

622.23.000.000

Ç. 897.000.000

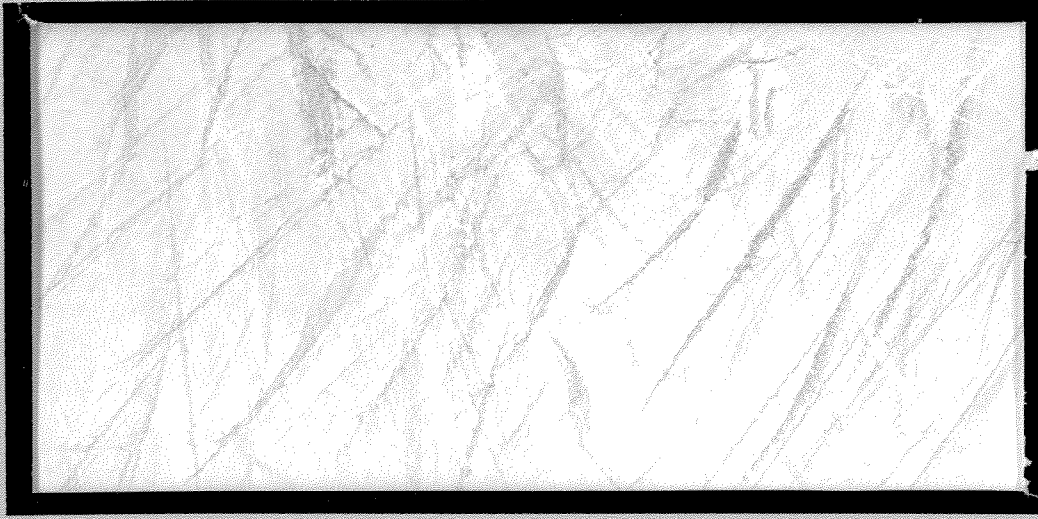
1997-1259



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

Duyg



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA
KURUMU KÜTÜPHANESİ

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospheric Sciences and
Environmental Researches Grant Group

622,232 : 681,3,06
Ç 302 a

AÇIK OCAKLARDA KULLANILAN DRAGLINE'LARIN
SEÇİLMESİ İÇİN UZMAN SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ

PROJE NO: YBAG - 0062

1997 - 1259

DOÇ. DR. NEŞ'E ÇELEBİ
BÜLENT ERDEM

TÜRKİYE İYİ HAYAT
TARİHİ
KURUM KURUMUNUN

MAYIS 1995
ODTÜ - ANKARA

20137

ODTÜ MÜHÜRÜ

ÖNSÖZ

"Açık Ocaklarda Kullanılan Dragline'ların Seçimi İçin Uzman Sistem Geliştirilmesi" konulu projenin Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) Araştırma ve Geliştirme projelerini teşvik ve destekleme faaliyeti kapsamında desteklenmesine karar verilmiştir. Araştırmanın süresi 24 ay ve bütçesi 93,600,000 TL olarak belirlenerek YBAG-0062 proje numarası ile 1 Eylül 1992 tarihinde başlamış, daha sonra projedeki gelişmeler göz önüne alınarak süre 8 ay uzatılmıştır. Projede bir öğretim üyesi ve bir araştırma asistanı görev almıştır. Proje kapsamında ülkemizde bulunan ve dragline ile örtü-kazı yapılan yerüstü ocaklarının özellikleri dikkate alınarak bir adet yatay damar bulunan ve en fazla iki dilimde örtü-kazı işlemi yapılan bir üretim sistemi esas alınmıştır. Proje çerçevesinde öncelikle 200'den fazla dragline'ı kapsayan ve ülkemizde kullanılan modelleri de içeren bir veri tabanı hazırlanmıştır. Projenin ana amacı olarak dragline örtü-kazı sistemleri incelenmiş ve yukarıda belirtilen koşullara uygun olan örtü-kazı sistemlerinde gerekli dragline ve dilim geometrisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunları takiben, örtü-kazı simülasyonu çalışmaları yapılmış ve temel parametreler belirlenmiştir. Daha sonra ise dragline örtü-kazı maliyeti analizi yapılmış ve hazırlanan tüm bilgisayar programları bir uzman sistem çatısı altında birleştirilmiştir.

İçindekiler

	<u>Sayfa</u>
Önsöz	ii
İçindekiler	iii
Şekiller dizini	vii
Tablolar dizini	xi
ÖZ	xii
ABSTRACT	xiii
1. Giriş	1
1.1. Genel	1
1.2. Dragline İle İlgili Bilgiler	2
1.3. Dragline Ocak Terminolojisi	4
1.4. Türkiye'de Dragline Kullanımı	5
1.5. Dragline Örtü-kazı Sistemleri Üzerine Gerçekleştirilen Araştırmalar	5
2. Uzman Sistem İçin Hazırlanan Dragline Veri Tabanı	9
2.1. Genel	9
2.2. Veri Tabanı Yönetim Programı	12
2.2.1. Veri tabanı yönetim programının çalıştırılması	12
3. Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Metodu	16
3.1. Genel	16
3.2. Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Modeli	16
3.2.1. Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	17
3.2.2. Gereken dragline dökme yarıçapı, R_d	18
4. Basamak Azaltmalı Örtü-Kazı Metodu	19
4.1. Genel	19
4.2. Basamak Azaltmalı Örtü-Kazı Modeli	19
4.2.1. Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	19
4.2.2. Gereken dragline dökme yarıçapı, R_d	21
5. Uzatılmış Basamak İle Örtü-Kazı Metodu	22
5.1. Genel	22
5.2. Uzatılmış Basamak ile Tekrar Kazı Modeli	22
5.2.1. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçtiği $[L_e > (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)]$ ve basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakıştığı durum	23
5.2.1.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb}	23
5.2.1.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk}	24
5.2.1.3. tekrar kazı oranı, O_{tk}	25
5.2.2. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçtiği $[L_e > (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)]$ ancak basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakışmadığı durum	26
5.2.2.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb}	26
5.2.2.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk}	27
5.2.2.3. tekrar kazı oranı, O_{tk}	28
5.2.3. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçmediği $[L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)]$ ve basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakıştığı durum	29

5.2.3.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb}	29
5.2.3.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk}	31
5.2.3.3. tekrar kazı oranı, O_{tk}	31
5.2.4. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçmediği [$L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$], ancak basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakışmadığı durum	32
5.2.4.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb}	32
5.2.4.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk}	34
5.2.4.3. tekrar kazı oranı, O_{tk}	34
5.3. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Metodu Programı	35
6. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Metodu	38
6.1. Genel	38
6.2. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Modeli	38
6.2.1. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)	39
6.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	39
6.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	42
6.2.1.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	43
6.2.1.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	44
6.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	44
6.2.1.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2	45
6.2.2. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)	46
6.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	46
6.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	49
6.2.2.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	50
6.2.2.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	51
6.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	51
6.2.2.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2	52
7. İki Dilimde Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Metodu	53
7.1. Genel	53
7.2. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Modeli	53
7.2.1. Üst dilim için dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp1}	54
7.2.2. Üst dilimde çalışan dragline için gerekli dökme yarıçapı, R_{d1}	54
7.2.3. Alt dilim için dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp2}	54
7.2.4. Alt dilimde çalışan dragline için gerekli dökme yarıçapı, R_{d2}	55
8. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü Kazı Metodu	56
8.1. Genel	56
8.2. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü Kazı Modeli	56
8.2.1. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)	57
8.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	57
8.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	60
8.2.1.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	61
8.2.1.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	62
8.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	62
8.2.2. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)	63

	<u>Sayfa</u>
8.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	63
8.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	65
8.2.2.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	67
8.2.2.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	68
8.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	68
9. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü Kazı Metodu	69
9.1. Genel	69
9.2. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü Kazı Modeli	69
9.2.1. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)	70
9.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	70
9.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	73
9.2.1.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	74
9.2.1.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	75
9.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	75
9.2.1.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2	76
9.2.2. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)	77
9.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp}	77
9.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}	80
9.2.2.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}	81
9.2.2.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}	81
9.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}	82
9.2.2.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2	83
10. Dragline Örtü-Kazı Simülasyonu Çalışmaları	84
10.1. Genel	84
10.2. Örtü-Kazı Simülasyon Modeli	84
10.2.1. Örtü-Kazı simülasyon modeli	84
10.2.2. Yürüme simülasyon modeli	86
10.2.3. Gecikme simülasyon modeli	86
10.3. Dragline Örtü-Kazı Simülasyon Programı	87
11. Dragline Örtü-Kazı Maliyeti Analizi	91
11.1. Genel	91
11.2. Örtü-Kazı Maliyet Analizi Modeli	91
11.2.1. Modelde kullanılan parametreler	92
11.2.1.1. girdi parametreleri	92
11.3. Maliyet Analizi Programı	95
12. Uzman Sistem Programı	97
12.1. Genel	97
12.2. Uzman Sistem Geliştirme Paket Programı	97
12.3. Geliştirilen Uzman Sistemin Metodolojisi	97
13. Sonuçlar ve Öneriler	102
13.1. Sonuçlar	102
13.2. Öneriler	105
14. Referanslar	106
15. TEŞEKKÜR	109

	<u>Sayfa</u>
16. EKLER	110
16.1. EK-1 Örtü-Kazı Modellerinde Kullanılan Terimler Dizini	112
16.2. EK-2 Dragline Veri Tabanları	113
a. Bucyrus-Erie Dragline'ları Çalışma Boyutları	114
b. Marion Dragline'ları Çalışma Boyutları	118
c. P&H-PAGE Dragline'ları Çalışma Boyutları	121
16.3. EK-3 Uzman Sistem İle Gerçekleştirilen Program Denemeleri	124
1. Uzman Sistemde Direkt Yana Döküm Metodu İle Gerçekleştirilen Dragline Seçimi	125
2. Uzman Sistemde Uzatılmış Basamak Metodu İle Gerçekleştirilen Dragline Seçimi	132
16.4. EK-4 Proje kapsamında yayınlanan bildiriler	139
a. Development of an expert system for dragline and stripping method selection	140

Şekiller Dizini

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Dragline'ı Oluşturan Parçalar	3
2. Dragline Çalışma Boyutları	4
3. Dragline Veri Tabanı Yönetim Programı Ana Menüsü	13
4. Dragline Grupları Alt Menüsü	14
5. Dragline Çalışma Parametreleri Ekranı	15
6. Direkt Yana Döküm Metodunda Ocak Geometrisi	16
7. Direkt Yana Döküm Metodunda Yığın Tepesi Oluşması	17
8. Basamak Azaltmalı Örtü-Kazı Sisteminde Ocak Geometrisi	19
9. Basamak Azaltmalı Örtü-Kazı Sisteminde Yığın Tepesi Oluşması	20
10. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durum	23
11. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Dilim Geometrisi	24
12. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan	25
13. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durum	26
14. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi	26
15. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan	27
16. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durum	29
17. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Ocak Geometrisi ve Uzunluklar	29
18. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Ocak Geometrisi ve Alanlar	30
19. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan	31
20. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durum	32
21. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi ve Uzunluklar	32

22. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi ve Alanlar	33
23. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan	34
24. Dilim Genişliğinin Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı	36
25. Basamak Genişliğinin Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı	36
26. Pasa Kalınlığının Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı	37
27. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durum	39
28. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	42
29. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	43
30. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	44
31. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Sahasında Gerekli Dökme Yarıçapı	45
32. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durum	46
33. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	49
34. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	50
35. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	51
36. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı	52
37. İki Dilimde Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü	53
38. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Metodunda Üst Dilim İçin Yığın Tepesi Oluşması	54
39. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Metodunda Alt Dilim İçin Yığın Tepesi Oluşması	55
40. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü	56
41. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durum	57
42. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	60
43. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	61
44. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	62
45. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durum	63

ŞekilSayfa

46. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	66
47. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	67
48. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	68
49. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü	69
50. Dragline Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durum ($r < W$)	70
51. İki dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	73
52. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	74
53. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	75
54. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı	76
55. Dragline Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durum ($r > W$)	77
56. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği	80
57. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği	81
58. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı	82
59. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı	83
60. Örtü-Kazı Simülasyonu Blok Dilimleme Modeli (Önden Görünüş)	85
61. Örtü-Kazı Simülasyonu Blok Dilimleme Modeli (Yandan Görünüş)	85
62. Program tarafından üretilen dragline döngü süreleri ($\mu = 60$ saniye, $\sigma = 5$ saniye)	88
63. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Ana Bilgi Ekranı	89
64. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Text Çıktı Ekranı	89
65. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Grafik Çıktı Ekranı	90
66. Maliyet Analizi Programı Ana Bilgi Ekranı	95
67. Uzman Sistemin Çalışma Prensibi	98
68. Dragline Seçimi Uzman Sistemi Başlangıç Ekranı	99
69. Uzman sistem İçerisinde Bir Sorgulama Penceresi	100
70. Uzman Sisteme Girilen Veriler	125
71. Direkt Yana Döküm Modeli Yıllık Üretim Sonuçları	126
72. Verilen Geometrik Koşulları Sağlayabilen Dragline'lar	126
73. 2 no'lu Dragline İçin Simülasyon Çıktıları	127

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
74. 2 no'lu Dragline İçin Simülasyon Sonuçları	128
75. 2 no'lu Dragline İçin Grafik Simülasyon Çıktıları	128
76. 1 no'lu Dragline İçin Örtü-Kazı Maliyeti	129
77. 1 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-1	130
78. 1 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-2	131
79. Uzman Sisteme Girilen Veriler	132
80. Uzatılmış Basamak İle Tekrar Kazı Modeli Dilim Geometrisi Sonuçları	133
81. Uzatılmış Basamak Modelinde Verilen Geometrik Koşulları Sağlayabilen Dragline'lar	133
82. Uzatılmış Basamak Modeli Simülasyonu	134
83. 3 no'lu Dragline İçin Simülasyon Sonuç Çıktıları	135
84. 3 no'lu Dragline İçin Grafik Simülasyon Çıktıları	135
85. Uzatılmış Basamak İle Örtü-Kazı Yapan Dragline İçin Maliyet Ekranı	136
86. 3 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-1	137
87. 3 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-2	138

Tablolar Dizini

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Dragline Örtü-Kazı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	2
2. Türkiye'de Halen Kullanılmakta Olan Dragline'lara ait Bilgiler	5

ÖZ

Bu çalışmada, yerüstü madenlerinde örtü-kazı operasyonlarında kullanılan dragline'ların daha etkili çalışabilmeleri için bir uzman sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için projenin en önemli kısmı olarak, tek damar bulunan açık ocaklarda dragline kullanılması durumunda uygulanabilecek örtü-kazı sistemlerinin analizleri yapılmış ve özellikle direkt yana döküm, basamak azaltmalı örtü-kazı sistemi, uzatılmış basamak ile döküm sistemi ve geri çekmeli örtü-kazı sistemi gibi tek damar için gerekli olan dilim ve çalışma parametreleri çıkartılmıştır. Bunun yanında, özellikle dragline'ları Türkiyede bulunan üç ayrı üretici firma tarafından üretilen dragline'lardan oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Aynı zamanda, dragline örtü-kazı sistemlerinin simülasyon çalışmaları yapılmış ve bunlarla ilgili temel çalışma parametreleri belirlenmiştir. Projenin ilerleyen safhalarında ise, dragline örtü-kazı sistemlerinin maliyet analizini araştırılmış ve bununla ilgili çalışma parametreleri belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen örtü-kazı metotları, veri tabanı, örtü-kazı simülasyonu ve maliyeti ile ilgili bilgisayar programları hazırlanmış ve bunlar bir uzman sistem çatısı altında birleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dragline, örtü-kazı metodları, açık ocaklar, örtü-kazı ekipmanları simülasyonu, kazı maliyeti, veri tabanı

ABSTRACT

This work aims the development of an expert system for effective utilization of draglines that are employed in overburden stripping operations in open-pit mines. For this goal, the most important step of the project has been determined as the pit geometry formulations of surface mines where draglines are primary strippers. Pit geometry formulation works have been conducted in detail and dragline and operating parameters have been extracted for overburden stripping methods like direct side casting, advance bench casting, extended bench casting and pullback stripping that are applicable for one flat-lying seam. Besides, a data base of draglines has been constructed which covers models that are in use in Turkey manufactured by three dragline manufacturing companies. Production simulation works for above-mentioned stripping techniques have been carried out and basic operating parameters related with this topic have been revealed. Then, stripping cost analysis for dragline stripping methods have been performed. Finally, computer programs for dragline stripping methods, the dragline data base, stripping simulation and stripping cost have been developed and combined in an expert system structure.

Key Words: Dragline, stripping methods, open-pit mines, simulation of overburden stripping machinery, stripping cost, data base

1. Giriş

1.1. Genel

Günlük yaşantımızda çeşitli işlemlerden geçirek doğrudan veya dolaylı bir şekilde kullandığımız cevherler, bilindiği gibi, yeraltı ya da yerüstü maden işletmeciliğiyle çıkarılmaktadır. Dünya madenciliğinde yerüstü madenciliği yaklaşık %90'lık bir paya sahiptir.

Her madencilik operasyonunda öncelikle yapılması gereken çıkartılmak istenen madene ulaşmaktır. Bu, yeraltı madenciliğinde genellikle, kuyu ve galeriler ile gerçekleştirilirken, yerüstü madenlerde ise belli bir derinlikte yatan cevherin üzerindeki ekonomik değeri olmayan malzemenin yer değiştirilmesiyle, başka bir deyişle, cevher üretimine ters yönde etkide bulunamayacak bir lokasyona transferiyle olmaktadır.

Örtü-kazı olarak adlandırılan bu operasyon, öncelikle örtü tabakalarının gevşetilmesi ile başlamaktadır. Daha sonra ise gevşetilmiş formasyonların kazılması ve başka yerlere taşınması işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunun için halen belirli ekipmanların tek başına veya kombinasyon halinde kullanıldığı metodlar kullanılmaktadır. Bunların arasında; döner kepçeli ekskavatör ile bant sistemi, elektrikli ekskavatör veya hidrolik ekskavatör ile kamyon sistemi, dragline sistemi, dozer ile skrayper sistemi başlıca sistemler olarak sayılabilir.

Bir yerüstü madencilik operasyonunda en büyük maliyet birimi örtü-kazı işlemi olduğundan, bu işlemin oldukça iyi planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bunun yanında, örtü-kazı ekipmanlarının ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetlerinin çok yüksek olması, uygulanması gereken sistemin ve sistemin gerektirdiği ekipmanların optimum düzeyde olması gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Dragline örtü-kazı sisteminin bilinen örtü-kazı metodlarına göre daha ekonomik çalıştığı bilinmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi, dragline'in kazı ve taşıma işlemlerini tek başına yapmasıdır. Bunun yanında iyi gevşetildiği takdirde hemen her türlü malzemeyi kazabilmesi, doğa koşullarından diğer örtü-kazı ekipmanları kadar etkilenmemesi ve belli oranlarda tekrar kazı yapması gereken durumlarda bile ekonomik çalışması dragline'i benzer ekipmanlar arasında ön plana çıkartmaktadır. Ancak bu avantajlarının yanında en önemli dezavantajı da malzemeyi belirli bir mesafeye kadar taşıyabilmesidir. Bu yüzden üretim planlarının çok önemli olan bu parametreyi göz önüne alarak yapılması hayati gerekliliktir. Dragline örtü-kazı yönteminin avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de sıralanmıştır.

Avantajlar	Dezavantajlar
Operasyon esnekliği	Dilim hazırlığı gereksinmesi
Yüksek kazı derinliği kapasitesi	Zayıf gevşetilmiş formasyonları etkili kazamaması
Zayıf stabilitedeki malzemeyi işleme kapasitesi	Kepçe kapasitesinin her bir m ³ 'üne karşılık yüksek ana maliyet
Normal çalışma durumunda ocağa su basmasından veya yığın tepesi yenilmelerinden etkilenmemesi	Kısıtlı taşıma mesafesi
Yüksek kömür çıkartma oranı ve kömür damarına daha az rahatsızlık	
Başlangıç diliminin daha derin açılabilmesi	
Düşük bakım harcaması	
Kömür arası formasyonların rahat çıkarılması	
Ekonomik üretim	
Kömür damarı üst konturlarında oluşan düzensizliklerden daha az etkilenmesi	
Her hangi bir yönde ilerleyebilme	

Tablo 1. Dragline Örtü-Kazı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

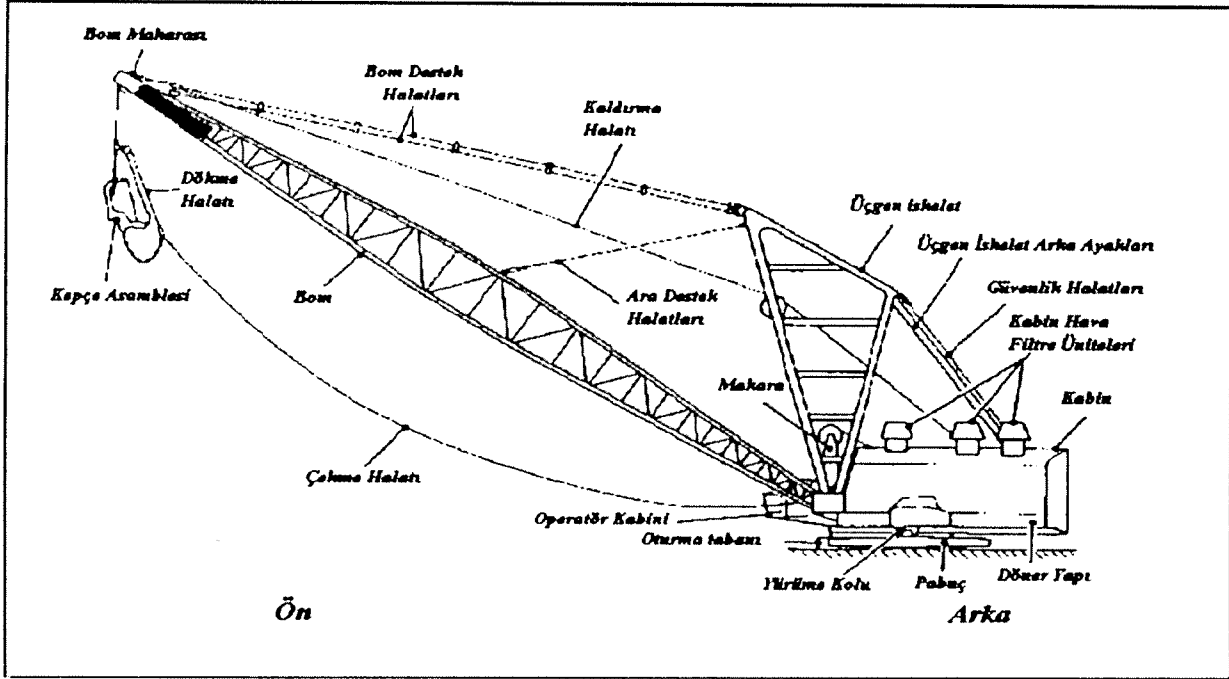
1.2. Dragline İle İlgili Bilgiler

Dragline'lar döner bir taban üzerine oturtulmuş kazıcı bir üst yapıdan oluşmuş ekipmanlar olarak tanımlanabilir. Bir dragline yavaş hareket eden, bu yüzden de daha az mobil bir ekipmandır, ancak manevra kabiliyetinin yüksekliği ve ağırlığının bir oturma tabanına dağıtılması yüzünden taban basıncı düşük olan bir ekipmandır. Kepçe kapasiteleri genellikle 7 ile 168 m³ arasında değişmektedir ve kullanım ömürleri uzundur (10 - 40 yıl) (Anonim, 1993). Dragline'ların bom uzunlukları 37 ile 138 m arasında değişmektedir. Bom'lar çelik veya alüminyum'dan imal edilirler. Alüminyum bomlar daha hafif olduğu için, aynı tip bir dragline alüminyum bomla daha uzun çalışma yarıçapına sahip olabilir.

Dragline'ların iki tipi vardır. Yürüyen (walking) ve paletli (crawler) dragline'lar birbirlerinden yalnızca hareket etme mekanizmalarının farklılığı ile ayrılırlar. Kepçe kapasitesi 15 m³'den yüksek olanlar yürüyen dragline olarak imal edilmektedirler. Paletli dragline'lar ise genellikle 19 m³' den daha küçük kepe kapasitelerine sahip olarak imal edilirler ve hareket kabiliyetinin önemli olduğu madenlerde kullanılmaları planlanmıştır.

Dragline'lar genellikle üç yöntemle tahrik edilirler. Bunlar elektrik, dizel veya dizel-elektrik tahrik yöntemleri olabilir. Yüksek kapasiteli dragline'lar elektrik tahriklidir. Bunlarda dönme, çekme, kaldırma ve yürüme motorlarının hepsi elektrik tahriklidir ve doğru akımla (DC) çalışırlar. Bu motorların sayısı dragline kapasitesine bağlıdır. Kapasite arttıkça motor sayısı ve gücü de artar. Paletli dragline'lar ise genellikle dizel veya elektrik-dizel tahriklidirler (Anonim, 1993).

Dragline'lar iki ana kısma ayrılırlar. Bunlar ön ve arka kısım olarak adlandırılabilirler. Ön kısımda başlıca bom, kepçe ve bunun gerekli elemanları ile çekme, kaldırma ve bom için destek halatları bulunur. Arka kısımda ise, bir yapının içinde operatör kabini, motorlar, oturma tabanı gibi ana parçalar bulunmaktadır. Bir dragline'in şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir.



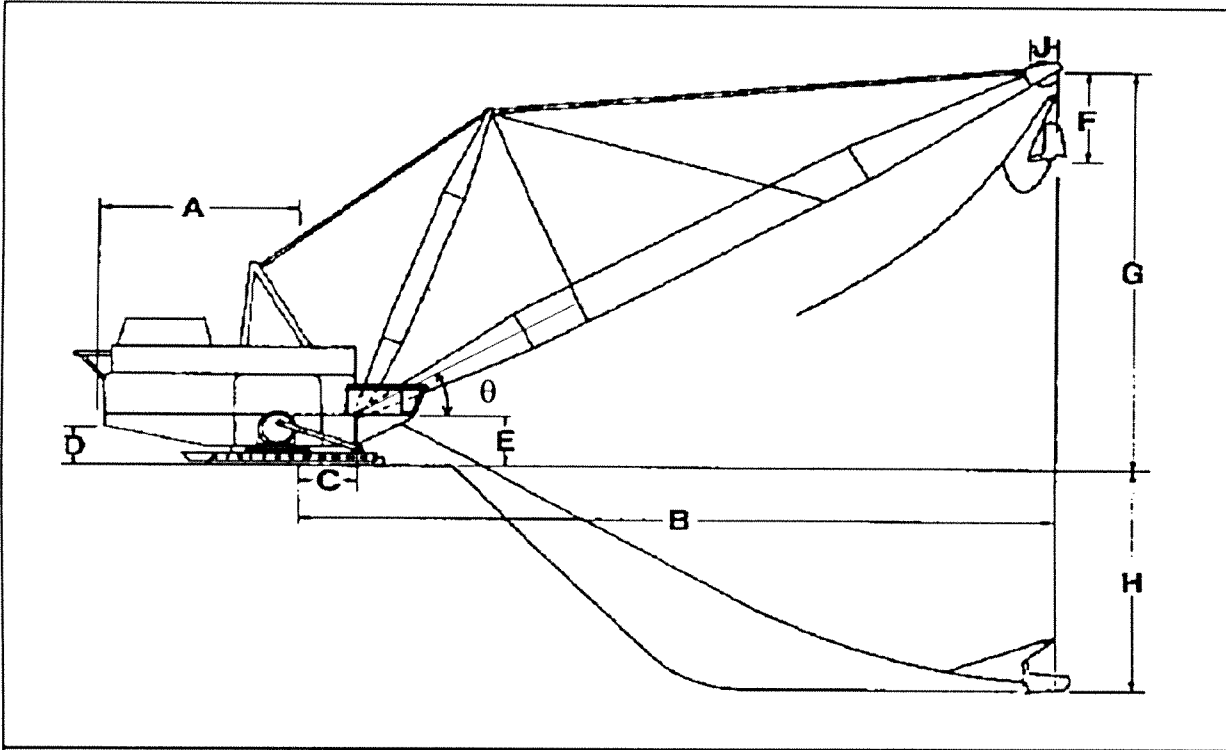
Şekil 1. Dragline'i Oluşturan Parçalar

Mekanik açıdan bakıldığında ise yürüyen bir dragline yedi temel gruptan oluşmaktadır. Bunlar, oturma tabanı, döner çatı, dönme aksamı, kaldırma ve çekme aksamları, yürüme aksamı, kepçe ve halatları ile ön kısım parçalarıdır.

Bu parçalar arasında en önemlisi bom'dur. Bazı küçük kapasiteli dragline'lar (genellikle paletli) bom açısı değiştirilebilir şekilde üretilirler. Bunlarda operatör istediği ocak konfigürasyonuna uygun olması için bom açısını değiştirebilir. Dragline üretici firmalar, belli bir model ekipmanın bom açılarını değiştirerek değişik kapasiteler elde etmektedirler. Her bir firma, genellikle 8-10 ana model üretiyor olmasına rağmen, bom açılarını ve daha az olmak üzere bom uzunluklarını değiştirerek 10-12 adet alt model üretebilmektedir. Bunun sebebi, bom açısının dragline'in yük taşıma kapasitesini ve dönüş momentini büyük derecede etkiliyor olmasıdır. Söz gelimi, belli bir model dragline en fazla belirli ağırlıktaki bir yükü taşımak için tasarlanır. Bu yük kepçe, ataşmanları ve kepçenin taşıyacağı malzemeden oluşmaktadır. Üretici firma, dragline talep eden müşterilerin isteklerine göre bu dragline üzerinde istediği değişikliği yapabilmektedir. Eğer uzun bir bom istenirse, bom uzatılır ancak bunun getirisi ise daha az yük taşıma kapasitesi olacaktır. Bunun sebebi ise dönüş momentidir. Eğer bom açısı yükseltirse kepçe kapasitesi, veya taşınabilecek yük miktarı maksimum değere yaklaşacak ama çalışma yarıçapı kısalmaktadır, buna karşılık olarak bom açısının düşürülmesi durumunda ise çalışma yarıçapı uzayacak ancak taşınabilecek yük miktarı azalmaktadır. Böylece, tasarımılanan her bir dragline için 8-10 tane alt model üretmek mümkün olmaktadır.

1.3. Dragline Ocak Terminolojisi

Dragline'ların çalışma parametreleri ve ocak boyutları hakkında tüm dünyada benimsenmiş ve ortak olarak kabul edilmiş bir terminoloji olmadığından ve hemen tüm üretici firmalar kendi geliştirdikleri teknik jargon'u kullandıkları için proje raporunda burada belirtilen terminoloji kullanılacaktır. Bunların bir kısmı dragline çalışma boyutları, diğer bir kısmı ise ocak boyutları ile ilgilidir. Dragline ve diğer ocak boyutları Şekil 2'de verilmiştir. Örtü-kazı modellerinde kullanılan dragline ve dilim boyutlarına ait terimler dizini EK-1'de verilmiştir.



Dragline Boyutları:

1. **A** : Arka Açıklık Yarıçapı (m),
2. **B** : Çalışma Yarıçapı (m),
3. **C** : Bom Ayağı Yarıçapı (m),
4. **D** : Arka Açıklık Yüksekliği (m),
5. **E** : Bom Ayağı Yüksekliği (m),
6. **F** : Minimum Kepçe Askı Boyu (m),
7. **G** : Bom Yüksekliği (m),
8. **H** : Kazı Derinliği (m),
9. **J** : Bom Makara Çapı (m),
10. **G-F** : Yaklaşık Dökme Yüksekliği (m),
11. θ : Bom Açısı ($^{\circ}$).

Şekil 2. Dragline Çalışma Boyutları

1.4. Türkiye'de Dragline Kullanımı

Ülkemizde halen hepsi Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na (T.K.İ.) ait Müesseselerde kullanılmak üzere 9 adet dragline bulunmaktadır. Bu dragline'ların toplam kepçe kapasiteleri 295 m³ olup en eskisi 1970 yılında, en yenisi ise 1988 yılında devreye alınmıştır. Ülkemizde kullanılan dragline'ların çalışma boyutları ile ilgili bilgiler Tablo 2'de verilmiştir (Parlak, 1993).

Kullandığı İşletme	İşletmeye Alındığı Yıl	Marka ve Modeli	Kepçe Kapasitesi (m ³)	Bom Uzunluğu (m)	Bom Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dökme Yüksekliği (m)	Kazı Derinliği (m)	Maka. Yük (ton)	Çalışma Ağırlığı (ton)
GLİ Tunçbilek	1970	Page 736	20	62.5	33	59	29	20	42	750
GLİ Tunçbilek	1977	Marion 7820	40	68.6	30	67	25.6	40.2	86	1540
SLİ Seyitömer	1988	Marion 8050	70	99	35	88	45.6	48.7	137	3297
GELİ Yatağan	1985	Marion 8050	65	99	35½	88	42	49	140	3500
MLİ Tınaz	1988	BE 1260W	30	92	32	84.5	39.3	38	66.2	1748
GELİ Sekköy	1987	Page 752	32	86	32	84	37.2	52	68	2020
GELİ Sekköy	1988	Page 752	32	86	32	84	37.2	52	68	2020
SKLİ Kangal	1988	Marion 8010	65	100.6	35¼	89.78	43.34	49.53	137	3297
MLİ Orhaneli	1988	BE 1260W	33	67	36	76.8	38	38	70	1088

Tablo 2. Türkiye'de Halen Kullanılmakta Olan Dragline'lara ait Bilgiler

1.5. Dragline Örtü-kazı Sistemleri Üzerine Gerçekleştirilen Araştırmalar

Dragline örtü-kazı yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle üç ana grup altında toplanabilmektedir. Bunlardan ilk grupta toplanan çalışmalar belirli bir örtü-kazı metodu ile çalışan dragline'ların üretim simülasyonları ile performanslarının değerlendirilmesi üzerinde ağırlık kazanmaktadır. Diğer bir yaklaşım grubu ağırlıklı olarak üretim yöntemi ve dilim geometrisi analizi ile dragline boyutlarını belirleme çalışmaları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Üçüncü grupta ise yukarıda bahsedilen iki yaklaşımın birden araştırılması ile gerçekleştirilen çalışmalar yer almaktadır.

Dragline ile örtü-kazı konusunda daha önce gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda alt başlıklar altında sıralanmıştır;

- Belirli bir yerüstü ocakta uygulanan örtü-kazı metodunun dilim geometrisi analizi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar,
- Belirli bir örtü-kazı metodunun uygulanma prensipleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar,
- Dragline örtü-kazı performansları izlenmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar,

- Kötü iklim koşullarında gerçekleştirilen dragline örtü-kazı sistemleri üzerine çalışmalar,
- Belirli bir örtü-kazı metodu uygulanması durumunda gerçekleştirilen üretim simülasyonu çalışmaları,
- Uzman sistemler yardımıyla dragline kepçe kapasitesi ve modeli belirleme çalışmalarıdır.

Dragline ile gerçekleştirilen uzatılmış basamak yöntemi ile ilgili çalışmalarda ağırlık yapılması gereken tekrar kazı miktarı ve tekrar kazı oranı üzerinde yoğunlaşmaktadır (Seymour 1979, Özdoğan 1984). Bu araştırmalarda dilim genişliğinin artması ile yapılması gereken tekrar kazı miktarında bir azalma olacağı, ancak dilim genişliğindeki değişmelerin kazılabilecek pasa kalınlığında fazla etkili olamayacağı öne sürülmüştür. Bu çalışmalar uzatılmış basamak sisteminde dilim geometrisi prensipleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Proje kapsamında geliştirilen uzatılmış basamak modelinde de dilim genişliğinin artmasının yapılacak tekrar kazı oranını düşürdüğü bulunmuştur. Bunun sebebi, dilim genişliği arttıkça kurulan uzatılmış basamağın yığın tepesi içinde kalan miktarının da artması ve tekrar kazılıp yığılması gereken miktarın azalmasıdır.

Belirli bir topografik bölgede bulunan ocaklarda kullanılan dragline'ların çalışma boyutları üzerine yapılan araştırmalar genellikle birden fazla kömür damarı bulunan ocaklarda karşılaşılan dökme yarıçapı problemleriyle ilgilidir (Speake, 1977). Bu çalışmalarda dragline dökme yarıçapı modellemesinde kömür üzeri formasyonların ve ara pasa bantlarının kalınlıkları ile dilim ve pasa yığını açılarının etkileri araştırılmış ve konvansiyonel etkin dökme yarıçapı formülasyonları modife edilmiştir.

Dragline dökme yarıçapı üzerinde yapılan çalışmalarda geleneksel iki boyut üzerinde gerçekleştirilen erişim diagramlarının üç boyuta taşınması tartışılmıştır (Hrebar 1979, Sadri 1982). Direkt yana döküm metodu için üç boyutta bir dökme yarıçapı formülasyonu geliştirilmiştir ve üretim simülasyonu yapılmıştır (Hrebar, 1979).

Dragline ile örtü-kazı yapılan ocaklarda dilim ve pasa yığını açılarının jeoteknik parametrelerle ilişkilendirilmesi çalışmaları yapılmıştır (Wolski, 1986). Ayrıca örtü-kazı maliyetinin dilim ve dragline boyutlarına bağlı olarak hesaplandığı formülasyonlar geliştirilmiş ve bunun için regresyon ilişkileri bulunmuştur.

Dragline örtü-kazı metotlarının modellenmesi ve uygun dragline seçilmesi için bilgisayar programları aracılığıyla üretim metotlarının analizi konusunda gerçekleştirilen çalışmalarda ağırlık iki boyutlu dilim geometrisi ve erişim diagramları üzerinde yoğunluk kazanmaktadır (Lee, 1988). Dalımlı ve birden fazla kömür damarı bulunduğu durumlarda uzatılmış basamak, patlatmalı uzatılmış basamak gibi örtü-kazı metotlarının uygulanabilirlikleri araştırılmış ve uygun dragline seçimi için veri tabanlarından yararlanılmıştır.

Aşırı soğuk ve kutuba yakın yöreler gibi aykırı iklim koşullarında, pasa yığını yenilmesi gibi durumlarda uygulanan örtü-kazı yöntemlerinin modellenmesinde ve üretim simülasyonlarının yapılması çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Bandopadhyay, 1986).

Uygulanan örtü-kazı metotlarında kazı için geçen süreyi ve üretilen birim kömür miktarı başına yapılan harcamayı minimize etmek için dilim ve dragline boyut parametreleri arasında ilişkiler geliştirilmiş ve doğrusal olmayan programlama ile direkt yana döküm, uzatılmış basamak ve basamak üzeri kazı (chop-down) metodları modellenmiş ve üretim simülasyonu yapılmıştır (Gibson 1981, Rodriguez 1988a, Rodriguez 1988b).

Dragline dilim geometrisi modellemesini direkt olarak bilgisayar ekranında gerçekleştiren programlar geliştirilmiştir (Stuart 1988). Grafik ekranda herhangi bir girdi parametresinin değiştirilmesi ile oluşabilecek sonuçlar izlenebilmekte ve girdi olarak sağlanan bir dragline ile ilgili metod uygulaması analizleri yapılabilmektedir. Dağlık ve engebeli arazide dilim genişliği ve yığın tepesi lokasyonu belirlemek için geliştirilen bir grafik programında ise (Michaud, 1988) herhangi bir grafik işaretleyici (kürsör veya fare gibi) aracılığıyla girilen değerlerin sonucunun geçerliliği analiz edilmekte ve kullanıcıya grafik olarak sunulmaktadır.

Belirli bir ocakta örtü-kazı operasyonlarında kullanılan dragline'ların üretim performanslarına yönelik çalışmalar yapılmıştır (Reddy, 1988). Dragline üretim performanslarının döngü süresi (cycle time) ile yakın ilişkili olduğu ve üretim performansını arttırabilmek için hem planlanmayan gecikmelerin azaltılması, hem de dönüş açılarının düşürülmesi gerekliliği belirlenmiştir.

Uzman sistemler aracılığıyla dragline kepçe kapasitesi ve örtü-kazı metodu belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar oldukça yakın tarihlerde başlamıştır ve konu ile ilgili örnekler azdır.

Gerçekleştirilen çalışmaların bir tanesinde (Stuart, 1988) belirli bir dragline'ın ne tip bir jeolojik yapıda çalışabileceğine, hangi tipte bir dragline'ın belirli bir tipteki jeolojik yapıda kullanılabileceğine veya ne tip dragline'ların ne tip jeolojik yapılarda çalışabileceklerine dair kurallar aracılığıyla uygun dragline veya jeolojik yapı (dilim geometrisi) modelleri grafik olarak verilebilmektedir.

Uzman sistemler ile dragline tipi ve örtü-kazı metodu seçimi ile ilgili diğer bir çalışmada ise kullanıcıya uygulanacak metod ve dilim geometrisi ile ilgili tavsiyeler verilmektedir (Denby, 1992). Sistem içinde, kullanıcı tarafından belirlenecek pasa malzemesi tiplerine ait fiziksel ve mekanik kayaç özellikleri bilgileri ile dragline tipleri hakkında iki veri tabanı oluşturulmuştur. Sistem her bir işlem için ayrı bir modülü kullanmakta ve harici programlarla iletişim kurabilmektedir.

Araştırmalardan çıkarılan sonuçların ve proje gelişimi esnasındaki çalışmaların ışığında proje kapsamı aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

- Ülkemizdeki dragline'ların hepsi kömür ocaklarında kullanılmaktadır. Projenin amaçlarından biri de ülkemizdeki dragline'ların şu anki durumlarından daha üretken olarak çalışabilmeleri, bundan sonra satın alınabilecek dragline'ların seçimlerinin çok daha kapsamlı bakış açıları göz önüne alınarak yapılabilmesidir. Bu nedenle, ülkemizdeki dragline ile örtü-kazı yapılan yerüstü ocaklarının karakteristik özelliklerini yansıtacak şekilde açık kömür ocakları esas alınmış ve bir adet yatay kömür damarı olduğu ve iki dilimde örtü-kazı işleri yapılabileceği de öngörülmüştür.

- Oluşturulacak programın tasarım aşamasında gerçekçi olarak kullanılabilmesi için mümkün olduğunca çok ve değişik ocak geometrisi modelini kapsamaya gerekmektedir. Bu nedenle projede mümkün olduğunca çok ocak geometrisi çalışması yapılmasına ve tasarımda kullanılan hesap formülasyonlarının çıkartılan örtü-kazı metotlarının uzman sisteme modüller halinde yerleştirilmesine karar verilmiştir. Proje kapsamında en fazla yoğunlaşılan madde olan dilim geometrisi çalışmaları için yararlanılan kaynakların başında üretici firmalar tarafından yayınlanan dökümanlar gelmiştir. Bunların arasında uygulanabilecek örtü-kazı metotlarına dair kitaplar, dragline katalogları ve periyodik yayınlar gelmektedir (Anonim 1977a, Anonim 1978, Anonim 1980, Anonim 1982, Anonim 1988, Anonim 1994, Walker 1993). Bunun yanında, belirli kömür havzalarında uygulanan benzer dragline üretimlerinin analizine yönelik gerçekleştirilen projelerin raporları da örtü-kazı metotlarının anlaşılması açısından yararlı olmuştur (Anonim 1977b, Cook 1979, Fishler 1986). Aynı zamanda, üretici firmalar ile proje süresince yapılan yazışmalar ile de başta veri tabanında ve maliyet modülünde kullanılmak üzere birçok değerli bilgi elde edilmiştir. Ayrıca benzer özellikler gösteren yerüstü kömür ocaklarında yapılan örtü-kazı ve üretim performansları değerlendirme çalışmalarına ait raporlardan da oldukça yararlanılmış ve esinlenilmiştir.
- Yukarıda bahsedilen örtü-kazı metotları sisteme dahil edildiğinde özellikle birden fazla dragline'in beraber çalışması durumunda hem verilen dekapajın makineler arasında paylaşımı hem de dragline'ların senkronizasyonu için üretim simülasyonu zorunluluğu doğmuştur. Bu nedenle sisteme dahil edilen tüm metotlar için simülasyon modüllerinin hazırlanmasına karar verilmiştir.
- Aynı şekilde sistem sonuçta bir ya da daha fazla dragline ya da kombinasyon önerebileceği için sistemin bulacağı birden fazla olası dragline seçenekleri için üretim maliyeti hesaplanması gerekmektedir. Bu nedenle de sisteme bir kazı maliyeti modülünün eklenmesine karar verilmiştir.
- Proje kapsamında son yapılması gerekli iş de, tüm bu üretilen sonuçları kullanıcıya bir uzman sistem çatısı altında sunabilecek duruma getirmek olarak belirlenmiştir.

İlerideki bölümlerde bu çalışmalar uzman sistem için gerekli olan dragline veri tabanı hazırlanmasından başlayarak, örtü-kazı yöntemleri; direkt yana döküm örtü-kazı metodu, basamak azaltmalı örtü-kazı metodu, uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodu, geri çekmeli örtü-kazı metodu, iki dilimde direkt yana döküm örtü-kazı metodu, iki dilimde tekrar kazı yapılan örtü-kazı metodu, iki dilimde geri çekmeli örtü-kazı metodu, dragline örtü-kazı simülasyonu çalışmaları, dragline örtü-kazı maliyeti analizi ve uzman sistem programı başlıklarıyla verilmektedir.

2. Uzman Sistem İçin Hazırlanan Dragline Veri Tabanı

2.1. Genel

Proje kapsamında gerçekleştirilen uzman sistem için bir dragline veri tabanı oluşturmak gerekmiştir. Bu işlem, sistemin gerekli çalışma parametrelerini hesapladıktan sonra optimum ekipmanı seçmek için veri tabanını araştırması ve hesaplanan spesifikasyonlara göre en uygun ekipmanı seçmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bunun için de, mümkün olduğu derecede fazla dragline'in araştırılması ve bilgilerin bir veri tabanına aktarılması gerekmiştir. Dünyanın üç büyük dragline üreticisi olan *Bucyrus-Erie*, *Marion* ve *P&H-Page* firmalarının ürettikleri modeller baz alınarak bir veri tabanı hazırlanmıştır. Her ne kadar bazı Avrupa ülkeleri ve Rusya tarafından da dragline üretilmesine rağmen hem çok yaygın kullanımda olduklarından, hem de Türkiye de yalnızca yukarıda bahsedilen firmalar tarafından üretilen dragline'lar kullanıldığından veri tabanı yukarıda belirtilen bu üç firma ile sınırlandırılmıştır.

Dragline kataloglarında yer alan modeller arasında genellikle küçük kapasiteli olanları dizel veya elektrik motorlu olup, kepçe kapasitesi 10-12 m³'ü geçenler tamamen elektrik motorlu olarak tasarlanmaktadır. Ayrıca ekipman kataloglarında genellikle 10-15 adet ana model tipi bulunmakta, ancak üzerlerinde yapılabilen kepçe kapasitesi ve çalışma yarıçapı değişiklikleriyle herbir model 4-5 değişik alt modele ayrılabilen ve bunlarda çalışabilen draglineler olarak veri tabanına alınmaktadır. Bu çalışma ile beraber olarak her dragline üreticisi firmadan yaklaşık 55-60 adet ekipman elde edilebilmektedir. Uzman sistemin çalışması sonrasında çalışma boyutları belirlenen optimum dragline, yine program tarafından veri tabanı araştırılarak bu özelliklere sahip olan ya da en fazla yaklaşabilen ekipman olarak belirlenecektir.

Bu veri tabanına konulan dragline'lar, bilindiği gibi, genellikle kepçe kapasitesi, çekme motoru gücü, çalışma yarıçapı gibi bazı özellikleri alıcılar tarafından önceden belirlenebilen ekipmanlardır. Ayrıca yine bilindiği gibi, düşük kepçe kapasiteli dragline'lar üretici firmalar tarafından oldukça sık kepçe kapasitesi aralıklarıyla üretilmekte, ancak kapasite büyüdükçe herbir dragline modeli arasındaki kapasite farkı da giderek artmaktadır. Örneğin, 30 m³'e kadar olan kapasitelerde oldukça fazla dragline modeli üretilmesine karşın, özellikle 60 m³'ün üstündeki kapasitelerdeki modeller toplam üretim yelpazesinin % 10'luk bölümünü oluşturmaktadır. Bu da, dönüşümlü olarak, yüksek kapasiteli dragline kullanılmasının gerekli olduğu durumlarda veri tabanında bulunan ekipmanların programın hesapladığı çalışma boyutlarını tam olarak karşılayamadığı durumlarda hassas bir seçimin yapılamayacağını göstermektedir. Bu gibi durumlarda ise, daha önce dragline'ların alıcı ve satıcı firmalar arasında yapılan uygunluk anlaşmalarına göre imal edildiğini göz önünde bulundurarak, burada seçilmesi gereken dragline'in uygun boyutlarının tayini için MUF kavramını öne sürebiliriz. MUF (Maximum Usefulness Factor, maksimum yararlılık faktörü) olarak adlandırılan kavram, 1961 yılında Rumfelt tarafından önerilmiş ve bir makinanın iş yapabilirlik ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Burada, $MUF = \text{kepçe kapasitesi}(m^3) * \text{dökme yarıçapı}(m)$ olarak formülize edilmiştir. MUF değerlerinin dragline'ların çalışma ağırlıklarına karşılık gelen değerlerinde çizilen grafikte eğimi 1/467 ile 1/575 arasında olan bir doğru elde edilmektedir. Bu da üretilecek her dragline'in MUF-çalışma ağırlığı arasındaki ilişkinin bu kurala uyması gerektiği gerçeğini getirmektedir. Buradan çıkarılabilecek sonuç ise, tasarımı olan dragline'in en önemli boyutları kabul edilen kepçe kapasitesi veya dökme yarıçapından herhangi birisinin bulunması durumunda, ekipmanın çalışma ağırlığının yaklaşık olarak tahmin edilmesiyle diğer boyutunda ne değer olarak bulunabileceğidir. Ayrıca bu yaklaşım ile sisteme yaptırılacak bir ekipman boyut tasarımının doğruluğu ve uygulanabilirliği kontrol edilebilecektir.

Veri tabanının hazırlanması için öncelikle aşağıdaki parametreler esas alınmıştır.

- Çalışma yarıçapı (m),
- Bom uzunluğu (m),
- Bom açısı (m),
- Dökme yüksekliği (m),
- Kazı derinliği (m),
- Oturma tabanı çapı (m),
- Oturma basıncı (kg/cm²),
- Dökme yarıçapı (m),
- Kepçe kapasitesi (m³),
- Maksimum çalışma kepçe gücü (kN),
- Kepçe ağız uzunluğu (m),
- Birim çekme gücü (kN/m),
- Kaldırılabilir Yük (kg).

Yukarıda belirtilen parametrelerden ilk yedisi program tarafından boyutları hesaplanan dragline'i veri tabanındaki mevcut ekipmanlar arasından seçmekte, diğer parametreler ise zor kazılabilen formasyonların kazılabilirlik ve dragline'ların çalışabilirlik tayininde kullanılması planlanmıştır. Ancak, gelişen çalışmalar doğrultusunda bu veri tabanının ihtiyacı karşılamadığı görüldüğünden, eklemeler yapılmıştır. Aynı zamanda, veri tabanında bulunan bazı kayıtların da çıkarılması gerekmiştir. Çıkarılan parametreler;

- Dökme yarıçapı (m),
- Kepçe kapasitesi (m³),
- Maksimum çalışma kepçe gücü (kN),
- Kepçe ağız uzunluğu (m),
- Birim çekme gücü (kN/m)

parametreleridir. Bu parametrelerin veri tabanından çıkartılmasının sebepleri:

- Dökme yarıçapı oldukça genel bir uzunluktur ve aynı dragline için hemen her uygulamada farklı yarıçaplar bulunabilir. Üretici firma kataloglarında böyle bir değer olmadığı için dünyada kabul görmüş belli başlı formüllere bağlı olarak bulunmaktadır. Buna göre dökme yarıçapı, çalışma yarıçapından oturma tabanı çapının 0.75 kadarının çıkartılmasıyla bulunabileceği gibi, her iki ayağı arasındaki mesafenin yarısının çıkartılmasıyla da bulunabilir.

$$\text{dökme yarıçapı} = (\text{çalışma yarıçapı}) - 0.75 \cdot (\text{oturma tabanı çapı})$$

veya

$$\text{dökme yarıçapı} = (\text{çalışma yarıçapı}) - 0.5 \cdot (\text{ayaklar arası mesafe})$$

Aynı zamanda, dragline'in basamak kenarından ne kadar geride durması gerektiği kullanıcıya da sorulacağı için bu parametrenin veri tabanında kullanılmasına gerek kalmamıştır.

- Kepçe kapasitesi parametresi de veri tabanından çıkartılmıştır. Üretici firma kataloglarında bu parametre kazılacak malzemenin önceden belirlenmiş olan birim ağırlığı göz önüne alınarak verilmiştir. Ancak, birim ağırlık her ocağa göre değişiklik göstereceğinden aynı dragline'in değişik ocaklar için hacimsel kapasitesi de farklılık gösterecektir.
- Maksimum çalışma kepçe gücü ve Birim çekme gücü parametreleri ise üretici firmaların tümünden yeterli bilgi sağlanamadığı için çıkarılmışlardır. Proje sırasında yukarıda bahsedilen firmalarla defalarca yazışılmış ve istenen bilgilerin hemen tümü alınmıştır. Ancak, yukarıda belirtilen parametreler ise bir dragline'a yerleştirilen çekme motoru güçleriyle ilintili olduğundan ve bunlar ocaktaki kazılabilirlik koşullarına göre artıp azalabileceğinden, yalnızca örnek değerler alınabilmektedir. Bu değerler ise gerçek koşulları yansıtmayabileceğinden, çıkarılmışlardır.
- Kepçe ağız uzunluğu parametresi ise tüm firmalardan aynı oranda sağlıklı olarak bilgi elde edilemeyişi yüzünden çıkarılmıştır. Benzer kapasitedeki dragline kepçe bilgilerinin değişik firmalar arasında birbirlerine verilmesi işleminin çok sağlıklı olmayabileceği göz önüne alınarak vazgeçilmiştir.

Uzman sistem tarafından dragline seçiminde kullanılacak olan parametrelerin veri tabanına eklenmesi ve yukarıdaki parametrelerin çıkartılması ile veri tabanı aşağıdaki kesin şeklini almıştır:

- ◆ Toplam çalışma ağırlığı (kg),
- ◆ Bom uzunluğu (m),
- ◆ Bom açısı (°),
- ◆ Çalışma yarıçapı (m),
- ◆ Dökme yüksekliği (m),
- ◆ Kazı derinliği (m),
- ◆ Oturma tabanı çapı (m),
- ◆ Oturma tabanı alanı (m²),
- ◆ Oturma basıncı (kPa),
- ◆ Kaldırılabilen en fazla yük (kg),
- ◆ Arka açıklık yarıçapı (m),
- ◆ Arka açıklık yüksekliği (m),
- ◆ Bom ayağı yarıçapı (m),
- ◆ Bom ayağı yüksekliği (m),
- ◆ Ayaklar arası mesafe (m),
- ◆ Bir adım boyu (m),
- ◆ Yürüme hızı (m/saat).

Veri tabanına eklenen parametrelerin tamamına yakını dragline üretim simülasyonu sırasında kullanılacaklardır. Bunların arasında özellikle dragline adım uzunluğu ve saatlik yürüme hızları üretim simülasyonu sırasında dragline yürüme zamanlarını hesaplamak için kullanılacaktır. Diğer parametreler ise dragline seçimi için gerekli kriterlere uygunluğu kontrol etmek için eklenmişlerdir. Veri tabanında halen yukarıda belirtilen parametrelerin hem metrik hem de ingiliz ölçü sistemlerine uygun değerleri yer almaktadır. Ancak ülkemizde metrik sistem benimsendiğinden veri tabanı programı kullanıcıya metrik değerleri sunmaktadır. Her üç

dragline firması tarafından üretilen dragline'ların çalışma boyutlarına ait tablolar EK-2'de verilmektedir.

2.2. Veri Tabanı Yönetim Programı

Veri Tabanı Yönetim Programı, kullanıcının veri tabanındaki dragline'ları istediği zaman inceleyip, gerekli gördüğü parametreleri değiştirmesine olanak tanımak amacıyla hazırlanmıştır. Veri tabanındaki dragline'lara ait bilgiler katalog bilgileri olduğu için, çalışan herhangi bir dragline'a ait bilgiler buradaki bilgilerle birbirlerini tamamen tutmayabilir. Bunun sebebi ise, dragline'ların ön seçim işleminden sonra çalıştırılacakları ocağın spesifik koşullarına göre üzerlerinde bazı modifikasyonlar yapıp, daha sonra teslim edilmesidir. Bunun bir örneği de, Seyitömer'de çalışan dragline'ın çekme motorlarının bir üst model ekipmanın motorlarıyla değiştirilip işletmeye alınmasıdır. Bu gibi koşullar yüzünden, kullanıcı belli bir model dragline'ın performansını denemek istediği zaman, herhangi bir dragline'ın istenilen parametresi değiştirilip konsültasyona sokulabilir.

Hazırlanan program Turbo PASCAL V.6 derleyicisi kullanılarak yazılmıştır ve uzman sistemle beraber interaktif şekilde çalışacak bir modül olarak planlanmıştır. Program şu anda hem uzman sistem içinden çağırılarak, hem de DOS ortamında kendi başına çalışabilecek (stand-alone) durumdadır. **DRAGMOD.EXE** adını alan bu modül kullanıcı tarafından kolaylıkla yönetilebilmesi için menülerle donatılmıştır (menu-driven). Modülün içinde yukarıda söz edilen üç firmaya ait dragline veri tabanı bulunmaktadır. Kullanıcı herhangi bir dragline'a ait verileri değiştirip tekrar aynı veri dosyası üzerine saklayabilir. Bu modülün çalışması için gerekli olan dosyalar aşağıda sıralanmıştır:

- DRAGMOD.EXE (Veri tabanı yönetim programı)
- EKLAN.TPU (Program tarafından kullanılan prosedürler)
- KLAVYE.TPU (Program tarafından kullanılan prosedürler)
- MARION.DAT (Marion dragline verileri)
- BE.DAT (Bucyrus-Erie dragline verileri)
- PHPAGE.DAT (P&H-PAGE dragline verileri)

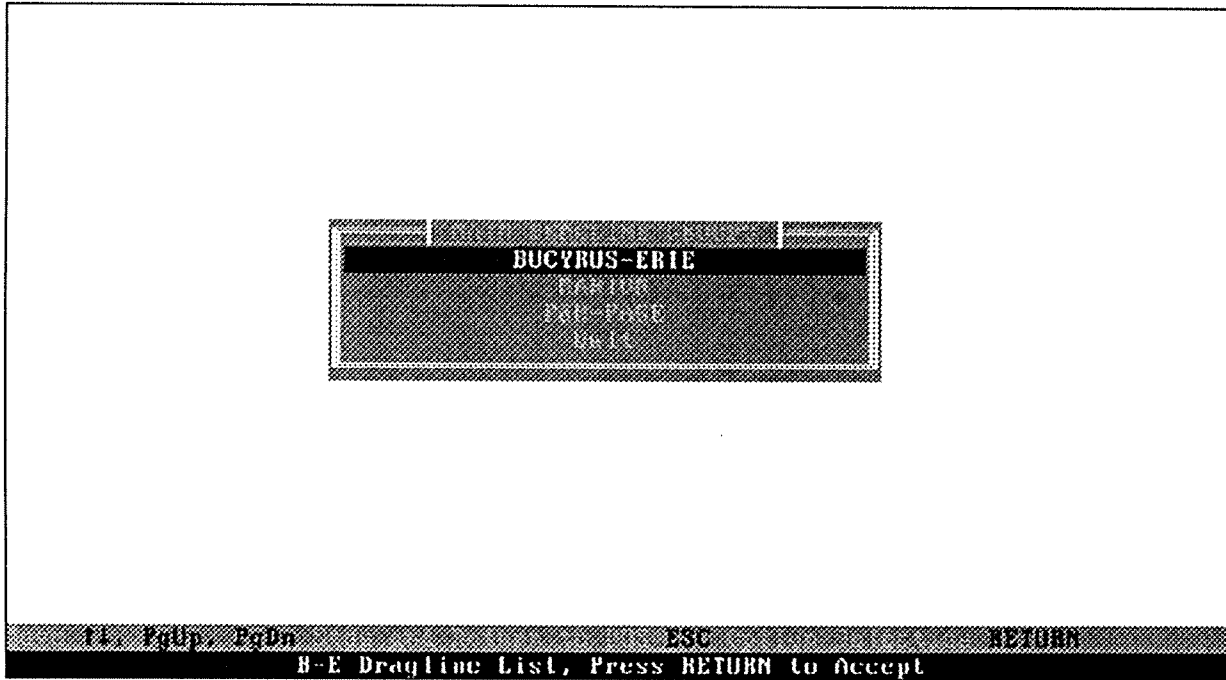
2.2.1. Veri tabanı yönetim programının çalıştırılması

Bu programın uzman sistem içinde bir modül olarak yer alması planlanmıştır ve kullanıcı istediği zaman çalıştırabilecektir. Bu modül kullanması oldukça basit olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda kullanıcının girebileceği hatalı veriler için de modül içinde kontroller bulunmaktadır. Bu özellik ayrıntılı olarak dragline verilerine ait bilgilerin girildiği ekranlarda daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Yanlışlıkla da olsa herhangi bir parametreye ait bilgi, beklenen bölgenin çok altında veya çok üzerinde olduğu zaman, kullanıcı uyarılmakta ve doğru bilgi girilmesi sağlanmaktadır. Bu kontrol, aynı zamanda nümerik veri girilmesi sırasında, verilerin nümerik olarak doğru girilmesini de kapsamaktadır.

Programın çalışma prensibi aşağıdaki gibidir;

1. *C:\<directory adı>* **DRAGMOD + RETURN** tuşu ile program çalıştırılır.
2. Ekranda öncelikle dragline'ların bulunduğu bir ana menü belirecektir. Bu ekranın şematik görünüşü Şekil 3'de verilmiştir. Bu ekranda geçerli tuşlar;

↑,↓, PgUp,PgDn : İstenilen seçeneğe gitmek için kullanılır.
RETURN : Bir dragline grubunu seçmek için kullanılır.
ESCAPE : Programdan çıkmak için kullanılır.



Şekil 3. Dragline Veri Tabanı Yönetim Programı Ana Menüsü

3. Herhangi bir grup seçildikten sonra, o gruba ait olan tüm dragline modelleri bir tablo içinde sunulmaktadır. Kullanıcı bunlardan herhangi birisini oklar yardımıyla seçebilir. Bu ekranın şematik görünüşü ise Şekil 4'de verilmiştir. Bu ekranda geçerli tuşlar;

↑,↓ : Düşey olarak hareket etmek için kullanılır.
PgUp,PgDn : Ekranın başına ve sonuna hızlı olarak gitmek için kullanılır.
Tab : Yatay olarak hareket etmek için kullanılır.
RETURN : Bir dragline grubunu seçmek için kullanılır.
ESCAPE : Ana menüye dönmek için kullanılır.

380W-1	480W-7	1260W-6	1350W-1	1370W-7	1570WS-8	2570W-11
380W-2	480W-8	1260W-7	1350W-5	1570W-1	1570WS-9	2570W-12
380W-3	480W-9	1260W-8	1350W-6	1570W-2	1570WS-10	2570WS-1
380W-4	680W-1	1260W-9	1360W-1	1570W-3	1570WS-11	2570WS-2
380W-5	680W-2	1300W-1	1360W-2	1570W-4	1570WS-12	2570WS-3
380W-6	680W-3	1300W-2	1360W-3	1570W-5	2570W-1	2570WS-4
380W-7	680W-4	1300W-3	1360W-4	1570W-6	2570W-2	2570WS-5
380W-8	680W-5	1300W-4	1360W-5	1570W-7	2570W-3	2570WS-6
380W-9	680W-6	1300W-5	1360W-6	1570WS-1	2570W-4	2570WS-7
480W-1	680W-7	1300W-6	1370W-1	1570WS-2	2570W-5	2570WS-8
480W-2	1260W-1	1300W-7	1370W-2	1570WS-3	2570W-6	2570WS-9
480W-3	1260W-2	1300W-8	1370W-3	1570WS-4	2570W-7	2570WS-10
480W-4	1260W-3	1350W-1	1370W-4	1570WS-5	2570W-8	2570WS-11
480W-5	1260W-4	1350W-2	1370W-5	1570WS-6	2570W-9	2570WS-12
480W-6	1260W-5	1350W-3	1370W-6	1570WS-7	2570W-10	QUIT

F1 TAB, PgUp, PgDn ESC RETURN

Docurus-Eric 2570W-2

Şekil 4. Dragline Grupları Alt Menüsü

4. Seçilen bir dragline modeline ait tüm boyutsal ve çalışma parametreleri bir ekranda verilmektedir. Kullanıcı değiştirmek veya kontrol etmek istediği bilgileri görebilir. Herhangi bir bilgiyi değiştirebilir. Bu ekranın şematik görünüşü Şekil 5'de verilmiştir. Bu ekranda geçerli tuşlar;

- ↑,↓,RETURN : Hücreler arasında düşey olarak hareket etmek için kullanılır.
- PgUp,PgDn : Ekranın başına ve sonuna hızlı olarak gitmek için kullanılır.
- Insert : INSERT/OVERWRITE modları arasında toggle eder.
- Home : Veri hücrelerinde başa gider.
- End : Veri hücrelerinde sona gider.
- ESCAPE : Dragline grubu menüsüne dönmek için kullanılır.
- F1 : Düzeltme yapıldıktan sonra verileri saklamak için kullanılır. Ancak bu sırada program kullanıcıyı uyaracaktır.

Kullanıcı istediği zaman ESC tuşları ile geri dönebilir ve programı terkedebilir. Bu seçenekler aynı zamanda ekranlarda birer opsiyon olarak da sağlanmıştır.

ERROR LINE		
	2570U-2	
Working Weight (kg)		5656392
Boom Length (m)		
Boom Angle (°)		
Operating Radius (m)		
Dumping Height (m)		
Digging Depth (m)		
Outside Diam. of the Tub (m)		
Bearing Area of the Tub (m ²)		
Bearing Pressure (kPa)		
Maximum Allowable Load (kg)		
Clearance Radius (m)		
Clearance Height (m)		
Boom Foot Radius (m)		
Boom Foot Height (m)		
Overall Width over Shoes (m)		
Length of Step (m)		
Walking Speed (m/hr)		
F1, RETURN, PgUp, PgDn ESC F1		
Working Weight of the Dragline (Including the bucket and the ballast)		

Şekil 5. Dragline Çalışma Parametreleri Ekranı

3. Direkt Yana Döküm Örtü Kazı Metodu

3.1. Genel

Direkt yana döküm metodu dragline ile gerçekleştirilen örtü-kazı metodları arasında en basit ancak aynı zamanda en yaygın olanı olarak kabul edilmektedir (Anonim 1977a, Anonim 1978, Anonim 1993). Ancak hemen tüm örtü-kazı sistemlerinin temeli bu sistemdir. Direkt yana döküm sisteminin kullanılmasının en uygun olduğu koşul, dragline tarafından bir önceki boş dilime dökülen pasa malzemesi yığını eteklerinin kömür damarına tırmanmaması ve kömür kayıplarına yol açmamasıdır. Genellikle tüm dragline örtü-kazı operasyonları tasarımında bu koşul sağlanmak istense de, tasarım aşamasındaki diğer parametrelerin de etkisi ile, diğer örtü-kazı sistemlerinin uygulanması gerekebilmektedir.

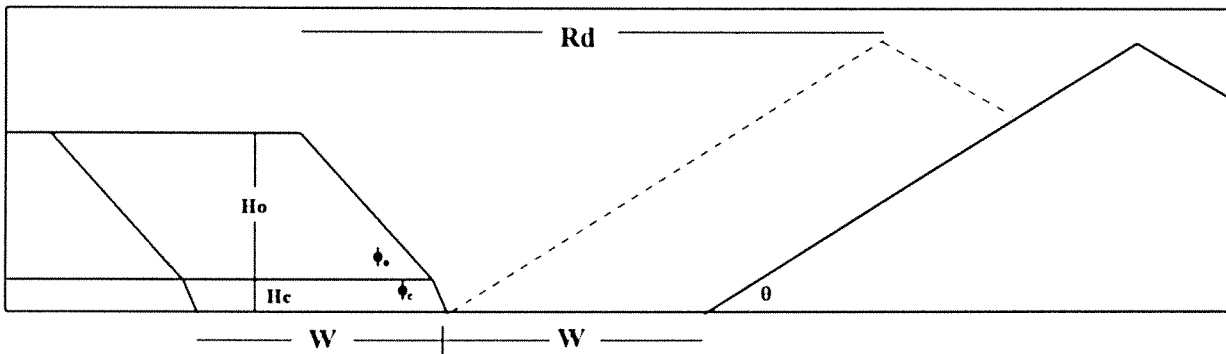
Diğer örtü-kazı sistemlerinde de olduğu gibi, öncelikle kılavuz dilim açılmakta, daha sonra ise ana dilime geçilip dragline'in pasa yığına en yakın olabileceği durum sağlanmaktadır. Kılavuz dilim açılma sebepleri dragline için üçüncü bir yüzey hazırlayıp daha sonra çıkabilecek muhtemel kazı problemlerinin engellenmesi ve tüm dilim için ortalama döngü süresinin azaltılmasıdır (Anonim 1977a).

3.2. Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Modeli

Proje kapsamında hazırlanan direkt yana döküm metodu modelinde hesaplanması gereken kritik parametre dragline dökme yarıçapı (R_d) olmuştur. Bu metotta tekrar kazı gibi sistemi kompleksleştiren parametreler bulunmadığından, dragline seçimi için gözönüne alınan parametreler;

- dökme yarıçapı,
- kazı derinliği,
- dökme yüksekliği ve
- kepçe kapasitesi olmuştur.

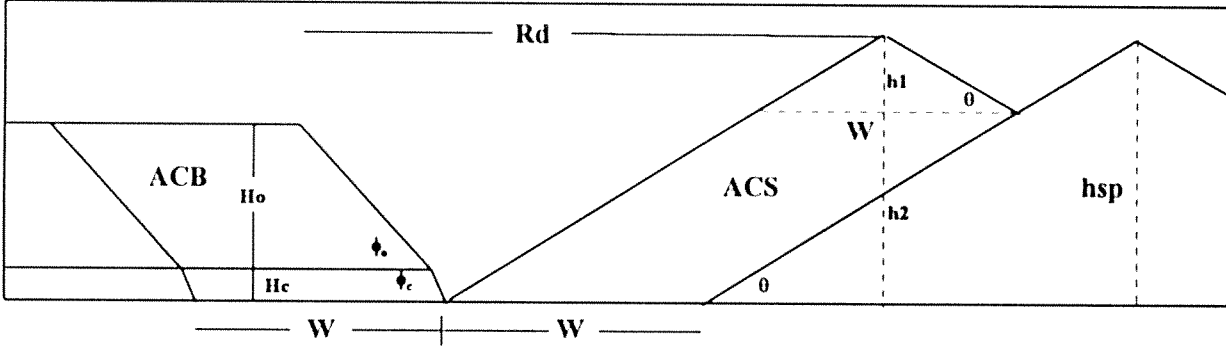
Direkt yana döküm metodu için ocak geometrisi Şekil 6'da verilmiştir. Dragline dökme yarıçapı ve gerekli ocak parametrelerinin hesaplanması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır;



Şekil 6. Direkt Yana Döküm Metodunda Ocak Geometrisi

3.2.1. Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

Bu metotta dilim geometrisine bağlı olarak aşağıdaki formülasyonlar çıkarılabilmektedir. Yığın tepesi oluşması Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Direkt Yana Döküm Metodunda Yığın Tepesi Oluşması

$$h_1 = \frac{W}{2} * \tan \theta$$

$$h_2 = h_{sp} - \frac{W}{2} * \tan \theta$$

$$ACS = W * (h_{sp} - \frac{W}{2} * \tan \theta) + \frac{W}{2} * (\frac{W}{2} * \tan \theta)$$

$$ACS = h_{sp} * W - \frac{W^2}{2} * \tan \theta + (\frac{W^2}{4} * \tan \theta)$$

$$ACS = h_{sp} * W - \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$ACS = ACB * fs$$

$$ACS = H_o * W * fs$$

$$H_o * W * fs = h_{sp} * W - \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$h_{sp} * W = H_o * W * fs + \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

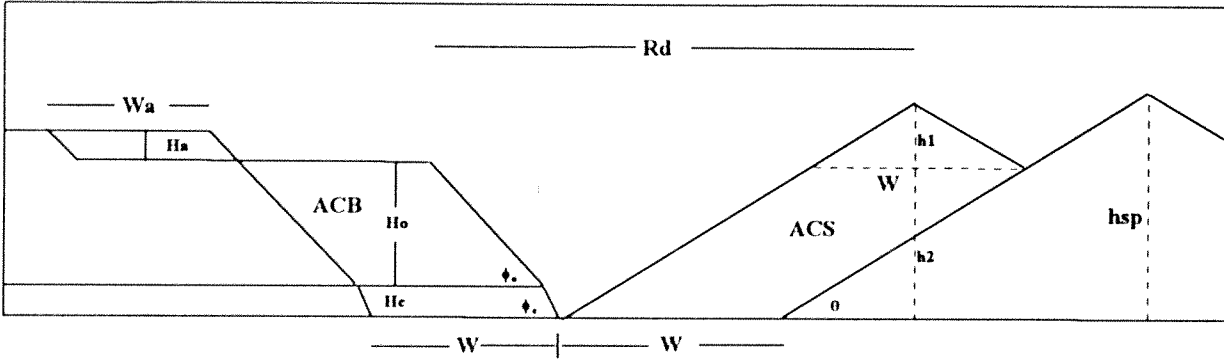
$$h_{sp} = H_o * fs + \frac{W}{4} * \tan \theta$$

3.2.2. Gereken dragline dökme yarıçapı, R_d ,

$$R_d = H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c + h_{sp} * \cot \theta$$

$$R_d = H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c + \cot \theta * (H_o * fs + \frac{W}{4} * \tan \theta)$$

$$R_d = H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c + H_o * fs * \cot \theta + \frac{W}{4}$$



Şekil 9. Basamak Azaltmalı Örtü-kazı Sisteminde Yığın Tepesi Oluşması

$$h_1 = \frac{W}{2} * \tan \theta$$

$$h_2 = h_{sp} - \frac{W}{2} * \tan \theta$$

$$ACS = W * (h_{sp} - \frac{W}{2} * \tan \theta) + \frac{W}{2} * (\frac{W}{2} * \tan \theta)$$

$$ACS = h_{sp} * W - \frac{W^2}{2} * \tan \theta + (\frac{W^2}{4} * \tan \theta)$$

$$ACS = h_{sp} * W - \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$ACS = ACB * fs$$

$$ACS = (H_o * W + H_a * W_a) * fs$$

$$(H_o * W + H_a * W_a) * fs = h_{sp} * W - \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$h_{sp} * W = (H_o * W + H_a * W_a) * fs + \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$h_{sp} = \frac{(H_o * W + H_a * W_a) * fs}{W} + \frac{W}{4} * \tan \theta$$

4.2.2. Gereken dragline dökme yarıçapı, R_d ,

$$R_d = H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c + h_{sp} * \cot \theta$$

$$R_d = H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c + \cot \theta * W * (H_o * W + H_a * W_a) * f_s + \frac{W}{4}$$

TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK AKADEMİSİ
KURUMU KÜTÜPHANESİ

5. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Metodu

5.1. Genel

Uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodu daha önce bahsedilen metotlardan farklı olarak tekrar kazı içeren bir sistemdir. Sisteme tekrar kazı dahil edilmesinin sebeplerinden en önemlisi, dragline'in direkt yana döküm metodu uygulanması halinde gerekli çalışma boyutlarına sahip olamamasıdır. Örtü-kazı operasyonu için dragline kullanılmasına karar verilen bir açık ocakta pasa, kazı yapılacak olan her lokasyonda aynı kalınlıkta olmadığı için, dragline bu gibi yerlerde örtü-kazı sistemini değiştirip tekrar kazı içeren metodlara geçmektedir. Ayrıca, ocaktaki dilim geometrisi gibi çalışma koşulları dragline'in ilk işletmeye alındığı koşullardan farklı hale geldiği zaman, örtü-kazı sistemine tekrar kazı dahil edilerek devam edilmektedir. Bunun yanında, yüksek pasa kalınlığı gibi durumlarda, şev duraylılığı açısından tekrar kazı malzemesi şev yanına dökülerek destek yapılabilmektedir.

Uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodunun en önemli özelliği, bu metotta kullanılan dragline'in gerekli dökme yarıçapına sahip olmamasıdır. Bu yüzden, gerekli uzatılmış basamak uzunluğu, istenen dökme yarıçapından kullanılan dragline'in dökme yarıçapının çıkartılmasıyla bulunabilir. Bu şekilde dragline tüm pasa malzemesini yığın tepesine taşıyabilir ve kömür damarının üzerini tamamen açabilir. Ancak, uzatılmış basamağı yapmakta kullanılan pasa malzemesinin belli bir kısmı tekrar kazılıp atılmak zorundadır ve bu işlem de bu sistemin dezavantajı olarak kabul edilebilir.

Uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodu genellikle basamak azaltmalı örtü-kazı metodu ile beraber kullanılmaktadır (Anonim, 1977a). Uzatılmış basamağı hazırlamak için, kılavuz dilimdeki pasa ile dragline'in bulunduğu yerden kendi seviyesinin üzerinde kalan malzemeyi kazmasıyla (chop down) oluşan pasa kullanılmaktadır. Uzatılmış basamak hazırlandıktan sonra, dragline tüm pasa malzemesini tamamen yığın tepesine taşımak için uzatılmış basamağa doğru ilerler ve dilimin kalan kısmı ile buradaki malzemeyi kazarak yığın tepesine taşır.

5.2. Uzatılmış Basamak ile Tekrar Kazı Modeli

Bu metotta gerekli tekrar kazı oranlarının ve diğer ocak parametrelerinin hesaplanması için dört ayrı boyut alternatifi bulunmaktadır. Bu alternatiflerin hepsi çok yaygın olarak kullanılsa da girdi parametrelerinden kaynaklanabilecek durumlardan dolayı programın bu dört alternatiften birisini kullanması gerekebilir. Uzatılmış basamak metodunda tek bir boyut hesaplaması kullanılması, değişen ocak şartlarında doğru olmayan boyut ve tekrar kazı oranlarının bulunması anlamına gelecektir. Bu yüzden uzatılmış basamak metodu uygulanması gerektiği zaman, oluşabilecek tüm boyut alternatiflerinin göz önüne alınması bir zorunluluk olarak görülmüştür. Bu alternatifler aşağıda sıralanmıştır;

- Basamak uzunluğu kömür damarını geçmekte [$L_e > (H_o * \cot\Phi_o + H_c * \cot\Phi_c)$] ve basamağın eteği ile pasa yığınının eteği çakışmaktadır.
- Basamak uzunluğu kömür damarını geçmekte [$L_e > (H_o * \cot\Phi_o + H_c * \cot\Phi_c)$], ancak basamağın eteği ile pasa yığınının eteği çakışmamaktadır.

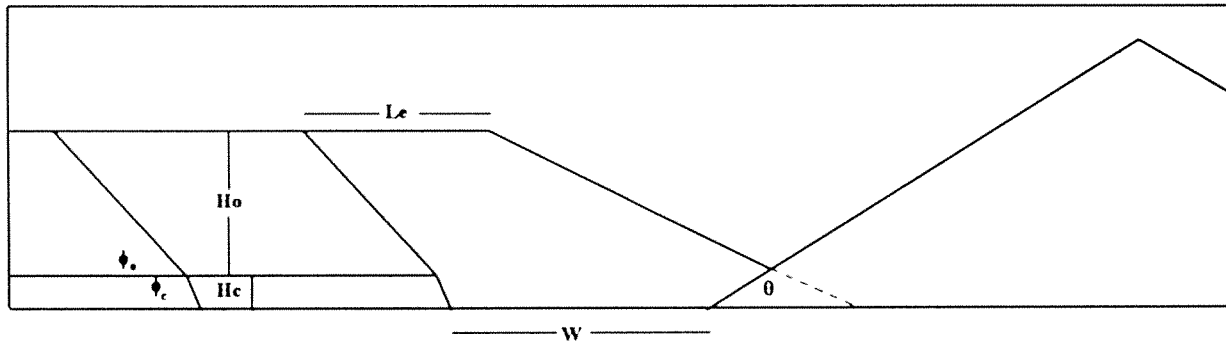
- Basamak uzunluğu kömür damarını geçmemekte [$L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$] ve basamağın eteği ile pasa yığınının eteği çakışmaktadır.
- Basamak uzunluğu kömür damarını geçmemekte [$L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$], ancak basamağın eteği ile pasa yığınının eteği çakışmamaktadır.

Bu modelde aşağıdaki dragline ve ocak boyutları hesaplanmaktadır,

- Uzatılmış basamak içindeki toplam alan (A_{eb}),
- Tekrar kazı yapılacak alan (A_{tk}),
- Tekrar kazı oranı (O_{tk}),

5.2.1. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçtiği [$L_e > (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$] ve basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakıştığı durum

Uzatılmış basamak sisteminde oluşabilecek ilk dilim geometrisi alternatifi budur. Burada malzeme öncelikle şeve yaslanacak şekilde boş dilime dökülmekte ve Şekil 10'da görülen dilim geometrisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 10. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durum

5.2.1.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb} ,

İlk alternatifte tekrar kazı yapılması gereken alanları ve tekrar kazı oranını bulmak için yapılması gereken geometrik tasarım çalışmaları Şekil 11'de verilmiştir.

$$L_1 = H_o * \cot \Phi_o$$

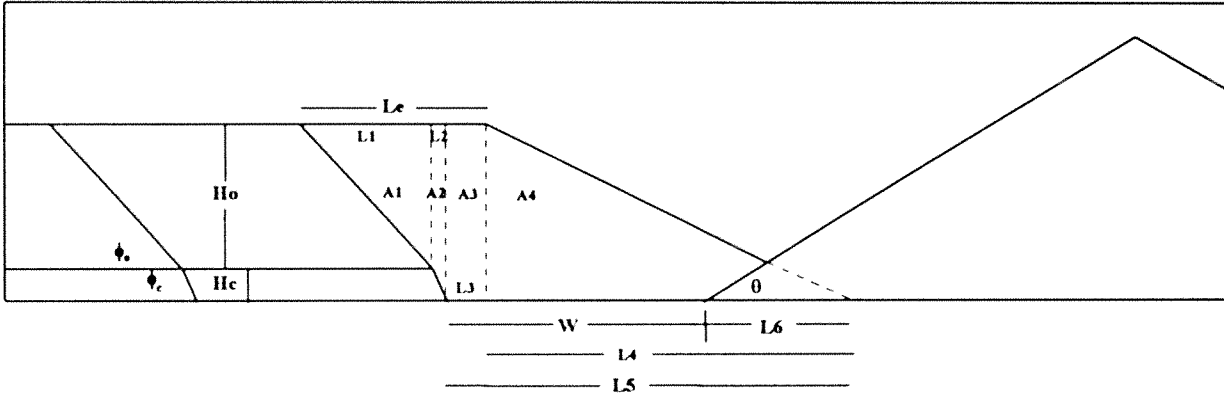
$$L_2 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$L_3 = L_e - (L_1 + L_2)$$

$$L_4 = (H_o + H_c) * \cot \theta$$

$$L_5 = L_e + (H_o + H_c) * \cot \theta - (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$$

$$L_6 = L_5 - W$$



Şekil 11. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Dilim Geometrisi

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o$$

$$A_2 = H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi_c$$

$$A_3 = (H_o + H_c) * (L_e - H_o * \cot \Phi_o - H_c * \cot \Phi_c)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta - \frac{1}{4} * L_o^2 * \tan \theta$$

Uzatılmış basamak içindeki toplam alan; $A_{eb} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

5.2.1.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} ,

İlk alternatifte tekrar kazı yapılacak alan ile ilgili formülasyonlar aşağıda verilmektedir. Bu alternatifte oluşan dilim geometrisi ise Şekil 12'de verilmiştir.

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o + H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi_c$$

$$L_7 = (H_o + H_c) * \cot \theta$$

$$L_8 = L_7 + L_1 + L_2 - L_e$$

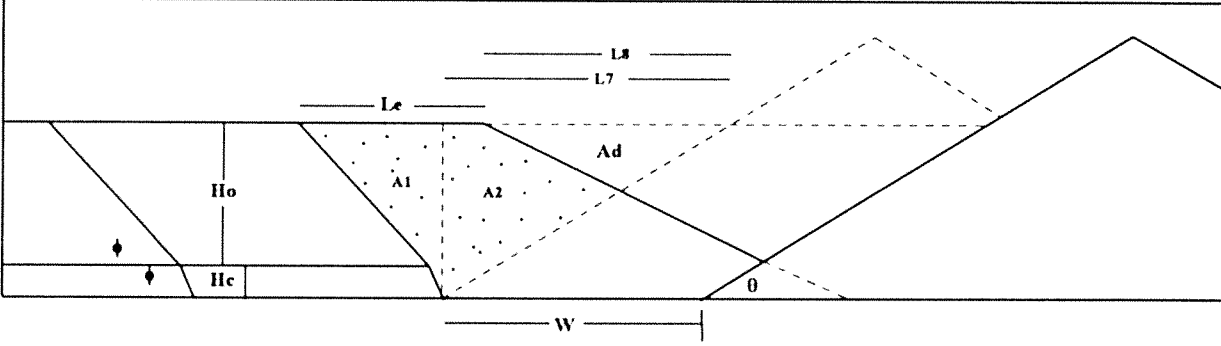
$$A_d = \frac{1}{4} * L_8^2 * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta - \frac{1}{4} * L_8^2 * \tan \theta$$

Tekrar kazılacak toplam alan A_1 ve A_2 alanlarının toplamıdır .

$$A_{tk} = A_1 + A_2$$

$$A_{tk} = A_1 = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o + H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi + \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta - \frac{1}{4} * L_s^2 * \tan \theta$$



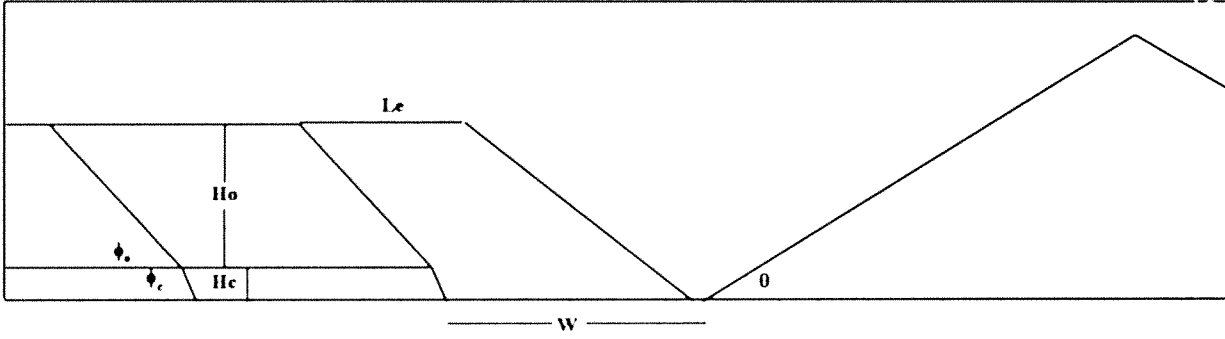
Şekil 12. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan

5.2.1.3. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

- Dilimdeki toplam şişmiş pasa miktarı = $W * H_o * fs$
- Tekrar kazılacak miktar = A_{tk}
- $O_{tk} = \frac{A_{tk}}{W * H_o * fs} * 100$

5.2.2. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçtiği [$L_e > (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$] ancak basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakışmadığı durum

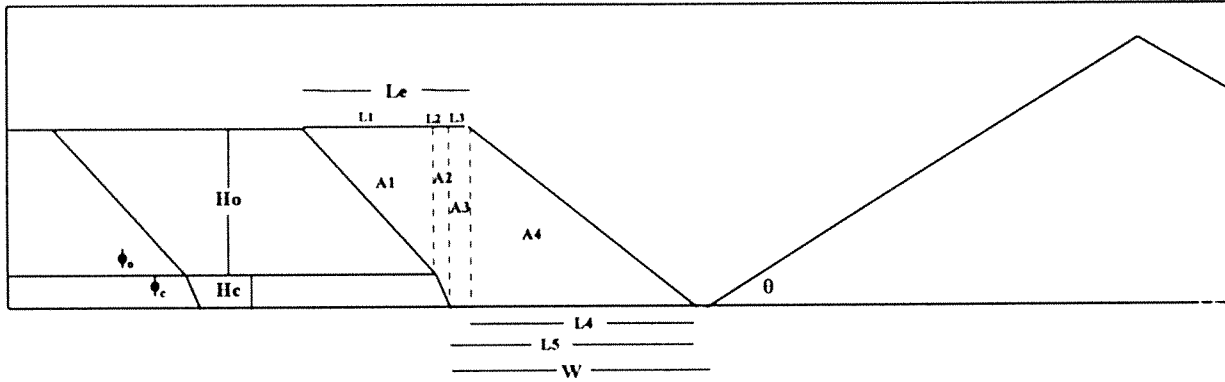
İkinci alternatif ile ilgili şematik görüntü Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durum

5.2.2.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb} ,

İkinci alternatifte tekrar kazı yapılması gereken alanları ve tekrar kazı oranını bulmak için yapılması gereken geometrik tasarım çalışmaları Şekil 14'de verilmiştir. Bu alternatifte de, öncelikle kılavuz dilim veya chop-down yapılarak sağlanan malzeme boş ocakta dilim kenarına yaslanacak şekilde dökülmekte ve uzatılmış basamak hazırlanmaktadır.



Şekil 14. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o$$

$$A_2 = H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi_c$$

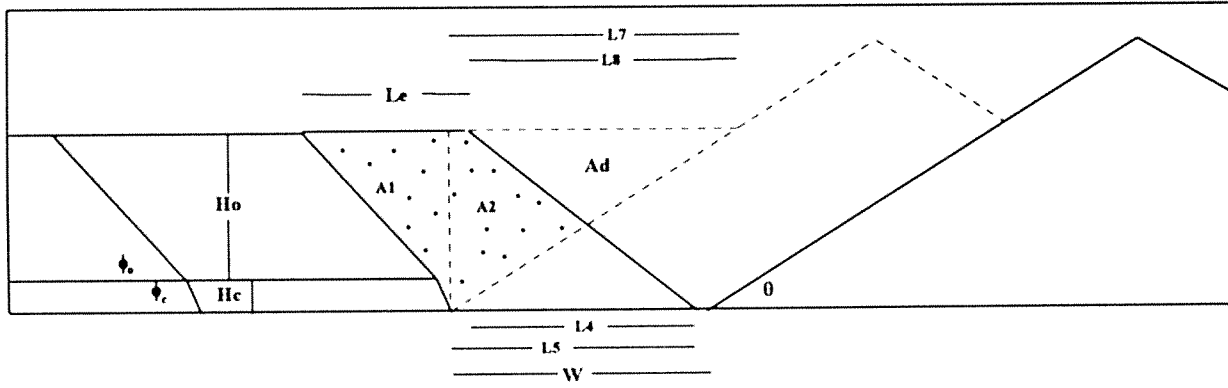
$$A_3 = (H_o + H_c) * (L_e - H_o * \cot \Phi_o - H_c * \cot \Phi_c)$$

$$A_4 = \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta$$

Uzatılmış basamak içindeki toplam alan; $A_{eb} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

5.2.2.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} .

Tekrar kazı yapılacak alan bu alternatifte A_1 ve A_2 alanlarının toplamı olacaktır. Bu alternatifin sematik görünümü Şekil 15'de verilmektedir.



Şekil 15. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçtiği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o + H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi_c$$

$$L_7 = (H_o + H_c) * \cot \theta$$

$$L_8 = L_7 + L_1 + L_2 - L_e$$

$$A_d = \frac{1}{4} * L_8^2 * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta - \frac{1}{4} * L_8^2 * \tan \theta$$

Tekrar kazı yapılacak toplam alan A_1 ve A_2 alanlarının toplamıdır.

$$A_{tk} = A_1 + A_2$$

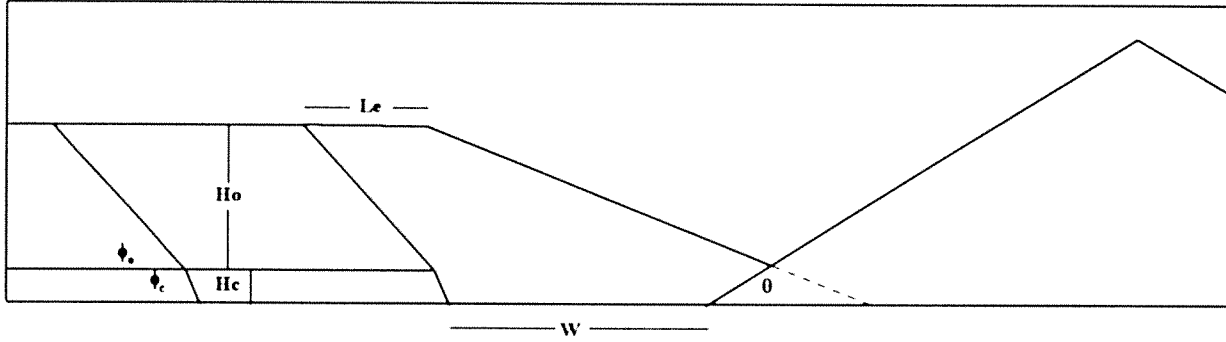
$$A_{tk} = \frac{1}{2} * H_o^2 * \cot \Phi_o + H_o * H_c * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * H_c^2 * \cot \Phi_c + \frac{1}{2} * (H_o + H_c)^2 * \cot \theta - \frac{1}{4} * L_8^2 * \tan \theta$$

5.2.2.3. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

- Dilimdeki toplam şişmiş pasa miktarı = $W * H_o * fs$
- Tekrar kazılacak miktar = A_{tk}
- $O_{tk} = \frac{A_{tk}}{W * H_o * fs} * 100$

5.2.3. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçmediği [$L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$] ve basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakıştığı durum

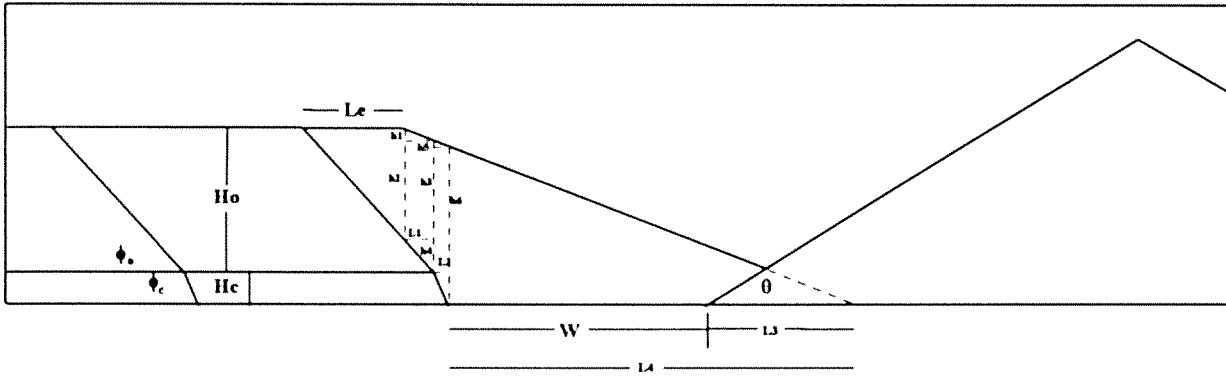
Üçüncü alternatif ile ilgili şematik görüntü Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 16. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durum

5.2.3.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb} .

Üçüncü alternatifte tekrar kazı yapılması gereken alanları ve tekrar kazı oranını bulmak için yapılması gereken geometrik tasarım çalışmaları Şekil 17'de ve Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 17. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Ocak Geometrisi ve Uzunluklar

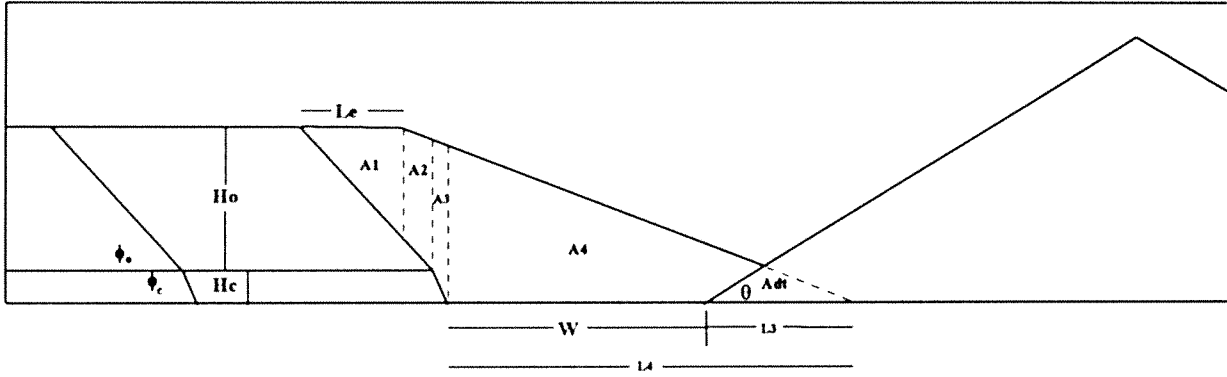
$$h_7 = h_1 + h_2$$

$$h_8 = h_3 + h_4 + h_5$$

$$h_9 = H_c + h_6$$

$$h_4 = H_o - h_7$$

$$\begin{aligned}
h_7 &= L_e * \tan \Phi_o \\
L_1 &= h_4 * \cot \Phi_o \\
h_1 &= L_1 * \tan \theta \\
h_2 &= h_7 - h_1 \Rightarrow h_2 = L_e * \tan \Phi_o - L_1 * \tan \theta \\
L_2 &= H_c * \cot \Phi_c \\
h_5 &= L_2 * \tan \theta \\
h_6 &= H_o - (h_1 + h_5) \\
h_3 &= h_6 - h_4
\end{aligned}$$

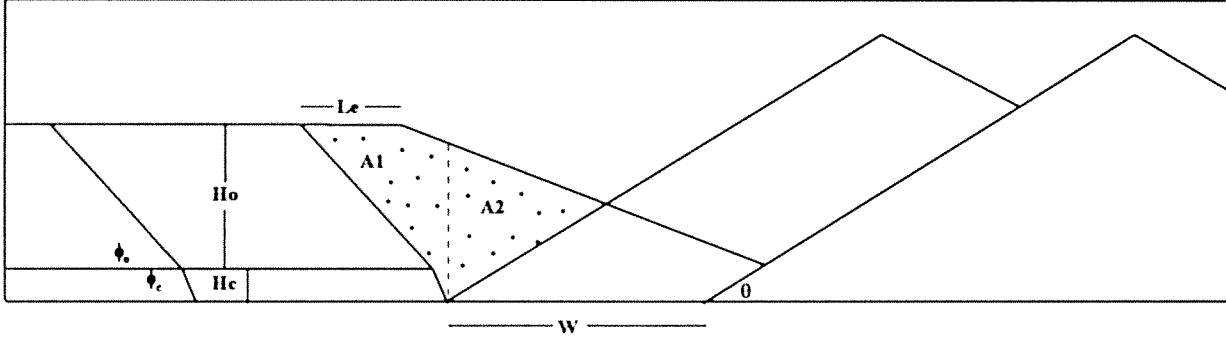


Şekil 18. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakıştığı Durumda Ocak Geometrisi ve Alanlar

$$\begin{aligned}
A_1 &= \frac{1}{2} * L_e * h_7 \\
A_2 &= \frac{(h_7 + h_8)}{2} * L_1 \\
A_3 &= \frac{(h_8 + h_9)}{2} * L_2 \\
L_4 &= h_9 * \tan \theta \\
A_{dt} &= \frac{1}{4} * L_3^2 * \tan \theta \\
A_4 &= \frac{1}{2} * h_9 * L_4 - \frac{1}{4} * L_3^2 * \tan \theta \\
A_{ob} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4
\end{aligned}$$

5.2.3.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} ,

Üçüncü alternatifte tekrar kazı yapılacak alan ile ilgili formaülasyonlar aşağıda verilmektedir. Bu alternatifte oluşan dilim geometrisi ise Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 19. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği ve Basamağın Eteği ile Pasa Yığınının Eteğinin Çakıştığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan

$$A_1 = \frac{1}{2} * L_e * h_7 + \frac{(h_7 + h_8)}{2} * L_1 + \frac{(h_8 + h_9)}{2} * L_2$$

$$A_{dt} = \frac{1}{4} * L_4^2 * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * h_9 * L_4 - \frac{1}{4} * L_4^2 * \tan \theta$$

Tekrar kazılacak toplam Alan = A_{tk}

$$A_{tk} = A_1 + A_2$$

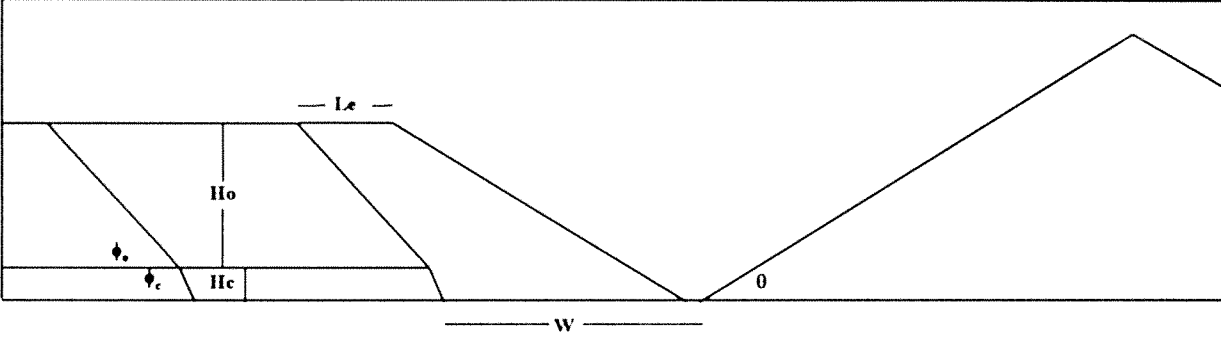
$$A_{tk} = \frac{1}{2} * L_e * h_7 + \frac{(h_7 + h_8)}{2} * L_1 + \frac{(h_8 + h_9)}{2} * L_2 + \frac{1}{2} * h_9 * L_4 - \frac{1}{4} * L_4^2 * \tan \theta$$

5.2.3.3. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

- Dilimdeki toplam şişmiş pasa miktarı = $W * H_o * f_s$
- Tekrar kazılacak miktar = A_{tk}
- $O_{tk} = \frac{A_{tk}}{W * H_o * f_s} * 100$

5.2.4. Basamak uzunluğunun kömür damarını geçmediği [$L_e < (H_o * \cot \Phi_o + H_c * \cot \Phi_c)$], ancak basamağın eteği ile pasa yığını eteğinin çakışmadığı durum

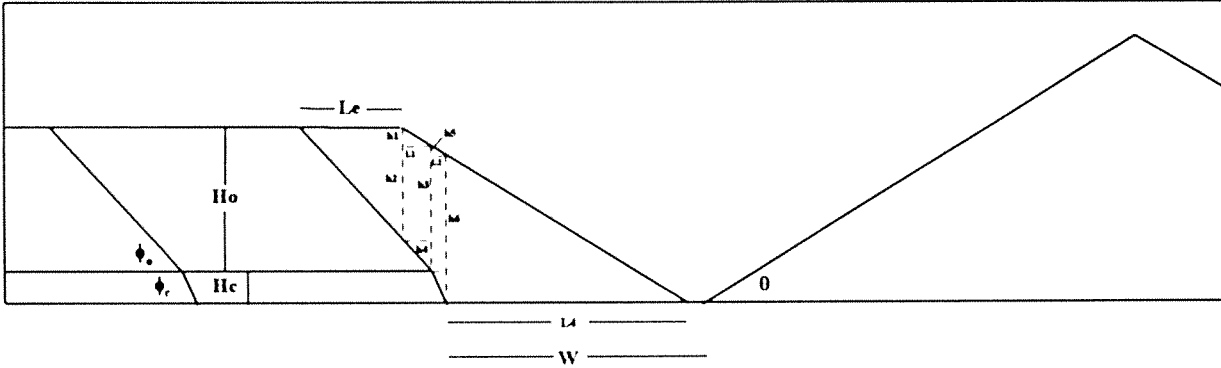
Dördüncü alternatifle ilgili şematik görüntü Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durum

5.2.4.1. uzatılmış basamak içindeki toplam alan, A_{eb} .

Son alternatifte tekrar kazı yapılması gereken alanları ve tekrar kazı oranını bulmak için yapılması gereken geometrik tasarım çalışmaları Şekil 21 ve Şekil 22'de verilmiştir.



Şekil 21. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi ve Uzunluklar

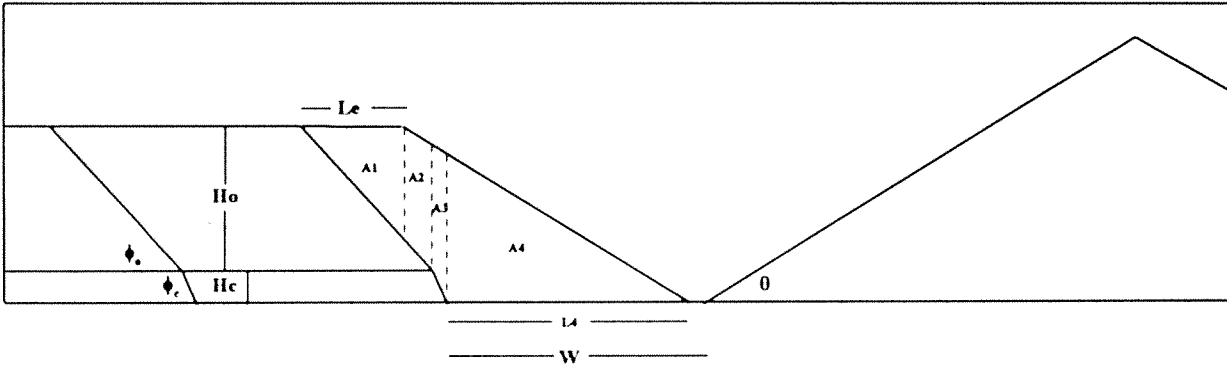
$$h_7 = h_1 + h_2$$

$$h_8 = h_3 + h_4 + h_5$$

$$h_9 = H_c + h_6$$

$$h_4 = H_o - h_7$$

$$\begin{aligned}
h_7 &= L_e * \tan \Phi_o \\
L_1 &= h_4 * \cot \Phi_o \\
h_1 &= L_1 * \tan \theta \\
h_2 &= h_7 - h_1 \Rightarrow h_2 = L_e * \tan \Phi_o - L_1 * \tan \theta \\
L_2 &= H_c * \cot \Phi_c \\
h_5 &= L_2 * \tan \theta \\
h_6 &= H_o - (h_1 + h_5) \\
h_3 &= h_6 - h_4
\end{aligned}$$



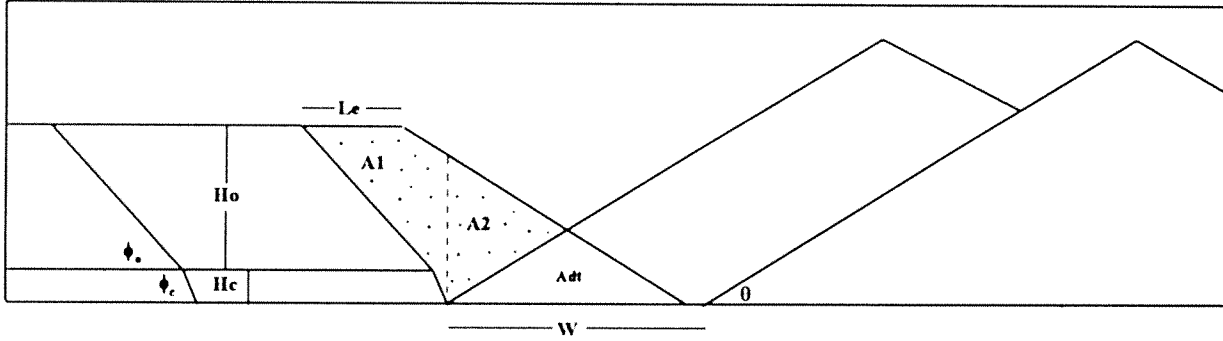
Şekil 22. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığınının Eteğinin Çakışmadığı Durumda Ocak Geometrisi ve Alanlar

$$\begin{aligned}
A_1 &= \frac{1}{2} * L_e * h_7 \\
A_2 &= \frac{(h_7 + h_8) * L_1}{2} \\
A_3 &= \frac{(h_8 + h_9) * L_2}{2} \\
L_4 &= h_9 * \tan \theta \\
A_4 &= \frac{1}{2} * h_9 * L_4
\end{aligned}$$

Uzatılmış basamak içindeki toplam malzeme, $A_{eb} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

5.2.4.2. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} .

Son alternatifte tekrar kazı yapılacak alan ile ilgili şematik bir görüntü Şekil 23'de verilmektedir.



Şekil 23. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Sisteminde Basamak Uzunluğunun Kömür Damarını Geçmediği, ancak Basamağın Eteği ile Pasa Yığını Eteğinin Çakışmadığı Durumda Tekrar Kazı Yapılacak Alan

$$A_1 = \frac{1}{2} * L_e * h_7 + \frac{(h_7 + h_8) * L_1}{2} + \frac{(h_8 + h_9) * L_2}{2}$$

$$A_2 = A_4 - A_{dt}$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * h_9 * L_4 - \frac{1}{4} * L_4^2 * \tan \theta$$

Tekrar kazı yapılacak toplam alan = A_{tk}

$$A_{tk} = A_1 + A_2$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} * L_e * h_7 + \frac{(h_7 + h_8) * L_1}{2} + \frac{(h_8 + h_9) * L_2}{2} + \frac{1}{2} * h_9 * L_4 - \frac{1}{4} * L_4^2 * \tan \theta$$

5.2.4.3. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

- Dilimdeki toplam şişmiş pasa miktarı = $W * H_o * fs$
- Tekrar kazılacak miktar = A_{tk}
- $O_{tk} = \frac{A_{tk}}{W * H_o * fs} * 100$

5.3. Uzatılmış Basamak ile Örtü-Kazı Metodu Programı

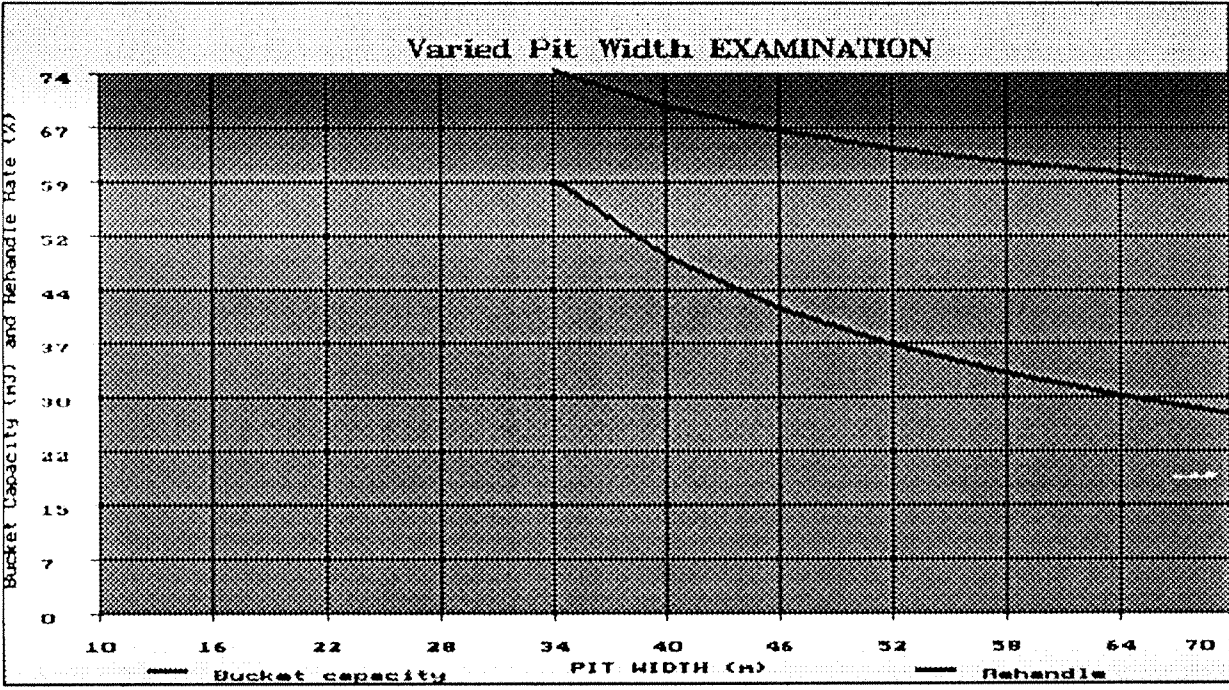
Proje raporunun modelleme kısmında uzatılmış basamak yöntemine daha fazla önem verilmiş ve uzatılmış basamak için hazırlanan bilgisayar programına belirli dilim parametrelerinin değiştirilmesi halinde olabilecek değişimleri gözlemleyecek kısımlar eklenmiştir. Buna göre, bu sistemde üç ayrı parametrenin önemli olduğu ve bunlarda olabilecek değişmelerin **tekrar kazı oranı** ile **kepçe kapasitesi**'ni nasıl etkileyeceğini belirleyecek "olursa ne olur" (**What-If**) senaryoları yapılabilmektedir. Bu üç parametre;

- Dilim genişliği,
- Uzatılmış basamak genişliği,
- Pasa kalınlığı'dır.

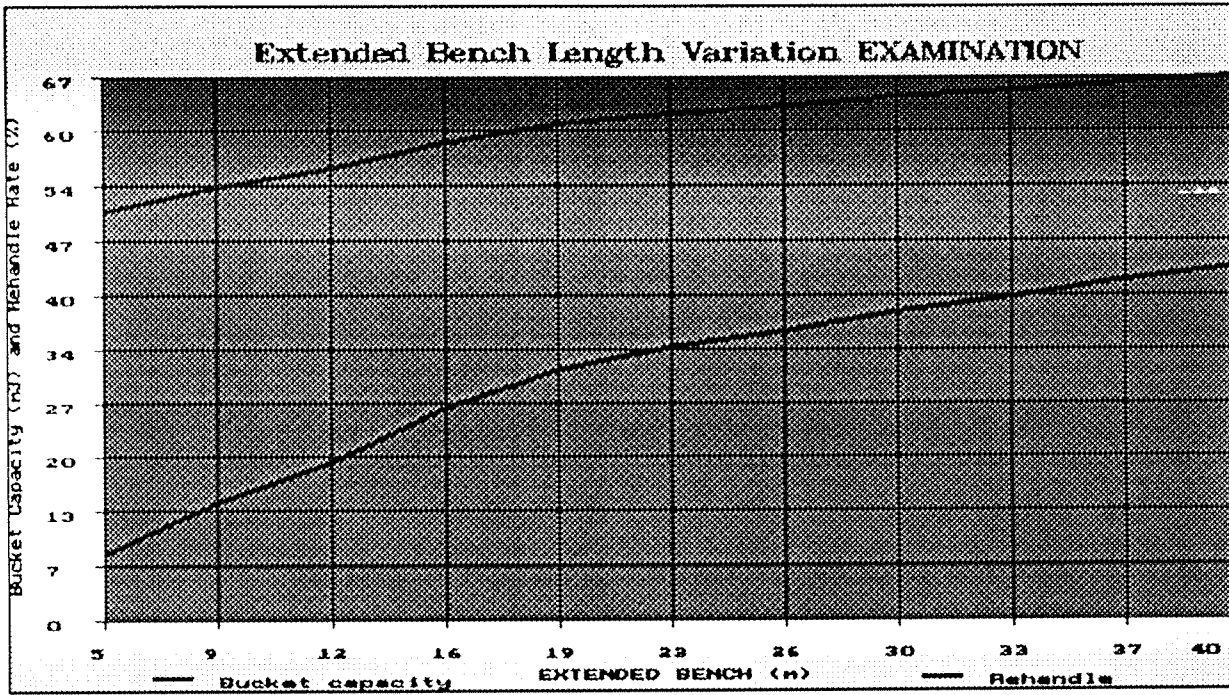
Uzatılmış basamak ile örtü-kazı sisteminde What-If senaryoları hazırlamanın kullanıcı için yararlı olacağı düşünülmüştür. Çünkü, bu sistemde dilim genişliğinin yüksek tutulması durumunda, yapılması gereken tekrar kazı oranının azaldığı bilinmektedir (Seymour, 1979). Bu yüzden, dragline çalışma boyutları el verdiği sürece, dilim genişliğini fazla tutmak, yapılacak tekrar kazı oranını azaltacaktır. Uzatılmış basamak metodunun bu özelliği Şekil 24'de görülebilmektedir.

Bilindiği gibi uzatılmış basamak genişliği arttığı zaman dragline yığın tepesine daha fazla yaklaşmakta, ancak bunun sonucu olarak yapılması gereken tekrar kazı oranı da artmaktadır. Programda verilen belli alt ve üst basamak genişliği değerleri arasında, kepçe kapasitesinin ve tekrar kazı oranının nasıl değiştiği gözlenebilmektedir. Bununla ilgili bir örnek Şekil 25'de verilmektedir.

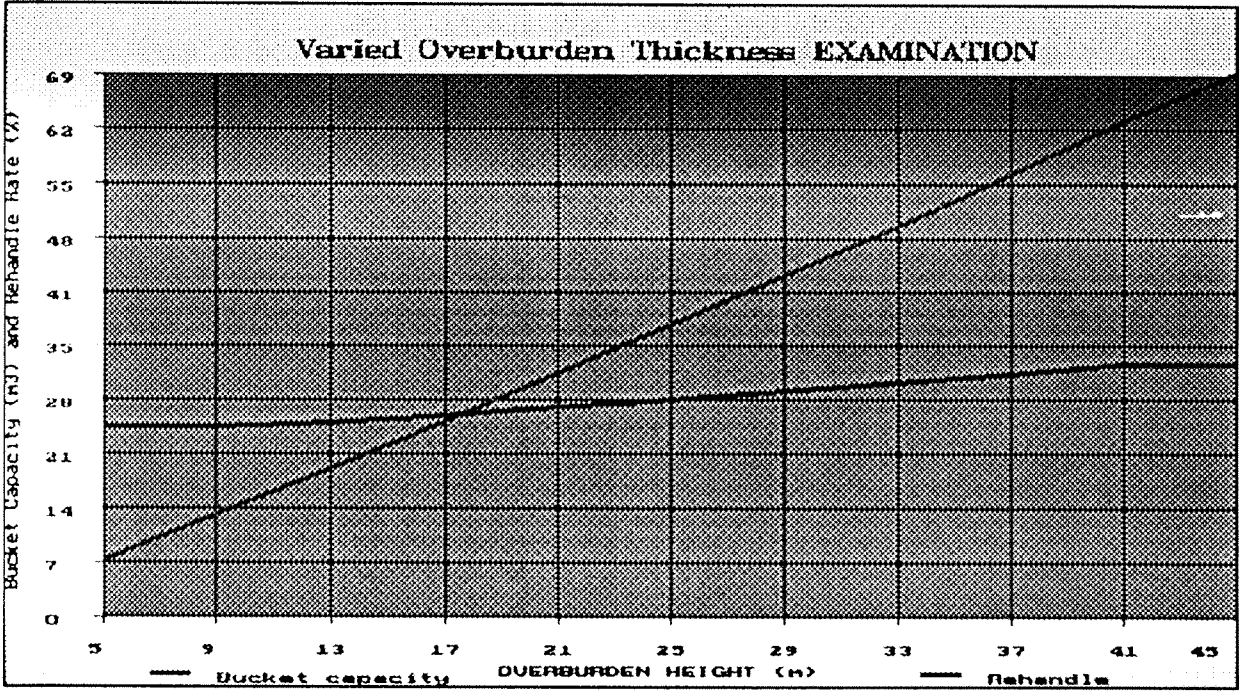
Pasa kalınlığı değişmelerinde genellikle gerekli kepçe kapasitesi pasa kalınlığı ile doğru orantılı olarak artmakta veya azalmakta, ancak yapılması gereken tekrar kazı oranı ise aynı oranda artmamaktadır. Programda verilen belli alt ve üst pasa kalınlığı değerleri arasında, kepçe kapasitesinin ve tekrar kazı oranının nasıl değiştiği gözlenebilmektedir. Bununla ilgili bir örnek Şekil 26'da verilmektedir.



Şekil 24. Dilim Genişliğinin Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı (Örnek)



Şekil 25. Basamak Genişliğinin Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı (Örnek)



Şekil 26. Pasa Kalınlığının Değişmesi Durumunda Kepçe Kapasitesi ve Tekrar Kazı Oranı (Örnek)

6. Geri Çekmeli Örtü Kazı Metodu

6.1. Genel

Geri çekmeli örtü-kazı metodu, uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodunda olduğu gibi dragline çalışma yarıçapının yeterli olmadığı ve tekrar kazıya yol açan durumlarda kullanılabilir bir metottur. Bu örtü-kazı yönteminin uygulanması gereken koşullar uzatılmış basamak ile benzerdir. İki metodun arasındaki en önemli farklılık bu metotta tek veya iki dragline sisteminin kullanılabilmesidir. Tek dragline kullanılan sistemde, dragline şev ve pasa yığını arasında belirli aralıklarla değişmeli olarak çalışmakta ve uzatılmış basamak sistemine göre dragline daha fazla yol katetmektedir. İki dragline kullanılan sistemlerde ise, ilk dragline şev kısmında, ikinci dragline ise pasa kısmında çalışmaktadır (Anonim 1977a, Chironis 1983).

Geri çekmeli örtü-kazı sistemi diğer metodlarda olduğu gibi öncelikle ya basamak azaltmalı sistem ile veya direkt olarak kılavuz diliminin açılmasıyla başlamaktadır. Bu işlemden sonra, ana dilimin kazılması yapılmaktadır. Ancak, bu metodun gerekliliğinin en önemli özelliklerinden birisi olarak, dragline dilimden kazdığı malzemeyi boş ocağa tamamen dökemediği için bir kısım malzeme yığılarak kömür damarının üzerini kapatmakta ve şevde belirli bir yüksekliğe tırmanmaktadır. Bu yüzden, dragline pasa tarafına geçip çalıştığı zaman, hem tekrar kazı yapılacak alanı hem de dilimde tekrar kazı malzemesini tutan kısmı kazmak durumundadır. Burada, dilimde kalan alan ikinci kere değil, ilk defa kazılmaktadır.

Geri çekmeli örtü-kazı yönteminde yapılması gereken tekrar kazı oranı tamamen dragline ve ocak boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Ancak, direkt yana döküm sistemi gibi tekrar kazı içermeyen sistemlerin uygulanamaması durumunda, belli oranlarda tekrar kazı yapılarak ocakta örtü-kazı operasyonlarının gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

6.2. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Modeli

Bu metotta dragline dökme yarıçapı ve gerekli ocak parametrelerinin hesaplanmasının iki ön koşula bağlı olduğu bulunmuştur. Bunlar dragline etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliğinden (W) uzun veya kısa olduğu durumlardır. Bunlar;

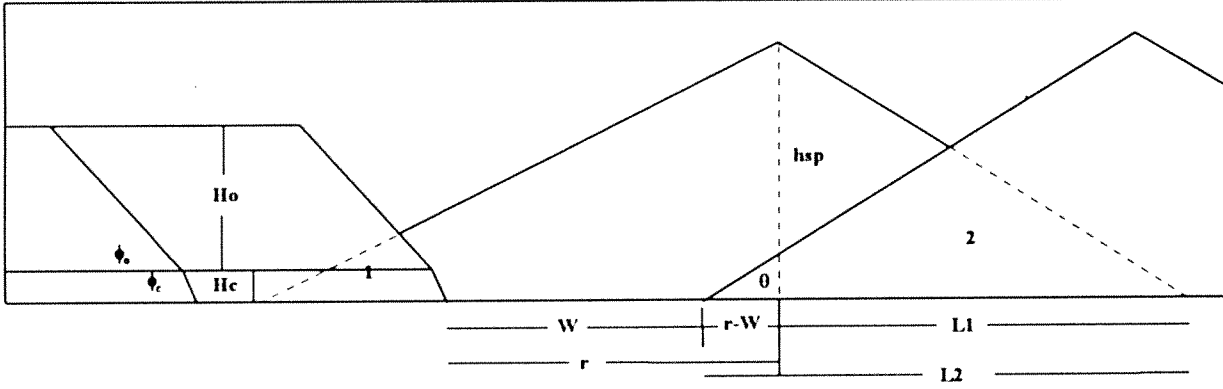
- Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)
- Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)

Bu modelde aşağıdaki dragline ve ocak boyutları hesaplanmaktadır,

- Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik (h_{sp}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği (h_{sb}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği (W_{sb}),
- Tekrar kazı alanı (A_{tk}),
- Tekrar kazı oranı (O_{tk}),
- Geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı (gr_2).

6.2.1. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

Geri çekmeli örtü-kazı metodunda bulunan ilk alternatif dragline etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliğinden büyük olduğu durumdur. Burada malzeme boş dilime yığılmakta ve Şekil 27'de görülen dilim geometrisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 27. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durum

6.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

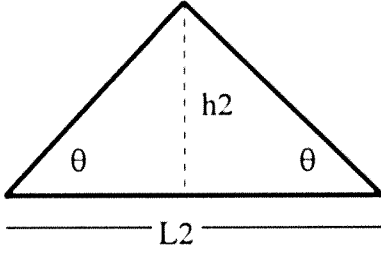
Diğer dragline ve dilim boyutlarını hesaplamak için öncelikle bir önceki boş dilime dökülen malzeme yığınının ulaştığı yüksekliği hesaplamak gerekmektedir. Bu durumda aşağıdaki formülasyonlar çıkartılabilmektedir:

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır.

$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L_1} \Rightarrow L_1 = h_{sp} * \cot \theta$$
$$A_{toplam} = L_1 * h_{sp}$$
$$A_{toplam} = h_{sp}^2 * \cot \theta$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



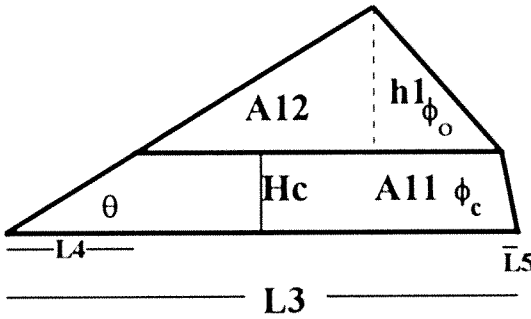
$$L_2 = L_1 + (r - W)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 * h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} * \cot \theta + (r - W)]^2 * \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

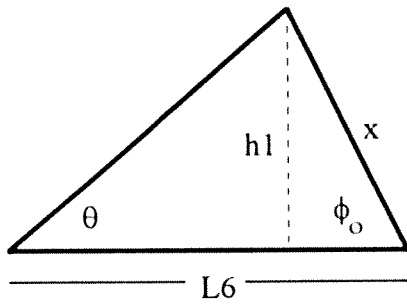


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

Dökülen toplam alan $\Rightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2 \dots \dots \dots$ **1**

Kısaltmalar:

$$\sigma = (r - W)$$

$$\alpha = r - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta \cdot \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 \cdot \cot \theta}{4} + \frac{\sigma \cdot h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 \cdot \tan \theta}{4}$$

$$A_1 = H_c \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta - \frac{r \cdot H_c}{2} - \frac{\alpha \cdot H_c}{2} + \frac{\lambda \cdot h_{sp}^2 \cdot \cot^2 \theta}{2} - \lambda \cdot \alpha \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta + \frac{\lambda \cdot \alpha^2}{2}$$

$$A_{dökülen} = [H_o \cdot W - A_{12}] \cdot f_s$$

$$A_{dökülen} = H_o \cdot W \cdot f_s - \frac{\lambda \cdot f_s \cdot h_{sp}^2 \cdot \cot \theta}{2} + \lambda \cdot f_s \cdot \alpha \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta - \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \alpha^2}{2} \dots \textcircled{2}$$

1 = **2** olduğundan, buradan kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunabilir. Her ne kadar h_{sp} için iki kök bulunabilse de, bunlardan yalnızca bir tanesi pozitif çıkmaktadır. Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

burada,

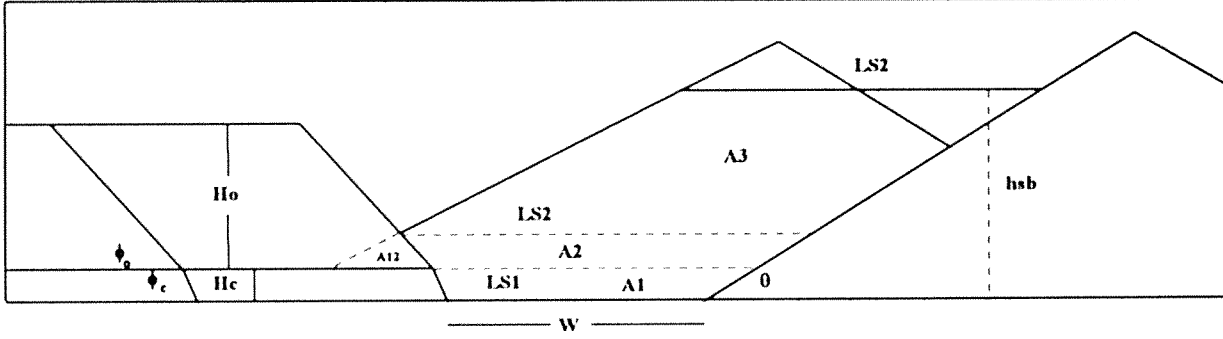
$$a = \frac{3 \cdot \cot \theta}{4} + \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \cot^2 \theta}{2} - \frac{\lambda \cdot \cot^2 \theta}{2}$$

$$b = \lambda \cdot \alpha \cdot \cot \theta - \lambda \cdot \alpha \cdot f_s \cdot \cot \theta - \frac{\sigma}{2} - H_c \cdot \cot \theta$$

$$c = \frac{r \cdot H_c}{2} + \frac{\alpha \cdot H_c}{2} - \frac{\lambda \cdot \alpha^2}{2} + \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 \cdot \tan \theta}{4} - H_o \cdot W \cdot f_s$$

6.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} ,

Bir önceki boş dilime yığılan malzeme ya dragline veya dozer tarafından düzeltildiği zaman oluşan dilim geometrisi Şekil 28'de verilmektedir. Burada, pasa tarafında oluşturulacak dragline oturma tabanı yüksekliğini hesaplamak için gerekli formülasyonlar aşağıda verilmektedir.



Şekil 28. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

A₁:

$$LS_1 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_1 = \frac{2 \cdot H_c \cdot W + H_c^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2}$$

$$LS_2 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_2 = \frac{h_1^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2} + W \cdot h_1 + H_c \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_3 = \frac{h_{sb} \cdot W + h_{sb} \cdot H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_{sb} \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) - W \cdot (H_c + h_1) - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) \cdot (H_c + h_1) - (H_c + h_1) \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2}$$

$$A_{dökülen} = [H_0 \cdot W - A_{12}] \cdot f_s \quad \text{.....} \quad \text{③}$$

$$A_{dökülen} = H_0 \cdot W \cdot f_s - A_{12} \cdot f_s$$

Kısaltmalar:

$$\gamma = (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$\infty = (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = H_c * W + \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = W * h_1 + H_c * h_1 * \gamma + \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty$$

$$A_3 = h_{sb} * (W + H_c * \gamma + h_1 * \infty) - (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \infty]$$

$$A_{toplama} = A_1 + A_2 + A_3 \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

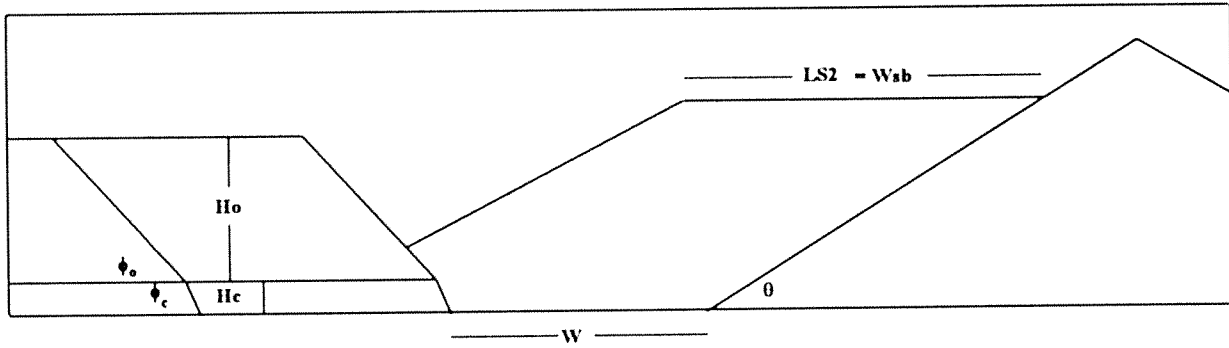
3 = **4** olduğundan;

$$A_{dökülen} = A_{toplama}$$

$$h_{sb} = \frac{H_o * W * f_s - A_{12} * f_s + (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \infty] - W * h_1 - H_c * h_1 * \gamma - \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty - H_c * W - \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma}{W + H_c * \gamma + h_1 * \infty}$$

6.2.1.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb} ,

Pasa tarafında dragline için hazırlanan oturma tabanı yüksekliği formülasyonlarından sonra, gerekli olan parametre dragline oturma tabanı genişliğidir. Bu durum Şekil 29'da verilmiştir. Buna göre formülasyonlar aşağıda sıralanmıştır.



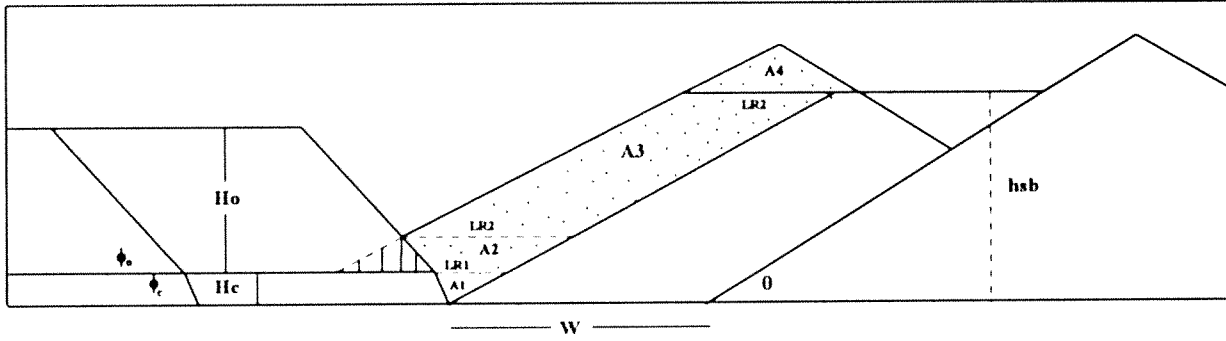
Şekil 29. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

$$W_{sb} = LS_2$$

$$W_{sb} = W + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

6.2.1.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}

Geri çekmeli örtü-kazı sisteminin ilk alternatifinde hesaplanması gereken tekrar kazı alanı ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Burada önemli bir nokta ise tekrar kazı yapılacak alanın şevde bu alanı tutmak için bırakılan topuktan ayırt edilmesi gerekliliğidir. Çünkü şevde bırakılan topuk ikinci defa kazılmamaktadır, bu yüzden de tekrar kazı alanına dahil edilmemektedir. Bu durumda oluşan dilim geometrisi ile ilgili şematik görüntü ise Şekil 30'da verilmektedir.



Şekil 30. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$LR_1 = H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$LR_2 = LR_1 + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty$$

$$A_3 = [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)]$$

$$A_4 = \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

$$A_{tk} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma + H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty + [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)] + \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

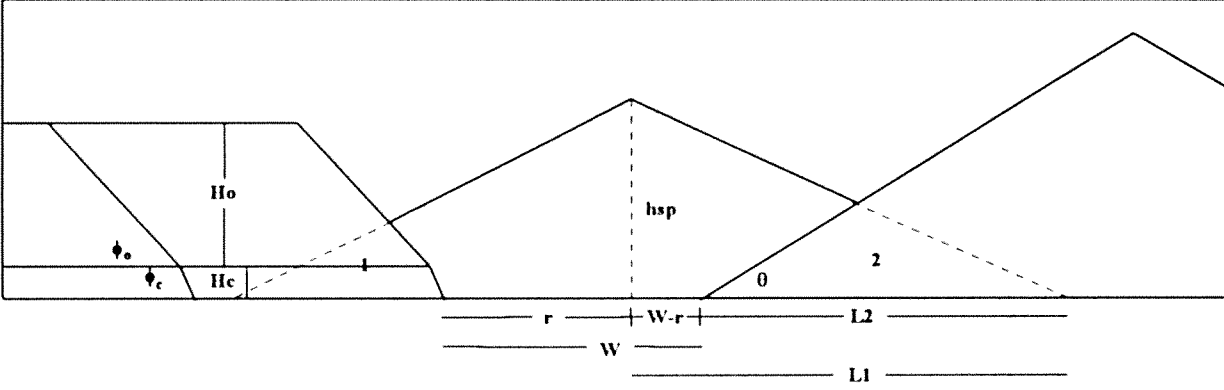
6.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}

Tekrar kazı oranı, iki defa kazılan alanın tüm dilimdeki alana bölünmesiyle bulunmaktadır.

$$O_{tk} = \frac{A_{tk}}{H_o * W * fs} * 100$$

6.2.2. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)

Geri çekmeli örtü-kazı metodunda bulunan ikinci alternatif dragline etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliğinden küçük olduğu durumdur. Burada malzeme boş dilime yığılmakta ve Şekil 32'de görülen dilim geometrisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 32. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durum

6.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

Bu durumda ise aşağıdaki formülasyonlar çıkartılabilmektedir:

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır.

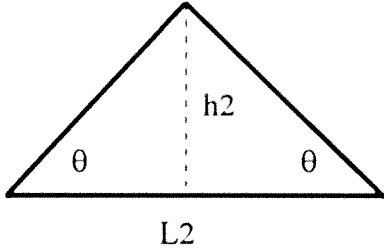
$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L1} \Rightarrow L1 = h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{toplam} = L1 * h_{sp}$$

$$A_{toplam} = h_{sp}^2 * \cot \theta$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



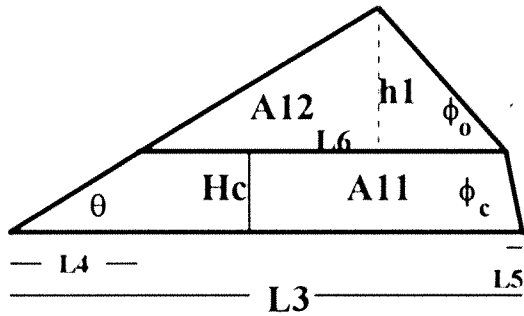
$$L_2 = L_1 - (W - r)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 * h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} * \cot \theta - (W - r)]^2 * \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

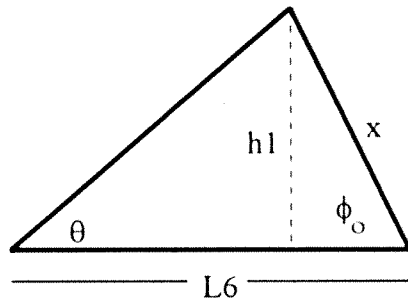


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

Dökülen toplam alan $\Leftrightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2$ 5

Kısaltmalar:

$$\sigma = (W - r)$$

$$\alpha = r - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta \cdot \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 \cdot \cot \theta}{4} - \frac{\sigma \cdot h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 \cdot \tan \theta}{4}$$

$$A_1 = H_c \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta - \frac{r \cdot H_c}{2} - \frac{\alpha \cdot H_c}{2} + \frac{\lambda \cdot h_{sp}^2 \cdot \cot^2 \theta}{2} - \lambda \cdot \alpha \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta + \frac{\lambda \cdot \alpha^2}{2}$$

$$A_{dökülen} = [H_o \cdot W - A_{12}] \cdot f_s$$

$$A_{dökülen} = H_o \cdot W \cdot f_s - \frac{\lambda \cdot f_s \cdot h_{sp}^2 \cdot \cot \theta}{2} + \lambda \cdot f_s \cdot \alpha \cdot h_{sp} \cdot \cot \theta - \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \alpha^2}{2} \dots \dots \dots \textcircled{6}$$

5 = **6** olduğundan, buradan yine kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunabilir ($W > r$ koşulu için). Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

burada

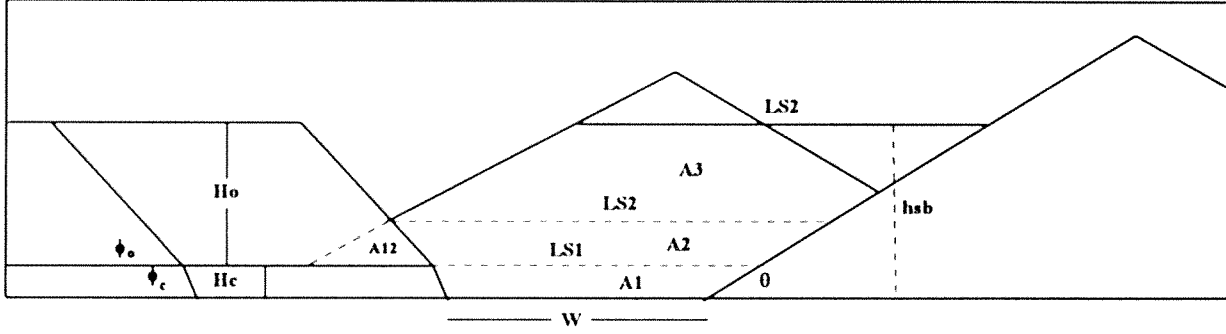
$$a = \frac{3 \cdot \cot \theta}{4} + \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \cot^2 \theta}{2} - \frac{\lambda \cdot \cot^2 \theta}{2}$$

$$b = \frac{\sigma}{2} + \lambda \cdot \alpha \cdot \cot \theta - \lambda \cdot \alpha \cdot f_s \cdot \cot \theta - H_c \cdot \cot \theta$$

$$c = \frac{r \cdot H_c}{2} + \frac{\alpha \cdot H_c}{2} - \frac{\lambda \cdot \alpha^2}{2} + \frac{\lambda \cdot f_s \cdot \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 \cdot \tan \theta}{4} - H_o \cdot W \cdot f_s$$

6.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} ,

Bu alternatifte de, bir önceki boş dilime yığılan malzeme dragline veya dozer tarafından düzeltildiği zaman oluşan dilim geometrisi Şekil 33'de verilmektedir. Burada, pasa tarafında oluşturulacak dragline oturma tabanı yüksekliğini hesaplamak için gerekli formülasyonlar aşağıda verilmektedir.



Şekil 33. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

A_1 :

$$LS_1 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_1 = \frac{2 \cdot H_c \cdot W + H_c^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2}$$

$$LS_2 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_2 = \frac{h_1^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2} + W \cdot h_1 + H_c \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_3 = h_{sb} \cdot W + h_{sb} \cdot H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_{sb} \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) - W \cdot (H_c + h_1) - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) \cdot (H_c + h_1) - (H_c + h_1) \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_{dökülen} = [H_o \cdot W - A_{12}] \cdot f_s$$

7

$$A_{dökülen} = H_o \cdot W \cdot f_s - A_{12} \cdot f_s$$

Kısaltmalar:

$$\gamma = (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$\infty = (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = H_c * W + \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = W * h_1 + H_c * h_1 * \gamma + \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty$$

$$A_3 = h_{sb} * (W + H_c * \gamma + h_1 * \infty) - (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \infty]$$

$$A_{toplam} = A_1 + A_2 + A_3 \dots \dots \dots \textcircled{8}$$

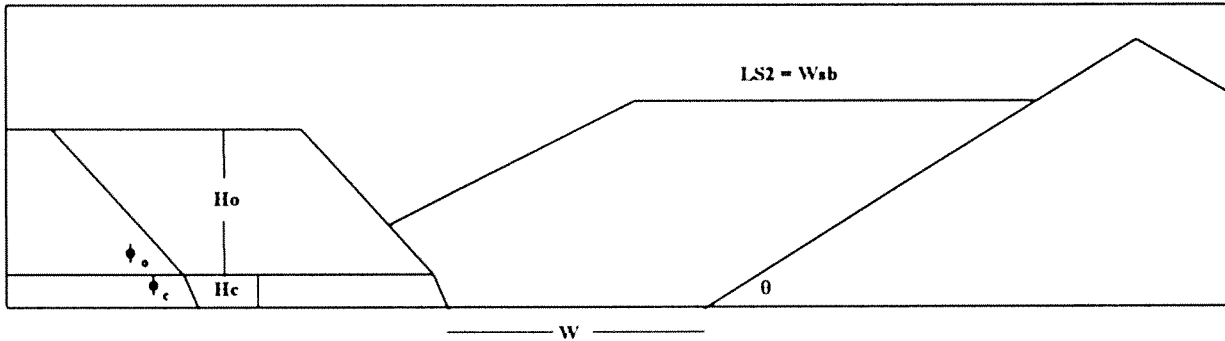
7 = **8** olduğundan;

$$A_{dökülen} = A_{toplam}$$

$$h_{sb} = \frac{H_o * W * f_s - A_{12} * f_s + (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \infty] - W * h_1 - H_c * h_1 * \gamma - \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty - H_c * W - \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma}{W + H_c * \gamma + h_1 * \infty}$$

6.2.2.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb} ,

Pasa tarafında dragline için hazırlanan oturma tabanı yüksekliği formülasyonlarından sonra, gerekli olan parametre dragline oturma tabanı genişliğidir. Bu durum Şekil 34'de verilmiştir. Buna göre formülasyonlar aşağıda sıralanmıştır.



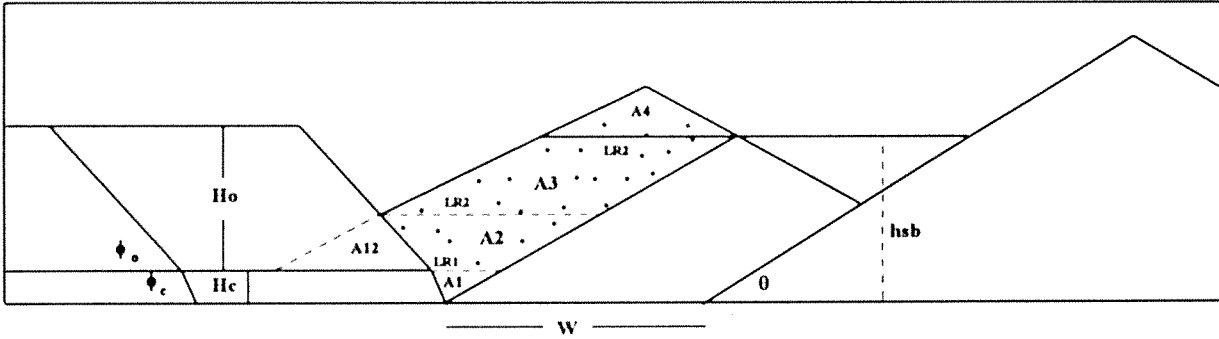
Şekil 34. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

$$W_{sb} = LS_2$$

$$W_{sb} = W + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

6.2.2.4. tekrar kazı alanı, A_{tk}

Geri çekmeli örtü-kazı sisteminin ikinci alternatifinde hesaplanması gereken tekrar kazı alanı ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi, tekrar kazı yapılacak alanı şev'de tutan ve kazılmayan alan burada ayırt edilmektedir. Çünkü şevde bırakılan topuk ikinci defa kazılmamaktadır, bu yüzden de tekrar kazı alanına dahil edilmemektedir. Bu durumda oluşan dilim geometrisi ile ilgili şematik görüntü ise Şekil 35'de verilmektedir.



Şekil 35. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$LR_1 = H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$LR_2 = LR_1 + h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot H_c^2 \cdot \gamma$$

$$A_2 = H_c \cdot \gamma \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot h_1^2 \cdot \infty$$

$$A_3 = [(h_{sb} - (H_c + h_1)) \cdot (H_c \cdot \gamma + h_1 \cdot \infty)]$$

$$A_4 = \frac{1}{16} \cdot LS_2^2 \cdot \tan \theta$$

$$A_{tk} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} \cdot H_c^2 \cdot \gamma + H_c \cdot \gamma \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot h_1^2 \cdot \infty + [(h_{sb} - (H_c + h_1)) \cdot (H_c \cdot \gamma + h_1 \cdot \infty)] + \frac{1}{16} \cdot LS_2^2 \cdot \tan \theta$$

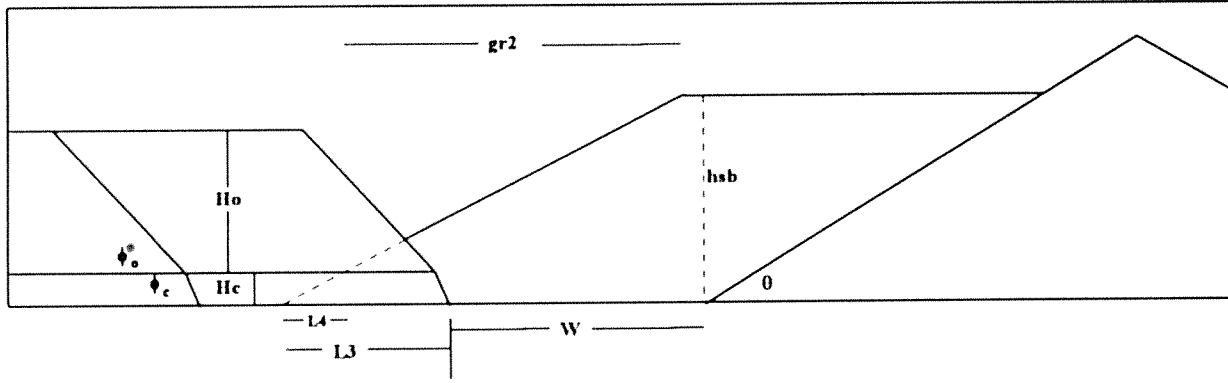
6.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk}

Tekrar kazı oranı tekrar kazı yapılan alanın tüm dilim alanına bölünmesiyle bulunmaktadır.

$$O_{tk} = \frac{A_{tk}}{H_0 \cdot W \cdot f_s} \cdot 100$$

6.2.2.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2 ,

İkinci alternatifde son olarak düzeltilmiş pasa yığını üzerinde çalışacak olan dragline için gerekli olan dökme yarıçapının hesap formülasyonları yapılmıştır. Bu durum ile ilgili şematik görüntü Şekil 36'da verilmiştir.



Şekil 36. Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı

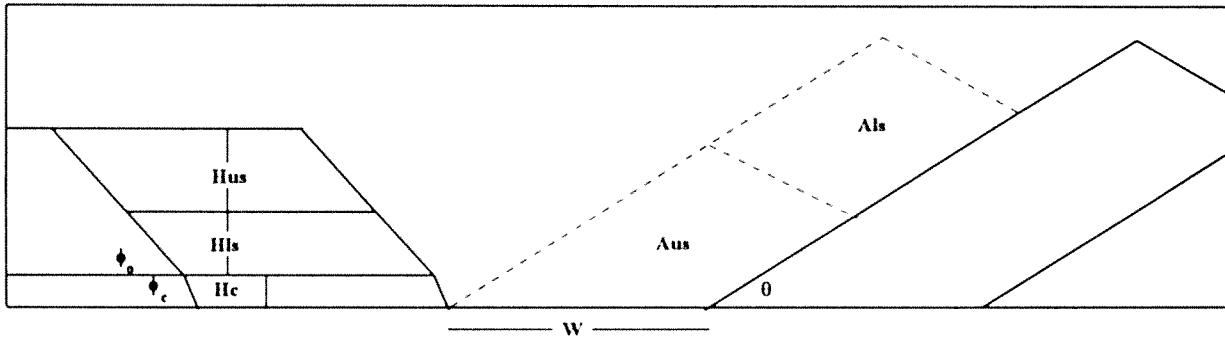
$$gr_2 = h_{sb} * \cot \theta - L_4$$

$$gr_2 = h_{sb} * \cot \theta - H_c * \cot \theta$$

7. İki Dilimde Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Metodu

7.1. Genel

İki dilimde direkt yana döküm metodu tekrar kazı içermeyen bir metottur. Metodun özelliği şev tarafında çalışan dragline veya dragline'ların mineral damarı üzerindeki pasa malzemesini iki dilimde kazmalarıdır. Bu örtü-kazı yönteminin uygulanması gereken koşullar tek dilimde direkt yana döküm metodu ile benzerdir. Ancak pasa kalınlığı tek bir dragline için yüksek olabilir. Bu metotta pasa, iki dilime bölünmekte ve her bir dilim ayrı olarak kazılmaktadır (Anonim, 1977a). Burada tek bir dragline iki dilimde de çalışabileceği gibi, her bir dilim için birer dragline da kullanılabilir. Tek dragline çalıştırıldığı durumlarda, ekipman öncelikle üst dilimde kazı yapmakta, belirli aralıklarla ise alt dilimi kazarak mineral üzerini açmaktadır. İki dragline kullanılan yöntemde ise, üst dilimde çalışan dragline önde ilerlemekte, alt dilimde çalışan dragline ise buradan kazılan pasa malzemesini üst dilimde çalışan dragline'in oluşturduğu pasa yığınının üst tarafına dökerek mineralin üzerini açmakta ve çıkarılmaya hazır hale getirmektedir. Sistemle ilgili şematik bir görüntü Şekil 37'de verilmektedir.



Şekil 37. İki Dilimde Direkt Yana Döküm Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü

7.2. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Modeli

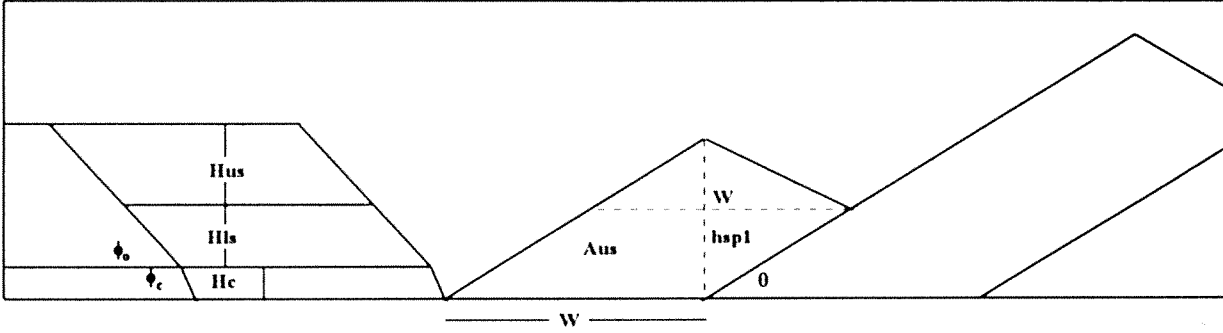
Proje kapsamında hazırlanan iki dilimli direkt yana döküm metodu modelinde hesaplanması gereken kritik parametre dragline dökme yarıçapı (R_D) olmuştur. Bu metotta tekrar kazı gibi sistemi kompleksleştiren parametreler bulunmadığından, dragline seçimi için gözönüne alınan parametreler;

- dökülen pasa yığını yüksekliği,
- dökme yarıçapı,
- kazı derinliği ve
- dökme yüksekliği olmuştur.

Dragline dökme yarıçapı ve gerekli ocak parametrelerinin hesaplanması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır;

7.2.1. Üst dilim için dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp1} ,

Bu metotta dilim geometrisine bağlı olarak aşağıdaki formülasyonlar çıkarılabilmektedir. Üst dilim için yığın tepesi oluşması Şekil 38'de verilmiştir.



Şekil 38. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Metodunda Üst Dilim İçin Yığın Tepesi Oluşması

$$ACB_1 = H_{US} * W$$

$$ACS_1 = h_{sp1} * W - \frac{W^2}{4} * \tan \theta$$

$$ACS_1 = ACB_1 * f_s = H_{US} * W * f_s$$

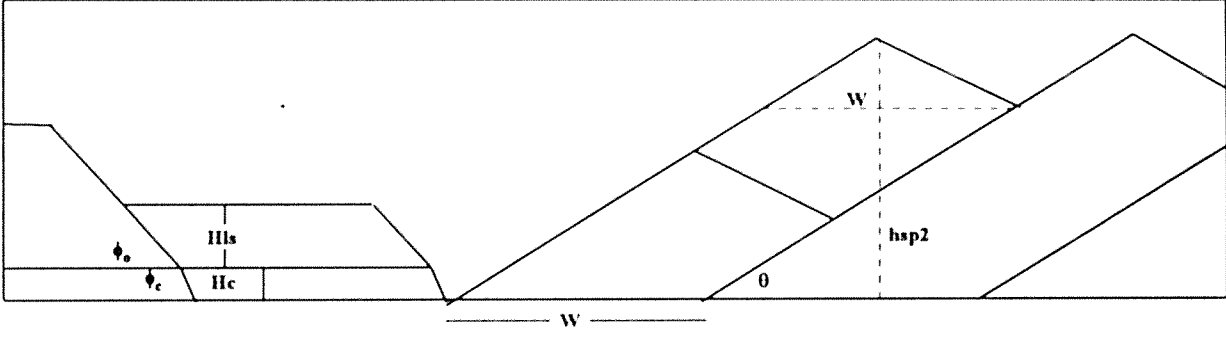
$$h_{sp1} = H_{US} * f_s + \frac{W}{4} * \tan \theta$$

7.2.2. Üst dilimde çalışan dragline için gerekli dökme yarıçapı, R_{d1} ,

$$R_{d1} = \frac{H_{US}}{\tan \Phi_{o1}} + W_B + \frac{H_{LS}}{\tan \Phi_{o2}} + \frac{H_c}{\tan \Phi_c} + \frac{H_{US} * f_s}{\tan \theta} + \frac{W}{4}$$

7.2.3. Alt dilim için dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp2} ,

Alt dilim için ocak geometrisine bağlı olarak aşağıdaki formülasyonlar çıkarılabilmektedir. Aynı zamanda bu yükseklik tüm yığın tepesi yüksekliği olarak kabul edilebilir. Alt dilim için yığın tepesi oluşması Şekil 39'da verilmiştir.



Şekil 39. İki Dilimli Direkt Yana Döküm Metodunda Alt Dilim İçin Yiğın Tepesi Oluşması

Yerinde tüm alan = $W \cdot (H_{US} + H_{LS}) = A_{US1} + A_{LS2}$

$$A_{US} + A_{LS} = \frac{W^2}{4} \cdot \tan \theta + h_{sp1} \cdot W - \frac{W^2}{2} \cdot \tan \theta$$

$$A_{US} + A_{LS} = h_{sp2} \cdot W - \frac{W^2}{4} \cdot \tan \theta$$

$$h_{sp1} \cdot W - \frac{W^2}{4} \cdot \tan \theta = W \cdot (H_{US} + H_{LS})$$

$$h_{sp2} = H_{US} + H_{LS} + \frac{W}{4} \cdot \tan \theta$$

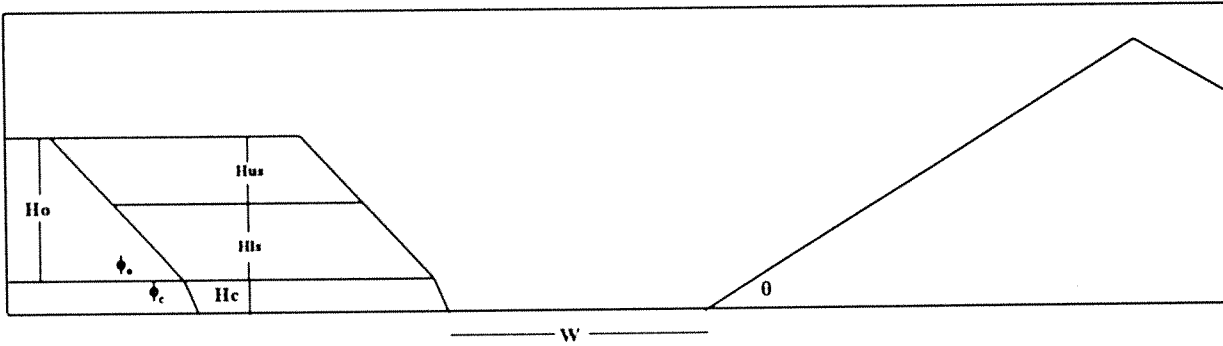
7.2.4. Alt dilimde çalışan dragline için gerekli dökme yarıçapı, R_{d2} ,

$$R_{d2} = \frac{H_{LS}}{\tan \Phi_{o2}} + \frac{H_c}{\tan \Phi_c} + \frac{H_{US} + H_{LS}}{\tan \theta} + \frac{W}{4}$$

8. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü Kazı Metodu

8.1. Genel

Bu metotta kömür damarının üzerini örten pasa tabakasının iki dilim halinde kazılması düşünülmüştür. Bu metoda göre, öncelikle üst dilim kazılmakta ve buradan çıkan pasa daha önce üzeri açılan kömür damarı alındıktan sonra oluşan bir önceki boş kısma dökülmektedir. Bundan sonra, bu malzeme dragline tarafından düzeltilerek alt dilim ile aynı seviyeye getirilmektedir. Bunun amacı alt dilimi kazın dragline'in şev ile pasa yığınları arasında serbestçe gidip-gelebilmemesini sağlamak ve kısıtlı dragline çalışma boyutlarının varlığını elimine etmektir. Böylece daha önce aynı koşullarda çalışamıyacak olan bir dragline belli miktarda tekrar kazı yaparak örtü kazı yapabilecek duruma gelebilmektedir. Bu sistemin dezavantajları ise dragline ve ocak parametrelerine bağlı olarak değişen oranlarda tekrar kazıya yol açması ve dragline'in normal çalışma sistemine göre daha fazla hareket etmek zorunda olmasıdır. Bu metod bir dragline veya iki dragline ile uygulanabilir. Tek dragline'in çalıştığı sistemde dragline hem üst hem de alt dilimi kazacağından, belli aralıklarla üst dilimden alt dilime geçiş yolları yapmak gerekecektir. İki dragline ile uygulanan durumlarda ise, her bir dragline bir dilimi kazacağı için genellikle üst dilimi alan makinanın kısa bomlu ve yüksek kepçe kapasiteli, alt dilimde çalışan makinanın ise daha uzun bomlu ve daha küçük kepçe kapasiteli olması yaygındır. Sistemin sematik bir görüntüsü Şekil 40'da verilmiştir.



Şekil 40. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü

8.2. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü Kazı Modeli

Sistemde yapılacak olan örtü kazı işleminde kullanılacak olan dragline'lara ait çalışma boyutlarının belirlenebilmesi için belirli ocak boyutlarının formüle edilmesi gerekmektedir. Burada göz önüne alınacak en önemli parametre, her bir dragline için ocak boyutlarının değişebilir nitelikte olmasıdır. Hemen her dragline'in kazı derinliği, dökme yüksekliği veya çalışma yarıçapı gibi parametreleri farklı olacağından, özellikle pasa tarafındaki malzeme yığılması, tekrar kazı gibi parametreler de farklı olacaktır. Bunun için bu modelin ana amacı üst dilimden kazılan ve daha sonra bir önceki boşluğa yığılan ve düzeltilerek hazırlanan basamak yüksekliğinin, alt dilim ve kömür damarı kalınlıklarının toplamına eşit olması gerekliliğidir. Böylece, alt dilim üzerinde çalışan dragline hem şev hem de pasa tarafına serbestçe yaklaşabilecektir.

Yukarıda belirtilenlerin ışığında, formülasyonlar için önümüze iki seçenek çıkmaktadır.

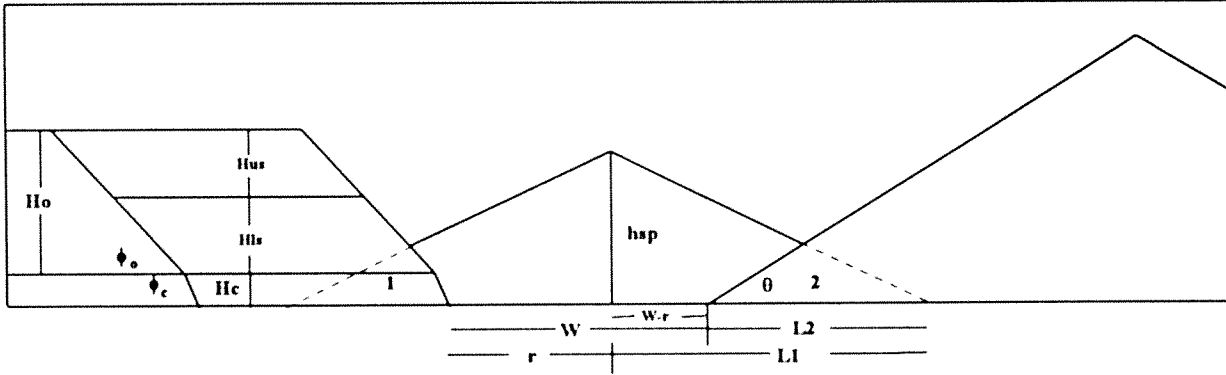
- Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)
- Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

Bu modelde aşağıdaki dragline ve ocak boyutları hesaplanmaktadır,

- Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik (h_{sp}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği (h_{sb}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği (W_{sb}),
- Tekrar kazı alanı (A_{tk}),
- Tekrar kazı oranı (O_{tk}),

8.2.1. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)

Bu durumda aşağıdaki formülasyonlar çıkartılabilmektedir. Sistemin şematik görünüşü Şekil 41'de verilmiştir.



Şekil 41. Dragline Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durum ($r < W$)

8.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır).

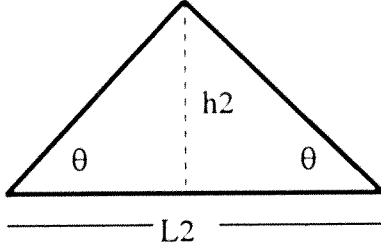
$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L_1} \Leftrightarrow L_1 = h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{toplam} = L_1 * h_{sp}$$

$$A_{toplam} = h_{sp}^2 * \cot \theta$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



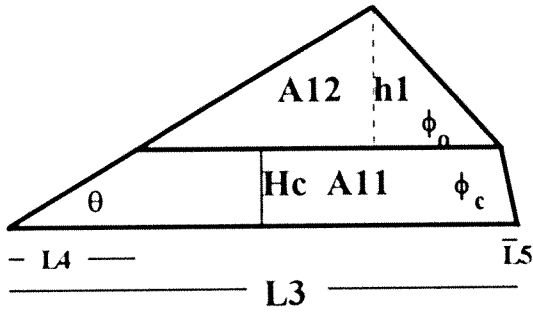
$$L_2 = L_1 - (W - r)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 * h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} * \cot \theta - (W - r)]^2 * \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

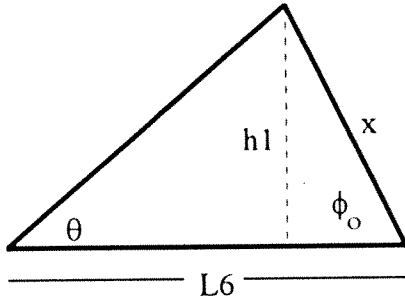


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\text{Dökülen toplam alan} \Leftrightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2 \dots \dots \dots \text{①}$$

Kısaltmalar:

$$\sigma = (W - r)$$

$$\alpha = r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = H_c * h_{sp} * \cot \theta - \frac{r * H_c}{2} - \frac{\alpha * H_c}{2} + \frac{\lambda * h_{sp}^2 * \cot^2 \theta}{2} - \lambda * \alpha * h_{sp} * \cot \theta + \frac{\lambda * \alpha^2}{2}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 * \cot \theta}{4} - \frac{\sigma * h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4}$$

$$A_{\text{dökülen}} = H_{US} * W * fs \dots \dots \dots \text{②}$$

① = ② olduğundan, buradan kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunmaktadır. Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 * a * c}}{2 * a}$$

burada,

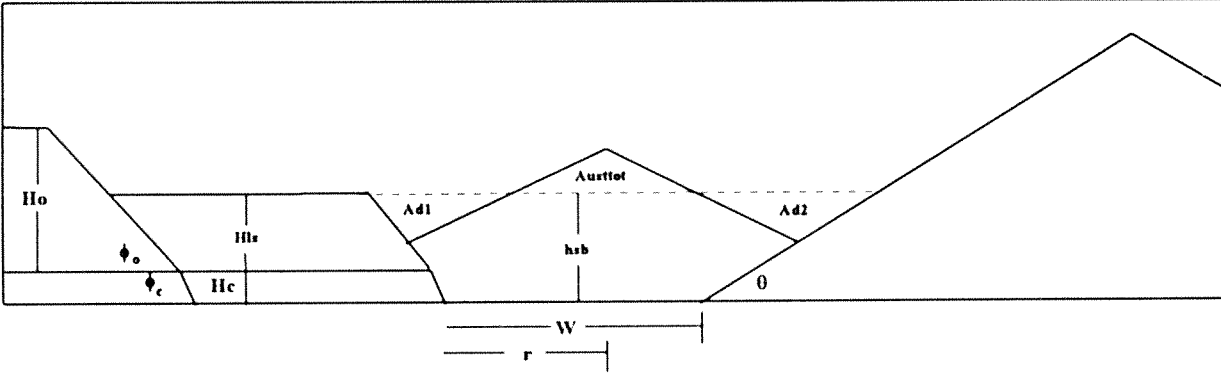
$$a = \frac{3 * \cot \theta}{4} - \frac{\lambda * \cot^2 \theta}{2}$$

$$b = \frac{\sigma}{2} + \lambda * \alpha * \cot \theta - H_c * \cot \theta$$

$$c = \frac{r * H_c}{2} + \frac{\alpha * H_c}{2} - \frac{\lambda * \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4} - H_{US} * W * fs$$

8.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} .

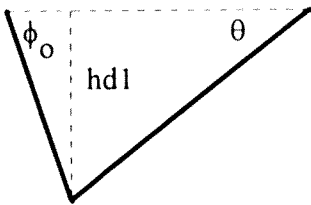
Daha önce de belirtildiği gibi, modelde üst dilim kazılıp, dökülüp ve en sonunda düzeltildikten sonra oluşan basamak alt dilimle aynı seviyede olmalıdır. Şematik bir görünüm Şekil 42'de verilmiştir. Bunun için gerekli formülasyonlar aşağıdadır.



Şekil 42. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

Pasa basamağı ile alt dilimin aynı yükseklikte olması için A_{d1} ve A_{d2} alanları toplamının $A_{üsttot}$ alanına eşit olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, boş ocağa dökülen malzemenin bir kısmı sağ ve sol taraflardaki boşluklara aktarılmalı, böylece bir pasa basamağı hazırlanmalıdır. Buna göre;

A_{d1} :

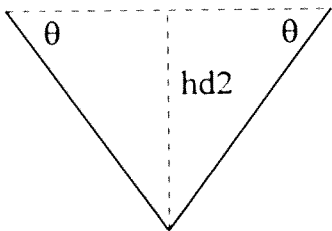


$$h_{d1} = H_{LS} - h_1$$

$$h_{d1} = H_{LS} + \lambda * \alpha - \lambda * h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{d1} = \frac{1}{2} * h_{d1}^2 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

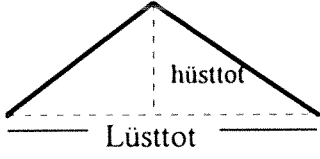
A_{d2} :



$$h_{d2} = (H_{LS} + H_c) - h_2$$

$$A_{d2} = [(H_{LS} + H_c) - h_2]^2 * \cot \theta$$

A_{üsttot}:



$$h_{üsttot} = \frac{L_{üsttot} * \tan \theta}{2}$$

$$A_{üsttot} = \frac{1}{4} * L_{üsttot}^2 * \tan \theta$$

$$L_{üsttot} = \sqrt{\frac{4 * A_{üsttot}}{\tan \theta}}$$

Buradan, oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$A_{d1} + A_{d2} = A_{üsttot}$$

$$h_{sb} = h_{sp} - h_{üsttot}$$

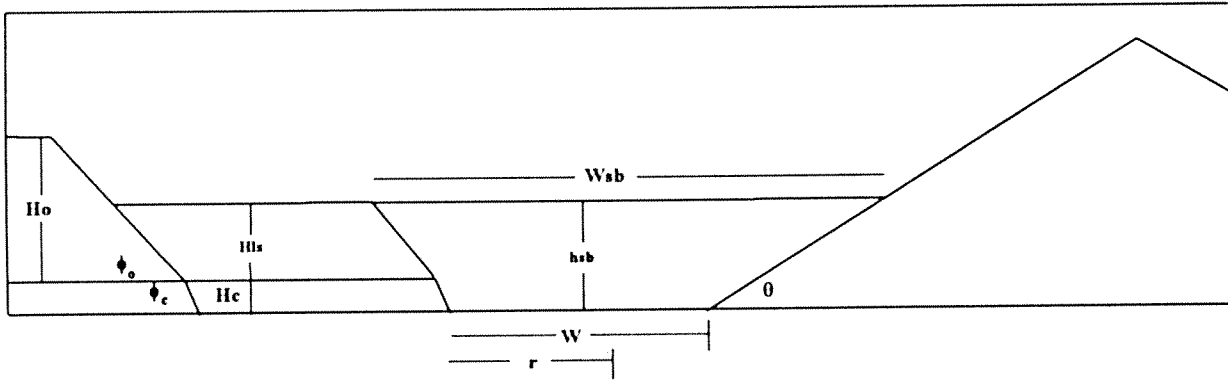
veya

$$h_{sb} = H_{LS} + H_c$$

Bu eşitliklerin her ikisinde de pasa basamağı yüksekliği gerek alt dilim ve kömür damarı kalınlığına, gerekse pasa yığını yüksekliğinden boş alanlara aktarılması gereken alanın yükseklikleri toplamına eşit olmalıdır.

8.2.1.3. uzatılmış basamak genişliği, W_{sb} ,

Üst dilim kazıldıktan sonra oluşan ara pasa basamağının genişliği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Şematik bir görünüş Şekil 43'de verilmiştir.



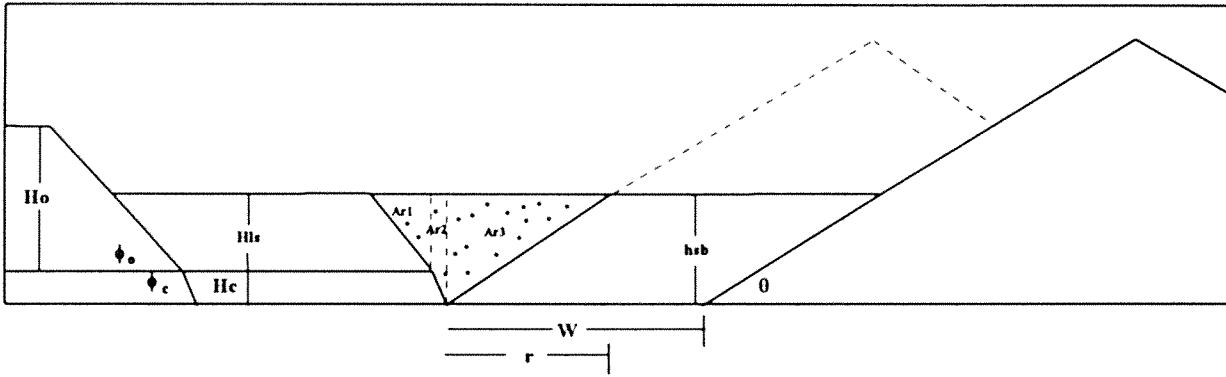
Şekil 43. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

Pasa basamağı genişliği trigonometrik hesaplamalardan sonra hesaplanabilir.

$$W_{sb} = W + H_{LS} * (\cot \theta + \cot \Phi_o) + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

8.2.1.4. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} ,

Tekrar kazı yapılması gereken alan Şekil 44'de verilmiştir. Burada pasa yığınının final şekli ve noktali alanda ise tekrar kazı yapılması gereken alan verilmiştir.



Şekil 44. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$A_{R1} = \frac{1}{2} * H_{LS}^2 * \tan \Phi_o$$

$$A_{R2} = \frac{2 * H_{LS} + H_c * (H_c * \cot \Phi_c)}{2}$$

$$A_{R3} = \frac{1}{2} * (H_{LS} + H_c)^2 * \cot \theta$$

Tekrar kazı yapılacak alan = A_{tk}

$$A_{tk} = A_{R1} + A_{R2} + A_{R3}$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} * H_{LS}^2 * \tan \Phi_o + \frac{2 * H_{LS} + H_c * (H_c * \cot \Phi_c)}{2} + \frac{1}{2} * (H_{LS} + H_c)^2 * \cot \theta$$

8.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

• Tüm dilimden kazılan pasa miktarı => $A_{tot} = H_o * W * fs$

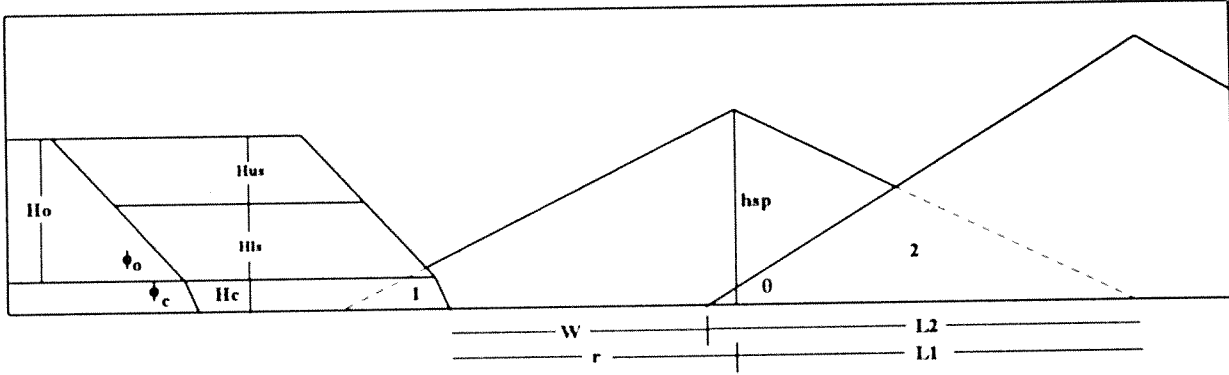
• Yapılan tekrar kazı alanı, A_{tk} ,

$$O_{tk} = \frac{A_{tk}}{A_{tot}} * 100$$

8.2.2. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

Bu durumda aşağıdaki formülasyonlar çıkartılabilmektedir. Sistemin şematik görünüşü Şekil 45'de verilmiştir.

8.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,



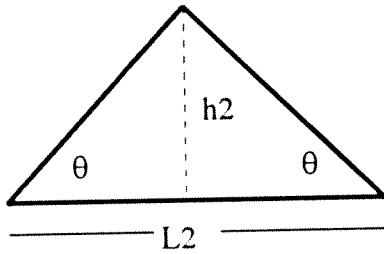
Şekil 45. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır.)

$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L_1} \Rightarrow L_1 = h_{sp} \cdot \cot \theta \quad \begin{aligned} A_{toplam} &= L_1 \cdot h_{sp} \\ A_{toplam} &= h_{sp}^2 \cdot \cot \theta \end{aligned}$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



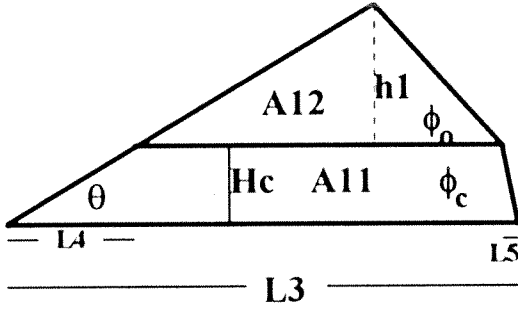
$$L_2 = L_1 + (r - W)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} \cdot \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 \cdot h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} \cdot \cot \theta + (r - W)]^2 \cdot \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

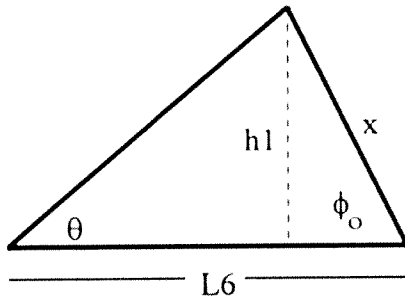


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

Dökülen toplam alan $\Leftrightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2 \dots \dots \dots$ **3**

Kısaltmalar:

$$\sigma = (r - W)$$

$$\alpha = r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = H_c * h_{sp} * \cot \theta - \frac{r * H_c}{2} - \frac{\alpha * H_c}{2} + \frac{\lambda * h_{sp}^2 * \cot^2 \theta}{2} - \lambda * \alpha * h_{sp} * \cot \theta + \frac{\lambda * \alpha^2}{2}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 * \cot \theta}{4} + \frac{\sigma * h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4}$$

$$A_{dökülen} = H_{US} * W * fs \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

3 = **4** olduğundan, buradan kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunmaktadır. Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 * \alpha * c}}{2 * \alpha}$$

burada

$$\alpha = \frac{3 * \cot \theta}{4} - \frac{\lambda * \cot^2 \theta}{2}$$

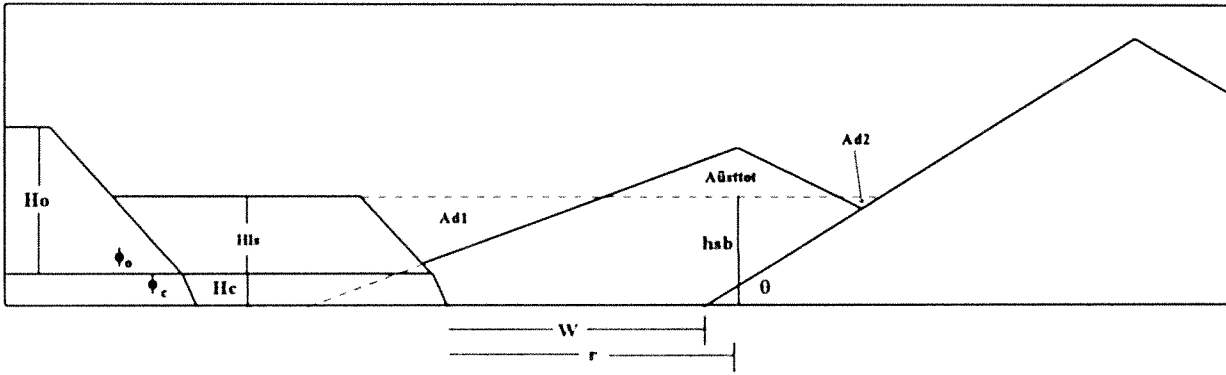
$$b = \lambda * \alpha * \cot \theta - \frac{\sigma}{2} - H_c * \cot \theta$$

$$c = \frac{r * H_c}{2} + \frac{\alpha * H_c}{2} - \frac{\lambda * \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4} - H_{US} * W * fs$$

8.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} ,

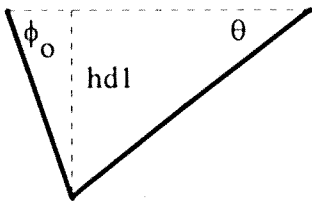
Daha önce de belirtildiği gibi, modelde üst dilim kazılıp, dökülüp ve en sonunda düzeltildikten sonra oluşan basamak alt dilimle aynı seviyede olmalıdır. Şematik bir görünüm Şekil 46'da verilmiştir. Bunun için gerekli formülasyonlar aşağıdadır.

Pasa basamağı ile alt dilimin aynı yükseklikte olması için A_{d1} ve A_{d2} alanarı toplamının $A_{üsttot}$ alanına eşit olması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, boş ocağa dökülen malzemenin bir kısmı sağ ve sol taraflardaki boşluklara aktarılmalı, böylece bir pasa basamağı hazırlanmalıdır. Buna göre;



Şekil 46. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

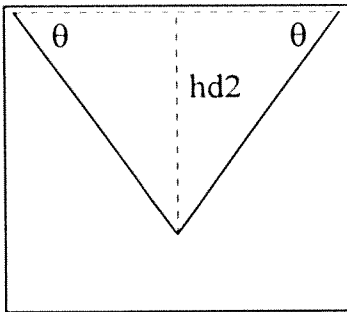
A_{d1} :



$$h_{d1} = H_{LS} - h_1$$

$$h_{d1} = H_{LS} + \lambda * \alpha - \lambda * h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{d1} = \frac{1}{2} * h_{d1}^2 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

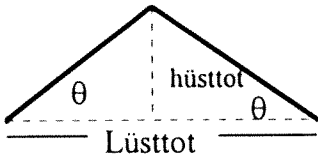


A_{d2} :

$$h_{d2} = (H_{LS} + H_c) - h_2$$

$$A_{d2} = [(H_{LS} + H_c) - h_2]^2 * \cot \theta$$

$A_{üsttot}$:



$$h_{üsttot} = \frac{L_{üsttot}}{2} * \tan \theta$$

$$A_{üsttot} = \frac{1}{4} * L_{üsttot}^2 * \tan \theta$$

$$L_{üsttot} = \sqrt{\frac{4 * A_{üsttot}}{\tan \theta}}$$

Buradan, oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$A_{d1} + A_{d2} = A_{usttot}$$

$$h_{sb} = h_{sp} - h_{usttot}$$

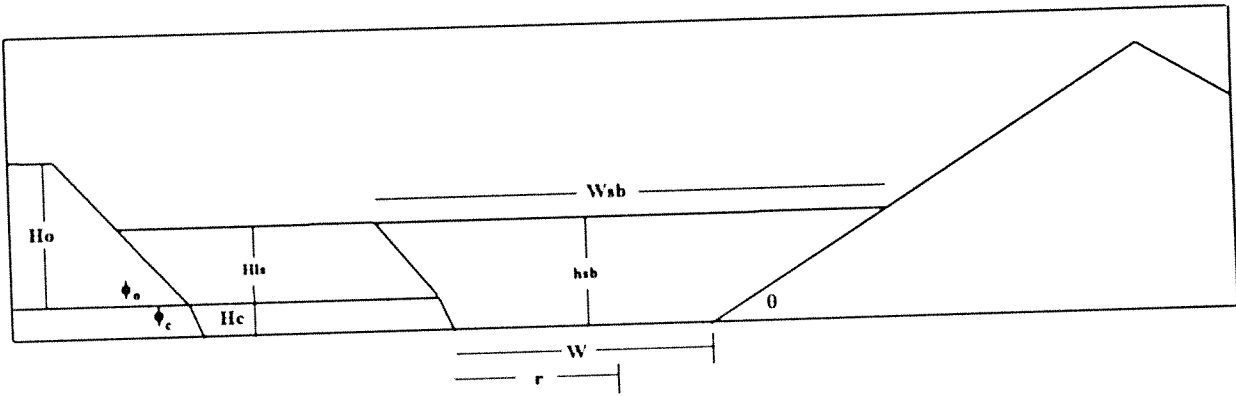
veya

$$h_{sb} = H_{LS} + H_c$$

Bu eşitliklerin her ikisinde de pasa basamağı yüksekliği gerek alt dilim ve kömür damarı kalınlığına, gerekse pasa yığını yüksekliğinden boş alanlara aktarılması gereken alanın yükseklikleri toplamına eşit olmalıdır.

8.2.2.3. uzatılmış basamak genişliği, W_{sb} .

Üst dilim kazıldıktan sonra oluşan ara pasa basamağının genişliği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Şematik bir görünüş Şekil 47'de verilmiştir.



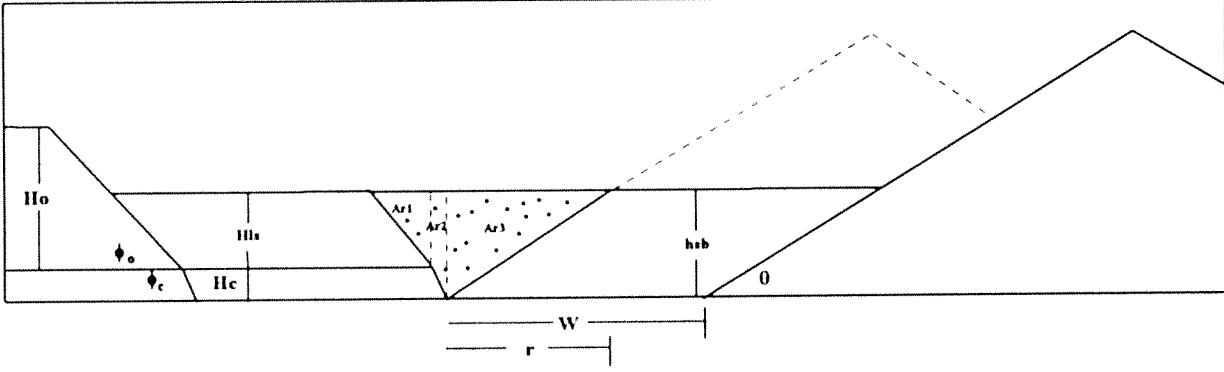
Şekil 47. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

Pasa basamağı genişliği trigonometrik hesaplamalardan sonra hesaplanabilir.

$$W_{sb} = W + H_{LS} * (\cot \theta + \cot \Phi_o) + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

8.2.2.4. tekrar kazı yapılacak alan, A_{tk} .

Tekrar kazı yapılması gereken alan Şekil 48'de verilmiştir. Burada pasa yığınının final şekli ve noktalı alanda ise tekrar kazı yapılması gereken alan verilmiştir.



Şekil 48. İki Dilimde Tekrar Kazı Yapılan Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$A_{R1} = \frac{1}{2} * H_{LS}^2 * \tan \Phi_o$$

$$A_{R2} = \frac{2 * H_{LS} + H_c}{2} * (H_c * \cot \Phi_c)$$

$$A_{R3} = \frac{1}{2} * (H_{LS} + H_c)^2 * \cot \theta$$

Tekrar kazı yapılacak alan = A_{tk}

$$A_{tk} = A_{R1} + A_{R2} + A_{R3}$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} * H_{LS}^2 * \tan \Phi_o + \frac{2 * H_{LS} + H_c}{2} * (H_c * \cot \Phi_c) + \frac{1}{2} * (H_{LS} + H_c)^2 * \cot \theta$$

8.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk} .

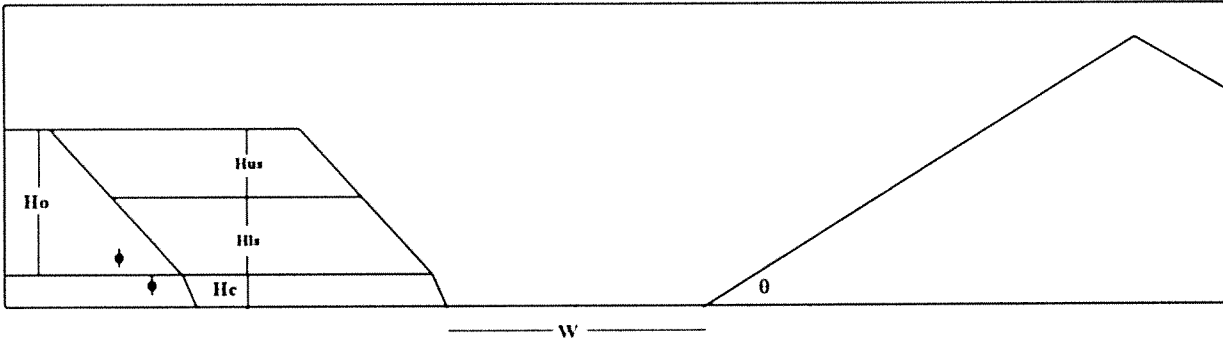
- Tüm dilimden kazılan pasa miktarı $\Rightarrow A_{tot} = H_o * W * fs$
- Yapılan tekrar kazı miktarı, A_{tk} ,
- $O_{tk} = \frac{A_{tk}}{A_{tot}} * 100$

9. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü Kazı Metodu

9.1. Genel

İki dilimde geri çekmeli örtü-kazı metodu, tekrar kazı içeren diğer metodlarda olduğu gibi dragline çalışma yarıçapının yeterli olmadığı ve tekrar kazıya yol açan durumlarda kullanılabilir bir metottur. Bu örtü-kazı yönteminin uygulanması gereken koşullar tek dilimde geri çekmeli örtü-kazı metodu ile benzerdir. Ancak bu metotta pasa, iki dilime bölünmekte ve her bir dilim ayrı olarak kazılmaktadır. Ayrıca kazılması planlanan üst dilim, alt dilimden daha kalın olmaktadır (Anonim, 1977a). Bu metot ve tek dilimde geri çekmeli örtü kazı metodu arasındaki en önemli farklılık bu yöntemde pasa tarafında çalışan dragline'in hem tekrar kazı yapmak hem de alt dilimi kazmak durumunda olmasıdır. Örtü kazı planında iki dragline kullanılıyorsa dilim üzerinde çalışan dragline daha kısa çalışma yarıçapına sahip ve daha yüksek kepçe kapasiteli, pasa tarafında çalışan dragline ise daha uzun çalışma yarıçapına sahip ve daha düşük kepçe kapasitelidir. Tek dragline kullanılan yöntemde ise aynı dragline şev ve pasa yığını arasında belirli aralıklarla değişmeli olarak çalışmaktadır.

Metodun uygulanması sırasında öncelikle üst dilim kazılarak bir önceki boş ocağa dökülmektedir. Ancak dökülen malzemenin etekleri alt dilime tırmanmakta ve pasa yığını alt dilime yaslanmaktadır. Böylece belirli oranlarda tekrar kazı yapılması kaçınılmaz olmaktadır. Bundan sonra, dökülen pasa yığını düzeltilerek bir dragline oturma tabanı hazırlanmaktadır. Pasa yığını üzerinde çalışan dragline ise alt dilim ve tekrar kazı yapılacak alanı kazmaktadır. Bu metodun dezavantajı ocak ve dragline boyutlarına bağlı olarak belli oranlarda tekrar kazıya yolaçmasıdır. Ancak bu şekilde de, normal koşullarda çalışmayacak olan bir dragline'in örtü-kazı yapabilmesi sağlanmaktadır. Sistemle ilgili şematik bir görüntü Şekil 49'da verilmiştir.



Şekil 49. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Ocağın Genel Görünüşü

9.2. İki Dilimde Geri Çekmeli Örtü Kazı Modeli

Bu metodda dragline dökme yarıçapı ve gerekli ocak parametrelerinin hesaplanmasının tek dilimli modelde de olduğu gibi, iki ön koşula bağlı olduğu bulunmuştur. Bunlar üst dilimde çalışan dragline'in etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliği'nden (W) küçük veya büyük olduğu durumlardır. Bunlar;

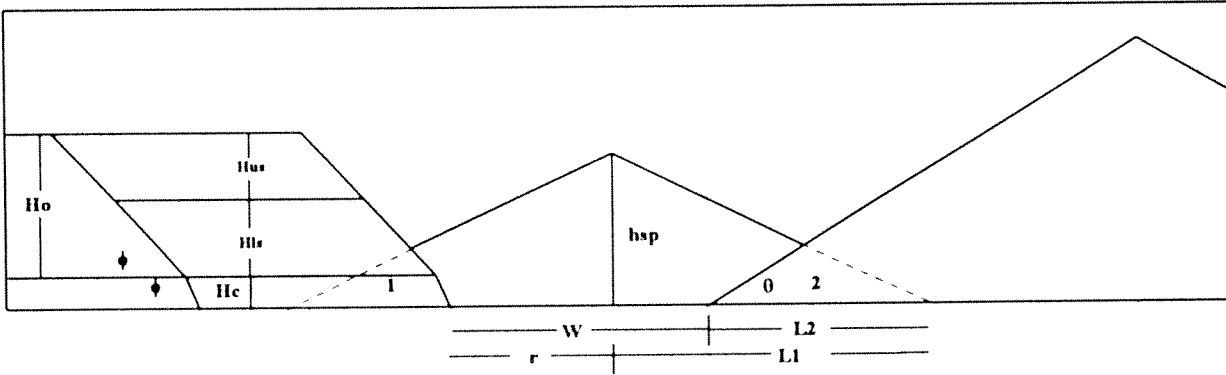
- Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)
- Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

Bu modelde aşağıdaki dragline ve ocak boyutları hesaplanmaktadır,

- Dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik (h_{sp}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği (h_{sb}),
- Pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği (W_{sb}),
- Tekrar kazı alanı (A_{tk}),
- Tekrar kazı oranı (O_{tk}),
- Geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı (gr_2).

9.2.1. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden küçük olduğu durum ($r < W$)

İki dilimde geri çekmeli örtü-kazı metodunda bulunan ilk alternatif üst dilimde çalışan dragline'in etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliğinden (W) küçük olduğu durumdur. Öncelikle kazılan pasa daha önce kömür alınarak boşaltılan dilime yığılmakta ve Şekil 50'de görülen dilim geometrisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 50. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden kısa olduğu durum ($r < W$)

9.2.1.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır.

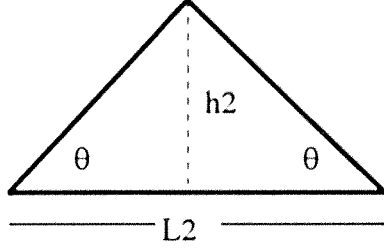
$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L_1} \Leftrightarrow L_1 = h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{toplam} = L_1 * h_{sp}$$

$$A_{toplam} = h_{sp}^2 * \cot \theta$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



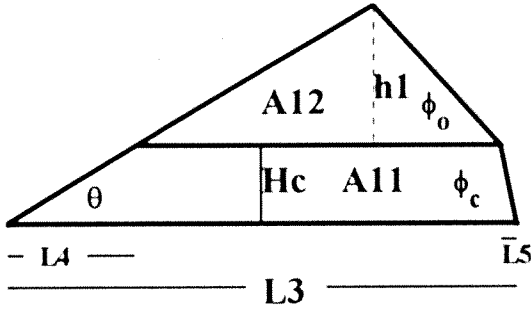
$$L_2 = L_1 - (W - r)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 * h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} * \cot \theta - (W - r)]^2 * \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

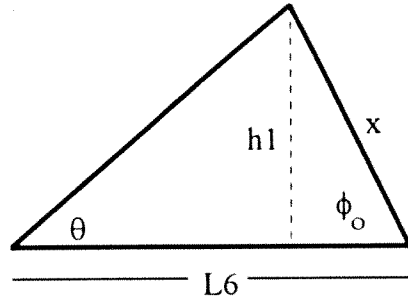


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\text{Dökülen toplam alan} \Leftrightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2 \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

Kısaltmalar:

$$\sigma = (W - r)$$

$$\alpha = r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = H_c * h_{sp} * \cot \theta - \frac{r * H_c}{2} - \frac{\alpha * H_c}{2} + \frac{\lambda * h_{sp}^2 * \cot^2 \theta}{2} - \lambda * \alpha * h_{sp} * \cot \theta + \frac{\lambda * \alpha^2}{2}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 * \cot \theta}{4} - \frac{\sigma * h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4}$$

$$A_{\text{dökülen}} = H_{US} * W * fs \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

1 = **2** olduğundan, buradan kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunmaktadır. Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 * a * c}}{2 * a}$$

burada

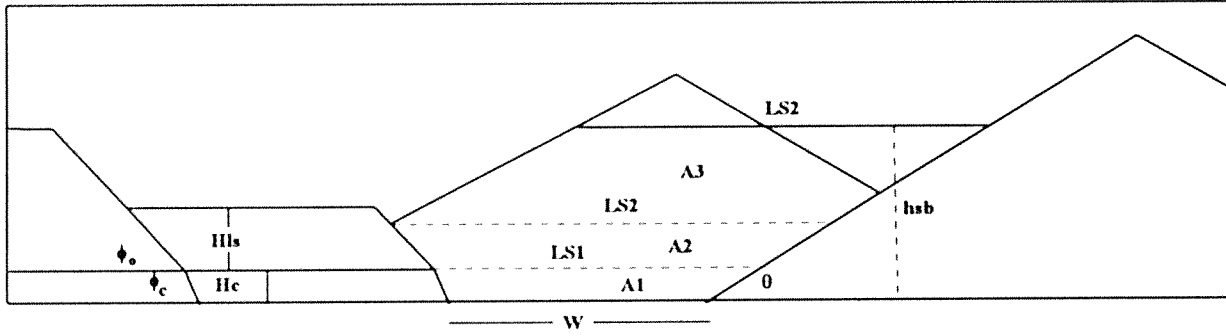
$$a = \frac{3 * \cot \theta}{4} - \frac{\lambda * \cot^2 \theta}{2}$$

$$b = \frac{\sigma}{2} + \lambda * \alpha * \cot \theta - H_c * \cot \theta$$

$$c = \frac{r * H_c}{2} + \frac{\alpha * H_c}{2} - \frac{\lambda * \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4} - H_{US} * W * fs$$

9.2.1.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb}

Bu alternatifte, bir önceki boş dilime yığılan malzeme dragline veya dozer tarafından düzeltildiği zaman oluşan dilim geometrisi Şekil 51'de verilmektedir. Burada, pasa tarafında oluşturulacak dragline oturma tabanı yüksekliğini hesaplamak için gerekli formülasyonlar aşağıda verilmektedir.



Şekil 51. İki dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

A_1 :

$$LS_1 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_1 = \frac{2 \cdot H_c \cdot W + H_c^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2}$$

$$LS_2 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_2 = \frac{h_1^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2} + W \cdot h_1 + H_c \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_3 = h_{sb} \cdot W + h_{sb} \cdot H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_{sb} \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) - W \cdot (H_c + h_1) - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) \cdot (H_c + h_1) - (H_c + h_1) \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_{dökülen} = H_{US} \cdot W \cdot fs \quad \text{.....} \quad \text{③}$$

Kısaltmalar:

$$\gamma = (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$\infty = (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = H_c * W + \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = W * h_1 + H_c * h_1 * \gamma + \frac{1}{2} * h_1^2 * \gamma$$

$$A_3 = h_{sb} * (W + H_c * \gamma + h_1 * \gamma) - (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \gamma]$$

$$A_{toplam} = A_1 + A_2 + A_3 \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

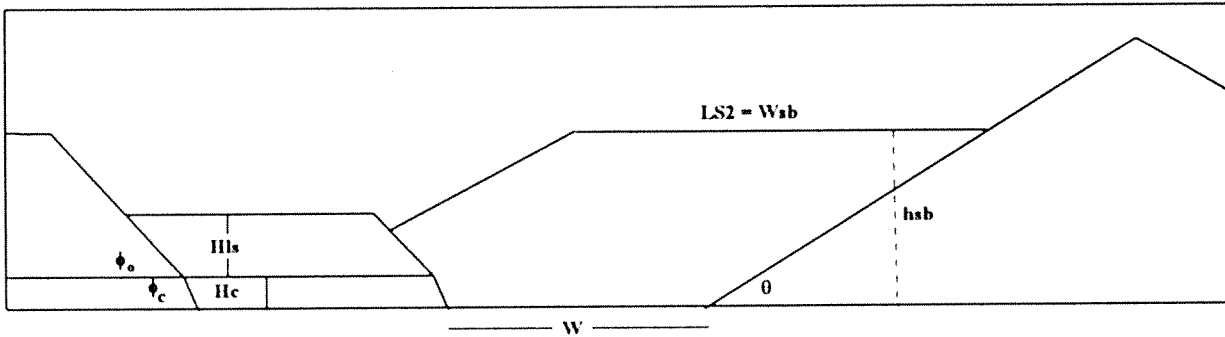
$\textcircled{3} = \textcircled{4}$ olduğundan;

$$A_{dökülen} = A_{toplam}$$

$$h_{sb} = \frac{H_{US} * W * \gamma + (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \gamma] - W * h_1 - H_c * h_1 * \gamma - \frac{1}{2} * h_1^2 * \gamma - H_c * W - \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma}{W + H_c * \gamma + h_1 * \gamma}$$

9.2.1.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb}

Pasa tarafında dragline için hazırlanan oturma tabanı yüksekliği formülasyonlarından sonra, gerekli olan parametre burada çalışacak olan dragline'in oturma tabanı genişliğidir. Bu durum Şekil 52'de verilmiştir. Buna göre formülasyonlar aşağıda sıralanmıştır.



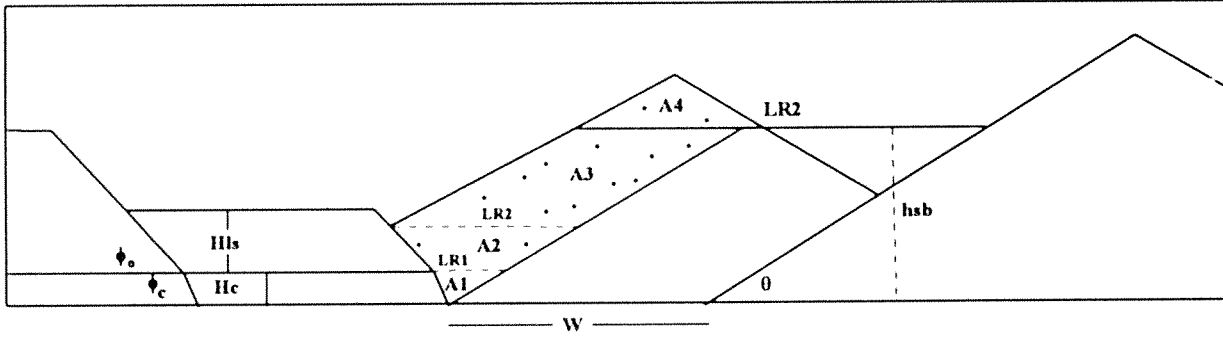
Şekil 52. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

$$W_{sb} = LS_2$$

$$W_{sb} = W + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

9.2.1.4. tekrar kazı alanı, A_{tk} ,

İki dilimli geri çekmeli örtü-kazı sisteminin ilk alternatifinde hesaplanması gereken tekrar kazı alanı ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Tekrar kazı yapılacak alan, dilime yaslanan kısım ile nihai pasa yığını arasındaki alan olarak tanımlanmıştır. Bu durumda oluşan dilim geometrisi ile ilgili şematik görüntü ise Şekil 53'de verilmektedir.



Şekil 53. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$LR_1 = H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$LR_2 = LR_1 + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} h_1^2 * \infty$$

$$A_3 = [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)]$$

$$A_4 = \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

$$A_{tk} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_{tk} = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma + H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} h_1^2 * \infty + [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)] + \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

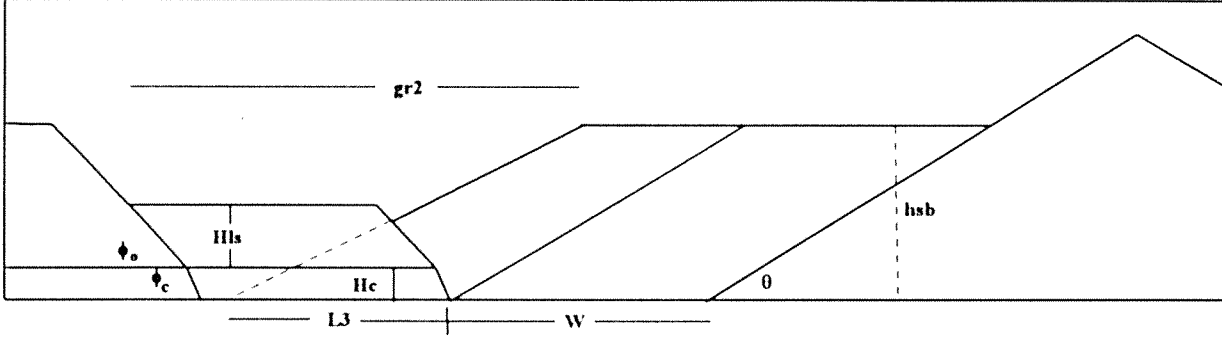
9.2.1.5. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

Tekrar kazı oranı tekrar kazı yapılan alanın tüm dilim alanına bölünmesiyle bulunmaktadır.

$$O_{tk} = \frac{A_{tk}}{A_{dökülen}} * 100$$

9.2.1.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2

İlk alternatifte son olarak düzeltilmiş pasa yığını üzerinde çalışacak olan dragline için gerekli olan dökme yarıçapının formülasyonları verilmiştir. Bu durum ile ilgili şematik görüntü Şekil 54'de verilmiştir.

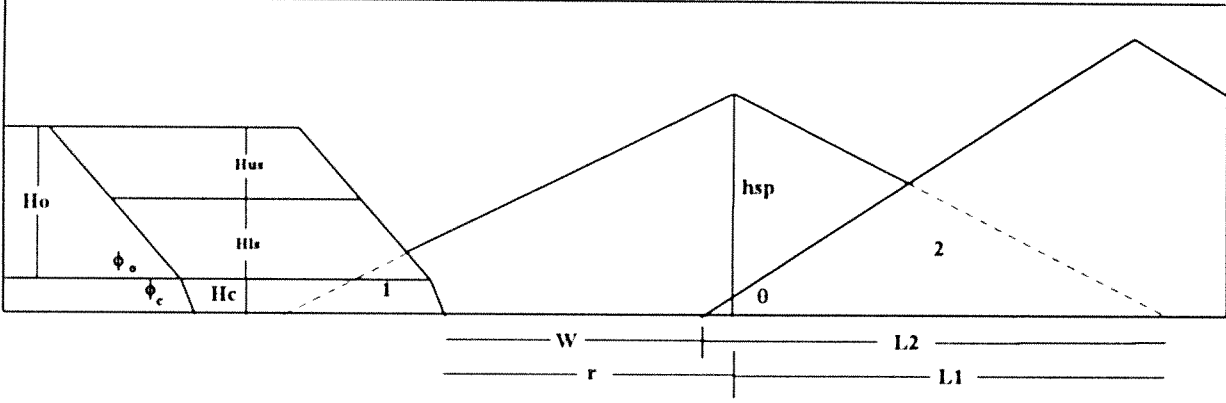


Şekil 54. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı

$$gr_2 = h_{sb} * \cot \theta - L_3 + H_c * \cot \Phi_c + H_{LS} * \cot \Phi_o + W$$

9.2.2. Etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

İki dilimli geri çekmeli örtü-kazı metodunda bulunan ikinci alternatif dragline etkin dökme yarıçapının (r) dilim genişliğinden (W) büyük olduğu durumdur. Burada malzeme boş dilime yığılmakta ve Şekil 55'de görülen dilim geometrisi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 55. Dragline etkin dökme yarıçapının dilim genişliğinden büyük olduğu durum ($r > W$)

9.2.2.1. dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik, h_{sp} ,

Bu alternatifte dökülen pasa yığınının ulaştığı yükseklik aşağıdaki şekilde bulunmaktadır;

Dökülen Toplam Alan: (Bu alan çıkarılması gereken ① ve ② numaralı alanları da kapsamaktadır).

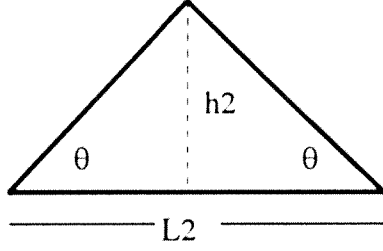
$$\tan \theta = \frac{h_{sp}}{L_1} \Leftrightarrow L_1 = h_{sp} * \cot \theta$$

$$A_{toplam} = L_1 * h_{sp}$$

$$A_{toplam} = h_{sp}^2 * \cot \theta$$

Çıkarılacak Alanlar:

② nolu alan:



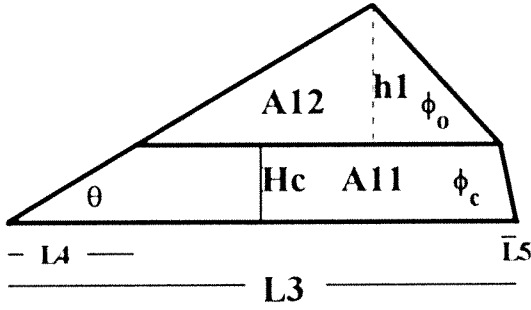
$$L_2 = L_1 + (r - W)$$

$$h_2 = \frac{L_2}{2} * \tan \theta$$

$$A_2 = \frac{1}{2} L_2 * h_2$$

$$A_2 = \frac{[h_{sp} * \cot \theta + (r - W)]^2 * \tan \theta}{4}$$

① nolu Alan:

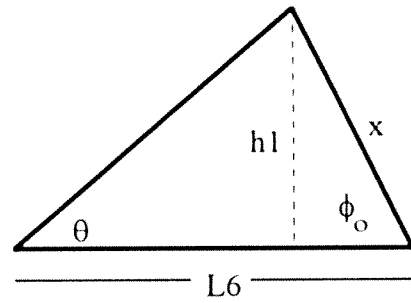


$$L_3 = h_{sp} * \cot \theta - r$$

$$L_4 = H_c * \cot \theta$$

$$L_5 = H_c * \cot \Phi_c$$

$$A_{11} = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]$$



$$L_6 = L_3 - L_4 - L_5$$

$$L_6 = h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

Sinüs Teoremi yardımıyla,

$$\frac{\sin \theta}{x} = \frac{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}{L_6}$$

$$x = \frac{L_6 * \sin \theta}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\frac{\sin 90^\circ}{x} = \frac{\sin \Phi_o}{h_1}$$

$$h_1 = \frac{L_6 * \sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_{12} = [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = A_{11} + A_{12}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c * [2 * [h_{sp} * \cot \theta - r] - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)] + [h_{sp} * \cot \theta - r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)]^2 * \frac{1}{2} * \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$\text{Dökülen toplam alan} \Leftrightarrow A_{\text{dökülen}} = A_{\text{toplam}} - A_1 - A_2 \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

Kısaltmalar:

$$\sigma = (r - W)$$

$$\alpha = r - H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$\lambda = \frac{\sin \theta * \sin \Phi_o}{\sin(180 - \theta - \Phi_o)}$$

$$A_1 = H_c * h_{sp} * \cot \theta - \frac{r * H_c}{2} - \frac{\alpha * H_c}{2} + \frac{\lambda * h_{sp}^2 * \cot^2 \theta}{2} - \lambda * \alpha * h_{sp} * \cot \theta + \frac{\lambda * \alpha^2}{2}$$

$$A_2 = \frac{h_{sp}^2 * \cot \theta}{4} + \frac{\sigma * h_{sp}}{2} + \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4}$$

$$A_{\text{dökülen}} = H_{US} * W * fs \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

5 = **6** olduğundan, buradan kazılan dilimden boş ocağa dökülen pasanın ulaştığı yükseklik diskriminant metodu ile bulunmaktadır. Buna göre,

$$h_{sp1,2}^2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 * \alpha * c}}{2 * \alpha}$$

burada,

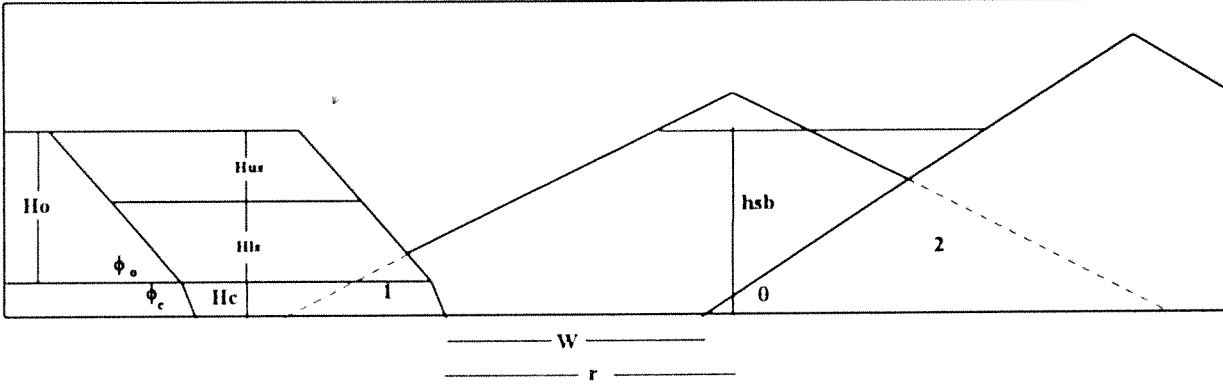
$$\alpha = \frac{3 * \cot \theta}{4} - \frac{\lambda * \cot^2 \theta}{2}$$

$$b = \lambda * \alpha * \cot \theta - \frac{\sigma}{2} - H_c * \cot \theta$$

$$c = \frac{r * H_c}{2} + \frac{\alpha * H_c}{2} - \frac{\lambda * \alpha^2}{2} - \frac{\sigma^2 * \tan \theta}{4} - H_{US} * W * fs$$

9.2.2.2. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı yüksekliği, h_{sb} ,

Modelde üst dilim kazılıp, kömür alındıktan sonra boşalan ocağa dökülüp ve düzeltildikten sonra oluşan basamak için gerekli formülasyonlar aşağıdadır. Şematik bir görünüm Şekil 56'da verilmiştir.



Şekil 56. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Yüksekliği

A_1 :

$$LS_1 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_1 = \frac{2 \cdot H_c \cdot W + H_c^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)}{2}$$

$$LS_2 = W + H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_2 = \frac{h_1^2 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)}{2} + W \cdot h_1 + H_c \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$A_3 = h_{sb} \cdot W + h_{sb} \cdot H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_{sb} \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o) - W \cdot (H_c + h_1) - H_c \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_c) \cdot (H_c + h_1) - (H_c + h_1) \cdot h_1 \cdot (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_{dökülen} = H_{US} \cdot W \cdot fs \quad \text{.....} \quad \text{7}$$

Kısaltmalar:

$$\gamma = (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$\infty = (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = H_c \cdot W + \frac{1}{2} \cdot H_c^2 \cdot \gamma$$

$$A_2 = W \cdot h_1 + H_c \cdot h_1 \cdot \gamma + \frac{1}{2} \cdot h_1^2 \cdot \infty$$

$$A_3 = h_{sb} \cdot (W + H_c \cdot \gamma + h_1 \cdot \infty) - (H_c + h_1) \cdot [W + H_c \cdot \gamma + h_1 \cdot \infty]$$

$$A_{toplam} = A_1 + A_2 + A_3 \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

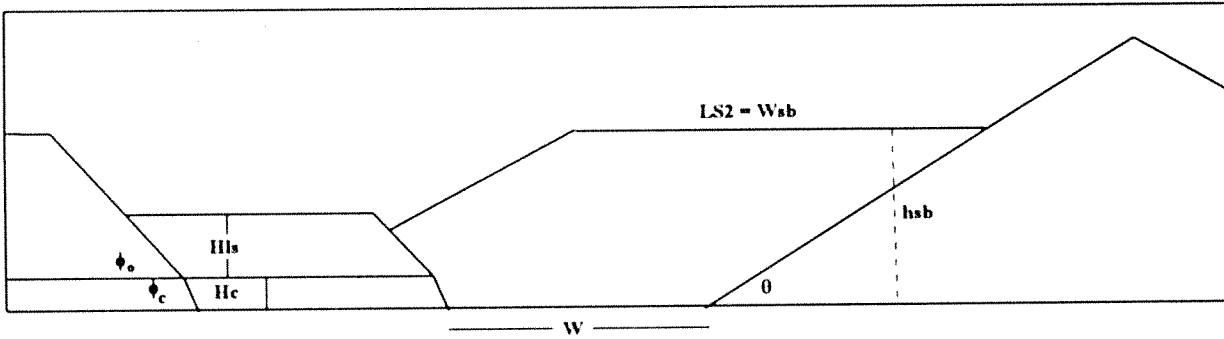
$\textcircled{7} = \textcircled{8}$ olduğundan,

$$A_{dökülen} = A_{toplam}$$

$$h_{sb} = \frac{H_{US} * W * f_s + (H_c + h_1) * [W + H_c * \gamma + h_1 * \infty] - W * h_1 - H_c * h_1 * \gamma - \frac{1}{2} * h_1^2 * \infty - H_c * W - \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma}{W + H_c * \gamma + h_1 * \infty}$$

9.2.2.3. pasa tarafında hazırlanan oturma tabanı genişliği, W_{sb} ,

Üst dilim kazıldıktan sonra hazırlanan pasa basamağının genişliği aşağıdaki şekilde hesaplanabilir. Şematik bir görünüş Şekil 57'de verilmiştir.



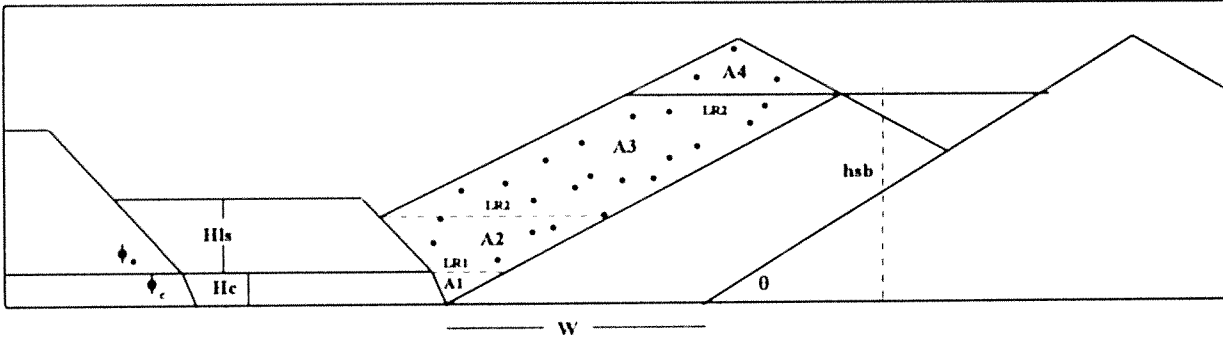
Şekil 57. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Küçük Olduğu Durumda Pasa Tarafında Hazırlanan Oturma Tabanı Genişliği

$$W_{sb} = LS_2$$

$$W_{sb} = W + H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c) + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

9.2.2.4. tekrar kazı alanı, A_{tk} ,

İki dilimli geri çekmeli örtü-kazı sisteminin ikinci alternatifinde hesaplanması gereken tekrar kazı alanı ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir. Tekrar kazı yapılacak alan, dilime yaslanan kısım ile nihai pasa yığını arasındaki alan olarak tanımlanmıştır. Bu durumda oluşan dilim geometrisi ile ilgili şematik görüntü ise Şekil 58'de verilmektedir.



Şekil 58. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Etkin Dökme Yarıçapının Dilim Genişliğinden Büyük Olduğu Durumda Tekrar Kazı Alanı

$$LR_1 = H_c * (\cot \theta + \cot \Phi_c)$$

$$LR_2 = LR_1 + h_1 * (\cot \theta + \cot \Phi_o)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma$$

$$A_2 = H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} h_1^2 * \infty$$

$$A_3 = [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)]$$

$$A_4 = \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

$$A_{ik} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_{ik} = \frac{1}{2} * H_c^2 * \gamma + H_c * \gamma * h_1 + \frac{1}{2} h_1^2 * \infty + [(h_{sb} - (H_c + h_1)) * (H_c * \gamma + h_1 * \infty)] + \frac{1}{16} * LS_2^2 * \tan \theta$$

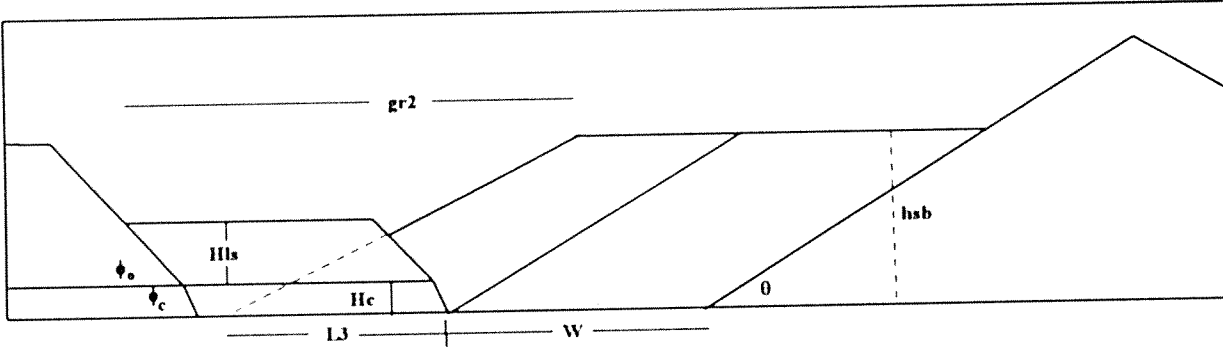
9.2.2.5. tekrar kazı oranı, O_{tk} ,

Tekrar kazı oranı tekrar kazı yapılan alanın tüm dilim alanına bölünmesiyle bulunmaktadır.

$$O_{tk} = \frac{A_{ik}}{A_{dökülen}} * 100$$

9.2.2.6. geri çekme sahasında gerekli olan dökme yarıçapı, gr_2

İkinci alternatifte son olarak düzeltilen pasa yığını üzerinde çalışacak olan dragline için gerekli olan dökme yarıçapının formülasyonları verilmiştir. Bu durum ile ilgili şematik görüntü Şekil 59'da verilmiştir.



Şekil 59. İki Dilimli Geri Çekmeli Örtü-Kazı Sisteminde Pasa Tarafında Çalışan Dragline İçin Gerekli Olan Dökme Yarıçapı

$$gr_2 = h_{sb} \cdot \cot \theta - L_3 + H_c \cdot \cot \Phi_c + H_{LS} \cdot \cot \Phi_o + W$$

10. Dragline Örtü-Kazı Simülasyonu Çalışmaları

10.1. Genel

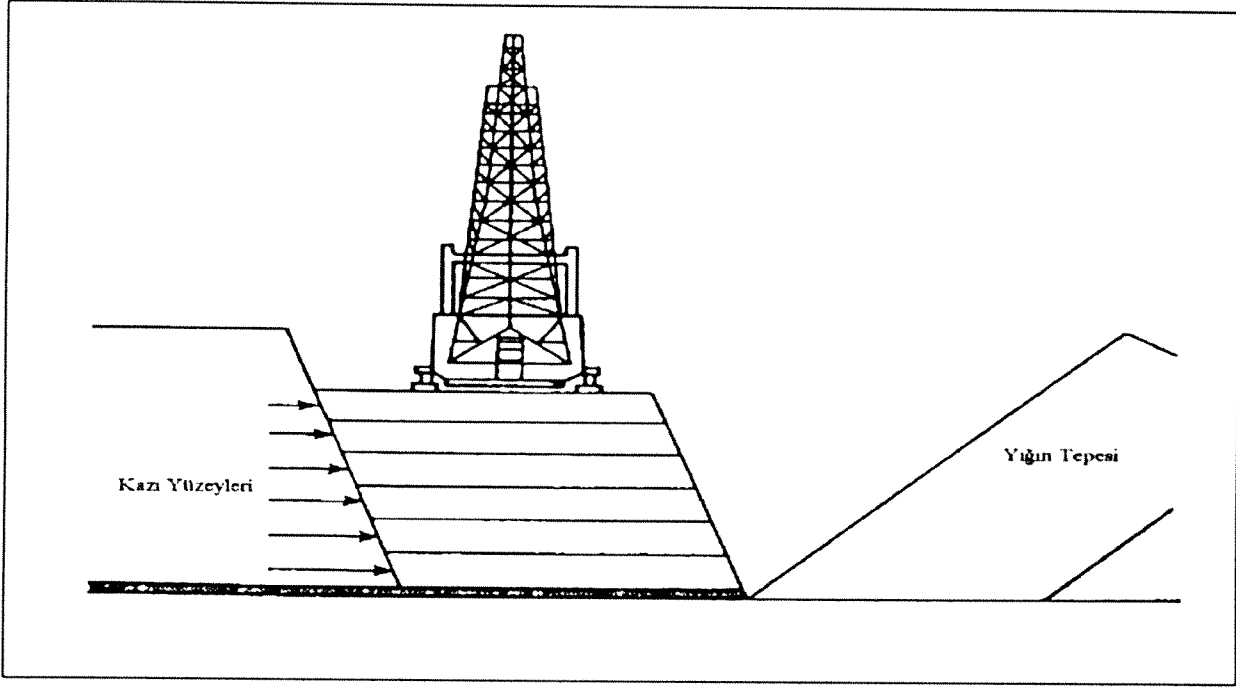
Proje çalışmalarının son döneminde, bir dragline örtü-kazı simülasyon rutini geliştirilmiştir. Araştırmacıları böyle bir genişlemeye iten nedenler iki ana madde altında sıralanabilir. Bunlardan birincisi dragline seçim prosedürlerinin yalnızca dragline veya ocak boyutlarına dayandırılmasının hatalı olmasa da çok gerçekçi olmayabileceğidir. Üretici firma kataloglarında oldukça fazla sayıda dragline bulunmasına rağmen, raporun daha önceki bölümlerinde de belirtildiği gibi bunlar, belli ana modellerin bom uzunluğu ve bom açısı gibi hayati boyutlarının değiştirilmesiyle üretilen makinalardır. Ancak bu değişiklikler sonuç olarak dragline'ların taşıyabilecekleri en fazla yük miktarını, dolayısıyla kepçe kapasitesini ve belirli bir süre içinde yapabilecekleri örtü-kazı miktarını etkileyecektir. İkinci olarak, dragline örtü-kazı metodlarının salt dilimlerin kazılması olarak tasarılanmasının yerinde bir karar olmadığı açıktır. Dragline'lar diğer örtü-kazı ekipmanlarına kıyasla daha az da olsa, hareket etmek durumundadırlar. Özellikle uygulanan örtü-kazı metodu *tekrar kazı* gibi üretimi düşürecek ve dragline'in üretkenliğini etkileyecek operasyonlar içeriyorsa, bu metodlarda dragline'ların normal yana döküm gibi metodlardan daha fazla hareket etme mecburiyeti bulunduğu da göz önüne alınmak zorundadır. Böyle durumlarda, dragline'in yürümeye hazırlık ve yürümek için harcadığı süre de önem kazanmaktadır. Aynı zamanda, iki dilimde örtü-kazı yapılan metodlarda tek dragline kullanılması durumunda, dragline'in belli aralıklarla dilimler arası yürümesi veya pasa yığını kısmına geçmesi durumunda daha uzun mesafeler katetmek durumunda olması örtü-kazı operasyonlarının yalnızca kazıdan ibaret olmadığını göz önüne getirmektedir. Ortalama bir dragline'in saatte 100-200 m. kadar bir mesafe yürüyebilmesi ve yukarıda belirtilen durumlarda dragline'in yürümek için oldukça zaman harcaması gerektiği dragline seçim algoritmalarının tek bir kepçe kapasitesi formülasyonu ile gerçekleştirilemeyeceğini açıklamaktadır. Bu yüzden örtü-kazı operasyonunun simüle edilmesi planlanmıştır.

10.2. Örtü-Kazı Simülasyon Modeli

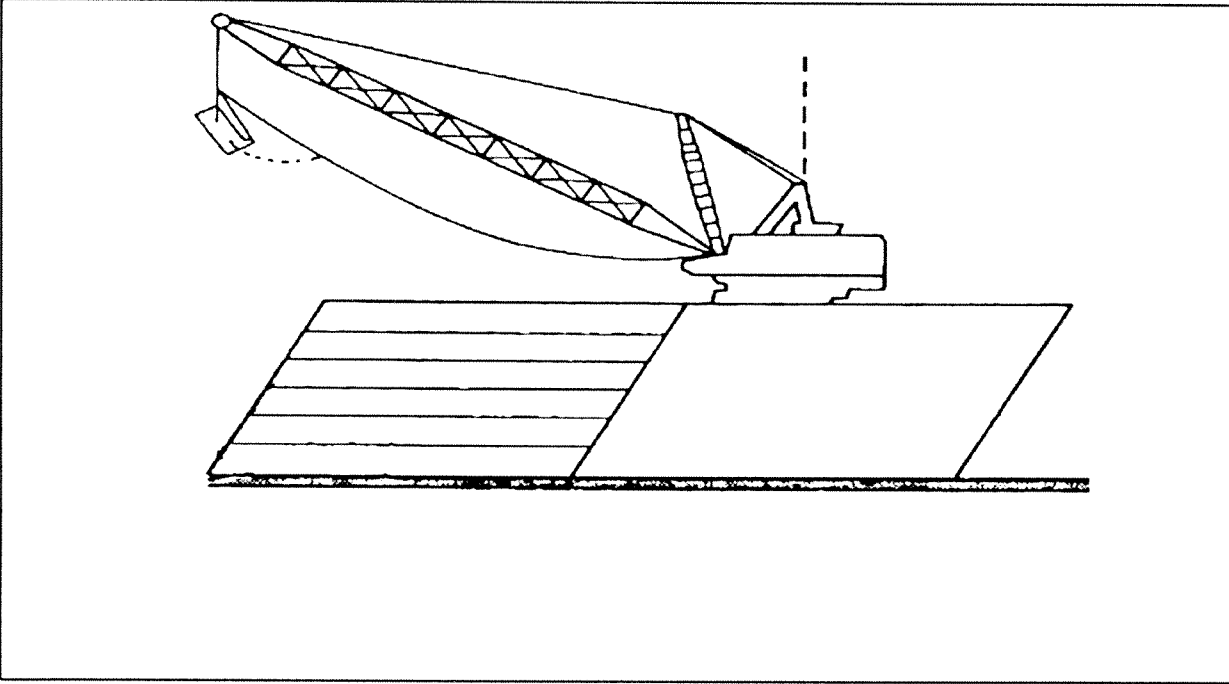
Proje kapsamında bir örtü-kazı simülasyon modeli hazırlanmıştır. Simülasyonun amacı verilen sürede dragline'in istenen miktarda örtü-kazı yapabilirliğini modellemektir. Modelleme sırasında dragline ile örtü-kazının üç safhadan oluştuğu öngörülmüştür. Bunlar örtü-kazı, yürüme ve gecikmelerdir.

10.2.1. Örtü-Kazı simülasyon modeli

Örtü-kazı simülasyonu sırasında kazılacak olan blok dragline'in kepçe yüksekliği göz önünde tutularak yatay dilimlere ve her dilim kepçe genişliği eninde sanal yollara ayrılmaktadır. Böylece kazılacak olan blokta kepçenin geçeceği yollar ve her yol üzerindeki pasa malzemesi miktarı hesaplanabilmektedir. Dragline'in kazacağı blok ve blok üzerindeki kazı dilimleri ile kepçe yolları kesitler halinde Şekil 60 ve Şekil 61'de verilmiştir. Modelde öncelikle kazılacak olan pasa bloğunun matematiksel boyutları göz önüne alınmakta ve buna göre kılavuz dilim ile ana dilimin hacimleri bulunmaktadır. Bundan sonra, her bir dilimin kepçe bazında kazılma simülasyonu yapılmaktadır. Simülasyonda kullanılan tüm değişkenler önceden belirlenmektedir. Bunların arasında yalnızca tur süresi (cycle time) rassal olarak belirlenmektedir.



Şekil 60. Örtü-Kazı Simülasyonu Blok Dilimleme Modeli (Önden Görünüş)



Şekil 61. Örtü-Kazı Simülasyonu Blok Dilimleme Modeli (Yandan Görünüş)

Simülasyon için diğer tüm parametrelerin belirlenebilmesine rağmen, tur süresi (cycle time) hem dragline, hem de dilim geometrisine bağlı olduğu için, aynı zamanda üretici firmaların belli bir dragline'in belirli bir örtü-kazı modunda çalışırken tur süresinin yaklaşık değerlerini bile verememelerinden dolayı rassal bir değişken olarak kabul edilmiştir. Literatürde de, dragline tur süresi için verilen en iyi referans benzer çalışma modlarındaki dragline'ların tur sürelerinin referans alınmasıdır. Ancak böyle bir yöntemin bu proje için geliştirilen genel amaçlı programlar için geçerli olmayacağı açıktır. Bu yüzden modelde dragline tur süresi rassal (random) olarak hesaplanmaktadır.

10.2.2. Yürüme simülasyon modeli

Modelde dragline yürüyüşleri için de rutinler tasarlanmıştır. Buna göre, dragline simülasyona başlarken kılavuz dilimi kazacak şekilde oturmaktadır. Dragline yürüyüşleri;

- kılavuz dilimden ana dilime,
- ana dilimden kılavuz dilime,
- ana dilimden uzatılmış basamağa,
- pasa basamağında oturma yerleri arasında

yürüyüşleri simüle etmek için modellenmiştir. Dragline bir bloğun kazısını bitirdikten sonra, önce yürüyüşe hazırlık, daha sonra da yürüyüş olarak iki safha geçirecektir. Dragline yürüyüşleri için veri tabanında bulunan adım boyları ve adım atmak için gereken süreler kullanılmaktadır. Yürüme modellemesi ise, dragline'in bulunduğu yer ile gideceği yer arasındaki en yakın mesafenin hesaplanması ile bulunmaktadır (Hipotenüs yaklaşımı). Yürüme mesafesi formülü aşağıdaki gibidir;

$$\text{Mesafe} = \sqrt{(X_2^2 - X_1^2) + (Y_2^2 - Y_1^2)}$$

burada;

- Mesafe : Dragline yürüme mesafesi,
X₁ : Dragline'in ilk X eksen pozisyonu,
X₂ : Dragline'in son X eksen pozisyonu,
Y₁ : Dragline'in ilk Y eksen pozisyonu,
Y₂ : Dragline'in son Y eksen pozisyonudur.

10.2.3. Gecikme simülasyon modeli

Örtü-kazı operasyonları sırasında gerek önceden planlanan gerekse planlanmayan gecikmeler olacağı açıktır. Simülasyon modeline planlanmayan gecikmeler dahil edilmiştir. Model içinde gecikme sorgulaması belli bir kazının yapılması veya yürüyüşün tamamlanması gibi her bir devam eden çalışma modundan sonra yapılmaktadır. Devam eden çalışma modu bitirildikten sonra, sistemin güvenilirliği için uniform dağılımdan 0 ile 1 arasında rassal bir sayı üretilmektedir. Buradan elde edilen sayı dragline çalışma sisteminin güvenilirliğinden yüksek olursa, tüm sistem daha önce devam eden yürüme veya kazı operasyonun uzunluğu ile orantılı

bir süre boyunca bekletilmektedir (Bandopadhyay 1979, Artan 1990). Gecikme süresi formülü aşağıdaki gibidir;

$$Gecikme = \sum_{i=1}^n Ct_i * \left(\frac{1}{C} - 1\right)$$

burada;

- n : Devam eden çalışma döngüleri
Ct_i : Her bir çalışma birimi için geçen süre
C : Mekanik çalışabilirlik

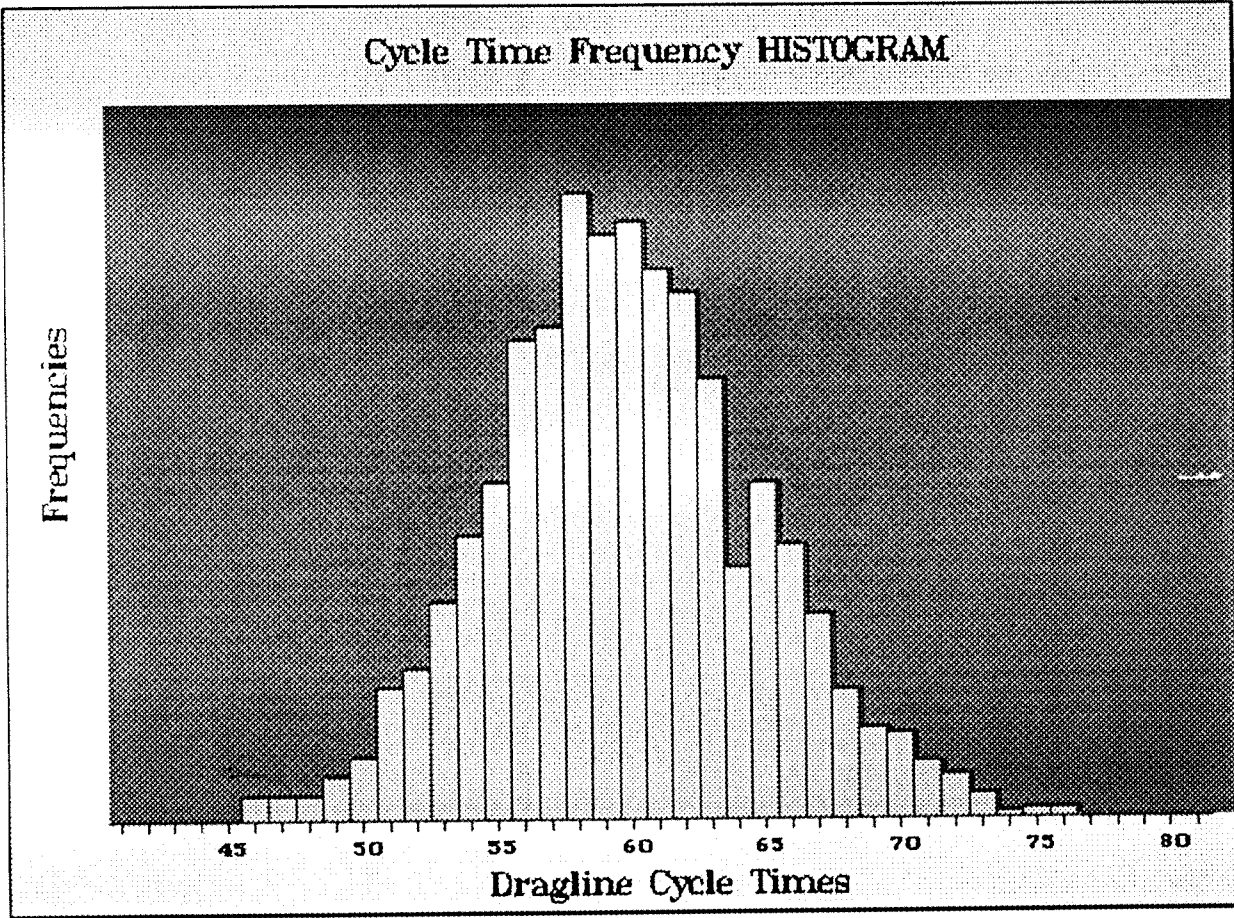
$$C = \frac{\text{Beklenen çalışma süresi}}{(\text{Beklenen çalışma süresi} + \text{Beklenen bakım-onarım süresi})}$$

10.3. Dragline Örtü-Kazı Simülasyon Programı

Proje kapsamında dragline örtü-kazı operasyonunun simüle edilebilmesi için bir program geliştirilmiştir. Programda tur süresi (cycle time) dışındaki tüm değişkenler deterministik şekilde belirlenmekte ve bir adım boyu, bir adım atmak için geçen süre gibi değişkenler veri tabanından alınabilmektedir. Dragline döngü süresi ise kazma, kaldırma+dönme, dökme ve geri gelme+kepçe yerleştirme gibi alt değişkenlerden oluştuğu için modellenmesi oldukça kompleks bir değişkendir. Aynı zamanda döngü süresi hem dilim geometrisine, hem de operatörün ustalığına bağlıdır. Bu yüzden her bir kazı modunda bile değişebilen döngü süresini modellemek için en iyi yöntemin istatistiksel olarak döngü süreleri üretmek olduğu kanısına varılmıştır.

Döngü süresi için en uygun veri üretme yönteminin normal dağılım olduğuna karar verilmiştir. Bunun sebebi, döngü süresinin belirli bir kazı modu için genellikle belli bir sürede yoğunlaşması veya bu sürenin altında veya üzerinde belirli oranlarda değişiyor olmasıdır. Aynı zamanda program içerisinde, yapılan her bir kepçe örtü-kazı işleminde de bir döngü süresi üretildiğinden, bir yıllık üretim için binlerce kepçe döngü süresi elde edilmektedir. İstatistiksel olarak veri sayısı 30'u aştığında, üretilen verilerin davranışı normal dağılım ile açıklanmaktadır (Ross, 1987). Normal dağılımdan veri üretebilmek için öncelikle üniform dağılımdan bir rakam üretilmekte, daha sonra da bu rakam belirli prosesler yardımı ile normal dağılıma transform edilmektedir (Law 1982, Halaç 1982).

Program tarafından üretilen döngü sürelerinin doğruluğunu kontrol etmek için bir yöntem geliştirilmiştir. Buna göre, hem program hem de bir istatistik paketi (STATGRAPHICS V.5) tarafından ortalaması ve standart sapması aynı olan 1500 adet normal dağılım verisi üretilmiştir. Üretilen bu rakamlar daha sonra histogram yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda her iki program tarafından üretilen rakamların birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Program tarafından üretilen dragline döngü sürelerinin şematik görünüşü Şekil 62'de verilmiştir.



Şekil 62. Program tarafından üretilen dragline döngü süreleri ($\mu = 60$ saniye, $\sigma = 5$ saniye).

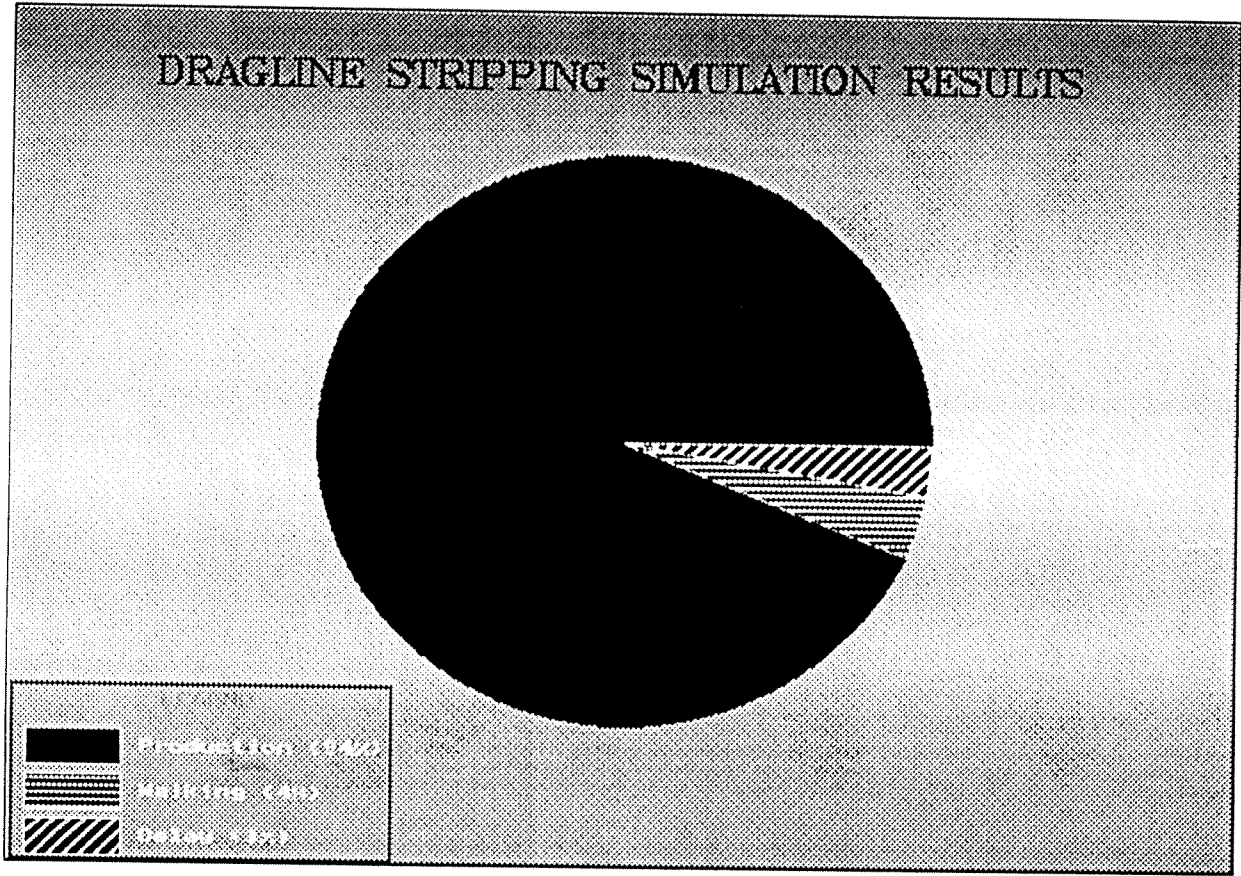
Program kullanıcıya örtü-kazı işlemi simülasyonu devam ederken ve bittikten sonra bilgi verebilmektedir. Bunlar için bilgi pencereleri hazırlanmıştır. Bu pencereler Şekil 63, Şekil 64 ve Şekil 65'de verilmektedir.

DRAGLINE OVERBURDEN STRIPPING SIMULATION	
Volume of Total cut =	24000 m3
Volume of Key Cut =	5700 m3
Volume of the Main Cut =	18300 m3
Percentage of Key Cut =	23.75 %
Percentage of Main Cut =	76.25 %
Key cut production =	5700 m3
Time elapsed for key cut =	11100 sec
No delay in the key cut	
Time required to walk from key to main cut =	700 sec
No delay during walk from Key Cut to Main Cut	
Main cut production =	18300 m3
Time elapsed for main cut =	38520 sec
No delay in the main cut	
Time required to walk from main to key cut =	1000 sec
No delay during walk from Main Cut to Key Cut	
Total Production performed until now =	745860 m3
Total time elapsed until now =	421 hrs
Total time allocated for production =	420 hrs
Remaining time for the production =	-1 hrs

Şekil 63. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Ana Bilgi Ekranı (Örnek)

RESULTS OF THE DRAGLINE PRODUCTION SIMULATION	
Required production in given time	800000.00 m3
Total production in given time	745860.00 m3
Total time elapsed for production	1442399 sec
Total time elapsed for walking	54250 sec
Total time elapsed for delays	17560 sec
TOTAL TIME ELAPSED FOR PRODUCTION	1514209 sec
GIVEN TIME FOR THE PRODUCTION	1514209 sec
AVERAGE CYCLE TIME OF THE DRAGLINE	58 sec
THE DRAGLINE IS NOT CAPABLE TO PERFORM THE STRIPPING 1	

Şekil 64. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Text Çıktı Ekranı (Örnek)



Şekil 65. Örtü-Kazı Simülasyon Programı Grafik Çıktı Ekranı (Örnek)

11. Dragline Örtü-Kazı Maliyeti Analizi

11.1. Genel

Projede gerçekleştirilen işlerden bir tanesi de sisteme bir örtü-kazı maliyeti hesaplaması yöntemi geliştirilmiş olmasıdır. Bunun amacı, hem böyle bir sistemin uygulanması durumunda örtü-kazı maliyetini hesaplamak, hem de diğer alternatif örtü-kazı sistemleri ile kıyaslama yapabilmektir. Ancak buradan elde edilecek maliyet rakamlarının kullanıcıya yaklaşık değerler vereceği unutulmamalıdır.

11.2. Örtü-Kazı Maliyet Analizi Modeli

Örtü-kazı maliyeti hem dragline'in işletme maliyeti, hem de yatırım maliyetini kapsamaktadır. Bunun sonucu olarak, yapılan işlemler sonucunda bulunan maliyet, yatırım ve işletme maliyeti olarak göz önüne alınmalıdır (**Owning and Operating Cost**). Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, örtü-kazı maliyeti iki temel üzerinden hesaplanmaktadır. Bunlar;

- Saatlik maliyet (O & O maliyeti),
- Yapılan 1 m³ dekapaj cinsinden maliyet (O & O maliyeti).

Bunlardan ilkinde bulunan maliyet, dragline'in bir saatlik maliyetidir. Bu, hem yatırım hem de işletme maliyetlerini kapsamaktadır. Burada bahsi geçen zaman, bir yılda planlı gecikmeleri de göz önüne alarak hesaplanan saat cinsinden zamandır. Söz gelimi, yıllık 7000 saatlik bir çalışma planı yapılmışsa, yıllık toplam maliyet bu rakama bölünerek, planlanan saatlik maliyet bulunmaktadır.

Yapılan 1 m³ (yerinde) dekapaj başına düşen maliyet ise, dragline'in bir yılda yapacağı (tekrar kazı işlemleri de dahil olmak üzere) yaklaşık yerinde örtü-kazı miktarının, toplam yıllık maliyete bölünmesiyle elde edilmektedir.

Dragline ile örtü-kazı maliyeti hesaplama modeli dragline üretici firmalar tarafından yayınlanan maliyet hesaplama tabloları göz önüne alınarak geliştirilmiştir (Anonim, 1993). Bunun başlıca sebebi, çok önemli olan belli başlı maliyet parametrelerinin direkt olarak hesaplanmasına imkan bulunmaması ve ancak yıllar boyunca gerçekleştirilen istatistiki çalışmalar sonucunda bu parametrelerin diğer bazı parametrelerin belli yüzdeleri olarak hesaplamalara katılmak zorunda olmasıdır. Söz gelimi, yıllık bakım ve yedek parça maliyetinin yatırım fiyatının % 7'si civarında bulunduğu öngörülmektedir. Böyle bir kural olmadan, bu parametrenin nasıl bir değer alacağına dair hiç bir yaklaşım yapılamamaktadır. Çünkü işletmeye alınmayan ve yıllık bakım ve yedek parça maliyetleri bilinmeyen bir dragline için maliyet hesabı yapılamayacaktır. Ancak, daha önce işletmede bulunan ve maliyet kayıtları tutulan oldukça yüksek sayıda dragline'dan alınan verileri analiz ederek yaklaşık bir bakım ve yedek parça maliyeti bulmak mümkündür. Bu yüzden maliyet modeli üretici firmalarca yayınlanan dökümanlardan elde edilen bilgiler ışığında hazırlanmıştır. Model içindeki maliyetlerde kullanılan para birimi Amerikan doları'dır (US\$). Bunun sebebi ise, satın alınan ekipmanın ve gerekli tüm atışmanlar ile yedek parçaların bu ülke menşeli olması sebebiyle, yapılacak yıllık maliyet hesaplarının bu para birimi üzerinden hesaplanması zorunluluğudur. Bu yüzden modelde kullanılan girdi ve model tarafından üretilen tüm çıktı parametreleri Amerikan doları birimleriyle verilmektedir.

11.2.1. Modelde kullanılan parametreler

Model içinde üç tip parametre kullanılmaktadır. Bunlardan ilk tipe girenler girdi parametreleridir. Bunların arasında aşağıda sıralanan elemanlar sayılabilir;

- Dragline FOB fiyatı,
- Ekipman ile satın alınacak isteğe bağlı ve eksta parçalar,
- Nakliye,
- Çekme kablosu,
- Dragline'a yerleştirilecek ek ağırlık (ballast),
- Montaj,
- Çalışma ömrü,
- Faiz, vergi ve sigorta oranları,
- Yıllık bakım ve yedek parça giderleri,
- 1 kWh Elektrik maliyeti,
- Yıllık işçilik gideri.

İkinci tipe giren parametreler ara çıktı parametreleridir. Bunlar sonuç çıktı parametrelerinin hesaplanmasında girdi olarak kullanılırlar. Bunlar genellikle belli ana girdi parametrelerinin yıllık toplam maliyetleridir. Bunların arasında;

- Yıllık yıpranma payı,
- Yıllık yatırım maliyeti,
- Yıllık faiz, vergi ve sigorta maliyetleri,
- Yıllık toplam yatırım maliyeti,
- Yıllık elektrik maliyeti,
- Yıllık toplam işletme maliyeti,
- Yıllık toplam yatırım ve işletme maliyeti

gibi ara parametreler bulunmaktadır.

Son tipe giren elemanlar ise yukarıda belirtildiği gibi **saatlik toplam maliyet ve yerinde m³ başına** düşen maliyetlerdir. Ancak bu iki maliyetinde tamamen örtü-kazı operasyonu için geliştirilen maliyetler olduğu unutulmamalıdır.

11.2.1.1. girdi parametreleri

1. **Dragline Fiyatı** : Bu madde satın alınması planlanan dragline'ın FOB fabrika fiyatı ile ilgilidir. Daha önceki kısımlarda sözü geçen üç firma ile yazışılmış ve ürettikleri her bir model dragline'ın fiyatı elde edilmiştir.
2. **İsteğe bağlı ve eksta parçalar** : Bu madde ekstradan bir kepçe ve standart opsiyonlardan oluşmaktadır. Bu maddenin değerinin genellikle dragline fiyatının %3 ile %7'si arasında olduğu belirtilmektedir.
3. **Nakliye Maliyeti** : Bir dragline'ın imal edildiği fabrikadan kullanılacağı işletmeye kadar nakliyesi ile ilgilidir. Maliyet ulaştırılacak lokasyona bağlıdır. Ancak, üretici firmaların tahmini, 1600 km.'lik (1000 mil) bir mesafe için taşınacak ton başına 60 US\$'lık bir maliyet

olacağıdır. Bununla ilgili olarak da satıcı firmalarla yazılmış ve Türkiye için benzer değerler elde edilmiştir.

4. **Güç kablosu Maliyeti** : Bu maddede 450 - 600 m.'lik mesafe için (1500 - 2000 ft) 350 MCM kablunun 0.3 m.'sinin 30 US\$ olduğu tahmin edilmiştir. İletici boyutu ekipman ile, kablo boyu ise ocak planı ile değişmektedir.

ARA TOPLAM : Yukarıdaki 4 maddenin toplamından oluşmaktadır.

5. **Balast Maliyeti** : Dragline'a yerleştirilecek olan ek ağırlıkların fiyatları ton başına 210 US\$ olarak tahmin edilmektedir.

6. **Montaj Maliyeti** : Tahmini olarak nakliye ağırlığının bir tonluk kısmını monte etmek için 26-30 işçi-çalışma saati süre geçmektedir. Bir işçinin saatlik maliyeti ise 37 US\$ olarak alınmaktadır. Bu bilgiler üretici firma maliyet abaklarından alınmıştır.

7. **TOPLAM MALİYET** : Ara toplam ile balast ve montaj maliyetlerinin toplanmasından oluşmaktadır (ARA TOPLAM + Balast maliyeti + Montaj maliyeti).

8. **Ekonomik çalışma ömrü** : Bu değer yaklaşık 20 yıl civarında bulunmakla birlikte, kullanıcı tarafından girilebilir.

9. **Yıllık Yıpranma Maliyeti** : Bu madde toplam maliyetin ekonomik çalışma ömrü'ne bölünmesiyle hesaplanmaktadır.

10. **Yıllık Yatırım Maliyeti** : Bu maddenin hesaplanması aşağıdaki gibidir;

$$\text{Yıllık Yatırım Miktarı} = \frac{(\text{Toplam maliyet}) * (\text{Ekonomik çalışma ömrü} + 1)}{2 * (\text{Ekonomik çalışma ömrü})}$$

11. **ITI** : Bu madde, faiz (Interest), vergiler (Taxes) ve sigorta'yı (Insurance) kapsamaktadır. Ükelere ve eyaletlere göre değişiklik göstermekte olsa da, tahmini olarak faiz % 18, vergiler % 2.5 ve sigorta % 1.5 olarak alınmıştır (Hesaplarda .00 halde).

12. **Yıllık faiz, vergi ve sigorta giderleri** : Bu madde yıllık yatırım miktarı ile yıllık faiz, vergi ve sigorta oranlarının çarpılmasıyla hesaplanmaktadır (Madde 11 * Madde 10).

13. **Yıllık TOPLAM yatırım maliyeti** : Bu madde yıllık faiz, vergi ve sigorta giderleri ile yıllık yıpranma payının toplanmasıyla hesaplanmaktadır (Madde 9 + Madde 12).

14. **Yıllık bakım ve yedek parça gideri** : Bu madde halat, yedek parça, yağlar, ana parça ve tamir işçiliği (toplam maliyetin %20 - %45'i kadar) gibi elemanları kapsamaktadır. Bu madde dragline'in hayatı boyunca oluşabilecek bu tip ihtiyaçların ortalaması olarak yıllık ARA TOPLAM * % 7 gibi bir maliyet getirmektedir. Bazı yıllar bu maliyet %7'lik miktarın oldukça altında, bazı yıllarda da üzerinde olması beklenmektedir.

15. **1 kWh elektrik maliyeti** : Dragline'ların elektrik ile çalıştığı varsayıldığından, bu madde de verilecek olan elektrik kWh maliyeti daha sonraki hesaplamalarda kullanılacaktır.

16. **Yerinde 1 m³ dekapaj için harcanan elektrik** : Üretici firmalar tarafından dragline'ların elektrik harcaması düşük kepçe kapasitesine sahip modellerden yüksek kepçe kapasiteli modellere doğru 0.75 kWh/yerinde m³/yıl ile 1.35 kWh/yerinde m³/yıl arasında değiştiği bildirilmektedir.
17. **Yıllık Elektrik Maliyeti** : Bu madde ise yılda yapılacak dekapaj (m³) * kepçe kapasitesi (m³)* bir m³ dekapaj için harcanan elektrik miktarı (kWh/BCY) çarpılarak bulunur.
18. **Yıllık İşçilik Maliyeti** : Bu madde planlanan çalışma saatleri için operatör ve yağcı gibi dragline çalışmasını gerçekleştiren işçilerin maaş, prim ve ikramiye gibi ödemelerinin yıllık toplamına eşittir.
19. **Yıllık TOPLAM işletme maliyeti** : Yıllık bakım ve yedek parça, elektrik ve işçilik maliyetlerinin toplanmasıyla hesaplanmaktadır (Madde 14 + Madde 17 + Madde 18).
20. **Yıllık TOPLAM yatırım ve işletme maliyeti** : Bu madde dragline'in yıllık toplam maliyetidir (Madde 13 + Madde 19).
21. **Saatlik yatırım ve işletme maliyeti** : Bu maliyet yıllık toplam maliyetin bir yıldaki planlanan çalışma saatine bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Madde 20/yıllık çalışma saati).
22. **Yerinde 1 m³'lük dekapaj maliyeti** : Bu maliyet ise yıllık toplam maliyetin bir yılda yapılacak toplam örtü-kazı miktarına bölünmesi ile hesaplanmaktadır (Madde 20/yıllık dekapaj). Normal çalışma koşulları altında bu değer 0.25 US\$/1 m³ dekapaj ile 0.40 US\$/1 m³ dekapaj arasında değişmesi beklenmektedir.

Yukarıdaki maddelerden de anlaşılacağı üzere, dragline örtü-kazı maliyeti hesaplamalarında bir dizi kesin olarak ölçülemeyen veya sahadan sahaya farklılık gösteren girdi parametresi bulunmaktadır. Ancak bu çok hassas olmasa da, bir tahmin yapmak için engel değildir. Bunun için üretici firma abaklarının kullanılması uygun görülmüştür. Bunun sebebi de, geçmiş yıllarda uzun süreler boyu ve birbirinden çok farklı koşullarda üretim yapan dragline'lardan üretici firmalara akan üretim ve maliyet bilgilerinin değerlendirilmesi sonucu, bir anlamda belli maliyet kalemleri için belli kurallar gelişmiş (**rule of thumb**) olduğunun tahmin edilmesidir. Söz gelimi, dragline bakım ve yedek parça ihtiyaçlarının yatırım maliyetinin %7'si gibi bir değer civarında oynaması, bunun hemen tüm dragline'lar için doğru kabul edilmesini ve maliyet hesaplarında bu şekilde kullanılmasını sağlamıştır.

11.3. Maliyet Analizi Programı

Projenin final raporu kapsamında dragline örtü-kazı maliyetini hesaplamak için bir program geliştirilmesi planlanmıştır. Bu program daha önceki maddede belirtilen maliyet hesaplamalarını gerçekleştirmek için hazırlanmıştır. Daha önceki bölümde belirtildiği gibi, örtü-kazı maliyeti hesaplamaları yapılırken belli ara hesap kalemlerinin değerleri diğer girdi parametrelerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu yüzden, programın kodlanması sırasında bu husus göz önüne alınmış ve program kullanıcının bir **elektronik hesap tablosu** kullanıyormuşçasına rahatça veri girebilmesi için tasarlanmıştır. Aynı zamanda belli bir veri girildiğinde, değeri bu hücrenin değerine bağlı olan tüm hücrelerdeki veriler de değişmektedir. Programın bu özelliği kullanıcının çeşitli senaryolar üretip, bunları uygulamasına olanak sağlamaktadır. Söz gelimi, çok önemli bir parametre olan elektrik kilowatt saat maliyeti değiştirilip, sonuçta m³ örtü-kazı maliyetindeki değişimler hemen görülebilir veya aynı işlem faiz ve sigorta gibi oranlara uygulanabilir.

Program, sistemin içerisindeki diğer modüller gibi, kullanılması oldukça kolay olacak şekilde kodlanmıştır. Aynı zamanda, girilen bilgilerle ilgili olarak hem mantıksal hem de nümerik veya alfanümerik kontroller de yapılmaktadır. Mantıksal kontrol, veri girilen hücrenin beklenen değerinin çol altında veya üzerinde değer verilmesi sonucu olmakta ve hata düzeltilmesiye kadar uyarılmaktadır. Aynı kontrol nümerik veriler için de söz konusudur. Maliyet analizi programı tek ekranlık bir programdır ve şematik görünüşü Şekil 66'da verilmiştir.

ERROR LINE				
General Stripplan Is		5000000 BCM	Yearly Scheduled Time Is	5500 hr
DRAGLINE STRIPPING COSTING MODULE				
OWNERSHIP		OPERATING		
Purchase Price	(USD)	5000000	Maint&Supply Cost/Year (USD)	100000
Options and Extras	(USD)	250000	Electric Power (1 KWH/USD)	0.49
Freight	(USD)	100000	Electric Consumption per BCM	0.80
Trail Cable	(USD)	25000	Electric Cost/Year (USD)	1600000
Sub Total	(USD)	5375000	Labor Cost/Year (USD)	100000
Ballast	(USD)	50000	Total Opera. Cost/Year (USD)	2076250
Erection	(USD)	250000	Total O&O Cost/Year (USD)	2768125
Total Price	(USD)	6750000		
Depreciation Life	(USD)	20		
Depreciation Cost/Year	(USD)	337500	O&O Cost/Sched. Hour (USD)	101105.36
Average Investment/Year	(USD)	3543750	O&O Cost/BCM (USD)	0.5580433
Interest Taxes and Ins.	(USD)	10		
ITI/Year	(USD)	354375		
Tot Ownership Cost/Year	(USD)	631675		

Home Between Cells 14, ENTER, FgUp, FgDn Exit ESC Input Verification F1

Operating and Owning Cost per Bank Cubic Meter of the Material Moved per Year

Şekil 66. Maliyet Analizi Programı Ana Bilgi Ekranı

Programın kullanılması sırasında kullanılacak tuşlar ve fonksiyonları aşağıda verilmiştir;

1. *C:\<directory adı>***MALİYET + RETURN** tuşu ile program çalıştırılır.
2. Ekranda maliyet verileri olan bir ana menü belirecektir.

↑,↓, PgUp,PgDn : İstenilen seçeneğe gitmek için kullanılır.
RETURN : Bir dragline grubunu seçmek için kullanılır.
ESCAPE : Programdan çıkmak için kullanılır.
Insert : INSERT/OVERWRITE modları arasında toggle eder.
Home : Veri hücrelerinde başa gider.
End : Veri hücrelerinde sona gider.
F1 : Programı sonlandırmak için kullanılır.

12. Uzman Sistem Programı

12.1. Genel

Proje kapsamında bir uzman sistem programı geliştirilmiştir. Daha önceki maddelerde de belirtildiği gibi uzman sistemin ana amacı geliştirilen dragline örtü-kazı modelleri, dragline veri tabanı, üretim simülasyon modeli ve örtü-kazı maliyet modeli için bir çatı görevi yapmak ve bunları belli bir sıra ile çalıştırarak belirli bir ocakta kullanılacak dragline alternatifleri üretmektedir.

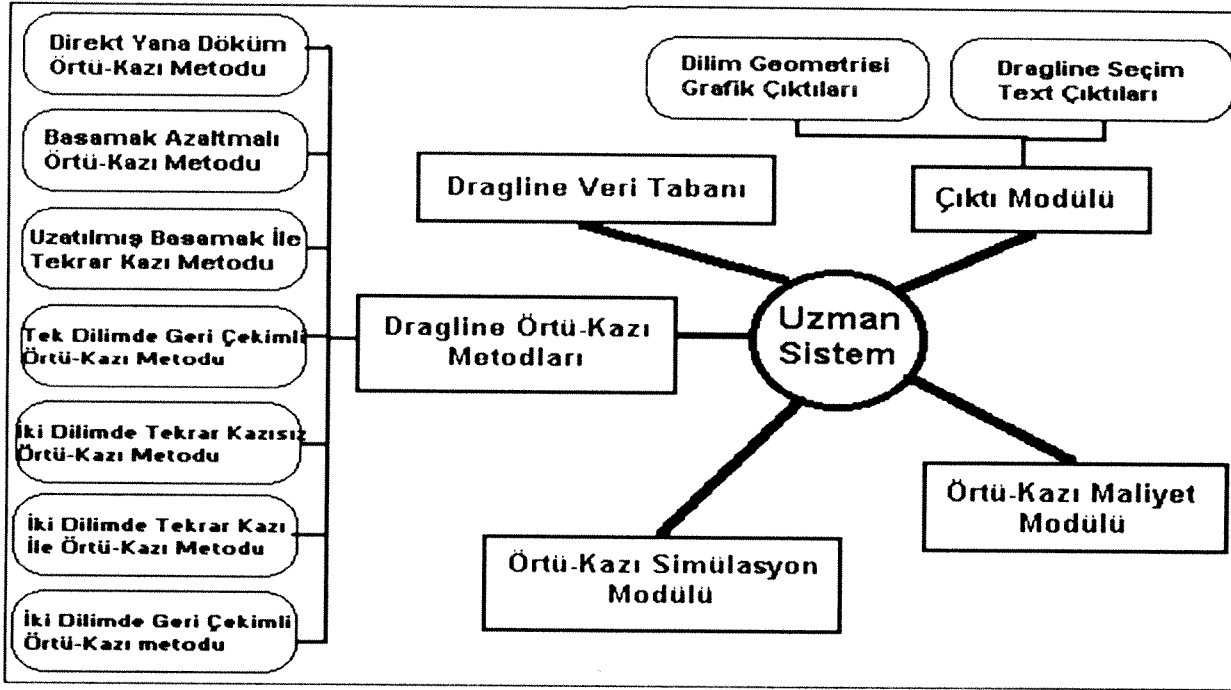
12.2. Uzman Sistem Geliştirme Paket Programı

Proje kapsamında geliştirilen uzman sistemin hazırlandığı paket program, proje başlarken yaklaşık 20 uzman sistem paket program geliştirici firma ile yazıldıktan ve ürünleri hakkında bilgiler edinildikten sonra kararlaştırılmıştır. Uzman sistem geliştirilmesi için IntelliCorp firması tarafından üretilen Kappa-PC (Versiyon 2.1) (Anonim, 1992) isimli paket program seçilmiştir. Araştırmacıları bu paket programa yönlendiren sebepler aşağıda verilmiştir;

- Yüksek grafik kabiliyeti
- Nesneye dayalı programlama yapabilmesi,
- Spreadsheet veya veri tabanı programları gibi harici paketler ile interaktif çalışabilmesi,
- Kullanıcı tarafından geliştirilen programları çağırabilmesi ve ortak çalışabilmesi,
- İleriye (forward chaining) veya geriye (backward chaining) dönük nedenleme yapabilmesi,
- İngilizceye çok yakın gramatik kural yapısı,
- C gibi programlama dillerinde yazılan metod veya fonksiyonları kabul etmesi,
- Benzerlerine göre daha ekonomik olması.

12.3. Geliştirilen Uzman Sistemin Metodolojisi

Hazırlanan uzman sistem programı ana bir uzman sistem modülü altında çalışan yedi adet dragline örtü-kazı metodu model programları, bir örtü-kazı simülasyon programı, bir örtü-kazı maliyet analizi programı, bir çıktı programı ve bir veri tabanından oluşmaktadır. Sistemin çalışma prensibi Şekil 67'de verilmiştir.

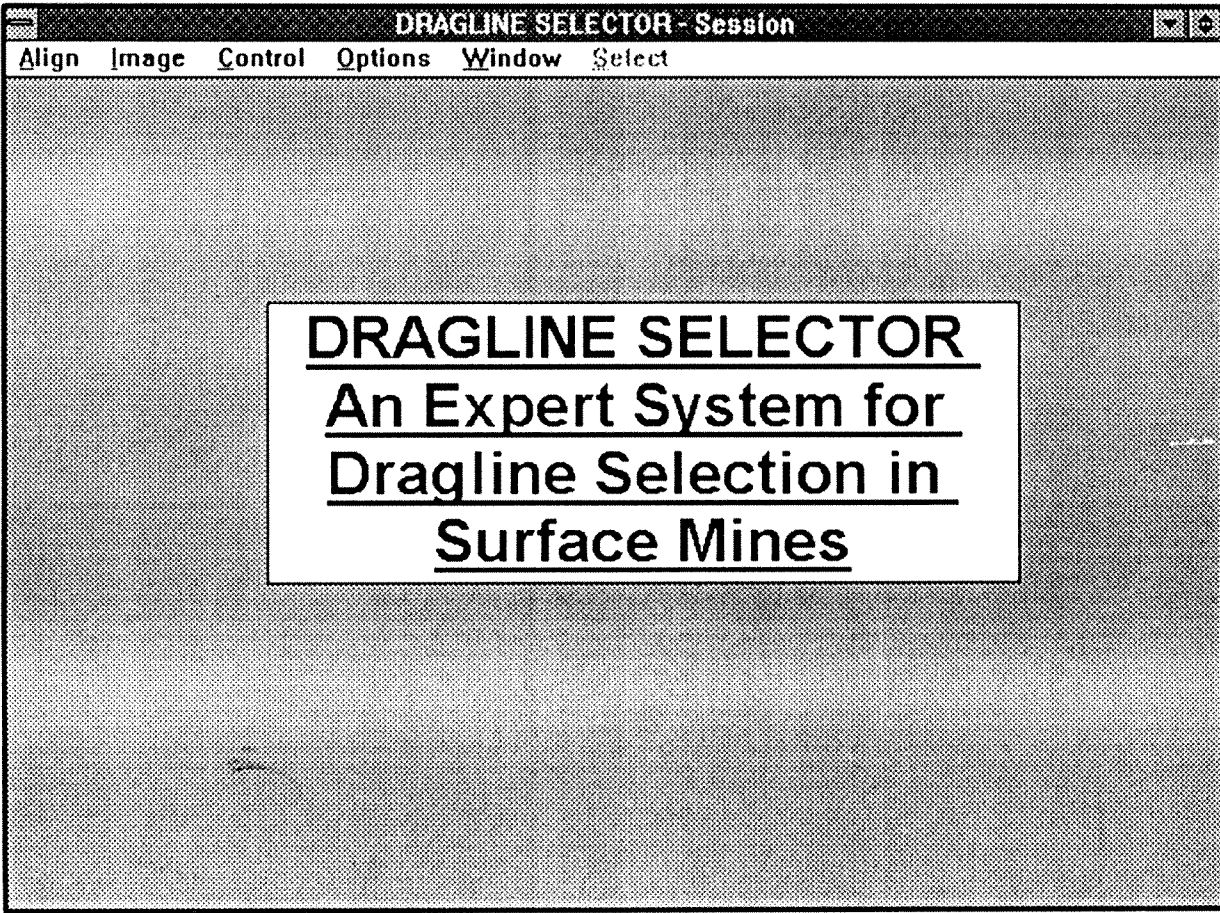


Şekil 67. Uzman Sistemin Çalışma Prensibi

Uzman sistem kullanıcıdan en az veri isteyecek şekilde tasarlanmıştır. Özellikle dragline'lar ile ilgili bilgiler veri tabanından alınmakta, ancak oturum sırasında kullanıcıya danışılarak confirmasyon istenmektedir. Eğer kullanıcı yapılan öngörülmeği değiştirmek isterse bunu yapabilmekte ve programın akışı değiştirilen verinin işlenmesi ile devam etmektedir. Kullanıcı tarafından başlangıçta sağlanması gereken veriler aşağıda sıralanmıştır;

- İstenen yıllık cevher üretimi (ton),
- Cevher yoğunluğu (t/m^3),
- Pasa yoğunluğu (t/m^3),
- Ortalama cevher kalınlığı (m),
- Ortalama pasa kalınlığı (m),
- Ortalama kabarma faktörü (%),
- Dilim şev açısı ($^\circ$),
- Cevher damarı açısı ($^\circ$),
- Yığın tepesi açısı ($^\circ$),
- Yıllık toplam planlanan çalışma saati (saat),
- Ortalama işletme randımanı.

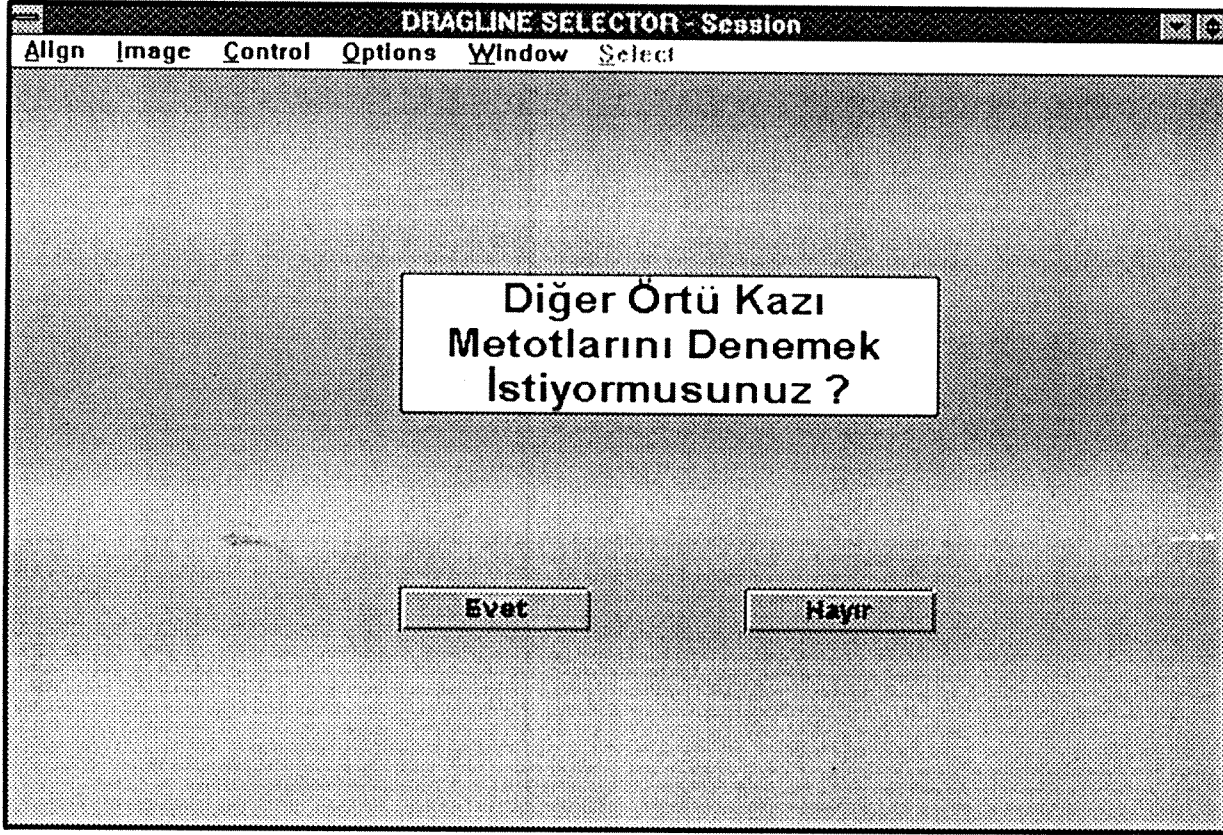
Uzman sistemin oturuma başlamasından sonra (Şekil 68) yapılması gereken işlem, eğer gerekiyorsa, dragline veri tabanında bulunan herhangi istenen bir veya daha fazla dragline ile ilgili veri değişikliği yapmaktır. Veri tabanı bölümünde de açıklandığı gibi, veri tabanına dahil edilen dragline'lar ile ilgili bilgiler üretici kataloglarından elde edildiğinden, bir yerüstü ocakta çalışan dragline ile tamamen aynı verilere sahip olmayabilirler. Aynı zamanda sistem çalışmaya başladıktan sonra veri tabanına müdahale edilemeyeceğinden, veri modifikasyonu önce yapılmaktadır.



Şekil 68. Dragline Seçimi Uzman Sistemi Başlangıç Ekranı

Yukarıdaki verilerin girilmesi ile uzman sistem programı oturuma başlamaktadır. Programa dahil edilen mantık öncelikle direkt yana döküm modelinin aktive edilmesi ve bu metotla çalışabilecek en az bir dragline bulunmasıdır. Bunun sebebi ise direkt yana döküm metodunun özellikle tekrar kazı içeren diğer metotlardan daha basit ve uygulanmasının kolay olmasıdır. **Direkt yana döküm** modeli tarafından en az bir dragline bulunduğu anda ise kullanıcıya diğer örtü-kazı metodu modellerinin denenip denenmeyeceği sorulmaktadır (Şekil 69). Kullanıcı diğer modellerin de denenip, bu modellerde çalışabilecek dragline alternatiflerinin bulunmasını talep ederse veya direkt yana döküm modeli tarafından girdi parametrelerine uygun bir dragline bulunamazsa, öncelikle tek dilimde uygulanan ve tekrar kazı içeren **uzatılmış basamak** ve **geri çekimli örtü-kazı** modelleri çalıştırılmakta ve eğer programlar tarafından kullanılabilir dragline alternatifleri elde edilebilirse, bunlar sunulmaktadır. Bu modellerden sonra iki dilimli örtü-kazı metotlarına geçilmektedir. Bunlardan birincisi **iki dilimde tekrar kazısız örtü-kazı** metodudur. Burada da uzman sistem içerisindeki mantık eğer örtü-kazı operasyonu tek dilimde yapılamıyorsa, veya iki dilimde yapılması planlanıyorsa, öncelikle tekrar kazı içermeyen metotların denenmesi yönündedir. Bu metottan sonra denenecek metotlar sırasıyla **iki dilimde tekrar kazı ile örtü-kazı** metodu ve **iki dilimde geri çekimli örtü-kazı** metotlarıdır. Yine daha önce çalıştırılan metotlarda olduğu gibi, bu yöntemlerde de çalışabilecek dragline'lar daha sonra analiz edilmek üzere geçici dosyalara saklanmaktadır. Bu noktaya kadar çalıştırılan modellerin hiç birisi verilen koşullar için uygun bir dragline bulamazlarsa, sistem başta verilen pasa kalınlığı girdi parametresini düşürerek **basamak azaltmalı örtü-kazı** metodunu

uygulamaya başlamakta ve pasanın belli bir kısmının diğer örtü-kazı yöntemleriyle alındığını öngörmektedir. Sistem bu aşamadan sonra girdi parametrelerinde verilen koşulları sağlayan en az bir uygun dragline bulasıya kadar yukarıda belirtilen örtü-kazı metotları çalıştırılma sıralamasına devam etmektedir.



Şekil 69. Uzman sistem içerisinde Bir Sorgulama Penceresi

Uzman sistem içerisinde bulunan örtü-kazı modelleri dragline seçimini yalnızca geometrik kısıtları göz önüne alarak yapmaktadırlar. Belirli bir örtü-kazı modelinde çalışması gereken bir dragline'in girdi parametrelerinde verilen koşulları o anda çalıştırılan örtü-kazı modeli için sağlaması gerekmektedir. Söz gelimi, direkt yana döküm modelinde bir dragline gerekli kazı derinliği, dökme yüksekliği ve çalışma yarıçapına sahip olmalıdır. Bu koşulları sağlayan dragline'lar her model için bir veri dosyasına eklenirler.

Uzman sistem, dilim geometrisi işlemlerinden sonra, üretim simülasyonu modelini harekete geçirmektedir. Burada, uygun dragline üretebilen her bir geometri modeline ait veri dosyalarında bulunan dragline'lar girdi parametrelerinde verilen yıllık cevher üretimini sağlayacak örtü-kazı miktarını yapabilirliklerini sınamak için simüle edilmektedirler. Gerekli örtü-kazı miktarını yapabilen dragline'lar ise bu koşulu sağladıkları için tekrar aynı veri dosyalarına yazılmaktadır.

Uzman sistem içerisindeki son model örtü-kazı maliyet analizidir. Bu modelde ise girdi parametrelerinde verilen koşulları sağlayan ve gerekli örtü-kazı üretimini yapabilen dragline'lar maliyet analizine tabi tutulmaktadır ve birim m³ başına gelen örtükazı maliyeti bulunmaktadır.

Uzman sistem içerisinde bulunan çıktı modülü her örtü-kazı modeli içerisinde bulunmaktadır. Dilim geometrisi hesaplamaları yapılan dragline'larla ilgili boyutsal text çıktılar ve dilim geometrisine ait grafik çıktıları ekrana verilmektedir. Grafik çıktılar aynı zamanda bir çizici (plotter) yardımıyla da alınabilmektedir.

Uzman sistem ile yapılan iki adet örnek dragline seçim oturumları EK-3'de verilmektedir.

13. Sonuçlar ve Öneriler

13.1. Sonuçlar

Proje kapsamında gerçekleştirilen bir dizi çalışma sonucunda aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlar elde edilmiştir.

- Projenin ana amacı dragline ile örtü-kazı yapılması planlanan yerüstü ocaklarda uygulanabilecek örtü-kazı metodlarının araştırılması, her bir metodun gerektirdiği dragline ve ocak boyutlarının belirlenmesi, bunların formülize edilmesi ve bunların bir uzman sistem çatısı altında birleştirilmesi olarak belirlenmiştir.

Proje kapsamında geliştirilen örtü-kazı metodu modelleri başlıca iki ana grup altında toplanmaktadır. Bunlar tekrar kazı içermeyen ve tekrar kazı içeren yöntemler olarak adlandırılabilirler. Aynı zamanda, proje kapsamında geliştirilen örtü-kazı metodu modelleri tek veya iki dragline kullanımına izin veren modeller olarak ikiye ayrılabilirler. Buna göre tekrar kazı içermeyen örtü-kazı metodları;

1. direkt yana döküm metodu,
2. basamak azaltmalı örtü-kazı metodu,
3. iki dilimli direkt yana döküm metodu olarak sıralanabilir.

Tekrar kazı içeren örtü-kazı metodları ise;

4. uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodu,
5. iki dilimde uzatılmış basamak ile örtü-kazı metodu,
6. geri çekimli örtü-kazı metodu,
7. iki dilimde geri çekimli örtü-kazı metodu olarak sıralanabilirler.

Yukarıda bahsedilen dragline üretim yöntemlerinden iki dilimde kazı yapılması planlanan metodlar hem tek hem de iki dragline çalıştırabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bunların arasındaki ilk metod iki dilimli direkt yana döküm metodu'dur. Bu örtü-kazı yönteminde tek dragline iki dilimde de örtü-kazı yapabilir veya her bir dilimde ayrı bir dragline çalışabilir. Ancak, tek dragline'in iki dilimde de kazı yapabilmesi için her iki dilimin de gerektirdiği boyutsal parametreleri sağlaması gerekmektedir. İki dragline kullanımına izin veren diğer metodlar ise tek veya iki dilimde geri çekimli örtü-kazı yöntemleri ile iki dilimde tekrar kazı metodudur. Bu metodlarda da aynı dragline'in her iki dilimde veya pasa tarafında çalışabilmesi için ayrı ayrı tüm boyutsal kısıtları karşılaması gerekmektedir.

- Dragline örtü-kazı metodu modelleri tasarımı oldukları her bir üretim sisteminin gerektirdiği dragline ve dilim boyutu parametrelerini kapsamaktadır. Bunların arasında genel olarak, tekrar kazı içermeyen sistemlerde;

1. her bir dragline için gerekli kazı derinliği,
2. her bir dragline için gerekli dökme yüksekliği,
3. her bir dragline için boş dilime dökülen pasa yığını yüksekliği,
4. gerekli dilim genişliği parametreleri sayılabilir.

Tekrar kazı içeren yöntemlerde ise;

5. uzatılmış basamak genişliği,
6. boş dilime dökülen pasa yığını genişliği,
7. boş dilimde oluşturulan oturma tabanı yüksekliği,
8. boş dilimde oluşturulan oturma tabanı genişliği,
9. tekrar kazı yapılacak alan,
10. tekrar kazı oranı,
11. tekrar kazı yapması planlanan dragline için gerekli dökme yarıçapı,
12. tekrar kazı yapması planlanan dragline için gerekli dökme yüksekliği,
13. tekrar kazı yapması planlanan dragline için gerekli kazı derinliği parametreleri modellenmiştir.

- Proje kapsamında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı yaklaşık 200 adet dragline'dan oluşmaktadır ve veri tabanını hazırlamak için ülkemizde de dragline'ları bulunan üç firmanın kataloglarından yararlanılmıştır. Bu çalışmanın amacı örtü-kazı modellemesi yapan programların çalışmaları sırasında kullanılacak dragline'ları bulabilmeleri için uygun bir dragline topluluğu oluşturmaktır. Geliştirilen sistemin mantığına göre modelleme programları daha sonra detaylı inceleme için veri tabanında verilen koşullara uygun dragline araştırması yaparlar ve uygun olanları seçerler.

Dragline veri tabanı için bir adet işleme programı geliştirilmiştir. Bu program yardımıyla kullanıcı, istediği dragline'in bilgileri erişip, değiştirebilir ve verileri saklayabilir. Böylece programların dragline'ları kayıtları değişik halde sınamaları sağlanabilmektedir.

Veri tabanında bulunan kayıtların bir kısmı boyutsal diğer bir kısmı da çalışma parametreleridir. Bunlar;

1. Toplam çalışma ağırlığı,
2. Bom uzunluğu,
3. Bom açısı,
4. Çalışma yarıçapı,
5. Dökme yüksekliği,
6. Kazı derinliği,
7. Oturma tabanı çapı,
8. Oturma tabanı alanı,
9. Oturma basıncı,
10. Kaldırılabilen en fazla yük,
11. Arka açıklık yarıçapı,
12. Arka açıklık yüksekliği,
13. Bom ayağı yarıçapı,
14. Bom ayağı yüksekliği,
15. Ayaklar arası mesafe,
16. Bir adım boyu,
17. Yürüme hızı parametreleridir.

- Proje çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalardan birisi de modellemesi yapılan dragline örtü-kazı sistemleri ile ilgili bilgisayar programları geliştirmek olmuştur. Bu modeller tamamen boyutsal ocak analizi yapmak için tasarlanmıştır. Diğer bir deyişle, herhangi bir model, verilen koşullar altında bir dragline'in gerekli boyutsal parametrelerini araştırmakta ve veri tabanında uygun olan dragline'ları ayırmaktadır.

Örtü-kazı modellemesi yapan programlar text ve grafik çıktı verebilmektedir. Text çıktılar genellikle gerekli boyutların, tekrar kazı oranları gibi kritik parametrelerin ve uygun dragline'ların tablo halinde sunulması için, grafik çıktılar ise tasarlanan dilim geometrisinin görsel sunumu için geliştirilmiştir. Grafik çıktılar aynı zamanda hazırlandıkları metodun safhalarını gösterebilmek için 3 sayfaya kadar olabilmektedirler. Grafik çıktılar aynı zamanda hem bilgisayar ekranına hem de bir plotter'a gönderilebilmektedir. Grafik çıktılar için bilgisayar grafik kartı olarak VGA yeterli olmaktadır. Ancak kağıt üzerinde çıktılar ancak Hewlett-Packard (HP) 7475A tipi bir plotter'dan alınabilmektedir. Bunun sebebi ise grafik çıktılarının plotter'a kendi komutları yollanarak alınabilmesidir ve her plotter üreticisinin kendi plotter programlama dili vardır. Bu yüzden ODTÜ Maden Müh. Böl.'de bulunan HP 7475-A tipi bir plotter kullanılmıştır.

- Örtü-kazı modellerinden boyutsal parametreleriyle seçilen dragline'ların üretim kapasitelerini sınavabilmek için bir örtü-kazı simülatörü geliştirilmiştir. Bu model, dragline'ların yalnızca örtü-kazı operasyonu değil, aynı zamanda hareket ettikleri ve bu işlemler sırasında planlanan veya planlanmayan gecikmelere yol açılabildiği için tasarlanmıştır. Simülasyon modeli, verilen belirli bir sürede istenen miktardaki örtü-kazı işleminin yapılıp yapılamıyacağını denemekte ve örtü-kazı modelleri tarafından seçilen ve boyutsal kısıtları atlatan dragline'ları denemektedir.
- Proje kapsamında gerçekleştirilen diğer bir çalışma da örtü-kazı maliyetinin belirlenmesi için bir model geliştirmek olmuştur. Bu çalışmanın amacı en düşük maliyetli dragline'ı seçmektir. Uzman sistemin yapılan oturum sonunda bir dragline önerebilmesi için son adım olan bu program, yıllık toplam yatırım ve işletme maliyetleri ile yapılan 1 m³'lük örtü-kazının maliyetini hesaplamakta ve kullanıcıya sunmaktadır.
- Projenin son aşaması yukarıda belirtilen çalışmaların bir uzman sistem çatısı altında birleştirilmesi olmuştur. Sisteme beslenen girdi parametreleri ile öncelikle tekrar kazı içermeyen ve daha sonra ise tekrar kazı içeren boyutsal modeller çalıştırılmakta, daha sonra bu modeller tarafından seçilen dragline'lar üretim simülasyonuna tabi tutulmakta ve en sonunda da maliyet modeli ile üretim maliyetleri hesaplanmaktadır. Maliyet modelinde en ekonomik üretim yapabilen dragline ise kullanıcıya sunulmaktadır.

13.2. Öneriler

- Proje kapsamında hazırlanan veri tabanı halen üç üretici firma tarafından üretilen dragline'lardan oluşmuştur. Bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda diğer firmalar tarafından üretilen ekipmanların da veri tabanına dahil edilmesi ile uzman sistem içinde herhangi bir koşul için daha fazla alternatif elde edilmesi mümkün olacaktır.
- Proje kapsamında gerçekleştirilen dilim geometrisi çalışmalarında yerüstü ocaklarda bir adet yatay veya yataya çok yakın eğimde damar olduğu öngörülmüştür. Bundan sonra gerçekleştirilecek dilim geometrisi çalışmalarında
 1. birden fazla damar olduğu zaman uygulanabilecek örtü-kazı metotları ve
 2. damarların eğimli olması durumunda uygulanabilecek örtü-kazı metotlarının dahil edilmesi ile uzman sistemin çözüm üretebileceği durum sayısı artabilecektir.
- Proje kapsamında yalnızca dragline dominant örtü-kazı sistemleri incelenmiştir. Bundan sonra gerçekleştirilebilecek çalışmalarda yerüstü ocaklarda örtü-kazı operasyonları için uygulanabilecek diğer sistemlerin de incelenmesi ve dragline örtü-kazı sistemi ile beraber uygulanma olanaklarının araştırılması, yalnızca dragline sistemlerinin uygulanamayacağı durumlarda daha kapsamlı bir üretim tasarım çalışmasının geliştirilebilmesi için yararlı olabilecektir.
- Dragline örtü-kazı metotlarında çevreye verilecek etkilerin minimal düzeye indirilebilmesi için üretim modellerinin bu konu göz önüne alınarak geliştirilmesi faydalı olacaktır. Söz gelimi, cevher üzeri formasyonlarda bulunan asidik pasa bantlarının hava ve su ile temaslarının önlenmesi için pasa yığınlarında alt taraflara gömülmeleri ve bunun için gerekli olan selektif örtü-kazı yöntemlerinin geliştirilmesine ağırlık verilmesi yararlı olacaktır.

REFERANSLAR

Anonim, *Surface Mining Supervisory Training Program*, Bucyrus-Erie Company, Milwaukee, USA, (1977a), pp:224.

Anonim, *Economics of Large-Scale Surface Coal Mining Using Simulation Models*, Fluor Utah Inc., and Bonner and Moore Associates, Inc., National Technical Information Service, Springfield, (1977b), pp:246.

Anonim, *Walking Draglines, Terminology/Application/Selection*, Bucyrus-Erie Company, Milwaukee, USA, (1978), pp:24.

Anonim, *Draglines Dominate Stripping*, *Mining Engineering*, May, 547-549, (1980).

Anonim, *The Fundamentals of the Dragline*, Marion Division of INDRESCO Inc., Marion, USA, (1993), pp:28.

Anonim, *User's Manual of Kappa-PC*, IntelliCorp, Inc., Vols, I-II-III-IV, USA, (1992), pp:1089.

Anonim, *Walking Dragline Specifications*, Bucyrus-Erie Company, Milwaukee, USA, (1994), pp:14.

Anonim, *Walking Dragline Specifications*, Harnischfeger Corporation, Milwaukee, USA, (1988), pp:10.

Anonim, *Walking Dragline Specifications*, Marion Division of Indresco Corporation, Marion, USA, (1982), pp:11.

Artan, K., *A Computer Simulation Model for the Walking Dragline*, (Master Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (1990).

Bandopadhyay, S., Ramani, R. V., *Digital Simulation of Dragline deployment Schemes*, *16th APCOM Symposium*, University of Arizona, Tucson, (1979), pp:431-448.

Bandopadhyay, S., sundararajan, A., *Simulation of a Multi-seam dragline operation in a Sub-arctic Mine*, *CIM Bulletin*, September, 47-53, (1986).

Chironis, N. P., *Spoil-Side Stripping Succeeds*, *Coal Age*, April, 48-53, (1983).

Cook, F., Lappi, L. R., *Operating Guidelines for Dragline Stripping Operations; Analysis of Tandem Systems*, Mathtech Inc., Volume I, U.S. Department of Energy, Princeton, (1979), pp:474.

Denby, B., Schofield, D., *Dragline Selection Using Intelligent Computer Techniques*, *Trans. Instn Min Metall (Sect. A:Min Industry)*, May-August, A79-A84, (1992).

- Fishler, S. V., Trend in Dragline Design, *American Mining Congress*, Las Vegas, (1986), pp:1-15.
- Gibson, D.F., Mooney, E.L., A Mathematical Programming Approach to the Selection of Stripping Technique and Dragline Size for Area Surface Mines, *17th APCOM Symposium*, Pennsylvania State Univ. University Park, (1982), pp:500-521.
- Halaç, O., *İşletmelerde Simülasyon Teknikleri*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No:2936, İstanbul, (1982), pp:273.
- Hrebar, M. J., Dağdelen, K., Equipment Selection Using Simulation of Dragline Stripping Methods, *16th APCOM Symposium*, University of Arizona, Tucson, (1979), pp:449-461.
- Law, M. A., Kelton, W. D., *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw-Hill Series in Industrial Engineering, New York, (1982), pp:400.
- Lee, C.D., A Multi-Seam Dragline Mine Planning Simulator for Personal Computers, *Mine Planning and Equipment Selection*, Rotterdam, (1988), pp:397-408.
- Michaud, L.H., Calder, P.N., Computerized Dragline Mine Planning, *Mine Planning and Equipment Selection*, Rotterdam, (1988), pp:353-357.
- Özdoğan, M., Çekmekepçe (Dragline) Örtükazı Yöntemleri ve Tunçbilek Uygulaması, *Madencilik*, Haziran, 25-42, (1984).
- Parlak, T., *Uygulamalı Kömür Açık İşletmeciliği*, TKİ-MLİ Müessesesi, Bursa, (1993), pp:216.
- Reddy, V. R., Dhar, B. B., Dragline Performance in Openpit Indian Coal Mines, *Mine Planning and Equipment Selection*, (1988), pp:341-346.
- Rodriguez, R., Berlanga, J. M., Ibarra, M. A., Mathematical Expressions for Simulating a Dragline Mining System, *Int. J. of Surface Mining (IJSM)*, 2, 217-225, (1988a).
- Rodriguez, R., Berlanga, J. M., Ibarra, M. A., Mathematical Expressions for Simulating a Dragline Mining System, *Mine Planning and Equipment Selection*, Rotterdam, (1988), pp:409-420.
- Ross, S. M., *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, John Wiley and Sons, New York, (1987), pp:492.
- Sadri, R.J., Lee, C.D., Optimization of Single and Multiple Seam Dragline Mines Through Simulation, *17th APCOM Symposium*, Pennsylvania State Univ. University Park, (1982), pp:642-654.
- Seymour, C. A., Dragline Stripping: Extended Bench Method, *World Coal*, April, 23-26, (1979).

Speake, C., Finch, T. E., Haley, D. R., Calculating Dragline Reach Requirements for Western Surface Mines, *Mining Engineering*, May, 35-37, (1977).

Stuart, N.J., Cobb, J., Two Approaches to the Computerized Planning of Dragline Operations, *Computer Applications in the Mineral Industry*, Rotterdam, (1988), pp:23-31.

Walker, S., Today's Dragline Technology, *World Mining Equipment*, May, 32-36, (1993).

Wolski, J.K., Prince, D.R., Comparison Between Various Overburden Stripping Methods for Texas lignite Mines, *Use of Computers in Coal Industry II*, (1986), pp:297-308.

TEŞEKKÜR

Bu alıŐmayı desteklemeye değer bulup kaynak ayıran Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Yer, Deniz ve Atmosfer Bilimleri evre Araştırma Gurubu (YDABAG) Sekreterlięine gösterdikleri destekten dolayı teşekkür ederiz.

Proje çerçevesinde desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. A. Günhan Paşamehmetoğlu'na teŐekkürü borç biliriz.

Yazarlar proje final raporu yazımı ve basımı iŐlemlerinde yardımcı olan Őehmuz IŐın ve Tamer IŐın'a teşekkür ederler.

EKLER

EK-1
Örtü-Kazı Modellerinde Bulunan Terimler Dizini

Örtü-Kazı Modellerinde Kullanılan Terimler Dizini

Simge	Açıklama
R_{dr}	Dragline Çalışma Yarıçapı, (m)
R_d	Dragline Dökme Yarıçapı, (m)
r	Dragline Etkin Dökme Yarıçapı (kömür damarı dibinden ölçüldüğünde), (m)
H_{dr}	Dragline Dökme Yüksekliği, (m)
D_{dr}	Dragline Kazı Derinliği, (m)
H_o	Pasa Tabakası Kalınlığı, (m)
H_{US}	Üst Dilim Kalınlığı, (m)
H_{LS}	Alt Dilim Kalınlığı, (m)
H_a	Azaltılan Basamak Kalınlığı, (m)
H_c	Kömür Damarı Kalınlığı, (m)
W	Dilim Genişliği, (m)
W_a	Azaltılan Basamak Genişliği, (m)
W_{eb}	Boş Ocakta Hazırlanan Pasa Basamağının Genişliği, (m)
f_s	Malzeme Kabarma Faktörü, (.00)
Φ_o	Şev Açısı, (°)
Φ_c	Kömür Damarı Açısı, (°)
θ	Pasa Yığını Açısı, (°)
h_s	Pasa Yığını Yüksekliği, (m)
h_{sp}	Boş Ocağa Dökülen Pasa Yığını Yüksekliği, (m)
h_{sb}	Boş Ocakta Oluşturulan Pasa Basamağı Yüksekliği, (m)
h_i	Formülasyonlarda Kullanılan Ara Yükseklik Değişkenleri ($i=1,2,\dots,n$), (m)
L_i	Formülasyonlarda Kullanılan Ara Uzunluk Değişkenleri ($i=1,2,\dots,n$), (m)
A_{\odot}	Formülasyonlarda Kullanılan ve Çıkarılması Gereken Alanlar ($i=1,2,\dots,n$), (m^2)
A_{tk}	Tekrar Kazı Yapılması Gereken Alan, (m^2)
A_{Ri}	Tekrar Kazı Yapılması Gereken Alt Alanlar, ($i=1,2,\dots,n$), (m^2)
O_{tk}	Tekrar Kazı Oranı, (%)
$A_{dök}$	Boş Ocağa Dökülen Alan (Dilim Parametreleri İle Hesaplandığında), (m^2)
ACS	Boş Ocağa Dökülen Alan, (Kabarmış halde), (m^2)
ACB	Boş Ocağa Dökülen Alan (Yerinde), (m^2)
A_{total}	Boş Ocağa Dökülen Alan (Boş Ocak Parametreleri İle Hesaplandığında), (m^2)

EK-2
Dragline Veri Tabanları

Bucynus-Ene Dragline'leri Çalışma Boyutları

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Born Uzunluğu (m)	Born Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dokime Yüksekliği (m)	Kaz Derinliği (m)	Çukurluk Çapı (m)	Çukurluk Alanı (m ²)	Çukurluk Basıncı (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Açıklık Yarıçapı (m)	Born Açığı Yarıçapı (m)	Born Açığı Yüksekliği (m)	Ayaklar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürüne Hız (m/s)
380W-1	459293	42.7	40	35.1	18.9	22.9	9.1	66	69.93	36288	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-2	459293	42.7	35	37.2	16.2	22.9	9.1	66	69.93	34020	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-3	459293	42.7	30	39.3	13.1	22.9	9.1	66	69.93	32206	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-4	494265	51.8	40	42.1	25.0	30.5	9.1	66	75.25	29030	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-5	494265	51.8	35	44.8	21.3	30.5	9.1	66	75.25	27216	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-6	494265	51.8	30	47.2	18.0	30.5	9.1	66	75.25	25855	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-7	523296	61.0	40	49.1	31.7	38.1	9.1	66	79.67	22680	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-8	523296	61.0	35	52.4	27.4	38.1	9.1	66	79.67	21319	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
380W-9	523296	61.0	30	55.2	23.2	38.1	9.1	66	79.67	20412	9.4	1.1	1.6	12.7	2.29	644
480W-1	700812	53.3	40	46.9	21.9	24.4	11.0	95	74.10	37195	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-2	700812	53.3	35	49.7	18.3	28.0	11.0	95	74.10	37195	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-3	700812	53.3	30	52.1	14.3	32.0	11.0	95	74.10	37195	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-4	721224	59.4	40	51.5	25.9	20.4	11.0	95	76.26	36288	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-5	721224	59.4	35	54.6	21.6	25.9	11.0	95	76.26	34474	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-6	721224	59.4	30	57.3	17.4	33.5	11.0	95	76.26	32659	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-7	746172	65.5	40	56.1	32.6	21.3	11.0	95	78.90	31752	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-8	746172	65.5	35	59.7	28.0	25.9	11.0	95	78.90	29938	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
480W-9	746172	65.5	30	62.8	23.2	35.1	11.0	95	78.90	28123	11.6	1.4	5.1	15.1	2.24	241
680W-1	1011528	57.9	34	51.2	24.4	45.7	11.9	111	91.11	70308	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-2	1011528	57.9	30	53.3	21.0	48.8	11.9	111	91.11	65772	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-3	1018332	68.6	40	55.5	36.3	48.8	11.9	111	91.73	56700	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-4	1018332	68.6	34	60.0	30.8	48.8	11.9	111	91.73	54432	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-5	1029672	79.2	40	63.7	42.7	57.9	11.9	111	92.75	47628	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-6	1029672	79.2	34	68.6	36.6	57.9	11.9	111	92.75	43092	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
680W-7	1045548	89.9	34	77.4	44.8	57.9	11.9	111	94.18	36288	15.5	1.5	1.9	16.6	2.24	290
1260W-1	1716876	69.2	31	65.5	25.6	39.6	16.8	221	77.78	90720	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-2	1755432	71.9	34	65.8	30.5	33.5	16.8	221	79.53	90720	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-3	1755432	71.9	30	68.6	25.9	38.1	16.8	221	79.53	88906	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-4	1764504	79.2	35	71.3	35.4	41.1	16.8	221	79.94	81648	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-5	1764504	79.2	30	75.0	30.5	45.7	16.8	221	79.94	74844	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-6	1766772	87.0	38	75.0	44.2	35.1	16.8	221	80.05	72576	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-7	1766772	87.0	30	81.7	35.7	45.7	16.8	221	80.05	62143	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241
1260W-8	1769040	92.0	38	78.9	48.8	30.5	16.8	221	80.15	64411	15.8	2.7	5.2	23.5	2.18	241

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Bom Uzunluğu (m)	Bom Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Doğru Yüsek (m)	Kazı Derinliği (m)	Ornma Tabanı Çapı (m)	Ornma Alanı (m ²)	Ornma Basıncı (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Açlık Yarıçapı (m)	Açlık Yüsek (m)	Bom Ağırlık Yarıçapı (m)	Bom Ağırlık Yüsek (m)	Ayakkır Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürüne Hız (m/s)
1260W-9	1769040	92.0	30	86.0	38.1	53.3	16.8	221	80.15	54432	15.8	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-1	2109240	79.2	38	68.6	37.2	41.1	16.8	221	95.56	106596	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-2	2109240	79.2	30	75.0	28.0	50.3	16.8	221	95.56	106596	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-3	2154600	87.0	38	75.0	42.7	50.3	16.8	221	97.62	102060	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-4	2154600	87.0	30	81.7	32.6	59.4	16.8	221	97.62	92988	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-5	2154600	92.0	38	78.9	45.7	47.2	16.8	221	97.62	95256	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-6	2154600	92.0	30	86.0	35.1	61.0	16.8	221	97.62	86184	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-7	2222640	99.1	38	84.4	50.9	47.2	16.8	221	100.70	74844	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1300W-8	2222640	99.1	30	92.0	39.6	61.0	16.8	221	100.70	65772	17.4	2.7	5.2	5.2	23.5	2.18	241
1350W-1	2677601	86.9	38	77.7	38.1	45.7	17.7	245	109.09	102060	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1350W-2	2677601	86.9	30	84.4	28.0	51.8	17.7	245	109.09	95256	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1350W-3	2743010	93.0	38	82.3	43.3	45.7	17.7	245	111.75	97524	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1350W-4	2743010	93.0	30	89.6	32.6	51.8	17.7	245	111.75	90720	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1350W-5	2770044	99.1	38	87.2	48.8	45.7	17.7	245	112.85	92988	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1350W-6	2770044	99.1	30	94.8	37.2	51.8	17.7	245	112.85	83916	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-1	2829058	86.9	38	77.7	38.1	45.7	17.7	245	115.26	120204	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-2	2829058	86.9	30	84.4	28.0	51.8	17.7	245	115.26	115668	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-3	2872785	93.0	38	82.3	41.8	45.7	17.7	245	117.04	117936	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-4	2872785	93.0	30	89.6	31.1	51.8	17.7	245	117.04	108864	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-5	2918009	99.1	38	87.2	45.7	45.7	17.7	245	118.88	113400	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1360W-6	2918009	99.1	30	94.8	34.1	51.8	17.7	245	118.88	104328	20.1	2.4	7.6	4.4	24.8	2.59	225
1370W-1	2903494	86.9	38	77.7	38.1	29.0	19.4	294	98.69	138348	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-2	2903494	86.9	30	84.4	28.0	50.3	19.4	294	98.69	127008	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-3	3022790	94.5	38	83.8	42.7	33.5	19.4	294	102.74	129276	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-4	3022790	94.5	30	91.1	32.0	44.2	19.4	294	102.74	117936	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-5	3070872	97.5	38	86.3	44.8	35.1	19.4	294	104.37	127008	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-6	3070872	97.5	30	93.9	33.5	45.7	19.4	294	104.37	115668	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1370W-7	3075408	99.1	38	87.5	45.7	48.8	19.4	294	104.53	129730	20.7	2.4	7.9	4.3	27.2	2.59	225
1570W-1	3685500	94.5	38	83.8	42.7	48.8	20.1	318	115.95	181440	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570W-2	3685500	94.5	30	91.1	32.6	61.0	20.1	318	115.95	170100	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570W-3	3730860	97.5	38	86.3	44.8	53.3	20.1	318	117.38	176904	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570W-4	3730860	97.5	30	93.9	34.4	61.0	20.1	318	117.38	163296	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570W-5	3776220	105.2	38	92.4	50.3	48.8	20.1	318	118.81	165564	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225

Model	Çalısma Ağırlığı (kg)	Born Uzunluğu (m)	Born Açısı (°)	Çalısma Yarıçapı (m)	Doküne Yüksek (m)	Kazan Derinliği (m)	Örümce Tabanı Çapı (m)	Örümce Alanı (m ²)	Örümce Basıncı (kPa)	Makamun Yık (kg)	Apağık Yarıçapı (m)	Apağık Yüksek (m)	Born Yarıçapı (m)	Born Yüksek (m)	Ayaklar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürüne Hız (m/s)
1570W-6	3776220	105.2	30	100.6	39.6	61.0	20.1	318	118.81	142884	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570W-7	3753540	99.1	38	87.5	45.7	53.3	20.1	318	118.10	176904	21.4	2.4	7.9	4.3	28.0	2.59	225
1570WS-1	4740120	103.6	30	99.7	37.5	61.0	20.1	318	149.14	208656	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-2	4740120	103.6	34	96.0	42.7	61.0	20.1	318	149.14	219996	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-3	4740120	103.6	38	91.7	47.9	61.0	20.1	318	149.14	235872	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-4	4649400	109.7	30	105.2	41.1	61.0	20.1	318	146.28	183708	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-5	4649400	109.7	34	100.9	47.2	61.0	20.1	318	146.28	195048	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-6	4649400	109.7	38	96.6	53.0	61.0	20.1	318	146.28	208656	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-7	4558680	115.8	30	110.3	44.5	61.0	20.1	318	143.43	156492	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-8	4558680	115.8	34	106.1	51.2	61.0	20.1	318	143.43	172368	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-9	4558680	115.8	38	101.2	57.6	61.0	20.1	318	143.43	188244	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-10	4513320	121.9	30	115.5	48.2	61.0	20.1	318	142.00	142884	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-11	4513320	121.9	34	111.3	55.2	61.0	20.1	318	142.00	151956	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
1570WS-12	4513320	121.9	38	106.1	61.6	61.0	20.1	318	142.00	167832	25.8	2.9	8.3	4.7	28.0	2.18	214
2570W-1	5656392	103.6	30	100.6	36.0	51.8	22.6	400	141.57	235872	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-2	5656392	103.6	34	96.0	42.7	54.9	22.6	400	141.57	249480	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-3	5656392	103.6	38	92.7	47.2	45.7	22.6	400	141.57	265356	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-4	5692680	109.7	30	104.5	36.9	48.8	22.6	400	142.47	215460	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-5	5692680	109.7	34	100.9	45.1	45.7	22.6	400	142.47	229068	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-6	5692680	109.7	38	97.5	49.1	42.7	22.6	400	142.47	242676	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-7	5799276	115.8	30	111.3	39.9	51.4	22.6	400	145.14	210017	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-8	5799276	115.8	34	105.8	48.2	48.8	22.6	400	145.14	223625	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-9	5799276	115.8	38	102.1	53.0	45.7	22.6	400	145.14	237233	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-10	5996592	121.9	30	116.4	43.0	54.9	22.6	400	150.08	205027	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-11	5996592	121.9	34	110.9	51.8	51.8	22.6	400	150.08	218635	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570W-12	5996592	121.9	38	107.0	57.0	48.8	22.6	400	150.08	232243	24.4	4.3	9.1	4.9	31.9	2.59	241
2570WS-1	6305040	109.7	30	106.1	36.9	61.0	24.4	467	135.02	288036	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-2	6305040	109.7	35	100.9	44.5	61.0	24.4	467	135.02	299376	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-3	6305040	109.7	38	97.5	49.1	61.0	24.4	467	135.02	306180	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-4	6463800	115.8	30	111.3	39.9	61.0	24.4	467	138.42	274428	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-5	6463800	115.8	35	105.8	48.2	61.0	24.4	467	138.42	283500	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-6	6463800	115.8	38	102.1	53.0	61.0	24.4	467	138.42	290304	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241
2570WS-7	6622560	121.9	30	116.4	43.3	61.0	24.4	467	141.82	260820	27.6	4.4	9.1	5.0	34.3	2.59	241

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Born Uzunluğu (m)	Born Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dönerme Yarıçapı (m)	Kazan Derinliği (m)	Ölçüm Tabanı Çapı (m)	Ölçüm Alanı (m ²)	Ölçüm Basıncı (kPa)	Makulünm Yük (kg)	Açıklık Yarıçapı (m)	Born Açıklık Yarıçapı (m)	Born Açıklık Yarıçapı (m)	Born Açıklık Yarıçapı (m)	Ayakkal Arası Mesafe (m)	Bur Adım Boyu (m)	Yürüme Hız (m/s)
2570WS-8	6622560	121.9	35	110.9	51.8	61.0	24.4	467	141.82	272160	27.6	9.1	9.1	9.1	34.3	2.59	241
2570WS-9	6622560	121.9	38	107.0	57.0	61.0	24.4	467	141.82	280325	27.6	9.1	9.1	9.1	34.3	2.59	241
2570WS-10	6792660	128.0	30	121.9	46.3	67.1	24.4	467	145.46	244944	27.6	9.1	9.1	9.1	34.3	2.59	241
2570WS-11	6792660	128.0	35	115.8	55.5	67.1	24.4	467	145.46	256284	27.6	9.1	9.1	9.1	34.3	2.59	241
2570WS-12	6792660	128.0	38	111.9	61.0	67.1	24.4	467	145.46	265356	27.6	9.1	9.1	9.1	34.3	2.59	241

Marion Dragline'lerin Çalışma Boyutları

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Boom Uzunluğu (m)	Boom Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dökme Yüksekliği (m)	Kazı Derinliği (m)	Çürüme Tabanı Çapı (m)	Çürüme Alanı (m ²)	Çürüme Basınç (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Açıklık Yarıçapı (m)	Açıklık Yüksekliği (m)	Boom Ayarlı Yarıçapı (m)	Boom Ayarlı Yüksekliği (m)	Ayrılar Arası Mesafe (m)	Bar Adını Boyu (m)	Yürüme Hızı (m/s)
7200-1	199017	30.5	39	27.4	13.6	11.2	7.3	42	47.35	18053	10.1	1.2	3.3	2.0	10.1	1.83	257
7200-2	209790	36.6	36	33.5	15.8	15.2	7.3	42	49.92	16012	10.1	1.2	3.3	2.0	10.1	1.83	257
7200-3	214326	41.1	33.5	38.1	17.8	18.4	7.3	42	51.00	13869	10.1	1.2	3.3	2.0	10.1	1.83	257
7250-1	498960	42.7	38	37.5	18.3	30.5	9.1	66	75.98	36288	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-2	498960	42.7	34	39.3	15.8	33.5	9.1	66	75.98	34020	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-3	498960	42.7	30	40.8	14.3	35.1	9.1	66	75.98	32659	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-4	498960	48.8	38	42.4	23.2	32.0	9.1	66	75.98	31752	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-5	498960	48.8	34	44.5	20.4	35.1	9.1	66	75.98	29938	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-6	498960	48.8	30	46.3	17.4	38.1	9.1	66	75.98	29030	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-7	498960	54.9	38	47.2	26.8	33.5	9.1	66	75.98	28577	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-8	498960	54.9	34	49.4	23.8	36.6	9.1	66	75.98	27216	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-9	498960	54.9	30	51.5	20.7	39.6	9.1	66	75.98	25855	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-10	498960	61.0	38	52.1	30.8	36.6	9.1	66	75.98	25855	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-11	498960	61.0	34	54.6	26.8	39.6	9.1	66	75.98	24494	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7250-12	498960	61.0	30	56.7	23.2	44.2	9.1	66	75.98	22680	11.0	1.2	3.0	2.4	13.9	1.83	0
7450-1	680400	48.8	38	43.9	22.4	38.1	9.3	68	100.24	36288	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-2	680400	48.8	34	46.0	19.7	41.1	9.3	68	100.24	36288	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-3	680400	48.8	30	47.9	16.8	44.2	9.3	68	100.24	36288	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-4	680400	54.9	38	48.8	26.2	33.5	9.3	68	100.24	36288	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-5	680400	54.9	34	50.9	23.0	47.2	9.3	68	100.24	34020	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-6	680400	54.9	30	53.2	19.8	50.3	9.3	68	100.24	31752	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-7	680400	61.0	38	53.6	29.9	41.1	9.3	68	100.24	31752	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-8	680400	61.0	34	56.1	26.5	53.3	9.3	68	100.24	29484	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-9	680400	61.0	30	58.5	22.9	56.4	9.3	68	100.24	27216	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-10	680400	67.1	38	58.5	33.5	47.2	9.3	68	100.24	27216	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-11	680400	67.1	34	61.3	29.9	61.0	9.3	68	100.24	24948	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-12	680400	67.1	30	63.7	25.9	64.0	9.3	68	100.24	24948	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-13	680400	73.2	38	63.1	37.5	53.3	9.3	68	100.24	24948	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-14	680400	73.2	34	66.1	33.2	57.9	9.3	68	100.24	22680	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7450-15	680400	73.2	30	68.9	29.0	61.0	9.3	68	100.24	20412	11.9	1.4	4.9	3.0	14.0	1.83	0
7500-13R	771120	61.0	30	58.5	22.6	42.7	11.3	100	77.20	42638	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0
7500-14R	703080	61.0	32	57.3	25.8	28.7	11.3	100	70.39	35381	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0
7500-17	694008	61.0	36	55.2	25.8	27.4	11.3	100	69.48	38420	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0

Model	Çalınma Ağırlığı (kg)	Bom Uzunluğu (m)	Bom Açısı (°)	Çalınma Yarıçapı (m)	Dokane Yüksekliği (m)	Kaza Deneyiği (m)	Örtüme Taban Çapı (m)	Örtüme Alanı (m ²)	Örtüme Basıncı (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Açılış Yarıçapı (m)	Açılış Yüksekliği (m)	Bom Açılış Yarıçapı (m)	Bom Açılış Yüksekliği (m)	Ayaklar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yönüne Fizi (m/sa)
7500-18	771120	61.0	35	55.5	26.4	32.2	11.3	100	77.20	42638	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0
7500-21R	793800	61.0	37	54.3	24.4	42.7	11.3	100	79.47	48989	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0
7500-22	816480	54.9	30	53.3	16.8	36.6	11.3	100	81.74	48989	12.1	1.3	4.9	2.8	15.6	1.88	0
7620-3A	1206576	71.6	30.5	68.6	27.1	42.7	14.0	154	78.15	68040	16.3	1.5	5.6	3.6	19.5	2.13	0
7620-5A	1383480	91.4	32	83.8	38.4	46.9	14.0	154	89.61	49896	16.3	1.5	5.6	3.6	19.5	2.13	0
7620-8R	1428840	83.8	35	75.6	36.6	39.6	14.0	154	92.54	63504	16.3	1.5	5.6	3.6	19.5	2.13	0
7820-1	1750896	76.2	32	71.9	29.3	44.2	15.2	182	95.98	95256	16.3	2.2	6.2	4.1	21.6	2.13	0
7820-2	1406160	76.2	35	69.8	34.7	36.6	15.2	182	77.09	79380	16.3	2.2	6.2	4.1	21.6	2.13	0
7820-3	1778112	91.4	32	84.7	39.3	53.3	15.2	182	97.48	72576	16.3	2.2	6.2	4.1	21.6	2.13	0
7820-4	1428840	71.6	32.5	67.1	25.9	41.8	15.2	182	78.33	83916	16.3	2.2	6.2	4.1	21.6	2.13	0
7820-5	1791720	83.8	38	73.2	40.8	39.0	15.2	182	98.22	93895	16.3	2.2	6.2	4.1	21.6	2.13	0
8050-1	2744280	99.1	37	87.2	47.9	53.3	18.9	280	97.84	131544	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-2	2755620	99.1	37	87.2	47.9	53.3	18.9	280	98.25	131544	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-3	2880360	99.1	34.3	89.9	42.7	48.8	18.9	280	102.69	130637	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-4	2812320	99.1	34.3	89.9	42.7	48.8	18.9	280	100.27	127008	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-5	2789640	99.1	37	87.2	45.7	53.3	18.9	280	99.46	131544	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-6	2721600	76.2	30	74.1	25.0	47.2	18.9	280	97.03	136080	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-7	2857680	83.8	38.5	73.8	38.1	51.8	18.9	280	101.89	145152	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-8	2789640	83.8	38.5	73.8	38.1	51.8	18.9	280	99.46	145152	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-9	2903040	99.1	31	93.0	36.3	55.2	18.9	280	103.50	115668	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8050-10	2812320	99.1	40	83.8	48.8	51.8	18.9	280	100.27	136987	20.1	2.6	6.6	3.8	27.4	2.13	0
8200-1	3515400	99.1	35	89.0	41.1	48.8	19.8	308	114.03	163296	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8200-2	3402000	99.1	38	86.0	45.1	45.7	19.8	308	110.35	165564	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8200-3	3379320	91.4	35.8	82.3	39.6	36.6	19.8	308	109.62	172368	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8200-4	3560760	106.7	33	97.5	42.7	48.8	19.8	308	115.50	136080	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8200-5	3991680	106.7	36	94.5	42.7	44.2	19.8	308	129.48	151956	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8200-6	3515400	99.1	35	89.0	41.1	48.8	19.8	308	114.03	163296	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.06	0
8500-1	4037040	106.7	37	93.3	45.7	61.0	19.8	308	130.95	158760	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.13	0
8500-2	4127760	99.1	34	90.2	39.6	48.8	19.8	308	133.90	172368	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.13	0
8500-3	3923640	109.7	30	102.7	42.7	61.0	19.8	308	127.27	124740	21.9	3.4	6.6	4.6	28.7	2.13	0
8750-1	5080320	91.4	35	83.8	39.0	45.7	24.4	467	108.79	264449	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8750-2	5307120	102.1	36	91.4	45.7	45.7	24.4	467	113.65	215460	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8750-3	5692680	102.1	33	94.5	40.2	45.7	24.4	467	121.90	247212	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Born Uzunluğu (m)	Born Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dikey Yüke (m)	Kazı Derinliği (m)	Örme Tabanı Çapı (m)	Örme Alanı (m ²)	Örme Basıncı (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Açıklık Yarıçapı (m)	Açıklık Yüke (m)	Born Yarıçapı (m)	Born Ayarlı Yüke (m)	Ayaklar Arası Mesafe (m)	Bar Adını Boyu (m)	Yürme Hızı (m/sa)
8750-4	5896800	109.7	30	103.6	40.5	61.0	24.4	467	126.27	204120	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8750-5	5715360	102.1	36	91.4	45.7	45.7	24.4	467	122.39	256284	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8750-6	5806080	109.7	30	103.6	40.5	61.0	24.4	467	124.33	181440	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8750-7	5896800	102.1	32.5	102.1	40.2	45.7	24.4	467	126.27	259006	25.0	5.0	7.3	6.7	35.4	2.13	0
8950-1	6622560	94.5	33	88.7	37.8	48.8	27.4	591	112.05	351540	26.5	4.6	8.2	7.0	35.5	2.13	0
8950-2	7348320	94.5	33	89.0	36.6	50.3	27.4	591	124.33	412776	26.5	4.6	8.2	7.0	35.5	2.13	0
8950-3	7711200	109.7	31	103.6	36.6	45.7	27.4	591	130.47	283500	26.5	4.6	8.2	7.0	35.5	2.13	0

P&H-PAGE Dragline'lerin Çalışma Boyutları

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Bom Uzunluğu (m)	Bom Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dokine Yüksekliği (m)	Kaz Derinliği (m)	Ötürme Taban Çapı (m)	Ötürme Alanı (m ²)	Ötürme Basıncı (kPa)	Maximum Yük (kg)	Açılış Yarıçapı (m)	Açılış Yüksekliği (m)	Bom Yarıçapı (m)	Bom Açılış Yüksekliği (m)	Ayaktar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürütme Hızı (m/s)
2355-1	666338	42.7	30	39.9	20.1	33.5	0.0	54	17.54	45360	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-2	666338	42.7	35	38.1	23.2	32.0	0.0	54	17.54	45360	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-3	666338	42.7	40	35.7	26.2	30.5	0.0	54	17.54	45360	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-4	682668	48.8	30	45.4	23.2	33.5	0.0	54	17.97	40370	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-5	682668	48.8	35	43.0	26.8	32.0	0.0	54	17.97	42638	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-6	682668	48.8	40	40.5	30.2	30.5	0.0	54	17.97	45360	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-7	690379	54.9	30	50.6	26.2	39.6	0.0	54	18.18	32659	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-8	690379	54.9	35	47.9	30.2	38.1	0.0	54	18.18	34927	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-9	690379	54.9	40	45.1	34.1	36.6	0.0	54	18.18	36288	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-10	704441	61.0	30	55.8	29.3	39.6	0.0	54	18.55	27670	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-11	704441	61.0	35	53.0	33.8	38.1	0.0	54	18.55	28577	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
2355-12	704441	61.0	40	49.7	38.1	36.6	0.0	54	18.55	30845	11.3	2.8	2.2	4.8	11.3	0.00	1540
732-1	856850	53.3	30	53.6	19.2	30.5	11.3	100	12.20	45360	12.3	1.2	6.2	3.0	15.7	2.13	0
732-2	866830	58.5	30	57.9	22.3	36.0	11.3	100	12.34	40824	12.3	1.2	6.2	3.0	15.7	2.13	0
732-3	876809	61.3	30	60.4	23.8	37.2	11.3	100	12.48	36288	12.3	1.2	6.2	3.0	15.7	2.13	0
732-4	886788	64.6	30	63.4	25.9	39.6	11.3	100	12.63	31752	12.3	1.2	6.2	3.0	15.7	2.13	0
732-5	896767	71.3	30	69.2	29.9	38.1	11.3	100	12.77	24948	12.3	1.2	6.2	3.0	15.7	2.13	0
736-1	1276430	59.4	30	59.7	21.0	31.7	12.5	123	14.80	65772	16.0	1.3	7.4	3.0	18.5	2.13	0
736-2	1274616	61.6	30	61.6	22.3	33.8	12.5	123	14.78	61236	16.0	1.3	7.4	3.0	18.5	2.13	0
736-3	1084104	63.4	30	63.1	23.8	35.7	12.5	123	12.57	56700	14.4	1.3	7.4	3.0	17.8	2.13	0
736-4	1062785	65.8	30	65.2	25.3	38.4	12.5	123	12.32	52164	14.4	1.3	7.4	3.0	17.8	2.13	0
736-5	1054166	68.6	30	67.7	26.8	41.1	12.5	123	12.22	47628	14.4	1.3	7.4	3.0	17.8	2.13	0
736-6	1053713	72.8	30	71.3	29.3	44.2	12.5	123	12.22	43092	14.4	1.3	7.4	3.0	17.8	2.13	0
736-7	1053259	78.3	30	76.2	32.6	44.8	12.5	123	12.21	38556	14.4	1.3	7.4	3.0	17.8	2.13	0
740-1	1689206	67.4	30	67.4	23.2	36.0	15.2	182	13.17	90720	17.4	1.3	8.0	3.6	21.0	1.98	0
740-2	1696464	71.0	30	70.7	25.6	39.6	15.2	182	13.23	79380	17.1	1.3	8.0	3.6	21.0	1.98	0
740-3	1415232	68.0	30	68.0	25.6	38.1	13.7	148	13.62	68040	15.2	1.3	8.0	3.6	19.5	1.98	0
740-4	1704175	74.4	30	73.8	29.0	35.1	15.2	182	13.29	68040	17.1	1.3	8.0	3.6	21.0	1.98	0
740-5	1438819	72.8	30	72.2	29.0	39.6	13.7	148	13.85	56700	15.2	1.3	8.0	3.6	19.5	1.98	0
740-6	1712794	79.9	30	78.3	32.3	45.7	15.2	182	13.35	56700	17.1	1.3	8.0	3.6	21.0	1.98	0
740-7	1473293	81.1	30	79.2	34.1	51.8	13.7	148	14.18	40824	15.2	1.3	8.0	3.6	19.5	1.98	0
740-8	1730030	88.1	30	85.3	37.8	51.8	15.2	182	13.49	40824	17.1	1.3	8.0	3.6	21.0	1.98	0
752-1	2181816	82.3	30	82.3	29.9	47.2	17.1	229	13.56	108864	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0

Model	Cabına Ağırlığı (kg)	Bom Uzunluğu (m)	Bom Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Dökmeye Yükseklik (m)	Kaza Derinliği (m)	Öçürme Tabanı Çapı (m)	Öçürme Alanı (m ²)	Öçürme Baenası (dPa)	Maksimum Yük (kg)	Açıklık Yarapısı (m)	Açıklık Yükseklik (m)	Bom Ayığı Yarapısı (m)	Bom Ayığı Yükseklik (m)	Ayaktlar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürütme Hızı (m/s)
752-2	2170476	84.1	30	83.8	31.1	48.8	17.1	229	13.49	102060	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-3	1976335	75.3	30	76.2	26.8	42.1	17.1	229	12.28	102060	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-4	2180455	87.8	30	87.2	33.2	47.2	17.1	229	13.55	90720	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-5	2000376	78.9	30	79.6	29.0	45.7	17.1	229	12.43	90720	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-6	2197692	92.0	30	90.8	36.0	47.2	17.1	229	13.66	79380	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-7	2023963	83.8	30	83.8	32.0	50.3	17.1	229	12.58	79380	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
752-8	2211300	97.5	30	95.7	41.1	57.9	17.1	229	13.75	62143	18.4	1.4	9.9	3.7	24.6	2.07	0
757-1	4057452	97.8	30	97.5	35.1	51.8	21.3	358	16.14	181440	24.1	2.0	10.9	5.3	31.4	2.18	0
757-2	4055638	100.0	30	99.4	36.6	56.4	21.3	358	16.13	170100	24.1	2.0	10.9	5.3	31.4	2.18	0
757-3	3645583	90.8	30	91.4	32.0	51.5	21.3	358	14.50	170100	20.1	2.0	10.9	5.3	30.6	2.18	0
757-4	4052916	102.4	30	101.5	38.1	53.3	21.3	358	16.12	158760	24.1	2.0	10.9	5.3	31.4	2.18	0
757-5	3646037	95.1	30	95.1	34.4	55.8	21.3	358	14.50	158760	20.1	2.0	10.9	5.3	30.6	2.18	0
757-6	3646490	97.8	30	97.5	36.3	52.7	21.3	358	14.51	147420	20.1	2.0	10.9	5.3	30.6	2.18	0
757-7	3412433	101.5	30	100.6	38.7	62.5	18.7	276	17.59	136080	20.1	2.0	10.9	5.3	26.8	2.18	0
757-8	3421505	103.6	30	102.4	40.2	64.9	18.7	276	17.63	124740	20.1	2.0	10.9	5.3	26.8	2.18	0
757-9	3426948	106.7	30	105.2	42.1	68.3	18.7	276	17.66	113400	20.1	2.0	10.9	5.3	26.8	2.18	0
852-1	2218104	78.6	30	82.3	32.6	47.2	17.1	229	13.79	108864	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-2	2206764	80.5	30	83.8	34.1	47.2	17.1	229	13.72	102060	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-3	2012623	71.6	30	76.2	29.6	42.1	17.1	229	12.51	102060	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-4	2216743	84.4	30	87.2	36.3	42.7	17.1	229	13.78	90720	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-5	2036664	75.6	30	79.6	32.0	45.7	17.1	229	12.66	90720	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-6	2233980	88.4	30	90.8	39.0	45.7	17.1	229	13.89	79380	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-7	2060251	80.5	30	83.8	35.1	48.8	17.1	229	12.81	79380	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852-8	2247588	94.2	30	95.7	44.2	57.9	17.1	229	13.97	62143	18.4	1.4	12.6	6.5	24.6	2.07	0
852LR-1	3015986	89.6	30	88.7	32.6	51.8	18.3	263	16.33	140616	21.2	1.8	9.4	5.2	26.7	2.19	0
852LR-2	3024151	92.7	30	91.1	34.4	54.9	18.3	263	16.37	129276	21.2	1.8	9.4	5.2	26.7	2.19	0
852LR-3	3034584	95.4	30	93.6	36.3	57.9	18.3	263	16.43	117936	21.2	1.8	9.4	5.2	26.7	2.19	0
852LR-4	3045017	98.1	30	96.0	38.1	61.0	18.3	263	16.49	106596	21.2	1.8	9.4	5.2	26.7	2.19	0
852LR-5	3050460	100.3	30	97.8	39.6	63.7	18.3	263	16.52	99792	21.2	1.8	9.4	5.2	26.7	2.19	0
9100-1	6051024	99.4	30	101.5	35.4	52.7	25.6	515	16.72	272160	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0
9100-2	5883192	89.0	30	93.0	30.2	43.9	25.6	515	16.25	272160	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0
9100-3	5964840	110.6	30	111.3	41.8	64.0	25.6	515	16.48	226800	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0
9100-4	5942160	97.8	30	100.3	35.4	53.0	25.6	515	16.42	226800	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0

Model	Çalışma Ağırlığı (kg)	Born Uzunluğu (m)	Born Açısı (°)	Çalışma Yarıçapı (m)	Döme Yüksek (m)	Kazı Derinliği (m)	Ötarma Tabanı Çapı (m)	Ötarma Alanı (m ²)	Ötarma Basıncı (kPa)	Maksimum Yük (kg)	Aptlık Yarıçapı (m)	Aptlık Yüksek (m)	Born Ayağı Yarıçapı (m)	Born Ayağı Yüksek (m)	Ayaktlar Arası Mesafe (m)	Bir Adım Boyu (m)	Yürütme Hızı (m/s)
9100-5	5955768	124.7	30	123.1	50.3	78.6	25.6	515	16.45	181440	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0
9100-6	5869584	106.4	30	108.2	41.1	62.5	25.6	515	16.22	181440	0.0	2.1	14.3	6.1	0.0	2.13	0

EK-3
Uzman sistem İle Gerçekleştirilen Program Denemeleri

1. Uzman Sistemde Direkt Yana Dökme Metodu İle Gerçekleştirilen Dragline Seçimi

Uzman sistemin ilk çalıştırılmasında sisteme aşağıda belirtilen veriler girilmiş ve bunların doğrultusunda dragline seçilmiştir. Sisteme girilen veriler Şekil 70'de verilmiştir. Buna göre

- Yıllık cevher üretim miktarı : 2,000,000 ton
- Cevher yoğunluğu : 1.3 t/m³
- Pasa malzemesi yoğunluğu : 1.94 t/m³
- Ortalama cevher kalınlığı : 4.0 m
- Ortalama pasa kalınlığı : 32 m
- Pasa malzemesi kabarma faktörü : % 30
- Öngörülen dilim genişliği : 50 m
- Ortalama dilim açısı : 60°
- Ortalama cevher damarı açısı : 90°
- Ortalama yığın tepesi açısı : 43°
- Yıllık planlanan örtü-kazı süresi : 5840 saat
- Kombine işletme randımanı : 0.75

ERROR LINE

Dragline Selector Main Questions	
Yearly Ore Production Rate (tons)	
Unit Weight of Ore (t/m ³)	
Unit Weight of Overlying Strata (t/m ³)	
Average Thickness of Ore Seam (m)	
Average Thickness of Overlying Strata (m)	
Percent Swell of Overlying Strata (%)	
Width of the pit (m)	
Average Highwall Angle (Deg °)	
Average Ore Seam Angle (Deg °)	
Average Spoil Pile Angle (Deg °)	
Total Scheduled Hours for Stripping (hr)	
Overall Efficiency of Operations (.00)	0.75

Overall combined managerial and job efficiency of stripping operations

Şekil 70. Uzman Sisteme Girilen Veriler

Uzman sistem içerisinde öncelikle Direkt yana döküm modeli denenmektedir. Bu model sonuç üretmediği zaman ise diğer modeller denenmektedir. Program öncelikle bir yılda yapılması gereken örtü-kazı miktarını bulmakta ve dilim geometrisi analizlerinden sonra uygun dragline'ları sıralamaktadır. Bu örnekte yıllık örtü-kazı üretimi ve bu modelin uygulanabilirliğine dair sonuçlar Şekil 71'de verilmektedir.

PIT DIMENSIONS AND PRELIMINARY DRAGLINE INFORMATION							
Yearly Stripping Amount to be Performed is 12307692.31 m3							
THERE IS AT LEAST ONE DRAGLINE IN THE DATABASE TO PERFORM THE STRIPPING IN THIS CASE, DIRECT CASTING METHOD IS APPLICABLE FOR THIS MINE							
Press a key to continue ...							

Şekil 71. Direkt Yana Döküm Modeli Yıllık Üretim Sonuçları

Bu aşamadan sonra uzman sistem dragline veri tabanını araştırıp, dilim geometrisine uygun dragline'ları bulmaktadır. Bulunan dragline'lar kullanıcıya sunulmaktadır. Bu örnekle ilgili uygun dragline listesi Şekil 72'de verilmiştir.

DRAGLINES THAT ARE CAPABLE TO PERFORM THE PRODUCTION FOR DIRECT CASTING							
Dragline Number	Dragline Brand	Dragline Model	Operating Radius (m)	Digging Depth (m)	Dumping Height (m)	Reach (m)	Bucket Capac. (m3)
1	MARION	8750-22A	94.50	45.70	40.20	76.20	83.30
2	B-E	1370W-6	90.80	44.20	30.20	76.30	60.79
3	P&H-PAGE	757-1	97.50	51.80	35.10	81.50	61.20
Press a key to continue ...							

Şekil 72. Verilen Geometrik Koşulları Sağlayabilen Dragline'lar

Sistem bu aşamadan sonra simülasyon modelini denemekte ve dilim geometrisi koşullarını sağlayan dragline'ların gerekli üretimi yapıp yapamayacaklarını test etmektedir. Simülasyon modeline girilen veriler aşağıda sıralanmıştır.

- Kılavuz dilim için ortalama cycle time : 55 saniye \pm 5 saniye
- Ana dilim için ortalama cycle time : 58 saniye \pm 5 saniye

Simülasyon sonucunda yukarıda dragline'ların gerçekleştirebildikleri yıllık üretimler aşağıda verilmiştir. Aynı zamanda istenen üretimi yapamayan 2 numaralı dragline ile ilgili simülasyon çıktıları Şekiller 73, 74 ve 75'de verilmiştir.

- 1 no'lu dragline: 14,506,965 m³
- 2 no'lu dragline: 9,648,060 m³
- 3 no'lu dragline: 10,572,834 m³

DRAGLINE OVERBURDEN STRIPPING SIMULATION			
Volume of Total cut =	24000 m ³	Volume of the Main Cut =	18300 m ³
Volume of Key Cut =	5700 m ³	Percentage of Key Cut =	23.75 %
Percentage of Key Cut =	23.75 %	Percentage of Main Cut =	76.25 %
Key cut production =	5700 m ³	Time elapsed for key cut =	1100 sec
Delay in the Key cut is	1000 sec		
Time required to walk from key to main cut =	1000 sec		
Main cut production =	18300 m ³	Time elapsed for main cut =	1020 sec
Time required to walk from main to key cut =	1000 sec		
Total Production performed until now =	9648060 m ³		
Total time elapsed until now =	5847 hrs		
Total time allocated for production =	5840 hrs		
Remaining time for the production =	-7 hrs		

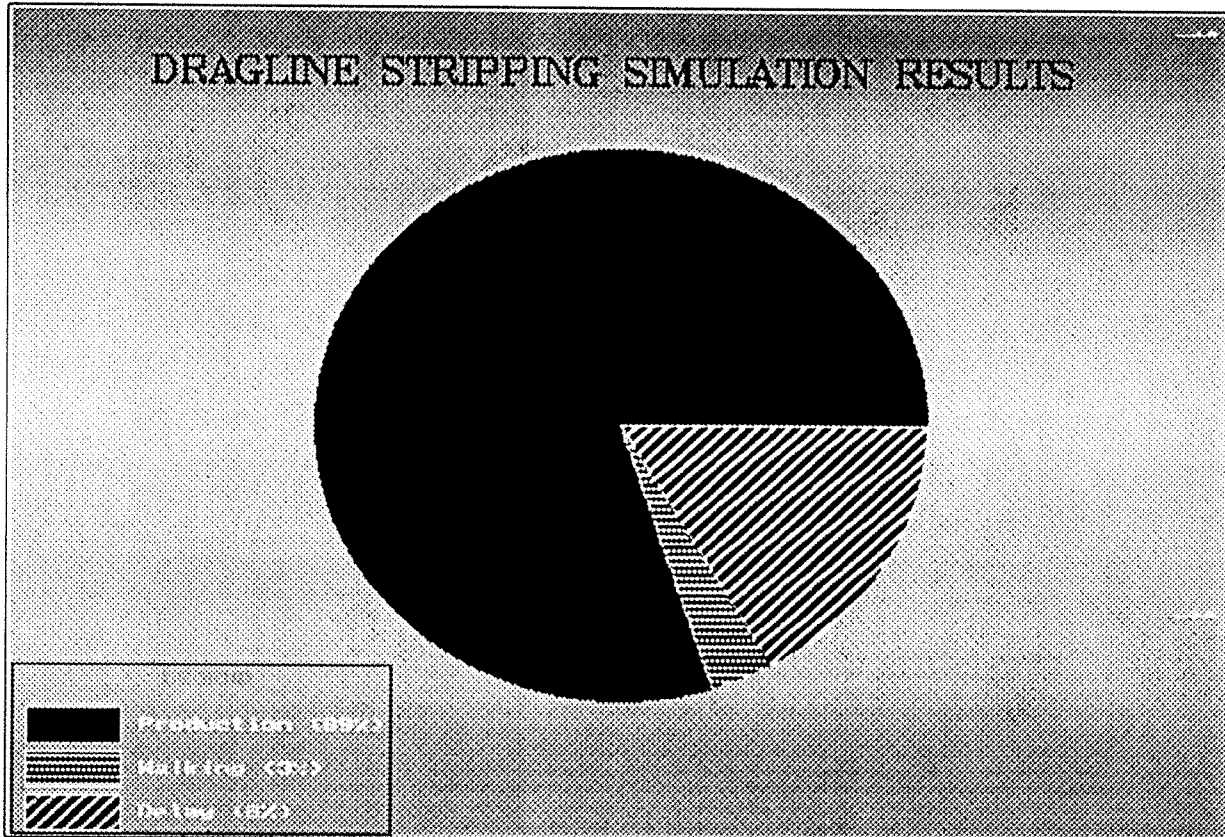
Şekil 73. 2 no'lu Dragline İçin Simülasyon Çıktıları

Simülasyon modelinden geçen tek dragline 1 numaralı dragline'dır. Bu dragline ile örtü-kazı işlemi yapıldığından olası maliyetler hesaplanmıştır. Buna göre girilen veriler;

- Dragline maliyeti : 16,000,000 US\$
- Yıpranma ömrü : 20 yıl
- Faiz, Sigorta ve vergi oranı : %15
- Elektriğin kWh fiyatı : 0.25 US\$/kWh
- Bir m³ yerinde malzeme için harcanan güç : 0.80 kWh/BCM
- Yıllık İşçilik Gideri : 100,000 US\$

RESULTS OF THE DRAGLINE PRODUCTION SIMULATION	
Required production in given time	12356000.00 m3
Total production in given time	9648060.00 m3
Total time elapsed for production	18607960 sec
Total time elapsed for walking	701750 sec
Total time elapsed for delays	1661140 sec
TOTAL TIME ELAPSED FOR PRODUCTION	21050250 sec
GIVEN TIME FOR THE PRODUCTION	21050250 sec
AVERAGE CYCLE TIME OF THE DRAGLINE	50 sec
THE DRAGLINE IS NOT CAPABLE TO PERFORM THE STRIPPING !	

Şekil 74. 2 no'lu Dragline İçin Simülasyon Sonuçları



Şekil 75. 2 no'lu Dragline İçin Grafik Simülasyon Çıktıları

Örtü-kazı maliyet analizinden sonra yukarıda verilen parametrelere bağlı olarak 1 no'lu dragline için bulunan maliyetler aşağıda verilmiştir. Maliyet ekranı Şekil 76'da verilmektedir.

- Planlanan saatlik yatırım ve işletme maliyeti : 1191.51 US\$
- Yerinde 1 m³'lük örtü-kazı için maliyet : 0.48 \$

ERRUB LINE			
ERRUB LINE	ERRUB LINE	ERRUB LINE	ERRUB LINE
DRAGLINE STRIPPING COSTING MODULE			
Purchase Price	(USD) 16000000	Maint. Supply Cost/Year (USD)	
Options and Extras	(USD)	Electric Power (1 KWH/USD)	
Freight	(USD)	Electric Consumption per BCM	
Trail Cable	(USD)	Electric Cost/Year (USD)	2000000
Sub Total	(USD) 16000000	Labor Cost/Year (USD)	1000000
Ballast	(USD)	Total Opera. Cost/Year (USD)	4177500
Erection	(USD)	Total O&D Cost/Year (USD)	1191510
Total Price	(USD) 16000000		
Depreciation Life	(USD)		
Depreciation Cost/Year	(USD)	O&D Cost/Sched. Hour (USD)	1191510
Average Investment/Year	(USD)	O&D Cost/BCM (USD)	0.48
Interest Taxes and Ins.	(USD)		
ITI/Year	(USD)		
Tot Ownership Cost/Year	(USD)		

Move Between Cells F1, ENTER, PgUp, PgDn Exit ESC Input Verification F1
The F.O.B. Factory Purchase Price of the Dragline in USD

Şekil 76. 1 no'lu Dragline İçin Örtü-Kazı Maliyeti

Sistemin direkt yana döküm modeli için çalıştırılması sonucunda yalnızca 1 no'lu dragline hem gerekli dilim geometrisi hem de üretim parametrelerini aşabilmiştir. Uzman sistem sonuç olarak 1 no'lu dragline'i önermektedir. Dragline'in çalışacağı dilim ile ilgili geometrik çizimler Şekiller 77 ve 78'de verilmektedir.

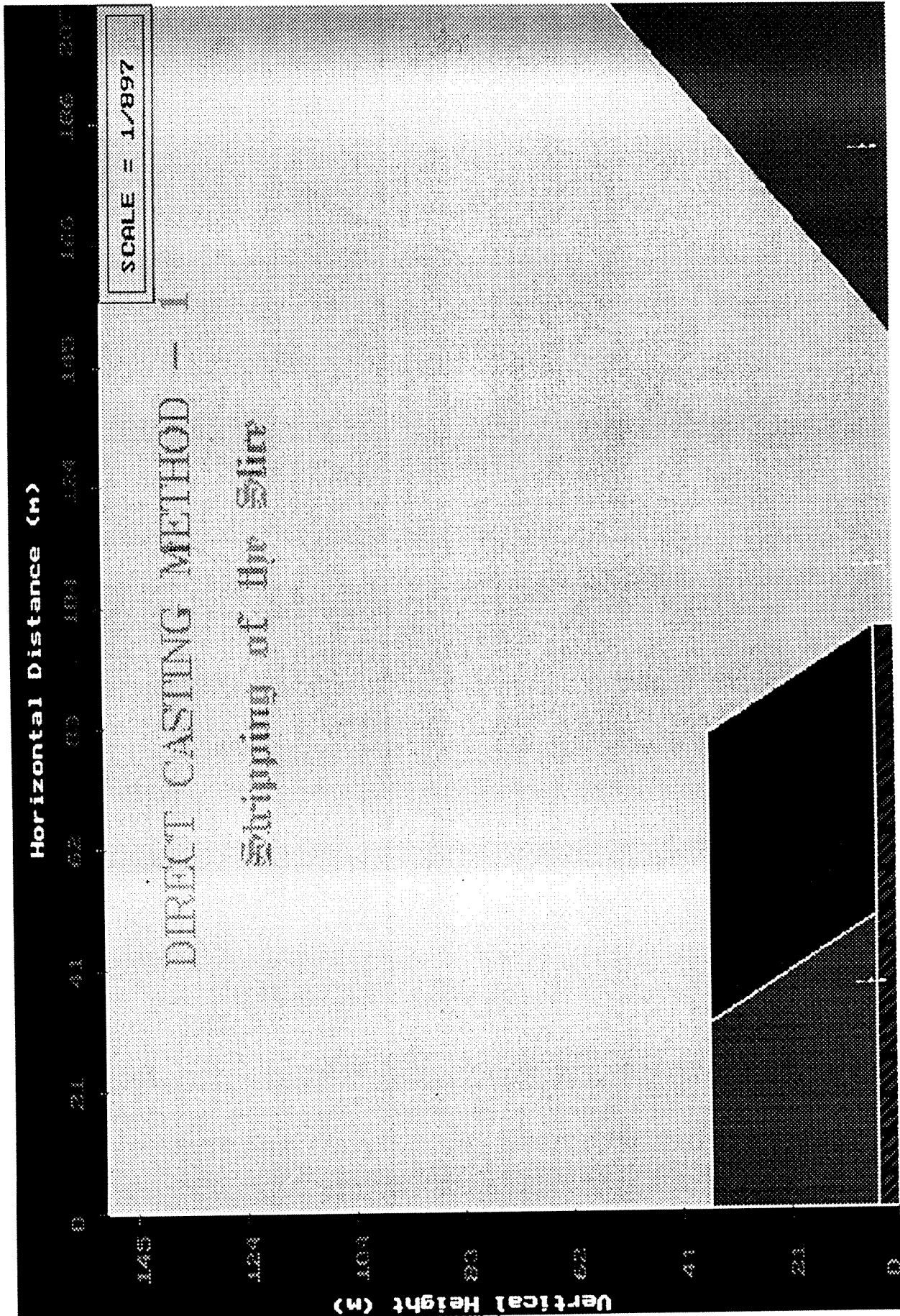


Figure 77 - Photo Dragline with casing

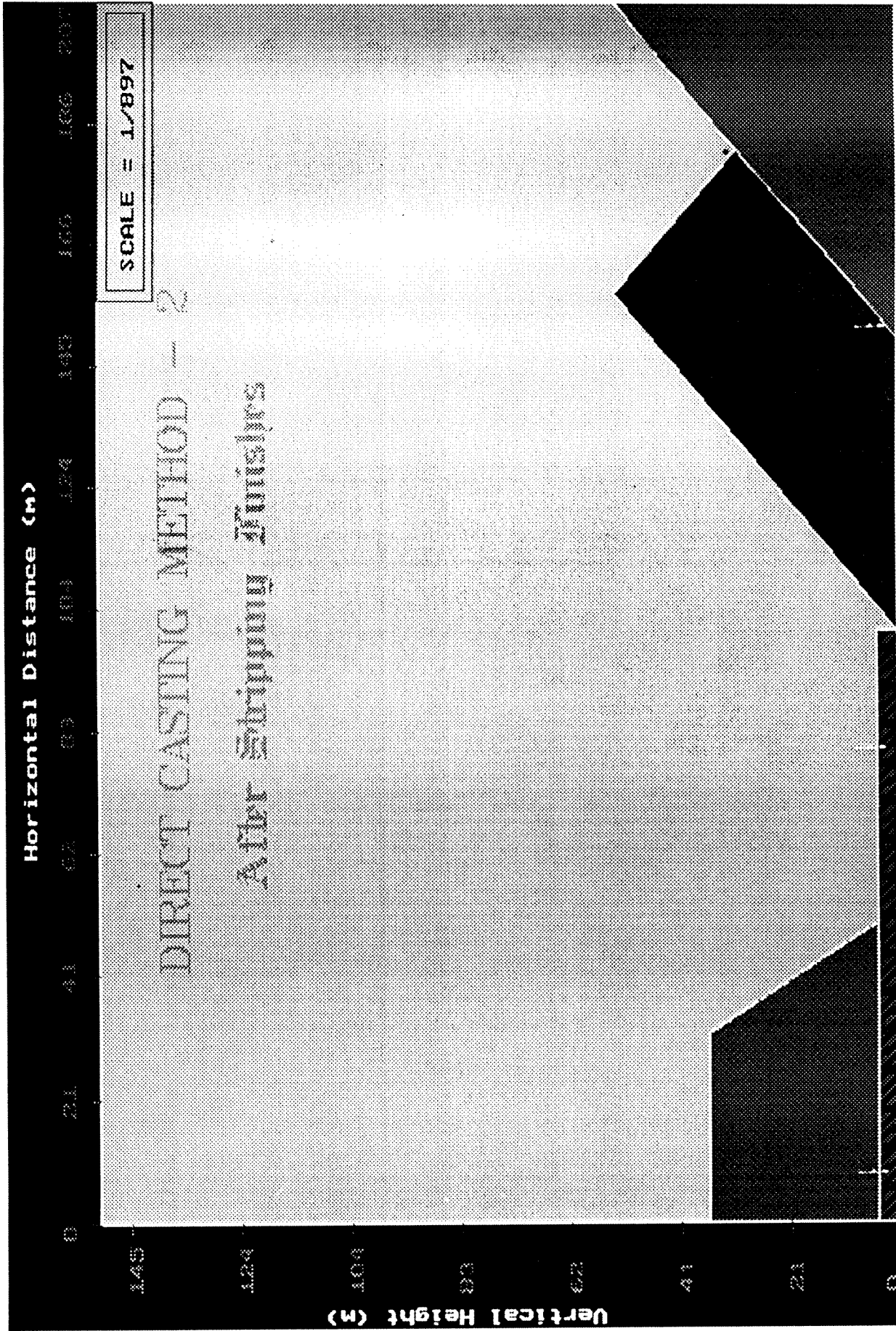
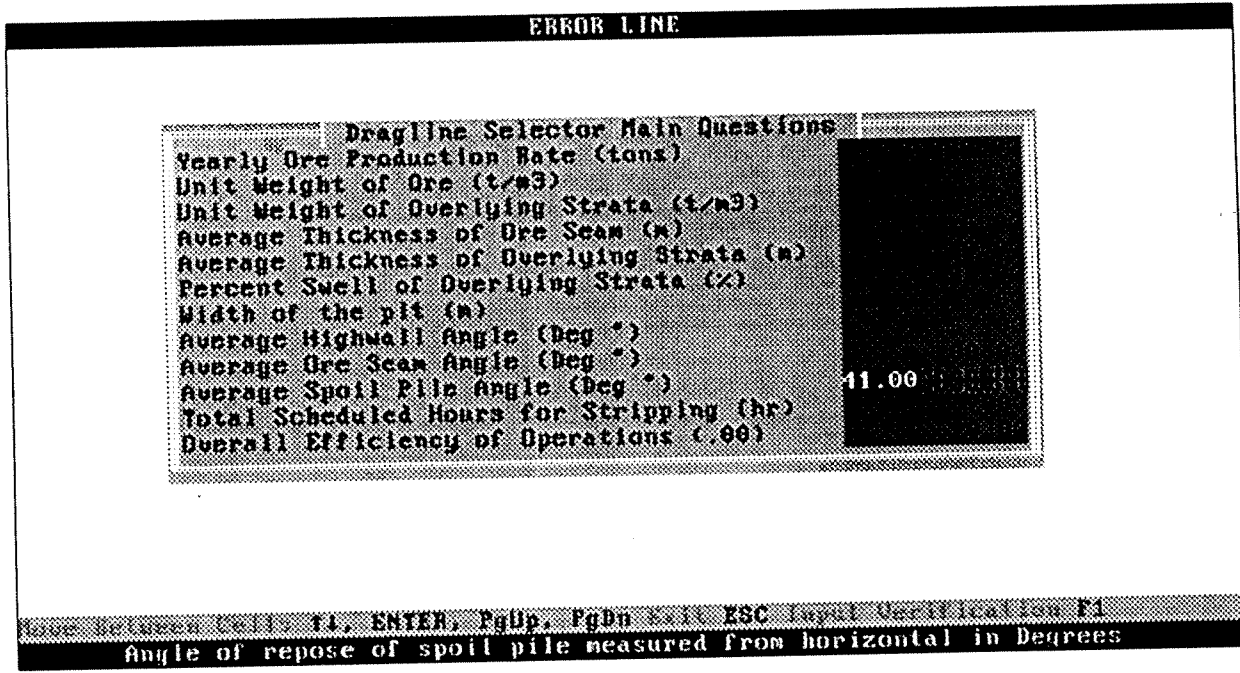


Figure 78. 1 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-2

2. Uzman Sistemde Uzatılmış Basamak Metodu İle Gerçekleştirilen Dragline Seçimi

Uzman sistemin ikinci çalıştırılmasında sisteme aşağıda belirtilen veriler girilmiş ve bunların doğrultusunda örtü-kazı modelleri çalıştırılmıştır. Sisteme girilen veriler Şekil 79'da verilmiştir. Buna göre

- Yıllık cevher üretim miktarı : 3,000,000 ton
- Cevher yoğunluğu : 1.3 t/m³
- Pasa malzemesi yoğunluğu : 1.94 t/m³
- Ortalama cevher kalınlığı : 5.0 m
- Ortalama pasa kalınlığı : 40 m
- Pasa malzemesi kabarma faktörü : % 32
- Öngörülen dilim genişliği : 60 m
- Ortalama dilim açısı : 57°
- Ortalama cevher damarı açısı : 90°
- Ortalama yığın tepesi açısı : 41°
- Yıllık planlanan örtü-kazı süresi : 7000 saat
- Kombine işletme randımanı : 0.8



Şekil 79. Uzman Sisteme Girilen Veriler

Uzman sistem içerisinde öncelikle direkt yana döküm modeli denenmektedir. Ancak direkt yana döküm modeli verilen koşullar için en az 1 adet uygun dragline bulamadığı için Uzman Sistem programın kontrolünü uzatılmış basamak ile tekrar kazı modeline geçirmektedir. Yukarıda verilen girdi parametrelerine göre, dilim geometrisi hesapları yapılmış ve tekrar kazı oranı bulunmuştur. Uzatılmış Basamak metodu sonuçları Şekil 80'de, bu modelin verilen koşullar için uygun bulunan dragline'lar Şekil 81'de verilmektedir.

PIT DIMENSIONS AND PRELIMINARY DRAGLINE INFORMATION		
Yearly Stripping = 18461538.46 m ³		
Length of Extended Bench is shorter than $H \cdot \cot(\alpha)$ ($L_e < H \cdot \cot \alpha$)		
A1 = 307.97 m ²	A2 = 184.05 m ²	A3 = 737.07 m ²
Amount of material used in construction of extended bench = 1229.09 m ³		
Percentage of overburden used in construction of extended bench = 38.797 %		
Toe of Extended Bench (x) is shorter than pit width (x < W)		
No extension to Extended Bench (L_e) due to Overriding Spoil Pile		
Area of material to be rehandled = 860.56 m ²		
REHANDLE = 27.164 %		

Şekil 80. Uzatılmış Basamak İle Tekrar Kazı Modeli Dilim Geometrisi Sonuçları

POSSIBLE DRAGLINES IN EXTENDED BENCH METHOD							
Dragline Number	Dragline Brand	Dragline Model	Operating Radius (m)	Digging Depth (m)	Dumping Height (m)	Reach (m)	Bucket Capac. (m ³)
1	MARION	8950-9A	103.60	45.70	36.60	83.10	95.60
2	B-E	1570W-1	83.50	42.70	41.10	68.40	93.53
3	B-E	2570W-4	104.50	48.80	38.40	86.30	108.26

Şekil 81. Uzatılmış Basamak Modelinde Verilen Geometrik Koşulları Sağlayabilen Dragline'lar

Uzman sistem kontrolü bu aşamadan sonra simülasyon modeline geçmekte ve dilim geometrisi koşullarını sağlayan dragline'ların gerekli üretimi yapıp yapamayacaklarını test edilmektedir. Simülasyon modeline girilen veriler aşağıda sıralanmıştır.

- Kılavuz dilim için ortalama cycle time : 55 saniye ± 5 saniye
- Ana dilim için ortalama cycle time : 60 saniye ± 5 saniye
- Uzatılmış basamak için ortalama cycle time : 56 saniye ± 5 saniye

Uzatılmış basamak modeli için simülasyon sonucunda yukarıda dragline'ların gerçekleştirebildikleri yıllık üretimler aşağıda verilmiştir. Aynı zamanda istenen üretimi yapabilen 3 numaralı dragline ile ilgili simülasyon çıktıları Şekiller 82, 83 ve 84'de verilmiştir.

- 1 no'lu dragline: 18,327,988 m³
- 2 no'lu dragline: 17,571,452 m³
- 3 no'lu dragline: 23,995,980 m³

DRAGLINE OVERBURDEN STRIPPING SIMULATION	
Volume of Total cut =	72000 m3
Volume of Key Cut =	11400 m3
Volume of the Main Cut =	60600 m3
Percentage of Key Cut =	15.83 %
Percentage of Main Cut =	84.17 %
Key cut production =	m3
Time elapsed for key cut =	sec
Time required to walk from key to main cut =	sec
Main cut production =	m3
Time elapsed for main cut =	sec
Time required to walk from main to key cut =	sec
Total Production performed until now =	23995900 m3
Total time elapsed until now =	7015 hrs
Total time allocated for production =	7000 hrs
Remaining time for the production =	-15 hrs

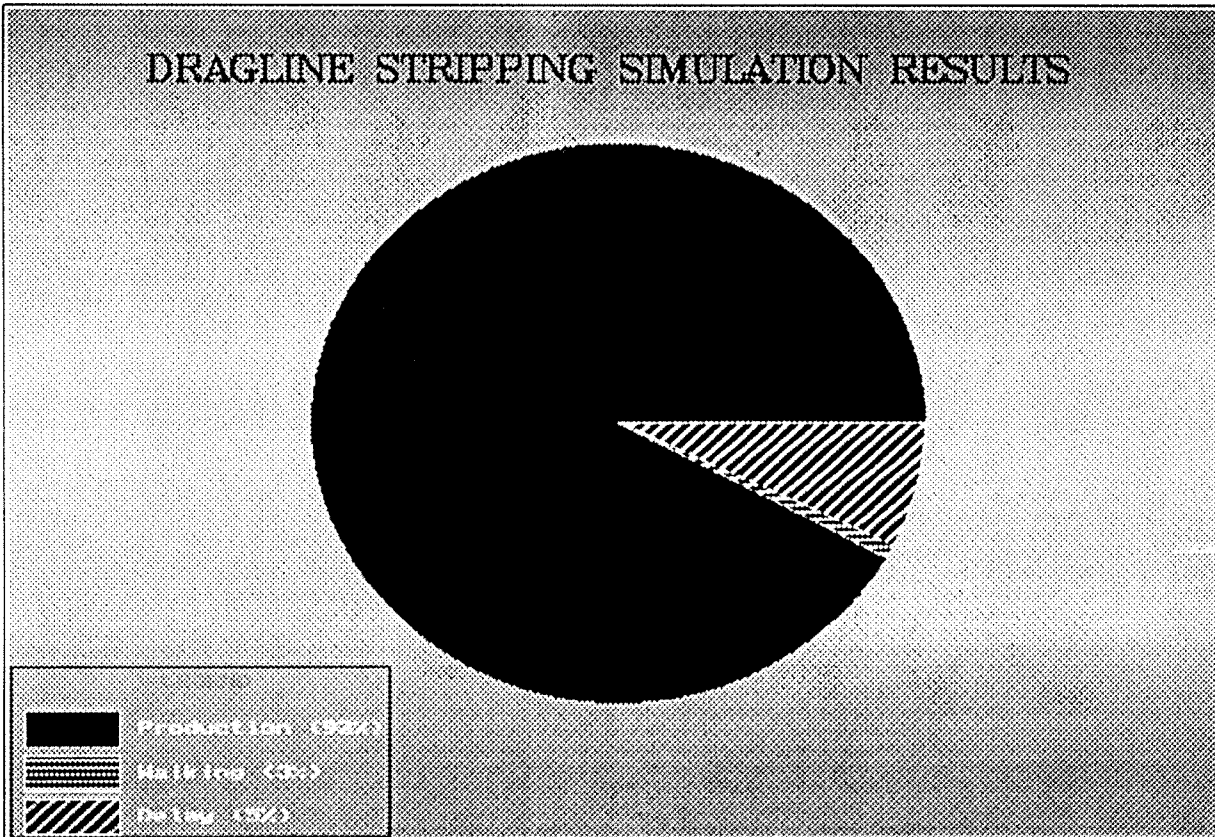
Şekil 82. Uzatılmış Basamak Modeli Simülasyonu

Simülasyon modelinden geçen tek dragline 3 numaralı dragline'dır. Bu dragline ile örtü-kazı işlemi yapıldığından olası maliyetler ise aşağıda verilen maliyet parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. Buna göre;

- Dragline maliyeti : 25,000,000 US\$
- Yıpranma ömrü : 25 yıl
- Faiz, Sigorta ve vergi oranı : %18
- Elektrik kWh fiyatı : 0.25 US\$/kWh
- Bir m3 yerinde malzeme için harcanan güç : 1.270 kWh/BCM
- Yıllık İşçilik Gideri : 120,000 US\$

RESULTS OF THE DRAGLINE PRODUCTION SIMULATION	
Required production in given time	23475876.00 m3
Total production in given time	23995980.00 m3
Total time elapsed for production	23196114 sec
Total time elapsed for walking	874125 sec
Total time elapsed for delays	1102110 sec
TOTAL TIME ELAPSED FOR PRODUCTION	25252349 sec
GIVEN TIME FOR THE PRODUCTION	25200000 sec
AVERAGE CYCLE TIME OF THE DRAGLINE	57 sec
THE DRAGLINE IS CAPABLE TO PERFORM THE STRIPPING !	

Şekil 83. 3 no'lu Dragline İçin Simülasyon Sonuç Çıktıları



Şekil 84. 3 no'lu Dragline İçin Grafik Simülasyon Çıktıları

Örtü-kazı maliyet analizinden sonra yukarıda verilen parametrelere bağlı olarak 3 no'lu dragline için bulunan maliyetler aşağıda verilmiştir. Maliyet ekranı Şekil 85'de verilmektedir.

- Planlanan saatlik yatırım ve işletme maliyeti : 1952.18 US\$
- Yerde 1 m³'lük örtü-kazı için maliyet : 0.57 US\$

ERROR LINE			
DRAGLINE STRIPPING COSTING MODULE		OPERATING	
Purchase Price	(USD) 25000000	Maint&Supply Cost/Year (USD)	
Options and Extras	(USD)	Electric Power (1 KWH/USD)	
Freight	(USD)	Electric Consumption per BCM	
Trail Cable	(USD)	Electric Cost/Year (USD)	219720
Sub Total	(USD) 25000000	Labor Cost/Year (USD)	1200000
Ballast	(USD)	Total Opera. Cost/Year (USD)	1419720
Erection	(USD)	Total O&O Cost/Year (USD)	1385220
Total Price	(USD)		
Depreciation Life	(USD)		
Depreciation Cost/Year	(USD)	O&O Cost/Sched. Hour (USD)	1952.18
Average Investment/Year	(USD)	O&O Cost/BCM (USD)	0.57
Interest Taxes and Ins.	(USD)		
ITI/Year	(USD)		
Tot Ownership Cost/Year	(USD)		

Move Between Cells F1, ENTER, PgUp, PgDn Exit ESC Input Verification F1
The F.O.B. Factory Purchase Price of the Dragline in USD

Şekil 85. Uzatılmış Basamak İle Örtü-Kazı Yapan Dragline İçin Maliyet Ekranı

Sistemin uzatılmış basamak ile tekrar kazı modeli için çalıştırılması sonucunda yalnızca 3 no'lu dragline hem gerekli dilim geometrisi hem de üretim parametrelerini aşabilmiştir. Uzman sistem sonuç olarak 3 no'lu dragline'i önermektedir. Dragline'in çalışacağı dilim geometrisi ile ilgili çizimler Şekiller 86 ve 87'de verilmektedir.

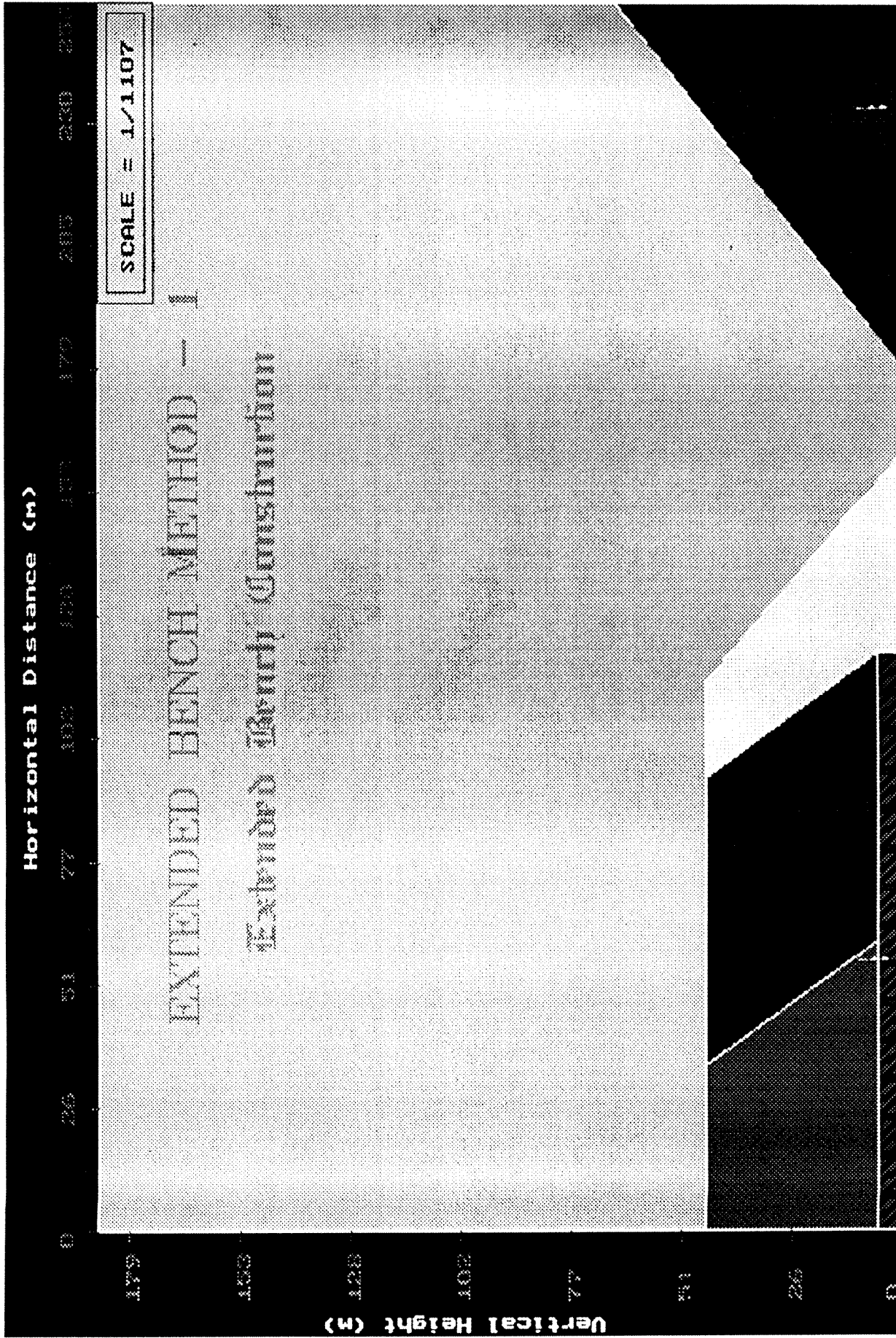


Figure 86. 3 no'lu Dragline İçin Dilim Geometrisi-1

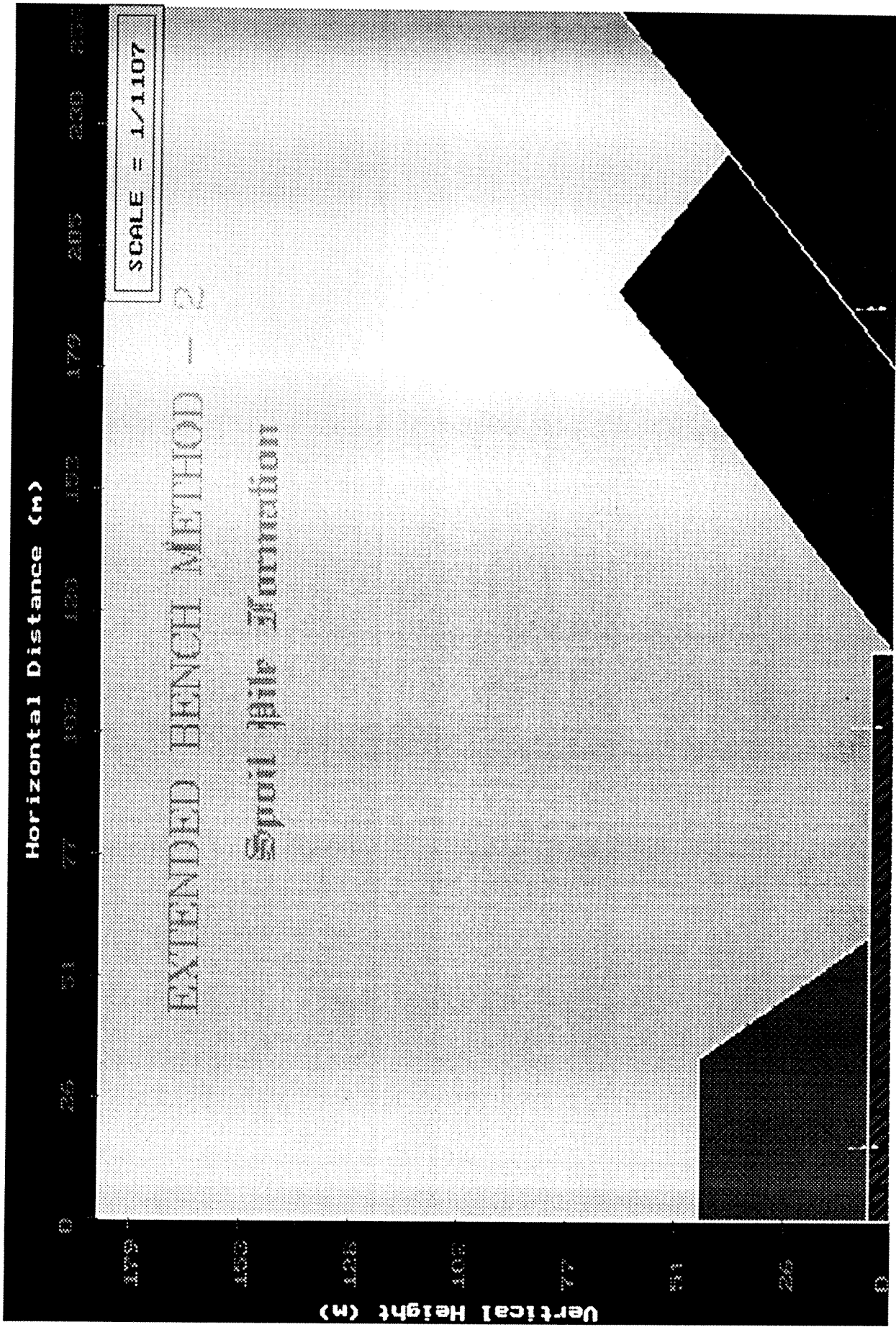


Figure 87. 3 no'lu Dragline İçin Dılım Geometrisi-2

EK-4
Proje Kapsamında Yayınlanan Bildiriler

dem, N. Çelebi and A.G. Paşamehmetoğlu
The East Technical University, Mining Engineering Department, Ankara, Türkiye

ABSTRACT: This paper presents the development of an expert system for dragline and stripping method selection in surface coal mines with flat-lying coal seams. For this purpose, a number of basic dragline stripping techniques employing one or tandem dragline operations were modelled and graphical output screens were implemented to provide immediate visual feedback of program's pit geometry calculations. Mathematical calculations performed by stripping method modules and the course of selection procedure will be controlled and supported by a main expert core which includes IF-THEN type production rules in a form which could not be expressed as mathematical formulations.

INTRODUCTION

A dragline is a kind of stripping equipment that performs loading and hauling phases alone in one operation. This could be treated as an advantage over other methods because most of other stripping methods perform overburden removal with the aid of secondary equipments which in turn, brings additional investment and operating cost for these machines. However, this advantage of the draglines in lower costs due to its inherent loading and hauling capability may quickly become a disadvantage as conditions deviate from which the line was originally designed for. The most serious disadvantage of the dragline is its limited stripping capability. At the same time, relative inflexibility of the dragline and inflexibility of line stripping methods compared to other overburden removal techniques lead the designer to require more detailed and more precise working methods.

The optimum selection of draglines for surface coal seams has been investigated by utilising numerous different approaches. It is a well-known fact that a dragline stripping, when properly applied, is more economical than other means of overburden removal. However, this necessitates a very precise and refined selection mechanism to conclude the optimum stripping method. There are basically three different approaches to dragline selection; in the first

approach, bucket sizing and the required production capability of draglines are searched through simulative procedures with minor consideration on geometrical aspects (Bandopadhyay and Ramani (1979), Bandopadhyay and Sundararajan (1986), Stuart and Cobb (1988) and Denby and Schofield (1992)). The second approach takes into account mostly pit-related data like the presence of multiple coal seams, topographic conditions, inclination of coal seams and overlying strata in which case the major importance being on the dimensional requirements (Speake, et. al., (1977), Hrebar and Dağdelen (1979), Seymour (1979), Rodriguez, et. al., (1988)). A third approach is the combination of both approaches, more generally, selection approaches that take into consideration the productivity and the required dimensions of the selected dragline(s) (Gibson and Mooney (1981), Mooney and Gibson (1981), Wolski and Prince (1986), Lee (1988), Michaud and Calder (1988) and Michaud (1992)).

Expert systems approach to dragline selection or draglines has not been widely investigated and the principles of the selection criteria have not been clearly defined. There are only a few examples on the application of expert systems approach to dragline working phenomenon (Denby and Schofield (1992), Stuart and Cobb (1988), Bandopadhyay and Venkatasubramanian (1990)).

expert system is currently being developed to select the optimum stripping method and the number of draglines to be employed in surface coal mines with flat-lying coal seams. The reason for developing an expert system is the need to include relevant parameters into the selection mechanism as a result to equip the system with as much qualitative and quantitative information about the system as possible and to prevent it from basing its selection procedure on only mathematical calculations and in turn to gain some flexibility to the system.

Topographical, geological, geotechnological and operational information about the mine for which a dragline system is to be selected have to be included into the selection procedure in the form of selection rules. These rules will reinforce the selection mechanism. For many cases, calculation of line reach and corresponding range diagrams will not be sufficient for ultimate dragline selection mechanism to work correctly. Because the mathematical calculations are not the only criterion, some of the data are disregarded during range diagram calculations. Even though range diagrams encourage the use of a certain stripping method, analysis with qualitative information which are specific to that mine may prohibit the employment of that method.

To eliminate this problem, an expert core module under development which will consist of rules that include parameters which are ignored in range diagram calculations.

The system covers the following dragline stripping techniques;
Direct side casting,
Extended bench casting,
Spoil side casting with one or two draglines,
Two draglines with two benches on highwall side without rehandling,
Two draglines with two benches on highwall side with rehandling.

Working principles of the above stripping methods are modelled in unique separate programs. These programs are in a stand-alone executable form. After completion of the main expert core module which will be consisting of IF-THEN type selection rules that would control the flow of the selection mechanism by which the stripping method, the number of draglines are selected, executable modules each relating to a specific stripping

technique will pass under the control of this main expert module. The hierarchical structure of the whole system is presented in Figure 1.

For dragline selection a database of some 213 machines was constructed. A stand-alone executable module has been coded to allow the user to edit the contents of a specific dragline and modify the contents of it. The program works interactively. The user can select the desired operation through menus and upon completion of dragline data modification the database is saved for further analyses.

3 THE DRAGLINE SELECTION MECHANISM

The whole system is dependent on a module hierarchy. The dragline selection mechanism is planned to work interactively with the modules that the system contains. The ultimate goal of the system will be to conclude the selection with optimum results from modules handling the geometrical calculations, cost of stripping and the production simulation. At the same time, the solutions produced by above modules will be controlled by the expert core module to prevent the selection mechanism from producing controversial solutions.

The system will initially attempt to conclude the selection by considering only pit geometry aspects. Modules embedded into the expert system (Figure 1) will be worked to produce a solution and those which at the end of session have a working solution will be elected for further analysis. When attempting to conclude the selection procedure with geometrical modules, preliminary, intermediate and final steps will proceed under the control of main expert module and even a specific module produces a mathematically proven solution, this will be validated after acceptance of the solution by the expert core module. After electing modules and their potential draglines which are capable to perform the stripping, the control will pass to the module which will calculate the cost of stripping for potential draglines. Following cost analysis will be the production simulation where the productivity of potentially capable draglines are determined with including unproductive items like delays and walking times of them. Finally, the dragline with its associated stripping method which could perform the required production with the least cost will be selected as the optimum equipment for that specific case.

Two of the stripping method models are outlined in this paper. The first method is the Direct Side Casting. In this method, firstly the yearly stripping

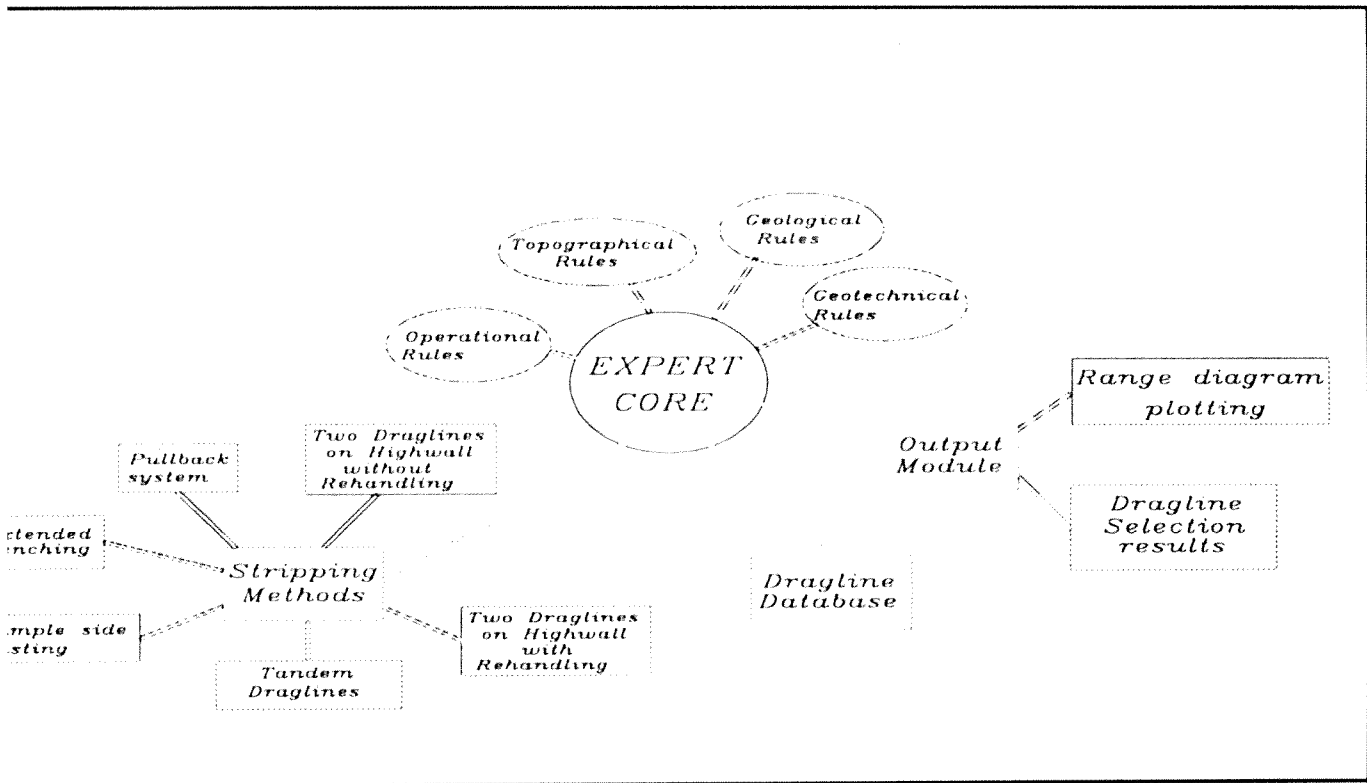


Figure 1 The proposed hierarchy of the expert system

ne is calculated based on the yearly coal
 rements. Then the corresponding size of the
 et is found with considering the type of the
 ourden material to be excavated which in turn
 ts the type of the bucket and the unit weight of
 gging per unit volume of the capacity. In the
 m, bucket type selection will be assigned to the
 rt module. The bucket size is converted into the
 num allowable load for actual dragline
 tion. After determining the required capacity,
 atabase is searched to extract any draglines with
 hing capacity. If the required size is beyond that
 e largest dragline available then the mechanism
 ; and situation ① occurs. In this case, the expert
 passes the control to modules which include
 e than one dragline combinations. If at least one
 line is matched then the module calculates the
 num pit width which by default is the possible
 st value. Again the result produced by this
 iple is controlled in the expert core and verified
 ss the pit width is kept too short because the
 iple avoids rehandle and truncates it until it
 uces no rehandle. If the pit width is verified,
 the required reach is calculated and the list of
 ctively capable draglines is searched to match
 draglines which comply with the dimensional
 ifications. If no draglines are found, then
 tion ② occurs and control is passed to modules
 h include rehandling. If at least one dragline is

found then the potentially available machines will be
 rated with a penalty that compares the capacity of
 any potential dragline to that of the required capacity
 and the one with the least penalty is selected as the
 optimum dragline for the direct casting method. The
 general selection mechanism of this method is
 illustrated in Figure 2. Figure 3 shows a sample text
 output of potentially available draglines selected by
 the Direct Side Casting module and Figure 4
 illustrates a sample pit geometry calculated by the
 module.

The second method is the Extended Bench
 casting. The main purpose of this module is to select
 a dragline with the minimal rehandle. The selection
 mechanism commences with searching the database
 for draglines with bucket size larger than that would
 be required if the pit would be stripped with direct
 side casting. For these draglines, the pit geometry is
 constructed and pit width is calculated for minimum
 rehandling. The width of the extended bench is
 taken as the required closure to final location of the
 spoil pile crest. The amount of material to build the
 extended bench and percent rehandle is calculated. If
 the material in the extended bench is more than the
 material that is available in the pit, then situation ①
 occurs where the expert core passes the control to
 modules with tandem draglines. If this is not the case
 then the modified bucket size is calculated including
 rehandle and the list of potentially available draglines

searched to match any equipments with a capacity to perform the stripping including rehandle. If no suitable equipment is found then situation ① occurs again and the expert core passes the control to tandem dragline modules. If at least one dragline is found then a rehandle penalty function is applied to conclude the optimum dragline. The general selection mechanism of the extended Bench Casting method is illustrated in Figure 5. A sample text output of pit geometry calculations performed by this module is presented in Figure 6 and a sample optimum pit geometry calculated by the module is given in Figure 7.

OUTPUT PRESENTATION

The stripping technique mentioned in Part 2 presents the outputs in four types of output media: screen, printer, plotter and data files;

Results of geometrical and production calculations and a list of potentially capable draglines in text screen in table format with necessary dimensions included. The text outputs are saved on data files for further analysis.

Plotouts related with pit dimensions are immediately presented in graphics screen. According to the method employed, 2-3 screens of dragline stripping progress views showing the initial, intermediate and the final phases of stripping are presented. The modules including rehandle are capable to perform sensitivity analyses for variations on pit width, extended bench width and overburden height as they have effects on percent rehandle and bucket capacity. Two sample plotouts on varied overburden height and pit width are given in Figures 8 and 9 respectively.

Hardcopy outputs on paper can be taken from printers and plotters. Outputs on the screen and on plotter is drawn true-to-scale. The scaling of the drawings is performed automatically by the program and is shown at the upper right corner of the drawing. Pit geometry drawings are saved in data files for further plotter output.

The screen drawings are prepared for VGA graphics adapters or any compatibles with 640X480 pixel resolution. The pit geometry outputs can be produced by any graphics printers. However, for the moment, the plotouts are limited to HP pen plotters.

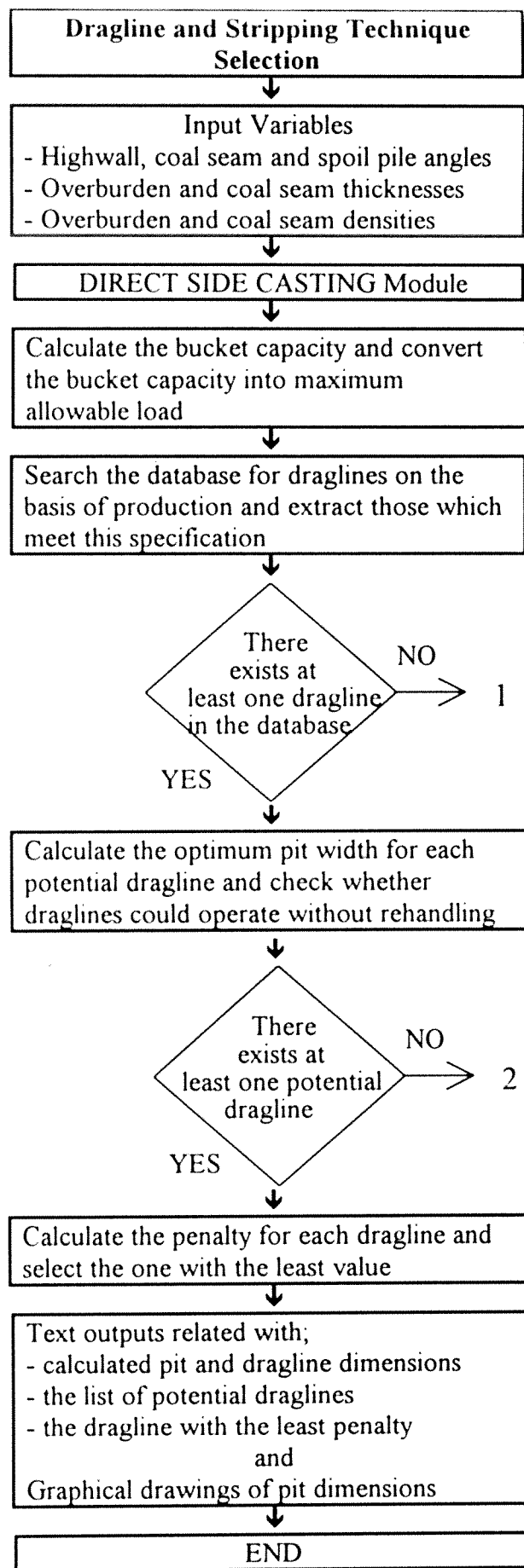


Figure 2 General dragline selection mechanism of direct casting module

Dragline Brand	Dragline Model	Operating Radius (m)	Digging Depth (m)	Dumping Height (m)	Bucket Capacity (m ³)
MARION	8750-9A.1	83.80	45.70	39.00	89.20
MARION	8750-9A.2	82.30	45.72	40.84	89.20
MARION	8750-9A.3	80.77	45.72	42.98	89.20
MARION	8750-17A	91.4	45.70	45.70	72.60
B-E	1370W-1	74.1	32.00	33.80	72.58
P&H-PAGE	9100-1	101.5	52.70	35.40	91.80
P&H-PAGE	9100-2	93.0	43.90	30.20	91.80
P&H-PAGE	9100-3	111.3	64.00	41.80	76.50
P&H-PAGE	9100-4	100.3	53.00	35.40	76.50

Figure 3 A sample text output of potential draglines direct side casting module

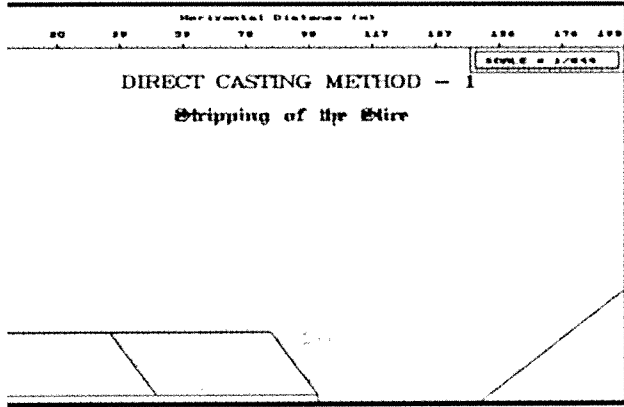


Figure 4 A sample pit geometry plotout from direct casting module

CONCLUSIONS

The expert system program is currently being developed for dragline and stripping method selection in flat-lying surface coal mines in the Mining Engineering Department of Middle East Technical University (ODTÜ). The system, upon completion, will be composed of several stripping method-related mathematical sub-programs and an expert core that will be used to control the selection mechanism. The expert core will be equipped with stripping cost and production simulation modules through which a more detailed and precise selection could be performed. Pit-geometry modules are ready to be implemented with the expert core which is under development with using KAPPA-PC expert system development shell.

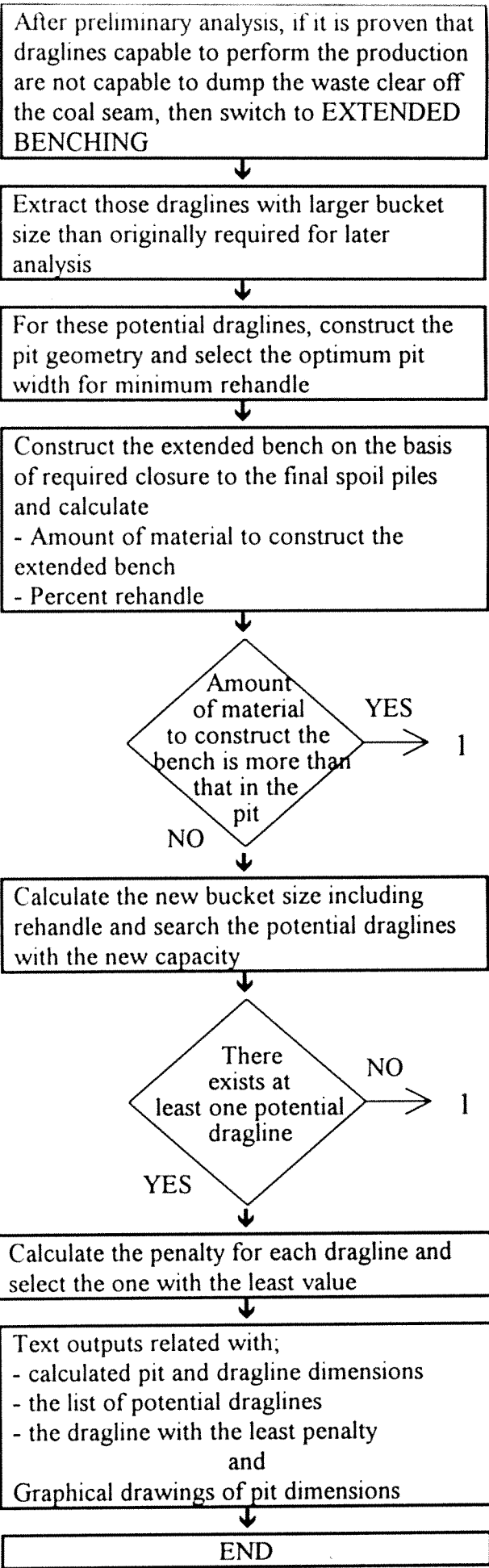


Figure 5 General dragline selection mechanism of the extended bench casting module

PIT DIMENSIONS AND PRELIMINARY DRAGLINE INFORMATION	
Init. Bucket Capacity =	49.0 m ³ Yearly Stripping = 9200000.00 m ³
Length of Extended Bench is shorter than $H \cdot \cot(\alpha)$ ($L_e < H \cot \alpha$)	
A1 =	309.88 m ² A2 = 162.24 m ² A3 = 1136.79 m ²
Amount of material used in construction of extended bench =	1608.91 m ³
Percentage of overburden used in construction of extended bench =	41.638 %
Toe of Extended Bench (x) is shorter than pit width (x < W)	
No extension to Extended Bench (Le) due to Overriding Spoil Pile	
Area of material to be rehandled =	1040.51 m ²
REHANDLE =	26.928 %
Bucket Capacity Required for Stripping Including Rehandle =	62.21 m ³

Figure 6 A sample output related to pit geometry and rehandle calculations in extended bench module.

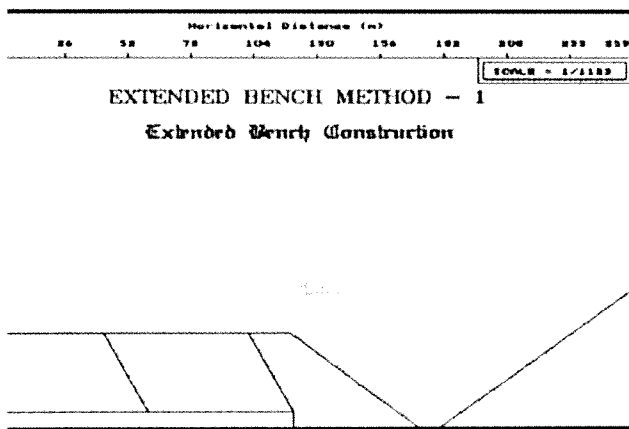


Figure 7 A sample pit geometry calculated by extended bench module.

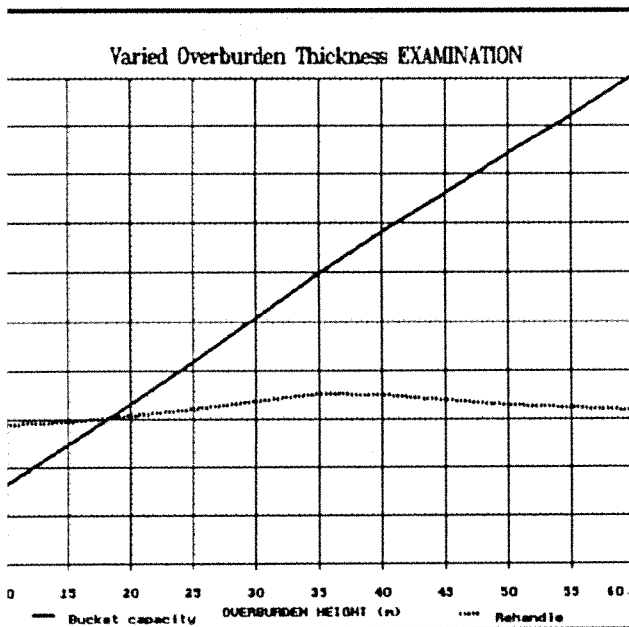


Figure 8 A sample plotout on varied overburden height and resulting percent rehandle rate and bucket capacity changes.

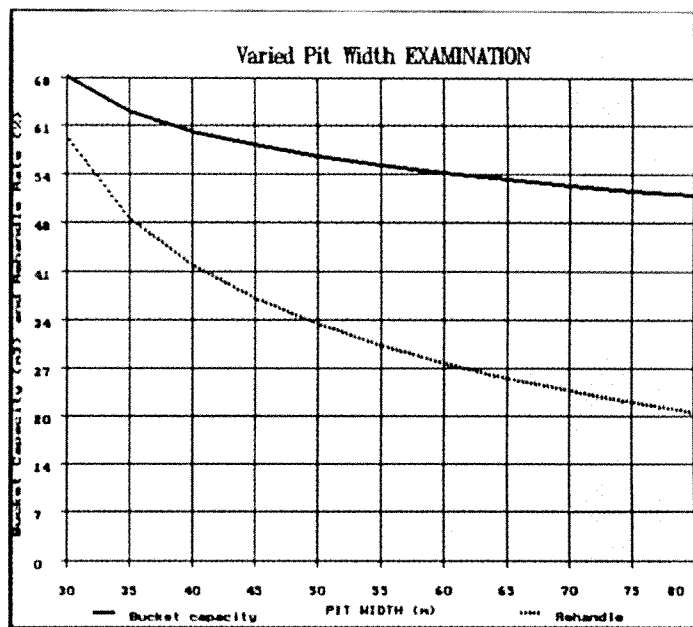


Figure 9 A sample plotout on varied pit width and resulting percent rehandle and bucket capacity changes.

6 ACKNOWLEDGEMENT

This paper is part of the project (TÜBİTAK YBAG-0062) supported by the Technical and Scientific Research Council of Türkiye (TÜBİTAK).

REFERENCES

Bandopadhyay, S. and Ramani, R.V., 1979. Digital simulation of dragline deployment schemes. 16th APCOM Symposium, 431-448.

Bandopadhyay, S. and Sundararajan, A., 1986. Simulation of a multi-seam dragline operation in a sub-arctic mine. CIM Bulletin V.79, No.893, 47-54.

Bandopadhyay, S. and Venkatasubramanian, P., 1990. A fault-diagnostic expert system for walking draglines. Mining Science and Technology, No.11, 71-83.

Denby, B. and Schofield, D., 1992. Dragline selection using intelligent computer techniques. Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. A: Min. industry), 101, May-August, A79-A84.

Gibson, D.F. and Mooney, E.L., 1981. A mathematical programming approach to the selection of stripping technique and dragline size for area surface mines. 17th APCOM Symposium, 500-521.

Hrebar, M.J. and Dağdelen, K., 1979. Equipment selection using simulation of dragline stripping methods. 16th APCOM Symposium, 449-461.

- Lee, C.D., 1988. A multiseam dragline mine planning simulator for personal computers. *Mine Planning and Equipment Selection*, Balkema, Rotterdam, 397-408.
- Michaud, L.H., 1992. Development of a 3D geologic model and database for dragline mine planning on a microcomputer. *Int. J. of Surface Mining and Reclamation*, Balkema, Rotterdam, No.6, 179-185.
- Michaud, L.H. and Calder, P.N., 1988. Computerised dragline mine planning. *Computer Applications in the Mineral Industry*, Balkema, Rotterdam, 353-357.
- Mooney, E.L. and Gibson, D.F., 1981. Formulation and solution of the dragline and pit width selection problem allowing variable pit widths for varying overburden depth and coal seam thicknesses. *17th APCOM Symposium*, 522-531.
- Rodriguez, R., Berlanga, J.M. and Ibarra, M.A., 1988. Mathematical expressions for simulating a dragline mining system. *Mine Planning and Equipment Selection*, Balkema, Rotterdam, 409-420.
- Seymour, C.A., 1979. Dragline stripping: Extended bench method. *World Coal*, April, 23-26.
- Speake, C.J., Finch, T.E. and Haley, D.R., 1977. Calculating dragline reach requirements for western surface mines. *Mining Engineering*, May, 35-37.
- Stuart, N.J. and Cobb, Q., 1988. Two approaches to the computerised planning of dragline operations. *Computer Applications in the Mineral Industry*, Balkema, Rotterdam, 23-31.
- Wolski, J.K. and Dereck, R.P., 1986. Comparison between various overburden stripping methods for texas lignite mines. *Use of Computers in Coal Industry II*, 297-308.

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: YBAG - 0062	2- Rapor Tarihi: HAZİRAN 1995
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1 Eylül 1992 - 1 Mayıs 1995	
4- Projenin Adı: Açık Ocaklarda Kullanılan Dragline'ların Seçilmesi İçin Uzman Sistem Geliştirilmesi	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Doç. Dr. Neş'e Çelebi Bülent Erdem	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü 06531 ANKARA	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:	
8- Öz (Abstract): Bu çalışmada, yerüstü madenlerinde örtü-kazı operasyonlarında kullanılan dragline'ların daha etkili çalışabilmeleri için bir uzman sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için projenin en önemli kısmı olarak, tek damar bulunan açık ocaklarda dragline kullanılması durumunda uygulanabilecek örtü-kazı sistemlerinin analizleri yapılmış ve özellikle direkt yana döküm, basamak azaltmalı örtü-kazı sistemi, uzatılmış basamak ile döküm sistemi ve geri çekmeli örtü-kazı sistemi gibi tek damar için gerekli olan dilim ve çalışma parametreleri çıkartılmıştır. Bunun yanında, özellikle dragline'ları Türkiyede bulunan üç ayrı üretici firma tarafından üretilen dragline'lardan oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Aynı zamanda, dragline örtü-kazı sistemlerinin simülasyon çalışmaları yapılmış ve bunlarla ilgili temel çalışma parametreleri belirlenmiştir. Projenin ilerleyen safhalarında ise, dragline örtü-kazı sistemlerinin maliyet analizini araştırılmış ve bununla ilgili çalışma parametreleri belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen örtü-kazı metotları, veri tabanı, örtü-kazı simülasyonu ve maliyeti ile ilgili bilgisayar programları hazırlanmış ve bunlar bir uzman sistem çatısı altında birleştirilmiştir.	
Anahtar Kelimeler: Dragline, örtü-kazı metodları, açık ocaklar, örtü-kazı ekipmanları simülasyonu, kazı maliyeti, veri tabanı	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler (EK-4'de verilmektedir)	
1. B. Erdem, N. Çelebi & A.G. Paşamehmetoğlu, Development of an Expert System for Dragline and Stripping Method Selection, Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, 18-20 October, Istanbul, Turkey.	
10- Bilim Dalı:	
Doçentlik B. Dalı Kodu: 607.01.01	ISIC Kodu:
Uzmanlık Alanı Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input checked="" type="checkbox"/> Sınırlı <input type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu: <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

(*) Projenizin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz