

KIRMATAŞ İŞLETMELERİNDE PARÇA BOYUTUNUN
ÜRETİM SÜRECİNE VE MALİYETLERE ETKİLERİ

İsmail TOPAL

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

ŞUBAT – 2009

KIRMATAŞ İŞLETMELERİNDE PARÇA BOYUTUNUN ÜRETİM
SÜRECİNE VE MALİYETLERE ETKİLERİ

İsmail TOPAL

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi Olarak
Hazırlanmıştır

Danışman: Prof.Dr. Birol ELEVİLİ

Yardımcı danışman: Yrd.Doç.Dr. Hamdi AKÇAKOCA

ŞUBAT – 2009

KABUL ve ONAY SAYFASI

İsmail TOPAL'ın DOKTORA tezi olarak hazırladığı “KIRMATAŞ İŞLETMELERİNDE PARÇA BOYUTUNUN ÜRETİM SÜRECİNE VE MALİYETLERE ETKİLERİ” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

16/02/2009

(Sınav tarihi)

Üye : Prof.Dr. Birol ELEVİLİ

Üye : Prof.Dr. Güner ÖNCE

Prof.Dr. Adnan KONUK

Doç.Dr. Hürriyet AKDAŞ

Doç.Dr. Kaan ERARSLAN

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

KIRMATAŞ İŞLETMELERİNDE PARÇA BOYUTUNUN ÜRETİM SÜRECİNE VE MALİYETLERE ETKİLERİ

İsmail Topal

Maden Mühendisliği, Doktora Tezi, 2009

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Birol ELEVİLİ

ÖZET

Son yıllarda artan şehirleşmeyle birlikte kırmataş ürünlerine olan talep artmıştır. Buna bağlı olarak kırmataş üreten firma sayısı da artmıştır. Bu durum üreticiler arasındaki rekabeti artırırken, üreticilerin kâr oranlarının da düşmesine neden olmuştur. Üreticiler, bu durum karşısında kâr oranlarını yeniden artırabilmek için üretim maliyetlerini azaltma yönüne gitmişlerdir. Ancak maden mühendisliği disiplininin uzak yöntemlerin uygulanması, üretim maliyetlerini azaltmamış aksine kaynak israfına neden olup, iş güvenliği sorunları yaratmıştır. Bu çalışmada, kırmataş işletmelerinin genel verimliliğinin artırılabilmesi için neler yapılması gerektiğinin tespitine yönelik olarak, bir kırmataş işletmesindeki üretim süreçleri iki yıl boyunca izlenmiş ve çeşitli ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda delme – patlatma sürecinde elde edilen ürün boyutunun, takip eden tüm süreçlerdeki verimliliği ve maliyetleri etkilediği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak kırmataş üretimindeki kritik sürecin delme – patlatma süreci olduğu ortaya konmuştur. Delme – patlatma sonucu oluşan yığındaki parça boyutu büyüdükçe delme – patlatma maliyeti azalmakta ancak takip eden yükleme, nakliye ve kırma–sınıflandırma süreçlerindeki maliyetler artmaktadır. Tüm bunlar birlikte değerlendirildiğinde, toplam üretim maliyetinin, patlatma sonrası elde edilen yığındaki parça boyutunun artmasına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuç bir kırmataş işletmesinde üretim maliyetlerinin minimum seviyede tutulabilmesi için, delme – patlatma sonucunda oluşan parça boyutunun küçük olması gerektiğini ortaya koymaktadır. İşletmeler, farklı özelliklerdeki sahalarda küçük boyutlu parça elde edebilmek için kendi koşullarına uygun delme – patlatma düzenleri geliştirmelidirler. Ayrıca sahanın bölgesel olarak değişen kaya mekaniği özellikleri dikkate alınarak talebe bağlı olarak üretim planı yapılması da üretim maliyetlerini azaltacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kırmataş işletmeleri, üretim süreci, delme-patlatma, parça boyutu, üretim maliyeti.

THE EFFECTS OF PARTICLE SIZE ON PRODUCTION PROCESS AND COSTS IN QUARRIES

İsmail Topal

Mining Engineering, PhD Thesis, 2009

Thesis Supervisor: Prof.Dr. Birol ELEVLI

SUMMARY

In recent years, along with increase in the city population the demand for aggregate products has increased. Due to this increase, the number of the companies producing aggregate has also increased. This situation has increased the competition among producers but it caused some decreases in their profit ratios. Against this situation producers choose to decrease the production costs in order to increase their profit ratios. Using methods that are not appropriate for mining engineering discipline did not help to decrease production costs; in contrast it caused wasting the resources and it endangered workplace safety conditions. In this study, in order to find out the ways to augment the overall efficiency in quarry industries, all of the production processes were observed in a selected quarry for a period of 2 years and various measurements have been conducted. As a result of the observations and studies carried out, it has been found out that the particle size in the pile that comes out as a result of blasting effects the efficiency and costs for all following processes in production. In this direction, it has been found that drilling and blasting process is the critical process in aggregate production. Drilling – blasting cost decreases for high particle size but the cost of following processes (loading, hauling, transferring and crushing) increases. When the findings are globally evaluated, it is determined that the total cost increases with bigger particle size after blasting. This finding indicates that in order to keep production costs at minimum level in a quarry, the particle size after blasting must be smaller. Different drilling and blasting designs should be developed for each quarry that are convenient for particular areas and also production plan of quarries should be made according to the demand and mechanical properties of the area.

Key words: Quarry mining, production process, drilling and blasting, particle size, production cost.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın kararlaştırılmasından sonuçlandırılmasına kadar olan her aşamasında büyük emeği olan danışman hocam sayın *Prof.Dr. Birol ELEVLİ*'ye, teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca teknik ve manevi desteğini esirgemeyen sayın rektörüm *Prof.Dr. Güner ÖNCE*'ye, tez konusu seçimimde ve ilerleme raporlarımdaki önerileri ve katkıları nedeniyle sayın *Prof.Dr. Adnan KONUK*'a ve değerli katkılarından dolayı jüri üyeleri sayın *Doç.Dr. Hürriyet AKDAŞ*'a ve sayın *Doç.Dr. Kaan ERARSLAN*'a, yardımcı danışman hocam sayın *Yrd.Doç.Dr. Hamdi AKÇAKOCA*'ya teşekkür ederim.

İşletmelerinde uygulama çalışmalarımın yapılabilmesi imkanını sağlayan Kütahya Kırdar Kırmataş İşletmesi yöneticileri sayın *Yılmaz KIRDAR* ve sayın *Tuncer KIRDAR* başta olmak üzere tüm işletme personeline teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmam boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta babam sayın *İnş.Müh. Nevzat TOPAL* olmak üzere tüm aileme de teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL ve ONAY SAYFASI.....	iii
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
1.GENEL.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Problemin Tanımı.....	2
1.3. Problemin Çözümüne Yaklaşım.....	3
1.4. Çalışmanın Kapsamı	4
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI.....	5
2.1. Süreç Kavramı ve EFQM.....	5
2.2. Kırmataş Üretim Süreci.....	7
2.2.1. Açık işletme süreci.....	8
2.2.2. Kıрма – sınıflandırma süreci.....	12
2.3. Delme – Patlatma ile Kaya Parçalanması.....	14
2.3.1. Parçalanma olayının gelişimi.....	14
2.3.2. Kayaç parçalanmasında etkin parametreler.....	19
2.3.3. Delme patlatma tasarım parametrelerinin patlatma ve parçalanmaya etkileri.....	20
2.3.4. Patlatma sonucu yığın şekli ve dağılımı.....	21
2.3.5. Patlatma sonrası parçalanmış kayaçta boyut dağılımının ölçülmesi.....	24
2.4. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Yükleme ve Nakliye Performansları.....	27
2.5. Kıрма Sınıflandırma Tesisinde Boyut Küçültme (Ufalama)	27
2.5.1. Ufalamanın temel prensipleri.....	28

İÇİNDEKİLER (Devamı)		<u>Sayfa</u>
2.5.2. Ufalama makinelerinde meydana gelen zorlama cinsleri.....		29
2.5.3. Ufalama kanunları.....		30
2.6. Kırmataş İşletmelerinde Maliyetler.....		32
3. KIRDAR KIRMATAŞ İŞLETMESİNDEKİ UYGULAMA ÇALIŞMALARI.....		34
3.1. Kırdar Kırmataş İşletmesinin Tanıtımı.....		34
3.1.1. İşletmenin genel tanıtımı.....		34
3.1.2. Kırma – sınıflandırma tesisleri.....		38
3.2. Kırdar Kırmataş İşletmesinde Yapılan Arazi Çalışmaları.....		40
3.2.1. Kaya mekaniği çalışmaları.....		40
3.2.2. Patlatma ile parçalanma mekanizmasının incelenmesi.....		44
3.2.3. Parça boyut dağılımına bağlı yükleme sürelerinin incelenmesi.....		48
3.2.4. Parça boyut dağılımına bağlı nakliye kamyonlarının bir seferde taşıdığı yükün tah... ..		49
3.2.5. Kırma – sınıflandırma tesisi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar.....		50
4. ÖLÇÜLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....		54
4.1. Delme – Patlatma Düzenine Bağlı Oluşan Parça Boyut Dağılımının Ölçülmesi.....		54
4.2. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Ekskavatör Yükleme Sürelerinin Ölçülmesi.....		79
4.3. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Nakliye Perfor. Ölçülmesi ve Tahmini		81
4.4. Kırma Sınıflandırma Tesisinde Ölçülen Verilerin İncelenmesi.....		84
4.5. Üretim Maliyetleri.....		116
4.5.1. Delme – patlatma maliyeti hesabı.....		117
4.5.2. Parça boyut dağılımına bağlı yükleme ve nakliye birim maliyetlerinin hesabı... ..		128
4.5.3. Parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıf. tesisi birim maliyetlerinin hesabı.....		133
4.5.4. Parça boyut dağılımına bağlı toplam işletme maliyetlerinin hesabı.....		145
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....		153
KAYNAKLAR DİZİNİ.....		156
ÖZGEÇMİŞ.....		164

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kırmataş üretiminde genel üretim süreci.....	8
2.2. Açık işletme süreci [8].....	8
2.3. İri blokların kemerlenerek malzeme akışını engellemesi.....	11
2.4. Kırma – sınıflandırma süreci şematik görünümü[10].....	12
2.5. By – Pass ayırma ızgarası.....	13
2.6. Kırılma mekanizması aşamaları [32].....	15
2.7. Silindirik bir patlayıcı kolonu içindeki temsili patlama[38].....	16
2.8. Baskı dalgaları yayılımının yüzeydeki kesiti [41].....	17
2.9. Gaz basıncı ile çatlak oluşumu [47].....	18
2.10. Patlatma dizaynında kullanılan parametreler [32].....	20
2.11. Aynaya bitişik ve yüksek yığın	22
2.12. Aynadan biraz ayrılmış, biraz dağılmış orta yükseklikte yığın.....	22
2.13. Aynadan bir hayli uzaklaşmış ve geniş bir alana yayılmış yığın	22
2.14. Patlatılmış malzemedeki tane dağılımı [59].....	23
2.15. Basamak pat.ile elde edilen malzemedeki iri blok ve ince malz.durumu.....	23
2.16. Serbest aynada bulunan iri blokların kırılmadan hareketlenmesi.....	24
2.17. Ufalama makinalarında meydana gelen zorlama cinsleri [91].....	29
3.1. Kırdar Kırmataş İşletmesi yer bulduru haritası.....	34
3.2. Kırdar Kırmataş İşletmesi uzay fotoğrafı.....	34
3.3. Ocakta Kullanılan Delici Makine.....	36
3.4. Ocakta Kullanılan Yükleyiciler.....	37
3.5. Yeni Tesis Akım Şeması.....	38
3.6. Yeni tesis.....	39
3.7. Eski tesisler akım şemaları.....	39
3.8. Eski Tesisler.....	40
3.9. Kırdar Kırmataş İşletmesi cevher kalite dağılım bölgeleri.....	41
3.10. İşletmede uygulanan örnek patlatma delik düzeni.....	45
3.11. Patlatma aynasının ölçekli olarak fotograflanması.....	46
3.12. Patlatma sonrası oluşan yığının ölçekli fotoğrafı	46
3.13. Split – Desktop 2.0 boyut analizi programında hazırlanan fotoğraf.....	47
3.14. Split – Desktop 2.0 da elde edilen boyut analizi sonucu	47

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.15. Yükleme performansları için çekilmiş örnek resim ve düzenlenmiş hali...	49
3.16. Yükleme performansın ölçümü için örnek boyut dağılımı.....	49
3.17. Kırma sınıflandırma tesisinde alınan numuneler.....	51
3.18. Kırıcı girişinde çekilen örnek resim ve dijital boyut. hazırlanmış hali.....	51
3.19. Kırıcı girişinden elde edilen görün. dijital boyut. sonucu elde edilen graf..	52
3.20. Kırıcı çıkışı bantdan elde edilen fotoğraf örn. ve dijital boyut. hazır hali...	52
3.21. Kırıcı çıkışı bandın taşıdığı tanelerin örnek boyutlandırma sonuç grafiği	53
3.22. Enerji tüketimini ölçen güç analizatörü	53
4.1. 1. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	56
4.2. 1. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi.	57
4.3. 2. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	59
4.4. 2. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.....	60
4.5. 3. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	62
4.6. 3. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağı. İlişkisi.....	63
4.7. 4. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağı. İlişkisi.	65
4.8. 4. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi.....	66
4.9. 5. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	68
4.10. 5. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi.....	69
4.11. 6. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	72
4.12. 6. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı iliş.	73
4.13. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan % 50 nin altında olduğu parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi.....	74
4.14. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %80 in altında olduğu parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi.....	75
4.15. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan maximum parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi	76
4.16. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %50 nin altında olduğu tane boyutu ve BPMM ilişkisi.....	77
4.17. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %80 in altında olduğu tane boyutu ve BPMM ilişkisi.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.18. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan maximum tane boyutu ve BPMM ilişkisi.....	79
4.19. Yüklenen malzemenin parça boyut dağılımı (mm) - yükleme süresi (sn) ilişkisi.....	81
4.20. Bir nakliye kamyonu için parça boyut dağılımına bağlı taşınan yük tahmini.....	83
4.21. 1. Bölgeye ait beslemedeki parça boyutu dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	85
4.22. 1. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi	86
4.23. 1. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı (mm) – Bant doluluk oranı (%) ilişkisi.....	87
4.24. 2. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	89
4.25. 2. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi	90
4.26. 2. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı (mm) – Bant doluluk oranı (%) ilişkisi.....	91
4.27. 3. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	93
4.28. 3. Bölgeye ait ufalama oranı enerji sarfıyatı ilişkisi.....	94
4.29. 3. Bölgeye ait beslenen parça boyut dağılımı – çıkan ürün bant doluluk oranı ilişkisi.....	95
4.30. 4. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	97
4.31. 4. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	98
4.32. 4. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi.....	99
4.33. 5. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	101
4.34. 5. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi	102

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.35. 5. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi.....	103
4.36. 6. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi.....	105
4.37. 6. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi	106
4.38. 6. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi.....	107
4.39. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve beslemenin %50 sinin altında olduğu tane boyu ilişkileri.....	108
4.40. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve beslemenin %80 inin altında olduğu tane boyu ilişkileri.....	109
4.41. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve maksimum tane boyu ilişkileri.....	110
4.42. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren %50/çıkan %50) ilişkileri.....	111
4.43. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren %80/çıkan %80) ilişkileri.....	112
4.44. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren maksimum tane boyu/çıkan maksimum tane boyu) ilişkileri.....	113
4.45. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkileri.....	114
4.46. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemenin %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkileri.....	115
4.47. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemedeki maksimum tane boyutu ilişkileri.....	116
4.48. 1. Bölgeye ait delme-patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	118
4.49. 2. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	120
4.50. 3. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	121
4.51. 4. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	123
4.52. 5. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	124
4.53. 6. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	126

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.54. Altı farklı bölge için %50 sinin altında olduğu parça boyutu ve birim delme - patlatma maliyeti ilişkisi.....	127
4.55. Altı farklı bölge için %80 inin altında olduğu parça boyutu ve birim delme - patlatma maliyeti ilişkisi.....	127
4.56. Altı farklı bölge için maksimum parça boyutu ve birim delme – patlatma maliyeti ilişkisi.....	128
4.57. Tane boyut dağılımına bağlı yükleme maliyetleri.....	132
4.58. Tane boyut dağılımına bağlı nakliye maliyetleri.....	132
4.59. 1. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	135
4.60. 2. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	137
4.61. 3. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	138
4.62. 4. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	140
4.63. 5. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	142
4.64. 6. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri.....	143
4.65. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi.....	144
4.66. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi...	144
4.67. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin maksimum parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi.....	145
4.68. 1. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	146
4.69. 2. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	147
4.70. 3. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	148

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
4.71.	4. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	149
4.72.	5. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	150
4.73.	6. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri.....	151
4.74.	Altı farklı bölge için parça boyutuna bağlı toplam üretim maliyetleri..	152

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kırmataş Ürün Boyutları ve Kullanım Alanları	13
2.2. Kayaç patlatılmasında önemli parametreler[52].	19
3.1. Cevher Ürün Boyutları ve Kullanım Alanları.....	35
3.2. Önerilen Delik Geometrisi[107].....	37
3.3. 6 farklı bölge için tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları	42
3.4. 6 farklı bölgede yapılan yoğunluk deneyi sonuçları.....	43
3.5. 6 farklı bölgede yapılan gözeneklilik (porozite) deney sonuçları	43
3.6. 6 farklı bölgede yapılan ağırlıkça su emme deneyi sonuçları.....	44
3.7. 6 farklı bölge için tüm deney sonuçlarının ortalamaları	44
4.1. 1. Bölgede izlenmiş olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	55
4.2. 2. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	58
4.3. 3. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	61
4.4. 4. bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	64
4.5. 5. bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	67
4.6. 6. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri.....	70
4.7. Parça boyutuna dağılımına bağlı ters kepçe ekskavatör yükleme süreleri .	80
4.8. Nakliye maliyetlerinin tahmini için oluşturulan tablo.....	82
4.9. 1. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	84
4.10. 2. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	88
4.11. 3. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	92
4.12. 4. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	96
4.13. 5. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	100

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.14. 6. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri	104
4.15. Delme maliyeti hesabı.....	117
4.16. Patlatma maliyeti hesabı.....	117
4.17. 1. bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	118
4.18. 2. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	119
4.19. 3. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	120
4.20. 4. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	122
4.21. 5. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	123
4.22. 6. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri.....	125
4.23. Yükleme maliyeti hesabı.....	129
4.24. Nakliye maliyeti hesabı	129
4.25. Parça boyutuna bağlı yükleme ve nakliye maliyetleri.....	130
4.26. Kırma – sınıflandırma maliyeti hesabı	133
4.27. 1. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	134
4.28. 2. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	135
4.29. 3. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	137
4.30. 4. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	139
4.31. 5. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	141
4.32. 6. Bölgeye ait kırma – sınıf. tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri...	142
5.1. Patlatma ile elde edilen parçalanmaya bağlı işletme maliyetlerinin değişimi.	154

1.GENEL

1.1. Giriş

Son yıllarda alt yapı yatırımlarının artması, bununla birlikte inşaat sektörünün gelişmesi ve bu sektörde kırmataşlardan üretilen agregaların kullanımının son çıkan deprem yönetmeliğiyle zorunlu hale gelmesi ile kırmataş işletmeleri önem kazanmıştır. Bir otoyol inşaatının her km. si için en azından 50 – 60 bin ton üretim yapan kırmataş işletmesi gerekmektedir. Büyük yerleşim merkezleri yakınında ise hazır beton uygulamasının yaygınlaşmasına bağlı olarak çok sayıda, yine büyük hacimli kırmataş işletmesi açılmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde mevcut üretim yeterli olamamakta ve oldukça uzak mesafelerden kırmataş ürünleri taşınmaktadır. Her geçen gün yapılaşmanın artışı ülkemizde kırmataş üretiminin daha da önem kazanacağı düşünülmektedir.

Dünyada fert başına en fazla tüketilen maddeler su ve agregadır. Dünya genelinde agrega üretimi %58'lik payla tüm maden üretimi içinde birinci sıradadır. Ülkemizde yıllık yaklaşık 290 milyon ton agrega kullanılmaktadır. Kurulu kırmataş tesisi sayısı yaklaşık 800 dür. Avrupa'da ortalama agrega kullanımı 7 ton/kişi iken, bu rakam ülkemizde 4 ton/kişi civarındadır [1].

Ülkemizde agrega olabilecek maden kaynağı oldukça yaygın ve miktarı fazladır. Ancak kullanım alanı nedeni ile birim maliyetlerin düşük tutulması gerekliliği, faydalanabilir kaynak miktarını kısıtlamaktadır. Nakliye maliyetleri birim maliyetler içerisinde önemli yer tutmaktadır. Ayrıca arazi kullanımındaki sınırlamalar ve çevre sorunları da mevcut kaynakların kullanımını sınırlamaktadır.

Ülkemizde agrega sektörünü tanımlayacak bir envanter çalışması bugüne kadar yapılamamıştır. Dolayısıyla sektörün teknik verileri toplanarak içinde bulunulan durum tespiti yapılamamış ve bu verilere dayanarak gerek varolan sorunların tespiti gerekse bu sorunların çözümüne yönelik çalışmalar teorik olarak kalmıştır. Bunun başlıca nedeni 2004 yılına kadar sektörün iki ayrı mevzuat hükümleri ile çalışması ve sektörün büyük bir bölümünün yıllık faaliyetleri ile beyanda bulunma zorunluluğu olmamasıdır. Agreganın üretiminin maden kanunu kapsamına alınması ile bu sorun büyük ölçüde ortadan kalkmıştır [1].

Agrega sektörü, istihdam potansiyeli ve başta inşaat sanayi olmak üzere diğer sektörlerle yoğun girdi-çıkıtı ilişkisi içinde olması özelliği nedeniyle Türkiye ekonomisinin vazgeçilmez sektörlerindedir. Ülkemizde agrega sektörü, üretim yapısı itibarıyla dağınık ve çok sayıda üretim birimi olan bir sanayi dalıdır. Yıllık 290 milyon ton gibi yüksek üretim

kapasitesi ve yaklaşık 1.5 – 2.0 milyar \$ gibi küçümsenmeyecek bir piyasa değeri ve yaklaşık 35 000 kişilik doğrudan istihdam imkanları ile giderek artan, önem kazanan bir madencilik kolu haline gelmiştir. Üretici firmaların büyük çoğunluğu, küçük – orta ölçekli işletmeler olup, üretim miktarları değişken ve kalite anlayışları istenilen seviyede değildir. Üretim, kaynak miktarlarına uygun olmadığından dolayı genel verimlilik ve birim yevmiye başına üretilen katma – değer büyüklükleri çok küçüktür [1].

1.2. Problemin Tanımı

Kırmetaş işletmeleri son yıllarda yüksek üretim kapasiteleri ve genişleyen kullanım alanları ile ülke ekonomisi açısından önemli bir yere gelmiştir. Ancak bu yüksek üretim kapasitelerine rağmen işletmeler üretimlerini halen maden mühendisliği disiplininin uzak olarak gerçekleştirmektedirler. İşletmelerin çalışmalarını maden mühendisliği disiplininin uzak yapmaları nedeni ile birim üretim maliyetleri artmakta, ürettikleri ürün kaliteleri düşmekte, herbiri tükenebilir birer doğal kaynak olan kalsit, kalker, bazalt gibi kırmetaş hammaddeleri israf edilmektedir.

Kırmetaş sektöründe faaliyet kâr marjı, genel olarak sınai firmaların faaliyet kâr marjına göre çok düşük kalmaktadır. Sektörde yaşanan yoğun rekabet nedeni ile firmaların büyük oranda fiyat kırması, kar marjının çok düşük kalmasına yol açmaktadır. Ülkemiz açısından çok önem taşıyan ve inşaat işlerinin vazgeçilmez bir parçası olan agrega sektörü yoğun bir rekabet içerisindedir. Bu rekabetin çoğu kez kurallara uygun ve sağlıklı olduğunu söylemek zordur. Sektörün ek maliyetler pahasına da olsa, enerji tasarrufu, kaynak koruması ve sürdürülebilirlik ilkerini ön planda tutarak gelişme içine girmesi, maliyet/performans dengesini iyi kullanarak verimliliği artırıp rekabet şansını yükseltmesi gerekmektedir [1]. Serbest ekonomi ve rekabet ortamı içerisinde çalışan kırmetaş ocakları, ucuz üretim yapabilmek amacıyla değişik uygulamalarda bulunmakta, bu çabalar da çoğu kez bilimselliğe dayanmadığı için olumsuz sonuçlar vermektedir. Bu tür yanlış uygulamalar sonucunda, doğal bir kaynak olan kırmetaş hammadde kaynakları israf edilmekte ve adeta kırmetaş işletmelerinde kap – kaç madenciliği uygulanmaktadır.

Son yıllarda pekçok kırmetaş işletmesi kaya gevşetme işlemi olarak uyguladıkları galeri patlatmasından, basamak patlatması sistemine geçmiştir. Ancak işletmelerin bu sisteme yeni geçmelerinden ve uygulama hatalarından kaynaklanan problemler söz konusudur. Basamak sisteminin en önemli faydalarından biri olan patlatma ile düzenli boyut dağılımı elde etme yeterince yapılamamaktadır. Delme patlatmanın düzenli olmaması ile ocaktaki basamak düzeni

bozulmakta, patlatma sonrası parça dağılımının homojen olmaması ve iri parçaların olması ile yükleme ve nakliye verimleri düşmekte aynı zamanda kırma sınıflandırma tesisi enerji sarfiyatları artmaktadır. Bunun yanında delme -patlatmadaki düzensizlikler sonucu ortaya çıkan iri parçalar, hidrolik çekiç ile parçalanmakta bu ise ek maliyetler oluşturmaktadır.

Bu sorunların temelinde; kırmataş işletmelerinde maliyeti artıran en önemli problem olan patlatma işlemi ile elde edilmesi gereken, homojen ve uygun boyut dağılımında parça boyutu elde edilebilecek patlatmaların gerçekleştirilememesi yatmaktadır. Çoğu işletmede formasyonlar kendi içinde farklılıklar göstermesine rağmen, uygulanan delik düzeni tüm formasyonlarda aynı olmakta ve patlatma işlemleri maden mühendisliği disiplininin uzak olarak gerçekleştirilmektedir. Bunun sonucunda, sürekli iri parça problemleri ortaya çıkmaktadır.

Kırmataş işletmelerinde maden mühendisliği disiplininin uzak olarak gerçekleştirilen bilinçsiz üretimlerden kaynaklanan çevresel problemlerde (yer sarsıntısı, toz vs.) söz konusudur. Bu çevresel problemler sonucu oluşan baskılar, üreticileri çeşitli önlemler almaya zorlamıştır. Bu önlemler, üretim maliyetlerine endirek giderler olarak yansımıştır.

Bilinçsiz üretimler nedeni ile doğal ve yenilenemez bir kaynak olan kırmataş elde edilebilir hammadde kaynakları israf edilmektedir. Bunun yanında kırmataş üretimlerindeki maden mühendisliği disiplininin ve bilimsellikten uzak uygulamalar enerji ve iş gücü israfına da neden olmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde beklide önümüzdeki yıllarda ülkemiz kırmataş ithal eder bir konuma gelecektir.

1.3. Problemin Çözümüne Yaklaşım

Agrega sektörü Bölüm 1.2' de tanımlanan problemlerle karşı karşıyadır. Genel çerçeveden bakıldığında ana problem üretim veriminin düşüklüğü ve dolayısıyla üretim maliyetlerinin yüksekliğidir. Dünyada benzer sorunların çözümü için önce Japon firmalarında daha sonra ABD firmalarında Toplam Kalite Yönetimi (TKY) hızla benimsenerek yaygınlaşmıştır. Bu durum sonrasında Avrupa'daki firmaların ürün maliyetleri ve kalitesi, Japon ve ABD firmalarının gerisinde kalmasına neden olmuştur. Avrupa ülkeleri, iş çevreleri ve kuruluşları, küresel rekabet yarışında ayakta kalabilmek için yerel veya sınırlı geleneksel çözümlerin yeterli olamayacağını, dolayısıyla yönetim anlayışlarını değiştirmek gerektiğini anlamışlardır [2]. Bu anlayışı güçlendirmek amacıyla da önde gelen 14 Avrupa şirketi birleşerek Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı'nı (EFQM) kurmuşlardır. EFQM' de

işletmelerin őrőn kalitesini artırmak ve maliyetlerini dőřőrmek için 9 kriter őrermiřtir. Bu kriterlerden en őrnehlisi sőreler ve iyileştirilmesi kriteridir.

Benzer şekilde őrkemiz kırmataş sektörünün sorunlarının özőmüne yönelik uygulanması gereken özőm, sőre iyileştirme yöntemidir. Bu çalışmada kırmataş işletmelerinde őrnelikle sőreler belirlenmiş ve incelenerek, kritik sőre tespit edilmiş, sőrelerin birbirleri ile etkileşimleri ortaya konularak, verimliliği artıracak yaklaşımlar tespit edilmiştir.

1.4. Çalışmanın Kapsamı

Bölüm 1.2’ de tanımlanan problem ve Bölüm 1.3’ de tanımlanan yaklaşım kapsamında yapılan çalışmaların başlangıcı olarak Bölüm 2’de konularla ilgili genel bilgiler ve literatőr özeti verilmiştir. Çalışmanın 3. Bölümünde problemin özőmü için őrerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini ortaya koymak için seçilen kırmataş işletmesi tanıtımı ile beraber arazide yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Çalışmanın 4. Bölümünde arazide ve laboratuvarında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve ilişkiler tanımlanmıştır. Çalışmanın son bölümü olan 5. Bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve őreriler verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Literatür araştırmaları bölümünde öncelikle süreç kavramı ve EFQM (European Foundation for Quality Management) hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci aşamada kırmataş işletmelerindeki süreçler tanımlanmıştır. Devam eden aşamalarda çalışma kapsamında gerçekleştirilmiş olan, patlatma ile parçalanma mekanizması, yükleme ve nakliye performansları, kırma – sınıflandırma tesisi performansları ve kırmataş işletme maliyetleri ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve literatür özetleri sunulmuştur.

2.1. Süreç Kavramı ve EFQM

Avrupa Kalite Yönetimi Vakfı (EFQM) “Avrupa’da sürdürülebilir mükemmelliğin itici gücü olma” misyonu ve “Avrupaki kuruluşların mükemmelliğe eriştikleri bir dünya” vizyonu ile 1988 yılında merkezi Bürüksel’de olarak kurulmuş, üyelik sistemine dayanan ve kâr amacı gütmeyen bir kuruluştur [3]. EFQM (European Foundation for Quality Management) “iş mükemmeliği” modelini önermektedir ve 1992 yılından beri bu modeli başarı ile uygulayan işletmeler için kalite ödülü vermektedir.

EFQM mükemmellik modeli girdiler ve sonuçlar şeklinde iki gruba ayrılmış 9 kriterden oluşmaktadır;

- Girdiler
 1. Liderlik,
 2. Çalışanların yönetimi,
 3. Strateji ve planlama,
 4. Kaynaklar,
 5. Kalite sistemi ve süreçler,
- Sonuçlar
 6. Çalışanların tatmini,
 7. Müşteri tatmini,
 8. Toplum üzerindeki etki,
 9. İş sonuçları.

Model, içerdiği 9 ana kriterin her biri ile işletmenin toplam kalite yönetiminin faaliyetlerindeki başarı derecesini ölçer. Bunu yaparken işletme içindeki farklı bölümlerle veya diğer işletmelerle karşılaştırmalara gider. Amaç farklı uygulama noktalarındaki mükemmelliği paylaşmak ve yakalamak için fırsat yaratmak ve sistematik olarak gözden geçirmektir. Modelin üstünlüğü kriterler arasındaki ilişkiden kaynaklanır ve 9 kriter kendi aralarında ilişkilendirilmiştir. Diğer yandan, her kriter için belirlenen yüzdeler o kriterin modelin bütünü içindeki önemini vurgular.

EFQM mükemmellik modelinde süreç yaklaşımına büyük önem verilmektedir. Modelin ana yapı taşlarından birisi süreçler kriteridir. Süreç sözcüğü, müşteriye değer yaratmak amacıyla yapılan birbiri ile ilişkili işler grubudur[2]. Süreç; “Belirli bir girdiyi, müşterileri için belirli bir dizi faydalı çıktıya dönüştüren, tanımlanabilen, sınırları konulabilen, tekrarlanabilen, ölçülebilen, performansı izlenen ve gerekli iyileştirmeleri yapılan fonksiyonlar arası ve birbirine bağlı değer yaratan faaliyet dizisidir” şeklinde tanımlanmaktadır [4].

Temelde optimum kaynak kullanımı ile maksimum çıktı elde etme ve sürekli iyileştirmenin hedeflenmesi, süreçlerin doğru değerlendirilip akıllı yönetimi ile mümkün olacaktır. Bunun sağlanabilmesi için ise süreç iyileştirme uygulanmalıdır.

Süreç iyileştirme; işletmelerin iş süreçlerinin ve organizasyonel yapılarının, yapılacak olan inceleme ve analizler sonucunda, uygulanacak olan belirli yöntemler ile döngü sürelerini azaltmak, maliyetleri düşürmek, kalite ve iş performanslarında artış sağlamak amacı ile yapılan, müşteri beklentilerini en üst düzeyde karşılamayı hedefleyen çalışmadır [5].

Süreç iyileştirme; sürecin performans düzeyinin artırılmasıdır. Süreç performansı, sürecin kaynaklarının optimum şekilde kullanması ve bunun takibi şeklinde tanımlanabilir. Yapılan iyileştirmelerin ardından sürecin performansı arttıkça, yeniden işleme ve israf azalacağı için süreç daha hızlı işleyecek ve çevrim süresi kısalmaktadır. Süreç iyileştirme, iş akışından katma değer oluşturmeyen adımların elimine edilmesidir. Bunun için süreçteki işlem basamakları, süreç için katma değer oluşturan işlem basamağı ve değer katmayan işlem basamağı olarak ikiye ayrılabilir [6].

Süreç iyileştirme çalışmalarında ister köklü bir değişiklik isterse küçük değişiklikler yapılsın çalışmaların başlangıcında performans düzeylerinde düşüklükler gözlenebilir. Bunun; çalışanların direnci, yapılan uygulamanın yeni olması kaynaklı çalışma süreci, uygulamadaki eksiklikler gibi çeşitli nedenleri olabilir. Burada önemli olan nokta üst yönetim ile birlikte çalışmalara tam destek sağlanıp, uygulamayı tek seferlik bir çalışma olmaktan çıkartıp sürekli iyileşmenin hedef alındığı hale getirmektir. Olumlu yönde sürekli gelişimin hedeflendiği bir organizasyonda kademeli (sürekli) iyileştirme ile sıçramalı iyileştirme (re-engineering) birlikte yer almalıdır, ama ikisi birbirine karıştırılmamalıdır [7].

Önemli olan sistem üzerinde yapılan anlık ve köklü değişimler ile elde edilen olumlu sonuçların, firmaların yönetim sistemlerinde sürekli uygulayacakları iyileştirme çalışmaları ile kalıcı hale getirilmesi ve her günün bir önceki günden daha iyiyi hedefler hale gelmesidir. Süreç iyileştirme çalışmaları belirli yol haritaları izlenerek gerçekleştirilir. Burada önemli olan nokta çalışmanın yapılacağı firmaya ve çalışmanın amacına en uygun yolun belirlenmesidir. Süreç iyileştirme çalışmalarına genellikle süreçlerin ve süreci oluşturan temel unsurların tanımlanması ile başlanır [2].

Yapılan çalışmada kırmataş işletmelerindeki sorunların çözümü için süreç iyileştirme yöntemleri uygulanmıştır. Bunun sağlanabilmesi için ise öncelikle kırmataş işletmelerindeki süreçler tanımlanmıştır. Aşağıda bir kırmataş işletmesindeki genel üretim süreçleri anlatılmıştır.

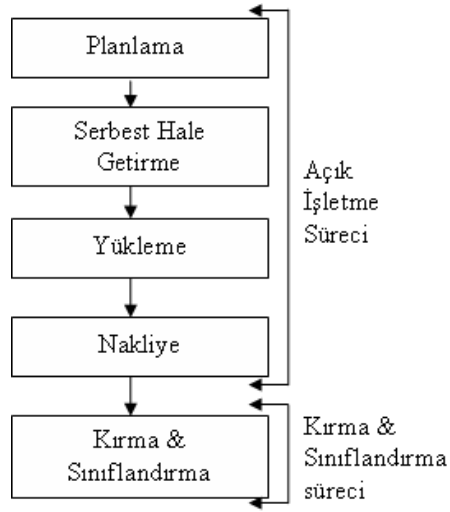
2.2. Kırmataş Üretim Süreci

Kırmataş (agrega), doğada bulunan kireçtaşı, dolomit, kalsit, kumtaşı, metalkumtaşı, bazalt, andezit gibi kayaların buldukları ortamdan kopartılıp çeşitli işlemlerle uygun boyutlara getirilmesiyle elde edilen ürünlere verilen genel addır. Türkiye’de kırmataş üretiminde başlıca 2 tür kayaç kullanılmaktadır [1];

- Sedimanter kökenli kayaçlar
 - Karbonatlı kayaçlar: kireçtaşı, dolomit ve kalsit,
 - Detritik kayaçlar: kumtaşı, metalkumtaşı
- Volkanik kökenli kayaçlar: bazalt ve andezit

Ülkemizde agrega üretiminde, karbonat kökenli kayaçlar %96, volkanik kayaçlar %3 ve detritik kayaçlar ise %1 oranında kullanılmaktadır [1].

Kırmataş işletmeciliği genellikle açık işletme şeklinde gerçekleştirilmektedir. Kırmataş işletmelerindeki üretim süreçleri genel olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; hammaddenin ocaktan kazanıldığı açık işletme süreci ve daha sonra kırılıp sınıflandırıldığı kırma – sınıflandırma sürecidir (Şekil 2.1).

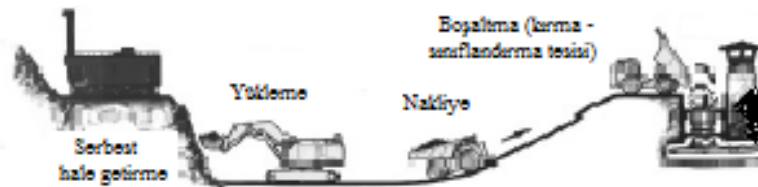


Şekil 2.1. Kırmataş üretiminde genel üretim süreci

2.2.1. Açık işletme süreci

Kırmataş üretimi için ilk süreç açık işletme uygulamalarıdır (Şekil 2.2). Bu süreçte öncelikle açık ocak üretim planlaması yapılır. Planlama sonrası kayaçların bulunduğu ortandan serbest hale getirilmesi işlemine geçilir. Bunun için delme – patlatma, hidrolik çekiç, ripperleme gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler arasında, üretim hızının yüksek olması ve maliyetin diğer yöntemlere göre daha ucuz olması nedeni ile delme – patlatma en çok tercih edilen yöntemdir. Açık işletme süreci aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir;

- Planlama
- Serbest hale getirme
- Yükleme
- Nakliye



Şekil 2.2. Açık işletme süreci [8]

a) Planlama

Bu aşamada kırmataş işletmesi olarak işletilecek ruhsat sahasının öncelikle detaylı jeoloji, kaynak ve kalite dağılım haritaları hazırlanmalıdır. Bu işlemten sonra ocakta kırma – sınıflandırma tesisi, stok sahası, kantar, giriş-çıkış kapısı, idari bina vs. gibi tesislerin yer seçimi yapılır. Tesis yer seçimi yapıldıktan sonra açık işletme faaliyetleri için üretim planı (hangi yıl hangi bölgelerin üretileceği) belirlenir. Açık işletme faaliyetleri detaylı olarak projelendirilir.

Açık işletme faaliyetlerinin projelendirilmesinde, sahanın jeolojik haritalarından yararlanılır. Dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan birisi sahanın cevher kalite dağılımına göre planlanması ve bu plana göre basamaklar oluşturulmasıyla farklı kalitedeki hammaddeler istenilen zamanlarda üretilebilecek şekilde tasarım yapılmasıdır.

b) Serbest hale getirme (Delme – Patlatma)

Kaya gevşetme işlemi yaygın olarak delme – patlatma ile yapılır. Delme – patlatma süreci ocak verimliliği açısından en önemli süreçlerden birisidir. Bu süreç hem çevresel etkiler açısından hem maliyetler açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. Delme patlatma süreci sonunda elde edilen malzeme boyut dağılımı hem yükleme – taşıma maliyetini hem de kırma – sınıflandırma maliyetini doğrudan etkilemektedir. Delme patlatmanın maliyetlere olan etkisi aşağıdaki hususların incelenmesi ile daha iyi anlaşılır [9];

1. Delme patlatma işlemleri çevre üzerinde bir etki yaratmaktadır. Bu etki kontrol altında tutulmadığı takdirde çevresel sorunlara sebep olmaktadır ve bu sorunların çözümü de maliyetli olmaktadır.
2. Uygulanan patlatma düzeni delici makine verimini de etkilemektedir. Kısa basamaklar ve kısa delikler ile yapılan patlatmalar hem özgül delik, hem de özgül şarj açısından kayıplara yol açmaktadır. Gereğinden yüksek aynalar, paralelinde çok uzun delinen delikler, delici verimini olumsuz etkilemekte, deliklerin patlayıcı ile doldurulmasında zorluklar yaratarak iyi patlatma yapılmamasına neden olmaktadır. Ayrıca delik sapmaların fazla olması nedeni ile tırnak oluşum olasılığı ve aynanın fazla askıya alınmasına bağlı olarak iri blok yüzdesi artmaktadır.
3. Yükleyci makinelerin verimi de doğrudan patlatma düzenine bağlıdır. Patlatma sonrası oluşan pasada iri parçaların oranı arttıkça çalışan yükleyici makinelerin kepçe dolma faktörleri ve saatlik üretim kapasiteleri düşmektedir. İri parça oranı fazla olan pasa da çalışan makinelerde operatörler kepçe doldurmak için daha fazla zaman

harcamaktadırlar. En önemlisi iri parça oranı yüksek olan pasa da çalışan yükleyici makineler mekanik olarak zorlanmakta, kova, kova kolları ve aktarma organları daha çabuk yıpranmaktadır. Lastik tekerlekli olanlarında lastik giderleri artmaktadır.

4. İri parçalar içeren ve homojen dağılım göstermeyen pasada çalışan yükleyici makineler genelde taşıyıcı grubuna dengeli yükleme yapamayabilirler. İyi bir tane boyu dağılımı göstermeyen malzeme kasa içerisinde ya aşırı tonaja, ya da tersine az tonaja neden olurlar. Bu tür malzemeler taşınırken de genelde yola taş düşmesi ile kamyon lastiklerinde daha çok tahribat yapar ve lastik giderlerinin artışına yol açar. Ayrıca düzensiz malzeme damper kaldırarak boşaltma sırasında bile taşıyıcıya mekanik zorlamalar getirir.
5. Patlatma tasarımının yanlış olması durumunda dozer gibi yardımcı iş makinelerine daha fazla iş çıkar. Tabanda iyi kopartılmamış malzeme ancak bir dozer tarafından kütürülerek yükleyicilere hazırlandıktan sonra yüklenebilir. İkincil patlatma ile ayna tabanı patlatıldıktan sonrada sert tırnaklardan arındırmak için yine dozer türü iş makinelerine gerek duyulmaktadır. Dozer olmayan iş yerlerinde bu işler yükleyici makinelerle yapılmaya çalışılmakta, bu makineler bir anlamda söküm makinesi olarak çalıştırılarak yıpratılmaktadır.
6. Patlatma sonrası ortaya çıkan yükleyici makinelerin yükleme kapasitelerinden daha büyük taneler ise ayrıca patar atımları veya hidrolik çekiç ile ufalanmaktadır. Bu her iki patarlama işlemi de ek maliyetler getirmektedir.
7. Kırmataş ocaklarında en çok maliyeti etkileyen iş grubu kırıcılarıdır. Yıpratıcı koşullarda çalışan kırıcıların her vardiya içerisinde fiili çalışma saati oldukça düşüktür. Değişik nedenler ile durma süreleri fazladır. Durma nedenlerinden birisi de taşların bunker çıkışını iri bloklar nedeni ile tıkaması ya da orta boyuttaki taşların kemerleme yaparak malzeme akışını engellemesidir (Şekil 2.3). Kırıcılarda verim elde edebilmenin birinci koşulu kesintilere neden olacak boyutta malzeme beslememektir. Bununla beraber en önemlisi boyut dağılımı birbirine yakın olan ve hepsi uygun boyutta olan malzeme besleyerek fiili çalışma süresini yükseltmektir.



Şekil 2.3. İri blokların kemerlenerek malzeme akışını engellemesi

c) Yükleme

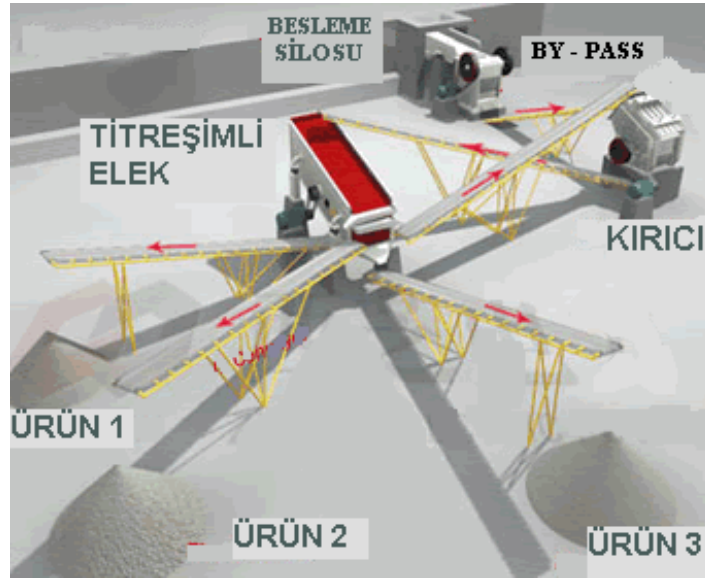
Delme – patlatma işlemleri sonrası elde edilen parçalar yükleyici makinelerle nakliye araçlarına yüklenmekte ve nakledilmektedir. Bu parçaların boyut dağılımı yükleyicilerin verimini direk etkilemektedir. İri parçalar, yükleyicinin kepçesine kolay girmediği için yükleme süresi uzamakta, ayrıca kepçe dolma faktörünün düşük olmasına da sebep olmaktadır. Her iki durumda parça boyut dağılımının artmasının, yükleme maliyetini artırdığını göstermektedir.

d) Nakliye

Serbest hale getirilen kayaçlar yükleyicilerle nakliye araçlarına yüklenip kırma – sınıflandırma tesisine nakledilmektedir. Nakliye araçlarının verimli çalışabilmesi için, ocak içi yolların yapımı ve bakımı uygun bir şekilde olmalıdır. Ayrıca yüklenen malzemenin boyut dağılımı, dengeli bir yük dağılımı için uygun olmalıdır. İri malzemeye bağlı olarak yükleyici kepçe dolma faktörü azaldığı için ve malzemenin kabarma katsayısı arttığı için taşıyıcının taşıdığı malzeme miktarı azalmaktadır. Buda birim taşıma maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

2.2.2. Kırma – sınıflandırma süreci

Serbest hale getirilen kayaç, yükleyici makinelerle nakliye araçlarına yüklenerek kırma ve sınıflandırma tesisi besleme silosuna nakledilir. Kırma – sınıflandırma tesisinde boyutu küçültülen ve sınıflandırılan malzeme ya direk müşteriye ya da stok sahasına nakledilir. Bir kırma – sınıflandırma tesisi genel görünümü Şekil 2.4’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.4. Kırma – sınıflandırma süreci şematik görünümü[10].

Kırma sınıflandırma tesislerinde genellikle besleme silosu çıkışında by – pass (toprak ve küçük boyutlu taşlar) ayırma ızgaraları (40 mm -20 mm aralıklı) bulunmaktadır (Şekil 2.5). Malzeme bu ızgaralardan sonra kırıcıya girer.



Şekil 2.5. By – Pass ayırma ızgarası

Kırma işlemi bir veya iki kademeli olabilir. Kırma işlemleri sonrası titreşimli ızgara ile boyuta göre ayırma yapılır ve cevher istenilen boyutlarda silolara doldurulur. Kırma - sınıflandırma işlemlerinde enerjinin en çok sarf edildiği kısım birinci kırma işlemidir. Besleme silosu'na beslenen malzemenin kaya mekaniksel özelliklerine göre ve tane boyut dağılımına göre enerji tüketimi ve tesis üretim hızı değişmektedir.

Kırmataş işletmelerinde boyut küçültme ve sınıflandırma işlemleri sonucu farklı ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu ürünler genellikle boyut dağılımına göre sınıflandırılmakta ve kullanım alanları belirlenmektedir. Çizelge 2.1 genel bir kırmataş işletmesi ürün grupları ve kullanım alanlarını göstermektedir.

Çizelge 2.1. Kırmataş Ürün Boyutları ve Kullanım Alanları

Boyut (mm)	Kullanım Alanı
0 – 4 4 – 12 6 – 12 12 – 22	Beton Santralleri
0 – 12 0 – 19 0 – 25 0 – 70	Dolgu Malzemesi (Asfalt Yapımı)
22 – 70 25 – 70	Balast (İnşaat Sektörü) Balast (Demiryolları için)
22 – 70 25 – 70 70 – 150	Şeker Fabrikası
>150	Duvar inşaatı vs.

2.3. Delme – Patlatma ile Kaya Parçalanması

Genel olarak delme – patlatma işleminin iki amacı vardır. Bunlar, gözönüne alınan kayaç kütlelerinin parçalanması ve ötelenmesidir. Parçalanmadaki amaç kayanın kazı makinesinin kepçesine rahatlıkla girebilecek, makinenin çalışmasını olumsuz yönde etkilemeyecek ve patar atımı gerektirmeyecek boyutta kırılmış olmasıdır. Ötelemedeki amaç ise kayanın kabarması sonucu gereken hacim artışını karşılayarak, yığının kolay kazılabilir olmasını temin etmektir.

Ancak kırmataş işletmelerinde yapılan delme – patlatma işlemlerinde amaç sadece parçalanma ve öteleme değildir. Satılabilir ürün eldesi için parçalanmış malzeme yeniden kırma – sınıflandırma işlemine tabi tutulduğundan dolayı, kırma – sınıflandırma maliyetini minimize ederek bir boyut küçültme elde edilmelidir.

Patlatma ile parçalanma mekanizması arasındaki ilişki uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmiş olup, değişik araştırmacı ve araştırmacı grupları, bu konu ile ilgili muhtelif çalışmalar yapmışlardır.

Bazı araştırmacılar özgül şarj ve ufalama kanunları arasındaki ilişkileri araştırmışlardır (Çabuk, 2004 [11]).

Bazı araştırmacılar kayaçların jeomekanik özelliklerinin parçalanmayla ilişkisini incelemiştir (Peck,1989 [12], Scoble, 1989 [13], Pollitt, 1991 [14], Dagabak, 1997 [15], Schunnesson, 1997 [16], Liu ve Karen, 2001 [17], Smith, 2002 [18], Segui ve Higgins, 2002 [19], Morin ve Ficarazzo, 2006 [20], Latham ve ark., 2006 [21]).

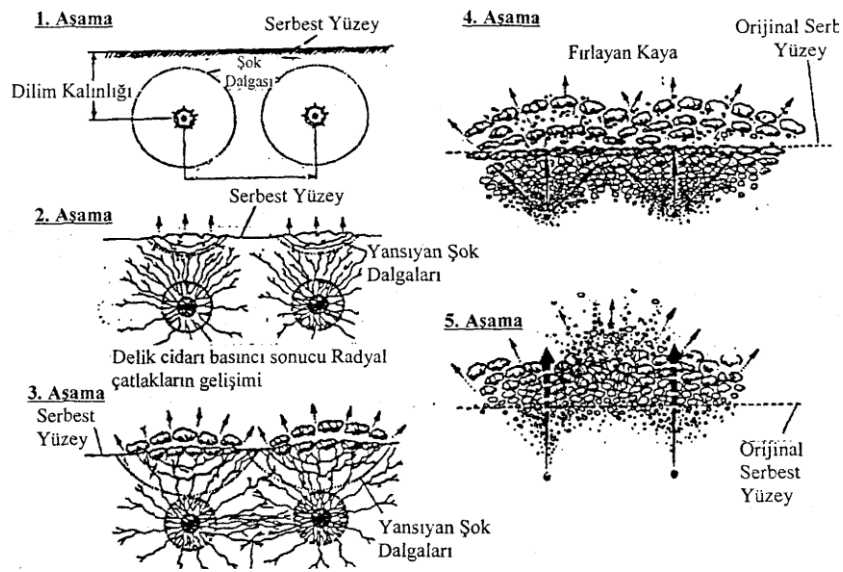
Bir başka grup araştırmacı ise kayaçların delme hızına bağlı olarak kaya mekaniksel özelliklerini tahmin etme ve buna bağlı parçalanmayı incelemiştir(Mozaffari, 2007 [22]).

Kaya yapısı ve süreksizliklerin patlatma performansına etkileri ise (Perfect, 1997 [23], Neff, 1998 [24], Kaçar, 2002 [25]) tarafından yapılan çalışmalarda incelenmiştir.

2.3.1. Parçalanma olayının gelişimi

Delik içindeki patlayıcı ateşlendiğinde, saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede oluşan reaksiyon sonucu ortaya çıkan patlayıcı enerjisi, çok yüksek gaz basıncı açığa çıkarır ve bu gaz basıncı delik cidarına çarpar ve yoğun basınç, kayaç içerisinde dışa doğru yayılır (Şekil 2.6). Patlatma ürünü olan gerilme çok hızlı bir şekilde kaya gerilme dayanımını geçerek delik

etrafındaki kayayı parçalar kırar ve plastik toz haline gelmiş bir zon oluşturur. Bu zonun dışında elastik davranış plastik bir davranışa dönüşür ve kırıklı bir zon oluşturur. Teğetsel gerilme sonucu uzun radyal çatlaklar oluşur. Bu radyal çatlak zonundaki teğetsel çekme gerilmesi kayacın çekme gerilmesini aşana kadar yayılmaya devam eder. Açığa çıkan radyal basınç dalgaları serbest bir yüzeye çarptığında geri yansır. Bu esnada kaya kütlesi serbest yüzeye doğru şişer [26-34].



Şekil 2.6. Kırılma mekanizması aşamaları [32].

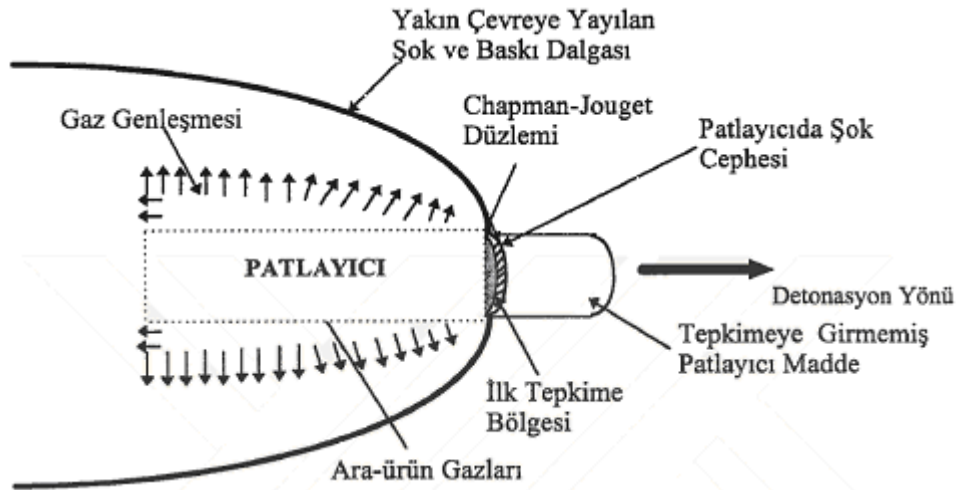
Basınç dalgaları ve bu dalgaların serbest yüzeyden yansması sonucu oluşan çekme gerilmesi dalgası sonucu, önce delik etrafındaki kaya kırılır, daha sonra delik çapının dört katı kadar radyal çatlaklar oluşur. Daha sonra yüksek basınçlı gaz radyal çatlakların içerisine girerek çatlakları serbest yüzeye kadar iletir ve kayayı parçalar. Son olarakta parçalanmış kayayı öteler [35,36].

Delik içine yerleştirilmiş patlayıcı maddenin patlatılması sırasında ve patlatma tamamlandıktan sonra kırılma ve malzemenin ötelenmesini temsil eden 4 temel süreç vardır [37].

- Patlama (Detonasyon)
- Şok ya da birim deformasyon dalgalarının yayılması
- Gaz basıncının yayılması
- Kütle taşınması

a. Patlama (Detonasyon)

Patlayıcı maddenin çok ani kimyasal tepkimeye girerek şok dalgası üreten bir tepkime şeklidir. Şok dalgası, akış özelliklerinde ani değişimleri temsil eder. Dalga yönünde yüksek basınç sonucunda aşırı sıcaklık değişim halkaları oluşur ve tepkimenin kendiliğinden devamlılığını sağlar. Patlatma süresince kimyasal tepkime ses hızından daha büyük bir hızla patlayıcı kolonu boyunca ilerler. Bu kimyasal tepkimenin belirleyici karakteristiği, tepkimenin patlayıcı kolonu boyunca süpersonik bir şok dalgası tarafından başlatılması ve desteklenmesidir. Şekil 2.7 tipik bir detonasyon anını göstermektedir. Burada, birincil tepkime bölgesi, kimyasal ayrışmanın başladığı alandır. Bu bölgenin bir tarafı şok cephesi tarafından sınırlanmaktadır. Bunun arkasındaki sınır Chapman – Jouget (C-J) düzlemi olarak adlandırılır [38,39].

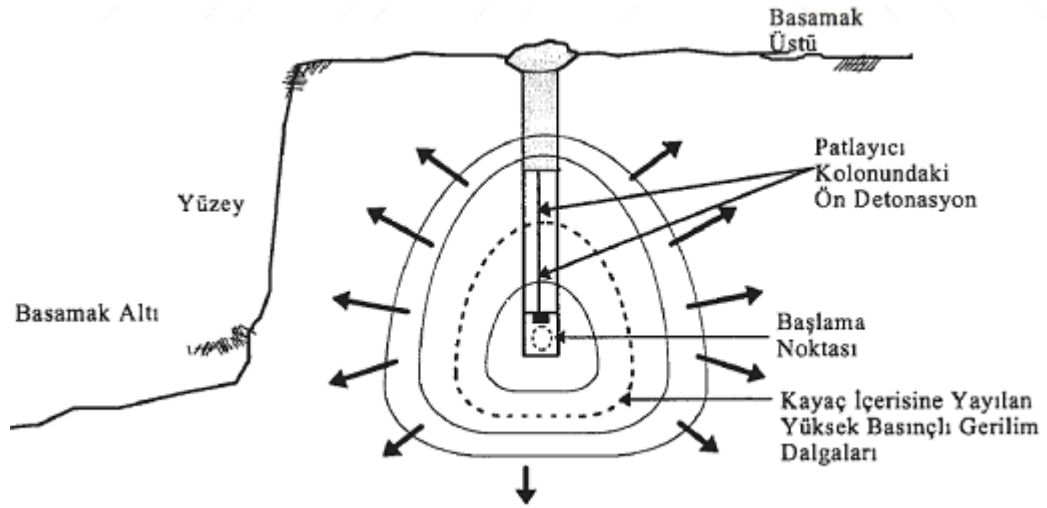


Şekil 2.7. Silindirik bir patlayıcı kolonu içindeki temsili patlama [38]

Patlama kırılma işleminin başlangıcıdır. Yakıt ve oksitleyici bileşimlerini içeren bir patlayıcı karışım, detonasyondan hemen sonra yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazlara dönüşmektedir. Patlamadaki sıcaklık aralığı yaklaşık olarak 1650 – 3870 °C ve basınçlar ise 9 – 275 kbar arasındadır [40].

b. Sok Birim Deformasyon Dalgalarının Yayılması

Patlatma delikleri içerisine yerleştirilen patlayıcı maddenin patlaması ile yerinde kayaç, kütlesi içerisinde kayaçın mekanik özelliklerine bağlı olarak sismik dalgalar meydana gelir ve formasyon içerisinde enerjileri tükeninceye kadar yayılmaya devam ederler (Şekil 2.8).

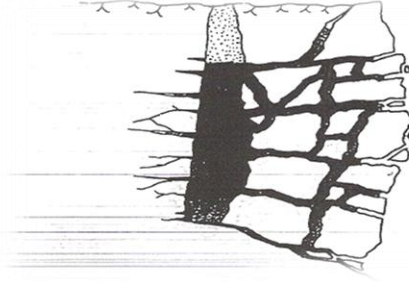


Şekil 2.8. Baskı dalgaları yayılımının yüzeydeki kesiti [41]

Enerji tükenmesinin başlıca iki nedeni vardır. Kaya yapısının fiziksel ve jeolojik olarak gösterdiği direnç ve geometrik olarak dalganın kaynağından uzaklaştıkça daha geniş bir alana yayılması sonucu meydana gelen dalga sönümlenmesidir. Jeolojik bir ortam içerisinde kaynaktan yayılan dalgalar yansımaya, kırılmaya, yüzeye ulaşma vb. olaylar sonucu kayıt noktasına; bünye ve yüzey dalgaları şeklinde ulaşmaktadır [42]. P ve S dalgalarının yanı sıra daha yavaş hareket eden, özellikle topografya üzerinde bulunan yapılara verdiği hasarla tanınan Rayleigh (R) diğer başlıca yüzey dalgaları, Love (Q), Birleşik (C), ve Hidrolik (H) dalgalarıdır. Delik içindeki patlayıcının patlaması sonrası açığa çıkan enerjinin bir kısmı Persson, 1970 [43]'e göre (% 1 – 20'si) şok dalgaları şeklinde yan kayaca iletilir [41,44-46].

c. Gaz Basıncının Yayılması

Baskı dalga yayılımı sırasında ve sonrasında, yüksek basınç ve sıcaklıktaki gazlar delik orijininin genişleyerek delik çevresinde bir baskı alanı yaratırlar. Bu alanda gazlar, radyal çatlaklar geliştirirler ve herhangi bir süreksizliğe doğru hızlı bir şekilde giriş yaparlar. Bu esnada, kırılma ağının gelişmesi de devam eder (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Gaz basıncı ile çatlak oluşumu [47].

Patlatma ürünü gazların kayaç içinde adyabatik genişleme sırasındaki hareket yolları tam olarak belirlenmemesine rağmen en az dayanıma sahip yolları seçtiği bir gerçektir [48]. Gaz ürünler genişlemesi esnasında, ilk olarak çatlak, eklem, fay vb. yapısal süreksizliklere doğru ilerler. Ayrıca, belirli bir ortamda, düşük kohezyon ve bağlara sahip olan tabakalı oluşumların ara yüzeyleri gazların seçtiği öncelikli genişleme bölgeleridir. Eğer delik ile serbest yüzey arasındaki süreksizlikler yeterince büyük ise, yüksek basınç altındaki gazlar doğrudan atmosfere dağılırlar. Bu durum sıkıştırma basıncının azalmasına, dolayısı ile kayacın kırılması için gerekli enerjinin düşmesine neden olur. Sonuç olarak kırılmış malzemenin ötelenmesi ve malzemenin parçalanması azalır [47,49].

d. Kütle Taşınması

Parçalanma işlemindeki son aşama malzemenin hareketidir. Gaz basıncı yada basınç ve çekme dalgaları sonucu temel parçalanma oluşmaktadır. Parçalanmış malzeme etki hızına bağlı olarak basamak tabanına düşmektedir. Kütle taşınmasında en önemli parametre delik önündeki malzeme miktarı olmaktadır.

Malzemenin kütle hareketi kırılma işlemindeki son aşamadır. Parçalanmanın bir kısmı havadaki çarpışmalar ve malzemenin zemine çarpması ile devam eder. Basamak yüksekliği arttıkça, bu tip kırılmalar artacaktır. Bunun nedeni, parçaların basamak zeminine düşerken, darbe hızlarındaki artıştır. Benzer olarak “V” şeklinde tasarlanan karşılıklı sıralardan çıkan malzemenin havada çarpışmasıyla parçalanma artacaktır [50].

Kütle hareketini artırmak için gerekli üç seçenek aşağıda sıralanmıştır [41];

1. *Dilim kalınlığını sabit tutmak için eğimli delik delinmesi,*
2. *Mevcut dik delikler için dip şarjında daha yüksek enerjili patlayıcıların kullanılması,*
3. *Mevcut dik delikler için dilim kalınlığının azaltılmasıdır.*

2.3.2. Kayaç parçalanmasında etkin parametreler

Açık ocaklarda yapılan delme – patlatma çalışmalarında kayaç parçalanması sabit ve değiştirilebilir pek çok parametre tarafından kontrol edilmektedir (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. Kayaç patlatılmasında önemli parametreler [52].

KONTROL EDİLEMEZ (DEĞİŞTİRİLEMEZ) PARAMETRELER	KONTROL EDİLEBİLİR (DEĞİŞTİRİLEBİLİR) PARAMETRELER
Kayaç Kütleli Özellikleri	Patlayıcı Özellikleri
<i>Süreksizlik sistem sayısı Her sistemdeki süreksizliklerin sıklığı Süreksizliklerin dolu/boş olması Dolgu malzemesinin sıkışma yönü ve su içeriği Kayaç kütleli gerilmeler Süreksizlik sistemlerinin yönü</i>	<i>Özgül yükleme veya enerji içeriği Delik içerisindeki patlayıcı dağılımı</i>
Kayaç kütleli malzemesi özellikleri	Patlatma geometrisi
<i>Dinamik basma dayanımı Dinamik çekme dayanımı Yoğunluk P-dalgalarının hızı (Vp)</i>	<i>Delik serbest yüzeye göre konumu Delik çapı, Dilim kalınlığı, Delikler arası mesafe Basamak yüksekliği, Delik eğimi ve sapma miktarı Delik sıra sayısı, Delik düzeni, Sıkılama Ek delik miktarı</i>
	Ateşleme
	<i>Gecikme zamanı Gecikme sayısı ve aralıkları Ateşleme düzeni</i>

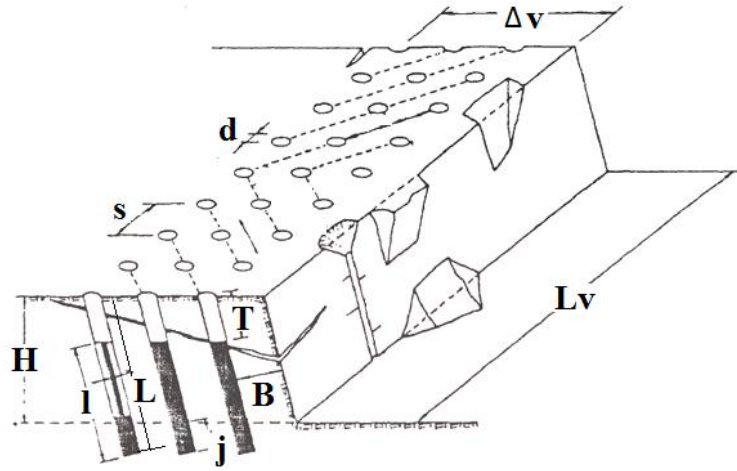
Çizelge 2.2. de görülen parametreler, kayaç kütleli özellikleri, patlayıcı özellikleri ve delme – ateşleme sistemi olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilir. Bunların arasında, kayaç yoğunluğu, kayaç içinde dalga yayılım hızı, bunlara bağlı kayaç empedans değeri, enerji soğurumu, basma ve çekme dayanımları ve yapısal değişim parametrelerini içermekte olan kayaç özelliklerinin sayısal olarak ifade edilmesi ve yapılacak tasarıma yansıtılması en zor olan grubu oluşturmaktadır [51]. Kayaç yoğunluğu ile kayaç içerisindeki dalga yayılım hızının çarpımına eşit olan kayaç empedans değeri, kayacın, şok dalgası yayılımına karşı gösterdiği direnci, bir ölçüde de yapısal durumunun patlatma üzerinde etkisini ifade eder. Aynı zamanda kayacın parçalanmasına neden olan patlatma enerjisinin ortam kayaca ne oranda iletildiğini gösteren bir ölçüttür [45]. Kayaç empedansının hesaplanmasında kullanılan birincil (P) dalga hızı, kayaç kütleli homojenlik derecesi ile, yoğunluk ise kayaca istenilen ötelemenin verilmesinde gerekli enerji miktarı ile ilgili parametrelerdir. Yüksek P-dalga hızları patlayıcı enerjisinin kayaca daha iyi iletildiği, kayaç içerisinde uniform bir gerilim – deformasyon olduğu anlamına gelir. Bu ise tane boyut dağılımının homojen olmasında ana etken olmaktadır [53,54].

2.3.3. Delme patlatma tasarım parametrelerinin patlatma ve parçalanmaya etkileri

Teknik, emniyet ve ekonomiklik açısından iyi ve güvenli bir patlama üzerinde etkili olan parametreler aşağıdaki şekilde sıralanabilir [55].

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

Delme patlatma tasarımlarında kullanılan parametreler Şekil 2.10' da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Patlatma dizaynında kullanılan parametreler [32]

(H : Basamak yüksekliği, d : Delik çapı, L : Delik boyu, B : dilim kalınlığı, s : delikler arası mesafe, l: şarj boyu, j : dip delme boyu, Lv: Patlatma alanı boyu, Δv:Patlatma alanı kalınlığı, T: sıkılama boyu)

Kaya özellikleri atım sonucunu önemli ölçüde etkiler. Örneğin formasyon kil gibi plastik özellik gösteriyorsa kovan yapma ihtimali vardır. Bu durumda darbe enerjisinden çok yıkma enerjisi fazla olan bir patlayıcı kullanmak, dilim kalınlığı ve delikler arası mesafeleri

dikkatle seçmek ve mümkün olduğunca az tutmak gibi önlemler gerekebilir. Kaya kırılğan fakat masif ise kayanın parçalanmasında birincil kırılma mekanizmalarının iyi iş görmesi bakımından patlayıcı maddenin yüksek kudretli ve yüksek patlama hızlı olmasına özen gösterilmelidir. Çok eklemli ve çatlaklı zayıf kayalarda formasyon zaten parçalanmış olduğundan düşük yoğunluklu ve düşük patlama hızlı fakat fazla gaz çıkaran patlayıcı maddeler tercih edilmelidir.

Kayaların dayanıklılığı, eklem, fay, tabakalanma gibi yapısal unsurları ve su durumu patlatma tasarımı için önemlidir. Esen ve ark. 2000 [56]'de, parçalanma işlemine etki eden kaya özelliklerini yoğunluk, dalga iletim hızı, karakteristik empedans, enerji yutma özelliği, basınç dayanımı, çekme dayanımı, değişkenlik durumu (homojen ve isotropik olmayışı), yapısal durumu (eklem, tabakalanma v.b.) olarak sıralanmaktadır.

Tamrock,1984 [26] kayanın patlatılabilirliğine etkiyen unsurlardan yapısal durumu, sağlamlığı, homojenitesi yanında kayanın kırılabilir, dövülebilir, çekilebilir veya esneyebilir olmasının da önemli olduğuna işaret etmektedir.

Patlatma tasarımında öne çıkan iki anahtar parametre mevcuttur. Bunlar özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Bu iki parametre için makul bir yanıt bulunabildiğinde kabul edilebilir yaklaşımlara dayanarak diğer tasarım parametrelerinin hesaplanabileceği araştırmacıların ortak görüşüdür [57-59]. Konu ile ilgili çeşitli araştırmacıların getirdiği belirli ampirik ilişkilerden yararlanarak ve kaya koşullarını dikkate alarak, bir başlangıç dilim kalınlığı ve özgül şarj değeri belirlenmekte ve ön tasarım yapılabilmektedir.

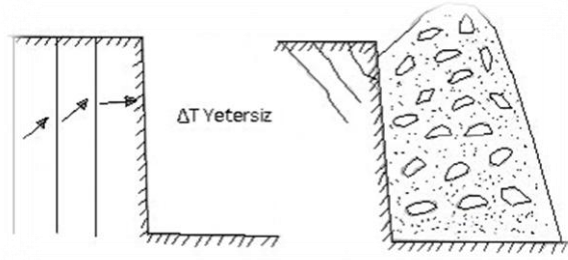
2.3.4. Patlatma sonucu yığın şekli ve dağılımı

Patlamadan sonra oluşan yığının şekli, gizli maliyetlere yol açması sebebiyle önemli ancak gerekli hassasiyetin gösterilmediği bir konudur. Gerçekten de oluşan yığının yüksek, yaygın, saçılmış olması yükleme maliyetini etkilemektedir [60].

2.3.4.1. Yığın şekli

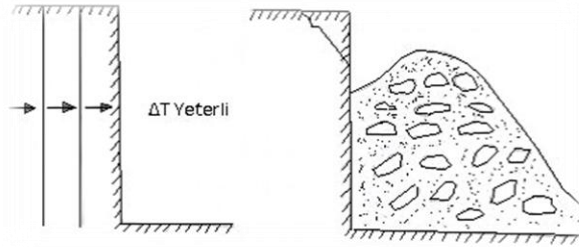
Patlamadan sonra üç ana yığın tipi oluşabilir [32]. Bunlar;

- a. *Aynaya bitişik ve yüksek yığın (Şekil 2.11),*
- b. *Aynadan biraz ayrılmış biraz dağılmış orta yükseklikte yığın (Şekil 2.12),*
- c. *Aynadan oldukça uzaklaşmış ve geniş bir alana yayılmış yığın dır (Şekil 2.13).*



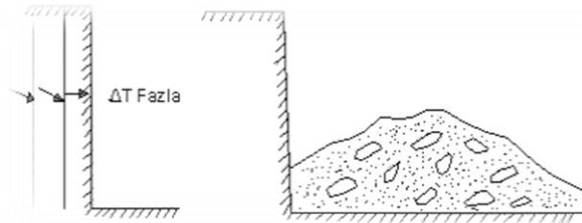
Şekil 2.11. Aynaya bitişik ve yüksek yığın

Sekil 2.11'deki yığın, sıralar arasındaki gecikme zamanının yeterli olmaması ve kaya kütlelerinin yukarı doğru bir harekete meyilli olmasından meydana gelir. Böyle bir yığının yüklenmesinde makineler güç ve boyut açısından zorlanacaktır.



Şekil 2.12. Aynadan biraz ayrılmış, biraz dağılmış orta yükseklikte yığın

Sekil 2.12'deki yığın, sıralar arasındaki gecikme zamanının en uygun olduğu durumdur. Makineler için en ideal yükleme şartlarıdır.



Şekil 2.13. Aynadan bir hayli uzaklaşmış ve geniş bir alana yayılmış yığın

Şekil 2.13'deki yığın, gecikme zamanının fazla olmasından kaynaklanır. Makineleri oyalayacak ve yükleme maliyetlerini arttıracaktır.

2.3.4.2. Yığındaki parça boyut dağılımı

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan gözlemlere göre basamak patlatmasında elde edilen pasa içerisindeki tane boyu dağılımı sistematik bir şekilde olmaktadır (Şekil 2.14). Genellikle iri bloklar yığının ön kesimlerinde yer alırken ince bloklar arka ve alt tabakalarda daha çok yer almaktadır.



Şekil 2.14. Patlatılmış malzemedeki tane dağılımı [59].

Yukarıdaki anlatılan olay Şekil 2.15’ de görüldüğü gibi yapılan gözlemlerle de saptanmıştır.



Şekil 2.15. Basamak patlatması ile elde edilen malzemede iri blok ve ince malzemenin durumu.

Yapılan gözlemlerde iri malzeme(patarlık) oluşması iki nedenle olmaktadır;

1. İri blokların bir kısmı büyük bir olasılıkla sıkılama bölgesinden düşmektedir.
2. İri blokların diğer kısmı ise yine büyük bir olasılıkla serbest aynada askıda bulunan bloklardan oluşmaktadır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Serbest aynada bulunan iri blokların kırılmadan hareketlenmesi.

2.3.5. Patlatma sonrası parçalanmış kayaçta boyut dağılımının ölçülmesi

Genel olarak kırmataş işletmelerinde işletme maliyetini; delme, patlatma, yükleme, taşıma, kırma/öğütme, sınıflandırma ve stoklama oluşturmaktadır. Sayılan bu işlemler verimi dolaylı yada dolaysız olarak etkileyen faktörlerden biride patlatma sonrası oluşan yığın tane boyu dağılımıdır. Bu nedenle boyut dağılımının belirlenmesi (kırıcı, bant konveyör, yükleyici boyutu vb.) açık işletme veya atık yığını şevlerinin duraylılık analizlerinde ve madenciliğin değişik aşamalarında oldukça önemlidir [61-63]. Patlatmadan sonra oluşan yığın parça boyut dağılımı, patlatmanın verimliliği hakkında bilgi veren en önemli parametrelerden biridir. Patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı, kayaç parametreleri, patlayıcı parametreleri, delme – ateşleme düzeni gibi birçok parametre tarafından kontrol edilmektedir.

Patlatma sonrası oluşan parçalanmanın belirlenmesi için kullanılan ve literatürde yer alan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler doğrudan ve dolaylı yöntemler olmak üzere genel olarak iki grupta toplanmaktadır [64,66].

2.3.5.1. Doğrudan yöntemler

Doğrudan yöntemler aşağıdaki gibi dört başlık altında incelenebilir.

a. Yığının Elek Analizi

Patlatma sonrası oluşan yığının gerçek boyut dağılımı en kesin şekilde, bütün yığının elekten geçirilmesi ile yapılır [67]. Bununla birlikte, bu yöntem aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı fazla tercih edilmemektedir [68,69];

- *Madencilik işlemlerini aksatması*
- *Fazla işçilik gerektirmesi*
- *Yüksek maliyet*
- *Uygun olmayan numune boyu*

b. Parçalanmış Kayaçta İnce ve İri Boyutların Belirlenmesi

İri boyutlar, büyük blokların (boulder) ölçümü ile belirlenebilir. Örneğin, belirli bir kritik hacmi geçen blokların sayıları, kütle ve hacimleri veya bir ton kırılmış kayaç içindeki kütleleri belirlenebilir. İnce boyutlar ise en iyi birincil kırma sonucu tartılarak belirlenebilir [45].

c. Parça Örnekleme Yöntemi

Bu yöntemde, patlatma sonrası oluşan yığından rasgele parçalar alınır. Yığındaki tane boyut dağılımı, bu örneklenen parçaların boyutlarının istatistiksel değerlendirilmesi ile belirlenmektedir [45].

d. Üç Nokta Yöntemi

Parça boyut dağılımının kestirilmesinde kullanılan üç nokta yöntemi görsel bir yöntemdir. Bu metotta, boyut – dağılım eğrisi, görsel olarak kestirimi yapılan üç noktadan geçmektedir. Bu noktaları, 10 mm'den küçük tanelerin % ağırlığı, k_{50} (toplam kırılmış kayacın %50'sinin geçtiği elek açıklığı) ve en büyük parça boyutunun % ağırlığı oluşturmaktadır [45].

2.3.5.2. Dolaylı yöntemler

Dolaylı yöntemler ampirik yöntemler ve fotoanaliz yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılır. Ampirik yöntemler, patlatma parametrelerinden yola çıkarak parça boyut dağılımının tahmin edilmesini amaçlar. Parça boyut dağılımları ile ilgili ampirik yaklaşımlar, patlatma parametrelerini, patlatma öncesinde yerinde kayaç dayanımını ve doğal süreksizliklere ilişkin parametreleri göz önüne almaktadırlar [70,71]. Patlatma sonrası oluşacak parçalanma ortalama tane boyu (k_{50}) ve tane boyu dağılımı olmak üzere iki şekilde ifade edilebilmektedir [72].

Fotoanaliz yönteminde ise sayısal görüntü işleme yöntemleri kullanılır. Yığında elde edilen görüntü bilgisayarda görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmektedir [61,70].

Sayısal görüntü işleme yönteminin avantajları aşağıdaki gibidir [70];

- *Hızlı ve basit bir işlemdir,*
- *Analizlerde ve sonuçlarda hatasız sonuçlar sağlar,*
- *Üretim işlemlerinde tekdüze kullanımlara uygundur,*
- *Maliyeti düşük ve kullanılan gereçler basittir.*

Yukarıda anlatılan bütün metodların içinde en güvenilir sonuçlara yığının elek analizinin yapılması ile ulaşılabilir. Ancak yığının elek analizinin yapılması her ölçekte mümkün olamamakta ve uygulanması yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Bu yüzden günümüz teknolojisi ile kullanılabilecek en iyi yöntem fotoanaliz yöntemidir. Tam ölçek kayaç patlatma testlerinde veya üretim patlatmalarında, maliyet ile kesinlik arasındaki denge en iyi fotoanaliz metoduyla sağlanabilmektedir. Fotoanaliz yöntemleri için aşağıda bazıları sıralanmış olan çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir.

Fotoanaliz yöntemi ile parça boyut dağılımının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bilgisayar programları [73];

- IPACS
- TUCIPS
- FRAGSCAN
- WIPFRAG
- SPLIT

Yapılan çalışmada parça boyut analizi için en çok kullanılan programlardan biri olan SPLIT desktop 2.0 (akademik versiyon) tercih edilmiştir.

2.4. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Yükleme ve Nakliye Performansları

Açık işletme ve kırmataş işletmelerinde patlatma sonrası oluşan yığındaki parça boyut dağılımının takip eden süreçlerdeki (yükleme, taşıma, kırma – sınıflandırma) etkileri değişik araştırmacılar tarafından araştırılmış ve parça boyut dağılımı ile yükleme ve nakliye işlemlerinin verimleri arasında değişik korelasyonlar elde edilmiştir. Yükleme yapılan yığındaki parça boyut dağılımının büyümesiyle kabarma katsayısı artmakta, bu hem yükleme verimini düşürmekte, hemde kamyon kasa hacmine bağlı taşıma kapasitesini azaltmaktadır. Bununla birlikte kepçe dolma faktörü azalmaktadır. Bu yükleme ve taşıma maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda uygun olmayan parça boyut dağılımındaki parçanın yüklenmesi yükleyici makinanın gereğinden fazla oyalanmasına ve dolayısıyla birim üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Kısacası patlatma sonrası oluşan yığındaki parça boyut dağılımının artması ile yükleme ve nakliye birim maliyetleri artmaktadır. Pek çok araştırmacı bu konuda çalışmalar yapmış ve değişik ilişkiler ortaya koymuştur.

Konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalardan bazılarını kısaca özetlemek gerekirse; yığındaki iri parça oranı arttıkça yükleme zamanının arttığını Grant ve Dutton, 1983 [74], Chung ve diğ., 1991 [75], Paşamehmetoğlu ve diğ., 1992 [76], McGill ve Freadrich, 1994 [77], Hanspal ve diğ., 1995 [78], Michaud ve Blanchet, 1996 [79], Singh and Yalcin, 2002 [80], Singh ve diğ., 2003 [81], Singh ve Narendrula, 2006 [82], Sarı ve Lever, 2007 [83], yaptığı çalışmalar da ortaya koymuştur. Neilson, 1987 [84], Frimpong ve diğ., 1996 [85] yaptıkları çalışmada parça boyut dağılımının büyümesiyle yükleme süresinin arttığını, bunun yanında kepçe dolma faktörünün azaldığını ve toplam maliyetin arttığını bulmuşlardır. Parça boyutunun nakliye performansına etkileri ile ilgili çalışma Doktan, 2001 [86] tarafından yapılmış ve parça boyut dağılımının büyümesinin kamyon nakliye performansını azalttığı ortaya konulmuştur.

2.5. Kırma Sınıflandırma Tesisinde Boyut Küçültme (Ufalama)

Boyut küçültme işlemi, işletmelerde önemli bir maliyet kalemidir. Kırma – sınıflandırma tesisinin performansının artırılması işletmenin üretim maliyetleri üzerinde etkili olmaktadır. Durum böyle olunca kayaçların mekanik özellikleri ve boyutları ile kırma tesisi performansı arasındaki ilişkiler değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalarda öncelikle kayaç özellikleri ile kırıcı enerji tüketimi arasındaki ilişki araştırılmış beslenen parça boyutu arttıkça enerji tüketiminin arttığı tespit edilmiştir (Morrell, 2004 [87], Bohloli ve Hoven, 2007 [88], Shi ve Kojovic, 2007 [89], Lindqvist , 2008 [90])

Katı cisimlerin parçalarını birbirine bağlı tutan iç kuvvetlerin dıştan uygulanan kuvvetler ile azaltılması işlemine, ufalama denir. Dıştan uygulanacak kuvvetler darbe, baskı veya kesme şeklinde olmaktadır. Ufalama kırma ve öğütme olarak iki gruba ayrılır.

Kırma, kayanın üzerine gelen bir baskı veya çarpma sonucu parçalanması, öğütme ise kayanın bir ortam içinde kullanılan çubuk, bilya veya çakıl gibi malzemeler vasıtasıyla çarpma ve aşınması sonucu ufalanması prensiplerine dayanır. Kırma genellikle kuru, öğütme ise yaş olarak uygulanmaktadır. Ufalama elde edilen ürün boyutuna göre üç gruba ayrılır [91];

- *İri kırma (primer)* : 1m-10cm
- *İnce kırma (sekonder)* : 10cm-1cm
- *Öğütme* :-1cm

2.5.1. Ufalamanın temel prensipleri

Ufalamayı tam olarak ifade eden temel prensipler henüz bulunamamıştır. Bunun nedeni, konunun atom veya molekülleri birleştirici kuvvetler altında belirli bir düzen içinde olan katı haldeki cisimlerle ilgili olmasıdır. Katılar genellikle farklı eksenler boyunca farklı özellikler gösteren homojen olmayan bir yapıda, kristal veya amorf fazın karışmasından meydana gelirler. Kristal yapıda metal veya minerallerin pek çoğu bulunur. Kristal yapı kendi içinde atomik ve moleküler kristal olmak üzere ikiye ayrılır. Kristal yapıda atom veya moleküllerin dizilişleri onları birlikte tutan fiziksel ve kimyasal bağların büyüklük ve tiplerine bağlıdır. Bu bağlar;

- İyonik bağ*
- Kovalent bağ*
- Hidrojen bağ*
- Metalik bağ*
- Van der Waals bağı,*

olarak adlandırılır.

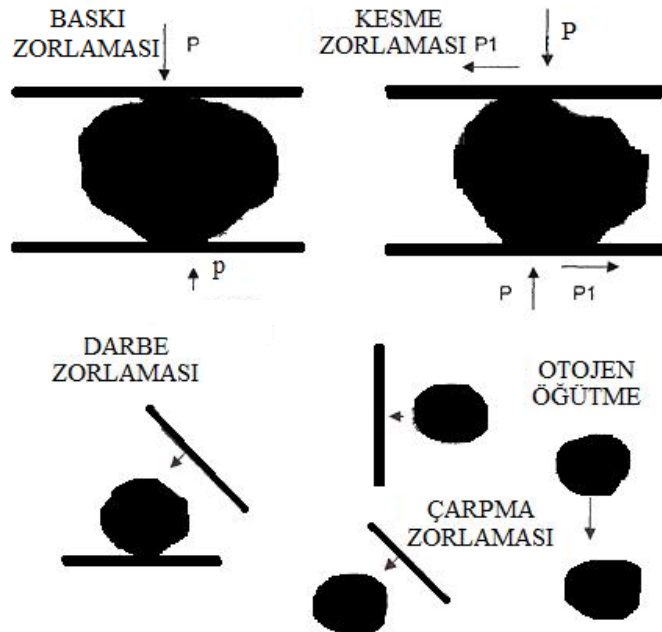
Atomlar arası bağlar az bir gerilmeye tabi olduklarında Hook kanununa uygun hareket ederler. Kopma yoksa serbest bırakıldıklarında enerjini geri verirler. Ancak, kayada bir kırılma olduğunda bu depolanan enerjinin bir kısmı yeni oluşan yüzeylerdeki atomların potansiyel enerjisi olan serbest yüzey enerjisi haline dönüşmektedir. Yüzey enerjisindeki bu artış, yeni yüzeylerin daha çabuk oksitlenmesi veya kimyasal olarak reaktiflere (örneğin

flotasyon reaktifleri) karşı daha aktif olmalarını sağlamaktadır. Üç çeşit kırılmadan söz etmek mümkündür. Bunlar; klivaj çatlakları (gevrek malzemelerde), kesme ve bükme kırılması (yumuşak malzemelerde) ve yorulma kırılması şeklinde sıralanabilir [11].

Çatlakların yayılması ile serbest bırakılan elastik gerilme enerjisi meydana gelen yeni yüzeylerin yüzey enerjisine eşit olduğu zaman çatlak, kayaç içerisinde yayılır. Malzemenin dayanıklılığını etkileyen ana nedenler yüzey enerjisi ve çatlak uzunluğudur. Tane boyu küçüldükçe taneler içinde büyük çatlaklar bulunma ihtimali azalacağından tanelerin mukavemeti artacaktır. Ayrıca tane boyu azaldıkça özgül yüzey enerjisi de arttığından yeni yüzeylerin oluşturulması (öğütme işlemlerinde olduğu gibi) için gerekli olan enerji miktarı da izafi olarak artacaktır [91]. Uygulamada ufalama işlemleri düzgün olmayan şekilleri kayalara uygulanmaktadır. Yükleme uniform olmayıp çeşitli noktalardan uygulanabilir [11].

2.5.2. Ufalama makinelerinde meydana gelen zorlama cinsleri

Ufalama işlemlerinde harcanan enerji genellikle bir motorla hareket ettirilen makine parçası vasıtasıyla tane üzerinden geçer. Ufalama makinelerinde çalışılan yüzeylerin taneyi zorlama şekilleri; baskı, kesme, darbe, çarpma (vurma) şeklindedir (Şekil 2.17) . Genellikle bu zorlama şekillerinin birden fazlası ufalanma anında etkili olmaktadır.



Şekil 2.17. Ufalama makinalarında meydana gelen zorlama cinsleri [91].

Baskı; Bu tip zorlamaya birçok baskı makinelerinde rastlanır. Biri sabit diğeri ise hareketli ve zorlamayı ileten iki çalışan yüzey arasında taneler gidip gelme esnasında basınca tabi tutulurlar. Örneğin çeneli veya merdaneli kırıcılarda asıl uygulanan kuvvet baskı zorlamasıdır.

Kesme; Kesme yoluyla zorlanan nispeten küçük baskı kuvvetlerinin yanısıra daha çok ters yönlü ve büyük kesme kuvvetinin tesirinde olmaktadır. Kesme zorlamasının hızı, çarpma ve darbe zorlamalarının hızından daha küçüktür. Örneğin kahve değirmeni, bilyeli veya çubuklu değirmenlerde kesme zorlaması özellikle kaskad çalışma şartlarında ön plana gelmektedir.

Darbe; çalışan yüzey ya konik kırıcılarda olduğu gibi kırıcı koniler vasıtası ile zorlama yapar veya tambur değirmenlerdeki öğütücü ortam gibi hareketlidir (katarakt etki).

Çarpma; Yüksek hızda serbestçe hareket eden tanelerin sabit çarpma elemanına veya bir diğer taneye çarpması halinde söz konusudur. Çalışma şekli nedeniyle çarpmayla ufalamada parçalanma öncelikle zayıf tane sınırları boyunca olmaktadır. Seçici bir ufalama söz konusudur [91].

Otojen öğütme; Tanelerin birbirine çarparak ufalanmasıdır, cevherin kendi kendisini öğütmesidir. Otojen öğütme değirmenleri kuru veya sulu çalışabilirler. Birinci kademe boyut küçültme olup, çoğu zaman kırma ve öğütmeyi bir arada yaparak cevher hazırlama tesislerindeki en büyük sorun olan aşınmayı azaltarak öğütme maliyetini düşürür.

2.5.3. Ufalama kanunları

Ufalama işlemlerinde oldukça büyük enerji kullanılır ve ufalama makinelerine verilen enerjinin ancak küçük bir miktarı faydalı bir işe (yeni yüzeylerin oluşması) harcanır. Özellikle ince ufalama (öğütme) verimsiz bir işlem olup, toplam enerji girdisinin ancak %1 kadarı yeni yüzey oluşmasında harcanmakta, geriye kalan kısmı ise ısı, ses, sürtünme vs. gibi enerji türleri olarak kaybolmaktadır [11].

Ufalama işlemlerinde enerji gereksinimi oldukça yüksektir. Enerji maliyetlerindeki artış ve enerji üretimindeki çevresel olumsuzluklar nedeni ile günümüzde enerji tasarrufu önem kazanmıştır. Ufalama işlemlerindeki enerjinin azaltılabilmesi için harcanan enerjinin mümkün olan en yüksek verimle kullanılabilmesi gerekmektedir.

Bir ufalama işlemi için verilen enerji ile ufalamada sarf edilen enerji miktarı arasındaki ilişkileri ortaya çıkarabilmek gayesiyle bugüne kadar pek çok hipotezler ortaya atılmıştır. Bunların daha ziyade deneysel yollara gidilerek ispatlanmaya çalışılmış ve henüz münakaşalı olan ufalama kanunları çıkarılmıştır. Bu kanunların her birisi belirli ufalama şartlarında geçerli olabilmekte fakat buna rağmen alışkanlık sonucu bu hipotezlere ufalama kanunları denilmektedir.

Ufalama kanunları aşağıda sıralanmıştır; [91,92].

- *Rittinger kanunu (1867)*
- *Kick Kanunu (Hacim teorisi) (1885)*
- *Bond Kanunu (1951)*
- *Holmes Kanunu (1957)*

Rittinger, ufalama olayını yüzey enerjisi artışı yönünden ele almıştır ve ‘ufalama için verilen enerji meydana gelen yeni yüzeylerle orantılıdır’ şeklinde kısaca ifade edilmiştir. Genel olarak Rittinger kanunu şu yönüyle eleştirilmektedir. Uygulamada harcanan enerji yeni yüzeylerin meydana gelmesi için gerekli olan enerji miktarından yaklaşık 100 defa daha fazladır. O halde gerekli olan enerji miktarı sadece yeni yüzeylerle ilgili olmaz. Dolayısıyla ufalama işlemi için gerekli olan enerjinin Sadece %1’i yeni yüzeylerin oluşumu için harcanırken %99’u ise ısı olarak açığa çıkmaktadır. Böylece yeni yüzeylerin oluşumu için gerekli olan giriş enerjisinin bu kanunla hesaplanması güvenilir olmamaktadır. Rittinger cevherlerin ufalama işleminden önce kırılmaya maruz kalabileceğini (taşımaya, doldurma, boşaltma) göz önüne almamıştır.

Kick kanunu ise, deneysel olarak basınç-gerilme diyagramlarının integrasyonu ile ilgili olduğundan daha güvenilir görünmektedir. Ancak bu kanunda belirtilenin aksine ufalamanın malzeme inceldikçe daha zorlaştığı bilinmektedir ve her ufalama adımı için gerekli olan enerji miktarda artmaktadır. Buna karşın Kick her ufalama adımı için gerekli olan enerji miktarını sabit almaktadır.

Bond kanunu, özellikle standart elek boyutlarında enerji sarfiyatı ve güç ihtiyacı için faydalı olmaktadır. Çeşitli kayaçların iş indeksi (W_i) değerlerinin literatürde bulunması nedeniyle ufalama işlemleri için gerekli olan işletme maliyetleri hesaplanmaktadır. Ancak (W) değerlerinin öğütmenin cinsine (yaş-kuru) ve değirmen kapasitesine göre de değiştiği göz önüne alınmalıdır.

Holmes'e göre ufalama esnasında bir malzemenin davranışı, beslenen ürünün ebad ve şekline, kırıcı kuvvetinin tatbik şekline bağlı olarak değişmektedir. Ufalama işlemi için verilen enerji aşağıda maddelendiği gibi 3 ayrı şekilde harcanmaktadır;

- *Elastik deformasyonu etkilemek,*
- *Plastik deformasyonu etkilemek,*
- *Yeni yüzey alanı meydana getirmek içindir.*

Isı şeklinde ve kırılan taneciklerin kinematik enerjisi olarak kendini gösteren enerji şekilleri ise deformasyon ve kırılmadan sonra ortaya çıktıkları için kırılma enerjisinin hesaplanmasında etkili olmamalıdır. Holmes, kırılma için gerekli enerji sadece elastik deformasyonu etkilemek için kullanılan enerji şeklinde ifade etmiş ve diğerlerinin etkisi çok küçük olduğundan ihmal edilebileceğini kabul etmektedir [91].

Sonuç olarak, bir kayacın ufalanmasında enerji iletimi şu şekilde olmaktadır. Kayacın doldurulması ve ufalama makinesinin motorundan gelen elektrik enerjisi makinenin hareket eden parçalarında mekanik enerjiye dönüşmekte ve bu da kayaç için bir zorlanmayı ortaya çıkarmaktadır. Bu zorlama (baskı, kesme, darbe-çarpma veya vurma) kayacın elastik sınırına kadar devam etmekte ve bu sınırdan sonra kayaç ufalanmakta ve giren enerjinin yaklaşık %99'u ısı olarak açığa çıkmaktadır [91].

2.6. Kırmataş İşletmelerinde Maliyetler

Kırmataş işletmelerinde başlıca ve değişken maliyet kalemleri aşağıda sıralanmıştır. Bu maliyetlerin toplam işletme giderlerine etkisi ise değişik kaynaklarda değişik oranlarda dağıtılmıştır. Üretim maliyetleri işletmeden işletmeye ve yıllar bazında da değişiklik gösterdiği için kesin rakam belirtebilmek ve genellemek mümkün olamamaktadır. Genel bir çerçevede pek çok kaynak incelendiğinde galeri patlatması uygulanan işletmelerde kırmataş üretim maliyetlerinin dağılımının aşağıda maddelendiği aralıklarda değiştiği görülmektedir.

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| • <i>Delme – patlatma</i> | % 15 - 25 |
| • <i>Yükleme</i> | % 15 - 20 |
| • <i>Nakliye</i> | % 15 - 20 |
| • <i>Kırma – sınıflandırma</i> | % 45 - 55 |

Kırma – sınıflandırma tesisi giderlerini en önemli etkileyen unsur beslenen malzemenin tane boyut dağılımı ve kaya mekaniksel özellikleridir. Bilindiği gibi kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesi ve beslenen malzemenin boyut dağılımının büyümesi ile kırıcıların yaptığı iş artacak ve enerji giderleri dolayısıyla da üretim maliyetleri artacaktır. Pek çok

araştırmacı kırmataş işletmelerindeki maliyetlerin hesaplanması ve bu maliyetlerin azaltılması konusunda çalışmalar yapmışlardır (MacKenzie, 1965 [93], Udy ve Thornley, 1977 [94], Gold, 1987 [95], Lejuge ve Cox, 1995 [96], Eloranta, 1995-2001 [97-101], Furstenau, 1995 [102], Moody ve diğ., 1996 [103], Paley ve Kojovic, 2001 [104], Adel ve diğ., 2006 [105]).

3. KIRDAR KIRMATAŞ İŞLETMESİNDEKİ UYGULAMA ÇALIŞMALARI

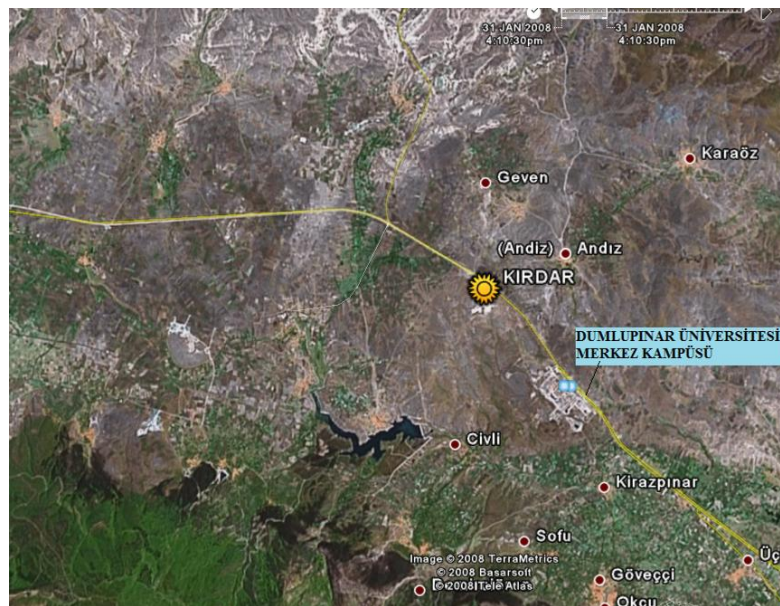
3.1. Kırdar Kırmataş İşletmesinin Tanıtımı

3.1.1. İşletmenin genel tanıtımı

Kırdar Hazır Beton İnş. Mad. San. Tic. Ltd. Şti (Kırdar Kırmataş Ocağı) Kütahya – Tavşanlı karayolu üzerinde, Kütahya – Dumlupınar Üniversitesi (DPÜ) Merkez Kampüsü sınırları yakınında yer almakta olup, en yakın binalara (öğrenci yurdu ve atölye binaları vs.) yaklaşık 1 km. mesafede şehir merkezine 14 km mesafededir (Şekil 3.1,3.2,3.3).



Şekil 3.1. Kırdar Kırmataş İşletmesi yer bulduru haritası



Şekil 3.2. Kırdar Kırmataş İşletmesi uzay fotoğrafı

Yaklaşık on beş senedir faaliyet gösteren ocak bölgesindeki birçok inşaat için temel dolgu, beton agregaları ve taş kumu ihtiyacı ile karayolları alt yapısı için Avrupa standartlarında malzeme üretmektedir. İşletmede aylık ortalama üretim yaklaşık 75 000 ton dur. Ancak bu üretim miktarı bazı durumlarda talebe bağlı olarak (özellikle yaz aylarında) 80 000–85 000 ton/ay olabilmektedir. Ocakta üretilen malzeme iki ayrı kırma – sınıflandırma tesisinde işlem görmektedir. Bunlardan eski tesis ocağın ilk kurulduğu yıllarda, yeni tesis ise 2005 yılında kurulmuştur. İşletmenin yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 800 000 ton/yıl'dır. Tesiste üretilen cevherden elde edilen ürün grupları ve kullanım alanları Çizelge 3.1' de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Cevher Ürün Boyutları ve Kullanım Alanları

Boyut (mm)	Kullanım Alanı	Yıllık üretim (%)
0 – 4 4 – 12 6 – 12 12 – 22	Beton Santralleri	35
0 – 12 0 – 19 0 – 25 0 – 70	Dolgu Malzemesi (Asfalt Yapımı)	30
22 – 70 25 – 70	Balast (İnşaat Sektörü) Balast (Demiryolu)	15 10
22 – 70 25 – 70 70 – 150	Şeker Fabrikası	5
>150	Duvar inşaaası vs.	5

Çizelge 3.1'deki ürünlere ilave olarak temel dolgu malzemesi olarak ocaktan direkt satışı yapılan malzemede bulunmaktadır.

Kırdar Kırmataş İşletmesindeki hammadde beyaz renkli, şekerli dokulu, orta taneli, zayıf düzlemsel yapıli rekrystalize kireçtaşıdır. Kayma ikizlenmeli ve uzamış orta taneli yeniden kristallenmiş kalsitten oluşur. Mohs ölççeğine göre sertliğı 3 dür.

Bilindiğı gibi kimyasal bileşiminde en az % 90 CaCO₃ (kalsiyum karbonat) içeren kayalara kalker yada kireçtaşı adı verilmektedir. Ayrıca mineralojik bileşiminde en az % 90 kalsit minerali bulunan kayalara da kalker adı verilmektedir[106].

Kalker saf halde kalsit ve çok az miktarda aragonit kristallerinden oluşur. Kalsit ve aragonit kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal şekli olup, teorik olarak % 56 CaO ve % 44 CO₂ içerir. Ancak doğada hiçbir zaman saf olarak bulunmaz. İkincil derecede değışik madde ve

bileşiklerin içinde yer alması nedeniyle orjinal halde sarı, kahverengi ve siyah renklere de görülebilmektedir. Kalkerin sertlik derecesi 3, özgül ağırlığı $2.5-2.7 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır.

Yer altı sularında travertenler şeklinde, deniz yada tatlı sularda ise kimyasal organik veya mekanik çökeltme sonucu kalker yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kalker üç ana grup altında toplanabilmektedir. Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, kırıntılı ve kimyasal materyaller içermektedir. Kalsit (hegzagonal ve CaCO_3) ve aragonit (ortorombik CaCO_3) kristallerinin her ikisi de modern kireçtaşı oluşumlarında yer alabilmektedir. Fakat Aragonit kristallerinin kalsit kristaline daha kolay dönüşebilmesi nedeniyle eski kireçtaşı oluşumlarında aragonit kristali bulmak çok güçtür [106].

3.1.1.1. Uygulanan delme – patlatma sistemi

Ocakta delik delme işleminde delici makine olarak (Gemsa – Rokomobil) adlı 3 m tij kullanan ve maksimum delme kapasitesi 15 m olan C 130 marka kompresörlü ve dizel motora sahip delme makinesi bulunmaktadır (Şekil 3.3). Delici makinenin ortalama delme hızı 22 metre/saattir. Ancak delme hızı çatlak yapısına ve kayanın kaya mekaniksel özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 3.3. Ocakta Kullanılan Delici Makine

Delici makinede genellikle kullanılan delik çapı (D) 111,4 mm olup, bu çapa bağlı olarak önerilen delik düzeni Çizgelge 3.2 de verilmiştir. Patlayıcı madde olarak sadece ANFO, yemleyici olarak emulite dinamitler ve gecikmeli elektrikli kapsül kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2. Önerilen Delik Geometrisi [107]

Tanım	Boyut (m)
Dilim kalınlığı	3
Delikler arası mesafe	3,5
Toplam delik boyu	7,8
Sıkılama uzunluğu	2
Taban payı	0,8
Basamak yüksekliği	7
Patlayıcı doldurulacak kısım	5,8

Ancak uygulamada Çizelge 3.2’de önerilen düzene uyulmamakta ve genellikle delik boyu daha büyük alınmaktadır.

3.1.1.2. Uygulanan yükleme sistemi

Patlatılmış malzeme 25 ton kapasiteli nakliyat kamyonlarına 3 m³ kepçe kapasiteli lastik tekerlekli ve belden kırmalı dizel yükleyicilerle ya da 1,5 m³ kepçe kapasiteli dizel ters kepçeli yükleyicilerle yüklenmektedir (Şekil 3.4). Patlatma sonucu açığa çıkan parçalanmış malzemenin içerisinde tesiste kırılmayacak kadar büyük boyutlu parçalar, ters kepçe yükleyiciye hidrolik çekiç takılarak kırılmaktadır. Bu sayede saatte yaklaşık olarak 30 ton malzeme kırılmaktadır. Patlatma işleminde ana kayaçtan ayrılmamış kısımlarda bu hidrolik çekiç sayesinde ayrılmaktadır.



Şekil 3.4. Ocakta Kullanılan Yükleyiciler

Ters kepçeli yükleyicilerle kamyonlar ortalama 9 – 10 kepçede doldurulurken lastik tekerlekli yükleyicilerle ortalama 5 – 6 kepçede doldurulabilmektedir.

3.1.1.3. Ocakta uygulanan nakliye sistemi

Ocaktan yüklenen malzeme 25 ton kapasiteli BMC – Fatih marka nakliyat kamyonları ile nakledilmektedir. Ocakta bu kamyonlardan beş tane bulunmaktadır. Kamyonlar

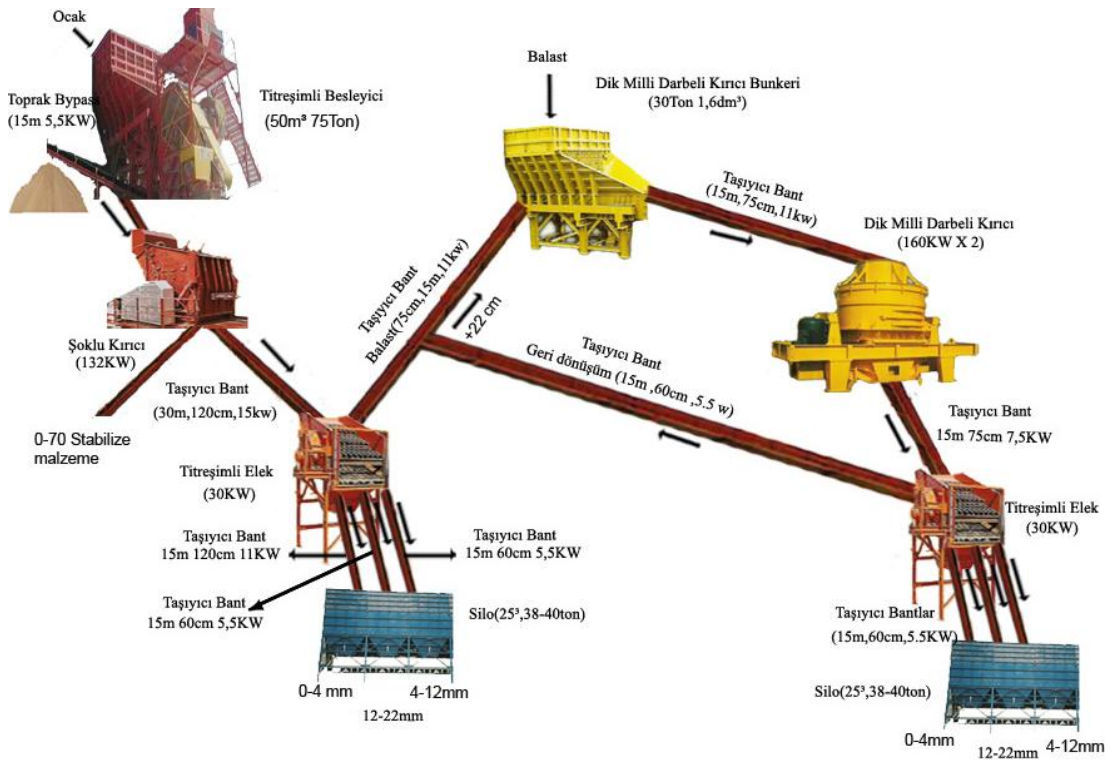
malzemenin ocaktan kırma – sınıflandırma tesisine, tesisten çıkan ürünün stok sahasına ya da müşteriye nakledilmesinde kullanılmaktadır.

3.1.2. Kırma – sınıflandırma tesisleri

İşletmede eski ve yeni tesis olmak üzere iki tane tesis bulunmaktadır. Bu tesislere ait akım şemaları ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1. Yeni Tesis

Kırdar yeni tesis kombine bir sistem şeklinde çalışmaktadır. Ocaktan gelen malzeme öncelikle besleme silosuna (bunker'e) beslenir. Besleme silosundan çıkışında by – pass ayırma ızgaraları (<40 mm) ile toprağı ayrıldıktan sonra kırıcıya girer. Kırıcıdan çıkan ürün titreşimli eleklerde elenerek 22 cm üzeri malzeme 2. kırıcı (kum makinesi) besleme silosuna beslenir. Çıkan ürünler silolarda toplanır ve buradan ya müşteriye ya da stok sahasına nakledilir (Şekil 3.5 ve 3.6).



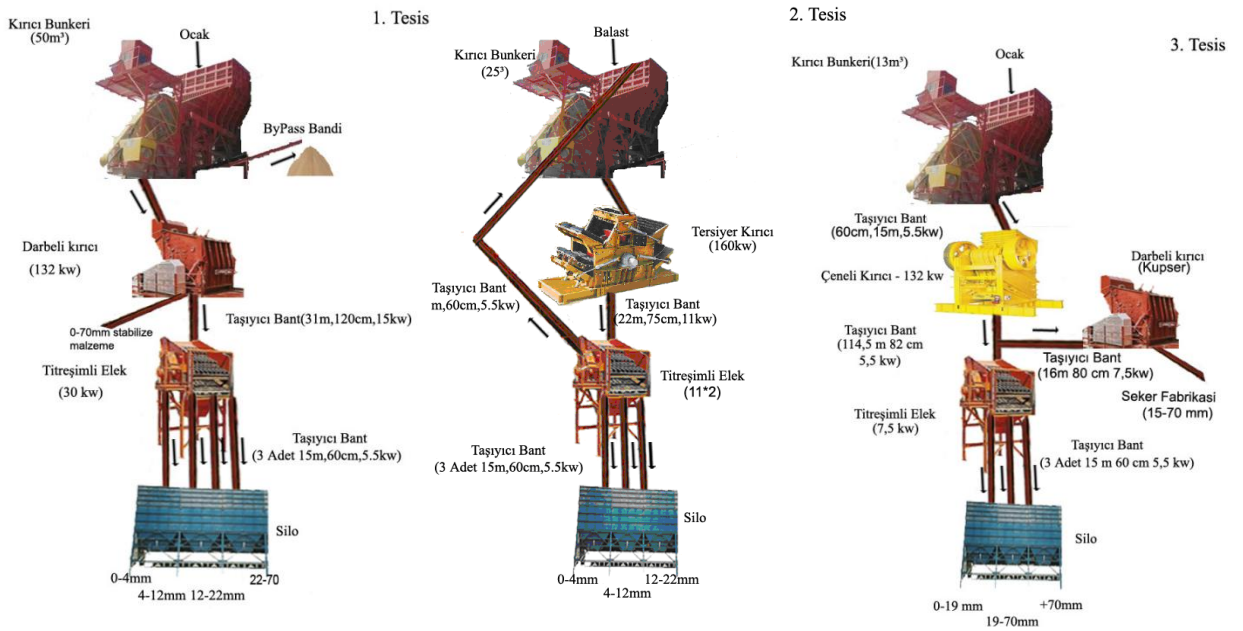
Şekil 3.5. Yeni Tesis Akım Şeması



Şekil 3.6. Yeni tesis

3.1.2.2. Eski Tesisler

Eski tesis üç ayrı bağımsız kısımdan oluşmaktadır. Bu tesislerin hepsi aynı yerde bulunmakta olup birbirinden bağımsız çalışmaktadırlar. Şekil 3.7' de genel akım şeması ve Şekil 3.8' de genel görünümü verilmektedir.



Şekil 3.7. Eski tesisler akım şemaları



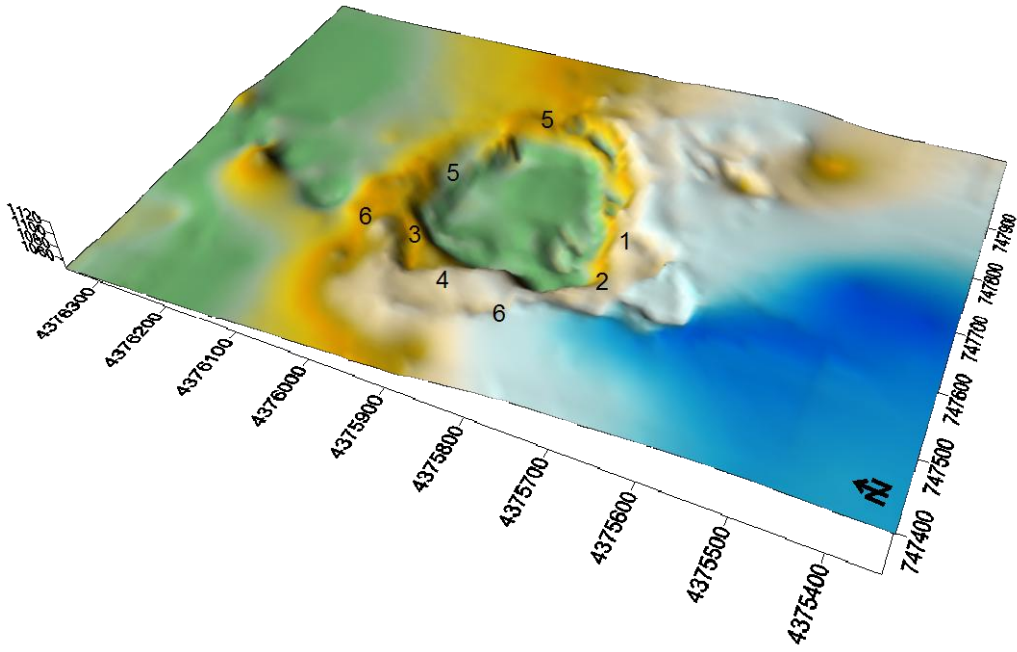
Şekil 3.8. Eski Tesisler

3.2. Kırdar Kırmataş İşletmesinde Yapılan Arazi Çalışmaları

İşletmede yaklaşık 2 yıl boyunca arazi çalışmaları devam etmiş, incelenebilmesi mümkün olan tüm üretim süreçlerinde ölçümler yapılmıştır. Alınan veriler istatistiksel metodlarla değerlendirilerek, işletmedeki farklı mekanik özelliklere sahip altı farklı bölgeye ait veriler mukayese edilmiş ve yorumlanmıştır.

3.2.1. Kaya mekaniği çalışmaları

Kırdar kırmataş işletmesi görsel olarak hammaddenin renk ve çatlaklığına göre 6 bölgeye ayrılarak çalışmalar sürdürülmüştür. Ocakta kalite dağılımına göre kabul edilen 6 bölge Şekil 3.9' da görülmektedir.



Şekil 3.9. Kırdaş Kırmetaş İşletmesi cevher kalite dağılım bölgeleri

Kırdaş Kırmetaş İşletmesinde görsel olarak farklılık gösteren altı bölge arasındaki kaya mekaniksel farklılıklarının ortaya konabilmesi için, bazı kaya mekaniği deneyi yapılmıştır. Altı farklı bölge için ayrı ayrı uygulanan kaya mekaniksel deneyler aşağıda sıralanmıştır.

- *Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri (Çizelge 3.3)*
- *Yoğunluk belirleme deneyleri (Çizelge 3.4)*
- *Gözeneklilik (Porozite) belirleme deneyleri (Çizelge 3.5)*
- *Ağırlıkça su emme deneyleri (Çizelge 3.6)*
- *Schmidt sertliği deneyleri*

Çizelge 3.3. 6 farklı bölge için tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

Numune	Bölgeler					
	1 (Mpa)	2 (Mpa)	3 (Mpa)	4 (Mpa)	5 (Mpa)	6 (Mpa)
1	128	121	87	72	69	51
2	136	126	91	81	72	37
3	133	114	97	74	60	44
4	142	118	96	77	61	40
5	135	124	94	81	71	39
6	110	126	100	73	68	50
7	125	112	99	83	73	58
8	120	110	91	86	60	44
9	125	108	92	79	65	42
10	138	110	99	84	62	39
11	120	121	87	79	71	43
12	130	113	90	78	60	41
13	130	109	93	80	72	52
14	139	128	95	73	69	45
15	135	118	96	83	63	50
16	139	121	89	81	66	54
17	135	118	99	73	68	43
18	140	124	90	77	62	48
19	144	132	93	78	65	45
20	135	124	94	71	69	41
21	138	109	90	73	62	40
22	130	113	99	78	64	44
23	130	102	95	78	65	53
24	132	109	91	84	71	54
25	123	113	97	82	62	44
26	120	119	98	85	61	49
27	130			83	69	47
28				79	70	45
29				86		44
30				82		43
31						40
32						39
<i>Ortalama</i>	<i>131.19</i>	<i>117.00</i>	<i>93.92</i>	<i>79.10</i>	<i>66.07</i>	<i>45.25</i>
Max değer	144	132	100	86	73	58
Min değer	110	102	87	71	60	37
Std sapma	7.95	7.45	3.92	4.38	4.28	5.27

Çizelge 3.4. 6 farklı bölgede yapılan yoğunluk deneyi sonuçları

Numune	Bölgeler					
	1 (Gr/cm ³)	2 (Gr/cm ³)	3 (Gr/cm ³)	4 (Gr/cm ³)	5 (Gr/cm ³)	6 (Gr/cm ³)
1	2.61	2.66	2.71	2.54	2.6	2.65
2	2.69	2.69	2.72	2.69	2.71	2.7
3	2.73	2.64	2.65	2.78	2.73	2.7
4	2.71	2.68	2.66	2.71	2.61	2.69
5	2.51	2.61	2.7	2.67	2.68	2.54
6	2.65	2.71	2.6	2.54	2.54	2.62
7	2.67	2.73	2.69	2.71	2.55	2.73
8	2.71	2.69	2.71	2.69	2.78	2.7
9	2.73	2.69	2.73	2.71	2.79	2.75
10	2.78	2.68	2.75	2.73	2.76	2.78
11	2.72	2.78	2.75	2.78	2.8	2.77
<i>Ortalama</i>	<i>2.68</i>	<i>2.69</i>	<i>2.70</i>	<i>2.69</i>	<i>2.69</i>	<i>2.69</i>
Max değer	2.78	2.78	2.75	2.78	2.8	2.78
Min değer	2.51	2.61	2.6	2.54	2.54	2.54
Std sapma	0.07	0.04	0.05	0.08	0.10	0.07

Çizelge 3.5. 6 farklı bölgede yapılan gözeneklilik (porozite) deney sonuçları

Numune	Bölgeler					
	1 (%)	6 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	2 (%)
1	0.28	0.38	0.38	0.39	0.34	0.36
2	0.32	0.32	0.33	0.33	0.36	0.36
3	0.33	0.29	0.31	0.26	0.29	0.39
4	0.31	0.27	0.28	0.29	0.32	0.35
5	0.30	0.31	0.33	0.32	0.37	0.33
6	0.29	0.29	0.32	0.34	0.35	0.38
7	0.26	0.32	0.34	0.32	0.37	0.37
8	0.25	0.33	0.35	0.36	0.31	0.39
9	0.28	0.31	0.31	0.35	0.37	0.38
10	0.29	0.32	0.37	0.39	0.38	0.38
<i>Ortalama</i>	<i>0.29</i>	<i>0.31</i>	<i>0.33</i>	<i>0.34</i>	<i>0.35</i>	<i>0.37</i>
Max değer	0.33	0.38	0.38	0.39	0.38	0.39
Min değer	0.25	0.27	0.28	0.26	0.29	0.33
Std sapma	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02

Çizelge 3.6. 6 farklı bölgede yapılan ağırlıkça su emme deneyi sonuçları

Numune	Bölgeler					
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	6 (%)
1	0.09	0.16	0.11	0.14	0.15	0.16
2	0.12	0.15	0.14	0.14	0.11	0.15
3	0.11	0.11	0.13	0.12	0.13	0.11
4	0.11	0.13	0.11	0.13	0.16	0.13
5	0.12	0.10	0.12	0.15	0.13	0.10
6	0.11	0.12	0.10	0.13	0.14	0.12
7	0.10	0.11	0.11	0.15	0.10	0.11
8	0.12	0.17	0.15	0.13	0.14	0.17
9	0.11	0.16	0.12	0.12	0.12	0.16
10	0.12	0.14	0.11	0.11	0.13	0.14
<i>Ortalama</i>	<i>0.11</i>	<i>0.14</i>	<i>0.12</i>	<i>0.13</i>	<i>0.13</i>	<i>0.14</i>
Max değer	0.12	0.17	0.15	0.15	0.16	0.17
Min değer	0.09	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
Std sapma	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02

6 farklı bölgede yapılan tüm deney sonuçları Çizelge 3.7' de özet olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. 6 farklı bölge için tüm deney sonuçlarının ortalamaları

Deney Adı	Bölgeler						Birim
	1	2	3	4	5	6	
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	131.19	117.00	93.92	79.10	66.07	45.25	Mpa
Yoğunluk	2.68	2.69	2.70	2.69	2.69	2.69	gr/cm ³
Gözeneklilik (Porozite)	0.29	0.31	0.33	0.34	0.35	0.37	%
Ağırlıkça su emme	0.11	0.14	0.12	0.13	0.13	0.14	%
Schmidt sertliği	52	49	45	42	40	37	L(ISRM)

Çizelge 3.7 incelendiği zaman, sahada genel olarak yapılan ayırımda, tek eksenli basınç dayanımı ve Schmidt sertliğine göre farklılıklar görülmektedir. Özellikle kayaçların tek eksenli basınç dayanımı bölgeler arasında ciddi farklılıklar göstermektedir.

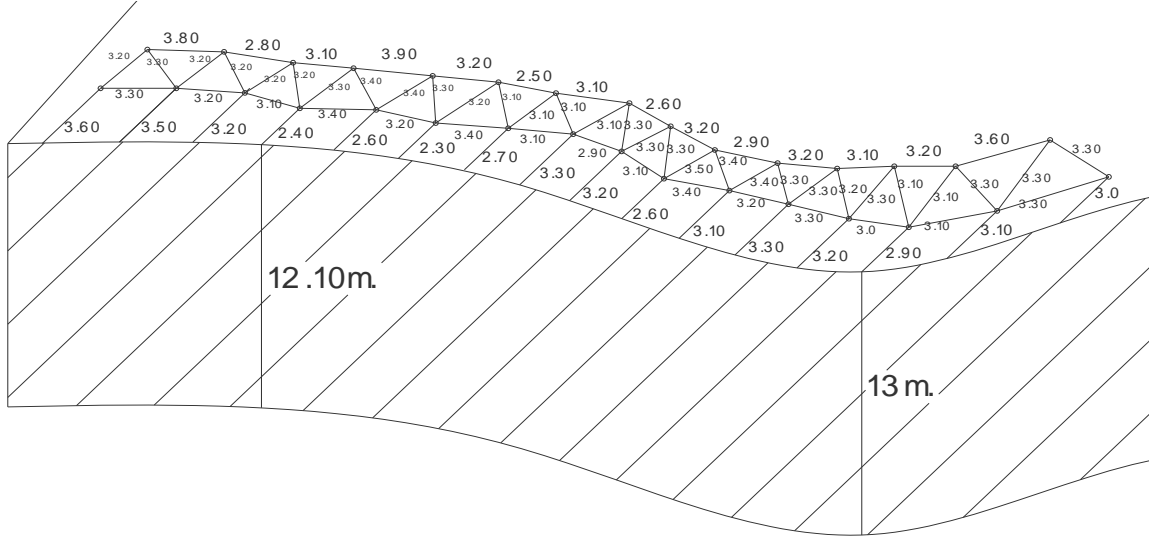
3.2.2. Patlatma ile parçalanma mekanizmasının incelenmesi

Patlatma sonrasında elde edilen parça boyutu ile patlatma parametreleri arasındaki ilişkileri tespit edebilmek için bir dizi çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında, patlatma yapılan delik düzenleri, kullanılan patlayıcı madde miktarları ve gecikme düzenleri ayrıntılı olarak kayıt edilmiştir. Patlatma aynasında çatlaklılık durumu ve hakim çatlak yönüne olan

konumu ölçekli olarak fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır. Patlatma sonrası oluşan yığın ayrıca sistemli olarak fotoğraflanmış ve bu fotoğraflar Split Desktop 2.0 programı kullanılarak yığının boyut dağılımı analiz edilmiştir. Patlatmalar kamera ile kaydedilmiş ve oluşan parçalanma ayrıntılı olarak izlenmiştir.

Yukarıda anlatılan işlemler sistematik olarak aşağıda sıralanmıştır;

1. Patlatma izleme çalışmalarında öncelikle patlatma yapılacak bölge koordinatları tespit edilmiş ve saha haritası üzerindeki konumu belirlenmiştir.
2. Patlatmada uygulanan delik düzeni belirlenmiştir. Şekil 3.10' de örnek bir delik düzeni görülmektedir.



Şekil 3.10. İşletmede uygulanan örnek patlatma delik düzeni (delikler arası mesafeler (m))

3. Patlatma yapılacak ayna Şekil 3.11' de görüldüğü gibi ölçekli ve koordinatlı olarak fotoğraflanmış ve kaya mekaniği deneyleri için numuneler alınmıştır.



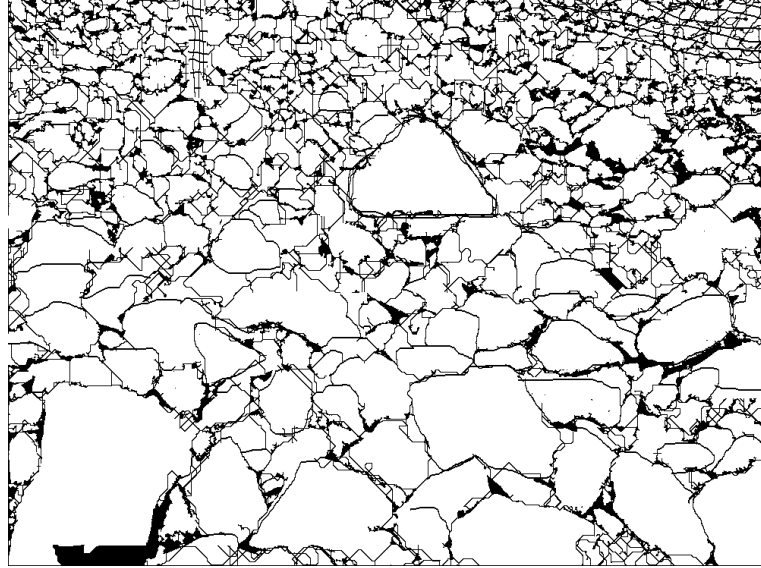
Şekil 3.11. Patlatma aynasının ölçekli olarak fotoğraflanması

4. Patlama anı kamerayla izlenmiş ve iri parçaların oluşumu tespit edilmeye çalışılmıştır.
5. Patlatma sonrası oluşan yığın Şekil 3.12’ de görüldüğü gibi ölçekli ve koordinatlı olarak fotoğraflanmıştır.

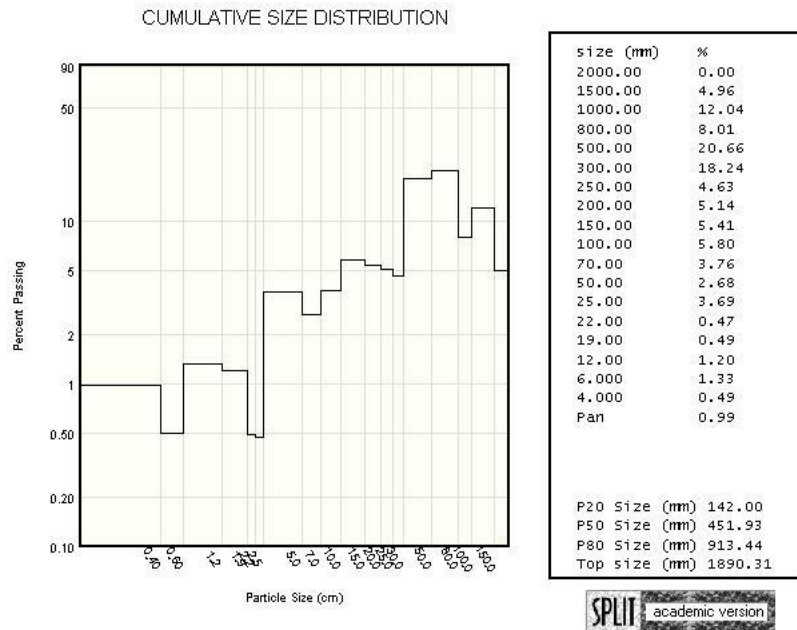


Şekil 3.12. Patlatma sonrası oluşan yığının ölçekli fotoğrafı

6. Elde edilen fotoğraflar Split – Desktop 2.0 parça boyut analizi programı ile boyutlandırılmıştır. Şekil 3.13’ de programda işlenmiş resim, Şekil 3.14’ de ise analiz sonucu görülmektedir.



Şekil 3.13. Split – Desktop 2.0 boyut analizi programında hazırlanan fotoğraf



Şekil 3.14. Split – Desktop 2.0 da elde edilen boyut analizi sonucu

Parçalanmanın boyutlandırılmasında ve ifade edilmesinde 3 değişik parametre dikkate alınmıştır.

1. ***P50 (%50 nin altında olduğu parça boyutu)***; Bu ifade pek çok kaynakta ortalama tane boyutu olarak ifade edilmektedir. Dijital olarak fotoğraflanan görüntüdeki parçaların %50 sinin altında olduğu boyutu (mm) ifade etmektedir.
2. ***P80 (%80 in altında olduğu parça boyutu)***; Bu ifade dijital olarak fotoğraflanan görüntüdeki parçaların %80 inin altında olduğu boyutu (mm) ifade etmektedir.
3. ***Pmax (Maksimum tane boyutu)***; Bu ifade dijital olarak fotoğraflanmış olan parçalar içindeki en büyük parça boyutunu ifade etmektedir.

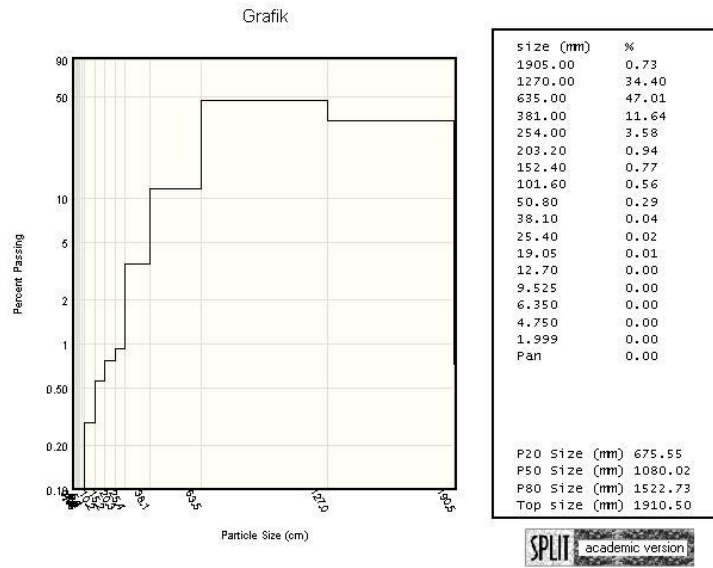
Patlatma ile parçalanma mekanizması kaya mekaniksel olarak farklılıklar gösteren bölgelerde tekrarlanmış ve aynı grafik altında gruplandırılarak mukayese edilmiştir. Takip eden bölümlerde farklı bölgelerde yapılmış olan patlatma verilerine ait çizelgeler ve grafikler verilmiştir.

3.2.3. Parça boyut dağılımına bağlı yükleme sürelerinin incelenmesi

Bu çalışmada patlatmadan sonra elde edilen yığının parça boyut dağılımının yükleme performanslarına etkisinin belirlenebilmesi için yükleyici makinelerin yükleme süreleri kaydedilmiş ve yüklenmiş olan malzemin kırma sınıflandırma tesisi besleme silosuna döküldüğünde boyutlandırma için ölçekli fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 3.15). Çekilen fotoğraflar Split – Desktop 2.0 programında değerlendirilmiş ve boyut dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 3.16). Bu verilerden yararlanılarak parça boyut dağılımı ile yükleme süreleri arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.



Şekil 3.15. Yükleme performansları için çekilmiş örnek resim ve düzenlenmiş hali



Şekil 3.16. Yükleme performansın ölçümü için örnek boyut dağılımı

3.2.4. Parça boyut dağılımına bağlı nakliye kamyonlarının bir seferde taşıdığı yükün tahmini

Bilindiği gibi parça boyut dağılımına bağlı olarak kabarma faktörü (1,2 – 1,7) ve kepece dolma faktörü (%85 - %95) değişmektedir. Parça boyutunun nakliye kamyonları ile taşınan

malzeme miktarına etkileri işletme koşullarında yeterli sayıda ölçülememiştir. Ancak yapılan kısıtlı ölçümler ve gözlemler sonucu parça boyut dağılımının artması ile nakliye kamyonlarının taşıdığı malzeme miktarının azaldığı görülmüştür. İşletmede kullanılan kamyonların taşıma kapasitesi 15 m³ tür. Ters kepçeli ekskavatörler ise 1,5 m³ kepçe kapasitelidir. Kamyonların taşıdıkları yükün tahmin edilmesi için aşağıdaki bağıntılar kullanılmıştır.

Kamyonun taşıdığı yük = kepçe hacmi (m³) x kepçe sayısı (adet) x dolma faktörü x gevşek yoğunluk (ton/m³)

Gevşek yoğunluk = gerçek yoğunluk (ton/m³) x kabarma faktörü

Kepçe dolma faktörü %85 - %95 arasında değişirken, kabarma faktörü %1,2 – 1,7 arasında değişmektedir.

3.2.5. Kırma – sınıflandırma tesisi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar

Kırma – sınıflandırma tesisinde yapılan çalışmaların amacı, öncelikle tesisteki boyut küçültmeye bağlı olarak enerji giderlerini hesaplamak, ayrıca kayacın mekaniksel özelliklerine bağlı olarak kırıcının performansını analiz etmektir. Bu amaca ulaşabilmek için çalışma sahasında belirli dönemlerde aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

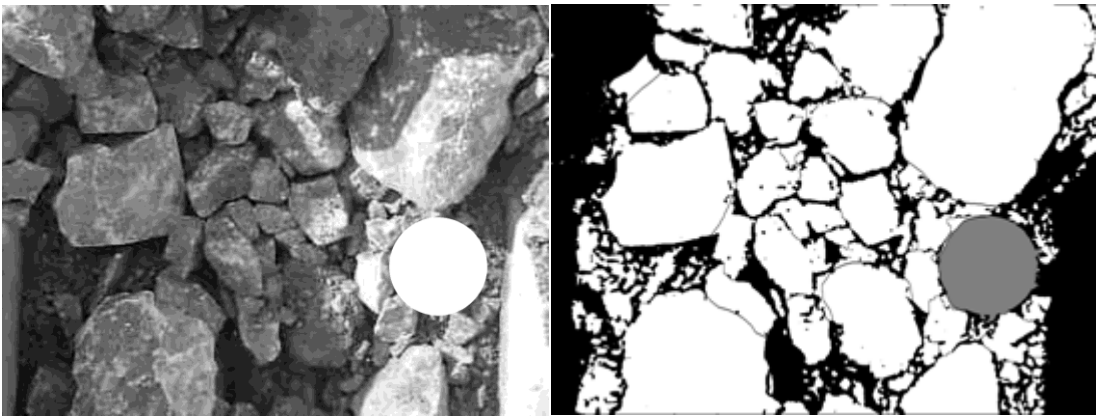
Farklı tarihlerde, farklı bölgelerden getirilen hammadde ölçüm amaçlı olarak kırma – sınıflandırma tesisine beslenmiştir.

1. Beslenen malzemenin kaya mekaniği özelliklerin belirlenebilmesi için beslenen ürünlerden düzenli ve belirli bir şekilde numuneler alınmıştır (Şekil 3.17).

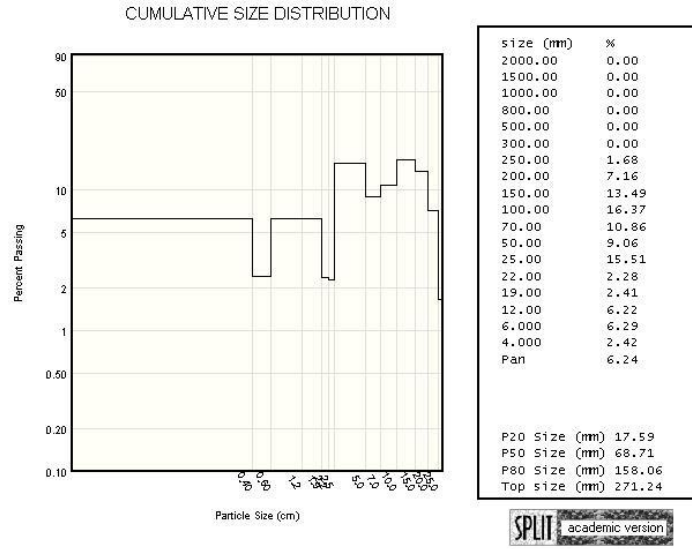


Şekil 3.17. Kırma sınıflandırma tesisinde alınan numuneler

2. Kırıcı ağzında giren ürünlerin dijital olarak boyutlandırılabilmesi için kameraya kaydedilmiştir. Kamera kayıtlarından elde edilen fotoğraflara Split – Desktop 2.0 programı ile boyut analizi yapılmıştır. Şekil 3.18’ de kırıcı ağzında çekilmiş örnek bir resim ve boyutlandırmaya hazır hali görülmektedir. Şekil 3.19’ de ise programdan elde edilen boyut analizi sonucu görülmektedir.

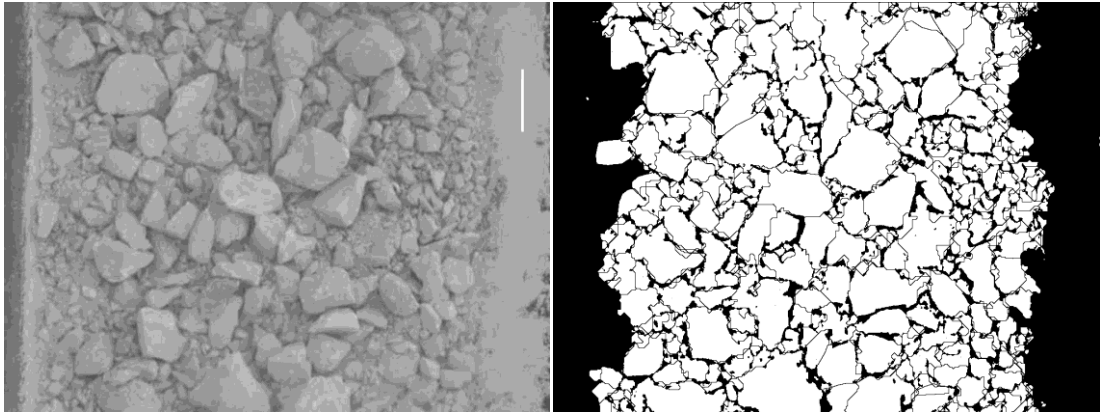


Şekil 3.18. Kırıcı girişinde çekilen örnek resim ve dijital boyutlandırmaya hazırlanmış hali

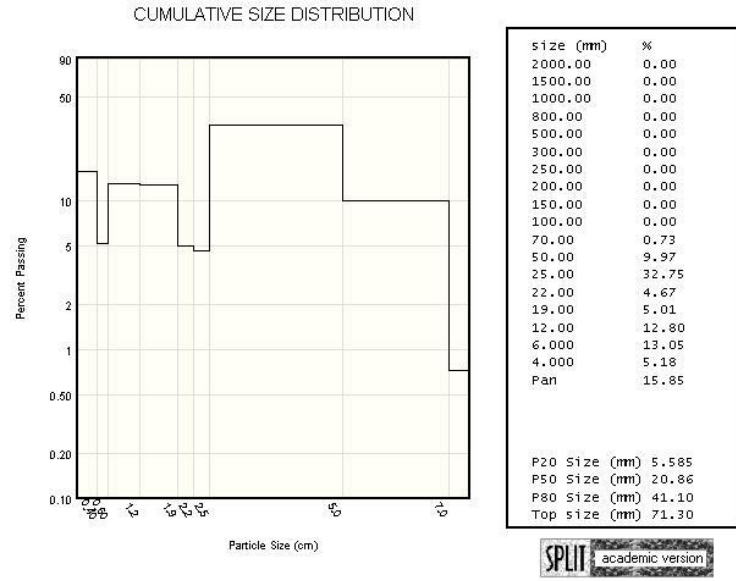


Şekil 3.19. Kırıcı girişinden elde edilen görüntünün dijital boyutlandırılması sonucu elde edilen grafik

3. Kırıcıdan çıkan ürünler dijital boyutlandırma yapılabilmesi için kameraya kaydedilmiştir. Kayıtlardan elde edilen resimler Split – Desktop 2.0 boyut analiz programı ile değerlendirilmiştir. Şekil 3.20’de örnek olarak kırıcı çıkışı banttan elde edilen resim ve boyutlandırmaya hazır hali görülmektedir. Şekil 3.21’ de ise Split – Desktop 2.0 programı ile elde edilen boyutlandırma sonucu örneği görülmektedir.



Şekil 3.20. Kırıcı çıkışı banttan elde edilen fotoğraf örneği ve dijital boyutlandırmaya hazır hali



Şekil 3.21. Kırıcı çıkışı bandın taşıdığı tanelerin örnek boyutlandırma sonuç grafiği

Kırma – sınıflandırma tesisi enerji tüketimi METREL 2092 model harmonik güç analizatörü ile 15' er saniyelik periyotlarla kaydedilmiştir (Şekil 3.22). Bu çalışmalar sonucunda elde edilen yüzlerce veri analiz edilerek, değişik parametreler ile boyut küçültme enerji gideri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir.



Şekil 3.22. Enerji tüketimini ölçen güç analizatörü

4. ÖLÇÜLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Delme – Patlatma Düzenine Bağlı Oluşan Parça Boyut Dağılımının Ölçülmesi

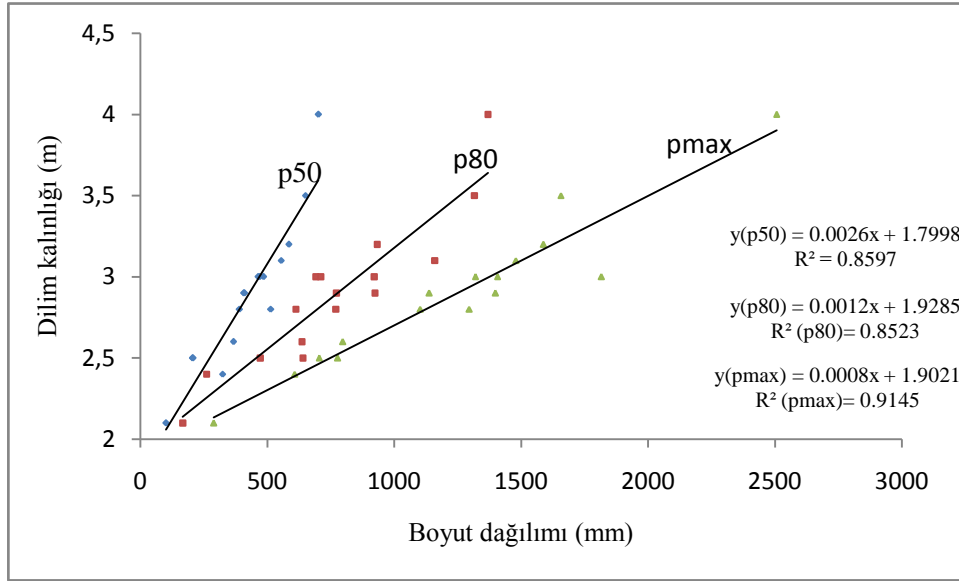
Patlatma çalışmaları Kırdar Kırmataş işletmesindeki 6 farklı özellikteki bölge için ayrı ayrı incelenmiştir. Çalışmalarda dilim kalınlığı ve birim patlayıcı madde miktarı ile boyut dağılımı arasındaki ilişkiler grafiksel olarak ortaya konmuştur. Aynı zamanda farklı kaya mekaniksel özelliklere sahip bölgelerdeki veriler birleştirilerek mukayese edilmiştir. Bu analizlerde patlatma sonrası oluşan yığındaki malzemenin %50 sinin altında olduğu parça boyutu, %80 inin altında olduğu parça boyutu ve maksimum parça boyutu göz önüne alınmıştır. Aşağıda altı farklı bölge için yapılmış olan çalışmalar ayrı ayrı anlatılmış ve son bölümde grafiklerin birleştirilip yorumlanmış hali sunulmuştur.

1. BÖLGE

Birinci bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının en sert olan bölgesidir. Bu bölgede farklı tarihlerde yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1’ de sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de verilmiştir.

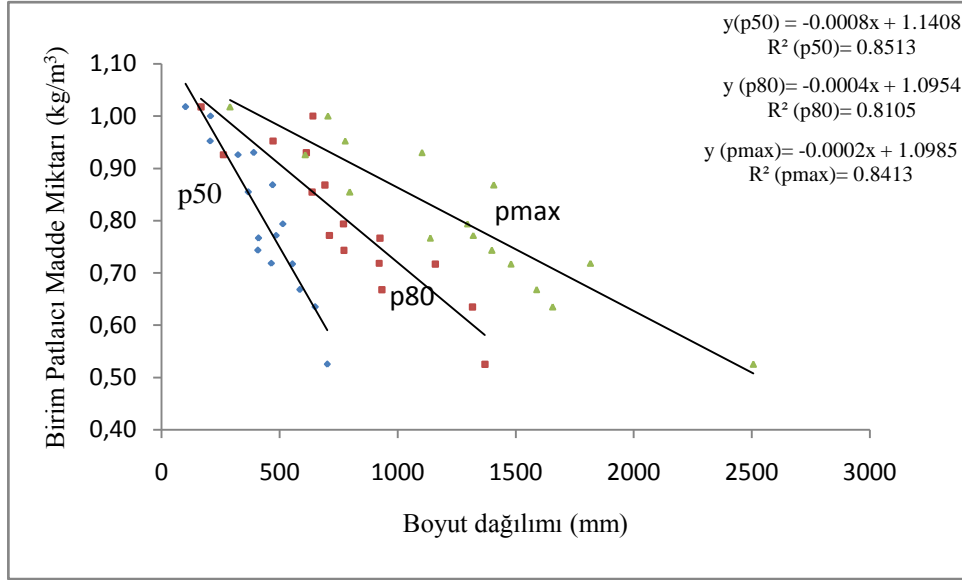
Çizelge 4.1. 1. Bölgede izlenmiş olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	12	3	2.4	75	86	114.3	9.24	8.1	3.9	0.87	72.83	470.26	690.91	1407.29
2	12	2.9	2.9	75	101	114.3	9.24	8.1	3.9	0.74	96.69	407.61	772.1	1399.03
3	12	2.8	2.4	75	81	114.3	9.24	8.1	3.9	0.93	94.41	389.89	612.63	1103.01
4	12	3	2.9	75	104	114.3	9.24	8.1	3.9	0.72	93.67	464.37	920.97	1816.93
5	12	2.5	2.5	75	75	114.3	9.24	8.1	3.9	1.00	92.55	207.4	640.54	704.88
6	12	3	2.7	75	97	114.3	9.24	8.1	3.9	0.77	79.2	485.34	710.23	1320.34
7	14	2.5	3	100	105	114.3	9.24	10.8	3.2	0.95	64.77	206.05	471.99	777.58
8	14	4	3.4	100	190	114.3	9.24	10.8	3.2	0.53	79.65	701.35	1369.61	2507.28
9	9	2.9	2.5	50	65	120.6	10.28	4.9	4.1	0.77	70.64	410.44	924.27	1138.22
10	9	3.1	2.5	50	70	120.6	10.28	4.9	4.1	0.72	58.22	554.72	1159.5	1479.91
11	9	2.8	2.5	50	63	120.6	10.28	4.9	4.1	0.79	56.35	513.77	770.17	1295.34
12	9	2.6	2.5	50	59	120.6	10.28	4.9	4.1	0.85	49.7	366.96	636.76	797.21
13	9	3.5	2.5	50	79	120.6	10.28	4.9	4.1	0.63	198.54	650.49	1316.13	1656.97
14	9	3.2	2.6	50	75	120.6	10.28	4.9	4.1	0.67	52.8	585	932.99	1588.25
15	9	2.4	2.5	50	54	120.6	10.28	4.9	4.1	0.93	36.29	323.9	261.02	608.25
16	9	2.1	2.6	50	49	120.6	10.28	4.9	4.1	1.02	45.85	101.12	166.65	289.55



Şekil 4.1. 1. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.1. 1. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8597 korelasyon katsayısı (R) 0.9272, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8523 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9232, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.9145 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9562 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0008 iken p50 için 0.0026 dır.



Şekil 4.2. 1. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

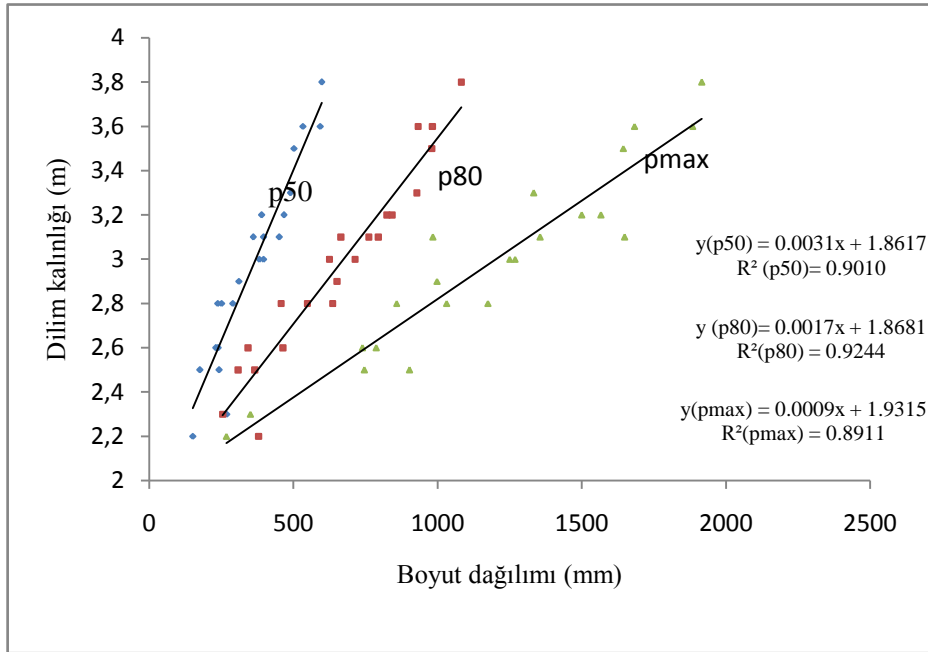
Şekil 4.2 1. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8513 korelasyon katsayısı (R) -0.9226, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8105 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8413 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9172 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0008 dir.

2. BÖLGE

İkinci bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının ikinci kalitedeki bölgesidir. Bu bölgede iki farklı tarihte yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2' de sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' de verilmiştir.

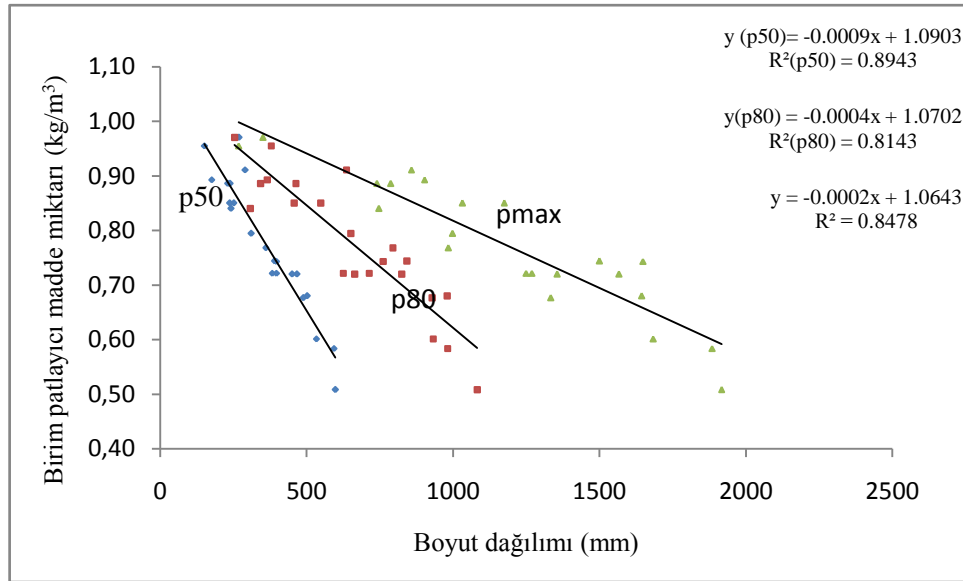
Çizelge 4.2. 2. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	14	3.5	3	100	147	120.6	10.28	9.7	4.3	0.68	103.95	501.51	979.29	1644.28
2	14	2.3	3.2	100	103	120.6	10.28	9.7	4.3	0.97	52.71	268.64	253.89	350.71
3	14	3.2	3.1	100	139	120.6	10.28	9.7	4.3	0.72	97.42	466.79	824.19	1566.63
4	14	3.1	3.1	100	135	120.6	10.28	9.7	4.3	0.74	136.85	396.53	761.18	1648.65
5	14	3.2	3	100	134	120.6	10.28	9.7	4.3	0.74	78.74	389.69	841.46	1499.95
6	14	2.8	3	100	118	120.6	10.28	9.7	4.3	0.85	61.09	250.89	456.78	1174.76
7	14	3.6	3.4	100	171	120.6	10.28	9.7	4.3	0.58	253.87	593.23	981.27	1884.91
8	14	2.5	3.2	100	112	120.6	10.28	9.7	4.3	0.89	40.99	175.53	365.49	902.4
9	14	2.2	3.4	100	105	120.6	10.28	9.7	4.3	0.95	60.06	150.69	378.76	267.86
10	14	2.8	3	100	118	120.6	10.28	9.7	4.3	0.85	42.55	237.51	548.05	1031.77
11	14	3.1	3.2	100	139	120.6	10.28	9.7	4.3	0.72	73.44	450.42	663.68	1355.48
12	14	2.6	3.1	100	113	120.6	10.28	9.7	4.3	0.89	83.8	230.85	463.12	787.34
13	14	3.6	3.3	100	166	120.6	10.28	9.7	4.3	0.60	78.37	533.01	932.1	1683.52
14	14	3.8	3.7	100	197	120.6	10.28	9.7	4.3	0.51	70.3	597.97	1082.01	1916.86
15	14	3.1	3	100	130	120.6	10.28	9.7	4.3	0.77	61.07	360.28	794.09	983.91
16	14	3.3	3.2	100	148	120.6	10.28	9.7	4.3	0.68	77.88	488.97	927.88	1333.36
17	14	2.5	3.4	100	119	120.6	10.28	9.7	4.3	0.84	68.27	242.01	307.43	746.34
18	14	3	3.3	100	139	120.6	10.28	9.7	4.3	0.72	61.58	382.2	713.3	1268.8
19	14	2.6	3.1	100	113	120.6	10.28	9.7	4.3	0.89	64.96	238.53	342.19	739.81
20	14	2.8	2.8	100	110	120.6	10.28	9.7	4.3	0.91	67.55	290	635.78	857.72
21	14	2.9	3.1	100	126	120.6	10.28	9.7	4.3	0.79	51.3	310.88	650.46	998.26
22	14	3	3.3	100	139	120.6	10.28	9.7	4.3	0.72	89.88	396.64	624.74	1249.75



Şekil 4.3. 2. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.3 2. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.9010 korelasyon katsayısı (R) 0.9492, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik(R^2) katsayısı 0.9244 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9614, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8911 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9439 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0009 iken p50 için 0.0031 dir.



Şekil 4.4. 2. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

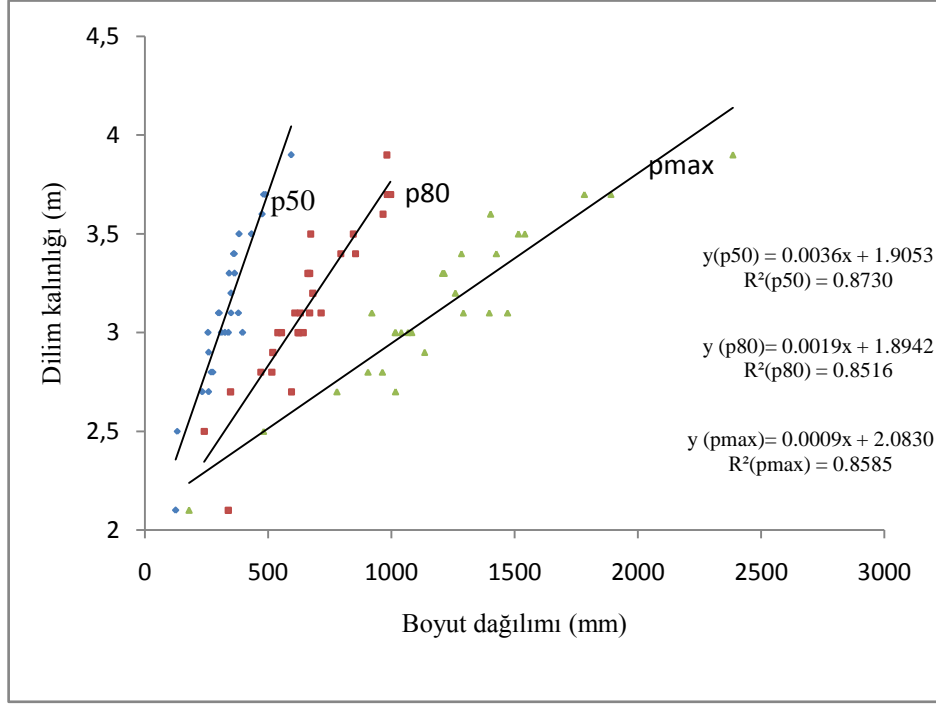
Şekil 4.4 2. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8943 korelasyon katsayısı (R) -0.9456, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8143 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9023, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8478 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9207 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı madde miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0009 dur.

3. BÖLGE

Üçüncü bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının üçüncü kalitedeki bölgesidir. Bu bölgede iki farklı tarihte yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3' de sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.5 ve Şekil 4.6' da verilmiştir.

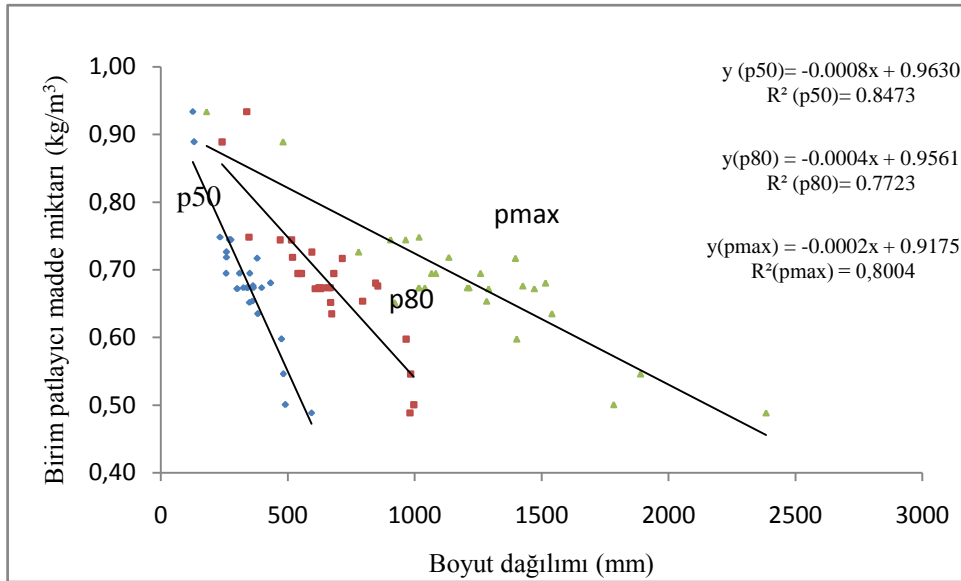
Çizelge 4.3. 3. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	15	3.4	2.9	100	148	114.3	9.24	10.8	4.2	0.68	63.73	362.58	853.91	1425.77
2	15	3.1	3	100	140	114.3	9.24	10.8	4.2	0.72	98.53	379.45	714.18	1396.63
3	15	2.8	3.2	100	134	114.3	9.24	10.8	4.2	0.74	86.67	268.74	469.66	963.66
4	15	3	3.3	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	162.89	396.18	625.17	1015.86
5	15	2.9	3.2	100	139	114.3	9.24	10.8	4.2	0.72	121.29	257.9	518.34	1134.3
6	15	3.2	3	100	144	114.3	9.24	10.8	4.2	0.69	91.75	349.73	681.06	1259.88
7	15	2.8	3.2	100	134	114.3	9.24	10.8	4.2	0.74	109.5	275.5	514.49	904.92
8	15	3.1	3.2	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	76.69	301.34	607.69	1291.42
9	15	2.7	3.3	100	134	114.3	9.24	10.8	4.2	0.75	77.42	232.63	346.88	1016.98
10	15	3.5	2.8	100	147	114.3	9.24	10.8	4.2	0.68	105.88	432.39	845.09	1515.28
11	15	3.7	3.3	100	183	114.3	9.24	10.8	4.2	0.55	142	481.93	983.44	1890.31
12	15	3	3.2	100	144	114.3	9.24	10.8	4.2	0.69	99.77	256.35	538.66	1066.75
13	15	3.7	3.6	100	200	114.3	9.24	10.8	4.2	0.50	163.75	489.9	996.4	1783.42
14	15	2.1	3.4	100	107	114.3	9.24	10.8	4.2	0.93	68.46	125.2	338.08	179.53
15	15	3.9	3.5	100	205	114.3	9.24	10.8	4.2	0.49	253.87	593.23	981.27	2384.91
16	15	3.3	3	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	95.78	341.03	667.36	1214.18
17	15	3.1	3.2	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	100.56	299.18	629.8	1471.22
18	15	2.5	3	100	113	114.3	9.24	10.8	4.2	0.89	113.72	130.67	240.82	481.37
19	15	3.5	3	100	158	114.3	9.24	10.8	4.2	0.63	143.51	382.15	672.38	1540.97
20	15	3.1	3.3	100	153	114.3	9.24	10.8	4.2	0.65	97.13	348.74	667.79	921.02
21	15	2.7	3.4	100	138	114.3	9.24	10.8	4.2	0.73	44.11	258.06	594.37	779.28
22	15	3	3.2	100	144	114.3	9.24	10.8	4.2	0.69	119.09	310.34	553.5	1082.38
23	15	3.4	3	100	153	114.3	9.24	10.8	4.2	0.65	61.07	360.28	794.09	1283.91
24	15	3	3.3	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	64.96	338.53	642.19	1039.81
25	15	3	3.3	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	93.67	324.37	620.97	1016.93
26	15	3.6	3.1	100	167	114.3	9.24	10.8	4.2	0.60	40.99	475.53	965.49	1402.4
27	15	3.3	3	100	149	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	36.29	363.9	661.02	1208.25



Şekil 4.5. 3. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.5 3. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığılmadaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8730 korelasyon katsayısı (R) 0.9343, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik(R^2) katsayısı 0.8516 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9228, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8585 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9265 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0009 iken p50 için 0.0036 dır.



Şekil 4.6. 3. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

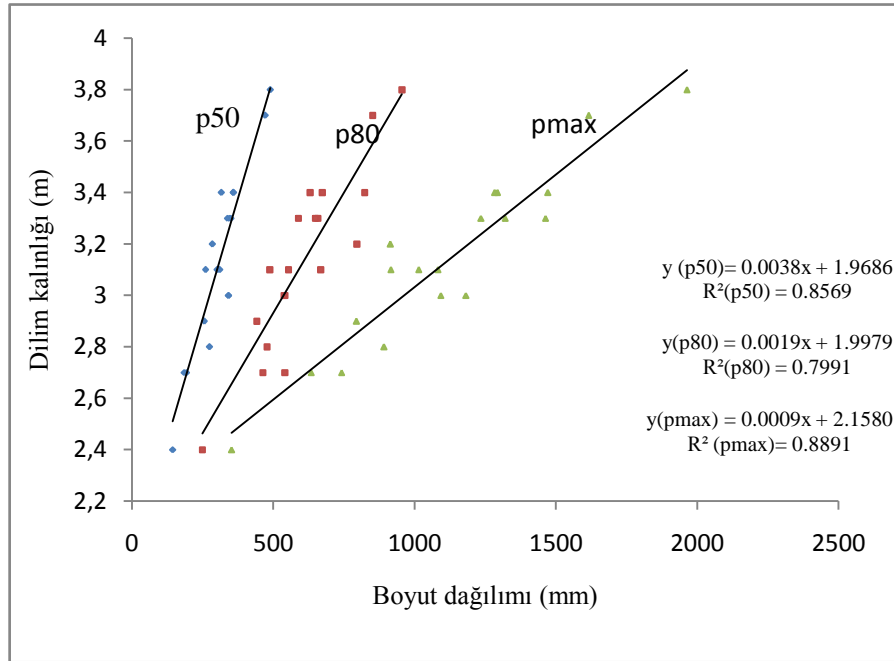
Şekil 4.6 3. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8473 korelasyon katsayısı (R) -0.9204, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7723 ve korelasyon katsayısı (R) -0.8788, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8004 ve korelasyon katsayısı (R) -0.8946 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı madde miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0008 dir.

4. BÖLGE

Dördüncü bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının dördüncü kalitedeki bölgesidir. Bu bölgeden elde edilen ürün daha çok yol yapımında temel dolgusu olarak tercih edilmektedir. Bu bölgede iki farklı tarihte yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4' de sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.7 ve Şekil 4.8' de verilmiştir.

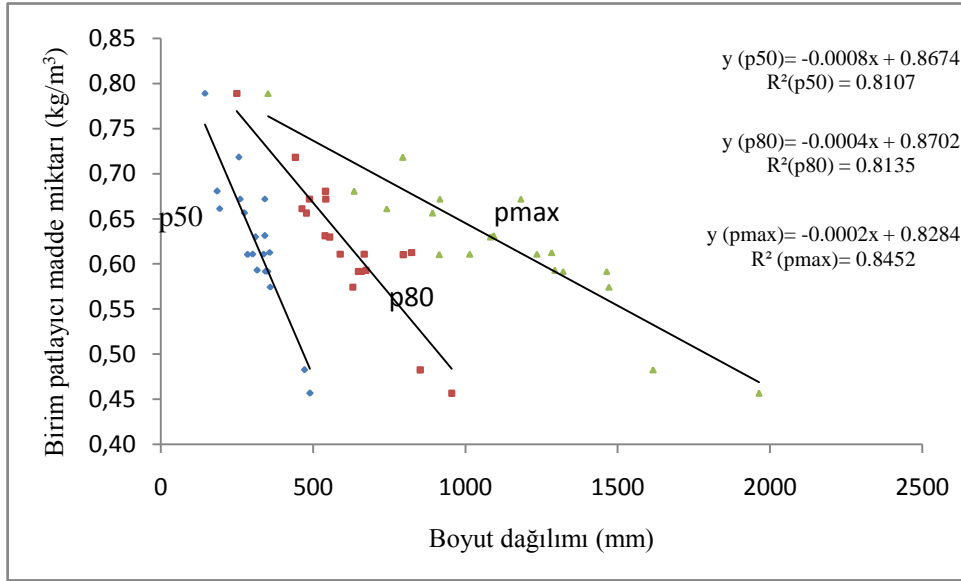
Çizelge 4.4. 4. bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	12	2.4	3.3	75	95	114.3	9.24	8.1	3.9	0.79	1.68	144.2	248.73	352.12
2	12	2.7	3.5	75	113	114.3	9.24	8.1	3.9	0.66	76.42	192.48	462.68	741.25
3	12	3.8	3.6	75	164	114.3	9.24	8.1	3.9	0.46	80.31	489.48	954.7	1963.61
4	12	3.7	3.5	75	155	114.3	9.24	8.1	3.9	0.48	141.65	471.14	851.17	1615.88
5	12	3.4	3.1	75	126	114.3	9.24	8.1	3.9	0.59	116.3	315.92	673.04	1293.11
6	12	3.3	3.2	75	127	114.3	9.24	8.1	3.9	0.59	88.76	350.42	657.33	1320.13
7	12	3.3	3.2	75	127	114.3	9.24	8.1	3.9	0.59	80.27	343.68	648.46	1463.03
8	12	3.3	3.1	75	123	114.3	9.24	8.1	3.9	0.61	126.02	337.16	588.47	1234.64
9	12	3	3.1	75	112	114.3	9.24	8.1	3.9	0.67	113.72	340.67	540.82	1181.37
10	12	3	3.3	75	119	114.3	9.24	8.1	3.9	0.63	79.77	341.62	538.3	1092.44
11	12	3.4	3	75	122	114.3	9.24	8.1	3.9	0.61	162.33	357.37	822.82	1283.27
12	12	3.1	3.3	75	123	114.3	9.24	8.1	3.9	0.61	95.78	301.03	667.36	1014.18
13	12	3.1	3	75	112	114.3	9.24	8.1	3.9	0.67	93.89	259.9	487.38	915.74
14	12	3.1	3.2	75	119	114.3	9.24	8.1	3.9	0.63	119.09	310.34	553.5	1082.38
15	12	2.8	3.4	75	114	114.3	9.24	8.1	3.9	0.66	105.14	273.83	477.32	891.57
16	12	2.7	3.4	75	110	114.3	9.24	8.1	3.9	0.68	122.46	184.7	540.07	633.89
17	12	3.2	3.2	75	123	114.3	9.24	8.1	3.9	0.61	112.1	284.25	795.08	913.99
18	12	2.9	3	75	104	114.3	9.24	8.1	3.9	0.72	102.69	255.67	441.34	794.26
19	12	3.4	3.2	75	131	114.3	9.24	8.1	3.9	0.57	100.56	359.18	629.8	1471.22



Şekil 4.7. 4. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.7 4. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8569 korelasyon katsayısı (R) 0.9256, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik(R^2) katsayısı 0.7991 ve korelasyon katsayısı (R) 0.8939, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8891 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9429 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0009 iken p50 için 0.0038 dir.



Şekil 4.8. 4. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

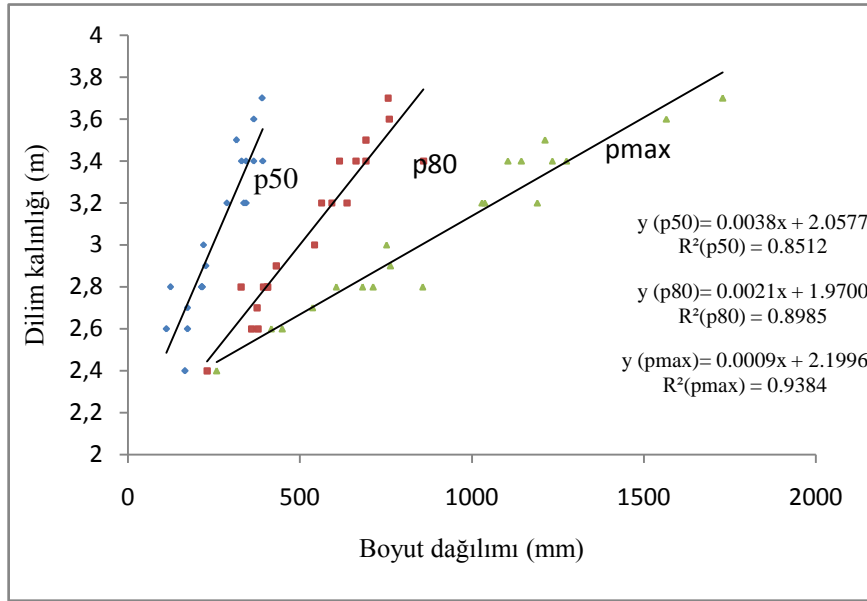
Şekil 4.8 4. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8107 korelasyon katsayısı (R) -0.9, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8135 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9019, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8452 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9193 dür. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı madde miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0008 dir.

5. BÖLGE

Beşinci bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının en düşük kaliteli ikinci bölgesidir. Bu bölgeden elde edilen ürün daha çok yol yapımında temel dolgusu olarak tercih edilmektedir. Bu bölgede iki farklı tarihte yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5' de sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' da verilmiştir.

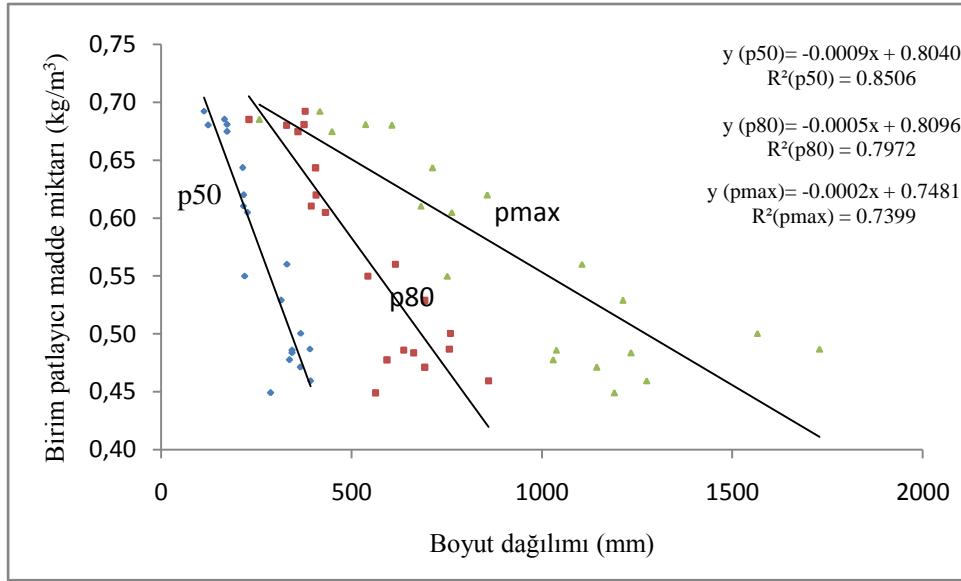
Çizelge 4.5. 5. bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	15	3.7	3.7	100	205	114.3	9.24	10.8	4.2	0.49	67.86	390.27	756.4	1729.38
2	15	2.9	3.8	100	165	114.3	9.24	10.8	4.2	0.60	98.92	226.3	431.25	763.41
3	15	2.6	3.8	100	148	114.3	9.24	10.8	4.2	0.67	74.02	173.23	358.98	448.9
4	15	2.8	3.7	100	155	114.3	9.24	10.8	4.2	0.64	98.1	213.77	404.82	712.81
5	15	3.5	3.6	100	189	114.3	9.24	10.8	4.2	0.53	126.45	315.29	691.93	1212.65
6	15	2.8	3.5	100	147	114.3	9.24	10.8	4.2	0.68	56.98	123.46	328.95	605.5
7	15	3.4	3.5	100	179	114.3	9.24	10.8	4.2	0.56	133.77	330.33	614.87	1104.9
8	15	3.6	3.7	100	200	114.3	9.24	10.8	4.2	0.50	172.52	366.21	759.34	1565.61
9	15	2.8	3.9	100	164	114.3	9.24	10.8	4.2	0.61	81.91	215.34	393.75	682.04
10	12	3.4	4	75	163	114.3	9.24	8.1	3.9	0.46	159.37	391.89	859.46	1275.31
11	12	2.8	3.6	75	121	114.3	9.24	8.1	3.9	0.62	98.68	216.3	406.27	856.75
12	12	2.4	3.8	75	109	114.3	9.24	8.1	3.9	0.69	69.92	165.82	230.07	257.77
13	12	2.7	3.4	75	110	114.3	9.24	8.1	3.9	0.68	66.08	172.93	375.02	536.66
14	12	3.4	3.8	75	155	114.3	9.24	8.1	3.9	0.48	131.33	343.91	662.65	1233.8
15	12	3.4	3.9	75	159	114.3	9.24	8.1	3.9	0.47	151.97	365.34	691.93	1143.97
16	9	3.2	3.3	46	95	114.3	9.24	5.0	4	0.49	62.5	343.55	636.73	1037.7
17	8.5	3.2	3.2	42	87	114.3	9.24	4.5	4	0.48	145.19	337.02	592.59	1029.73
18	8	3	2.8	37	67	114.3	9.24	4.0	4	0.55	71.63	219.44	542.43	751.69
19	7.5	3.2	3	32	72	114.3	9.24	3.5	4	0.45	33.57	287.26	562.64	1190.45
20	7	2.6	2.2	28	40	114.3	9.24	3.0	4	0.69	99.22	112.05	377.75	416.66



Şekil 4.9. 5. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.9 5. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8512 korelasyon katsayısı (R) 0.9226, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik (R^2) katsayısı 0.8985 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9478, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.9384 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9687 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0009 iken p50 için 0.0038 dir.



Şekil 4.10. 5. Bölge için BPMM - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

Şekil 4.10 5. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8506 korelasyon katsayısı (R) -0.9222, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7972 ve korelasyon katsayısı (R) -0.8928, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.7399 ve korelasyon katsayısı (R) -0.8601 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı madde miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0009 dur.

6. BÖLGE

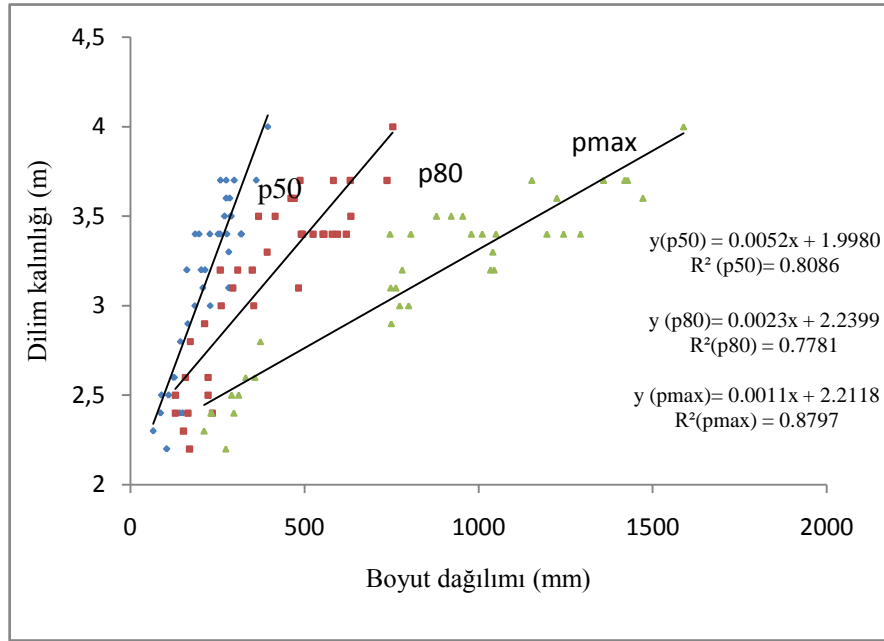
Altıncı bölge kaya mekaniksel özellikleri itibari ile çalışma sahasının en düşük kaliteli bölgesidir. Bu bölgeden elde edilen ürün daha çok yol yapımında temel dolgusu olarak tercih edilmektedir. Bu bölgede üç farklı tarihte yapılmış olan patlatmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6' da sunulmuştur. Çizelgeden elde edilen ve üzerinde değişik yorumlar yapılabilecek olan grafikler ise Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. 6. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
1	9	3	3.4	50	91.8	114.3	9.24	5.4	3.6	0.54	78.04	228.98	353.76	798.98
2	9	2.4	3.6	50	77.76	114.3	9.24	5.4	3.6	0.64	61.04	141.72	235.33	233.65
3	10	2.5	3	50	75	114.3	9.24	5.4	4.6	0.67	33.23	109.79	222.79	290.65
4	10	2.3	3.4	50	78.2	114.3	9.24	5.4	4.6	0.64	11.52	65.37	152.19	211.85
5	12	2.4	3.8	75	109.44	114.3	9.24	8.1	3.9	0.69	27.24	86.53	128.76	297.31
6	12	2.4	3.8	75	109.44	114.3	9.24	8.1	3.9	0.69	73.34	150.43	164.88	230.78
7	12	2.9	3.7	75	128.76	114.3	9.24	8.1	3.9	0.58	79.15	164.71	212.95	749.6
8	12	3.1	3.7	75	137.64	114.3	9.24	8.1	3.9	0.54	87.82	207.85	293.68	762.47
9	15	3.4	3.7	100	188.7	114.3	9.24	10.8	4.2	0.53	65.98	197.18	594.65	1292.34
10	15	3.4	3.8	100	193.8	114.3	9.24	10.8	4.2	0.52	101.98	252.44	553.14	1010.86
11	15	3	3.7	100	166.5	114.3	9.24	10.8	4.2	0.60	66.44	184.87	260.72	773.63
12	15	3.3	3.8	100	188.1	114.3	9.24	10.8	4.2	0.53	143.51	282.15	392.38	1040.97
13	15	3.7	3.8	100	210.9	114.3	9.24	10.8	4.2	0.47	91.51	274.83	487.14	1419.42
14	15	3.5	3.7	100	194.25	114.3	9.24	10.8	4.2	0.51	83.05	271.02	415.49	879.03
15	15	3.5	3.6	100	189	114.3	9.24	10.8	4.2	0.53	97.13	288.74	367.79	921.02
16	15	3.6	3.8	100	205.2	114.3	9.24	10.8	4.2	0.49	73.21	285.59	470.48	1224.6
17	6	3.1	3	25	55.8	114.3	9.24	2.7	3.3	0.45	78.96	282.56	482.45	747.89
18	6	3.7	3	25	66.6	114.3	9.24	2.7	3.3	0.38	88.66	361.23	631.27	1153.36
19	6	3.5	3	25	63	114.3	9.24	2.7	3.3	0.40	81.6	288.98	632.94	954.24
20	6	3.7	3	25	66.6	114.3	9.24	2.7	3.3	0.38	87.89	258.33	736.86	1358.81
21	6	2.6	2.8	25	43.68	114.3	9.24	2.7	3.3	0.57	59.74	126.48	157.62	357.61
22	6	3.4	3	25	61.2	114.3	9.24	2.7	3.3	0.41	112.17	318.23	524.43	1196.13
23	6	2.2	3.2	25	42.24	114.3	9.24	2.7	3.3	0.59	86.98	104.54	169.49	273.96
24	6	3.4	3.1	25	63.24	114.3	9.24	2.7	3.3	0.40	47.47	318.32	620	1049.89

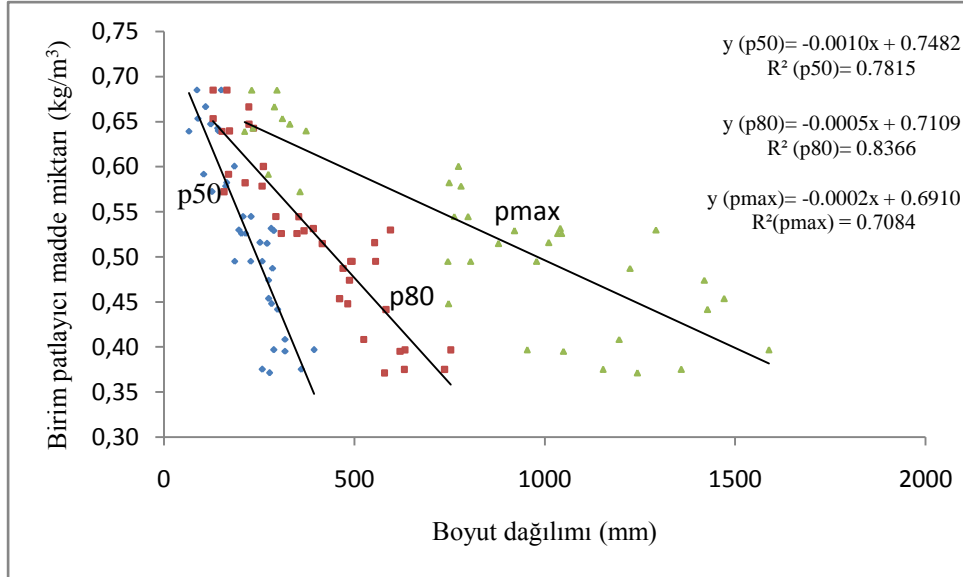
Çizelge 4.6. 6. Bölgede yapılmış olan delme – patlatma ve parçalanma verileri (Devamı)

ölçüm no	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler A.M. (m)	P.M. MİK. (KG)	Bir deliğin gevşettiği hacim (m ³)	Delik çapı (mm)	Şarj yoğunluğu (kg/m)	Patlayıcı Doldurulan uzunluk (m)	Sıkılama uzunluğu (m)	BPMM (kg/m ³)	Parçalanma verileri			
											P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Max parça (mm)
25	6	3.4	3.3	25	67.32	114.3	9.24	2.7	3.3	0.37	54.88	277.35	579.29	1243.63
26	9	3.4	3.3	50	100.98	114.3	9.24	5.4	3.6	0.50	44.11	258.06	494.37	979.28
27	9	3.4	3.3	50	100.98	114.3	9.24	5.4	3.6	0.50	36.51	185.82	555.8	805.87
28	9	2.8	3.1	50	78.12	114.3	9.24	5.4	3.6	0.64	61.67	143.55	171.88	373.92
29	9	2.5	3.4	50	76.5	114.3	9.24	5.4	3.6	0.65	40.22	89.35	129.25	311.33
30	9	4	3.5	50	126	114.3	9.24	5.4	3.6	0.40	48.47	394.33	753.17	1589.01
31	9	3.2	3	50	86.4	114.3	9.24	5.4	3.6	0.58	44.57	162.49	257.82	780.45
32	9	3.7	3.4	50	113.22	114.3	9.24	5.4	3.6	0.44	80.32	298.56	582.77	1428.23
33	9	3.6	3.4	50	110.16	114.3	9.24	5.4	3.6	0.45	71.51	275.38	460.86	1471.82
34	9	3.2	3.3	50	95.04	114.3	9.24	5.4	3.6	0.53	50.45	214.35	308.08	1034.34
35	9	3.2	3.3	50	95.04	114.3	9.24	5.4	3.6	0.53	61.72	203.48	349.54	1044.83
36	9	3.4	3.3	50	100.98	114.3	9.24	5.4	3.6	0.50	49.33	227.89	490.63	745.94
37	9	2.6	3.3	50	77.22	114.3	9.24	5.4	3.6	0.65	39.48	123.34	223.16	330.9



Şekil 4.11. 6. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

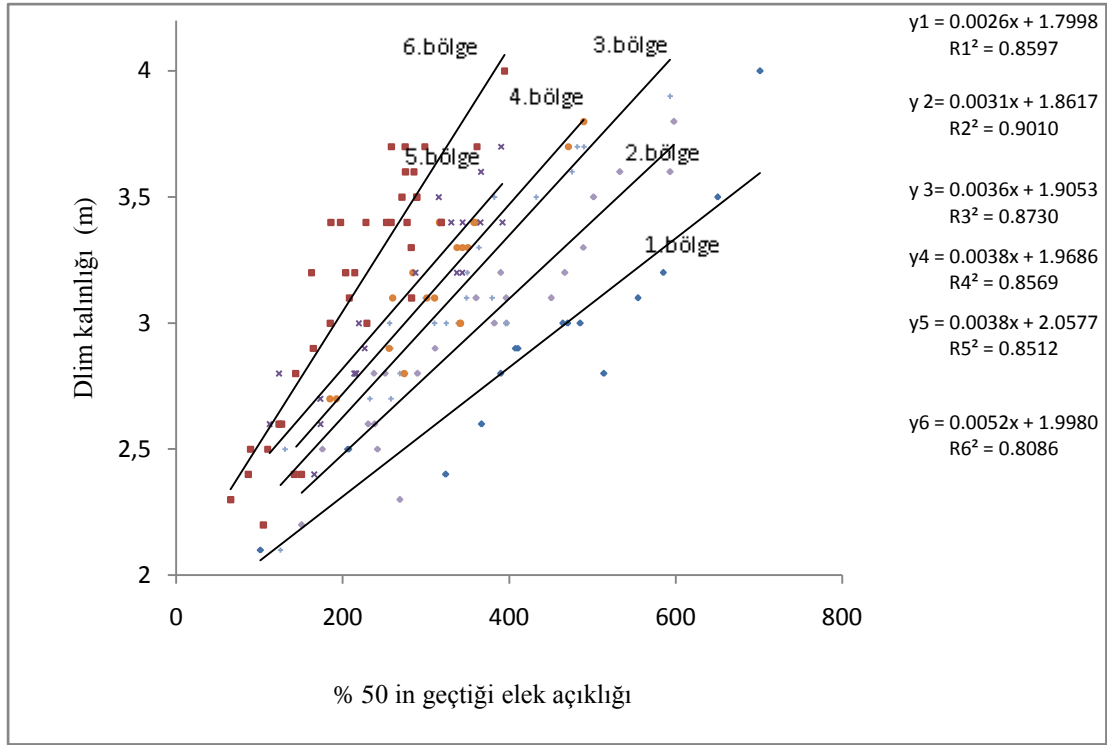
Şekil 4.11 6. Bölgedeki dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte dilim kalınlığı ile patlatma sonrası oluşan yığındaki parçaların % 50 sinin ve % 80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Dilim kalınlığı ile %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8086 korelasyon katsayısı (R) 0.8992, %80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik(R^2) katsayısı 0.7781 ve korelasyon katsayısı (R) 0.8820, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.8797 ve korelasyon katsayısı (R) 0.9379 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, dilim kalınlığı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha fazla olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0011 iken p50 için 0.0052 dir.



Şekil 4.12. 6. Bölge için dilim kalınlığı - patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı ilişkisi

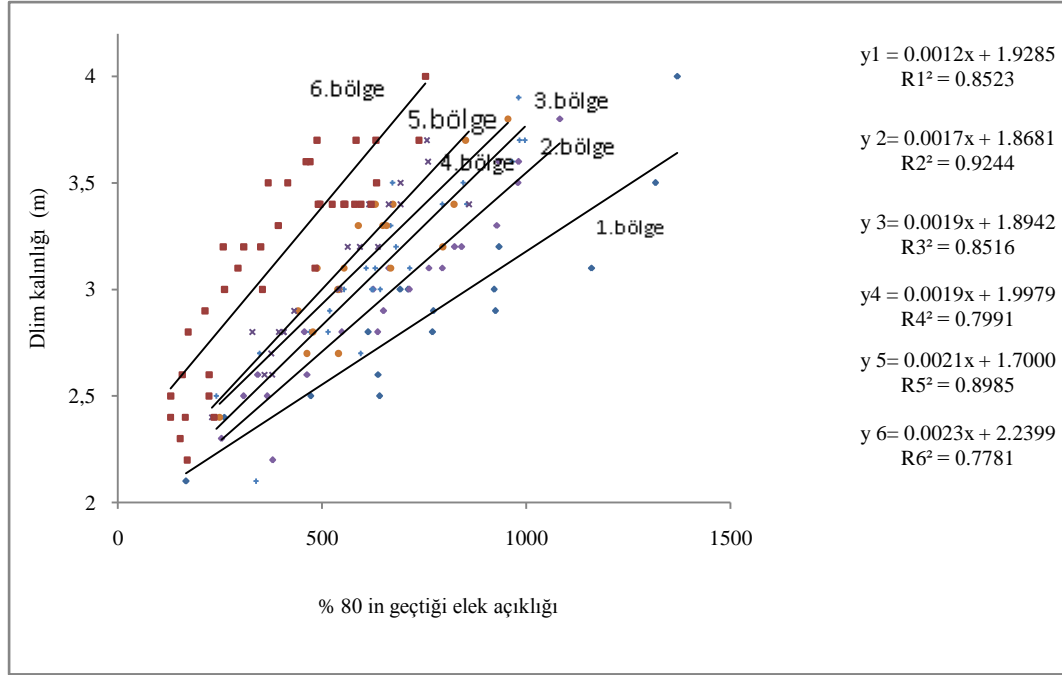
Şekil 4.12 6. Bölgedeki birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan parça boyutu arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafikte birim patlayıcı madde miktarı ile patlatma sonrası oluşan yığınındaki parçaların %50 sinin ve %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Birim patlayıcı madde miktarı ile % 50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7815 korelasyon katsayısı (R) -0.8840, % 80 inin altında olduğu tane boyutu ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8366 ve korelasyon katsayısı (R) -0.9146, maksimum tane boyutu ilişkisinin ise belirlilik katsayısı (R^2) 0.7084 ve korelasyon katsayısı (R) -0.8416 dır. Bu durumda söz konusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, birim patlayıcı madde miktarı arttıkça, iri parça oluşma olasılığının daha az olduğu görülmektedir. Çünkü pmax için eğim 0.0002 iken p50 için 0.0010 dur.

Yukarıda ayrı ayrı gösterilen veriler Şekil 4.13 ile 4.18 arasında birleştirilerek gösterilmiştir.



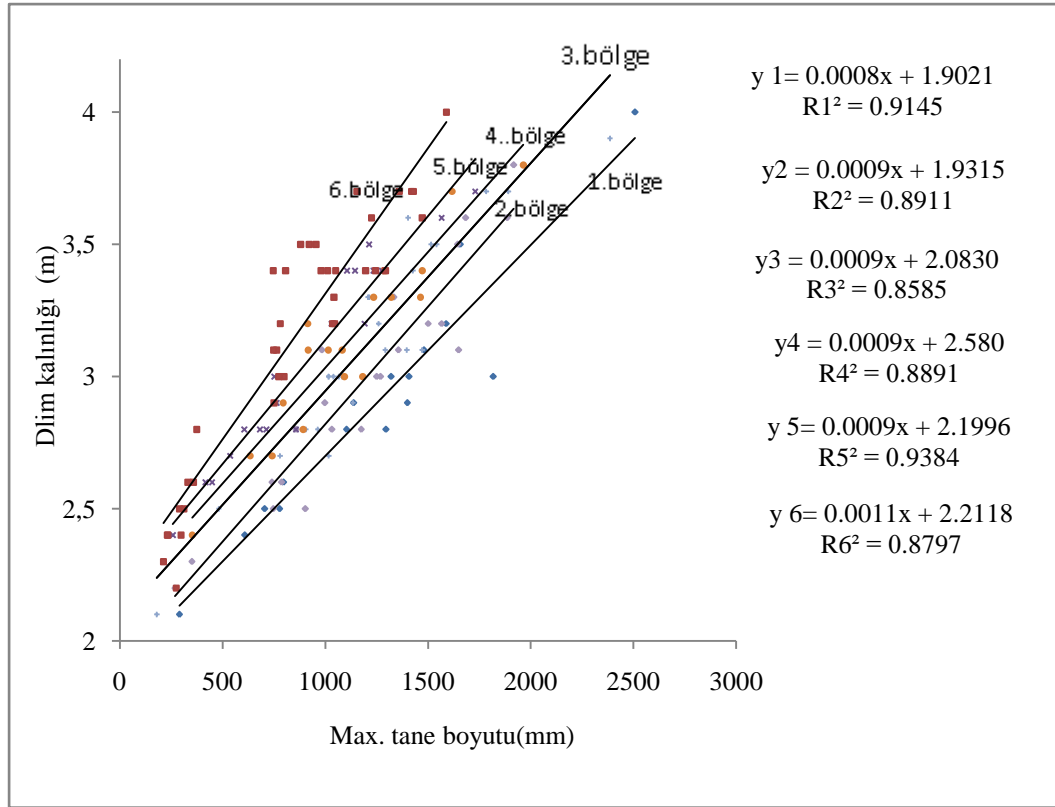
Şekil 4.13. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan % 50 nin altında olduğu parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi

Şekil 4.13' deki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda dilim kalınlığının azalması ile patlatma sonucu oluşan yığındaki %50 nin altında olduğu tane boyutu (ortalama tane boyutu) azalmıştır. Grafikte çalışma bölgesinde kaya mekaniksel olarak en sert yapıdaki bölge olan 1. Bölgede parçalanmanın diğer bölgelere göre daha az olduğu ve bölgesel olarak sıralandığında grafikte görüldüğü gibi aynı dilim kalınlığında farklı bölgelerde farklı parçalanmalar olduğu ve kayaç sağlamlık özelliklerinin artması ile parçalanmanın azaldığı görülmektedir.



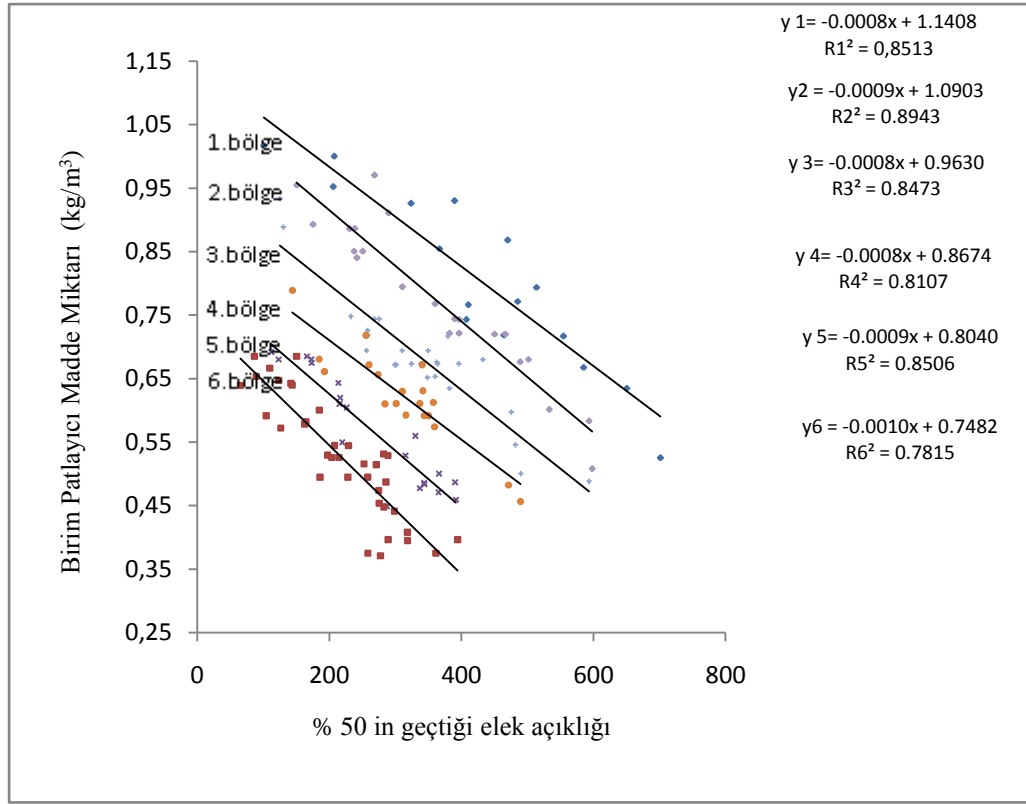
Şekil 4.14. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %80 in altında olduğu parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi

Şekil 4.14' deki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda dilim kalınlığının azalması ile patlatma sonucu oluşan yığındaki %80'in altında olduğu tane boyutu azalmıştır. Bölgesel olarak mukayese edildiğinde ise aynı dilim kalınlığında sert yapıdaki bölgeden daha yumuşak yapıdaki bölgeye doğru parçalanma artmaktadır.



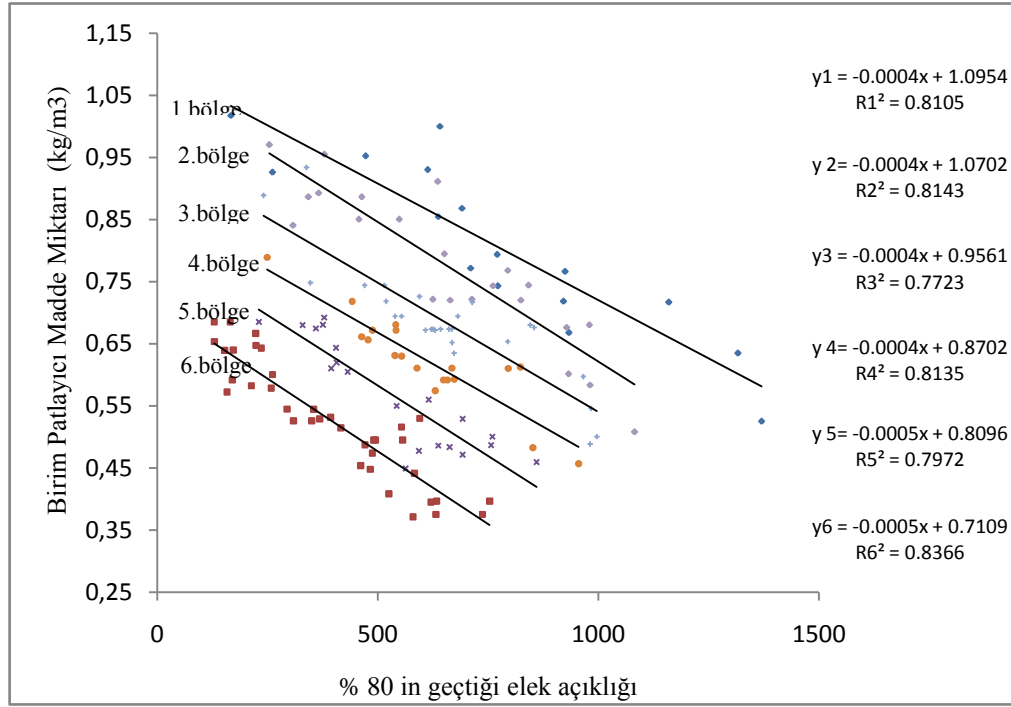
Şekil 4.15. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan maximum parça boyutu ve dilim kalınlığı ilişkisi

Şekil 4.15' deki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda dilim kalınlığının azalması ile patlatma sonucu oluşan yığındaki maksimum tane boyutu azalmıştır. Bölgesel olarak mukayese edildiğinde ise sert yapıdaki bölgeden daha yumuşak yapıdaki bölgeye doğru parçalanma artmaktadır. Ancak maksimum tane boyutu sadece dilim kalınlığı ile alakalı değildir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi patlatma deliğindeki sıkılama payının fazlalığından yada aynada askıda duran iri bloklardan da kaynaklanabildiği unutulmamalıdır.



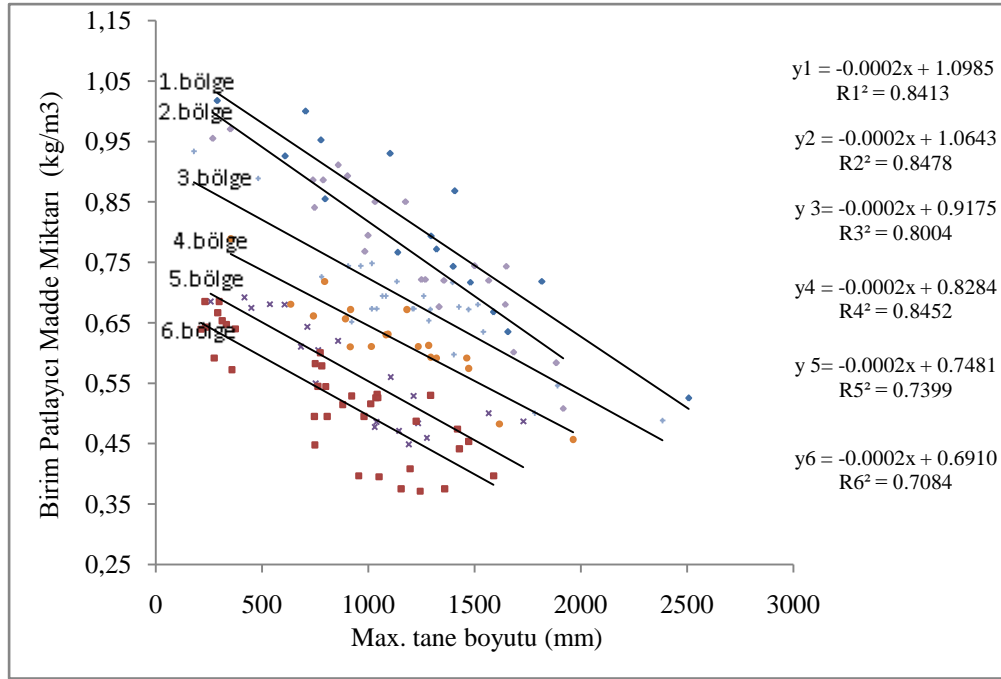
Şekil 4.16 . Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %50 nin altında olduğu tane boyutu ve BPMM ilişkisi

Şekil 4.16' daki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda kullanılan birim patlayıcı madde (ANFO) nun artmasıyla patlatma sonucu oluşan yığındaki %50 nin altında olduğu tane boyutu (ortalama tane boyutu) azalmıştır. Farklı bölgelerdeki parçalanma mukayese edildiğinde aynı birim patlayıcı madde miktarı için sert bölgeden yumuşak bölgeye doğru kayaç parçalanmasının arttığı görülmektedir.



Şekil 4.17. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan %80 in altında olduğu tane boyutu ve BPMM ilişkisi

Şekil 4.17' deki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda kullanılan birim patlayıcı madde (ANFO) nun artışına bağlı olarak patlatma sonucu oluşan yığındaki %80' in altında olduğu tane boyutu azalmıştır. Farklı bölgelerdeki parçalanma mukayese edildiğinde aynı birim patlayıcı madde miktarı için sert bölgeden yumuşak bölgeye doğru kayaç parçalanmasının arttığı görülmektedir.



Şekil 4.18. Altı farklı bölge için patlatma sonrası oluşan maximum tane boyutu ve BPMM ilişkisi

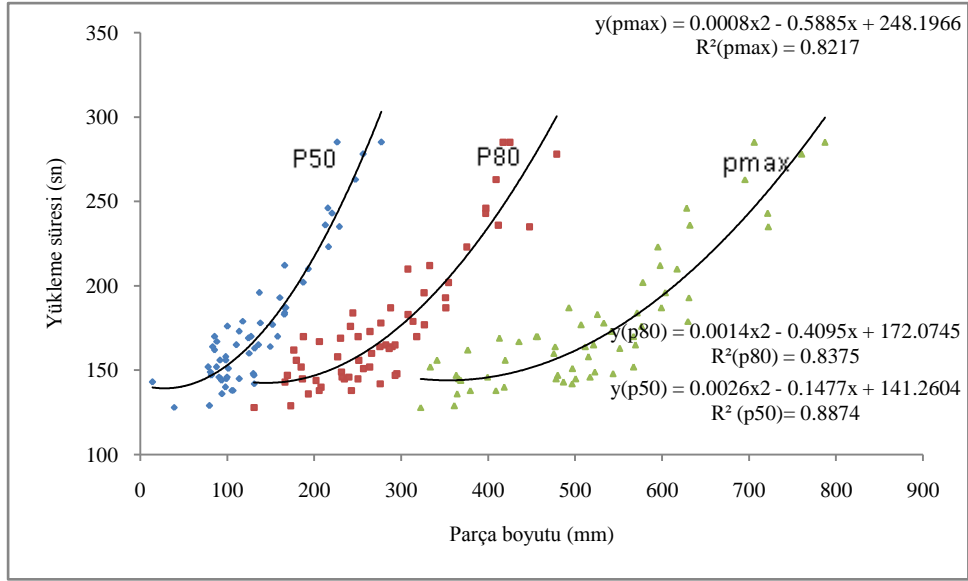
Şekil 4.18' deki grafik incelendiğinde çalışma yapılan tüm bölgelerdeki yapılan patlatmalarda kullanılan birim patlayıcı madde (ANFO) nun artmasıyla patlatma sonucu oluşan yığındaki maksimum tane boyutu azalmıştır. Farklı bölgelerdeki parçalanma mukayese edildiğinde ise aynı birim patlayıcı madde miktarı için sert bölgeden yumuşak bölgeye doğru kayaç parçalanmasının arttığı görülmektedir.

4.2. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Ekskavatör Yükleme Sürelerinin Ölçülmesi

İşletmede parça boyutuna bağlı yükleme performanslarının izlenebilmesi için öncelikle yüklemede kullanılan ters kepçeli ekskavatörler uzun süre izlenmiştir. Bu izleme ile yükleme işleminde zaman kayıplarının nasıl olduğu tespit edilmiş ve yapılan ölçümlerle parça boyut dağılımının artması ile yükleme sürelerinin uzadığı görülmüştür. Çizelge 4.7' de parça boyut dağılımına bağlı ters kepçeli ekskavatör yükleme süreleri görülmektedir. Şekil 4.19 da ise parça boyut dağılımına bağlı ters kepçe ekskavatörler yükleme sürelerinin değişimi görülmektedir.

Çizelge 4.7. Parça boyutuna dağılımına bağlı ters kepçe ekskavatör yükleme süreleri

ölçüm no	p20	p50	p80	mak.	Dolma süresi (sn)	ölçüm no	p20	p50	p80	mak.	Dolma süresi (sn)
1	9.6	80.65	231.2	522.46	149	31	22.2	85.24	176.35	376.58	162
2	29.63	138.05	276.41	532.87	178	32	17.33	165.88	244.23	571.17	184
3	4.09	38.81	130.63	322.33	128	33	34.94	165.46	351.21	599.23	187
4	31.43	135.84	282.14	521.09	165	34	18.76	100.1	241.56	576.18	176
5	38.09	149.28	289.35	476.93	164	35	28.24	136.78	326.18	603.63	196
6	16.41	101.17	256.4	496.85	151	36	25.82	127.34	250.41	455.07	170
7	26.69	113.75	234.53	478.04	145	37	17.05	79.43	172.86	361.08	129
8	23.91	125.12	265.79	475.34	160	38	13.77	98.4	251.03	419.45	156
9	25.51	93.81	193.11	364.22	136	39	4.592	83.14	275.38	511.69	164
10	19.9	110.39	292.79	569.29	165	40	13.08	220.39	396.99	721.45	243
11	48.97	165.7	307.81	525.42	183	41	15.8	98.89	250.13	500.55	145
12	30.06	228.71	447.37	722.22	235	42	6.85	78.1	263.55	567.14	152
13	23.9	113.6	263.84	541.71	173	43	23.3	131.21	286.05	551.14	163
14	17.59	98.14	226.83	515.08	158	44	21.93	93.48	201.85	368.51	144
15	17.35	212.69	411.59	631.91	236	45	1.33	13.97	166.18	486.5	143
16	30.37	160.59	350.72	630.71	193	46	20.48	99.78	239.61	517.06	146
17	20.1	106.57	242.5	408.74	138	47	19.03	256.18	478.71	760.56	278
18	30.51	226.41	416.94	706.04	285	48	24.23	129.94	294.75	543.43	148
19	25.27	152.11	326.47	506.83	177	49	21.28	81.72	168.93	363.32	147
20	17.85	166.02	332.51	597.63	212	50	17.72	215.49	397.17	628.16	246
21	22.08	97.69	207.59	418.27	140	51	31.26	105.09	205.53	379.49	138
22	14.51	117.67	313.4	629.67	179	52	38.78	277.08	424.68	787.13	285
23	20.4	88.05	205.81	435.52	167	53	53.17	167.25	287.63	492.79	187
24	22.03	87.43	184.68	333.59	152	54	75.17	247.24	408.85	695.26	263
25	30.65	91.59	179.26	341.29	156	55	27.61	130.91	275.61	496.61	142
26	11.22	90.61	231.77	399.22	146	56	45.91	187.29	354.33	577.82	202
27	24.04	92.16	186.17	366.25	145	57	29.83	130.56	292.87	479.89	147
28	18.6	85.49	187.44	456.65	170	58	9.123	193.02	307.54	617.27	210
29	39.45	157.74	317.72	566.97	170	59	33.25	216.31	375.26	595.25	223
30	36.64	124.31	230.11	412.8	169						



Şekil 4.19. Yüklenen malzemenin parça boyut dağılımı (mm) - yükleme süresi (sn) ilişkisi

Şekil 4.19' daki grafik incelendiğinde yüklenen malzemenin %50 sinin altında olduğu parça boyutu ile yükleme süresi arasındaki ilişki 2. dereceden polinom eğilimi ile ifade edildiğinde iki değişken arasındaki ilişkinin $y = 0.0026x^2 + 0.1477x + 141.2604$ şeklinde olduğu görülmektedir. Belirlilik katsayısı (R^2) 0.8874 dir. Yüklenen malzemenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ile yükleme süresi arasındaki ilişki 2. dereceden polinom eğilimi ile ifade edildiğinde iki değişken arasındaki ilişkinin $y = 0.0014x^2 + 0.4095x + 172.0745$ şeklinde olduğu görülmektedir. Belirlilik katsayısı (R^2) 0.8375 dir. Yüklenen malzemenin maksimum tane boyutu ile yükleme süresi arasındaki ilişki 2. dereceden polinom eğilimi ile ifade edildiğinde iki değişken arasındaki ilişkinin $y = 0.0008x^2 + 0.5885x + 248.1966$ şeklinde olduğu görülmektedir. Belirlilik katsayısı (R^2) 0.8217 dir.

Grafikte görüldüğü gibi belirli parça boyutuna kadar yükleme süresi hemen hemen eşit iken belirli boyut aralığından sonra artmaktadır.

4.3. Parça Boyut Dağılımına Bağlı Nakliye Performanslarının Ölçülmesi ve Tahmini

Çalışma yapılan işletmedeki nakliye kamyonlarının taşıdıkları yükün tahmini için kısıtlı sayıda ölçüm yapılabilmiş, diğer tahminler için ise bölüm 3.2.4' deki formüllerden yararlanılmıştır. Bu formüllerdeki kabarma faktörünün 1.35-1.46 arasında dolma faktörünün ise %89.2 ile %95 arasında değiştiği kabul edilmiştir. Bu durumda nakliye kamyonları en çok

25.65 ton, en az 22.18 ton yük taşımaktadır. Bu kabuller ile oluşturulan veriler Çizelge 4.8' de görülmektedir.

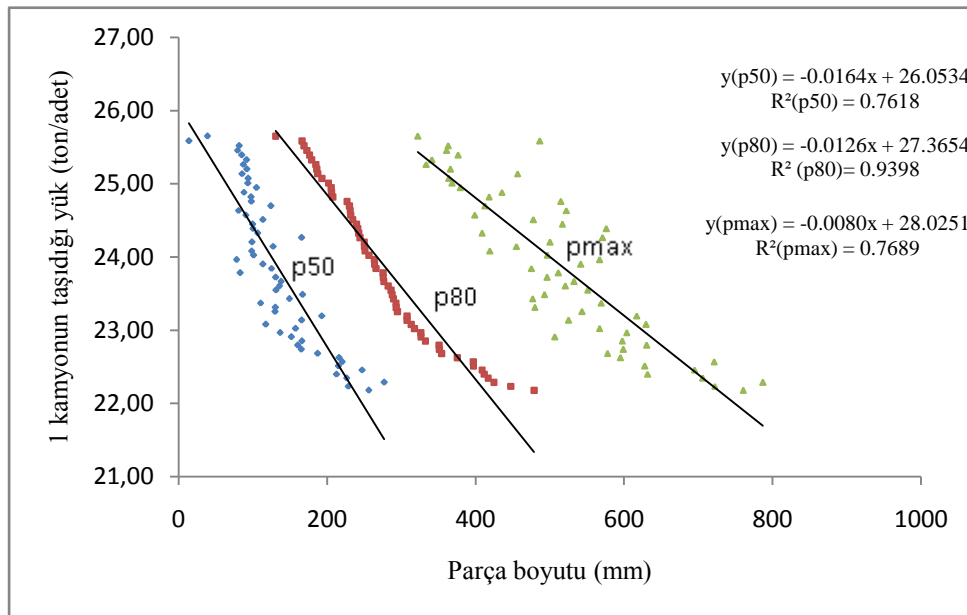
Çizelge 4.8. Nakliye maliyetlerinin tahmini için oluşturulan tablo

ölçüm no	p20	p50	p80	Pmak.	Toplam dolma süresi (sn)	Keççe hacmi (m ³)	Keççe sayısı (adet)	Dolma Faktörü	Normal yoğunluk (ton/m ³)	Kabarma Faktörü	Taşınan Yük (ton/kamyon)
1	9.6	80.65	231.2	522.46	149	1.5	9	0.934	2.7	1.382	24.63
2	29.63	138.05	276.41	532.87	178	1.5	9	0.918	2.7	1.414	23.66
3	4.09	38.81	130.63	322.33	128	1.5	9	0.95	2.7	1.35	25.65
4	31.43	135.84	282.14	521.09	165	1.5	9	0.917	2.7	1.416	23.60
5	38.09	149.28	289.35	476.93	164	1.5	9	0.914	2.7	1.422	23.43
6	16.41	101.17	256.4	496.85	151	1.5	9	0.924	2.7	1.402	24.02
7	26.69	113.75	234.53	478.04	145	1.5	9	0.932	2.7	1.386	24.51
8	23.91	125.12	265.79	475.34	160	1.5	9	0.921	2.7	1.408	23.84
9	25.51	93.81	193.11	364.22	136	1.5	9	0.941	2.7	1.368	25.07
10	19.9	110.39	292.79	569.29	165	1.5	9	0.913	2.7	1.424	23.37
11	48.97	165.7	307.81	525.42	183	1.5	9	0.909	2.7	1.432	23.14
12	30.06	228.71	447.37	722.22	235	1.5	9	0.893	2.7	1.464	22.23
13	23.9	113.6	263.84	541.71	173	1.5	9	0.922	2.7	1.406	23.90
14	17.59	98.14	226.83	515.08	158	1.5	9	0.936	2.7	1.378	24.76
15	17.35	212.69	411.59	631.91	236	1.5	9	0.896	2.7	1.458	22.40
16	30.37	160.59	350.72	630.71	193	1.5	9	0.903	2.7	1.444	22.79
17	20.1	106.57	242.5	408.74	138	1.5	9	0.929	2.7	1.392	24.33
18	30.51	226.41	416.94	706.04	285	1.5	9	0.895	2.7	1.46	22.34
19	25.27	152.11	326.47	506.83	177	1.5	9	0.905	2.7	1.44	22.91
20	17.85	166.02	332.51	597.63	212	1.5	9	0.904	2.7	1.442	22.85
21	22.08	97.69	207.59	418.27	140	1.5	9	0.937	2.7	1.376	24.82
22	14.51	117.67	313.4	629.67	179	1.5	9	0.908	2.7	1.434	23.08
23	20.4	88.05	205.81	435.52	167	1.5	9	0.938	2.7	1.374	24.88
24	22.03	87.43	184.68	333.59	152	1.5	9	0.944	2.7	1.362	25.26
25	30.65	91.59	179.26	341.29	156	1.5	9	0.945	2.7	1.36	25.33
26	11.22	90.61	231.77	399.22	146	1.5	9	0.933	2.7	1.384	24.57
27	24.04	92.16	186.17	366.25	145	1.5	9	0.943	2.7	1.364	25.20
28	18.6	85.49	187.44	456.65	170	1.5	9	0.942	2.7	1.366	25.14
29	39.45	157.74	317.72	566.97	170	1.5	9	0.907	2.7	1.436	23.02
30	36.64	124.31	230.11	412.8	169	1.5	9	0.935	2.7	1.38	24.70
31	22.2	85.24	176.35	376.58	162	1.5	9	0.946	2.7	1.358	25.39
32	17.33	165.88	244.23	571.17	184	1.5	9	0.928	2.7	1.394	24.27
33	34.94	165.46	351.21	599.23	187	1.5	9	0.902	2.7	1.446	22.74
34	18.76	100.1	241.56	576.18	176	1.5	9	0.93	2.7	1.39	24.39
35	28.24	136.78	326.18	603.63	196	1.5	9	0.906	2.7	1.438	22.97
36	25.82	127.34	250.41	455.07	170	1.5	9	0.926	2.7	1.398	24.14
37	17.05	79.43	172.86	361.08	129	1.5	9	0.947	2.7	1.356	25.46
38	13.77	98.4	251.03	419.45	156	1.5	9	0.925	2.7	1.4	24.08
39	4.592	83.14	275.38	511.69	164	1.5	9	0.92	2.7	1.41	23.78
40	13.08	220.39	396.99	721.45	243	1.5	9	0.899	2.7	1.452	22.57
41	15.8	98.89	250.13	500.55	145	1.5	9	0.927	2.7	1.396	24.20
42	6.85	78.1	263.55	567.14	152	1.5	9	0.923	2.7	1.404	23.96
43	23.3	131.21	286.05	551.14	163	1.5	9	0.916	2.7	1.418	23.55
44	21.93	93.48	201.85	368.51	144	1.5	9	0.94	2.7	1.37	25.01
45	1.33	13.97	166.18	486.5	143	1.5	9	0.949	2.7	1.352	25.59
46	20.48	99.78	239.61	517.06	146	1.5	9	0.931	2.7	1.388	24.45
47	19.03	256.18	478.71	760.56	278	1.5	9	0.892	2.7	1.466	22.18
48	24.23	129.94	294.75	543.43	148	1.5	9	0.911	2.7	1.428	23.25
49	21.28	81.72	168.93	363.32	147	1.5	9	0.948	2.7	1.354	25.52
50	17.72	215.49	397.17	628.16	246	1.5	9	0.898	2.7	1.454	22.51
51	31.26	105.09	205.53	379.49	138	1.5	9	0.939	2.7	1.372	24.95
52	38.78	277.08	424.68	787.13	285	1.5	9	0.894	2.7	1.462	22.29

Çizelge 4.8. Nakliye maliyetlerinin tahmini için oluşturulan tablo (Devamı)

ölçüm no	p20	p50	p80	Pmak.	Toplam dolma süresi (sn)	Keççe hacmi (m ³)	Keççe sayısı (adet)	Dolma Faktörü	Normal yoğunluk (ton/m ³)	Kabarma Faktörü	Taşınan Yük (ton/kamyon)
53	53.17	167.25	287.63	492.79	187	1.5	9	0.915	2.7	1.42	23.49
54	75.17	247.24	408.85	695.26	263	1.5	9	0.897	2.7	1.456	22.46
55	27.61	130.91	275.61	496.61	142	1.5	9	0.919	2.7	1.412	23.72
56	45.91	187.29	354.33	577.82	202	1.5	9	0.901	2.7	1.448	22.68
57	29.83	130.56	292.87	479.89	147	1.5	9	0.912	2.7	1.426	23.31
58	9.123	193.02	307.54	617.27	210	1.5	9	0.91	2.7	1.43	23.20
59	33.25	216.31	375.26	595.25	223	1.5	9	0.9	2.7	1.45	22.62

Şekil 4.20' de ise bir kamyon için parça boyutuna bağlı tahmin edilen yükleme miktarı grafikleri görülmektedir.

**Şekil 4.20.** Bir nakliye kamyonu için parça boyut dağılımına bağlı taşınan yük tahmini

Yapılan çok sayıda gözlemden ve Şekil 4.20'deki grafikte sayısal olarak gösterilmeye çalışıldığı gibi parça boyutunun artmasıyla keççe dolma faktörü azalmakta ve kabarma katsayısı artmaktadır. Bu ise nakliye kamyonlarında taşınan malzemenin azalmasına neden olmaktadır.

4.4. Kırma Sınıflandırma Tesisinde Ölçülen Verilerin İncelenmesi

Çalışmada ocaktan 6 farklı bölgeden getirilen Kalker örneklerinin kırıcıya beslenmesi ile kırıcıda bazı ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerle elde edilen tablo özetleri aşağıda sıralanmıştır.

1. BÖLGE

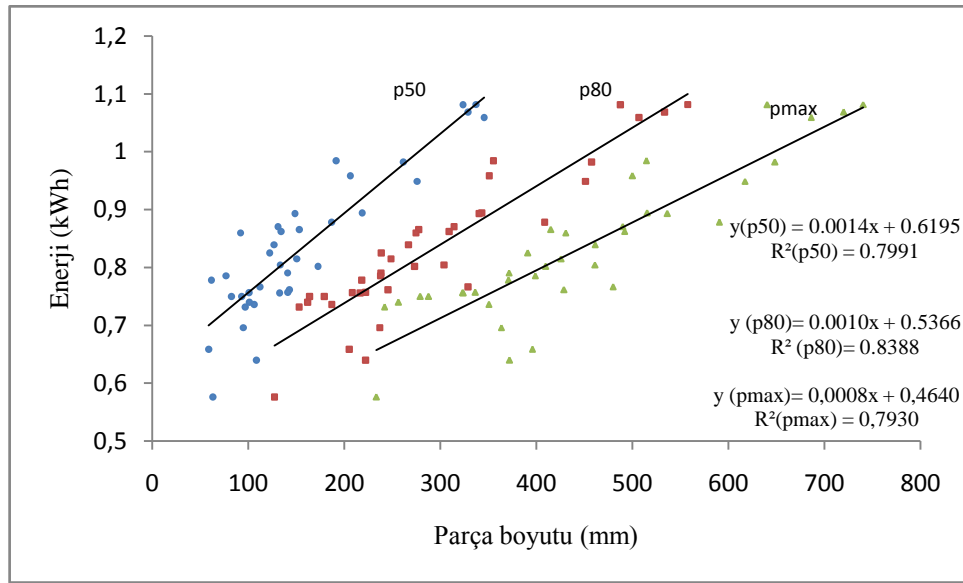
Birinci bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.9’ da görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.21 ile Şekil 4.23 arasında görülmektedir.

Çizelge 4.9. 1. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı max parça	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
1	152.94	277.36	415.03	29.00	44.08	60.18	5.3	6.3	6.9	77	0.865572
2	323.51	487.43	640.31	22.90	48.11	57.42	14.1	10.1	11.2	68	1.081422
3	82.3	179.05	279.03	32.63	44.97	106.14	2.5	4.0	2.6	82	0.750168
4	94.78	236.92	363.49	31.60	51.42	94.31	3.0	4.6	3.9	77	0.696255
5	130.84	314.2	490.08	31.01	43.16	104.93	4.2	7.3	4.7	72	0.870475
6	336.99	557.52	740.41	25.43	49.80	63.32	13.3	11.2	11.7	63	1.081582
7	261.45	457.41	648.49	30.11	50.30	61.67	8.7	9.1	10.5	58	0.982222
8	206.23	350.85	500.04	16.67	39.11	71.34	12.4	9.0	7.0	73	0.958691
9	172.56	273.02	409.61	30.13	50.34	91.37	5.7	5.4	4.5	76	0.80199
10	140.89	238.09	371.56	24.38	48.29	83.00	5.8	4.9	4.5	76	0.790716
11	133.19	303.66	461.06	31.38	55.12	89.48	4.2	5.5	5.2	76	0.804658
12	122.15	238.38	390.99	26.99	49.86	97.90	4.5	4.8	4.0	77	0.825254
13	133.95	308.98	491.87	23.85	39.75	76.55	5.6	7.8	6.4	70	0.862435
14	91.85	274.49	430.52	14.01	45.23	82.90	6.6	6.1	5.2	76	0.859939
15	58.74	205.07	395.88	22.93	39.40	94.87	2.6	5.2	4.2	75	0.658921
16	191.27	355.21	514.5	17.18	49.10	61.00	11.1	7.2	8.4	78	0.984582
17	61.56	217.99	371.05	23.95	45.73	98.32	2.6	4.8	3.8	75	0.778262
18	218.53	342.94	515.28	22.60	51.57	89.93	9.7	6.6	5.7	75	0.894518
19	63.09	127.15	233.46	21.37	42.03	81.57	3.0	3.0	2.9	80	0.576452
20	101.05	161.81	256.44	28.33	37.39	81.83	3.6	4.3	3.1	82	0.740162
21	108.27	221.96	371.98	27.53	53.40	83.28	3.9	4.2	4.5	76	0.640211
22	93.13	163.74	287.63	20.21	40.39	75.77	4.6	4.1	3.8	82	0.749989
23	76.78	237.71	398.83	21.83	55.46	82.41	3.5	4.3	4.8	77	0.785844
24	275.61	451.07	617.23	29.37	46.82	81.90	9.4	9.6	7.5	63	0.948867
25	100.68	208.17	323.4	41.87	47.33	77.71	2.4	4.4	4.2	75	0.756792
26	186.67	408.51	590.54	27.90	51.97	87.35	6.7	7.9	6.8	65	0.87852
27	132.58	216.41	323.68	23.85	49.37	85.70	5.6	4.4	3.8	75	0.756254
28	150.26	248.56	425.73	27.59	48.39	84.52	5.4	5.1	5.0	76	0.815019
29	112.01	328.74	479.86	17.18	41.9	86.35	6.5	7.8	5.6	77	0.766803
30	345.57	506.75	686.23	27	47.82	73.42	12.8	10.6	9.3	62	1.059058

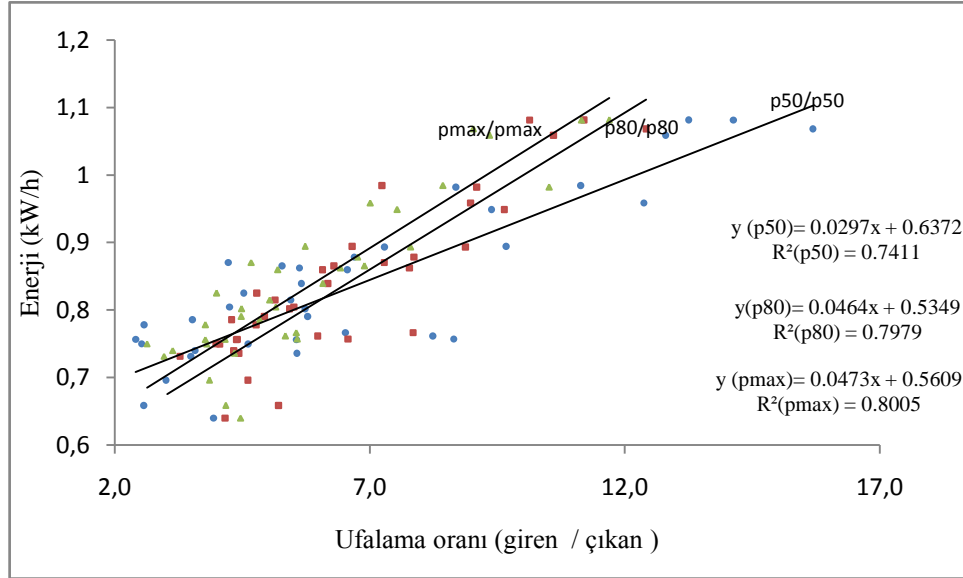
Çizelge 4.9. 1. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri (Devamı)

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı max parça	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
31	106.06	186.82	350.55	19.05	42.21	80.66	5.6	4.4	4.3	84	0.736102
32	142.63	245.35	428.74	17.33	41.06	80.23	8.2	6.0	5.3	77	0.761876
33	148.52	340.19	536.42	20.39	38.35	68.8	7.3	8.9	7.8	74	0.893421
34	96.65	152.83	241.82	27.73	46.65	81.65	3.5	3.3	3.0	85	0.731717
35	328.77	533.42	720.01	20.96	42.96	79.73	15.7	12.4	9.0	60	1.068551
36	140.96	221.95	336.3	16.31	33.8	60.29	8.6	6.6	5.6	77	0.757321
37	126.8	266.64	461.16	22.42	43.2	75.91	5.7	6.2	6.1	76	0.839392

**Şekil 4.21.** 1. Bölgeye ait beslemedeki parça boyutu dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

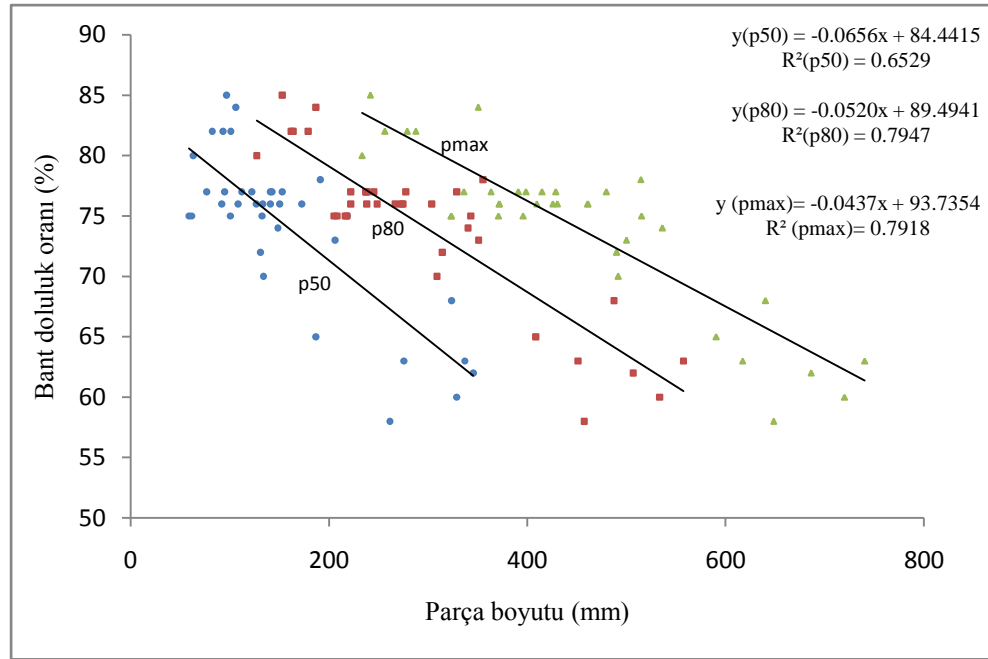
Şekil 4.21 de 1. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7991, korelasyon katsayısı 0.8939, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8388, korelasyon katsayısı 0.9158, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7930, korelasyon

katsayısı 0.8905 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.22. 1. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.22' de 1. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7411, korelasyon katsayısı 0.8608, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7979, korelasyon katsayısı 0.8932, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8005, korelasyon katsayısı 0.8947 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.23. 1. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı (mm) – bant doluluk oranı (%) ilişkisi

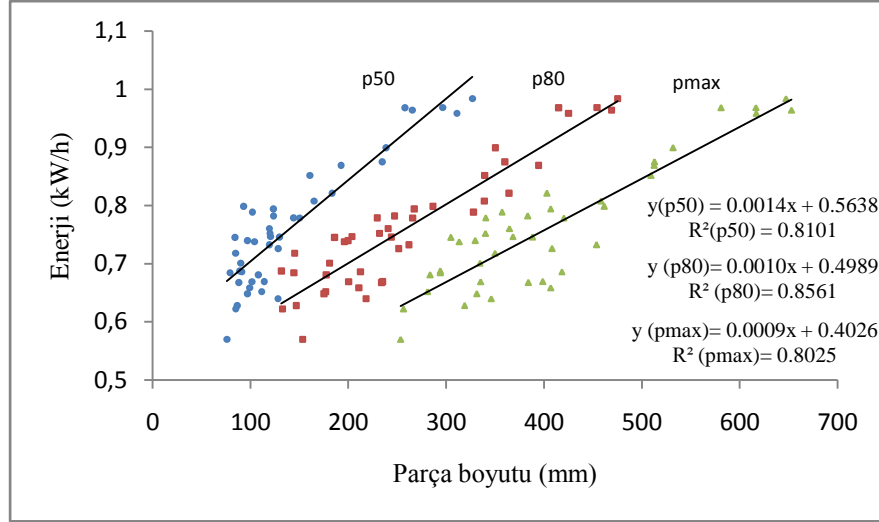
Şekil 4.23 de 1. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.6529, korelasyon katsayısı -0.8080, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7947, korelasyon katsayısı -0.8914, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7918, korelasyon katsayısı -0.8898 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.

2. BÖLGE

İkinci bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.10' da görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.24 ile Şekil 4.26 arasında görülmektedir.

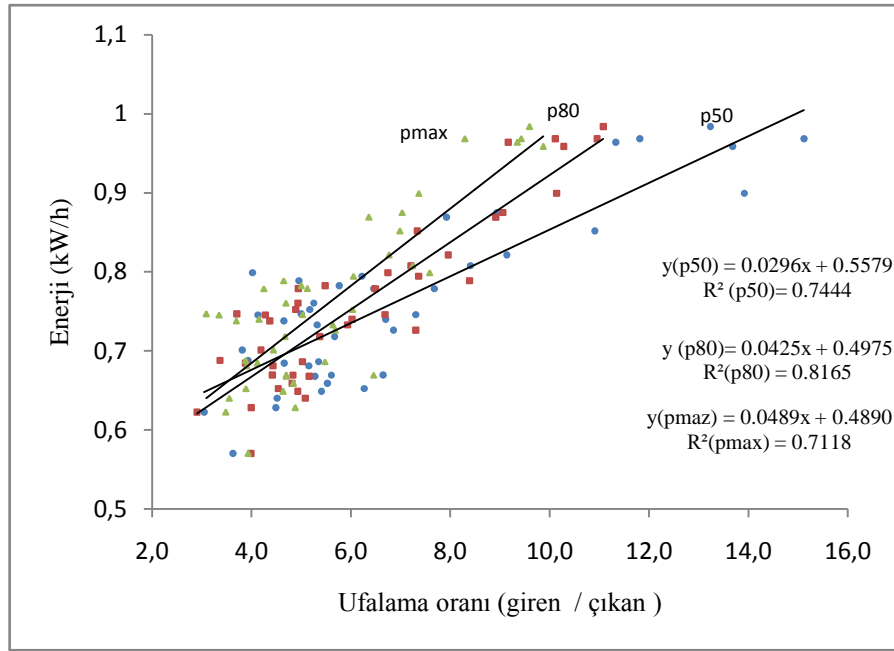
Çizelge 4.10. 2. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

GİREN ÜRÜN				ÇIKAN ÜRÜN							E (kWh)
Ölçüm no	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)	Ufalama oranı p50 (mm)	Ufalama oranı p80 (mm)	Ufalama oranı ptop (mm)	Bant doluluk oranı	
1	120.34	203.66	368.26	24.09	55.04	119.23	5.0	3.7	3.1	80	0.746764
2	84.15	185.91	305	20.39	43.49	91.12	4.1	4.3	3.3	83	0.7454
3	90	180.81	334.61	23.62	43.18	75.34	3.8	4.2	4.4	88	0.701218
4	119.99	231.83	340.23	23.21	47.46	56.41	5.2	4.9	6.0	82	0.752352
5	79.02	144.33	294.24	16.98	37.28	71.4	4.7	3.9	4.1	85	0.684614
6	104.11	195.97	313.36	22.4	44.88	84.91	4.6	4.4	3.7	83	0.738001
7	238.52	350.27	531.94	17.14	34.55	72.25	13.9	10.1	7.4	73	0.899373
8	123.31	267.44	406.9	19.82	36.34	67.25	6.2	7.4	6.1	78	0.794501
9	326.82	475.3	647.56	24.7	42.9	67.49	13.2	11.1	9.6	71	0.983953
10	310.99	424.97	617.03	22.73	41.33	62.52	13.7	10.3	9.9	73	0.958641
11	101.89	327.85	357.11	20.58	39.11	76.84	5.0	8.4	4.6	78	0.78883
12	99.14	210.71	407.14	17.94	43.79	84.08	5.5	4.8	4.8	84	0.658897
13	76.02	153.34	253.5	20.97	38.48	64.43	3.6	4.0	3.9	87	0.570363
14	119.25	261.94	453.92	22.43	44.18	80.53	5.3	5.9	5.6	79	0.732948
15	144.01	229.51	340.51	22.31	46.47	66.49	6.5	4.9	5.1	78	0.778868
16	107.95	177.42	283.66	20.95	40.05	72.72	5.2	4.4	3.9	87	0.681022
17	91.17	212.36	418.35	17.05	42.28	76.4	5.3	5.0	5.5	83	0.686261
18	86.49	146.73	318.86	19.28	36.75	65.32	4.5	4.0	4.9	88	0.628258
19	96.96	199.81	329.92	14.48	33.2	79.43	6.7	6.0	4.2	89	0.740003
20	265.34	469.09	653.01	23.42	51.2	69.84	11.3	9.2	9.4	68	0.964114
21	128.17	218.06	346.22	28.39	42.92	97.49	4.5	5.1	3.6	78	0.640125
22	257.82	414.84	581.11	21.83	41.02	70.06	11.8	10.1	8.3	72	0.968385
23	128.2	251.44	408.35	18.7	34.43	71.8	6.9	7.3	5.7	81	0.726143
24	192.54	394.48	512.67	24.31	44.26	80.57	7.9	8.9	6.4	68	0.869115
25	123.53	247.21	383.49	21.43	45.13	76.72	5.8	5.5	5.0	79	0.782487
26	160.77	339.3	509.39	14.74	46.28	72.9	10.9	7.3	7.0	74	0.851877
27	88.05	233.94	384.24	16.7	45.38	81.73	5.3	5.2	4.7	76	0.667783
28	111.43	176.9	281	17.79	39	72.25	6.3	4.5	3.9	80	0.652315
29	101.46	200.27	335.35	18.1	41.44	51.95	5.6	4.8	6.5	79	0.669293
30	150.29	265.6	420.34	19.58	40.93	98.93	7.7	6.5	4.2	76	0.778669
31	129.57	243.99	388.5	17.74	36.51	77.31	7.3	6.7	5.0	82	0.74584
32	114	235.09	398.97	17.15	53.21	84.92	6.6	4.4	4.7	81	0.6694
33	96.79	175.13	331.53	17.91	35.54	71.49	5.4	4.9	4.6	89	0.648804
34	164.89	339.03	458.47	19.62	47.06	63.32	8.4	7.2	7.2	78	0.807893
35	183.44	364.19	403.04	20.08	45.77	59.54	9.1	8.0	6.8	73	0.82142
36	84.98	132.71	256.49	27.91	45.76	73.65	3.0	2.9	3.5	89	0.622602
37	296.43	454.13	616.8	19.61	41.47	65.41	15.1	11.0	9.4	72	0.968465
38	93	286.51	461.74	23.15	42.51	60.87	4.0	6.7	7.6	79	0.798927
39	119.33	240.62	364.86	22.73	48.81	77.73	5.2	4.9	4.7	81	0.76051
40	89.11	131.62	294.15	22.68	39.15	75.77	3.9	3.4	3.9	89	0.687897
41	84.77	145.1	350.1	14.95	27.02	74.89	5.7	5.4	4.7	88	0.718193
42	234.63	359.96	513.11	26.25	39.76	72.98	8.9	9.1	7.0	76	0.875149



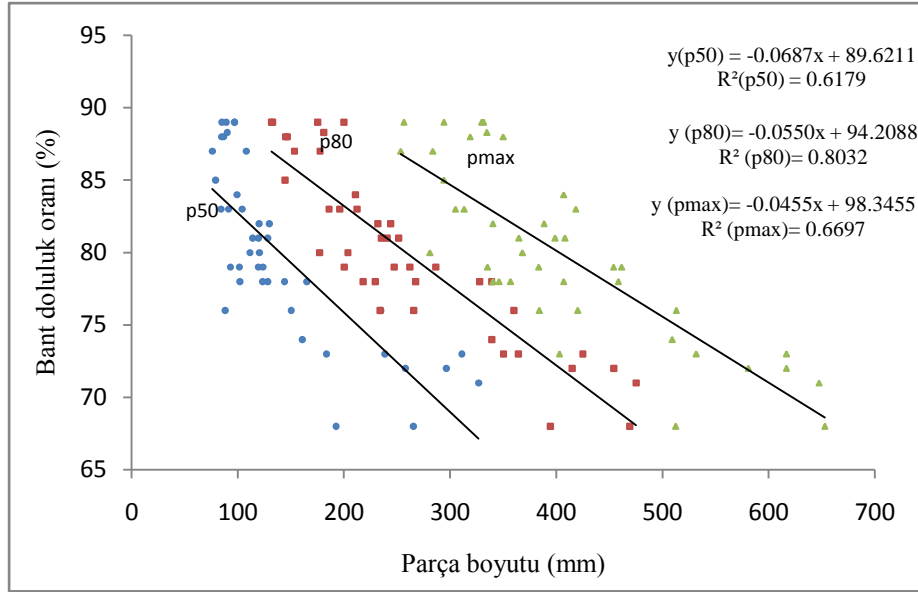
Şekil 4.24. 2. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.24 de 2. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8101, korelasyon katsayısı 0.9, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8561, korelasyon katsayısı 0.9252, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8025, korelasyon katsayısı 0.8958 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.25. 2. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.25 de 2. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7444, korelasyon katsayısı 0.8627, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8165, korelasyon katsayısı 0.9036, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7118, korelasyon katsayısı 0.8436 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.26. 2. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı (mm) – bant doluluk oranı (%) ilişkisi

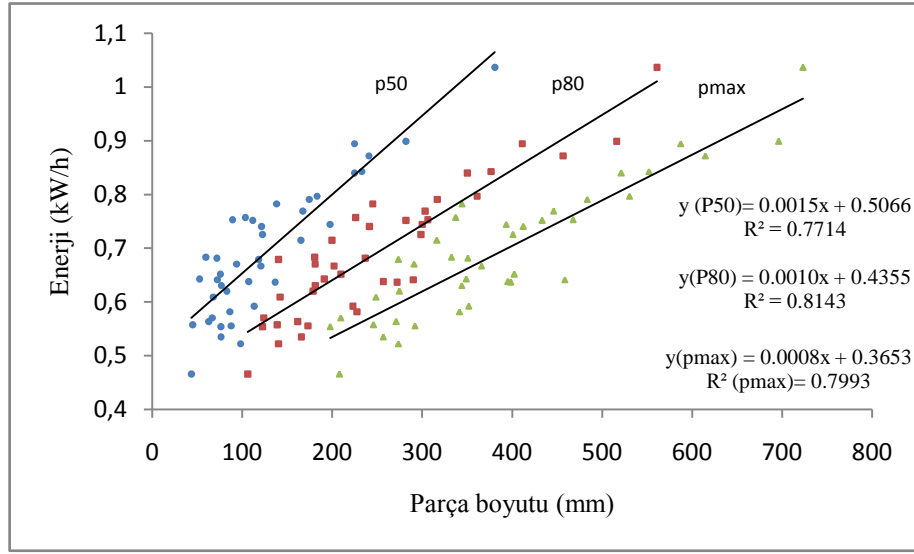
Şekil 4.26’ da 2. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.6179, korelasyon katsayısı -0.7860, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8032, korelasyon katsayısı -0.8962, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.6697, korelasyon katsayısı -0.8183 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.

3. BÖLGE

Üçüncü bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.11’ de görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.27 ile Şekil 4.29 arasında görülmektedir.

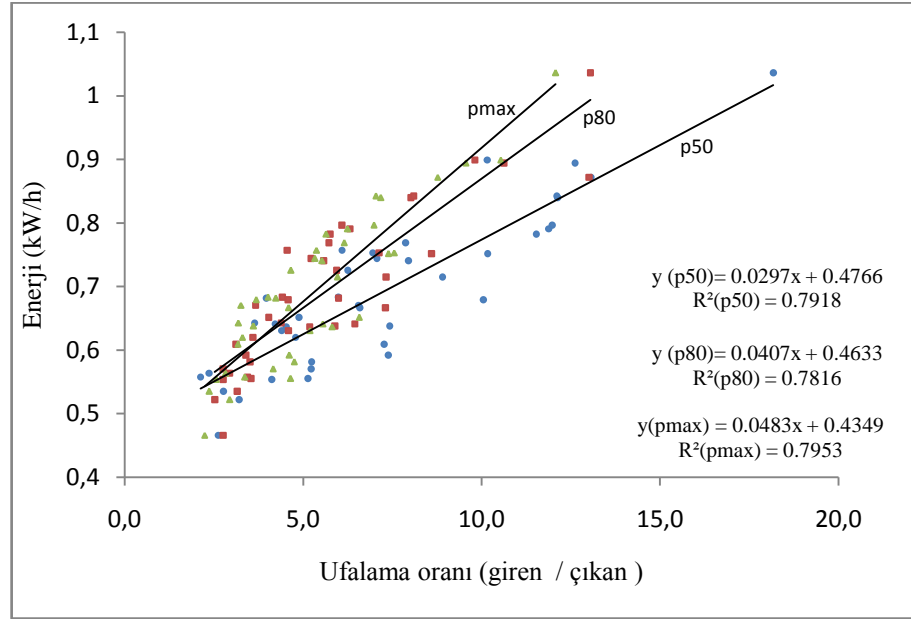
Çizelge 4.11. 3. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı ptop	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
1	167.19	303.1	445.91	21.26	53.02	72.54	7.9	5.7	6.1	75	0.769086
2	72.16	290.03	458.36	17.15	45.03	82.62	4.2	6.4	5.5	80	0.64126
3	75.65	209.53	402.38	15.51	52	61.27	4.9	4.0	6.6	85	0.651617
4	67.61	142.07	248.77	9.31	45.64	78.53	7.3	3.1	3.2	90	0.609277
5	89.15	306.14	467.61	12.84	43	61.93	6.9	7.1	7.6	79	0.753061
6	87.55	172.96	291.97	17.08	49	62.88	5.1	3.5	4.6	91	0.555494
7	66.5	123.8	209.47	12.75	45	50.4	5.2	2.8	4.2	95	0.570455
8	111.5	281.72	433.31	10.97	32.8	58.68	10.2	8.6	7.4	83	0.751705
9	121.4	241.13	412.26	15.28	43.29	74.68	7.9	5.6	5.5	86	0.740629
10	62.57	161.46	271.13	26.54	55.05	96.06	2.4	2.9	2.8	92	0.563712
11	118.08	140.08	273.56	11.76	30.64	74.34	10.0	4.6	3.7	91	0.679172
12	82.77	178.65	274.63	17.31	49.84	83.40	4.8	3.6	3.3	88	0.62014
13	380.79	560.9	723.15	20.96	43.00	59.92	18.2	13.0	12.1	68	1.036396
14	98.08	140.08	273.56	30.65	55.60	93.05	3.2	2.5	2.9	90	0.522148
15	224.64	411.14	587.25	17.81	38.73	61.47	12.6	10.6	9.6	76	0.894426
16	174.27	316.7	483.29	14.68	50.24	77.46	11.9	6.3	6.2	80	0.790868
17	224.71	350	521.29	18.53	43.68	72.65	12.1	8.0	7.2	80	0.839912
18	232.86	376.34	552.15	19.24	46.50	78.50	12.1	8.1	7.0	79	0.842587
19	281.74	515.99	696.21	27.76	52.62	66.11	10.1	9.8	10.5	70	0.899022
20	136.41	271.96	398.58	30.18	52.52	68.60	4.5	5.2	5.8	84	0.636816
21	103.41	225.87	337.3	17.00	49.70	62.81	6.1	4.5	5.4	88	0.757078
22	93.65	180.94	291.06	14.31	49.42	89.52	6.5	3.7	3.3	87	0.670509
23	44.79	138.73	245.81	21.15	40.40	73.18	2.1	3.4	3.4	90	0.557713
24	76.66	181.11	343.88	17.44	39.54	66.32	4.4	4.6	5.2	79	0.630687
25	71.71	236.54	350.6	18.09	39.53	82.81	4.0	6.0	4.2	81	0.681702
26	76.24	122.41	197.65	18.52	44.49	77.17	4.1	2.8	2.6	92	0.554124
27	59.53	180.34	332.45	9.95	40.88	82.87	6.0	4.4	4.0	90	0.683373
28	165.16	199.69	316.23	18.56	27.29	53.03	8.9	7.3	6.0	92	0.714954
29	52.54	191.18	348.83	14.45	43.65	109.70	3.6	4.4	3.2	90	0.642812
30	107.2	256.73	395.32	14.45	43.65	109.70	7.4	5.9	3.6	82	0.638147
31	113.16	222.87	351.69	15.33	65.77	76.36	7.4	3.4	4.6	83	0.592267
32	240.72	456.56	614.71	18.43	35.11	70.14	13.1	13.0	8.8	69	0.871798
33	76.3	165.65	256.66	27.64	52.63	108.46	2.8	3.1	2.4	90	0.5352
34	43.37	105.99	208.25	16.58	38.55	93.10	2.6	2.7	2.2	92	0.466105
35	120.7	201.97	365.9	18.34	27.68	79.71	6.6	7.3	4.6	86	0.666902
36	122.39	298.38	400.73	19.60	50.31	86.12	6.2	5.9	4.7	77	0.725624
37	138.09	245	344.26	11.98	42.63	61.06	11.5	5.7	5.6	79	0.782518
38	197.56	300.01	393.26	27.98	57.52	73.86	7.1	5.2	5.3	75	0.744291
39	183.01	360.95	530.25	15.29	59.37	75.96	12.0	6.1	7.0	72	0.796738
40	86.1	227.37	341.44	16.46	64.87	71.94	5.2	3.5	4.7	81	0.581784



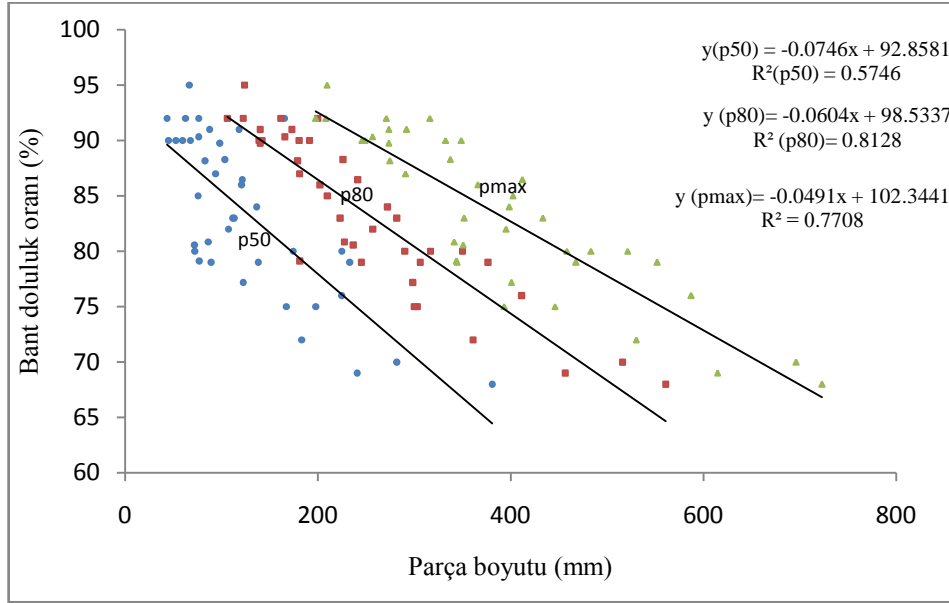
Şekil 4.27. 3. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.27 de 3. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7714, korelasyon katsayısı 0.8782, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8143, korelasyon katsayısı 0.9023, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7993, korelasyon katsayısı 0.8940 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.28. 3. Bölgeye ait ufalama oranı enerji sarfıyatı ilişkisi

Şekil 4.28’ de 3. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7918, korelasyon katsayısı 0.8898, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7816, korelasyon katsayısı 0.8840, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7953, korelasyon katsayısı 0.8917 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.29. 3. Bölgeye ait beslenen parça boyut dağılımı – çıkan ürün bant doluluk oranı ilişkisi

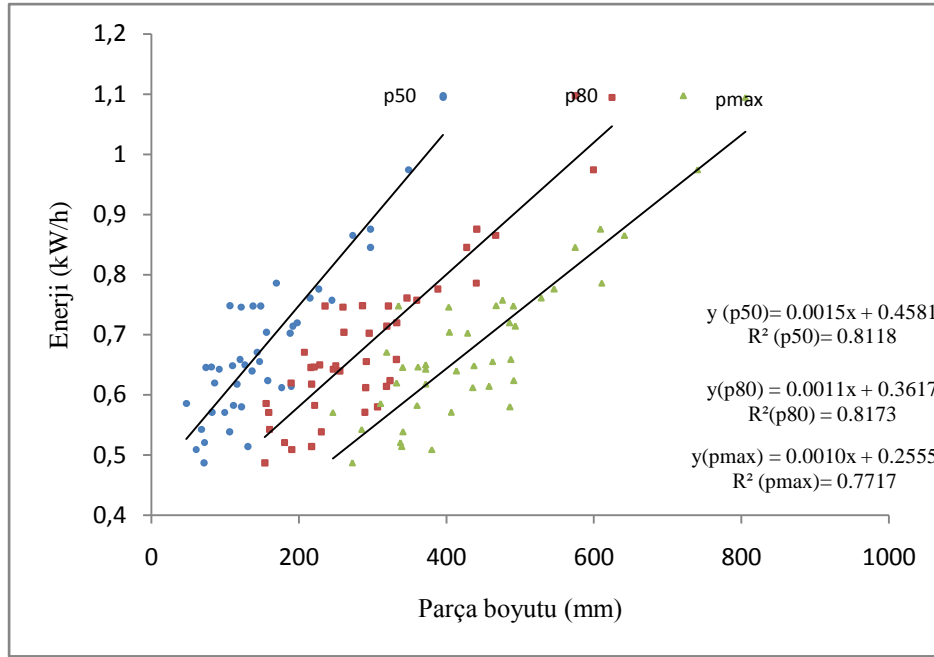
Şekil 4.29’ da 3. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.5746, korelasyon katsayısı -0.7580, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8128, korelasyon katsayısı -0.9015, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7708, korelasyon katsayısı -0.8779 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.

4. BÖLGE

Dördüncü bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.12’ de görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.30 ile Şekil 4.32 arasında görülmektedir.

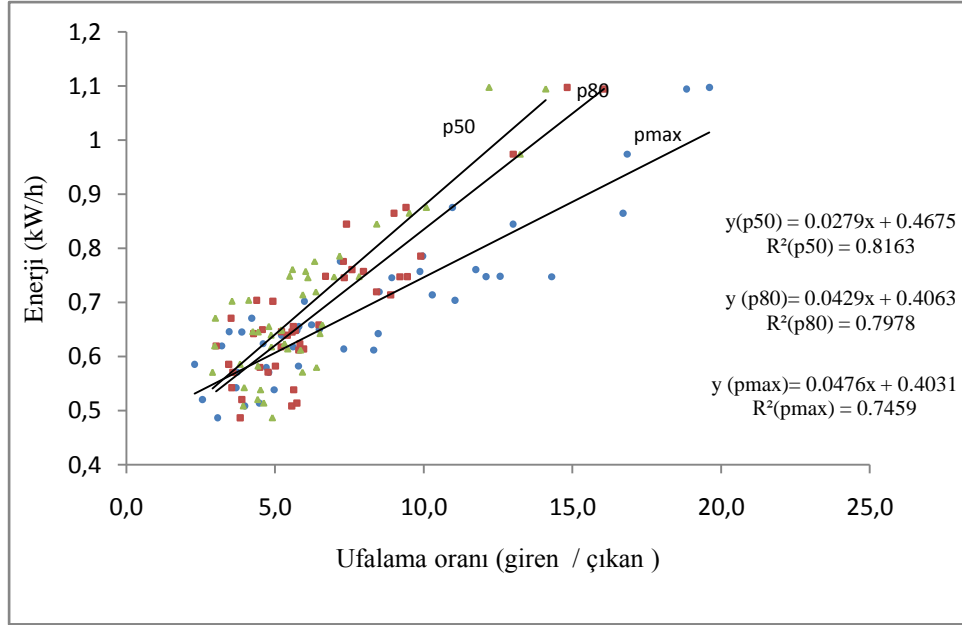
Çizelge 4.12. 4. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı max parça	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
1	191.64	319.07	493.36	18.64	35.91	83.19	10.3	8.9	5.9	85	0.714213
2	187.89	295.27	428.58	31.39	59.93	120.62	6.0	4.9	3.6	83	0.702667
3	136.42	255.35	413.7	26.16	47.20	85.01	5.2	5.4	4.9	89	0.639765
4	47.36	155.3	310.71	20.67	45.12	81.27	2.3	3.4	3.8	93	0.585837
5	67.75	159.92	285.02	18.37	45.18	71.83	3.7	3.5	4.0	92	0.542783
6	91.8	246.39	371.98	10.84	57.68	57.12	8.5	4.3	6.5	89	0.642853
7	137.68	235.12	335.22	9.63	25.56	47.99	14.3	9.2	7.0	90	0.747842
8	121.69	259.58	403.17	13.64	35.43	65.98	8.9	7.3	6.1	89	0.746046
9	119.99	332	487.52	19.27	51.33	73.92	6.2	6.5	6.6	85	0.659054
10	244.63	359.66	475.91	24.79	45.11	78.94	9.9	8.0	6.0	85	0.757511
11	85.43	189.3	332.34	26.64	62.73	111.70	3.2	3.0	3.0	92	0.619912
12	99.14	158.84	245.85	20.71	44.40	84.87	4.8	3.6	2.9	95	0.570981
13	122.05	306.45	485.98	25.94	68.27	75.94	4.7	4.5	6.4	88	0.58036
14	109.74	249.73	437.36	19.15	43.95	84.03	5.7	5.7	5.2	89	0.648658
15	148	321.23	490.89	12.24	33.99	62.73	12.1	9.5	7.8	84	0.747953
16	395.34	624.29	805.28	20.99	38.86	57.09	18.8	16.1	14.1	65	1.094562
17	348.51	599.09	740.45	20.70	46.05	55.91	16.8	13.0	13.2	72	0.974251
18	169.39	440.3	610.47	17.00	44.48	85.15	10.0	9.9	7.2	75	0.785928
19	296.96	427.37	574.74	22.84	57.73	68.24	13.0	7.4	8.4	74	0.845131
20	226.76	388.31	546.1	31.52	53.20	86.18	7.2	7.3	6.3	85	0.776168
21	155.81	260.77	404.07	14.10	59.54	98.31	11.1	4.4	4.1	80	0.704415
22	143.21	207.27	318.91	33.96	58.90	106.43	4.2	3.5	3.0	87	0.670987
23	189.46	318.64	457.79	25.92	53.48	84.34	7.3	6.0	5.4	86	0.614236
24	272.86	466.54	641.34	16.34	51.84	67.38	16.7	9.0	9.5	73	0.865239
25	395.37	574.65	721.45	20.17	38.77	59.15	19.6	14.8	12.2	68	1.097536
26	197.48	332.41	485.72	23.24	39.51	76.21	8.5	8.4	6.4	89	0.719881
27	296.78	440.85	608.87	27.07	46.88	60.35	11.0	9.4	10.1	75	0.875649
28	157.58	323.47	491.2	34.28	55.45	92.24	4.6	5.8	5.3	80	0.624032
29	146.5	291.13	462.48	25.26	51.84	96.56	5.8	5.6	4.8	78	0.655633
30	81.92	289.35	406.47	22.00	60.75	68.57	3.7	4.8	5.9	87	0.571414
31	115.82	216.92	372.01	20.67	41.73	76.26	5.6	5.2	4.9	92	0.618232
32	71.88	180.42	337.5	28.14	46.53	76.48	2.6	3.9	4.4	92	0.52092
33	106.28	286.06	467.31	8.46	42.74	85.15	12.6	6.7	5.5	83	0.748575
34	111.18	221.13	360.37	19.22	44.13	81.49	5.8	5.0	4.4	86	0.582646
35	71.19	153.55	272.34	23.21	40.10	55.46	3.1	3.8	4.9	94	0.487023
36	105.95	230.23	341.26	21.33	40.93	75.60	5.0	5.6	4.5	81	0.53892
37	60.6	190.14	380.14	15.21	34.22	96.79	4.0	5.6	3.9	86	0.5092
38	73.82	215.98	340.8	19.03	38.77	76.83	3.9	5.6	4.4	83	0.645725
39	81.23	220.48	361.5	23.50	42.30	84.93	3.5	5.2	4.3	84	0.646479
40	126.55	228.03	371.87	19.52	49.83	71.34	6.5	4.6	5.2	83	0.650067
41	130.76	216.91	339.38	29.27	37.84	73.44	4.5	5.7	4.6	89	0.514253
42	214.8	346.3	528.43	18.28	45.68	94.58	11.8	7.6	5.6	78	0.761038
43	176.41	290.4	435.76	21.21	50.14	74.34	8.3	5.8	5.9	86	0.612177



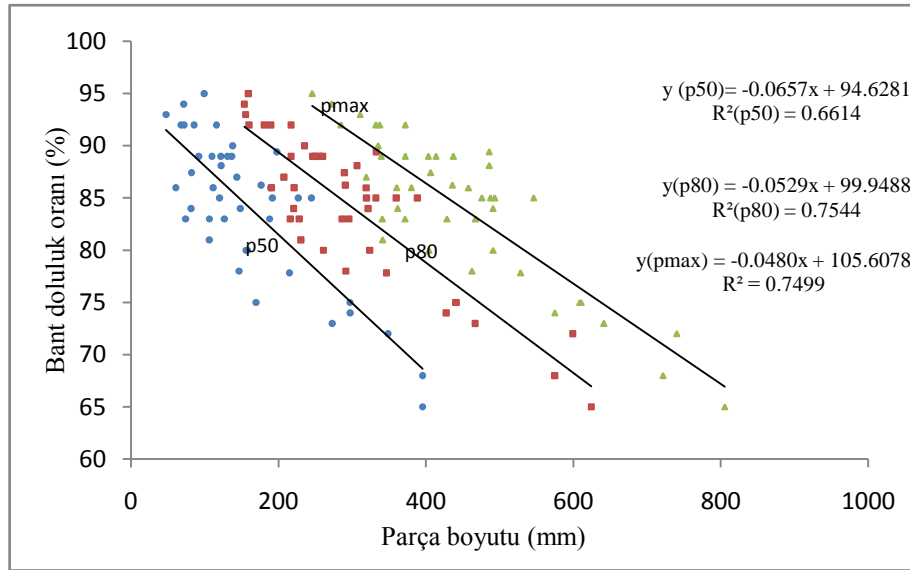
Şekil 4.30. 4. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.30' da 4. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8118, korelasyon katsayısı 0.9009, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8173, korelasyon katsayısı 0.9040, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7717, korelasyon katsayısı 0.8784 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.31. 4. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.31’ de 4. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8163, korelasyon katsayısı 0.9034, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7978, korelasyon katsayısı 0.8931, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7459, korelasyon katsayısı 0.8636 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.32. 4. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi

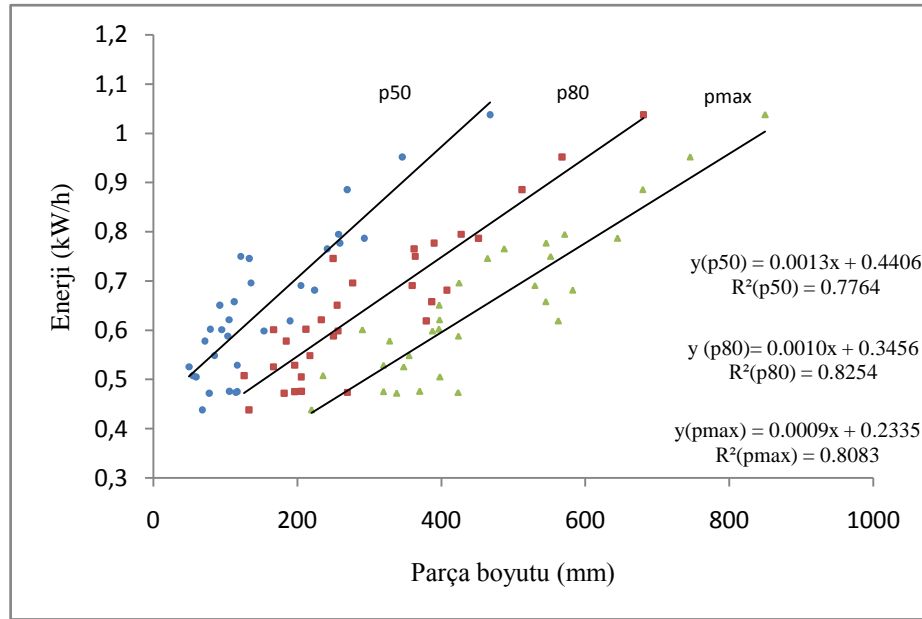
Şekil 4.32’ de 4. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.6614, korelasyon katsayısı -0.8132, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7544, korelasyon katsayısı -0.8685, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7499, korelasyon katsayısı -0.8659 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.

5. BÖLGE

Beşinci bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.13’ da görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.33 ile Şekil 4.35 arasında görülmektedir.

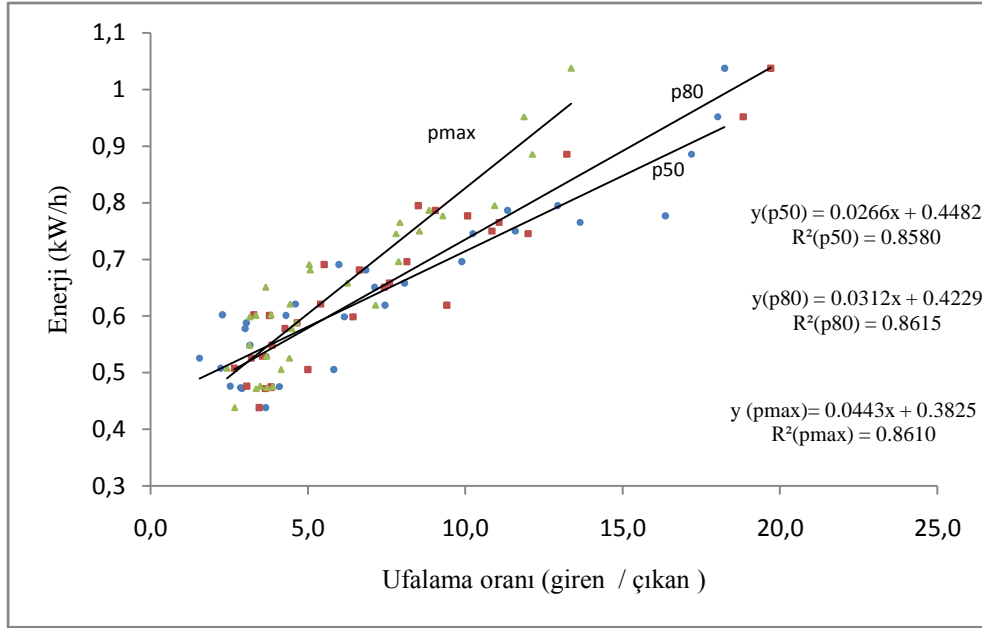
Çizelge 4.13. 5. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı max parça	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
1	292.72	451.35	644.65	25.81	49.90	72.87	11.3	9.0	8.8	71	0.786804
2	116.3	196.21	319.41	31.77	55.26	86.56	3.7	3.6	3.7	92	0.529282
3	116.3	196.21	319.41	28.42	51.27	82.26	4.1	3.8	3.9	93	0.475607
4	345.36	567.3	745.35	19.17	30.13	62.81	18.0	18.8	11.9	70	0.951847
5	268.93	511.66	679.64	15.65	38.70	56.02	17.2	13.2	12.1	73	0.885864
6	132.89	249.47	464.12	12.98	20.81	59.49	10.2	12.0	7.8	90	0.745748
7	78.93	211.51	396.72	34.59	64.57	103.61	2.3	3.3	3.8	92	0.602264
8	49.51	166.57	347.7	31.90	52.04	78.79	1.6	3.2	4.4	87	0.525922
9	121.18	363.49	551.73	10.46	33.53	64.58	11.6	10.8	8.5	85	0.750272
10	467.47	680.4	849.77	25.64	34.54	63.60	18.2	19.7	13.4	69	1.037598
11	105.39	205.45	369.83	41.68	67.31	106.06	2.5	3.1	3.5	88	0.47644
12	135.35	276.64	424.5	13.69	33.98	53.85	9.9	8.1	7.9	89	0.696213
13	111.98	386.39	544.82	13.88	50.94	87.06	8.1	7.6	6.3	85	0.658398
14	153.5	256.32	387.84	24.94	39.86	123.06	6.2	6.4	3.2	87	0.598792
15	258.68	389.64	545.28	15.82	38.71	58.76	16.4	10.1	9.3	88	0.777201
16	114.38	269.2	423.36	39.99	70.41	114.34	2.9	3.8	3.7	89	0.47396
17	77.33	181.34	337.82	26.70	49.82	100.59	2.9	3.6	3.4	93	0.472302
18	256.98	427.14	571.12	19.87	50.22	52.23	12.9	8.5	10.9	82	0.794932
19	92.08	254.95	396.87	12.94	34.36	108.55	7.1	7.4	3.7	91	0.650946
20	189.7	378.86	562.43	25.47	40.27	78.63	7.4	9.4	7.2	79	0.619295
21	105.07	233.13	397.31	22.86	43.16	89.69	4.6	5.4	4.4	87	0.621423
22	103.27	249.99	423.47	33.99	53.71	91.39	3.0	4.7	4.6	90	0.588345
23	84.66	217.19	355.02	26.87	56.29	113.11	3.2	3.9	3.1	92	0.548682
24	59.2	205.27	397.84	10.18	41.11	95.95	5.8	5.0	4.1	90	0.505661
25	241.23	361.86	487.39	17.68	32.69	61.51	13.6	11.1	7.9	88	0.765363
26	71.42	184.31	327.97	23.78	43.19	73.09	3.0	4.3	4.5	94	0.578083
27	54.62	125.91	235.37	24.58	47.31	97.05	2.2	2.7	2.4	96	0.508172
28	67.88	132.46	219.51	18.57	38.40	82.23	3.7	3.4	2.7	93	0.438563
29	94.77	166.72	290.33	22.05	44.19	86.84	4.3	3.8	3.3	90	0.601313
30	204.81	359.36	529.68	34.24	65.16	104.97	6.0	5.5	5.0	84	0.691062
31	223.6	407.49	582.26	32.70	61.44	114.78	6.8	6.6	5.1	82	0.681573



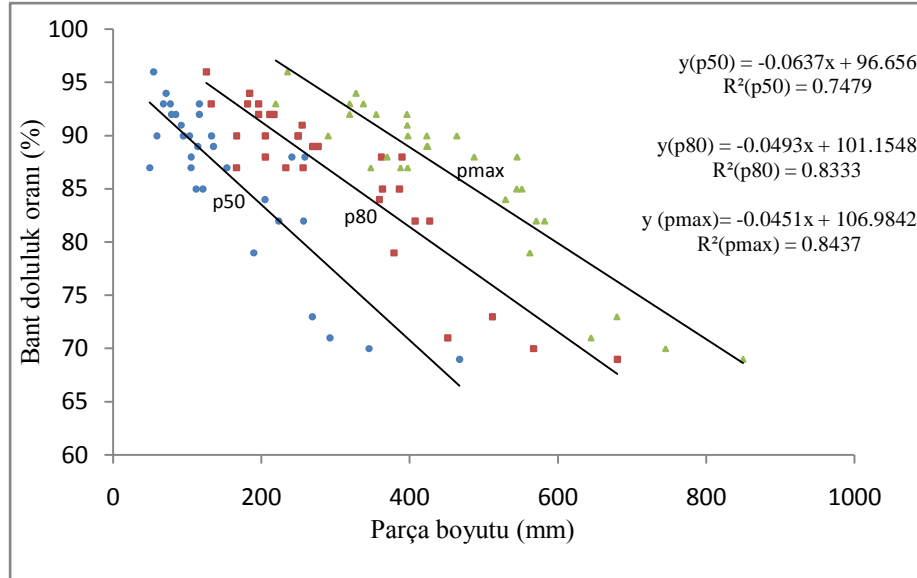
Şekil 4.33. 5. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.33' de 5. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7764, korelasyon katsayısı 0.8811, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8254, korelasyon katsayısı 0.9085, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8083, korelasyon katsayısı 0.8990 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.34. 5. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.34' de 5. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8580, korelasyon katsayısı 0.9262, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8615, korelasyon katsayısı 0.9281, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8610, korelasyon katsayısı 0.9279 dur. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



Şekil 4.35. 5. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi

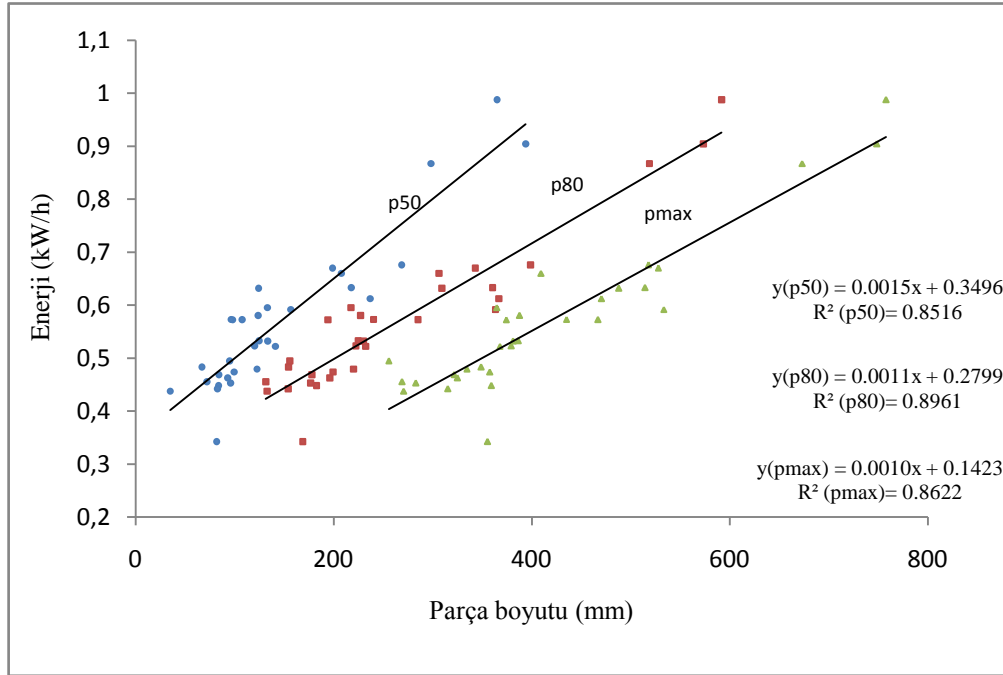
Şekil 4.35’ de 5. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7479, korelasyon katsayısı -0.8648, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8333, korelasyon katsayısı -0.9128, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8437, korelasyon katsayısı -0.9185 dir. Bu durumda söz konusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.

6. BÖLGE

Altıncı bölgeden alınan örneklerin kırma – sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında elde edilen veriler Çizelge 4.14’ de görülmektedir. Bu çizelgeden elde edilen grafikler ise Şekil 4.36 ile Şekil 4.38 arasında görülmektedir.

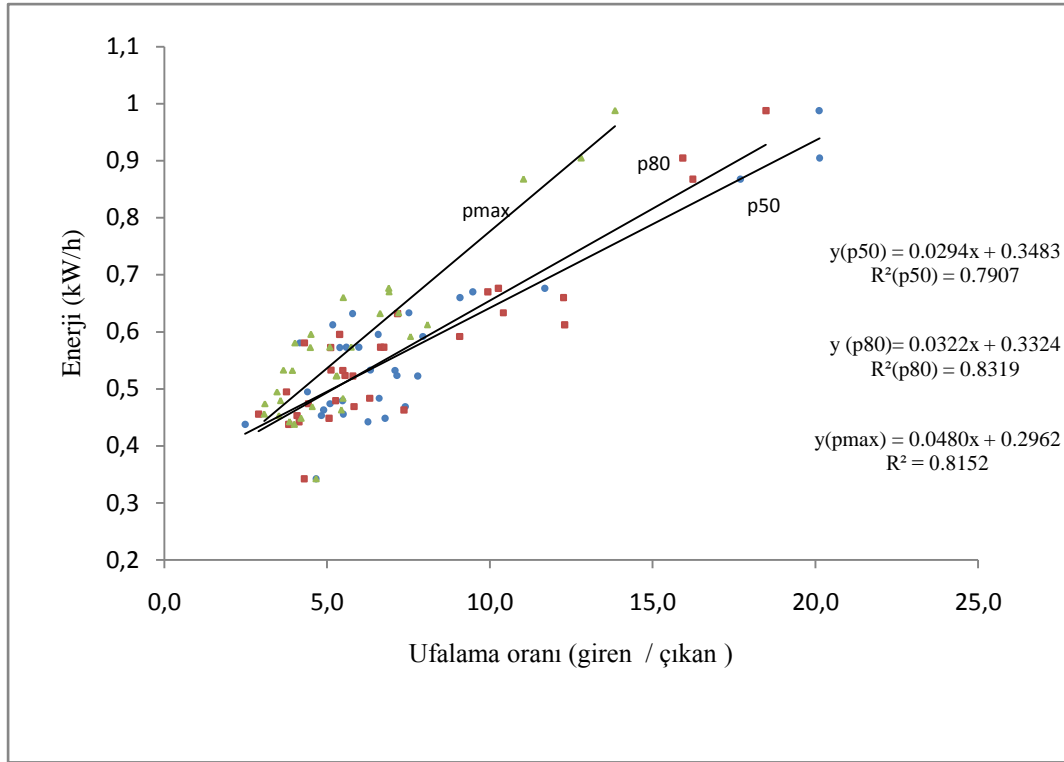
Çizelge 4.14. 6. Bölgeye ait numunelerin kırma – sınıflandırma tesisi verileri

Ölçüm no	GİREN ÜRÜN			ÇIKAN ÜRÜN			Ufalama oranı p50	Ufalama oranı p80	Ufalama oranı max tane	Bant doluluk oranı	E (kWh)
	p50 (mm)	p80 (mm)	Max giren parça (mm)	p50 (mm)	p80 (mm)	Max çıkan parça (mm)					
1	34.95	132.65	270.83	14.08	34.74	67.79	2.5	3.8	4.0	97	0.43781
2	83.73	182.64	359.4	12.36	36.13	85.59	6.8	5.1	4.2	96	0.448452
3	236.8	366.8	470.53	45.82	29.84	58.22	5.2	12.3	8.1	86	0.612623
4	198.78	342.96	527.82	20.99	34.53	76.49	9.5	9.9	6.9	85	0.670129
5	268.66	398.73	517.85	22.99	38.88	75.08	11.7	10.3	6.9	86	0.676528
6	298.16	518.78	673.13	16.85	31.96	60.99	17.7	16.2	11.0	80	0.867782
7	364.98	591.62	757.8	18.15	32.01	54.73	20.1	18.5	13.8	75	0.988146
8	123.75	227	387.74	29.78	52.84	96.56	4.2	4.3	4.0	94	0.580837
9	124.1	309.26	488	21.47	43.18	73.63	5.8	7.2	6.6	92	0.632254
10	95.92	176.78	283.02	19.90	43.41	80.39	4.8	4.1	3.5	97	0.453321
11	120.01	222.36	379.26	16.80	40.08	71.60	7.1	5.5	5.3	88	0.523545
12	82.65	154.09	315.26	13.22	37.26	81.96	6.3	4.1	3.8	96	0.442337
13	81.82	168.78	355.4	17.57	39.31	76.19	4.7	4.3	4.7	93	0.34247
14	124.68	224.64	386.44	19.72	43.91	105.67	6.3	5.1	3.7	90	0.533115
15	133.28	229.94	381.33	18.82	41.97	96.86	7.1	5.5	3.9	90	0.53242
16	97.98	194.13	374.29	18.19	38.01	83.38	5.4	5.1	4.5	93	0.572636
17	107.41	285.12	466.89	17.99	42.95	91.77	6.0	6.6	5.1	89	0.572992
18	156.66	363.37	533.37	19.74	40.08	70.56	7.9	9.1	7.6	88	0.591999
19	94.87	155.57	255.72	21.60	41.53	73.82	4.4	3.7	3.5	97	0.494945
20	99.43	199.37	357.73	19.56	45.08	115.87	5.1	4.4	3.1	96	0.474037
21	66.93	154.38	349	10.15	24.48	63.64	6.6	6.3	5.5	98	0.483609
22	84.07	177.93	321.59	11.37	30.55	70.83	7.4	5.8	4.5	94	0.469145
23	93.04	196.05	325.06	19.04	26.65	59.81	4.9	7.4	5.4	92	0.463038
24	72.04	131.39	269.12	13.11	45.47	87.74	5.5	2.9	3.1	97	0.455821
25	217.73	360.38	514.39	28.99	34.62	71.48	7.5	10.4	7.2	87	0.633551
26	393.91	573.3	748.46	19.57	36.01	58.46	20.1	15.9	12.8	80	0.904798
27	96.4	240.14	435.08	17.26	35.62	75.82	5.6	6.7	5.7	89	0.573232
28	133.03	217.4	364.9	20.26	40.38	80.97	6.6	5.4	4.5	88	0.595611
29	207.79	306.36	409.38	22.88	24.99	74.43	9.1	12.3	5.5	89	0.66027
30	122.5	219.97	334.61	22.41	41.83	93.82	5.5	5.3	3.6	87	0.479464
31	141.08	232.17	367.81	18.13	40.1	69.66	7.8	5.8	5.3	88	0.522512



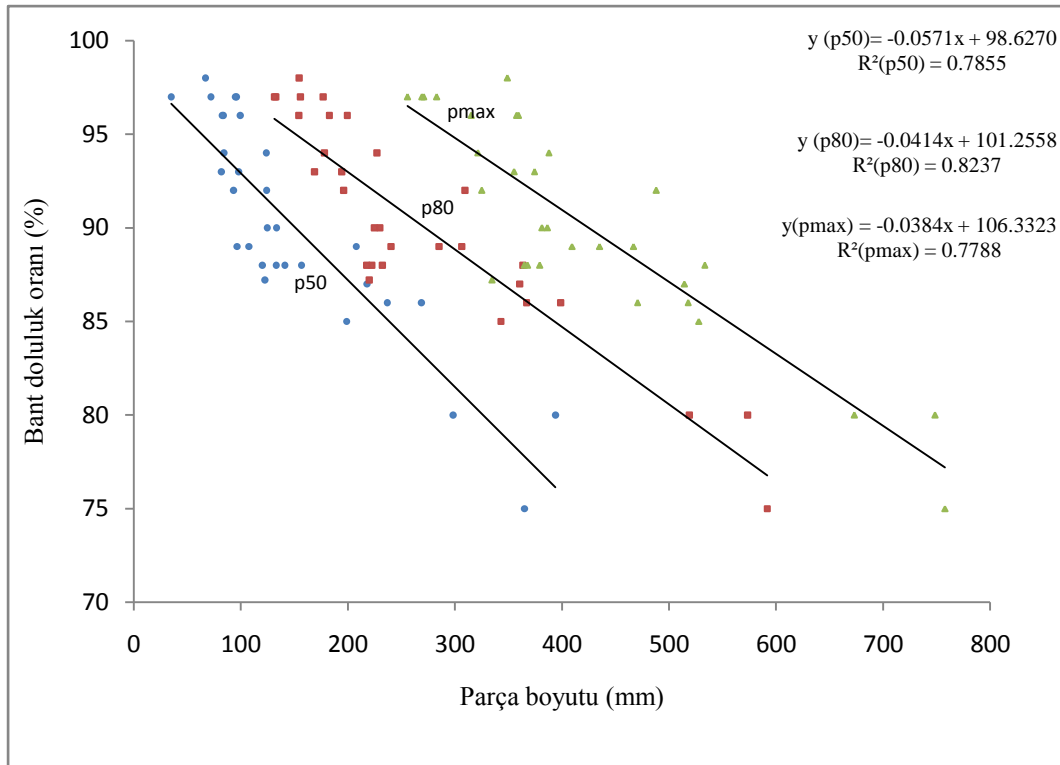
Şekil 4.36. 6. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.36' da 6. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8516, korelasyon katsayısı 0.9228, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8961, korelasyon katsayısı 0.9466, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8622, korelasyon katsayısı 0.9285 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



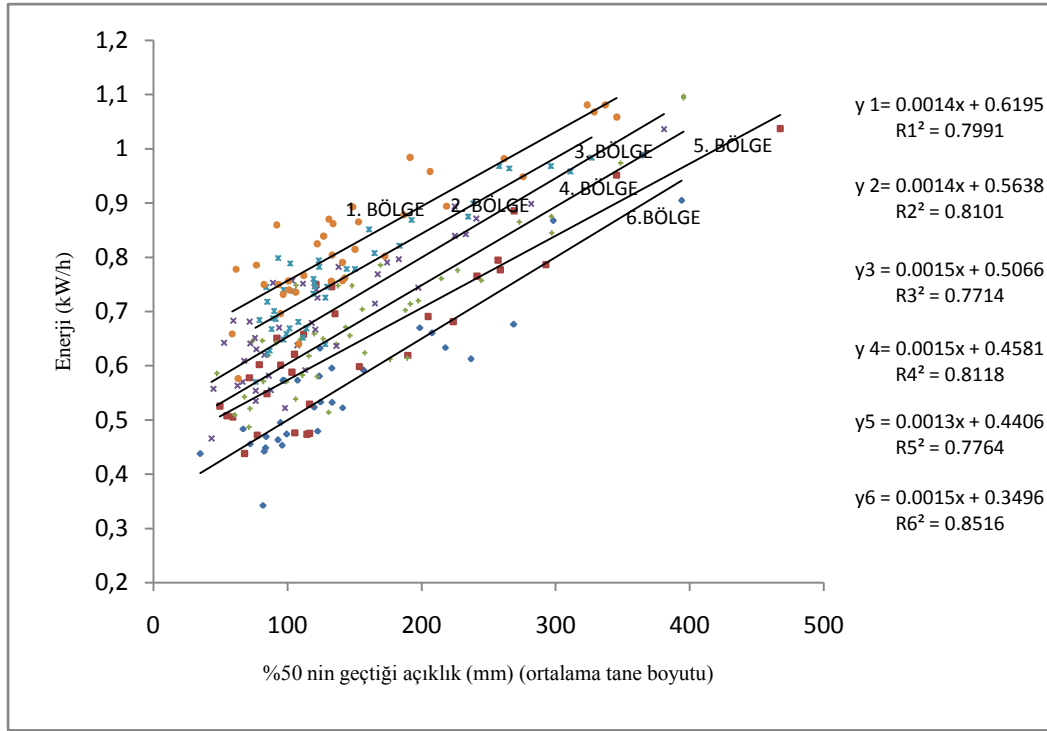
Şekil 4.37. 6. Bölgeye ait ufalama oranı ve enerji tüketimi ilişkisi

Şekil 4.37’ de 6. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması ve sınıflandırılması sırasında, ufalama oranı (giren p50 /çıkan p50), ufalama oranı (giren p80 / çıkan p80), ufalama oranı (giren pmax / çıkan pmax) ile tesisin 15 saniyelik enerji tüketimleri görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Enerji tüketimi ile ufalama oranı (giren p50/çıkan p50) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7907, korelasyon katsayısı 0.8892, ufalama oranı (giren p80/çıkan p80) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8319, korelasyon katsayısı 0.9120, ufalama oranı (giren pmax/çıkan pmax) ilişkisinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8152, korelasyon katsayısı 0.9028 dir. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, ufalama oranının artması ile enerji tüketimi artmaktadır.



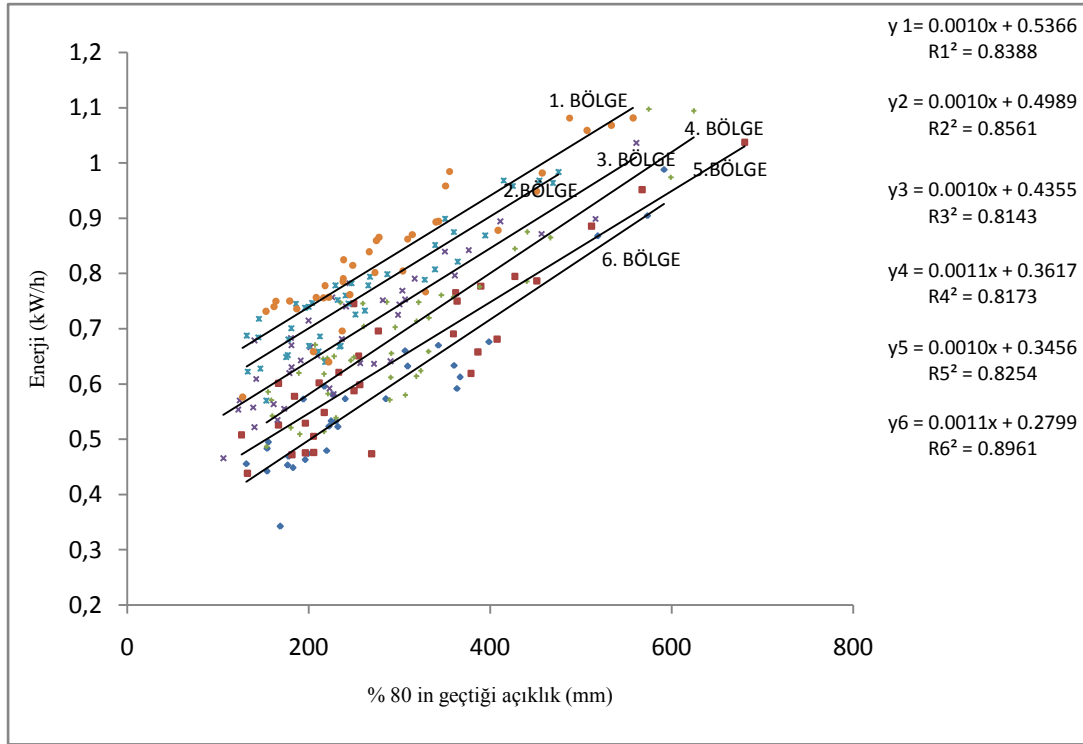
Şekil 4.38. 6. Bölgeye ait beslemedeki parça boyut dağılımı ve bant doluluk oranı ilişkisi

Şekil 4.38’ de 5. Bölgeden alınan kayaç örneklerinin kırma sınıflandırma tesisinde kırılması sırasında, beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu, %80 inin altında olduğu tane boyutu ve maksimum tane boyutu ile kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi söz konusu ilişkiler doğrusaldır. Kırıcı çıkışı ürün bandının doluluk oranı ile beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7855, korelasyon katsayısı -0.8862, %80 inin altında olduğu malzeme boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.8237, korelasyon katsayısı -0.9075, maksimum parça boyutu arasındaki ilişkinin belirlilik katsayısı (R^2) 0.7788, korelasyon katsayısı -0.8824 dır. Bu durumda sözkonusu parametreler arasında yüksek bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine grafikte görüldüğü üzere, beslenen malzemenin boyut dağılımının artması ile bant doluluk oranı yani üretim hızı düşmektedir.



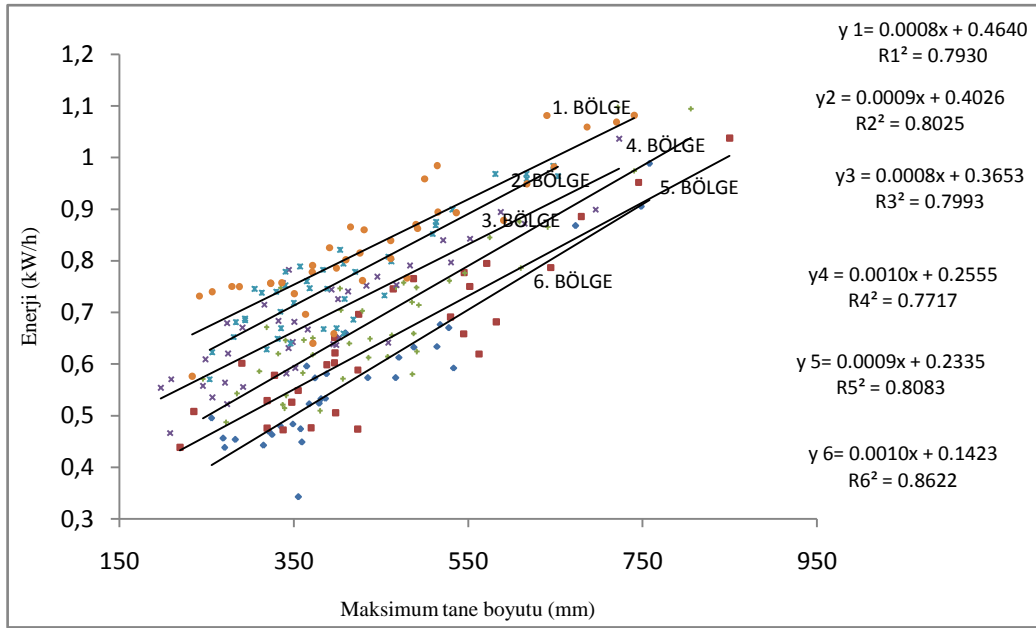
Şekil 4.39. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve beslemenin %50 sinin altında olduğu tane boyu ilişkileri

Şekil 4.39' daki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %50' sinin altında olduğu parça boyutu ile enerji tüketimi arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %50 sinin altında olduğu parça boyutunun büyümesiyle enerji sarfiyatının arttığı görülmektedir. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %50' inin altında olduğu parça boyutuna bağlı enerji tüketiminin arttığı görülmektedir.



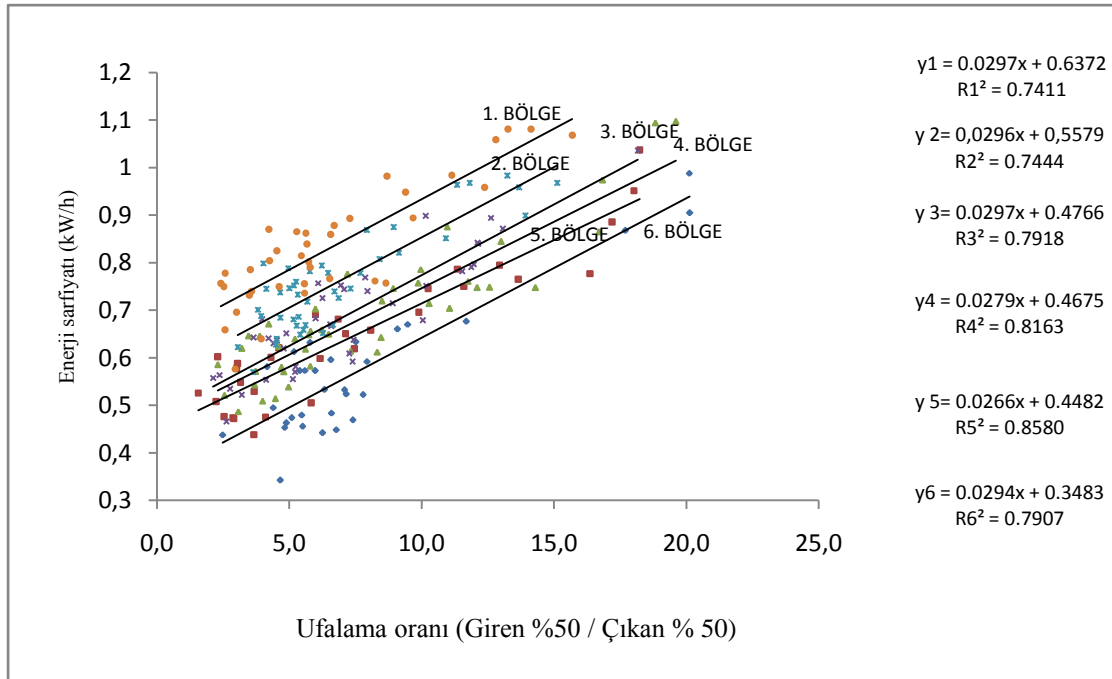
Şekil 4.40. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve beslemenin %80'inin altında olduğu tane boyu ilişkileri

Şekil 4.40' daki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80' inin altında olduğu parça boyutu ile enerji tüketimi arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80'inin altında olduğu parça boyutunun büyümesiyle enerji sarfiyatının arttığı görülmektedir. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80' inin altında olduğu parça boyutuna bağlı enerji tüketiminin arttığı görülmektedir.



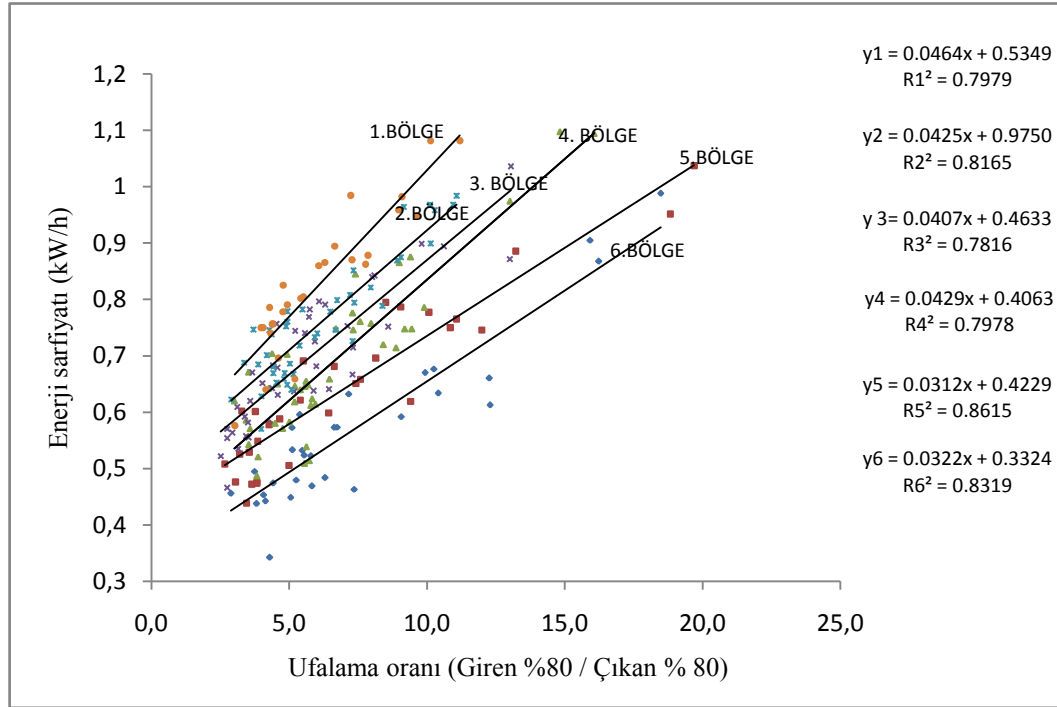
Şekil 4.41. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve maksimum tane boyu ilişkileri

Şekil 4.41’ deki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyutu ile enerji tüketimi arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyutunun büyümesiyle enerji sarfiyatının arttığı görülmektedir. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyutuna bağlı enerji tüketiminin arttığı görülmektedir.



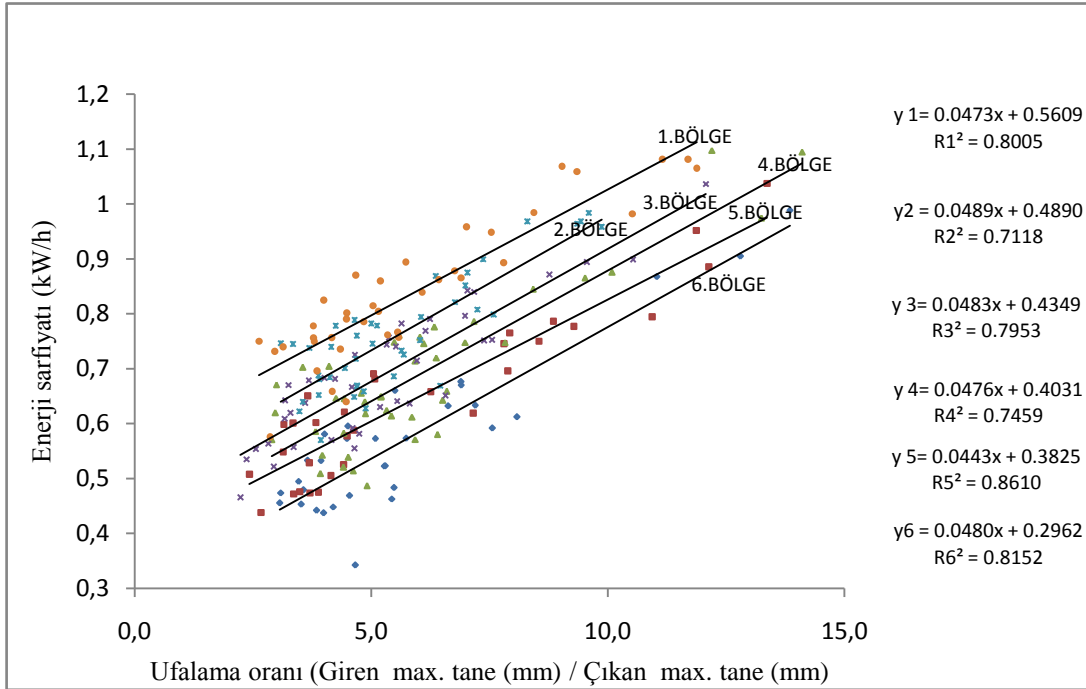
Şekil 4.42. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren %50/çıkan %50) ilişkileri

Şekil 4.42' deki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandıma tesisine beslenen hammaddedeki %50 sinin altında olduğu parça boyutunun kırıcı çıkışında elde edilen ürünün %50 sinin altında olduğu parça boyutuna oranının enerji sarfiyatı ile ilişkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için ufalama oranı (giren %50/çıkan %50) nın artması ile enerji sarfiyatı artmaktadır. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile ufalama oranına (giren %50/çıkan %50) bağlı kırma sınıflandırma tesisi enerji giderlerinin arttığı görülmektedir.



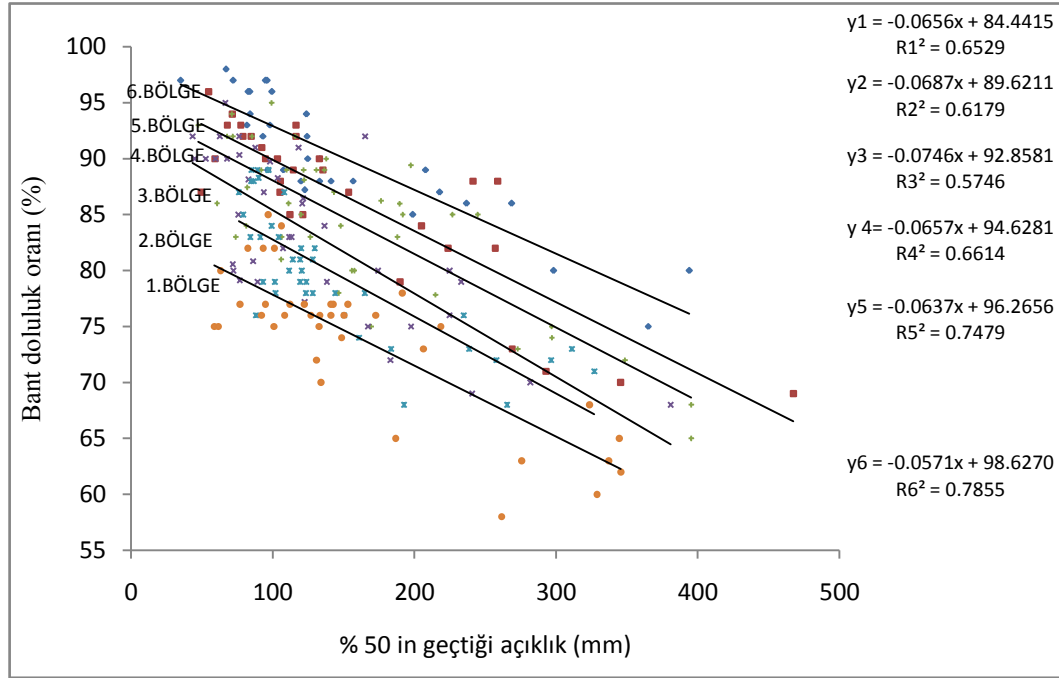
Şekil 4.43. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren %80/çıkan %80) ilişkileri

Şekil 4.43' deki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandıma tesisine beslenen hammaddedeki %80 inin altında olduğu parça boyutunun kırıcı çıkışında elde edilen ürünün %80 inin altında olduğu parça boyutuna oranının enerji sarfiyatı ile ilişkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için ufalama oranı (giren %80/çıkan %80) nın artması ile enerji sarfiyatı artmaktadır. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile ufalama oranına (giren %80/çıkan %80) bağlı kırma sınıflandırma tesisi enerji giderlerinin arttığı görülmektedir.



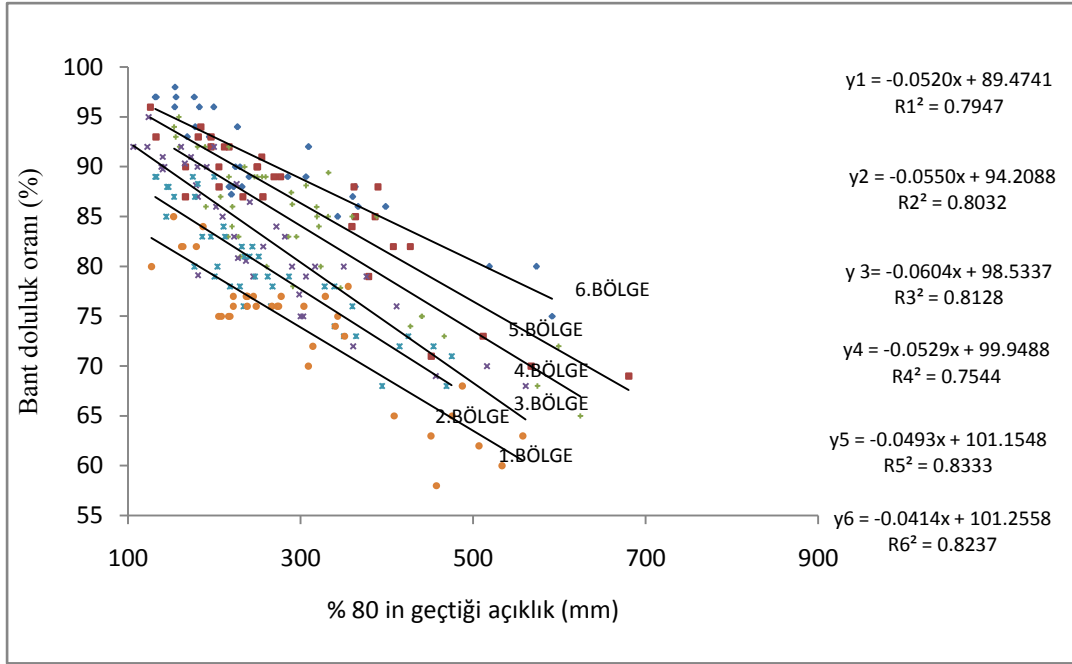
Şekil 4.44. Altı farklı bölge için enerji sarfiyatları ve ufalama oranı (giren maksimum tane boyu/çıkan maksimum tane boyu) ilişkileri

Şekil 4.44' deki grafikte altı farklı bölge için kırma – sınıflandıma tesisine beslenen hammaddedeki maksimum parça boyutunun kırıcı çıkışında elde edilen ürünün maksimum parça boyutuna oranının enerji sarfiyatı ile ilişkisi görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgeler için ufalama oranı (giren maksimum tane boyu/çıkan maksimum tane boyu) nın artması ile enerji sarfiyatı artmaktadır. Aynı zamanda altı bölgeye ait verilerin birleştirilmesi ile elde edilen söz konusu grafikte, kaya mekaniksel özelliklerin serleşmesi ile ufalama oranına (giren maksimum tane boyu/çıkan maksimum tane boyu) bağlı kırma sınıflandırma tesisi enerji giderlerinin arttığı görülmektedir.



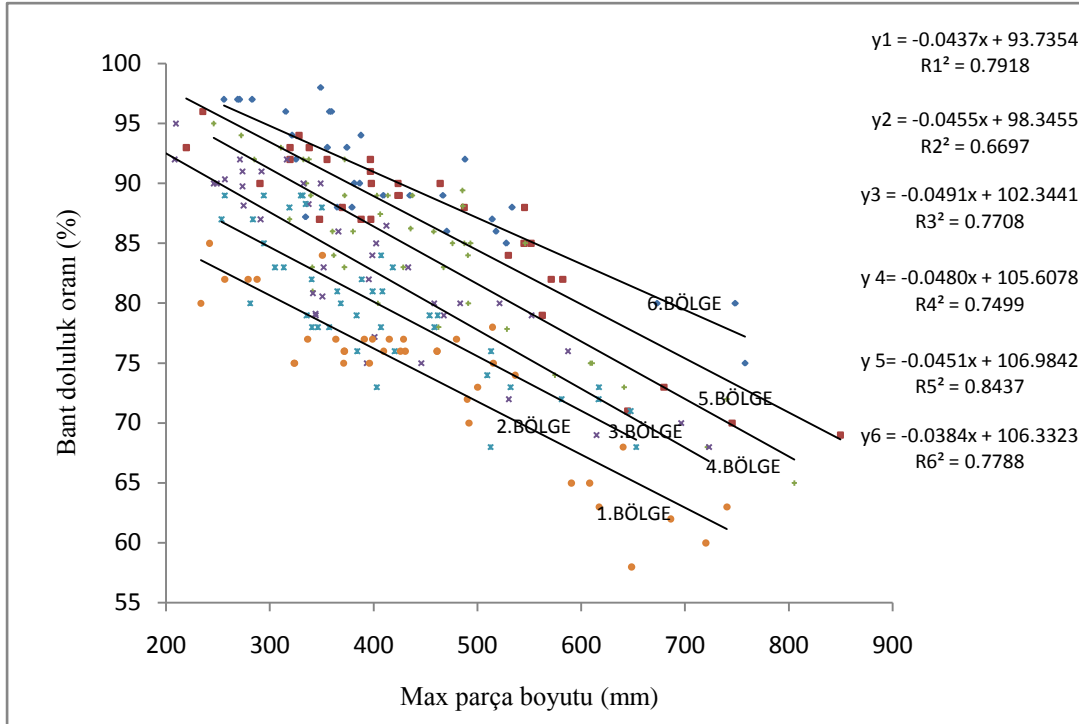
Şekil 4.45. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemenin %50 sinin altında olduğu tane boyutu ilişkileri

Şekil 4.45’ de altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammadenin %50’ sinin altında olduğu boyut ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgelerde kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammadenin %50’ sinin altında olduğu boyutun artması ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı azalmaktadır. Aynı zamanda kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammadenin %50’ sinin altında olduğu boyuta bağlı bant doluluk oranı azalmaktadır.



Şekil 4.46. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemenin %80'inin altında olduğu tane boyutu ilişkileri

Şekil 4.46' da altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80' inin altında olduğu boyut ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgelerde kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80' inin altında olduğu boyutun artması ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı azalmaktadır. Aynı zamanda kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin %80' inin altında olduğu boyuta bağlı bant doluluk oranı azalmaktadır.



Şekil 4.47. Altı farklı bölge için kırıcı çıkışı bant doluluk oranı ve beslemedeki maksimum tane boyutu ilişkileri

Şekil 4.47’ de altı farklı bölge için kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyutu ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Grafik incelendiğinde tüm bölgelerde kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyutunun artması ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı azalmaktadır. Aynı zamanda kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesi ile kırma – sınıflandırma tesisine beslenen hammaddenin maksimum parça boyuta bağlı bant doluluk oranı azalmaktadır.

4.5. Üretim Maliyetleri

Çalışma sahasında, parça boyutunun birim işlem maliyetleri üzerindeki etkilerini analiz edebilmek için, delme – patlatma, yükleme, nakliye ve kırma – sınıflandırma tesisi maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Maliyetler işletmenin özel bilgileri olduğu için, maliyet kalemlerinin mukayese edilebilecek olanları hesaplanmış, bazı maliyetler ihmal edilmiştir. Tüm maliyetler TL/ton birimine indirgenerek mukayese yapılmıştır.

4.5.1. Delme – patlatma maliyeti hesabı

Patlatma maliyetlerinin hesabı için işletmede değişik bölgelerde 2 yıl boyunca yapılan patlatmaların kayıtları tutulmuştur. Bu kayıtlara bağlı olarak birim miktar malzeme için delme – patlatma maliyeti hesaplanmıştır. Delme – patlatma maliyeti için Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’da verilen yaklaşımlar ve 16.11.2008 tarihli birim fiyatlar kullanılmıştır.

Çizelge 4.15. Delme maliyeti hesabı

	Tüketim	Birim Fiyat	Delme maliyeti (TL/m)
a. Akaryakıt	20 lt/saat (24 m/saat)	2.86 TL/lt	2.38
b. Tij + Matkap	6000 metre / takım	5192 TL/takım	0.86
c. Diğer (Tamir vs.)	(a+b) x 0,05		0.16
d. İşçilik	2 işçi (20 gün 2000 metre)	3000 TL/ay	1.5
Toplam delme maliyeti (a+b+c+d)			4.9

Çizelge 4.16. Patlatma maliyeti hesabı

	Tüketim	Birim Fiyat	Bir delik maliyeti (TL/delik)
a. ANFO	Değişken	1.77 TL/kg	PM kg/delik x 1.77 TL/kg
b. Yemleme (Emulite E100)	0.625 kg/delik	4.88 TL/kg	3.05 TL/delik
c. Kapsül	1 adet/delik	2.95 TL/adet	2.95 TL/ delik
d. Kablo	3 metre/delik	0.7 TL/metre	2.1 TL/delik
e. Doldurma işçiliği	1 yevmiye / 24 delik	50 TL/yevmiye	2.08 TL/delik
Toplam patlatma maliyeti (a+b+c+d)			PMx1.77+10.18 TL/ delik

PM: Kullanılan ANFO miktarı (kg)

Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16 kullanılarak, delik boyu ve bir delik için kullanılan patlayıcı (ANFO) miktarına bağlı olarak bir delik maliyeti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır;

$$\text{Bir patlatma deliği için toplam maliyet (TL)} = DB(m) \times 4.9(\text{TL/m}) + PM(\text{kg}) \times 1.77(\text{TL/kg}) + 10.18(\text{TL})$$

Yukarıdaki formülle elde edilen bir delik için delme – patlatma maliyetinin, bir deliğin patlatılması ile elde edilen malzeme miktarına bölünmesi ile ton başına birim delme – patlatma maliyeti hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan maliyetler bölgeler bazında Çizelge 4.17 ile Çizelge 4.22 arasında verilmiştir.

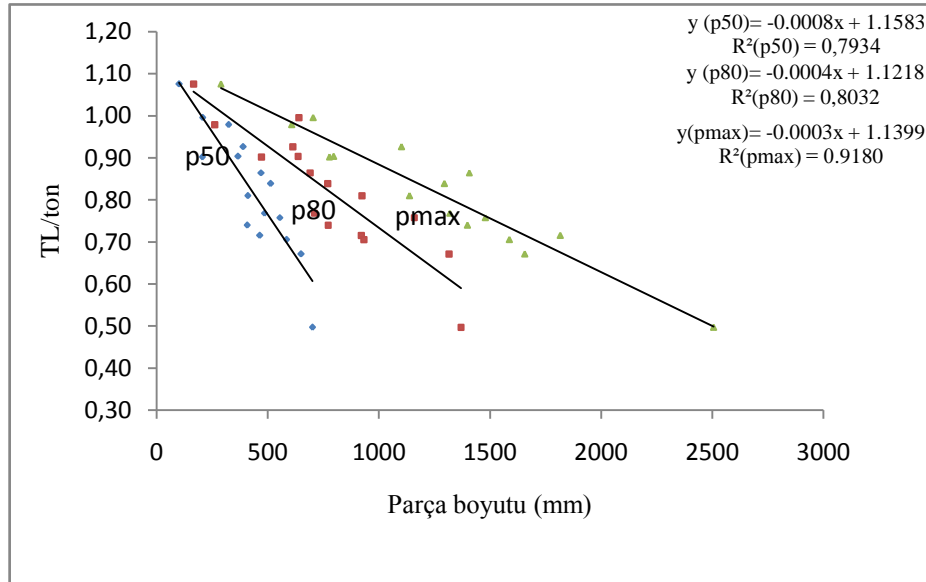
1. BÖLGE

Birinci bölgede yapılmış olan patlatmalardaki ölçümler sonucu elde edilen delme - patlatma maliyetleri Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. 1. bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - Patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.86	72.83	470.26	690.91	1407.29
2	0.74	96.69	407.61	772.1	1399.03
3	0.93	94.41	389.89	612.63	1103.01
4	0.72	93.67	464.37	920.97	1816.93
5	1.00	92.55	207.4	640.54	704.88
6	0.77	79.2	485.34	710.23	1320.34
7	0.90	64.77	206.05	471.99	777.58
8	0.50	79.65	701.35	1369.61	2507.28
9	0.81	70.64	410.44	924.27	1138.22
10	0.76	58.22	554.72	1159.5	1479.91
11	0.84	56.35	513.77	770.17	1295.34
12	0.90	49.7	366.96	636.76	797.21
13	0.67	198.54	650.49	1316.13	1656.97
14	0.71	52.8	585	932.99	1588.25
15	0.98	36.29	323.9	261.02	608.25
16	1.08	45.85	101.12	166.65	289.55

Birinci bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı birim parçalanma maliyetleri Şekil 4.48’de grafiksel olarak görülmektedir.

**Şekil 4.48.** 1. Bölgeye ait delme-patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.48’de görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

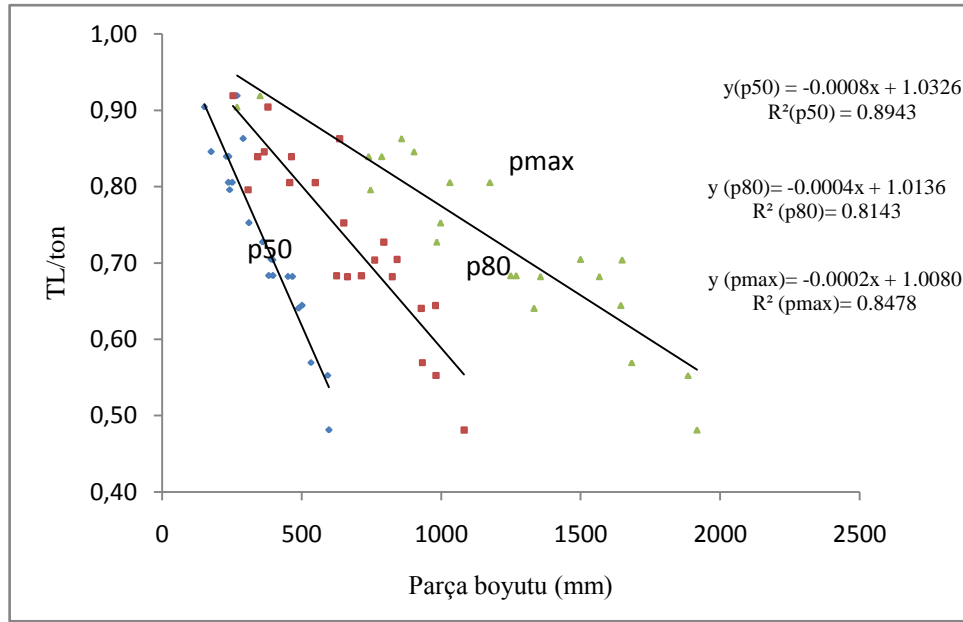
2. BÖLGE

İkinci bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı delme - patlatma maliyetleri Çizelge 4.18' de görülmektedir.

Çizelge 4.18. 2. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - Patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.64	103.95	501.51	979.29	1644.28
2	0.92	52.71	268.64	253.89	350.71
3	0.68	97.42	466.79	824.19	1566.63
4	0.70	136.85	396.53	761.18	1648.65
5	0.70	78.74	389.69	841.46	1499.95
6	0.81	61.09	250.89	456.78	1174.76
7	0.55	253.87	593.23	981.27	1884.91
8	0.85	40.99	175.53	365.49	902.4
9	0.90	60.06	150.69	378.76	267.86
10	0.81	42.55	237.51	548.05	1031.77
11	0.68	73.44	450.42	663.68	1355.48
12	0.84	83.8	230.85	463.12	787.34
13	0.57	78.37	533.01	932.1	1683.52
14	0.48	70.3	597.97	1082.01	1916.86
15	0.73	61.07	360.28	794.09	983.91
16	0.64	77.88	488.97	927.88	1333.36
17	0.80	68.27	242.01	307.43	746.34
18	0.68	61.58	382.2	713.3	1268.8
19	0.84	64.96	238.53	342.19	739.81
20	0.86	67.55	290	635.78	857.72
21	0.75	51.3	310.88	650.46	998.26
22	0.68	89.88	396.64	624.74	1249.75

İkinci bölgeye ait patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı patlatma maliyetleri ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.49' da görülmektedir.



Şekil 4.49. 2. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.49’da görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

3. BÖLGE

Üçüncü bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı patlatma maliyetleri Çizelge 4.17 de görülmektedir.

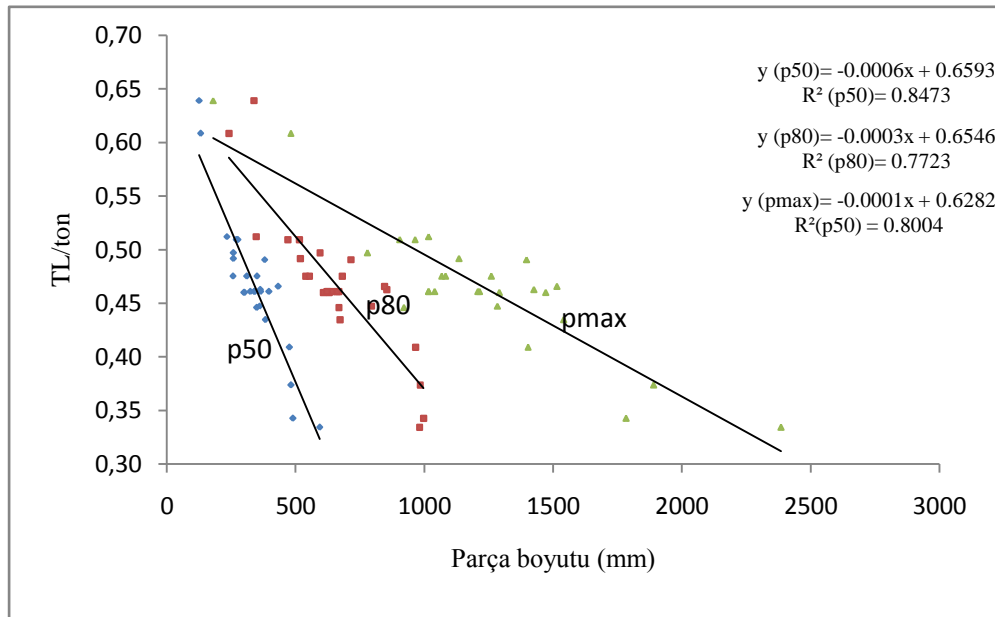
Çizelge 4.19. 3. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - Patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.65	63.73	362.58	853.91	1425.77
2	0.69	98.53	379.45	714.18	1396.63
3	0.72	86.67	268.74	469.66	963.66
4	0.65	162.89	396.18	625.17	1015.86
5	0.69	121.29	257.9	518.34	1134.3
6	0.67	91.75	349.73	681.06	1259.88
7	0.72	109.5	275.5	514.49	904.92
8	0.65	76.69	301.34	607.69	1291.42
9	0.72	77.42	232.63	346.88	1016.98
10	0.66	105.88	432.39	845.09	1515.28
11	0.53	142	481.93	983.44	1890.31
12	0.67	99.77	256.35	538.66	1066.75
13	0.48	163.75	489.9	996.4	1783.42

Çizelge 4.19. 3. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri (Devamı)

Ölçüm No	Delme - Patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
14	0.90	68.46	125.2	338.08	179.53
15	0.47	253.87	593.23	981.27	2384.91
16	0.65	95.78	341.03	667.36	1214.18
17	0.65	100.56	299.18	629.8	1471.22
18	0.86	113.72	130.67	240.82	481.37
19	0.61	143.51	382.15	672.38	1540.97
20	0.63	97.13	348.74	667.79	921.02
21	0.70	44.11	258.06	594.37	779.28
22	0.67	119.09	310.34	553.5	1082.38
23	0.63	61.07	360.28	794.09	1283.91
24	0.65	64.96	338.53	642.19	1039.81
25	0.65	93.67	324.37	620.97	1016.93
26	0.58	40.99	475.53	965.49	1402.4
27	0.65	36.29	363.9	661.02	1208.25

Üçüncü bölgeye ait patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı delme – patlatma maliyetleri ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.50’ de görülmektedir.

**Şekil 4.50.** 3. Bölgeye ait delme – patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.50’de görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

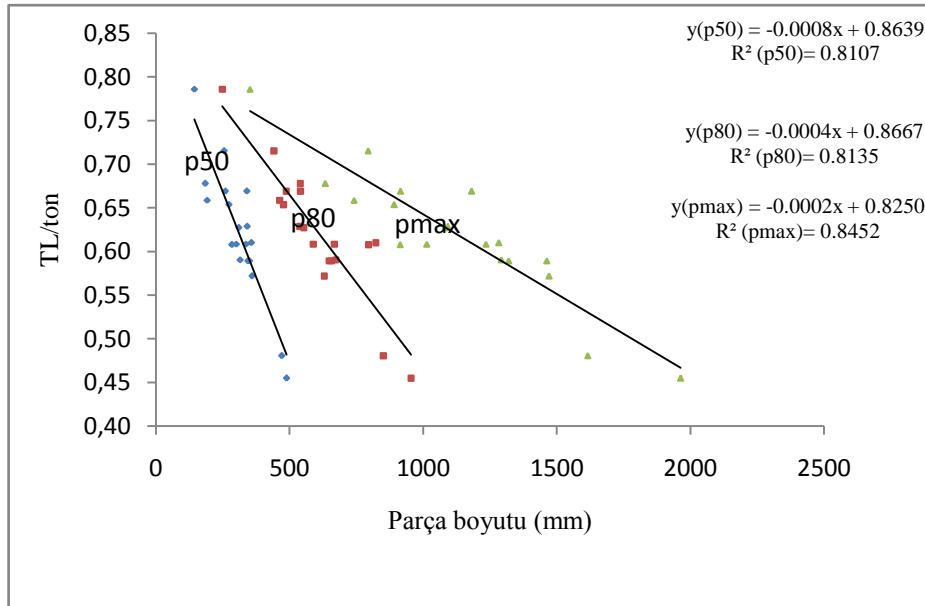
4. BÖLGE

Dördüncü bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı delme - patlatma maliyetleri Çizelge 4.20’ de görülmektedir.

Çizelge 4.20. 4. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - Patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.79	1.68	144.2	248.73	352.12
2	0.66	76.42	192.48	462.68	741.25
3	0.46	80.31	489.48	954.7	1963.61
4	0.48	141.65	471.14	851.17	1615.88
5	0.59	116.3	315.92	673.04	1293.11
6	0.59	88.76	350.42	657.33	1320.13
7	0.59	80.27	343.68	648.46	1463.03
8	0.61	126.02	337.16	588.47	1234.64
9	0.67	113.72	340.67	540.82	1181.37
10	0.63	79.77	341.62	538.3	1092.44
11	0.61	162.33	357.37	822.82	1283.27
12	0.61	95.78	301.03	667.36	1014.18
13	0.67	93.89	259.9	487.38	915.74
14	0.63	119.09	310.34	553.5	1082.38
15	0.65	105.14	273.83	477.32	891.57
16	0.68	122.46	184.7	540.07	633.89
17	0.61	112.1	284.25	795.08	913.99
18	0.72	102.69	255.67	441.34	794.26
19	0.57	100.56	359.18	629.8	1471.22

Dördüncü bölgeye ait patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı patlatma maliyetleri ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.51’ de görülmektedir.



Şekil 4.51. 4. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.51’de görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

5. BÖLGE

Beşinci bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı delme - patlatma maliyetleri Çizelge 4.21’ de görülmektedir.

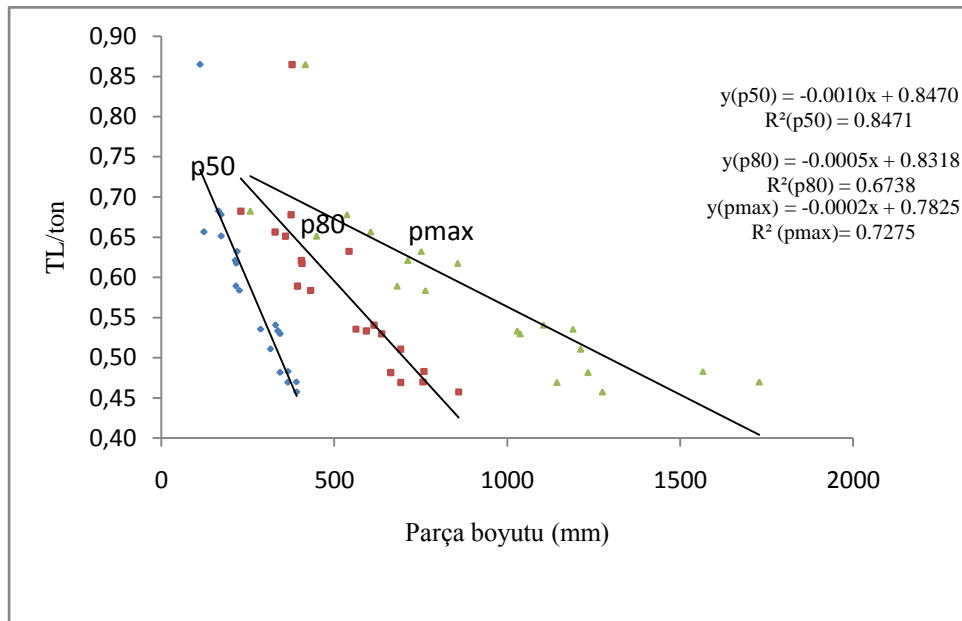
Çizelge 4.21. 5. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.47	67.86	390.27	756.4	1729.38
2	0.58	98.92	226.3	431.25	763.41
3	0.65	74.02	173.23	358.98	448.9
4	0.62	98.1	213.77	404.82	712.81
5	0.51	126.45	315.29	691.93	1212.65
6	0.66	56.98	123.46	328.95	605.5
7	0.54	133.77	330.33	614.87	1104.9
8	0.48	172.52	366.21	759.34	1565.61
9	0.59	81.91	215.34	393.75	682.04
10	0.46	159.37	391.89	859.46	1275.31
11	0.62	98.68	216.3	406.27	856.75
12	0.68	69.92	165.82	230.07	257.77
13	0.68	66.08	172.93	375.02	536.66

Çizelge 4.21. 5. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri (Devamı)

Ölçüm No	Delme - patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
14	0.48	131.33	343.91	662.65	1233.8
15	0.47	151.97	365.34	691.93	1143.97
16	0.53	62.5	343.55	636.73	1037.7
17	0.53	145.19	337.02	592.59	1029.73
18	0.63	71.63	219.44	542.43	751.69
19	0.54	33.57	287.26	562.64	1190.45
20	0.86	99.22	112.05	377.75	416.66

Beşinci bölgeye ait patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı ile delme - patlatma maliyetleri ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.52' de görülmektedir.

**Şekil 4.52.** 5. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.52'de görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

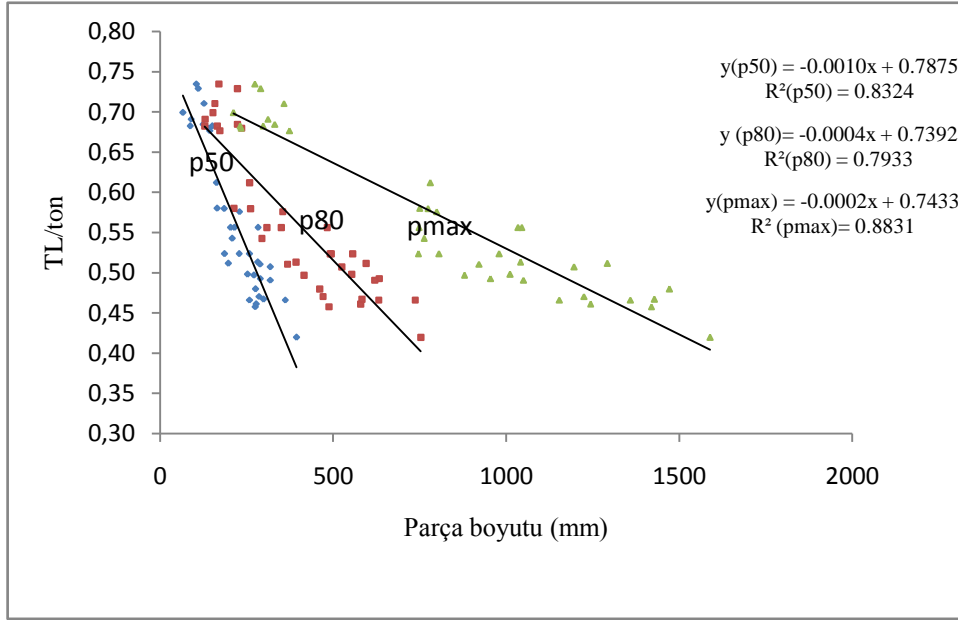
6. BÖLGE

Altıncı bölgeye ait patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımına bağlı delme - patlatma maliyetleri Çizelge 4.22' de görülmektedir.

Çizelge 4.22. 6. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Ölçüm No	Delme - patlatma maliyeti (TL/ton)	Patlatma sonrası oluşan parçalanma			
		P20 (mm)	P50 (mm)	P80 (mm)	Pmax (mm)
1	0.58	78.04	228.98	353.76	798.98
2	0.68	61.04	141.72	235.33	233.65
3	0.73	33.23	109.79	222.79	290.65
4	0.70	11.52	65.37	152.19	211.85
5	0.68	27.24	86.53	128.76	297.31
6	0.68	73.34	150.43	164.88	230.78
7	0.58	79.15	164.71	212.95	749.6
8	0.54	87.82	207.85	293.68	762.47
9	0.51	65.98	197.18	594.65	1292.34
10	0.50	101.98	252.44	553.14	1010.86
11	0.58	66.44	184.87	260.72	773.63
12	0.51	143.51	282.15	392.38	1040.97
13	0.46	91.51	274.83	487.14	1419.42
14	0.50	83.05	271.02	415.49	879.03
15	0.51	97.13	288.74	367.79	921.02
16	0.47	73.21	285.59	470.48	1224.6
17	0.56	78.96	282.56	482.45	747.89
18	0.47	88.66	361.23	631.27	1153.36
19	0.49	81.6	288.98	632.94	954.24
20	0.47	87.89	258.33	736.86	1358.81
21	0.71	59.74	126.48	157.62	357.61
22	0.51	112.17	318.23	524.43	1196.13
23	0.73	86.98	104.54	169.49	273.96
24	0.49	47.47	318.32	620	1049.89
25	0.46	54.88	277.35	579.29	1243.63
26	0.52	44.11	258.06	494.37	979.28
27	0.52	36.51	185.82	555.8	805.87
28	0.68	61.67	143.55	171.88	373.92
29	0.69	40.22	89.35	129.25	311.33
30	0.42	48.47	394.33	753.17	1589.01
31	0.61	44.57	162.49	257.82	780.45
32	0.47	80.32	298.56	582.77	1428.23
33	0.48	71.51	275.38	460.86	1471.82
34	0.56	50.45	214.35	308.08	1034.34
35	0.56	61.72	203.48	349.54	1044.83
36	0.52	49.33	227.89	490.63	745.94
37	0.68	39.48	123.34	223.16	330.9

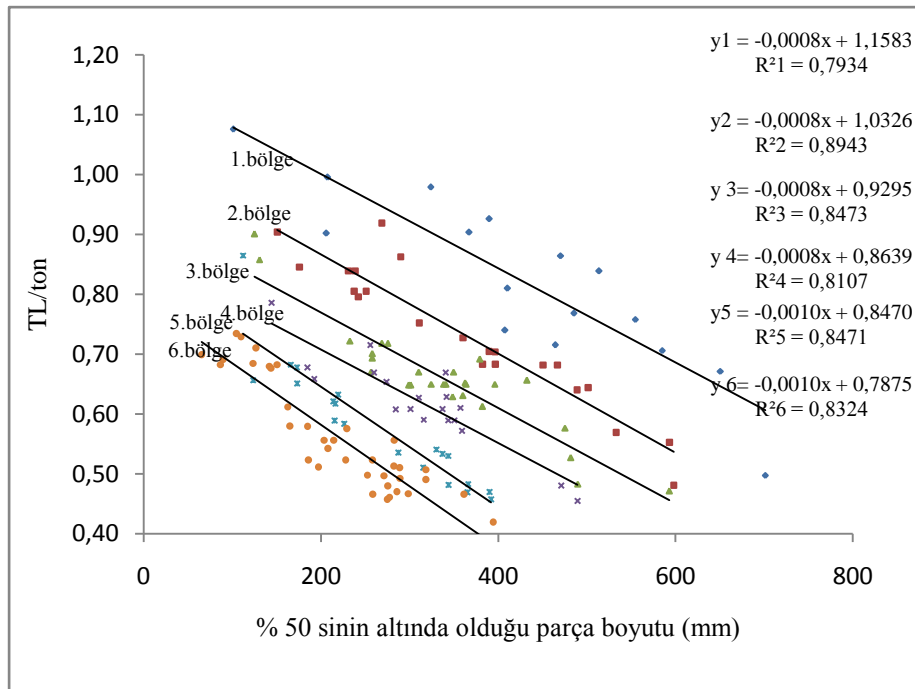
Altıncı bölgeye ait patlatma sonrası oluşan boyut dağılımı ile delme - patlatma maliyetleri ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.53' de görülmektedir.



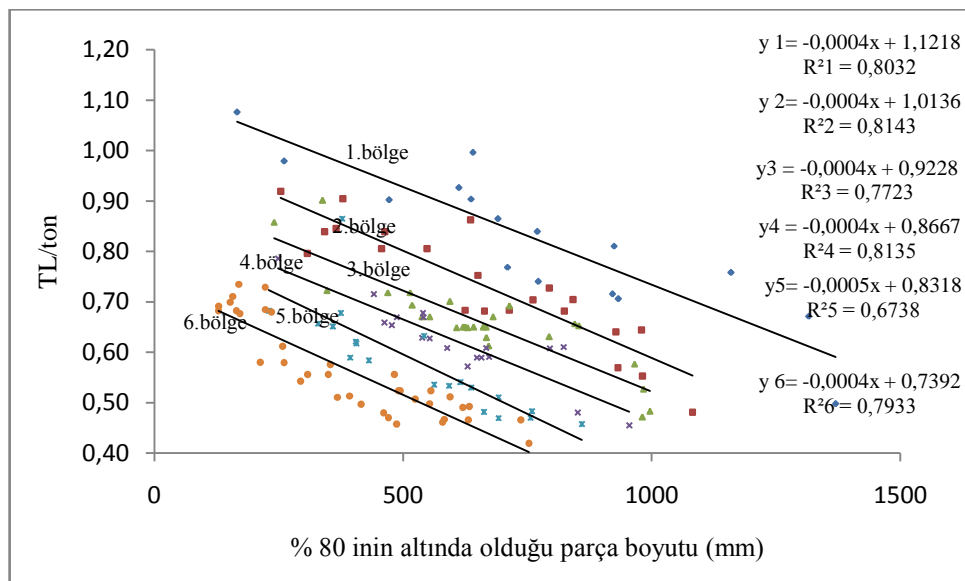
Şekil 4.53. 6. Bölgeye ait delme - patlatma ile parçalanma maliyetleri

Şekil 4.53'de görüldüğü üzere patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımı arttıkça, birim delme – patlatma maliyeti azalmaktadır.

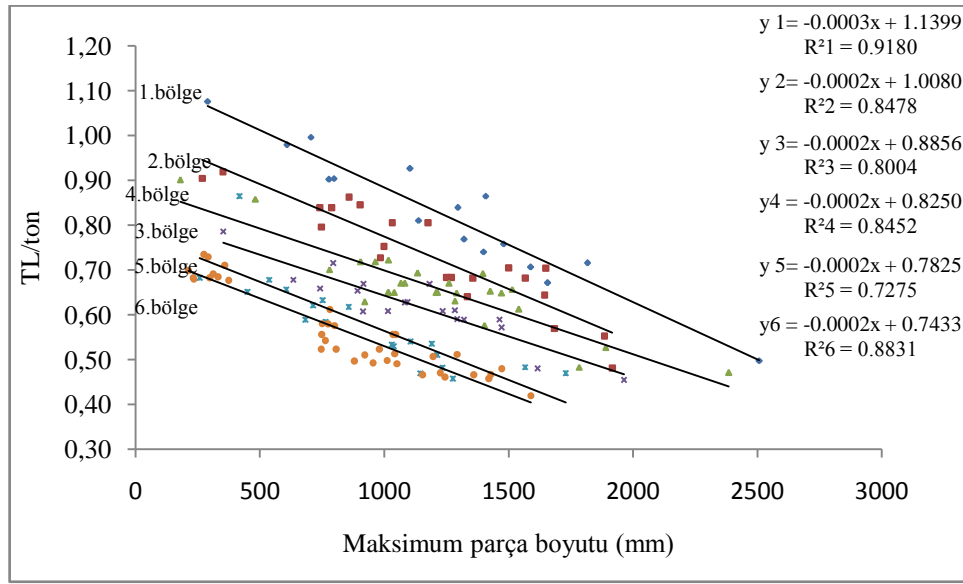
Bölgesel olarak ayrı ayrı yukarıda gösterilen grafikler Şekil 4.54'de altı farklı bölge için %50 nin altında olduğu tane boyut dağılımı ve birim patlatma maliyeti ilişkisi, Şekil 4.55' de altı farklı bölge için %80 in altında olduğu tane boyut dağılımı ve birim patlatma maliyeti ilişkisi, Şekil 4.56'da altı farklı bölge için maksimum tane boyutu ve birim patlatma maliyeti ilişkileri şeklinde görülmektedir.



Şekil 4.54. Altı farklı bölge için %50 sinin altında olduğu parça boyutu ve birim delme - patlatma maliyeti ilişkisi



Şekil 4.55. Altı farklı bölge için %80 inin altında olduğu parça boyutu ve birim delme - patlatma maliyeti ilişkisi



Şekil 4.56. Altı farklı bölge için maksimum parça boyutu ve birim delme – patlatma maliyeti ilişkisi

Şekil 4.54, Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’ da görüldüğü gibi patlatma maliyetleri bölgesel olarak değişmektedir. Söz konusu grafikler incelendiğinde kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesi ile delme - patlatma maliyetinin arttığı görülmektedir.

4.5.2. Parça boyut dağılımına bağlı yükleme ve nakliye birim maliyetlerinin hesabı

Genel olarak, parça boyutu arttıkça yükleme maliyetinin artacağı kabul edilir. Bunun sebebidir parça boyutu büyüdükçe, kepçe dolma faktörünün azalacağı ve kepçeyi doldurmak için operatörün daha çok zaman harcayacağıdır. Yani hem yükleyicinin birim zamanda yapacağı üretim miktarı azalacak, hemde birim zaman maliyeti değişmeyecektir. Bu değişimi göstermek için yükleme maliyetleri enerji maliyetleri değişimi incelenerek mukayese edilmeye çalışılmıştır. İşletmede kullanılan yükleyicilerle ilgili olarak çalışma süreleri kayıt altına alınmış, bu süreler kayıt edilirken parça boyutuda analiz edilmiştir. Elde edilen kayıtlar kullanılarak ve Çizelge 4.23’ deki yaklaşımlar baz alınarak saatlik yükleme maliyeti hesaplanmıştır.

Çizelge 4.23. Yükleme maliyeti hesabı

	Tüketim	Birim fiyat	Yükleyici maliyeti (YTL/ton)
a. Akaryakıt	20.13 lt/saat	2.86 TL/lt	57.57 TL/saat
b. Periyodik bakım	$a \times 0.15$		8.63 TL/saat
c. Diğer	$(a+b) \times 0.05$		3.31 TL/saat
d. Operatör	1 adet (Aylık fiili çalışma=25 gün x 8 saat)	1500 TL/ay	7.5 TL/saat
Toplam (a+b+c+d)			77 TL/saat

Çizelge 4.23'deki saatlik yükleyici maliyeti baz alınarak aşağıdaki bağıntı ile birim yükleyici maliyeti hesaplanmıştır.

$$\text{Yükleme maliyeti (TL/ton)} = \text{yükleyici maliyeti (TL/saat)} / \text{yükleyici üretimi (ton/saat)}$$

Taşıma maliyetleri de parça boyutuna bağlı olarak yükleyici kepçe dolma faktörü ve gevşek yoğunluğun azalacağı ve kamyonu yüklenen kepçe sayısının değişmeyeceği kabul edilerek hesaplanmıştır. Yani parça boyutuna bağlı olarak kamyonun sefer başına taşıdığı malzeme miktarı değişecektir. Diğer parametreleri sabit kabul edersek, parça boyutu değiştikçe, taşınan malzeme miktarı değişecek bu şekilde birim nakliye maliyeti farklı olacaktır. Nakliye maliyetinde aşağıdaki bilgiler kabul edilmiştir ve Çizelge 4.24'deki yaklaşımlar kullanılmıştır.

Nakliye mesafesi	:	2 km.
Kepçe sayısı	:	9 kepçe
Sefer süresi	:	En iri malzemede 8 dk. En ufak malzemede 6 dk.

Çizelge 4.24. Nakliye maliyeti hesabı

	Tüketim	Birim fiyat	Üretim maliyeti (TL/saat) (En iri malzeme 8 dk/sefer)	Üretim maliyeti (TL/saat) (En ufak malzeme 6 dk/sefer)
a. Akaryakıt	0.865 lt/km x 2 km	2.86 TL/lt	37.1085	49.478
b. Periyodik bakım	$a \times 0.15$		5.56	7.422
c. Diğer	$(a+b) \times 0.05$		2.13	2.85
d. Operatör	1 adet (Aylık fiili çalışma=25 gün x 8 saat)	7.5 TL/saat	7.5	7.5
Toplam (a+b+c+d)			67.25	52.299

Çizelge 4.24' deki hesaplamalar kullanılarak birim nakliye maliyeti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Nakliye maliyeti (TL/ton)} = \text{Kamyon maliyeti (TL/saat)} / \text{Taşınan malzeme miktarı (ton/saat)}$$

Yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanmış olan, yükleme ve nakliye maliyetleri Çizelge 4.25’de verilmiştir. Yükleme ve nakliye maliyetleri hesabında bölgesel farklılıklar göz önüne alınmamıştır.

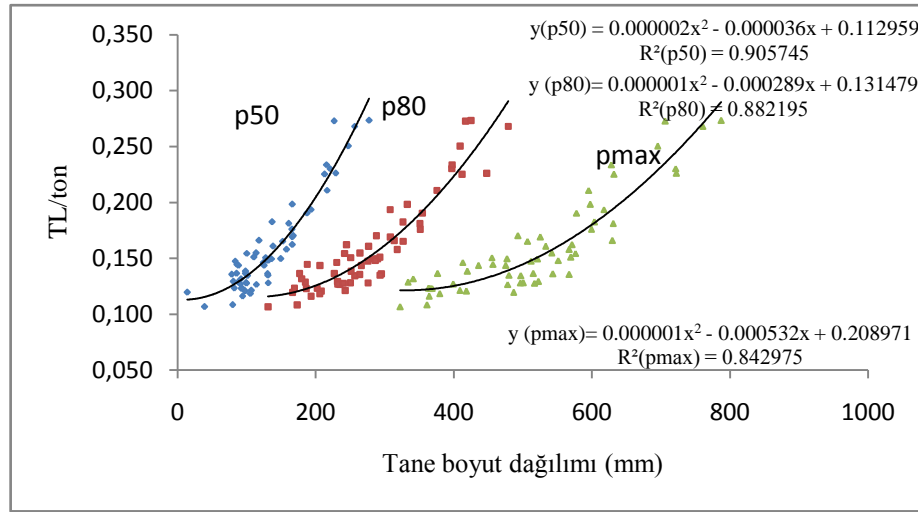
Çizelge 4.25. Parça boyutuna bağlı yükleme ve nakliye maliyetleri

Ölçüm no	Yüklenen malzeme boyut dağılımı				Taşınan Yük (ton/kamyon)	Nakliye maliyeti (TL/ton)	Yükleme maliyeti (TL/ton)	Toplam maliyet (Yükleme+Nakliye) (TL/ton)
	p20	p50	p80	pmax				
1	9.6	80.65	231.2	522.46	24.63	0,27	0.129	0,401
2	29.63	138.05	276.41	532.87	23.66	0,28	0.161	0,444
3	4.09	38.81	130.63	322.33	25.65	0,26	0.107	0,369
4	31.43	135.84	282.14	521.09	23.60	0,28	0.149	0,434
5	38.09	149.28	289.35	476.93	23.43	0,29	0.150	0,436
6	16.41	101.17	256.4	496.85	24.02	0,28	0.134	0,413
7	26.69	113.75	234.53	478.04	24.51	0,27	0.126	0,400
8	23.91	125.12	265.79	475.34	23.84	0,28	0.143	0,424
9	25.51	93.81	193.11	364.22	25.07	0,27	0.116	0,383
10	19.9	110.39	292.79	569.29	23.37	0,29	0.151	0,439
11	48.97	165.7	307.81	525.42	23.14	0,29	0.169	0,460
12	30.06	228.71	447.37	722.22	22.23	0,31	0.226	0,534
13	23.9	113.6	263.84	541.71	23.90	0,28	0.155	0,435
14	17.59	98.14	226.83	515.08	24.76	0,27	0.136	0,407
15	17.35	212.69	411.59	631.91	22.40	0,30	0.225	0,530
16	30.37	160.59	350.72	630.71	22.79	0,30	0.181	0,478
17	20.1	106.57	242.5	408.74	24.33	0,28	0.121	0,396
18	30.51	226.41	416.94	706.04	22.34	0,31	0.273	0,579
19	25.27	152.11	326.47	506.83	22.91	0,30	0.165	0,460
20	17.85	166.02	332.51	597.63	22.85	0,30	0.198	0,494
21	22.08	97.69	207.59	418.27	24.82	0,27	0.121	0,390
22	14.51	117.67	313.4	629.67	23.08	0,29	0.166	0,458
23	20.4	88.05	205.81	435.52	24.88	0,27	0.143	0,413
24	22.03	87.43	184.68	333.59	25.26	0,27	0.129	0,394
25	30.65	91.59	179.26	341.29	25.33	0,26	0.132	0,397
26	11.22	90.61	231.77	399.22	24.57	0,27	0.127	0,399
27	24.04	92.16	186.17	366.25	25.20	0,27	0.123	0,389
28	18.6	85.49	187.44	456.65	25.14	0,27	0.145	0,411
29	39.45	157.74	317.72	566.97	23.02	0,29	0.158	0,451
30	36.64	124.31	230.11	412.8	24.70	0,27	0.146	0,417
31	22.2	85.24	176.35	376.58	25.39	0,26	0.136	0,401
32	17.33	165.88	244.23	571.17	24.27	0,28	0.162	0,438

Çizelge 4.25. Parça boyutuna bağlı yükleme ve nakliye maliyetleri (Devamı)

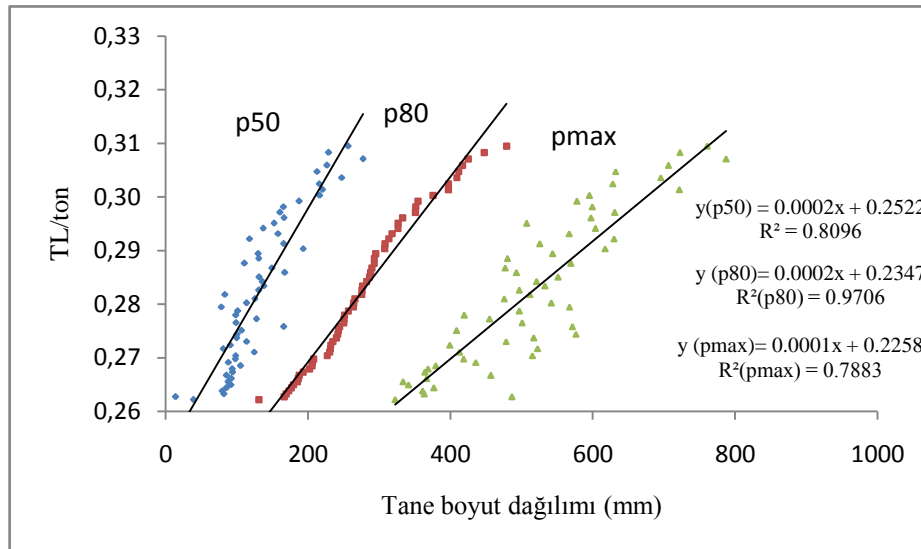
Ölçüm no	Yüklenen malzeme boyut dağılımı				Taşınan Yük (ton/kamyon)	Nakliye maliyeti (TL/ton)	Yükleme maliyeti (TL/ton)	Toplam maliyet (Yükleme+Nakliye) (TL/ton)
	p20	p50	p80	pmax				
33	34.94	165.46	351.21	599.23	22.74	0,30	0.176	0,474
34	18.76	100.1	241.56	576.18	24.39	0,27	0.154	0,429
35	28.24	136.78	326.18	603.63	22.97	0,27	0.182	0,401
36	25.82	127.34	250.41	455.07	24.14	0,29	0.151	0,477
37	17.05	79.43	172.86	361.08	25.46	0,28	0.108	0,428
38	13.77	98.4	251.03	419.45	24.08	0,26	0.138	0,372
39	4.592	83.14	275.38	511.69	23.78	0,28	0.147	0,416
40	13.08	220.39	396.99	721.45	22.57	0,28	0.230	0,429
41	15.8	98.89	250.13	500.55	24.20	0,30	0.128	0,532
42	6.85	78.1	263.55	567.14	23.96	0,28	0.136	0,405
43	23.3	131.21	286.05	551.14	23.55	0,28	0.148	0,415
44	21.93	93.48	201.85	368.51	25.01	0,29	0.123	0,433
45	1.33	13.97	166.18	486.5	25.59	0,27	0.119	0,391
46	20.48	99.78	239.61	517.06	24.45	0,26	0.128	0,382
47	19.03	256.18	478.71	760.56	22.18	0,27	0.268	0,401
48	24.23	129.94	294.75	543.43	23.25	0,31	0.136	0,577
49	21.28	81.72	168.93	363.32	25.52	0,29	0.123	0,425
50	17.72	215.49	397.17	628.16	22.51	0,26	0.234	0,386
51	31.26	105.09	205.53	379.49	24.95	0,30	0.118	0,536
52	38.78	277.08	424.68	787.13	22.29	0,27	0.273	0,387
53	53.17	167.25	287.63	492.79	23.49	0,31	0.170	0,580
54	75.17	247.24	408.85	695.26	22.46	0,29	0.250	0,456
55	27.61	130.91	275.61	496.61	23.72	0,30	0.128	0,554
56	45.91	187.29	354.33	577.82	22.68	0,28	0.190	0,411
57	29.83	130.56	292.87	479.89	23.31	0,30	0.135	0,490
58	9.123	193.02	307.54	617.27	23.20	0,29	0.194	0,423
59	33.25	216.31	375.26	595.25	22.62	0,29	0.211	0,484

Parça boyut dağılımına bağlı yükleme maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.57'de görülmektedir.



Şekil 4.57. Tane boyut dağılımına bağlı yükleme maliyetleri

Parça boyut dağılımına bağlı nakliye maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.58'de görülmektedir.



Şekil 4.58. Tane boyut dağılımına bağlı nakliye maliyetleri

4.5.3. Parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisi birim maliyetlerinin hesabı

Kırma – sınıflandırma tesisi enerji maliyeti hesabı için, sistemin elektrik tüketimi 15'er saniyelik periyotlarla kayıt edilmiştir. Bu süre zarfında kırılan malzeme miktarı ise kırıcı çıkışı bant doluluk oranından yararlanılarak hesaplanmıştır. Tesis bakım giderleri (paletler ve astarlar) en sert ve en yumuşak malzemeler için ölçülmüş ve oranlanarak 6 bölge için tüketim miktarı tahmin edilmiştir. Kırma sınıflandırma tesisi enerji giderleri Çizelge 4.26' daki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.26. Kırma – sınıflandırma maliyeti hesabı

	Tüketim	Birim fiyat	Üretim maliyeti (YTL/15sn.)
a. Enerji (YTL/ton)	<i>değişken</i>	0.18 TL/kWh	<i>Harcanan (kWh/15sn.) x 0.18</i> TL/kWh
b. Paletler	<i>En sert mlz. 50 gün/takım (400 saat/takım)</i> <i>En yumuşak mlz. 100 gün/takım (800 saat/takım)</i>	10856 TL/takım	<i>En sert mlz.: 0.113 TL/15 sn.</i> <i>En yum. mlz.: 0.05654 TL/15 sn.</i>
c. Astarlar	<i>En sert mlz. 200 gün/takım (1600 saat/takım)</i> <i>En yumuşak mlz. 250 gün/takım (2000 saat/takım)</i>	17382 TL/takım	<i>En sert mlz.: 0.04526 TL/15 sn.</i> <i>En yum. mlz.: 0.03621 TL/15 sn.</i>
d. Diğer	$(a+b+c) \times 0.05$		
e. Operatör	$3 \text{ (işçi tesis/ay)} \times 200 \text{ saat/ay}$	1500 TL/ay	0.0937 TL/15 sn.
Tesis toplam maliyeti (a+b+c+d+e)			

Çizelge 4.26' daki gibi hesaplanan verilerden yararlanılarak ve aşağıdaki bağıntı kullanılarak birim ton başına kırma – sınıflandırma maliyetleri hesaplanmıştır.

$$\text{Kırma sınıflandırma maliyeti (TL/ton)} = \text{Tesis toplam maliyeti (TL/15sn.)} / \text{kırılan malzeme (ton / 15 sn.)}$$

Yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan, kırma – sınıflandırma tesisine beslenen parça boyut dağılımına göre birim üretim maliyetleri altı farklı bölge için Çizelge 4.27 ile Çizelge 4.32 arasında gösterilmiştir. Grafikselsel olarak da Şekil 4.59 ile Şekil 4.64 arasında gösterilmiştir.

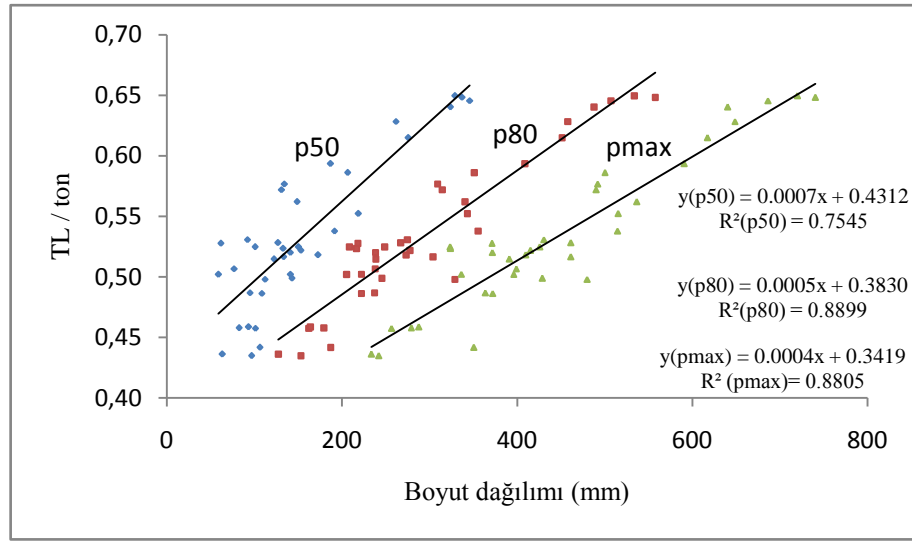
1. Bölge

Birinci bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.27' de görülmektedir.

Çizelge 4.27. 1. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	152.94	277.36	415.03	77	0.865572	0.79	0.52
2	323.51	487.43	640.31	68	1.081422	0.71	0.64
3	82.3	179.05	279.03	82	0.750168	0.86	0.46
4	94.78	236.92	363.49	77	0.696255	0.79	0.49
5	130.84	314.2	490.08	72	0.870475	0.73	0.57
6	336.99	557.52	740.41	63	1.081582	0.70	0.65
7	261.45	457.41	648.49	58	0.982222	0.69	0.63
8	206.23	350.85	500.04	73	0.958691	0.74	0.59
9	172.56	273.02	409.61	76	0.80199	0.78	0.52
10	140.89	238.09	371.56	76	0.790716	0.77	0.52
11	133.19	303.66	461.06	76	0.804658	0.78	0.52
12	122.15	238.38	390.99	77	0.825254	0.79	0.51
13	133.95	308.98	491.87	70	0.862435	0.72	0.58
14	91.85	274.49	430.52	76	0.859939	0.78	0.53
15	58.74	205.07	395.88	75	0.658921	0.75	0.50
16	191.27	355.21	514.5	78	0.984582	0.81	0.54
17	61.56	217.99	371.05	75	0.778262	0.75	0.53
18	218.53	342.94	515.28	75	0.894518	0.76	0.55
19	63.09	127.15	233.46	80	0.576452	0.83	0.44
20	101.05	161.81	256.44	82	0.740162	0.85	0.46
21	108.27	221.96	371.98	76	0.640211	0.77	0.49
22	93.13	163.74	287.63	82	0.749989	0.86	0.46
23	76.78	237.71	398.83	77	0.785844	0.79	0.51
24	275.61	451.07	617.23	63	0.948867	0.70	0.61
25	100.68	208.17	323.4	75	0.756792	0.75	0.52
26	186.67	408.51	590.54	65	0.87852	0.70	0.59
27	132.58	216.41	323.68	75	0.756254	0.75	0.52
28	150.26	248.56	425.73	76	0.815019	0.77	0.52
29	112.01	328.74	479.86	77	0.766803	0.80	0.50
30	345.57	506.75	686.23	62	1.059058	0.70	0.65
31	106.06	186.82	350.55	84	0.736102	0.88	0.44
32	142.63	245.35	428.74	77	0.761876	0.79	0.50
33	148.52	340.19	536.42	74	0.893421	0.75	0.56
34	96.65	152.83	241.82	85	0.731717	0.90	0.43
35	328.77	533.42	720.01	60	1.068551	0.69	0.65
36	140.96	221.95	336.3	77	0.757321	0.78	0.50
37	126.8	266.64	461.16	76	0.839392	0.77	0.53

Birinci bölge kayaçları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.59’ de görülmektedir.



Şekil 4.59. 1. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

2. Bölge

İkinci bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.28’ de görülmektedir.

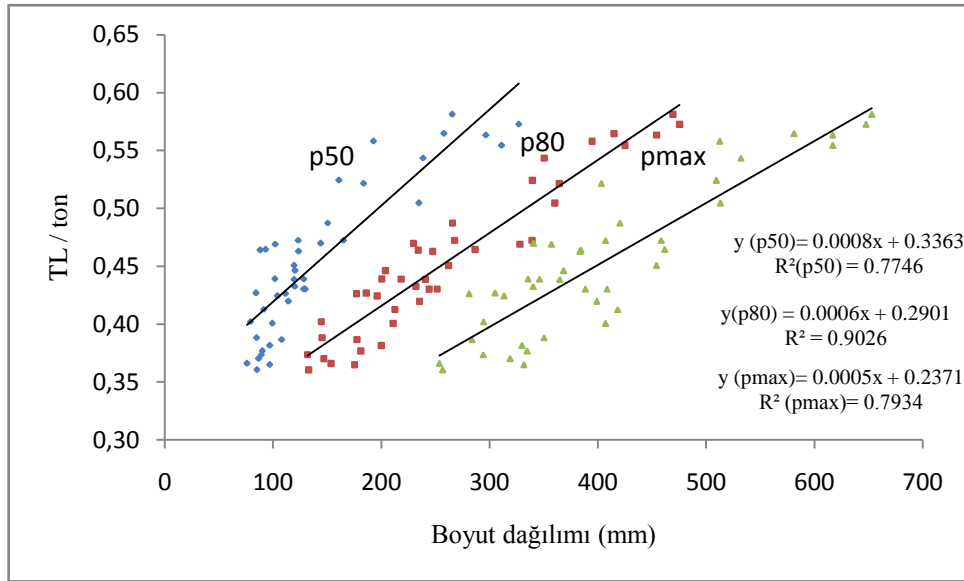
Çizelge 4.28. 2. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı(%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	120.34	203.66	368.26	80	0.746764	0.83	0.45
2	84.15	185.91	305	83	0.7454	0.87	0.43
3	90	180.81	334.61	88	0.701218	0.96	0.38
4	119.99	231.83	340.23	82	0.752352	0.86	0.43
5	79.02	144.33	294.24	85	0.684614	0.89	0.40
6	104.11	195.97	313.36	83	0.738001	0.87	0.42
7	238.52	350.27	531.94	73	0.899373	0.73	0.54
8	123.31	267.44	406.9	78	0.794501	0.80	0.47
9	326.82	475.3	647.56	71	0.983953	0.72	0.57
10	310.99	424.97	617.03	73	0.958641	0.74	0.55
11	101.89	327.85	357.11	78	0.78883	0.81	0.47
12	99.14	210.71	407.14	84	0.658897	0.89	0.40
13	76.02	153.34	253.5	87	0.570363	0.92	0.37
14	119.25	261.94	453.92	79	0.732948	0.82	0.45
15	144.01	229.51	340.51	78	0.778868	0.80	0.47
16	107.95	177.42	283.66	87	0.681022	0.93	0.39

Çizelge 4.28. 2. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri (Devamı)

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı(%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
17	91.17	212.36	418.35	83	0.686261	0.87	0.41
18	86.49	146.73	318.86	88	0.628258	0.94	0.37
19	96.96	199.81	329.92	89	0.740003	0.97	0.38
20	265.34	469.09	653.01	68	0.964114	0.71	0.58
21	128.17	218.06	346.22	78	0.640125	0.80	0.44
22	257.82	414.84	581.11	72	0.968385	0.73	0.56
23	128.2	251.44	408.35	81	0.726143	0.85	0.43
24	192.54	394.48	512.67	68	0.869115	0.71	0.56
25	123.53	247.21	383.49	79	0.782487	0.82	0.46
26	160.77	339.3	509.39	74	0.851877	0.74	0.52
27	88.05	233.94	384.24	76	0.667783	0.77	0.46
28	111.43	176.9	281	80	0.652315	0.83	0.43
29	101.46	200.27	335.35	79	0.669293	0.81	0.44
30	150.29	265.6	420.34	76	0.778669	0.77	0.49
31	129.57	243.99	388.5	82	0.74584	0.86	0.43
32	114	235.09	398.97	81	0.66694	0.85	0.42
33	96.79	175.13	331.53	89	0.648804	0.97	0.37
34	164.89	339.03	458.47	78	0.807893	0.81	0.47
35	183.44	364.19	403.04	73	0.82142	0.74	0.52
36	84.98	132.71	256.49	89	0.622602	0.97	0.36
37	296.43	454.13	616.8	72	0.968465	0.73	0.56
38	93	286.51	461.74	79	0.798927	0.82	0.46
39	119.33	240.62	364.86	81	0.76051	0.85	0.44
40	89.11	131.62	294.15	89	0.687897	0.96	0.37
41	84.77	145.1	350.1	88	0.718193	0.94	0.39
42	234.63	359.96	513.11	76	0.875149	0.78	0.50

İkinci bölge kayaçları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.60’ da görülmektedir.



Şekil 4.60. 2. Bölgeye ait hammadenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

3. Bölge

Üçüncü bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.29’ da görülmektedir.

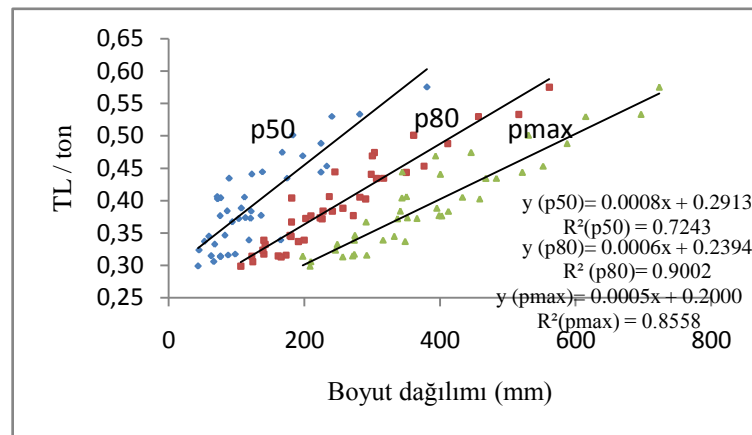
Çizelge 4.29. 3. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	167.19	303.1	445.91	75	0.769086	0.76	0.47
2	72.16	290.03	458.36	80	0.64126	0.83	0.40
3	75.65	209.53	402.38	85	0.651617	0.90	0.38
4	67.61	142.07	248.77	90	0.609277	0.99	0.33
5	89.15	306.14	467.61	79	0.753061	0.82	0.43
6	87.55	172.96	291.97	91	0.555494	1.01	0.32
7	66.5	123.8	209.47	95	0.570455	1.06	0.31
8	111.5	281.72	433.31	83	0.751705	0.88	0.41
9	121.4	241.13	412.26	86	0.740629	0.92	0.38
10	62.57	161.46	271.13	92	0.563712	1.02	0.31
11	118.08	140.08	273.56	91	0.679172	1.01	0.34
12	82.77	178.65	274.63	88	0.62014	0.96	0.35
13	380.79	560.9	723.15	68	1.036396	0.71	0.58
14	98.08	140.08	273.56	90	0.522148	0.99	0.32
15	224.64	411.14	587.25	76	0.894426	0.78	0.49
16	174.27	316.7	483.29	80	0.790868	0.84	0.43
17	224.71	350	521.29	80	0.839912	0.84	0.44

Çizelge 4.29. 3. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri (Devamı)

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
18	232.86	376.34	552.15	79	0.842587	0.82	0.45
19	281.74	515.99	696.21	70	0.899022	0.72	0.53
20	136.41	271.96	398.58	84	0.636816	0.89	0.38
21	103.41	225.87	337.3	88	0.757078	0.96	0.37
22	93.65	180.94	291.06	87	0.670509	0.93	0.37
23	44.79	138.73	245.81	90	0.557713	0.99	0.32
24	76.66	181.11	343.88	79	0.630687	0.83	0.40
25	71.71	236.54	350.6	81	0.681702	0.84	0.41
26	76.24	122.41	197.65	92	0.554124	1.02	0.31
27	59.53	180.34	332.45	90	0.683373	1.00	0.35
28	165.16	199.69	316.23	92	0.714954	1.03	0.34
29	52.54	191.18	348.83	90	0.642812	1.00	0.34
30	107.2	256.73	395.32	82	0.638147	0.86	0.39
31	113.16	222.87	351.69	83	0.592267	0.87	0.37
32	240.72	456.56	614.71	69	0.871798	0.71	0.53
33	76.3	165.65	256.66	90	0.5352	1.01	0.31
34	43.37	105.99	208.25	92	0.466105	1.02	0.30
35	120.7	201.97	365.9	86	0.666902	0.91	0.37
36	122.39	298.38	400.73	77	0.725624	0.80	0.44
37	138.09	245	344.26	79	0.782518	0.81	0.44
38	197.56	300.01	393.26	75	0.744291	0.76	0.47
39	183.01	360.95	530.25	72	0.796738	0.73	0.50
40	86.1	227.37	341.44	81	0.581784	0.85	0.38

Üçüncü bölge kayaçları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.61’ de görülmektedir.



Şekil 4.61. 3. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

4. Bölge

Dördüncü bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.30’ da görülmektedir.

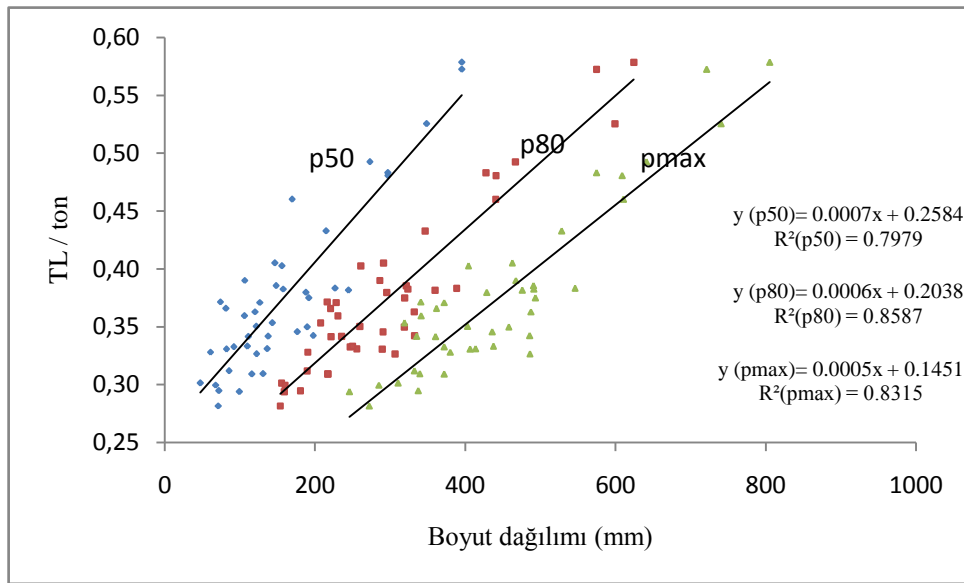
Çizelge 4.30. 4. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	191.64	319.07	493.36	85	0.714213	0.90	0.38
2	187.89	295.27	428.58	83	0.702667	0.88	0.38
3	136.42	255.35	413.7	89	0.639765	0.98	0.33
4	47.36	155.3	310.71	93	0.585837	1.04	0.30
5	67.75	159.92	285.02	92	0.542783	1.02	0.30
6	91.8	246.39	371.98	89	0.642853	0.97	0.33
7	137.68	235.12	335.22	90	0.747842	1.00	0.34
8	121.69	259.58	403.17	89	0.746046	0.98	0.35
9	119.99	332	487.52	85	0.659054	0.90	0.36
10	244.63	359.66	475.91	85	0.757511	0.90	0.38
11	85.43	189.3	332.34	92	0.619912	1.02	0.31
12	99.14	158.84	245.85	95	0.570981	1.06	0.29
13	122.05	306.45	485.98	88	0.58036	0.96	0.33
14	109.74	249.73	437.36	89	0.648658	0.98	0.33
15	148	321.23	490.89	84	0.747953	0.89	0.39
16	395.34	624.29	805.28	65	1.094562	0.70	0.58
17	348.51	599.09	740.45	72	0.974251	0.73	0.53
18	169.39	440.3	610.47	75	0.785928	0.76	0.46
19	296.96	427.37	574.74	74	0.845131	0.75	0.48
20	226.76	388.31	546.1	85	0.776168	0.91	0.38
21	155.81	260.77	404.07	80	0.704415	0.83	0.40
22	143.21	207.27	318.91	87	0.670987	0.93	0.35
23	189.46	318.64	457.79	86	0.614236	0.91	0.35
24	272.86	466.54	641.34	73	0.865239	0.74	0.49
25	395.37	574.65	721.45	68	1.097536	0.71	0.57
26	197.48	332.41	485.72	89	0.719881	0.99	0.34
27	296.78	440.85	608.87	75	0.875649	0.76	0.48
28	157.58	323.47	491.2	80	0.624032	0.84	0.38
29	146.5	291.13	462.48	78	0.655633	0.81	0.41
30	81.92	289.35	406.47	87	0.571414	0.94	0.33
31	115.82	216.92	372.01	92	0.618232	1.03	0.31
32	71.88	180.42	337.5	92	0.52092	1.02	0.29
33	106.28	286.06	467.31	83	0.748575	0.88	0.39
34	111.18	221.13	360.37	86	0.582646	0.92	0.34
35	71.19	153.55	272.34	94	0.487023	1.05	0.28
36	105.95	230.23	341.26	81	0.53892	0.85	0.36

Çizelge 4.30. 4. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri (Devamı)

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
37	60.6	190.14	380.14	86	0.5092	0.91	0.33
38	73.82	215.98	340.8	83	0.645725	0.87	0.37
39	81.23	220.48	361.5	84	0.646479	0.89	0.37
40	126.55	228.03	371.87	83	0.650067	0.88	0.37
41	130.76	216.91	339.38	89	0.514253	0.97	0.31
42	214.8	346.3	528.43	78	0.761038	0.80	0.43
43	176.41	290.4	435.76	86	0.612177	0.92	0.35

Dördüncü bölge kayaçları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.62’ de görülmektedir.



Şekil 4.62. 4. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

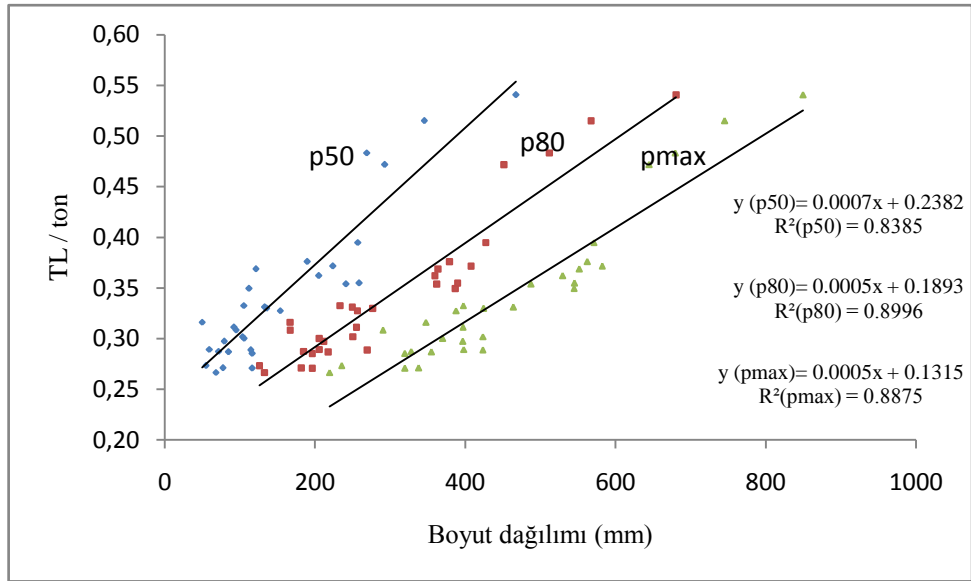
5. Bölge

Beşinci bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.31’ de görülmektedir.

Çizelge 4.31. 5. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	292.72	451.35	644.65	71	0.786804	0.72	0.47
2	116.3	196.21	319.41	92	0.529282	1.03	0.29
3	116.3	196.21	319.41	93	0.475607	1.05	0.27
4	345.36	567.3	745.35	70	0.951847	0.72	0.52
5	268.93	511.66	679.64	73	0.885864	0.74	0.48
6	132.89	249.47	464.12	90	0.745748	1.01	0.33
7	78.93	211.51	396.72	92	0.602264	1.03	0.30
8	49.51	166.57	347.7	87	0.525922	0.93	0.32
9	121.18	363.49	551.73	85	0.750272	0.91	0.37
10	467.47	680.4	849.77	69	1.037598	0.72	0.54
11	105.39	205.45	369.83	88	0.47644	0.94	0.30
12	135.35	276.64	424.5	89	0.696213	0.98	0.33
13	111.98	386.39	544.82	85	0.658398	0.91	0.35
14	153.5	256.32	387.84	87	0.598792	0.93	0.33
15	258.68	389.64	545.28	88	0.777201	0.95	0.35
16	114.38	269.2	423.36	89	0.47396	0.98	0.29
17	77.33	181.34	337.82	93	0.472302	1.04	0.27
18	256.98	427.14	571.12	82	0.794932	0.87	0.39
19	92.08	254.95	396.87	91	0.650946	1.01	0.31
20	189.7	378.86	562.43	79	0.619295	0.82	0.38
21	105.07	233.13	397.31	87	0.621423	0.93	0.33
22	103.27	249.99	423.47	90	0.588345	1.01	0.30
23	84.66	217.19	355.02	92	0.548682	1.03	0.29
24	59.2	205.27	397.84	90	0.505661	1.00	0.29
25	241.23	361.86	487.39	88	0.765363	0.95	0.35
26	71.42	184.31	327.97	94	0.578083	1.05	0.29
27	54.62	125.91	235.37	96	0.508172	1.06	0.27
28	67.88	132.46	219.51	93	0.438563	1.04	0.27
29	94.77	166.72	290.33	90	0.601313	0.99	0.31
30	204.81	359.36	529.68	84	0.691062	0.89	0.36
31	223.6	407.49	582.26	82	0.681573	0.86	0.37

Beşinci bölge kayaçları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.63’ de görülmektedir.



Şekil 4.63. 5. Bölgeye ait hammadenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

6. Bölge

Altıncı bölgeye ait hammaddelerin parça boyut dağılımına bağlı kırma – sınıflandırma tesisindeki üretim maliyetleri Çizelge 4.32’ de görülmektedir.

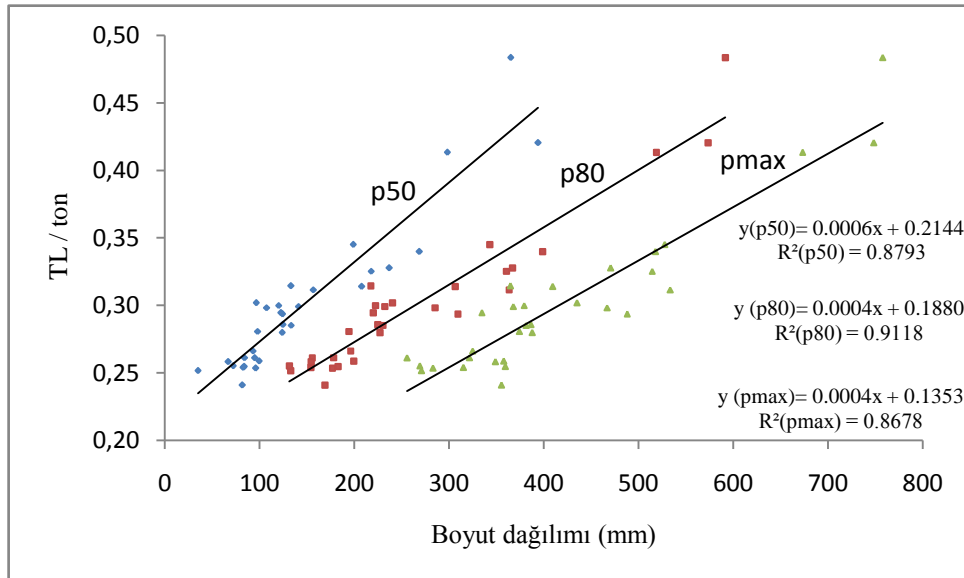
Çizelge 4.32. 6. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri

Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
1	34.95	132.65	270.83	97	0.43781	1.07	0.25
2	83.73	182.64	359.4	96	0.448452	1.06	0.25
3	236.8	366.8	470.53	86	0.612623	0.92	0.33
4	198.78	342.96	527.82	85	0.670129	0.90	0.35
5	268.66	398.73	517.85	86	0.676528	0.92	0.34
6	298.16	518.78	673.13	80	0.867782	0.84	0.41
7	364.98	591.62	757.8	75	0.988146	0.76	0.48
8	123.75	227	387.74	94	0.580837	1.05	0.28
9	124.1	309.26	488	92	0.632254	1.04	0.29
10	95.92	176.78	283.02	97	0.453321	1.07	0.25
11	120.01	222.36	379.26	88	0.523545	0.95	0.30
12	82.65	154.09	315.26	96	0.442337	1.06	0.25
13	81.82	168.78	355.4	93	0.34247	1.04	0.24
14	124.68	224.64	386.44	90	0.533115	1.00	0.29
15	133.28	229.94	381.33	90	0.53242	1.00	0.29
16	97.98	194.13	374.29	93	0.572636	1.04	0.28
17	107.41	285.12	466.89	89	0.572992	0.98	0.30

Çizelge 4.32. 6. Bölgeye ait kırma – sınıflandırma tesisi parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri(Devamı)

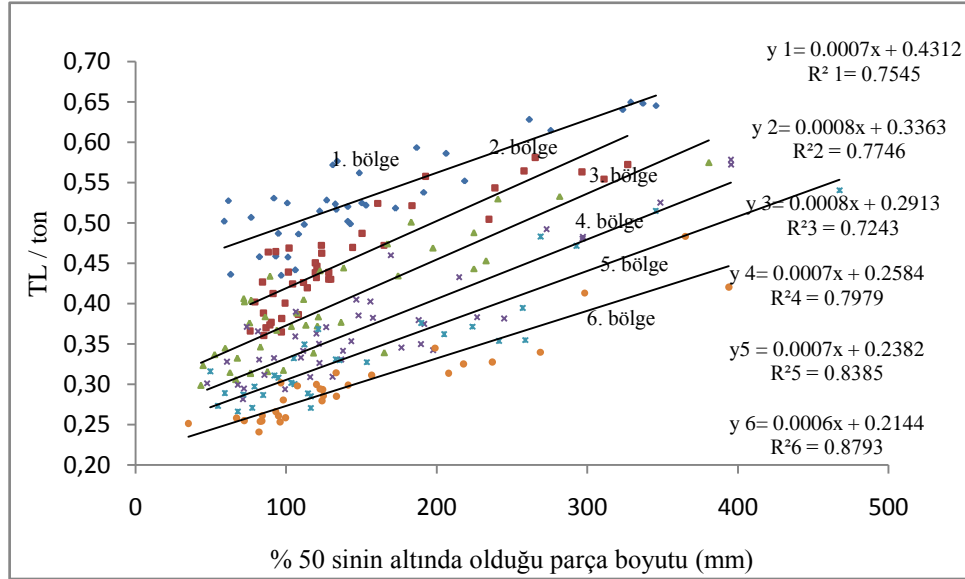
Ölçüm no	p50 (%)	p80 (%)	Max giren parça (mm)	Bant doluluk oranı (%)	E (kWh)	Kırılan Malzeme (ton/15sn)	Kırma maliyeti (TL/ton)
18	156.66	363.37	533.37	88	0.591999	0.95	0.31
19	94.87	155.57	255.72	97	0.494945	1.07	0.26
20	99.43	199.37	357.73	96	0.474037	1.06	0.26
21	66.93	154.38	349	98	0.483609	1.07	0.26
22	84.07	177.93	321.59	94	0.469145	1.05	0.26
23	93.04	196.05	325.06	92	0.463038	1.03	0.27
24	72.04	131.39	269.12	97	0.455821	1.07	0.26
25	217.73	360.38	514.39	87	0.633551	0.94	0.33
26	393.91	573.3	748.46	80	0.904798	0.84	0.42
27	96.4	240.14	435.08	89	0.573232	0.97	0.30
28	133.03	217.4	364.9	88	0.595611	0.95	0.31
29	207.79	306.36	409.38	89	0.66027	0.99	0.31
30	122.5	219.97	334.61	87	0.479464	0.94	0.29
31	141.08	232.17	367.81	88	0.522512	0.95	0.30

Altıncı bölge kayaları için beslenen hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.64’ de görülmektedir.



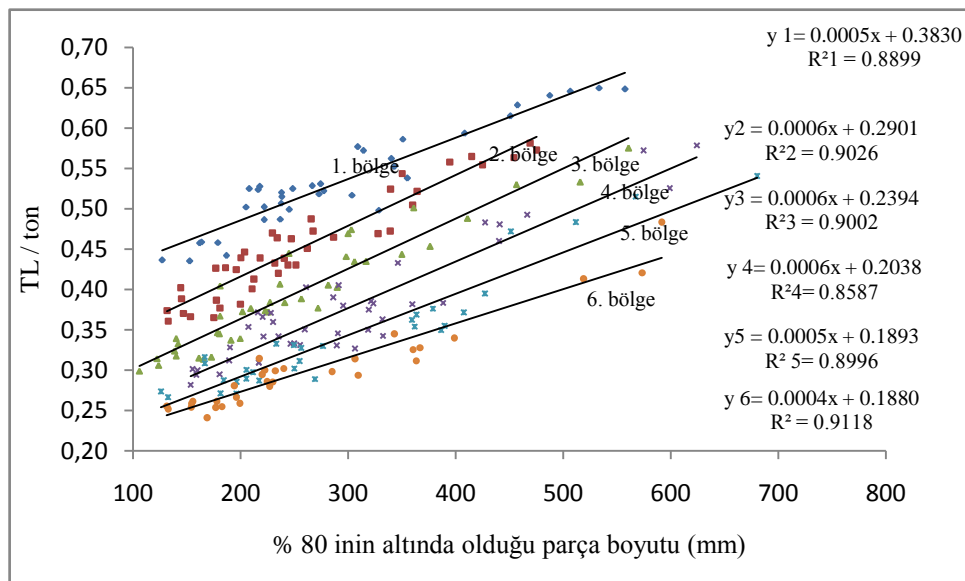
Şekil 4.64. 6. Bölgeye ait hammaddenin parça boyut dağılımına bağlı kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri

Altı farklı bölge için beslenen hammaddenin %50 sinin altında olduğu parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.65’de görülmektedir.



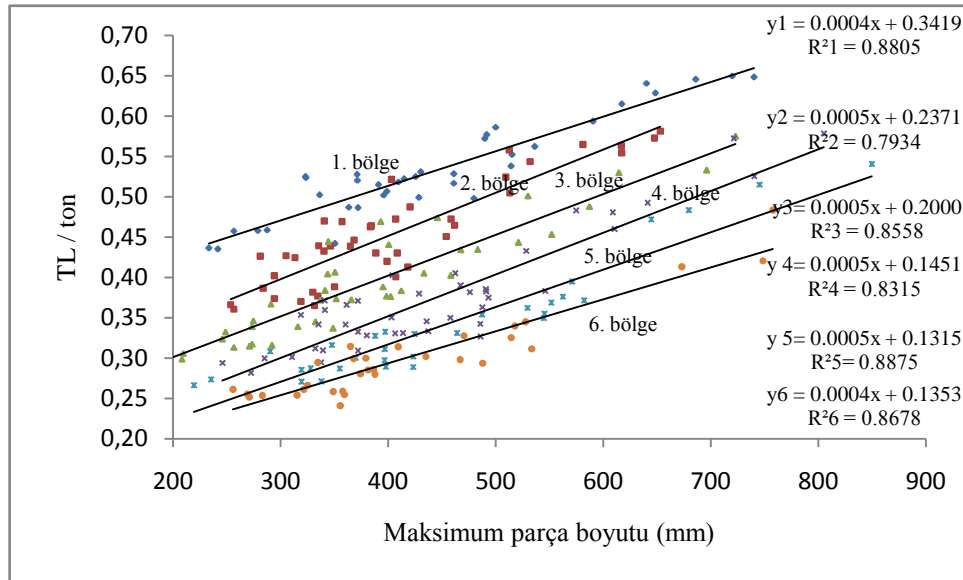
Şekil 4.65. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin %50 sinin altında olduğu parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi

Altı farklı bölge için beslenen hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.66’da görülmektedir.



Şekil 4.66. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi

Altı farklı bölge için beslenen hammadenin maksimum parça boyutuna bağlı üretim maliyetleri grafiksel olarak Şekil 4.67’de görülmektedir.



Şekil 4.67. Altı farklı bölge için beslenen malzemenin maksimum parça boyutu ile kırma sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri ilişkisi

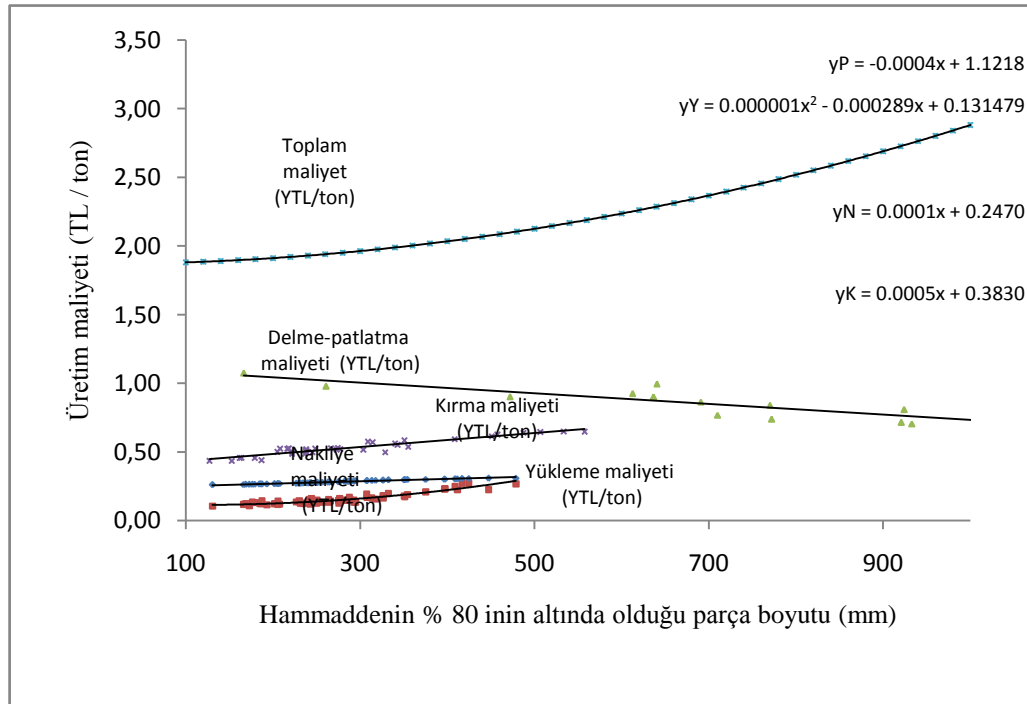
Grafiklerden de görüldüğü gibi kırma – sınıflandırma tesisi üretim maliyetleri beslenen parça boyutunun artması ile artmaktadır. Bunun yanında farklı kaya mekaniksel özelliklere sahip kayalar parça boyutu da dikkate alınarak kıyaslandığında üretim maliyetlerinin parça boyutunun artmasına bağlı olarak ve kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesine bağlı olarak arttığı görülmektedir.

4.5.4. Parça boyut dağılımına bağlı toplam işletme maliyetlerinin hesabı

Toplam işletme maliyetlerinin hesabında amortismanlar, vergiler, vs. gibi giderler sabit kabul edilmiş ve parça boyutuna bağlı birim üretim maliyetlerinin hesabına dahil edilmemiştir. Bunun sebebi çalışma yapılan işletmenin üretim maliyetlerinin gizliliğinin korunabilmesidir. Bu sayede hem çalışma yapılan firmanın maliyetlerinin gizliliği korunmuş hemde parça boyut dağılımının üretim maliyetleri üzerine etkisi daha net vurgulanabilmiştir. Toplam üretim maliyetlerinin hesabında kırmataş üretiminde parça boyutuna bağlı değişiklik gösteren ve en önemli maliyet kalemlerinden olan delme – patlatma, yükleme, nakliye ve kırma – sınıflandırma giderleri YTL/ton biriminde hesaplanmıştır. Bu dört maliyet kaleminin parça boyutuna bağlı birleştirilmesi ile birim kırmataş üretimi için toplam maliyetler parça boyut dağılımına bağlı

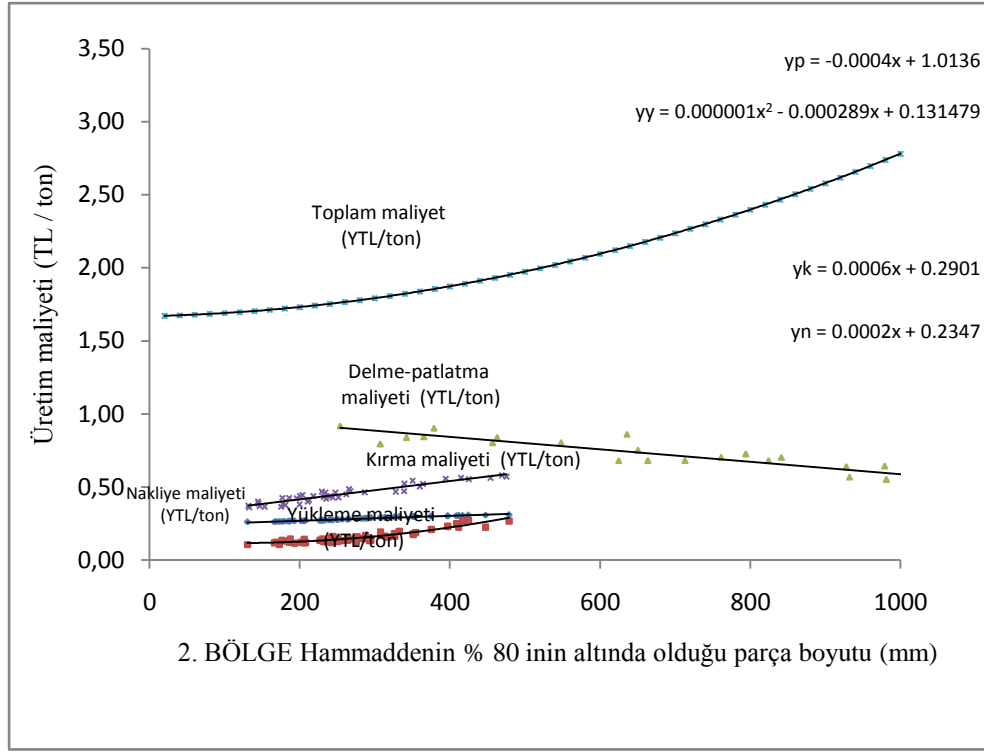
olarak ortaya konmuştur. Aşağıda çalışma yapılan ve farklı kaya mekaniksel özelliklere sahip olan altı farklı bölge için birim üretim maliyetleri grafikler halinde gösterilmiştir.

Birinci bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.68’de gösterilmiştir.



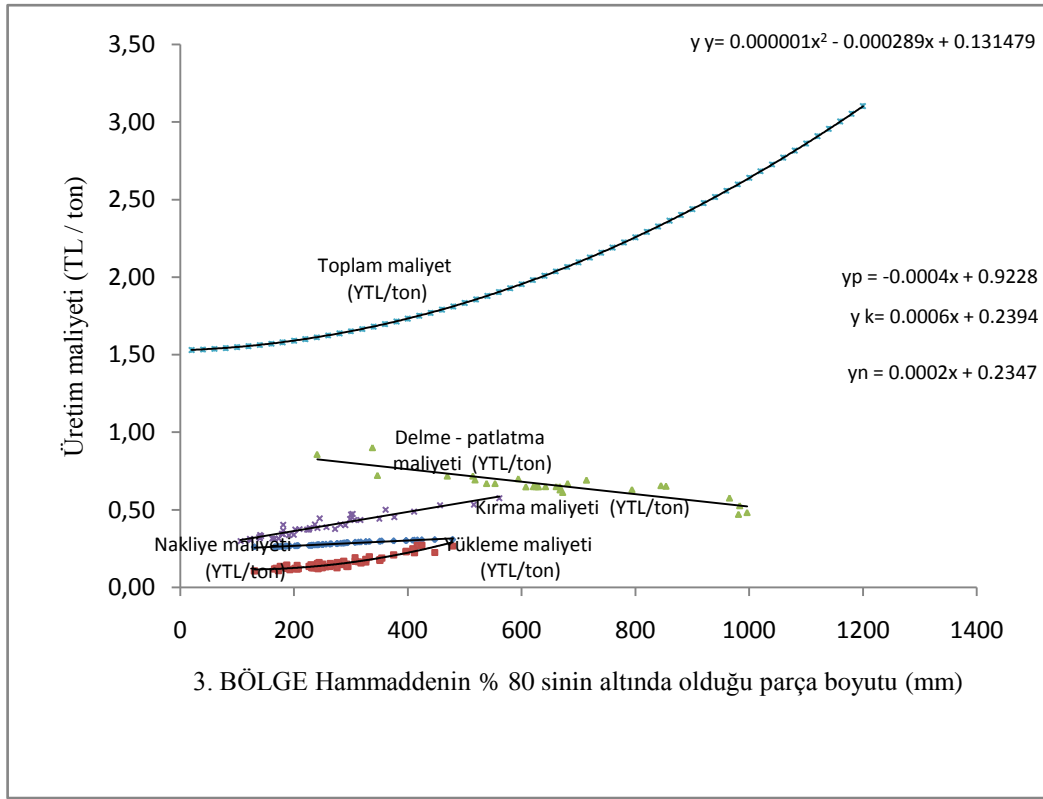
Şekil 4.68. 1. Bölge için hammaddenin %80'inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

İkinci bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.69’da gösterilmiştir.



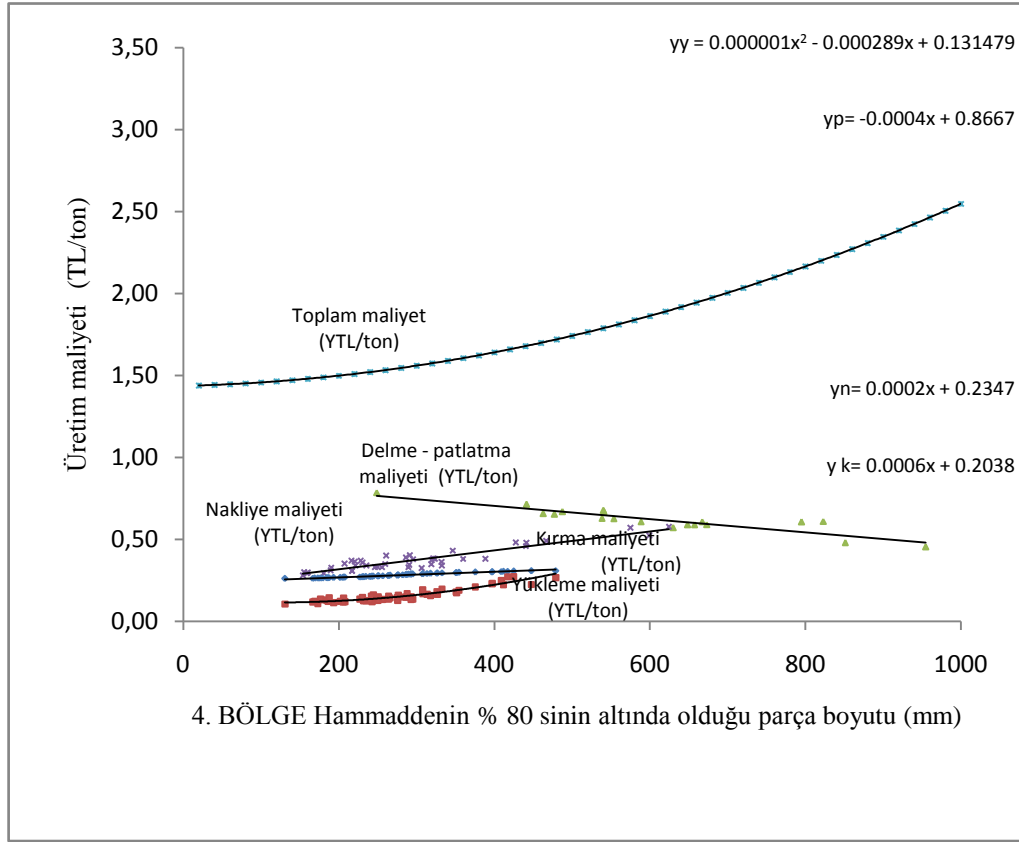
Şekil 4.69. 2. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

Üçüncü bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.70’de gösterilmiştir.



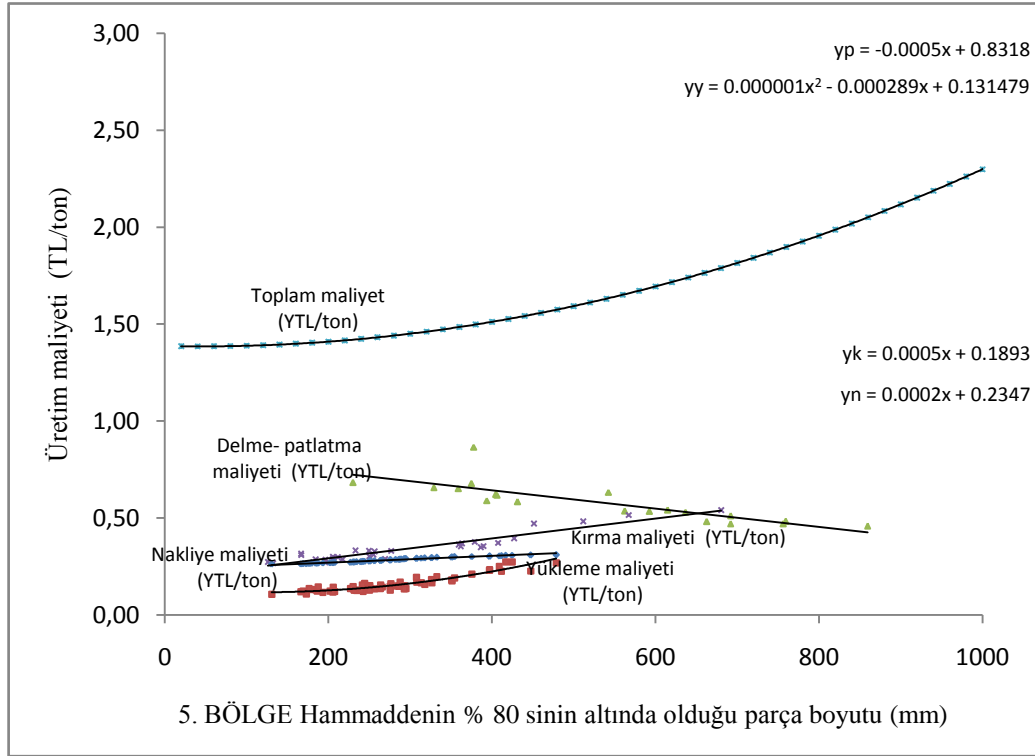
Şekil 4.70. 3. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

Dördüncü bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



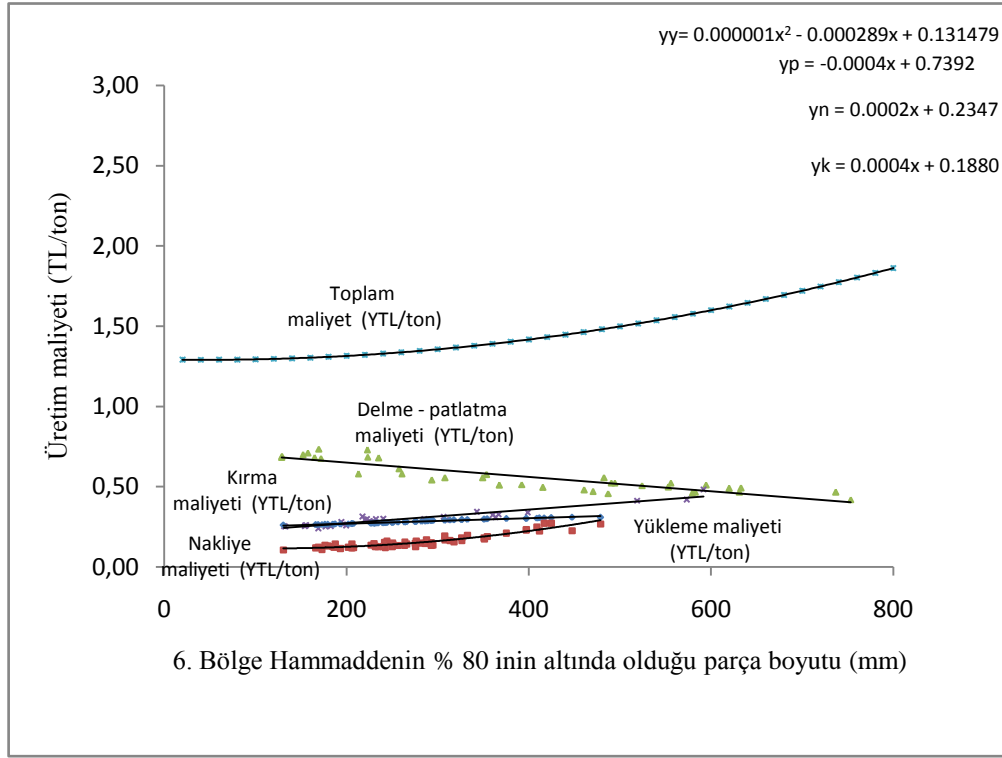
Şekil 4.71. 4. Bölge için hammaddenin %80'inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

Beşinci bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.72'de gösterilmiştir.



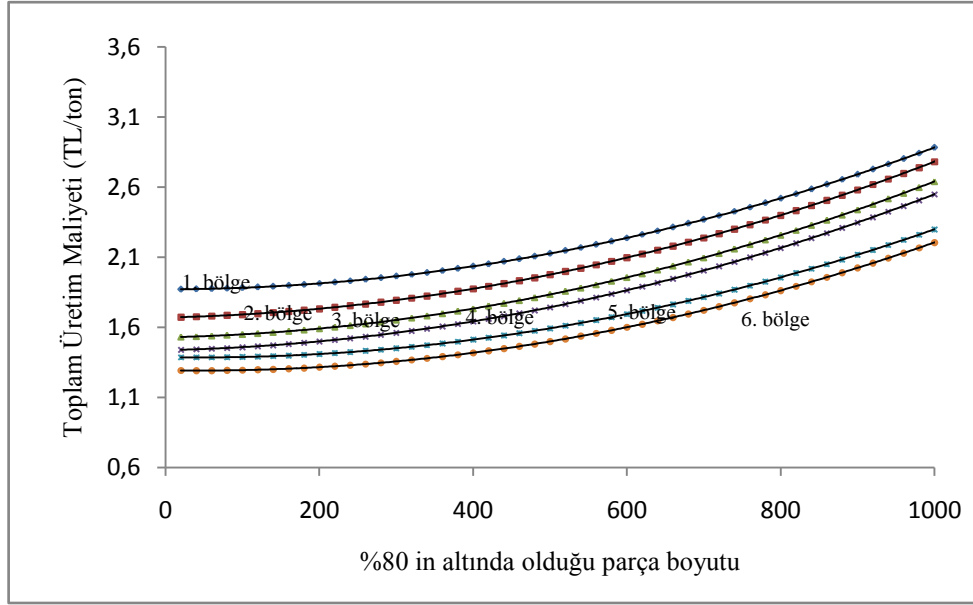
Şekil 4.72. 5. Bölge için hammaddenin %80'inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

Altıncı bölgede yapılmış olan çalışmalar sonucunda elde edilen, parça boyut dağılımındaki değişime bağlı delme – patlatma, yükleme, nakliye, kırma sınıflandırma tesisi birim üretim maliyetleri ve toplam birim üretim maliyeti grafiksel olarak Şekil 4.73' de gösterilmiştir.



Şekil 4.73. 6. Bölge için hammaddenin %80 inin altında olduğu parça boyutu ve toplam üretim maliyetleri

Yukarıda ayrı ayrı gösterilmiş olan parça boyut dağılımına bağlı toplam birim üretim maliyetleri altı farklı kaya mekaniksel özelliğe sahip bölgeler için birleştirilerek Şekil 4.74’de gösterilmiştir.



Şekil 4.74. Altı farklı bölge için parça boyutuna bağlı toplam üretim maliyetleri

Şekil 4.74’de görüldüğü gibi parça boyut dağılımının artmasıyla birim üretim maliyetleri artmaktadır. Bunun yanında kaya mekaniksel özelliklerin sertleşmesiyle de birim üretim maliyetleri artmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir kırmataş işletmesindeki üretim süreçleri analiz edilerek, süreçler arasındaki ilişkiler incelenmiş, süreç iyileştirilmeleri araştırılmıştır. Bu kapsamda öncelikle kırmataş işletmesindeki süreçler tanımlanmış, daha sonrada bu süreçlerin toplam üretim maliyeti üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bir kırmataş işletmesinin üretim süreçleri aşağıda verilmiştir;

- Planlama: Ocak tasarımı ve üretim planlamaları için büro çalışmalarını kapsamaktadır.
- Delme – Patlatma: Kırmataş işletmesindeki kayaçları serbest hale getirmek için yapılan faaliyetlerdir.
- Yükleme: Serbest hale getirilen kayaçları uygun nakliye aracına yükleme sürecidir.
- Nakliye: Yükleyicinin yüklediği malzemenin kırma – sınıflandırma tesisine taşınması sürecidir.
- Kırma – sınıflandırma: Ocaktan gelen kayaçların satılabilir ürün haline dönüştürülmesi için yapılan boyut küçültme ve sınıflandırma işlemidir.

Yukarıda tanımlanan süreçler arasındaki ilişkileri tesbit etmek için kırmataş işletmesi iki yıl süreyle incelenmiş ve bu inceleme kapsamında aşağıdaki ölçümler ve çalışmalar yapılmıştır.

- Çalışılan işletmedeki üretim yapılan saha görsel özelliklerine göre (ağırlıklı olarak renk, çatlaklılık durumuna) altı bölgeye ayrılmıştır.
- Her bölgeden kayaç numuneleri alınarak laboratuvarında bazı kaya mekaniği özellikleri tespit edilmiştir. Tek eksenli basma dayanımının her bölge için belirgin ayırıcı bir özellik olduğu tespit edilmiştir.
- Her bölgedeki delme işlemleri incelenmiş ve delme maliyetini hesaplayabilmek için gerekli veriler kaydedilmiştir.
- İşletmedeki patlatmalar yaklaşık iki yıl süre ile izlenmiş, delik düzenleri ve patlayıcı madde miktarları kaydedilmiştir.
- Patlatma sonucu oluşan yığınlardan ölçekli resimler çekilmiş ve bu resimler kullanılarak patlatma sonucu oluşan parça boyut dağılımları tespit edilmiştir.

- Yükleyicinin çalışma parametreleri ölçülmüş ve birim yükleme maliyetini hesaplamada kullanılacak veriler toplanmıştır.
- Nakliye işinde kullanılan kamyonların çalışma parametreleri ölçülmüş ve birim nakliye maliyetlerini hesaplamada kullanılacak veriler toplanmıştır.
- Altı farklı özellikteki hammadde, kırma – sınıflandırma tesisine beslenmiş, kırıcıya giren ve çıkan malzemelerin kamera kayıtları alınmış, bu kayıtlar kullanılarak giren malzeme ve çıkan malzeme boyut dağılımları ve ufalanma oranları hesaplanmıştır. Eş zamanlı olarak kırıcı elektrik tüketimi kaydedilerek kırma – eleme tesisi üretim maliyeti hesaplanmıştır.

Yukarıdaki aşamalarda toplanan veriler değerlendirilerek aşağıda belirtilen ilişkiler altı farklı özellikteki kalker hammaddesi için ayrı ayrı tespit edilmiş ve incelenmiştir. Bu ilişkiler;

- Delme – patlatma tasarımında, dilim kalınlığı ve parçalanma arasındaki ilişki,
- Delme – patlatma tasarımında, birim patlayıcı madde miktarı ve parçalanma arasındaki ilişki,
- Parça boyutu ile yükleme verimi arasındaki ilişki,
- Parça boyutu ile nakliye verimi arasındaki ilişki,
- Kırma – sınıflandırma tesisinde, beslenen hammaddenin parça boyutu ile enerji tüketimi arasındaki ilişki,
- Kırma – sınıflandırma tesisinde, ufalama oranı ile enerji sarfiyatı arasındaki ilişki,
- Kırma – sınıflandırma tesisinde, beslenen hammaddenin parça boyutu ile kırıcı çıkışı bant doluluk oranı arasındaki ilişki.

Yapılan çalışmalar sonucunda, patlatma sonrası elde edilen, en küçük boyutlu malzeme için ve en büyük boyutlu malzeme için üretim süreçlerindeki maliyetlerin, toplam işletme maliyetlerine etkisinin Çizelge 5.1’de görüldüğü gibi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Patlatma ile elde edilen parçalanmaya bağlı işletme maliyetlerinin değişimi

Maliyet türü	En iri malzeme (p80 = 1200 mm)		En küçük malzeme (p80=20mm)		Fark (%)
	TL/ton	%	TL/ton	%	
Delme - patlatma	0.66	20	1.12	60	+70
Yükleme	1.16	35	0.14	8	-88
Nakliye	0.5	15	0.21	12	-58
Kırma – sınıflandırma	1	30	0.4	20	-60
Toplam	3.32	100	1.87	100	-44

Çizelge 5.1 de görüldüğü gibi patlatma sonrası oluşan yığındaki parça boyutu diğer üretim süreçlerindeki maliyetleri etkilemektedir. Ayrıca toplam birim üretim maliyeti patlatma sonucu elde edilen yığındaki parça boyutuna bağlı olarak %44'e varan oranlarda azaltılabilmektedir.

Bu çalışmalar sonucunda, üretim maliyetleri üzerinde en büyük etkiye sahip parametrenin patlatma sonucu oluşan yığındaki parça boyutu olduğu tespit edilmiştir. Çünkü parça boyutu arttıkça toplam üretim maliyetinin arttığı grafiklerle ortaya konmuştur. Buradan hareketle parçalanmanın olduğu delme – patlatma sürecinin kırmataş üretimindeki kritik süreç olduğu tespit edilmiştir.

Yine bu çalışmadan elde edilen veriler değerlendirilerek aşağıdaki yorumlar yapılabilir;

İşletme üretim maliyetleri kayaçların tek eksenli basınç dayanımının artması ile birlikte artmaktadır. Bu durum işletmelerdeki üretim planlamalarının önemi ortaya koymaktadır. Kırmataş işletmeleri farklı müşteri taleplerine göre farklı boyut ve özelliklerde ürün üretmektedirler. Bu durum göz önüne alınarak nihai ürün boyutuna bağlı olarak, ocak içinde üretim planı oluşturulması gerekmektedir.

Patlatma sonrası oluşan boyut dağılımında delik düzeni ve kayacın mekanik özellikleri etkili olmaktadır. Farklı mekanik özelliklere sahip yerlerde aynı delik düzeni uygulamak homojen olmayan parça boyut dağılımına neden olduğu için maliyetler üzerinde olumsuz etkiye sahip olmaktadır. Bunun önlenmesi için sahada kaya mekaniği özellikleri ve diğer parametrelere bağlı olarak istenen parça boyut dağılımını sağlayacak farklı delik düzenleri uygulanmalıdır.

Yapılan çalışmalar sonucunda kırmataş işletmelerinde üretim maliyetlerini minimum seviyede tutabilmek için sistematik çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Bu çalışmada tek bir sahada inceleme yapılmış ve bu sahaya özgü parça boyutu – maliyet ilişkisini gösteren grafikler geliştirilmiştir. Benzer çalışmaların diğer kırmataş işletmeleri içinde yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Öztürk, Ö., Çelikkol, M., Erkan, M., 2007, Türkiye agrega sektör raporu, hazır beton Kasım – Aralık 2007.
- [2] Eroğlu, C., 2006, Süreç iyileştirme ve bir uygulama, Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Uluslar arası kalite yönetimi bilim dalı, İstanbul.
- [3] Dağlı, A., 2004, “Avrupa Kalite Yönetim Vakfı (EFQM) Mükemmellik Modeli ve Özdeğerlendirme”, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 2004, <http://www.e-sosder.org/dergi/806DagliA.doc>, s.67-68 (Erişim: 15 Nisan 2006)
- [4] Şahin, H., 2002, Proses Tabanlı Kalite Yönetim Sistemi, 1. Baskı, Polimer Matbaacılık, s.6. Ankara.
- [5] Harrington, H., J., 1991, Business Process Improvement-The Breakthrough Strategy For Total Quality, Productivity And Competitiveness, New York, Mc Graw Hill Inc, s. 339
- [6] Roberts, L., 1994, Process Reengineering: The Key to Achieving Breakthrough Success, ASQC Quality Press, Milwaukee, s.97
- [7] Carr, D.K ve Johansson, H.J., 1997, Best Practices in Reengineering, Mc Graw Hill, New York, s.167
- [8] Bergman, P., 2005, Optimisation of fragmentation and comminution at boliden mineral, aitik operation, Licentiate thesis, Luleå University of Technology, 90p.
- [9] Emkoç, Ö., Y., 1996, Optimum parçalanma ve taş ocağı işletmeciliğinde yekim, 1. ulusal formataş sempozyumu 96, ISBN 975-395-196-5, İstanbul.
- [10] Web:www.zenithjawcrusher.com/aggregate_plant.html, (erişim:19.12.2008).
- [11] Çabuk, E., 2004, Patlatma tasarımındaki özgül şarj hesaplarının ufalama kanunları ile ilişkisinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Adana.
- [12] Peck, J.,P., 1989, Performance monitoring of rotary blast hole drills. Doctoral thesis, McGill University.
- [13] Scoble, M.J., Peck, J., Hendricks, C., 1989, Correlation between rotary drill performance parameters and borehole geophysical logging, Mining Science and Technology, Vol.8, pp. 301-312.
- [14] Pollitt, M.D., Peck, J., Scoble, M.J., 1991, Lithological interpretation based on monitored drilling performance parameters. CIM Bulletin, July, Vol 84, No 951, p.25-29.
- [15] Dagabak, R., Y., 1997, Kaya patlatmalarında, kayaçların jeomekanik verilerinin parçalanmaya etkisinin incelenmesi, Madencilik Haziran-Eylül 1997, cilt 36, sayı 2-3. s 3-12.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [16] Schunnesson, H., 1997, Drill process monitoring in percussive drilling for location of structural features, lithological boundries and rock properties, and for drill productivity evaluation. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology 1997:28.
- [17] Liu, H., and Karen, Y.,K., 2001, Analysis and interpretation of monitored rotary blast hole drill data, International Journal of Surface Mining Vol. 15, No.3, pp 177-203.
- [18] Smith, B., Improvements in blast fragmentation using measurement while drilling parameters, Fragblast Vol. 6, No. 3-4, pp. 301-310.
- [19] Segui, J., B. And Higgins, M., 2002, Blast design using measurement while drilling parameters. Fragblast, 2002, Vol.6, No.3-4, pp.287-299.
- [20] Morin, A., M., Ficarazzo, F., 2006, Monte carlo simulation as a tool to predict blasting fragmentation based on the Kuz-Ram model, Computers & Geosciences 32 (2006) pp. 352-359.
- [21] Latham, J.P., Van Meulaen, J.A., Dupray, S., 2006, Prediction of in-situ block size distributions with reference to armourstone for break waters. Engineering Geology 86, 18-36.
- [22] Mozaffari, S., 2007, Measurement while drilling system in Aitik Mine, master's thesis, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden. 28 pp.
- [23] Perfect, E., 1997, Fractal models for the fragmentation of rocks and soils: a review, Engineering Geology 48 (1997) pp.185-198
- [24] Neff, M., 1998, a visual model for blast waves and fracture, a thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of master of science department of computer science, University of Toronto.
- [25] Kaçar, G., 2002, Analysis of the influences of rock mass properties on the blasting performance in open cast mines, In partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in the department of mining engineering, METU.
- [26] Tamrock, 1984, Handbook on surface drilling and blasting, Painofactrit Finland, 310 p.
- [27] Britton, R.R., Konya, C.J., Skildmore, R.D., 1984, Primary mechanism for breaking rock breakage , A.A. Balkema, 238 p.
- [28] Chernigovski, A.A., 1986, "Application of directional blasting in mining and civil engineering", A.A. Balkema/Rotterdam, 309 p.
- [29] Kuszmaul, J.S., 1987, A new constitutive model for fragmentation of rock under dynamik loading, 2nd int. symp. on rock fragmentation by blasting, Colorado, pp 412-423.
- [30] Fournery, W.L., and J.A. Hudson (Ed)1993, Mechanism of rock fragmentation by blasting in comprehensive rock engineering, number 4, pp. 39-69.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [31] Petrosyan, M.L, 1994, Rock breakage by blasting, A.A. Balkema/Rotterdam, 141 p.
- [32] Jimeno, L.C., Jimeno, E.L., Carcade, F.J.A., 1995, Drilling and blasting of rocks, A.A. Balkema/Rotterdam, 234 p.
- [33] Borovikov, V.A., Vanyagin, I.F., 1995, Modelling the effects of blasting on rock breakage, A.A. Balkema, 238 p.
- [34] Djarjevic, N., 1999 A two-component model of blast fragmentation, the ausimm proceedings, No 2, Sayfa 9-13.
- [35] Ash, R., L., 1968, The design of blasting rounds surface mining, editor Pfleider E. P., pp: 373-397.
- [36] Hagan, T. N., 1974, Rock breakage by explosives, Australian geomechanic national symp. of fragmentation., Alaide, pp 125-143.
- [37] Davis, W., C., 1983, High explosives, Los Alamos Science, pp. 48-52.
- [38] Du Pont, 1977, Blasters' Handbook, Wilmington, Delawera.
- [39] Dowding, C.H., Aimone, C.T., 1992, Rock breakage explosives, Mining engineering handbook, chapter 9.2, pp. 722-737.
- [40] Persson, P.A., Holmberg, R., Lee., J., 1994, Rock blasting and explosives engineering, Chapter: 3-4-6-8-10-11-12-13, USA Printed CRC Press Inc., pp.55-375.
- [41] Atlas Powder CO., 1987, Explosives and rock blasting, Atlas Powder CO., Dallas, 662 s.
- [42] Mamurekli, D., Ünver, B., Aydın, C., 1996, Kayaç parametrelerine göre kritik dilim kalınlığının tespiti, 2. delme patlatma sempozyumu, Ankara, pp.169-175
- [43] Persson, A., 1970, High-speed photography of scale model rock blasting, poceedings of the ninth international congress on high speed potography, Denver Co.
- [44] Hagan, T.N., 1983, The influence of controllable blast parameters on fragmentation and mining cost, 1st international symp. on rock fragmentation by blasting. Vol. 169, No.12, pp. 75-81.
- [45] Lin, N.S., 1988, New hard rock rock fragmentation formulas based on model and full-scale test, Licentiate thesis, Lulea Universty of Technology, 140 p.
- [46] Mamurekli, D., 1993, Blast induced ground vibration modelling in open pit mines, Ph.D thesis, Nottingham-UK, pp 6-37.
- [47] Olofsson, S.O., 1988, Applied explosives technology for construction and mining, 2nd edition, Applex, Arla, Sweden, 304 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [48] Paine, A.S., Please, C.P., 1994, An improved model of fracture propagation by gas during rock blasting – some analytical results, Int. j. rock mech. min. sci. & geomech. abstr., vol 31. No 6., pp. 699-706.
- [49] Sher, Y.N., Aleksandrova, N.I., 2000, Dynamics of breaking zone development during explosion of a concentrated charge in a brittle medium, Journal of Mining Science, number 36, no 5, pp. 462-475.
- [50] Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J., 1994, Rock blasting and explosives engineering, Chapter: 3-4-6-8-10-11-12-13, USA Printed CRC Press Inc., pp 55-375.
- [51] Lilly, P.A., 1986, An empirical method for assessing rock mass blastibility. In: Davidson (ed.) proc AusIMM/LE. aust. newman combined group large open pit mining conference, Victoria, 41-45, 89-92.
- [52] Rustan, A., 1981, Fragmentation-affecting factors in rock blasting – literature study, technical report, 1981.38T. University of Lulea, Sweden.
- [53] Lizotte, Y.C., Scobe, M.J., 1994, Geological control over blast fragmentation. CIM bulletein 87 (983), 57-71.
- [54] Latham, J.P., Lu, P., 1999, Development of an assesment system of blastibility for rock masses, international journal of rock mechanics and mining sciences 36, pp. 41,45.
- [55] Hoek, E., Bray, J., 1981, Rock slope engineering, institution of mining metalurgy 3rd edition, London, pages 358.
- [56] Esen S., Bilgin H.A. ve Bobo, T., 2000, Tatlayıcının parçalanmaya etkisi, 4. delme - patlatma sempozyumu, Ankara, s 63-72.
- [57] Langefors, V., Kihlström, B., 1978, The modern technique of rock blasting, halsted press, Wiles and Sons.
- [58] Arıoğlu, E., 1986, Jeoloji mühendisleri için madencilik bilgisi, İTÜ vakfi, kitap yayınları no:4, 212 s., İstanbul.
- [59] Olofsson, S.O., 1988, Applied explosive technology for construction and mining. Sweden, 303 p.
- [60] Özer, Ü., 2001, Patlatma kinematığının araştırılması ve patlatma simülasyonu, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, doktora tezi, Adana.
- [61] Kemeny, J.M., Devgan, A., Hegaman, R., M., Andwu, X., 1993, Analysis of rock fragmentation using digital image processing, journal of geotechnical engineering, vol 119, NO. 7, 1144-1160 p.
- [62] Göktan, R.M., Aydan, C., Zengin, M., 1995, A case study on the comparision of measured and predicted mean fragment size from a large scale blast, 8th international congress on rock mechanics.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [63] Bozdağ, T., 1986, Development of a particle size distribution analysis by digital image processing, METU PhD Thesis, 126 p.
- [64] Esen, S., Öcal, A., Atalay, V., 1996, Sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak kayaç boyut dağılımının belirlenmesi, 2. delme – patlatma sempozyumu, Ankara.
- [65] Clark, G.B., 1987, Principles of rock fragmentation, John Willer and Sons, New York.
- [66] Grant, J.R., Dutton, A.J., 1983, Development of a fragmentation monitoring system for evaluating open stop blast performance at mount isa mines, 1st international symposium on rock fragmentation by blasting. Lulea Sweden, pp.637-652.
- [67] Just, G.O., 1979, Rock fragmentation in blasting, CIM bulletin, pp.143-148.
- [68] Ouchterlony, F., Niklasson, B., Abrahamsson, S., 1990, Fragmentation monitoring of production blasts by blasting, Fragblast-3, 283-289.
- [69] Stagg, M.S., Otterness, R.E., Siskand, D.E., 1992, Effects of blasting practices on fragmentation, proceedings of the 33rd U.S. symposium on rock mechanics, 313-322.
- [70] Hunter., G.C., McDernott, C, Mites, N.J., Singh, A., Soble, M.F., 1990, A review of image analysis techniques for measuring blast fragmentation, Mining science and technology, 11, 19-36.
- [71] Scott, A., Chitembo, C. And Kleine, T., 1993, The challenge of the prediction and control of fragmentation in mining, proc.of the 4th int. symp. on rock fragmentation by blasting, fragblast-4, Ed. Rosmanith, H., pp.507-517.
- [72] Latham, J.P., Meulen, J.V., Dupray, S., 2006, Prediction of fragmentation and yield curves with reference to armourstone production, Engineering geology, 87, 60-74.
- [73] Kim, Kwangmin, 2006, Blasting design using fracture toughness and image analysis of the bench face and muckpile, master of science in mining and minerals engineering, Blacksburg, Virginia., pp 5-8
- [74] Grant, G.R. and Dutton, A.J., 1983, Development of a fragmentation monitoring system for evaluating open stope blast performance at Mount Isa Mines, in Proceedings of 1st International Symposium on Rock fragmentation by Blasting, pp. 637 – 652.
- [75] Chung, S.H., Lee, N.H. and Hunter, C.J., 1991, A blast design analysis for optimizing productivity at INCO Ltd's Thompson Open Pit, in Proceedings of 17th Conference on Explosives and Blasting Techniques, 1991, pp. 119 – 127.
- [76] Paşamehmetoğlu, A., G., Karpuz, C., Müftüoğlu, Y., 1992, Performance assessment of hydraulic and cable shovels, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Volume 6, Issue 2 1992 , pp. 73 - 80
- [77] McGill, M. and Freadrich, J., 1994, The effect of fragmentation on loader productivity, in Proceedings of 5th State of the Art Seminar on Blasting Technology, Instrumentation and Explosives Application, pp. 713 – 724.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [78] Hanspal, S., Scoble, M. and Lizotte, Y., 1995, Anatomy of a blast muckpile and its influence on loading machine performance, in Proceedings of 21st Conf. on Explosives and Blasting Techniques, pp. 57 – 67.
- [79] Michaud, P.R. and Blanchet, J.Y., 1996, Establishing a quantitative relation between post blast fragmentation and mine productivity: a case study, in Proceedings of 5th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting,
- [80] Singh, S.P. and Yalcin, T., 2002, Effects of muck size distribution on scooping operations, in Proceedings of 28th Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques, pp. 315 – 325.
- [81] Singh, S.P., Yalcin, T., Glogger, M. and Narendrula, R., 2003, Interaction between the size distribution of the muck and the loading equipment, in Proceedings of 4th International Conference on Computer Applications in Mineral Industries,
- [82] Singh, S.P., Narendrula, R., 2006, Factors affecting the productivity of loaders in surface mines, int. j. of mining, reclamation and environment, pp. 20-32.
- [83] Sari, M., Lever, P.J.A., 2007, Effect of blasted rock particle size on excavation machine loading performance, 20th International mining congress and exhibition of Turkey – IMCET2007.
- [84] Nielson, K., 1987, Model studies of loading capacity as a function of fragmentation from blasting, in Proceedings of 3rd Mini-Symposium on Explosives and Blasting Research, pp. 71 – 80.
- [85] Frimpong, M., Kabongo, K. and Davies, C., 1996, Diggability in a measure of dragline effectiveness and productivity, in Proceedings of 22nd Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques, pp. 95 – 104.
- [86] Doktan, M., 2001, impact of blast fragmentation on truck shovel fleet performance, 17th international mining congress and exhibition of Turkey-IMCET2001, ISBN 975-395-417-4.
- [87] Morrell, S., 2004, An alternative energy – size relationship to that proposed by Bond for the design and optimisation of grinding circuits, Int.J.Miner.Pross. 74 (2004) pp 133-141.
- [88] Bohlooli, B., Hoven, E., 2007, A laboratory and full-scale study on the fragmentation behavior of rocks, Engineering Geology 89 pp. 1-8.
- [89] Shi, V., Kojovic, F., 2007, Validation of a model for impact breakage incorporating particle size effect, Int.J. Miner. Process. 82 (2007) 156-163.
- [90] Lindqvist, M., 2008, Energy considerations in compressive and impact crushing of rock minerals engineering xxx(2008) xxx-xxx.
- [91] Bayat, O., 1999, Cevher hazırlama, ikinci baskı, Ç.Ü., Adana, 146 s.
- [92] Yıldız, N., 1999, Öğütme, Ankara, 219 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [93] MacKenzie, A. S. 1965. Cost of Explosives - Do You Evaluate It Properly? 1965 American Mining Congress, Las Vegas, Nevada
- [94] Udy,L.L. and Thornley,G.M. 1977, The Real Cost of Blasting. Skillings Mining Review, Nov. 11, 1978 pp 10-14
- [95] Gold, R., D., Kennedy, D., A. and Gray, J., H., 1987, A review of drilling and blasting practices at the Fording River Operations. 11th Canadian Institute of Mining and Metallurgy District 6 Meeting, Vancouver, Canada
- [96] LeJuge, G. E. and Cox, N., 1995, The impact of explosive performance on quarry fragmentation proceedings of Explo95 Conference, Brisbane, Qld, Australia, Sept. 4 - 7, 1995 pp 445-452
- [97] Eloranta, J.,W., 1992, Cap Testing at the Minntac Mine. proceedings of the eighteenth conference of Explosives and Blasting Technique, Orlando, Florida, January 19-23,1992. International Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio, pp 205-211
- [98] Eloranta, J.W. 1993, Practical Blast Evaluation at The Minntac Mine proceedings of the nineteenth conference of Explosives and Blasting Technique, San Diego, California January 31-February 4, 1993. International Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio, pp 101-107
- [99] Eloranta, J.W. 1994, Stemming Selection for Large-Diameter Blast Holes. proceedings of the twentieth conference of Explosives and Blasting Technique, Austin, Texas, January 30-February 3, 1994. International Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio, pp 255-272
- [100] Eloranta, J.W. 1995, The Effect of Fragmentation on Downstream Processing Costs. Proceedings of Explo95 Conference, Brisbane, Qld, Australia, Sept. 4-7, 1995 pp 25-28
- [101] Eloranta, J.W. 1996, Geologic Data for Blasting, Proceedings of the twenty-second conference of Explosives and Blasting Technique, Orlando, Florida, February 4-8, 1996. International Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio, pp 107-117
- [102] Fuerstenau, M. C., Chi, G. and Bradt, R. C., 1995, Optimization of Energy Utilization and Production Costs in Mining and Ore Preparation. XIX International Mineral Processing Congress, San Francisco, California. Oct. pp 161-164
- [103] Moody, L., Cunningham, C. and Lourens, H. 1996, Measuring the effect of blasting fragmentation on hard rock quarrying operations. Proceedings of FRAGBLAST5, Fragmentation by Blasting pp 353-359, Montreal, Quebec, Canada August 25 - 29, 1996
- [104] Paley, N., and Kojovic, T., 2001, Adjusting Blasting to Increase SAG Mill Throughput at the Red Dog Mine, Proc of 27th Annual Conf. On Explosives and Blasting Research, Orlando, FL.

KAYNAKLAR DİZİNİ(Devamı)

- [105] Adel, G., Kojovic, T., Thornton, D., 2006, Mine-to-mill optimisation of aggregate production, final report, reporting period: 6/5/4-9/30/06. Dep.of.min.and mine. Eng. Virginia Polytechnic Ins.&State University, Blacksburg, Virginia, and The University of Queensland Avustralia.
- [106] Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1996, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri, çalışma grubu raporu, Çimento hammaddeleri ve yapı malzemeleri cilt 1,
- [107] Eevli, B., Önce, G., Ediz, İ.G., Akçakoca H., Uysal, Ö., Doğruöz, C., Topal, İ., 2003, KIRDAR Hazır Beton, İnşaat, Madencilik Sanayii ve Ticaret Limited Şirketi adına yapılan; Taşocağı (Basamak Sistemine Geçiş) projesi.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kütahya’da doğan Topal, Türkiye Cumhuriyeti vatandaşıdır. Topal, 1998 yılında Kütahya Teknik Lisesi Elektronik Bölümünden mezun olmuştur. 2002 yılında Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği bölümünden mezun olmuş, aynı yıl Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2004 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayan Topal, aynı yıl doktora eğitimine başlamıştır. Halen Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesinde Öğretim Elemanı olarak görev yapan Topal, 2009 yılında doktora eğitimini tamamlayarak, Doktor Maden Yüksek Mühendisi ünvanı almıştır.