve kırma birim maliyetini arttırır

Sonuç olarak kırma birim maliyeti delik boyunun artışından kaynaklı olan parçalanabilirliğin kötü olmasından etkilenmekte olup kırmataş işletmesinde maliyet optimizasyonu alanında tekrar bir çalışma yapılacak olursa yukarıda verilen formüllerden ocak geneli hakkında fikir sahibi olunabilir.

5.3.2.2. Delik çapı ile toplam birim maliyet arasındaki ilişkiye dair yaklaşım

Delik çapının birim maliyetler üzerine olan etkisinden bölüm 5.2'de bahsedilmiş olup, delik çapının delme ve patlatma birim maliyetlerini kayda değer bir ölçüde etkilediği bunlara karşın diğer birim maliyetleri ise çok az bir oranda etkilediği görülmüştür.



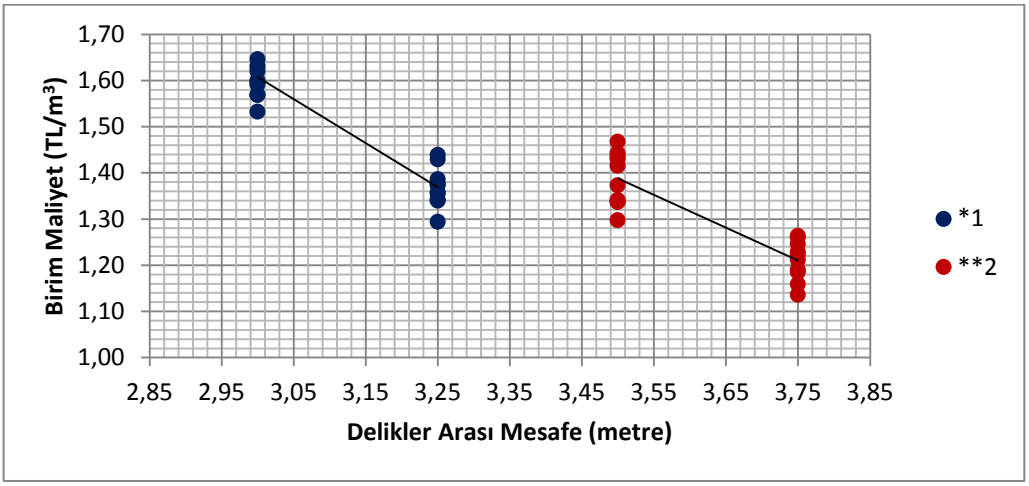
Şekil 5.17. Delik çapı ile toplam kırmataş üretim birim maliyeti arasındaki ilişki

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım sonucunda 89 mm çapında 20 birim maliyet ve 102 mm çapında 20 birim maliyet olmak üzere toplamda 40 adet farklı birim maliyet açığa çıkmıştır. Şekil 5.17'de her iki çapta da yapılan atımların toplam kırmataş üretim birim maliyetleri gösterilmektedir. Burada 89 mm çapından 102 mm çapına doğru gidildikçe toplam kırmataş üretim birim maliyetinin düştüğü görülmektedir. Ayrıca oluşturulan grafikte 89 ve 102 mm çapları arasında kalan kısım kabul edilebilir maliyet alanı olarak değerlendirilirken bu birim maliyetlerin üzerindeki kısımlar kabul edilemez maliyet alanı ve altındaki kısımlar da en iyi maliyet alanı olarak değerlendirilmektedir.

5.3.2.3. Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe ile birim maliyetler arasındaki ilişkiye dair yaklaşımlar

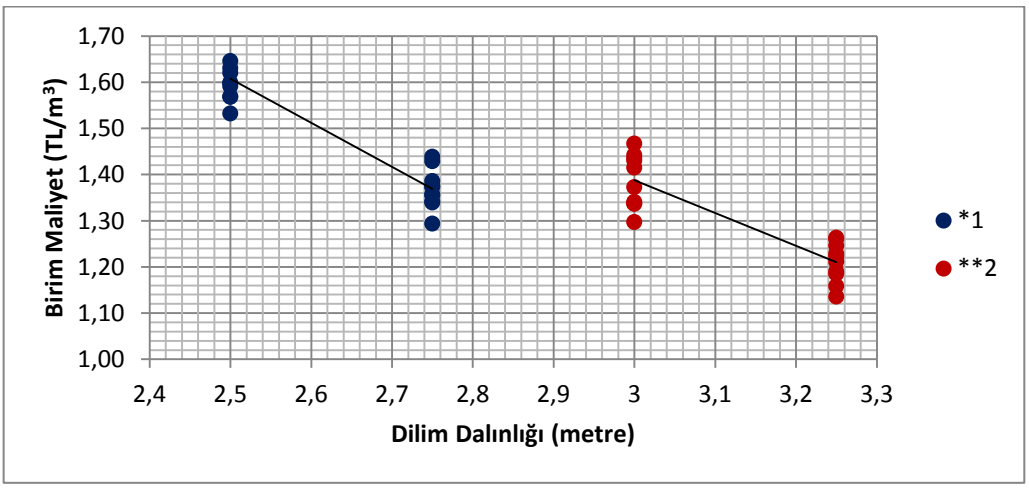
Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin birim maliyetler üzerine olan etkisinden bölüm 5.2'de bahsedilmiş olup bu doğrultuda dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin delme ve patlatma birim maliyetlerini kayda değer bir ölçüde etkilediği bunlara karşın diğer birim maliyetleri ise çok az bir miktarda etkilediği görülmüştür. Burada dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin diğer birim maliyetleri az bir derecede etkilemesinin sebebi yapılan artış miktarının çok az olmasından kaynaklıdır. Aksi taktirde yapılacak büyük miktarlardaki artışların diğer üretim birim maliyetlerini de etkileyeceği unutulmamalıdır. Yapılan analizlerde delikler arası mesafe ve dilim

kalınlığının delme-patlatma birim maliyetleri ile arasındaki ilişki irdelenmiş olup sonuçlar Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



*89 mm çapında alınan ölçümler
**102 mm çapında alınan ölçümler

Şekil 5.18. Delikler arası mesafe ile delme-patlatma birim maliyeti arasındaki ilişki



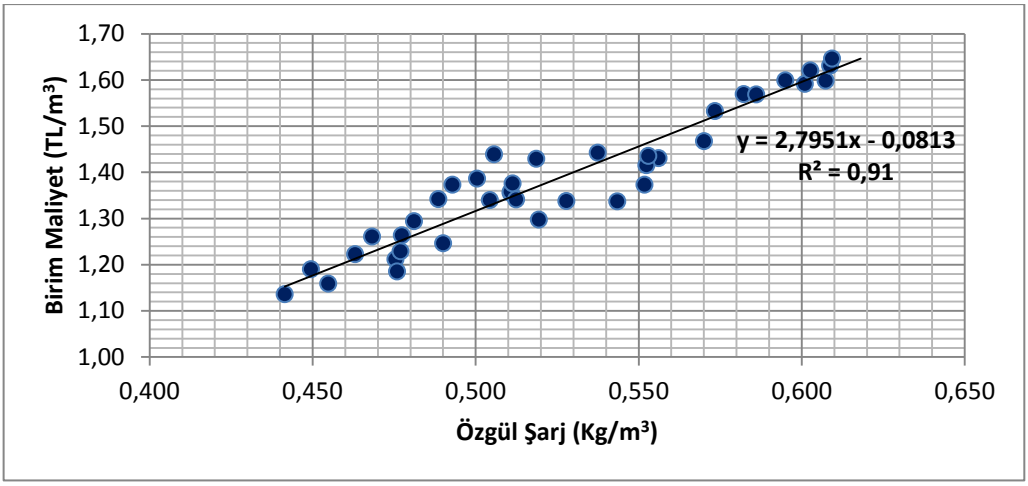
*89 mm çapında alınan ölçümler
**102 mm çapında alınan ölçümler

Şekil 5.19. Dilim kalınlığı ile delme-patlatma birim maliyeti arasındaki ilişki

Şekil 5.18. ve Şekil 5.19'da görüldüğü üzere dilim kalınlığı ve delikler arası mesafedeki artış ile ters orantılı olarak delme-patlatma birim maliyetleri düşmektedir. Burada oluşan maliyet düşüşünün sebebi dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin artışı ile artan üretim miktarı doğrudan delme-patlatma birim maliyetlerini düşürmüştür.

5.3.2.4. Özgül şarj ile birim maliyetler arasındaki ilişkiye dair yaklaşımlar

Yapılan çalışmalarda her bir atımın özgül şarj miktarı hesaplanmış olup delme-patlatma birim maliyeti ile arasındaki ilişki irdelenmiştir. Şekil 5.20'de özgül şarjın delme-patlatma birim maliyetleri ile arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 5.20. Özgül şarj ile delme-patlatma birim maliyeti arasındaki ilişki

Yapılan analizlerde özgül şarj miktarı ile doğru orantılı olarak delme-patlatma birim maliyetinin arttığı görülmektedir. Burada özgül şarj miktarlarındaki artış kolon şarj boyundaki değişimler ile delik çapındaki değişimlerinden kaynaklıdır. Dolayısıyla özgül şarjın fazla olduğu kısımlarda kolon şarj boylarının fazla olması ve/veya delik çapının büyük olması aynı patlayıcı madde miktarı ile yapılan atımlarda 1 deliği doldurmak için daha fazla patlayıcı madde gerektireceğinden toplam patlatma delik sayısını düşürmekte ve daha dar bir alanda patlatma yapılmasına neden olmakla birlikte üretim miktarının da düşmesine neden olmaktadır. Üretim miktarındaki düşüşle ters orantılı olarak da delme-patlatma birim maliyeti artmaktadır. Ayrıca yukarıdaki formülden yararlanılarak kırmataş ocağında bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda kullanılacak özgül şarj miktarına karşılık ne kadar bir delme-patlatma birim maliyeti oluşacağı hesaplanabilir.

5.3.3. En ideal tasarım parametrelerinin literatüre uygunluğu

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım sonucunda kırmataş işletmesi için belirlenen en ideal 3 atımın (26,27 ve28) ortak tasarım parametreleri baz alınarak

literatürdeki araştırmacıların oluşturdukları formüller ile mukayese edilmiş olup Çizelge 5.9'da gösterilmektedir.

Yapılan incelemelerde;

Tamrock ve Hagan'ın basamak yüksekliğini baz alarak delik çapını belirleme de kullandıkları formüllerde 13,75 m basamak yüksekliği için Tamrock, ideal delik çapının 68,75 mm ile 137,5 mm arasında olması gerektiğini savunurken, Hagan aynı basamak yüksekliği için ideal delik çapının 171,87 mm ile 343,75 mm arasında olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca Naapuri ve Bhandari'nin dilim kalınlığını baz alarak delik çapını belirlemede kullandıkları formüllerde 3,25 m dilim kalınlığı için Naapuri, ideal delik çapının 81,25 mm ile 130 mm arasında olmasını gerektiğini savunurken, Bhandari aynı dilim kalınlığı için ideal delik çapının 92,85 mm ile 162,5 mm arasında olması gerektiğini savunmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda ideal delik çapının 102 mm olması Tamrock, Naapuri ve Bhandari'nin formülleri ile uyuşurken Hagan'ın formülü ile uyuşmamaktadır.

Tamrock ve Hagan'ın dilim kalınlığını hesaplamada delik çapını baz alarak yaptıkları formüllerde, 102 mm delik çapı için ideal dilim kalınlığının; Tamrock 2,55 m ile 4,08 m arasında olması gerektiğini ve Hagan 2,04 m ile 3,57 m arası olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca Morhard ve diğ., Bhandari, Ash ve Persson ve diğerlerinin sıkılama boyunu baz alarak yaptıkları formüllerde 3,5 m sıkılama boyu için ideal dilim kalınlığının; Morhard ve diğ. 2,692 m ile 5 m arasında olması gerektiğini, Bhandari 2,333 m ile 5 m arasında olması gerektiğini, Ash 5 m olması gerektiğini ve Persson ve diğ. $\leq$ 3,5 m olması gerektiğini savunmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda ideal dilim kalınlığının 3,25 m olması Ash'ın formülü ile uyuşmamakta iken diğer araştırmacıların yaptıkları formüller ile uyuşmaktadır.

Langefors, Olofsson, Hustrild, Jimeno ve diğ., Ash ve Morhard ve diğerlerinin delikler arası mesafeyi hesaplamada dilim kalınlığını baz alarak yaptıkları formüllerde, 3,25 m dilim kalınlığı için, en ideal delikler arası mesafenin; Langefors 3,74 m ile 4,06 m arasında olmasını gerektiğini Olofsson 4,06 m olması gerektiğini, Hustrild 3,74 m olması gerektiğini, jimeno ve diğ. 3,74 – 4,225 m arasında olması gerektiğini, Ash 3,9 m ile 5,85 m arasında olması gerektiğini ve Morhard ve diğ. 3,25 m ile 5,85 m arasında olması gerektiğini savunmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda en ideal delikler arası mesafenin 3,75 m olması Ash ve Olofsson'un formülleri ile uyuşmamakta iken diğer araştırmacıların formülleri ile uyuşmaktadır.

Çizelge 5.9. Kırmataş işletmesi için en ideal tasarım parametrelerinin literatüre uygunluğu

Parametreler	**26,27 ve 28 nolu atımların ortak parametreleri**	**Araştırmacılar**	**Formüller**	**Uygunluk**
Delik çapı (d) Basamak yüksekliği (K)	102 mm 13,75 m	Tamrock (1984)	d(mm) = K(m) / (100 - 200)	**68,75 mm - 137,5 mm**
		Hagan (1983)	d(mm) = K(m) / (40 - 80)	171,87 mm - 343,75 mm
		Naapuri (1990)	d(mm) = B(m) / (25 - 40)	**81,25 mm - 130 mm**
		Bhandari (1997)	d(mm) = B(m) / (20 - 35)	**92,85 mm - 162,5 mm**
Dilim kalınlığı (B)	3,25 m	Tamrock (1984)	B(m) = (25 - 40) x d(m)	**2,55 m - 4,08 m**
		Hagan (1983)	B(m) = (20 - 35) x d(m)	**2,04 m - 3,57 m**
		Morhard ve diğ. (1987)	B(m) = H_0 / (0,7 - 1,3)	**2,692 m - 5 m**
		Bhandari (1997)	B(m) = H_0 / (0,7 - 1,5)	**2,333 m - 5 m**
		Persson ve diğ. (1994)	B(m) ≤ 1 x H_0	**≤ 3,5 m**
		Ash (1963)	B(m) = H_0 / 0,7	5 m
Delikler arası mesafe (S)	3,75 m	Hustrild (1999)	S(m) = 1.15 x B(m)	**3,74 m**
		Langefors (1979)	S(m) = (1.15 - 1.25) x B(m)	**3,74 m - 4,06 m**
		Jimeno ve diğ. (1995)	S(m) = (1.15 - 1,30) x B(m)	**3,74 m - 4,225**
		Olofsson (1988)	S(m) = 1.25 x B(m)	4,06 m
		Ash (1963)	S(m) = (1.2 - 1,8) x B(m)	3,9 m - 5,85 m
		Morhard ve diğ. (1987)	S(m) = (1 - 1,8) x B(m)	**3,25 m - 5,85 m**
Sıkılama boyu (H_0)	3,5 m	Tamrock (1984)	H_0(m) = (0,7 – 1) x B(m)	2,28 m - 3,25 m
		Hoek (1981)	H_0(m) = (0,67 – 2) x B(m)	**2,18 m - 6,5 m**
		Hagan (1983)	H_0(m) = (20 – 60) x d(m)	**2,04 m - 6,12 m**
		Langefors, Gustaffson (1997)	H_0(m) = B(m)	3,25 m
Delik taban boyu (U)	1,25 m	Hoek (1981)	U(m) = (0,2 - 0,3) x B(m)	0,65 m - 0,975
		Tamrock (1984)	U(m) = (0,3 - 0,4) x B(m)	**0,975 m - 1,3 m**
		Dick (1983)	U(m) = (0,1 - 0,5) x B(m)	**0,325 m - 1,625 m**
		Hagan'ın önerisi, Bilgin (1986)	U(m) = 8 x d(m)	0,816 m

Sıkılama boyunu hesaplamada Tamrock, Hoek, Langefors ve Gustafsson, dilim kalınlığını baz alırken Hagan delik çapını baz almıştır. Yapılan çalışmalarda 3,25 m dilim kalınlığı için en ideal sıkılama boyunun; Tamrock 2,28 m ile 3,25 m arasında olması gerektiğini, Hoek 2,18 m ile 6,5 m arasında olması gerektiğini ve Langefors ile Gustafsson 3,25 m olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca Hagan'ın delik çapını baz alarak yaptığı çalışmada da 102 mm delik çapı için sıkılama boyunun 2,04 m ile 6,12 m arasında olması gerektiği belirtilmektedir. Tez kapsamında belirlenen 3,5 m sıkılama boyu Hoek ve Hagan'ın formülleri ile uyuşurken, Tamrock ve Langefors ile Gustafsson'un formülleri ile uyuşmamaktadır.

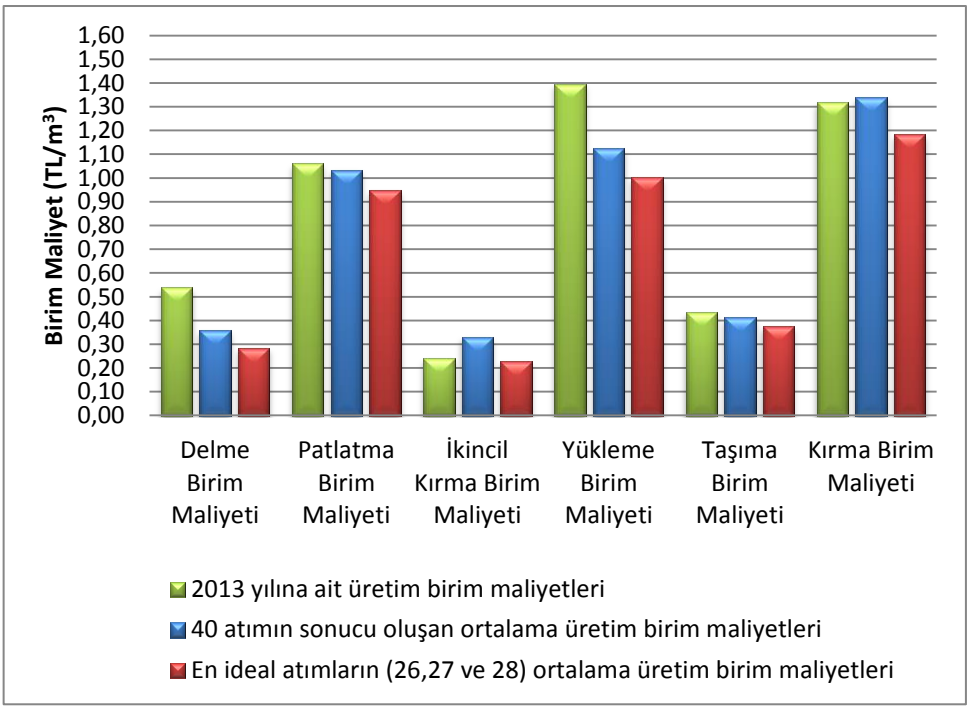
Delik taban boyunu hesaplamada Tamrock, Hoek ve Dick dilim kalınlığını baz alırken Hagan'ın önerisi ile Bilgin delik çapını baz almıştır. Yapılan çalışmalarda 3,25 m dilim kalınlığı için en ideal delik taban boyunu; Tamrock 0,975 m ile 1,3 m arasında olması gerektiğini, Hoek 0,65 m ile 0,975 m arasında olması gerektiğini ve Dick 0,325 m ile 1,625 m olması gerektiğini savunmaktadır. Ayrıca Hagan'ın önerisi ile Bilgin'in delik çapını baz alarak yaptığı çalışmada da 102 mm delik çapı için sıkılama boyunun 0,816 m olması gerektiği belirtilmektedir. Tez kapsamında belirlenen 1,25 m delik taban boyu Tamrock ve Dick'in formülleri ile uyuşurken, Hoek ve Bilgin'in formülleri ile uyuşmamaktadır.

5.4. Tez Çalışması Öncesi ve Sonrası Oluşan Kırmataş Üretim Birim Maliyetleri

2013 yılında maden mühendisi olarak iş başı yaptığım Öztaşoğlu firmasına ait kırmataş ocağında, çalıştığım süre zarfında toplamış olduğum veriler ile tez çalışması kapmasında (Eylül/2014-Ağustos/2015) yapmış olduğum çalışmalar sonucunda toplamış olduğum veriler karşılaştırılmış olup Çizelge 5.10'da gösterilmiştir. Ayrıca bu çalışmalardan elden edilen kırmataş üretim birim maliyetleri de Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.10. Çalışma sahasından alınan veriler

Veriler		2013 Yılı	40 Atım	En ideal atımların ortalaması (26,27 ve 28 nolu atımlar)	Maliyetteki azalma %
Delme	Birim maliyet (TL/m^3)	0,539	0,360	0,285	47,12
	Toplam maliyetteki etki (%)	9,98	7,82	7,09	
Patlatma	Atım sayısı	44	40	3	10,73
	Birim maliyet (TL/m^3)	1,062	1,033	0,948	
	Toplam maliyetteki etki (%)	20,83	22,45	23,58	
İkincil kırma	Birim maliyet (TL/m^3)	0,241	0,331	0,227	5,81
	Toplam maliyetteki etki (%)	4,26	7,19	5,65	
Yükleme	Birim maliyet (TL/m^3)	1,397	1,13	1,002	28,27
	Toplam maliyetteki etki (%)	28,77	24,45	24,93	
Taşıma	Birim maliyet (TL/m^3)	0,435	0,413	0,375	13,79
	Toplam maliyetteki etki (%)	9,06	8,97	9,33	
Kırma	Kapasite (m^3/saat)	106,35	102,45	109,9	10,31
	Elektrik enerjisi (kwh/m^3)	5,08	5,23	4,63	
	Birim maliyet (TL/m^3)	1,319	1,339	1,183	
	Toplam maliyetteki etki (%)	27,09	29,10	29,43	
Toplam	Üretim (m^3)	378.156,67	344.871,75	28.223,80	19,5
	Toplam maliyet (TL)	1.814.581,57	1.580.563,39	113.420,31	
	Birim maliyet (TL/m^3)	4,994	4,602	4,02	



Şekil 5.21. Kırmataş üretim birim maliyetlerinin karşılaştırılması

Yapılan karşılaştırmalarda;

- Delme birim maliyet analizinde, 2013 yılında oluşan birim maliyet 0,539 TL/m^3 iken, bu değer tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 0,360 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 0,285 TL/m^3'dür. Burada oluşan bu farklılıklar firmanın kullandığı delik çapı ve delik çapındaki değişimin diğer tasarım parametrelerini etkilemesi ile oluşan üretim miktarı ile ilgilidir. Kırmataş ocağında, 2013 yılında 44 atım yapılmıştır ve bu atımların 42 tanesinde delikler 89 mm çapında delinmiş olup, her bir atımda 8.594,47 m^3'lük bir üretim yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımda ise deliklerin yarısı 89 mm çapında delinirken diğer yarısı 102 mm çapında delinmiş olup, buna karşın bir atımda ortalama 8.621,79 m^3'lük bir üretim yapılmıştır. Ayrıca en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımlarda da delikler 102 mm çapında delinmiş olup, buna karşın ortalama bir atımda 9.407,83 m^3'lük bir üretim yapılmıştır. Burada açıkça görülüyor ki delik çapındaki artış delme birim maliyetini düşürmektedir. Ancak burada maliyetin düşmesindeki ana sebeplerden biri olan delik çapının sağlamış olduğu üretim miktarındaki artış unutulmamalıdır. Aksi takdirde tasarım parametrelerini sabit tutup yalnızca delik çapını arttırma yoluna gidilirse; üretim miktarında herhangi bir artış olmayacağı ve delik çapındaki artışın delme maliyetini arttıracağı ve bu doğrultuda da delme birim maliyetinin de artacağı unutulmamalıdır.

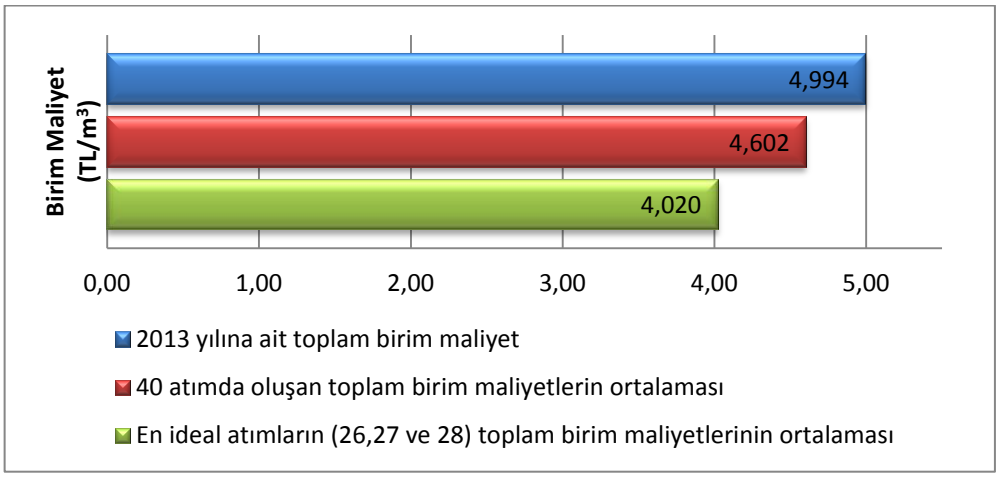
- Patlatma birim maliyet analizinde, önceki bölümlerde de bahsettiğimiz üzere kullanılan patlayıcı madde miktarlarının/maliyetlerinin aşağı yukarı her bir atımda birbirine çok yakın değerlerde olması, patlatma birim maliyetinin yalnızca üretim miktarından etkilenmesine neden olmaktadır. Yapılan karşılaştırmada da açıkça görülüyor ki 2013 yılı için 8.594,47 m^3'lük bir üretime karşılık 1,062 TL/m^3'lük bir birim maliyet oluşurken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 8.621,79 m^3'lük bir üretime karşılık 1,033 TL/m^3'lük bir birim maliyet oluşmaktadır. Ayrıca en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında da patlatma birim maliyeti 9.407,83 m^3'lük bir üretime karşın 0,948 TL/m^3'dür. Burada üretim miktarlarında oluşan değişimlerin basamak tasarım parametrelerinden kaynaklandığı unutulmamalıdır. Ayrıca 2013 yılı verileri ile en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların verileri arasında kullanılan patlayıcı madde miktarları irdelendiğinde dinamit miktarının % 4,96 arttığı, ANFO miktarının % 7,55 azaldığı, ve kapsül adedinin % 37,5 azaldığı görülmektedir.
- İkincil kırma birim maliyet analizinde, oluşan birim maliyetlerin 2013 yılında 0,241 TL/m^3, tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 0,331 TL/m^3 ve en ideal atımların ortalamasında 0,227 TL/m^3 olduğu görülmektedir. Burada 2013 yılında yapılan ikincil kırma işlemi ile tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım arasında oluşan birim maliyet farkının fazla olmasının sebebi, yükleyici makinadan kaynaklıdır. 2013 yılının ilk 10 ayında kullanılan paletli ekskavatörün sökme kuvvetinin lastik tekerlekli yükleyici makinaya göre daha yüksek olması ve yükleme esnasında karşılaştığı büyük blokları kovasıyla yükseğe kaldırıp aşağı bırakarak kırabilmesi, ikincil kırma işleminin yükünü bir hayli azaltmıştır. Bu sebeple 2013 yılında ikincil kırma birim maliyeti hem daha düşük çıkmıştır hem de toplam birim maliyet içerisinde % 4,26'lık çok düşük bir paya sahiptir. 2013 yılında oluşan ikincil kırma birim maliyeti ile en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımda oluşan ikincil kırma birim maliyeti kıyaslandığında en ideal atımda oluşan ikincil kırma birim maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak ikincil kırma birim maliyetinin az olmasına rağmen toplam birim maliyet içerisinde ikincil kırma birim maliyetinin payı (% 5,65) daha yüksektir.
- Yükleme birim maliyet analizinde belirtildiği üzere burada tasarım parametrelerinin yükleme birim maliyetine etkisinden daha ziyade 2013 yılında yüklemenin genel itibariyle paletli ekskavatör ile yapılmış olmasıdır. Paletli ekskavatör

ile yükleme yapılması ikincil kırma birim maliyetini düşürse de lastik tekerlekli yükleyiciye kıyasla yükleme birim maliyetini fazlasıyla arttırmaktadır. Çizelge 5.10'a bakacak olursak 2013 yılında yükleme ve ikincil kırma birim maliyetleri toplamı 1,638 TL/m^3 iken bu değer tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 1,461 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında ise 1,229 TL/m^3'dür. Ayrıca lastik tekerlekli yükleyici makinanın ikincil kırma işlemini yapan hidrolik ekskavatör ile birlikte çalışması sağlanabilirse, yükleme birim maliyeti biraz daha düşürülebilir. Burada 2013 yılında paletli ekskavatörün ikincil kırma işleminin çalışmasını azaltması pozitif olarak görülse de ekskavatörün aynadan malzemeyi sökmede ve tırnak oluşumlarındaki malzemeyi almada aşırı zorlanması yıl içerisinde ekskavatörün bakım-onarım ve sanayi masraflarını arttırmıştır.

- Taşıma birim maliyet analizinde oluşan farklar arasında bir yorum yapmak çok zordur. Çünkü taşıma birim maliyetinde kamyona yüklemenin tek tek irdelenmesi, yol mesafelerinin net ölçülmesi, yıl içerisinde bir kamyonu en az 3-4 farklı şoförün kullandığını düşünürsek şoförlerin kamyonları kullanış tarzları vb. bir çok parametre taşıma birim maliyetini etkilemektedir. Ayrıca genel itibariyle 2013 yılında taşıma birim maliyetinin diğerlerine kıyasla daha fazla olmasını açıklarsak, 2013 yılının yaklaşık 6 aylık bir kısmında kullanılan kamyonlardan biri daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğundan daha yüksek miktarda yakıt tüketiyordu. Bununla birlikte bu kamyondan kaynaklı yükleme-taşıma-tesis döngüsü düzensiz bir şekilde ilerliyordu. Daha sonrasında kamyonun daha düşük taşıma kapasitesine sahip bir kamyonla değiştirilmesi ile yükleme-taşıma-tesis döngüsü ideale yakın hale getirilmiş olup bu doğrultuda taşıma birim maliyetinin de düştüğü gözlemlenmiştir.

- Kırma birim maliyet analinizde 2013 yılında 1 m^3 malzemeyi piyasa talebi doğrultusunda boyutlandırmak için 5,08 kwh elektrik enerjisi tüketilirken, bu değer, tez çalışmaları kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 5,23 kwh ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 4,63 kwh'dir. Burada en yüksek elektrik enerjisinin 40 atımın ortalamasında oluşmasının sebebi ikincil kırma ile kırılmış taşların fazla olmasındandır. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere patlatma sonrası tesise doğrudan beslenen malzemenin tesiste kırılması ile ikincil kırma sonrası tesise beslenen malzemenin tesiste kırılması aşamasında farklılıklar vardır. İkincil kırma ile kırılmış taşların tesise beslenmesi aşamasında primer darbeli kırıcıda sıkışma olmaması için besleme daha yavaş ve daha kontrollü yapılmaktadır. Ancak her ne kadar kontrol

edilmeye çalışılsada taş sıkışmalarının önüne tam anlamıyla geçilememektedir. Burada taş sıkışması giderilene kadar tesis boşa çalışmakta ve kırma birim maliyeti artmaktadır. Ayrıca tesisin saatlik kapasitesini incelediğimizde de en düşük kapasitenin yine tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında oluştuğu görülmektedir. Burada açıkça görülüyor ki ikincil kırma birim maliyetindeki artış doğrudan kırma birim maliyetini arttırmakta ve tesisin kapasitesi düşürmektedir.



Şekil 5.22. Toplam üretim birim maliyetlerinin karşılaştırılması

- Toplam birim maliyet analizinde, 2013 yılında toplam kırmataş üretim birim maliyeti 4,994 TL/m^3 iken bu değer, tez çalışmaları kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 4,602 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 4,02 TL/m^3'dür. Burada 11 aylık sürede tamamlanan 40 atım ile firmaya 0,392 TL/m^3'lük (135.189,73 TL) bir kazanç sağlanırken firmanın bundan sonraki çalışmalarında kullanacağı en ideal basamak tasarım parametreleri ile toplamda 0,974 TL/m^3 kazanç sağlanacaktır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu bölümde sonuçlar 4 ana başlık altında sunulmuştur;

Birinci kısımda tez çalışması kapsamında yapılan 40 atım sonucunda oluşan birim maliyetlere yer verilmiştir.

İkinci kısımda tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetlerine olan etkilerine yer verilmiştir.

Üçüncü kısımda en ideal tasarım parametrelerinin literatüre uygun olup olmadığına dair bilgilere yer verilmiştir.

Dördüncü ve son kısımda tez çalışması öncesi ve sonrası firmanın kırmataş üretim birim maliyetlerinde oluşan farklılıklara yer verilmiştir.

6.1.1. Kırmataş üretim birim maliyetleri ile ilgili sonuçlar

1 metre delik delmek için gereken maliyet; 89 mm çapında 12-25 m arası delinen deliklerde 3,03-3,76 TL iken 102 mm çapında 12-25 m arası delinen deliklerde 3,09-4,00 TL arasındadır. Burada delik çapı ve delik boyunun büyümesiyle doğru orantılı olarak 1 metre delik delmek için gereken maliyetin de arttığı görülmektedir. Yapılan 40 atım sonucunda oluşan delik delme birim maliyeti 0,36 TL/m^3 iken, 1 metre delik delmek için gereken maliyet 3,42 TL'dir. Delme birim maliyeti delik boyu ve delik çapının artışı ile artmaktadır. Ancak delik çapının artışı ile dilim kalınlığı ve delikler arası mesafede meydana gelecek büyüme ile artan üretim miktarı delme birim maliyetinin düşmesine neden olmaktadır.

Patlatma birim maliyetini, patlayıcı madde miktarlarının/maliyetlerinin her atımda yaklaşık aynı değerlerde olmasından dolayı üretim miktarında oluşan değişimler belirlemektedir. Bu doğrultuda en düşük patlatma birim maliyeti, üretimin en çok olduğu 24 nolu atımdadır. Yapılan 40 atım sonucunda patlatma birim maliyeti 1,033 TL/m^3 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 1 metreküp malzeme üretmek için 12,68 gr dinamit, 0,012 adet kapsül ve 515,01 gr ANFO gerekmektedir.

Yapılan 40 atım sonucunda ikincil kırma birim maliyeti 0,331 TL/m^3 yükleme birim maliyeti 1,125 TL/m^3 taşıma birim maliyeti 0,413 TL/m^3 ve kırma birim maliyeti 1,339 TL/m^3 olarak hesaplanmıştır.

6.1.2. Tasarım parametrelerinin kırmataş üretim birim maliyetleri üzerindeki etkilerine dair sonuçlar

Delik boyu değişimi ile delme birim maliyetinin doğrusal olarak arttığı ve 12-25 m arası delinen deliklerde yapılan çalışmalarda oluşan en yüksek delme birim maliyeti ile en düşük delme birim maliyeti arasında 0,073 TL/m^3'lük bir fark olduğu görülmüştür. Ayrıca delik boyu değişimi ile patlatma birim maliyeti arasında net bir ilişki bulunamamıştır.

Delik boyu değişimi ile ikincil kırma birim maliyetinde 0,288 TL/m^3, yükleme birim maliyetinde 0,236 TL/m^3, taşıma birim maliyetinde 0,069 TL/m^3 ve kırma birim maliyetinde 0,293 TL/m^3'lük farklar oluşmuştur. Toplam birim maliyette ise 0,971 TL/m^3'lük bir birim maliyet farkı oluşmuştur.

Yapılan çalışmalarda delik boyunun artışı ile kırmataş üretim birim maliyetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Ancak 15 m delik boyunda yapılan çalışmalarda diğerlerinin aksine birim maliyetin düştüğü gözlemlenmiştir.

Delik çapının artışı ile ikincil kırma birim maliyeti 0,001 TL/m^3 artarken, delme birim maliyeti 0,101 TL/m^3, patlatma birim maliyeti 0,089 TL/m^3, yükleme birim maliyeti 0,004 TL/m^3, taşıma birim maliyeti 0,001 TL/m^3 ve kırma birim maliyeti 0,01 TL/m^3 düşmüştür. Toplam birim maliyet ise delik çapının artışı ile 0,204 TL/m^3 düşmüştür.

Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin arttırılması ile ikincil kırma birim maliyeti 0,002 TL/m^3 artarken, delme birim maliyeti 0,058 TL/m^3, patlatma birim maliyeti 0,15 TL/m^3, yükleme birim maliyeti 0,004 TL/m^3, taşıma birim maliyeti 0,003 TL/m^3 ve kırma birim maliyeti 0,006 TL/m^3 düşmüştür. Toplam birim maliyet ise dilim kalınlığı ve delikler arası mesafenin artışı ile 0,219 TL/m^3 düşmüştür.

Tez çalışması kapsamında yapılan dilim kalınlığı, delikler arası mesafe ve sıkılama boyu değişimlerinden yalnızca delme ve patlatma birim maliyetlerinin kayda değer bir ölçüde etkilenmiş olduğu görülmektedir. Ayrıca diğer birim maliyetlerin çok az bir oranda etkilenmesinin sebebi ise yapılan değişim miktarlarının az olmasıdır.

Sıkılama boyunun artışı ile delme birim maliyeti 0,001 TL/m^3 artarken, patlatma birim maliyeti 0,033 TL/m^3, ikincil kırma birim maliyeti 0,004 TL/m^3, yükleme birim maliyeti 0,009 TL/m^3, taşıma birim maliyeti 0,003 TL/m^3 ve kırma birim maliyeti 0,01 TL/m^3 düşmüştür. Toplam birim maliyet ise sıkılama boyunun artışı ile 0,058 TL/m^3 düşmüştür.

6.1.3. En ideal tasarım parametreleri ve bu parametrelerin literatüre uygunluğuna dair sonuçlar

Yapılan çalışmalar neticesinde en düşük kırmataş üretim birim maliyetlerinin 26-27 ve 28 nolu atımlarda oluştuğu gözlemlenmiştir.

Çalışılan saha için en uygun; delik boyu 15 m, delik çapı 102 mm, dilim kalınlığı 3,25 m, delikler arası mesafe 3,75 m sıkılama boyu 3,5 m ve delik taban boyu 1,25 m olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda ideal delik çapının 102 mm olması Tamrock, Naapuri ve Bhandari'nin formülleri ile uyuşurken Hagan'ın formülü ile uyuşmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda ideal dilim kalınlığının 3,25 m olması Tamrock, Hagan, Morhard ve diğ., Bhandari ve Persson ve diğerlerinin formülleri ile uyuşurken, Ash'in formülü ile uyuşmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda en ideal delikler arası mesafenin 3,75 m olması Langefors, Hustrild, Jimeno ve diğ. ve morhard ve diğerlerinin formülleri ile uyuşurken, Olofsson ve Ash'in formülleri ile uyuşmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda en ideal sıkılama boyunun 3,5 m olması Hoek ve Hagan'ın formülleri ile uyuşurken, Tamrock ve Langefors ile Gustafsson'un formülleri ile uyuşmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda en ideal delik taban boyunun 1,25 m olması Tamrock ve Dick'in formülleri ile uyuşurken, Hoek ve Bilgin'in formülleri ile uyuşmamaktadır.

6.1.4. Tez çalışması öncesi ve sonrası firmanın kırmataş üretim verileri arasındaki değişime dair sonuçlar

Firmadan 2013 yılında alınan verilerde, kırmataş üretim birim maliyeti içerisinde delmenin payı % 9,98, patlatmanın payı % 20,53, ikincil kırmanın payı

% 4,26, yüklemenin payı % 28,77, taşımanın payı % 9,06 ve kırmanın payı % 27,09 olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımdan alınan verilerde, kırmataş üretim birim maliyeti içerisinde delmenin payı % 7,83, patlatmanın payı % 22,45, ikincil kırmanın payı % 7,20, yüklemenin payı % 24,45, taşımanın payı % 8,98 ve kırmanın payı % 29,09 olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımlardan (26,27 ve 28) alınan verilerde, kırmataş üretim birim maliyeti içerisinde delmenin payı % 7,02, patlatmanın payı % 23,58, ikincil kırmanın payı % 5,65, yüklemenin payı % 24,93, taşımanın payı % 9,33 ve kırmanın payı % 29,43 olduğu belirlenmiştir.

Delme birim maliyeti 2013 yılında 0,539 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 0,36 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 0,285 TL/m^3'dür.

Patlatma birim maliyeti 2013 yılında 1,062 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 1,033 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 0,948 TL/m^3'dür.

İkincil kırma birim maliyeti 2013 yılında 0,241 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 0,331 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 0,227 TL/m^3'dür.

Yükleme birim maliyeti 2013 yılında 1,397 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 1,13 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 1,002 TL/m^3'dür.

Taşıma birim maliyeti 2013 yılında 0,435 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 0,413 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 0,375 TL/m^3'dür.

Kırma birim maliyeti 2013 yılında 1,319 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 1,339 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 1,183 TL/m^3'dür.

Toplam kırmataş üretim birim maliyeti 2013 yılında 4,994 TL/m^3 iken tez çalışması kapsamında yapılan 40 atımın ortalamasında 4,602 TL/m^3 ve en ideal tasarım parametrelerine sahip olan atımların ortalamasında 4,02 TL/m^3'dür.

Tez çalışmaları kapsamında yapılan hesaplamalar neticesinde firmaya 0,392 TL/m^3'lük bir kazanç sağlanmış olup firmanın 344.871,75 m^3'lük üretime karşın

135.189,73 TL kar elde edilmiştir. Ayrıca firmanın bundan sonraki çalışmalarında kullanacağı en ideal tasarım parametreleri ile 1 m^3 üretim başına 0,974 TL'lik kazanç sağlanacaktır.

6.2. Öneriler

Delme patlatma yöntemi ile çalışılan tüm maden işletmelerinde üretim birim faaliyetlerinin ardışık olarak birbirlerini etkiledikleri unutulmamalıdır.

Çalışmalar yapılırken atımlar iyi bir şekilde gözlemlenmeli ve imkanlar dahilinde her atım kameraya çekilip ağır çekimde tasarım parametrelerinde yapılan değişikliklerin patlatma üzerinde gözle görülebilir farklılıklar oluşturup oluşturmadığı incelenmelidir.

Günümüz teknolojisinde parçalanabilirlik tayininde kullanılan görüntüleme yönteminin yanı sıra her bir atım sonrasında oluşacak birim faaliyetlerin maliyetlerini iyi bir şekilde irdeleyerek işletmeler için daha verimli sonuçlar elde edilebilir.

Maliyet analizleri yaparken ilk dikkat edilmesi gereken, üretimin ilk aşamasını oluşturan delme-patlatma basamak tasarım parametrelerinin iyi bir şekilde analiz edilmesidir.

İkincil kırma işlemi ile yapılacak olan patarların ufalanması kırma tesisinde kullanılacak birincil kırıcının ağız açıklığına göre ayarlanmalıdır. Aksi taktirde az ufalama tesiste tıkanmalara neden olurken, çok fazla ufalama da ikincil kırma birim maliyetini arttırır.

Yükleme ve taşıma birim maliyetlerinde en önemli nokta doğru yükleyici makine ve kamyon seçimi yapıldıktan sonra yükleyicinin çalışma esnasında zorlanıp zorlanmadığının tespiti ile yükleyici-kamyon-tesis döngüsünün işleyişidir.

Delik çapı ve delik boyu artışı ile 1 metre delik delmek için gereken maliyetin artacağı unutulmamalıdır.

Tez çalışmasında 2 farklı delik çapı kullanılmış olup bundan sonra yapılacak çalışmalarda daha büyük delik çapı kullanarak çalışmalar detaylandırılabilir.

Delik boyu ocak genelinde 15m olarak belirlenmiş olup bundan sonraki birim maliyet analizlerinde de delik boyu değiştirilmeden çalışmalar yapılmalıdır.

Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe ve sıkılama boyunda yapılan artışların kırmataş üretim birim maliyetlerini çok az bir oranda etkilediği gözlemlenmiş olup, bu parametrelerde daha büyük miktarlarda değişimler yapılarak yeni ölçümler alınmalıdır.

Tez çalışması kapsamında belirlenen 3 atım (26-27 ve 28) üzerinde daha detaylı çalışmalar yapılarak toplam kırmataş üretim birim maliyeti daha da düşürülebilir.

Toplam kırmataş üretim birim maliyet analizinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus piyasa taleplerini iyi bir şekilde araştırarak yıllık üretim miktarlarını belirlemek ve bu üretim miktarına göre yıllık planlar yaparak çalışmaktır. Aksi taktirde yıl genelinde tesisi ya düşük verimlerle çalıştırarak üretim yapılır ya da tesise fazla besleme yaparak üretim yapılır her iki koşulda da kırmataş üretim birim maliyetinin artacağı göz ardı edilmemelidir.

7. KAYNAKLAR

Alp, S., 2004, Kum kil ve taşocakları sektör raporu, *İstanbul Ticaret Odası*, İstanbul.

Akkoyun, Ö. ve Ayhan, M., 2000, Dağyaka kalker ocağında uygulanan kare ve şeşbeş delik düzenlerinin karşılaştırılması, *Geosound Yerbilimleri Dergisi,* Ankara.

Akkoyun, Ö., 2004, Bir kireçtaşı ocağında uygulanan patlatma delik çapı değişim sonuçları, *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu,* İzmir.

Akkoyun, Ö., 2005, Basamak patlatması temel hesaplamaları için bilgisayar yazılımı, *19. Ulusal Madencilik Kongresi*, İzmir.

Akkoyun, Ö., 2005, Bir taş ocağı basamak patlatmasında uygulanan farklı delik boyu seçeneklerinin delme maliyet ve verimliliğine etkisinin incelenmesi, *1. Taş Ocakları Kongresi*, Kıbrıs.

Akkoyun, Ö., 2005, Delici makine performansının farklı delik boyu alternatifleri açısından karşılaştırılması ve bu amaç için geliştirilen bir bilgisayar yazılımı, *2. İş Makinası Sempozyumu ve Sergisi,* İstanbul.

Akman, S. M., 2003, Yapı malzemelerinin tarihsel gelişimi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 426.

Akpınar, N. 2000. Taş ocaklarının çevresel etkileri ve bu alanların onarımı. *2000'li Yıllarda Yaşadığımız Çevre ve Peyzaj Mimarlığı Kongresi,* Ankara.

Aksoy, C.O. ve Yalçın, E., 1992, Kırmataş üretim yöntemlerinin ekonomik analizleri, *3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu,* İzmir.

Arman, Y., 2014, Kırma eleme ve taşıma makinaları seminer notları, Ankara

Ash, R. L., 1963, The mechanics of the rock breakage (Part 1), *Pit and Quarry,* Vol.56 (2), pp. 98–100.

Atkınson, T., 1971, Açık işletmelerde kazı ve yükleme teçhizatının seçimi, *Institution of Mining and Metallurgy,* Sh 36-73.

Aytekin, H., Taşel, E. ve Ergener, B., 2003, Delik delme sistemleri ve üstten darbeli delik delme teorisi, *3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu,* İstanbul.

Bağdatlı, S., 2013, Üsküdar - Ümraniye - Çekmeköy metro hattı libadiye istasyonu yaklaşım tüneli kazısında yapılan patlatmalı kazılardan kaynaklanan titreşimlerin ölçülmesi ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Okan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Barç, M., 2007, Dekapaj işlerinde kullanılan iş makinelerinin yenilenmesi zamanına yönelik maliyet analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri*, Mersin.

Belli, O. 2007. Kazakistan ve Kırgazistan'da arkeolojik yüzey araştırmaları. http://www.tebe.org/tr/dosyalar/oktay_belli/kk.htm

Bhandari, S., 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*, A.A. Balkema, Rotterdam.

Bilgin, H. A., 1986, Açık işletmelerde patlatma sorunlar ve tasarımı, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı*, Ankara.

Bilgin, H. A. ve Paşamehmetoğlu, A. G., 1986, Kayaların delinebilirlikleri ve patlatabilirlikleri üzerine bir çalışma, *1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, Editörler: Hindistan, M.A. ve Aksoy, H., Ankara, Sayfa 113-125.

Bilgin, H.A., 2003, Patlatma mühendisliği semineri-Seminer notları, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Sürekli eğitim merkezi*, Ankara.

Çebi, Y. ve Aksoy, M. M., 2000, Belirli bir dekapaj için ekskavatör-kamyon kombinasyonlarının maliyet analizi ile değerlendirilmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi,* Cilt: 2, Sayı: 3, Sh. 67 – 77

Dick, R.A., Fletcher L.R., and D'Andrea, D.V., 1983, Explosives and blasting procedures manual, *Bureau of Mines*, USA, IC/8925.

Doğan, A., 1983, Kangal kömür işletmesi ekskavatör-kamyon sisteminin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Sivas.

Eloranta, J., 1995, Selection of powder factor in large diameter blastholes, *EXPLO 95 Conference*, AusIMM, Brisbane, Sep., pp. 25−28.

Eloranta, J., Palangio, T. T., Palangio, C. and Workman, L., 2007, Size matters on the Mesabi Range, *Proc. Of 33rd Conference on Explosives and Blasting Technique*, Nashville, USA.

Erkan, M., Çelikkol, M., Koruç, Ş. ve Öztürk, Ö., 2011, Agrega sektörüne genel bir bakış, *6. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, Sivas.

Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M.A. ve Tamzok, N., 2012, Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, *TMMOB, Maden Mühendisleri Odası*, Ankara.

Gustafsson, R., 1973, Swedish blasting technique, *Published by SPI*, Gothenburg, Sweden.

Gustafsson, R., 1997. *Swedish Blasting Technique*, SPI Publishing, Gothenburg.

Hagan, T. N., 1983, The influence of controllable blast parameters on fragmentation and mining cost, *First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Lulea, Sweden, Aug., pp. 31–41.

Halili, A., 2003, Agrega üretiminde kırma eleme ve taşın fiziko-mekanik özelliklerinin önemi, *3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu,* İstanbul.

Hoek, E. and Bray, J., 1981, Rock Slope Engineering, *Institution of Mining and Metallurgy*, 3rd Edition, London.

Hustrulid, W., 1999, Blasting principles for open pit mining-general design concepts, *Theoretical Foundations*, A.A. Balkema, Roterdam.

Hüdaverdi, T., 2010, Parçalanmanın iyileştirilmesi yönelik patlatma tasarımlarının araştırılması, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. and Carcedo, F. J. A., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, A. A. Balkema, Brookfield Publication, Rotterdam.

Kahriman, A., 2003, Maden ve taşocaklarında kaya patlatma tekniği ve uygulamalar, *Maden ve taşocaklarında kaya patlatma tekniği semineri*, İstanbul.

Kahriman, A., 2004, *Patlatma mühendisliği Semineri*, İstanbul, Sayfa 8-14

Kanchibotla, S. S., Valery, W. and Morell, S., 1999, Modelling fines in blast fragmentation and its impact on crushing and grinding, *Explo 1999*, Aus IMM, Carton, Australia, Nov., pp. 137−144.

Kanchibotla, S. S., 2000, Mine to mill blasting to maximise the profitability of mineral industry operations, Proc. *27th ISEE Conference*, Anahiem, USA.

Köse, H., Şimşir, F., Onargan, T., 2009, Açık işletme tekniği, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, İzmir.

Langefors, V., and Kıhlström, B., 1979, The Modern technique of rock blasting, Almquist- Wiksell, Uppsala, Sweden.

Mckenzie, A. S., 1967, Optimum blasting, *Proceedings of the 28th Minnesota mining symposium*, Duluth, USA, pp. 181−188.

Morhard, R. C., Chiappetta, R. F. and Borg, D. G., 1987, *Explosives and Rock Blasting*, Atlas Powder Co., Dallas, Texas.

Naapuri, J., 1990, *Surface Drilling and Blasting*, Tamrock, Sweden.

Nace Makinaları, 1999, http://www.nace.com.tr/tr/e-dokuman

MEB, 2012, Kimya teknolojisi, Kırıcı ve öğütücüler, Ankara.

Olofsson, S. O., 1988, Applied explosives technology for construction and mining, Second edition, 301 Sayfa.

Ouchterlony, F., 2003, Influence of blasting on the size distribution and properties of muckpile fragments, a state of the art rewiev, *Report of Investigation*, Lulea University of Technology, Sweden.

Özdemir, K., 2009, Basamak patlatmasında parça boyut dağılımının ardışık işlem faaliyetlerine olan etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Özdoğan, M., 1983, Yükleyiciler ve madencilikte kullanımları, *Madencilik*, Cilt xxii, Sayı 1, Sayfa 9-26.

Öztürk, Ö., Çelikkol, M. ve Erkan, M. 2007, AGÜB., Türkiye agrega sektör raporu.

Persson, P. A., Holmberg, R. and Jaimin, L., 1994, *Rock Blasting and Explosive Engineering*, CRC Press LLC, Florida, USA.

Sayınbatur, O., 2011, Açık ocak maden işletmelerinde patlatma delikleri ve patern tasarımı üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Kütahya.

ŞERAN, O. ve AKAY, T., 1999, Açık ocaklarda delme patlatma tasarımı ve Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesinin delme patlatma etüdü, Bitirme Projesi, *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü*, İstanbul.

Tokgöz, N., 1996, Bir açık işletme kömür ocağında üretimde kullanılan ekipmanların verimlilik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Tamrock, 1984, Handbook on surface drilling and blasting, Painofaktorit, Finland.

Tek, A., 1999, Açık ocak delme patlatma işlemlerinde maliyet azaltılması, *2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.

Wright, K.W., 1986, Effective blast round design-selecting the right explosive for the right job, *World Mining Equipment*, pp.28-32.

Yılmaz, A.O., Kaya, R., Şentürk, M. ve Tatarhan, A., 2003, 50/130/250/500 ton/saat kapasiteli kırma-eleme tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin belirlenmesi, *3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Arif Çelik
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun – 20.12.1989
Telefon : (0) 554 295 8959
e-mail : Arif_rester@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**19 Mayıs Lisesi, İlkadım, Samsun**	**2006**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**2012**

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2012	**Akyıldız**	**Maden Mühendisi**
2013	**Öztaşoğlu**	**Maden Mühendisi**
2014	**TKİ**	**Maden Mühendisi**

YAYINLAR

BİLİM, N., ÇELİK, A. ve KEKEÇ, B., 2015, Kırmataş İşletmelerinde Delme-Patlatma İşleminin Toplam Maliyete Olan Etkisinin Belirlenmesi, *8. Delme Patlatma Sempozyumu*, İstanbul.