

TKİ-GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ
AÇIK OCAKLARINDA DELİK GEOMETRİSİNİN
PARÇA BOYUTU VE DEKAPAJ MALİYETİ
ÜZERİNE ETKİSİ
Ahmet Ömer ÜNLÜ
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Temmuz- 2006

TKİ-GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ AÇIK OCAKLARINDA
DELİK GEOMETRİSİNİN PARÇA BOYUTU
VE DEKAPAJ MALİYETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ahmet Ömer ÜNLÜ

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Önder Uysal

Temmuz - 2006

KABUL ve ONAY SAYFASI

Ahmet Ömer ÜNLÜ'nün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı TKİ-GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ AÇIK OCAKLARINDA DELİK GEOMETRİSİNİN PARÇA BOYUTU VE DEKAPAJ MALİYETİ ÜZERİNE ETKİSİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

05/07/2006

(Sınav tarihi)

Üye : Doç.Dr. Kaan ERARSLAN

Üye : Yrd.Doç.Dr. Kazım GÖRGÜLÜ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Önder UYSAL

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

Prof.Dr.M.Sabri ÖZYURT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TKİ-GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ AÇIK OCAKLARINDA DELİK GEOMETRİSİNİN PARÇA BOYUTU VE DEKAPAJ MALİYETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ahmet Ömer ÜNLÜ

Maden Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2006

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Önder UYSAL

ÖZET

Bu çalışmada TKİ-GLİ açık ocaklarında gerçekleştirilen delme-patlatma işlemleri ve bu işlemlerin dekapaj maliyetine etkileri ele alınmıştır. Ele alınan panoda birer aylık süreler boyunca 3 ayrı delik düzeninde patlatma yapılmıştır (delikler arası mesafe x dilim kalınlığı: 7mx6m, 7mx5m, 6mx5m). Delik düzeninin parçalanmaya olan etkisini ortaya koyabilmek için her bir delik düzeni için patlatma sonrası yığının boyut dağılımı belirlenmiştir. Ayrıca, her delik geometrisi için dekapaj birim maliyeti hesaplanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda delik düzeninin dekapaj maliyeti üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Delik Düzeni, Dekapaj Maliyeti, Parçalanma,

**THE EFFECT OF BLASTING DRILL-HOLE PATTERN IN TKI-GLI OPEN PIT
MINES ON FRAGMENTATION AND OVERBURDEN COSTS**

Ahmet Ömer ÜNLÜ

Mining Engineering, Master Thesis, 2006

Thesis Supervisor: Yrd.Doç. Dr. Önder UYSAL

SUMMARY

In this study, drilling and blasting processes carried out in TKI-GLI open pit mines and the effects of this processes on overburden costs were examined. In considered benches, three different drill-hole pattern were drilled for the blasting (spacing x burden=7x6, 7x5, 6x5). The study carried out for a period of three month. In order to reveal the effect of drill-hole pattern on fragmentation, size distribution of muckpile for each drill pattern was determined. In addition, to each drill-hole pattern, overburden unit costs were calculated. Based on the results of this study, it was revealed that drill-hole pattern have significant effect on overburden costs

Keywords: Drill-Hole Pattern, Fragmentation, Overburden Cost.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinden başlayarak, bu çalışmanın her aşamasında yardım ve katkılarını esirgemeyen Tez Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Önder UYSAL'a ve Maden Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi İsmail TOPAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. TUNÇBİLEK BÖLGESİ HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	3
2.1. Garp Linyitleri İşletmesi'nin Tanıtılması.....	3
2.2. Bölge Coğrafyası.....	4
2.3. Jeoloji.....	4
2.3.1. Stratigrafi.....	4
2.3.1.1. Paleozoyik.....	6
2.3.1.2. Mesozoyik.....	6
2.3.1.3. Senezoyik.....	6
2.3.1.4. Kuvaterner.....	8
2.3.2. Yapısal jeoloji.....	8
2.3.3. Paleocoğrafya.....	9
2.4. Formasyonların Jeoteknik Özellikleri.....	9
2.4.1. Jeoteknik sondajlar.....	9
2.4.2. Jeomekanik çalışmalar.....	10
2.4.3. Kaya Kütle Sınıflandırılması.....	12
3. OCAK İLE İLGİLİ BİLGİLER.....	14
3.1. Delme ve Patlatma.....	14
3.1.1. Delik makinesinin teknik özellikleri.....	16
3.1.2. Patlayıcılar ve teknik özellikleri.....	17
3.2. Yükleme ve Nakliye.....	18
3.2.1. Yükleme.....	18
3.2.1.1. Komatsu PC 600 hidrolik ekskavatör (beko).....	19
3.2.1.2. Hitachi Zaxis 850 H hidrolik ekskavatör (beko).....	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.1.3. Cat 385 B ME hidrolik ekskavatör (beko).....	21
3.2.1.4. Komatsu WA 500 Lastikli Yükleyici.....	22
3.2.2. Dekapaj Nakliyesi	23
4. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUT DAĞILIMININ BELİRLENMESİ.....	25
4.1. Parça Boyutu Ölçümünde Kullanılan Yazılımlar.....	25
4.1.1. Fragscan, PowerSieve+, Split ve WipFrag Yazılımlarının Karşılaştırılm..	25
4.1.1.1. <u>Boyut Dağılım Katsayısı</u>	27
4.1.1.2. <u>Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi</u>	27
4.2. SPLIT-Desktop Yazılımı.....	30
4.2.1. Görüntü elde etme ve ölçekleme.....	31
4.2.2. Parçacıkların bölütlenmesi.....	32
4.2.3. Bölütlenmiş görüntü üzerinde düzenleme yapılması.....	33
4.2.4. Boyut dağılımının hesaplanması.....	34
4.2.5. Boyut dağılım sonuçlarının sunumu.....	35
4.2.6. SPLIT-Desktop sisteminin doğruluğu.....	35
4.3. SPLIT-Desktop Yazılımının G.L.İ. Dekapaj Sahasında Kullanılması.....	35
5. DEKAPAJ MALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ.....	49
5.1. Delme-Patlatma Maliyetleri.....	49
5.2. Yükleme ve Taşıma	51
5.2.1. Delik düzeninin yükleme verimi üzerindeki etkisi.....	51
5.2.1.1. 7m x 6m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri....	52
5.2.1.2. 7m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri....	54
5.2.1.3. 6m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri...	56
5.2.2. Delik düzeninin taşıma verimi üzerindeki etkisi.....	57
5.2.2.1. 7m x 6m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri.....	58
5.2.2.2. 7m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri.....	61
5.2.2.3. 6m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri.....	64
5.3. Yükleme ve Taşıma Maliyetleri.....	67
5.3.1. Birim Dekapaj Maliyeti.....	68
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kömür damarını çevreleyen tabakalar.....	11
3.1. Delik geometrisinin genel görünümü.....	15
3.2. Delik şarjının şematik görünümü.....	15
3.3. Ingersoll-Rand T 4 BH tipi delik makinası.....	17
3.4. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün boyutları.....	19
3.5. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları..	20
3.6. Komatsu WA 500 lastikli yükleyici makine boyutları.....	22
4.1. Fragscan, PowerSieve+, Split ve WipFrag yazılımlarının karşılaştırılması çalışmasında kullanılan fotoğraflar.....	26
4.2. Örnek numunelere ait yazılımlardan alınan karakteristik boyut değerlerinin (S _c) eleme değerleri ile karşılaştırılması.....	28
4.3. Örnek numunelere ait yazılımlardan alınan benzerlik katsayısı değerlerinin (n) eleme değerleri ile karşılaştırılması.....	28
4.4. On adet numuneye ait eleme sonuçları ile yazılımlardan elde edilen parça boyutu dağılımı değerlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması.....	29
4.5. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın, (büyük ölçek).....	32
4.6. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın, (orta ölçek).....	33
4.7. Şekil 4.5.'deki yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali.....	33
4.8. Şekil 4.5.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	34
4.9. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 6 m delik düzeni (orta ölçek).....	36
4.10. Şekil 4.9.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 6 m delik düzeni (orta ölçek).....	36
4.11. Şekil 4.9.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 6 m delik düzeni (orta ölçek).....	37
4.12. Şekil 4.9.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	37
4.13. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek).....	38
4.14. Şekil 4.13.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek).....	38
4.15. Şekil 4.13.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek).....	39
4.16. Şekil 4.13.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	39
4.17. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	40
4.18. Şekil 4.17.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	40
4.19. Şekil 4.17.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	41

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.20. Şekil 4.17.'deki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	41
4.21. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	42
4.22. Şekil 4.21.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	42
4.23. Şekil 4.21.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	43
4.24. Şekil 4.21.'deki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	43
4.25. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	44
4.26. Şekil 4.25.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	44
4.27. Şekil 4.25.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek).....	45
4.28. Şekil 4.25.'deki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	45
4.29. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	46
4.30. Şekil 4.29.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	46
4.31. Şekil 4.29.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek).....	47
4.32. Şekil 4.29.'daki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği.....	47
4.33. 7m x 6m, 7m x 5m ve 6m x 5m delik düzenlerinde atımı yapılan yığınların boyut dağılımlarının aynı grafik üzerinde gösterilmesi.....	48
4.34. 7m x 6m, 7m x 5m ve 6m x 5m delik düzenlerinde atımı yapılan yığınların ortalama boyut dağılımlarının ortalamasının aynı grafik üzerinde gösterilmesi..	48
5.1. Açık işletmelerde parçalanma derecesinin maliyetler üzerine etkisi.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tunçbilek bölgesi kömürlerinin teknik özellikleri	3
2.2. Stratigrafik Kesit.....	5
2.3. Jt4 sondajı jeoteknik etüt sonuçları.....	12
2.4. Kömür ve çevre kayaçların fiziksel ve jeomekanik parametreleri.....	13
3.1. Dekapaj Malzemesi Marnın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	14
3.2. Ingersoll-Rand T 4 BH tipi delik makinasının özellikleri.....	16
3.3. Powergel Magnum 50x225 termodinamik ve teknik özellikleri.....	17
3.4. ANFO'nun termodinamik ve teknik özellikleri.....	18
3.5. Panoda kullanılan yükleyici makineler.....	18
3.6. Komatsu PC 600 marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün teknik özellikleri.....	19
3.7. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün boyut değerleri.....	20
3.8. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyut değerleri.....	21
3.9. Cat 385 B ME marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları.....	22
3.10. Komatsu WA 500 lastikli yükleyici makine boyut değerleri.....	23
3.11. Panoda kullanılan dekapaj kamyonlarına ait bilgiler.....	24
4.1. 10 adet numuneye ait Rosin Rammler benzerlik katsayısı (n) ve Rosin Rammler karakteristik boyut (Sc) değerleri.....	27
4.2. Örnek numunelere ait eleme işlemi sonuçları ve yazılımlardan alınan karakteristik boyut değerleri (Sc) ile benzerlik katsayısı değerleri (n).....	30
5.1. Uygulanan Delik Geometrilere İçin Patlatma İle İlgili Veriler.....	50
5.2. Delme-Patlatma Maliyetleri.....	51
5.3. Yükleyicilerin mazot, çalışma zamanı ve yükleme periyot sayısının takip çizelgesi örneği.....	52
5.4. Patlatma delik düzenininin 7m x 6m olduğu aya ait yükleyici çalışma bilgileri.....	53
5.5. Patlatma delik düzenininin 7m x 5m olduğu ay yükleyici çalışma bilgileri.....	54
5.6. Patlatma delik düzenininin 6m x 5m olduğu ay yükleyici çalışma bilgileri.....	56
5.7. Kamyonların mazot,sefer ve çalışma zamanlarınınin takip edildiği çizelge örneği.....	58
5.8. Patlatma delik düzenininin 7m x 6m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri.....	58
5.9. Patlatma delik düzenininin 7m x 5m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri.....	61
5.10. Patlatma delik düzenininin 6m x 5m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri.....	65
5.11. Yükleme ve Taşıma İşleri İçin Mazot Tüketimler ve Maliyetleri.....	68
5.12. Dekapaj Birim Maliyetleri.....	69

1. GİRİŞ

Bir açık ocak işletmesinin faaliyetleri; delme, patlatma, yükleme ve taşımadan oluşmaktadır. Delme-patlatma bu faaliyetler zincirinin en önemli halkasıdır. Patlatmanın sonucu olarak ortaya çıkan parçalanma, tırnak oluşumu, seyrelme vb gibi sonuçlar, takip eden işlemleri ve bunların maliyetlerini etkilemektedir [1]. Diğer önemli işlemler yükleme ve taşımadır.

Günümüzde açık ocakların günden güne daha derinlere ulaştığı da göz önüne alınırsa, bu işlemlerin önemi daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Yükleme ve taşıma maliyetleri direkt olarak taşınan malzemenin parça boyutuyla ilgilidir. Parça boyutu da, kullanılan patlayıcı maddenin özellikleri ve delik geometrisine bağlıdır. Uygun olmayan ve yetersiz yapılan bir patlatma, kazı ve yükleme ile taşıma işlerinin zorluk derecesine ve hızına etki ederek bu işlerde verim düşüklüğüne ve maliyet artışına neden olur [2 ve 3]. Bu nedenle, patlatma işlemi; takip eden işlemler ve dekapaj maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Patlatma sonrası ortaya çıkan kaya parçalarının boyut dağılımı madencilikte son derece önemlidir. Genişleyen geometri, patlayıcı maddenin kaya yapılarını daha geniş açı ile etkilemesine ve elde edilen yığında, tane boyutunun artmasına neden olmaktadır [4 ve 5]. Belli boyutların üstünde gerçekleşen parçalanma (iri parçalar), patlatmayı takip eden işlemlerin maliyetlerini yükseltirken, bunun tersi olarak aşırı boyut küçültme de delme-patlatma maliyetlerini artırmaktadır [6,7,8,9,10,11 ve 12]

Bu çalışma kapsamında TKI-GLI açık ocaklarına ait bir dekapaj sahasında 3 aylık bir çalışma yapılmıştır. 3 ay boyunca birer aylık dönemler içinde her ay ayrı delik düzeninde olmak üzere 3 farklı delik düzeninde patlatmalar yapılmıştır. Bu delik düzenleri 7mx6m, 7mx5m ve 6mx5m olarak belirlenmiştir. Öncelikle her delik düzeni için parça boyut dağılımı analizi yapılarak, delik düzeni değişikliklerinin parçalanmaya olan etkisi ortaya konulmuştur. Boyut dağılımının belirlenmesinde SPLIT adlı yazılım kullanılmıştır. Daha sonra, her dönem için delme-patlatma, yükleme ve nakliye maliyetleri hesaplanmış ve birim dekapaj maliyeti belirlenmiştir.

Altı bölüm olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın ikinci bölümünde Tunçbilek bölgesi hakkında genel bilgilere, üçüncü bölümünde çalışmanın yapıldığı ocak ile ilgili bilgilere, dördüncü bölümünde patlatma sonrası parça boyut dağılımının belirlenmesinde kullanılan yazılımlar hakkında genel bilgi ile bu çalışmada kullanılan Split-Desktop Yazılımının çalışma sistemi ve G.L.İ. Dekapaj Sahasında Uygulanmasına, beşinci bölümde dekapaj maliyetlerinin

belirlenmesi ve delik geometrisindeki yapılan değişikliklerin maliyetler üzerindeki etkisine ve son bölümde ise sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

Bu çalışmada amaç delik geometrisinde yapılan değişiklikler ile parça boyutu dağılımındaki değişiklikleri incelemek ve bu değişimlerin delme-patlatma, yükleme ve taşıma verimleri ile maliyetleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu sayede optimum delme-patlatma ile toplam maliyeti minimum oranda gerçekleştirmektir.

2. TUNÇBİLEK BÖLGESİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Tunçbilek bölgesinde çalışmakta olan Garp Linyitleri İşletmesi, bölgenin coğrafyası, jeolojisi ve formasyonların jeoteknik özellikleri alt bölümlerde işlenmiştir.

2.1. Garp Linyitleri İşletmesi'nin Tanıtılması

Garp Linyitleri İşletmesi; Kütahya ili, Tavşanlı ilçesi, Tunçbilek beldesinde 1940 yılında faaliyete başlamıştır. İmtiyaz sahası 13.477 hektar olup, işletilebilir rezerv açık ocak 70.419.000 ton, yer altı 264.304.000 ton, toplam ise 334.723.000 ton'dur.

Yıllık kömür üretim kapasitesi 1.000.000 ton olan iki adet yer altı işletmesi vardır. Bunlardan Tunçbilek yer altı işletmesi, geri dönüşlü uzun ayak blok göçertme sistemiyle çalışmakta, Ömerler yer altı işletmesi ise tam mekanize geri dönüşlü uzun ayak blok göçertmeli olarak çalışmaktadır.

G.L.İ.'de 3.000.000 ton/yıl olan iki adet lavvar tesisi vardır. Bunlardan Tunçbilek Lavvar Tesisi 1952 yılında faaliyete geçmiş olup, ikincisi olan Ömerler Lavvarı 1993 yılında faaliyete başlamıştır.

Çizelge 2.1. Tunçbilek bölgesi kömürlerinin teknik özellikleri

Cinsi	Rut. (%)	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (%)	Saf Kömür (%)	Üst Isı (Kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)
Açıkocak Tüvenan	15	38,21	26,95	19,84	46,79	2877	1,35
Tunçbilek Yeraltı	11,8	44,36	25,66	18,18	43,84	2561	0,93
Ömerler Yeraltı	15,5	41,74	24,84	17,92	42,76	2547	1,19

Tunçbilek kömürleri, Türkiye'deki linyitler içerisinde kaliteli linyitler arasında yer almaktadır. Teknik özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Açık ocaklar, dekapaj ve kömür üretimi olarak iki aşamalı faaliyet göstermektedir. Dekapajda, ekskavatör + kamyon ve dragline yöntemi uygulanmaktadır. Kömür kazıda hidrolik ekskavatör + kamyon yöntemi uygulanmaktadır. G.L.İ.'de yapılan dekapaj miktarı 60.000.000 m³/yıl, kömür üretim miktarı ise 5.000.000 ton/yıl'dır.

Üretilen kömür miktarının 2.000.000 tonu kurulu gücü 429 MW olan termik santrale beslenmekte, geriye kalan 3-3,5 milyon ton kömür ise piyasaya verilmektedir. Kömür üretim miktarı piyasanın talebine göre artmaktadır.

2.2. Bölge Coğrafyası

Linyit damarı ve işletme Tunçbilek beldesindedir. Tunçbilek beldesi Tavşanlı ilçe merkezine 13 km. uzaklıktadır. Tunçbilek beldesinin ulaşımı kara ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Asfalt kaplı düzgün karayolu Kütahya üzerinden tüm illere kolay ulaşım olanağı vermektedir. Belde Tavşanlı'dan geçen İzmir-Ankara demiryoluna 13 km'lik demiryolu hattı ile bağlanmaktadır.

Bölge kışları soğuk, yazları sıcak geçen karasal iklim kuşağındadır. Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği 650-1100 m. arasında değişmekte olup, çevre ormanlarla kaplıdır.

2.3. Jeoloji

2.3.1. Stratigrafi

Tunçbilek kömür havzasında en yaşlı birim olarak Paleozoyik yaşlı Metamorfik şist ve kristalize kireçtaşları ile Paleozoyik üzerinde diskordant olarak kretase yaşlı ultrabazik kayalar bulunmaktadır. Paleosende granit intrüzyonu görülmektedir. (Ayaydın,C.,1987) Tüm bu birimler Neojen yaşlı birimlerinin temelini oluşturmaktadır. Temel üzerinde diskordant olarak bulunan Neojen: Miyosen (Tunçbilek serisi) ve Plitosen (Domaniç serisi) ile temsil edilmektedir. (Bkz. Çizelge 2.2.) Miyosen; kumtaşı-konglomera (m₁), marn (m₂), kireçtaşı ve kumtaşı konglomera (m_{3a}) olmak üzere 4 birime ayrılmıştır.

Pliyosen ise tüfit (PL3), kireçtaşı (PL2), bazalt (V) ve kireçtaşı (PL4) olmak üzere 4 birime ayrılmıştır.

Çizelge 2.2. Stratigrafik Kesit

Üst Sistem	Sistem	Ast Sistem	Seri	Kalınlık (m)	Rumuz	Formasyon	
				25	Al	Alüvyon	
				5	Ym	Yamaç Molozu	
Senozoyik	Tersiyer	Neojen	Pliyosen	100-125	Pl ₄	Kireç Taşı	
				450	Pl ₃	Tüfit	
			Miyosen	50-150	M _{3a}	Kumtaşı- Konglomera	
					M _{3b}	Kireçtaşı	
				400-450	M ₂	Marn, Killi-Siltli Marn	
				50-150	M ₁	Kumtaşı-Konglomera	
			Paleosen	?	Tg	Granit	
			Mesozoyik	Kretase	?	Ts	Ultrabazik Kayaçlar-Serpantin
			Paleozoyik		?	Tk	Kristalize Kireçtaşı-Mermer
					?	Tmş	Metamorfik Şist

Miyosen ve Pliyosen arasında diskordansın varlığı şüphelidir. Havzada Miyosen yaşlı linyit oluşumları mevcuttur. M1 birimi içerisinde görülen mercekli linyit oluşumlarının

devamlılıkları yoktur. M2 biriminin alt seviyelerinde görülen linyit oluşumu havzanın işletilebilir önemli yatağını meydana getirmektedir. M3 birimlerinin içerisinde de yer yer ekonomik değeri olmayan merceksel linyit oluşumları mevcuttur.

2.3.1.1. Paleozoyik

Metamorfik şist (tmş) : Havzanın kuzeyinde dar bir alanda görülmektedir. Şistozite az belirgindir. Yeşilimsi gri, kahverengi gri renklidir.

Kristalize kireçtaşı (tk): Havzanın kuzeyinde Fıranlar-Sarıot arasında oldukça geniş alanlarda, batıda ise Burhan civarında dar bir alanda görülmektedir.

2.3.1.2. Mesozoyik

Paleozoyik üzerinde diskordan bulunan Mesozoyik birimleri ultrabazik kayalardan oluşmuştur. Havzanın çevresi tamamen ultrabazik kayalarla kaplıdır. Ultrabazik kayalar genellikle Hazburgit ve Dünitlerden meydana gelmiştir. Serpantinleşme oldukça yaygındır. Kırık fay zonlarında manyezit damarları boldur. Grimsi, yeşilimsi siyah renklidir. Yer yer konik merccekler içerir.

2.3.1.3. Senezoyik

Havzada Senezoyik, Paleosen yaşlı granit sokulumu Miyosen ve Pliyosen yaşlı gölgesel çökellerle, Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları ile temsil edilmiştir.

i. Paleosen

Granit: Havzanın kuzeybatısında Sarıot dolayında görülmektedir. Granadiyorit karakterinde olan bu sokulum Uludağ granitleri ile ilişkili olup yaşı eski çalışmalara göre Paleosen olarak gösterilmektedir.

Tüm bu birimler Neojen yaşlı birimlerinin temelini oluşturmaktadır. Temel üzerinde diskordan olarak bulunan Neojen: Miyosen (Tunçbilek serisi) ve Plitosen (Domaniç serisi) ile temsil edilmektedir.

Miyosen; kumtaşı-konglomera (m_1), marn (m_2), kireçtaşı (m_3b) ve kumtaşı-konglomera (m_3a) olmak üzere 4 birime ayrılmıştır.

Pliyosen ise tüfit (PL_3), kireçtaşı (PL_2), bazalt (V) ve kireçtaşı (PL_4) olmak üzere dört birime ayrılmıştır.

Miyosen ile Pliyosen arasında diskordansın varlığı şüphelidir. Havzada Miyosen yaşlı linyit oluşumları mevcuttur. M_1 birimi içerisinde görülen merceksel linyit oluşumlarının devamlılıkları yoktur. M_2 biriminin alt seviyelerinde görülen linyit oluşumu havzanın işletilebilir önemli yatağını meydana getirmektedir. M_3 birimlerinin içerisinde de yer yer ekonomik değeri olmayan merceksel linyit oluşumları mevcuttur.

Tüfit (PL_3): Havzada oldukça geniş alanlarda görülmektedir. Genellikle açık beyazımsı gri renkli olup bol biotitlidir, biotitler yer yer iridir. Feldspatlar genellikle altera olmuştur. Yer yer çakıllı tüfit, seyrek olarak aglomera karakterindedir. Tüfit (PL_3) birimi içerisinde yaş belirtecek herhangi bir fosil bulunamamıştır. Stratigrafik konumu ve eski çalışmalara dayanılarak yaşı pliyosen olarak kabul edilmiştir. Bu birimin kalınlığı 450 m. dolayındadır. Bu birim içerisinde ara katı olarak bulunan kireçtaşı (PL_2) ve bazalt (V) birimleri yer almaktadır.

PL_3 birimi üzerinde ise konkordan olarak kireçtaşı (PL_4) birimi bulunmaktadır. Havzanın kuzeyini hemen hemen tamamen kaplar. Tüfit (PL_3) birimi üzerinde konkordan olarak bulunan bu birim sahanın bazı kesimlerinde tüfit (PL_3) birimi ile yanal ve dikey geçişlidir. Sahanın doğusunda yer yer bazaltlar üzerine doğrudan gelen bu birim sahanın kuzeybatısında kireçtaşı (PL_2) birimi ile dikey geçişlidir.

i.i. Miyosen

A-Kumtaşı- Konglomera (m_1) : Bu birim güneyde Yörgüç, Demirbilek ve Hamitabat dolaylarında görülmektedir. Kumtaşı-Konglomera oluşmuş bu birim yer yer gevşek yer yer sıkı tutturulmuştur. Orta boylanmış olup, çakılları yuvarlak, yarı yuvarlak ve küt köşelidir. Çakıl boyları birkaç mm.'den 5-6 cm.'ye kadar değişmektedir. Çoğunlukla serpantin, kuvars ve kireçtaşı çakılları görülmekte olup, orta kalın ve belirgin tabakalanmalıdır. Kumtaşı ve konglomera seviyeleri ardalanmalı olup içinde yer yer ekonomik değeri olmayan merceksel linyit damarı mevcuttur. Bu birim üzerine konkordan olarak marn (m_2) birimi gelmektedir.

B-Marn (m_2) : Havzanın güneyinde özellikle işletme sahalarında geniş alanlarda görülmektedir. M_2 biriminin alt seviyelerinde ekonomik linyit oluşumu mevcuttur. Bu birimin kalınlığı 400-450 m. kadardır.

C-Kireçtaşı (m_{3a}) : Havzada Soğucak, Böçen, Ömerler dolaylarında oldukça geniş alanlar kaplar. Genellikle kireçtaşı ve silisifiye kireçtaşından oluşmuştur.

D-Kumtaşı-Konglomera (m_{3b}) Havzanın güneyinde sadece Muhacir köyü civarında görülmektedir. Genellikle gevşek tutturulmuş kumtaşı-konglomera ve kil ara katkılarından oluşmuştur. M_{3b} birimiyle Miyosen serileri tamamlanmış, üzerine Pliyosen çökelleri gelmiştir.

i.i.i. Pliyosen

Miyosen yaşlı birimler üzerinde konkordan olarak bulunur.

A-Tüfit (PL₃) : Havzada oldukça geniş alanlarda görülmektedir. Genellikle açık beyazımsı gri renkli olup bol biotitlidir, biotitler yer yer iridir. Feldspatlar genellikle altera olmuştur. Yer yer çakıllı tüfit, seyrek olarak aglomera karakterindedir. Tüfit (PL₃) birimi içerisinde yaş belirtecek herhangi bir fosil bulunamamıştır. Stratigrafik konumu ve eski çalışmalara dayanılarak yaşı pliyosen olarak kabul edilmiştir. Bu birimin kalınlığı 450 m. dolayındadır. Bu birim içerisinde ara katı olarak bulunan kireçtaşı (PL₂) ve bazalt (V) birimleri yer almaktadır. PL₃ birimi üzerinde ise konkordan olarak kireçtaşı (PL₄) birimi bulunmaktadır.

B-Kireçtaşı (PL₂) : Tüfit (PL₃) birimi içerisinde ara katkı şeklinde görülen bu birim sahanın doğusuna doğru kamalanmaktadır. Havzanın kuzey batısında ise kireçtaşı (PL₂) biriminin kalınlığı artmakta ve tüfit (PL₃) biriminin üst seviyeleriyle yanal geçişli olduğu görülmektedir. Her iki kireçtaşının gözlemsel ayrılması oldukça güç olup stratigrafik konumları nedeniyle ayrılabilir.

C-Kireçtaşı (PL₄) : Havzanın kuzeyini hemen hemen tamamen kaplar. Tüfit (PL₃) birimi üzerinde konkordan olarak bulunan bu birim sahanın bazı kesimlerinde tüfit (PL₃) birimi ile yanal ve dikey geçişlidir. Sahanın doğusunda yer yer bazaltlar üzerine doğrudan gelen bu birim sahanın kuzeybatısında kireçtaşı (PL₂) birimi ile dikey geçişlidir.

2.3.1.4. Kuvaterner

Daha yaşlı birimler üzerine diskordan olarak bulunan Kuvaterner, yamaç molozu (Ym) ve alüvyon (Al) ile temsil edilmektedir. Yamaç molozu havzada sadece Dededüz Tepe'nin kuzeyinde, alüvyon ise akarsu vadilerinde görülmektedir.

2.3.2. Yapısal jeoloji

Neojen havzasında yapısal olarak önemli olabilecek fay ve kıvrım eksenlerine rastlanılmamaktadır. Genelde havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak normal faylar gelişmiştir. Sahanın tektoniğine yönelik jeofizik- rezistivite ve kömürlü zonun tavan kotuna göre yapılan yapı-kontur haritalarında fayların genelde kuzey güney doğrultusunda geliştikleri gözlenmiştir. Tabaka eğimleri genelde 5-20⁰ eğimle kuzeydoğuya doğrudur.

Başlangıç Neojen havzasında sakin olan tektonik faaliyet marn (m₂) biriminin çökmesinden sonra Miyosen sonlarına doğru biraz hareketlenmiştir. Miyosen sonlarındaki hareketler ise, Tunçbilek serisi tabakalarının eğim açılarını yükseltmiş, yeni faylanmalar

meydana getirmiştir. Miyosen sonlarında başlayan volkanik faaliyet nedeniyle genişleyen havzada Domaniç serisi birimleri çökelmiştir.

2.3.3. Paleocoğrafya

Üst Kretase'den beri kara halinde olan ve şiddetli erozyonun etkisi altında kalan havza, alt Miyosende bazı yerlerde ılıman ve yağışlı iklim sonucu tatlı su istilasına uğrayarak bataklık ortamı ve buna bağlı olarak linyit oluşmuştur. Daha sonra gölün derinleşmesi sonucu bataklık ortamı ortadan kalkmış, marn (m_2) ve kireçtaşı (m_3) birimleri çökelmiştir. Bu arada yer yer sellenmeler, yer yer de havza kenarında akarsu fasiyesi etkin olabilmiştir. Bunun neticesinde gevşek çimentolu kumtaşı-konglomera (m_3b) oluşmuştur. Pliyosenden sonra yükselerek kara durumuna geçen havza aşınma dönemine girmiş ve bu günkü durumuna gelmiştir.

Havzanın paleotopoğrafyasında ise batıda Soğucak- Gözeren hattıyla başlayan çukurluk, Yörgüç civrında mostra veren temelin Böçen- Saruhanlar hattından yükselmesi nedeniyle eşik meydana getirmekte doğuya doğru tekrar devam eden çukurluğun Güney-Çarşamba hattına kadar devam ettiği sanılmaktadır. Güneyde de Hamitabat-Demirbilek hattıyla başlayan çanak, kuzeyde Çarşamba-Gözeren hattına kadar devam ettiği tahmin edilmektedir.

2.4. Formasyonların Jeoteknik Özellikleri

Ömerler kömür sahasının projelendirilmesine yönelik jeoteknik parametrelerin saptanması için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne Nisan 1987 tarihinde bir rapor halinde sunulmuştur. Ayrıca yer altı mekanizasyon projesine ışık tutmak üzere 07.03.1994 tarihinde Dokuz Eylül Üniversitesi ile mühendislik hizmetleri protokolü yapılmıştır. Bu proje kapsamında sahanın jeoteknik parametreleri incelenmiş, formasyonların jeomekanik özellikleri laboratuvar ve ölçümlerle belirlenmiş ve kömür damarını çevreleyen kayaların kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır.

2.4.1. Jeoteknik sondajlar

Jeoteknik parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak Jt1, Jt2, Jt3 sondajları yaptırılmıştır. Bu çalışma ile Tunçbilek bölgesi Domaniç havzasının jeoteknik karakteristikleri hakkında ön bilgiler edinilmiştir. Daha sonra 01.11.1987 tarihinde Jt4 sondajı yaptırılmıştır. Bu sondaj halen çalışan ocakların sahip olduğu Tunçbilek Serisi içerisinde yapıldığından bu sondajdan elde edilen bulgular göz önüne alınacaktır.

Yapılan Jt4 sondajı sonucu sahada geçilen formasyonlar, kıltaşı, dolomit ve manyezit, kireçtaşı, kalkerli marn ve marndır. Sahada bulunan bu birimler kıltaşı, kalkerli marn ve marn olmak üzere üç ana gruba toplanmıştır. [14]

Jt4 sondajının toplam karot verimi % 89,11 sağlam karot verimi % 77,71 ve RQD değeri ise % 42,20'dir. RQD değeri kullanılarak yapılan sınıflamada sahadaki marnlar zayıf kayaç sınıfına girmektedir. Jt4 sondajından alınan örneklerle değişik laboratuvar testleri yapılmıştır. Bu test sonuçları Çizelge 2.3.'te verilmiştir.

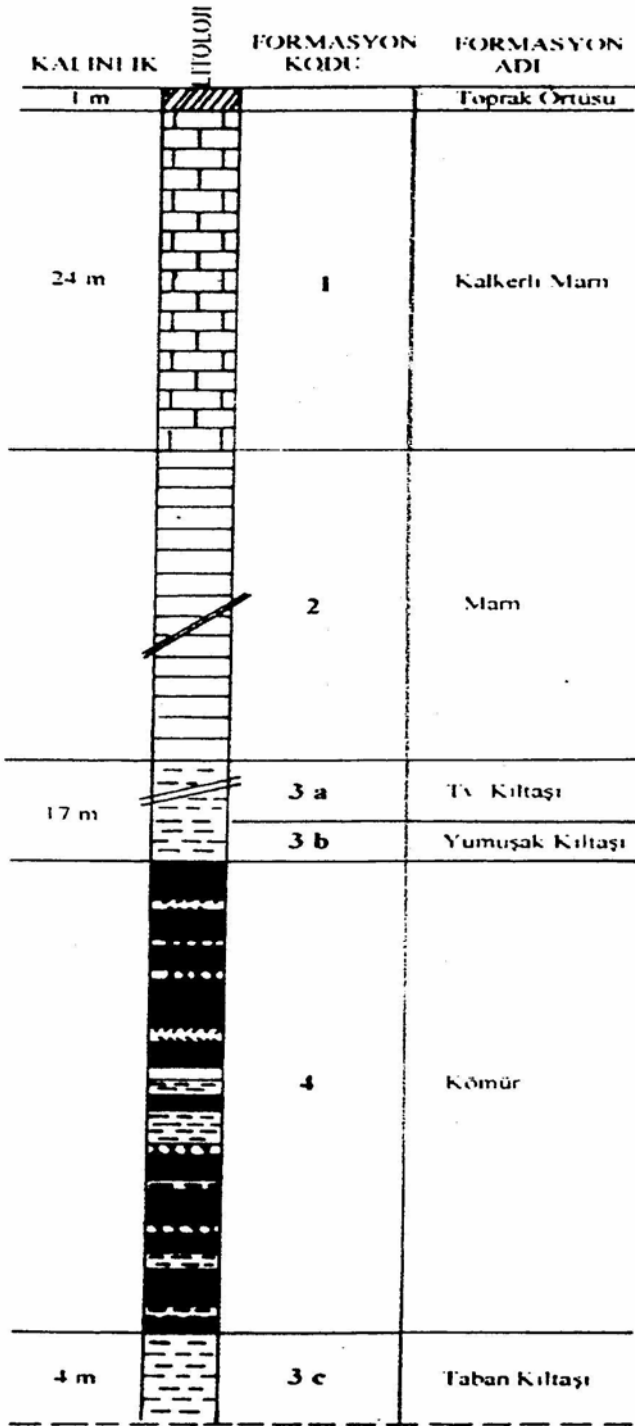
2.4.2. Jeomekanik çalışmalar

Proje kapsamında mevcut formasyonların jeoteknik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak sahadan değişik tarihlerde numune alımı, yerinde süreksizlik tesbitine yönelik ölçümler üniversite tarafından yapılmıştır. Kömür damarının çevreleyen formasyonların belirlenmesi amacıyla stamp çıkarma ve kesit alınma işlemleri de yapılmıştır. Yerinde yapılan gözlemler sonucunda ana kayaç olan "Kıltaşı" formasyonunun kömür damarı çevresinde değişik fiziksel ve jeomekanik özellikte olduğu belirlenmiştir.

Kömür damarının hemen üzerinde yer alan zayıf karakterli kıltaşı formasyonu "Yumuşak kıltaşı" olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon tavan kontrolü bakımından oldukça dayanımsız bir formasyondur ve fazla miktarda süreksizlik içermektedir. İşletmede 30 cm. ile 80 cm. arasında değişen kalınlıklarda ana kömür damarının hemen üzerinde görülen siyahımsı koyu gri renkte olan bu formasyon 3b olarak tanımlanmıştır.

Yumuşak kıltaşının hemen üzerinde yer alan marn formasyonu daha dayanımlı bir formasyon olup doğal nem içeriği bakımından da daha düşük neme sahiptir. "Tavan kıltaşı" olarak adlandırılan koyu gri renge sahip olan bu formasyonun tanım kodu 3a olarak belirlenmiştir. Ana kömür damarının altında bulunan "Taban kıltaşı" diğer iki kıltaşı formasyonuna göre daha dayanımlıdır. Açık gri renge sahip olan bu formasyon 3c olarak tanımlanmıştır. Ana kömür damarı içerisinde değişik kademelerde kil ara kesmelerine rastlanmaktadır. Ana kömür damarı tanım kodu 4 olarak belirlenmiştir. (Bkz. Şekil 2.1.)

Yukarıda tanımlanmış kömür damarını çevreleyen formasyonların jeoteknik açıdan incelenmesine yönelik olarak sahadan alınan blok numunelerden karotlar alınarak işletme üniversite laboratuvarlarında üç eksenli basınç testi, tek eksenli basınç testi, indirekt çekme testi, porozite, birim hacim ağırlık, doğal nem içeriği, nokta yükleme testleri yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen deney sonuçları Çizelge 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Kömür damarını çevreleyen tabakalar

Çizelge 2.3. Jt4 sondajı jeoteknik etüt sonuçları (Çekilmez, V.,1998)

Formasyon Adı	Yoğunluk (gr/cm ³)	Porozite (%)	Su İçeriği (%)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		Endirekt Çekme Dayanımı (MPa)		Kohezyon C (Mpa)*	İçsel Sürtünme Açısı Q (°)*
				H/K	S/D	H/K	S/D		
				(Havada kuru)	(Suda Doygun)	(Havada kuru)	(Suda Doygun)		
Kiltaşı	2,093	25,3		10,2	8,5	1		2,5	50
Kalkerli Marn	2,278	13,8		29,2	29,2	3,9	4,1	12,5	47
Kireçtaşı	2,501	4,3			64,26				
Marn	2,180		14,2	16,1		1,9		5	31

*Üç eksenli basınç dayanımından elde edilmiştir.

2.4.3. Kaya Kütle Sınıflandırılması

Alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar testleri ve yerinde süreksizlik ölçümlerinin sonucuna göre kömür damarını çevreleyen kayaçların kaya kütle sınıflandırılması yapılmıştır. Bu kayaçların uluslar arası ampirik sınıflama yöntemleri olan Q ve RMR sınıflama sistemlerine göre kayaç kaliteleri belirlenmiştir. [15]

Kömür damarının hemen üzerinde yer alan zayıf karakterli kiltası formasyonu “Yumuşak Kiltası” olarak adlandırılmıştır. Bu formasyon tavan kontrolü bakımından oldukça dayanımsız bir formasyondur ve fazla miktarda süreksizlik içermektedir. İşletmede 30 cm. ile 80 cm. arasında değişen kalınlıklarda ana kömür damarının hemen üzerinde görülen siyahımsı koyu gri renkte olan bu formasyon 3b olarak tanımlanmıştır.

Yumuşak kiltasının hemen üzerinde yer alan marn formasyonu daha dayanımlı bir formasyon olup doğal nem içeriği bakımından da daha düşük neme sahiptir. “Tavan kiltası” olarak adlandırılan koyu gri renge sahip olan bu formasyonun tanım kodu 3a olarak belirlenmiştir.

Kömür damarını çevreleyen formasyonların jeoteknik açıdan incelenmesine yönelik olarak sahadan alınan blok numunelerden karotlar alınarak işletme üniversite laboratuvarlarında üç eksenli basınç testi, tek eksenli basınç testi, endirekt çekme testi, porozite, birim hacim

ağırlık, doğal nem içeriği, nokta yükleme testleri yapılmıştır. Bu çalışmalardan deney sonuçları bulunmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen deney sonuçları Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kömür ve çevre kayaların fiziksel ve jeomekanik parametreleri (Köse vd. 1994)

Formasyon adı	Tavan	Yumuşak Kilitaşı	Taban Kilitaşı	Kömür
Tanımlama Kodu	3a	3b	3c	4
Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	2	2,06	2,09	1,30
Özgül Ağırlığı (gr/cm ³)	2,53	2,31	2,66	1,44
Porozite (%)	21,3	10,8	21,3	9,72
Tek Eksenli Basma Dayanımı (kg/cm ²)	141,3	85,3 ⁽¹⁾	238,4	100 ⁽²⁾
Endirekt Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	22,6	17,7	34,3	
İçsel Sürtünme Açısı (Ø)	32,05	15-35 ⁽³⁾	43,4	15-25 ⁽³⁾
Kohezyon C (kg/cm ²)	31,2		28,35	
Nokta Dayanım İndeksi (Çap)	0,16	0,1	0,41	
Nokta Dayanım İndeksi (Eks.)	0,66	0,38	1,66	
Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)	14.489	20.000	20.461	17.000 ⁽³⁾
Poisson Oranı V	0,28		0,31	0,25

(1) Eksenel Nokta Yükleme Dayanımı İndeksinden kestirilmiştir.
(2) Sondaj verilerinden kestirilmiştir.
(3) RMR sınıvından kestirilmiştir

Kömür damarını çevreleyen formasyonların belirlenmesi amacıyla stamp çıkarma ve kesit alınma işlemleri de yapılmıştır. Yerinde yapılan gözlemler sonucunda ana kayaç olan “Kilitaşı” formasyonunun kömür damarı çevresinde değişik fiziksel ve jeomekanik özellikte olduğu belirlenmiştir.

3. OCAK İLE İLGİLİ BİLGİLER

Söz konusu ocak, GLI dekapaj sahaları içerisindeki bir panodur. Bu panoda formasyon, bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen marn'dan oluşmaktadır. Gevşetme işlemi patlatma ile yapılmaktadır. Yükleme için 4-6 m³ kapasiteli ters kepçeli ekskavatörler, nakliye işleminde ise 22-50 m³ kasa hacmine sahip kamyonlar kullanılmaktadır. Döküm harmanının ortalama mesafesi 1450 m'dir (200-2700 m). Örtü malzemesinin kalınlığı 100 m'dir. Ocakta basamak yüksekliği 7,5 m ve basamak şev açısı 80° olarak uygulanmaktadır. Genel şev açısı 33°'dir.

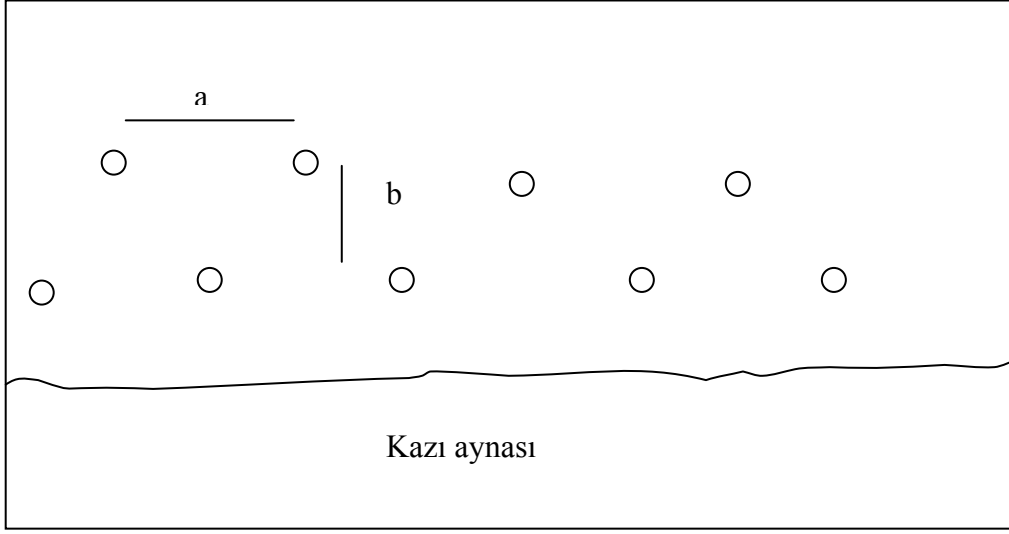
Çizelge 3.1. Dekapaj Malzemesi Marnın Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Yoğunluk (g/cm ³)	2,75
Schmidt sertliği	42,6 (Sert)
Tek Eksenli Basma Day. (MPa)	24,31
Endirekt çekme dayanımı (MPa)	2,19
Kohezyon (MPa)	6,2
İçsel sürtünme açısı (°)	30

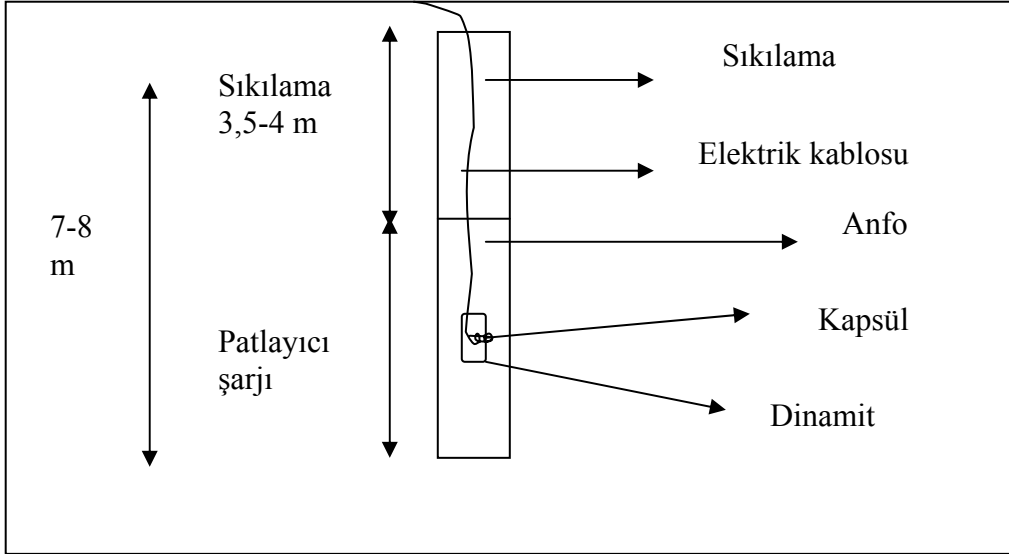
3.1. Delme ve Patlatma

Dekapaj işlerinde ilk işlem delme-patlatma, yani arazinin gevşetilmesi işlemidir. Bu işlemde amaç, kazı gücünden tasarruf sağlamak ve yükleme verimini arttırmaktır. [17]

Delik delme işlemi 6'' 'lik delik makinası ile yapılmakta olup, 7-8 m. arası lağım delikleri delinir. Bütün delme işlemlerinde delik geometrisi şeş-beş düzenindedir. Genel olarak serbest yüzeylerden başlanarak yapılan delme işlemlerinde 6'' 'lik delikler arasında 7-5 m. aralıklarla delinirler. Bu çalışmada delik düzenleri 7m x 6m, 7m x 5m ve 6m x 5m olarak çift sıra halinde delikler delinmiştir. Şekil 3.1.'de şeş-beş delik düzeninin uygulanması gösterilmiştir. Şekilde delikler iki sıra halinde ve kazı aynasına paralel olacak şekilde delinmektedir. Delikler arası mesafe (a), delik sıraları arası mesafe (b) olmak üzere delik düzeni a x b şeklinde gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Delik geometrisinin genel görünümü



Şekil 3.2. Delik şarjının şematik görünümü

Patlatma işleminden önce delinen deliklerin sayısı, derinliği ve sulu veya kuru oluşları göz önüne alınarak gerekli patlayıcı madde miktarları hesaplanıp sahaya getirilmektedir. Dinamit ateşleyici olarak 5 milisaniye gecikmeli elektrikli kapsüller, anfo ateşleyici olarak 0.5 kg'lık hazır kartuşlarda jelatinit tipi dinamitler ve patlayıcı madde olarak amonyum nitrat fuel-oil karışımı 25 kg'lık hazır torbalarda olan ANFO kullanılmaktadır. Deliklere patlayıcı madde şarjı yapılmasında belirli hususlara dikkat edilmektedir. Öncelikle delik derinliği ölçülmelidir.

Kuru deliklerde deliğin alt kısmına (yaklaşık 1 m.) ANFO dökülerek kapsül bağlı dinamit atılmakta, üzerine tekrar anfo doldurulmaktadır. Deliğin üst kısmında (yaklaşık 3-4 m arası) delik sıkılama toprağı ile sıkılama işlemi yapılmaktadır. Delik sıkılama mesafesini belirlemek için yaklaşık 4 m boyunda tahta veya plastik bir çubuk kullanılmaktadır. Sulu deliklerde eğer suya dayanıklı anfo kullanılırsa uygulama aynıdır, ancak normal anfo kullanılırsa kapsül dinamit ve anfo delik çapına eşit silindirik plastik torbaya doldurularak iki ucu bağlanmak suretiyle delik içine bırakılır. Şekil 3.2.'de bir deliğe patlayıcı madde şarjı gösterilmiştir.

Patlayıcı dolu çift sıra deliklerin birbiriyle bağlantısında seri bağlama uygulanmaktadır. Kapalı devre haline getirilen sistemin direnci ölçülerek, ateşleme işleminin yapılmasında bir engel yoksa gerekli emniyet tedbirleri alınarak atım işlemi uygulanmaktadır.

Delik makinesi ve patlayıcı maddeler hakkında genel bilgi aşağıdaki bölümlerde işlenmiştir.

3.1.1. Delik makinesinin teknik özellikleri

Delme işleminde kullanılan Ingersoll-Rand T4 BH tipi delik makinasının özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Şekil 3.3.'de delik makinesine ait bir fotoğraf görülmektedir. [18]

Çizelge 3.2. Ingersoll-Rand T 4 BH tipi delik makinasının özellikleri

Boyutlar & Ağırlıklar	
Yükseklik, Kule Düşey	10,9 metre
Kule Yatay	3,8 metre
Uzunluk, Kule Düşey	8,7 metre
Kule Yatay	10,7 metre
Tij Uzunluğu	7,6 metre
Makine Ağırlığı (tajsiz)	21800 kg
Tij Çapı	0,01524 metre



Şekil 3.3. Ingersoll-Rand T 4 BH tipi delik makinası

3.1.2. Patlayıcılar ve teknik özellikleri

Powergel Magnum ateşleyici olarak kullanılan elektrikli kapsüller 25 milisaniye gecikmeli 2,5 metre kabloya sahiptir.

ANFO ateşleyici olarak kullanılan Powergel Magnum 50x225 mm'lik kartuşların adedi 0,5 kg ağırlıktadır. ANFO'yu ateşleme görevini üstlenir. Özellikleri Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir. [19]

Çizelge 3.3. Powergel Magnum 50x225 termodinamik ve teknik özellikleri

İdeal Patlatma Hızı	6345 m / sn
İdeal Patlatma Basıncı	119350 atm
İdeal Patlatma Isısı	2502 ⁰ K
Yoğunluk	1,20 gr / cm ³
Suya Dayanıklılığı	Çok iyi
Patlatma Entalpisi	3684 Kj / Kg

Kullanılan ANFO, Prill Poroz Amonyum Nitrat ile motorinin oksijen dengesi gözetilerek karıştırılması ile elde edilir. Tam proses kontrolü altında, % 94,3 amonyum nitrat, % 5,7 motorin oranında hazırlanmış ANFO kuru deliklerde kullanılabilen bir patlayıcıdır. 25 kg'lık çift katlı torbalarda hazır olarak gelmektedir. Çizelge 3.4. 'de ANFO'nun termodinamik ve teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. ANFO'nun termodinamik ve teknik özellikleri

İdeal Patlatma Hızı	4850 m/sn
İdeal Patlatma Basıncı	48960 atm
İdeal Patlatma Isısı	2946 ⁰ K
125 mm kartuşta patlama hızı	4000-4200 m/sn
Patlama Enerjisi	3,89 Mj / kg
Yoğunluk	0,78-0,80 gr / cm ³
Suya Dayanıklılığı	Yok

3.2. Yükleme ve Nakliye

Söz konusu panoda patlatma sonucu açığa çıkan dekapaj malzemesi, değişik tip ve kapasitedeki yükleyiciler vasıtasıyla kamyonlara yüklenmekte ve bu kamyonlar ile döküm harmanına nakledilmektedir.

3.2.1. Yükleme

Yükleme ters kepçe hidrolik ekskavatörlerde çift yönlü yapılmaktadır. Yükleme işleminde kullanılan yükleyicilere ait bilgiler Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Panoda kullanılan yükleyici makineler

Yükleyici Markası	Tipi	Modeli	Kepçe Kovası Hacmi (m ³)	Adedi
Komatsu	PC 600 (Beko)	2000	4	1
Hitachi	Zaxis 850 H (Beko)	2002, 2004	6, 5.8	2
Cat	385 B ME (Beko)	2004	6.2	1
Komatsu	WA 500 (Lastikli Y.)	2002, 2002, 2004	7.3	3
Komatsu	WA 420 (Lastikli Y.)	1998	5	3

Çizelge 3.5.'de verilen yükleyiciler aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.2.1.1. Komatsu PC 600 hidrolik ekskavatör (beko)

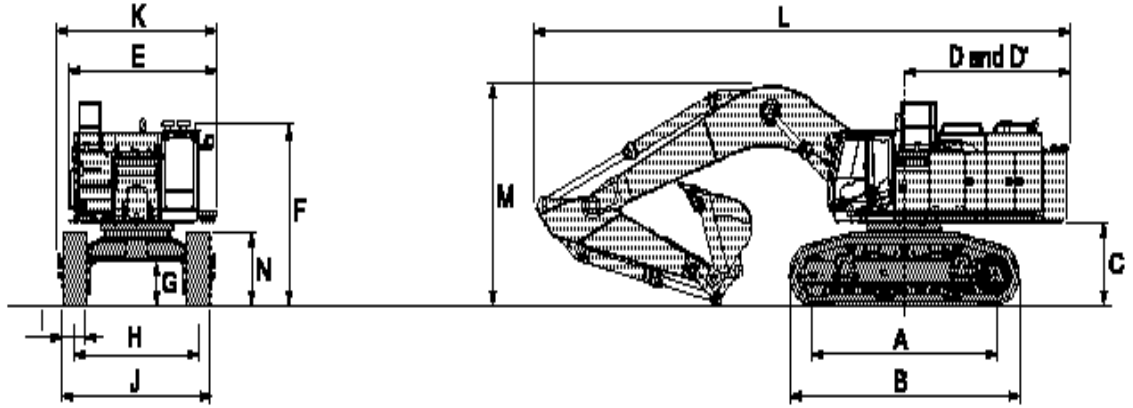
Yükleme işleminde kullanılan Komatsu PC 600 marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün teknik özellikleri Çizelge 3.6.'da verilmiştir. [20]

Çizelge 3.6. Komatsu PC 600 marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün teknik özellikleri

Modeli	Net gücü, kW/HP	Ağırlığı, kg	Max. Kazı derinliği, mm	Kova kapasitesi, m ³
PC600	317	57 640	7 060	max. 3,5

3.2.1.2. Hitachi Zaxis 850 H hidrolik ekskavatör (beko)

Şekil 3.4.'de yükleme işleminde kullanılan Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün boyutları, Çizelge 3.7.'de ise şekilde gösterilen boyutların değerleri verilmiştir. [21]

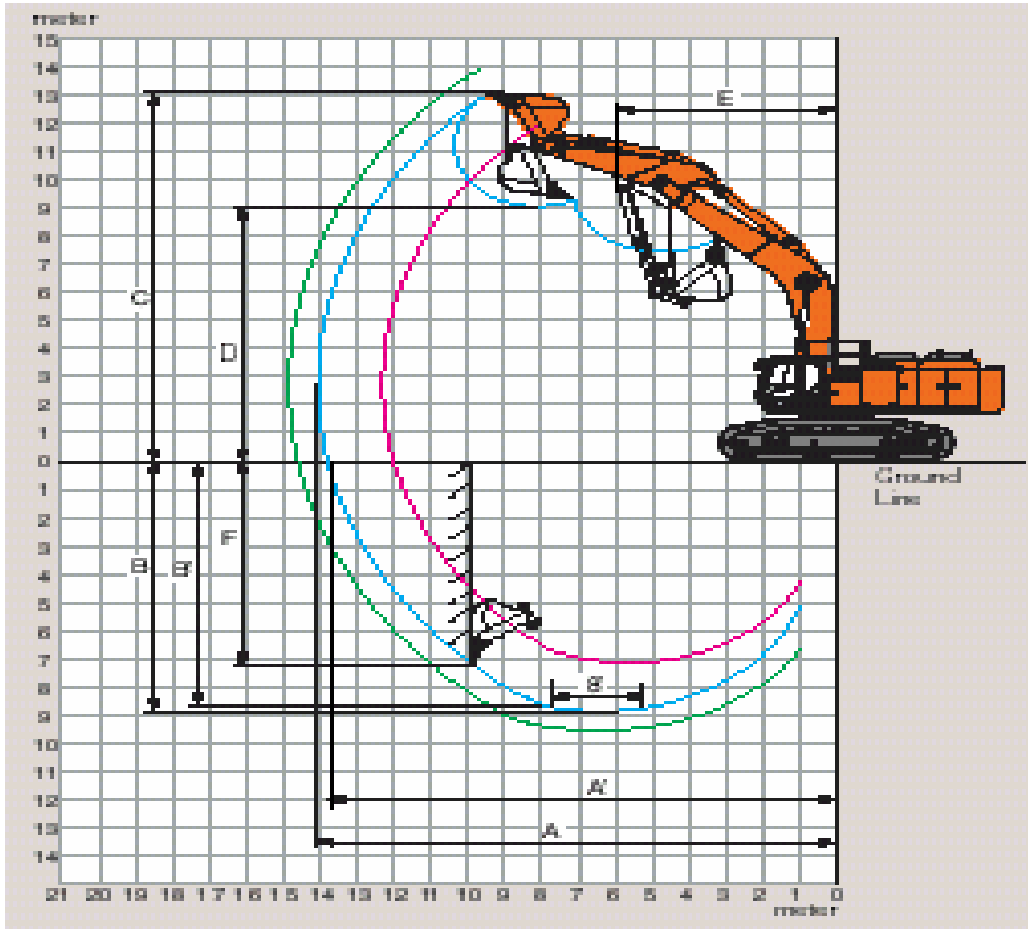


Şekil 3.4. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün boyutları

Yükleme işleminde kullanılan Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları Şekil 3.5.'de verilmiştir. Çizelge 3.8.'de ise şekildeki Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyut değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün boyut değerleri

HITACHI ZAXIS 850 H (mm)			
A	4 590	H	3 450
B	5 840	I	G 650
C	1 680	J	4 100
D	4 600	K	4 430
D	4 520	L	14 770
E	4 120	M	4 570
F	3 630	N	1 500
G	890		



Şekil 3.5. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları

Çizelge 3.8. Hitachi Zaxis 850 H marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyut değerleri

HITACHI ZAXİS 850 H			
Boom Uzunluğu	7.1 m BE-boom	8.4 m boom	
Kepçe Kolu Uzunluğu	2.95 m BE	3.7 m	4.4 m
A (mm)	12 340	14 100	14 910
A' (mm)	12 020	13 820	14 640
B (mm)	7 140	8 870	9 570
B' (mm)	7 000	8 740	9 460
C (mm)	12 010	13 030	13 820
D (mm)	8 130	9 080	9 740
E (mm)	5 210	5 950	5 950
F (mm)	4 100	7 170	8 480
Kova Kazı Gücü* ISO	472 kN (48 200 kgf)	399 kN	399 kN
Kepçe Kolu Toplama Gücü* ISO	394 kN (40 200 kgf)	323 kN	280 kN
Kova Hacmi SAE : PCSA	4.5 m ³	3.5 m ³	2.9 m ³

3.2.1.3. Cat 385 B ME hidrolik ekskavatör (beko)

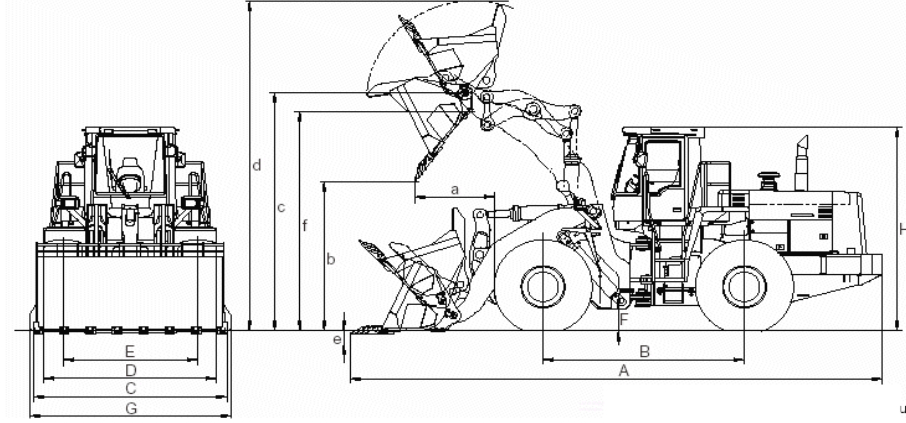
Söz konusu panoda yükleyici olarak çalışan Cat 385 B ME marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları Çizelge 3.9.'da verilmiştir. [22]

Çizelge 3.9. Cat 385 B ME marka ters kepçe hidrolik ekskavatörün çalışma boyutları

Kepeç Kolu Uzunluğu - Standart	3.4 m
Maksimum Kazı Derinliği	7.46 m
Zemin Seviyesinden Maksimum Uzanma Yüksekliği	12.54 m
Maksimum Boşaltma Yüksekliği	8.4 m
Dönüş Hızı	6 RPM

3.2.1.4. Komatsu WA 500 Lastikli Yükleyici

Şekil 3.6.'da Komatsu WA 500 lastikli yükleyici makine boyutları gösterilmiştir



Şekil 3.6. Komatsu WA 500 lastikli yükleyici makine boyutları

Çizelge 3.10.'da ise şekildeki boyutların değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Komatsu WA 500 lastikli yükleyici makine boyut değerleri

Kova Tipi	birim	Malzeme Yoğunluğuna Göre		
		4,5	5,0	5,5
Kova Kapasitesi (ISO 7546)	m ³	4,5	5,0	5,5
Malzeme Yoğunluğu	t/m ³	1,8	1,6	1,45
a	mm	1 274	1 323	1 415
b	mm	3 251	3 195	3 103
c	mm	4 496	4 496	4 496
d	mm	6 072	6 160	6 263
e	mm	124	124	124
f	mm	4 105	4 105	4 105
A	mm	9 127	9 197	9 328
B	mm	3 600	3 600	3 600
C	mm	3 460	3 460	3 460
D	mm	3 190	3 190	3 190
E	mm	2 400	2 400	2 400
F	mm	450	450	450

3.2.2. Dekapaj Nakliyesi

Dekapaj nakliyesinde çalıştırılan kamyonlar genellikle aynı basamakta çalışan bütün yükleyici makinalara değişik olarak girebilmektedir. Tek bir yükleyiciye bağlanmamaktadır. Bu yöntemin sebebi kamyonların dengesiz gelmelerinde yükleyicide yığılmalarının önlenmesi ve taşıma veriminin artırılmasıdır.

Patlatma sonrası açığa çıkan malzemenin döküm sahasına nakliyesinde değişik tip ve modellerde 30 adet kamyon kullanılmaktadır. Bu kamyonların kasa hacimleri 16-50 m³ arasında değişmektedir. Kamyonlara ait bilgiler aşağıda Çizelge 3.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Panoda kullanılan dekapaj kamyonlarına ait bilgiler

Kapı no	Markası	Dingil Sayısı	Tekerlek	Modeli	Kasa Hacmi (m ³)
1,2,3,4	MAN 33-372	3	10	1997	16
5,6,7,8	VOLVO FL 10	4	12	1999	20
9,10,11,12,13	MAN 41-423	4	12	2001	22
14	MAN 41-423	4	12	2004	27
15,16,17,18,19	MAN 40-423	3	10	2002	20
20,21,22,23,24, 25,26,27,28,29	MAN TGA 33- 460 TIR	Çekicide 3, dorsede 2	26	2004	50
30	MAN TGA 41- 423	4	12	2004	24

4. PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUT DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Patlatma sonrası parça boyut dağılımının belirlenmesinde kullanılan çok çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Bölüm 4.1.'de bu yazılımların bazıları hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4.2.'de ise bu çalışmada kullanılan yazılım olan Split yazılımı tanıtılmış ve son kısımda yazılım analiz sonuçları aktarılmıştır.

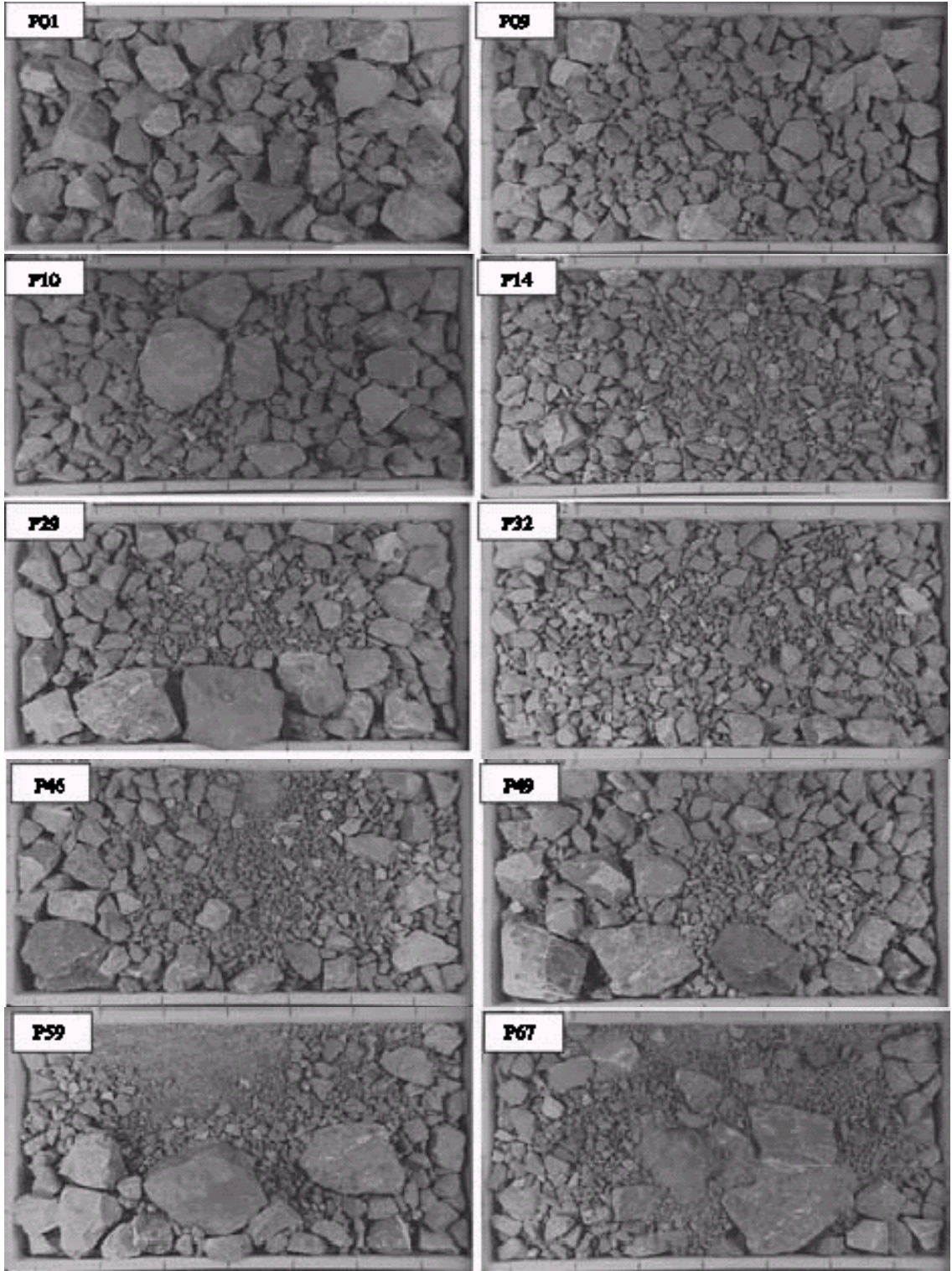
4.1. Parça Boyutu Ölçümünde Kullanılan Yazılımlar

Kaya parça boyutu ölçümünde kullanılan çok çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. En fazla kullanılan dört resim analiz sistemi Fragscan, PowerSieve+, Split ve WipFrag yazılımlarıdır. [23]. Bölüm 4.1.1.'de bu yazılımların gerekli koşullar altında karşılaştırıldığı John Paul Latham, John Kemeny, Norbert Maerz, Michael Noy, Jacques Schleifer ve Simon Tose'nin yapmış olduğu çalışma sonuçları kullanılmıştır [24]. Bölüm 4.1.2.'de ise bu çalışmada boyut dağılımının belirlenmesi için kullanılan SPLIT adlı yazılım hakkında bilgi verilmiştir [25 ve 26]. Programın çalışma prensibi ve aşamaları açıklanmıştır.

4.1.1. Fragscan, PowerSieve+, Split ve WipFrag Yazılımlarının Karşılaştırılması

Laboratuvar ortamında kontrollü oluşturulan parça yığınlarına ait yazılımlarda kullanılmak üzere on adet fotoğraf alınmıştır. Yaklaşık 100 kg lık kireçtaşı parçalarına ait yığınlar öncelikle 150 mm'nin altı boyuta kırılmıştır. Bu 10 adet malzeme eleme işlemi ile Rosin Rammler elek boyut dağılım aralıklarında (1mm'den 125 mm'ye) 12 adet boyut gruplarına ayrılmıştır. Her kısımdaki malzeme miktarları % olarak 10 adet numune için de hesaplanmıştır. Eleme işlemi uygulanan numunelere ait parça boyut aralığındaki malzeme miktarı değerleri gerçek değerler olarak alınmıştır. Dört adet yazılım programında resimlerden elde edilen analiz değerleri ise bu eleme sonuç değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.1.'de boyut analiz programlarında analiz işlemine tabi tutulacak 10 adet numuneye ait resimler bulunmaktadır. Bu resimler laboratuvar ortamında bütün malzemenin parça boyutunu yaklaşık olarak verebilecek şekilde hazırlanmıştır. Fotoğraflar dijital fotoğraf makinesi ile uygun ışıklandırma ile gölge oluşturmadan çekilmiş ve bilgisayar ortamına jpeg dosyası olarak aktarılmıştır. Fotoğrafların çözünürlüğü 640x480 pikseldir. Bu resimler dört adet yazılım grubuna parça boyutu analizi için aktarılmıştır.



Şekil 4.1. Fragscan, PowerSieve+, Split ve WipFrag yazılımlarının karşılaştırılması çalışmasında kullanılan fotoğraflar

4.1.1.1. Boyut Dağılım Katsayısı

Mineral mühendisliğinde parça boyut dağılımı analizinde kullanılan en yaygın denklemler; Rosin Rammler denklemi (Denklem 1, 2) ve Schuhmann denklemidir (Denklem 3).

Denklem 1 de, Rosin Rammler benzerlik katsayısı (n), Rosin Rammler karakteristik boyut değeri (S_c) ve elek boyutlarındaki ağırlıkça % değerleri (y) kullanılmıştır.

$$y = 1 - \exp \{ - (S/S_c)^n \} \dots\dots\dots(1)$$

$$y = 1 - \exp \{ - 0,693 (S/S_{50})^n \} \dots\dots\dots(2)$$

3 nolu Schuhmann denkleminde ise S elek boyutu, S_{100} malzemenin %100'ünün geçtiği elek boyutu m değeri benzerlik veya dağılımı değeridir.

$$y = (S / S_{100})^m \dots\dots\dots(3)$$

Çizelge 4.1.'de 10 adet numuneye ait Rosin Rammler benzerlik katsayısı (n) ve Rosin Rammler karakteristik boyut değerleri (S_c) verilmiştir.

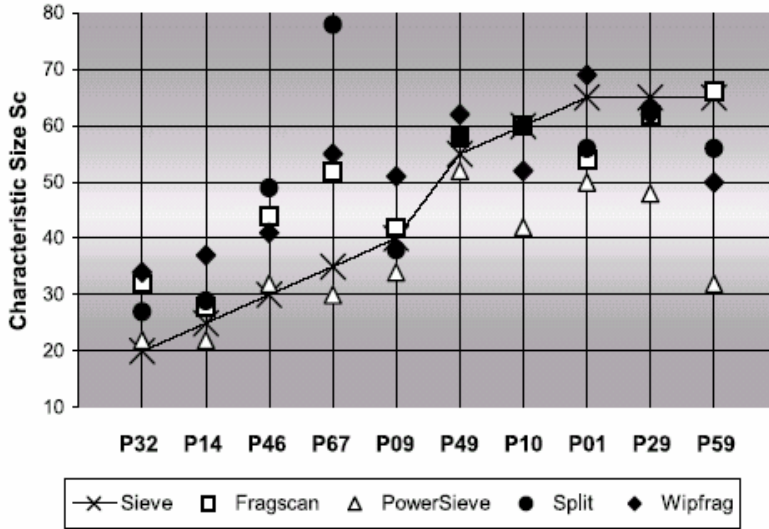
Çizelge 4.1. 10 adet numuneye ait Rosin Rammler benzerlik katsayısı (n) ve Rosin Rammler karakteristik boyut değerleri (S_c)

Photo	n	S_c	Photo	n	S_c
P01	1.75	65	P09	1.75	40
P10	1.35	60	P14	1.75	25
P29	0.9	65	P32	1.35	20
P46	0.9	30	P49	0.7	55
P59	0.5	65	P67	0.5	35

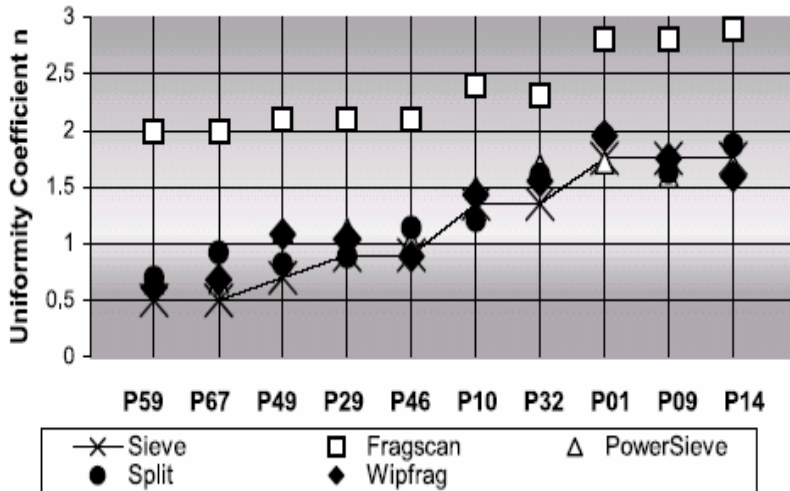
4.1.1.2. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

PowerSieve+ ve FragScan sistemleri kenar bulma algoritmaları kullanmaz. Split ve WipFrag yazılımları ise kenar bulma algoritmaları kullanır. Split kaya parça kenarlarını bulması ve elle düzeltme yapması sayesinde daha doğru sonuçlar vermektedir. Benzer şekilde Wipfrag yazılımı da parça kenarlarını bulmaktadır. Otomatik düzeltme ile daha doğru sonuçlar alınmasına izin vermektedir.

Şekil 4.2.'de örnek numunelere ait yazılımlardan alınan karakteristik boyut değerleri (S_c) eleme değerleri (S_c) ile grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Şekil 4.3.'te ise örnek numunelere ait yazılımlardan alınan benzerlik katsayısı değerleri eleme değerleri (n) ile grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.

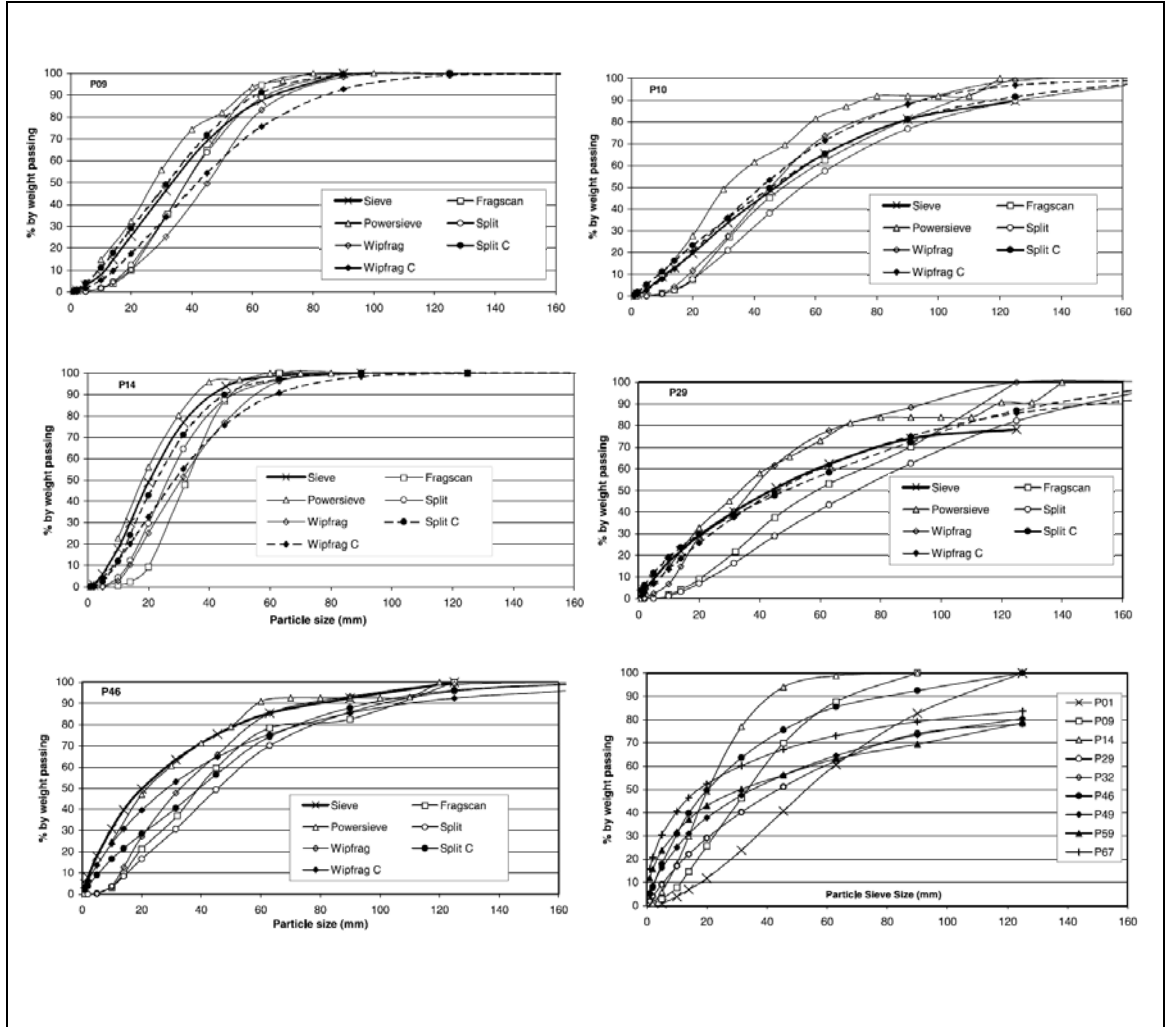


Şekil 4.2. Örnek numunelere ait yazılımlardan alınan karakteristik boyut değerlerinin (S_c) eleme değerleri ile karşılaştırılması



Şekil 4.3. Örnek numunelere ait yazılımlardan alınan benzerlik katsayısı değerlerinin (n) eleme değerleri ile karşılaştırılması

Şekil 4.4.'de bazı numunelere ait eleme sonuçları ile yazılımlardan elde edilen parça boyutu dağılım değerleri grafik üzerinde karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.4. Bazı numunelere ait eleme sonuçları ile yazılımlardan elde edilen parça boyutu dağılım değerlerinin grafik üzerinde karşılaştırılması

Çizelge 4.2. Örnek numunelere ait eleme işlemi sonuçları ve yazılımlardan alınan karakteristik boyut değerleri (S_c) ile benzerlik katsayısı değerleri (n)

Photo	Sieve		FragScan		PowerSieve®		Split fines corrected		WipFrag fines corrected	
	n	S_c	n	S_c	n	S_c	n	S_c	n	S_c
P32	1.35	20	2.3	32	1.69	22	1.61	27	1.55	34
P14	1.75	25	2.9	28	1.69	22	1.87	29	1.59	37
P46	0.9	30	2.1	44	1.02	32	1.14	49	0.89	41
P67	0.5	35	2	52	0.66	30	0.92	78	0.68	55
P09	1.75	40	2.8	42	1.6	34	1.63	38	1.75	51
P49	0.7	55	2.1	58	1.11	52	0.82	58	1.08	62
P10	1.35	60	2.4	60	1.49	42	1.21	60	1.43	52
P01	1.75	65	2.8	54	1.72	50	1.95	56	1.95	69
P29	0.9	65	2.1	62	1.12	48	0.89	63	1.05	62
P59	0.5	65	2	66	0.66	32	0.7	56	0.61	50

Görülmektedir ki Split yazılımına ait düzeltme işlemi uygulanmış fotoğraflardan elde edilen analiz sonuçlarının gösterildiği eğriler gerçek değer olarak kabul edilen eleme değerlerinin gösterildiği eğrilere çok yakın çıkmaktadır. Bu sebeple Tunçbilek açık ocaklarında yapılan bu çalışmada patlatma sonrası parça boyut dağılımının belirlenmesinde Split yazılımı kullanılmıştır.

4.2. SPLIT-Desktop Yazılımı

SPLIT madencilikte çeşitli kaya kırma aşamalarında kaya parçacıklarının boyut dağılımını belirleyen bir görüntü işleme yazılımıdır. SPLIT-Desktop patlatma sonrası yığından alınan görüntülerin PC'de analiz edilebilmesine olanak sağlayan bir yazılımdır.

SPLIT-Desktop yazılımı görüntülenebilir kaya parçacıklarının boyut dağılımının ve ince malzeme yüzdesinin hassas olarak hesaplanmasını sağlar.

Boyut dağılımının belirlenebilmesi için, öncelikle patlatma sonrası oluşan yığınların uygun nitelikte fotoğraflarının çekilmesi gerekmektedir. Yazılım için gerekli görüntüleri elde etmek için dijital kamera ya da tarayıcı ile sayısal görüntü haline getirilebilecek fotoğraf gereklidir. Yüksek çözünürlükte (512x512 çözünürlükten daha yüksek) görüntü alabilen dijital kameralar tavsiye edilir.

SPLIT- Desktop sistemindeki ilk aşama, kullanıcının arazide görüntüleri elde etmesi ve bu görüntüleri bilgisayara aktarmasıdır. Bu görüntülerin kaynağı patlatma sonrası oluşan yığın, yüklü kamyon, stok bölgesi, döküm sahası, konveyör bant ve buna benzer net olarak kaya parçacıklarının görüntülerinin alınabileceği yerler olabilir.

SPLIT yazılımı kullanıcıya ilk önce görüntünün doğru şekilde ölçeklenmesi konusunda yardımcı olur. SPLIT daha sonra her görüntüdeki kaya parçacıklarını otomatik olarak bölütler ve kaya parçacıklarının boyut dağılımını belirler.

SPLIT yazılımı Desktop sürümünün beş ana kısmı vardır. (Girdner vd., 1999; Kemeny vd.,1999). Yazılımın ilk kısmı araziden alınan görüntülerin ölçeklenmesi; ikinci kısmı işlenen her görüntüdeki kaya parçacıklarının otomatik bölütlenmesi ile ilgilidir. Üçüncü kısım daha iyi sonuçlar elde etmek için bölütlenen görüntüye kullanıcının müdahale etmesini sağlar. Yazılımın dördüncü kısmı bölütlenmiş parçacıklardan alınan bilgilere dayalı olarak boyut dağılımının hesaplanmasını içerir. Son olarak, beşinci kısım boyut dağılım sonuçlarının ekranda gösterilmesi oluşturur. Yazılımın bütün aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1. Görüntü elde etme ve ölçekleme

Patlatma sonrası oluşan yığından görüntü alınacağı zaman kamera eksenine göre eğim açısının düşünülmesi gerekir. Eğer bu açı dik değilse, eğim tabanından tavanına kadar ölçek değişir. Ölçeği düzeltmek için değişik yöntemler vardır. SPLIT yazılımı bütün değişik görüntü elde etme yöntemlerinde kullanılan ölçeklemeyi yapabilecek şekilde tasarlanmıştır(Girdner vd., 1999; Kemeny vd.,1999). En basit yöntem, aynı çaptaki (25,4 cm) iki topun yığının eğimini gösterecek şekilde birisini görüntünün tabanına, diğerini tavanına yerleştirmektir. (Şekil 4.1.) Bu yöntemle dikey ölçekleme hataları önlenir.

Görüntülerde kenardan kenara biçim değiştirmeyi ortadan kaldırmak için görüntüler eğimin taban hattına dik olarak alınmalıdır.

Görüntüler her yığından geniş, orta ve küçük ölçek olmak üzere üç ölçekte alınmalıdır. Geniş ölçek (6m x 6m) iri parçaları, (> 20 cm) ve ince malzemeleri içerir. Orta ölçek (3m x 3m) 5 ile 20 cm arası malzemeleri içerir. Eğer ince malzeme dağılımı istenirse küçük ölçekte (<5cm) görüntüler alınmalıdır. Eğer ince malzeme boyut dağılımı ile ilgilenilmiyorsa küçük ölçekte görüntü almak gerekmez ve bu aralıkta Schuhmann dağılımı kabul edilebilir. Her ölçekte eşit sayıda görüntü alınmalıdır. Her patlatmadan alınan görüntü sayısı patlatmanın büyüklüğüne göre 8 ile 20 arasında değişmelidir. Şekil 4.5.'de geniş ölçekte Şekil 4.6.'de ise orta ölçekte alınan görüntüler görülmektedir. Görüntü alımında ışıklandırma çok önemlidir. Mümkün olduğunca görüntüde düzgün ışık ve çok az gölge olmalıdır.

4.2.2. Parçacıkların bölütlenmesi

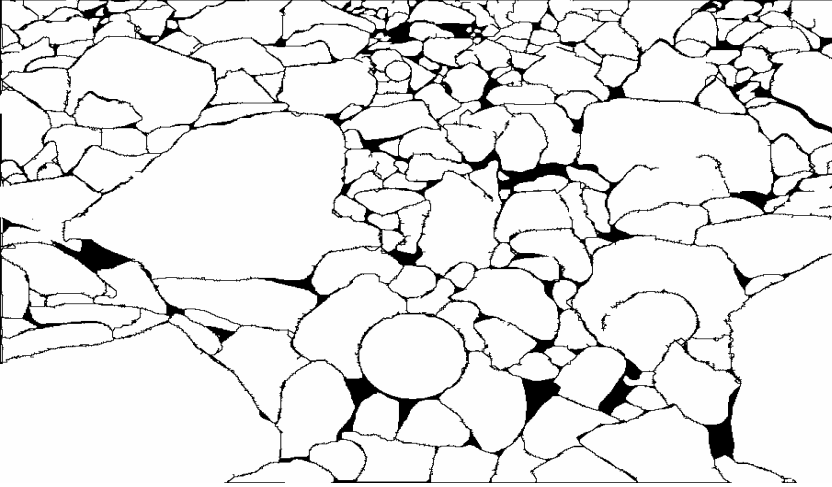
Görüntüler ölçeklenmiş olarak elde edildikten sonra yazılımın bir sonraki aşaması her görüntüdeki kaya parçacıklarının bölütlenmesi, bir başka deyişle, kaya parçacıklarının birbirinden ayırt edilerek kenarlarının bulunmasıdır. Ön işlemler ve otomatik eşiklemeden sonra yazılım otomatik olarak parçacıkları bölütler. Yazılımda bu aşamada kullanılan algoritmalar Kemeny (1994) ve Girdner vd. (1996) tarafından sunulmuştur. Otomatik bölütlemenin sonucu iki gri seviyesinden (siyah ve beyaz) oluşan bir görüntüdür. Bölütlenmiş görüntünün beyaz kısımları kaya parçacıkları, siyah kısımları ise arka plandır (Şekil 4.7.). Siyah alanları parçacıklar arasındaki boşluğun yanı sıra bölütlenemeyecek kadar küçük ince malzeme oluşturur. Bu alan ince malzemenin belirlenmesi açısından önemlidir.



Şekil 4.5. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın, (büyük ölçek)



Şekil 4.6. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın, (orta ölçek)



Şekil 4.7. Şekil 4.5.'deki yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali

4.2.3. Bölütlenmiş görüntü üzerinde düzenleme yapılması

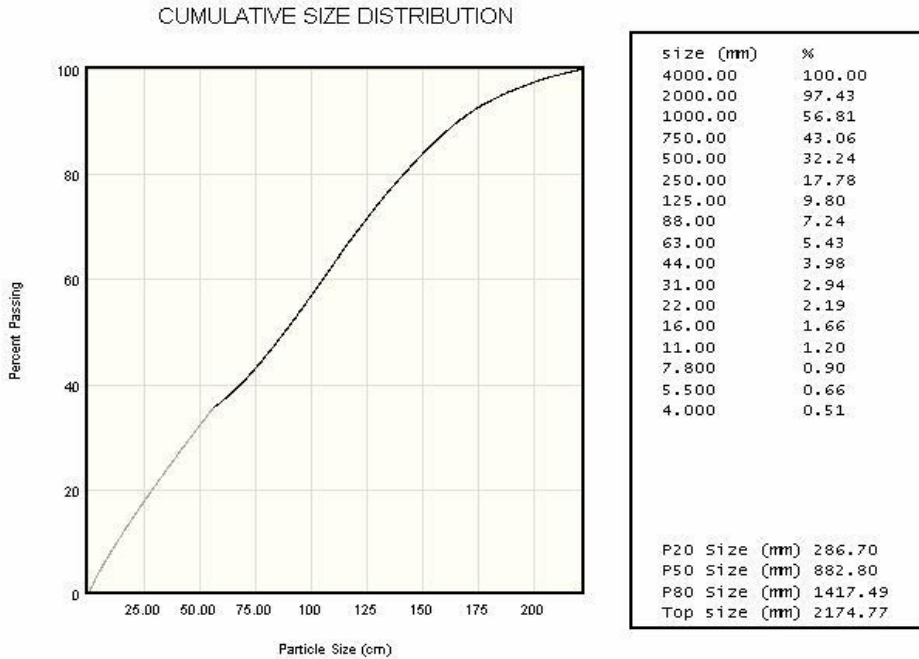
Bazı durumlarda patlatma sonrası yığından, yüklü kamyonunda ya da başka kaynaklardan alınan görüntülerde SPLIT bazı kaya parçacıklarını tam olarak bölütleyemez. Bunun sebepleri kötü görüntü kalitesi, ışık durumunun zayıf oluşu, görüntüde çok fazla ince malzeme olması, vb. olabilir. Kullanıcı bu durumda yazılımın düzenleme araçlarını kullanarak bölütleme kalitesini arttırabilir. Düzenleme işleminin gerekli olduğu üç durum vardır. Birincisi, bir kaya parçacığında kaya dokusu, tabakalanma, vb. kaynaklanan çok fazla gürültü varsa yazılım bu

parçacığı birden fazla sayıda parçacıklara bölebilir. İkincisi, görüntüde büyük bir toz kümeleşmesi varsa yazılım bunu tek bir kaya parçası olarak alır. Üçüncüsü ise gerçek boyut dağılımını etkilememek için ölçeğin görüntüden çıkartılmasıdır.

SPLIT yazılımının düzenleme araçlarıyla kullanıcı yukarıda belirtilen sebepler yüzünden oluşan sorunları giderebilir. Kullanıcının en çok kullandığı araçlar incelerin boyanması, istenmeyen bölütlenmeleri silmek ve ölçekleri kaldırmaktır. Kullanıcı yeterli tecrübe kazandıktan sonra görüntüyü üç dakikadan daha kısa bir sürede düzenleyebilir.

4.2.4. Boyut dağılımının hesaplanması

Görüntüdeki her parça bölütlendikten sonraki aşama kaya parçacıklarına ait karakteristikleri kullanarak boyut dağılımını hesaplamaktır. Bu karakteristikler her parçacığın alanı ve boyutları ile görüntüdeki siyah alandır. İkinci aşama ise ince malzemelerin gerçek dağılımını belirlemektir. SPLIT'in içerisindeki Schuhmann ve Rosin-Rammler dağılımları ile ince malzemelerin dağılımını belirlemek mümkündür. Şekil 4.8.'de ince malzemelerin dağılımını belirlemek için Schuhmann dağılımı varsayımının yapıldığı yığından alınan bir görüntünün örnek boyut dağılımı gösterilmektedir. P_{20} , P_{50} ve P_{80} değerleri görüntüdeki kaya parçacıklarının ağırlıkça sırasıyla %20, %50 ve % 80'inin hesaplanan kaya boyutundan küçük olduğu boyutlardır.



Şekil 4.8. Şekil 4.5.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği

4.2.5. Boyut dağılım sonuçlarının sunumu

Boyut dağılımı hesaplandıktan sonra boyut dağılımı doğrusal-doğrusal, logaritmik-doğrusal, logaritmik-logaritmik ve Rosin-Rammler grafikleriyle çizilebilir.Şekil 4.8.'de örnek bir doğrusal-doğrusal grafik görülmektedir.Aynı zamanda grafikte P_{20} , P_{50} ve P_{80} değerleri ile en büyük boyut da gösterilmektedir.

4.2.6. SPLIT-Desktop sisteminin doğruluğu

Kaya parçacıkları boyut dağılımının belirlenmesinde SPLIT sistemi verimini belirlemek üzere bir dizi deneyler yapılmıştır. Elek analizi ve SPLIT sisteminden elde edilen boyut dağılımları karşılaştırılmıştır. Bu testlerin sonuçlarına göre SPLIT sistemi boyut dağılımını %10'dan daha az ve ortalama %5 hata ile belirlemektedir [27].

4.3. SPLIT-Desktop Yazılımının G.L.İ. Dekapaj Sahasında Kullanılması

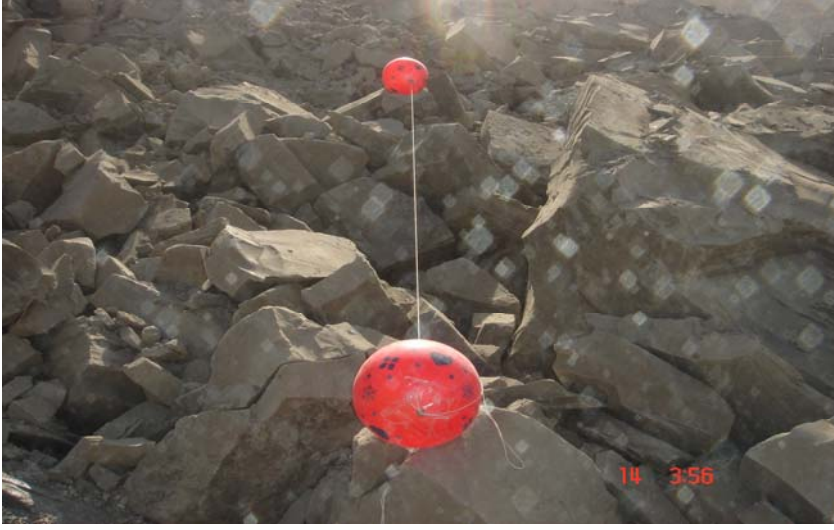
Boyut dağılımı değerlendirmesi için öncelikle her delik düzeni için fotoğraflar çekilmiştir. Daha sonra yukarıdaki bölümlerde anlatılan aşamalara uygun olarak değerlendirme yapılmıştır.

Boyut dağılım analizi yapmak için çekilen fotoğraflar, büyük ölçek ve orta ölçek olmak üzere iki tipte çekilmiştir. Büyük ölçek 6mx6m'lik bir alanı, orta ölçek ise 3mx3m'lik bir alanı kapsamaktadır. Aşağıdaki şekil ve grafiklerde her delik düzeni için bu tiplere ait birer örnek verilmiştir.

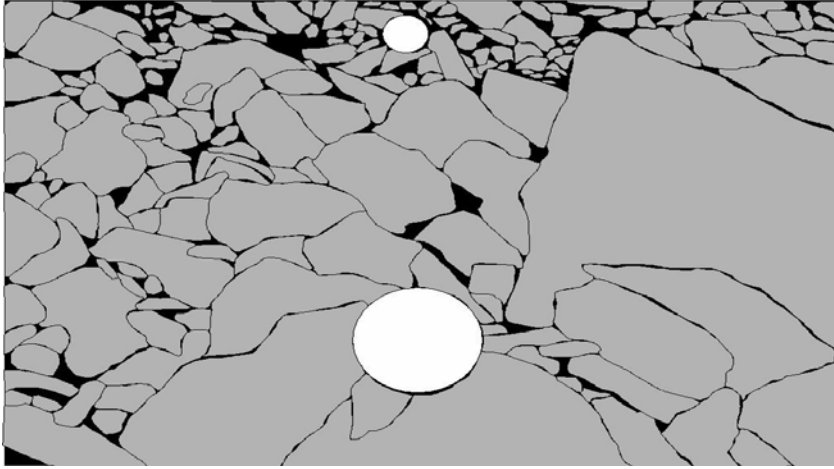
7mx6m delik düzeninde yapılan patlatmaya ait örnek yığın görüntüleri, bölütlenmiş yığın görüntüleri ve parça boyut dağılım çizelge ve grafikleri Şekil 4.9., 4.10., 4.11., 4.12. (orta ölçek) ve Şekil 4.13., 4.14., 4.15., 4.16. (büyük ölçek)'de verilmiştir.

7mx5m delik düzeninde yapılan patlatmaya ait örnek yığın görüntüleri, bölütlenmiş yığın görüntüleri ve parça boyut dağılım çizelge ve grafikleri Şekil 4.17., 4.18., 4.19., 4.20. (orta ölçek) ve Şekil 4.21., 4.22., 4.23., 4.24. (büyük ölçek)'de verilmiştir.

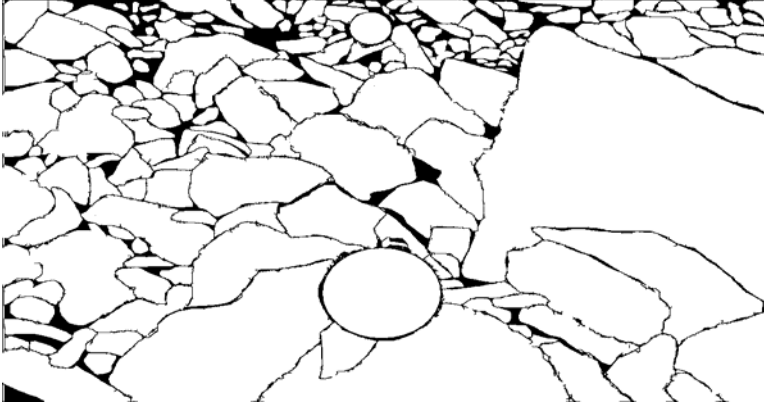
6mx5m delik düzeninde yapılan patlatmaya ait örnek yığın görüntüleri, bölütlenmiş yığın görüntüleri ve parça boyut dağılım çizelge ve grafikleri ise Şekil 4.25., 4.26., 4.27., 4.28. (orta ölçek) ve Şekil 4.29., 4.30., 4.31., 4.32. (büyük ölçek)'de verilmiştir.



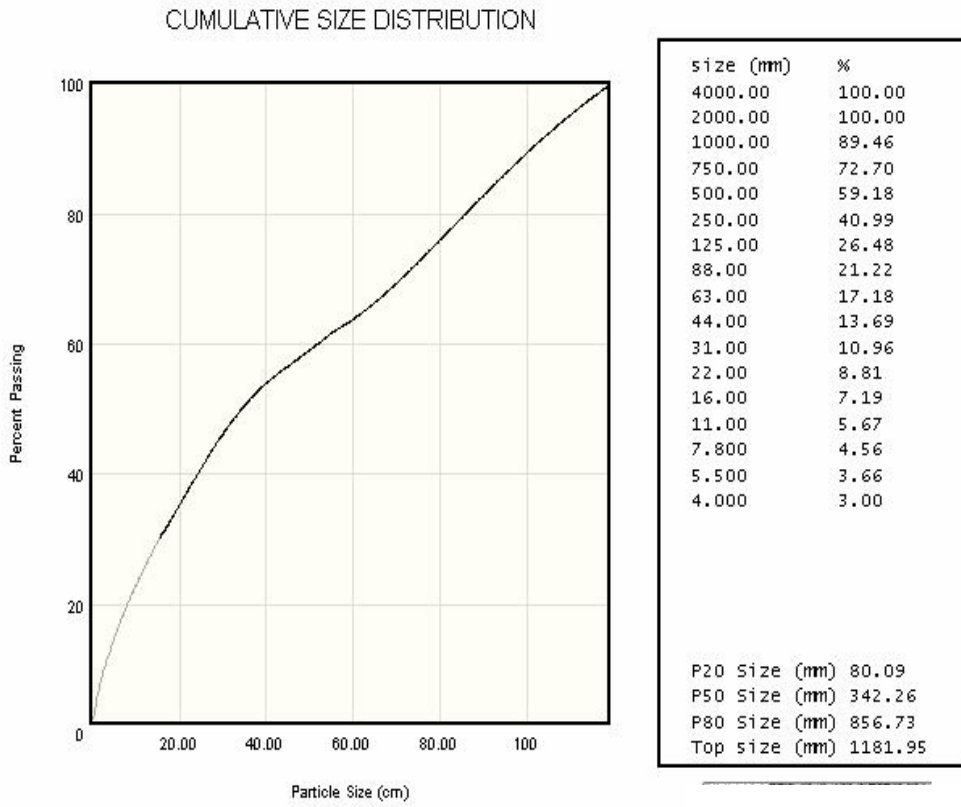
Şekil 4.9. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7mx6m delik düzeni (orta ölçek)



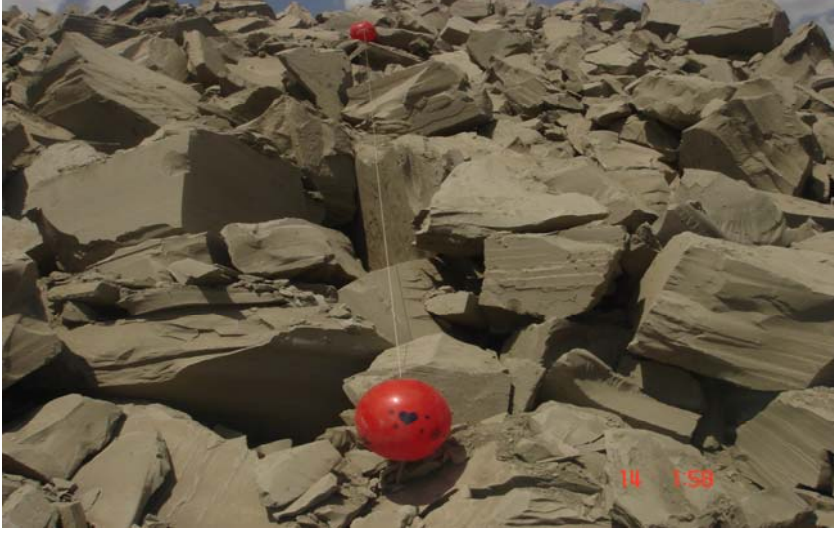
Şekil 4.10. Şekil 4.9.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 6 m delik düzeni (orta ölçek)



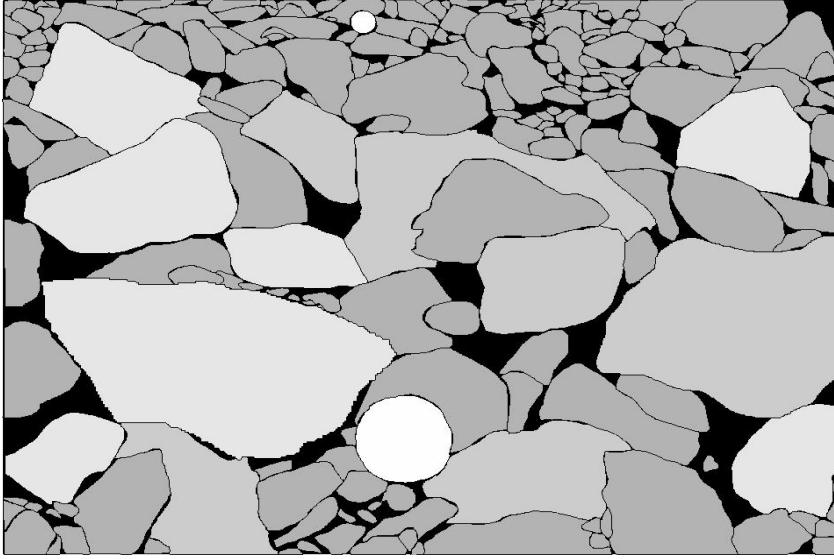
Şekil 4.11. Şekil 4.9.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 6 m delik düzeni (orta ölçek)



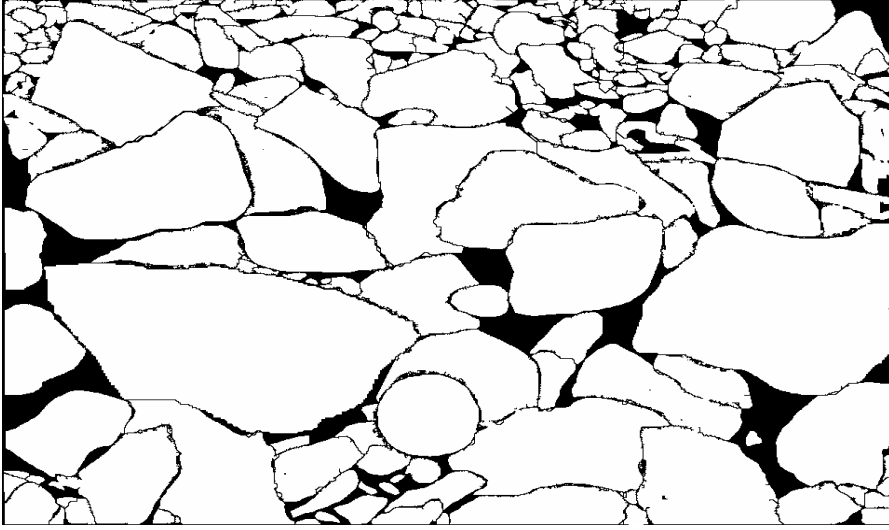
Şekil 4.12. Şekil 4.9.'daki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği



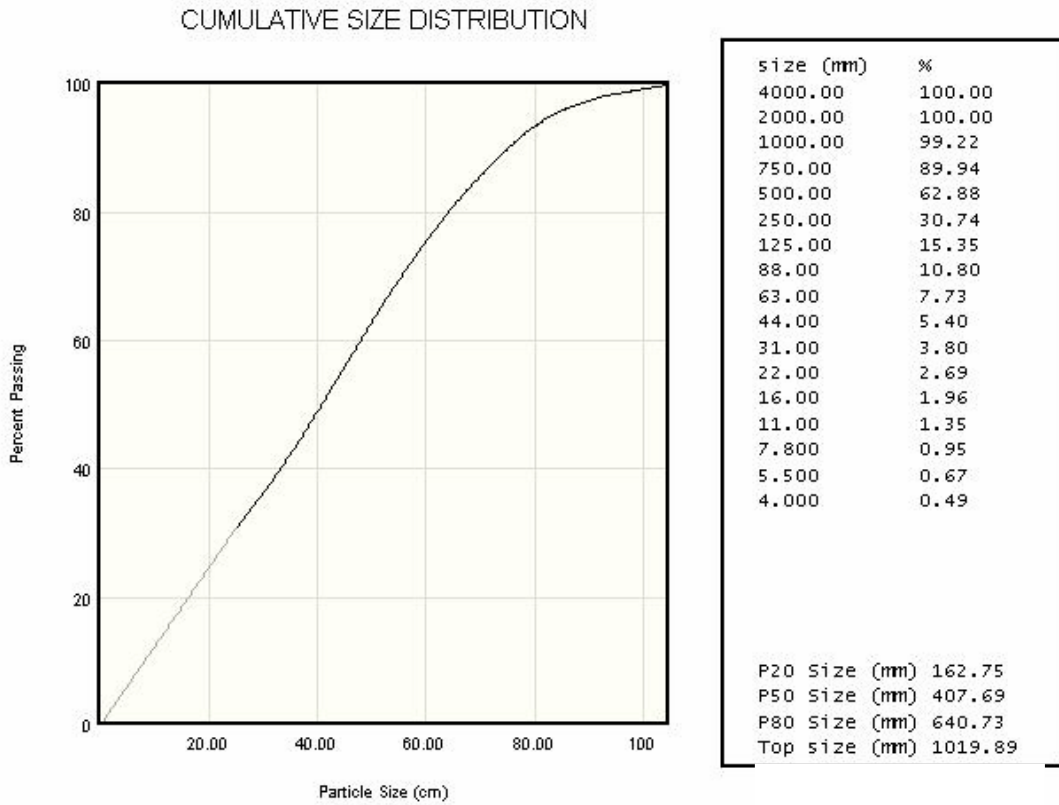
Şekil 4.13. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek)



Şekil 4.14. Şekil 4.13.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek)



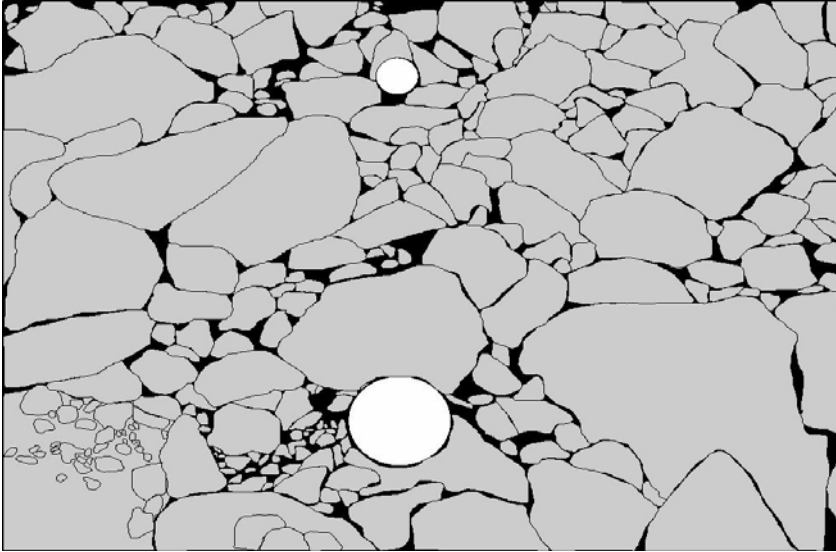
Şekil 4.15. Şekil 4.13.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 6 m delik düzeni (büyük ölçek)



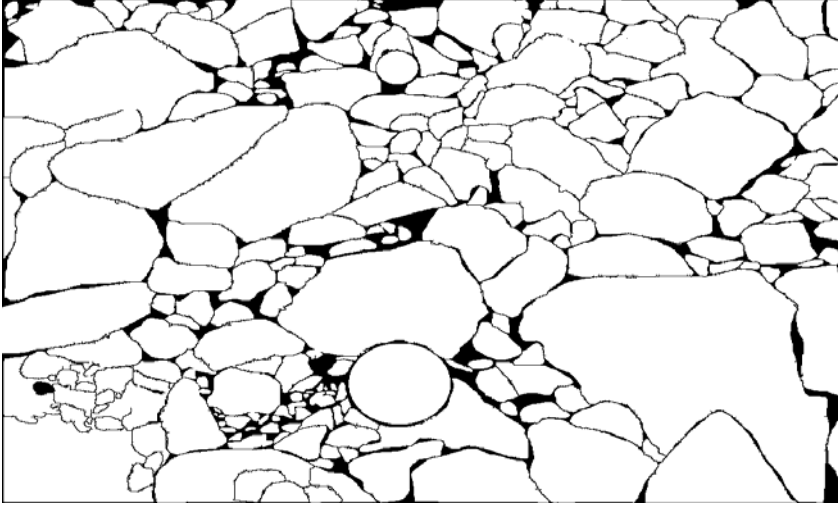
Şekil 4.16. Şekil 4.13.'daki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği



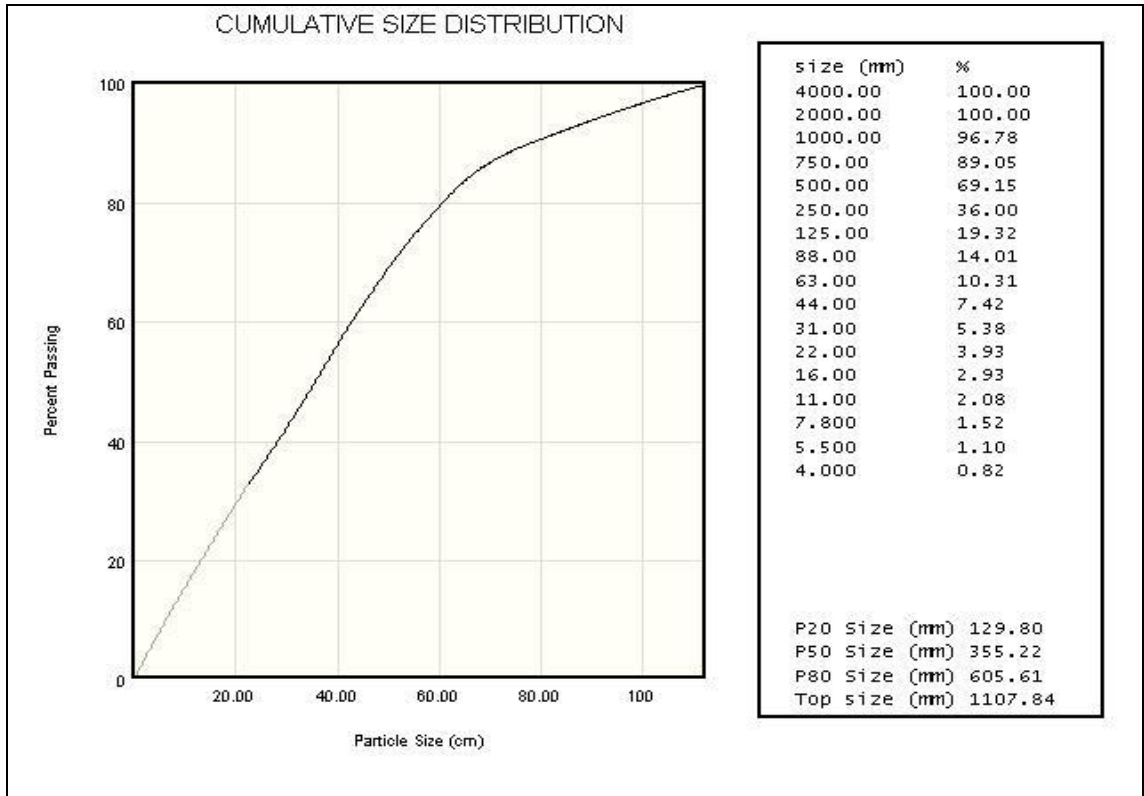
Şekil 4.17. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



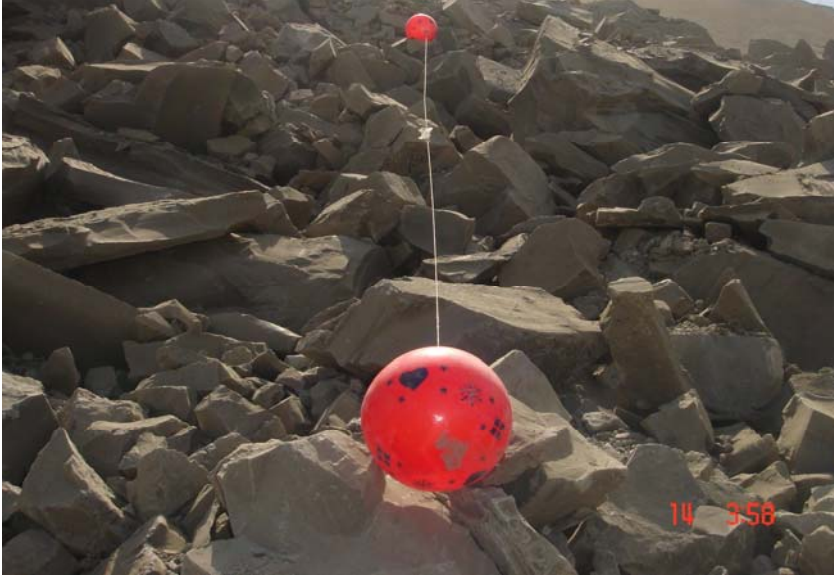
Şekil 4.18. Şekil 4.17.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



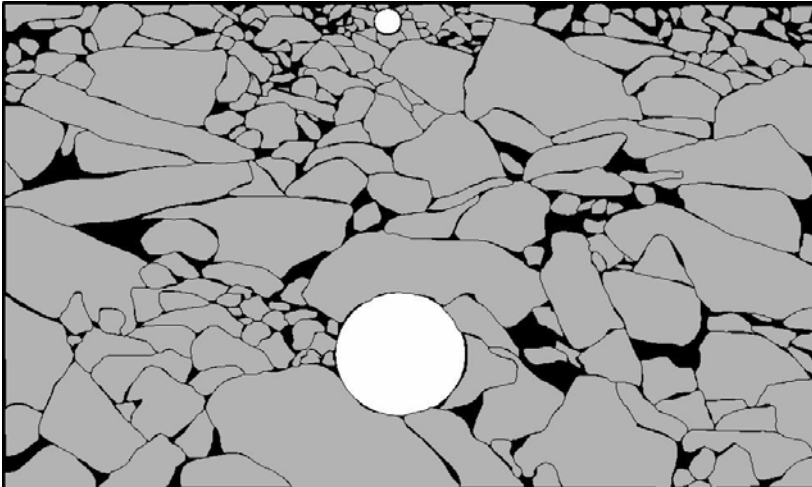
Şekil 4.19. Şekil 4.17.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



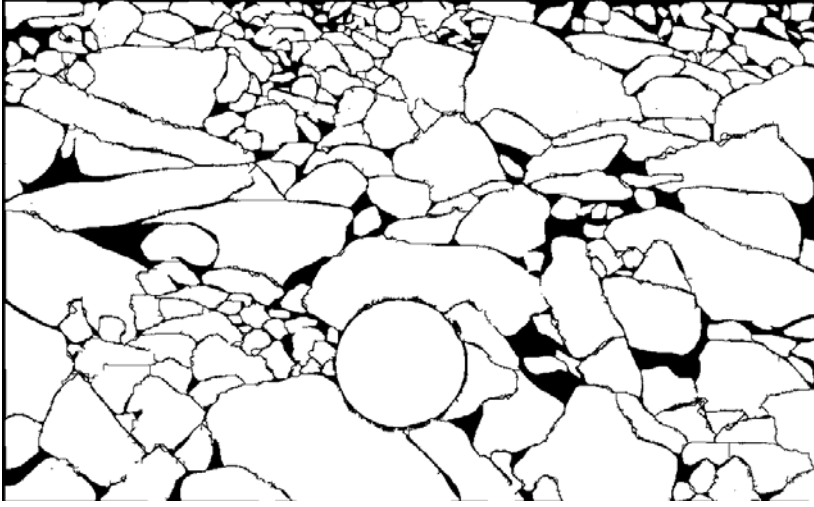
Şekil 4.20. Şekil 4.17.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği



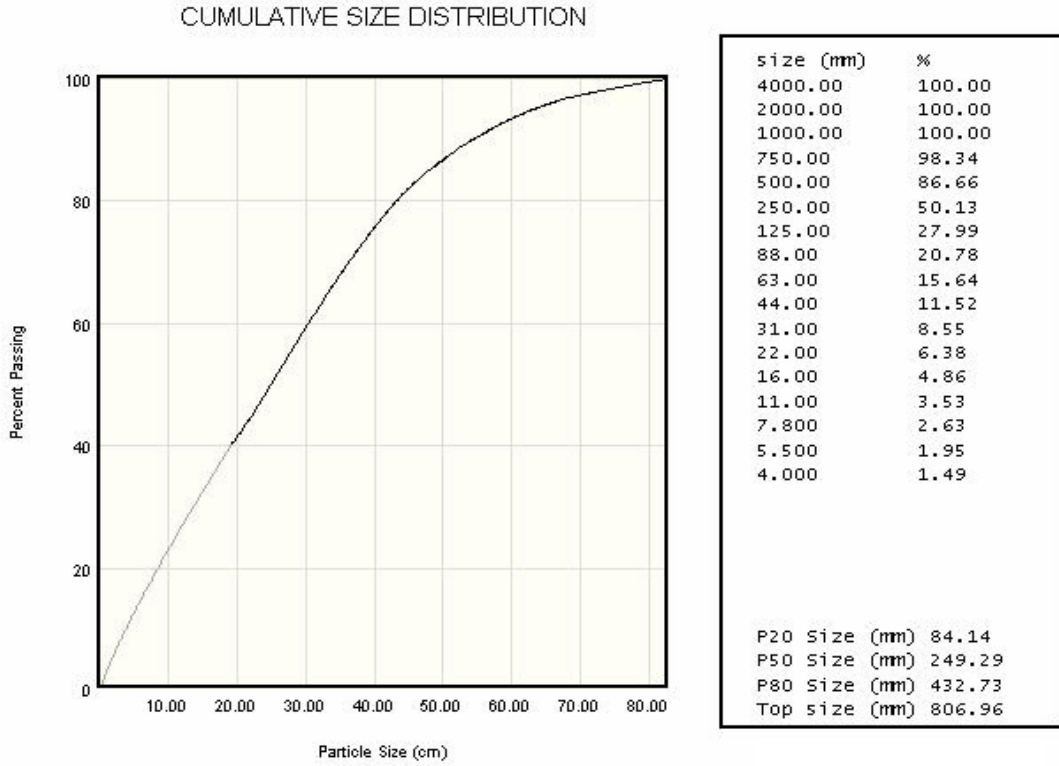
Şekil 4.21. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)



Şekil 4.22. Şekil 4.21.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)



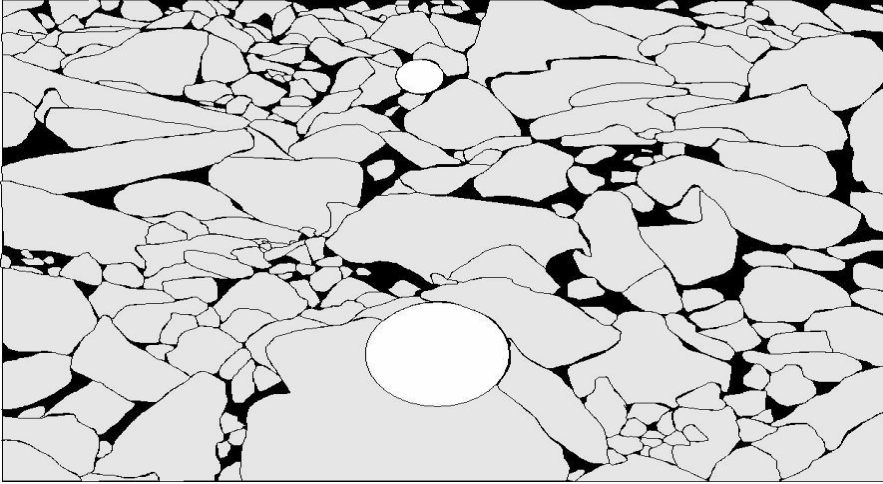
Şekil 4.23. Şekil 4.21.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 7 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)



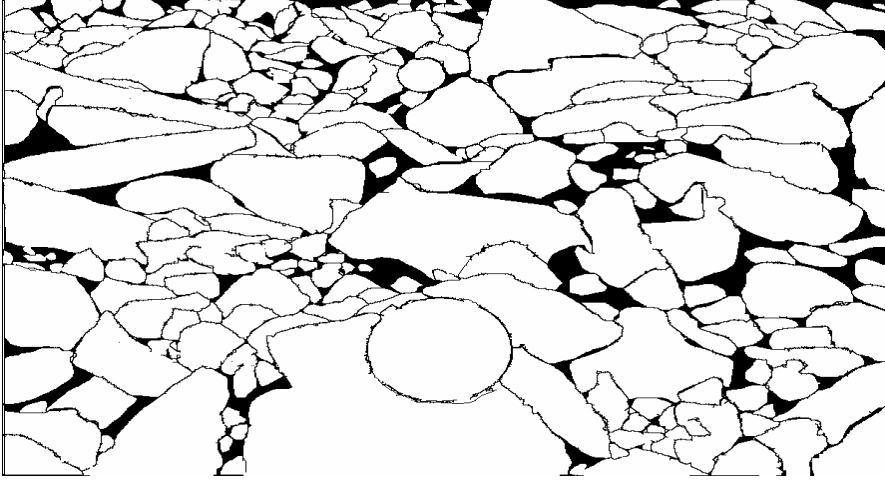
Şekil 4.24. Şekil 4.21.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği



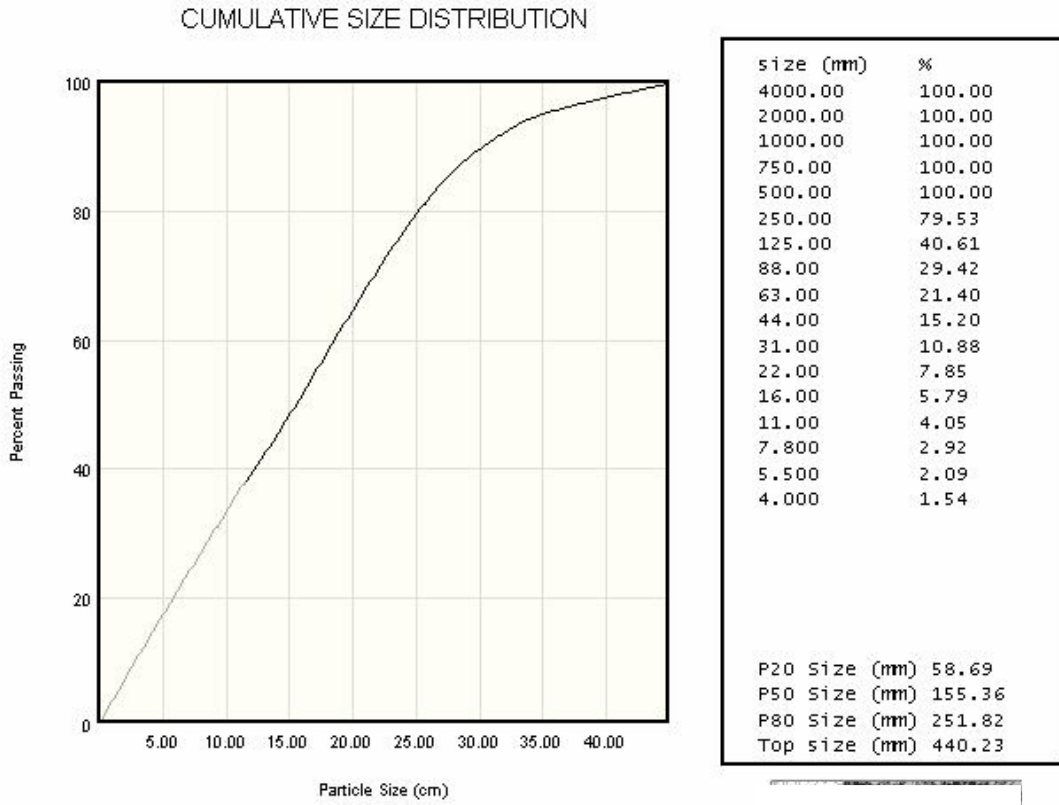
Şekil 4.25. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



Şekil 4.26. Şekil 4.25.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



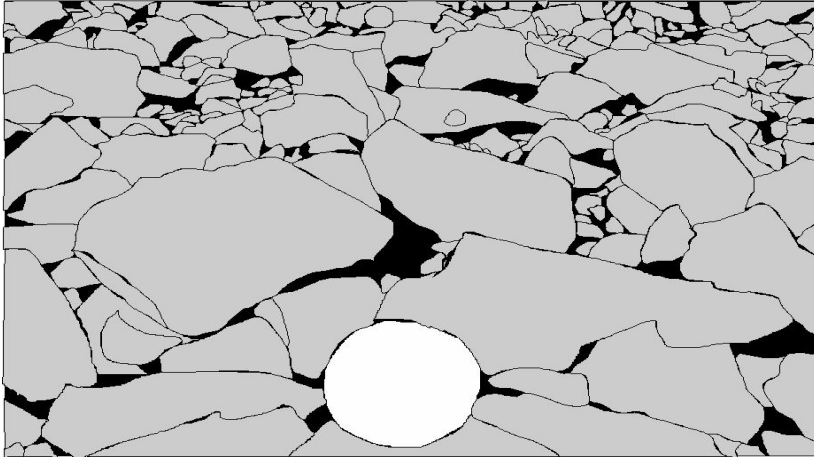
Şekil 4.27. Şekil 4.25.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 6 m x 5 m delik düzeni (orta ölçek)



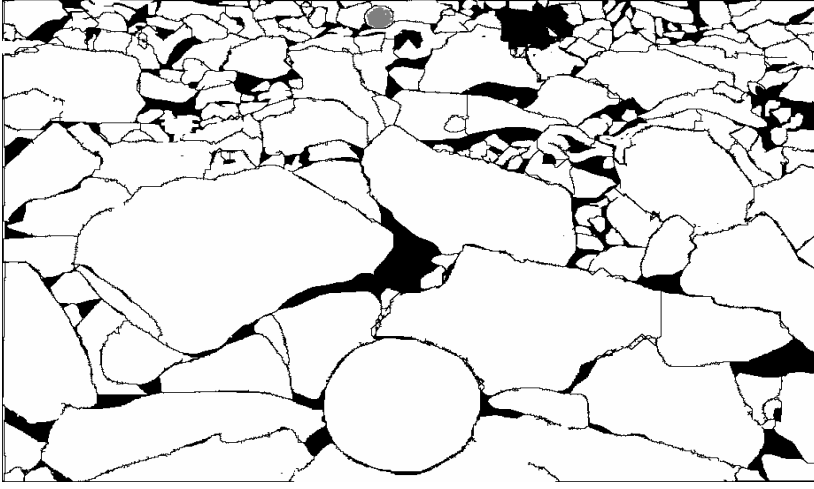
Şekil 4.28. Şekil 4.25.'deki yığına ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği



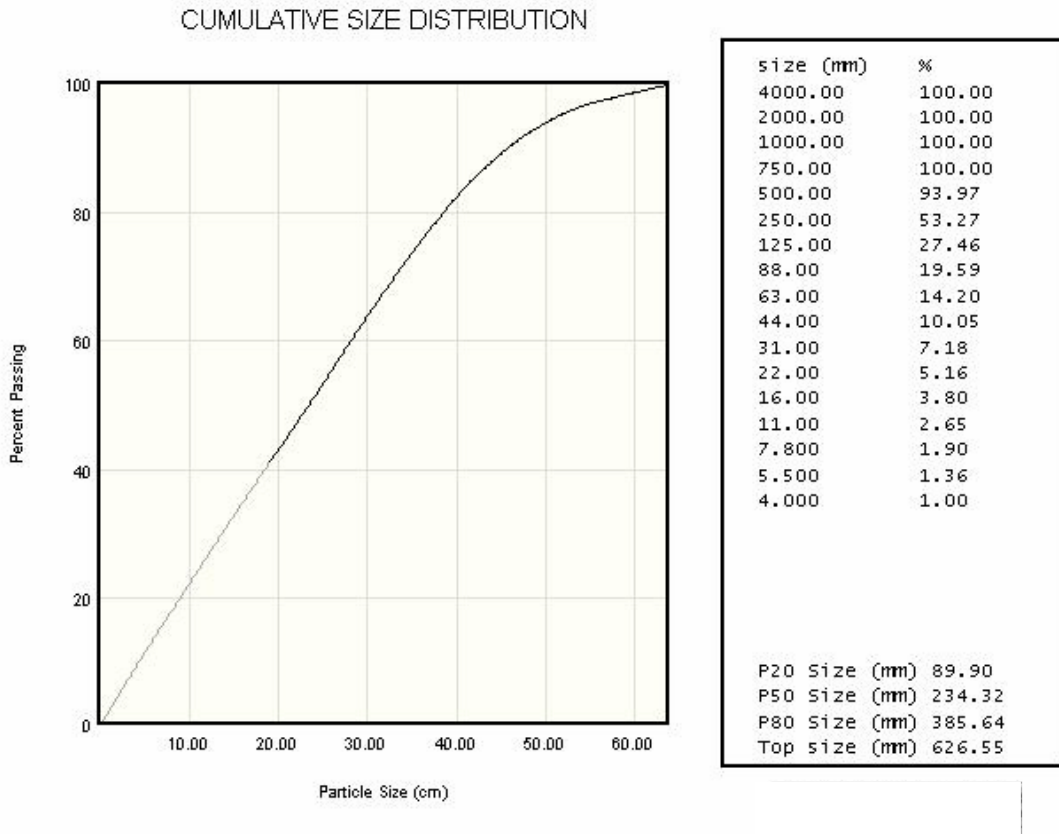
Şekil 4.29. Boyut dağılımı analizinin uygulandığı bir yığın görüntüsü, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)



Şekil 4.30. Şekil 4.29.'daki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün düzeltme işlemi uygulanmış hali, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)

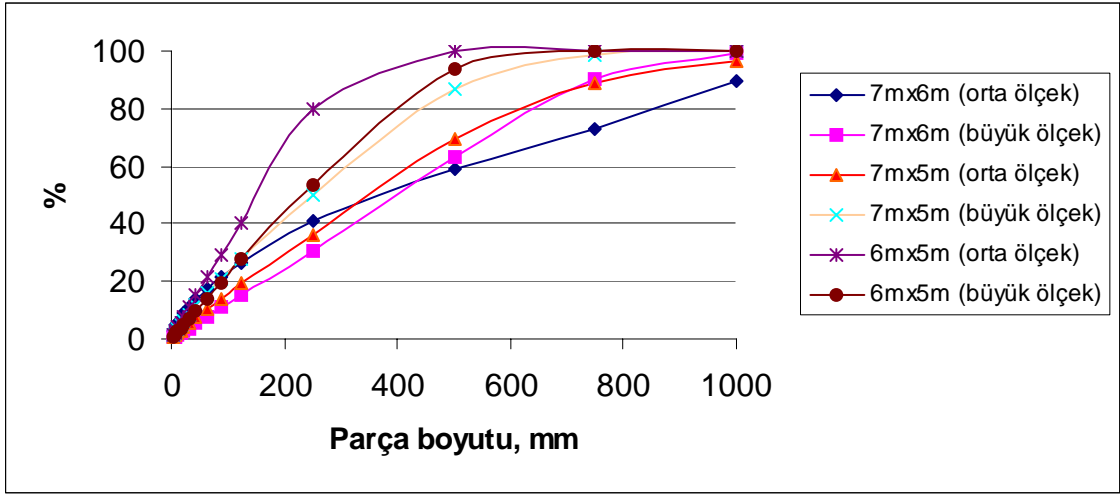


Şekil 4.31. Şekil 4.29.'deki boyut dağılımı analizinin uygulandığı yığın görüntüsünün bölütlenmiş hali, 6 m x 5 m delik düzeni (büyük ölçek)

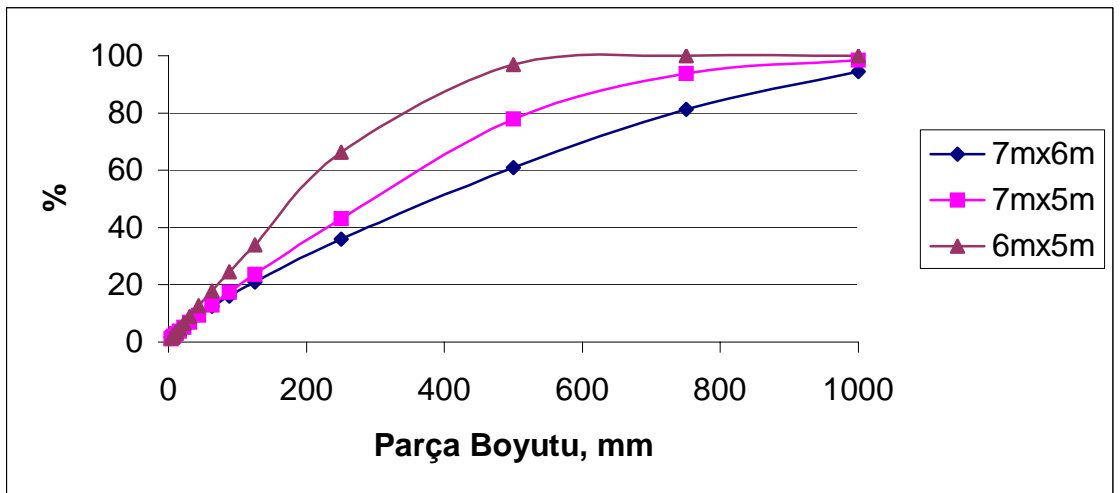


Şekil 4.32. Şekil 4.29.'deki yığma ait boyut dağılımı çizelgesi ve grafiği

Çalışmada amaç, farklı delik düzenlerinde boyut dağılımlarındaki farklılıkları görmek olduğu için, her bir delik düzenine ait ortalamayı gösteren grafikler tek bir grafik üzerinde birleştirilmiştir (Şekil 4.33. ve 4.34.). Şekil 4.33. orta ve büyük ölçekteki yığın resimlerine ait serileri, Şekil 4.34. ise bu iki serinin ortalamalarına ait serileri göstermektedir. Delikler arası mesafenin değiştirilmesi ile parça boyutu dağılımında belirgin bir değişiklik olmaktadır. Delik geometrisi daraldıkça, ortaya çıkan kaya parçalarının boyutları küçülmektedir.



Şekil 4.33. 7m x 6m, 7m x 5m ve 6m x 5m delik düzenlerinde atımı yapılan yığınların boyut dağılımlarının aynı grafik üzerinde gösterilmesi

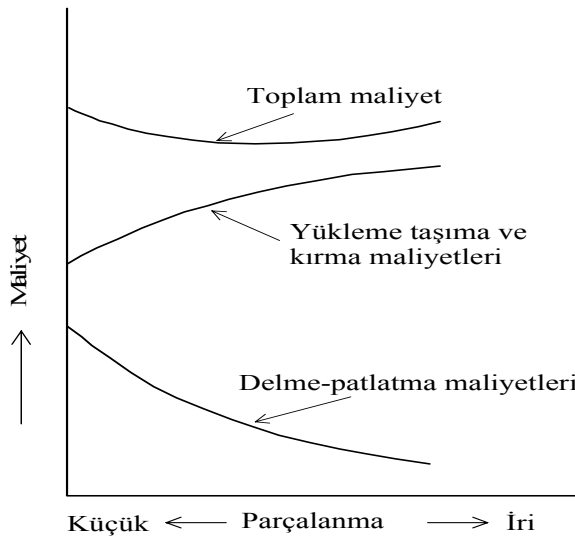


Şekil 4.34. 7m x 6m, 7m x 5m ve 6m x 5m delik düzenlerinde atımı yapılan yığınların ortalama boyut dağılımlarının ortalamasının aynı grafik üzerinde gösterilmesi

5. DEKAPAJ MALİYETLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu bölümde, delik düzeninin dekapaj maliyetine olan etkisini belirlemek için, denenen 3 delik düzeni için delme-patlatma, yükleme ve nakliye maliyetleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken, sadece patlayıcı madde ve mazot giderleri göz önüne alınmıştır. İşçilik gibi her dönem için aynı olan giderler hesaplama katılmamıştır. Her ölçüm döneminde aynı ekipmanlar kullanılmıştır. 7m x 6m delik düzeninde 745.000 m³, 7m x 5m delik düzeninde 847.695 m³ ve 6m x 5m delik düzeninde 614.241 m³ dekapaj gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.1.'de parçalanmanın delme patlatma maliyetleri ile dekapaj ve nakliye maliyetlerine etkisi gösterilmiştir. Bu iki kalem harcama şekilde toplam harcama olarak belirtilmiştir. Açık işletmecinin hedefi toplam harcama eğrisinin en düşük olduğu noktanın tayini ve temini olmalıdır.



Şekil 5.1. Açık işletmelerde parçalanma derecesinin maliyetler üzerine etkisi

5.1. Delme-Patlatma Maliyetleri

Tüm çalışma boyunca delikler çift sıra ve şaşbeş düzeninde delinmiştir. Delikler 15,24 cm çapında ve 7-8 m uzunluğundadır. Yemleme için dinamit ve ateşleme için elektrikli kapsül kullanılmıştır. Yaklaşık olarak her deliğe 62,5 kg ANFO, ½ kg dinamit ve bir adet kapsül yerleştirilmiştir. Çizelge 5.1.'de tüm delik düzenleri için patlatma ile ilgili veriler görülmektedir.

Çizelge 5.1. Uygulanan Delik Geometrileri İçin Patlatma İle İlgili Veriler

Delik Düzeni	7mx6m	7mx5m	6mx5m
	Dekapaj Miktarı (m ³)	745000	847695
Toplam delik say (adet)	1848	2480	2058
ANFO (kg)	109275	142850	109900
Dinamit (kg)	955	1210	973
Kapsül (adet)	1848	2480	2058
Delici mazot tüketimi (lt)	10810	14287	11137
Delici mazot tüketimi (lt / mt)	0,78	0,76	0,72
Delik başına alınan malzeme (m ³ /delik)	403,14	341,81	298,47
1 m ³ malzeme için kullanılan ANFO (kg)	0,15	0,17	0,18

Çizelge 5.1.'deki verilerden görüldüğü gibi delikler sıklaştıkça, delik başına alınan malzeme miktarı azalmakta ve 1 m³ malzeme için kullanılan ANFO miktarı artmaktadır.

Çizelge 5.2'de, aşağıda verilen patlayıcı madde ve mazot fiyatları ve Çizelge 5.1.'deki verilerden yararlanılarak her dönem için hesaplanan delme-patlatma birim maliyetleri görülmektedir.

ANFO : 0,58 \$/kg

Kapsül : 1,33 \$/adet

Dinamit : 2,38 \$/kg

Mazot : 1,50 \$/litre

Çizelge 5.2.'de görüldüğü gibi, delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaldıkça, aynı miktar bölgeyi patlatmak için delinen delik sayısı arttığı için delme-patlatma birim maliyeti artmaktadır.

Çizelge 5.2. Delme-Patlatma Maliyetleri

Malzeme \ Delik Düzeni	Toplam Maliyet (\$)			Birim Maliyet (\$/m ³)		
	7m x 6m	7m x 5m	6m x 5m	7m x 6m	7m x 5m	6m x 5m
Patlayıcı Maliyeti						
ANFO	63380	82853	63742	0,085	0,098	0,104
Kapsül	2458	3299	2737	0,003	0,004	0,004
Dinamit	2273	2880	2316	0,003	0,003	0,004
Mazot maliyeti (delici makineler)	16215	21431	16706	0,022	0,025	0,027
TOPLAM	84326	110463	85501	0,113	0,130	0,139

5.2. Yükleme ve Taşıma

Delik düzeninde yapılan değişikliklerin yükleme ve taşıma verimleri üzerindeki etkileri aşağıdaki bölümlerde işlenmiştir.

5.2.1. Delik düzeninin yükleme verimi üzerindeki etkisi

İşletmede, patlatılan malzemenin yüklenmesinde 4, 5.8, 6, 6.2 ve 7.3 m³ kapasiteli ters kepçeli ekskavatörler ve lastik tekerlekli yükleyiciler kullanılmaktadır. Çizelge 5.3.'te günlük olarak tutulan yükleyicilerin mazot, çalışma zamanı ve yükleme periyot sayısının takip çizelgesi örneği görülmektedir. Çizelgede çalışılan aya ait her gün makineye verilen mazot miktarı ve makinanın günlük çalıştığı zaman dakika biriminden yazılmaktadır.

Çizelge 5.3.'te makinanın günlük tükettiği mazot miktarı mazot sütununa, çalışma zamanı ise zaman sütununa günlük olarak işlenmektedir. Periyot sütununa ise belirli aralıklarla tutulan makine periyot ölçüm çizelgelerindeki bir periyot için bulunan değerlerden yararlanarak, makinanın o gün tam kapasite çalıştığı kabul edilerek yapması gerekli olan periyot sayısı değeri yaklaşık olarak hesaplanmaktadır. Toplam satırına günlük tüketilen mazot, çalışma zamanı ve

periyot değerleri toplamları hesaplanıp işlenmektedir. Mazot sütünu ile lt/dakika satırının keşiştiği hücreye makinanın dakikada tükettiği mazot miktarı;

Çizelge 5.3. Yükleyicilerin mazot, çalışma zamanı ve yükleme periyot sayısının takip çizelgesi örneği

MAKİNE			
TARİH	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT
TOPLAM			
lt / dakika			
		PER.(%)	ORT.

Yükleyici birim mazot tüketimi (lt/dak)= Toplam mazot (lt) / Toplam zaman (dak)

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir. Makine aylık çalışma verimi ise per.(%) hücrelerinin bir üst hücrelerine;

Performans (%) = Toplam makine çalışma zam. *100 / Planlanan makine çalışma zam.

Planlanan makine çalışma zam=Çalışılacak vardiya sayısı*Vardiya çalışma zam. (dak.)

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir. Günlük ortalama makine yükleme periyot sayısı ise Ort. Hücrelerinin bir üst hücrelerine ;

Günlük ortalama periyot sayısı = Toplam periyot sayısı / Çalışılan gün sayısı

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir.

5.2.1.1. 7m x 6m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri

Çizelge 5.4.'te patlatma delik düzeninin 7m x 6m olduğu aya ait yükleyicilerin toplam tükettiği mazot miktarları, makine çalışma zamanları dakika birimi üzerinden ve kontrollü

olarak yapılan periyot zaman ölçümlerinden yararlanarak makinelerin yapması gereken ortalama yükleme periyodu sayıları her makine için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca makinelerin dakikada tükettiği mazot miktarları, aylık çalışma zamanları (performans) % olarak ve ortalama günlük yükleme periyot sayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. Patlatma delik düzeninin 7m x 6m olduğu aya ait yükleyici çalışma bilgileri

MAKİNE	PC 600			850-1			850-2		
	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	19495	20230	72901	26109	24020	74712	31980	25750	80763
lt / dakika	0,9637	51,87179	2209	1,087	72,788	2264	1,2419	66,026	2447
		PER.(%)	ORT. (adet/gün)		PER.(%)	ORT. (adet/gün)		PER.(%)	ORT. (adet/gün)

MAKİNE	385			500-7			500-8		
	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	33381	24215	86534	8564	15641	32722	1125	2110	4794
lt / dakika	1,3785	62,09	2622	0,5475	40,105	992	0,5332	70,333	145
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNE	500-9			420-2			420-6		
	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	15498	24710	68228	550	1654	3642	494	1500	2985
lt / dakika	0,6272	63,359	2068	0,3325	34,458	110	0,329333	62,5	90
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

Çizelge 5.4.'deki verilerden yararlanarak makine yükleme periyotları ile makine kova kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 2549876 m³ makinaların yapması gereken yükleme miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 744986 m³ 'tür. Buna göre;

$$\begin{aligned} \text{Makine yükleme verimi} &= (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100 \\ &= (744986 \text{ m}^3 / 2549876 \text{ m}^3) * 100 \\ &= \% 29,21 \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi 7m x 6m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında yükleyici verimi % 29,21 olarak gerçekleşmiştir.

5.2.1.2. 7m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri

Çizelge 5.5.'te patlatma delik düzeninin 7m x 5m olduğu aya ait yükleyicilerin toplam tükettiği mazot miktarları, makine çalışma zamanları dakika birimi üzerinden ve kontrollü olarak yapılan periyot zaman ölçümlerinden yararlanarak makinelerin yapması gereken ortalama yükleme periyodu sayıları her makine için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca makinelerin dakikada tükettiği mazot miktarları, aylık çalışma zamanları (performans) % olarak ve ortalama günlük yükleme periyot sayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.5. Patlatma delik düzeninin 7m x 5m olduğu ay yükleyici çalışma bilgileri

MAKİNA	PC 600			850-1			850-2		
	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	24736	24490	76780	24652	23690	64106	30063	25790	70373
lt / dakika	1,010045	75,58642	3152	1,040608	73,11728	2632	1,165684	79,59877	2889
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNA	385			500-7			500-8		
	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT
	(lt)	(dakika)	(adet)	(lt)	(dakika)	(adet)	(lt)	(dakika)	(adet)
TOPLAM	31272	22570	70170	13548	24160	43973	12379	21850	43187
lt / dakika	1,385556	69,66049	2881	0,560762	74,5679	1805	0,566545	67,43827	1773
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNA	500-9			420-2			420-3		
	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT
	(lt)	(dakika)	(adet)	(lt)	(dakika)	(adet)	(lt)	(dakika)	(adet)
TOPLAM	14842	23590	56670	247	740	1415	2845	8610	16023
lt / dakika	0,629165	72,80864	2326	0,333784	30,83333	58	0,33043	46,29032	658
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNA	420-6		
	MAZOT	ZAMAN	PERİYOT
TARİH	(lt)	(dakika)	(adet)
TOPLAM	2281	6900	11945
lt / dakika	0,33058	34,84848	490
		PER.(%)	ORT.

Çizelge 5.5.'deki verilerden yararlanarak makine yükleme periyotları ile makine kova kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 2734500 m³ makinaların yapması gereken yükleme miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 847695 m³ 'tür. Buna göre;

$$\text{Makine yükleme verimi} = (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100$$

$$= (847695 \text{ m}^3 / 2734500 \text{ m}^3) * 100$$

$$= \% 31,01$$

Görüldüğü gibi 7m x 5m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında yükleyici verimi % 31,01 olarak gerçekleşmiştir.

5.2.1.3. 6m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay yükleyici bilgileri

Çizelge 5.6.'da patlatma delik düzeninin 6m x 5m olduğu aya ait yükleyicilerin toplam tükettiği mazot miktarları, makine çalışma zamanları dakika birimi üzerinden ve kontrollü olarak yapılan periyot zaman ölçümlerinden yararlanarak makinelerin yapması gereken ortalama yükleme periyodu sayıları her makine için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca makinelerin dakikada tükettiği mazot miktarları, aylık çalışma zamanları (performans) % olarak ve ortalama günlük yükleme periyot sayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 5.6.'daki verilerden yararlanarak makine yükleme periyotları ile makine kova kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 1898735 m³ makinaların yapması gereken yükleme miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 614241 m³ 'tür. Buna göre;

$$\begin{aligned} \text{Makine yükleme verimi} &= (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100 \\ &= (614241 \text{ m}^3 / 1898735 \text{ m}^3) * 100 \\ &= \% 32,35 \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi 6m x 5m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında yükleyici verimi % 32,35 olarak gerçekleşmiştir.

Yukarıdaki hesaplamalardan görüldüğü gibi, delik düzeninin makine yükleme verimi üzerinde direkt bir etkisi vardır. Yükleme verimi 7m x 6m delik düzeninde %29,21 iken 7m x 5m delik düzeninde % 31,01 olmuş, 6m x 5m delik düzeninde ise % 32,35 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.6. Patlatma delik düzeninin 6m x 5m olduğu ay yükleyici çalışma bilgileri

MAKİNA	PC 600			850-1			850-2		
	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	5629	5480	15800	18593	17750	44170	26395	22770	57134
lt / dakika	1,0272	50,7407	681	1,0475	51,006	1904	1,1592	79,063	2463
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNA	385			500-7			500-8		
TARİH	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	29861	21280	60840	11919	21810	36500	10222	18543	33700
lt / dakika	1,4032	73,889	2622	0,5465	75,729	1573	0,5513	64,385	1453
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

MAKİNA	500-9			420-3		
TARİH	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)	MAZOT (lt)	ZAMAN (dakika)	PERİYOT (adet)
TOPLAM	14080	20890	46145	123	370	633
lt / dakika	0,674	72,5347	1989	0,3324	30,8333	27
		PER.(%)	ORT.		PER.(%)	ORT.

5.2.2. Delik düzeninin taşıma verimi üzerindeki etki

Nakliye işleminde 16, 22, 24, 27, 28 ve 50 m³ kapasiteli kamyonlar kullanılmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde delik düzeni periyotlarındaki kamyonlara ait bilgiler verilmektedir. Çizelge 5.7.'de günlük olarak tutulan kamyonların mazot, sefer ve çalışma zamanlarının takip edildiği çizelge örneği görülmektedir.

Çizelge 5.7.'de her kamyonun günlük tükettiği mazot miktarı mazot sütununa, sefer sayısı sefer sütununa, çalışma zamanı ise zaman sütununa günlük olarak işlenmektedir. Toplam satırına günlük tüketilen mazot, sefer sayısı ve çalışma zamanı değerleri toplamları hesaplanıp işlenmektedir. Mazot sütunu ile 1 seferde satırının kesiştiği hücreye kamyonun 1 seferde tükettiği mazot miktarı;

$$\text{Kamyon birim seferde mazot tüketimi (lt/sf.)} = \text{Toplam mazot (lt)} / \text{Sefer sayısı (sf.)}$$

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir. Sefer sütunu ile 1 seferde satırının kesiştiği hücreye kamyonun dakikada tükettiği mazot miktarı ;

Kamyon birim dakikada mazot tüketimi (lt/dk.)=Toplam mazot (lt) / Çalışma zam. (dk.)

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir. Çalışma zamanı sütunu ile 1 seferde satırının kesiştiği hücreye kamyonun bir sefer atması için gerekli süre ;

Kamyon birim sefer zamanı (sf./dk.)= Çalışma zam. (dk.) / Sefer sayısı (sf.)

formülünden yararlanarak hesaplanıp işlenmektedir.

Çizelge 5.7. Kamyonların mazot, sefer ve çalışma zamanlarının takip edildiği çizelge örneği

KAMYON			
TARİH	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM			
1 SEFERDE			

5.2.2.1. 7m x 6m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri

Çizelge 5.8. 'de 7m x 6m patlatma delik düzeninin uygulandığı ay kamyonların mazot tüketimleri, sefer sayıları ve çalışma zamanları verilmiştir. Ayrıca birim seferdeki mazot tüketimi, dakikadaki mazot tüketimi ve birim sefer zamanı (dakika) hesaplanmıştır.

Çizelge 5.8. Patlatma delik düzeninin 7m x 6m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri (7mx6m)

KAMYON	1			2			3		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	4891	1440	19680	5475	1495	21980	5665	1617	22680
1 SEFERDE	3,3965	0,248526	13,667	3,6622	0,249	14,702	3,5034	0,25	14,026

Çizelge 5.8. Devamı

KAMYON	4			5			6		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	6091	1793	25750	5660	1454	20840	6991	1760	25780
1 SEFERDE	3,3971	0,236544	14,36141	3,89271	0,271593	14,33287	3,972159	0,271179	14,64773

KAMYON	7			8			9		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	5467	1375	20280	5980	1447	21270	2579	533	8020
1 SEFERDE	3,976	0,269576	14,74909	4,132688	0,281147	14,69938	4,838649	0,321571	15,0469

KAMYON	10			11			12		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	1851	443	7070	1497	392	5930	4938	1039	15980
1 SEFERDE	4,17833	0,26181	15,95937	3,818878	0,252445	15,12755	4,752647	0,309011	15,38017

KAMYON	13			14			15		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	2062	388	5950	6394	1238	19420	7031	1558	23090
1 SEFERDE	5,314433	0,346555	15,33505	5,164782	0,329248	15,68659	4,512837	0,304504	14,82028

Çizelge 5.8. Devamı

KAMYON	16			17			18		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	6761	1404	20770	8394	1796	25490	7879	1758	25610
1 SEFERDE	4,815527	0,325518	14,79345	4,673719	0,329306	14,19265	4,481797	0,307653	14,56769

KAMYON	19			20			21		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	6941	1688	24540	9077	1119	22040	9095	1125	22130
1 SEFERDE	4,111967	0,282844	14,53791	8,111707	0,411842	19,69616	8,084444	0,410981	19,67111

KAMYON	22			23			24		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	8749	1062	20460	8437	999	19750	8749	1062	21340
1 SEFERDE	8,23823	0,427615	19,26554	8,445445	0,42719	19,76977	8,23823	0,409981	20,09416

KAMYON	25			26			27		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	9271	1114	21670	9008	1090	21590	6822	878	18700
1 SEFERDE	8,322262	0,427826	19,45242	8,26422	33,0303	19,80734	7,769932	26,60606	21,29841

KAMYON	28			29			30		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	7816	904	17720	8864	1119	21660	1025	254	3720
1 SEFERDE	8,646018	27,39394	19,60177	7,921358	33,90909	19,35657	4,035433	28,22222	14,64567

Çizelge 5.8.'deki verilerden yararlanarak kamyon sefer sayıları ile kamyon kasa kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 1.010.932 m³ kamyonların yapması gereken taşıma miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 744.986 m³ 'tür. Buna göre;

$$\text{Kamyon taşıma verimi} = (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100$$

$$= (744.986 \text{ m}^3 / 1.010.932 \text{ m}^3) * 100$$

$$= \% 73,69$$

Görüldüğü gibi 7m x 6m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında kamyon verimi % 73,69 olarak gerçekleşmiştir.

5.2.2.2. 7m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri

Çizelge 5.9. 'da 7m x 5m patlatma delik düzeninin uygulandığı ay kamyonların mazot tüketimleri, atmış olduğu sefer sayıları ve çalışma zamanları verilmiştir. Ayrıca birim seferdeki mazot tüketimi, dakikadaki mazot tüketimi ve birim sefer zamanı dakika cinsinden hesaplanmıştır.

Çizelge 5.9. Patlatma delik düzeninin 7m x 6m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri (7mx5m).

KAMYON	1			2			3		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	5959	1535	21020	6171	1647	23140	6343	1718	23400
1 SEFERDE	3,882085	0,283492	13,69381	3,746812	0,266681	14,04979	3,692084	0,271068	13,62049

Çizelge 5.9 Devamı

KAMYON	4			5			6		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	6277	1592	21430	8223	1806	23550	7199	1592	21970
1 SEFERDE	3,942839	0,292907	13,46106	4,553156	0,349172	13,03987	4,521985	0,327674	13,80025

KAMYON	7			8			9		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	5497	1166	15580	7800	1716	23740	8456	1773	24530
1 SEFERDE	4,714408	0,352824	13,36192	4,545455	0,328559	13,8345	4,769318	0,344721	13,83531

KAMYON	10			11			12		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	8479	1777	24440	8406	1722	23940	8891	1828	24070
1 SEFERDE	4,771525	0,346931	13,75352	4,881533	0,351128	13,90244	4,863786	0,369381	13,1674

KAMYON	13			14			15		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	8404	1829	24500	8764	1722	24220	8059	1814	24470
1 SEFERDE	4,594861	0,34302	13,3953	5,089431	0,36185	14,06504	4,442668	0,329342	13,48953

Çizelge 5.9 Devamı

KAMYON	16			17			18		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	8431	1663	22590	7918	1663	21610	8222	1752	23860
1 SEFERDE	5,069753	0,373218	13,58388	4,761275	0,366404	12,99459	4,692922	0,344593	13,61872

KAMYON	19			20			21		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	7757	1740	23630	10136	1072	21540	7968	831	16340
1 SEFERDE	4,458046	0,328269	13,58046	9,455224	0,470566	20,09328	9,588448	0,487638	19,66306

KAMYON	22			23			24		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	9868	1020	20000	7932	841	17550	10044	1028	20860
1 SEFERDE	9,67451	0,4934	19,60784	9,431629	0,451966	20,86801	9,770428	0,481496	20,29183

KAMYON	25			26			27		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	9757	987	20050	9560	1024	20850	9827	1020	21390
1 SEFERDE	9,885512	0,486633	20,31408	9,335938	36,57143	20,36133	9,634314	36,42857	20,97059

Çizelge 5.9 Devamı

KAMYON	28			29			30		
	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)	MAZOT (litre)	SEFER (adet)	ZAMAN (dakika)
TOPLAM	9986	1064	20930	10114	1076	21100	9311	1695	23330
1 SEFERDE	9,385338	38	19,67105	9,399628	38,42857	19,60967	5,493215	60,53571	13,76401

Çizelge 5.9.'daki verilerden yararlanarak kamyon sefer sayıları ile kamyon kasa kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 1134647 m³ kamyonların yapması gereken taşıma miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 847.695 m³ 'tür. Buna göre;

$$\text{Kamyon taşıma verimi} = (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100$$

$$= (847.695 \text{ m}^3 / 1134647 \text{ m}^3) * 100$$

$$= \% 74,71$$

Görüldüğü gibi 7m x 5m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında kamyon verimi % 74,71 olarak gerçekleşmiştir.

5.2.2.3. 6m x 5m delik düzeninde patlatma yapılan ay kamyon bilgileri

Çizelge 5.10. 'da 6m x 5m patlatma delik düzeninin uygulandığı ay kamyonların mazot tüketimleri, atılmış olduğu sefer sayıları ve çalışma zamanları verilmiştir. Ayrıca birim seferdeki mazot tüketimi, dakikadaki mazot tüketimi ve birim sefer zamanı dakika cinsinden hesaplanmıştır.

Çizelge 5.10. Patlatma delik düzeninin 7m x 6m olduğu ay kamyon çalışma bilgileri (6mx5m)

KAMYON	1			2			3		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	4899	1430	18710	5313	1514	18440	5044	1423	18070
1 SEFERDE	3,425874	0,261839	13,08392	3,509247	0,288124	12,17966	3,544624	0,279137	12,69852

KAMYON	4			5			6		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	4714	1290	17430	6487	1509	20480	6065	1442	19290
1 SEFERDE	3,654264	0,270453	13,51163	4,298873	0,316748	13,5719	4,205964	0,314412	13,37725

KAMYON	7			8			9		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	6044	1476	19790	5966	1421	19700	4436	978	13790
1 SEFERDE	4,094851	0,305407	13,40786	4,198452	0,302843	13,86348	4,535787	0,321682	14,1002

KAMYON	10			11			12		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	3113	569	8310	2470	453	6900	5898	1207	16320
1 SEFERDE	5,471002	0,374609	14,60457	5,452539	0,357971	15,23179	4,886495	0,361397	13,52113

Çizelge 5.10. Devamı

KAMYON	13			14			15		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	3252	609	8940	3507	704	10070	6209	1392	18910
1 SEFERDE	5,339901	0,363758	14,6798	4,981534	0,348262	14,30398	4,460489	0,328345	13,58477

KAMYON	16			17			18		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	6381	1372	18910	6083	1346	17850	6756	1478	19460
1 SEFERDE	4,650875	0,337441	13,7828	4,519316	0,340784	13,26152	4,571042	0,347174	13,16644

KAMYON	19			20			21		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	6021	1365	18410	7467	928	17780	7588	927	17860
1 SEFERDE	4,410989	0,327051	13,48718	8,046336	0,419966	19,15948	8,185545	0,42486	19,26645

KAMYON	22			23			24		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	7107	823	15710	7463	867	16610	7646	901	17220
1 SEFERDE	8,63548	0,452387	19,0887	8,607843	0,449308	19,15802	8,486127	0,444019	19,1121

Çizelge 5.10. Devamı

KAMYON	25			26			27		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	7162	863	16440	7608	903	17370	7231	869	17670
1 SEFERDE	8,298957	0,435645	19,04983	8,425249	31,13793	19,23588	8,321059	29,96552	20,33372

KAMYON	28			29			30		
	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN	MAZOT	SEFER	ZAMAN
	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)	(litre)	(adet)	(dakika)
TOPLAM	7288	866	16380	7506	919	17390	4497	797	10560
1 SEFERDE	8,415704	29,86207	18,91455	8,167573	31,68966	18,92274	5,642409	27,48276	13,24969

Çizelge 5.10.'daki verilerden yararlanarak kamyon sefer sayıları ile kamyon kasa kapasiteleri çarpılarak elde edilen rakam 806831 m³ kamyonların yapması gereken taşıma miktarıdır. Ancak bahsi geçen ay yapılan iş miktarı 614.241 m³ 'tür. Buna göre;

$$\begin{aligned}
 \text{Kamyon taşıma verimi} &= (\text{Gerçekleşen} / \text{Gerçekleşmesi gereken}) * 100 \\
 &= (614.241 \text{ m}^3 / 806831 \text{ m}^3) * 100 \\
 &= \% 76,13
 \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi 6m x 5m delik düzeninde, yaklaşık bir aylık süre zarfında kamyon verimi % 76,13 olarak gerçekleşmiştir.

Yukarıdaki hesaplamalardan görüldüğü gibi, delik düzeninin kamyon taşıma verimi üzerinde direkt bir etkisi vardır. Taşıma verimi 7m x 6m delik düzeninde %73,69 iken, 7m x 5m delik düzeninde % 74,71 olmuş, 6m x 5m delik düzeninde ise % 76,13 olarak gerçekleşmiştir.

5. 3. Yükleme ve Taşıma Maliyetleri

Çizelge 5.11.'de yükleme ve taşıma işlerinde kullanılan ekipmanlara ait toplam mazot tüketimleri ve birim maliyetleri verilmiştir. Tablodaki verilerden görüldüğü gibi, geometri

daraldıkça, birim yükleme ve taşıma maliyeti düşmektedir. 7m x 6m delik düzeninde birim maliyet 0,554 \$/m³ iken 6m x 5m delik düzeninde bu maliyet 0,482 \$/m³'e düşmektedir. Bunun nedeni, delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaldıkça, patlatma sonucu açığa çıkan ortalama parça boyutunun düşmesidir. Bu sayede daha verimli yükleme ve taşıma gerçekleştirilebilmektedir.

Bunun yanında iri parça ve tırnak oluşumunun azalması da yükleme ve taşıma verimini artırmaktadır.

Çizelge 5.11. Yükleme ve Taşıma İşleri İçin Mazot Tüketimleri ve Maliyetleri

Maliyet Kalemi	Delik Düzeni		
	7m x 6m	7m x 5m	6m x 5m
Yükleme			
Mazot tüketimi (litre)	141684	156865	107953
Birim mazot tüketimi (l/m ³)	0,190	0,185	0,176
Birim Maliyet (\$/m ³)	0,285	0,278	0,264
Taşıma			
Mazot tüketimi (litre)	133206	139403	88979
Birim mazot tüketimi (l/m ³)	0,179	0,164	0,145
Birim Maliyet (\$/m ³)	0,269	0,246	0,218
Yükleme-Taşıma			
Birim Maliyeti (\$/m ³)	0,554	0,524	0,482

5. 3.1. Birim Dekapaj Maliyeti

Çizelge 5.2. ve 5.10.'da verilen birim maliyetler ışığında, sadece delme-patlatma, yükleme ve nakliye işlerinde kullanılan patlayıcı madde ve yakıt tüketimleri göz önüne alınarak hesaplanan dekapaj birim maliyetleri Çizelge 5.12.'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi,

geometri ile delme-patlatma maliyetleri ters orantılı, yükleme-taşıma maliyeti ise doğru orantılı olarak değişmektedir. Dekapaj maliyeti bazında, 7m x 6m delik düzeninde toplam birim maliyet 0,671 $\$/m^3$ iken, bu değer 7m x 5m delik düzeninde 0,654 $\$/m^3$ 'e ve 6m x 5m düzeninde de 0,621 $\$/m^3$ 'e düşmektedir.

Çizelge 5.12. Dekapaj Birim Maliyetleri

Maliyet ($\$/m^3$)	Delik Düzeni		
	7m x 6m	7m x 5m	6m x 5m
Delme-patlatma mal.	0,113	0,130	0,139
Yükleme mal.	0,285	0,278	0,264
Taşıma mal.	0,269	0,246	0,218
TOPLAM	0,667	0,654	0,621

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ), Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesine (GLİ) ait bir açık ocak panosunda, delik düzenindeki değişikliklerin, parçalanma derecesine ve dekapaj maliyetine olan etkileri araştırılmıştır. Bu kapsamda, 7mx6m, 7mx5m ve 6mx5m (delikler arası mesafe x dilim kalınlığı) olmak üzere 3 farklı delik düzeni belirlenmiştir. Her bir delik düzeni 1 ay süreyle uygulanmıştır. Değişiklik sadece delik düzeninde gerçekleştirilmiş, delik boyu, delik çapı, patlayıcı madde şarj miktarı v.s. değişkenler sabit tutulmuştur.

Öncelikle, gerçekleştirilen patlatma işlemleri sonucunda ortaya çıkan yığınlara ait parça boyut analizi yapılarak, delik düzeni değişikliklerinin parçalanmaya olan etkisi ortaya konulmuştur. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar Şekil 4.33 ve 4.34'te özetlenmiştir. Görüldüğü gibi delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaldıkça, ortalama parça boyutu belirgin bir şekilde küçülmektedir. Bunun yanında arazi gözlemlerinde, tırnak oluşumunun da azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmanın diğer aşamasında, her döneme ait dekapaj maliyetleri hesaplanmıştır. Bu maliyetlerin hesaplanmasında, sadece patlayıcı madde ve mazot maliyetleri göz önüne alınmıştır. Zira delik düzenindeki değişikliklerden en fazla etkilenen maliyet kalemleri bunlardır. Her dönem için patlayıcı madde ve mazot maliyetlerini içeren delme-patlatma, yükleme ve taşıma birim maliyetleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 5.11'de toplu olarak görülmektedir. Tablodan görüldüğü gibi delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaldıkça delme-patlatma maliyeti artmaktadır. Çünkü aynı alanı patlatmak için daha fazla delik delinmekte ve buna paralel olarak daha fazla patlayıcı madde kullanılmaktadır. Yükleme ve taşıma maliyetlerinde ise bunun tersi bir durum görülmektedir. Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı azaldıkça bu maliyetler düşmektedir. Bunun nedeni, daha sık delikler delinmesi ile ortalama parça boyutunun küçülmesi ve daha verimli yükleme ve taşıma işleminin gerçekleştirilebilmesidir.

Dönemlere ait birim dekapaj maliyetleri hesaplandığında, delikler sıklaştıkça birim dekapaj maliyetinin azaldığı görülmektedir. 7m x 6m delik düzeninde birim dekapaj maliyeti 0,667 \$/m³ iken bu değer 7m x 5m delik düzeninde 0,654 \$/m³'e ve 6m x 5m delik düzeninde ise 0,621 \$/m³'e düşmektedir. Buradan, en yüksek ve en düşük maliyet arasında %7.5 lik bir farkın olduğu görülmektedir.

Açık ocaklarda örtü/kazı oranının arttığı ve rekabet şartlarının ağırlaştığı günümüzde, her işlemi en düşük maliyet ile gerçekleştirmek son derece önemlidir. Dekapaj işlemi de bunlardan birisidir. Bu çalışmada, delik düzeninin değiştirilmesi ile bir kazanç elde edildiği görülmüştür. Bu kazancın artırılması için delik düzeni değişikliğinin yanında diğer değişkenler üzerinde de benzer çalışmaların yapılmasında fayda görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kanchibotla, S.S., 2003, "Optimum Blasting ? Is it minimum cost per broken rock or maximum value per broken rock", *Fragbalst*, Vol.7 No.1, 35-48.
- [2] Bilgin, H.A., 2005; "Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma", Maden Mühendisleri için Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı, Editörler; Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M.A., Tamzok, N., TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, Ankara, sayfa: 231-313.
- [3] Workman, L., ve Eloranta, J., 2004; "Saving money from the start: a look at effects of blasting on crushing and grinding efficiency and energy consumption – E&T Blasting", Pit & Quarry.
- [4] Bilgin, H.A., 1986; "Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı", TKİ Eğitim Semineri, No:2, ODTÜ, Ankara.
- [5] Erkoç, Ö.Y., 1990; "Kaya Patlatma Tekniği", Çelikler Matbaacılık, İstanbul, 164.
- [6] Kanchibotla S.S., Valery W. ve Morrell, S.,1998; "Modelling fines in blast fragmentation and its impact on crushing and grinding", *Proc. Explo-99 Conf. Kalgoorlie*.
- [7] Kojovic T., Kanchibotla S.S., Poetschka N. ve Chapman J., 1998; "The effect of blast design on the lump-to-fine ratio at Marandoo iron ore operations", *Proc. Mine to Mill Conf., Brisbane*.
- [8] Floyd J., 1998; "Improving low -grade ore recovery with the use of efficient blasting techniques", *Proc. Mine to Mill Conf., Brisbane*.
- [9] Simkus R. ve Dance A., 1998; Tracking hardness and size: Measuring and monitoring ROM ore properties at Highland valley copper", *Proc. Mine to Mill Conf.,Brisbane*.
- [10] Scott A., Kanchibotla S.S. ve Morrell S., 1999; "Blasting for Mine to Mill Optimisation", *Proc. Explo-99 Conf. Kalgoorlie*.
- [11] Nielsen K., 1999; "The economic consequences of drill hole deviation in crushed aggregate production", *Proc. Explo-99 Conf. Kalgoorlie*.
- [12] Grundstrom C, Kanchibotla S.S, Jankovich A. ve Thornton D., 2001; "Blast Fragmentation for Maximising the Sag Mill Throughput at Porgera Gold Mine", *Proc. 28th ISEE Conf, Orlando*.
- [13] Ayaydın, C., 1987; "Üretim Yapılacak Sahaların Jeolojisi", Yayınlanmamış.
- [14] Çekilmez, V., 1998; "Kütahya-Tavşanlı-Tunçbilek Bölgesi JT-4 Sondajı Jeoteknik Etüdü", Ankara.
- [15] Taşkın, F., 1998; " Tunçbilek yeraltı İşletmesi Uzunayak Madenciliğinde Uygulanan Topukların Optimum Boyutlandırılması", Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

- [16] Köse, H., 1984; “TKİ GLİ Müessese Müdürlüğü Ömerler Yer altı İşletmesi Tabaka Kontrolü” Dokuz Eylül Üniversitesi”, İzmir.
- [17] Bilgin, H.A., Esen S., Kılıç M.,2000; “4. Delme ve Patlatma Sempozyumu”, TMMOB Maden Müh. Odası, Ankara
- [18] Ingersoll-Rand T4 BH Kataloğu, 2004
- [19] Orıca Kataloğu, 2006
- [20] Komatsu PC 600 Kataloğu,2002
- [21] Hitachi Zaxis 850 H Kataloğu, 2005
- [22] Caterpillar 385 B ME Kataloğu, 2005
- [23] Maerz, N.H. ve Zhou, W.,1999: Calibration of Optical Digital Fragmentation Measuring Systems. In: Proceedings of the 6th International Symposium for Rock Fragmentation by Blasting. South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, , pp. 125–130.
- [24] J. P. Latham, J. Kemeny, N. Maerz vd 2003., A Blind Comparison Between Results of Four Image Analysis Systems Using a Photo-Library of Piles of Sieved Fragments, Fragblast, Vol. 7, No. 2, pp. 105–132
- [25] Girdner, K., Kemeny, J., Srikant, A., ve McGill, R., 1996; “The Split System for Analyzing the Size Distribution of Fragmented Rock”, Proceedings of the Fragblast-5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, A.A. Balkema, Montreal, Quebec, Canada, 101-108.
- [26] Kemeny, J.M., Girdner, K. ve BoBo, T., 1999; “New Advances in Digital Image Analysis Software to Quantify the Size Distribution of Fragmented Rock”, MINNBLAST 99, 27-43.
- [27] Liu ve Tran, 1996; „Comparing Systems- Validation of FragScan, WipFrag and Split”, In: J.A. Franklin and T. Katsabanis (editörler): Proceedings of the Fragblast-5 Workshop on Measurement of Blast Fragmentation, Montreal. Balkema Rotterdam, sayfa. 151-156.