45141.

SEYİTÖMER HAVZASI KÖMÜRLERİNİN YIKANABİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE OTİSCA PROSESİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüseyin KOCA

Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

T-45141

Doç. Dr. Muammer KAYA

Haziran - 1995

Hüseyin KOCA'nın DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Seyitömer Havzası Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Otisca Prosesinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Doç. Dr. Muammer KAYA (Danışman)

Üye: Prof. Dr. Gündüz ATEŞOK

Üye: Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17-7-1995 gün ve 95-17/2 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Süleyman TOKUR
Enstitü Müdürü

ÖZET

Çevresel etkiler nedeni ile kömür kullanımına çeşitli kısıtlamalar getirilmiş ve kullanılabilecek kömür özellikleri tanımlanmıştır.

Seyitömer havzası kömürleri uzun yıllar çok geniş bir bölgede kullanılmakta iken son yıllarda, kullanımı bir çok merkezde, çevresel düzenlemelere uygun olmadığı için kısıtlanmıştır.

Seyitömer kömürlerinin zenginleştirilerek kullanılabilme olanaklarının araştırılması amacı ile çalışmalar yapılmıştır. Öncelikle Seyitömer kömürlerinin yıkanabilirlikleri belirlenerek uygun zenginleştirme yöntemleri tesbit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda Seyitömer kömürlerinin çok güç koşullar altında, yoğunluğu sürekli kontrol edilen ağır ortam ayırması ile zenginleştirilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca Mikroskobik çalışmalar yapılarak kömürlerin minarolojik yapıları ve açık havada dağılabilirlik özellikleri belirlenmiştir. Havzada bulunan üç ayrı kömür damarınında yapılan çalışmalar ile çok dağılabilir olduğu tesbit edilmiştir.

Son olarak Otisca prosesi ile Seyitömer kömürlerinin zenginleştirilebilme olanakları araştırılmış ve -100+0 mm boyutunda her üç kömür damarı içinde yapılan deneylerde 1.5 g/cm^3 ağır ortam yoğunluğunda yıkanabilirlik verilerine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan numuneler A damarı kömürleri ortalama % 45 kül ve 1674 kcal/kg AID; B damarı kömürleri ortalama % 43.29 kül ve 2113 kcal/kg AID; Dragline panosu kömürleri ortalama % 48.15 kül ve 1835 kcal/kg AID içermektedir. Elde edilen sonuçlar; A damarı kömürleri için, yanabilir verim % 71.03; kül % 24.68 ve AID ise 2698 kcal/kg'dır. B damarı kömürleri için yanabilir verim % 78.54; kül % 21.58 ve AID ise 3121 kcal/kg'dır. Dragline panosu kömürleri için, yanabilir verim % 78.00; kül % 25.26 ve AID ise 2823 kcal/kg'dır.

SUMMARY

Various restrictions have been brought on the usage of coal because of environmental factors, and coal characteristics for burning have been described. While Seyitömer region lignites have been widely used in overall Turkey, it has been recently banned to use in heating in many large cities as they do not complete with recent legislations covering SO_2 and particulates emissions.

In the thesis, investigations were carried out for upgrading Seyitömer lignites to comply with environmental regulations.

Firstly, washability characteristics of Seyitömer lignites were investigated and applicable gravity processes according to washability results were determined. Washability characteristics revealed that Seyitömer lignites could be cleaned only by heavy medium separation with strict density control, low tonnage and expert operation.

Secondly, microscopic studies were performed to determine the mineralogical structure of lignites. Determination of slacking characteristics of Seyitömer lignites were examined. These investigations showed that three different coal seam present in the region showed strong slacking indices.

Finally, possibilities of application of Otisca process on Seyitömer lignites were investigated. The effects of various parameters on the ash, sulphur,calorific value and combustible yield were determined. The results showed that at optimum conditions, Otisca process resulted with a good aggrement with the washability results at 1.5 g/cm^3 medium density and -100+0 mm feed size.

The three coal sample used in the experiments contained: A seam coal sample, 45 % ash; 1674 kcal/kg calorific value; B seam coal sample, 43.29 % ash; 2113 kcal/kg calorific value; Dragline seam coal sample, 48.15 % ash;

1835 kcal/kg calorific value. Final products were obtained for A seam coal sample containing 24.68 % ash and 2698 kcal/kg calorific value with a combustible recovery of 71.03 %; for B seam coal sample containing 21.58 % ash and 3121 kcal/kg calorific value with a combustible recovery of 78.54 %; for Dragline seam coal sample containing 25.26 % ash and 2823 kcal/kg calorific value with a combustible recovery of 78 %.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın danışmanlığını kabul ederek yönlendiren sayın hocam Doç.Dr.Muammer KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam süresince her türlü katkı ve çabalarını gösteren Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümündeki hocalarım sayın Prof.Dr.Rıfat BOZKURT, sayın Prof.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ ve tüm hocalarıma şukranlarımı sunarım.

T.K.İ. S.L.İ. müessese müdürü Hasan YILMAZ'a katkılarından ve Anadolu Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Fonundan finansal destek sağlayan sayın Prof.Dr.Ercan GÜVEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında beni sabırla destekleyen, katkı ve ilgilerini esirgemeyen eşim Yrd.Doç.Dr.Sabiha KOCA'ya ve tüm aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv
SUMMARY v
TEŞEKKÜR vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xv

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 8
2.1. Kömürün Tanımı, Oluşumu 8
2.3. Kömürdeki Safsızlıklar ve Kömürlerin Yıkanabilme Özellikleri 10
2.3. Kömürdeki Safsızlıkların Giderilmesinde Uygulanan Yöntemler . 11
2.3.1 Fiziksel yöntemler 12
2.3.1.1 Kimyasal öğütme 13
2.3.1.2 Özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler 13
2.3.1.2.1 Kuru özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler. 13
2.3.1.2.2 Yaş özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler .. 14
2.3.1.3 Yüzey özellikleri farkına bağlı yöntemler 17
2.3.1.3.1 Flotasyon ile zenginleştirme 17
2.3.1.3.2 Seçimli flokülasyon ile zenginleştirme 18
2.3.1.3.3 Yağ aglomerasyonu ile zenginleştirme 18
2.3.1.4 Elektrostatik ayırma yöntemleri 19
2.3.1.5 Manyetik ayırma yöntemleri 19
2.3.2 Kimyasal yöntemler 20
2.3.3 Biyolojik yöntemler 21
2.3.4 Diğer zenginleştirme yöntemleri 22
2.4 Ağır Ortam İle Zenginleştirmenin Temel Prensipleri 24

İÇİNDEKİLER (devamı)

Sayfa

2.5 Otisca Prosesinin Temel Prensipleri 29
2.5.1 Otisca prosesi uygulamaları 34

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR 38
3.1 Deneylere Esas Olan Numune 38
3.2 Kimyasal Analizler 48
3.2.1 Kül tayini 48
3.2.2 Toplam kükürt tayini 49
3.2.3 Alt ısıl değer tayini 51
3.3 Deneysel Yöntem 54
3.3.1 Yüzdürme-batırma deneyleri 54
3.3.2 Mikroskobik çalışmalar 55
3.3.3 Kömürlerin açık havada dağılabilirliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar 56
3.3.4 Otisca Prosesi deneyleri 57

4. DENEY SONUÇLARI 60
4.1 Yüzdürme-Batırma deneyleri 60
4.1.1 A damarı kömürleri yüzdürme-batırma deney sonuçları 60
4.1.2 B damarı kömürleri yüzdürme-batırma deney sonuçları 60
4.1.3 Dragline Panosu kömürleri yüzdürme-batırma deney sonuçları 85
4.2 Mikroskobik Çalışmalar 98
4.3 Kömürlerin Açık Havada Dağılabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi.. 103
4.4 Otisca Prosesi İle Yapılan Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları 105
4.4.1 Pülp yoğunluğunun etkisi 105
4.4.2 Beslenme içerisindeki ince(-0.5 mm) tanecik miktarının etkisi 107

İÇİNDEKİLER (devamı)

Sayfa

4.4.2 Beslenme içerisindeki ince(-0.5 mm) tanecik miktarının etkisi 107
4.4.3 Numunenin yüzey rutubetinin etkisi 110
4.4.4 Aerosol OT-100 miktarının etkisi 112
4.4.5 Ön kıvamlandırma süresinin etkisi 115
4.4.6 Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin etkisi 117
4.4.7 Ayırma süresinin etkisi 119
4.4.8 Ağır ortam yağunluğunun etkisi 121
4.5 Otisca Prosesi İle Boyut Gruplarında Yapılan Zenginleştirme Deney Sonuçları 123
4.5.1 A damarı kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri 123
4.5.2 B damarı kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri 127
4.5.3 Dragline panosu kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri 131

5. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ VE TARTIŞMALAR 135
5.1 Yüzdürme-Batırma deneyleri 135
5.2 Kömürlerin Açık Havada Dağılabilirlik Özellikleri ve Mikroskobik Çalışmalar 140
5.3 Otisca Prosesi Deneyleri 144
5.4 Olası Proses Dizaynı ve Maliyetleri 170

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER 180
6.1 Genel Sonuçlar 181
6.2 Öneriler 183

İÇİNDEKİLER (devamı)

Sayfa

KAYNAKLAR DİZİNİ **184**

Ek 1 196

Ek 2 225

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil		Sayfa
3.1	A damarı karakteristik stampı	42
3.2	B damarı karakteristik stampı	43
3.3	Dragline panosu damarı karakteristik stampı	45
3.4	Yüzdürme-batırma deneyleri yapılış şekli	54
3.5	Otisca prosesi deneylerinin yapıldığı deney düzeneği	58
4.1	A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	62
4.2	A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	64
4.3	A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	66
4.4	A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	68
4.5	A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	70
4.6	A damarı kömürleri -100+0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri	72
4.7	B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	74
4.8	B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	76
4.9	B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	78
4.10	B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	80
4.11	B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	82
4.12	B damarı kömürleri -100+0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri	84
4.13	Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	87
4.14	Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri	89

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

Şekil — Sayfa

4.15 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri 91
4.16 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri 93
4.17 Dragline panosu kömürleri-4+0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri 95
4.18 Dragline panosu kömürleri -100+0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri 97
4.19 A damarı kömürleri tek nikolde kil, kalsit ve kömür bantları 99
4.20 A damarı kömürleri çift nikolde kil, kalsit ve kömür bantları 99
4.21 B damarı kömürleri tek nikolde kil, kalsit ve kömür dağılımı 100
4.22 B damarı kömürleri çift nikolde kil, kalsit ve kömür dağılımı 100
4.23 Dragline panosu kömürleri tek nikolde kil, kalsit, kömür ve pirit dağılımı 101
4.24 Dragline panosu kömürleri çift nikolde kil, kalsit, kömür ve pirit dağılımı 101
4.25 Dragline panosu kömürleri içerisinde pirit tanecikleri 102
4.26 Pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi 106
4.27 Besleme içerisindeki ince (-0.5mm) tanecik miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme sür.2 dak.) 108
4.28 Besleme içerisindeki ince (-0.5mm) tanecik miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme sür.4 dak.) 109
4.29 Yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi 111
4.30 Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (H.K.K.) ... 113
4.31 Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi 114
4.32 Ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi 116
4.33 Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi 118

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

Şekil — Sayfa

4.34 Ayırma süresinin proses performansına etkisi 120
4.35 Ortam yoğunluğunun proses performansına etkisi 122
5.1 A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 153
5.2 A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 154
5.3 A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 155
5.4 A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 156
5.5 A damarı kömürleri - 4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 157
5.6 A damarı kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 158
5.7 A damarı kömürleri -100+0 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneysel ve -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri 159
5.8 B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri..... 161
5.9 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 162
5.10 B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 163
5.11 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 164
5.12 B damarı kömürleri - 4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 165

ŞEKİLLER DİZİNİ (devamı)

Şekil Sayfa

5.13 B damarı kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 166
5.14 B damarı kömürleri -100+0 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneysel ve -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri 167
5.15 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri ... 169
5.16 Dragline panosu kömürleri - 50+18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 170
5.17 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri..... 171
5.18 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 172
5.19 Dragline panosu kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri..... 173
5.20 Dragline panosu kömürleri -0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri 174
5.21 Dragline panosu kömürleri -100+0 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneysel ve -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri 175
5.22 Otisca prosesi akım şeması 177

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge		Sayfa
1.1	Katı yakıt kullanan tesislerse partikül madde ve SO_2 emisyon standartları	3
1.2	Partikül madde ve SO_2 emisyonları için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerleri	4
1.3	Hava kirlilik derecesine göre yakılabilecek kömürlerin özellikleri	5
2.1	CFC 11 ve HCFC 123'ün fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
3.1	Seyitömer havzası kömürleri genel kimyasal özzellikleri	39
3.2	A damarı kömürleri genel analiz sonuçları	40
3.3	B damarı kömürleri genel analiz sonuçları	40
3.4	Dragline panosu kömürleri genel analiz sonuçları	40
3.5	A damarı kömürleri -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları	41
3.6	B damarı kömürleri -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları	41
3.7	Dragline panosu kömürleri -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları	41
4.1	A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	61
4.2	A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	63
4.3	A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	65
4.4	A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	67
4.5	A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	69
4.6	A damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	71
4.7	B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları	73

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge — Sayfa

4.8 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları 75

4.9 B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları 77

4.10 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları 79

4.11 B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları 81

4.12 B damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneyi sonuçları 83

4.13 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 86

4.14 Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 88

4.15 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 90

4.16 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 92

4.17 Dragline panosu kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 94

4.18 Dragline panosu kömürleri -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları 96

4.19 Seyitömer havzası kömürleri açık havada dağılabilirlik indeksleri.... 104

4.20 Çizelge 4.19'da verilen Seyitömer kömürleri açık havada dağılabilirlik endeksleri standart sapma ve değişim katsayıları 104

4.21 A damarı kömürleri için Otisca Prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi 196

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge Sayfa

4.22 B damarı kömürleri için Otisca Prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi 197
4.23 Dragline panosu kömürleri için Otisca Prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi 198
4.24 A damarı kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika) 199
4.25 B damarı kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika) 200
4.26 Dragline panosu kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika) 201
4.27 A damarı kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika) 202
4.28 B damarı kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika) 203
4.29 Dragline panosu kömürlerinde besleme içindeki -0.5 mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika) 204
4.30 A damarı kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi 205
4.31 B damarı kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi 206
4.32 Dragline panosu kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi 207
4.33 A damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Havada Kuru Kömürde) 208
4.34 B damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Havada Kuru Kömürde) 209
4.35 Dragline panosu kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Havada Kuru Kömürde) 210
4.36 A damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Orjinal Kömürde) 211

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge Sayfa

4.37 B damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Orjinal Kömürde) 212
4.38 Dragline panosu kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Orjinal Kömürde) 213
4.39 A damarı kömürleri için ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi 214
4.40 B damarı kömürleri için ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi 215
4.41 Dragline panosu kömürleri için ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi 216
4.42 A damarı kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi 217
4.43 B damarı kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi 218
4.44 Dragline panosu kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi 219
4.45 A damarı kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi 220
4.46 B damarı kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi 221
4.47 Dragline panosu kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi 222
4.48 A damarı kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 223
4.49 B damarı kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 223
4.50 Dragline panosu kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 224

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge Sayfa

4.51 A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 124
4.52 A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 124
4.53 A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 125
4.54 A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 125
4.55 A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 126
4.56 A damarı kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 126
4.57 B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortamyoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 128
4.58 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 128
4.59 B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 129
4.60 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 129
4.61 B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 130
4.62 B damarı kömürleri -0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 130
4.63 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 132
4.64 Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 132

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge — Sayfa

4.65 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 133

4.66 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğunagöre yapılan zenginleştirme deneyleri 133

4.67 Dragline panosu kömürleri - 4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğunagöre yapılan zenginleştirme deneyleri 134

4.68 Dragline panosu kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri 134

5.1 ∓ 0.1 g/cm^3 yoğunluktaki malzeme yüzdeleri; ayırmanın zorluk derecesi; uygun yöntem seçimi 136

5.2 A damarı kömürleri; 1.5 g/cm3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları 137

5.3 B damarı kömürleri; 1.5 g/cm3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları 138

5.4 Dragline panosu kömürleri; 1.5 g/cm3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları 140

5.5 Kömürlerin açık havada dağılabilirlik indekslerine göre sınıflandırılması 141

5.6 A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri 225

5.7 A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri 226

5.8 A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri 227

5.9 A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri 228

5.10 A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri 229

ÇİZELGELER DİZİNİ (devamı)

Çizelge	Sayfa
5.11 A damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	230
5.12 B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	231
5.13 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	232
5.14B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	233
5.15 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	234
5.16 B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	235
5.17 B damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	236
5.18 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	237
5.19 Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	238
5.20 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme - batırm deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	239
5.21 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	240
5.22 Dragline panosu kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	241
5.23 Dragline panosu kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri	242
5.24 Otisca prosesi deneylerinde belirlenen ağır ortam kayıpları	178

1. GİRİŞ

Hava kirliliği sosyal, teknik ve ekonomik boyutları ile çok karmaşık bir yapı göstermekte ve her ülke kendi yapısına uygun teknik ve yasal düzenlemelere gitmektedir. Bu düzenlemeler ile hava kirliliği, çevre sağlığı yönünden zararsız sınırlar içerisinde tutulmaya çalışılmaktadır.

Dünyamızda her yıl milyonlarca ton hava kirletici; yanmayan mineral maddelerden oluşan kül, yanabilir fakat yanmamış katı yakıt zerrecikleri ve kurum halindeki partikül maddeler; SO_2 ve SO_3 halinde kükürt oksitler; NO ve NO_2 halinde azot oksitler; CO ve CO_2 halinde karbon oksitler; CxHy yapısındaki hidrokarbonlar... vb biçiminde atmosfere atılmaktadırlar (Görner, et.al.,1987). Genellikle yakma sistemlerinin baca ve egsoz gazlarından çevreye yayılan bu kirleticiler; insan sağlığını, tarımsal üretimi, ormanları ve yapıları olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle yakma sistemlerinde emisyon kontrolü, hava kirliliğinin önlenmesine yönelik çalışmalarda birinci sırada yer almaktadır. Özellikle katı yakıt kullanılan ısı merkezleri, termik santraller ve fabrikalarda gaz ve toz emisyonları günümüzdeki çevre kirliliğinin birinci nedenleridir. Katı yakıt olarak günümüzde genellikle kömür kullanılmakta, kömürün yanması ile çevreye yukarıda sayılan partikül madde, kükürt oksitler, azot oksitler, karbon monoksit ve hidrokarbonlar yayılmaktadır (Edgar,1983).

Bu maddelerin kontrolu için; yüzyılı aşkın süredir, önceleri kömürün ısıl değerinin arttırılmasına yönelik, daha sonrada pirit ve külün uzaklaştırılmasına yönelik olarak yapılan kömür zenginleştirme araştırmalarındaki tecrübelerden yararlanılmaktadır. Günümüzde kömürün zenginleştirilmesinin temel hedefi çevre kirliliğine neden olan maddelerin kömürün yapısından uzaklaştırılması ve bunun sonucu olarakta kömürün ısıl değerinin arttırılmasıdır.

Kömürün zenginleştirilmesi; 2. Bölümde detaylı olarak verildiği gibi yanmadan önce kömürün çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler ile, yanma işlemi sırasında yada yanma işleminden sonra açığa çıkan gazların içindeki çeşitli kirleticilerin tutulması yöntemleri ile yapılmaktadır. Bunlar arasında yanmadan önce kömürün zenginleştirilmesi en ekonomik ve basit olup ancak kısıtlı verim ile uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerle kömürün çeşitli mineral madde ve kükürtü belirli bir oranda azaltabilmekte, tamamen temizlemek mümkün olmamaktadır.

Gelişmiş ülkelerde termik santrallerde ve büyük ısı merkezlerinde yakılan kömürlerin çevreye yaydığı kirliliğin engellenmesi etkili şekilde ya yanma esnasında ya da yanmadan sonra açığa çıkan baca gazlarından kirleticilerin temizlenmesi ile yapılmaktadır.

Ülkemizde ise termik santraller, ısı merkezleri ve fabrikalardan başka kömür, evlerde sobalarda küçük miktarlarda da yakıldığından, yanma esnasında yada yanmadan sonra açığa çıkan baca gazlarında partikül madde ve SO_2 emisyon kontrolü çok zor hatta imkansızdır. Bu nedenle evlerde ısınma amacı ile kömür kullanımı yerine ya doğal gaz yada elektrik enerjisi kullanımına geçilmelidir. Kısa vadede bu her iki önerininde hayata geçirilmesi mümkün olmadığından özellikle büyük şehirlerde hava kirliliğinin önlenebilmesi için evlerde çeşitli fiziksel yöntemler ile zenginleştirilmiş temiz kömür yakılması zorunludur.

Katı yakıtların kullanıldığı tesislerin uymak zorunda oldukları emisyon standartları hava kalitesinin korunması yönetmeliği çerçevesinde belirlenmiş ve uygulamaya konulmuştur (Yılmaz, 1987). Buna göre halen mevcut tesisler ile yeni kurulacak tesisler ayrı ayrı irdelenirken, tesislerin kurulu güçleride dikkate alınmıştır. Çizelge 1.1'de ülkemizde ve bazı gelişmiş ülkelerde halen uygulanan katı yakıt kullanan tesislerde baca gazlarındaki maksimum partikül madde ve SO_2 emisyon standartları verilmiştir.

Çizelge 1.1 Katı yakıt kullanan tesislerde partikül madde ve SO_2 emisyon standartları

a- Türkiye partikül madde emisyon standartları

Isıl güç	Yeni tesis (mg/m^3)	Eski tesis (mg/m^3)
15 MW'a kadar	200 (400)	250 (500)
50 MW'ın üzeri	150 (300)	250 (500)

Not: Parantez içindeki rakamlar orjinal kömürde %18 den fazla kül içeren linyit kömürü yakan tesisler içindir.

b- Türkiye SO_2 emisyon standartları

Isıl güç	Yeni tesis (mg/m^3)	Eski tesis (mg/m^3)
300 MW'a altında	2000	3200
300 MW'ın üstünde	1000	3200

c- Çeşitli ülkeler

Ülke	Partikül madde (mg/m^3)	SO_2 (mg/m^3)
Belçika	350	2000
Kanada	116	700
Almanya	50	400
Hollanda	48	548
Japonya	100	549
İsveç	36	240
A.B.D.	31	1238

Çizelge 1.1 de verilen emisyon standartlarından başka yerleşim birimlerinde uygulanan emisyon standartları da hava kalitesinin korunması yönetmeliği çerçevesinde verilmiştir. Burada verilen sınır değerleri insan sağlığının korunması, çevrede, kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerinin konsantrasyon birimleriyle ifade edilmiş seviyeleridir. Standartlarda uzun vadeli (UVS) ve kısa vadeli (KVS) sınır değerleri ile SO_2 için maksimum saatlik sınır (MSS) değerleri belirlenmiştir. Kısa vadeli sınır değerleri, maksimum günlük ortam değerleri; uzun vadeli sınır değerleri ise aşılmaması gereken bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasını gösterir. Çizelge 1.2 de yerleşim birimleri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli partikül madde ve SO_2 emisyon standartları verilmiştir.

Çizelge 1.2 Partikül madde ve SO_2 emisyonları için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerleri

Kirletici	UVS ($\mu g/m^3$)	KVS($\mu g/m^3$)	MSS($\mu g/m^3$)
1- Kükürt dioksit (SO_2)			
kükürt trioksit (SO_3) dahil			
a-Genel	150	400	900
b- Endüstri bölgesi	250	400	900
2- Partükül Madde			
a- Genel	150	300	—
b- Endüstri bölgesi	200	400	—

1986 yılında çıkarılan bu emisyon standartlarından sonra çeşitli kereler yeni tanımlamalar geliştirilmiş ve yeni sınırlamalar getirilmiştir. Nitekim 1994 yılında çıkarılan bir genelge ilede hava kirliliğinin derecesine göre bir bölgede yakılabilecek kömürün nitelikleri belirtilmiştir (Çizelge 1.3) (Köktürk, et.al., 1994).

Çizelge 1.3 Hava kirlilik derecesine göre yakılabilecek kömürlerin özellikleri

Kirlilik derecesi	AID (kcal/kg)	% Toplam kükürt	-%18 mm boyutu
1.Derece	4500∓500	%1.5	max %10
2.Derece	4000	%2	max %10
Yok	3000	%3	—

Çizelge 1.1 de verilen emisyon standartlarına uyulabilmesi için, büyük tesislerde uygulanan en etkin yöntemler genellikle kömürün yanmasından sonra açığa çıkan baca gazlarından; partikül maddelerin elektrostatik toz tutucular ile tutulması, SO_2 gazının ise bir arıtıcı akışkana aktarılması prensibine dayanmaktadır. Bu aktarma işlemi SO_2'nin "çözülmesi-absorbe edilmesi" veya "bir yüzeyde tutulması - Adsorbsiyon" esasına dayanmaktır.

Evlerde sobalarda küçük miktarlarda yakılan kömürlerden yayılan baca gazlarındaki Partikül madde ve SO_2'nin neden olduğu kirliliklerden; Çizelge 1.2 de verilen emisyon standartlarına uyulabilmesi ancak düşük küllü ve düşük kükürtlü kömürlerin yakılması ile sağlanabilmektedir. İstenilen özellikteki kömürlerde, ancak çeşitli fiziksel yöntemler ile kömürün zenginleştirilmesi ile elde edilir.

Çalışmaya konu olan, Seyitömer linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğüne bağlı, Seyitömer havzası linyitleri , ülkemiz linyit potansiyeli içinde önemli bir yer tutmaktadır. Havzada farklı üretim bölgelerinde üretilen linyitler, gerek fiziksel-kimyasal özellikleri ve gerekse değişik tüketim alanlarında değerlendirilebilmeleri açısından, ülkemizin diğer linyit üretim bölgelerine ve bu bölgelerde üretilen linyitlere göre, oldukça farklı özelliklere sahiptirler. Bu farklılıkların en belirleyicisi Seyitömer havzası linyitlerinin açık havada dağılabilirlik özellikleridir.

Bölgenin yaklaşık rezervi 180 milyon ton olup bunun 80 milyon tonu A damarı, 74 milyon tonu B damarı ve 26 milyon tonu da Dragline panosuna aittir. Çeşitli panolarda üretilen kömürler işletme sahası içindeki kriblaj tesislerine verilerek +100 mm boyutu teshinde kullanılmak üzere piyasaya, -100+0 mm fraksiyonu da işletmenin hemen yanındaki 4x150 MW gücündeki Seyitömer Termik Santraline verilmektedir. Yıllık üretim yaklaşık 8 milyon ton olup bunun 2 milyon tonu teshinde kullanılmak üzere piyasaya, 6 milyon tonuda termik santrale verilmektedir. +100 mm parça kömürler kriblaj tesislerinde el ile ayıklamaya tabii tutulurken termik santrale verilen kömürlerde her hangi bir işlem yapılmamaktadır.

Seyitömer termik santralinin baca gazlarından partikül madde emisyon kontrolü elektrofiltreler ile yapılırken, SO_2 arıtımı yapılmamaktadır. Baca gazlarında 1994 yılı boyunca yapılan ölçümlerde SO_2 emisyon miktarının minimum 2030 mg/m^3, maksimum 4823 mg/m^3 ve ortalama 3297 mg/m^3 olduğu belirlenmiştir. Buna göre belirlenen ortalama değer Çizelge 1.1 de eski tesisler için verilen limitlerin üzerinde olduğu, yeni planlanan Seyitömer V termik santral projesinde olduğu gibi eski tesislerde de baca gazında SO_2 arıtımının zorunlu olduğu saptanmştır (Esin, 1994).

Seyitömer kömürleri teshinde ülkenin önemli bir bölümünde tüketilmekte yaklaşık 55 ilde yakılmaktadır. El ile ayıklamanın dışında her hangi bir zenginleştirme işleminden geçirilmeyen bu kömürler kullanıldıkları bölgelerde önemli çevre sorunları yaratmakta, özellikle yüksek kül oranından kaynaklanan partikül madde emisyonu ile şehirler üzerinde siyah bir kirlilik bulutu oluşturmaktadırlar. Yapılan çeşitli ölçümlerde SO_2 emisyonu zaman zaman Çizelge 1.2 deki Limitlerin üzerinde çıksada genellikle asıl sorunun partikül madde emisyonundan kaynaklandığı açıktır. Çizelge 1.3 te tanımlanan kömür kullanım kılavuzuna görede toplam kükürt içeriği açısından önemli bir sorun çıkmayacağı açıktır.

Bu çalışmada Seyitömer havzası kömürlerinin öncelikle fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılarak açık havada dağılabilirlikleri belirlenmiştir. Daha sonra yıkanabilirlik özellikleri belirlenerek Otisca prosesinin uygulanabildiği, 1.5 g/cm^3 yoğunluktaki zenginleştirme sonucu elde edilebilecek ürünlerin yaklaşık kül, toplam kükürt ve ısıl değer içerikleri saptanmıştır. Son olarakta Seyitömer havzası linyitlerinin Otisca prosesi ile zenginleştirilebilme çalışmaları yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kömürün Tanımı, Oluşumu

Kömür , çok değişik oranlarda organik ve inorganik bileşenler içeren tortul bir kayaçtır. Doğada, yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbiri ile tam anlamda özdeş iki kömür örneğine rastlamak hemen hemen imkansızdır. Kömürler yanıcı ve enerji verici madde olması yanında çeşitli proseslerden geçirilmesi sonucu değişik ürünlerin elde edildiği bir hammaddedir (Özpeker, 1991 ve Karayiğit, et.al., 1994).

Kömürler; bitkilerin, çeşitli doğa olaylarının etkisi altında zamanla bozuşup, fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğraması sonucu oluşurlar. Bitkilerde fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açan doğa olayları arasında; bakteri ve mantar hücrelerinin faliyetleri, oksitlenme, redüklenme, hidroliz ve damıtım ile ısı ve basıncın etkileri sayılabilir. Bunların sonucunda oluşan fiziksel değişimler; rengin kararması, parlaklık, sertlik, sıkılık ve kırılganlığın artmasıdır. Kimyasal değişimler ise; rutubet ve karbon, hidrojen ile oksijen bileşiklerinden oluşan uçucu maddelerin azalması ve sabit karbon ile kül oranlarının artmasıdır. (Ateşok, 1986 ve Korkmaz, 1994). Kömürleşme süreci biokimyasal ve jeokimyasal evre olmak üzere iki grupta toplanır. Biokimyasal evrede bitki artıkları, bakteri ve mantar hücresi gibi mikro-organizmaların etkisi altında çürüyerek karbonca zengin turbaları oluştururlar. Bu kömürleşmenin ilk aşamasıdır. Biokimyasal kömürleşmeden sonra, jeokimyasal kömürleşme koşullarınında geçerli olması ile linyit ve taşkömürleri oluşur. Jeokimyasal evrede de , turbalar basınç ve ısının etkisi altında kalarak bu etkilerin şiddetine göre linyitten antrasite kadar çeşitli özellikte kömürler oluşurlar (Kemal, 1987).

Kömürlerin çeşitli organik bileşenlerden oluştuğu tanımından anlaşılmaktadır ve makroskopik olarak parlak, yarı parlak, mat veya ince

bantlar halindedir. Çıplak gözle görülebilen bu bantlı bileşenlere makropetrografik organik bileşenler yada "LİTOTİP" denir. Taşkömürleri ve linyitleri oluşturan litotipler farklıdırlar. Taşkömürleri vitren , klaren , duren ve füsen içerirken, linyitler ise hüminit, liptinit ve inertinitten meydana gelirler. Kömürlerin mikropetrografik organik bileşenlerinede "MASERAL" denir. Maserallar biçim ve yapıları ile kömürleşme süresinde korunmuş olan kömürleşmiş bitki kalıntılarıdır. Bu organik yapıcılar kendilerini oluşturan bitki kalıntılarının fiziksel ve kimyasal yapılarına göre vitrinit , eksinit (liptinit) ve inertinit olmak üzere üç ana maseral kümesinde toplanırlar. Değişik maseral kümelerinin bir araya gelmesinden de mikrolitotipler oluşur. Maseraller, maseral kümeleri ve mikrolitotipler kömürlerin mikroskobik yapıcılarıdır (Özpeker, 1991 ve Toprak ,1994).

Kömürlerin sınıflandırılmaları hem bilimsel hemde ticari amaçlı olarak yapılmış ve bu konudaki çalışmalar tüm hızıyla yeni bilimsel verilerin ışığı altında sürdürülmektedir. Bu nedenle yapılmış ve yapılmakta olan çok sayıda kömür sınıflandırma sistemleri vardır (Carpenter, 1988). Kömür sınıflandırma sistemleri genel olarak iki çeşittir: Bilimsel sınıflandırmalar ve ticari sınıflandırmalar. Bilimsel sınıflandırmalarda kömürün orijini, yapısı, içeriği ve temel özellikleri baz olarak alınırken; ticari sınıflandırmalarda kömürün piyasa değeri, kullanım ve teknolojik özellikleri ön plana çıkarılmaktadır. Bu sınıflandırmalarda kömürlerin kaba analizleri, elementer analizler ve diğer analizler ile fiziksel, kimyasal ve petrografik özellikleri kullanılır. Kaba analiz de; rutubet, kül, uçucu madde ve sabit karbon miktarı belirlenirken,elementer analiz ile karbon, hidrojen, oksijen, azot, kükürt gibi kömür içerisindeki temel kimyasal elementler belirlenir. Diğer analizlerde ise ısıl değer, kükürtlü bileşikler; fiziksel ve kimyasal özelliklerinde de kömürün kekleşme, koklaşma ve şişme özellikleri, sertliği, gevrekliği gibi değişik özellikleri tesbit edilir. Bunlardan yararlanarak yapılan ve en çok geçerliliği olan sınıflandırmalar Amerikan (ASTM) sınıflandırması, İngiliz (NCB) sınıflandırması, Alman (DIN) sınıflandırması ve Uluslararası (ISO) sınıflandırmadır. Bunlardan başka; Şeyler sınıflandırması,

Alman (Ruhr) sınıflandırması ve Alpern sınıflandırması sık sık kullanılmaktadır (Karayiğit , et.al , 1994).

2.2 Kömürdeki Safsızlıklar ve Kömürlerin Yıkanabilme Özellikleri

Kömürler organik ve inorganik maddelerden oluşmaktadır. Organik maddeler kömürlerin işe yarayan kısımlarını oluştururken, katı inorganik maddelerin kömür teknolojisi yönünden hiçbir yararları yoktur, çeşitli zenginleştirme yöntemleri ile uzaklaştırılmaları gerekir. Bu katı inorganik maddelerden başka kömürlerdeki rutubette önemli safsızlıklardandır. Kömür yandığı zaman içinde bulunan katı inorganik maddelerden bir kısmı kül haline gelirken bir kısmı da ayrışarak veya oksitlenme sonucu SO_2, CO_2, Cl gibi gazların çıkışına yol açar.

İnorganik maddeleri geldikleri kaynağa göre iki grupta incelemek mümkündür. Birinci gruptakiler, kömürü oluşturan orjinal bitkilerin yapılarından gelenler; ikinci gruptakiler ise kömürleşme sırasında dışarıdan gelip bitki kalıntıları arasına katılanlardır (Ateşok, 1986 ve Nakoman, 1971). Bitkilerden gelen inorganik maddeler çoğunlukla kalsiyum, mağnezyum, sodyum, potasyum, kükürt, klor ve silisyum bileşikleridir ve genellikle kömürün toplam inorganik madde içeriğinin % 2'sinden fazlası değildir. Buna karşın kömürlerin oluşumu yada turbaların kömüre dönüşümü sırasında volkanik ve tektonik olayların etkisi ile yada su, rüzgar gibi etkenlerle çevreden önemli miktarda inorganik madde kömürün yapısı içerisine karışmaktadır. Bunlar arasında şeyl grubu mineraller; muskovit, biotit, montmorillonit; kaolin grubu mineraller; kaolinit; sülfür mineralleri, pirit, markasit; karbonat mineralleri, kalsit, ankerit, sayılabilir. Kömür zenginleştirmede ana hedef inorganik madde ve rutubeti uzaklaştırarak kömürün kül yüzdesini düşürmek ve ısıl değerini yükseltmektir. Birinci bölümde belirtildiği gibi çevre kirliliğine neden olan, baca gazı içerisindeki SO_2 ve partikül madde miktarı doğrudan doğruya kömürün yapısındaki inorganik

madde ve kükürt miktarına bağlıdır. Bunların zenginleştirme sonucu giderilmesi ile ısıl değer yükseltilirken, kömürlerin çevre kirliliğine yol açmaksızın sağlıklı kullanılabilmeleri sağlanmaktadır. Ayrıca kömürün içerisindeki inorganik maddelerin nakli, ısıtılması, stoklanması vs. gibi işlemlerin azaltılmasıda ekonomik katkı sağlar (Atak, et.al., 1991; Önal, et.al., 1994 ve Çelik, et.al.,1994).

Kömürlerin kül ve kükürtten arındırılabilmeleri, yani yıkanabilme özellikleri laboratuvarda yapılan yüzdürme-batırma deneyleri ile saptanır. Deney öncesinde kömürler kullanım alanları dikkate alınarak çeşitli boyut gruplarına ayrılır ve bu boyut gruplarında değişik yoğunluklarda ağır sıvı yada çözeltiler ile yüzdürme-batırma işlemine tabi tutularak yıkanabilirlikleri saptanır. Buradan elde edilen veriler ile kömürlerin yıkanmaya elverişli olup olmadıkları belirlenirken; yıkama işlemi sonunda elde edilecek temiz kömürün içeriği, yıkama verimi, kömürün kül ve piritik kükürt gibi safsızlıklardan temizlenmesinin kolay olup olmadığı gibi sonuçlar çıkarılır.

2.3 Kömürdeki Safsızlıkların Giderilmesinde Uygulanan Yöntemler

Kömürdeki safsızlıkların çeşitli inorganik maddeler ve rutubet olduğu daha önceki bölümlerde belirtilmişti. Bölüm 2.2' de belirtilen kömür içerisindeki safsızlıklara ek olarak, tuvönan kömür işletme yöntemine bağlı olarak yan kayaçtan gelen çok miktarda silis, marn, kalker vs. gibi yabancı maddelerde karışmaktadır. Son yıllarda kullanılan dragline, ekskavatör gibi büyük kapasiteli açık işletme kömür kazı makinalarının devreye girmesi ayrıca yeraltı işletmelerinde de mekanizasyonun artması ile seçimli üretim yöntemleri uygulama olanakları kısıtlanmış ve yan kayaçtan gelen yabancı madde miktarında da önemli artışlar görülmüştür. Kömürün zenginleştirilmesi sırasında kömürün yapısındaki kül ve baca gazındaki partikül madde ve SO_2 gibi istenmeyen maddeler yapıcı safsızlıklar uzaklaştırılken, yan kayaçtan gelen yabancı maddeler de uzaklaştırılmalıdır. Yan kayaçtan gelen yabancı maddeler,

genellikle iri boyutta ve serbest halde bulunduklarından fiziksel yöntemler ile kolaylıkla uzaklaştırılırken, kömürün yapısında bulunan diğer inorganik maddeler ve pirit, markasit gibi SO_2 üreten safsızlıklar daha kompleks zenginleştirme yöntemleri ile uzaklaştırılabilirler. Kömür yanmadan önce zenginleştirmede uygulanan yöntemler; fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler olmak üzere başlıca üç gruba ayrılır.

2.3.1 Fiziksel yöntemler

Kömürlerin yanmadan önce zenginleştirilmesinde en çok kullanılan ve en ekonomik olan yöntemler fiziksel yöntemlerdir. Fiziksel yöntemler ile kömürün inorganik maddelerden arındırılması yanında piritik kükürdünde uzaklaştırılması sağlanır. Organik kükürtün uzaklaştırılması fiziksel yöntemler ile mümkün olmamaktadır.

Fiziksel yöntemlerde kömür ile mineral maddelerin farklı fiziksel özelliklerinden yararlanılır. Bu özellikler arasında özgül ağırlık farkı ve yüzey özelliklerindeki farklılıklar sayılabilir. Bunlardan başka; uygulanan bir elektrik alanı ve manyetik kuvvetin etkisi altındaki davranışları arasındaki farklılıklardan yararlanarak özellikle piritik kükürtün kömürden uzaklaştırılması sağlanabilmektedir (Koca, 1987).

Fiziksel yöntemler ile kömürün zenginleştirilmesinde kulllanılan belli başlı yöntemler aşağıda gösterilmiştir:

1- Kimyasal öğütme,
2- Özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler,
3- Yüzey özellikleri farkına bağlı yöntemler,
4- Elektrostatik ayırma yöntemler,
5- Manyetik ayırma yöntemleri.

2.3.1.1 Kimyasal öğütme

Kömürün zenginleştirilmesinde, mekanik boyut küçültme özellikle piritik kükürtün uzaklaştırılmasında zorunlu olarak uygulanmaktadır. Ancak, pirit taneciklerinin serbestleşmesi çoğunlukla küçük boyutlarda gerçekleştiğinden, gerek zenginleştirme gerek zenginleştirme sonrası işlemler karmaşık ve pahalıdır.

Kimyasal öğütme de, kömür ve mineral maddeler amonyak ve metanol gibi maddeler ile basınç altında muamele edilerek mümkün olan en iri boyutta serbestleşmeleri sağlanır. Ufalanmaların mineral tanelerinin ara yüzey sınırlarında olduğu ve tane serbestleşmesinin gereksiz boyut küçültme işlemi yapılmaksızın sağlandığı belirtilmiştir (Weiss, et.al., 1982 ve Çelik, et.al., 1994). Kimyasal öğütme ile serbestleşmesi sağlanan kömür ve mineral maddelerin zenginleştirilmesi ise uygun bir zenginleştirme yöntemi ile yapılmaktadır.

2.3.1.2 Özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler

Kömürün zenginleştirilmesinde kullanılan graviteye bağlı yöntemler çok uzun zamanlardan beri kullanılmaktadır. Tüm Dünyada üretilen temiz kömürün yaklaşık %90'ının bu yöntemler ile üretildiği belirtilmiştir (Cavallaro, et.al.,1977). Graviteye bağlı zenginleştirme yöntemleri kuru ve yaş zenginleştirme yöntemleri olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir.

2.3.1.2.1 Kuru özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler

Yapılan bir çalışmada kuru kömür zenginleştirme yöntemleri özetlenmiş, uygulama koşulları ve bugünkü durumları ayrıntılı olarak belirlenmiştir (Lockhart, et.al; 1990).

Verimliliği iyi olmayan, toz, nem içeriği ve kullanılan aletlerin ebadları açısından çeşitli problemleri beraberinde getiren bu yöntemlerin kullanımı son yıllarda oldukça azalmıştır (Singh, et.all, 1979; Burt, 1984 ve Lockhart, 1984).

En çok kullanılan cihazlar havalı jig ve havalı masadır. Havalı masa ile yapılan zenginleştirme çalışmalarında hem piritik sülfür hemde kül yapıcı inorganik maddelerde azalmalar saptanmıştır. Temel olarak jig ile benzer ayırma prensipleri gösteren havalı masada vibrasyon ve gravite kuvvetleri kullanılarak, ayırma daralan bir tekne içerisinde sağlanır (Wilson, 1977).

2.3.1.2.2 Yaş özgül ağırlık farkına bağlı yöntemler

Son yıllarda çevresel etkilerin de baskısı ile kömür zenginleştirme yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda çok hızlı gelişmeler gösterilmiş ve uzun zamanlardan beri kullanıla gelen zenginleştirme cihazlarında önemli yapısal değişikliklerle birlikte performans gelişmeleri de sağlanmıştır. Günümüzde en çok kullanılan graviteye bağlı zenginleştirme yöntemleri arasında

Ağır ortam zenginleştirme yöntemleri:
Jigler,
Ağır ortam siklonları,
Hidroksiklonlar,
Sallantılı masalar,
Spiraller, vs.
sayılabilir (Koca, 1987).

Yukarıda verilen yöntemlerden ağır ortam ve jig ile zenginleştirme yöntemleri iri boyutta kömürün (+0.5 mm) zenginleştirilmesinde kullanılırken, daha ince boyuttaki kömürlerde verilen diğer yöntemler kullanılır.

İri boyutta en etkili zenginleştirme yöntemi ağır ortamdır. Çoğunlukla laboratuvar ölçekli yüzdürme - batırma amaçlı yapılan çalışmalarda ağır ortam olarak bromoform, metilen iyodür, karbontetra klorür, asetilen tetrabromad ve kloroform gibi ağır sıvılar ile çinko klorür gibi tuz çözeltileri kullanılır. Manyetit yada ferrosilikon gibi geri kazanımı kolay maddelerle hazırlanan ağır sıvıların kullanımı ile endüstriyel ölçekli statik yada dinamik ağır ortam banyolarında kömürün zenginleştirilmesi uzun zamanlardan beri yapılmaktadır (Morrison, 1982). İri boyutta kömürün zenginleştirilmesi yapılırken piritik kükürtün de belirli bir oranda azaldığı belirtilmiştir (Johnston, et.al, 1976 ve Jenkinsen, et.al, 1981). Son yıllarda manyetit yada ferrosilikon - su karışımı ile elde edilen ağır sıvıların yerine freon 113, 123 veya metilen klorid gibi geri kazanımı kolay ağır sıvıların kullanılması ile otisca ve otisca T-prosesi gibi yöntemlerin geliştirildiği çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Çelik, et.al.,1994 ve Couch, 1991). Statik ağır ortam ayırıcıları arasında çeşitli koniler; Chance konisi, Wemco konisi, tambur tipi ayırıcılar; Wemco, Tesca, tekneler, DSM Banyoları vs. sayılabilir (Burt, 1984).

Gravite kuvvetlerinin yanında merkezkaç kuvvetlerinin de etkin kılınması ile kömürlerin zenginleştirilebilme boyutları hidrosiklonlar ile 0.15 mm'ye kadar indirilmiştir (Edwards, 1984). Suyun yerine manyetit-su yada ferrosilikan-su karışımının ağır ortam olarak kullanılması ile elde edilen ağır ortam siklonlarında kömürlerin zenginleştirilebilme performansları önemli ölçüde geliştirilmiştir. Ağır ortam siklonlarında zenginleştirme boyutu 0.1mm'ye kadar inerken piritik kükürdün de önemli ölçüde uzaklaştırılabildiği gösterilmiştir (Edwards, 1984). Endüstriyel ölçekte aynı prensipte kömürün zenginleştirilmesinde kullanılan çok sayıda değişik tasarımlı aletler vardır. Bunlar arasında, Dyna Whirpool Ayırıcı, TRI-FLO Ayırıcı, Larcodems, Drewboy Banyosu, Vorsyl Ayırıcı, Norwalth Banyosu sayılabilir (Önal, et.al., 1994; Çelik, et.,al., 1994; Wills, 1981; Özdağ, 1991 ve Burt, 1984).

Graviteye bağlı yöntemler arasında en çok kullanılan ve genellikle iri boyutta kömürlerin zenginleştirilmesini sağlayan jiglerdir. Tüm dünyada zenginleştirilen kömürlerin yaklaşık %40'ının jigler ile zenginleştirildiği belirtilmiştir (Çelik, et.al., 1994). En çok kullanılan jigler Baum jigleridir. Baum jiglerinde döner bir vana ile kısa aralıklarla verilen basınçlı hava, jig içerisindeki suyu hareketlendirirerek basma etkisini yaratır. Baum jiglerin performansı geliştirilerek, daha büyük kapasite ve daha ince boyutta zenginleştirme yapabilen Batac ve Feldspat jigleri geliştirilmiştir (Mc Candless, et.al., 1978). Batac jiglerinde, Baum jiglerinde olduğu gibi hava odacıkları yoktur, hava elek yüzeyinin altında bulunan hava deliklerinden enjekte edilir.

Merkezkaç kuvvetlerininde etkili olduğu ve son yıllarda 0.1mm boyutundaki ince kömürlere kadar kullanılabilen spirallerde ayırma; 10-12 dönümlü, 8-16'lı bataryalar halinde poliüretandan yapılmış dikey teknelerde bir su akışı içerisinde sağlanmaktadır. Kömür zenginleştirme tesislerinde spirallerin sık sık kullanıldığı, kül yapıcı inorganik maddeler ile beraber piritik kükürdü de önemli oranlarda uzaklaştırdığı bellirtilmiştir (Yiğit, 1993; Burt, 1984 ve Wills, 1981). Tesislerde kapasitelerine göre çok az yer kaplayan ve yatırım giderleri de az olan spirallerin bir çok çeşitleri üretilmiştir. En çok uygulama alanı bulan Reichert Spiralleri, Humphrey Spiralleri ve Vickers Spiralleridir (Burt, 1984).

Sallantılı masalar 0.1mm boyutuna kadar olan kömürlerin zenginleştirilmesinde uzun zamandır kullanılmaktadır. Ancak kömür zenginleştirmede kullanılan sarsıntılı masalar diğer ayırma cihazlarına göre daha büyük ve daha çok yer kapladığından bir yandan çok katlı modelleri geliştirilirken, diğer yandan özellikle kömür hazırlama tesislerinde yerlerini spiral yada çeşitli silindirik yüzeyli merkezkaç kuvvetli aygıtlara terketmektedirler (Çelik, et.al., 1994 ve Önal, et.al., 1994). Bunlar arasında en çok dikkati çeken Mozzley Gravity Ayırıcısıdır. Ayırma esası olarak sarsıntılı masaya benzeyen ve daha ince boyutta zenginleştirme yapabilen bu ayırıcı aynı zamanda piritik kükürtün uzaklaştırılmasında da etkilidir.

2.3.1.3 Yüzey özellikleri farkına bağlı yöntemler

Kömür ve beraberinde bulunan mineral maddelerin yüzey özelliklerindeki farklılıklardan yararlanarak ayrılması teorik olarak mümkündür. Yüzey özelliklerinden yararlanarak kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan ve endüstriyel ölçekte uygulama alanı bulan yöntemler, flotasyon, flokülasyon ve yağ aglomerasyonudur.

2.3.1.3.1 Flotasyon ile zenginleştirme

Flotasyon, günümüzde ince boyutta kömürün zenginleştirilmesinde kullanılan en etkin yöntemlerden birisidir, ve eğer piritik kükürtün uzaklaştırılması temel hedef ise belkide endüstriyel ölçekte kullanılabilen tek yöntemdir (Miller, et.al., 1982; Lee, 1981 ve Kaya, 1991). Kömürün üretiminde mekanizasyonun artması ile ince tane miktarıda kendiliğinden artmakta, verimin arttırılması içinde bu malzemenin zenginleştirilmesi zorunlu bir hal almaktadır. Kömür flotasyonunda genellikle alkol tipi yada fenol tipi köpürtücüler yeterli olmaktadır. Bazen hidrokarbon yağları toplayıcı olarak ilave edilebilir. Doğal hidrofobik yüzey özelliği gösteren kömür, doğal hidrofilik yüzey özelliği gösteren gang minerallerinden temizleme aşamalı flotasyon ile kolaylıkla zenginleştirilirken, doğal olarak hidrofobik yüzey özelliği göstermemesine karşın sadece köpürtücüler ile bile kolaylıkla yüzebilen piritin uzaklaştırılması daha karmaşıktır (Glembotski, et.al., 1963; Miller, et.al., 1982; Nguyen, et.al., 1982 ve Carta, et.al., 1982). Piritik kükürtün uzaklaştırılmasında, kömürü yüzdürülürken piritin çeşitli bastırıcılar ile bastırılmasında elde edilen başarıda sınırlı olmuştur (Aplan, 1977; Miller, 1969; Podgursky, et.al., 1967; Rogers, 1962 ve Wheelock, 1982). Son yıllarda geliştirilen ve ters flotasyon olarak adlandırılan yöntemde öncelikle kömür sadece köpürtücüler kullanılarak yüzdürülür ve ikinci aşamada da kömür çeşitli bastırıcılar ile bastırılırken ilk flotasyon aşamasında kömür ile birlikte yüzen pirit ksantatlar kullanılarak yüzdürülür. Bu yöntemde piritik

kükürdün yaklaşık %85 oranında azaltıldığı belirtilmiştir (Miller, et.al., 1982; Baker, 1973; Miller, 1973; 1975 ve 1978).

2.3.1.3.2 Seçimli flokülasyon ile zenginleştirme

İnce taneli kömürler içerisindeki şlam miktarı arttıkça flotasyon yöntemi verimliliğini yitirmekte ve kayıplar fazlalaşmaktadır. Çok ince taneli kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan seçimli flokülasyon yönteminde çeşitli flokülantlar kullanılarak kömür tanecikleri flokule edilirken, kül yapıcı inorganik madde ve piritik kükürt süspansiyonunda dağılmış halde bırakılmaktadır. (Dexter, et.al., 1973; Yarar, et.al.,1970 ve Lowe, et.al., 1986). Genellikle anyonik, katyonik ve nötr sentetik flokülantlar kullanılır, bunların moleküler ağırlıkları 10^3 ile 10^7 arasında değişmektedir. Bunların yanında selüloz, nişaşta, sakız gibi doğal flokülantlar da kullanılmaktadır. Moleküler ağırlık arttıkça flokülantın seçimliliği azalmaktadır (Kitchener, 1972; Littlefair, 1986; Maher,1983 ve Somasundaran, 1980). Seçimli flokülasyon ile kömürlerin kül yapıcı mineral maddelerden zenginleştirilmesi kolaylıkla yapılırken, piritik kükürtün uzaklaştırılmasında genellikle yeteri kadar ilerleme sağlanamamıştır. Pirit-kömür seçimliliğini sağlamak için flokülantların yapısına karboksilat, sülfanat, ksantat gibi fonksiyonel grupların ilavesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar tatmin edici bulunmuştur (Kitchener, 1972; Attia, et.al., 1975; Sresty, et.al., 1978; Attia, et.al., 1982 ve Koca, et.al., 1988).

2.3.1.3.3 Yağ aglomerasyonu ile zenginleştirme

Kömür ve mineral karışımından oluşan bir süspansiyon içine gaz yağı, fuel oil, heptan, pentan gibi hidrokarbonlar ilave edilerek belirli koşullarda karıştırılması ile yüzeyde kömür tanecikleri yağ etrafında toplanırken, mineral maddeler su içerisinde ıslanırlar. Bu aglomeralar, daha sonra ya elenerek ya da

flotasyon ile sistemden ayrılırlar (Capes, et.al., 1982 ve Çuhadaroğlu, 1995). Bu yöntemde çok ince taneli kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır, ancak piritik kükürtün uzaklaştırılmasında flotasyon yada seçimli flokülasyon da karşılaşılan seçimlilik problemleri ile burada da karşılaşılmaktadır (Capes, et.al., 1976 ve Puddington, 1973). Ancak yağ aglomerasyonundan önce kömür numunelerinin sodyum karbonat gibi çeşitlli kimyasal maddeler ile muamelesi piritik kükürtün uzaklaştırılmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Whelock,1982).

2.3.1.4 Elektrostatik ayırma yöntemleri

Elektrostatik ayırma kuru bir yöntem olup mevcut nemin tamamen uzaklaştırılması ile uygulanabilir. Bu yöntemde kömür ve mineral maddelerin dışarıdan uygulanan bir elektrik alanı içerisindeki farklı iletkenliklerden ve elektro fiziksel özellikllerinden yararlanılarak ayrılması sağlanır. Bu yöntem de öncelikle mineral ve kömür tanecikleri üzerinde elektrik yükü oluşması sağlanır ve daha sonra, dışarıdan uygulanan bir elektrik alanı içerisinde farklı yüklü taneciklerin farklı yönlenmelerinden yararlanarak ayrılmaları sağlanır (Inculet, et.al., 1982). Triboelectrostatic ayırma yönteminde kömür tanecikleri pozitif elektrik yükü kazanırken, pirit dahil diğer mineral maddeler negatif elektrik yükü kazanmakta, bunu takiben yapılan zenginleştirmede önemli oranda piritik kükürt uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Mills, et.al.,1993 ve Lockhart, 1984).

2.3.1.5 Manyetik ayırma yöntemleri

Manyetik duyarlılık farklılıklarının kullanılarak minerallerin birbirinden ayrılmaları endüstriyel çapta uzun zamandır kullanılmaktadır. Özellikle yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcıların madencilik sektörüne girmesi ile zayıf manyetik özellik gösteren minerallerinde zenginleştirilmesi mümkün olmuştur. Kömür diyamanyetik özellik gösterirken, pirit ve kömür içindeki bazı inorganik

maddeler paramanyetik özellik gösterirler. Bu özelliklerden yararlanarak; kömür, matris tipi yüksek alan şiddetli magnetik ayırıcıdan (HGMS) geçirilerek manyetik özellik gösteren pirit ve kül yapıcı maddeler tutulur ve herhangi bir manyetik özellik göstermeyen kömürden ayrılması sağlanır (Liu, 1982 ve Özbayoğlu, 1986). Yapılan bir başka çalışmada Rare Earth Magnetik Separation tekniği ile kuru yöntem manyetik ayırıcılar kullanılarak kömürdeki mineral madde ve siderit, pirit gibi demir içeren maddelerin uzaklaştırıldığı belirtilmiştir (Donnelly, et.al., 1994). Son yıllarda geliştirilen yöntemler ile kömür numuneleri çeşitli kimyasal maddeler ile muamele edildikten sonra mikrodalga enerjiye maruz bırakılarak içerisindeki pirit taneleri, pirotite dönüştürülmüş ve daha sonra manyetik ayırıcılar ile zenginleştirilmiştir. Bu yöntem ile %99 oranında piritik kükürdün uzaklaştırılabildiği belirtilmiştir (Lua, et.al., 1990).

2.3.2 Kimyasal yöntemler

Kömürün fiziksel zenginleştirme işlemlerinde sadece kül yapıcı mineral maddeler ile bir miktar piritik kükürt uzaklaştırılabilmektedir. Halbuki kömür matrisine organik olarak bağlı çeşitli kükürt bileşenleride vardır. Bu organik kükürdün, fiziksel yöntemler ile uzaklaştırılması mümkün değildir. Organik kükürdün ve çok ince boyutta kömür içerisine dağılmış piritik kükürtün çeşitli kimyasal yöntemler ile uzaklaştırılması endüstriyel çapta henüz uygulama alanı bulamamış olmasına karşın, laboratuvar ölçekte önemli gelişmeler sağlanmıştır (Meyers, 1977 ve Cantos, et.al., 1978).

Kömürün kimyasal zenginleştirilmesi iki grupta incelenmektedir:

1- Çeşitli gaz odalarında ısıtma işlemine bağlı yöntemler,

2- Yaş kimyasal yöntemler.

Gaz odalarında ısıtma işlemine bağlı yöntemlerde inert olarak azot, karbon dioksit; indirgen olarak hidrojen, amonyak, su buharı ve oksitleyici olarak ta hava ve oksijen kullanılmaktadır. Çeşitli gazların varlığında ısıtılan kömür

numunesi içerisindeki kükürtlü bileşenler, oksijen ve suyun varlığında suda çözünebilen sülfatlara dönüşürler, böylece yıkama ile önemli oranlarda kükürtten arındırılırlar (Yiğit,1993).

Yaş kimyasal yöntemlerde de asitler, bazlar, metaller, metal tuzları, indirgeyiciler, yükseltgeyiciler kullanılır. Kullanılan reaktifin kömür içerisindeki kükürdü seçimli olarak etkilerken kömürün diğer kısımlarında herhangi bir değişime neden olmamaları ve kolayca geri kazanılması gerekmektedir (Cantos, et.al., 1978). Laboratuvar çapta sürdürülen ve çeşitli başarılı sonuçlar sağlayan belli başlı yaş kimyasal yöntemler şunlardır:

Magnex yöntemi,
Syracusa yöntemi,
Meyers yöntemi,
Ledgemont yöntemi,
Erda yöntemi,
General Electrik Microwave yöntemi,
Battelle yöntemi,
Jet Propulsion Laboratory yöntemi,
K.V.B yöntemi,
ARCO yöntemi.

2.3.3 Biyolojik yöntemler

Biyolojik yöntemler ile zenginleştirme, kömür içerisindeki piritik ve organik kükürdün mikroorganizmalar yardımı ile oksitlenip suda çözünebilen sülfatlara dönüşmesi temeline dayanmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarda thiobaccillus türü bakterilerin varlığında pirit oksitlenerek suda çözünebilen ferrik sülfat ve sülfirikasit oluştuğu belirlenmiştir (Doğan, et.al., 1992; Couch, 1991 ve Doğan, et.al., 1985). Kömürdeki kükürdün bakteriler ile belirli bir basınç

ve ısı etkisi altında çözünebilir sülfatlara dönüştürülmesi günlerce sürmektedir. Ancak bakteriler ile muamelenin ardından seçimli flotasyon veya aglomerasyon yöntemleri ile özellikle piritik kükürdün uzaklaştırılmasında başarılı olunmuş ve süre önemli ölçüde azaltılmıştır. Bakteriler ile muamele sonucunda piritin yüzeyi kuvvetli hidrofilik hale getirilir, bunu takiben doğal hidrofobik yapı gösteren kömürden flotasyon veya flokülasyon ile ayrılır (Doğan, et.al., 1985 ve Kempton, et.al., 1980).

2.3.4 Diğer zenginleştirme yöntemleri

Bölüm 2.3'te şimdiye kadar özetlenen kömürün zenginleştirilmesi işlemleri, kömürün yakılmasından önce zenginleştirilmesini ve kullanıma hazır hale gelmesini sağlayan yöntemlerdir. Bu yöntemler ile elde edilen üründe genellikle yüzde yüz başarıya ulaşılması mümkün olmamakta, kömürlerin yakılması sonucunda çevreye zararlı maddeler yine yayılmaktadır.

Kömürün yanması esnasında, yaydığı SO_2 gazının tutulması, yanma ortamına sulfür tutucu absorblama maddesi ilavesi ile yapılabilmektedir. Absorblayıcı madde olarak genellikle $CaCO_3$ yani kireçtaşı kullanılır. Yanma esnasında kireçtaşı kalsine olarak sönmemiş kireç, yani CaO' e dönüşür. Kalsiyum oksit poroziteli ve iç yüzey alanı oldukça fazla olan bir malzemedir, yanma sırasında açığa çıkan SO_2 gazı ile oksijen varlığında reaksiyona girerek:

$$CaO + SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CaSO_4$$

oluşturur (Morrison, 1982).

Bu yöntemin en önemli dezavantajı yanma ortamındaki sıcaklıktır. Kalsiyum sülfat 1200 °C'nin üzerinde kararlı değildir ve sıcaklık 1500 °C'ye

kadar çıkabilir. Bir başka olumsuz etkende CaO ve SO_2 arasındaki reaksiyon süresinin çok kısa olmasıdır.

Prosesin en onemli uygulama alanı kömürün akışkan yataklarda yakıldığı büyük santrallerdir. Akışkan yataklarda yanma ısısı yaklaşık 750-900 °C arasındadır (Morrison, 1982).

Kömürden kükürdün arındırılmasında en çok ve en etkin yöntem olarak baca gazlarından kükürdün arıtılması (Flue gas desulphurization) uygulanmaktadır. Özellikle Japonya ve Amerikadaki katı yakıt ile çalışan termik santrallerin çoğunluğunda bu yöntem uygulanarak etkin sonuç alınmıştır. Oldukça pahalı ve karmaşık olan baca gazlarından kükürdün arıtılmasında yaklaşık 50 farklı yöntem geliştirilmiş yada üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir (Rochelle, 1983). Genel olarak baca gazından kükürdün arıtılması yöntemleri iki kategoride incelenebilir :

1- Yaş baca gazından kükürdün arıtılması yöntemleri,
2- Kuru baca gazından kükürdün arıtılması yöntemleri.

Yaş yöntemlerde kalsiyum, sodyum yada magnezyum esaslı alkali bir ortam ile sülfürlü gazların reaksiyonu sonucunda sülfit veya sülfatlar oluşturulur. Elde edilen katı kalsiyum sülfit ($CaSO_3$) veya kalsiyum sülfat ($CaSO_4$) atık olarak uzaklaştırılır. Sistemin en büyük dezavantajı, SO_2 gazının suda çözünürlüğü az olduğundan çok büyük su/SO_2 oranı gerektirmesi ve elde edilen çok miktardaki atık malzemedir. Sodyum ve magnezyum esaslı alkali ortam kullanımı daha düşük su/SO_2 oranı gerektirmesine karşın daha pahalıdır ve alkali ortam olarak kireçtaşı kullanımı daha yaygındır (Morrison, 1982).

Kuru yöntemler de yaş yöntemler ile aynı prensiplerde uygulanır. Ancak alkali ortam baca gazı içerisine kuru olarak enjekte edilir. Alkali ortam olarak genellikle sodyum esaslı absorbantlar kullanılır. Yöntemin en büyük dezavantajı

reaksiyon süresinin çok kısa olması ve kireçtaşı kullanan yaş yöntemler ile ekonomik olarak kıyaslama yapıldığında çok pahalı olmasıdır.

Son yıllarda hem kuru hem de yaş FGD yöntemlerinde absorblayıcı olarak kullanılan alkali ortamın tekrar kazanılarak sisteme geri döndürüldüğü yeni yöntemler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Ancak bu yöntemler oldukça karmaşık ve pahalı yöntemlerdir, zorunlu olmadıkça pek kullanılmazlar (Çelik, et.al., 1994).

Baca gazlarında kükürtten başka partikül maddelerinde uzaklaştırılması katı yakıt kullanan büyük çaplı santrallerde yapılmaktadır. Tozların arıtılmasında, yer çekimi ve merkezkaç kuvvetlerin kullanıldığı siklonlar; partiküllerin elektrik ile yüklenme özelliklerinin kullanıldığı elektrofiltreler; torba ve yaş filtreler kullanılmaktadır (Quack, 1987; Durmaz, 1987 ve Edgar, 1983).

2.4 Ağır Ortam İle Zenginleştirmenin Temel Prensipleri

Tuvönan kömür doğal olarak özgül ağırlığı 1.2-1.7 g/cm^3 arasında değişen organik maddeler ile 2-5 g/cm^3 arasında değişen inorganik maddelerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin fiziksel yöntemler ile ayrılması aralarındaki yoğunluk farkından yararlanarak gravite kuvveti yada merkezkaç kuvvetlerinin etkisi altında olmaktadır. Fiziksel ayırma yöntemlerinden ağır ortam ayırması; organik sıvılar, inorganik tuz çözeltileri ve su içerisinde ince taneli ağır minerallerin dağıldığı ağır sıvılar içerisinde minerallerin birbirinden ayrıldığı nitelik itibarı ile en kolay ve etkin yöntemlerden birisidir.

İki veya daha fazla farklı özgül ağırlıklardaki numunelerden oluşan karışımın ağır sıvılar kullanılaraak ayrılması uzun zamandan beri uygulanmaktadır. İki katının bir ağır sıvı içerisinde ideal şartlarda ayrılması Stokes kanunu ile açıklanmaktadır:

$$V = \frac{2gr^2(\rho_1 - \rho_2)}{0.09\,\eta} \qquad (1)$$

Burada:

V = taneciğin çökelme hızı, cm/saniye

r = parçacığın yarıçapı, cm

g = yerçekimi ivmesi, 980.6cm/saniye^2

ρ_1 = ağır sıvının yoğunluğu, g/cm^3

ρ_2 = parçacık yoğunluğu, g/cm^3

η = ağır sıvının vizkozitesi, cP

Ayrılan parçacığın çökelme hızı, parçacık ile ağır sıvının yoğunlukları arasındaki fark ile ve parçacık yarıçapının karesi ile doğru orantılı, ağır sıvının vizkozitesi ile ters orantılıdır.

Açıkca görüleceği gibi yukarıdaki formülün uygulanabilmesi ideal şartlara bağlıdır. Taneciklerin küresel oldukları, ağır sıvı içerisinde hacimce parçacık oranının; vizkoziteyi ve parçacıkların birbirlerinin hareketlerini etkilemeyecek şekilde olduğu ve tane boyutunun belirli bir limit içerisinde olduğu yapılan ilk kabuller arasındadır (Wills, 1981 ve Burt, 1984).

Belirli bir boyut dağılımına sahip cevher numunesinin ağır ortam içerisinde ayrılmasında, ağır ortam bir klasifikatör gibi davranmaktadır. Yani ağır ortam içerisinde birbirine ters yönde bir mineral hareketi oluşmaktadır: hafif mineral taneleri ağır ortam içerisinde yükselme meyilinde iken (v = +), ağır mineral taneleri ise ağır sıvı içerisinde dibe doğru çökerler (v = -). Ağır ortam ayırması statik bir sistem olarak düşünülmesine karşın, minerallerin ayrılması sırasında oldukça karmaşık akış rejimleri oluşmaktadır. Bunun sonucunda ağır sıvının vizkozitesi artar. Eşitlik 1' den görüleceği üzere vizkozite artışı mineral

tanesinin son hızını olumsuz yönde etkiler. Bir ağır sıvının vizkozitesinin artışına neden olan belli başlı etkenler şöyle sıralanabilir (Burt, 1984):

1- Ağır ortam karıştırma hızı (rate of shear),
2- Ağır ortamdaki katı oranının artışı,
3- Parçacık boyut ve şekillerindeki düzensizlik,
4- Çok ince tanelerin (ultrafine) ağır ortamda varlığı.

Ağır ortam olarak kullanılacak sıvılarda istenen en önemli özellikler:

1- 1.25-1.90 g/cm^3 arasındaki yoğunluklarda kolaylıkla ayarlanabilmesi;
2- Ayrılacak mineraller ile herhangi bir şekilde reaksiyona girmemesi;
3- Düşük vizkozite, düşük kaynama noktası, düşük buharlaşma ısısı olması;
4- Korozif olmaması, zehirli olmaması, yanabilir olmaması ve ucuz olmasıdır.

Minerallerin ayrılmasında kullanılan ağır sıvılar arasında: Metilen iyodür (CH_2I_2), Tetrabrom Etan ($C_2H_2Br_4$), Bromoform ($CHBr_3$), Metilen Bromür (CH_2Br_2) ve Karbontetraklorür (CCl_4) sayılabilir. Bu ağır sıvıların yoğunlukları 1.49 g/cm^3 ile 3.31 g/cm^3 arasında değişir. İstenilen yoğunluktaki sıvılar karbon tetraklorür ile çeşitli petrol eterlerinin karışımı yada ağır sıvılar için karbontetraklorur ile diğer verilen sıvıların birbirleri ile karıştırılmasından elde edilir. Organik sıvıların çoğu yukarıda istenen özellikleri göstermektedir. Ancak buharlarının sağlığa zararlı olmalarının yanında, pahalı olmaları ve geri kazanımında kayıpların çok olması nedeni ile endüstriyel çapta kullanılabilmeleri çok zordur (Ateşok, 1986 ve Keller, 1982).

Endüstriyel ölçekte ağır ortam olarak genellikle ya inorganik tuzların çözeltileri ya da öğütülmüş katı maddelerin sudaki suspansiyonları kullanılır.

Kalsiyum klorür ($CaCl_2$) ve çinko klorür ($ZnCl_2$) ağır sıvı elde edilmesinde kullanılan en önemli inorganik tuzlardır. Oldukça ucuz olmalarına karşın elde edilebilecek en yüksek özgül ağırlık yaklaşık 1.92 g/cm^3 tür. Ayrıca vizkoziteleri oldukça yüksek olduğundan ince tanelerin zenginleştirilmelerinde kullanılmaları mümkün olmamaktadır.

Ağır ortam süspansiyonlarında kullanılan katı maddeler arasında da ferrosilikon (FeSi), Manyetit (Fe_3O_4), Galen (Pbs), Kuvars (SiO_2) sayılabilir. Endüstriyel uygulamalarda ayırmadan sonra fraksiyonlarda ki ağır ortamın kazanılması için farklı yöntemler geliştirilmiştir. En çok kullanılan katı maddeler manyetit ve ferrosilikon fraksiyonların yıkanmasından sonra elde edilen suspansiyondan yaş manyetik ayırıcılar ile geri kazanılırken; galen flotasyon; kuvars ise sedimantasyon yöntemleri ile geri kazanılmaktadır. Katı maddelerden oluşturulan ağır sıvıların kararlılığı ayırmanın performansında en önemli etkenlerden birisidir. Kararlılığın artması, süspansiyonun karıştırma şiddetini ve süresini azaltır. Böylece türbülans nedeni ile tanelerin yanlış fraksiyonlarda yeralmaları azalır. Ancak kararlılığı yüksek olan suspansiyonlarda vizkozite de genellikle yüksektir. Bu yüzden her ayırma ve mineral için optimum bir kararlılık vardır. Ağır ortam süspansiyonlarının stabiliteleri aşağıdakilere bağlıdır (Burt, 1984 ve Özdağ, 1991):

1- Ağır ortam içindeki hacimce katı madde konsantrasyonu (süspansiyon yoğunluğu): Hacimce konsantrasyon arttıkça kararlılık artar, aynı zamanda ağır ortamın vizkoziteside artar.

2-Süspansiyon tipi: Seyreltik süspansiyonlar genellikle yeterince kararlı değildirler. Süspansiyona bir miktar çok ince malzeme ilave edilmesi yada ayırma sırasında cevherden karışması çözeltinin kararlılığını arttırıken vizkoziteyide arttırır.

3- Katı parçacıkların şekli: Küresel parçacıklardan oluşan bir süspansiyondaki çökelme hızı, yassı taneciklerden oluşan bir süspansiyondaki çökelme hızından daha fazladır.

Yukarıdaki tartışmadan anlaşılacağı üzere belli bir konsantrasyondaki süspansiyonun kararlılığı ve vizkozitesi birbiri ile çelişerek ayırmayı negatif yönde etkilemektedir. Süspansiyonun kararlılığı düzenlemek için çeşitli yüzey aktif reaktifler kullanılmıştır. Bunlar (Klassen, et.al., 1965):

1- Hidrofilik grup içeren uzun zincirli yüzey aktif reaktiflerdir.
2- Çeşitli dağıtıcılar (Sodyum Polimetafosfat, Sodyum Silikat. vs.).
3- Hidrofilik kolloidler.

Ancak kararlılığın kontrolü için reaktif ilavesi çok yakın kontrol gerektirir. Çünkü (Klassen, et.al., 1965):

1- Kritik bir reaktif dozajına kadar vizkozite azalırken kararlılık ta azalır.
2-Belirli bir reaktif dozajından sonra kararlılık artarken vizkozite de artmaktadır.
3- Süspansiyonun pH'ıda kararlılık ve vizkozite üzerine önemli etkide bulunmaktatır. İlave edilen reaktifin suspansiyon pH'ını nasıl etkilediği özellikle incelenmelidir.

Yukarıdaki nedenlerden dolayı suspansiyonun stabilitesini ve vizkozitesini reaktif ilaveleri ile kontrol etmek yerine mekanik yöntemlerle (karıştırma hızı, merkezkaç kuvvetini kullanmak vs. gibi) kontrol edilmesi önerilmiştir (Burt, 1984).

2.5 Otisca Prosesinin Temel Prensipleri

Ağır ortam ayırmasının en son uygulamalarından birisi olan Otisca prosesi 1970'li yılların sonundan itibaren özellikle Amerika Madencilik Bürosu (USBM) tarafından hem laboratuvar hem de pilot tesis çapında araştırılmaktadır. Otisca prosesi susuz bir ağır ortam zenginleştirmesi olup yöntemde ağır ortam olarak önceleri triklorafloramетan yada CFC11 kullanılmakta iken son yıllarda CFC 11'in yerine geliştirilen dikloratrifloraetan yada HCFC 123 kullanılmaktadır. Çizelge 2.1'de CFC 11 ve HCFC 123'ün önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 CFC 11 ve HCFC 123'ün fiziksel ve kimyasal özellikleri

		CFC 11		HCFC 123
Kimyasal formülü		CCl_3F		$CHCl_2CF_3$
Kaynama noktası, °C		24		28
Vizkozite, cP		0.4		0.5
Buharlaşma ısısı, Kcal/kg		43.06		39.89
Yoğunluk, g/cm^3	16 °C de	1.5	10 °C de	1.5
	2 °C de	1.6	27 °C de	1.4

İlk bakışta laboratuvarda yapılan yüzdürme-batırma deneylerinin bir benzeri gibi görünen proseste kullanılan ağır sıvıların fiziksel ve kimyasal özellikleri, yüzdürme-batırma deneylerinin endüstriyel çaptaki tesislere genişlemesine olanak sağlanmıştır. Bölüm 2.4'te belirtildiği gibi laboratuvarda kullanılan ağır sıvılarda istenen özellikler Otisca Prosesinde kullanılan ağır sıvılar CFC 11 ve HCFC 123 için incelendiğinde:

1- Ağır ortam yoğunluğu: Ağır sıvılardan genellikle yoğunluğun 1.25-1.90 g/cm^3 arasında kolaylıkla ayarlanması istenir. Otisca prosesinde kullanılan sıvıların yoğunluklarıda ısıya bağlı olarak değişmektedir. Yapılan araştırmalarda

otisca prosesinin 1.27 ile 1.6 g/cm^3 arasında bir yoğunlukta yapılabileceği belirtilmiştir (Keller, 1982). Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi CFC 11, 16 °C' de; HCFC 123 ise., 10 °C de 1.5 g/cm^3 yoğunluğa sahiptir. CFC11, 2 °C'de 1.6 g/cm^3 yoğunluğa çok yakın iken HCFC 123 ise 27 °C'de 1.4 g/cm^3 yoğunluğa çok yakındır (Raznjevk, 1976). Ağır sıvıların kapalı bir ortamda basınç altında daha geniş aralıklar ile yoğunluklarının ayarlanabilmesi olasıdır. Ancak otisca prosesinin dezavantajlarından en önemlisi ağır ortam yoğunluğunun kolay ayarlanamaması ve ayırmanın 1.5 g/cm^3 yoğunlukta yapılma zorunluluğudur. 1.5 g/cm^3 yoğunlukta zenginleşemeyen kömürlerde otisca prosesinin uygulanmasının oldukça zor olduğu ve kayıpların artacağı belirtilmiştir (Keller, et.al., 1981).

2- Mineraller ile reaksiyona girmemesi: Ağır ortam sıvılarının endüstriyel ölçekte kömür zenginleştirme tesislerinde kullanılamamasının en önemli etkenlerinden birisi budur. Hernekadar teorik olarak kömür ve mineral maddeler organik ağır sıvılar ile reaksiyona girmemekte iselerde, zenginleştirme sırasında önemli miktarda kayıplar olmaktadır. Otisca prosesinde kullanılan CFC 11 ve HCFC 123 kimyasal olarak son derece kararlı bileşiklerdir ve kesinlikle kömür yada mineral maddeler ile reaksiyona girmezler (Keller, 1982).

3- Vizkozite, kaynama noktası, buharlaşma ısısı: Ağır ortam ile zenginleştirmede her üç özelliğin düşük olması istenir. Vizkozite Stokes yasasına göre ayrılacak mineralerin çökme hızlarını doğrudan doğruya etkilemektedir, bu yüzden düşük olması istenir. Yüzdürme-batırma deneylerinde kullanılan ağır sıvıların vizkoziteleri genellikle 1 cP civarındadır. Otisca prosesinde kullanılan ağır sıvılardan CFC 11'in vizkozitesi yoğunluğun 1.5 g/cm^3 olduğu 16 °C'de 0.4 cP iken HCFC 123'ün ise yoğunluğunun 1.5 g/cm^3 olduğu 10 °C'de vizkozitesi 0.5 cP dur. Her iki ağır sıvıdada ısı düşüp yoğunluk arttıkça vizkozite artmakta, buna karşın ısı yükselip yoğunluk azaldıkça

vizkozite de azalmaktadır. Kaynama noktaları ise CFC 11 için 24 °C; HCFC 123 için 28 °C dir. Kaynama noktalarındaki buharlaşma ısıları CFC 11 için 43.06 kcal/kg; HCFC123 için 39.89 kcal/kg dır (Chistie, 1988; Raznjevic, 1976 ve Mattarolo; 1990). Kaynama noktalarının ve buharlaşma ısılarının düşük olması Otisca prosesinde kullanılan ağır sıvıların geri kazanılmasında harcanan enerjiyi oldukça düşürmektedir.

4- Korozif, zehirli ve yanabilir olmaması: Laboratuvarda kullanılan ağır sıvıların çoğu zehirli ve yanabilirdir; bu yüzden, laboratuvar koşullarında çok dikkatli kullanılırlar. Endüstriyel ölçekte kullanılamamalarının en önemli nedenlerinden biriside budur. Halbuki Otisca prosesinde kullanılan ağır sıvılar; CFC 11 ve HCFC 123 zehirli değildir, yanmaz, parlamaz ve korozif etki göstermeyen maddelerdir (Chritie, 1988; Keller, 1982 ve Simmons, et.al., 1986).

Bütün bu özelliklerden başka Otisca prosesinde kullanılan ağır sıvılar hidrofobiktir ve su ile karışmazlar. Eğer beslenen malzemenin yüzey rutubeti varsa parçacığın kendisi ve beraberindeki suyun ortalama yoğunluğuna göre ağır sıvı içerisinde batar veya yüzer. Bu nedenle Otisca prosesinde yüzey rutubeti çok önemlidir. Yüzey rutubetinin fazla olması durumunda ise hidrofobik yapı nedeni ile taneler ağır sıvı içerisinde dağılmaz ve tüm kömür ve inorganik maddeler aglomeratlar oluşturarak yüzeyde kalırlar (Keller, 1981). Uygun malzeme beslenmesi durumunda ise hidrofobik yapı nedeniyle tüm mineral ve kömür tanelerinin tamamen dağılması sağlanır. Yüzey rutubetinin belirli bir oranda varlığı bu dağılmayı engellemediği belirtilmiştir (Keller, 1982). Otisca prosesinin performasını arttırmak için yüzey aktif reaktifler kullanılarak kömür yüzeyinde yüzey rutubetini oluşturan su filmi uzaklaştırılarak kömürün daha fazla hidrofobik olması sağlanmıştır. Kömür yüzeyinden uzaklaştırılan su filminin hidrofobik ağır sıvı içerisindeki doğal hidrofilik mineral maddelere transfer olduğu belirtilmiştir (Keller, et.al., 1981).

Beslenen miktarın tamamının dağılabilmesi nedeni ile tuvönan kömürün tüm boyut dağılımı ile birlikte ayırma banyosuna beslenebileceği ve ayırma performansını olumsuz yönde etkilemeyeceği çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Keller, 1981; 1982 ve Maronde, 1988).

Otisca prosesinde kullanılan ağır sıvıların yukarıdaki verilen fiziksel ve kimyasal özellikleri onların ağır ortam zenginleştirmesinde endüstriyel çapta uygulanabilme koşullarınıda açıklamaktadır. Öncelikle ağır ortam yoğunluğu belirli ısıda ayarlanarak kömür ile inorganik maddelerin ayrılmaları sağlanır. Ancak daha önce belirtildiği gibi Otisca prosesinde ayırma 1.5 g/cm^3 yoğunlukta yapılmalıdır. Diğer yoğunluklarda uygulanması çok zor olmakta ve kayıplar artmaktadır.

Yapılan çalışmalarda Otisca prosesinde kıvamlandırmanın özel bir önemi olduğu belirlenmiştir. Belirli bir ısıdaki ağır ortama kömür numunesi kıvamlandırma tankında ilave edildiğinde numunenin ısısına göre ya ağır ortamın ısısının artarak hem yoğunluğunun düşmesine hemde buharlaşarak kayıbın artmasına neden olacak yada ağır ortamın ısısının azalarak yoğunluğun değişmesine neden olacaktır. Kıvamlandırma süresince bu değişimlerden oluşan etkiler giderilerek normal zenginleştirme koşullarına getirilir.

Otisca prosesinde üç ayrı faz akışı vardır, ve bunların ayrı ayrı kontrolu gereklidir. Bunlar katı faz akışı, sıvı faz akışı ve gaz fazı akışıdır. Sistemdeki katı fazı kömür ve bunun beraberinde bulunan mineral maddelerden oluşmaktadır. Yüzey rutubetinin bulunmadığı kömür numunesi kıvamlandırma tankında ağır sıvı ile karşılaşır ve burada belirli bir süre ve şiddette karıştırılarak sıvı içerisinde tamamen dağılması sağlanır. Aynı zamanda ısı kontrolü ile ayırma yoğunluğu da kontrol altında tutulur. Kıvamlandırma süresinin sonunda numune ile ağır sıvı karışımı ayırma banyosuna aktarılır. Burada 1.5 g/cm^3 yoğunlukta ayrılan kömür ve mineral maddeler ayrı ayrı, mekanik olarak sistemden uzaklaştırılırken bir elek üzerinden geçirilerek ağır sıvıdan ayrılır, buharlaştırıcılara aktarılır.

Buharlaştırıcılarda ortam ısısı ağır ortamın kaynama noktasına kadar çıkarılarak katı ile sıvı fazı yerine katı - gaz fazları oluşması sağlanır. Kömür ve mineral maddeler ağır sıvıdan arındırılmış olarak ayrı ayrı elde edilir. Prosesteki katı akışı diğer konvansiyonel ağır ortam zenginleştirmelerine göre daha basittir. Kömür tüm boyut grubu ile zenginleştirilebildiğinden zenginleştirme öncesi sınıflandırma, eleme, çok ince tanelerin ayrılması gibi birçok pahalı ve problemli işlemler gerektirmemektedir. Zenginleştirme sonrası ise ağır ortamın kazanılması için yıkama, manyetik ayırma, susuzlandırma vs. gibi bir çok işlem de gerekmemektedir.

Gaz fazı akışı: Otisca prosesinde tüm sistem-kıvamlandırma tankından, buharlaştırıcılara kadar-kapalıdır ve sızdırmazlığın sağlanmış olması gerekir. Kıvamlandırma, ayırma ve buharlaştırma ünitelerinde oluşan buhar bağlantı kanalları ile emilerek toplanır. Toplanan ağır sıvı buharı yeniden kazanma ünitelerinde - yoğunlaştırıcı - tekrar sıvı haline getirilir. Burada vacuum uygulanarak dışarıya sızma yerine eğer varsa dışarıdan sisteme hava akışı sağlanır. Dışarıdan sisteme sızma olması durumunda bu gazlar yoğunlaştırıcıda sıvı hale gelmezler ve ağır sıvı içerisine karışmadan kendiliğinden ayrılırlar. Ağır sıvı pahalı olduğundan sızma ve kayıp olmaksızın tekrar kazanılması çok dikkat gerektiren bir işlemdir.

Sıvı fazı akışı yoğunlaştırıcıda elde edilen ağır sıvınında döndürülürüğü bir tanktan kontrol edilir. Öncelikle kıvamlandırma tankından gelen ağır sıvı + kömür numunesi kadar miktar statik ayırma banyosundan mekanik ayırıcılar yardımı ile kömür yada mineral madde olarak ayrılır ve bir elek üzerinden geçirilerek katıdan ayrılması sağlanır. Katı fazı buharlaştırıcılara verilirken, sıvı faz tekrar kıvamlandırma tankına döndürülür. Kıvamlandırma tankına, gerekli olması durumunda ağır sıvı deposundan ilave yapılır. Bu devir daimin en önemli avantajlarından biriside ağır ortam sıvısının kirlenmesi durumunda temizlenebilme olanağı sağlamasıdır. Sisteme kömür veya mineral maddeler ile su karışması halinde daha önce belirtildiği gibi ayırma çok zor bir hal alabilir. Bu

durumda ağır sıvı ayırma banyosundan ayrı bir tanka alınarak yüzeyde biriken su bir mekanik ayırıcı ile sıyrılarak artığın bulunduğu buharlaştırıcılara aktarılır. Buharlaştırıcılarda ağır sıvı kazanılırken su ortamı artık ile beraber terk eder. Temizlenen ağır sıvı tekrar sisteme döndürülür (Keller, 1981).

Otisca prosesinde kullanılan triklorafloramетan yada CFC 11 ve dikloratrifloraetan yada HCFC 123 orjinal olarak soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu gazlardır. Önceleri sadece CFC 11 kullanılmakta iken bu sıvının üretimine getirilen çeşitli kısıtlamalar nedeni ile son birkaç yılda CFC 11'in yerine HCFC 123 kullanılmaya başlanmıştır (Mattarolo, 1990). CFC 11'in üretimine kısıtlama getirilmesinin nedeni, bu gazların atmosfere sızması durumunda ozon tabakasında tahribata neden olmalarıdır. Amerika, Rusya ve Avrupa topluluğu ülkeleri Eylül 1987'de imzaladıkları Montreal Protokolu ile içlerinde CFC 11'inde bulunduğu CFC türü bazı soğutucu gazların üretimine kısıtlamalar getirmişlerdir (Christie, 1988; Kern, et.al., 1988 ve Mattarolo,1990). Bunun üzerine yapılan araştırmalar ile CFC türü gazların yerine HCFC türü ozon tabakasına zarar vermeyen benzer özelliklerde soğutucu gazlar geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde CFC11'in özelliklerine çok yakın özellikler gösteren ve ozon tabakasına zarar vermeyen dikloratrifloraetan yada HCFC 123'te vardır (Christie, 1988 ve Kruse, 1988). Deneysel çalışmalarda CFC 11 ile beraber ICI Klea, İngiltere, tarafından üretilen HCFC 123'te kullanılmıştır.

2.5.1 Otisca prosesi uygulamaları

Otisca prosesi ile hem laboratuvar hem de pilot tesis çapında araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca otisca prosesinin temel özelliklerinden yararlanarak otisca - T prosesi ve otisca hidrosiklonları da geliştirilmiştir.

Otisca prosesi ile laboratuvar çapta yapılan ilk deneylerde %16.7 kül ve %2.9 kükürt içeren Pensilvanya Lower Freeport kömürlerinden -16+0 mm boyutunda %75 verim ile %6 küllü ürün elde edilmiş, ayrıca sülfür miktarında da

önemli azalmalar olduğu belirtilmiştir (Keller, 1982). Yine Pensilvanya yöresi Upper Freeport -6+0 mm boyutlu kömür numuneleri ile yapılan laboratuvar ölçekli deneylerde %21.79 kül ve %2.45 kükürt içeren bir numuneden;%70.1 verim ile %9.07 kül ve %1.23 kükürtlü temiz kömür elde edilmiştir. Ağır ortam yoğunluğunun 1.40 g/cm^3'e ayarlanması ile deney tekrarlandığında elde edilen ürün ise %60.6 verim ile %6.53 küllü ve %1.17 kükürtlü olmuştur (Keller, et.al., 1981).

Yine Amerika da yapılan laboratuvar çaplı Otisca prosesi zenginleştirme deneylerinde zenginleştirme yoğunluğu 1.40 g/cm^3 ve 1.50 g/cm^3 olarak ayarlanmış ve değişik kömürlerde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir (Keller, 1982):

Pensilvanya bölgesi kömürleri -25.4+0 mm boyutu, %11.98 küllü ve %3.44 kükürt içerikli numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %89.30 verim ile %6.87 küllü ve %1.16 kükürt içerikli ürün elde edilmiştir. Yine aynı bölgeden başka bir ocaktan alınan numuneden; -16+0 mm boyutunda, %29.20 küllü ve %2.13 kükürt içerikli numuneden; 1.40 g/cm^3 yoğunlukta, %71.20 verim ile %6.20 küllü ve %1.16 kükürt içerikli ürün elde edilmiştir.

Ohio bölgesi kömürleri ile yapılan laboratuvar ölçekli deneylerde de - 0.250+0 mm boyutunda %30.25 kül ve %4.51 kükürt içeren numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %93.80 yanabilir verim ile %4.83 küllü ve %3.41 kükürtlü temiz kömür elde edilmiştir. Washington bölgesi kömürlerinden %10.15 kül ve %2.06 kükürt içerikli, -16+0 mm boyutundaki numuneden; 1.40 g/cm^3 yoğunlukta, %86.70 verim ile %4.99 küllü ve %1.54 kükürt içerikli temiz kömür elde edilmiştir.

West Vinginia ve Kentacky civarı kömürleri ile yapılan laboratuvar ölçekli deneylerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. -16+0 mm boyutlu, %21.43 kül ve %0.89 kükürt içeren bir numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %52.40 verim ile

%6.53 küllü ve %0.78 kükürt içerikli ürün elde edilmiştir. Aynı bölgeden -0.250+0 mm boyutlu, %10.90 kül ve %3.59 kükürt içeren bir numuneden de; 1.40 g/cm^3 yoğunlukta, %77.70 verim ile %4.39 küllü ve %1.54 kükürt içerikli bir temiz kömürün elde edilldiği belirtilmiştir.

Benzer şekilde Western ve Midwestern kömürleri ile yapılan laboratuvar ölçekli deneylerde de kömürlerin hem kül, hemde kükürt içeriklerinden önemli azalmalar saptanmıştır.

Yukarıda sonuçları verilen laboratuvar ölçekli deneylerde edilen sonuçlar ile aynı numuneden elde edilen yüzdürme-batırma deneyleri sonuçları grafiksel olarak kıyaslanmış ve Otisca Prosesi ile elde edilen sonuçların yüzdürme-batırma deneyleri ile elde edilen sonuçlara çok yakın değerler verdiği belirlenmiştir. Çoğunlukla verim de otisca prosesinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun nedeninin ise; yüzdürme-batırma deneylerinde çok ince boyut grubunun ayrılmış olması, buna karşın otisca prosesinde bu boyutunda zenginleştirmeye dahil edildiği için verim buradan gelen temiz kömürün arttırdığı saptanmıştır (Keller, 1982).

Yapılan laboratuvar çaplı deneylerden sonra Amerika'da West Virginia, Bayard'da ilk Otisca prosesi pilot tesisi kurulmuş ve deneme çalışmalarına başlanmıştır. Burada yapılan 8 ayrı deney sonucunda ortalama %20.60 kül ve %2.70 kükürt içerikli, -16+0 mm boyutunda numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %73 verim ile %9.77 kül ve %1.51 kükürt içerikli temiz kömür elde edilmiştir (Keller, 1982).

Pensilvanya, Florence'de 20 ton/saat kapasiteli ikinci bir pilot tesis kurulmuş ve burada yapılan çeşitli deneylerde şu sonuçlar alınmıştır. %31.76 kül ve %2.37 kükürt içeren -50.8+0 mm boyutundaki numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %55.70 verim ile %9.21 kül ve %1.34 kükürt içerikli temiz kömür elde edilmiştir. Yine aynı bölgeden başka bir ocaktan alınan %16.98 küllü ve

%0.53 kükürt içerikli -38.1+0 mm boyutlu numuneden; 1.50 g/cm^3 yoğunlukta, %70 verim ile %8.09 kül ve %0.57 kükürt içerikli ürün elde edilmiştir (Keller,1982).

Amerika Elektrik Power Research Institude tarafından yaptırılan 4.5 ton/saat kapasiteli bir başka Otisca Prosesi pilot tesisi 8 saat sürekli çalıştırılmış ve her saat başı numune alınmıştır. 8 saat sonunda ortalama %14.77 kül ve %2.78 kükürt içeren -16+0 mm boyutlu numuneden; %85 verim ile %7.85 kül ve %1.32 kükürt içerikli ürün elde edilmiştir (Keller, et.al., 1981).

Otisca prosesinin hidroksiklonlarda kullanımıda araştırılmış ve -0.500+0 mm boyutundaki kömürler CFC 11 ile karıştırılarak hazırlanan kömür-ağır sıvı karışımı sıklonlara beslenmiştir. Elde edilen verilerden siklonun Ep değerinin 0.02 ile 0.05 arasında olduğu belirlenmiş bununda iyi bir ayırım olduğu belirtilmiştir (Maronde, 1988 ve Hucko et.al., 1988).

Otisca-T prosesinde ise sıvı pentan kömür-su karışımında aglomerant olarak kullanılmış,oluşturulan aglomeralar kazanılarak pentan buharlaştırıcılarda geri kazanılmıştır. Ancak pentanın yanabilir olması nedeni ile tüm sistemde sızdırmazlık sağlanmış ve nitrojen yastığı ile hava ile irtibatı kesilmiştir (Couch,1991). Kademeli bir kırma öğütme devresinden geçirilen kömür numuneleri, -15 mikron boyutuna indirildikten sonra Otisca-T prosesi ile zenginleştirildiğinde %1'den daha az küllü süper temiz ürünler elde edilmiştir (Simmons, et.al., 1986 ve Keller, et.al., 1990). Son yıllarda süper temiz kömürlerin doğrudan dizel motorlarında yakıt olarak kullanımı gündeme gelmiş ve Otisca-T prosesi bu araştırmalara en güvenilir numuneleri sağlayan yöntem olmuştur (Flynn, et.al., 1991). Amerika'da Jamesville'de çalışan 14 ton/saat kapasiteli bir pilot tesiste Otisca-T prosesi ile ortalama 2 mikron boyutlu numuneler ile yapılan çalışmalarda; ortalama %0.8 kül içerikli süper temiz ürün elde edilmiştir (Keller, et.al., 1990).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar, Seyitömer kömürlerinin yıkanabilirlik özelliklerini belirlemeye yönelik yüzdürme-batırma deneyleri, açık havada dağılabilirlik özelliklerini belirlemeye yönelik mikroskobi çalışmaları ile ıslatma, kurutma ve eleme deneyleri ve Otisca Prosesi ile zenginleştirme deneyleri olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

3.1 Deneylere Esas Olan Numune

Seyitömer kömür havzasında bulunan farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip A, B ve Dragline panosu kömürlerinin bu özelliklerini belirlemek amacı ile panolarda çalışan ekskavatörler aracılığı ile doğrudan damarlardan numuneler alınmıştır. Her damarda çalışan üçer ekskavatör aracılığı ile alınan yaklaşık 10'ar tonluk numune, Seyitömer Dumansız Yakıt Tesisleri stok sahasında ayrı ayrı biriktirilerek 1.5 m^3 kapasiteli lastik tekerlekli bir kepçe ile harmanlanmış ve konileme-dörtleme yöntemi ile azaltılarak her kömür damarını temsil eden yaklaşık 1.5 tonluk numuneler elde edilmiştir.

Her üç kömür damarında elde edilen ana numunelerden örnek azaltma yöntemleri kullanılarak kimyasal analizler ve kömürlerin açık havada dağılabilirlik özelliklerinin tesbitinde kullanılacak numuneler ayrılmıştır. Numunelerin genel kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Her üç kömür damarı için numunelerin elek analizleri, boyut gruplarındaki kül, rutubet, toplam kükürt ve alt ısıl değer (AID) içerikleri Çizelgeler 3.2; 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.1 Seyitömer havzası kömürleri genel kimyasal özellikleri.

Eleman		A damarı kömürleri	B damarı kömürleri	Dragline panosu kömürleri
Rutubet	% (O.K.)	36.43	33.20	34.55
Rutubet	% (H.K.K.)	27.94	25.72	27.13
Kül	% (K.K)	47.16	39.51	43.02
Uçucu Madde	% (K.K)	38.26	40.31	40.96
Sabit Karbon	% (K.K)	14.58	20.18	16.02
Toplam Kükürt	% (K.K)	1.80	2.02	2.79
AID	Kcal/kg (O.K)	1427	2113	1839
AID	Kcal/kg (H.K.K.)	1619	2362	2054

Elde edilen ana numunelerden +100 mm fraksiyonu ayrılarak kalan -100+0 mm boyut grubunda otisca prosesi deneylerinde kullanılmak üzere örnek azaltma yöntemleri kullanılarak numuneler ayrılmıştır. Stok sahasında kalan -100+0 mm boyut grubundaki numuneler; -100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+0.5 ve -0.5 mm fraksiyonlarına ayrılarak yüzdürme-batırma ve otisca prosesi deneylerinde kullanılmak üzere ayrı ayrı naylon çuvallar içerisinde biriktirilerek stoklanmıştır. Kömürlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmemesi için naylon torbaların ağızları hava geçirmeyi engelleyecek şekilde sıkıca bağlanarak, aynı yerde %35-40 rutubet içeren, güneş görmeyen bir depoda muhafaza altına alınmıştır. Deneylerde kullanılan -100+0 mm kömür numunelerinin elek analizleri , boyut guruplarındaki kül, rutubet, toplam kükürt ve AID içerikleri çizelge 3.5; 3.6 ve 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 A damarı kömürleri genel analiz sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/Kg)
+100	47.86	49.51	35.14	1.73	1560
-100+50	13.93	47.41	36.27	1.92	1595
-50+18	10.83	40.52	37.16	1.85	1808
-18+10	5.09	41.70	37.13	1.68	1815
-10+4	13.56	41.65	38.15	1.95	1810
-4+0.5	4.87	46.88	39.46	1.72	1597
-0.5	3.86	62.65	40.18	1.83	1014
TOPLAM	100.00	47.16	36.43	1.80	1619

Çizelge 3.3 B damarı kömürleri genel analiz sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/Kg)
+100	55.43	36.47	32.18	2.05	2564
-100+50	13.22	38.68	33.27	1.97	2318
-50+18	12.57	40.41	34.41	1.83	2270
-18+10	6.54	43.52	34.94	2.13	2196
-10+4	6.48	47.43	35.28	2.24	1889
-4+0.5	3.47	48.89	35.61	1.95	1705
-0.5	2.29	64.75	36.13	1.86	1043
TOPLAM	100.00	39.51	33.20	2.02	2362

Çizelge 3.4 Dragline panosu kömürleri genel analiz sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/Kg)
+100	48.16	37.50	33.25	2.75	2290
-100+50	15.64	40.83	34.16	2.63	2165
-50+18	12.40	44.12	36.73	2.97	2069
-18+10	9.24	48.09	35.46	3.15	1873
-10+4	4.93	51.47	37.18	2.85	1654
-4+0.5	6.35	60.71	36.61	2.51	1095
-0.5	3.28	69.16	36.83	2.88	978
TOPLAM	100.00	43.02	34.55	279	2054

Çizelge 3.5 A damarı kömürleri -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları.

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/kg)
-100+50	26.73	47.41	36.27	1.92	1595
-50+18	20.76	40.52	37.16	1.85	1808
-18+10	9.76	41.70	37.13	1.68	1815
-10+4	26.00	41.65	38.15	1.95	1810
-4+0.5	9.35	46.88	39.46	1.72	1597
-0.5	7.40	62.65	40.18	1.83	1014
TOPLAM	100.00	45.00	37.62	1.86	1674

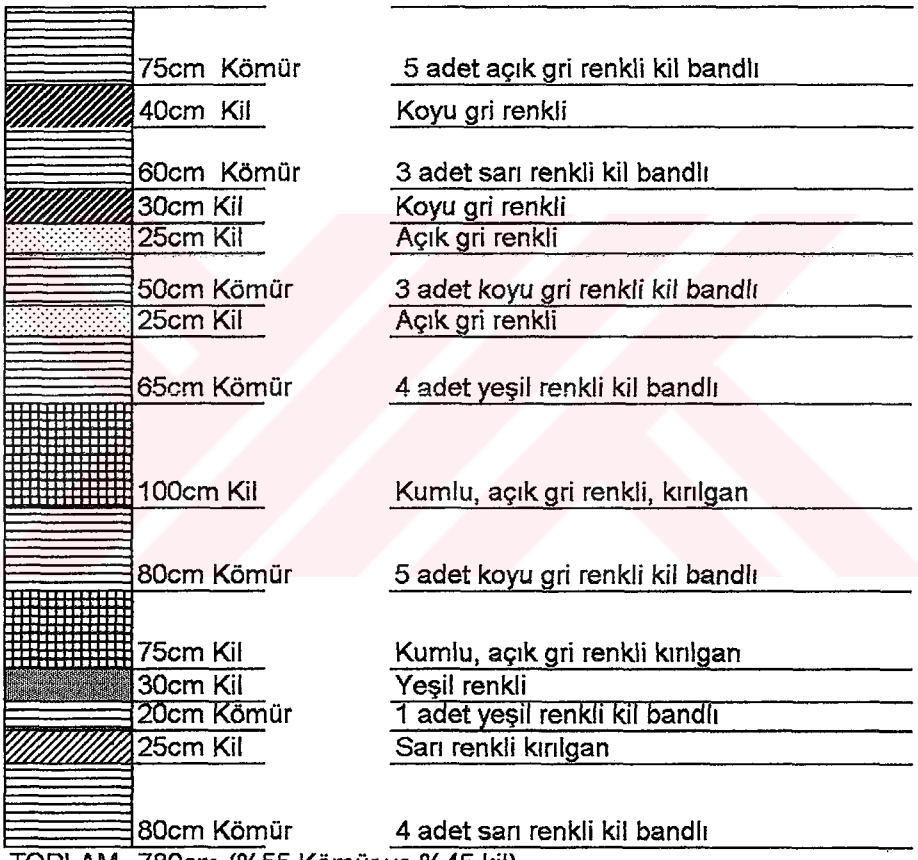
Çizelge 3.6 B damarı kömürleri -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları.

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/kg)
-100+50	29.66	38.68	33.27	1.97	2318
-50+18	28.19	40.41	34.41	1.83	2270
-18+10	14.68	43.52	34.94	2.13	2196
-10+4	14.55	47.43	35.28	2.24	1889
-4+0.5	7.78	48.89	35.61	1.95	1705
-0.5	5.14	64.75	36.13	1.86	1043
TOPLAM	100.00	43.29	34.40	1.99	2113

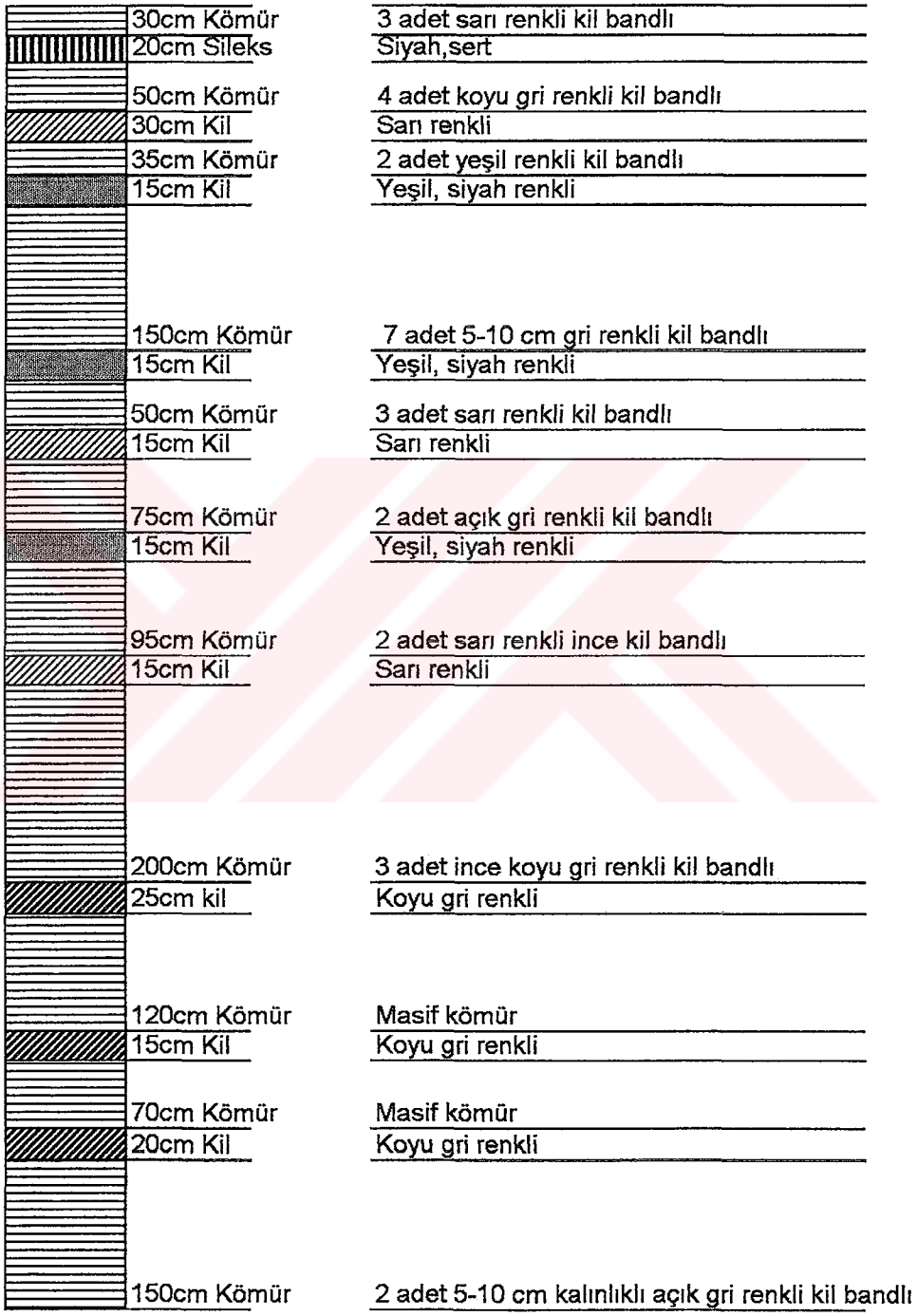
Çizelge 3.7 Dragline panosu -100 mm fraksiyonu genel analiz sonuçları.

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	% Rutubet	% Top.Kükürt	AID (Kcal/kg)
-100+50	30.16	40.83	34.16	2.63	2165
-50+18	23.93	44.12	36.73	2.97	2069
-18+10	17.82	48.09	35.46	3.15	1873
-10+4	9.51	51.47	37.18	2.85	1654
-4+0.5	12.24	60.71	36.61	2.51	1095
-0.5	6.34	69.16	36.83	2.88	978
TOPLAM	100.00	48.15	35.76	2.83	1835

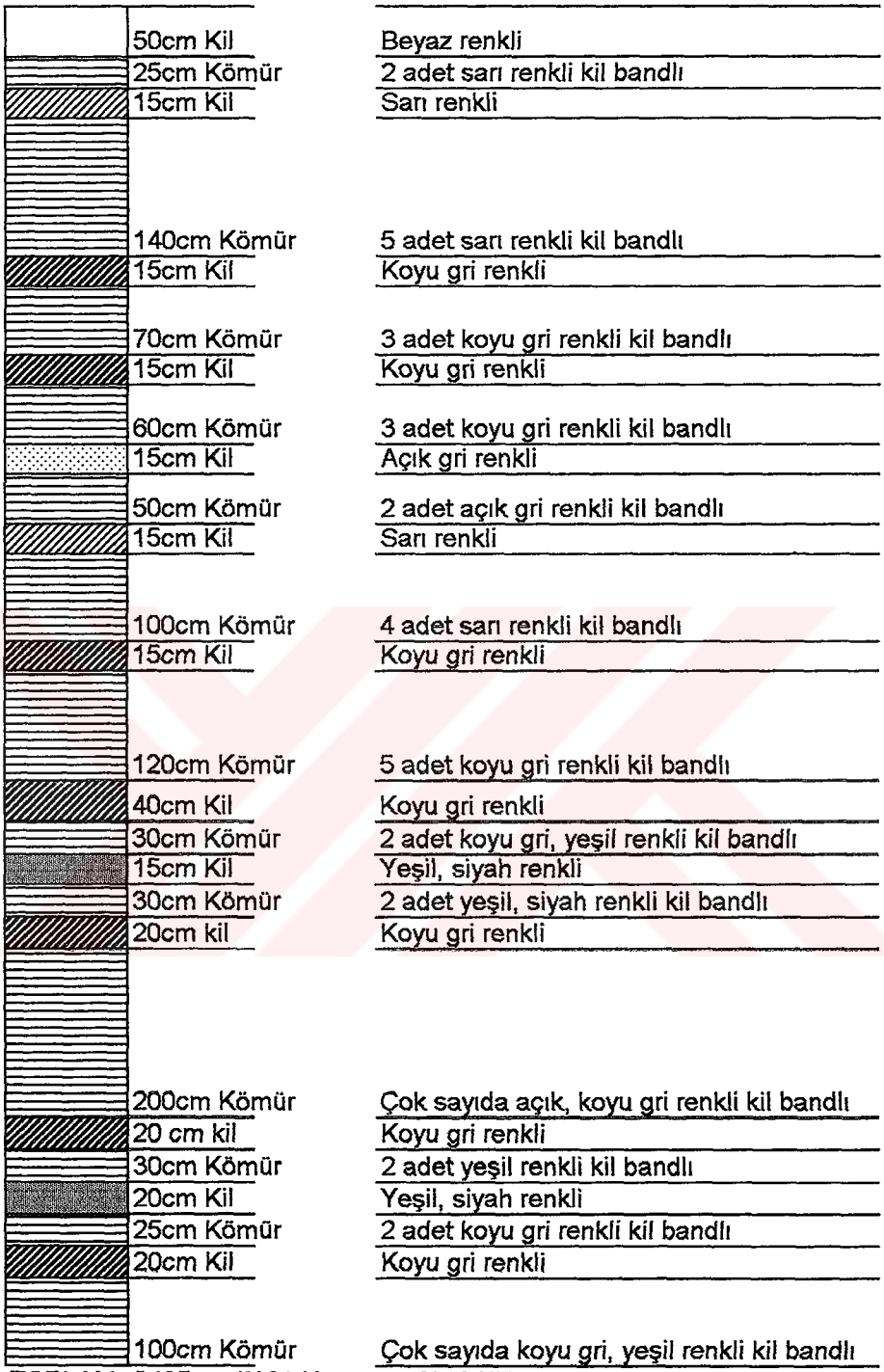
Numunelerin alındığı kömür damarlarının stamplarında yapılan minerolojik ve petrografik incelemeler sonucunda belirlenen damar stamplarının yapıları Şekil 3.1; 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.1 A Damarı Karakteristik Stampı



Şekil 3.2 B Damarı Karakteristik Stampı (1)

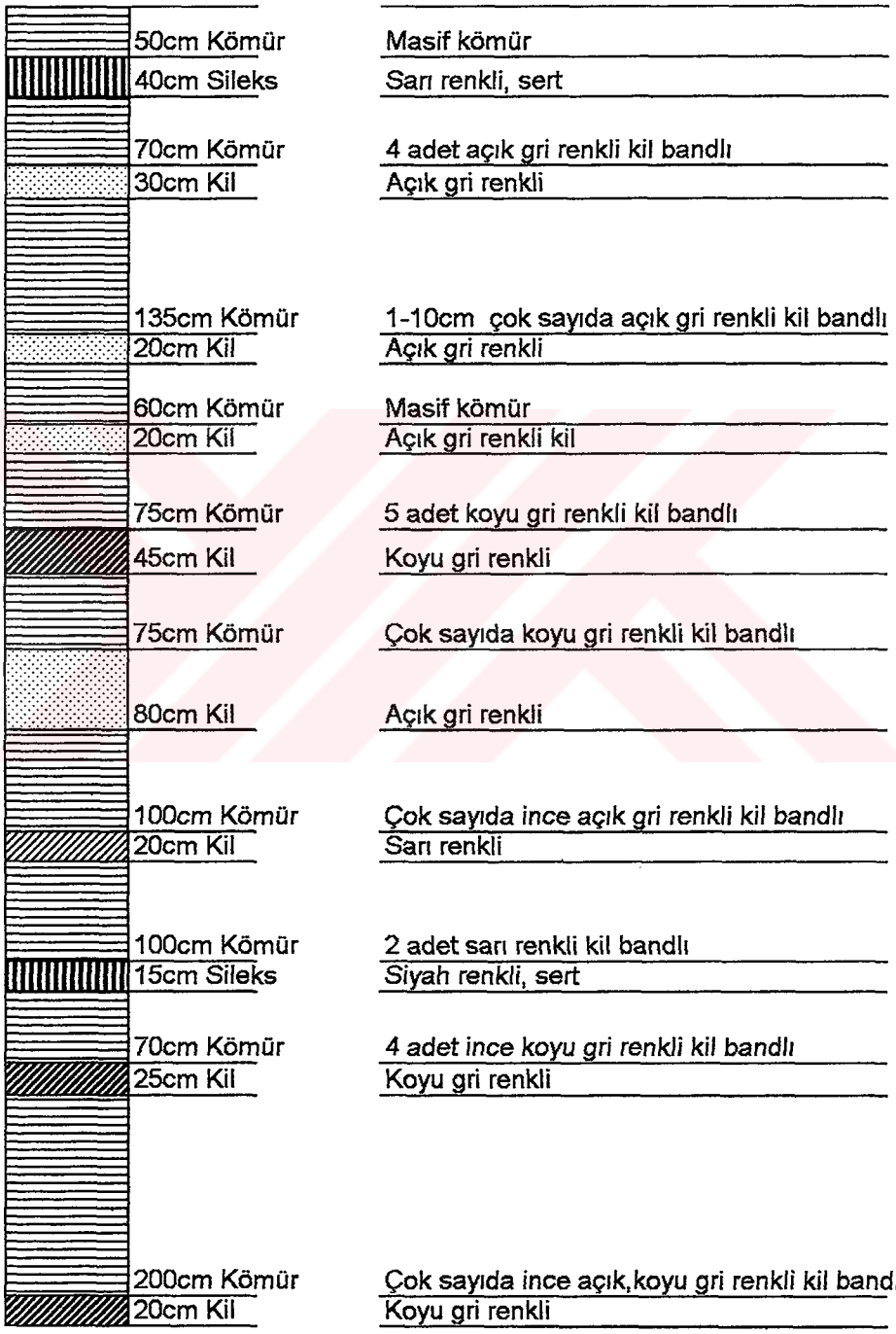


50cm Kil	Beyaz renkli
25cm Kömür	2 adet sarı renkli kil bandlı
15cm Kil	Sarı renkli
140cm Kömür	5 adet sarı renkli kil bandlı
15cm Kil	Koyu gri renkli
70cm Kömür	3 adet koyu gri renkli kil bandlı
15cm Kil	Koyu gri renkli
60cm Kömür	3 adet koyu gri renkli kil bandlı
15cm Kil	Açık gri renkli
50cm Kömür	2 adet açık gri renkli kil bandlı
15cm Kil	Sarı renkli
100cm Kömür	4 adet sarı renkli kil bandlı
15cm Kil	Koyu gri renkli
120cm Kömür	5 adet koyu gri renkli kil bandlı
40cm Kil	Koyu gri renkli
30cm Kömür	2 adet koyu gri, yeşil renkli kil bandlı
15cm Kil	Yeşil, siyah renkli
30cm Kömür	2 adet yeşil, siyah renkli kil bandlı
20cm kil	Koyu gri renkli
200cm Kömür	Çok sayıda açık, koyu gri renkli kil bandlı
20 cm kil	Koyu gri renkli
30cm Kömür	2 adet yeşil renkli kil bandlı
20cm Kil	Yeşil, siyah renkli
25cm Kömür	2 adet koyu gri renkli kil bandlı
20cm Kil	Koyu gri renkli
100cm Kömür	Çok sayıda koyu gri, yeşil renkli kil bandlı

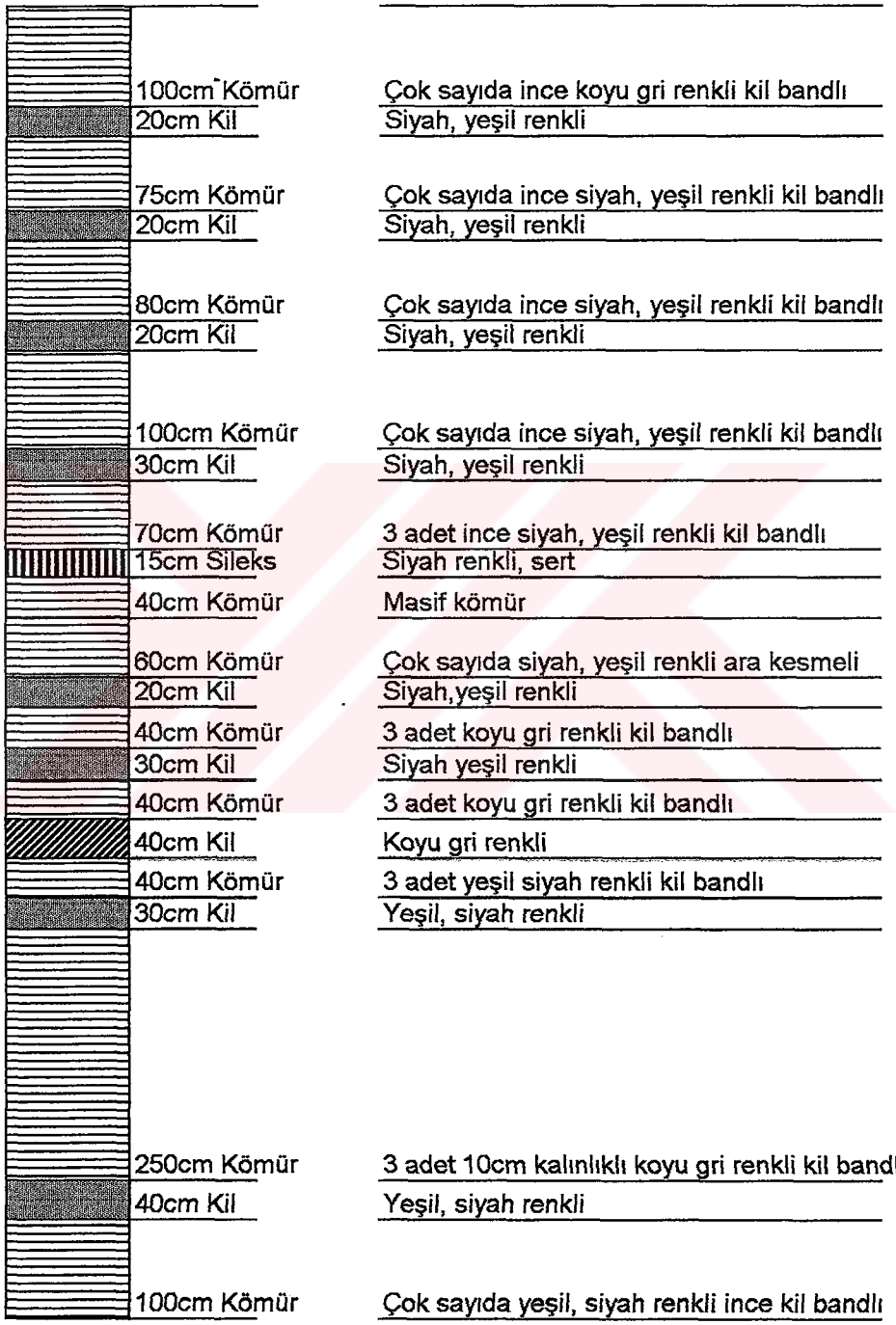
TOPLAM 2465cm (%81 Kömür ve %19 Kil)

Ölçek:1/25

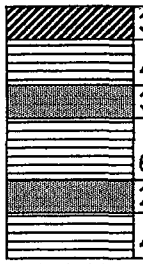
Şekil 3.2 B Damarı Karakteristik Stampı (2)



Şekil 3.3 Dragline Panosu Damarı Karakteristik Stampı (1)



Şekil 3.3 Dragline Panosu Damarı Karakteristik Stampı (2)



30cm Kil	Koyu gri renkli kil
45cm Kömür	3 adet yeşil, siyah renkli kil bandlı
30cm Kil	Yeşil, siyah renkli
60cm Kömür	4 adet yeşil, siyah renkli kil bandlı
20cm Kil	Yeşil, siyah renkli
45cm Kömür	Çok sayıda yeşil renkli kil bandlı

TOPLAM 2740cm (%76 Kömür ve % 24 Kil)

Ölçek:1/25

Şekil 3.3 Dragline Panosu Damarı Karakteristik Stampı (3)

3.2 Kimyasal Analizler

Kömür numunelerinin özelliklerinin belirlenmesinde kül, toplam kükürt, alt ısıl değer, rutubet, uçucu madde, sabit karbon tayinleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen yüzen ve batan fraksiyonlar ile zenginleştirme deneylerinde elde edilen temiz kömür ve artık fraksiyonlarının ise sadece kül, toplam kükürt ve alt ısıl değer tayinleri yapılmıştır. Aksi belirtilmediği sürece yapılan analizler kül ve toplam kükürt kuru bazda, AID değeri ise havada kuru kömür bazında ifade edilmiştir.

3.2.1 Kül Tayini

British Standarts (B.S.) 1016: Part 3'e göre yapılan kül tayininde miktarı belli bir kömür numunesi oda sıcaklığında bir yakma fırınına yerleştirilir ve fırın ısısı 60 dakikada 500°C' ye ayrıca 60 dakikada da 815∓10 °C'ye yükseltilir. Bu sıcaklıkda 60 dakika bekletilen numune, yanma fırınından çıkarılarak soğutulur. Kül yüzdesi yakma işleminden sonra kalıntının ağırlığından hesaplanır.

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} x\ 100$$

Burada

A = Kül yüzdesi

m_1 = Boş kroze ve kapağının birlikte ağırlığı (gram)

m_2 = Krozenin, numune ve kapağı ile birlikte ağırlığı (gram)

m_3 = Krozenin, kül ve kapağı ile birlikte ağırlığı (gram)

3.2.2 Toplam kükürt tayini

Deneylerde toplam kükürt tayini BS 1016: Part 6'ya göre iki farklı yöntem ile yapılmıştır. Birincisi "Yüksek sıcaklıkta yakma metodu ile toplam kükürt", diğeri "Eschka metodu ile toplam kükürt" tayini.

Eschka yöntemi ile toplam kükürt tayininde, kömür numunesi, bir kısım susuz sodyum karbonat ve iki kısım hafif kalsine magnezyum oksitten oluşan Eschka karışımı ile karıştırılarak porselen bir krozede oksitleyici bir atmosferde 800°C'de yakılır. Bu ortamda tüm organik maddeler yanarken sülfür kükürdü sülfat kükürdüne çevrilir ve sülfat daha sonra baryum klorür ile çöktürülerek gravimetrik olarak belirlenir.

Eschka karışımı ile karıştırılan numune porselen krozede oda sıcaklığında bir yakma fırınına yerleştirilir ve fırınısısı 60 dakikada 800 ± 25 °C'ye yükseltilir. Bu ısıda 60 dakika bekletilen numune fırından çıkarılarak soğutulur. Karışım sıcak su ile beraber beher içerisinde ısıtılarak katı maddelerin çözülmesi için Hidroklorik asit ilavesi yapılır ve kaynatılarak karbon dioksit uzaklaştırılır. Çözelti beyaz süzgeç kağıdından süzülür tekrar ısıtılarak içerisine baryum sülfat oluşturmak üzere baryum klorür ilavesi yapılır. Çöken baryum sülfat tartılarak şahit deneyde elde edilen verilerde dikkate alınarak toplam kükürt tayini yapılır.

Şahit deney ise aynı koşullar altında ancak kömürsüz olarak yapılır. Deneyde hidroklorik asit ilavesi esnasında çözeltiye ayarlı potasyumu sülfat eklenir. Asıl saptamada elde edilen kükürtten şahit deneyde kazanılan $BaSO_4$ miktarı ve ilave edilen ayarlı sülfat çözeltisinin eşdeğeri olan $BaSO_4$ miktarı çıkartılır.

$$\%S = \frac{m_2-(m_3-0.0335\ m_4)}{m_1} x13.74$$

Burada

S =Toplam kükürt yüzdesi

m_1 = Numune ağırlığı, (gram)

m_2 = Asıl deneyde bulunan baryum sülfat ağırlığı, (gram)

m_3 = Şahit deneyde bulunan baryum sülfat ağırlığı, (gram)

m_4 = 1 Litre çözeltideki potasyum sülfat ağırlığı, (gram)

Yüksek sıcaklıkta yakma metodu ile yapılan toplam kükürt tayininde, ağırlığı bilinen bir kömür numunesi oksijen akımı altında 1350 °C'de borulu fırında yakılır. Oluşan kükürt oksitler ve varsa açığa çıkan klor ile birlikte hidrojen peroksit ile absorbe edilir ve volumetrik olarak tayin edilir. Klor düzeltmesi yapıldıktan sonra toplam kükürt belirlenir. Külde kükürdün kalmasını önlemek için numunenin üzerine aluminyum oksit ilavesi yapılır.

Yakma kayığının içine yerleştirilen kömür numunesi üzeri aliminyum oksit ile kaplanarak, daha önceden sodyum borat ile nötrleştirilmiş hidrojen peroksit ile bağlantılandırılmış ve içinden 300 ml/dakika oksijen geçen yakma borusunun içine yerleştirilir.

Fırın daha önceden merkezi 1350 °C olacak şekilde ısıtılmıştır ve yüklü kayıkçık en sıcak zona 1 dakikalık aralıklarla itilerek 6 seferde getirilir ve burada 4 dakika daha bekletilir. Yanma sırasında oluşan kükürt ve klor gazları hidrojen peroksit ile aşağıdaki gibi reaksiyona girerek sülfürük ve hidroklorik asit oluştur.

$$SO_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4$$

$$Cl_2 + H_2O_2 \rightarrow 2HCl + O_2$$

Toplam asitite miktarı sodyum borat çözeltisi ile titre edilerek volumetrik olarak belirlenir. Titrasyondan sonra çözeltideki klor iyonu sodyum klorür haline dönüşür ve sodyum klorürü sodyum hidroksite çevirmek için sisteme Civa-2-oksi siyanür ilave edilir. Çözeltideki klor sülfürik asit ile titre edilerek belirlenir ve toplam kükürt tayini şahit deneyde elde edilen verilerde dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

Şahit deney ise aynı koşullar altında ancak kömürsüz olarak yapılır.

$$\%\ S = \frac{0.0802}{m}\ [V_1 - V_2 - 0.5\ (V_3 - V_4)]$$

Burada

%S = Toplam kükürt yüzdesi
V_1 = Asıl deneyde bulunan sodyum borat sarfiyatı, (ml)
V_2 = Sahıt deneyde bulunan sodyum borat sarfiyatı, (ml)
V_3 = Asıl deneyde bulunan sülfirik asit sarfiyatı, (ml)
m = Numune ağırlığı, (gram)
V_4 = Şahit deneyde bulunan sülfirik asit sarfiyatı, (ml)

3.2.3 Alt ısıl değer tayini

Miktarı bilinen bir kömür numunesi, bir kalorimetre bombasında 25-30 atmosfer basınç altında oksijen ortamında yakılır. Kalorimetre kabı içindeki suyun sıcaklık değişimine bağlı olarak numunenin ısıl değeri belirlenir.

Kalorimetrenin gerçek ısı sığası 1 gram benzoik asitin yanması ile açığa çıkan ısı artışı ile belirlenir. Bu belirlenen ısıl değer o kalorimetre de şartlar sabit kaldığı sürece değişmez.

Kalorimetre kabı su ceketi içerisine yerleştirilir ve su ceketi ile arasında 10 mm hava boşluğu bırakılır. İçine rutubeti, külü ve hidrojen miktarı belli yaklaşık 1 gram numune yerleştirilmiş kalorimetre bombası kalorimetre kabı içerisindeki su içine yerleştirilir. Numunedeki ateşleme fitili ve telinin ucu elektrik enerjisine bağlanarak, numune 25-30 atmosfer basınç altında oksijen ortamında yakılır. Bu esnada bir karıştırıcı ile kalorimetre kabının içerisindeki su karıştırılır ve bu suyun ısısındaki değişim, 1'er dakika aralıklarla 0.0001 °C hassas ölçüm yapabilen, Becman ayarlı termometresi ile ölçülür. Isının yükselmesi durduktan sonra ateşleme teli ve fitilinin yanması ve sülfirik asit ile nitrik asitin oluşumu ile açığa çıkan enerji düzeltmesi yapılarak aşağıdaki 1 formülünden numunenin üst ısıl değeri belirlenir. Daha sonra numunenin nem, hidrojen ve kül içeriği dikkate alınarak hesap yöntemi ile alt ısıl değeri 2 formülünden belirlenir.

$$Q_{ü} = \frac{W\,(t\text{-}to) - D}{m} \qquad (1)$$

Burada

$Q_{ü}$ = Kömürün üst ısıl değeri, (Kcal/kg)

W = Kalorimetrenin gerçek ısı sığası, (Kcal/kg)

t = Kalorimetrede son okunan değer, (°C)

to = Kalorimetrede ilk okunan değer, (°C)

D = Ateşleme fitili ve ateşleme telinin yanma, sülfirik asit ve nitrik asitin oluşumu ile açığa çıkan ısı değişimleri toplamı, (Kcal/kg)

m = Numune miktarı, (gram)

$$Q_a = Q_ü - (Sy + Tsy) \qquad (2)$$

Burada

Q_a = Kömürün alt ısıl değeri, (Kcal/kg)

Sy = Suyun yoğunlaşma ısısı, (Kcal/kg)

Tsy= Oluşan suyun yoğunlaşma ısısı, (Kcal/kg)

$$Sy = \frac{a}{100} \times 600$$

$$Tsy = \frac{H}{100} \times \frac{100 - (a+b)}{100} \times 600 \times 9$$

Burada

a = Numunenin % rutubeti

b = Numunenin % külü

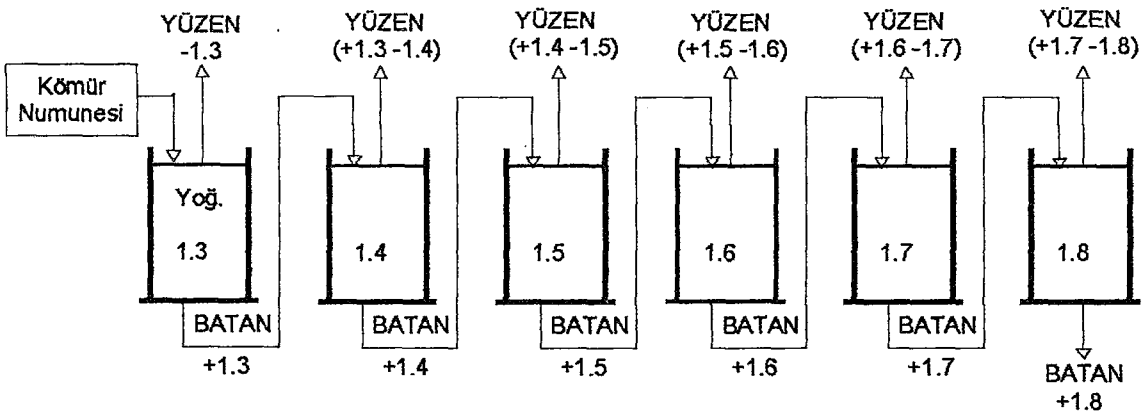
H = Numunenin % hidrojen miktarı.

3.3 Deneysel Yöntem

3.3.1 Yüzdürme - batırma deneyleri

Yüzdürme-batırma deneyleri, yoğunlukları çinko klorür ($ZnCl_2$) ile ayarlanmış ağır sıvılarda 1.3; 1.4; 1.5; 1.6; 1.7 ve 1.8 g/cm^3 yoğunluklarda yapılmıştır.

6 adet 6 litrelik silindirik çelik kaplar içerisine 4 litre yoğunluğu ayarlanmış çinko klorür çözeltileri konulmuştur. Alt kısımına 60 mesh (0.25 mm) açıklığında elek monte edilmiş bir iç kap deneyin başlanacağı en düşük yoğunluktaki ağır sıvıyı içeren kabın içerisine oturtularak deney düzeneği hazırlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Yüzdürme - batırma deneyleri yapılış şeması

Daha önce Bölüm 3.1'de çıklandığı şekilde hazırlanıp torbalanan -100+50; -50+18; -18+10; -10+4 ve -4+0.5 mm fraksiyonlarından alınan kömür numuneleri yıkanıp 24 saat kurutulduktan sonra 500 gram tartılarak deneylere başlanmıştır. Her fraksiyon ayrı ayrı düşük yoğunluktan başlanarak en yüksek yoğunluğa doğru yüzdürme-batırma işlemine tabi tutulmuştur. Numunelerin yüzen ve batan kısımlar şeklinde ayrılması için gereken süre iri fraksiyonlarda 4 dakika olarak tesbit edilmiş ancak özellikle -4+0.5 mm fraksiyonunda bekleme süresi yüksek vizkoziteninde etkisi ile 10 dakika olarak uygulanmıştır.

En düşük yoğunlukta yüzen kısım tel bir süzgeç ile üstten toplanıp alınırken, batan kısım; içteki kabın yukarı çekilerek iyice süzülmesi için 5 dakika beklenmesini takiben bir sonraki ağır sıvının bulunduğu çelik kaba, süzgeçli iç kap ile beraber beslenmiştir. Yüzen kısım bir kapta toplanarak ılık su ile iyice yıkanmış açık havada 24 saat kurutulduktan sonra tartılmış ve kül, toplam kükürt, AID analizleri yapılarak yüzdürme batırma çizelgeleri ve kömür yıkama eğrileri hazırlanmıştır.

A damarı kömürleri için yapılan yüzdürme batırma işleminden sonra tüm ağır sıvılar yeniden hazırlanarak işlemler B damarı kömürleri ve dragline panosu kömürleri için tekrarlanmıştır.

3.3.2 Mikroskobik çalışmalar

Şekil 3.1; 3.2 ve 3.3'te verilen kömür damarı stamplarının, her damarı karakterize eden kömür kısımlarından el ile alınan numuneler -9 cm altına kırıldıktan sonra açık havada 24 saat kurutulmuştur. Mekanik bölücüler ile azaltılan kömür numuneleri yine boyut küçültülerek -3 mm altına indirilmiştir. Daha sonra kömür numuneleri; yeteri kadar azaltılarak 35 mm çapındaki özel plastik kaplar içerisine 3:1 oranında sentetik reçine (reçine+sertleştiricisi) ile

hazırlanıp her kömür damarından 3 adet dökülmüştür. Açık havada 24 saat bekletilerek kurutulan blok kömür ve reçine kalıptan çıkarılarak bir seri aşındırma ve parlatma işlemlerine tabii tutulmuştur. Aşındırma işlemi SiC tozları (SiC 55, SiC 100, SiC 150, SiC 240, SiC 500 ve SiC 1200) kullanılarak elle yapılırken, parlatma işlemi önce Alumina 1-3 ile elle ve en son disk üzerine yerleştirilmiş Grit 18000 elmaslı sprey parlatıcı ile mekanik olarak yapılmıştır (Özpeker, 1991).

Polarizan mikroskop ile numunelerin petrografik ve minarolojik incelemeleri yapılarak her kömür damarı için hem tek nikolde hemde çift nikolde fotoğraflar çekilmiştir.

3.3.3 Kömürlerin açık havada dağılabilirliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar

Kömürlerin açık havada dağılabilirlikleri United States Bureau of Mines (USBM) tarafından geliştirilen yöntem ile belirlenmiştir (Fieldner, et.al., 1930 ve Barkley, 1943). Bölüm 3.1'de anlatılan bu amaca yönelik olarak ayrılan ve saklanan numuneler bir çeneli kırıcıda -32 mm altına kırılmıştır. Kırılan numuneler 26.9 mm açıklıklı elekte elenerek elde edilen -32+26.9 mm fraksiyonu kömürlerin açık havada dağılabilirlik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. -32+26.9 mm fraksiyonunda kömür harici yabancı maddeler el ile ayıklanarak sadece kömür taneleri muhafaza edilmiştir. A, B ve Dragline panosu kömürlerinden hazırlanmış numunelerden 1'er kg'lık 4 adet alt numune oluşturularak her kömür damarı için 4 adet deney yapılmıştır.

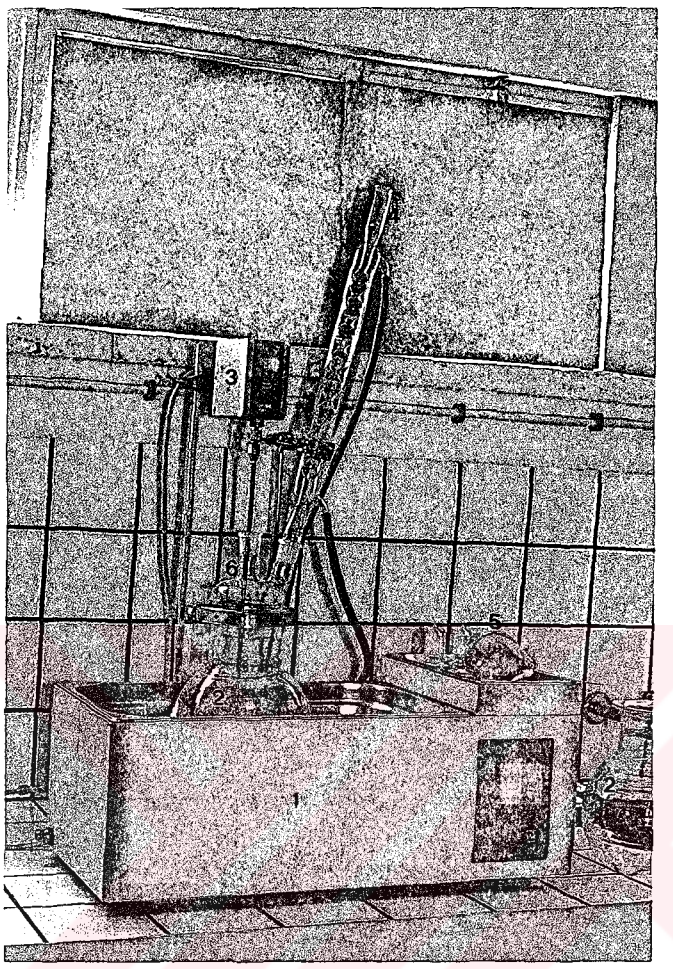
-32+26.9 mm fraksiyonu öncelikle 6.73 mm elekten 1 dakika süre ile elenerek ,elek altına geçen miktar tartılmış ve elemeden dolayı oluşan % kırılma düzeltme indeksi bulunmuştur. Daha sonra elek üstünde kalan numune oda sıcaklığından 15 °C fazla ısıda, etüvde 30-35 °C 'de 24 saat kurutulmuştur.

Etüvden çıkarılarak oda sıcaklığına kadar soğutulan numune 6 litrelik plastik kap içerisindeki suya konarak 1 saat süre ile bekletildi. Sudan çıkarılan numunelerin yüzeyindeki fazla sular silkilip drenaj edilerek tekrar etüvde 30-35 °C'de 24 saat bekletildi. Etüvden çıkarılan numuneler yine oda sıcaklığına soğutularak 6.73 mm açıklığındaki elekten yukarıda açıklandığı gibi 1 dakika süre ile elendi ve elek altı miktarı tartıdı. Burada elde edilen % elek altı oranından daha önce bulunan kırılma - düzeltme indeksi çıkarılarak elde edilen indeks kömürün açık havada dağılabilirlik 1. indeksi olarak kabul edildi.

1. açık havada dağılabilirlik indeksinin belirlendiği deneyde 6.73 mm elek üstünde kalan numune yine 1 saat suda bekletilip, 30-35 °C'lik etüvde 24 saat kurutulup daha sonra 6.73 mm açıklıklı elekten elenerek elde edilen kümülatif elek altı yüzdesi; 2. açık havada dağılabilirlik indeksi olarak kabul edildi. Aynı şekilde ıslatma, kurutma ve eleme deneylerine 6 kez devam edilerek 6 adet, kümülatif açık havada dağılabilirlik indeksi bulundu. Ancak düzeltme faktörü sadece 1. indekse uygulanmıştır.

3.3.4 Otisca prosesi deneyleri

Otisca prosesi ile zenginleştirme deneyleri için oluşturulan deney düzeneği; sıcaklığı 0-85 °C arasında değiştirilebilen su banyosu, amaca uygun olarak özel olarak yaptırılmış; 4 litrelik, boğaz açıklığı 120 mm olan üç adet cam kap ve cam kabın üzerine yerleştirilen sızmayı engelleyecek şekilde yapılmış şilifli cam kapak ve bu kapağı sıkıca tutulan klip'ten oluşmaktadır. Ayrıca cam kapağın üzerinde 2 adet şilifli küçük kapakçık vardır; bunların birinden sızdırmazlık tapası kullanılarak karıştırma işlemi yürütülürken, diğerine 50 cm'lik yoğunlaştırıcı bağlanarak deney esnasında buharlaşan ağır sıvının tekrar sisteme dönmesi sağlanmaktır. Cam kabın içerisindeki ağır sıvının ısısı da bu küçük kapakçıklardan sarkıtılan termometre ile ölçülmektedir. Deneylerin yapıldığı deney düzeneği Şekil 3.5'te görülmektedir.



1- Su banyosu
2- Ayırma kabı
3- Karıştırıcı
4- Yoğunlaştırıcı
5- Toplama süzgeci
6- Şilifli kapak

Şekil 3.5 Otisca prosesi deneylerinin yapıldığı deney düzeneği

Ağır sıvı hava sızdırmaz bir plastik bidon içerisinde yaklaşık 5°C sıcaklıkta muhafaza edilmektedir.

4 litrelik cam kap su banyosu içerisine oturtularak içine 3 litre ağır sıvı konulmuş, kapak sıkıca kapatılarak klip kilitlenmiş ve ortam ısısının istenilen dereceye gelmesi beklenmiştir. Kapağın üzerindeki kapakçıklardan birinden ısı kontrolu sağlanırken, diğerine 50 cm'lik yoğunlaştırıcı bağlanarak varsa buharlaşan ağır sıvı tekrar sisteme döndürülmüştür. İstenilen sıcaklığa ulaşıldığında %25 w/v katı oranında 750 gram kömür numunesi ve yüzey aktif

reaktif kapak açılarak sisteme ilave edilmiş ve kapak derhal kapatılmıştır. Isı kontrolünün yapıldığı kapakçıktan sızdırmazlık tapası ile beraber takılan karıştırıcı aracılığı ile sistem 1.5 dakika süreyle 1250 devir/dakika karıştırma şiddetinde kıvamlandırılmıştır. Kıvamlandırma süresi sonunda karıştırıcı kapatılarak kömür ve inorganik maddelerin ayrılması için 2 dakika beklenmiştir. 2 dakikalık bekleme süresinin sonunda üst kapak klip çıkarılarak açılmış , yüzen temiz kömür bir tel süzgeç ile toplanarak diğer cam kap içerisinde biriktirilmiştir. Su banyosunun ısısı, ağır sıvının buharlaşma ısısına getirilerek temiz kömürün içinde toplandığı cam kap, kapak ve yoğunlaştırıcı ile beraber su banyosuna oturtulmuştur. Burada kullanılan yoğunlaştırıcının, yoğunlaşan sıvının ayrıca alındığı bir haznesi vardır ve buharlaşan ağır sıvı yoğunlaştırıcıda tekrar kazanılarak haznede toplanmıştır.

Ayırmanın yapıldığı cam kabın içerisinde kalan ağır sıvı ve batan artık 3. cam kabın içine süzgeçten süzülerek ayrılmıştır. Ayrılan ağır sıvı yaklaşık 5°C'de plastik bidon içerisinde muhafaza edilen diğer ağır sıvı içine dökülmüştür. Cam kapta kalan artık, temiz kömürde olduğu gibi, ısısı ağır sıvının buharlaşma ısısına yükseltilen su banyosu içine oturtulmuştur. Artık maddeler yüzeyinde kalan ağır sıvı buharlaştırılarak yoğunlaştırıcıda tekrar kazanılmış ve yoğunlaştırıcının haznesinde toplanmıştır.

Deneylerde, otisca prosesinin performansına etki eden parametreler incelenmiş elde edilen temiz kömür ve artık fraksiyonlar tartılarak her birisinin ayrı ayrı kül, toplam kükürt ve AID analizleri yapılarak yanabilir verimleri hesaplanmış sonuçlar tablolar ve grafikler halinde verilmiştir. Yanabilir verimler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\%\ \text{yanabilir verim} = \frac{(\%\ \text{miktar, ürün}) - [(\%\ \text{kül, ürün}) \times (\%\ \text{miktar, ürün})]}{100 - (\%\ \text{kül, besleme})} \times 100$$

4. DENEY SONUÇLARI

4.1 Yüzdürme - Batırma Deneyleri

4.1.1 A damarı kömürleri yüzdürme - batırma deneyi sonuçları

Daha önce Bölüm 3.1' de açıklandığı gibi yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 ve 4.5 'te tablolar halinde verilmiştir. Kömür yıkama eğrileride Şekil 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 ve 4.5 'te gösterilmektedir.

Hesaben birleştirilerek elde edilen -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma tablosu çizelge 4.6 'da kömür yıkama eğrileride şekil 4.6 'da verilmiştir.

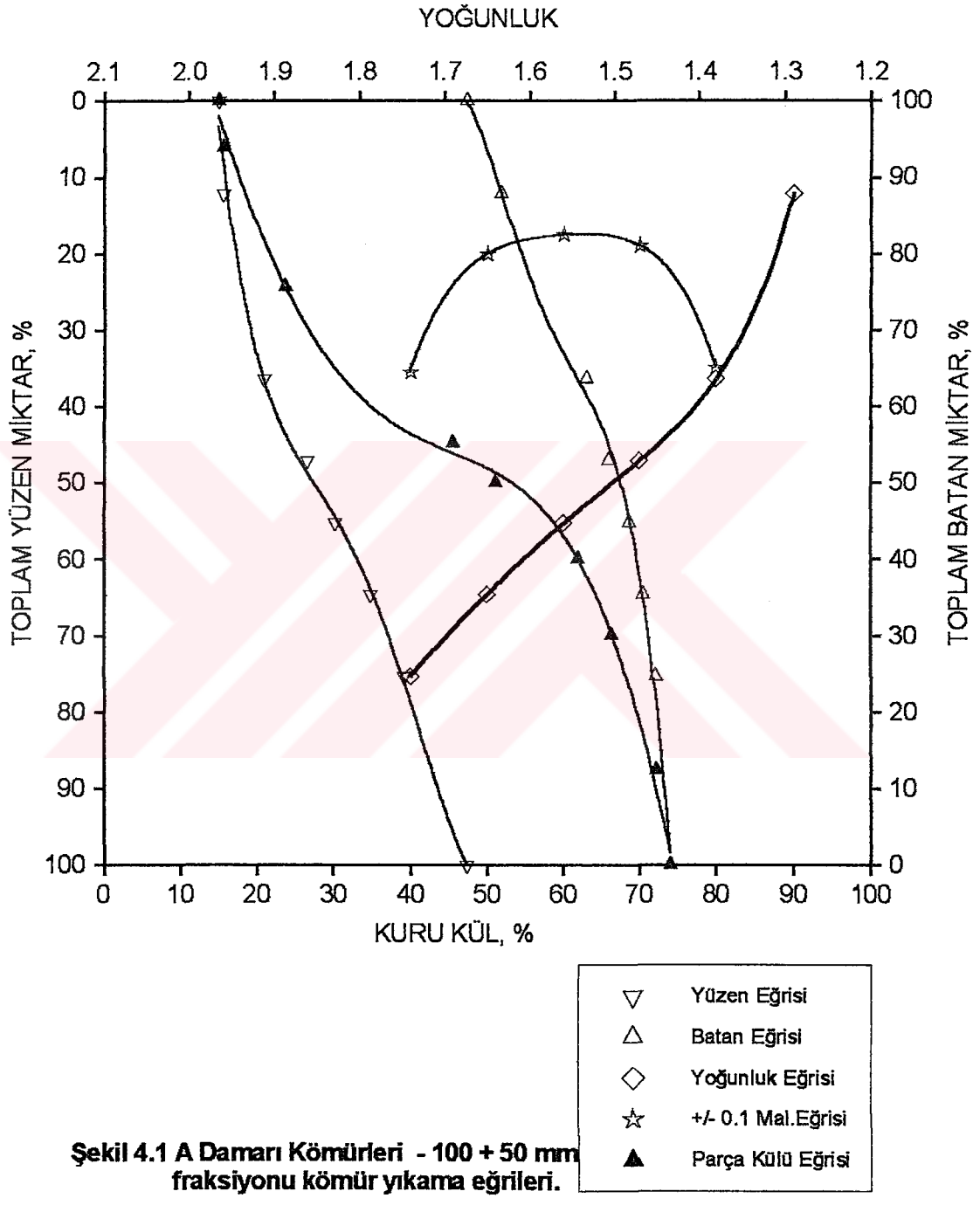
4.1.2. B damarı kömürleri yüzdürme - batırma deneyi sonuçları

B damarı kömürleri ile değişik boyut fraksiyonlarına ayrılarak yapılan yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7; 4.8; 4.9; 4.10 ve 4.11'de tablolar halinde gösterilmiştir. Kömür yıkama eğrileride Şekil 4.7; 4.8; 4.9; 4.10 ve 4.11'de verilmiştir.

Hesaben birleştirilerek elde edilen -100+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma tablosu Çizelge 4.12'de kömür yıkama eğrileride Şekil 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 A damarı kömürleri -100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

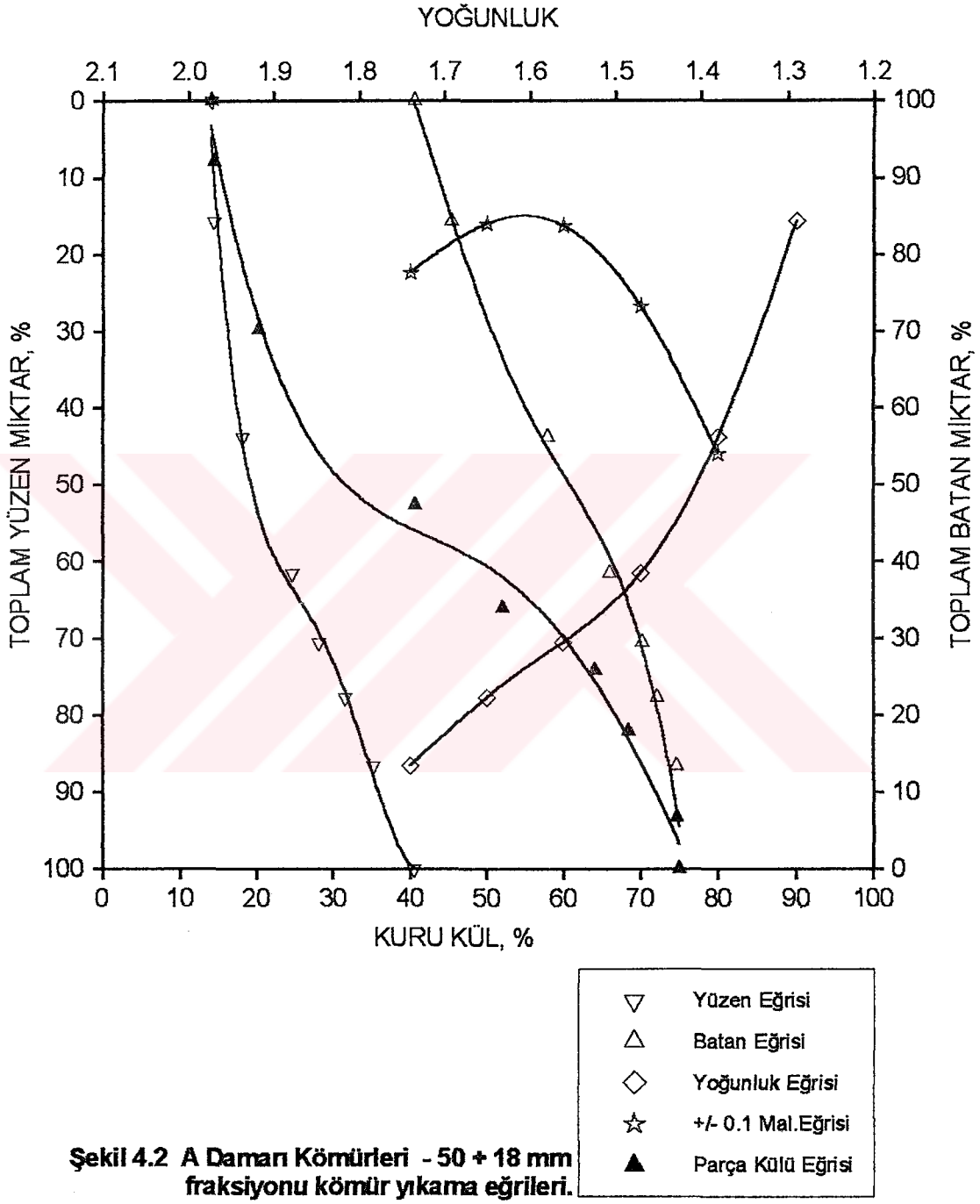
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	12.17	15.60	1.54	3064	12.17	15.60	3064	100.00	47.41	1.3	-
+1.30-1.40	24.16	23.62	1.62	2705	36.33	20.93	2821	87.83	51.82	1.4	34.88
+1.40-1.50	10.72	45.50	2.09	1724	47.05	26.53	2574	63.67	62.52	1.5	18.91
+1.50-1.60	8.19	51.11	1.95	1550	55.24	30.17	2422	62.95	65.96	1.6	17.53
+1.60-1.70	9.34	62.02	1.93	940	64.58	34.78	2208	44.76	68.68	1.7	19.98
+1.70-1.80	10.64	66.34	2.01	742	75.22	39.24	2001	35.42	70.44	1.8	35.42
+1.8	24.78	72.20	2.27	-	100.00	47.41	1575	24.78	72.20		
TOPLAM	100.00	47.41	1.92	1595	-	-	-	-	-		



Şekil 4.1 A Damarı Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.2 A damarı kömürleri -50 + 18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deney sonuçları.

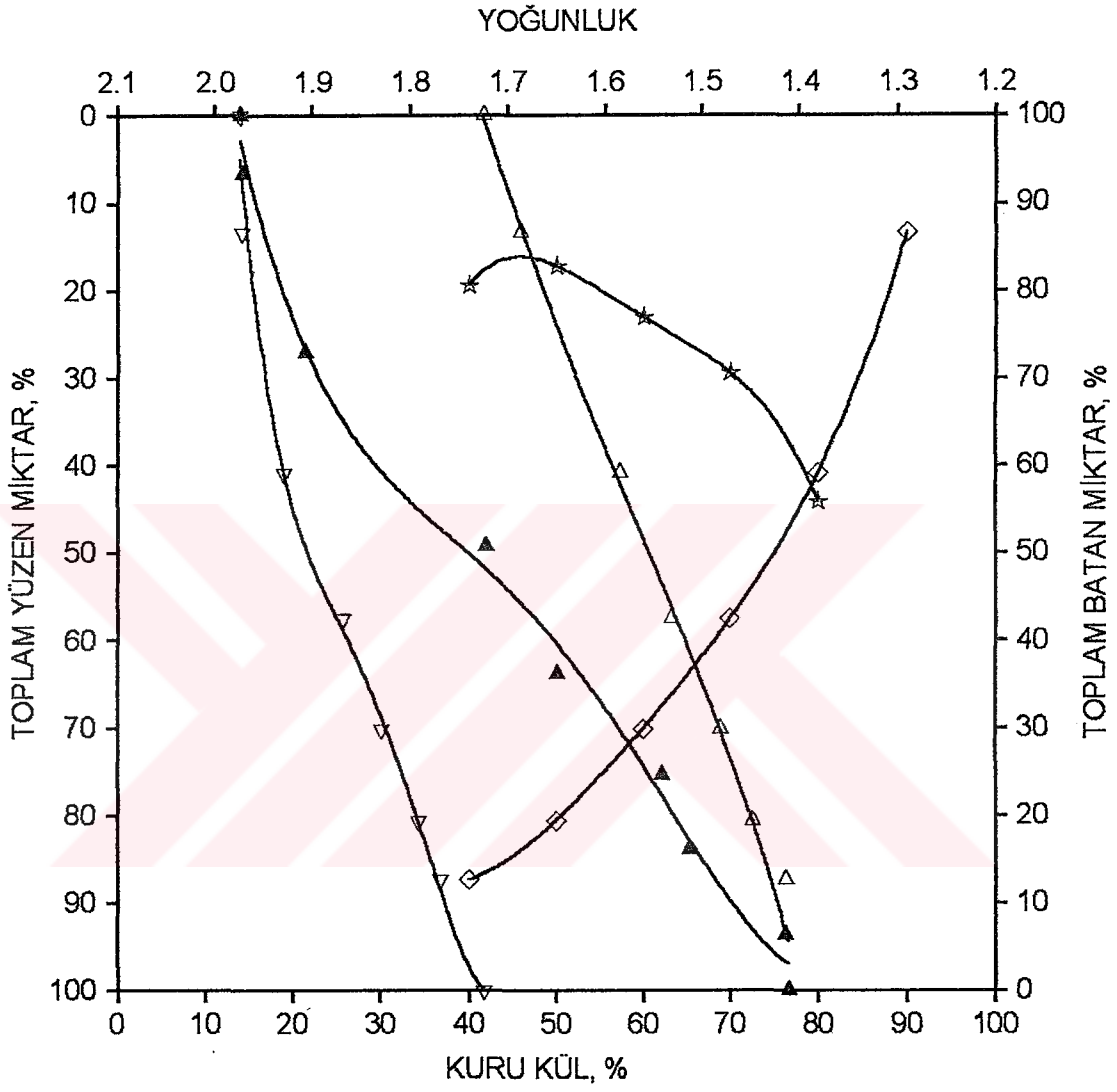
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	15.62	14.41	1.52	3087	15.62	14.41	3087	100.00	40.52	1.3	-
+1.30-1.40	28.16	20.18	1.73	2655	43.78	18.12	2809	84.38	45.36	1.4	45.88
+1.40-1.50	17.72	40.62	1.69	1812	61.50	24.60	2522	56.22	57.97	1.5	26.76
+1.50-1.60	9.04	52.12	1.92	1320	70.54	28.13	2368	38.50	65.95	1.6	16.23
+1.60-1.70	7.19	64.12	1.95	850	77.73	31.46	2227	29.46	70.20	1.7	16.00
+1.70-1.80	8.81	68.43	2.02	620	86.54	35.22	2064	22.27	72.16	1.8	22.27
+1.8	13.46	74.60	2.48	-	100.00	40.52	1808	13.46	74.60		
TOPLAM	100.00	40.52	1.85	1808	-	-	-	-	-		



Şekil 4.2 A Damarı Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.3 A damarı kömürleri -18 + 10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

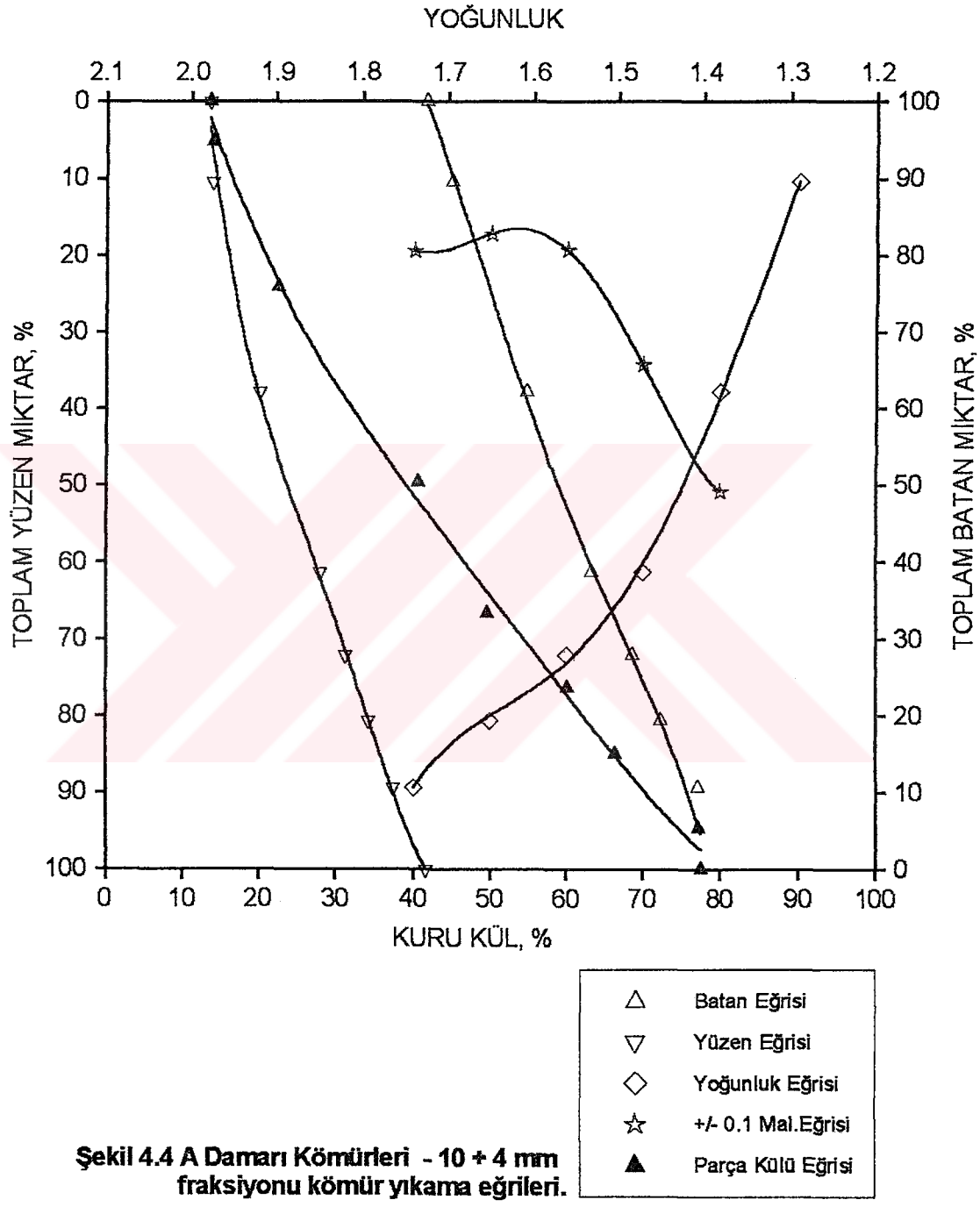
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	13.38	14.28	1.31	3072	13.38	14.28	3072	100.00	41.70	1.3	-
+1.30-1.40	27.42	21.39	1.65	2640	40.80	19.06	2781	86.62	45.94	1.4	44.16
+1.40-1.50	16.74	42.03	1.72	1741	57.54	25.74	2479	59.20	57.31	1.5	29.39
+1.50-1.60	12.65	50.19	1.70	1590	70.19	30.15	2319	42.46	63.34	1.6	23.02
+1.60-1.70	10.37	62.21	1.69	1035	80.56	34.27	2153	29.81	68.92	1.7	17.19
+1.70-1.80	6.82	65.35	1.73	890	87.38	36.70	2055	19.44	72.50	1.8	19.44
+1.8	12.62	76.36	2.02	-	100.00	41.70	1815	12.62	76.36		
TOPLAM	100.00	41.70	1.68	1815	-	-	-	-	-		



Şekil 4.3 A Damarı Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.4 A damarı kömürleri -10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

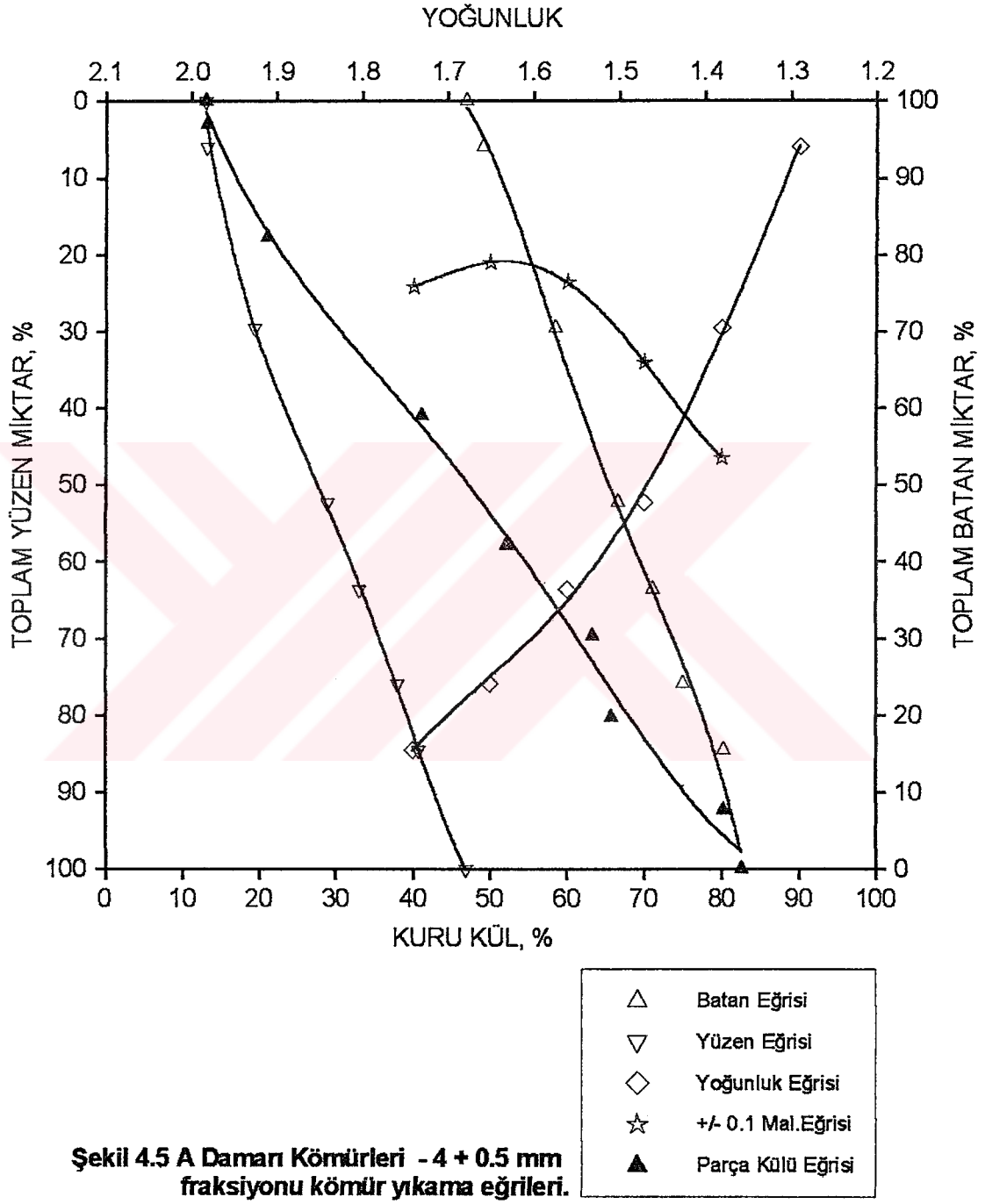
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	10.46	13.94	1.65	3110	10.46	13.94	3110	100.00	41.65	1.3	-
+1.30-1.40	27.39	22.41	1.81	2540	37.85	20.07	2698	89.54	44.89	1.4	50.76
+1.40-1.50	23.37	40.68	1.96	1820	61.22	27.94	2343	62.15	54.79	1.5	34.30
+1.50-1.60	10.93	49.74	2.05	1612	72.15	31.24	2249	38.78	63.30	1.6	19.34
+1.60-1.70	8.41	60.14	1.97	1135	80.56	34.26	2133	27.85	68.62	1.7	17.19
+1.70-1.80	8.78	66.34	2.11	800	89.34	37.41	2002	19.44	72.29	1.8	19.44
+1.8	10.66	72.19	2.33	-	100.00	41.65	1810	10.66	77.19		
TOPLAM	100.00	41.65	1.95	1810	-	-	-	-	-		



Şekil 4.4 A Damarı Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.5 A damarı kömürleri -4 + 05 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

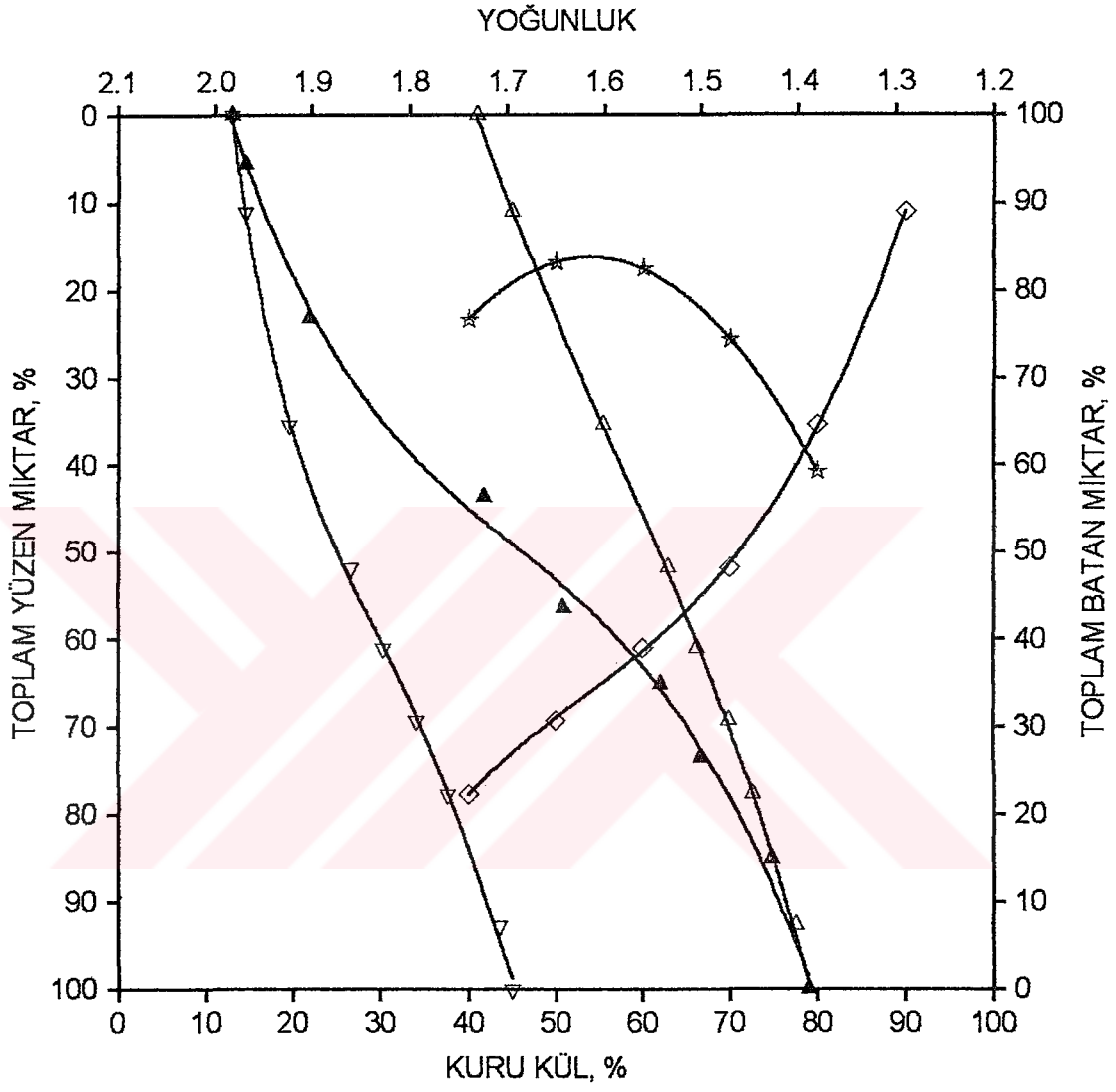
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	5.90	13.07	1.12	3135	5.90	13.07	3135	100.00	46.88	1.3	-
+1.30-1.40	23.62	20.94	1.65	2630	29.52	19.37	2731	94.10	49.00	1.4	46.37
+1.40-1.50	22.75	41.19	1.71	1786	52.27	28.87	2320	70.48	58.40	1.5	34.01
+1.50-1.60	11.26	52.13	1.78	1360	63.53	32.99	2150	47.73	66.60	1.6	23.62
+1.60-1.70	12.36	63.36	1.80	970	75.89	37.94	1957	36.47	71.07	1.7	21.00
+1.70-1.80	8.64	65.72	1.80	835	84.53	40.78	1843	24.11	75.02	1.8	24.11
+1.8	15.47	80.21	1.92	-	100.00	46.88	1597	15.47	80.21		
TOPLAM	100.00	46.88	1.72	1597	-	-	-	-	-		



Şekil 4.5 A Damarı Kömürleri - 4 + 0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.6 A damarı kömürleri -100 + 05 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

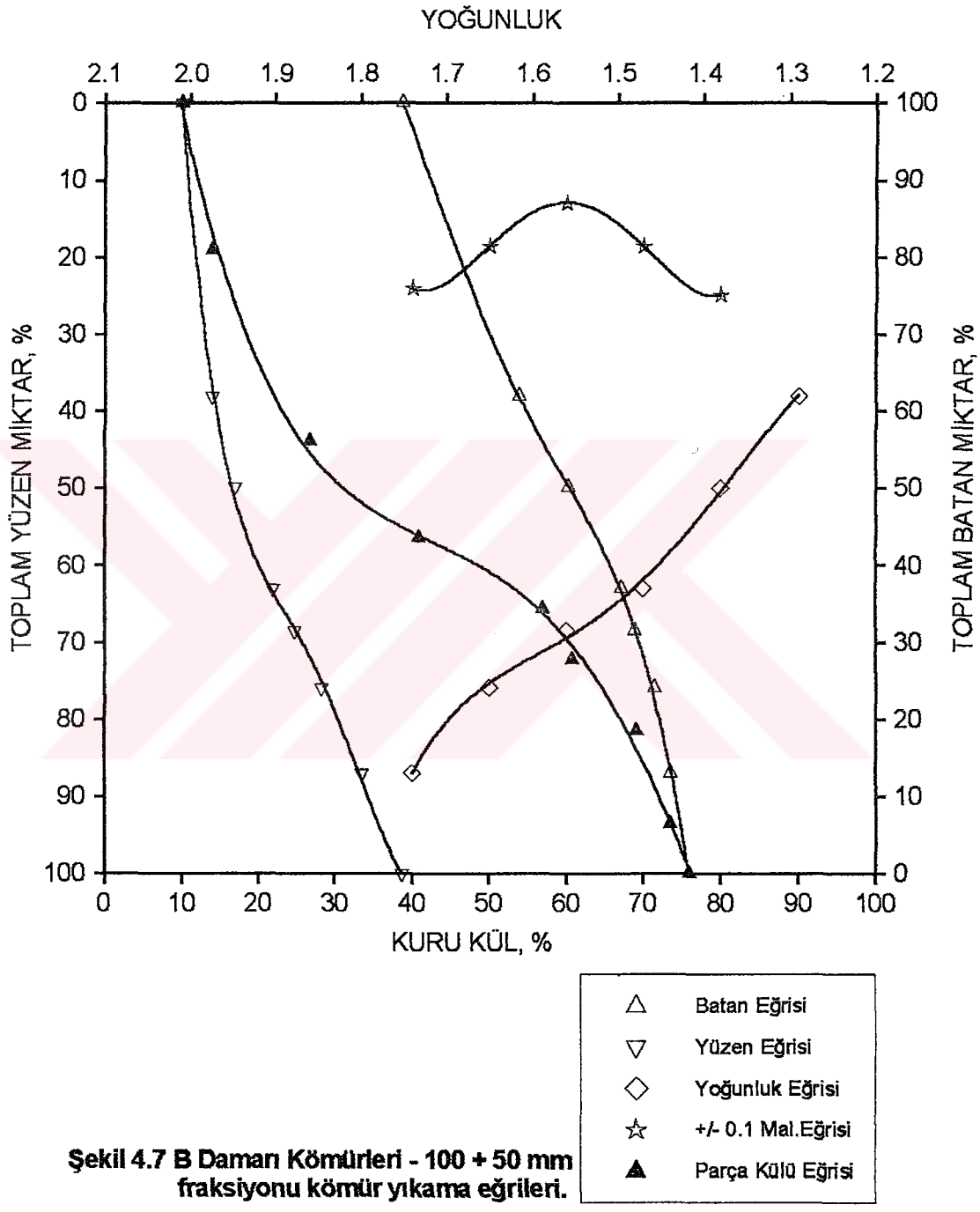
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	11.07	14.56	1.51	3086	11.07	14.56	3086	92.60	43.59	1.3	-
+1.30-1.40	24.32	21.95	1.71	2630	35.39	19.64	2773	81.53	47.64	1.4	40.71
+1.40-1.50	16.39	41.71	1.86	1789	51.78	26.62	2461	57.21	58.41	1.5	25.58
+1.50-1.60	9.19	50.89	1.92	1505	60.97	30.28	2317	40.82	65.11	1.6	17.53
+1.60-1.70	8.34	62.11	1.90	990	69.31	34.11	2157	31.63	69.24	1.7	16.77
+1.70-1.80	8.43	66.66	1.99	752	77.74	37.64	2005	23.29	71.80	1.8	23.29
+1.8	14.86	74.71	2.26	-	92.60	43.59	-	14.86	74.71		
ŞLAM -0.5 mm	7.40	62.65	1.83	1014	100.00	45.00	1674	-	-		
TOPLAM	100.00	45.00	1.86	1674	-	-	-	-	-		



Şekil 4.6 A Damarı Kömürleri - 100 + 0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.7 B damarı kömürleri -100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

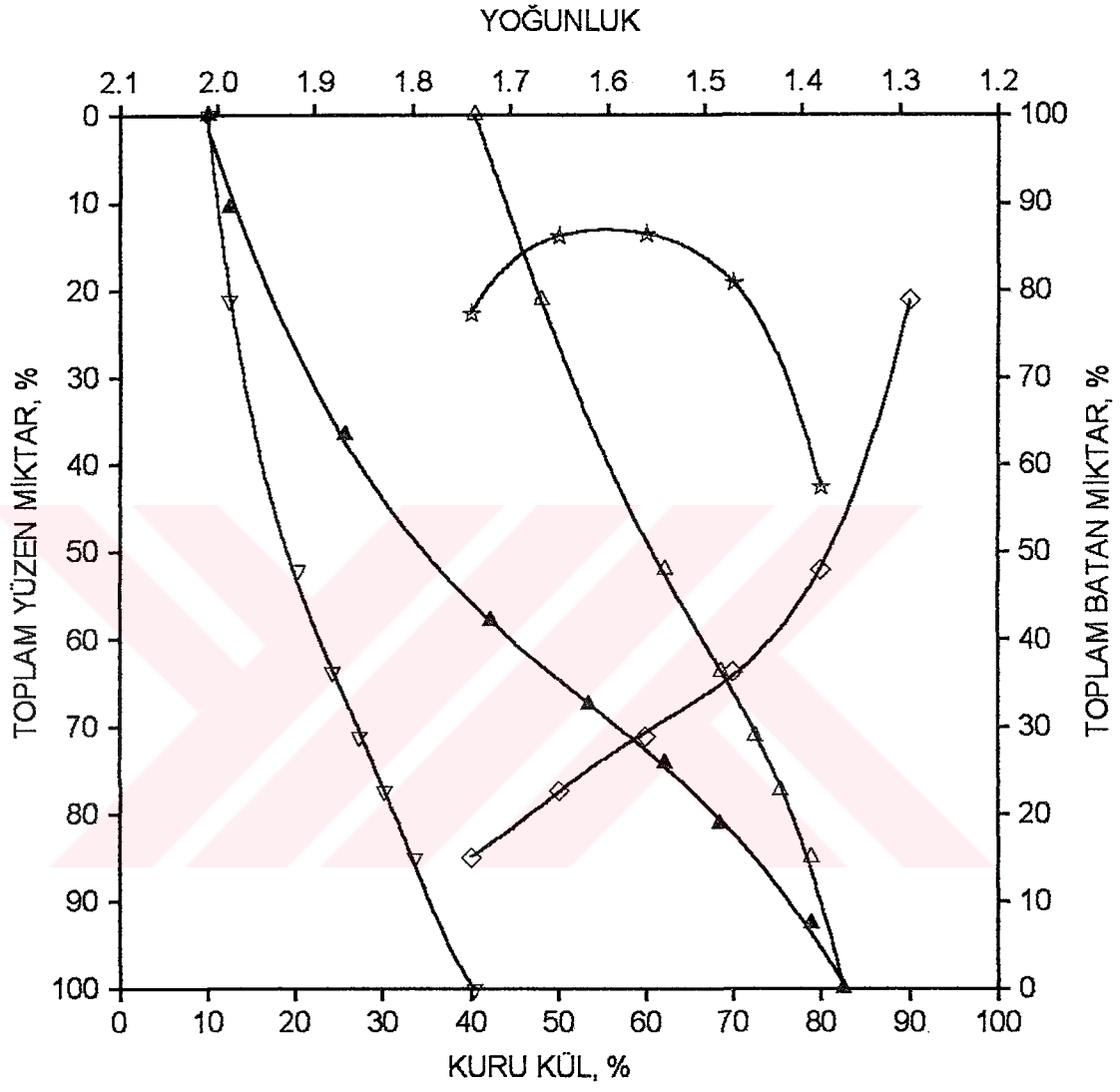
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	38.01	13.89	1.79	3582	38.01	13.89	3582	100.00	38.68	1.3	-
+1.30-1.40	11.82	26.76	1.83	2874	49.83	16.94	3414	61.99	53.88	1.4	24.96
+1.40-1.50	13.14	40.83	1.75	2255	62.97	21.93	3172	50.17	60.27	1.5	18.62
+1.50-1.60	5.48	56.97	2.19	1480	68.45	24.73	3037	37.03	67.17	1.6	12.98
+1.60-1.70	7.45	60.75	1.99	1319	75.90	28.27	2868	31.55	68.94	1.7	18.56
+1.70-1.80	11.11	69.14	2.05	810	87.01	33.49	2605	24.10	71.47	1.8	24.10
+1.8	12.99	73.46	2.67	-	100.00	38.68	2318	12.99	73.46		
TOPLAM	100.00	38.68	1.97	2318	-	-	-	-	-		



Şekil 4.7 B Damarı Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.8 B damarı kömürleri -50+ 18 mm franksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

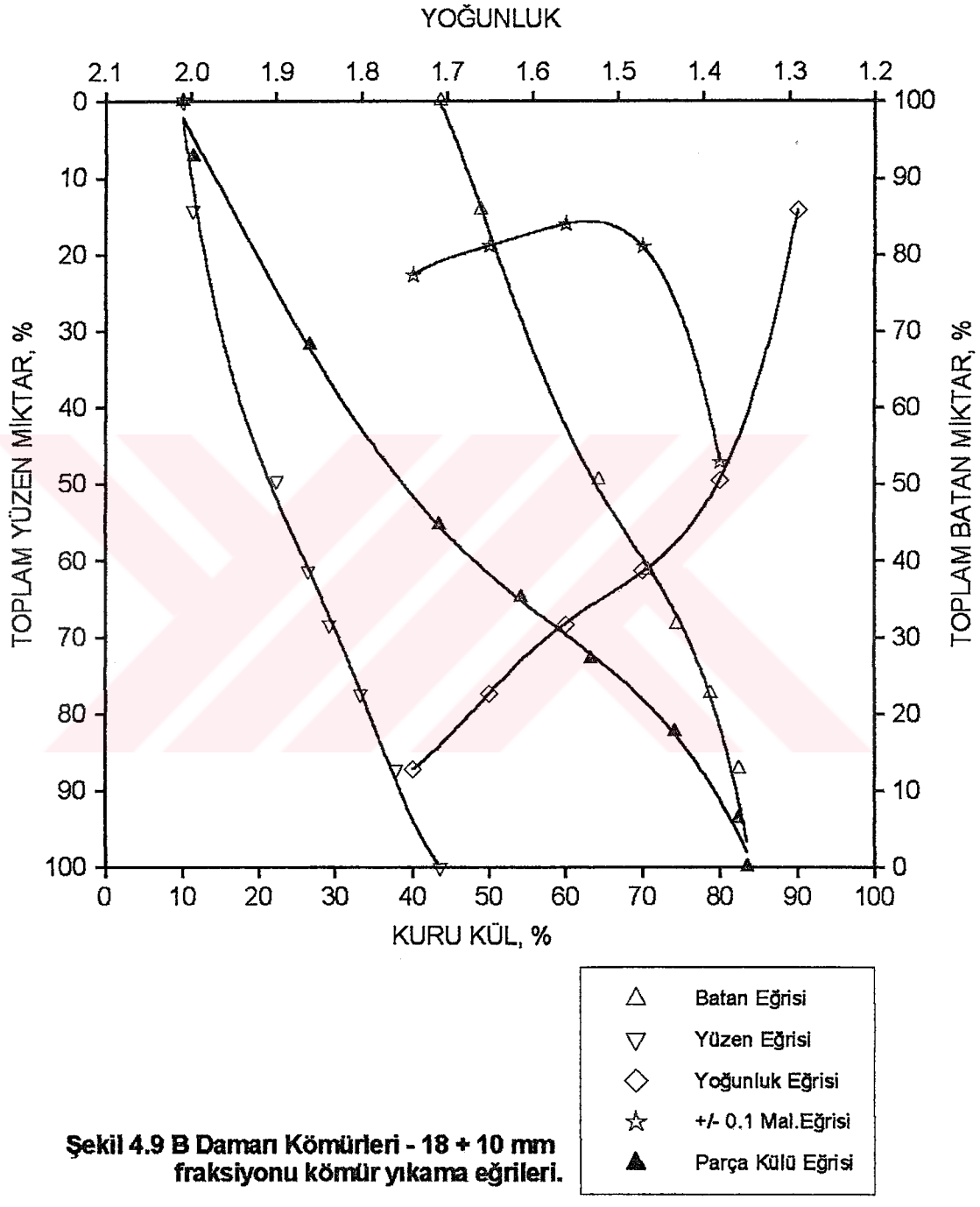
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	12.16	12.47	1.73	3610	21.16	12.47	3610	100.00	40.41	1.3	-
+1.30-1.40	30.83	25.69	1.67	3022	51.99	20.31	3261	78.84	47.91	1.4	42.55
+1.40-1.50	11.72	42.19	1.96	2200	63.71	24.33	3066	48.01	62.18	1.5	19.17
+1.50-1.60	7.45	53.39	1.93	1670	71.16	27.37	2920	36.29	68.63	1.6	13.58
+1.60-1.70	6.13	62.19	1.85	1210	77.29	10.14	2784	28.84	72.57	1.7	13.82
+1.70-1.80	7.69	68.45	1.95	930	84.98	33.60	2616	22.71	75.37	1.8	22.71
+1.8	15.02	78.92	2.08	-	100.00	40.41	2270	15.02	78.92		
TOPLAM	100.00	40.41	1.83	2270	-	-	-	-	-		



Şekil 4.8 B Damarı Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.9 B damarı kömürleri -18 +10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

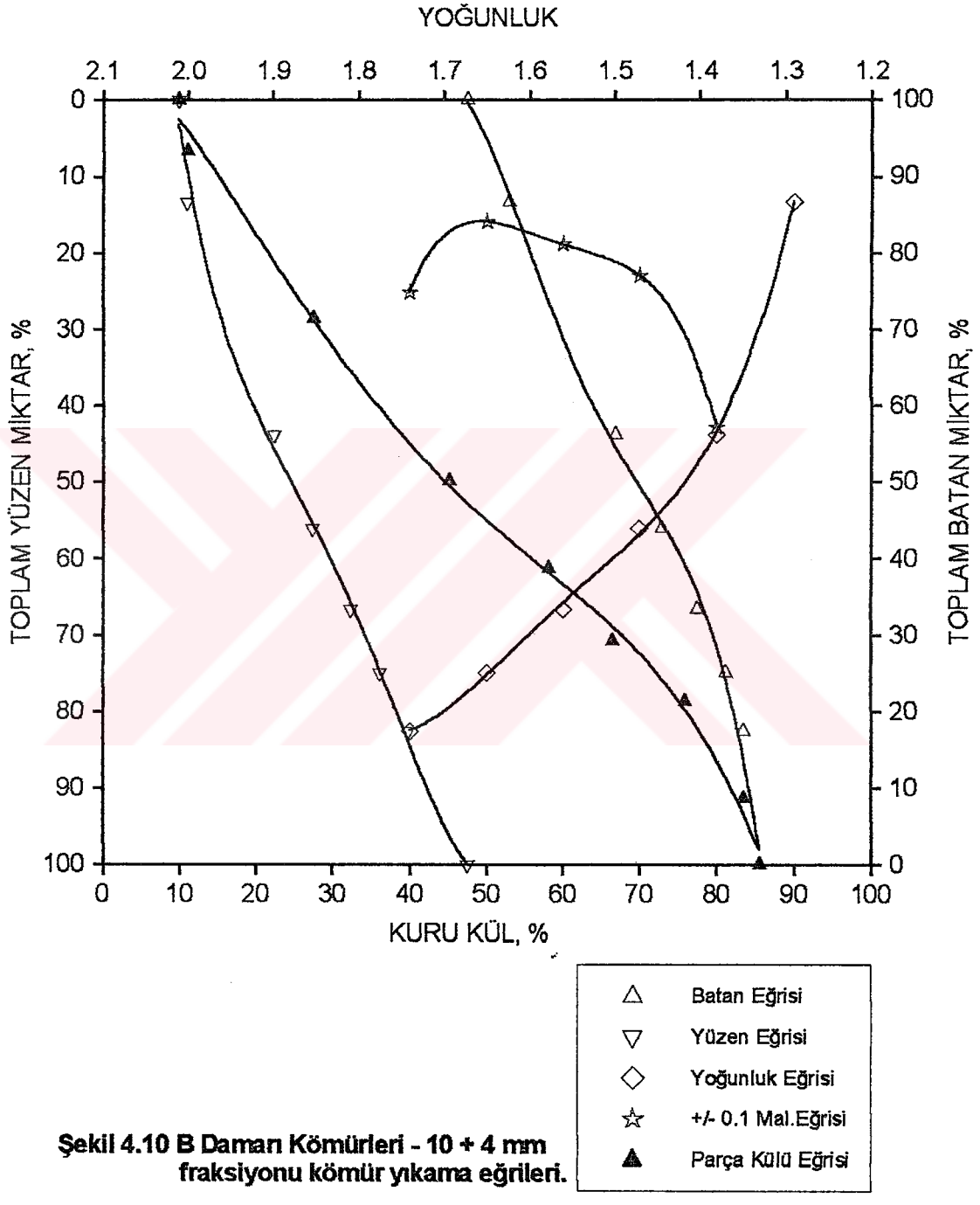
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	A I D Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	14.21	11.35	1.71	3641	14.21	11.35	3641	100.00	43.52	1.3	-
+1.30-1.40	35.19	26.65	2.03	2982	49.40	22.25	3172	85.79	48.86	1.4	47.05
+1.40-1.50	11.86	43.46	1.93	2170	61.26	26.36	2978	50.60	64.30	1.5	18.98
+1.50-1.60	7.12	54.15	2.19	1662	68.38	29.25	2841	38.74	70.68	1.6	16.04
+1.60-1.70	8.92	63.23	2.46	1105	77.30	33.17	2640	31.62	74.40	1.7	18.87
+1.70-1.80	9.95	74.15	2.83	1161	87.25	37.84	2426	22.70	78.79	1.8	22.70
+1.8	12.75	82.41	2.50	-	100.00	43.52	2196	12.75	82.41		
TOPLAM	100.00	43.52	2.13	2196	-	-	-	-	-		



Şekil 4.9 B Damarı Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.10 B damarı kömürleri -10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

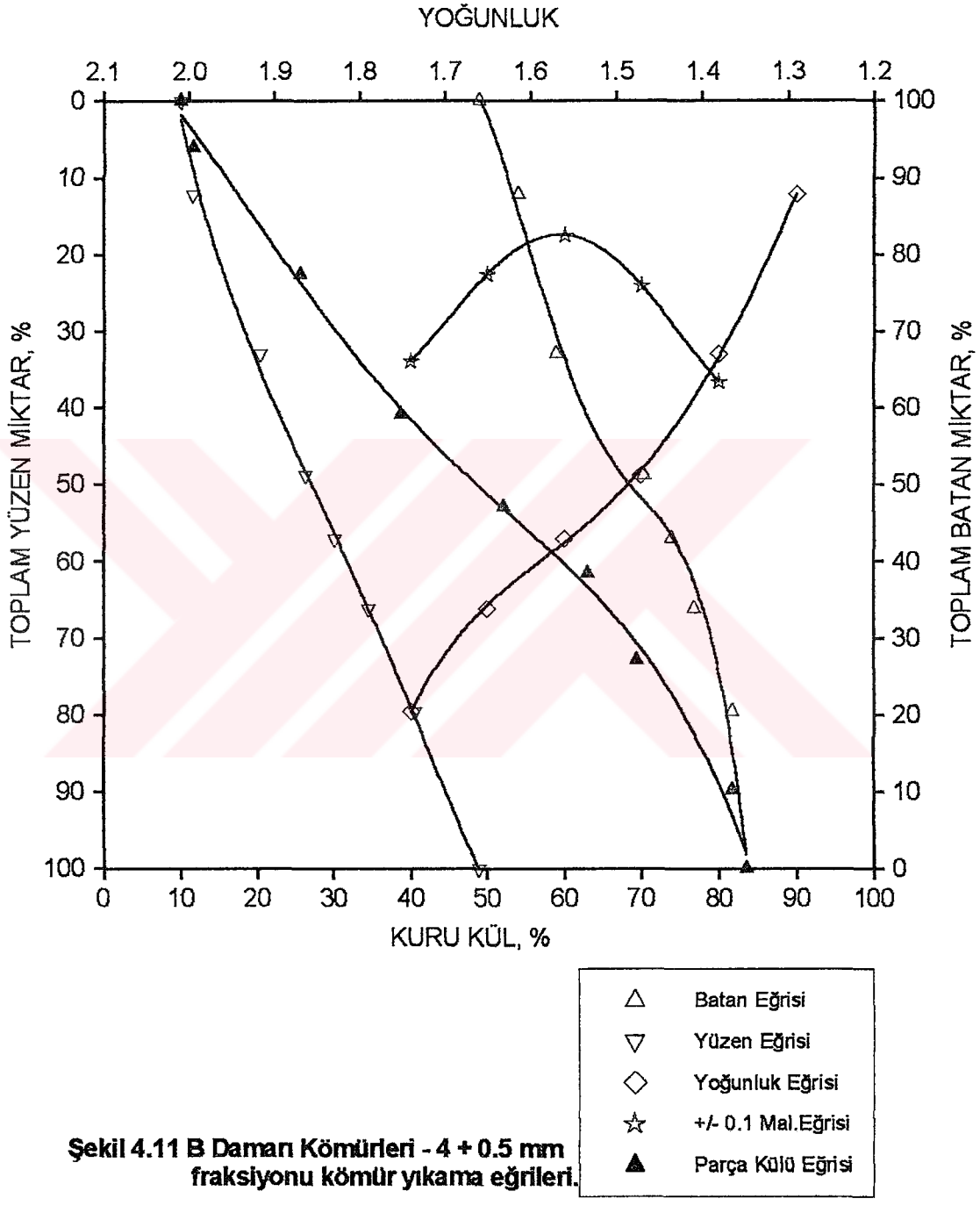
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	13.27	10.97	1.82	3475	13.27	10.97	3475	100.00	47.43	1.3	-
+1.30-1.40	30.44	27.46	1.95	2749	43.71	22.45	2969	86.73	53.01	1.4	42.72
+1.40-1.50	12.28	45.13	2.33	2453	55.99	27.43	2856	56.29	66.83	1.5	22.90
+1.50-1.60	10.62	58.19	2.45	1412	66.61	32.33	2626	44.01	72.89	1.6	18.87
+1.60-1.70	8.25	66.46	2.15	1025	74.86	36.09	2449	33.39	77.56	1.7	15.52
+1.70-1.80	7.67	75.98	2.03	712	82.53	39.80	2288	25.14	81.21	1.8	25.14
+1.8	17.47	83.50	3.08	-	100.00	47.43	1889	17.47	8350		
TOPLAM	100.00	47.43	2.24	1889	-	-	-	-	-		



Şekil 4.10 B Damarı Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.11 B damarı kömürleri -4 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

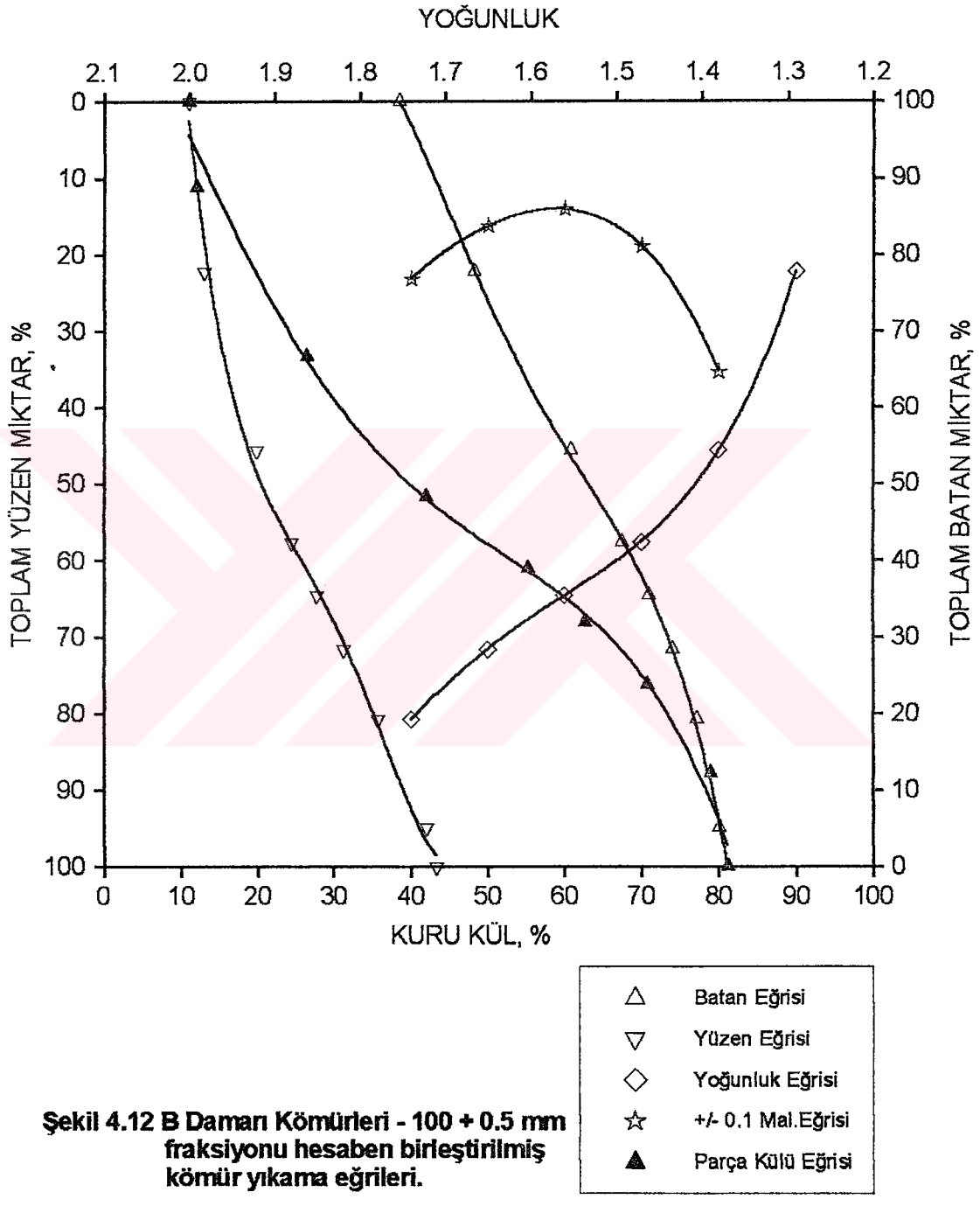
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	12.16	11.55	1.56	3412	12.16	11.55	3412	100.00	48.86	1.3	-
+1.30-1.40	20.81	25.52	1.59	2797	32.97	20.37	3024	87.84	54.06	1.4	36.52
+1.40-1.50	15.71	38.68	1.87	2414	48.68	26.28	2827	75.01	58.94	1.5	24.00
+1.50-1.60	8.29	52.10	2.05	1531	56.97	30.04	2638	51.32	70.34	1.6	17.44
+1.60-1.70	9.15	63.05	1.99	1052	66.12	34.60	2419	43.03	73.85	1.7	22.60
+1.70-1.80	13.45	69.42	2.09	749	79.57	40.49	2136	33.88	76.77	1.8	33.88
+1.8	20.43	81.61	2.46	-	100.00	48.89	1705	20.43	81.61		
TOPLAM	100.00	48.89	1.95	1705	-	-	-	-	-		



Şekil 4.11 B Damarı Kömürleri - 4 + 0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.12 B damarı kömürleri -100 + 05 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	22.21	12.92	1.75	3579	22.21	12.92	3579	94.86	42.12	1.3	-
+1.30-1.40	23.42	26.39	1.82	2924	45.63	19.83	3243	72.65	51.05	1.4	35.37
+1.40-1.50	11.95	42.01	1.93	2274	57.58	24.43	3042	49.23	62.78	1.5	18.89
+1.50-1.60	6.94	55.29	2.16	1555	64.52	27.75	2882	37.28	69.44	1.6	14.10
+1.60-1.70	7.16	62.74	2.07	1178	71.68	31.25	2712	30.34	72.67	1.7	16.26
+1.70-1.80	9.10	70.66	2.15	812	80.78	35.69	2498	23.18	75.74	1.8	23.18
+1.8	14.08	79.02	2.52	-	94.86	42.12	-	14.08	79.02		
ŞLAM -0.5 mm	5.14	64.75	1.86	1043	100.00	43.29	2113	-	-		
TOPLAM	100.00	43.29	1.99	2113	-	-	-	-	-		



Şekil 4.12 B Damarı Kömürleri - 100 + 0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri.

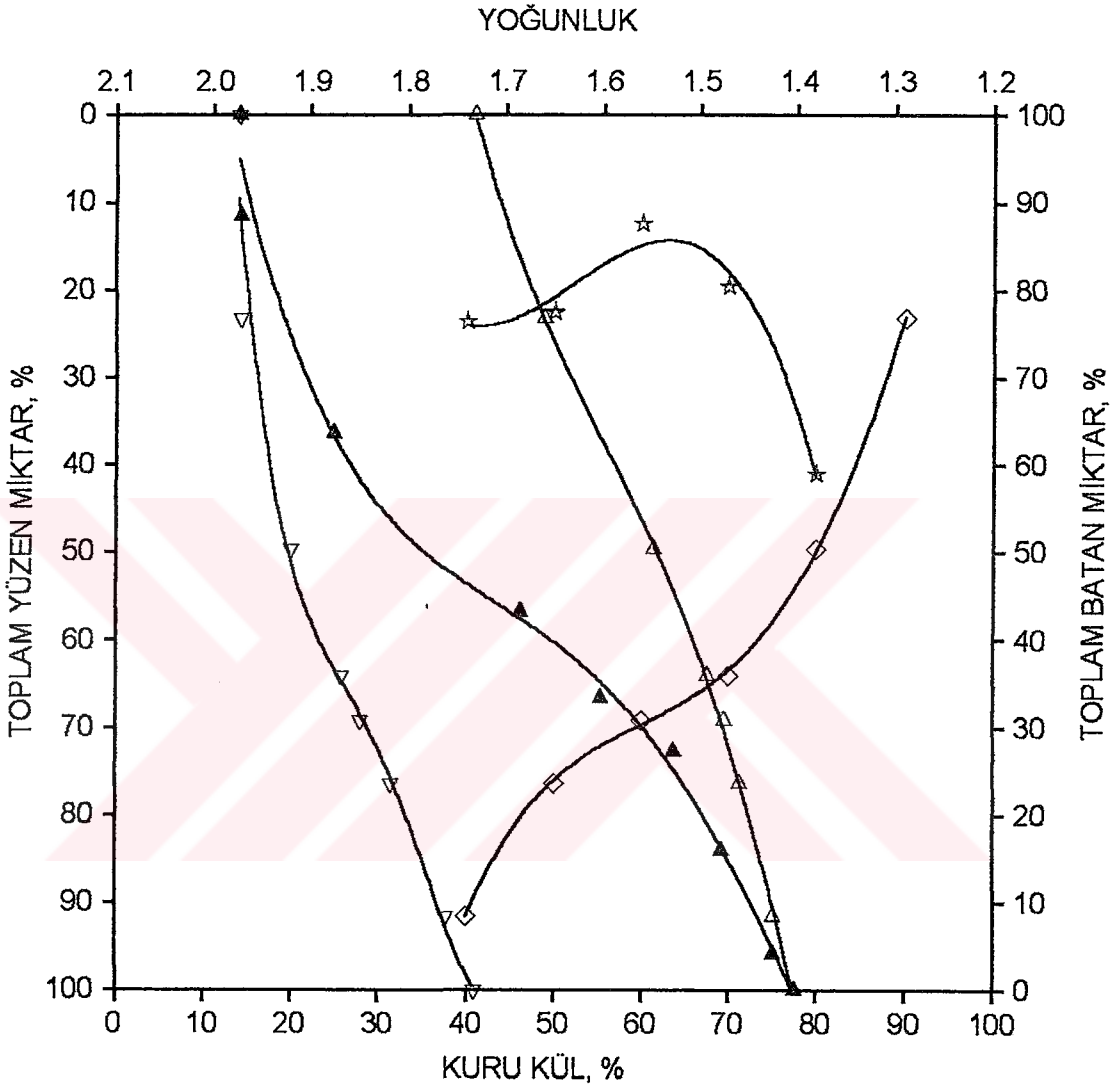
4.1.3 Dragline panosu kömürleri yüzdürme - batırma deneyi sonuçları

Dragline panosu kömürlerinin yıkanabilirlik özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan yüzdürme - batırma deneyleri sonuçları Çizelge 4.13; 4.14; 4.15; 4.16 ve 4.17'de tablolar halinde verilmiştir. Kömür yıkama eğrileride Şekil 4.13; 4.14; 4.15; 4.16 ve 4.17'de gösterilmiştir.

Hesaben birleştirilerek elde edilen -100+0.5 mm boyutu yüzdürme - batırma tablosu Çizelge 4.18'de, kömür yıkama eğrileride Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Dragline panosu kömürleri -100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

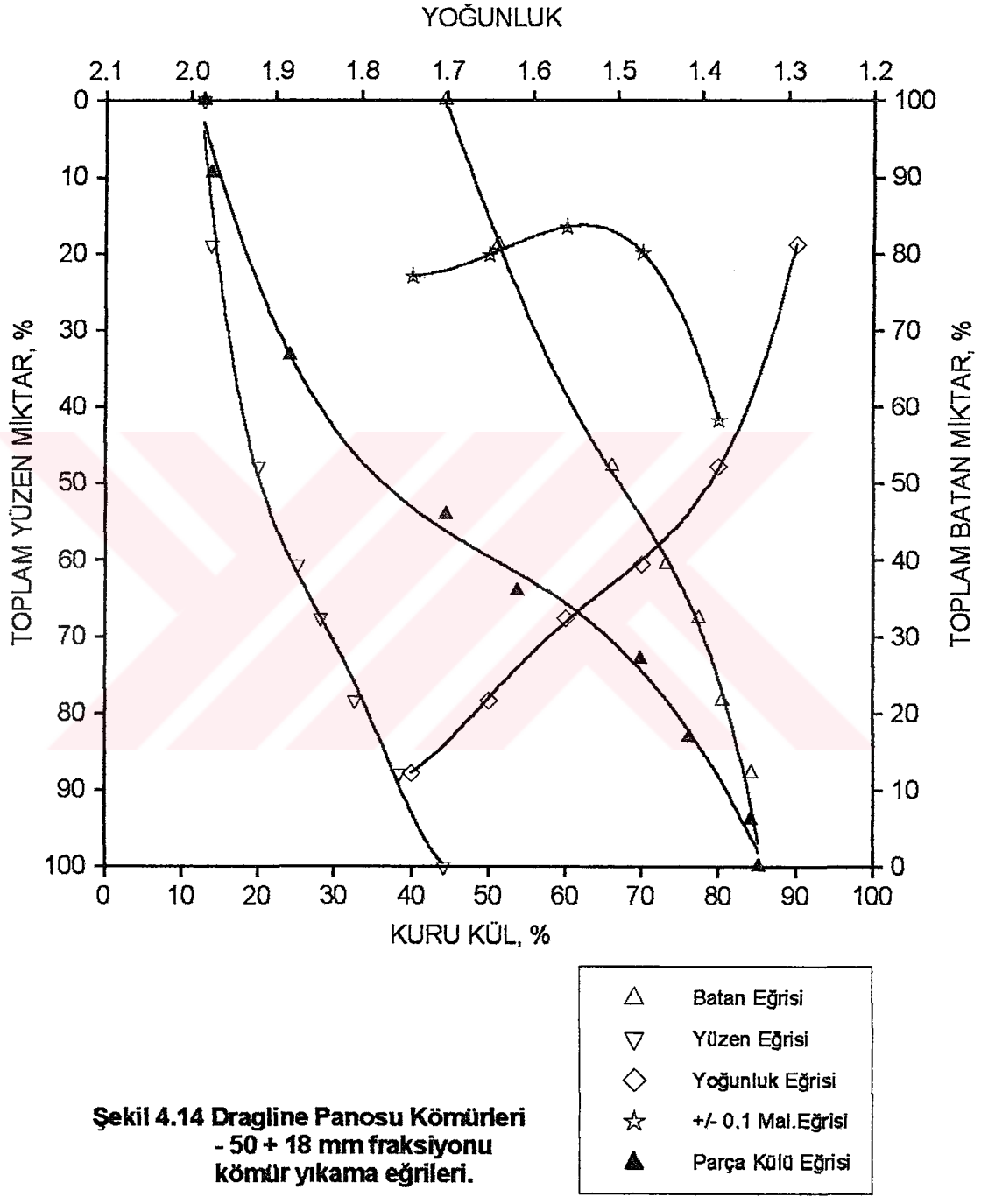
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	A I D Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	23.16	14.29	2.55	3324	23.16	14.29	3324	100.00	40.83	1.3	-
+1.30-1.40	26.41	24.85	2.28	3180	49.57	19.92	3247	76.84	48.83	1.4	40.89
+1.40-1.50	14.48	46.12	2.81	1907	64.05	25.84	2944	50.43	61.39	1.5	19.58
+1.50-1.60	5.10	55.45	2.73	1420	69.15	28.02	2832	35.95	67.54	1.6	12.36
+1.60-1.70	7.26	63.74	2.80	1015	76.41	31.42	2659	30.85	69.53	1.7	22.44
+1.70-1.80	15.18	69.19	2.97	735	91.59	37.68	2340	23.59	71.32	1.8	23.59
+1.8	8.41	75.16	2.82	-	100.00	40.83	2165	8.41	75.16		
TOPLAM	100.00	40.83	2.63	2165	-	-	-	-	-		



Şekil 4.13 Dragline Panosu Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.14 Dragline panosu kömürleri -50 + 18 mm fraksiyon yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

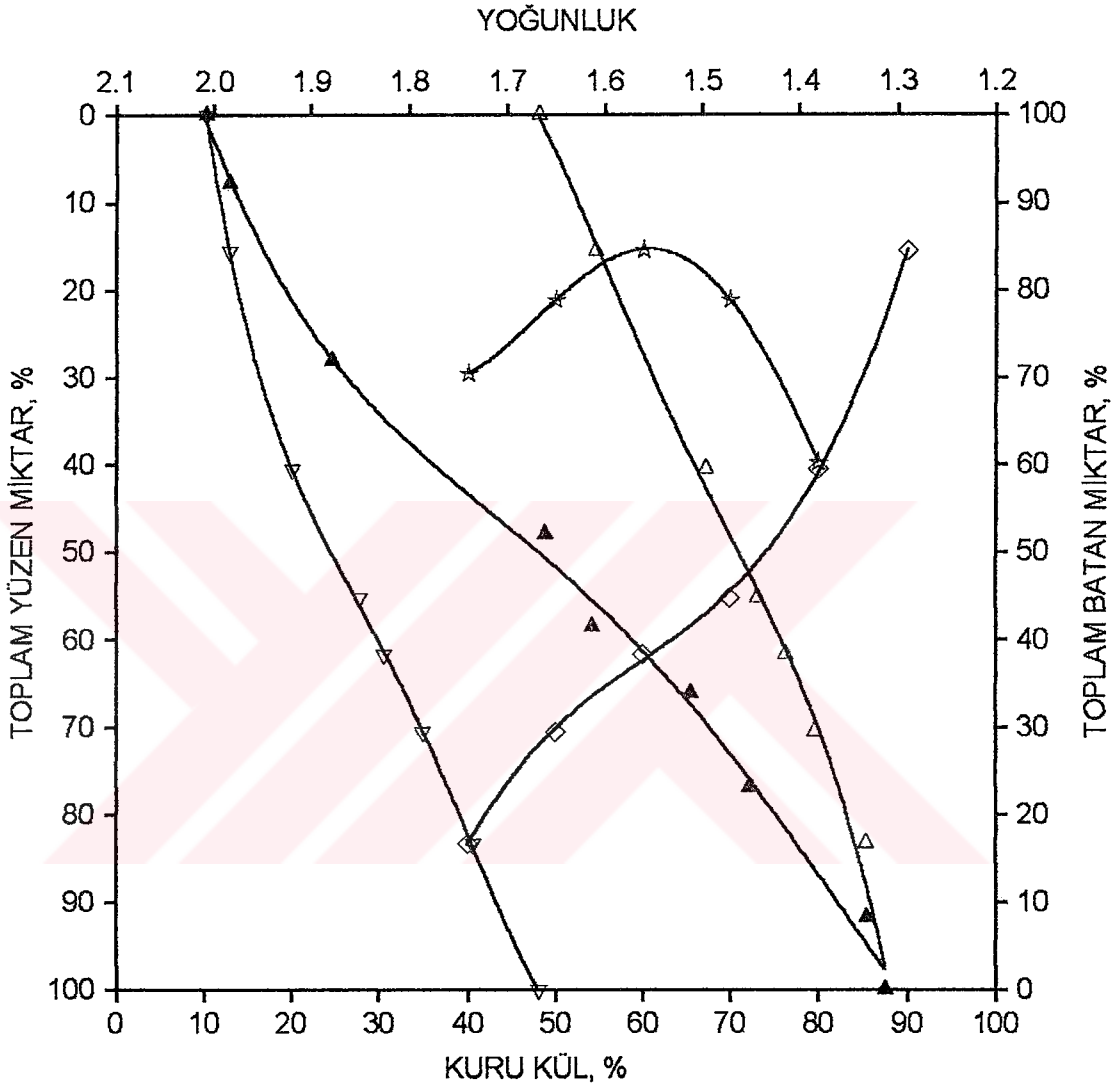
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	18.83	13.75	2.03	3342	18.83	13.75	3342	100.00	44.12	1.3	-
+1.30-1.40	28.91	24.15	2.65	3065	47.74	20.05	3192	81.17	51.17	1.4	41.67
+1.40-1.50	12.76	44.36	2.71	1930	60.50	25.17	2912	52.26	66.11	1.5	19.87
+1.50-1.60	7.11	53.71	2.93	1503	67.61	28.18	2764	39.50	73.14	1.6	16.50
+1.60-1.70	9.36	69.85	3.42	820	78.36	32.68	2483	32.39	77.41	1.7	20.14
+1.70-1.80	10.75	76.21	3.84	610	87.75	38.52	2290	23.00	80.49	1.8	22.97
+1.8	12.25	84.25	4.35	-	100.00	44.12	2069	12.25	84.25		
TOPLAM	100.00	44.12	2.97	2069	-	-	-	-	-		



Şekil 4.14 Dragline Panosu Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.15 Dragline panosu kömürleri -18 + 10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

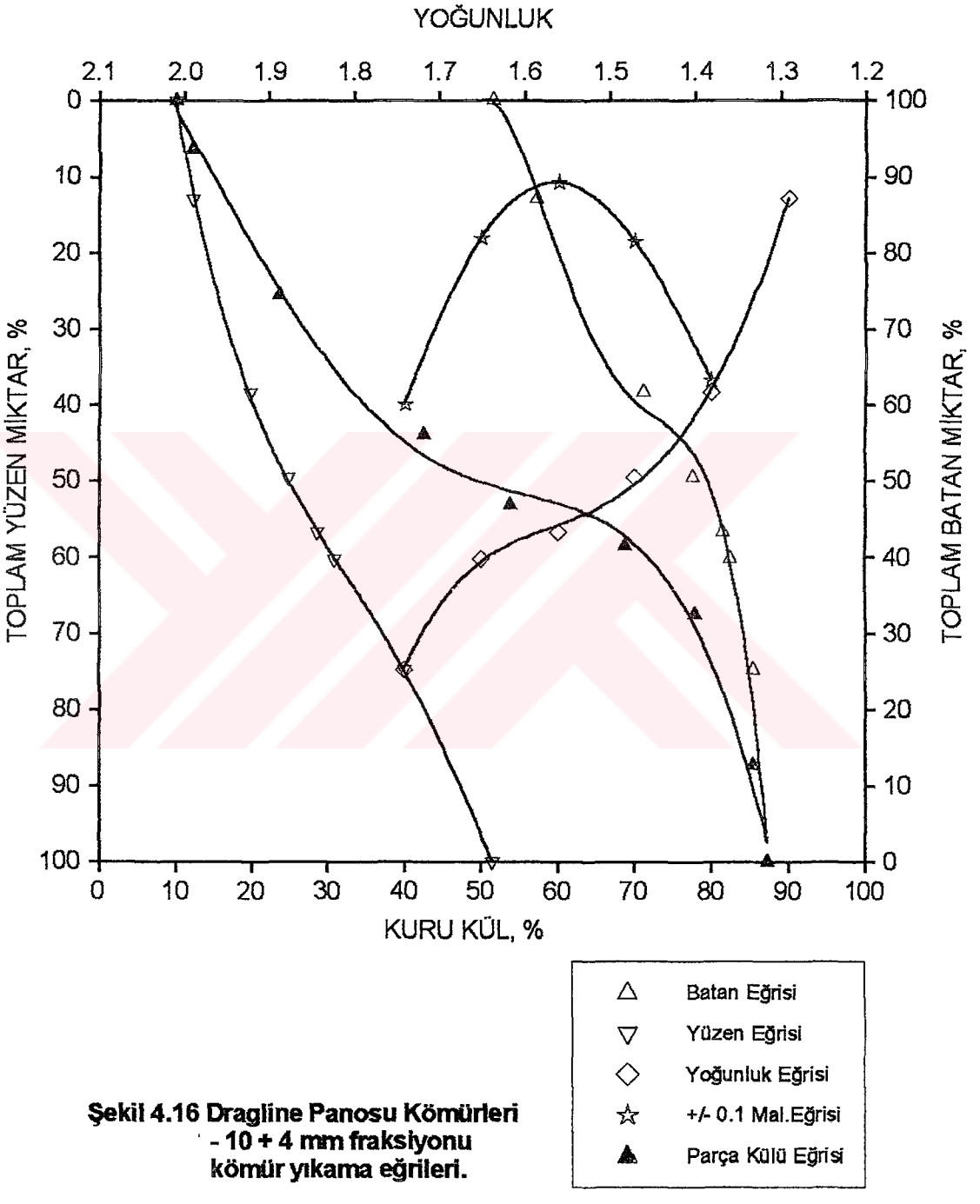
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	15.49	12.85	2.24	3402	15.49	12.85	3402	100.00	48.09	1.3	-
+1.30-1.40	25.03	24.61	2.97	2985	40.52	20.11	3144	84.51	54.54	1.4	39.70
+1.40-1.50	14.67	48.79	2.83	1816	55.19	27.74	2791	59.48	67.14	1.5	21.16
+1.50-1.60	6.49	54.21	3.27	1471	61.68	30.52	2661	44.81	73.15	1.6	15.35
+1.60-1.70	8.86	65.42	3.19	1004	70.54	34.91	2445	38.32	76.36	1.7	21.61
+1.70-1.80	12.75	72.14	3.34	790	8329	40.61	2192	29.46	79.64	1.8	29.46
+1.8	16.71	85.37	4.33	-	100.00	48.09	1873	16.71	85.37		
TOPLAM	100.00	48.09	3.15	1873	-	-	-	-	-		



Şekil 4.15 Dragline Panosu Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.16 Dragline panısu kömürleri -10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

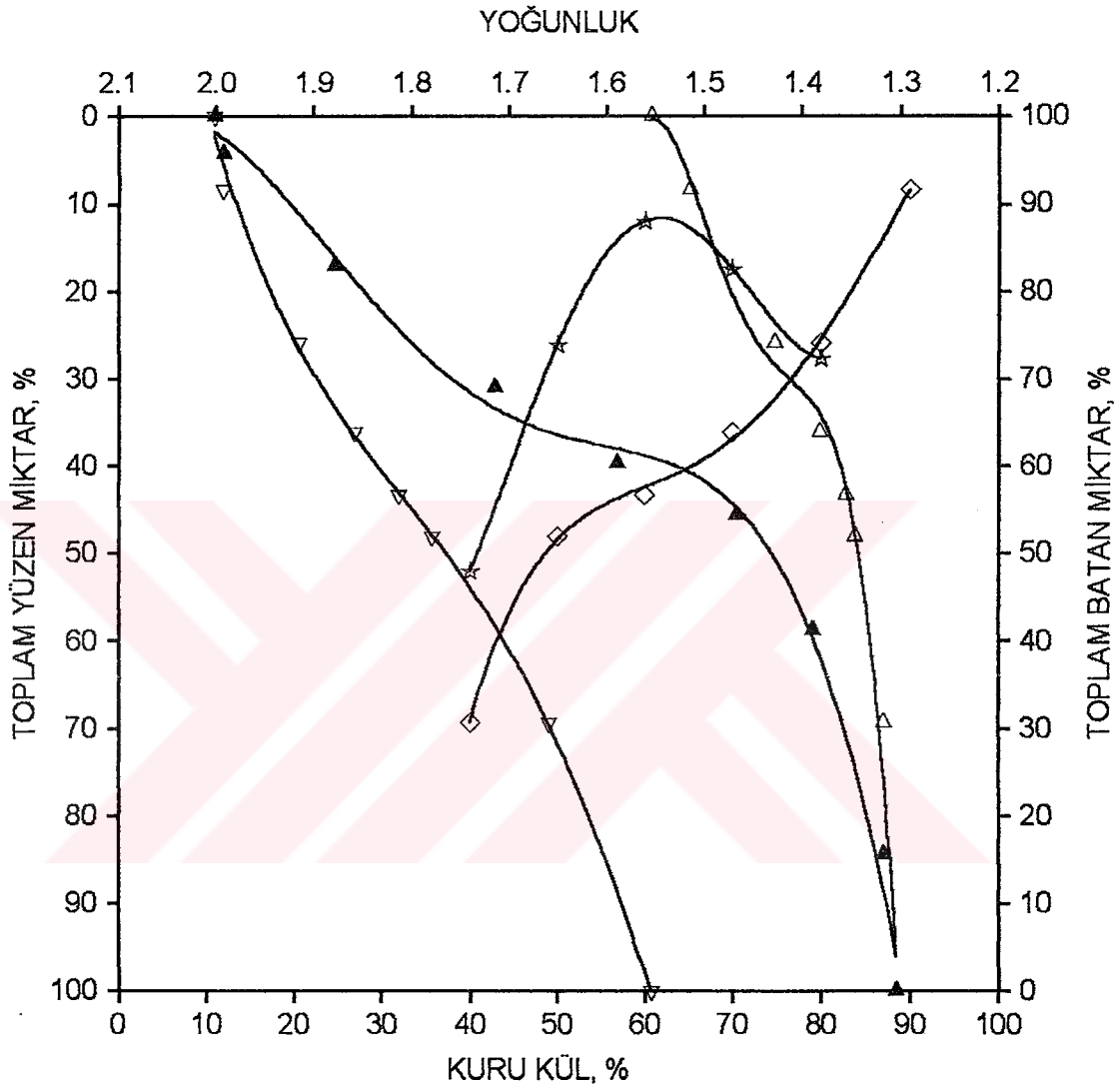
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	A I D Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	12.80	12.18	2.05	3420	12.80	12.18	3420	100.00	51.47	1.3	-
+1.30-1.40	25.42	23.47	2.24	2903	38.22	19.69	3076	87.20	57.24	1.4	36.68
+1.40-1.50	11.26	42.45	2.93	2041	49.48	24.87	2841	61.78	71.13	1.5	18.47
+1.50-1.60	7.21	53.82	3.21	1509	56.69	28.55	2671	50.52	77.52	1.6	10.70
+1.60-1.70	3.49	68.79	3.18	840	60.18	30.88	2565	43.31	81.47	1.7	18.05
+1.70-1.80	14.56	77.74	2.99	730	74.74	40.01	2207	39.82	82.58	1.8	39.82
+1.8	25.26	85.37	3.60	-	100.00	51.47	1654	25.26	85.37		
TOPLAM	100.00	51.47	2.85	1654	-	-	-	-	-		



Şekil 4.16 Dragline Panosu Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.17 Dragline panosu kömürleri -4 + 0.5 mm faksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

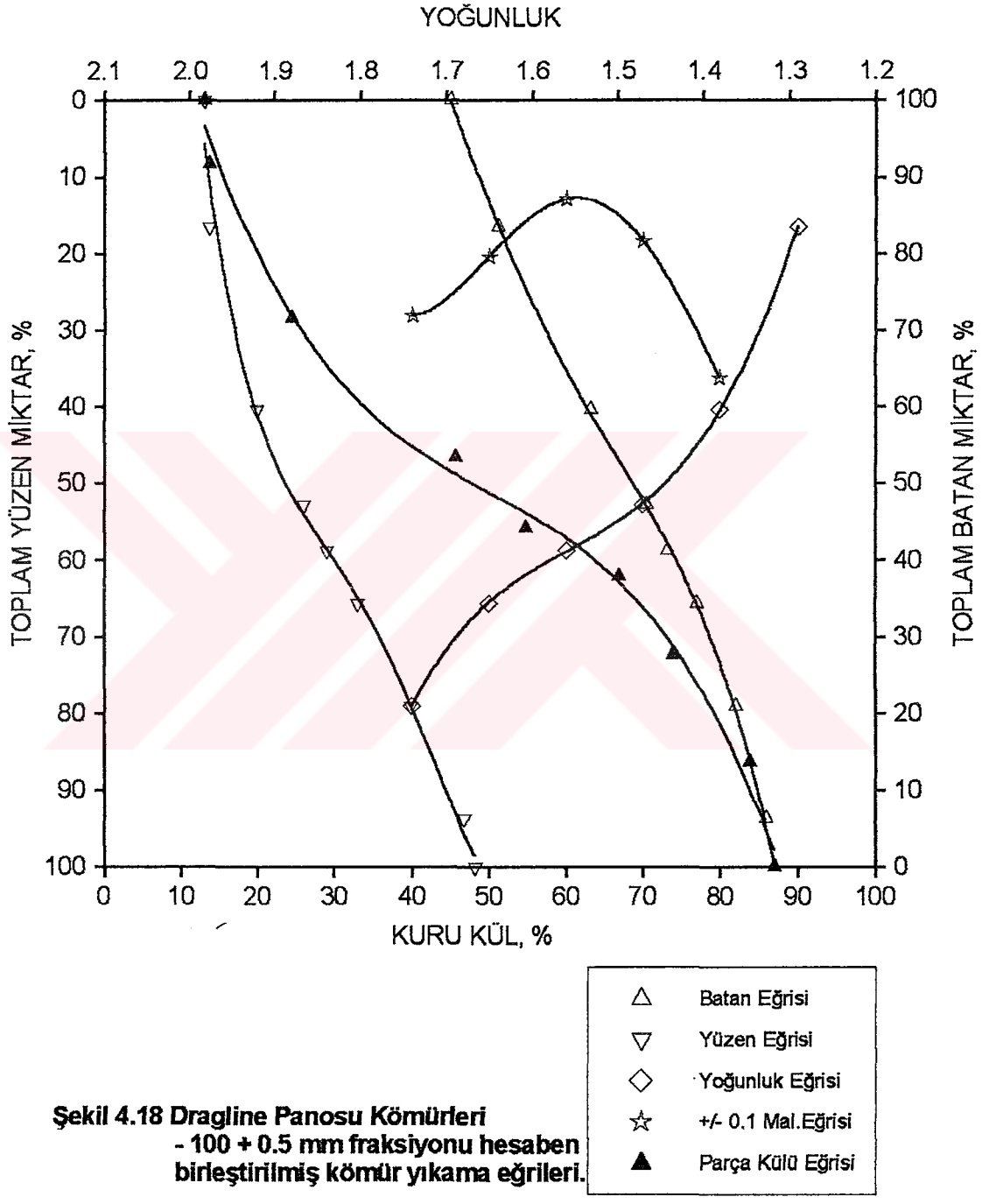
Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	8.32	11.96	1.59	3215	8.32	11.96	3215	100.00	60.71	1.3	-
+1.30-1.40	17.50	24.61	1.96	2612	25.82	20.53	2806	91.68	65.13	1.4	27.71
+1.40-1.50	10.21	42.79	1.88	1841	36.03	26.84	2533	74.18	74.69	1.5	17.44
+1.50-1.60	7.23	56.88	2.77	1210	43.26	31.86	2312	63.97	79.79	1.6	11.95
+1.60-1.70	4.72	70.43	2.75	650	47.98	35.66	2148	56.74	82.71	1.7	26.10
+1.70-1.80	21.38	79.16	2.83	290	69.36	49.07	1575	52.02	83.82	1.8	52.02
+1.8	30.64	87.07	2.96	-	100.00	60.71	1095	30.64	87.07		
TOPLAM	100.00	60.71	2.51	1095	-	-	-	-	-		



Şekil 4.17 Dragline Panosu Kömürleri -4 + 0.5 mm fraksiyonu kömür yıkama eğrileri.

Çizelge 4.18 Dragline panosu kömürleri -100 + 0.5 mm boyutu hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları .

Yoğunluk (gr/cm3)	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg.	Toplam Yüzen			Toplam Batan		+/- 0.1 gr/cm3 Yoğ.Mal.Miktarı	
					% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Σ AID	% Σ Mik.	% Σ K.Kül	Yoğunluk	Miktar
-1.3	16.49	13.60	2.26	3342	16.49	13.60	3342	93.66	46.73	1.3	-
+1.30-1.40	23.90	24.44	2.48	3031	40.39	20.01	3158	77.17	53.81	1.4	36.25
+1.40-1.50	12.35	45.59	2.71	1898	52.74	26.00	2863	53.27	66.99	1.5	18.32
+1.50-1.60	5.97	54.74	2.96	1433	58.71	28.93	2717	40.92	73.44	1.6	12.90
+1.60-1.70	6.93	66.91	3.11	910	65.64	32.94	2527	34.95	76.64	1.7	20.35
+1.70-1.80	13.42	73.86	3.17	633	79.06	39.88	2205	28.02	79.04	1.8	28.02
+1.8	14.60	83.81	3.60	-	93.66	46.73	-	14.60	83.81		
ŞLAM -0.5 mm	6.34	69.16	2.88	978	100.00	48.15	1835	-	-		
TOPLAM	100.00	48.15	2.83	1835	-	-	-	-	-		



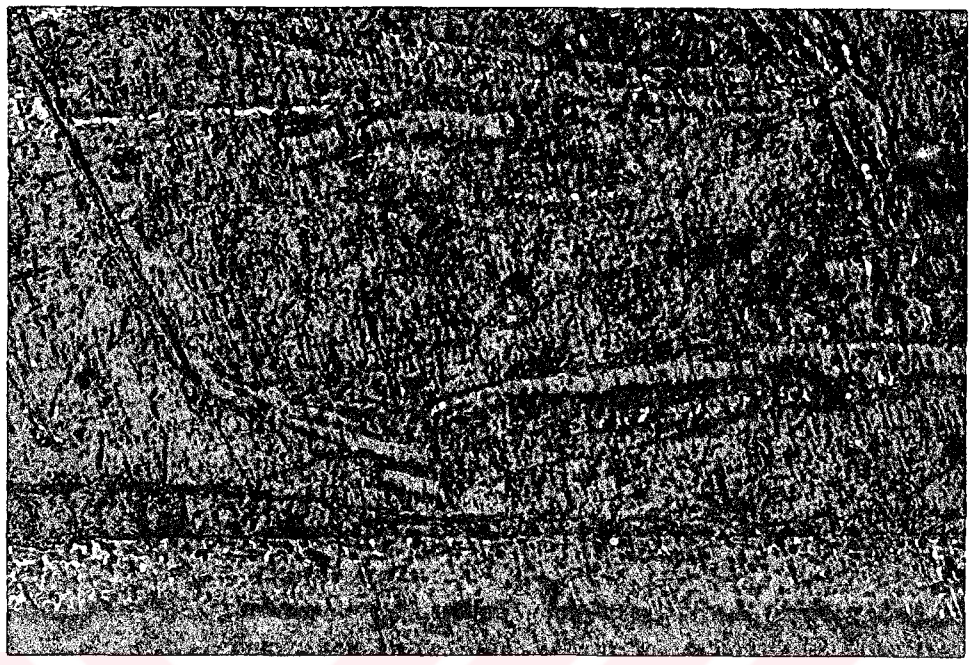
Şekil 4.18 Dragline Panosu Kömürleri - 100 + 0.5 mm fraksiyonu hesaben birleştirilmiş kömür yıkama eğrileri.

4.2 Mikroskobik Çalışmalar

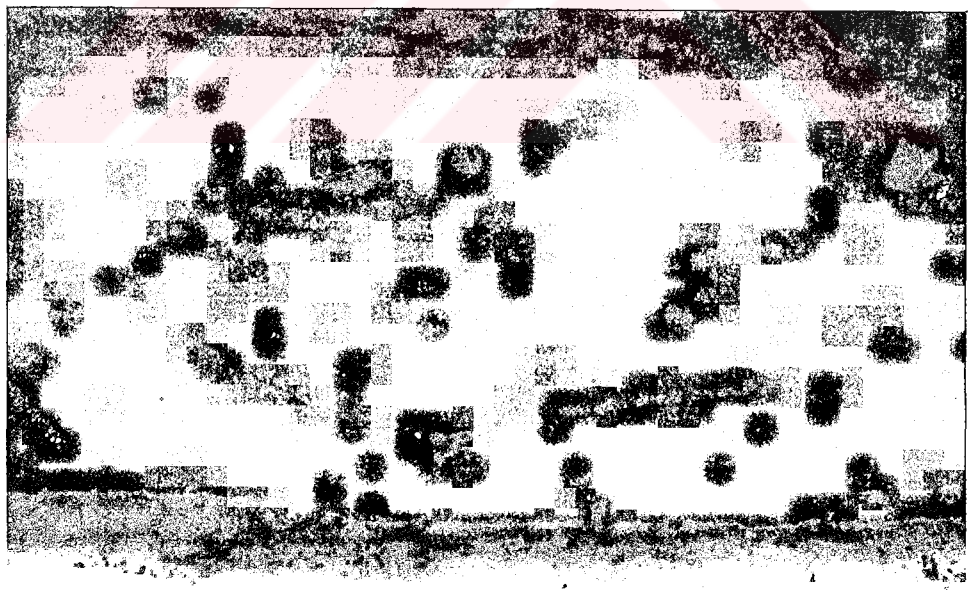
Bölüm 3.3.2 de açıklandığı şekilde hazırlanan parlatma blokları polarizan mikroskopta incelenerek kömürlerin petrografik ve mineralojik yapısı araştırılmıştır. A damarı kömürleri için hazırlanan numunelerden çekilen fotoğraflar Şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. Fotoğraflarda bantlı kömür ve kalsit, kil yapısı görülmektedir . Ayrıca kömürleşmemiş bitki artıklarıda iğnemsi yapıda net olarak görülebilmektedir.

B damarı için çekilen fotoğraflarda Şekil 4.21 ve 4.22'de verilmiştir. Burada da kil ve kalsitten oluşan çimento matriksinin içerisinde çok ince dağılımlı kömür ve pirit tanecikleri görülmektedir.

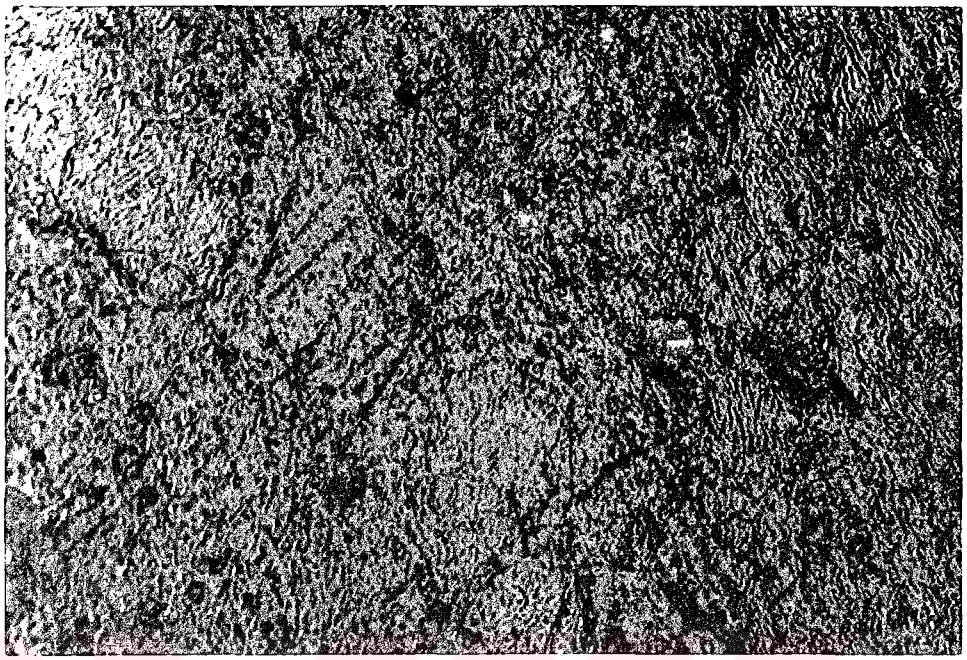
Dragline panosu kömürleri için çekilen fotoğraflar Şekil 4.23; 4.24 ve 4.25'te verilmiştir. Fotoğraflarda, yer yer kil, kömür bantlı yapısı, yer yer de kil, kalsit çimento matrisi içerisinde ince dağılımlı kömür taneleri görülmektedir. Ayrıca mineralojik yapı içerisinde ince pirit tanecikleride dissemine halde dağılmışlardır.



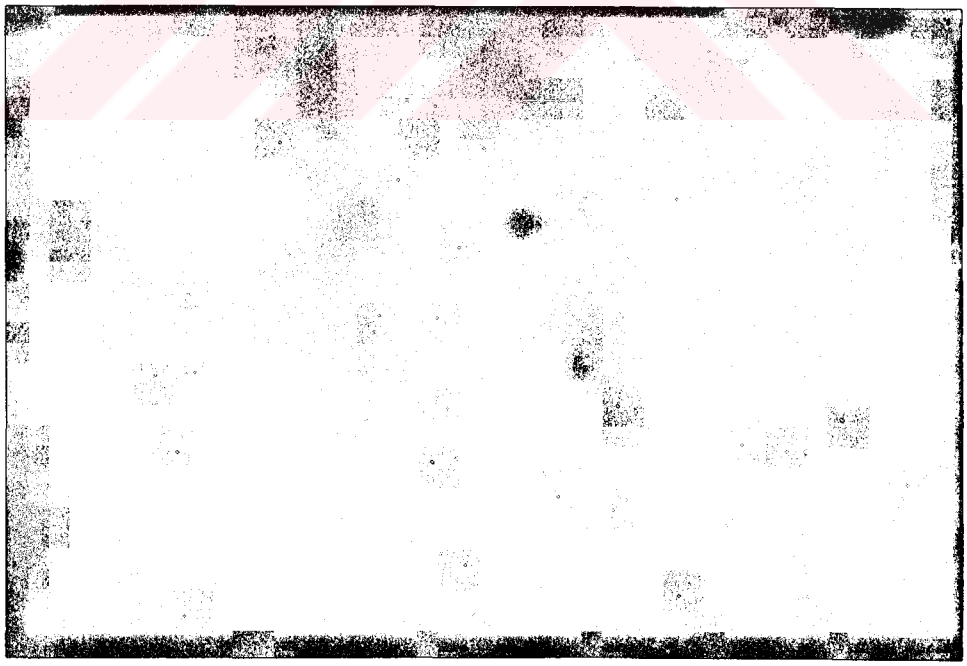
Şekil 4.19 A damarı kömürleri tek nikolde kil, kalsit ve kömür bantları (1 cm = 9.73 mikron)



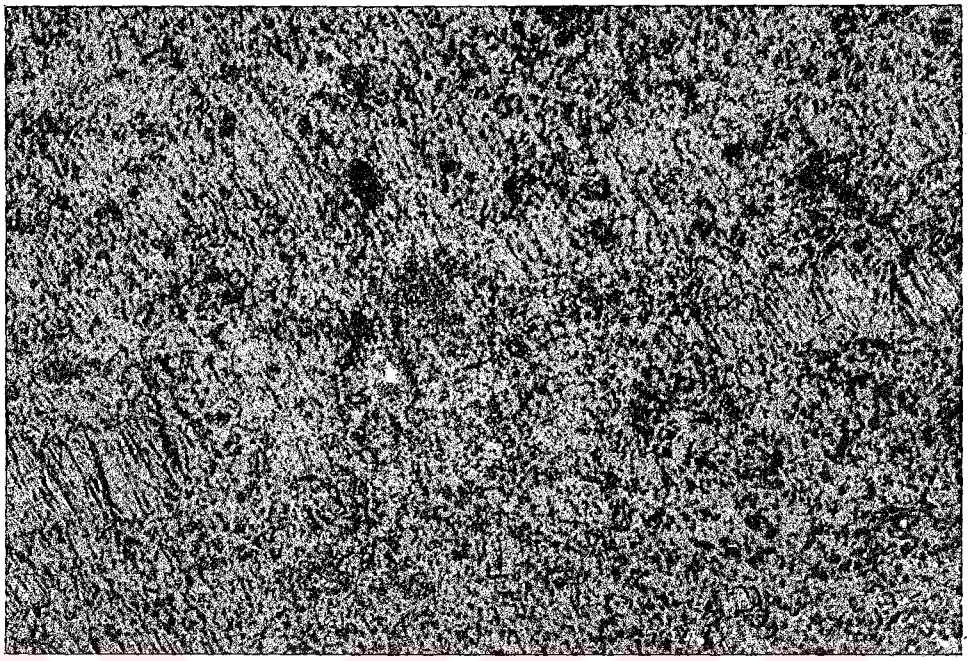
Şekil 4.20 A damarı kömürleri çift nikolde kil, kalsit ve kömür bantları (1 cm = 9.73 mikron)



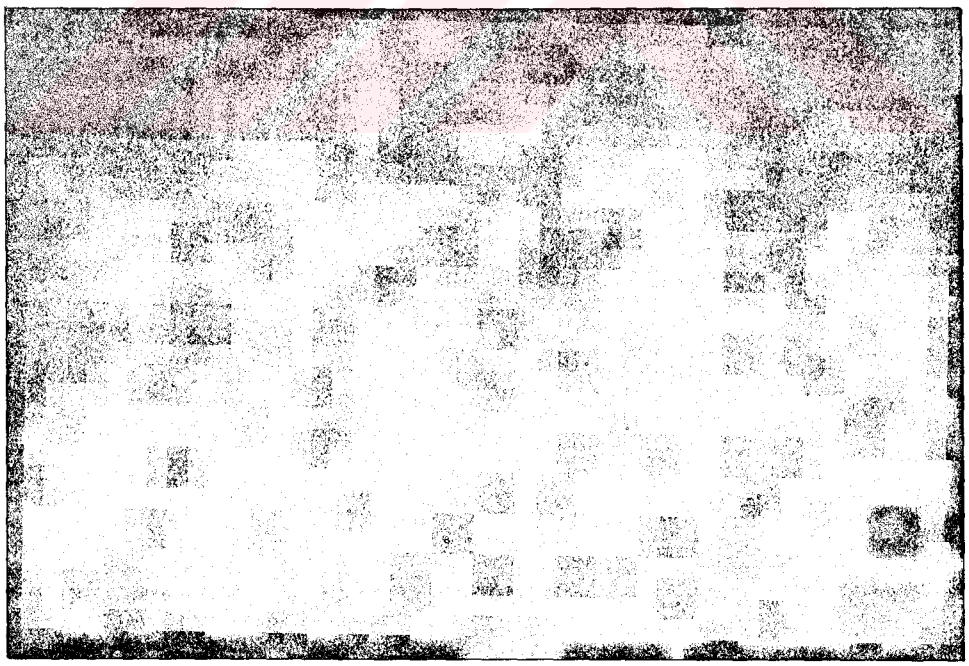
Şekil 4.21 B damarı kömürleri tek nikolde kil, kalsit ve kömür dağılımı (1 cm = 9.73 mikron)



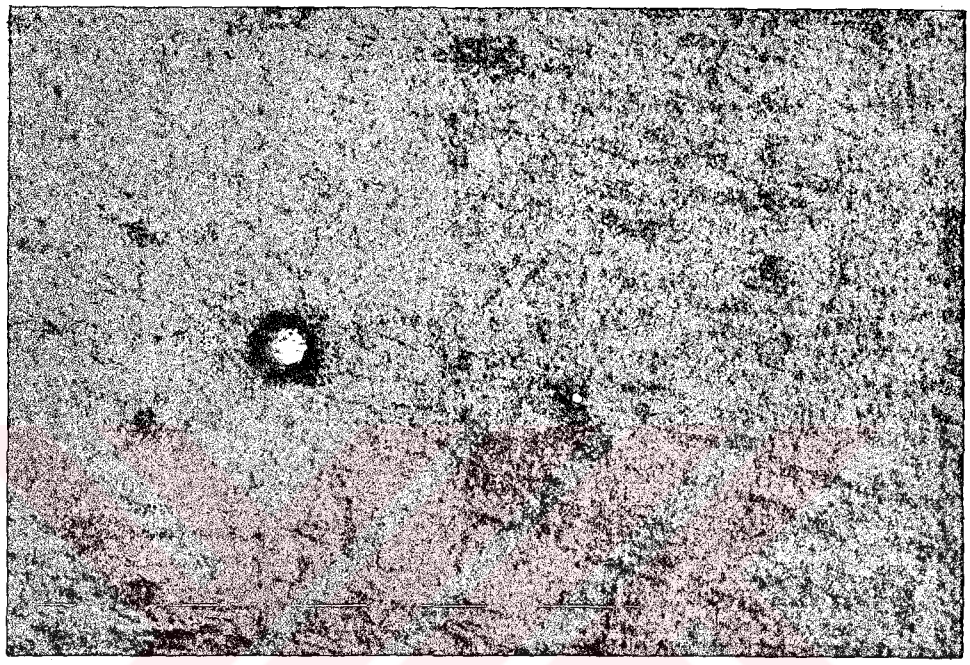
Şekil 4.22 B damarı kömürleri çift nikolde kil, kalsit ve kömür dağılımı (1 cm = 9.73 mikron)



Şekil 4.23 Dragline panosu kömürleri tek nikolde kil, kalsit kömür ve pirit dağılımı (1 cm = 9.73 mikron)



Şekil 4.24 Dragline panosu kömürleri çift nikolde kil, kalsit kömür ve pirit dağılımı (1 cm = 9.73 mikron)



Şekil4.25 Dragline panosu kömürleri içerisinde tek nikolde pirit tanecikleri (1 cm = 4.86 mikron)

4.3 Kömürlerin Açık Havada Dağılabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Seyitömer kömürlerinin açık havada dağılabilirlik özelliklerinin tesbit edilmesi için USBM tarafından geliştirilmiş bir seri ıslatma, kurutma ve eleme deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar her üç kömür damarı içinde Çizelge 4.19'da verilmiştir. Deneylerde:

Numune boyutu	: -32+26.9 mm
Kurutma sıcaklığı	: 35°C
Kurutma Süresi	: 24 saat
Islatma süresi	: 60 dakika
Elemedeki elek açıklığı ve süresi	: 6.73 mm , 1 dakika

olarak uygulanmıştır.

A damarı kömürleri için 1. açık havada dağılabilirlik indeksi düzeltme faktöründen sonra ortalama %83 olurken 5. elemenin sonunda açık havada dağılabilirliği %100 olarak gerçekleşmiştir.

B damarı kömürleri için 1. açık havada dağılabilirlik indeksi düzeltme faktöründen sonra ortalama %70.2 olurken 6. elemenin sonunda indeks kümülatif %93.5 olarak bulunmuştur.

Dragline panosu kömürleri için 1. açık havada dağılabilirlik indeksi düzeltme faktöründen sonra ortalama %75.7 olurken 6. elemenin sonunda ortalama indeks %100 olarak gerçekleşmiştir.

Üç ayrı kömür damarı için yapılan 4'er deneyde elde edilen sonuçların standart sapma ve değişim katsayılarıda Çizelge 4.20' de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Seyitömer kömürleri açık havada dağılabilirlik endeksleri.

Num.	Deney Sayısı	Rut. %	Düz. Fak. %	Dağılma Endeksleri % (6/73 mm) Kümülatif Elek Altı					
				1.ele.	2.ele.	3.ele.	4.ele.	5.ele.	6.ele.
A Dam. Köm.	1.deney	36.43	1.9	82.6	91.7	97.1	100	-	-
	2.deney	36.43	2.4	85.1	92.4	97.6	100	-	-
	3.deney	36.43	2.3	84.0	90.2	94.3	98.3	100	-
	4.deney	36.43	2.2	80.3	87.7	94.2	97.3	100	-
	ortalama	36.43	2.2	83.0	90.5	95.8	98.9	100	-
B Dam. Köm.	1.deney	33.20	0.1	70.3	78.6	82.0	85.8	89.9	92.6
	2.deney	33.20	0.5	68.3	77.1	80.4	85.7	87.6	91.4
	3.deney	33.20	0.4	71.1	80.2	80.9	87.2	92.4	94.9
	4.deney	33.20	0.2	70.9	77.7	81.9	88.1	92.5	95.1
	ortalama	33.20	0.3	70.2	78.4	81.3	86.7	90.6	93.5
Drag. Pan. Köm.	1.deney	34.55	1.7	73.6	86.9	89.7	92.9	96.9	100
	2.deney	34.55	1.1	78.4	89.9	93.1	97.2	100.0	-
	3.deney	34.55	1.5	79.2	91.5	94.7	97.5	100.0	-
	4.deney	34.55	1.3	71.6	85.2	88.9	91.6	95.5	100
	ortalama	34.55	1.4	75.7	88.3	91.6	94.8	98.1	100

Çizelge 4.20 Çizelge 4.19'da verilen Seyitömer kömürleri açık havada dağılabilirlik endeksleri standart sapma ve değişim katsayıları

Numune		Standart Sapma ve Değişim Katsayıları					
		1.eleme	2.eleme	3.eleme	4.eleme	5.eleme	6.eleme
A Damarı Kömürleri	S. S.	1.79	1.80	1.56	1.16	0	0
	D. K.	2.16	1.99	1.63	1.17	0	0
B Damarı Kömürleri	S. S.	1.02	1.17	0.68	1.00	2.02	1.56
	D. K.	1.46	1.49	0.83	1.16	2.23	1.67
Dragline Panosu Kömürleri	S. S.	3.19	2.42	2.39	2.59	1.96	0
	D. K.	4.22	2.75	2.60	2.74	2.00	0

4.4 Otisca Prosesi İle Yapılan Zenginleştirme Deneyleri Sonuçları

Otisca prosesi ile yapılan zenginleştirme deneylerinde prosese etki eden değişkenler denenerek en uygun koşullar belirlenmiştir.

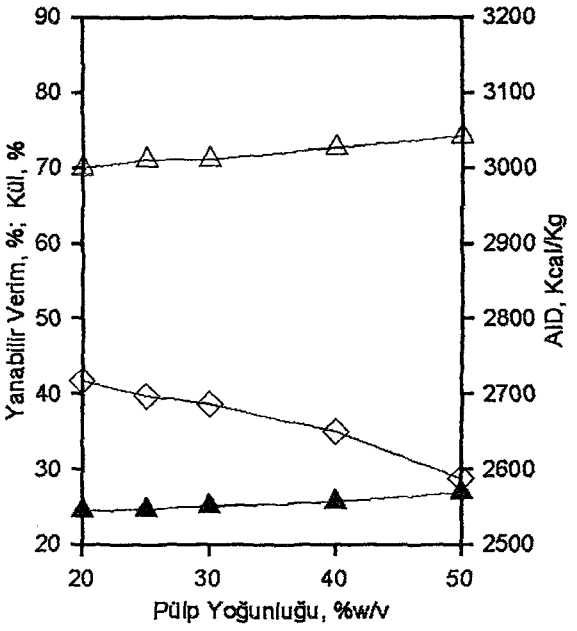
4.4.1 Pülp yoğunluğunun etkisi

Otisca prosesinde pülp yoğunluğundaki değişimin etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları :

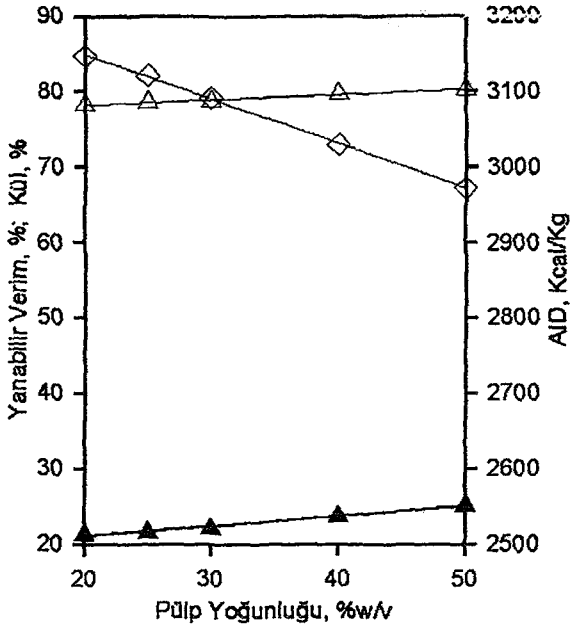
Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: %20; 25; 30; 40; 50
Numune yüzey rutubeti	: 0 (Havada Kuru Kömür)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3, 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

Otisca prosesinde pülp yoğunluğundaki değişimin etkileri A damarı kömürleri için Çizelge 4.21, B damarı kömürleri için Çizelge 4.22 ve Dragline panosu kömürleri için Çizelge 4.23'te Ek 1'de verilmektedir. Ayrıca sonuçlar Şekil 4.26'da grafik olarakta verilmiştir.

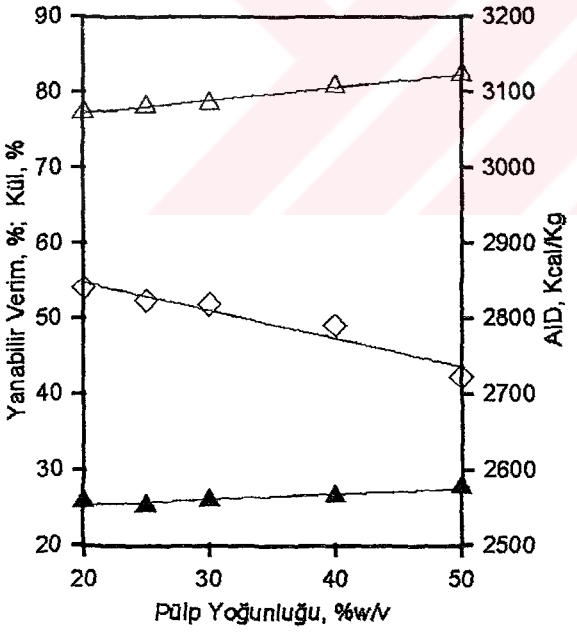
Çizelgelerden görüleceği üzere her üç kömür damarı içinde %25 pülp yoğunluğunda en uygun sonuçlar elde edilmiştir.



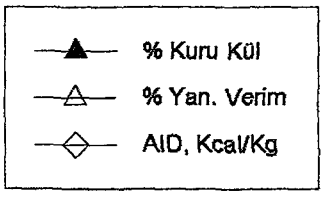
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



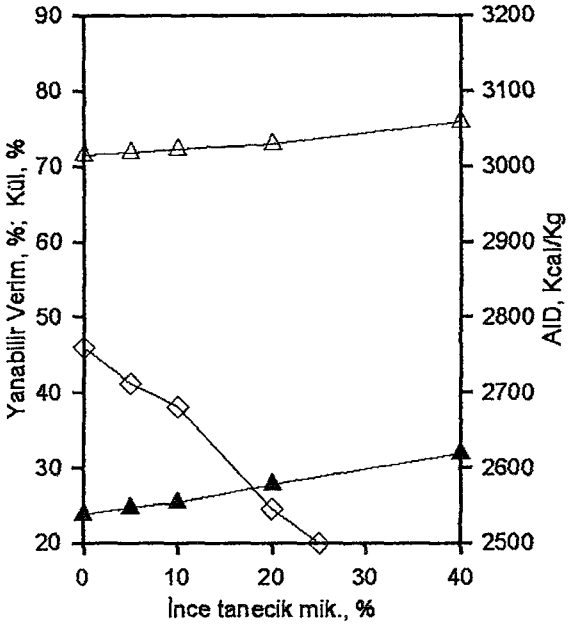
Şekil 4.26 Pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi

4.4.2 Besleme içerisindeki ince (- 0.5 mm) tanecik miktarının etkisi

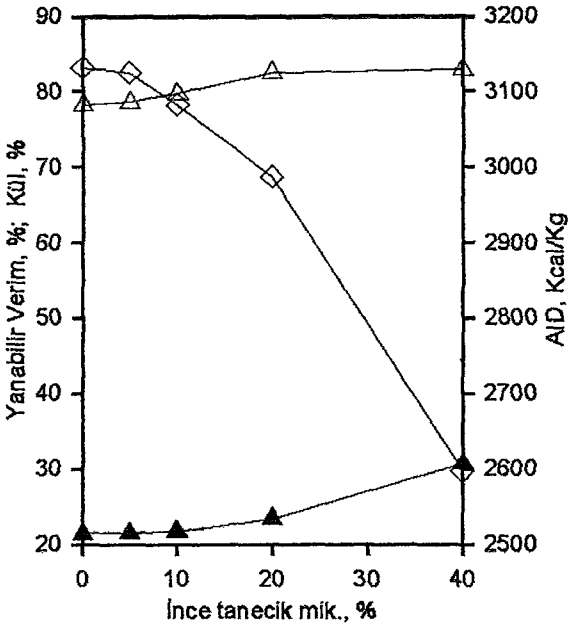
Otisca prosesinde besleme içerisindeki -0.5 mm ince tanecik miktarı değişiminin proses performansı üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: %25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (Havada Kuru Kömür)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2; 4 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3, 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

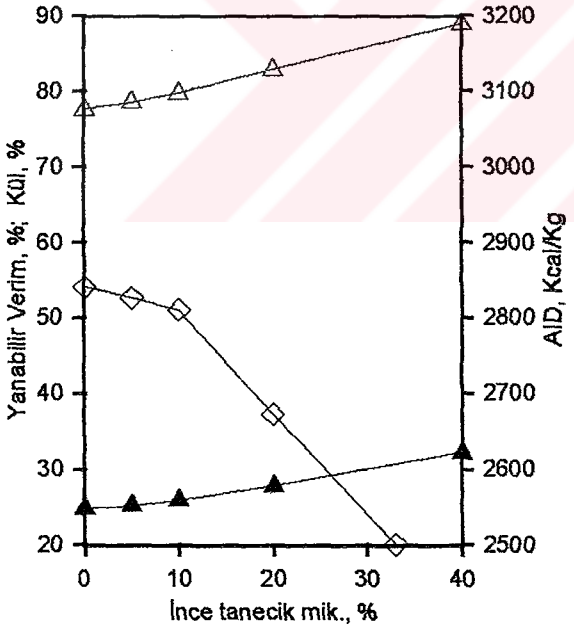
Numune içerisindeki -0.5 mm malzeme miktarı % 0 ile 40 arasında değiştirilmiş ve 2 dakikalık bekleme süreleri ile yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar grafik halinde Şekil 4.27 ve tablo halinde A damarı kömürleri için Çizelge 4.24, B damarı kömürleri için Çizelge 4.25 ve Dragline panosu kömürleri için Çizelge 4.26' da Ek 1'de verilmektedir. 4 dakikalık bekleme süresi için ince malzeme miktarının etkisini gösteren sonuçlar Şekil 4.28 ve Çizelgeler 4.27, 4.28 ve 4.29'da Ek 1'de verilmiştir.



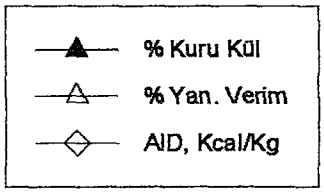
1- A damarı



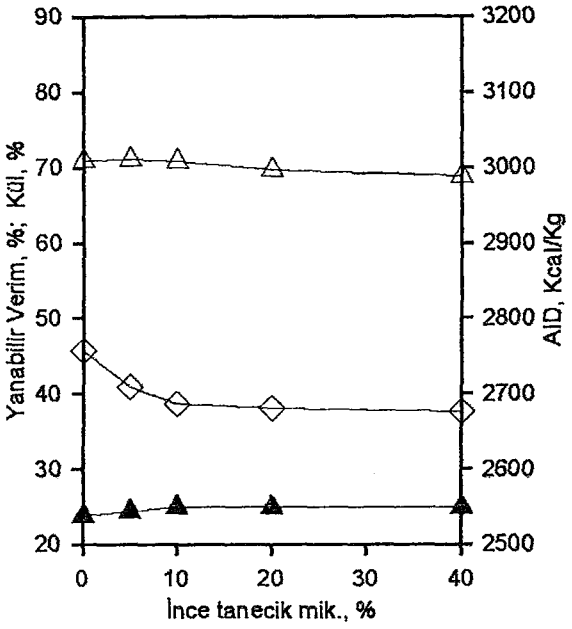
2- B damarı



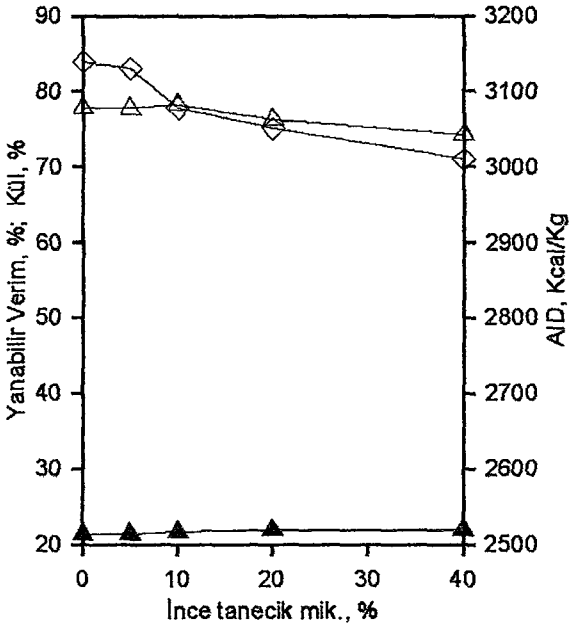
3- Dragline panosu



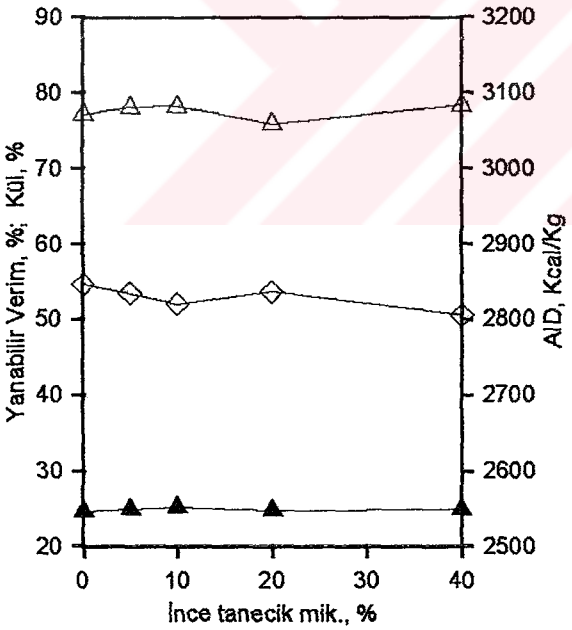
Şekil 4.27 Besleme içerisindeki ince (- 0.5 mm) tanecik miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dak.)



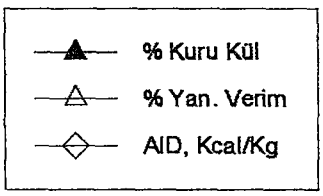
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



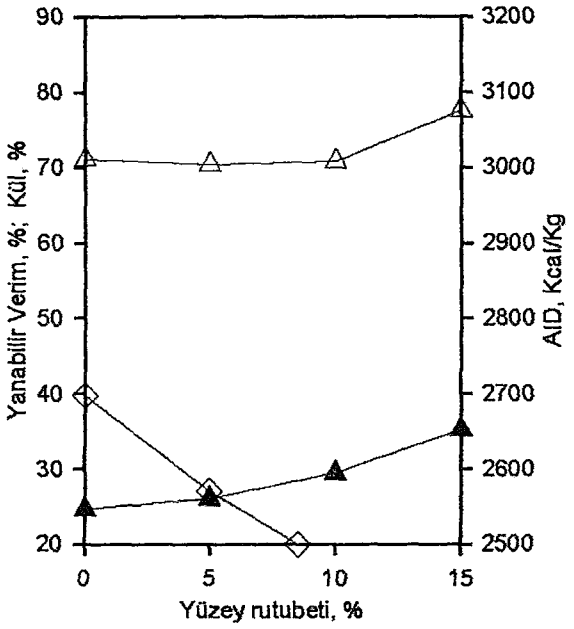
Şekil 4.28 Besleme içerisindeki ince (- 0.5 mm) tanecik miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika)

4.4.3 Numunenin yüzey rutubetinin etkisi

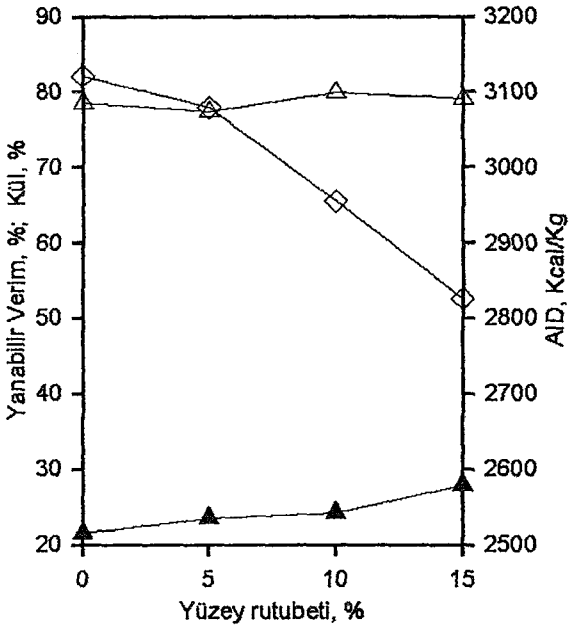
Otisca prosesi ile yapılan zenginleştirme deneylerinde numunenin yüzey rutubetinin değişiminin, proses performansı üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K); 5; 10; 15
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3 , 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

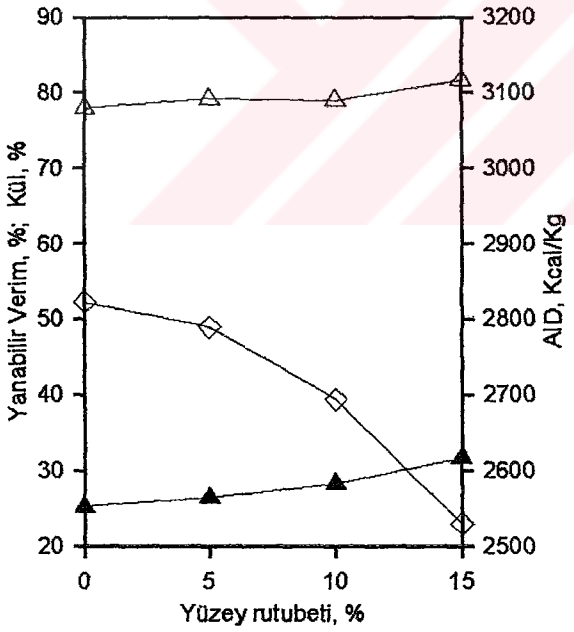
Otisca prosesinde numunelerin yüzey rutubetlerinin etkileri Şekil 4.29 ve tablo halinde A damarı kömürleri için Çizelge 4.30, B damarı kömürleri için Çizelge 4.31 ve Dragline panosu kömürleri için Çizelge 4.32'de Ek 1'de verilmiştir. Havada kuru kömürde optimum sonuçlar elde edilmiştir.



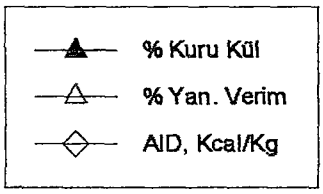
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



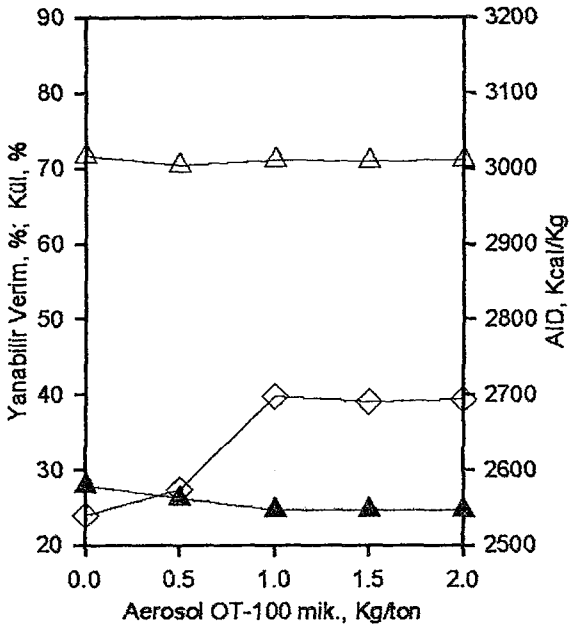
Şekil 4.29 Yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi

4.4.4 Aerosol OT-100 miktarının etkisi

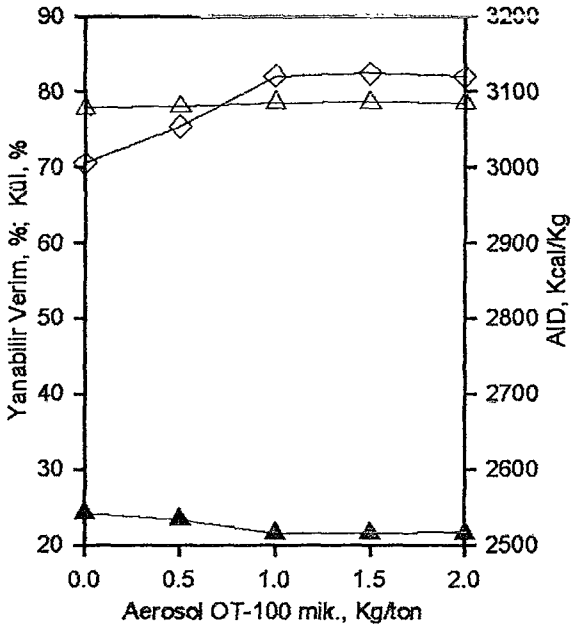
Otisca prosesinde kömürün yüzey rutubetinin ayırma performansının üzerinde çok etkili olduğu daha önce belirtilmişti. Yüzey aktif reaktif olarak kullanılan Aerosol OT-100 numune yüzeyindeki rutubeti mineral maddelere taşıyarak kömürün daha fazla hidrofobik olmasını sağlamaktadır. Aerosol OT-100 miktarının proses performansı üzerindeki etkisini incelemek üzere yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K),O.K.
Aerosol OT-100 miktarı	: 0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3 , 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

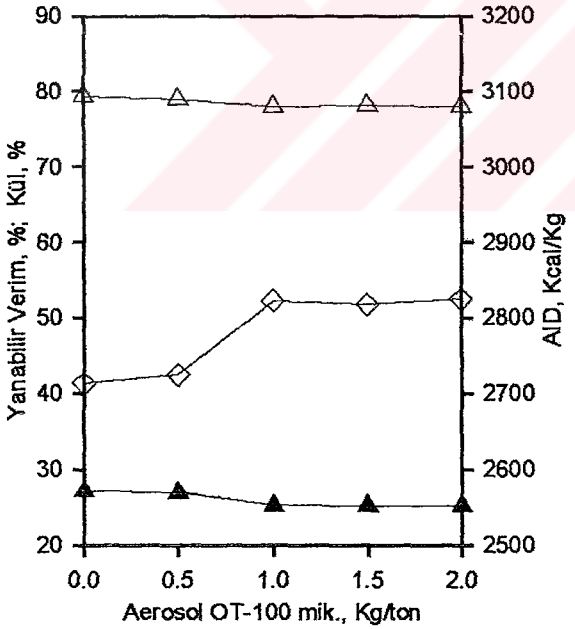
Havada kuru kömürde yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Şekil 4.30 ve A damarı kömürleri için Çizelge 4.33, B damarı kömürleri için 4.34 ve Dragline panosu kömürleri için 4.35'de Ek 1'de verilmektedir. Orjinal kömürde yapılan deneylerde elde edilen sonuçları gösteren tablolar da A damarı kömürleri için 4.36, B damarı kömürleri için 4.37 ve Dragline panosu kömürleri içinde 4.38'de Ek 1'de verilmiştir. Ayrıca grafik olarakta Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



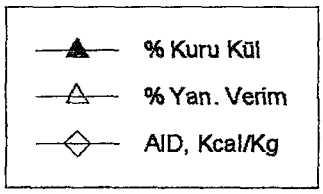
1- A damarı



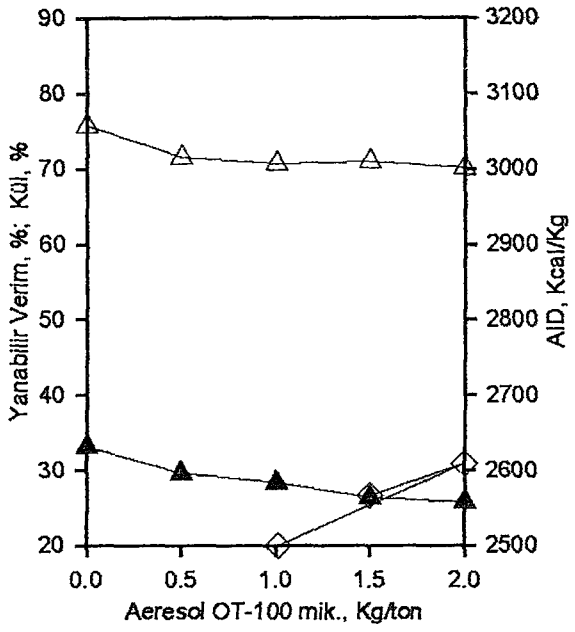
2- B damarı



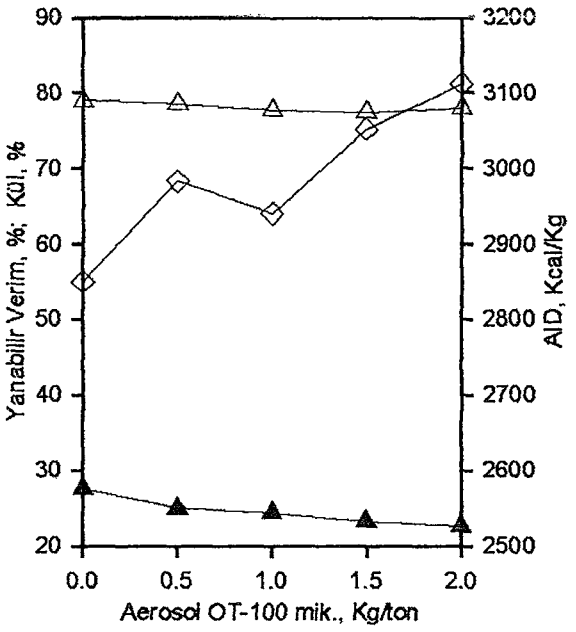
3- Dragline panosu



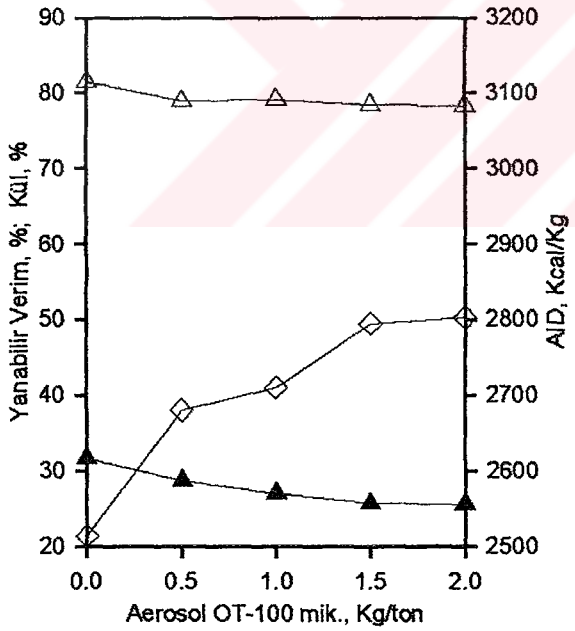
Şekil 4.30 Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Havada kuru kömürde)



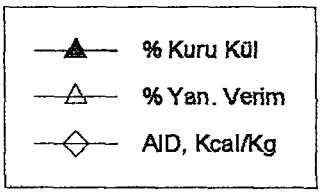
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



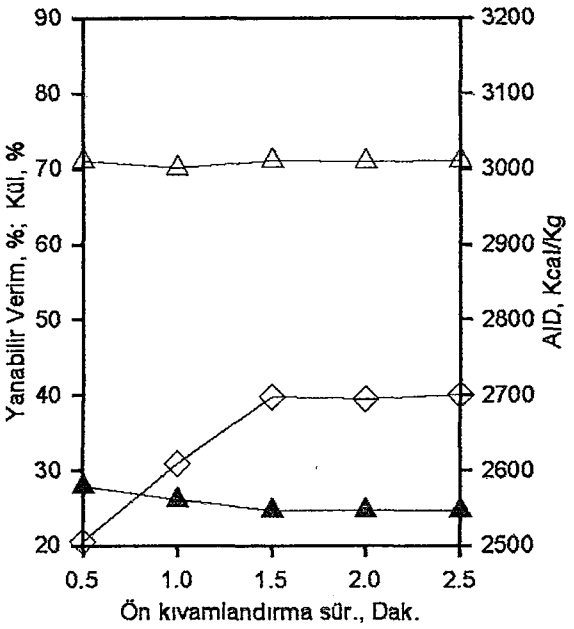
Şekil 4.31 Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi (Orjinal kömürde)

4.4.5 Ön kıvamlandırma süresinin etkisi

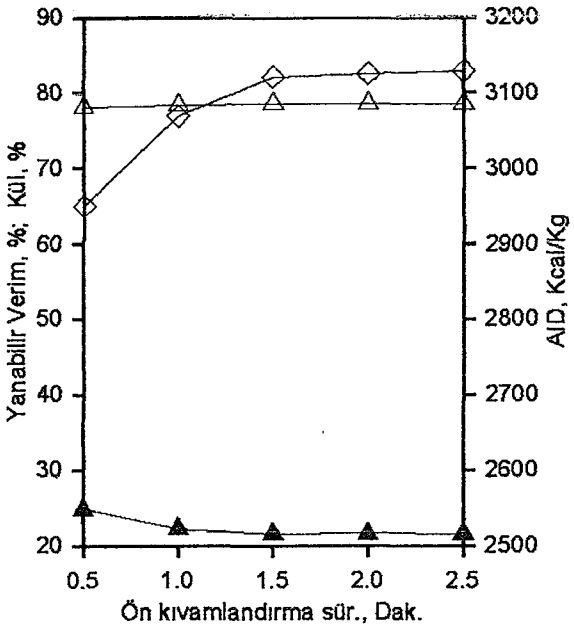
Otisca prosesinde ön kıvamlandırma süresindeki değişimin etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: %25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3 , 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

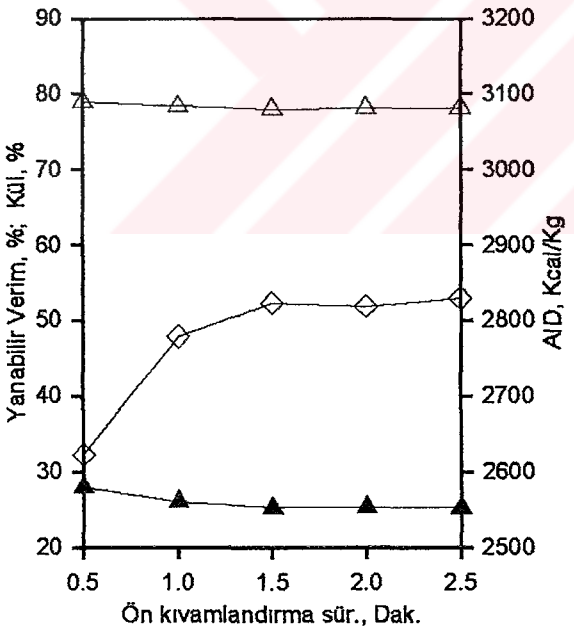
Otisca prosesinde ön kıvamlandırma süresindeki değişimin etkileri A damarı kömürleri için Çizelge 4.39, B damarı kömürleri için Çizelge 4.40 ve Dragline panosu kömürleri içinde Çizelge 4.41'de Ek 1'de tablo halinde, Şekil 4.32'de de grafik şeklinde verilmektedir. 1.5 dakikadan sonra herhangi bir önemli değişiklik görülmediği için en uygun ön kıvamlandırma süresi her üç kömür damarı içinde 1.5 dakika olarak alınmıştır.



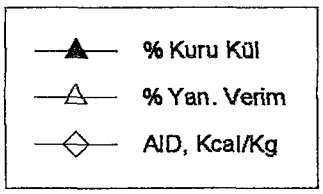
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



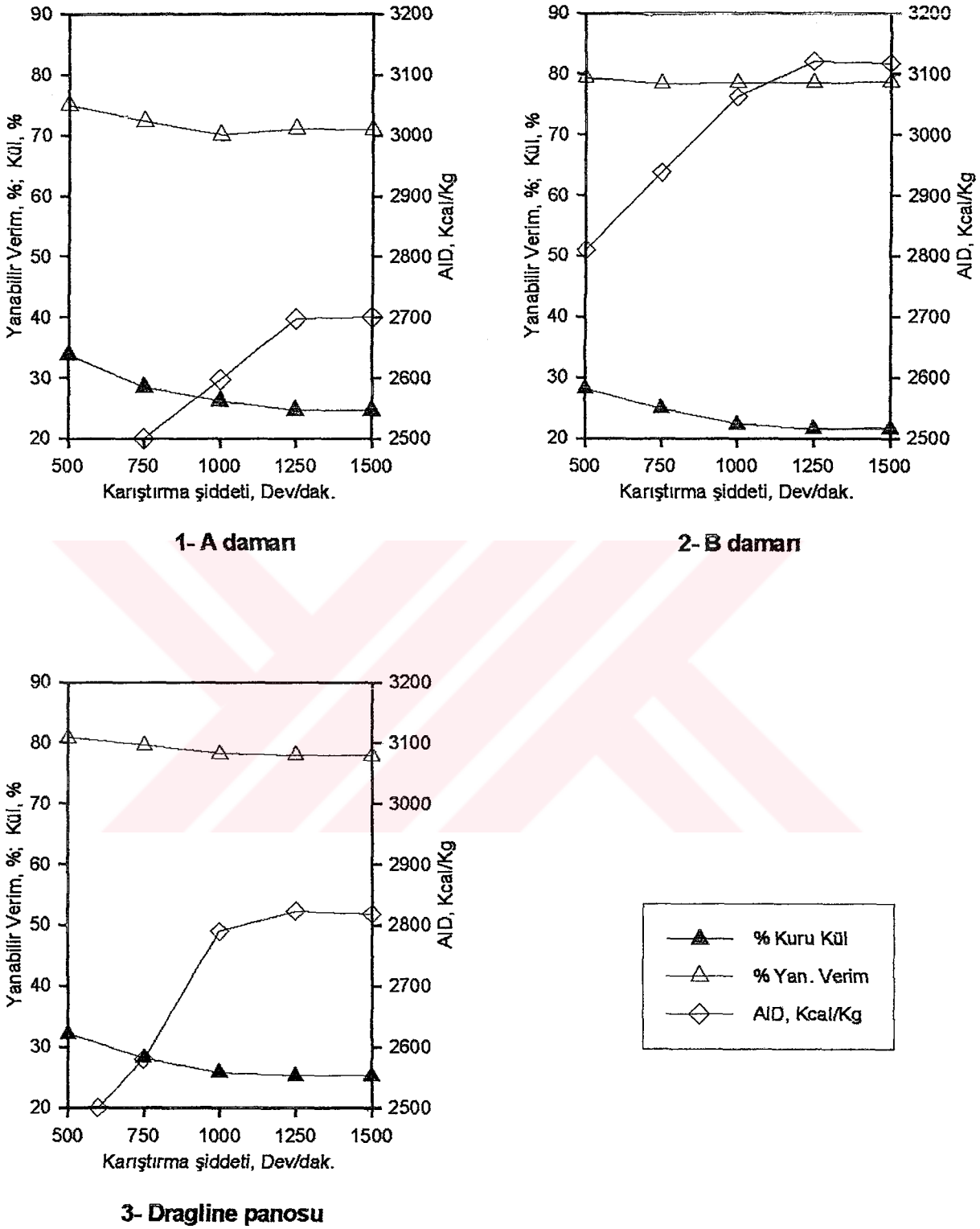
Şekil 4.32 Ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi

4.4.6 Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin etkisi

Otisca prosesinde ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetindeki değişimin etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: %25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 500; 750; 1000; 1250; 1500 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3 , 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

Otisca prosesinde ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetindeki değişimin etkileri A damarı kömürleri için Çizelge 4.42, B damarı kömürleri için Çizelge 4.43 ve Dragline panosu kömürleri içinde Çizelge 4.44'de Ek 1'de verilmektedir. Sonuçlar ayrıca grafik halinde Şekil 4.33'te verilmiştir. Deneylerde en uygun karıştırma şiddetinin 1250 dev/dakika olduğu çizelgelerden görülmektedir.



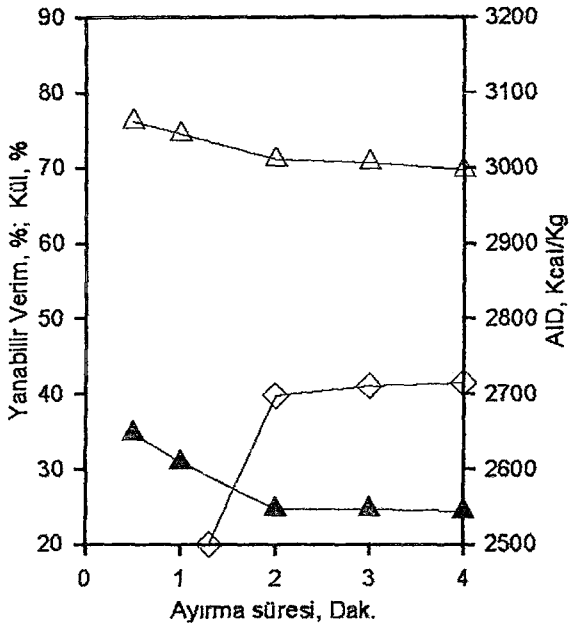
Şekil 4.33 Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi

4.4.7 Ayırma süresinin etkisi

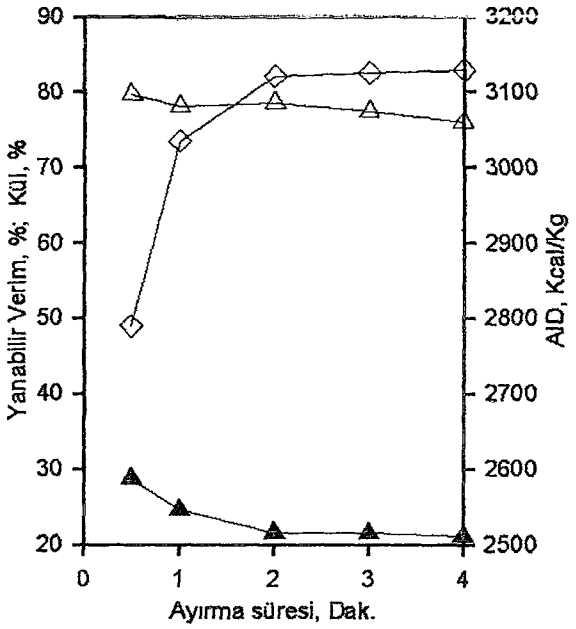
Otisca prosesinde ayırma süresindeki değişimin etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 0.5; 1; 2; 3; 4 dak
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3, 16°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: 25°C

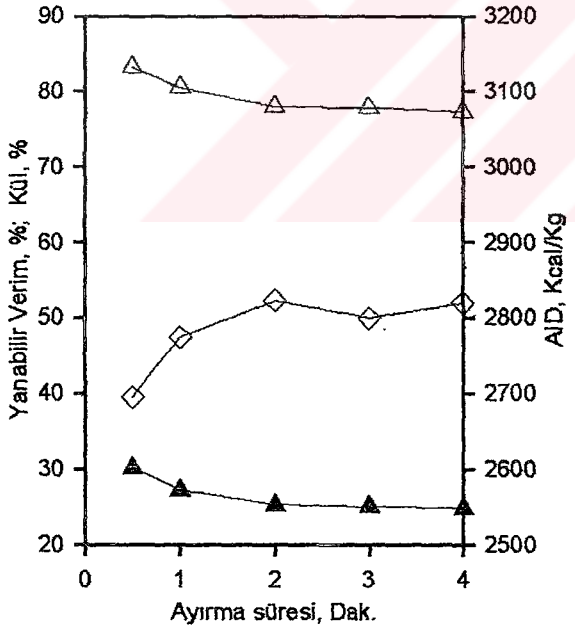
Otisca prosesinde karıştırıcı kapatıldıktan sonra ayırma süresindeki değişimin etkilerini gösteren sonuçlar Şekil 4.34 ve A damarı kömürleri için Çizelge 4.45, B damarı kömürleri için Çizelge 4.46, Dragline panosu kömürleri içinde Çizelge 4.47'de Ek 1'de verilmektedir. Deneylerde en uygun ayırma süresinin 2 dakika olduğu çizelgelerden görülmektedir.



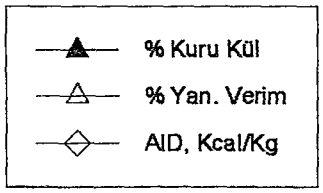
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



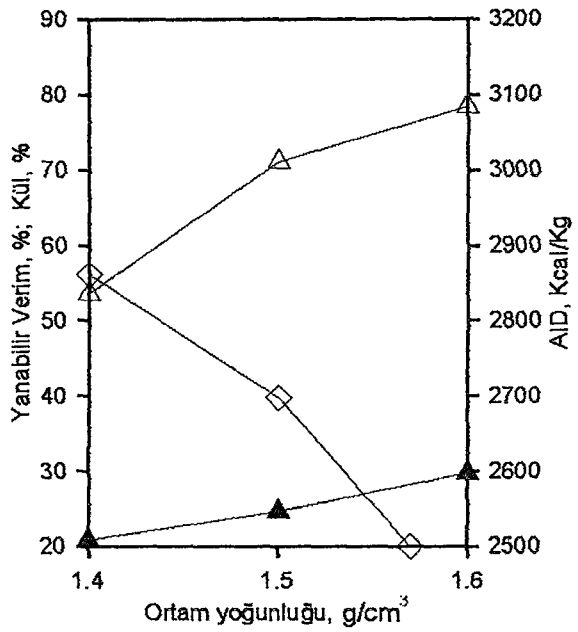
Şekil 4.34 Ayırma süresinin proses performansına etkisi

4.4.8 Ağır ortam yoğunluğunun etkisi

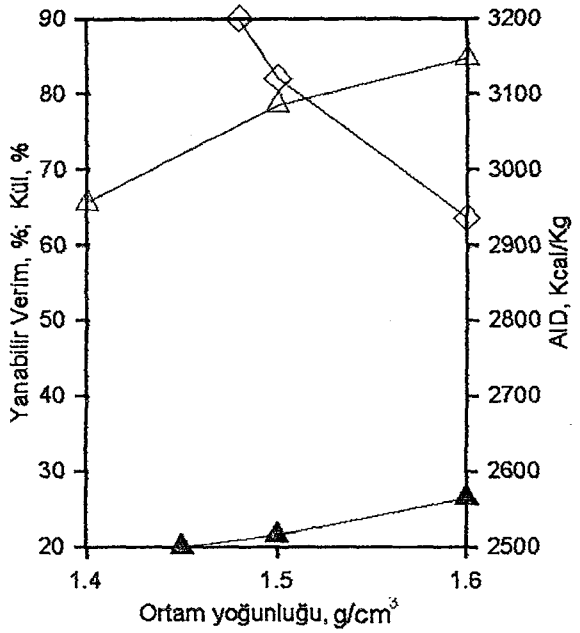
Otisca prosesinde sıcaklığa bağlı olarak değişen ağır ortam yoğunluğuna göre bir seri deney yapılmıştır. Ağır ortam yoğunluğunun değişiminin etkilerini incelemek için yapılan deneylerde deney koşulları:

Numune boyutu	: -100+0mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dak
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı(HCFC 123)	: 1.4 g/cm^3, 27°C
(CFC 11)	: 1.5 g/cm^3, 16°C
(CFC 11)	: 1.6 g/cm^3, 2°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: HCFC 123 için 29°C CFC 11 için 25°C

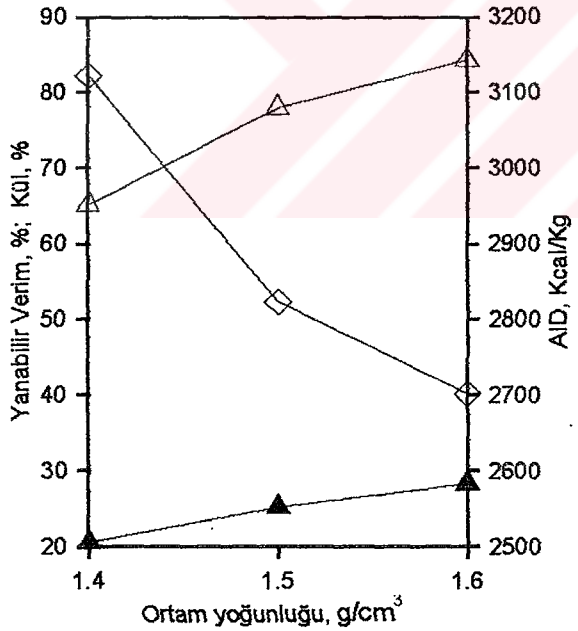
Otisca prosesinde kullanılan iki ayrı ağır sıvı CFC 11 ve HCFC 123 farklı ısılarda farklı yoğunluklar verdiklerinden 1.4 g/cm^3 yoğunlukta yapılan deneylerde 27°C ısıda bu yoğunluğu veren HCFC 123 kullanılmıştır. 1.5 ve 1.6 gr/cm^3 yoğunluklarda ise CFC 11 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar A damarı kömürleri için Çizelge 4.48, B damarı kömürleri için Çizelge 4.49, Dragline panosu kömürleri için ise Çizelge 4.50'de Ek 1'de tablo halinde, Şekil 4.35'te de grafik halinde verilmiştir.



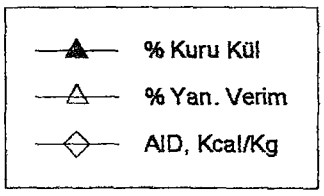
1- A damarı



2- B damarı



3- Dragline panosu



Şekil 4.35 Ortam yoğunluğunun proses performansına etkisi

4.5 Otisca Prosesi İle Boyut Gruplarında Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

4.5.1 A damarı kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri

A damarı kömürleri -100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+0.5 ve-0.5mm boyut gruplarında ağır ortam yoğunluğuna bağlı olarak yapılan zenginleştirme deneylerinde deney koşulları:

Numune boyutu	:-100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+05; -0.5 mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	(HCFC-123): 1.4 g/cm^3, 27°C
	(HCFC123) : 1.5 g/cm^3, 10°C
	(CFC 11) : 1.6 g/cm^3, 2°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: HCFC 123 için 29°C CFC 11 için 25°C

Deneylerde elde edilen sonuçlar -100+50 mm boyutu için Çizelge 4.51, -50+18 mm boyutu için Çizelge 4.52, -18+10 mm boyutu için Çizelge 4.53, -10+4 mm boyutu için Çizelge 4.54, -4+0.5 mm boyutu için Çizelge 4.55 ve -0.5 mm boyutu için ise Çizelge 4.56' da verilmektedir.

Çizelge 4.51 A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	36.47	21.18	1.80	2775	54.66
	Artık	63.53	62.46	1.99	918	45.34
	Toplam	100.00	47.41	1.92	1595	100.00
1.5	Temiz Kömür	44.82	25.46	1.83	2680	63.53
	Artık	55.18	65.24	1.99	714	36.47
	Toplam	100.00	47.41	1.92	1595	100.00
1.6	Temiz Kömür	53.45	29.87	1.89	2460	71.28
	Artık	46.55	67.55	1.95	602	28.72
	Toplam	100.00	47.41	1.92	1595	100.00

Çizelge 4.52 A damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	42.13	20.41	1.79	2840	56.37
	Artık	57.87	55.16	1.89	1057	43.63
	Toplam	100.00	40.52	1.85	1808	100.00
1.5	Temiz Kömür	57.63	22.72	1.80	2779	74.88
	Artık	42.37	64.73	1.92	488	25.12
	Toplam	100.00	40.52	1.85	1808	100.00
1.6	Temiz Kömür	67.42	28.08	1.82	2505	81.52
	Artık	32.58	66.26	1.91	366	18.48
	Toplam	100.00	40.52	1.85	1808	100.00

Çizelge 4.53 A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	40.77	19.37	1.71	2915	56.39
	Artık	59.23	57.07	1.66	1058	43.61
	Toplam	100.00	41.70	1.68	1815	100.00
1.5	Temiz Kömür	52.60	23.34	1.60	2760	69.16
	Artık	47.40	62.07	1.77	768	30.84
	Toplam	100.00	41.70	1.68	1815	100.00
1.6	Temiz Kömür	64.35	28.96	1.64	2480	78.41
	Artık	35.65	64.70	1.75	615	21.59
	Toplam	100.00	41.70	1.68	1815	100.00

Çizelge 4.54 A damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	37.80	19.10	1.67	3010	52.41
	Artık	62.20	55.35	2.12	1081	47.49
	Toplam	100.00	41.65	1.95	1810	100.00
1.5	Temiz Kömür	56.46	23.21	1.63	2765	74.30
	Artık	43.54	65.56	2.36	572	25.70
	Toplam	100.00	41.65	1.95	1810	100.00
1.6	Temiz Kömür	66.82	29.11	1.85	2475	81.18
	Artık	33.18	66.90	2.15	471	18.82
	Toplam	100.00	41.65	1.95	1810	100.00

Çizelge 4.55 A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	29.34	18.37	1.53	3075	45.09
	Artık	70.66	58.72	1.80	983	54.91
	Toplam	100.00	46.88	1.72	1597	100.00
1.5	Temiz Kömür	48.73	23.20	1.56	2760	70.46
	Artık	51.27	69.30	1.87	492	29.54
	Toplam	100.00	46.88	1.72	1592	100.00
1.6	Temiz Kömür	57.47	28.14	1.62	2500	77.74
	Artık	42.53	72.20	1.83	377	22.26
	Toplam	100.00	46.88	1.72	1597	100.00

Çizelge 4.56 A damarı kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	20.95	18.11	1.12	3130	45.93
	Artık	79.05	74.45	2.02	453	54.07
	Toplam	100.00	62.65	1.83	1014	100.00
1.5	Temiz Kömür	31.37	21.17	1.19	2892	66.21
	Artık	68.63	81.61	1.91	156	33.79
	Toplam	100.00	62.65	1.83	1014	100.00
1.6	Temiz Kömür	37.72	28.02	1.40	2520	72.69
	Artık	62.28	83.62	1.99	102	27.31
	Toplam	100.00	62.65	1.83	1014	100.00

4.5.2 B damarı kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri

B damarı kömürleri -100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+0.5 ve -0.5 mm boyut gruplarında ağır ortam yoğunluğuna bağlı olarak yapılan zenginleştirme deneylerinde deney koşulları :

Numune boyutu	:-100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+05; -0.5 mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	(HCFC 123): 1.4 g/cm^3, 27°C
	(HCFC123) : 1.5 g/cm^3, 10°C
	(CFC 11) : 1.6 g/cm^3, 2°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: HCFC 123 için 29°C CFC 11 için 25°C

Deneylerde elde edilen sonuçlar -100+50 mm boyutu için Çizelge 4.57, -50+18 mm boyutu için Çizelge 4.58 , -18+10 mm boyutu için 4.59 , -10+4 mm boyutu için Çizelge 4.60, -4+0.5 mm boyutu için 4.61 ve -0.5 mm boyutu için ise Çizelge 4.62' de verilmektedir.

Çizelge 4.57 B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	47.79	16.90	1.95	3480	64.76
	Artık	52.21	58.62	1.99	1254	35.24
	Toplam	100.00	38.68	1.97	2318	100.00
1.5	Temiz Kömür	61.33	21.68	1.96	3112	78.33
	Artık	38.67	65.64	1.98	1058	21.67
	Toplam	100.00	38.68	1.97	2318	100.00
1.6	Temiz Kömür	68.71	25.19	1.95	3024	83.83
	Artık	31.19	63.80	2.01	767	16.17
	Toplam	100.00	38.68	1.97	2318	100.00

Çizelge 4.58 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	50.29	18.64	1.82	3371	68.36
	Artık	49.71	62.43	1.84	1156	31.34
	Toplam	100.00	40.41	1.83	2270	100.00
1.5	Temiz Kömür	59.82	20.91	1.84	3147	79.40
	Artık	40.18	69.44	1.82	964	20.60
	Toplam	100.00	40.41	1.83	2270	100.00
1.6	Temiz Kömür	69.44	26.32	1.82	2965	85.86
	Artık	30.56	72.43	1.85	691	14.14
	Toplam	100.00	40.41	1.83	2270	100.00

Çizelge 4.59 B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükür	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	48.98	19.73	1.81	3226	69.61
	Artık	51.02	66.36	2.44	1207	30.39
	Toplam	100.00	43.52	2.13	2196	100.00
1.5	Temiz Kömür	58.72	21.37	1.79	3176	81.75
	Artık	41.28	75.03	2.61	802	18.25
	Toplam	100.00	43.52	2.13	2196	100.00
1.6	Temiz Kömür	67.14	26.83	1.90	2947	86.98
	Artık	32.86	77.62	2.62	665	13.02
	Toplam	100.00	43.52	2.13	2196	100.00

Çizelge 4.60 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükür	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	40.78	18.50	1.72	3280	63.22
	Artık	59.22	67.35	2.60	931	36.78
	Toplam	100.00	47.43	2.24	1889	100.00
1.5	Temiz Kömür	51.10	20.43	1.70	3160	77.35
	Artık	48.90	75.64	2.80	561	22.65
	Toplam	100.00	47.43	2.24	1889	100.00
1.6	Temiz Kömür	58.28	26.08	1.86	2915	81.95
	Artık	41.72	77.25	2.77	456	18.05
	Toplam	100.00	47.43	2.24	1889	100.00

Çizelge 4.61 B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	32.96	18.40	1.47	3265	52.62
	Artık	67.04	63.88	2.19	938	47.38
	Toplam	100.00	48.89	1.95	1705	100.00
1.5	Temiz Kömür	46.39	20.13	1.60	3185	72.49
	Artık	53.61	73.78	2.22	424	27.51
	Toplam	100.00	48.89	1.95	1705	100.00
1.6	Temiz Kömür	52.33	25.93	1.63	2972	75.84
	Artık	47.67	74.09	2.30	314	24.16
	Toplam	100.00	48.89	1.95	1705	100.00

Çizelge 4.62 B damarı kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	22.90	18.13	1.20	3274	53.19
	Artık	77.10	78.60	2.06	380	46.81
	Toplam	100.00	64.75	1.86	1043	100.00
1.5	Temiz Kömür	27.35	19.41	1.25	3096	62.53
	Artık	72.65	81.82	2.02	270	37.47
	Toplam	100.00	64.75	1.86	1043	100.00
1.6	Temiz Kömür	32.61	25.81	1.32	2816	68.63
	Artık	67.39	83.59	2.12	185	31.37
	Toplam	100.00	64.75	1.86	1043	100.00

4.5.3 Dragline panosu kömürleri boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneyleri

Dragline panosu kömürleri -100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+0,5 ve -0.5 mm boyut gruplarında ağır ortam yoğunluğuna bağlı olarak yapılan zenginleştirme deneylerinde deney koşulları :

Numune boyutu	:-100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+05; -0.5 mm
Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	(HCFC 123): 1.4 g/cm^3, 27°C
	(HCFC 123): 1.5 g/cm^3, 10°C
	(CFC 11) : 1.6 g/cm^3, 2°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: HCFC -123 için 29°C CFC -11 için 25°C

Deneylerde elde edilen sonuçları -100+50 mm boyutu için Çizelge 4.63 , -50 +18 mm boyutu için Çizelge 4.64 , -18+10 mm boyutu için Çizelge 4.65, -10+4 mm boyutu için Çizelge 4.66, -4+0.5 mm boyutu için Çizelge 4.67, ve -0.5 mm boyutu için ise Çizelge 4.68' de verilmektedir.

Çizelge 4.63 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	49.07	19.83	2.61	3197	66.49
	Artık	50.93	61.06	2.65	1171	33.51
	Toplam	100.00	40.83	2.63	2165	100.00
1.5	Temiz Kömür	60.72	23.82	2.59	2920	78.18
	Artık	39.28	67.12	2.69	998	21.82
	Toplam	100.00	40.83	2.63	2165	100.00
1.6	Temiz Kömür	68.22	27.84	2.62	2765	83.20
	Artık	31.78	68.71	2.65	877	16.80
	Toplam	100.00	40.83	2.63	2165	100.00

Çizelge 4.64 Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	46.82	19.23	2.85	3205	67.67
	Artık	53.18	66.03	3.08	1069	32.33
	Toplam	100.00	44.12	2.97	2069	100.00
1.5	Temiz Kömür	59.52	24.19	2.85	2890	80.75
	Artık	40.48	73.42	3.15	862	19.25
	Toplam	100.00	44.12	2.97	2069	100.00
1.6	Temiz Kömür	66.32	27.19	2.87	2795	86.41
	Artık	33.68	77.46	3.17	639	13.59
	Toplam	100.00	44.12	2.97	2069	100.00

Çizelge 4.65 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	40.47	18.97	2.71	3220	63.17
	Artık	59.53	67.89	3.45	957	36.83
	Toplam	100.00	48.09	3.15	1873	100.00
1.5	Temiz Kömür	53.35	23.63	2.79	2920	78.49
	Artık	46.65	76.06	3.56	676	21.51
	Toplam	100.00	48.09	3.15	1873	100.00
1.6	Temiz Kömür	60.41	27.36	2.96	2752	84.53
	Artık	39.59	79.72	3.44	532	15.47
	Toplam	100.00	48.09	3.15	1873	100.00

Çizelge 4.66 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	38.13	18.90	2.36	3210	63.72
	Artık	61.87	71.54	3.15	695	36.28
	Toplam	100.00	51.47	2.85	1654	100.00
1.5	Temiz Kömür	49.42	24.34	2.47	2810	77.05
	Artık	50.58	77.98	3.22	525	22.95
	Toplam	100.00	51.47	2.85	11654	100.00
1.6	Temiz Kömür	56.62	27.16	2.41	2717	84.98
	Artık	43.38	83.20	3.42	267	15.02
	Toplam	100.00	51.47	2.85	1654	100.00

Çizelge 4.67 Dragline panosu kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	25.73	18.32	1.48	3202	53.49
	Artık	74.27	75.40	2.87	365	46.51
	Toplam	100.00	60.71	2.51	1095	100.00
1.5	Temiz Kömür	35.27	24.78	2.01	2719	67.52
	Artık	64.73	80.29	2.78	210	31.48
	Toplam	100.00	60.71	2.51	1095	100.00
1.6	Temiz Kömür	42.94	26.92	2.17	2403	79.87
	Artık	57.06	86.14	2.77	111	20.13
	Toplam	100.00	60.71	2.51	1095	100.00

Çizelge 4.68 Dragline panosu kömürleri --0.5 mm fraksiyonu; ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	18.59	18.17	1.27	3360	49.33
	Artık	81.41	80.80	3.25	434	50.67
	Toplam	100.00	69.16	2.88	978	100.00
1.5	Temiz Kömür	23.89	20.46	1.43	3135	61.62
	Artık	76.11	84.45	3.34	301	38.38
	Toplam	100.00	69.16	2.88	978	100.00
1.6	Temiz Kömür	30.66	26.28	1.94	2790	73.29
	Artık	69.34	88.12	3.30	177	26.71
	Toplam	100.00	69.16	2.88	978	100.00

5. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ VE TARTIŞMALAR

5.1 Yüzdürme - Batırma Deneyleri

Kömürlerin kül ve kükürtten arındırılabilmeleri için; öncelikle yıkanmaya elverişli olup olmadıkları ve en uygun yıkama yöntemlerinin saptanması gerekir. Bu da ancak kömürlerin yıkanabilirlik verilerinin elde edilmesi ile olasıdır. Yıkanabilirlik deneyleri kömürlerin fiziksel özelliklerinin bir değerlendirmesi olup, yıkama işlemi sonunda kömürün niteliğinin ne ölçüde yükseltilebileceğini gösterir. Yıkanabilirlik verilerinden; elde ediliebilecek temiz kömürün kül ve kükürt içeriği, yıkanabilirliklerin kolay olup olmadığı ve yıkama randımanlarının ne olabileceğini belirlemek olasıdır. Yıkanabilirlik verileri aynı zamanda zenginleştirme yöntemlerinin teorik sınıflandırmasını da belirtir. Bir çok yazar tarafından kabul edilen ve uygulamalarda sık sık kullanılan böyle bir tablo Çizelge 5.1'de verilmiştir (Burt, 1984; Ateşok, 1986). Tablodan görülüceği üzere ∓0.1 g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarına bağlı olarak ayırmanın zorluk dereceleri; ayırma işleminde uygulanabilecek yöntem ve yöntemler ile kullanılabilecek alet tipleri ve kapasiteleri hakkında belirli fikirler edinilmektedir.

A damarı kömürleri :

A damarı kömürleri için yapılan yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen kömür yıkama çizelgelerinden, Otisca prosesinin uygulandığı 1.5 g/cm^3 yoğunlukta; boyut fraksiyonlarında elde edilen ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları topluca Çizelge 5.2'de verilmiştir. Malzeme miktarları % 18.9 ile % 34.3 arasında değişmektedir. Bu değerler Çizelge 5.1 ile kıyaslandığında; -100+50 mm fraksiyonu için ayırma derecesinin güç olduğu , ağır ortam ayırması ile orta kapasite ve çok iyi işletme şartlarında zenginleştirilebileceği görülmektedir.Diğer boyut gruplarında elde edilen değerler yine Çizelge 5.1 ile

kıyaslandığında ayırmanın çok güç olacağı, çok etkili gravite yöntemleri ile düşük kapasitede, çok iyi işletme şartlarında ve çok yakın kontrol ile zenginleştirmenin gerçekleştitilebileceği görülmektedir. Zenginleştirme sonucu elde edilecek ürünlerde ise temiz kömürün kül ve AID içerikleri ile verimi de yine Çizelge 5.2'de gösterilmiştir. Kül oranları, % 24.6 ile % 28.9; verimler, % 47.1 ile % 61.5; AID ise 2320 ile 2574 kcal/kg arasında değişmektedir.

Çizelge 5.1 ± 0.1 gr/cm^3 yoğunluktaki malzeme yüzdeleri; ayırmanın zorluk derecesi; uygun yöntem seçimleri

+/-0.1 gr/cm^3 Yoğ.Mal.Mik. (%)	Zorluk Derecesi	Uygun Yöntem ve Uygulama	Alet Tipi
0-7	Çok kolay	Tüm gravite yöntemleri -yüksek kapasite	Jig, oluklar
7-10	Kolay	Etkili gravite yöntemleri -yüksek kapasite	Koniler
10-15	Orta güçlükte	Etkili gravite yöntemleri -orta kapasite -İyi operasyon şartları	Sallantılı masa Spiral Ağır ortam
15-20	Güç	Etkili gravite yöntemi -orta kapasite -çok iyi işletme şartları	Ağır ortam
20-25	Çok güç	Etkili gravite yöntemi -orta kapasite -çok iyi işletme şartları -yakın kontrol	Ağır ortam
25 den çok	Çok güç	Çok etkili gravite yöntemi -düşük kapasite -çok iyi işletme şartları -çok yakın kontrol	Yoğunluk ayarı devamlı kontrol edilen ağır ortam ayırması

Çizelge 5.2 A damarı kömürleri; 1.5 g/cm^3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	AID (Kcal/Kg.)	±0.1 g/cm^3 Yoğ.Mal.Mik.
-100+50	47.05	26.53	2574	18.91
-50+18	61.50	24.60	2522	26.76
-18+10	57.54	25.74	2479	29.39
-10+4	61.22	27.94	2343	34.30
-4+0.5	52.27	28.87	2320	34.01
-100+0.5	51.78	26.62	2461	25.58

Hesaben birleştirilerek elde edilen -100+0.5 mm boyutundaki değerler incelendiğinde de Çizelge 5.2'den görülebileceği gibi ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarı %25.6 olarak saptanmıştır. Boyut gruplarındaki zenginleştirme şartlarının aynen burada da geçerli olduğu görülmektedir. Bu şartlarda temiz kömür; % 51.8 verim, % 26.6 küllü ve 2461 kcal/kg AID içeriği ile elde edilebileceği görülmektedir.

Otisca prosesinin uygulanabilme olanağının olduğu 1.4 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklarda elde edilen sonuçlar incelendiğinde; A damarı kömürleri için, 1.5 g/cm^3 yoğunluktaki koşulların çok benzerlerinin burada da geçerli olduğu saptanmıştır. Ancak 1.4 g/cm^3 yoğunluklarda koşullar daha da ağırlaşırken, 1.6 g/cm^3 yoğunlukta koşulların göreceli olarak iyileştiği görülmektedir.

A damarı kömürlerinin yıkanabilirlik verilerinin incelenmesi ile şu genel sonuca ulaşılması olasıdır: A damarı kömürleri güç ve çok güç koşullar altında zenginleştirilebilir. Zenginleştirme yöntemi ise sadece yoğunluk ayarı sürekli kontrol edilen ağır ortam olabilir.

B damarı kömürleri :

B damarı kömürleri için yapılan yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12 ve Şekil 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12'de verilmiştir. Bu verilerden özetlenen; 1.5 g/cm^3 yoğunluktaki, boyut fraksiyonlarında ve hesaben birleştirilmiş -100+0.5 mm boyutunda elde edilen ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarı topluca Çizelge 5.3'te verilmiştir. Malzeme miktarları % 18.6 ile % 24 arasında değişmektedir. Bu değerler Çizelge 5.1 ile kıyaslandığında ayırmanın güç ve çok güç olacağı, etkili gravite yöntemleri ile orta kapasite, çok iyi işletme şartlarının geçerli olduğu ağır ortam ayırması ile zenginleştirmenin gerçekleşebileceği görülmektedir. Bu koşullarda elde edilebilecek ürünlerde ise temiz kömürün kül ve AID içerikleri ile verimi de yine Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Kül oranları, % 21.9 ile % 27.4; verimler % 48.7 ile % 63.7; AID ise 2827 ile 3172 arasında değişmektedir.

Çizelge 5.3 B damarı kömürleri; 1.5 g/cm^3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	AID (Kcal/Kg.)	±0.1 g/cm^3 Yoğ.Mal.Mik.
-100+50	62.97	21.93	3172	18.62
-50+18	63.71	24.33	3066	19.17
-18+10	61.26	26.36	2978	18.98
-10+4	55.99	27.43	2856	22.90
-4+0.5	48.68	26.28	2827	24.00
-100+0.5	57.58	24.43	3042	18.89

B damarı kömürleri için 1.4 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklarda elde edilen sonuçlar incelendiğinde; 1.4 g/cm^3 yoğunlukta ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları % 36.5 ile % 47.1 olduğu görülmektedir. Bu koşullarda ancak yoğunluk ayarı sürekli kontrol edilen ağır ortam ayırması ile çok düşük

kapasitede ve çok yakın kontrol ile belki zenginleştirmenin elde edilebileceği söylenebilir. 1.6 g/cm^3 yoğunlukta ise ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları % 13.0 ile % 18.9 arasında gerçekleşmiştir. Bu koşullarda ki bir zenginleştirme yine güç veya orta güçlükte ancak ağır ortam gibi etkili gravite yöntemleri ile olabileceği söylenebilir.

B damarı kömürlerinin yıkanabilirlik verilerinin incelenmesi ile şu genel sonuca ulaşılması olasıdır: Zenginleştirme; güç veya çok güç koşullar altında, orta kapasite ve çok iyi işletme şartlarının geçerli olduğu ağır ortam ayırması ile elde edilebilir.

Dragline panosu kömürleri :

Dragline panosu kömürleri için yapılan yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.13; 4.14; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18 ve Şekil 4.13; 4.14; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18'de verilmiştir. Bu verilerden, özetlenen; otisca prosesinin uygulandığı 1.5 g/cm^3 yoğunlukta, boyut fraksiyonlarında ve hesaben birleştirilmiş -100+0.5 mm boyutunda elde edilen ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları topluca Çizelge 5.4'te verilmiştir. Malzeme miktarları % 17.4 ile % 19.9 arasında değişmektedir. Bu değerler Çizelge 5.1 ile kıyaslandığında ayırmanın güç veya çok güç olacağı, etkili gravite yöntemleri ile orta kapasite, çok iyi işletme şartlarının geçerli olduğu ağır ortam ayırması ile zenginleştirmenin gerçekleşebileceği görülmektedir. Bu koşullarda elde edilen ürünlerde ise temiz kömürün kül ve AID içerikleri ile verimi de yine Çizelge 5.4'te gösterilmiştir. Kül oranları, % 24.8 ile % 27.7; verimler % 36.0 ile % 64.1; AID ise 2533 ile 2944 kcal/kg arasında değişmektedir.

Çizelge 5.4 Dragline panosu kömürleri; 1.5 g/cm^3 yoğunlukta yüzen fraksiyonların toplu sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	% Miktar	% Kuru Kül	AID (Kcal/Kg.)	±0.1 g/cm^3 Yoğ.Mal.Mik.
-100+50	64.05	25.84	2944	19.58
-50+18	60.50	25.17	2912	19.87
-18+10	55.19	27.74	2791	21.16
-10+4	49.58	24.87	2841	18.47
-4+0.5	36.03	26.84	2533	17.44
-100+0.5	52.74	26.00	2863	18.32

Dragline panosu kömürleri için 1.4 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklarda elde edilen sonuçlar incelendiğinde; ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları % 27.7 ile % 41.7 arasında değişmektedir. Bu koşullarda ancak yoğunluk ayarı sürekli kontrol edilen ağır ortam ayırması ile çok düşük kapasitede ve çok yakın kontrol ile belki zenginleştirmenin elde edilebileceği söylenebilir. 1.6 g/cm^3 yoğunlukta ise ∓0.1g/cm^3 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarları % 10.7 ile % 16.5 arasında değişmektedir. Bu koşullarda ayırmanın güç veya orta güçlükte olduğu etkili gravite yöntemleri ile zenginleştirme yapılabileceği söylenebilir.

Genel olarak dragline panosu kömürleri için daha önce A ve B damarı kömürleri için yorumlanan güç veya çok güç ayırma koşullarının geçerli olduğu söylenebilir.

5.2 Kömürlerin Açık Havada Dağılabilirlik Özellikleri ve Mikroskobik Çalışmalar

Seyitömer kömürlerinin açık havada dağılabilirlikleri Çizelge 4.19' da verilmiştir. Genellikle linyitlerin açık havada dağılabilirlikleri bitümlu kömürlere

göre daha yüksek olduğu yapılan deneyler ve ölçümlerle tesbit edilmiş literatürde verilmiştir (Fieldner, et.al., 1930; Barkley, 1943). Linyitlerin açık havada dağılabilirliklerine göre sınıflandırılmalarıda aynı yazarlar tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırma Çizelge 5.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.5 Kömürlerin açık havada dağılabilirlik indekslerine göre sınıflandırılması

SINIF	Ufalanma İndeksi düzeltmesi yapıldıktan sonra bulunan 1.dağılabilirlik indeksi.(%)
1- Dağılabilir değil	0 - 1
2- Çok az dağılabilir.	1 - 5
3- Az dağılabilir.	5 - 15
4- Orta dağılabilir.	15 - 35
5- Çok Dağılabilir.	35 - 90
6- Çok fazla dağılabilir.	90 -100

Çizelgede verilen dağılabilirlik endeksleri 1. elemenin sonunda elde edilen indekslerdir ve elemeden dolayı oluşan kırılma düzeltmesinin yapılmasından sonraki değerleridir. Buna göre %1' e kadar olan kömürler dağılabilir değil sınıfına girerken, %5 - 15 arası az dağılabilir, %35 - 90 arası çok dağılabilir ve %90-100 arasıda çok fazla dağılabilir şeklinde sınıflandırılmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen ortalama indeksler birinci elemenin sonunda düzeltme faktöründen sonra A damarı kömürleri için % 83, B damarları kömürleri için %70.2 ve dragline panosu kömürleri için %75.7 olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 5.5'deki sınıflandırma ile kıyaslandığında her üç kömür damarınında çok dağılabilir sınıfında olduğu görülmektedir. Ancak Seyitömer

kömürlerininde kendi aralarında dağılabilirlik özellikleri açısından bir sıralaması olduğu açıktır. Yapılan deneyler sonucunda A damarı kömürlerinin en çok dağılabilir olduğu, dragline panosu kömürleri ve B damarı kömürlerininde bunu takip ettiği belirlenmiştir. Kömürlerin rutubet içeriklerine bakıldığında aynı sırayı izledikleri görülmektedir. Nitekim literatürde kömürlerin rutubet içerikleri arttıkça açık havada dağılabilirliklerinde de belirli bir artış gözlendiği belirtilmiştir (Fieldner , et.al., 1930; Barkley , 1943).

Daha sonraki elemelere bakıldığında A damarı kömürleri için ikinci elemede %90.5 ve beşinci elemede de %100 arasında ortalama dağılma indeksi elde edilmiştir. Dragline panosu kömürlerinde ise üçüncü elemenin sonunda %91.6, altıncı elemenin sonunda da %100 oranında dağılma olduğu görülmüştür. B damarı kömürlerinin diğer iki kömür damarına göre daha az dağılabilir olduğu görülmektedir, nitekim beşinci elemenin sonunda ortalama indeks %90.6 olurken, altıncı elemede de %93.5 olarak gerçekleşmiştir.

Her üç kömür damarı için yapılan dört ayrı deneyin sonuçlarının irdelenmesinde standart sapmalar ve değişim katsayıları hesaplanmış ve elde edilen değerlerde Çizelge 4.20'de görüleceği gibi, çok büyük sapma ve değişiklik gözlenmemiştir.

Kömürlerin açık havada dağılabilirliklerine, ıslanma ve kuruma sırasında kömür parçalarının yüzeyleri ile iç kısımları arasında oluşan farklı gerilmelerin neden olduğu belirtilmişitir (Ateşok, 1986; Fieldner, et.al., 1930). Islak bir kömür parçası havada kurumaya bırakıldığında yüzeyinde rutubet kaybetmeye başlar. Parçanın yüzeyi kurudukça iç kısımlardaki rutubet yüzeye doğru hareket ederek kaybolan rutubetin yerini almaya çalışır. Aynı şekilde kuru bir kömür parçası ıslandığında parça yüzeyinden iç kısımlara doğru rutubet akışı başlar. Eğer yüzeydeki rutubet kaybı veya kazanımı rutubetin yüzeye gelişinden veya yüzeyden iç kısımlara gidişinden daha hızlı olursa, yüzey iç kısımlara nazaran daha hızlı büzülür yada genleşir. Böylece yüzeyde gerilmeler oluşur, bunun

sonucunda kömür kendiliğinden çatlayarak dağılır. Kömürlerin bünyelerindeki bu rutubet hareketlerindeki farklılık, mineralojik yapılarının incelenmesi ile anlaşılabilir.

Şekil 3.1; 3.2 ve 3.3'te kömür damarlarının stampları verilmiştir. Her üç kömür damarının stamplarında yapılan incelemede kömür ve çeşitli kil bandlarının birbirlerini takip ettiği görülmektedir. Kömür damarlarının içerisinde de çok sayıda ince kil bandlarının olduğu belirlenmişiti. Özellikle A damarı kömürlerinde tüm kömür bandları içerisinde çok sayıda ince kil bandlarının olduğu görülmektedir. Yapılan ölçümlerde A damarının %55'inin kömür, %45'inin çeşitli ara kesmelerden; B damarının %81'inin kömür, %19'unun çeşitli ara kesmelerden; Dragline panosundaki kömür damarının da %76'sının kömür, %24'ünün ara kesmelerden oluştuğu saptanmıştır. Ancak burada verilen ara kesme miktarları kömür içerisindeki ince kil bandlarını içermemektedir.

Kömür damarlarının stamplarında yapılan bu incelemeden sonra stamplarda kömür olarak gösterilen bandlardan alınarak hazırlanan parlatma bloklarında yapılan mineralojik incelemelerde kömürün kendi içerisinde de bandlı bir yapı gösterdiği saptanmıştır.

A damarı kömürleri için hazırlanan parlatma bloklarından çekilen fotoğraflar Şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. Fotoğraflarda tek nikolde açık sarı, aynı pozun çift nikolde çekilen fotoğrafında siyah renkte görülen kısımları kömürü göstermektedir. Kömürün yanında band halinde kalsit damarcığı, ayrıca kalsit taneleri açık mavi ve beyaz renkte görülmektedir. Kil ise açık ve koyu kahve renginde hem bandlı hemde kömür taneleri arasında çimento maddesi olarak görülmektedir, ayrıca fotoğraflarda çok ince pirit tanelerinin dissemine halde dağıldığı gözlenmektedir.

B damarı kömürleri için hazırlanan parlatma bloklarından çekilen fotoğraflar Şekil 4.21 ve 4.22'de verilmiştir. Fotoğraflarda kömür tanelerinin

sınırları düzensiz bir bandlı yapı gösterdiği aralarda ise kil ve kalsitin çimento maddesi olarak bulunduğu görülmektedir. Ayrıca ince pirit tanelerininde yapı içerisinde düzensiz bir şekilde dağıldığı gözlenmektedir.

Dragline panosu kömürleri için hazırlanan parlatma bloklarından çekilen fotoğraflarda da kömür tanelerinin kil , kalsit çimento maddesi içerisinde ince pirit tanelerininde düzensiz bir şekilde dağıldığı saptanmıştır (Şekil 4.23; 4.24 ve 4.25). Özellikle A damarı ve Dragline panosu kömürleri için çekilen fotograflarda kömürleşmemiş organik madde kalıntılarına da rastlanmaktadır. Yapılan tüm miroskobi çalışmalarında kömürlerdeki pirit içeriğinin tamamen çok ince taneciklerden oluştuğu ve dissemine halde bulunduğu saptanmıştır. Saptanan en iri pirit tanelerinden birisi dragline panosu kömürleri içerisinde yaklaşık 3 mikron büyüklüğündedir ve Şekil 4.25'te görülmektedir.

Seyitömer kömürlerinde, yapılan mineralojik incelemelerde kömür ve inorganik maddelerin iç içe olduğu saptanmıştır. Açık havada yüksek dağılabilirlik özelliği göstermesinin nedenlerininde bu iç içelik olduğu düşünülmektedir. Kömürün içerisindeki kil ve kalsit taneciklerinin kömürden farklı su emme ve su kaybetme özellikleri gösterecekleri açıktır. Kömür rutubetini kilden daha çabuk kaybettiği için kil ve kalsit matrisi içerisinde yer alan kömür taneleri büzülerek çatlamakta ve kendiliğinden dağılmaktadır. Kil daha çabuk ve daha çok su emdiği için ayrıca şişme özelliğide gösterdiğinden etrafındaki kömür tanelerini çatlatmakta ve kömürün dağılmasına neden olduğu sanılmaktadır.

5.3 Otisca Prosesi Deneyleri

Seyitömer kömürlerinin yıkanabilirlik özelliklerinin araştırıldığı yüzdürme - batırma deneyleri sonucunda bu kömürlerin güç veya çok güç ayırma koşulları altında, ancak ağır ortam ayırması ile zenginleştirilebileceği saptanmıştır. Ayrıca açık havada dağılabilme özelliklerinin araştırıldığı deney sonuçlarında da

Seyitömer kömürlerinin su içerisinde bekletilip tekrar kurutulması durumunda çok dağılgan özelllik gösterdikleri belirlenmişti. Bu durumda Seyitömer kömürlerinin ancak kuru yöntemler ile ve sadece ağır ortam ile zenginleştirilebileceği açıktır. Ancak kuru kömür zenginleştirme yöntemlerinin ikinci bölümde anlatıldığı gibi uygulanması zor ve kısıtlı olduğu düşünülürse ayrıca ağır ortam ayırmalarında kuru yöntem olmadığı için, önümüzde seçenek olarak sadece Otisca Prosesi kalmaktadır. İkinci bölümde açıklandığı gibi susuz bir ağır ortam zenginleştirmesi olan proseste etkili olan değişkenler tek tek incelenmiş ve elde edilen sonuçlar bu bölümde irdelenmiştir.

Pülp yoğunluğunun etkisi:

Pülp yoğunluğunun etkisinin araştırıldığı deneylerde ağırlık/hacim oranında belirlenen pülp yoğunlukları %20 - %50 arasında değiştirilmiş ve en uygun sonuçlar her üç kömür damarı içinde %25 olarak bulunmuştur (Şekil 4.36 ve Çizelge 4.21; 4.22; 4.23). Düşük pülp yoğunluklarında hem kükürt hemde kül yüzdelerinde çok küçük düşmeler görülürken, yanabilir verimde de düşmeler olmuştur. Ancak pülp yoğunluğundaki artış hem kül hem de kükürt oranında önemli yükselmelere neden olmuştur. Elde edilen temiz kömürün alt ısıl değerinde de azalmalar görülmüştür. Yapılan bir araştırmada statik ağır ortam banyolarında belirli bir pülp yoğunluğuna kadar proses performansı artarken, pülp yoğunluğundaki daha fazla artışların mineral tanelerinin hidrodinamik davranışlarını ters yönde etkilediği ve proses performansını düşürdüğü belirlenmiştir. Bunada, ağır ortam içerisindeki mineral konsatrasyonunun hacimce artması sonucu tanelerin terminal hızlarındaki düşüşlerin neden olduğu belirtilmiştir, (Whitmore, 1958; et.al., 1965). Deneylerde elde edilen sonuçların, Literatürde belirtilen sonuçlar ile oldukça uyumlu olduğu açıkça görülmektedir.

İnce tanecik (- 0.5 mm) miktarının etkileri:

Besleme içerisindeki ince tane miktarının ağır ortam zenginleştirmesi üzerinde önemli etkileri olduğu çok önceden beri bilinmektedir (Ottley, 1986; Somasundaran, 1986; Burt, 1984 ve Whitmore, 1958). Çok ince taneler ağır ortam içerisinde bulunduklarında ağır ortam vizkozitesini arttırarak çökmeye karşı olan direncin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca ince tanelerin çökme için geçen süreleri daha fazla olduğundan ağır ortamda bekleme süresinin arttırılması gerekebilir (Keller, et.al., 1981).

Besleme içerisindeki -0.5 mm malzeme miktarının Otisca Prosesinin performansına etkisi araştırılmış ve sonuçlar Şekil 4.27 ve Çizelge 4.24; 4.25; 4.26'da verilmiştir. İnce malzemenin olmadığı yani -100+0.5 mm fraksiyonunda en uygun sonuçlar elde edilmiştir. Ortamda ince tane miktarı arttıkça sonuçlarında olumsuz etkilendiği görülmüştür. A damarı kömürleri için %0 ince malzeme miktarında kül oranı %23.9' den %40 ince malzeme miktarıda %31.8'e yükselirken, AID 2760' dan 2350 kcal/kg'a düşmüştür; B damarı kömürleri için kül oranı %21.5'den %30.7'ye yükselmiş, AID 3132'den 2597 kcal/kg'a düşmüştür; Dragline panosu kömürleri için ise kül oranı %24.7'den %32.1'e yükselmiş, AID 2840' dan 2423 kcal/kg'a düşmüştür. Toplam kükürt içeriklerinde bir değişiklik belirlenmemiştir. Yapılan deneylerde 2 dakika olan bekleme süresinin; özellikle %20 ve %40 oranında -0.5 mm malzeme içeren deneylerde yetersiz kaldığı ve çok miktarda yeterince çökelmemiş ince malzeme bulunduğu gözlenmiştir. Bunun üzerine bekleme süresini 4 dakikaya çıkararak bir seri daha deney yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.28 ve Çizelge 4.27; 4.28 ve 4.29'da verilmiştir. % 0, 5 ve 10 oranında ince malzeme içeren deneylerde önemli bir farklılık gözlenmezken, %20 ve 40 oranında ince malzeme içeren deneylerde elde edilen yüzen malzeme miktarlarında % 12'ye varan farklılıklar olmuştur. % kül içerikleri açısından incelendiğinde de 4 dakikalık bekleme süresinde elde edilen sonuçlarda önemli iyileşmeler görülmüş %8'e varan düşmeler tespit edilmiştir. Bunun nedeninin ise; Literatürde belirtildiği gibi ince

tanelerin ağır ortam vizkozitesini arttırarak çökelmeyi yavaşlattığı ve ince malzemelerin kendi çökme hızlarının düşük olması, olabileceği düşünülmektedir.

Yüzey rutubetinin etkisi:

Otisca prosesinde en önemli değişkenlerden birinin kömürün yüzey rutubetinin olduğu literatürde belirtilmiştir (Keller, et.al., 1981; Couch, 1971 Keller,1982 ve Keller, 1978). Hidrofobik bir ağır sıvı olan Trikloraflorametan ve dikloratrifloraetan su ile karışmadığı için yüzey rutubetin fazla olduğu durumlarda beslenen malzemelerin büyük bir kısmının yüzeyde aglomera olmuş bir şekilde tutularak yüzdüğü literatürde açıklanmıştır. Yapılan deneylerde de numunelerin yüzey rutubetleri havada kuru kömür yani %0 dan %15' e kadar değiştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.29 ve Çizelge 4.30; 4.31 ve 4.32' de verilmiştir. Şekil ve çizelgelerden görüldüğü gibi yüzey rutubeti arttıkça seçimliliğin kaybolduğu ancak iri inorganik maddelerin batarken diğer inorganik maddelerin kömür ile beraber yüzeyde toplanıp aglomeralar oluşturdukları gözlenmiştir. Havada kuru kömürde ve %5 yüzey rutubeti içeriğinde normal zenginleşme görülürken %15 yüzey rutubetinde zenginleşmenin olmadığı kül oranının A damarı kömürleri için %35.2 , B damarı kömürleri için %27.9 ve dragline panosu kömürleri için ise %31.7 olarak gerçekleştiği saptanmıştır. Buna bağlı olarak alt ısıl değerde de önemli kayıplar görülmektedir.

Aerosol OT - 100 miktarının etkisi:

Otisca prosesinde kullanılan yüzey aktif reaktiflerin hidrofobik mineral yüzeyindeki yüzey rutubetini oluşturan su filmini yüzeyden uzaklaştırarak hidrofilik mineral yüzeylerine aktardığı belirtilmiştir (Keller, et.al., 1981 ve Keller, 1982). Yapılan bir çalışmada kullanılan Aerosol türü yüzey aktif bir reaktifin ayırma üzerinde çok etkili olduğu belirtilmiştir (Maronde, 1988). Bu çalışmada

yüzey aktif reaktif olarak Aerosol OT-100 kullanılmış ve reaktifin ayırma performansına etkisinin incelendiği deneyler iki grupta yapılmıştır. İlk grupta yapılan deneylerde "Havada Kuru Kömür" kullanılmıştır. Reaktifin hiç kullanılmadığı deneylerde havada kuru kömür olmasına karşın yinede kül ve kükürt oranında önemli artışlar gözlenmiştir. Yüzen miktarda da yaklaşık %3 oranında artış olurken alt ısıl değerde düşmeler görülmüştür. Buna neden olan etkilerin başında, yüzey rutubeti sıfır olarak kabul edilmesine karşın iç kısımlarından yüzeye doğru rutubet akışının olması ve yüzey rutubetinin aslında hiçbir zaman sıfır olmadığı, gelmektedir. Her üç kömür damarı için de optimum sonuçlar 1 kg/ton reaktif dozajında elde edilmiş, reaktif dozajının daha fazla artması sonuçları etkilememiştir Şekil 4.30 ve Çizelgeler 4.33; 4.34 ve 4.35.

Yapılan ikinci grup deneyde ise "Orjinal Kömür" kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.31 ve Çizelgeler 4.36; 4.37 ve 4.38'de verilmiştir. Reaktifin kullanılmadığı deneylerde her üç kömür damarı içinde kömür numunesinin önemli bir miktarı ağır sıvı yüzeyinde aglomeralar halinde birikmekte, karıştırma şiddeti ile sıvı içerisinde kısmen dağılmaktadır. Ancak yinede zenginleşme yetersizdir; kül ve kükürt oranları yüksek, alt ısıl değer ise düşük olarak elde edilmiştir. Aerosol OT-100 miktarının artışı zenginleştirmeyi olumlu yönde etkilemiştir. Ancak havada kuru kömür ile yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar hiçbir zaman elde edilmemiştir. A damarı kömürleri için yapılan deneylerde 2.0 kg/ton reaktif kullanıldığında en iyi sonuçlar elde edilirken, B damarı ve Dragline panosu kömürleri için 1.5 kg/ton reaktif dozajında en uygun sonuçlar elde edilmiştir. Reaktif miktarının artışı kül ve kükürt oranında daha fazla iyileşmelere neden olmamaktadır.

Ön kıvamlandırma süresinin etkisi:

Otisca prosesinde ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisinin incelendiği deney sonuçları Şekil 4.32 ve Çizelgeler 4.39; 4.40 ve 4 .41'de verilmiştir. Kısa ön kıvamlandırma sürelerinde beslenen malzemenin

ağır sıvı içerisinde yeterince dağılmadığı ve ince tanelerin daha büyük taneler üzerine yapıştığı gözlenmiş; böylece, yüzen malzeme miktarının fazla olduğu belirlenmiştir. Ancak 1.5 dakikalık ön kıvamlandırma süresinde kül, kükürt ve AID değerlerinde yeterince zenginleştirme görülmüştür. Daha uzun ön kıvamlandırma süresinde de buna yakın sonuçlar elde edilmiş, sürenin daha fazla artmasının zenginleştirme üzerinde daha fazla etkili olmadığı belirlenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi numunenin yüzey rutubeti "sıfır" olarak kabul edilmesine karşın yüzeyde su filminin az da olsa bulunduğu, ön kıvamlandırma sırasında kullanılan yüzey aktif reaktif ile yüzeyden uzaklaştırıldığı tesbit edilmiştir. Kısa ön kıvamlandırma sürelerinde yüzey aktif reaktif, kömür yüzeyindeki su filmini etkin bir şekilde uzaklaştıramamış ve böylece ince tanelerin iri taneler üzerinde yapıştıkları gözlenmiştir. Ön kıvamlandırma süresinin artması ile reaktif numune yüzeyindeki su filmini uzaklaştırarak proses performansı üzerindeki etkisini süreye bağlı olarak da göstermiştir.

Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin etkisi:

Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin otisca prosesi üzerinde önemli etkileri olduğu ikinci bölümde açıklanmıştı. Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi her üç kömür damarında da karıştırma şiddetinin düşük olduğu deneylerde beslenen malzemelerin ağır sıvı içerisinde yeterince dağılmadığı ve buna bağlı olarak temiz kömür miktarında, kül ve kükürt oranlarında önemli artışlar olduğu görülmüştür. Ancak 1250 devir/dakika ve daha yukarı karıştırma şiddetlerinde çok ince tanelerin bile ağır sıvı içerisinde yeterince dağılarak zenginleştirmenin sağlandığı gözlenmiştir Şekil 4.33 ve Çizelgeler 4.42; 4.43 ve 4.44.

Ayırma süresinin etkisi:

Ağır ortam ile zenginleştirme yöntemlerinde ayrılacak tanelerin, ağır ortamda kalma süreleri, prosesin performansı üzerinde doğrudan etki

yapmaktadır. Statik bir ağır ortam banyosunda çöken tanelere yeterince süre verilmemesi durumunda özellikle ince taneler yanlış fraksiyonlarda bulunarak temiz kömürün kül ve kükürt içeriğini arttırırken aynı zamanda alt ısıl değerini düşürmektedir. Ağır ortamda kalma süresinin etkisini belirleyen deneylerde süre 0.5 ile 4 dakika arasında değiştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.34 ve Çizelgeler 4.45; 4.46 ve 4.47'de verilmiştir. Kısa ayırma sürelerinde (30 saniye) her üç kömür damarında da temiz kömür miktarında önemli artışlar görülmüştür. Bunun nedeninin özellikle ince taneler için; bekleme süresinin yetersiz olabileceği açıktır. Buna bağlı olarak kül ve kükürt oranlarında da olumsuz artışlar tesbit edilmiştir. 1 dakikalık bekleme süresininde yetersiz olduğu elde edilen kül, kükürt ve AID değerlerinden açıkça görülmektedir. 2 dakika ve daha çok olan bekleme sürelerinde ise kül ve kükürt oranlarında düşmeler gözlenirken, uzun bekleme sürelerinde yanabilir verimde kayıplar artmıştır. 4 dakikalık bekleme sürelerinde yanabilir verimler A damarı kömürleri için %69.7; B damarı kömürleri için %76.0; Dragline panosu kömürleri için ise %77.3 olarak saptanmıştır. Bu nedenle 2 dakikalık bekleme sürelerinde elde edilen kül, kükürt ve yanabilir verimler yeterli görülerek, optimum değer olarak 2 dakikalık süre belirlenmiştir.

Ağır ortam yoğunluğunun etkisi:

Sistemde kullanılan ağır ortamın değişik sıcaklıklarda farklı yoğunluklara sahip olduğu 2. Bölümde anlatılmıştı. Bu özellikten yararlanılarak farklı yoğunluklarda kömürlerin zenginleştirilmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.35 ve Çizelgeler 4.48; 4.49; 4.50'de verilmiştir. 1.5 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklarda yapılan deneylerde normal deney koşulları uygulanırken özellikle 1.4 g/cm^3 ağır ortam yoğunluğunda yapılan deneylerde bekleme süresinin üzerine çıkılmıştır. 2 dakikalık süre sonunda ayırma banyosuna bakıldığında çökmekte olan çok miktarda tane görülmüştür ve bu taneler çökünceye kadar yaklaşık 5 dakika daha beklenmiştir. Yapılan yıkanabilirlik çalışmalar sırasında 1.4 g/cm^3 yoğunluk için hemen tüm kömür damarları ve fraksiyonlarda elde

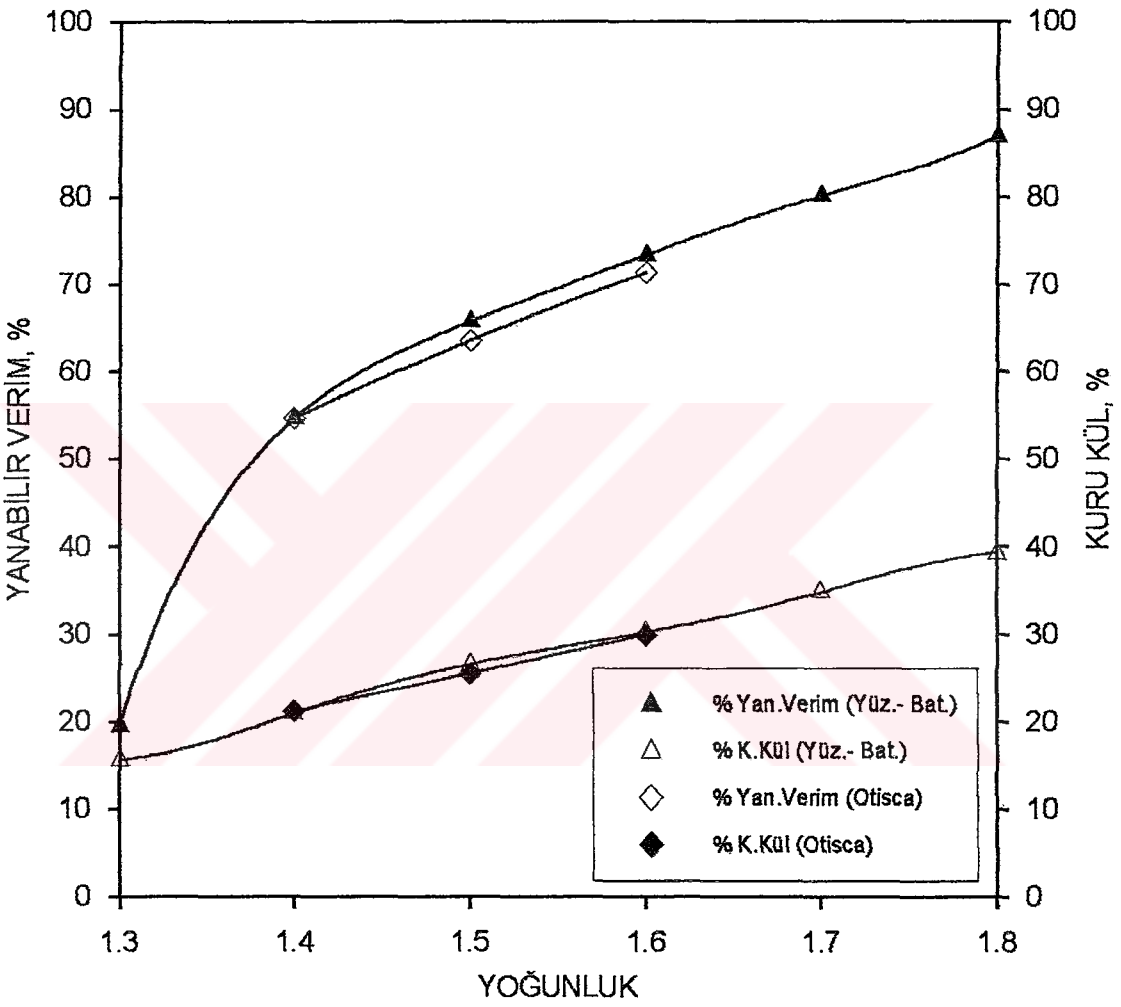
edilen ∓ 0.1 g/cm^3 yoğunluk farklarındaki malzeme miktarlarının çok fazla olduğu daha önceki bölümlerde tesbit edilmiştir. Buna bağlı olarak ayırmanın çok zor ve zaman alıcı olabileceği ilgili literatürden de örnekler gösterilerek açıklanmıştır. Yapılan deneylerde bu durum gözlenmiş ve burada elde edilen sonuçların ancak laboratuvar ölçekli deneylerde, çok yakın kontrol ile elde edilebileceği belirlenmiştir.

Boyut gruplarında yapılan otisca prosesi deneyleri:

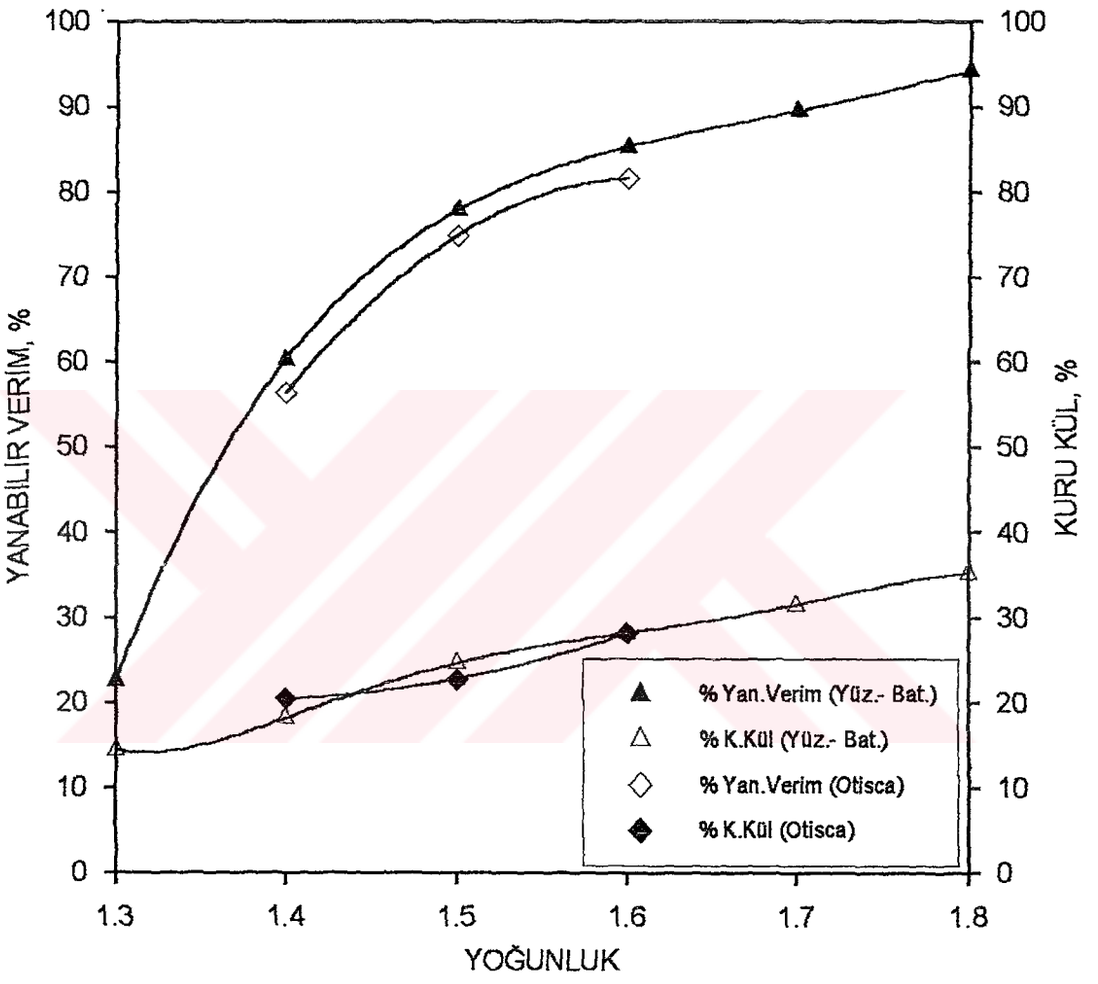
Otisca prosesinin performansını tam olarak belirleyebilmek için, yukarıda belirlenen en uygun koşullarda kömürlerin boyut gruplarında, değişik ağır ortam yoğunluklarında deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar, yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamanın sağlıklı yapılabilmesi için yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen sonuçlardan yanabilir verimler hesaplanmış, kül oranları ile beraber çizelgeler hazırlanmıştır. Hazırlanan çizelgeler A damarı kömürleri için Ek 2'de Çizelgeler 5.6; 5.7; 5.8; 5.9; 5.10 ve 5.11' de; B damarı kömürleri için Ek 2'de Çizelgeler 5.12; 5.13; 5.14; 5.15; 5.16 ve 5.17' de; Dragline panosu kömürleri için Ek 2'de Çizelgeler 5.18; 5.19; 5.20; 5.21; 5.22 ve 5.23'de verilmiştir.

A damarı kömürleri:

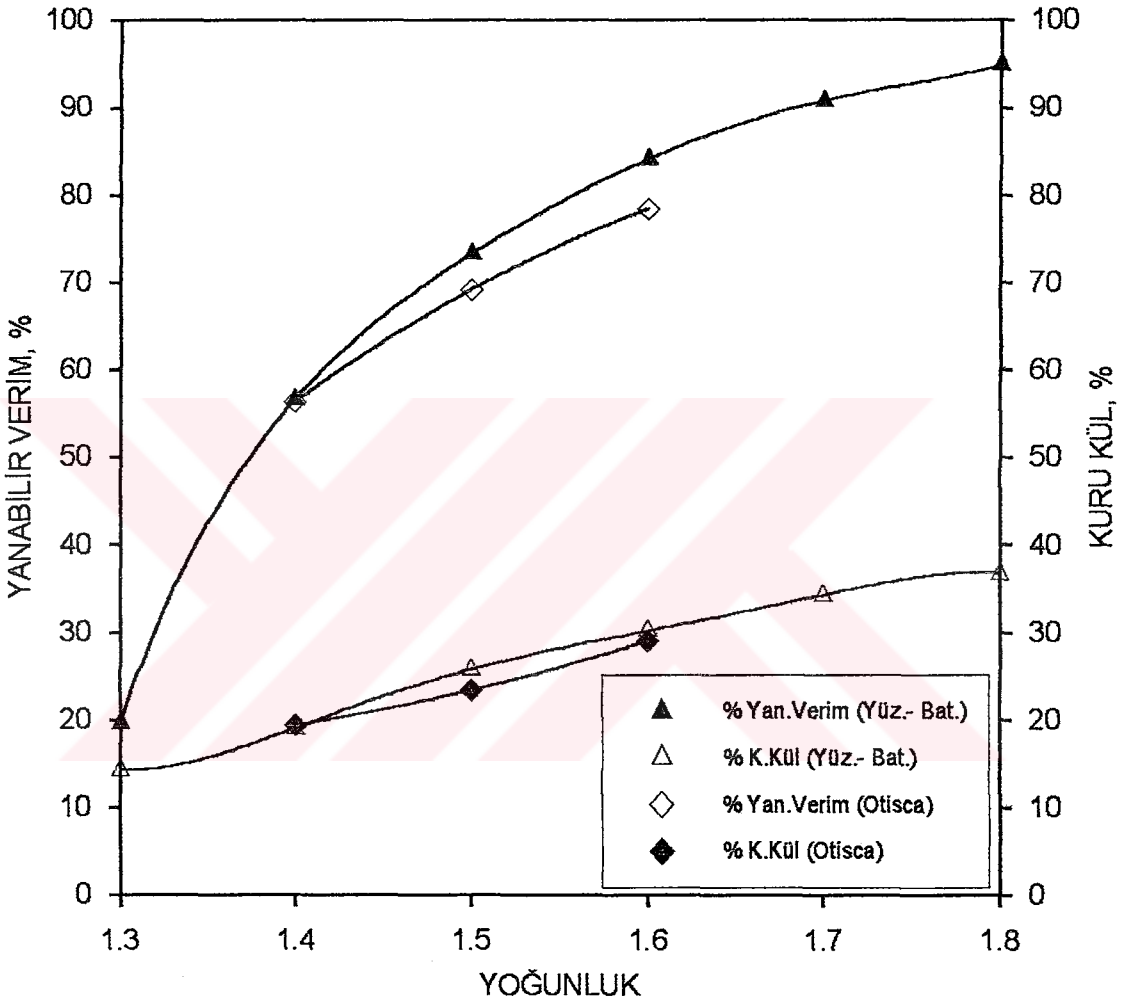
A damarı kömürleri için otisca prosesi ile zenginleştirme deneyleri -100+50; -50+18; -18+10; -10+4; -4+0.5 ve 0.5 mm fraksiyonlarında yapılmış ve her boyut grubunda 1.4; 1.5 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklarda elde edilen temiz kömürdeki kül oranları ve yanabilir verimleri grafiklerde gösterilmiştir. Aynı grafikler üzerinde; aynı boyut gruplarında yapılan yüzdürme-batırma deneylerinde elde edilen kül oranları ve yanabilir verimler de gösterilmiştir. Elde edilen grafikler Şekiller 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6 ve 5.7'de verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi boyut gruplarında elde edilen kül oranları ve yanabilir verimleri hem yüzdürme - batırma deneyleri hemde otisca prosesi için biribirine çok yakın olarak belirlenmiştir. Kül oranları 1.4 g/cm^3 yoğunluk için tüm boyut gruplarında hemen hemen aynıdır. 1.5 ve 1.6 g/cm^3 yoğunluklar için otisca prosesinde çoğunlukla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yanabilir verimlerde ise boyut gruplarında otisca prosesinde, yüzdürme - batırmaya göre daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ancak Şekil 5.7'de verilen yüzdürme- batırma deneyleri hesaben birleştirilmiş; ve otisca prosesi deneysel; sonuçlarında yanabilir verimde boyut gruplarında elde edilenden sonuçlara göre farklılık tesbit edilmiştir. Burada yanabilir verimde otisca prosesi lehine bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeninin; otisca prosesinde -0.5 mm boyutuda zenginleştirmeye dahil edilirken, yüzdürme - batırma deneylerinde bu fraksiyon şlam olarak ayrılmıştır. A damarı kömürleri için -0.5 mm fraksiyonu %7.4 olduğundan bu boyutta yüzen kısım yanabilir verimi arttırmıştır. Yanabilir verimde artış gözlenirken kül oranında boyut gruplarında elde edilen verilerden her hangi bir farklılık gözlenmemiştir.



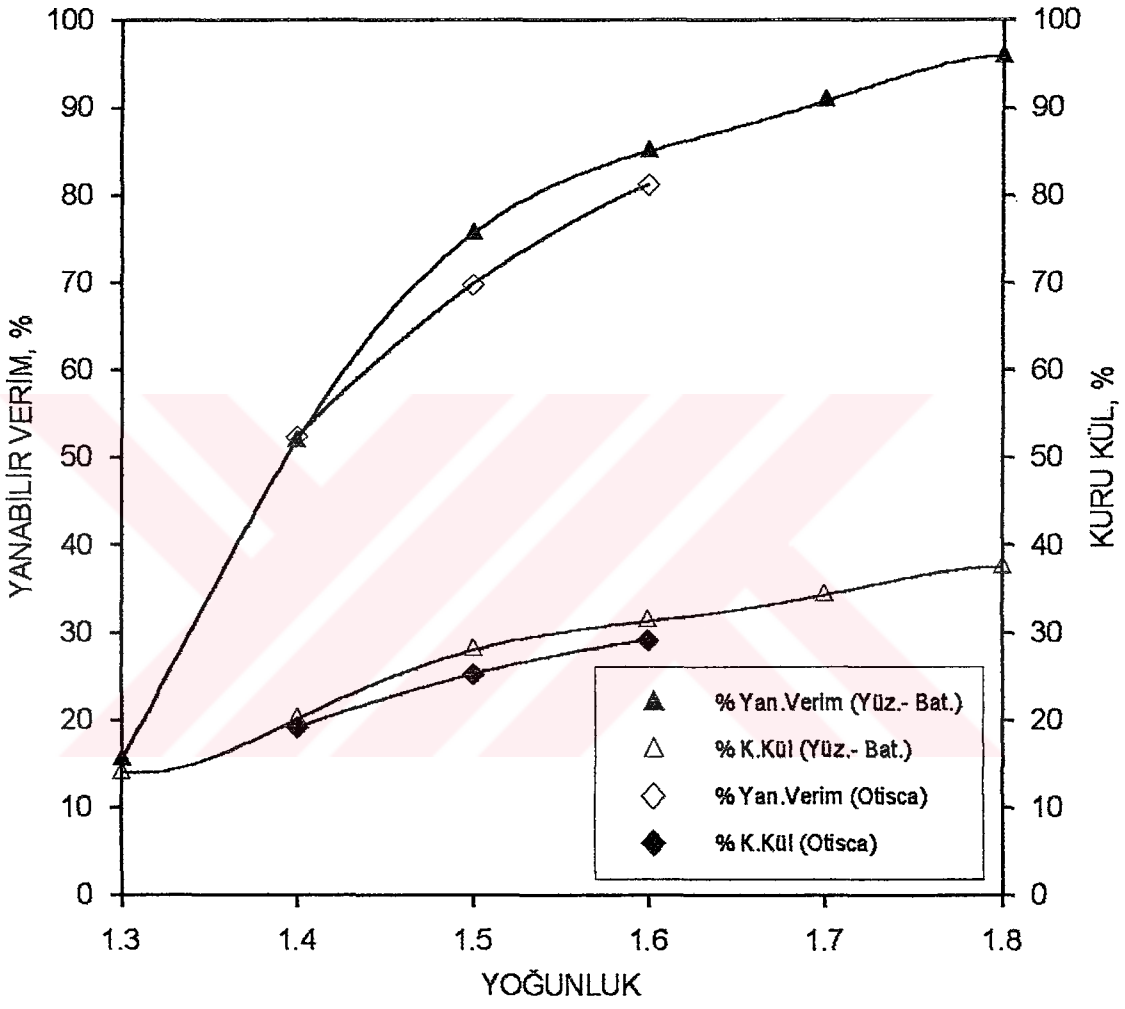
Şekil 5.1 A Damarı Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



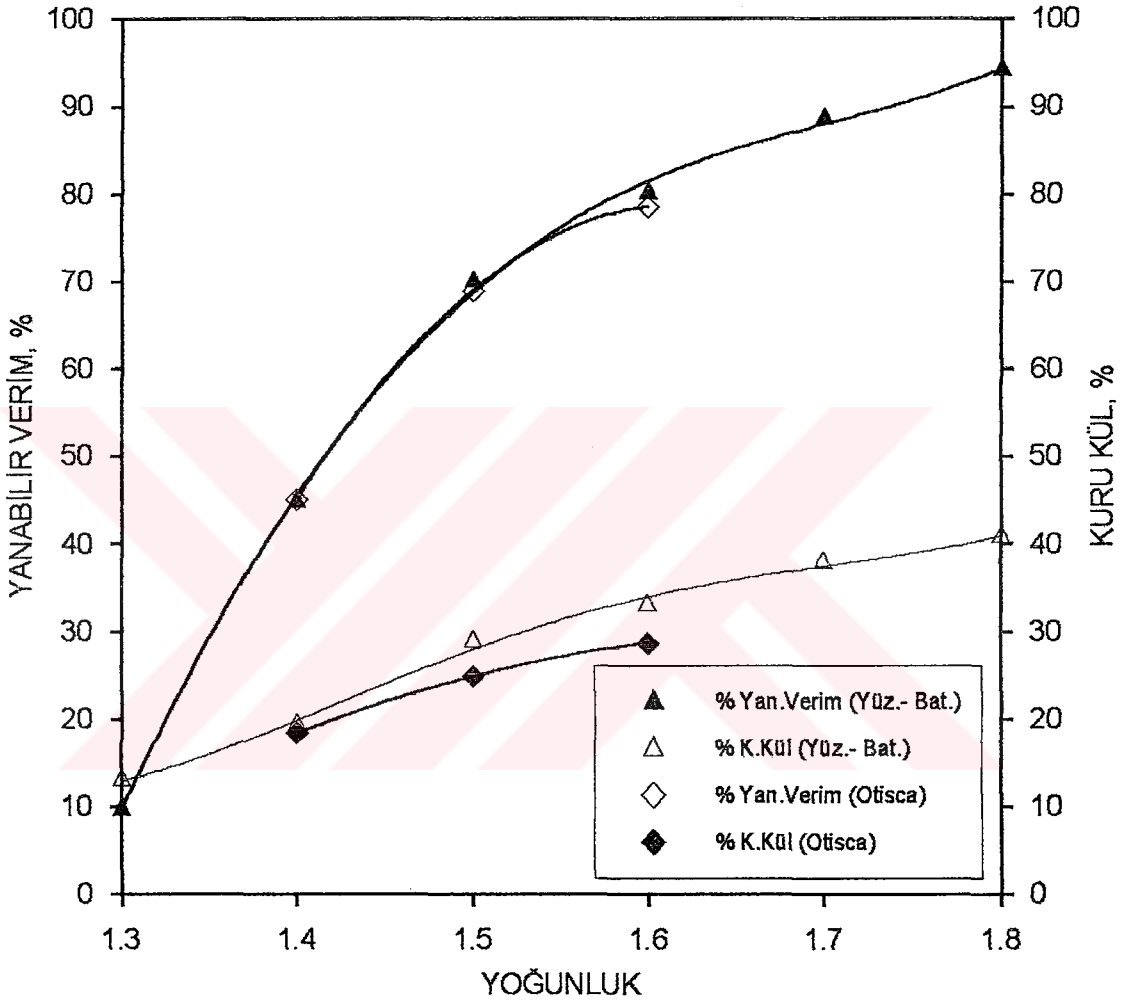
Şekil 5.2 A Damarı Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



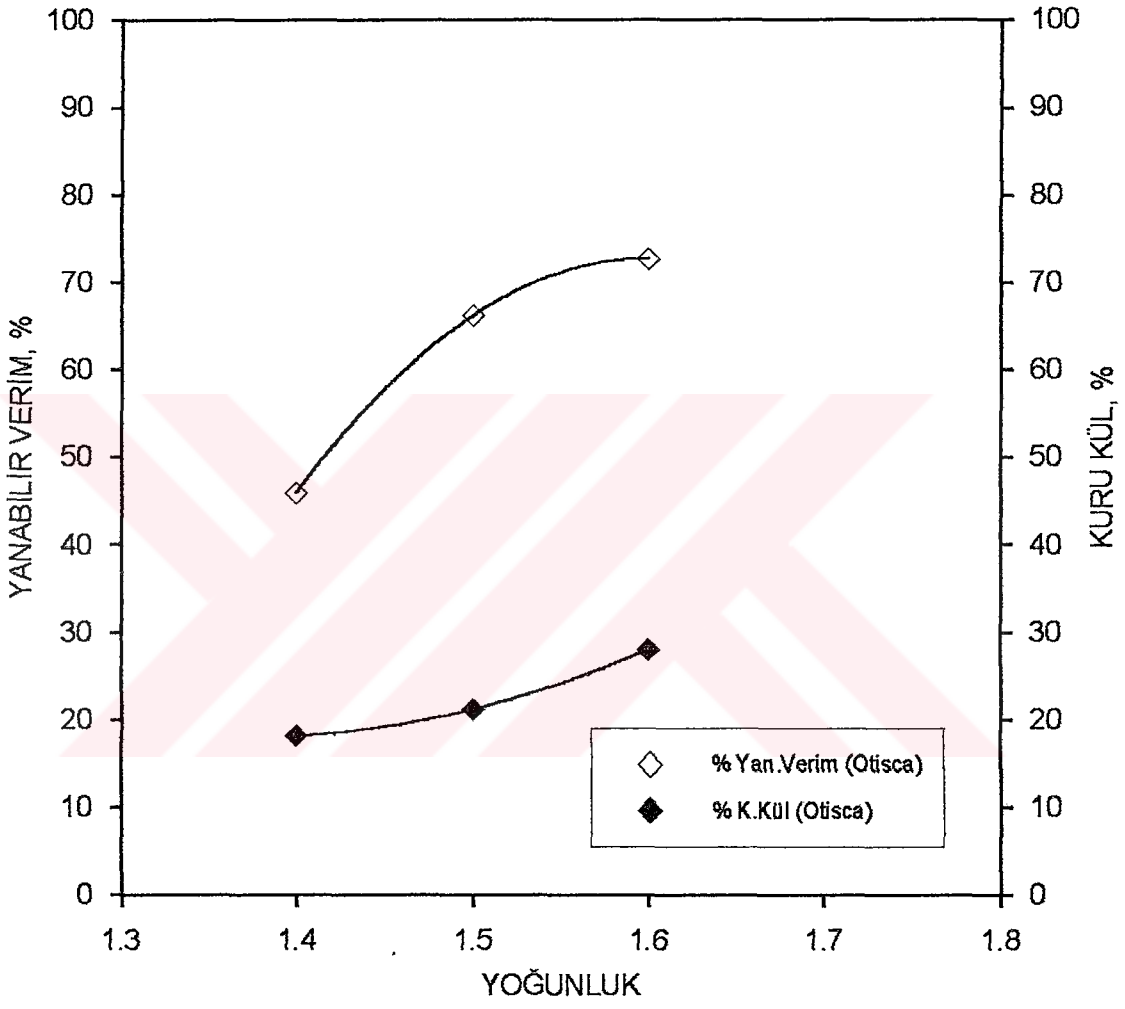
Şekil 5.3 A Damarı Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



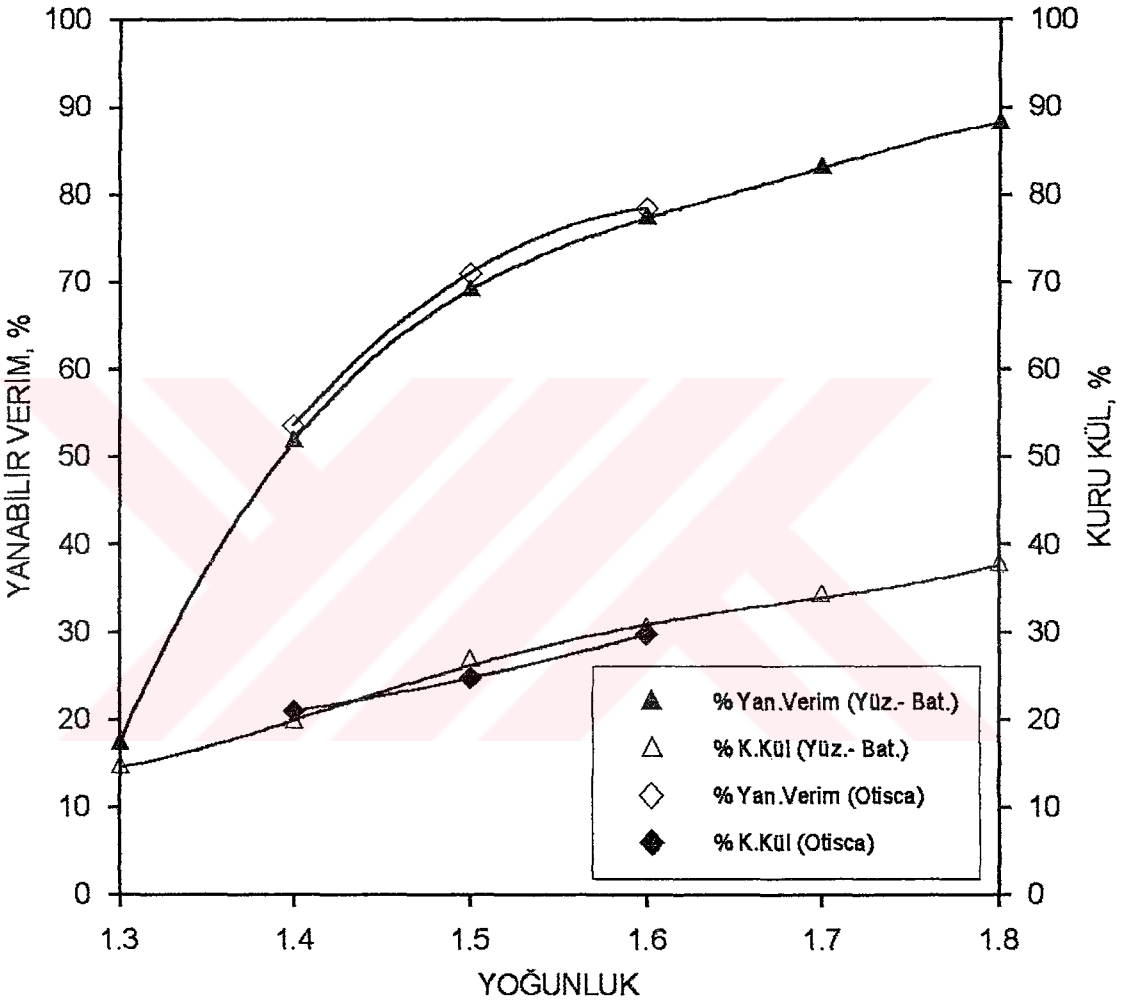
Şekil 5.4 A Damarı Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.5 A Damarı Kömürleri - 4 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



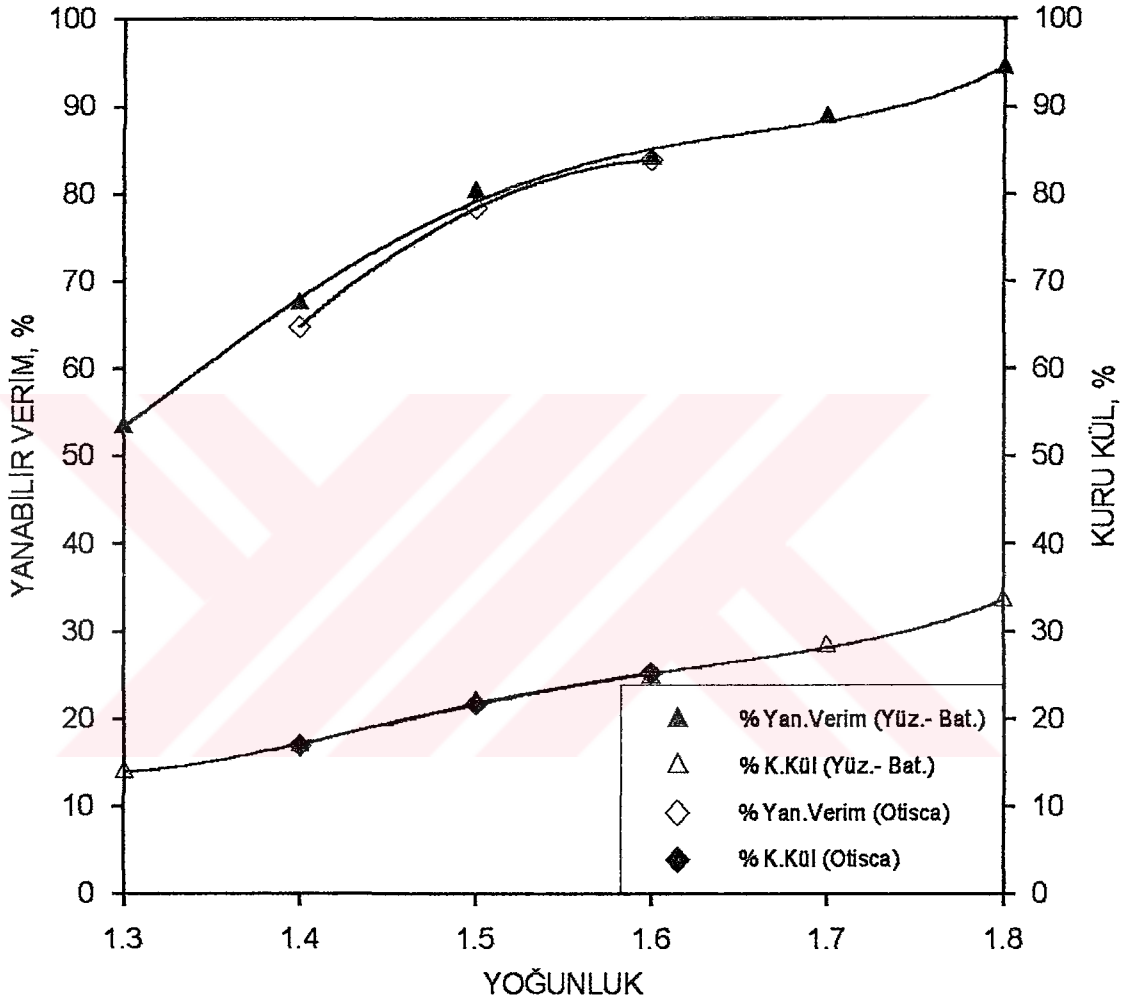
Şekil 5.6 A Damarı Kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



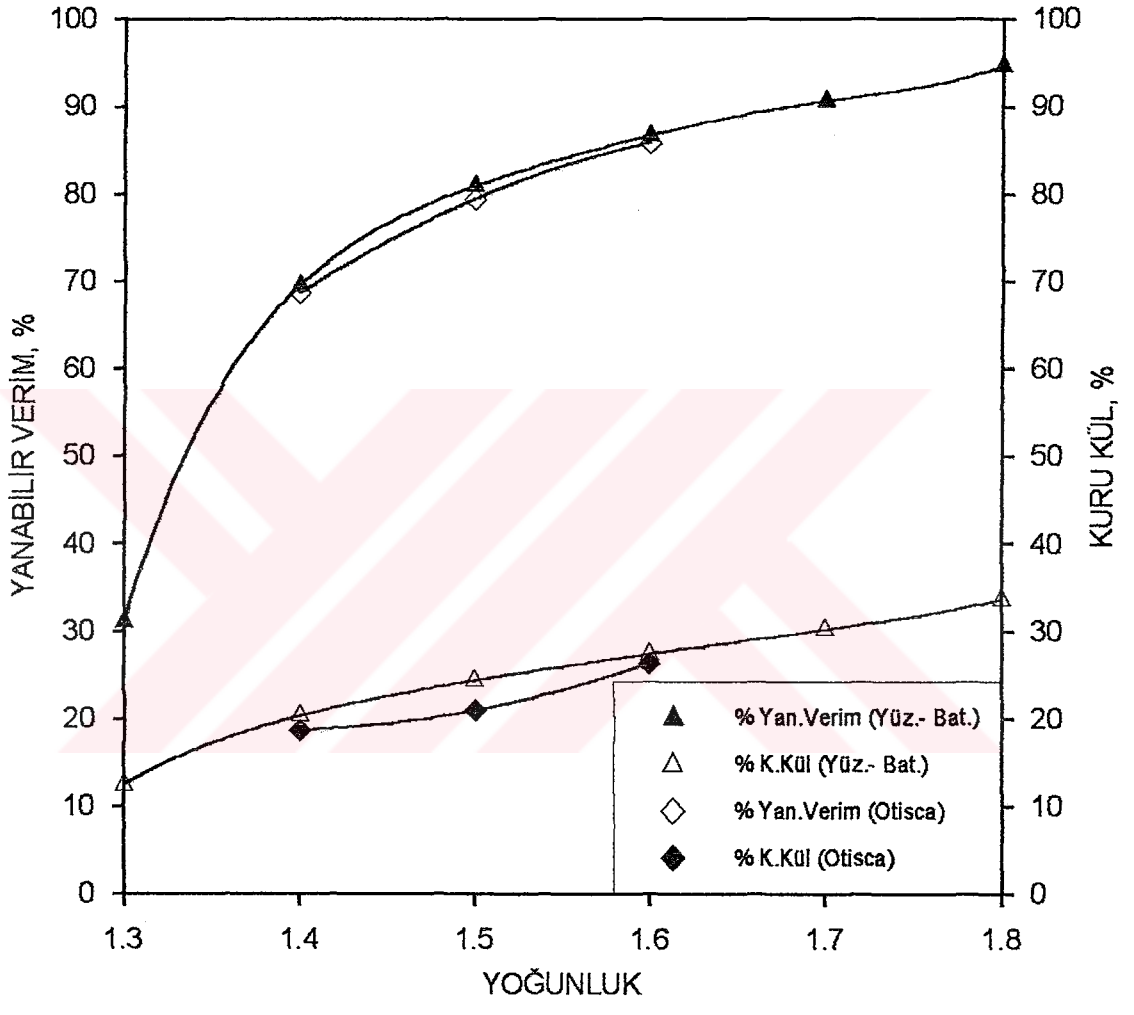
Şekil 5.7 A Damarı Kömürleri - 100 + 0 mm fraksiyonu Otisca prosesi deneysel ve - 100 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri

B damarı kömürleri:

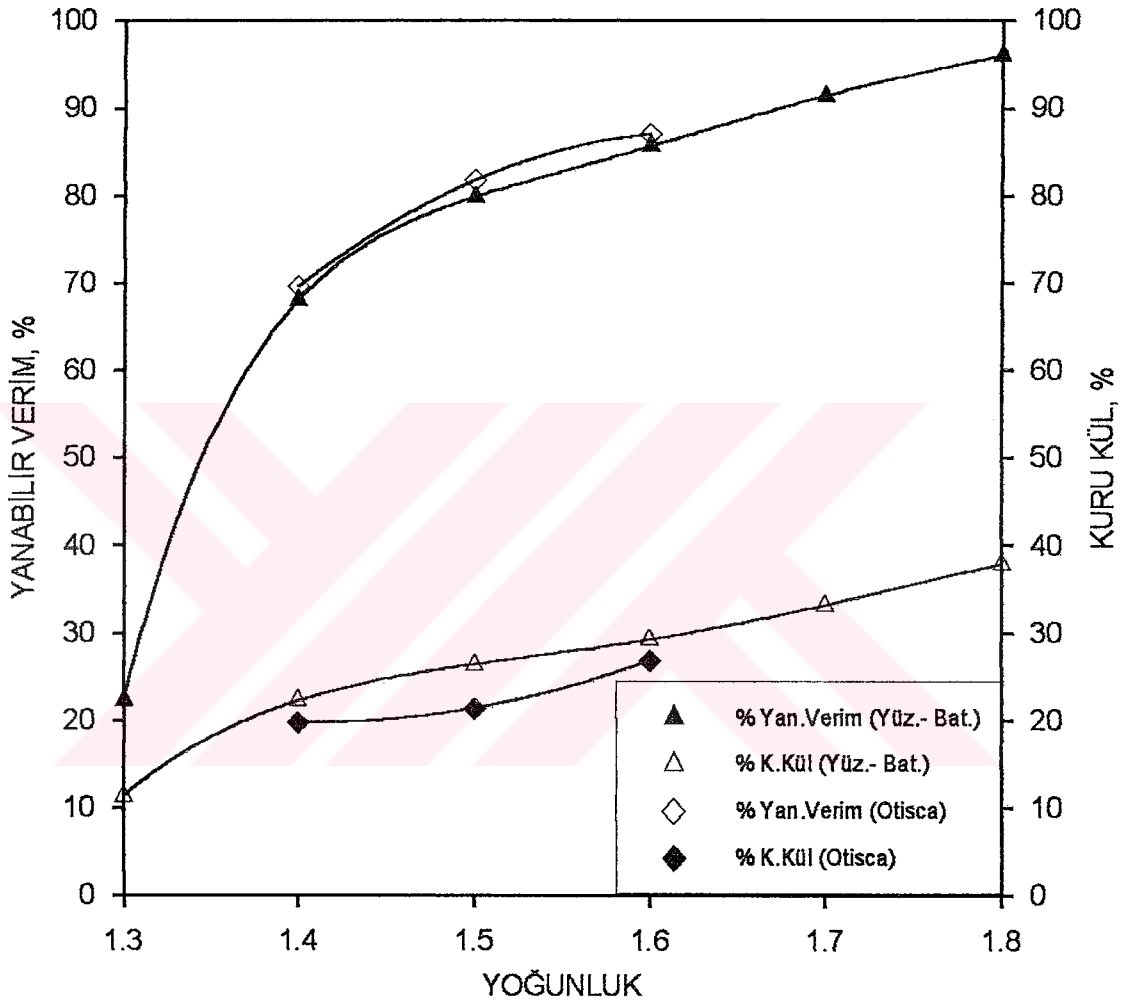
B damarı kömürleri için boyut gruplarında yapılan otisca prosesi ile zenginleştirme deneylerinde farklı yoğunluklarda elde edilen yanabilir verim ve kül oranları Şekiller 5.8; 5.9; 5.10; 5.11; 5.12; 5.13 ve 5.14'te gösterilmiştir. Aynı grafikler üzerinde; yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen kül oranları ve yanabilir verimlerde gösterilmiştir. Şekil 5.8'de görüleceği gibi iri boyut grubunda (-100+50 mm) tüm yoğunluklarda hem yüzdürme- batırma, hemde otisca prosesinde birbirine çok yakın kül oranları elde edilmişitr. Buna karşılık yanabilir verimlerde otisca prosesi daha düşük değerler vermiştir. Ancak kömürün boyut grubu inceldikçe kül oranları otisca prosesinde yüzdürme - batırmadan daha iyi sonuçlar verdiği aynı zamanda yanabilir verimde de otisca prosesi lehine düzelmeler olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ağır ortam vizkozitesinin düşük olması ve böylece çok ince inorganik madde taneciklerinin çökerek kül oranını düşürdüğü ve buna bağlı olarak yanabilir verimde de artış olduğu söylenebilir. Şekil 5.14' te verilen grafikte ise otisca prosesinde deneysel olarak -100+0 mm boyutunda elde edilen veriler ile yüzdürme-batırma deneylerinden teorik olarak hesaplanan sonuçların kıyaslanması yapılmaktadır. Şekilden görüldüğü gibi otisca prosesi hem kül oranı hemde yanabilir verim açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Kül oranında sonuçların iyi olmasına; ağır ortamın düşük vizkozitesi sonucu çok ince inorganik maddelerin kolaylıkla batarak ayrılmasının neden olduğu sanılmaktadır. Yanabilir verimdeki fazlalığın nedeninin ise; otisca prosesinde - 0.5 mm boyutu zenginleştirmeye dahil edildiği için bu fraksiyondan elde edilen temiz kömürün verimi arttırdığı düşünülmektedir.



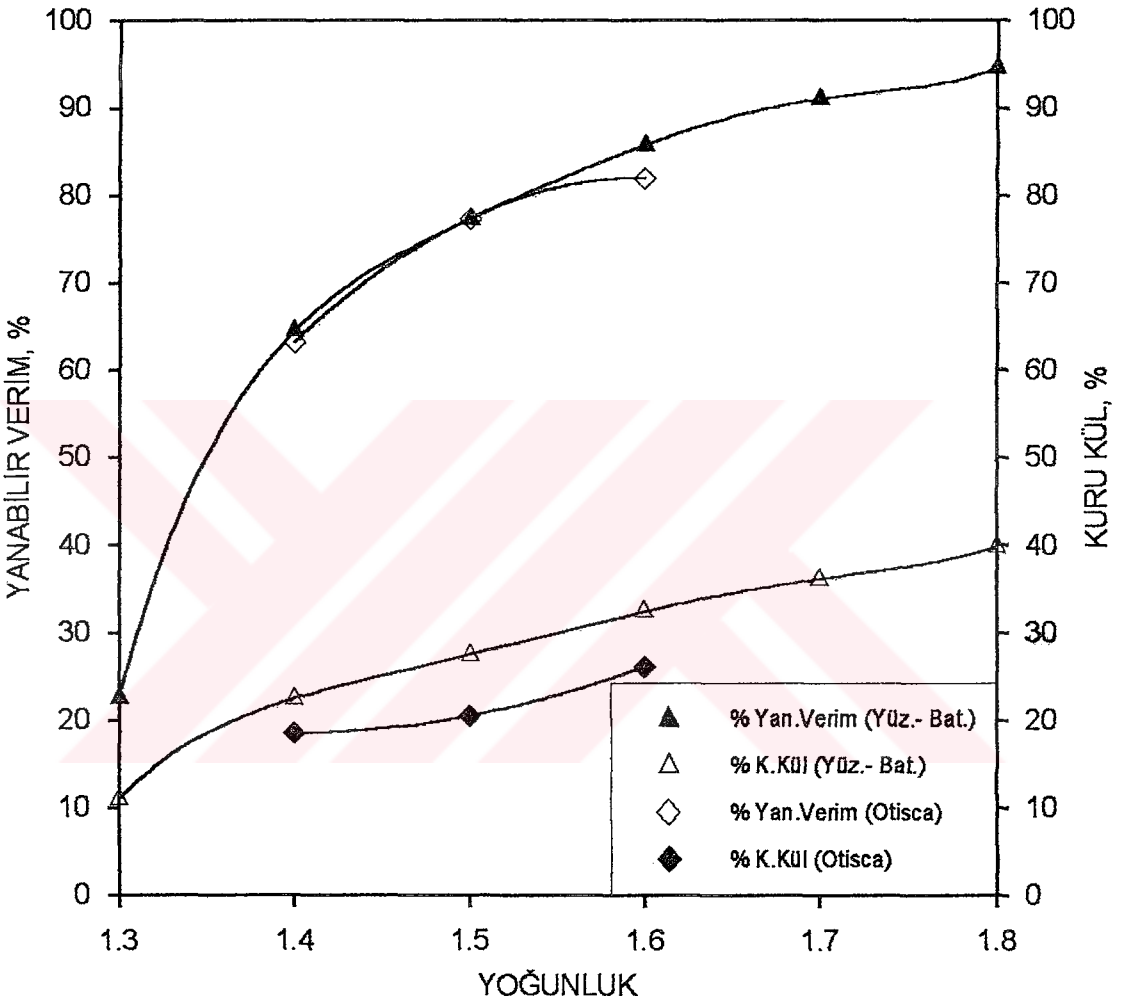
Şekil 5.8 B Damarı Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme-batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



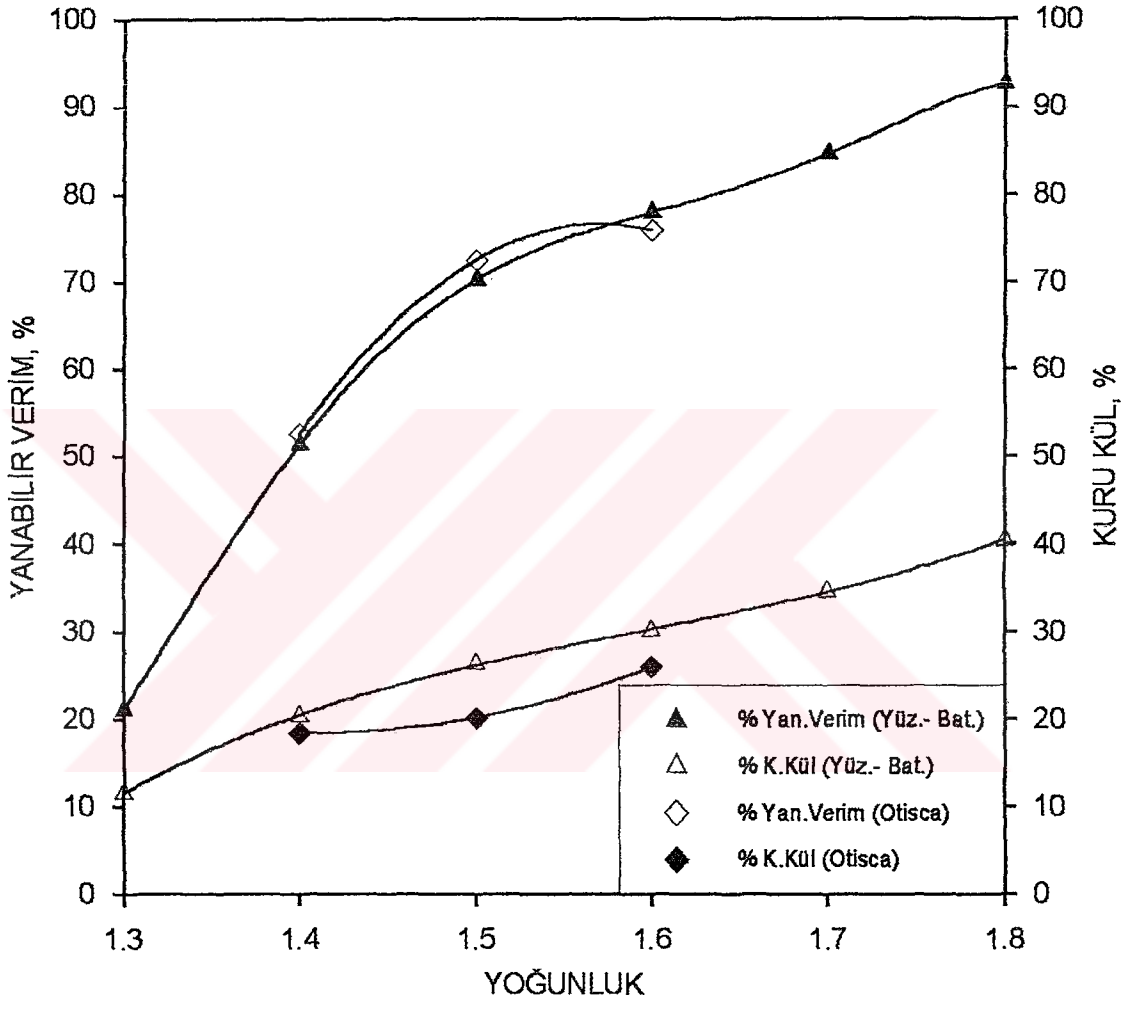
Şekil 5.9 B Damarı Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



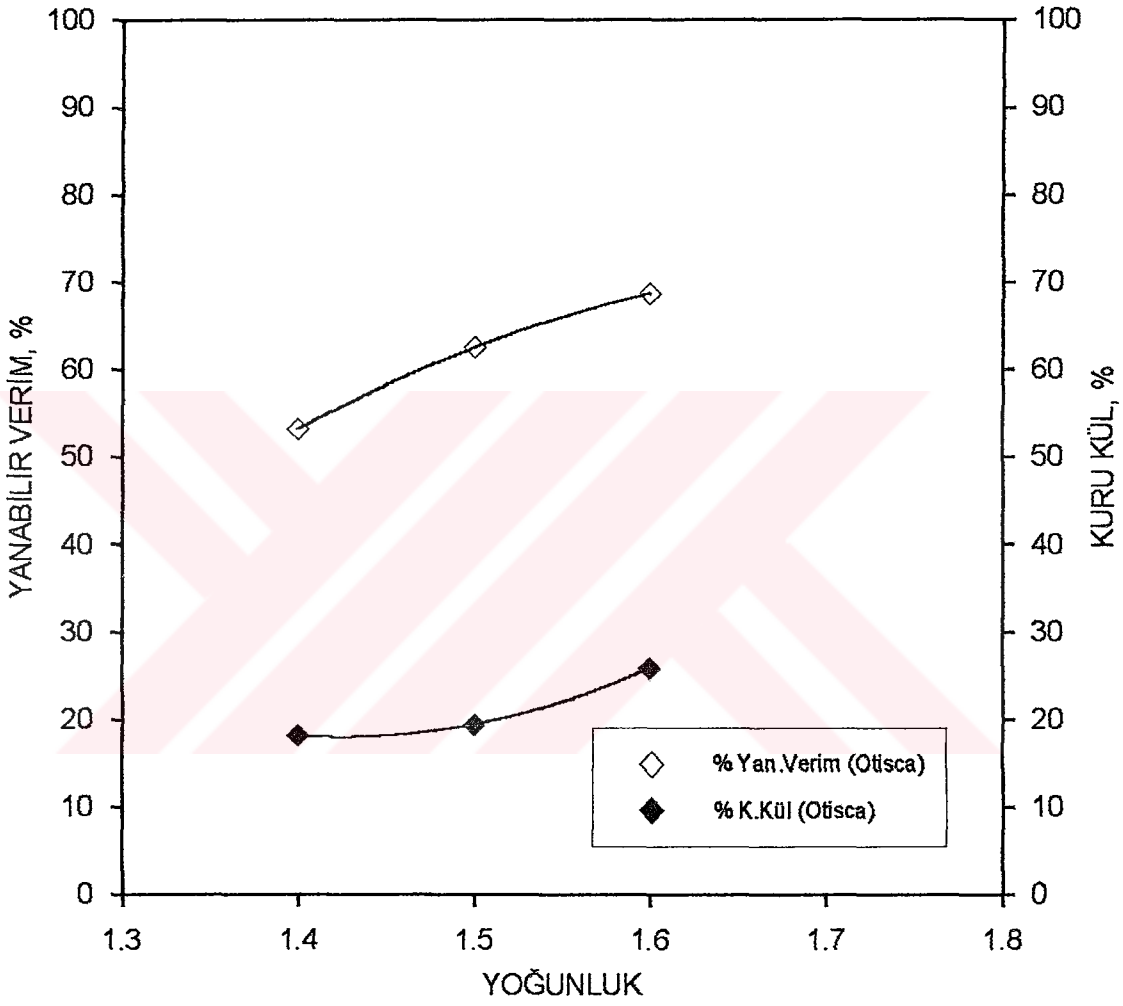
Şekil 5.10 B Damarı Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



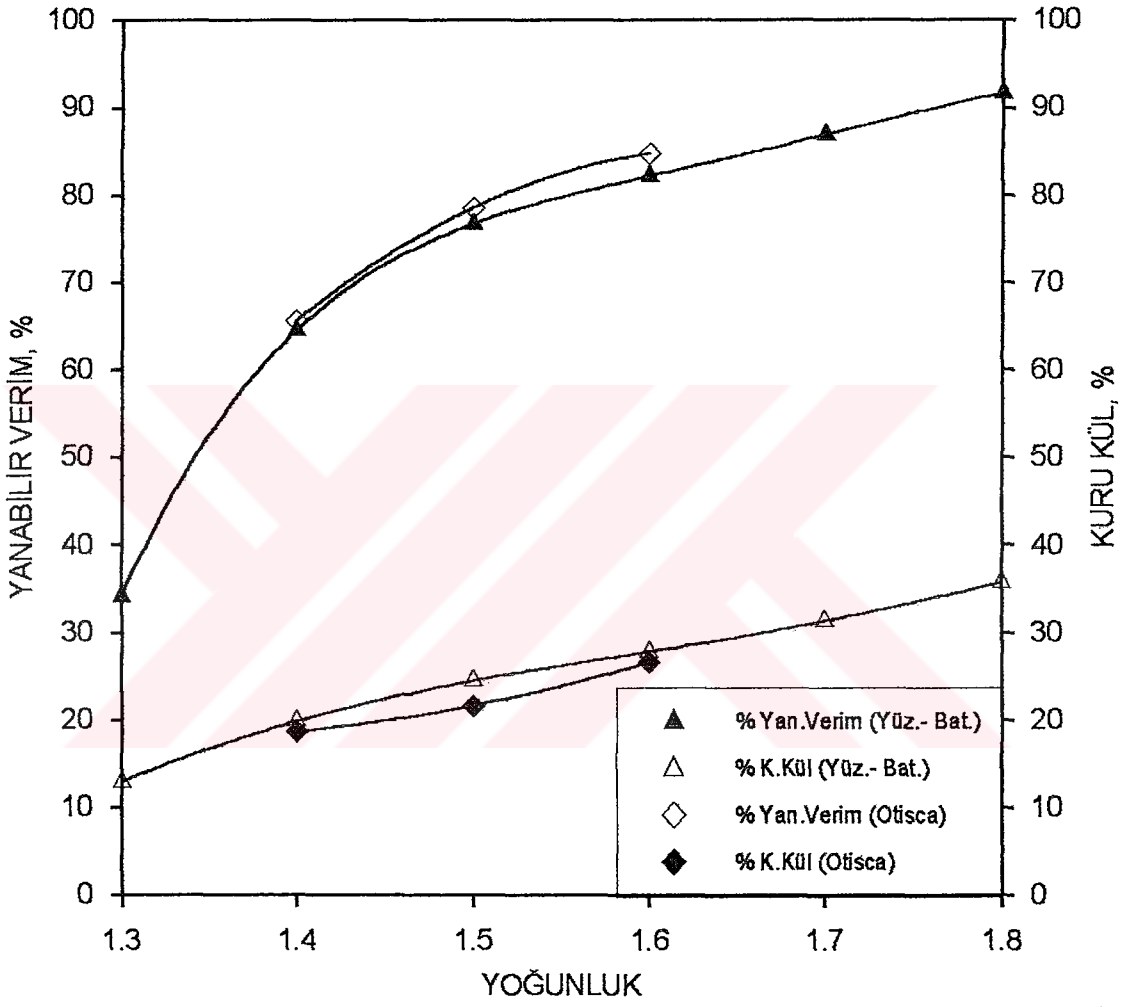
Şekil 5.11 B Damarı Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.12 B Damarı Kömürleri - 4 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.13 B Damarı Kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri

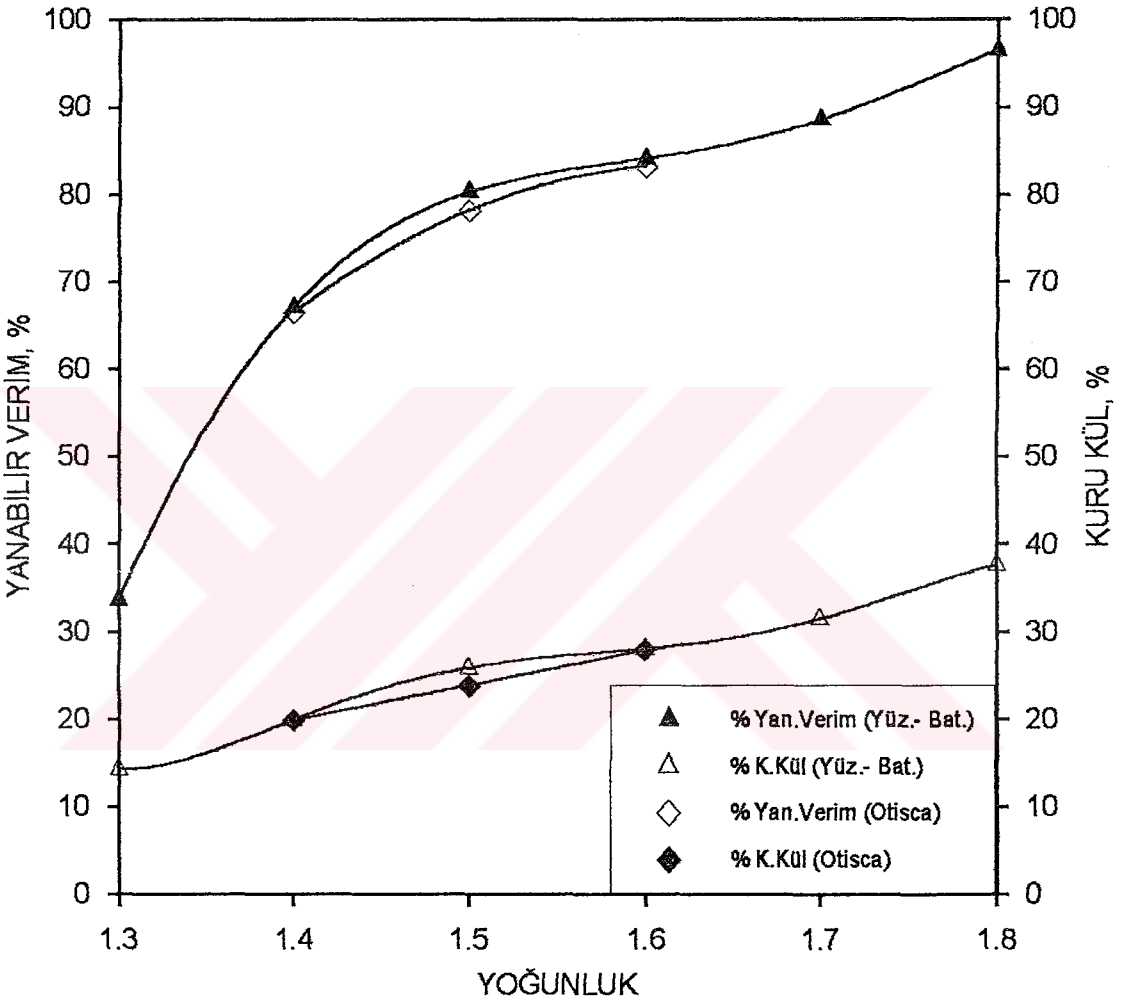


Şekil 5.14 B Damarı Kömürleri - 100 + 0 mm fraksiyonu Otisca Prosesi deneysel ve - 100 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri

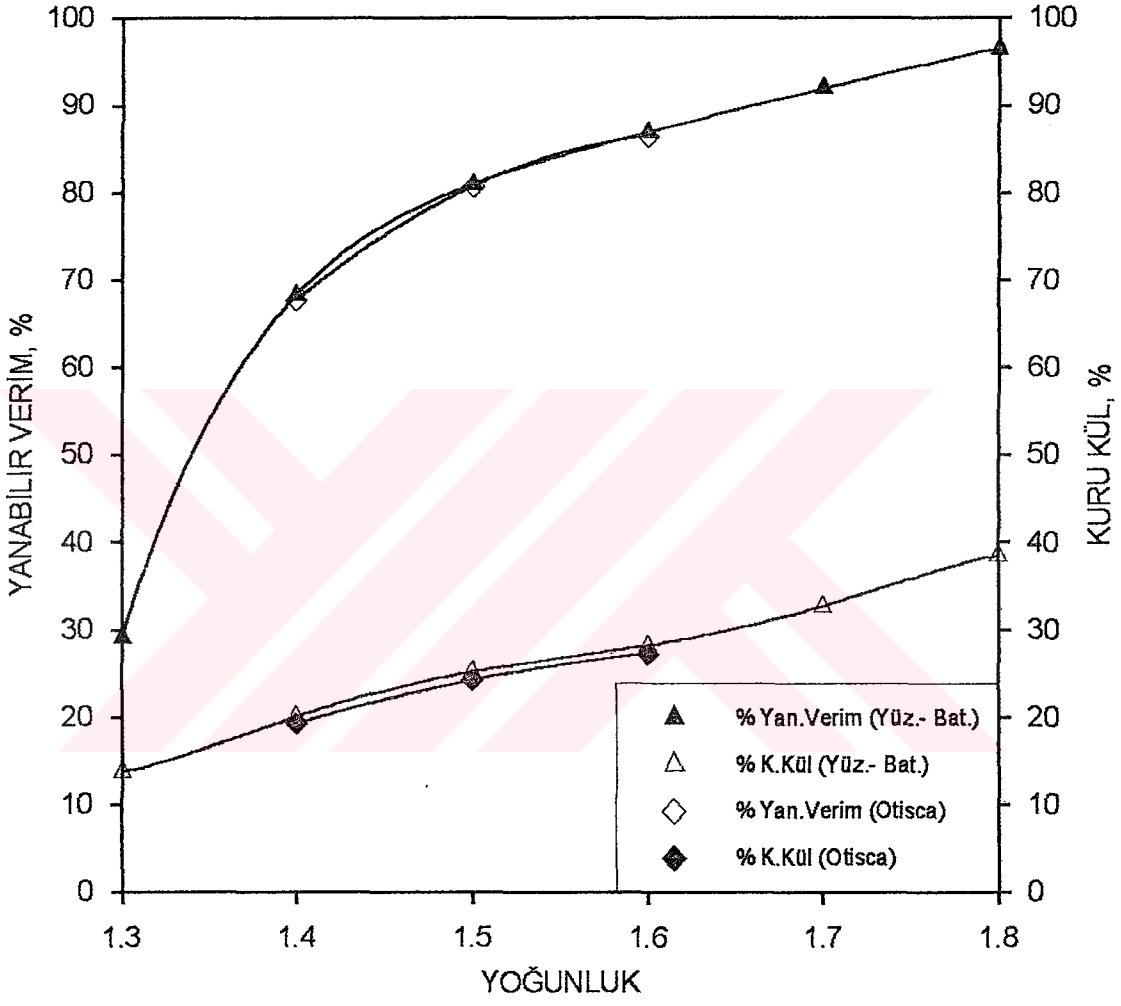
Dragline panosu kömürleri:

Dragline panosu kömürleri boyut gruplarında yapılan değişik yoğunluklardaki otisca prosesi zenginleştirme deneylerinde elde edilen yanabilir verim ve kül oranları Şekiller 5.15; 5.16; 5.17; 5.18; 5.19; 5.20 ve 5.21'de gösterilmiştir. Aynı şekilller üzerinde yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen veriler de gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi otisca prosesinde tüm boyut gruplarında elde edilen kül oranları yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen sonuçlardan daha düşük olarak bullunmuştur. Bunun nedeninin ağır ortam vizkotisesinin düşük olması ve tanelerin daha iyi ayrılabilmesidir. Ancak yanabilir verimler ise otisca prosesinde yüzdürme - batırmaya göre daha düşüktür, ve boyut grubu inceldikçe otisca prosesi lehine düzelmeler olmaktadır. Tane boyutu küçüldükçe serbestleşme arttığından zenginleşme ile beraber yanabilir verimdede otisca prosesinde iyileşmeler görülmektedir. -100+0 mm boyutunda elde edilen veriler incelendiğinde boyut gruplarında elde edilen sonuçlara parelel olarak kül oranında hem otisca prosesinde hemde yüzdürme - batırma deneylerinde birbirine çok yakın sonuçlar görülmektedir. Ancak yanabilir verimde otisca prosesi daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunun nedeninin daha önce açıklandığı gibi -0.5 mm boyutundan gelen temiz kömür fraksiyonu olduğu açıktır (Şekil 5.21).

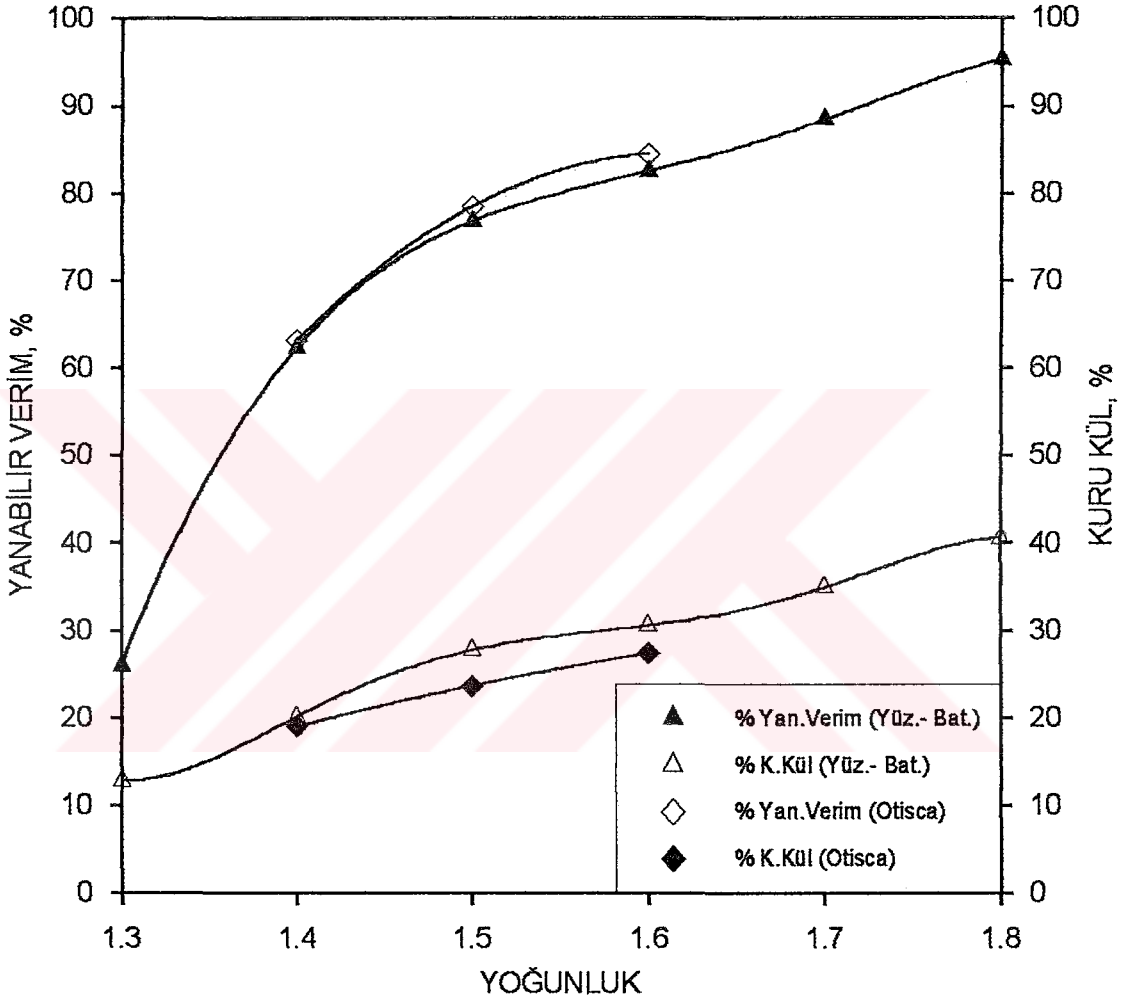
Otisca prosesinde elde edilen sonuçlar kömürlerin teorik yıkanabilirlik değerlerini gösteren yüzdürme - batırma deneylerinde elde edilen sonuçlar ile hemen hemen aynıdır. Hatta yanabilir verim açısından daha iyi sonuçlar elde edebileceği grafiklerden açıkça görülmektedir. Yapılan bir çalışmada yıkanabilirlik verilerinden elde edilen veriler ile aynı kömürün otisca prosesi ile elde edilen sonuçları kıyaslanmıştır. Otisca prosesinde ağır ortam yoğunluğu 1.35 ile 1.6 g/cm^3 arasında değiştirilerek yapılan deneylerde Otisca prosesinde kül oranı yaklaşık %1-1.5 arasında daha düşük olarak bulunmuştur. Toplam sülfür ve verim ise hem Otisca prosesi hemde yüzdürme - batırma deneylerinde yakın sonuçları vermiştir (Keller, 1977).



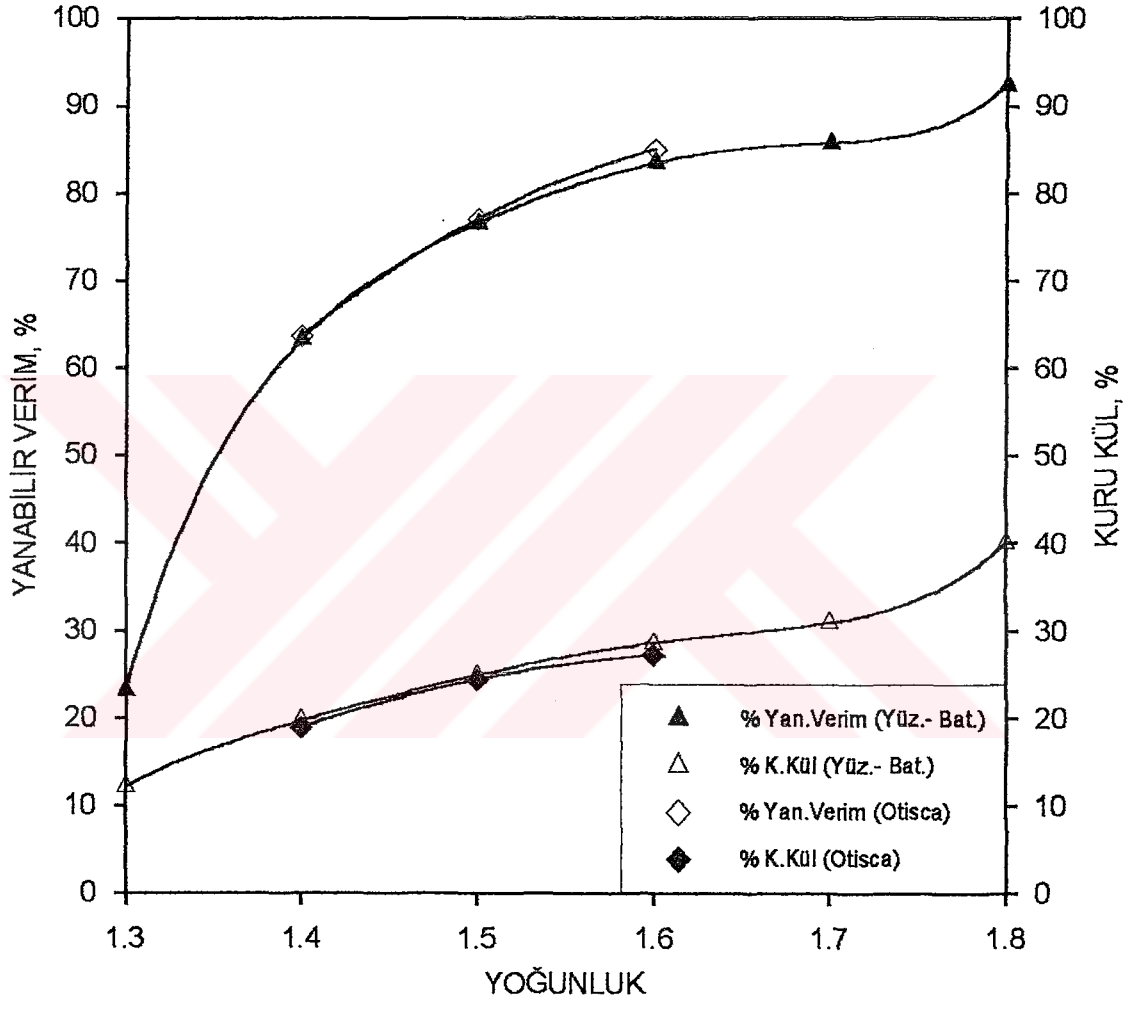
Şekil 5.15 Dragline Panosu Kömürleri - 100 + 50 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



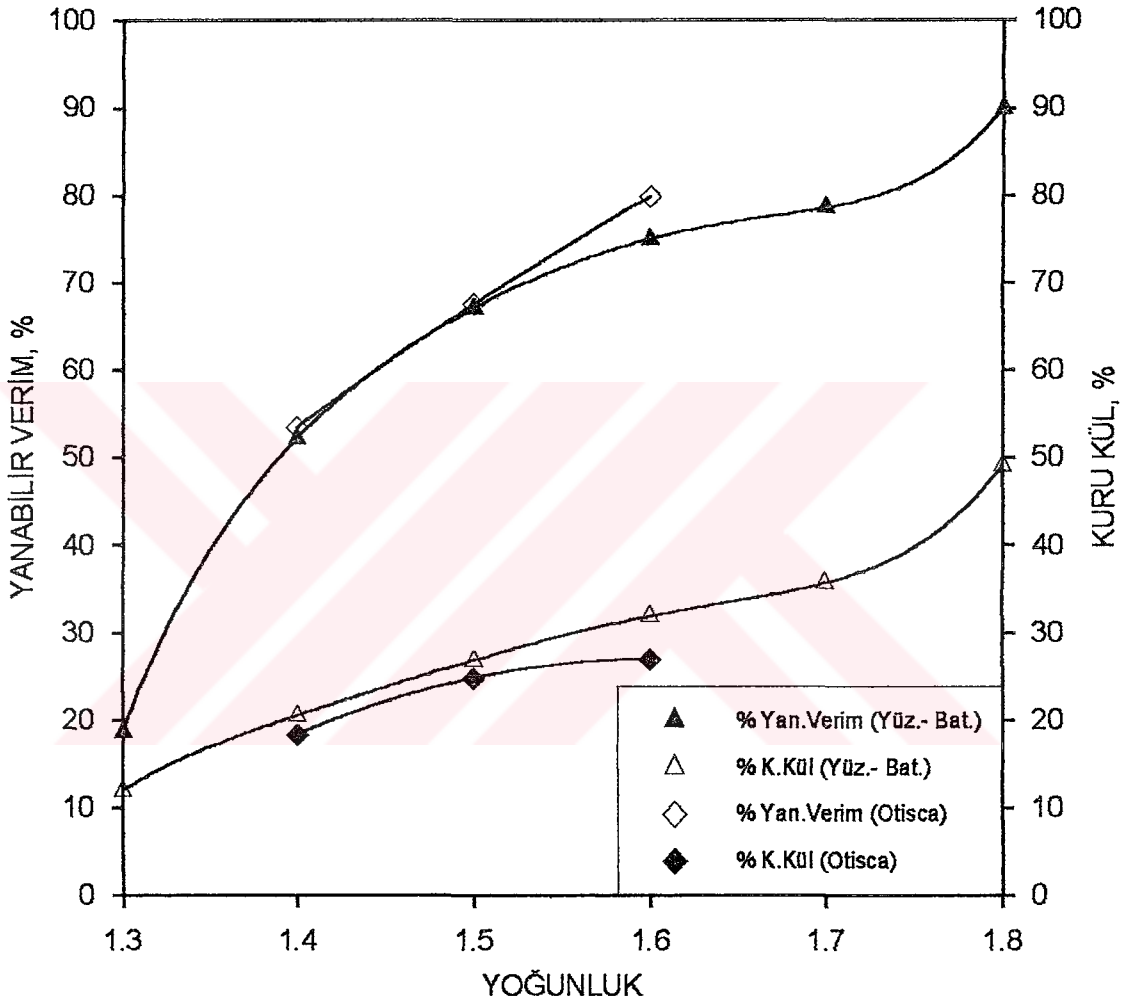
Şekil 5,16 Dragline Panosu Kömürleri - 50 + 18 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



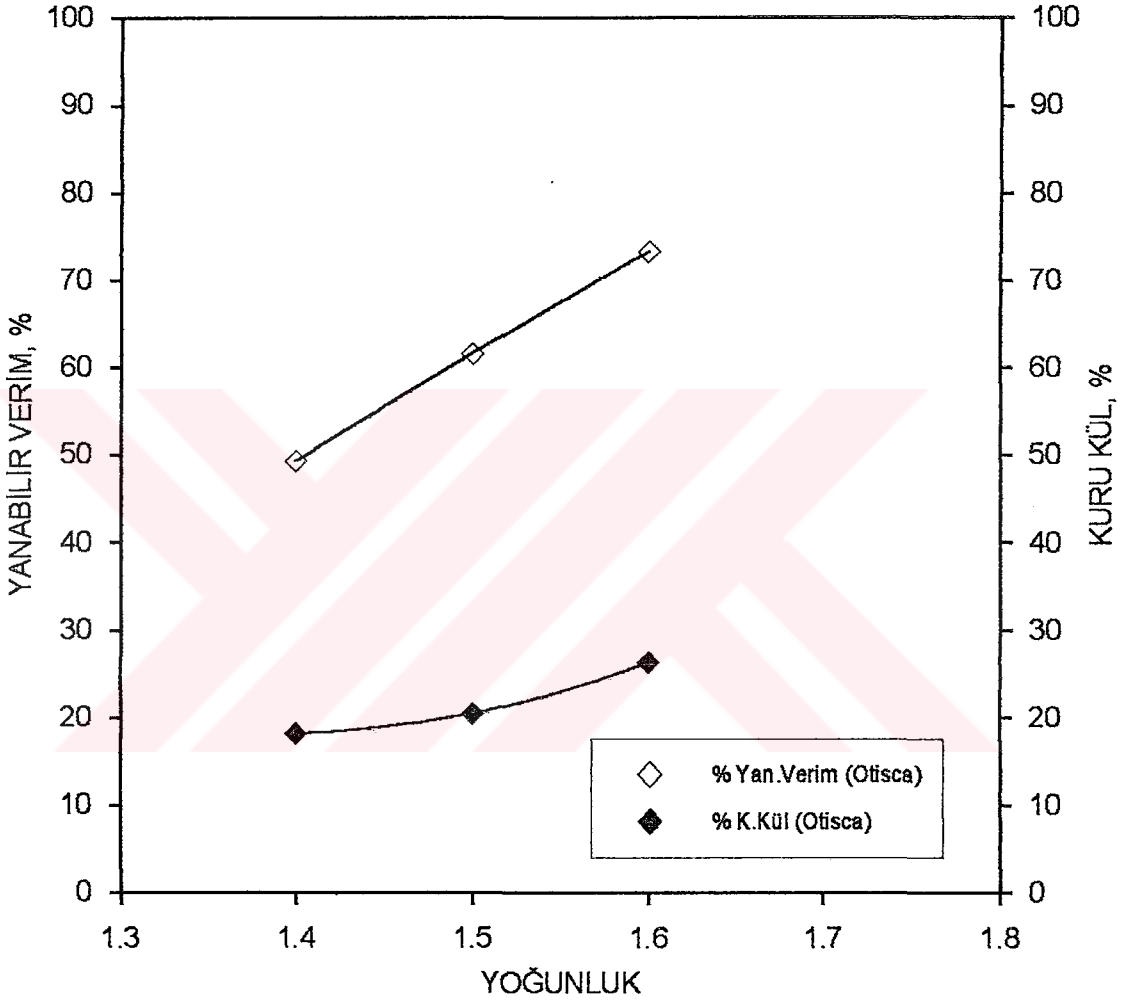
Şekil 5.17 Dragline Panosu Kömürleri - 18 + 10 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



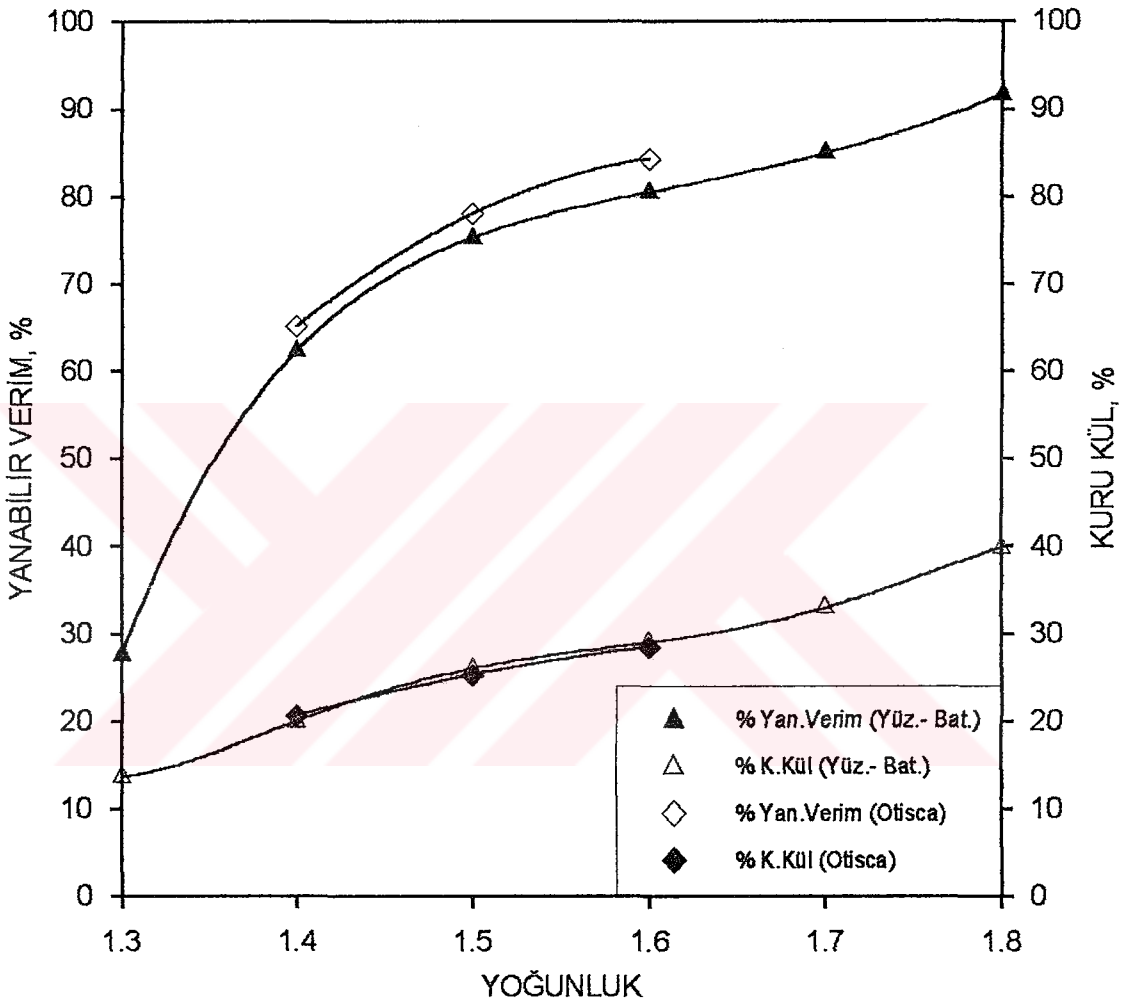
Şekil 5.18 Dragline Panosu Kömürleri - 10 + 4 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.19 Dragline Panosu Kömürleri - 4 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma ve Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.20 Dragline Panosu Kömürleri - 0.5 mm fraksiyonu Otisca Prosesi deneyleri % kuru kül ve % yanabilir verimleri



Şekil 5.21 Dragline Panosu Kömürleri - 100 + 0 mm fraksiyonu Otisca Prosesi deneysel ve - 100 + 0.5 mm fraksiyonu yüzdürme - batırma hesaben birleştirilmiş sonuçları % kuru kül ve % yanabilir verimleri

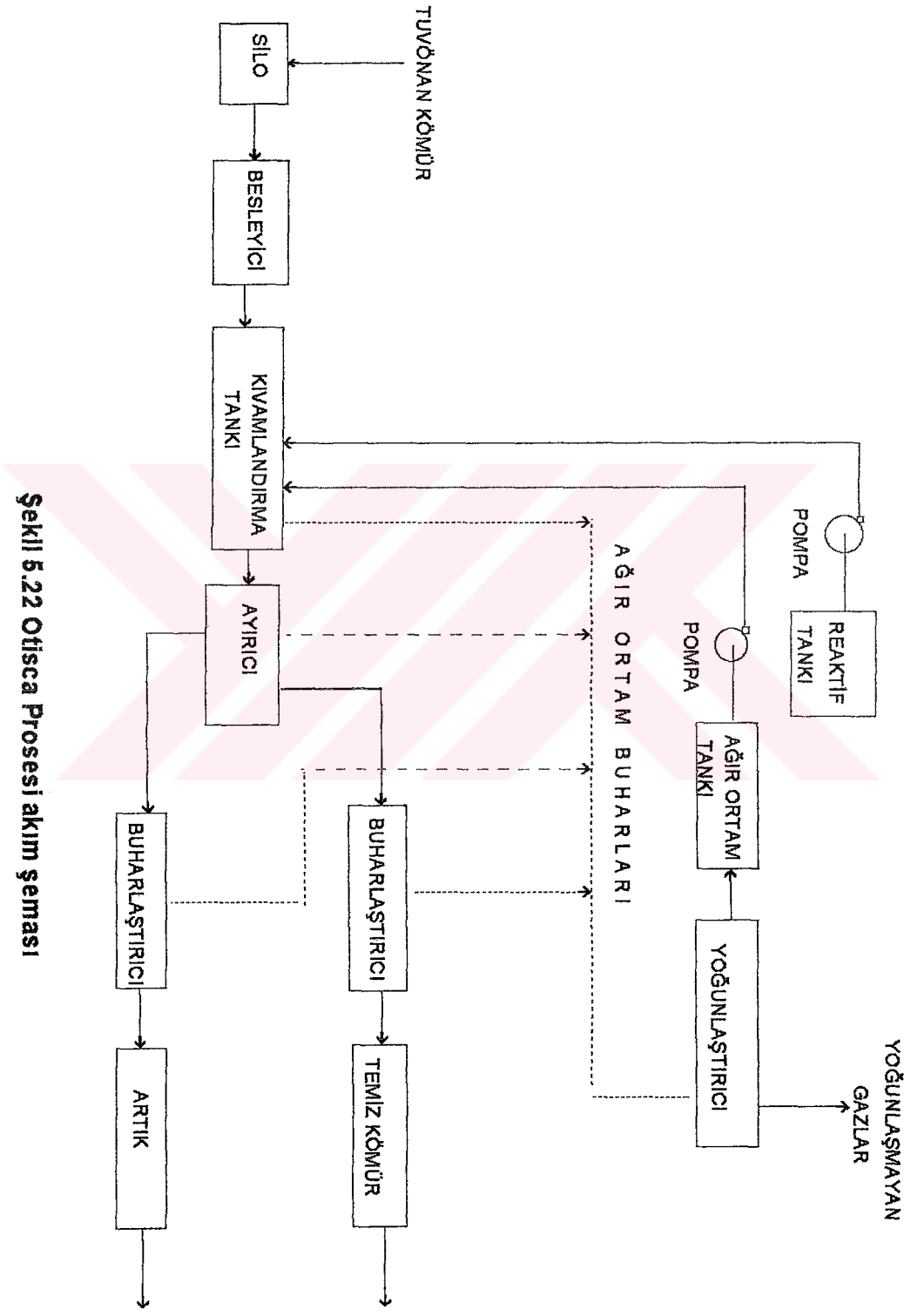
5.4 Olası Proses Dizaynı ve Maliyetleri

Amerika'da çeşitli araştırmacılar 1979 yılı sonlarından beri otisca prosesi ile hem laboratuvar hemde pilot tesis çapında araştırmalar ve dizayn çalışmaları yapmaktadırlar. Daha önce ikinci bölümde verilen bu çalışmalarda en ekonomik ve uygun sonuçları veren akım şeması ve dizayn şekli Şekil 5.22' de verilmiştir (Keller, 1982; Keller, et.al., 1981). Tamamen kapalı bir sistemden oluşan devrede vokum ile atmosfere değilde, atmosferden içeri doğru sızma sağlanmaktadır. Ağır ortam kayıplarının azalmasına yönelik bu uygulamada ön kıvamlandırma tankından itibaren ayırma tankı ve buharlaştırıcılarda oluşan ağır ortam buharı vakum ile emilerek toplanmakta ve yoğunlaştırıcıda tekrar sıvılaştırılarak ağır ortam depolama tankına dönmesi sağlanmaktadır. Eğer dışarıdan sisteme sızma varsa bu tür atmosferik gazlar yoğunlaşmayarak sistemden uzaklaştırılmaktadır. Ön kıvamlandırma tankınında kapalı sisteme dahil edilmesinin en önemli nedeni belirli bir sıcaklıkta tutulan ağır ortama genellikle oda sıcaklığındaki kömür numunesi ilave edildiğinde bir miktar ağır ortam buharlaşmaktadır. Ön kıvamlandırma süresinin bu yüzden uzun olması ve ayırma ısısının bu sürenin sonunda dengelenmesi gerekmektedir.

Keller, 1982; tarafından yapılan çalışmalarda sürekli çalışan 4.5 ton/saat kapasiteli bir pilot tesiste ağır ortam kaybı 227 g/ton tuvönan kömür olarak saptanmıştır.

Bu çalışmada yapılan deneylerde ağır ortam kayıplarının bunun çok üzerinde olduğu saptanmıştır. Yapılan her seri deneyden sonra kullanılan ağır ortam ölçülerek kayıplar belirlenmiştir. Pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisini gösteren deneyler hariç diğer tüm deneylerde ölçümler yapılmış ve her seri deney sonundaki ağır ortam kaybı bulunmuştur.

Her deney sonunda temiz kömür ve artık fraksiyonlarından ayrılarak yoğunlaştırıcıda geri kazanılan ağır sıvı, ayırma kabındaki ağır sıvı ile beraber



Şekil 5.22 Otisca Prosesi akım şeması

ölçülmüş ve kayıplar Çizelge 5.24'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi kayıplar 1.05 kg/ton tuvönan kömür ile 1.09 kg/ton tuvönan kömür arasında değişmektedir.

Çizelge 5.24 Otisca prosesi deneylerinde belirlenen ağır ortam kayıpları

Deney serileri (Çizelge)	Deneye giren ağır sıvı (g)	Deneye giren top.kömür (g)	Ağır sıvı kaybı (g)	Ağır sıvı kaybı kg/ton tuv.köm.
4.24 - 4.29	4500	22500	23.6	1.05
4.30 - 4.32	4500	9000	9.7	1.08
4.33 - 4.38	4500	22500	24.4	1.08
4.39 - 4.41	4500	11250	12.1	1.08
4.42 - 4.44	4500	11250	12.3	1.09
4.45 - 4.47	4500	11250	12.2	1.08
4.48 - 4.50	4500	6750	7.3	1.08
4.51 - 4.56	4500	13500	14.2	1.05
4.57 - 4.62	4500	13500	14.3	1.06
4.63 - 4.68	4500	13500	14.5	1.07
TOPLAM	45000	135000	144.6	1.07

Deneylerde ağır sıvı kaybının fazla olmasının çeşitli nedenleri olduğu belirlenmiştir. Bunlardan en önemlileri:

1. Ağır sıvı ayırma kabına doldurulup üzeri sızdırmaz kapak ile kapatılıp yoğunlaştırıcı ile irtibatı sağlandıktan sonra ayırma ısısı ayarlanmaktadır. Burada önemli bir sızma olmamakta ancak numunenin sisteme ilave edilmesi esnasında kapak tekrar açılmaktadır. Kayıpların önemli bir kısmı bu esnada numunenin sisteme ilavesi sırasında olmaktadır.

2. Ön kıvamlandırmada sızdırmazlık tapası gevşetildiğinden bir kısım ağır ortam atmosfere sızmaya devam etmektedir. Kıvamlandırma süresi sonunda sızdırmazlık tapası kapatıldığından ayırma süresi sonuna kadar kayıplar minimum seviyede kalmaktadır.

3. Ayırma süresi sonunda; ayırma kabının kapağı tekrar açılarak yüzen fraksiyon süzgeç ile toplanarak ayrılmakta, artık ise ağır sıvının bir başka kaba süzülmesi ile kazanılmaktadır. Tüm işlemler atmosfere açık bir ortamda gerçekleştirildiğinden bir miktar ağır ortam kaybının olacağı açıktır.

4. Su banyosunun ısısı yükseltilerek ürünler ile beraber ayrılan ağır ortamın yoğunlaştırıcıda geri kazanılması sırasında da kayıpların minimum seviyede olduğu gözlenmiştir.

Deneyler sırasında belirlenen ağır ortam kayıplarının ortadan kaldırılması yada minumuma indirilmesi ancak tamamen kapalı bir sistemin oluşturulması, numunelerin besleyiciler ile beslenmesi ve ürünlerin ortamdan mekanik olarak uzaklaştırılması ile mümkün olabilecektir. Nitekim literatürde belirtilen en önemli noktalardan biriside laboratuvar ölçekli deneylerde kayıplar hesaplanmazken, devamlı ve kapalı sistemin oluşturulduğu pilot tesislerde kayıplar hesaplanarak 227 gr/ton tuvönan kömür olarak saptanmıştır.

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Genel Sonuçlar

Seyitömer havzası kömürlerinin yıkanabilirlikleri ve Otisca prosesinin uygulanabilirliği konusunda elde edilen genel sonuçlar:

1- Seyitömer havzası kömürleri farklı yapı ve özellik gösteren üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Bunlar; A damarı kömürleri, B damarı kömürleri ve Dragline panosu kömürleridir. Her üç kömür grubunun yıkanabilirlik özellikleri belirlenmiştir. 1.5 g/cm^3 yoğunluğunda bir zenginleştirme yapılması tasarlandığında:

A damarı kömürleri; ayırma derecesinin güç olduğu ağır ortam ayırması ile orta kapasite ve çok iyi işletme şartlarında zenginleştirilebileceği belirlenmiştir. Zenginleştirme sonunda da %69.1 yanabilir verim, %26.6 kül ve 2461 kcal/kg AID ile temiz kömür elde edilebileceği saptanmıştır.

B damarı kömürleri; ayırma derecesinin güç veya çok güç olduğu, orta kapasitede, çok iyi işletme şartları ile çalışan ağır ortam ile zenginleştirilebileceği belirlenmiştir. Zenginleştirme sonunda ise elde edilecek üründe yanabilir verim %76.6, kül %24.4 ve AID ise 3042 kcal/kg olacaktır.

Dragline panosu kömürleri; ayırmanın güç olduğu, orta kapasite ve çok iyi işletme şartlarının uygulandığı ağır ortam ayırması ile zenginleştirilebileceği saptanmıştır. Zenginleştirme sonunda elde edilecek üründe ise yanabilir verim %75.3, kül %26.0 ve AID ise 2863 kcal/kg olacaktır.

2- Seyitömer havzası kömürlerinin açık havada dağılabilirlik özellikleri araştırılmış ve bir seri ıslatma, kurutma ve eleme deneyleri sonunda her üç

kömür damarınında çok dağılabilir olduğu saptanmıştır. Dağılabilirlik indeksleri de:

A damarı kömürleri için	: %83
B damarı kömürleri için	: %70.2
Dragline panosu kömürleri için	: %75.7

olarak belirlenmiştir.

3- Hazırlanan parlatma blokları polarizan mikroskopta incelenerek kömürlerin mineralojik yapısıda tesbit edilmiştir. Buna göre kömür içerisinde ince bandlar yada çimento matriksi halinde kil, kalsit gibi inorganik maddeler, bundan başka dissemine halde ince pirit taneciklerinin varlığı saptanmıştır. Kömürlerin açık havada dağılabilirliklerinin fazla olmasının nedeninin bu ince kil ve kalsit bandları ile çimento matriksi olduğu sanılmaktadır.

4- Otisca prosesi ile yapılan zenginleştirme deneylerinde çeşitli değişkenlerin proses performansı üzerine olan etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar -100+0 mm numune boyutu için aşağıdaki gibi saptanmıştır:

Pülp yoğunluğu (%K w/v)	: % 25
Numune yüzey rutubeti	: 0 (H.K.K.)
Aerosol OT-100 miktarı	: 1.0 kg/ton
Ön kıvamlandırma süresi	: 1.5 dakika
Ön kıvamlandırmada karıştırma şiddeti	: 1250 devir/dakika
Ayırma süresi	: 2 dakika
Uygulanan ağır ortam yoğunluğu ve ortam ısısı	: 1.5 g/cm^3 HCFC 123 için 10°C CFC 11 için 15°C
Deney sonrası ağır ortam tekrar kazanılmasında uygulanan ısı	: HCFC 123 için 29°C CFC 11 için 25°C

Bu koşullarda elde edilen en iyi sonuçlar ise:

	A damarı	B damarı	Dragline panosu
Yanabilir verim, %	:71.03	78.54	78.00
Kül, %	:24.68	21.58	25.26
Toplam kükürt,%	:1.73	1.83	2.61
AID, Kcal/kg	:2698	3121	2823

olarak saptanmıştır.

5- Otisca prosesi ile elde edilen sonuçlar yüzdürme-batırma deneylerinde elde edilen sonuçlar ile hemen hemen aynı hatta daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ağır ortam vizkozitesinin oldukça düşük, 0.4-0.5 cP olması bunun en önemli nedeni olduğu belirlenmiştir. Yanabilir verimdeki artışın ise otisca prosesinde kömürlerin tüm boyut grubu ile ortama beslenmesi ve şlam olarak herhangi bir kısmın ayrılmaması etkili olmuştur.

6- Deneylerde kükürt oranında istenilen düzeyde azalma sağlanmadığı belirlenmiştir. Bununda kömür içerisindeki pirit taneciklerinin çok ince, dissemine halde bulunmasından kaynaklandığı sanılmaktadır. Yapılan mikroskobik çalışmalarda belirtildiği gibi pirit taneciklerinin boyutları bir kaç mikron civarındadır.

7- Otisca prosesinin maliyet analizleri de yapılmış; ağır sıvı kaybı 1 kg/ton tüvönan kömür olarak belirlenmiştir. Kayıp miktarı literatürde belirtilen pilot tesis çapındaki kayıplara göre oldukça fazladır. Ancak literatürde de kayıpların gerçekci bir şekilde sadece sürekli çalışan tesislerde kapalı bir dizayn ile sağlanabileceği belirtilmiştir. bu günün koşullarında HCFC 123'ün ederi 5 $/ kg dır.

6.2 Öneriler

1- Seyitömer havzası kömürleri için yapılan bu çalışmanın öncelikle laboratuvar çapta diğer kömürlere de uygulanmasına ve pilot tesis çapta denemelere başlanmalıdır.

2- Otisca prosesinde kullanılan her iki ağır sıvı HCFC 123 ve CFC 11 aynı hassasiyet te ayırma sağlamışlardır. CFC 11'in üretimine getirilen kısıtlamalar nedeniyle ileride yapılacak çalışmalarda HCFC 123 daha ağırlıklı olarak kullanılmalı ve her türlü maliyet hesapları buna göre yapılmalıdır.

3- Yapılan bu çalışmada Seyitömer havzası kömürleri +100 mm fraksiyonu ayrılarak tüm çalışmalar -100+0mm fraksiyonunda gerçekleştirilmiştir. Ancak 1995 yılı içerisinde, daha önceleri pazarlanmakta problem yaratmayan +100mm fraksiyonunda bir çok ilde kullanımı yasaklanmıştır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda +100mm fraksiyonuda kırılarak -100+0mm fraksiyonu içerisine dahil edilmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aplan, F. F.,1977, The use of the flotation process for desulphurisation of coal, Coal desulphurisation chemical and physical methods, Wheelock, T.D., (ed.),ACS symposium series 64, Washington.

Atak, S., Önal, G.,1991, Kömür hazırlama ve tesisleri, Kömür, Kural, O.,(ed.), Kurtiş matbaası, İstanbul, pp.236-274.

Ateşok, G.,1986, Kömür hazırlama, Kurtiş matbaası, İstanbul.

Attia, Y.A., Kitchener, J.A., 1975, Development of complexing polymers for selective flocculation, XI th int. mineral process. congress, Cagliary, Italy.

Attia, Y.A., Fuerstenau,D.W., 1982, Feasibility of cleaning high sulphur coal fines by selective flocculation, XIV th' İnt. mineral process. congress, Toronto.

Baker, A.F., Miller, K.J., Deurbrouck, A.W., 1973, Two-stage flotation selective floats pyrite from coal, Coal min. and process, Vol. 10, Part 8, pp.44-46.

Barkley, J.F., 1943, The storage of coal, USBM I.C. 7235, U.S.A.

Boscak, V.,1987, SO_2 and NO_x removal from flue gasses of coal burninig utilities, Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü, Durmaz, A., Ercan, Y., (eds.), Ankara, pp.168-196.

Burt, R.O., 1984, Gravity concentration technology, Elsevier, New York.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Capes, C.E., McIlhinney, A.E., McKveer, R.F., Messer,L.,1976, Application of spherical agglomeration to coal preparation, VII th int. coal prep. cong. Sydney, Australia.

Capes, C.E., Germain, R.S., 1982, Selective oil agglomeration in fine coal beneficiation, Physical cleaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker İnc., U.S.A., pp.293-346.

Carpenter, A.M.,1988, Coal classificiation, IEA Resarch, London.

Carta, M., Carbini, P., Circu, R., Del, F.C., 1982, Beneficiation methods for coal desulphurisation, Coal: phenix of the 8Os, Proceedings 64 th CIC coal symposium, Taweel. Al, A.M., (ed.), Ottowa, Canada, pp.164-173.

Cavallaro, J.A., Deurbrouck, A.W., 1977, An overview of coal preparation, Coal desulphurisation, chemical and physical methods, Wheelock, T.D. (ed.), A.C.S., No.64, Washington DC.

Christie, T.H., 1988, The future for fluorocarbon refrigerants, Refrigeration and air conditioning, Vol.43, pp. 14-18.

Contos, G.V., Frankel, J.F., Mc Candles, L.C.,1978, Assessment of coal cleaning technology: an evaluation of chemical coal cleaning processes, EPA report 600/7-78-173.a, U.S.A.

Couch, G,R., 1991, Advanced coal cleaning technndogy, IEA Coal Research, Australia.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Çelik, M.S., Somasundaran, P., 1994, Desulphurisation of coal, Coal, resources, properties, utilization, pollution, Kural, O., (ed.), pp.253-269.

Dexter, R.W., Osborne, D.G., 1973, Principles of the selective flocculation of minerals from mixtures using high molecular weight polyelectrolytes, J. Camborne school of mines, vol.73, pp.34-41.

Doğan, M.Z., Özbayoğlu, G., 1985, Bacterial leaching vs bacterial conditioning and flotation in desulphurisation of coal, XV th int. min. process. cong., Cannes, pp.304-314.

Doğan, M.Z., Çelik, M.S., 1992, Latest developments in coal desulphurization by flotation and microbial beneficiation, Pro. of the III th, min. petroleum and metal. congress, Cairo, Vol. 1, pp.385-393.

Donnely, J.C., Lockhart, N.C., Hart, G.H., 1994, Prospects for dry beneficiation technologies, XII th int. coal prep. congress, Cracow, Poland, pp.703-712.

Durmaz, A., 1987, Türkiye'nin enerji alt yapısı ve hava kirliliği, Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğin kontrolü, Durmaz, A., Ercan, Y.,(eds.), Ankara, pp.5-74.

Edgar, F.T., 1983, Particulate control, Coal processing and pollution control, Edgar, T.F., (ed.), Gulf Publishing Co., Houston, pp.301-336.

Edwards, G.E., 1984, Coal preparation and marketing, Coal geology and coal technology, Ward, C.R., (ed.), Blacwell scientific publications, Australia, pp.262-294.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Esin, J., 1994, Linyite dayalı santrallerde enerji üretimi ve çevre, 2000'li yıllara doğru linyit sektörümüz sempozyumu, TMMOB, Maden mühendisleri odası yayını, Ankara, pp.63-80.

Fieldner, A.C., Selvig, W.A., Frederic, W.H., 1930, Accelerated laboraratory test for determination of slacking characteristics of coal, USBM R.I. 3055.

Flynn,P.L.,Hsu, B.D., Confer, G.L., 1991, Coal-fueled diesel engine performance - fuels effect, Advanced coal cleaning technology, Couch, G.R., Australia pp.54-56.

Glembotskii, V.A., Klassen, V.I., Plaksin, I.N., 1963, Flotation, Translated by Hammond, R.E., Primary sources, New York.

Görner, K., Dolezal, R ., 1987, Combustion processes in large furnaces and abatement of air pollution in combustion chambers, Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğin kontrolü, Durmaz, A., Ercan, Y., (eds), Ankara pp.168-196.

Hucko, R.E., Gala, H.B., Jacobsen, P.S., 1988, Status of DOE - sponsored advanced coal cleaning processes, Advanced coal cleaning technology, Couch, G.R, Australia, pp.54-56.

Jenkinson, D.E., Cammack, P.,1981, Coal preparation and reduction of pyritic sulphur, Seminar on desulphurisation of fuels and combustion gases, Salzburg, Austria.

Johnston, M.T., Cavallaro, J.A., Deurbrouck, A.W., 1976, Sulphur reduction potential of the coals of the United States, USBM R.I. 8118.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Karayiğit, A.İ., Köksoy, M., 1994, Origin of coal, Coal resources, properties, utilization, pollution, Kural, O., (ed.), Türkiye, pp.29-43.

Karayiğit, A.İ., Köksoy, M., 1994, Classification of coals, Coal resources, properties, utilization, pollution, Kural, o., (ed.), Türkiye, pp.45-58.

Kaya, M.,1991, Flotasyon el kitabı - 1, A.Ü. Basımevi, Eskişehir.

Keller, D.V., Smith, C.D., Burch, E.F., 1977, Demonstration plant test results of the Otisca process heavy liquid beneficiation of coal, SME-AIME annual meeting, Atalanta, Ga., U.S.A.

Keller, D.V., Rainis, A., 1981, The otisca process: A pilot plant study of dense liquid separation, CS-1705 Research project -1030-15, EPRI, U.S.A.

Keller, D.V., 1982, The otisca process: An anhydrous heavy-liquid separation process for cleaning coal, Physical cleaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker Inc., New York, pp.35-85.

Keller, D.V., Bury, W.M., 1990, The demineralization of coal using selective agglomeration by the T-process, Coal preparation, Vol.8, pp.1-7.

Kemal, M., 1987, Kömür teknolojisi, D.E.Ü., MM/MAD-87 EY 033, İzmir.

Kempton, A.G., Mone, B. A., Mc Cready, R.G., Capes, C.E., 1980, Removal of pyrite from coal by conditioning with thiobacillus ferrooxidants followed by oil agglomeration, Hydrometallurgy, Vol. 5.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Kern, J., Walner, R., 1988, Impact of the Montreal protocol on automative air conditioning, Int. journall of refrigeration, No. 4, pp.203-210.

Kitchener, J.A, 1972, Principles of action of polymeric flocculants, British polymer J., Vol. 4, pp.217-229.

Klassen, V.I., Litovka, V.I., Mysnikov, N.F., 1965, Improvement of physical and mechanical properties of ferrosilikon suspensions with help of reagents, Proceedings of VII th int. min. proc. congress, Gordon and Breach, New-York, pp.95-101.

Koca, H., 1987, The separation of pyrite from fine coal by selective flocculation, M. Phil thesis, Leeds Universitey, U.K.

Koca, H., Colin, P., Koca, S., 1988, İnce taneli kömürlerden seçimli pirit flokülasyonu, Türkiye 6. Kömür kongresi, Zonguldak, pp.171-190.

Korkmaz, S., 1994, Coal occurrence in anciet sedimentary environments, Coal resources, properties, utilization, pollution, Kural, O., (ed.), Türkiye, pp. 17-27.

Köktürk, A., Narin, R., 1994, Linyit rezervleri kullanma imkanları ve arama politikaları, 2000'li yıllara doğru Linyit sektörümüz sempozyumu, TMMOB Maden mühendisleri odası yayını, Ankara, pp.42-59.

Kruse, H., Hesse, U., 1988, Possible substitutes for fully halogenated chlorofluoracarbon using fluids already marketed, Int. jour. of refr., No. 4, pp.276-283.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Le, H.U., 1981, Flotability of coal and pyrite, M. Sc. thesis, Iowa State University, U.S.A.

Littlefair, M.S., 1986, Polymers and some factors affecting their flocculating ability, LUMA Magazin, Leeds, UK, pp.129-136.

Liu, Y.A., 1982, High gradient magnetic separation for coal desulphurisation, Physical cleaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker ınc., U.S.A., pp.133-246.

Lockhart, N.C., 1984, Dry beneficiation of coal, Powder technology, Vol. 40, pp 17-42.

Lockhart, N.C., Hart, G.H., 1990, Dry beneficiation of coal, The coal journall, No.28, pp.11-16.

Lowe, N.R.S., Littlefair, M.S., 1986, On the selective flocculation of coal; using polystyrene latex, Journall of int. mineral processing, V. 17.

Lua, A.C., Boucher, R.F., 1990, Sulphur and ash reduction in coal by HGMS, Coal preparation, Vol.8, pp.61-71.

Maher, G.G., 1983, Flocculation of coals and minerals by starch xanthate or starch xanthate - polyethylenimine adducts, Journall of int. mineral processing, Vol. 14.

Maronde, C.P., 1988, Fine coal beneficiation via heavy-Liquid cycloning, Pro. int. coal prep. conference, Coal prep. 88: Lexington, U.S.A., pp.445-456.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Mattarolo, L., 1990, Refrigerants and environment protection, Birinci ulusal soğutma ve iklimlendirme sempozyumu, İstanbul, pp.51-69.

McCandless, L.C., Shaver, F.B., 1978, Assessment of coal cleaning technology, First annual report, EPA report No. 600/7-78-150, U.S.A.

Meyers, R.A., 1977, Coal desulphurisation, Marcel Dekker Inc., U.S.A.

Miller,F.G.,1969, Reduction of sulphur in minus 28 mesh bituminous coal,Trans. AIME, Vol. 228, pp.7-15.

Miller,K.J.,1973,Flotation of pyrite from coal: Pilot plant studies, USBM R.I.7822.

Miller, K.J., 1975, Coal-pyrite flotation, Trans. AIME, Vol 258, pp.30-33.

Miller, K.J., 1978, Desulphurisation of various mid - western coals by flotation, USBM R.I. 8262.

Miller, K.J., Deurbrouck, A.W.,1982, Froth flotation to desulphurise coal,Physical cleaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker Inc., pp.255-289.

Mills, O.,Cheng, Z.,1993, Electrostatic coal beneficiation,Proceedings of the 18th int. congress on coal utilization and fuel systems, Florida, pp.577-589.

Morrison,G.F., Control of sulphur oxides from coal combustion,IEA coal research, No. ICT 15/TR21, London.

Nakoman, E., 1971, Kömür, M.T.A. Eğitim serisi, No. 8, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Nguyen, Y.V., Cheh, C.H., 1982, Froth flotation studies on an eastern US coal, Coal: phoenix of the 80s, Proceedings 64 th CIC coal symposium,Taweel, Al. A.M., (ed.), Ottowa, pp.174-181.

Ottley, D.J., 1986, Gravity concentration in modern mineral processing, Mineral processing at a crossroads, Wills, B.A., Barley, R.W., (eds.), Nato ASI series, Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht, pp.317-338.

Önal, G., Çelik, M.S., Honaker, R.Q., 1994, Coal preparation, Coal, resources, properties, utilization, pollution, Kural, O., (ed.), Türkiye, pp.223-238.

Özbayoğlu, G., 1986, Desulphurisation of lignites by HGMS, The first int. min. processing symposium, Vol. 2, İzmir, pp.635-644.

Özdağ, H.,1991, Gravite ayırması, Mesleki geliştirme semineri; cevher hazırlama sistemleri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Özpeker, I.,1991, Kömürün oluşumu, petrografisi ve sınıflandırılması, Kömür, Kural, O., (ed.), Kutiş matbaası, İstanbul pp.8-74.

Podgursky,J.M., Miller, F.G., Alkman, R.P.,1967, Study of the mechanism of coal flotation and its role in a system for processing fine coal, Trans. AIME, Vol. 238, pp.276-281.

Puddington, I.F., Capes, C.E., McIlhenney, A.E., 1973, Bacterial oxidation in upgrading pyritic coals, Can.İnst. min. metal. bull., Vol. 66, pp.88-91.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Quack, R., 1987, Control of dust pollution from coal fired power plants furnaces, Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü, Durmaz, A., Ercan, Y., (eds.), Ankara, pp.137-169.

Raznjevic,K.,1976, Handbook of thermodynamic tables and charts, McGraw Hill, London.

Rochelle, G.T., 1983, Flue gas desulphurisation, Coal processing and pollution control, Edgar, T.F., (ed.), Gulf Publishing Co., Houston, pp.337-372.

Rogers, J., 1962, Principles of sulphide mineral flotation, Froth flotation, 50 th anniversary volume,Fuerstenau,A.W., (ed.), AIME, New York, pp.139170.

Simmons,F.J.,Keller, D.W.,1986, Two ton per-day production of otisca T-process ultra - clean coal / water slurry, X th int. coal prep. congress, Edmonton, Canada, pp.1-8.

Singh,S.P.N.,Peterson,G.R.,1979,Survey and evaluation of current and potential coal beneficiation processses,Oak Ridge National Lab.,Report No. ORNL/ TM-5953, U.S.A.

Somasundaran, P., 1980, Princles of flocculation, dispersion and selective flocculation,Fine particle processing, Somasundaran,P.,(ed.),Vol.2, AIME, U.S.A., pp.947-975.

Somasundaran,P.,1986, An overview of the ultrafine problem,Mineral processing at a crossroads, Wills, B.A.,Barley, R.W.,(eds.), Nato ASI series, Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht, pp.1-36.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Sresty, G.C., Raja, A., Somasundaran, P., 1978, Selective flocculation of mineral slimes using polymers, Recent developments in separation science, Li, N. N., (ed.), Vol. IV, CRC Press., U.S.A.

Toprak, S., 1994, Coal petrography, Coal, resources, properties, utilization, pollution, Kural, O., (ed.), Türkiye, pp.59-74.

Weiss, B.M., Maddocks, R.R., Howard, P.H., 1982, Chemical comminution for coal cleaning, Physical cleaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker Inc., New York, pp.1-33.

Wheelock, T.B., 1982, Development and demonstration of selected fine coal beneficiation methods, Physical deaning of coal, Liu, Y.A., (ed.), Marcel Dekker Inc., New York, pp.353-398.

Whitmore, R.L., 1958, Coal preparation: The separation efficiency of dense medium baths, Journall of inst. of fuel, Vol. 31, pp.238-242.

Whitmore, R.L.,Valentik, L.,1965, Controlling the performance of dense medium baths, Proc. 7 th int. min. process. cong., Gordon and Breach, New York, pp.87-94.

Wilson, D.C., 1977, Dry - table pyrite removal from coal, Coal desulphurisation, chemical and physical methods, Wheelock, T.D.,(ed.),ACS series, No.64, Washington D.C.

Wills, B.A., 1981, Mineral processing technology, Pergamon press, Oxford, U.K.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Yarar,B., Kitchener, J.A.,1970, Selective flocculation of minerals, Basic principles and experimental investigations,Trans.inst.min.metal.,Vol. 79, pp.C23-33.

Yılmaz, A.R., 1987, Türkiye'de hava kalitesinin korunması ile ilgili mevzuat ve uygulamada karşılaşılabilecek muhtemel problemler, Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü, Durmaz, A., Ercan, Y., (eds.), Ankara, pp.75-100.

Yiğit, E., 1993, Kömür hazırlama yöntemleri ve yeni gelişmeler; Kömür hazırlama ve teknolojisindeki gelişmeler, Meslek içi eğitim kursu, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

EK 1

Çizelge 4.21 A damarı kömürleri için Otisca prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi.

Pülp yoğ. % w/v	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
20	Temiz Kömür	50.92	24.47	1.71	2718	69.93
	Artık	49.08	66.30	2.02	591	30.07
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
25	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
30	Temiz Kömür	52.19	25.14	1.73	2687	71.04
	Artık	47.81	66.68	2.00	568	28.96
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
40	Temiz Kömür	53.79	25.71	1.72	2650	72.66
	Artık	46.21	67.45	2.02	538	27.34
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
50	Temiz Kömür	55.83	26.92	1.74	2588	74.18
	Artık	44.17	67.85	2.01	519	25.82
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

w/v = Ağırlık/Hacim

Çizelge 4.22 B damarı kömürleri için Otisca prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi.

Pülp yoğ. % w/v	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
20	Temiz Kömür	56.38	21.31	1.82	3147	78.23
	Artık	43.62	71.70	2.21	777	21.77
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
25	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
30	Temiz Kömür	57.24	22.05	1.83	3091	78.68
	Artık	42.76	71.72	2.20	804	21.32
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
40	Temiz Kömür	59.12	23.60	1.80	3029	79.65
	Artık	40.88	71.77	2.26	788	20.35
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
50	Temiz Kömür	60.79	25.13	1.83	2972	80.26
	Artık	39.21	71.44	2.24	781	19.74
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

w/v = Ağırlık/Hacim

Çizelge 4.23 Dragline panosu kömürleri için Otisca prosesinde pülp yoğunluğunun ayırma performansına etkisi

Pülp yoğ. % w/v	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
20	Temiz Kömür	53.91	25.70	2.60	2840	77.25
	Artık	46.09	74.41	3.10	659	22.75
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
25	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
30	Temiz Kömür	54.86	25.93	2.60	2818	78.37
	Artık	45.14	75.15	3.11	640	21.63
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
40	Temiz Kömür	56.81	26.39	2.61	2790	80.65
	Artık	43.19	76.77	3.12	579	19.35
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
50	Temiz Kömür	58.97	27.71	2.60	2722	82.22
	Artık	41.03	77.53	3.16	560	17.78
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

w/v = Ağırlık/Hacim

Çizelge 4.24 A damarı kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika)

-0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	52.96	23.87	1.72	2760	71.47
	Artık	47.04	65.79	2.04	564	28.53
	Toplam	100.00	43.59	1.87	1727	100.00
5	Temiz Kömür	52.85	24.60	1.72	2712	71.85
	Artık	47.15	66.89	2.04	542	28.15
	Toplam	100.00	44.54	1.87	1689	100.00
10	Temiz Kömür	52.66	25.32	1.72	2680	72.16
	Artık	47.34	67.95	2.04	517	27.84
	Toplam	100.00	45.50	1.87	1656	100.00
20	Temiz Kömür	53.04	27.71	1.71	2545	72.89
	Artık	46.96	69.64	2.03	501	27.11
	Toplam	100.00	47.40	1.86	1585	100.00
40	Temiz Kömür	54.27	31.83	1.70	2350	75.83
	Artık	45.73	74.21	2.03	364	24.17
	Toplam	100.00	51.21	1.85	1442	100.00

Çizelge 4.25 B damarı kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika)

-0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	57.70	21.48	1.85	3132	78.28
	Artık	42.30	70.27	2.18	856	21.72
	Toplam	100.00	42.12	1.99	2169	100.00
5	Temiz Kömür	56.83	21.51	1.83	3125	78.60
	Artık	43.17	71.87	2.20	781	21.40
	Toplam	100.00	43.25	1.99	2113	100.00
10	Temiz Kömür	56.64	21.70	1.83	3083	79.74
	Artık	43.36	74.01	2.20	714	20.26
	Toplam	100.00	44.38	1.99	2056	100.00
20	Temiz Kömür	57.41	23.36	1.87	2987	82.47
	Artık	42.59	78.04	2.15	538	17.53
	Toplam	100.00	46.65	1.99	1944	100.00
40	Temiz Kömür	58.39	30.67	1.85	2597	82.90
	Artık	41.61	79.94	2.19	487	17.10
	Toplam	100.00	51.17	1.99	1719	100.00

Çizelge 4.26 Dragline panosu kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 2 dakika)

-0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	54.90	24.72	2.61	2840	77.58
	Artık	45.10	73.52	3.07	740	22.42
	Toplam	100.00	46.73	2.82	1893	100.00
5	Temiz Kömür	54.71	25.18	2.62	2826	78.50
	Artık	45.29	75.24	3.06	665	21.50
	Toplam	100.00	47.85	2.82	1847	100.00
10	Temiz Kömür	54.85	25.87	2.59	2810	79.68
	Artık	45.15	77.03	3.12	575	20.32
	Toplam	100.00	48.97	2.83	1801	100.00
20	Temiz Kömür	55.92	27.75	2.60	2672	82.82
	Artık	44.08	80.99	3.12	490	17.18
	Toplam	100.00	51.22	2.83	1710	100.00
40	Temiz Kömür	57.03	32.13	2.62	2423	88.91
	Artık	41.97	88.29	3.14	288	11.09
	Toplam	100.00	55.70	2.84	1527	100.00

YÖKSEKÖĞRETİM KURULU

Çizelge 4.27 A damarı kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika)

- 0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	52.56	23.81	1.72	2757	70.99
	Artık	47.44	65.50	2.04	586	29.01
	Toplam	100.00	43.59	1.87	1727	100.00
5	Temiz Kömür	52.16	24.40	1.72	2709	71.10
	Artık	47.84	66.50	2.04	577	28.90
	Toplam	100.00	44.54	1.87	1689	100.00
10	Temiz Kömür	51.37	24.94	1.73	2686	70.75
	Artık	48.63	67.22	2.02	568	29.25
	Toplam	100.00	45.50	1.87	1656	100.00
20	Temiz Kömür	48.82	24.88	1.72	2680	69.72
	Artık	51.18	68.88	1.99	541	30.28
	Toplam	100.00	47.40	1.86	1585	100.00
40	Temiz Kömür	44.76	24.91	1.71	2677	68.89
	Artık	55.24	72.52	1.96	441	31.11
	Toplam	100.00	51.21	1.85	1442	100.00

Çizelge 4.28 B damarı kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika)

-0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	57.30	21.36	1.85	3139	77.85
	Artık	42.70	69.98	2.18	853	22.15
	Toplam	100.00	42.12	1.99	2169	100.00
5	Temiz Kömür	56.13	21.39	1.83	3130	77.75
	Artık	43.87	71.22	2.20	812	22.25
	Toplam	100.00	43.25	1.99	2113	100.00
10	Temiz Kömür	55.61	21.73	1.83	3078	78.26
	Artık	44.39	72.76	2.19	776	21.74
	Toplam	100.00	44.38	1.99	2056	100.00
20	Temiz Kömür	52.10	21.90	1.85	3051	76.27
	Artık	47.90	73.57	2.14	740	23.73
	Toplam	100.00	46.65	1.99	1944	100.00
40	Temiz Kömür	46.55	22.02	1.83	3010	74.34
	Artık	53.45	76.56	2.13	595	25.66
	Toplam	100.00	51.17	1.99	1719	100.00

Çizelge 4.29 Dragline panosu kömürlerinde -0.5mm miktarının ayırma performansına etkisi (Bekleme süresi 4 dakika)

-0.5mm Mal. Mik. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	54.51	24.65	2.61	2846	77.10
	Artık	45.49	73.19	3.07	751	22.90
	Toplam	100.00	46.73	2.82	1893	100.00
5	Temiz Kömür	54.20	24.92	2.62	2834	78.03
	Artık	45.80	74.99	3.06	679	21.97
	Toplam	100.00	47.85	2.82	1847	100.00
10	Temiz Kömür	53.30	25.16	2.60	2820	78.17
	Artık	46.70	76.15	3.09	638	21.83
	Toplam	100.00	48.97	2.83	1801	100.00
20	Temiz Kömür	49.14	24.74	2.57	2836	75.81
	Artık	50.86	76.80	3.08	622	24.19
	Toplam	100.00	51.22	2.83	1710	100.00
40	Temiz Kömür	46.20	24.93	2.59	2805	78.29
	Artık	53.80	82.12	3.05	430	21.71
	Toplam	100.00	55.70	2.84	1527	100.00

Çizelge 4.30 A damarı kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi

Yüzey Rut. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0 (H.K.K.)	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
5	Temiz Kömür	52.39	26.10	1.75	2570	70.39
	Artık	47.61	65.80	1.98	688	29.61
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
10	Temiz Kömür	55.22	29.42	1.76	2476	70.86
	Artık	44.78	64.21	1.98	685	29.14
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
15	Temiz Kömür	65.84	35.18	1.79	2110	77.60
	Artık	34.16	63.93	1.99	834	22.40
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.31 B damarı kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi

Yüzey Rut. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0 (H.K.K.)	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
5	Temiz Kömür	57.33	23.49	1.84	3079	77.35
	Artık	42.67	69.89	2.19	815	22.65
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
10	Temiz Kömür	59.84	24.22	1.86	2955	79.96
	Artık	40.16	71.71	2.18	858	20.04
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
15	Temiz Kömür	62.18	27.90	1.85	2826	79.06
	Artık	37.82	68.59	2.22	941	20.94
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.32 Dragline panosu kömürleri yüzey rutubetinin ayırma performansına etkisi.

Yüzey Rut. %	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0 (H.K.K.)	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
5	Temiz Kömür	55.79	26.42	2.69	2790	79.17
	Artık	44.21	75.57	3.01	630	20.83
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
10	Temiz Kömür	57.12	28.32	2.66	2694	78.97
	Artık	42.88	74.57	3.06	691	21.03
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
15	Temiz Kömür	61.92	31.67	2.68	2530	81.60
	Artık	38.08	74.95	3.07	705	18.40
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.33 A damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Havada Kuru Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	54.62	27.85	1.81	2539	71.65
	Artık	45.38	65.64	1.92	633	28.35
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
0.5	Temiz Kömür	52.43	26.14	1.77	2574	70.41
	Artık	47.57	65.79	1.96	682	29.59
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.0	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.5	Temiz Kömür	51.81	24.62	1.75	2690	71.00
	Artık	48.19	66.91	1.98	582	29.00
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
2.0	Temiz Kömür	51.90	24.67	1.72	2694	71.09
	Artık	48.10	66.94	2.01	573	28.91
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.34 B damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Havada Kuru Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	58.30	24.24	1.92	3006	77.88
	Artık	41.70	69.92	2.09	864	22.12
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
0.5	Temiz Kömür	57.78	23.39	1.89	3054	78.06
	Artık	42.22	70.52	2.13	825	21.94
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.0	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.5	Temiz Kömür	56.82	21.56	1.83	3124	78.59
	Artık	43.18	71.88	2.20	783	21.41
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
2.0	Temiz Kömür	56.78	21.59	1.84	3120	78.51
	Artık	43.22	71.80	2.19	790	21.49
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.35 Dragline Panosu Kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Havada Kuru Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	56.48	27.13	2.66	2714	79.38
	Artık	43.52	75.43	3.05	694	20.62
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
0.5	Temiz Kömür	56.06	26.97	2.64	2725	78.96
	Artık	43.94	75.17	3.07	700	21.09
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.0	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.5	Temiz Kömür	54.16	25.24	2.61	2818	78.09
	Artık	45.84	75.22	3.09	674	21.91
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
2.0	Temiz Kömür	54.07	25.21	2.62	2825	77.99
	Artık	45.93	75.16	3.08	670	22.01
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.36 A damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Orjinal Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	62.27	33.15	1.80	2205	75.69
	Artık	37.73	64.56	1.96	798	24.31
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
0.5	Temiz Kömür	55.84	29.62	1.77	2452	71.45
	Artık	44.16	64.45	1.97	690	28.55
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.0	Temiz Kömür	54.19	28.34	1.75	2497	70.60
	Artık	45.81	64.71	1.99	700	29.40
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.5	Temiz Kömür	52.94	26.35	1.73	2566	70.89
	Artık	47.06	65.98	2.01	671	29.11
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
2.0	Temiz Kömür	52.01	25.84	1.74	2609	70.13
	Artık	47.99	65.76	2.00	663	29.87
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.37 B damarı kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Orjinal Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	61.95	27.65	1.93	2850	79.04
	Artık	38.05	68.75	2.09	913	20.96
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
0.5	Temiz Kömür	59.34	24.97	1.86	2983	78.51
	Artık	40.66	70.03	2.18	843	21.49
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.0	Temiz Kömür	58.26	24.39	1.84	2940	77.68
	Artık	41.74	69.67	2.20	959	22.32
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.5	Temiz Kömür	57.21	23.25	1.85	3052	77.43
	Artık	42.79	70.08	2.18	858	22.57
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
2.0	Temiz Kömür	57.13	22.64	1.84	3112	77.93
	Artık	42.87	70.81	2.19	782	22.07
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.38 Dragline panosu kömürleri için Aerosol OT-100 miktarının ayırma performansına etkisi. (Orjinal Kömürde)

Aerosol mik. kg/ton	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0	Temiz Kömür	61.83	31.65	2.65	2514	81.51
	Artık	38.17	74.88	3.12	735	18.49
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
0.5	Temiz Kömür	57.46	28.76	2.64	2680	78.91
	Artık	42.54	74.30	3.09	694	21.09
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.0	Temiz Kömür	56.22	27.02	2.62	2710	79.13
	Artık	43.78	75.28	3.10	711	20.87
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.5	Temiz Kömür	54.75	25.72	2.61	2795	78.43
	Artık	45.25	75.29	3.10	673	21.57
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
2.0	Temiz Kömür	54.56	25.61	2.60	2803	78.28
	Artık	45.44	75.21	3.11	672	21.72
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.39 A damarı kömürleri için ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi.

Kıv. Süresi dakika	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0,5	Temiz Kömür	54.27	27.93	1.79	2505	71.11
	Artık	45.73	65.26	1.94	688	28.89
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1	Temiz Kömür	52.19	26.12	1.75	2609	70.11
	Artık	47.81	65.61	2.01	664	29.89
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.5	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
2	Temiz Kömür	51.80	24.70	1.73	2695	70.92
	Artık	48.20	66.82	2.00	577	29.08
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
2,5	Temiz Kömür	51.91	24.72	1.72	2701	71.05
	Artık	48.09	66.89	2.01	565	28.95
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.40 B damarı kömürleri için ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi

Kıv.Süresi dakika	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0,5	Temiz Kömür	58.96	24.85	1.86	2950	78.13
	Artık	41.04	69.78	2.18	910	21.87
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1	Temiz Kömür	57.21	22.24	1.85	3069	78.45
	Artık	42.79	71.43	2.18	835	21.55
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.5	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
2	Temiz Kömür	56.84	21.60	1.82	3125	78.58
	Artık	43.16	71.85	2.21	780	21.42
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
2,5	Temiz Kömür	56.77	21.56	1.81	3129	78.52
	Artık	43.23	71.83	2.23	779	21.48
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.41 Dragline panosu kömürleri ön kıvamlandırma süresinin ayırma performansına etkisi

Kıv.Süresi dakika	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
0,5	Temiz Kömür	56.83	27.98	2.70	2623	78.94
	Artık	43.17	74.70	3.00	798	21.06
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1	Temiz Kömür	54.91	26.03	2.66	2779	78.34
	Artık	45.09	75.09	3.04	685	21.66
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.5	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
2	Temiz Kömür	54.23	25.30	2.60	2819	78.13
	Artık	45.77	75.22	3.10	669	21.87
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
2,5	Temiz Kömür	54.19	25.28	2.62	2830	78.09
	Artık	45.81	75.20	3.08	658	21.91
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.42 A damarı kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi

Karıştırma Şiddeti dev/dak.	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
500	Temiz Kömür	62.35	33.84	1.76	2315	75.00
	Artık	37.65	63.48	2.03	612	25.00
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
750	Temiz Kömür	55.62	28.49	1.74	2494	72.32
	Artık	44.38	65.69	2.01	646	27.68
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1000	Temiz Kömür	52.28	26.25	1.75	2597	70.10
	Artık	47.72	65.54	1.98	663	29.90
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1250	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1500	Temiz Kömür	51.79	24.66	1.73	2701	70.94
	Artık	48.21	66.85	2.00	571	29.06
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.43 B damarı kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi

Karıştırma Şiddeti dev/dak.	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
500	Temiz Kömür	62.69	28.19	1.85	2810	79.38
	Artık	37.31	68.66	2.22	942	20.62
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
750	Temiz Kömür	59.24	24.94	1.85	2938	78.41
	Artık	40.76	69.96	2.19	914	21.59
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1000	Temiz Kömür	57.33	22.32	1.84	3062	78.53
	Artık	42.67	71.46	2.19	838	21.47
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1250	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1500	Temiz Kömür	56.91	21.61	1.82	3118	78.66
	Artık	43.09	71.92	2.21	786	21.34
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.44 Dragline panosu kömürleri için ön kıvamlandırmada karıştırma şiddetinin ayırma performansına etkisi

Karıştırma Şiddeti dev/dak.	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
500	Temiz Kömür	61.83	32.19	2.62	2451	80.86
	Artık	38.17	74.00	3.17	837	19.14
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
750	Temiz Kömür	57.48	28.20	2.62	2580	79.60
	Artık	42.52	75.12	3.11	828	20.40
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1000	Temiz Kömür	54.63	25.80	2.61	2790	78.18
	Artık	45.37	75.06	3.09	685	21.82
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1250	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1500	Temiz Kömür	54.05	25.28	2.60	2819	77.89
	Artık	45.95	75.05	3.10	678	22.11
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.45 A damarı kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi

Ayırma Süresi	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top. Kükür	AID Kcal/kg	% Yanabilir Verim
30 saniye	Temiz Kömür	64.13	34.71	1.76	2250	76.13
	Artık	35.87	63.39	2.04	644	23.87
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1 dakika	Temiz Kömür	59.25	30.83	1.73	2415	74.51
	Artık	40.75	65.60	2.05	597	25.49
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
2 dakika	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
3 dakika	Temiz Kömür	51.50	24.59	1.71	2710	70.61
	Artık	48.50	66.67	2.02	574	29.39
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
4 dakika	Temiz Kömür	50.69	24.43	1.70	2715	69.65
	Artık	49.31	66.15	2.03	604	30.35
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.46 B damarı kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi

Ayırma Süresi	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top. Kükür	AID Kcal/kg	% Yanabilir Verim
30 saniye	Temiz Kömür	63.42	28.75	1.87	2790	79.68
	Artık	36.58	68.50	2.20	939	20.32
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1 dakika	Temiz Kömür	58.73	24.61	1.84	3035	78.08
	Artık	41.27	69.87	2.20	801	21.92
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
2 dakika	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
3 dakika	Temiz Kömür	55.92	21.50	1.80	3125	77.41
	Artık	44.08	70.93	2.23	836	22.59
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
4 dakika	Temiz Kömür	54.64	21.09	1.77	3129	76.03
	Artık	45.36	70.03	2.26	889	23.97
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.47 Dragline panosu kömürleri için ayırma süresinin proses performansına etkisi

Ayırma Süresi	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top. Kükür	AID Kcal/kg	% Yanabilir Verim
30 saniye	Temiz Kömür	61.79	30.21	2.66	2695	83.17
	Artık	38.21	77.16	3.10	444	16.83
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1 dakika	Temiz Kömür	57.35	27.25	2.64	2774	80.47
	Artık	42.65	76.25	3.09	572	19.53
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
2 dakika	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
3 dakika	Temiz Kömür	53.87	25.10	2.60	2800	77.82
	Artık	46.13	75.06	3.10	708	22.18
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
4 dakika	Temiz Kömür	53.30	24.85	2.58	2820	77.25
	Artık	16.70	74.74	3.12	711	22.75
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 4.48 A damarı kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	37.29	20.92	1.72	2861	53.62
	Artık	62.71	59.32	1.94	968	46.38
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.5	Temiz Kömür	51.87	24.68	1.73	2698	71.03
	Artık	48.13	66.90	2.00	570	28.97
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00
1.6	Temiz Kömür	61.32	29.67	1.78	2450	78.41
	Artık	38.68	69.30	1.99	444	21.59
	Toplam	100.00	45.00	1.86	1674	100.00

Çizelge 4.49 B damarı kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre yapılan zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	45.73	18.61	1.83	3340	65.63
	Artık	54.27	64.09	2.12	1079	34.37
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.5	Temiz Kömür	56.80	21.58	1.83	3121	78.54
	Artık	43.20	71.83	2.20	788	21.46
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00
1.6	Temiz Kömür	65.37	26.51	1.85	2936	84.71
	Artık	34.63	74.97	2.25	559	15.29
	Toplam	100.00	43.29	1.99	2113	100.00

Çizelge 4.50 Dragline panosu kömürleri ağır ortam yoğunluğuna göre zenginleştirme deneyleri

Yoğunluk gr/cm3	Ürünler	% Miktar	% Kuru Kül	% Top.Kükürt	AID Kcal/kg	%Yanabilir Verim
1.4	Temiz Kömür	42.56	20.63	2.43	3122	65.15
	Artık	57.44	68.54	3.13	881	34.85
	Toplam	100.00	45.00	2.83	1835	100.00
1.5	Temiz Kömür	54.11	25.26	2.61	2823	78.00
	Artık	45.89	75.14	3.09	670	22.00
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00
1.6	Temiz Kömür	61.04	28.40	2.65	2702	84.29
	Artık	38.96	79.09	3.11	477	15.71
	Toplam	100.00	48.15	2.83	1835	100.00

Çizelge 5.6 A damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	12.17	3.25	15.60	19.53	5.22	12.17	3.25	15.60	19.53	5.22
+1.30-1.40	24.16	6.46	23.62	35.09	9.38	36.33	9.71	20.93	54.62	14.60
+1.40-1.50	10.72	2.87	45.50	11.11	2.97	47.05	12.58	26.53	65.73	17.57
+1.50-1.60	8.19	2.19	51.11	7.61	2.04	55.24	14.77	30.17	73.34	19.61
+1.60-1.70	9.34	2.50	62.02	6.75	1.80	64.58	17.27	34.78	80.09	
+1.70-1.80	10.64	2.84	66.34	6.81	1.82	75.22	20.11	39.24	86.90	23.63
+1.80	24.78	6.62	72.20	13.10	3.50	100.00	26.73	47.41	100.00	26.73
TOPLAM	100.00	26.73	47.41	100.00	26.73					

Çizelge 5.7 A damarı kömürleri -50÷18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	15.62	3.24	14.41	22.48	4.66	15.62	3.24	14.41	22.48	4.66
+1.30-1.40	28.16	5.85	20.18	37.79	7.85	43.78	9.09	18.12	60.27	12.51
+1.40-1.50	17.72	3.68	40.62	17.69	3.67	61.50	12.77	24.60	77.96	16.19
+1.50-1.60	9.04	1.88	52.12	7.28	1.51	70.54	14.65	28.13	85.24	17.70
+1.60-1.70	7.19	1.49	64.12	4.34	0.90	77.73	16.14	31.46	89.58	18.60
+1.70-1.80	8.81	1.83	68.43	4.68	0.97	86.54	17.97	35.22	94.26	19.57
+1.80	13.46	2.79	74.60	5.74	1.19	100.00	20.76	40.52	100.00	20.76
TOPLAM	100.00	20.76	40.52	100.00	20.76					

Çizelge 5.8 A damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑ % Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	13.38	1.31	14.28	19.67	1.93	13.38	1.31	14.28	19.67	1.93
+1.30-1.40	27.42	2.68	21.39	36.97	3.61	40.80	3.99	19.06	56.64	5.54
+1.40-1.50	16.74	1.63	42.03	16.65	1.62	57.54	5.62	25.74	73.29	7.16
+1.50-1.60	12.65	1.23	50.19	10.81	1.05	70.19	6.85	30.15	84.10	8.21
+1.60-1.70	10.37	1.01	62.21	6.73	0.65	80.56	7.86	34.27	90.83	8.86
+1.70-1.80	6.82	0.67	65.35	4.05	0.40	87.38	8.53	36.70	94.88	9.26
+1.80	12.62	1.23	76.36	5.12	0.50	100.00	9.76	41.70	100.00	9.76
TOPLAM	100.00	9.76	41.70	100.00	9.76					

Çizelge 5.9 A damarı kömürleri -10+4mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	10.46	2.72	13.94	15.43	4.01	10.46	2.72	13.94	15.43	4.01
+1.30-1.40	27.39	7.12	22.41	36.42	9.47	37.85	9.84	20.07	51.85	13.48
+1.40-1.50	23.37	6.08	40.68	23.76	6.18	61.22	15.92	27.94	75.61	19.66
+1.50-1.60	10.93	2.84	49.74	9.41	2.45	72.15	18.76	31.24	85.02	22.11
+1.60-1.70	8.41	2.19	60.14	5.75	1.49	80.56	20.95	34.26	90.77	23.60
+1.70-1.80	8.78	2.28	66.34	5.06	1.32	89.34	23.23	37.41	95.83	24.92
+1.80	10.66	2.77	77.19	4.17	1.08	100.00	26.00	41.65	100.00	26.00
TOPLAM	100.00	26.00	41.65	100.00	26.00					

Çizelge 5.10 A damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	5.90	0.55	13.07	9.66	0.90	5.90	0.55	13.07	9.66	0.90
+1.30-1.40	23.62	2.21	20.94	35.15	3.29	29.52	2.76	19.37	44.81	4.19
+1.40-1.50	22.75	2.13	41.19	25.19	2.36	52.27	4.89	28.87	70.00	6.55
+1.50-1.60	11.26	1.05	52.13	10.15	0.94	63.53	5.94	32.99	80.15	7.49
+1.60-1.70	12.36	1.15	63.36	8.52	0.79	75.89	7.09	37.94	88.67	8.28
+1.70-1.80	8.64	0.81	65.72	5.57	0.53	84.53	7.90	40.78	94.24	8.81
+1.80	15.47	1.45	80.21	5.76	0.54	100.00	9.35	46.88	100.00	9.35
TOPLAM	100.00	9.35	46.88	100.00	9.35					

Çizelge 5.11 A damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaban birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar	% Kuru Kül	% Yan.Verim	Σ % Miktar	Σ % Kuru Kül	Σ % Yan.Verim
-1.3	11.07	14.56	17.20	11.07	14.56	17.20
+1.3-1.4	24.32	21.95	34.51	35.39	19.64	51.71
+1.4-1.5	16.39	41.71	17.37	51.78	26.62	69.08
+1.5-1.6	9.19	50.89	8.21	60.97	30.28	77.29
+1.6-1.7	8.34	62.11	5.75	69.31	34.11	83.04
+1.7-1.8	8.43	66.66	5.11	77.74	37.64	88.15
+1.8	14.86	74.71	6.83	92.60	43.59	94.98
ŞLAM (-0.5mm)	7.40	62.65	5.02	100.00	45.00	100.00
TOPLAM	100.00	45.00	100.00			

Çizelge 5.12 B damarı kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		Σ% Miktar		Σ %	Σ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	38.01	11.27	13.89	53.38	15.83	38.01	11.27	13.89	53.38	15.83
+1.30-1.40	11.82	3.51	26.76	14.12	4.19	49.83	14.78	16.94	67.50	20.02
+1.40-1.50	13.14	3.90	40.83	12.68	3.76	62.97	18.68	21.93	80.18	23.78
+1.50-1.60	5.48	1.62	56.97	3.84	1.14	68.45	20.30	24.73	84.02	24.92
+1.60-1.70	7.45	2.21	60.75	4.77	1.41	75.90	22.51	28.27	88.79	26.33
+1.70-1.80	11.11	3.30	69.14	5.59	1.66	87.01	25.81	33.49	94.38	27.99
+1.80	12.99	3.85	73.46	5.62	1.67	100.00	29.66	38.68	100.00	29.66
TOPLAM	100.00	29.66	38.68	100.00	29.66					

Çizelge 5.13 B damarı kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		% K. Kül	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ % K. Kül	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre		Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre		Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	21.16	5.97	12.47	31.08	8.77	21.16	5.97	12.47	31.08	8.77
+1.30-1.40	30.83	8.69	25.69	38.45	10.84	51.99	14.66	20.31	69.53	19.61
+1.40-1.50	11.72	3.30	42.19	11.37	3.20	63.71	17.96	24.33	80.90	22.81
+1.50-1.60	7.45	2.10	53.39	5.83	1.64	71.16	20.06	27.37	86.73	24.45
+1.60-1.70	6.13	1.73	62.19	3.89	1.10	77.29	21.79	30.14	90.62	25.55
+1.70-1.80	7.69	2.17	68.45	4.07	1.15	84.98	23.96	33.60	94.69	26.70
+1.80	15.02	4.23	78.92	5.31	1.49	100.00	28.19	40.41	100.00	28.19
TOPLAM	100.00	28.19	40.41	100.00	28.19					

Çizelge 5.14 B damarı kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		Σ% Miktar		Σ %	Σ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	14.21	2.09	11.35	22.30	3.28	14.21	2.09	11.35	22.30	3.28
+1.30-1.40	35.19	5.17	26.65	45.70	6.71	49.40	7.26	22.25	68.00	9.99
+1.40-1.50	11.86	1.74	43.46	11.87	1.74	61.26	9.00	26.36	79.87	11.73
+1.50-1.60	7.12	1.04	54.15	5.78	0.85	68.38	10.04	29.25	85.65	12.58
+1.60-1.70	8.92	1.31	63.23	5.81	0.85	77.30	11.35	33.17	91.46	13.43
+1.70-1.80	9.95	1.46	74.15	4.56	0.67	87.25	12.81	37.84	96.02	14.10
+1.80	12.75	1.87	82.41	3.98	0.58	100.00	14.68	43.52	100.00	14.68
TOPLAM	100.00	14.68	43.52	100.00	14.68					

Çizelge 5.15 B damarı kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		Σ% Miktar		Σ %	Σ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	13.27	1.93	10.97	22.47	3.27	13.27	1.93	10.97	22.47	3.27
+1.30-1.40	30.44	4.43	27.46	42.00	6.11	43.71	6.36	22.45	64.47	9.38
+1.40-1.50	12.28	1.79	45.13	12.82	1.87	55.99	8.15	27.43	77.29	11.23
+1.50-1.60	10.62	1.54	58.19	8.45	1.22	66.61	9.69	32.33	85.74	12.47
+1.60-1.70	8.25	1.20	66.46	5.26	0.77	74.86	10.89	36.09	91.00	13.24
+1.70-1.80	7.67	1.12	75.98	3.51	0.51	82.53	12.01	39.80	94.51	13.75
+1.80	17.47	2.54	83.50	5.49	0.80	100.00	14.55	47.43	100.00	14.55
TOPLAM	100.00	14.55	47.43	100.00	14.55					

Çizelge 5.16 B damarı kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	12.16	0.95	11.55	21.04	1.64	12.16	0.95	11.55	21.04	1.64
+1.30-1.40	20.81	1.62	25.52	30.33	2.36	32.97	2.57	20.37	51.37	4.00
+1.40-1.50	15.71	1.22	38.68	18.85	1.46	48.68	3.79	26.28	70.22	5.46
+1.50-1.60	8.29	0.64	52.10	7.77	0.60	56.97	4.43	30.04	77.99	6.06
+1.60-1.70	9.15	0.71	63.05	6.61	0.52	66.12	5.14	34.60	84.60	6.58
+1.70-1.80	13.45	1.05	69.42	8.05	0.63	79.57	6.19	40.49	92.65	7.21
+1.80	20.43	1.59	81.61	7.35	0.57	100.00	7.78	48.89	100.00	7.78
TOPLAM	100.00	7.78	48.89	100.00	7.78					

Çizelge 5.17 B damarı kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaban birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar	% Kuru Kül	% Yan. Verim	Σ % Miktar	Σ % Kuru Kül	Σ % Yan. Verim
-1.3	22.21	12.92	34.10	22.21	12.92	34.10
+1.3-1.4	23.42	26.39	30.40	45.63	19.83	64.50
+1.4-1.5	11.95	42.01	12.22	57.58	24.43	76.72
+1.5-1.6	6.94	55.29	5.47	64.52	27.75	82.19
+1.6-1.7	7.16	62.74	4.70	71.68	31.25	86.89
+1.7-1.8	9.10	70.66	4.71	80.78	35.69	91.60
+1.8	14.08	79.02	5.21	94.86	42.12	96.81
ŞLAM (-0.5mm)	5.14	64.75	3.19	100.00	43.29	100.00
TOPLAM	100.00	43.29	100.00			

Çizelge 5.18 Dragline panosu kömürleri -100+50 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	23.16	6.98	14.29	33.55	10.11	23.16	6.98	14.29	33.55	10.11
+1.30-1.40	26.41	7.96	24.85	33.54	10.11	49.57	14.94	19.92	67.09	20.22
+1.40-1.50	14.48	4.37	46.12	13.19	3.98	64.05	19.31	25.84	80.28	24.20
+1.50-1.60	5.10	1.54	55.45	3.84	1.16	69.15	20.85	28.02	84.12	25.36
+1.60-1.70	7.26	2.19	63.74	4.45	1.34	76.41	23.04	31.42	88.57	26.70
+1.70-1.80	15.18	4.58	69.19	7.90	2.39	91.59	27.62	37.68	96.47	29.09
+1.80	8.41	2.54	75.16	3.53	1.07	100.00	30.16	40.83	100.00	30.16
TOPLAM	100.00	30.16	40.83	100.00	30.16					

Çizelge 5.19 Dragline panosu kömürleri -50+18 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	18.83	4.51	13.75	29.06	6.96	18.83	4.51	13.75	29.06	6.96
+1.30-1.40	28.91	6.92	24.15	39.24	9.39	47.74	11.43	20.05	68.30	16.35
+1.40-1.50	12.76	3.05	44.36	12.71	3.04	60.50	14.48	25.17	81.01	19.39
+1.50-1.60	7.11	1.70	53.71	5.89	1.41	67.61	16.18	28.18	86.90	20.80
+1.60-1.70	9.39	2.25	69.85	5.07	1.21	78.36	18.43	32.68	91.97	22.01
+1.70-1.80	10.75	2.57	76.21	4.58	1.09	87.75	21.00	38.52	96.55	23.10
+1.80	12.25	2.93	84.25	3.45	0.83	100.00	23.93	44.12	100.00	23.93
TOPLAM	100.00	23.93	44.12	100.00	23.93					

Çizelge 5.20 Dragline panosu kömürleri -18+10 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	15.49	2.76	12.85	26.01	4.63	15.49	2.76	12.85	26.01	4.63
+1.30-1.40	25.03	4.46	24.61	36.35	6.48	40.52	7.22	20.11	62.36	11.11
+1.40-1.50	14.67	2.61	48.79	14.47	2.58	55.19	9.83	27.74	76.83	13.69
+1.50-1.60	6.49	1.16	54.21	5.72	1.02	61.68	10.99	30.52	82.55	14.71
+1.60-1.70	8.86	1.58	65.42	5.90	1.05	70.54	12.57	34.91	88.45	15.76
+1.70-1.80	12.75	2.27	72.14	6.84	1.22	83.29	14.84	40.41	95.29	16.98
+1.80	16.71	2.98	85.37	4.71	0.84	100.00	17.82	48.09	100.00	17.82
TOPLAM	100.00	17.82	48.09	100.00	17.82					

Çizelge 5.21 Dragline panosu kömürleri -10+4 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		∑% Miktar		∑ %	∑ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	12.80	1.22	12.18	23.16	2.21	12.80	1.22	12.18	23.16	2.21
+1.30-1.40	25.42	2.42	23.47	40.09	3.81	38.22	3.64	19.69	63.25	6.02
+1.40-1.50	11.26	1.07	42.45	13.35	1.27	49.48	4.71	24.87	76.60	7.29
+1.50-1.60	7.21	0.69	53.82	6.86	0.66	56.69	5.40	28.55	83.46	7.95
+1.60-1.70	3.49	0.33	68.79	2.24	0.21	60.18	5.73	30.88	85.70	8.16
+1.70-1.80	14.56	1.38	77.74	6.68	0.63	74.74	7.11	40.01	92.38	8.79
+1.80	25.26	2.40	85.37	7.62	0.72	100.00	9.51	51.47	100.00	9.51
TOPLAM	100.00	9.51	51.47	100.00	9.51					

Çizelge 5.22 Dragline panosu kömürleri -4+0.5 mm fraksiyonu yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar		%	% Yanabilir Verim		Σ% Miktar		Σ %	Σ % Yanabilir Verim	
	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre	Den. Göre	Tüv.Göre	K. Kül	Den. Göre	Tüv.Göre
-1.30	8.32	1.02	11.96	18.64	2.29	8.32	1.02	11.96	18.64	2.29
+1.30-1.40	17.50	2.14	24.61	33.58	4.11	25.82	3.16	20.53	52.22	6.40
+1.40-1.50	10.21	1.25	42.79	14.87	1.82	36.03	4.41	26.84	67.09	8.22
+1.50-1.60	7.23	0.88	56.88	7.93	0.96	43.26	5.29	31.86	75.02	9.18
+1.60-1.70	4.72	0.58	70.43	3.55	0.44	47.98	5.87	35.66	78.57	9.62
+1.70-1.80	21.38	2.62	79.16	11.34	1.39	69.36	8.49	49.07	89.91	11.01
+1.80	30.64	3.75	87.07	10.08	1.23	100.00	12.24	60.71	100.00	12.24
TOPLAM	100.00	12.24	60.71	100.00	12.24					

Çizelge 5.23 Dragline panosu kömürleri -100+0.5 mm boyutu hesaban birleştirilmiş yüzdürme batırma deneyi sonuçları ve % yanabilir verimleri.

Yoğunluk	% Miktar	% Kuru Kül	% Yan. Verim	Σ % Miktar	Σ % Kuru Kül	Σ % Yan. Verim
-1.3	16.49	13.60	27.48	16.49	13.60	27.48
+1.3-1.4	23.90	24.44	34.83	40.39	20.01	62.31
+1.4-1.5	12.35	45.59	12.96	52.74	26.00	75.27
+1.5-1.6	5.97	54.74	5.21	58.71	28.93	80.48
+1.6-1.7	6.93	66.91	4.42	65.64	32.94	84.90
+1.7-1.8	13.42	73.86	6.77	79.06	39.88	91.67
+1.8	14.60	83.81	4.56	93.66	46.73	96.23
ŞLAM (-0.5mm)	6.34	69.16	3.77	100.00	48.15	100.00
TOPLAM	100.00	48.15	100.00			

ÖZGEÇMİŞ

13.3.1959 yılında Eskişehir'de doğdu.İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'de tamamladı.1980 yılında E.D.M.M.A Maden Fakültesi'nden mezun oldu.1987 yılında İngiltere Leeds Üniversitesi Maden ve Mineral Mühendisliği Bölümünde M.Phil yaptı.1990-1991 öğretim yılında Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora eğitimine başladı.Eskişehir Anadolu Üniversitesi Bozüyük Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.