SEYİTÖMER ve SOMA LİNYİT KÖMÜRLERİ için ZENGİNLEŞTİRME TESİS TASARIMI

Ahmet GİTMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı

Haziran 2005

Processing Plant Design for Seyitömer and Soma Lignite Coals

Ahmet GİTMEZ

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mineral Processing

June 2005

SEYİTÖMER ve SOMA LİNYİT KÖMÜRLERİ için ZENGİNLEŞTİRME TESİS TASARIMI

Ahmet GİTMEZ

Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Muammer KAYA

Haziran - 2005

Ahmet GİTMEZ' in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Seyitömer ve Soma Linyit Kömürleri için Zenginleştirme Tesis Tasarımı" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca **değerlendirilerek kabul edilmiştir.**

Üye: Prof. Dr. Muammer KAYA

Üye: Prof. Dr. Ender SÖNMEZ

Üye: Doç. Dr. Hüseyin KOCA

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

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Projenin oluşmasında öncülük eden, yol gösteren ve yönlendiren danışmanım, Sayın Profesör Doktor Muammer KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Profesör Doktor Hüseyin ÖZDAĞ'a, Sayın Profesör Doktor Adnan KONUK'a, Sayın Profesör Doktor Yaşar UÇBAŞ'a, Sayın Profesör Doktor Ender SÖNMEZ'e, Sayın Doçent Doktor Volkan BOZKURT'a, Sayın Doçent Doktor Kemal BİLİR'e, Sayın Doçent Doktor Haldun KURAMA'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Son olarak, her zaman yanımda ve yardımcı olan, sevgili eşim Sibel GİTMEZ'e ve kıymetli aileme de teşekkür ederim.

01.06.2005

Ahmet GİTMEZ

ÖZET

Dünya fosil kaynaklarından doğal gazın 65 yıl, petrolün 42 yıl ve kömürün 230 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Dünya kömür rezervinin yaklaşık yarısını oluşturan 475 milyar ton linyitin, 8,3 milyar tonu Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye linyit rezervinin % 66'sı ise, 1.000-2.000 kcal/kg'lık düşük ısıl değere sahiptir. Bu çalışmada, düşük kalite özelliklerine sahip, Seyitömer linyitleri ile ülkemizin kaliteli ve düşük kükürt içerikli linyitlerinden olan Soma-Eynez linyitleri için, kalitenin arttırılması amacı ile zenginleştirme tesis tasarımı yapılmıştır.

Öncelikle, kömür ve kömür madenciliği hakkında genel bilgi verilmiş, kömür zenginleştirmenin teknik ve ekonomik gerekçeleri ile termik santral açısından kömürün zenginleştirilmesinin sağlayacağı faydalar incelenmiştir. Kömür yıkama yöntemleri ile kömür yıkama tesislerinin tasarımları kısa bir şekilde değerlendirildikten sonra lavvar tasarımına konu olan Seyitömer ve Soma linyit kömürlerinin yıkanabilirlik ve pazar etütleri yapılmıştır. Daha sonra zenginleştirme tesis tasarım kriterleri ile proses ve ekipman seçimleri gerçekleştirilmiştir. Her iki linyit için de, zenginleştirme tesis tasarımı, ekipman seçimi ve boyutlandırması yapılmış, akım şeması ve tesis kütle denkliği sunulmuştur. Kömür zenginleştirme tesisleri yatırım ve işletme maliyetleri tahmini de yapılmıştır.

Tek başına tüvenan kömür olarak değerlendirilebilme imkânı olmayan Seyitömer B-3 linyitleri, tasarlanan zenginleştirme tesisinde yıkandıktan sonra, termik santralin taleplerine uygun ve santralin verimini artıracak nitelikte zenginleştirilerek, kalorisi yükseltilmiş satılabilir linyit elde edilebilmektedir. Tesis için yapılan maliyet analizlerinde, bir yıl sona ermeden yatırım maliyet tutarının geri alınabileceği görülmektedir. Soma-Eynez linyitleri için yapılan zenginleştirme tesisi ürünleri, iri kömürde ısınma yakıtı olarak, ince kömürde ise santral ve sanayi yakıtı olarak kullanılabilme özelliklerini sağlayacak niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Linyit, yıkanabilirlik, zenginleştirme, tesis tasarımı, maliyet analizi.

SUMMARY

It's estimated that world fossil sorces of natural gas in 65 years, petrol in 42 years and coal in 230 years will be consumed. Turkey has 8,3 billion tonnes of 475 billion tonnes lignites which form approximately half of the world coal reserve. 66% of Turkey lignite reserve, has 1.000-2.000 kcal/kg low thermo value.

In this study, mineral processing plant has designed for the purpose of increasing quality for Seyitömer lignites that has low quality specifications, with Soma-Eynez lignites which belong to our country's quality and low sulphur content lignites.

Primarily, general information about coal and coal mining has given, benefits of coal processing in point of technical and economical reasons of coal processing together with thermic plant, has examined.

After coal washing methods and coal washing plants designs evaluated in a short way, washability and market etudes of Seyitömer and Soma lignite coals that subject to coal washing plant design, has performed. Afterwards criterias of processing plant design has examined, selection of process and equipment has performed. For both lignites, processing plant design, equipment selection and sizing has performed, flowsheet and plant mass balance has submitted. Also costs estimation of investment and operation for coal processing plants, has done.

Seyitömer B-3 lignites which can not be evaluated as run of mine coal by itself, after washed in designed processing plant, processed in quality to increase efficiency of plant and suitable according to thermic plant demands, increased calori sellable lignite is obtained. Cost analysis which made for the plant, it is seen that investment cost amount can be regained before end of one year.

Products of processing plant which made for Soma-Eynez lignites, has quality to provide for coarse coal as heating fuel, for fine coal as plant and industrial fuel.

Keywords: Lignite, washability, processing, plant design, cost estimation.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR....iv
ÖZET.... v
SUMMARY....vi
İÇİNDEKİLER.... vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xv
TABLOLAR DİZİNİ xix

BÖLÜM 1

GİRİŞ ve AMAÇ

Giriş ve Amaç.... 1

BÖLÜM 2
KÖMÜR ve KÖMÜR MADENCİLİĞİ

2.1. Kömür ve Özellikleri 3
2.1.1. Kömürün Tanımı ve Oluşumu 3
2.1.2. Kömürün Önemi 6
2.1.3. Kömürün Sınıflandırılması 7
2.1.4. Kömürlerin İnorganik Bileşenleri 9
2.1.5. Kaliteli Kömür Kriterleri 9
2.1.6. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar 10
2.2. Türkiye'de Kömür 11
2.2.1. Kömürün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri 13
2.2.2. Kömür Tüketimi 17
2.2.3. Kömür Üretimi 18
2.2.4. Kömür Üretim Yöntemi ve Teknolojileri 18

BÖLÜM 3
KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRMENİN GEREKÇELERİ

3.1. Teknik ve Ekonomik Gerekçeler 21
3.1.1. Tüketiciye Sağlanan Kolaylıklar 21
3.1.2. Taşıma Maliyetindeki Tasarruflar 21
3.1.3. Çevreye Olumlu Etki 21
3.1.4. Termik Verimin Artışı 22
3.1.5. Diğer Alternatif Yakıtlar ile Rekabet 22
3.2. Termik Santraller Açısından Kömürün Zenginleştirilmesinin Sağlayacağı Faydalar 22
3.2.1. Kömür Taşıma ve Stoklama Maliyeti 23
3.2.2. Malzeme Akışı, Baca Gazı ve Stok Kapasiteleri 23
3.2.3. Kömür Öğütme Maliyeti 24
3.2.4. Buhar Kazanı ve İşletme Maliyeti 24
3.2.5. Termik Verim 25

3.2.6. Elektrostatik Filtrelerin İşletme Maliyetleri....26
3.2.7. Baca Gazları Sitemi ve Desülfirizasyon Tesisi Maliyeti....26
3.2.8. Kül Taşıma Ünitesi ve Atık Sistemleri Maliyeti....27
3.2.9. Yapısal Komponentler....27
3.2.10. İşletme Etkileri ve İlave İşletme Bedelleri....28
3.2.10.1. Kazan Verimliliği....28
3.2.10.2. Tesis Tüketimi....28
3.2.10.3. Jeneratörlerin Elektriksel Çıkışı ve Isı Tüketimi....28
3.2.10.4. Tamir ve Bakım....29
3.2.10.5. İnsan Gücü....29
3.2.10.6. Ekolojik Etkiler....29

BÖLÜM 4
LİNYİTLERİN YIKAMA YÖNTEMLERİ ile TEMİZLENMESİNDEKİ SINIRLAMALAR

4. Linyitlerin Temizlenmesinde Kömür Yıkama Yöntemleri....32
4.1. Hidrolik Ayırma Yöntemleri....33
4.1.1. Jigler....33
4.1.2. Spiral Ayırıcılar....35
4.2. Havalı Ayırma Yöntemleri....36
4.3. Ağır Ortam İle Ayırma....36
4.3.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları....37
4.3.2. Santrifüjlü Ağır Ortam Ayırıcıları....38
4.4. Kömür Hazırlama Tesisleri....39

BÖLÜM 5
KÖMÜR YIKAMA TESİSLERİNİN TASARIMINDA ELE ALINMASI GEREKEN ÖNEMLİ FAKTÖRLER

5.1. Kömürün Özellikleri....43
5.1. Kömürün Özellikleri....43
5.2. Pazar....45

5.3. Kapasite Tespiti..... 45
5.4. İşletmede ve Yıkama Devrelerinde Esneklik..... 47
5.5 . Standardizasyon..... 48
5.6 . Yerleşim..... 49
5.7 . Teçhizatta Yedeklik..... 50
5.8 . Aşınmalara Karşı Önlemler..... 51
5.9 . Otomasyon..... 52
5.10. Otomasyona Örnek Bir Kömür Yıkama Tesisi ve Otomasyon Ekipmanları
G.L.İ. Ömerler Lavvarı /TUNÇBİLEK……..... 54
5.10.1. Kontrol,Sinyalizasyon ve Haberleşme……..... 54
5.10.2. Bilgisayar ve PLC (Programmable Logic Control) ……..... 55
5.10.3. Motor Kumanda Merkezi (MCC, Motor Control Center) 58

BÖLÜM 6

LAVVAR TASARIMINA KONU OLAN SEYİTÖMER ve SOMA KÖMÜRLERİNİN YIKANABİLİRLİK ve PAZAR ETÜDÜ

6.1. Kömürlerin Yıkanabilirliklerinin Tespiti …….……..... 59
6.1.1. Yüzdürme – Batırma Testlerinden Elde Edilen Bilgiler..... 60
6.1.2. Yüzdürme – Batırma Testi…….……..... 61
6.1.3. Yıkanabilirlik Eğrileri…….…..... 62
6.1.4. Mayer Eğrisi…….…..... 67
6.2. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirliğinin Araştırılması..... 71
6.2.1. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirlik Değerleri..... 71
6.2.2. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Pazar Etüdü..... 82
6.3. Soma Kömürlerinin Yıkanabilirlik Değerleri..... .86

BÖLÜM 7

TESİS TASARIM ESASLARI ve PROSES DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Tasarım Kriterleri…….....93
7.2. Tesisin Beslenme Özellikleri…….....94
7.3. Proses Değerlendirilmesi…….....94

7.4. Seyitömer Bölgesi Kömürü İçin Kömür Zenginleştirme Tesis Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi……..... 94
7.4.1. SLİ Kömürü İçin Proses ve Zenginleştirme Ekipmanı Tipi Seçimi…… 94
7.4.2. SLİ Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Tane Dağılımı Tespiti……..... 96
7.4.3. SLİ Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Kalite Tespiti…..... 97
7.4.4. SLİ Kömürü Zengin. Prosesi İçin Ekipman ve Akım Şeması Tespiti……. 100
7.4.5. SLİ Bölgesi Linyitleri 300 ton/h Kapasiteli Zenginleştirme Tesislerinin Akım Şeması ve Ekipman Tasarımı….....101
7.4.5.1. İri Kömür Devresi Zenginleştirme Ekipmanları…..…..102
7.4.5.2. İnce Kömür Devresi Zenginleştirme Ekipmanları…..... 106
7.4.5.3. Şlam Devresi Zenginleştirme Ekipmanları…..….....108
7.4.5.4. Titreşimli Eleklerin Boyutlandırılması…..... 112
7.4.5.5. Susuzlandırma Elekleri…..... 121
7.4.5.6. Kavisli Hareketsiz Susuzlandırma Elekleri (Sieve Bend) …..... 123
7.4.6. Tüvenan Kömür Hazırlama Devresi Ekipmanları…..... 126
7.4.6.1. Döner Kırıcılar…..... 126
7.4.6.2. Merdaneli Kırıcılar…..... 128
7.4.6.3. Titreşimli Besleyiciler..... 129
7.4.6.4. Titreşimli Izgaralı Besleyiciler..... 131
7.4.6.5. Bantlı Konveyörler..... 132

BÖLÜM 8
SEYİTÖMER BÖLGESİ KÖMÜRÜ için TESİS TASARIMI

8. Tesis Akım Şeması Geliştirme….....135
8.1. Tesis Süreç Akım Şeması…..... 136
8.2. Tesis Kütle Denkliği …..... 137
8.3. Tüvenan Hazırlama ve Zenginleştirme Tesisi…..... 140
8.3.1. Tüvenan Bunkeri…..... 140
8.3.2. Titreşimli Izgaralı Besleyici…..... 141
8.3.3. Kırıcı…..... 142
8.3.4. Tüvenan Stok Bandı…..... 143

8.3.5. Hazır Tüvenan Siloları…. 145
8.3.6. Tesis Besleyicileri….145
8.3.7. Tesis Besleme Bandı….146
8.3.8. Tüvenan Sınıflandırma Eleği….146
8.4. İri Kömür Zenginleştirme Grubu….148
8.4.1. Ağır Ortam Tamburu …. 148
8.4.2. Ağır Ortam Tambur Tank ve Pompası…. 148
8.4.3. Manyetik Seperatör….151
8.4.4. +18 Temiz Kömür Yıkama Eleği ….152
8.4.5. +18 Temiz Kömür Bandı…. 153
8.4.6. +18 Atık Yıkama Eleği …. 154
8.4.7. Atık Bandı…. 154
8.5. İnce Kömür Zenginleştirme Grubu…. 155
8.5.1. Ağır Ortam Siklonu Tankı ve Pompası….155
8.5.2. Ağır Ortam Siklonu….157
8.5.3. +0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği …. 157
8.5.4. Santrifüj Kurutucu…. 158
8.5.5. +0,5-18 Atık Yıkama Eleği …. 159
8.5.6. Manyetik Seperatör …. 160
8.6. Şlam Kömür Zenginleştirme Grubu…. 160
8.6.1. Şlam Ayırma Eleği ….160
8.6.2. Şlam Tankı ve Pompası…. 160
8.6.3. Şlam Sınıflandırma Siklonu….163
8.6.4. Koruyucu Sabit Elek…. 164
8.6.5. Spiral…. 164
8.6.6. Susuzlandırıcı sabit elek….164
8.6.7. Şlam temiz kömür susuzlandırma eleği …. 165
8.6.8. Şlam atık susuzlandırma eleği …. 165
8.6.9. Toz Temiz Kömür Bandı …. 165
8.7. Artıma Grubu…. 166
8.7.1. Tikiner…. 166
8.7.2. Atık Pompası …. 167
8.7.3. Temizlenmiş Su Tankı ve Pompası….169

8.7.4. Taze Su Tankı ve Pompası ….....171

BÖLÜM 9
KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME TESİSLERİ
YATIRIM ve İŞLETME MALİYETLERİ TAHMİNİ

9.1. Tesis İlk Yatırım ve İşletme Maliyet 173
9.2. Proje Değerlendirme Bölümü..... 185
9.3. Projenin Proforma Gelir Gider Tablosu..... 186
9.4. Fonların Akış Tablosu..... 186
9.5. Projenin Rantabilitesi..... 187
9.6. Duyarlılık Analizi..... 190
9.7. Projenin Milli Gelire Katkısı, İstihdam Etkisi ve Döviz Tasarrufu.....192
9.8. Diğer Değerlendirmeler..... 192
9.8.1. Başabaş Noktası Analizi..... 192
9.8.2. Yatırım Kârlılığı..... 193
9.8.3. Projenin Geri Ödeme Süresi..... 194

BÖLÜM 10
SOMA-EYNEZ BÖLGESİ
KÖMÜRÜ için TESİS TASARIMI

10. Soma Eynez Bölgesi Kömürü İçin Kömür Zenginleştirme Tesis
Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi.....195
10.1. Soma Kömürü İçin Proses ve Zenginleştirme Ekipmanı Tipi Seçimi.....195
10.2. Soma Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Tane Dağılımı Tespiti.....196
10.3. Soma Bölgesi Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Kalite Tespiti..... 197
10.4. Eynez Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Ekipman ve Akım Şeması
Tespiti.....198
10.5. Eynez Bölgesi Linyitleri 600 ton/h Kapasiteli Zenginleştirme Tesisinin Akım

10.6. Tesis Süreç Akım Şeması.....200
10.7. Tesis Kütle Denkliği..... 201

BÖLÜM 11
SONUÇ ve ÖNERİLER

11. Sonuç ve Öneriler..... 204

Kaynaklar.....208

EK-1: Seyitömer Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özellikleri.....219

EK-2: Soma Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özellikleri.....…… 248

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Kömürleşme süreci (Elevli, 2003).....5

Şekil 2.2. Kömürleşme süreci, (World Coal Instutite, 2002).....5

Şekil 2.3. Kömür tipleri, (World Coal Instutite, 2002).....5

Şekil 2.4. Kömür ranklarına göre kullanım alanları (WCI, 2002).....8

Şekil 2.5. 19. yüzyılda elektrik üretim kaynakları ve 20. yüzyılda elektrik üretim kaynaklarının paylarına dair senaryo, (World Coal Instutite, 2002).....12

Şekil 2.6. 2000-2030 yılları arası elektrik üretim kaynaklarının payları (World Coal Instutite, 2002).....12

Şekil 3.1. Kömürden elektrik enerjisi üretilmesinde aşamalar, (WCI, 2002).....23

Şekil 4.1. Baum jig.....34

Şekil 4.2. Şematik ROM jig (Humboldt WEDAG).....34

Şekil 4.3. Spiral kesiti üzerinde ayırım mekanizması ve spiral bataryası..... 35
Şekil 4.4. İki kademeli spiral ünitesi.....36
Şekil 5.1. Tesis kapasitesi ile yatırım tutarı arasındaki ilişki.....47

Şekil 6.1. Yüzdürme –batırma testi diyagramı.....61
Şekil 6.2. Yıkanabilirlik eğrileri.....66
Şekil 6.3. Mayer eğrisi.....69
Şekil 6.4. SLİ kömürünün tane boyu dağılımı karşılaştırması..... 74
Şekil 6.5. SLİ kömürünün AID dağılımı karşılaştırması.....75
Şekil 6.6. SLİ kömürünün kül dağılımı karşılaştırması.....76
Şekil 6.7. SLİ kömürünün nem dağılımı karşılaştırması..... 76
Şekil 6.8. Seyitömer kömürünün (+18-150 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi.....78
Şekil 6.9. Seyitömer kömürünün (+18-150 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğ. bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi..... 79
Şekil 6.10. Seyitömer kömürünün (+5-18 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi.....80
Şekil 6.11. Seyitömer kömürünün (+5-18 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi..... 80
Şekil 6.12. Soma kömürünün tane boyu dağılımı karşılaştırması..... 87
Şekil 6.13. Soma kömürünün AID dağılımı karşılaştırması.....88
Şekil 6.14. Soma kömürünün kül dağılımı karşılaştırması.....88
Şekil 6.15. Soma kömürünün nem dağılımı karşılaştırması..... 89
Şekil 6.16. Soma kömürünün farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi.....90
Şekil 6.17. Soma kömürünün farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi..... 90
Şekil 6.18. Soma kömürünün farklı ocak kömürleri için 4600 kalorilik ürün alabilmek amacıyla gerekli yıkama yoğunluğunun tane boyu ile değişimi..... 91
Şekil 7.1. Wemco AOT..... 102
Şekil 7.2. Parnaby AOT..... 102

Şekil 7.3. Parnaby çift ürünlü ağır ortam tamburu çalışma şekli.....103
Şekil 7.4. Drewboy ayırıcı teknesi..... 104
Şekil 7.5. Peters ağır ortam teknesi şematik resmi..... 105
Şekil 7.6. Peters ağır ortam teknesi genel görünüş fotoğrafı..... 105
Şekil 7.7. Beslenen tane boyutu ve siklon çapına göre ağır ortam
siklon kapasiteleri (Multotec)..... 106
Şekil 7.8. Ağır ortam siklonu kesit resmi.....107
Şekil 7.9. Dynawhirpool ayırıcısı.....108
Şekil 7.10. Dynawhirpool yıkama devresi.....108
Şekil 7.11. Multotec Coal Spiral.....111
Şekil 7.12. Krebs SWMS Coal Spiral.....111
Şekil 7.13. Banana tip vibratör elek (Don Valley).....113
Şekil 7.14. Elek göz açıklığına bağlı, elek birim ampirik kapasite değerleri..... 115
Şekil 7.15. K_2 düzeltme faktörlerinin değerleri..... 116
Şekil 7.16. K_3 düzeltme faktörlerinin değerleri.....117
Şekil 7.17. Parnaby susuzlandırma eleği şematik çalışması..... 123
Şekil 7.18. Sabit sieve bend (Krebbs).....124
Şekil 7.19. Hareketli sieve bend (Parnaby).....124
Şekil 7.20. Döner kırıcı.....127
Şekil 7.21. Titreşimli ızgaralı besleyici.....132
Şekil 8.1. Tesis zenginleştirme devreleri..... 136
Şekil 8.2. Tesis akım şeması blok diyagramı.....137
Şekil 8.3. Tüvenan bunkerinin şekli.....141
Şekil 8.4. Ağır ortam tambur tankı kesit resmi ve boyutları.....149
Şekil 8.5. Manyetik seperatör, ters dönüşlü dizayn (CR)..... 151
Şekil 8.6. Manyetik seperatörlerden görüntüler.....152
Şekil 8.7. Ağır ortam siklon tankı kesit resmi ve boyutları..... 155
Şekil 8.8. Mc Nally Wedag vibratörlü santrifüj kurutucu.....159
Şekil 8.9. Multotec sıyırıcılı tip santrifüj kurutucu.....159
Şekil 8.10. WEMCO santrifüj kurutucu.....159
Şekil 8.11. Şlam tankı kesit resmi ve boyutları..... 161
Şekil 8.12. Tikinerin çalışma mekanizması (Parnaby)..... 167
Şekil 8.13. Tesiste kullanılacak santrifüj pompa..... 167

Şekil 8.14. Temizlenmiş su tankı boyutları..... 169
Şekil 8.15. Taze su tankı boyutları..... 171
Şekil 9.1. NBD'in yatırım tutarı, satış fiyatı ve işletme giderlerinin % 20'lik artış ve azalışlarla değişimi..... 191
Şekil 9.2. Başabaş noktası analiz grafiği..... 194
Şekil 10.1. Soma Bölgesi Linyitlerinin Rezerv Haritası..... 198
Şekil 10.2. Tesis zenginleştirme devreleri..... 200
Şekil 10.3. Tesis akım şeması blok diyagramı..... 201

TABLOLAR

Tablo 2.1. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması 7
Tablo 2.2. Amerikan Standardı Kömür Sınıflaması 8
Tablo 2.3. Türkiye Linyit Rezervleri 15
Tablo 2.4. Türkiye Linyitlerinin Özellikleri 15
Tablo 2.5. Türkiye Taşkömürü Rezervleri 15
Tablo 2.6. Türkiye Bitümlü Şist Rezervleri 16
Tablo 2.7. Yıllar İtibariyle Sektörel Linyit Tüketim Miktarları..... 17
Tablo 2.8. Yıllar İtibariyle Türkiye Satılabilir Kömür Üretim Miktarları..... 18
Tablo 4.1. Kömür Yıkama Yöntemleri ve Kullanılabildikleri Tane İrilikleri..... 33
Tablo 4.2. Türkiye'de Kömür Yıkama Tesisleri 41
Tablo 5.1. Kömür Yıkama Tesisleri Yatırım Maliyetleri..... 46
Tablo 6.1. ±0.10 Özgül Ağırlık Farkındaki Değişim İle Ayırım Özelliği Arasındaki İlişki 65
Tablo 6.2. Yüzdürme - Batırma Deney Sonuçları Çizelgesi..... 66

Tablo 6.3. Mayer Eğrisi Verileri.....69
Tablo 6.4. SLİ Bölgesi Kömürlerinin Bölge Geneli Elek Analizi Ortalamaları.....77
Tablo 6.5. Seyitömer Kömürünün (+0,5-18 mm) farklı Pano-Seri ve Karışımları İçin Kül-Alt Isıl Değer İlişkileri.....81
Tablo 6.6. Seyitömer Kömürünün (+18 -100 mm) farklı Pano-Seri ve Karışımları için Kül-Alt Isıl Değer İlişkileri.....82
Tablo 6.7. Seyitömer Termik Santrali Kömür Talep Özellikleri.....83
Tablo 6.8. Seyitömer Bölgesinin Düzeltilmiş Isıl Değere Bağlı Olarak Belirlenen Kalite ve Rezerv Değerleri..... 85
Tablo 6.9. Seyitömer Havzasının Kömür Rezervinin Bölg. Göre Kalite Dağılımı…85
Tablo 6.10. Soma Kömürünün Farklı Ocakları için Kül-AID İlişkileri…… 92
Tablo 7.1. SLİ Kömürünün +18-150 mm Tane Fraksiyonu için ±0,1 Yoğunluk Aralığındaki Yüzen Malzeme Miktarının Değişimi..... 95
Tablo 7.2. SLİ Kömürünün +0,5-18 mm Tane Fraksiyonu için ±0,1 Yoğunluk Aralığındaki Yüzen Malzeme Miktarının Değişimi..... 95
Tablo 7.3. SLİ Kömürü Yüzdürme Sonucu Oluşan Tane Boyu Dağılımı..... 96
Tablo 7.4. SLİ Kömürünün Yüzdürme Sonucu Oluşan Ortalama Tane Boyu Dağılımı..... 97
Tablo 7..5. Seyitömer Havzası Linyitlerinin Satılabilirlik Durumu..... 97
Tablo 7.6. Seyitömer Bölgesi Rezerv ve Kalite Durumuna Göre Üretim Planı.....99
Tablo 7.7. Zenginleştirme Tesisi Saatlik Kapasite Tespiti.....101
Tablo 7.8. Ayırma Tamburu Ölçüleri ve Kapasiteleri..... 102
Tablo 7.9. Drewboy Ayrıcı Tekne Ölçüleri ve Kapasiteleri..... 103
Tablo 7.10. Ağır Ortam Teknelerinin Ayırma Boyut ve Kapasiteleri..... 104
Tablo 7.11. DynaWhirpool Ölçüleri ve Kapasiteleri..... 107
Tablo 7.12. d_{50} İle Üst Akımdaki Tane Dağılımı Arasındaki Bağıntı..... 109
Tablo 7.13. Reichert Spiral Ölçüleri..... 112
Tablo 7.14. K_4 Düzeltme Faktörü Değerleri..... 117
Tablo 7.15. K_6 Düzeltme Faktörü Değerleri..... 118
Tablo 7.16. Mekanik Vibratörlü Elekler İçin Birim Kapasite Faktör Değerleri 119
Tablo 7.17. Mekanik Vibratörlü Elekler İçin Modifikasyon Faktör Değerleri.....120
Tablo 7.18. İri Kömür Susuzlandırmasında Kullanılan Titreşimli Elek Kapasiteleri..... 122

Tablo 7.19. İnce Kömür Susuzlandırmasında Kullanılan Titreşimli Elek Kapasiteleri..... 122
Tablo 7.20. Sieve Bend Performans Değerleri.....125
Tablo 7.21. Sieve Bend Karakteristik Değerleri.....125
Tablo 7.22. Döner Kırıcıların Boyut ve Kapasiteleri.....127
Tablo 7.23. Çift Merdaneli Kırıcıların Boyut ve Kapasiteleri..... 129
Tablo 7.24. Titreşimli Besleyici Seçim Katsayıları..... 130
Tablo 7.25. Titreşimli Besleyici Ölçüleri ve Motor Güçleri.....130
Tablo 7.26. Titreşimli Izgaralı Besleyici Motor Güçleri.....132
Tablo 7.27. Bantlı konveyör kapasiteleri 133
Tablo 7.28. Bantlı Konveyörler için A ve B Güç Faktörleri..... 133
Tablo 8.1. Seyitömer Bölgesi B-3 Kömürü İçin 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Kütle Denkliği Tablosu.....138
Tablo 8.2. Seyitömer Kömürüne Göre 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Ekipman Listesi.....139
Tablo 8.3. Tüvenan Bunkeri Boyutları.....141
Tablo 8.4. Titreşimli Izgaralı Besleyicinin Seçimi..... 142
Tablo 8.5. Tüvenan Bandı Seçimi..... 144
Tablo 8.6. Tüvenan Bandı Güç Tespiti.....145
Tablo 8.7. Titreşimli Besleyici Seçimi.....145
Tablo 8.8. Tüvenan Sınıflandırma Eleği Seçimi.....146
Tablo 8.9. Zenginleştirme Boyutuna Göre Tesisteki Ürün Dağılımı.....147
Tablo 8.10. Zenginleştirme Yoğunluklarına Göre Elde Edilecek Ürünlerin Miktar, Alt Isıl ve Kül Değerleri.....147
Tablo 8.11. Ayırma Tamburu Ölçüleri ve Kapasiteleri..... 148
Tablo 8.12. Ağır Ortam Tambur Pompası Karakteristik Değerleri..... 150
Tablo 8.13. Manyetik Seperatör Dizayn Değerleri.....151
Tablo 8.14. +18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği Seçim Tablosu..... 152
Tablo 8.15. +18 mm Temiz Kömür Bandı Seçim Tablosu.....153
Tablo 8.16. +18 mm Temiz Kömür Bandı Güç Seçim Tablosu..... 153
Tablo 8.17. +18 mm Atık Yıkama Eleği Seçim Tablosu.....154
Tablo 8.18. Atık Bandı Seçim Tablosu.....154
Tablo 8.19. Atık Bandı Güç Seçim Tablosu.....155

Tablo 8.20. Ağır Ortam Siklon Pompası Karakteristik Değerleri.....156
Tablo 8.21. Ağır Ortam Siklonu Karakteristik Değerleri..... 157
Tablo 8.22. +0,5-18 mm Temiz Kömürünün Boyut Dağılımı.....158
Tablo 8.23. +0,5-18 mm Temiz Kömür Eleği Seçim Tablosu..... 158
Tablo 8.24. +0,5-18 mm Atık Eleği Seçim Tablosu.....159
Tablo 8.25. Şlam Ayırma Eleği Seçim Tablosu..... 160
Tablo 8.26. Şlam Siklon Pompası Karakteristik Değerleri.....162
Tablo 8.27. Şlam Sınıflandırma Siklon Hesap Tablosu.....163
Tablo 8.28. Spiral Seçim Tablosu.....164
Tablo 8.29. Şlam Kömür Susuzlandırma Eleği Seçim Tablosu.....165
Tablo 8.30. Şlam Atık Susuzlandırma Eleği Seçim Tablosu..... 165
Tablo 8.31. Toz Bandı Seçim Tablosu..... 166
Tablo 8.32. Toz Bandı Güç Seçim Tablosu..... 166
Tablo 8.33. Atık Pompası Karakteristik Değerleri..... 168
Tablo 8.34. Temizlenmiş Pompası Karakteristik Değerleri..... 170
Tablo 8.35. Taze Su Sağlama Pompası Karakteristik Değerleri..... 172
Tablo 9.1. Jig ve Ağır Ortam Devrelerinin Yatırım ve Operasyon Maliyetleri Karşılaştırması..... 174
Tablo 9.2. Tesis Yıllık Satış Geliri..... 176
Tablo 9.3. İşçilik Maliyet Hesabı.....177
Tablo 9.4. İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu..... 179
Tablo 9.5. Seyitömer Kömürüne Göre 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Yurt Dışı Ekipman Maliyet Listesi..... 181
Tablo 9.6. Seyitömer Kömürüne için 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu (Yurt Dışı Ekipman)….....183
Tablo 9.7. İşletme Dönemi Gelir Gider Tablosu..... 185
Tablo 9.8. Proforma Gelir Gider Tablosu.....186
Tablo 9.9. Fonların Akış Tablosu..... 187
Tablo 9.10. Mali Rantabilite Tablosu..... 188
Tablo 9.11. Başabaş Noktası Analiz Değerleri.....193
Tablo 10.1. Soma Kömürü Tane Boyu Fraksiyonlarının Nem, Kül ve Alt Isıl Değerleri…….....196
Tablo 10.2. Soma Kömürü Tane Boyu Dağılımı.....196

Tablo 10.3. Soma Bölgesi Linyitlerinin Rezerv Durumu..... 197
Tablo 10.4. Zenginleştirme Tesisi Saatlik Kapasite Tespiti..... 199
Tablo 10.5. Eynez Bölgesi Kömürü için 600 t/h Kapasiteli Kömür
Zenginleştirme Tesisi Kütle Denkliği Tablosu..... 202
Tablo 10.6. Soma-Eynez Kömürüne Göre 600 t/h Kapasiteli Kömür
Zenginleştirme Tesisi Ekipman Listesi..... 203

BÖLÜM 1

GİRİŞ ve AMAÇ

Fosil enerji kaynaklarından olan linyit, geçmişte olduğu gibi gelecekte de enerji kaynakları içindeki önemini koruyacaktır. Diğer kaynakların rezervleriyle karşılaştırıldığında çok büyük rezerve sahip olması, ekonomikliği, teminindeki güvenilirlik, fiyat istikrarı, kömürün çok önemli enerji kaynağı olduğunun göstergesidir. Elektrik enerjisi üretiminde ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması nedeniyle dünya elektrik üretimindeki payı, içinde bulunduğumuz yüzyılda da artarak devam edecektir.

Fosil kaynaklardan petrol ve doğalgaz rezervlerimizin az olması, gelecekte linyiti bugünkünden daha fazla ön planda tutacaktır. Sadece diğer fosil kaynaklara göre

rezervin büyüklüğü açısından değil, linyit yataklarının yurdumuzun çeşitli bölgelerine dağılmış olması, ekonomik, bölgesel ve kültürel kalkınmaya son derece olumlu etkide bulunması, işletilmesi nedeniyle ortaya çıkan katma değer, elektrik enerjisi üretiminde kW-h başına ucuz hammadde olması ve emniyetli taşınması vb. faktörler, linyiti ülkemizin en önemli fosil enerji kaynağı haline getirmektedir.

Linyit sadece, elektrik üretiminde değil, ısıtma sektöründe de halkımızın daha ucuza ve kolay ulaşabildiği önemli bir kaynak olma özelliğini korumaktadır. Bu nedenle, öncelikle ülkemizin doğal yapısı, nüfus dağılımı, linyit rezervlerinin dağılımı, kalitesi ve çevreye etkileri dikkate alındığında; ısıtma sektöründe iri taneli, az kül-kükürt-nem içerikli ve yüksek ısıl değerli linyitlerin kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsedilen gerekçeler göz önüne alınarak, Seyitömer Bölgesi linyitlerinden B-3 damarının ve Soma Bölgesi linyitlerinden Eynez linyitinin zenginleştirilmesi değerlendirilmiştir. Bunun için, öncelikle zenginleştirme prosesleri ve ekipmanları tanıtılmıştır. Ekipman seçimi ve tesis tasarımı, hesaplama yöntemleri, örnekleri ile sunulmuştur.

BÖLÜM 2

KÖMÜR ve KÖMÜR MADENCİLİĞİ

2.1. Kömür ve Özellikleri

2.1.1. Kömürün Tanımı ve Oluşumu

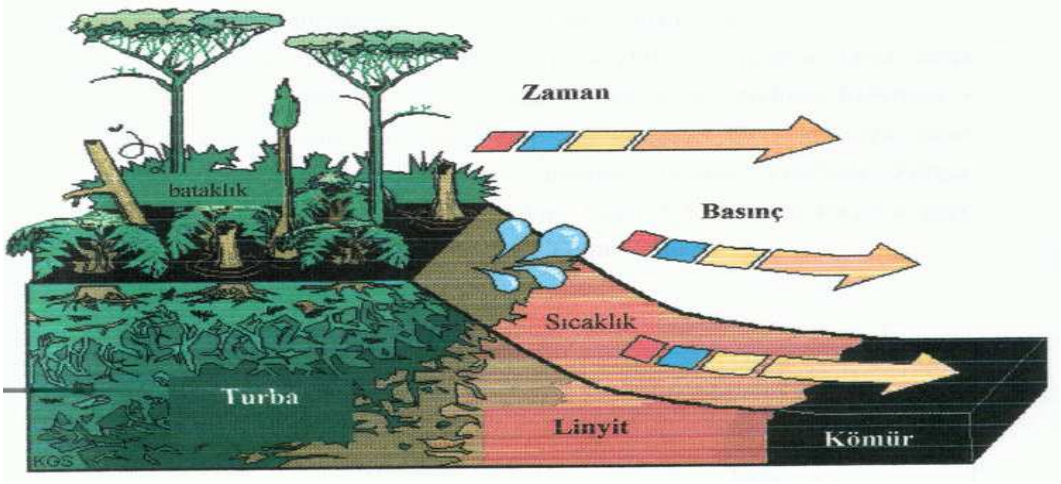
Kömür gerçekte, değişik oranlarda organik ve inorganik yapıcı ve bileşenler içeren tortul bir kayaçtır (Kural, 1991). Diğer bir tarifte; çoğunlukla karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan, az miktarda kükürt ve nitrojen içeren kimyasal ve fiziksel olarak farklı yapılara sahip olan maden veya kayaç olarak tanımlanmıştır (DPT, 1996). Kömür homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çoğunlukla C, az miktarda H - O - S ve N elementlerinin bulunduğu ama inorganik (kil gibi) maddelerin de olabildiği, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında olan, yanabilen, katı fosil organik kütlelerdir (Toprak, 2003).

Kömürü yapan ana eleman karbondur. Bu nedenle oluşumu karbon çevrimine çok bağlıdır. Kömür çevrimi bataklıklarda başlar. Uygun ortamlarda, bataklıklarda çürüme ve bozunmadan kurtulan bitki kalıntı birikimlerinin, zamanla fiziksel ve biyokimyasal etkilerle değişimi sonucu kömür oluşmaktadır. Kömürde genelde iki evre benimsenir. Biyokimyasal evre, turbalaşma; dinamo kimyasal veya başkalaşma evresi ise kömürleşmedir (Kural, 1991).

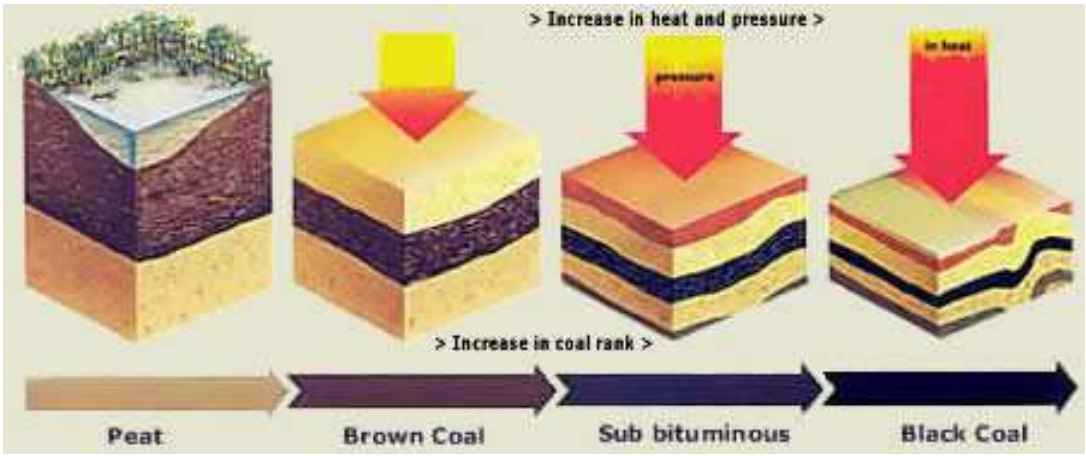
Bitki ve ağaçların, bataklıklarda ayrışmasından ortaya çıkan malzeme, bakterilerin etkisiyle turba (bataklık kömürü) halini alır. Yerkabuğunun hareketi sonucu turba katmanı daha derinlere gömülerek, ısı ve diğer kimyasal reaksiyonların etkisiyle, çeşitli tipte kömürlere dönüşür. Bu süreçte oksijen ve hidrojenin atılması, kömürün karbon içeriğini arttırır. Bu sırada oluşan metan, ya atmosfere kaçar ya da jeolojik kapanlarda, geçirgen olmayan katmanlar arasında, doğalgaz rezervuarları oluşturur. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de kömürleşme süreci görülmektedir.

Kömürleşme süreci, nem içeriği, kül ve uçucu madde içeriği, sabit karbon miktarı, kükürt ve mineral madde içerikleri, jeolojik, petrografik, fiziksel, kimyasal ve termik özellikler gibi nedenlerle; yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbirine tam özdeş iki kömür oluşumuna rastlamak olanaksızdır.

Düşük ısı ve basınç altında meydana gelen kömürler, düşük kaliteli linyiti oluşturur. Yüksek sıcaklık ve basınç altında alt bitümlü ve bitümlü kömürler; çok yüksek sıcaklık ve basınç altında ise, en yüksek kaliteli kömürler (antrasitler) ortaya çıkmıştır (Elevli, 2003). Şekil 2.3'de kömür tipleri verilmiştir.



Şekil 2.1. Kömürleşme süreci (Elevli, 2003)



Şekil 2.2. Kömürleşme süreci, (World Coal Instutite, 2002)



Turba Kahverengi K. Alt Bitümlü K. Siyah Kömür

Şekil 2.3. Kömür tipleri, (World Coal Instutite, 2002)

Yerin ısısı arttıkça, önceleri "turba" olarak adlandırılan, ama kömür sayılmayan bu organik madde, önce linyit, daha sonra alt bitümlü kömür, sonra taşkömürü, antrasit ve en sonunda şartlar uygun olursa grafite dönüşür. Bu ilerleyen olgunlaşma sürecine,

"kömürleşme" (coalification) denmekte, her seviyeye de "kömürleşme derecesi" (rank) denmektedir (Toprak, 2003).

2.1.2. Kömürün Önemi

Kömür, dünyada en yaşlı şekilde bulunan, güvenilir, aynı zamanda düşük maliyetlerle elde edilebilen, temiz bir fosil yakıtıdır. Kömür yaygındır; dünyada 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Kömür rezervleri diğer fosil yakıtlar gibi (petrol ve doğalgaz) dünyanın belli bir bölümünde değil, tüm dünyada yaygın bir şekilde bulunmaktadır.

Kömür; kullanımı, depolaması ve nakliyesi açısından en emniyetli fosil yakıttır. Endüstriyel ve diğer alanlarda elektrik enerjisinin, rekabetçi fiyatlarla ve güvenilir olarak temini açısından; kömürün dünyada yaygın bir şekilde bulunuşu ve bir çok ülke tarafından üretiliyor oluşu tedarikte güvenirliliği sağlamaktadır. Günümüzde kömür, tüm dünyada temiz kömür teknolojileri kullanılarak doğayı kirletmeden kullanılmaktadır. Şekil 2.4'te dünya kömür rezervinin ranklarına göre kullanım alanları görülmektedir.

Elektrik enerjisi üretiminde ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması nedeniyle, dünya elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı kömürden karşılanmaktadır. Fosil kaynaklardan petrol ve doğalgaz rezervlerimizin az olması, gelecekte kömürü bugünkünden daha fazla ön planda tutacaktır. Sadece diğer fosil kaynaklara göre rezervin büyüklüğü açısından değil, kömür yataklarının yurdumuzun çeşitli bölgelerine dağılmış olması, ekonomik, bölgesel ve kültürel kalkınmaya son derece olumlu etkide bulunması,

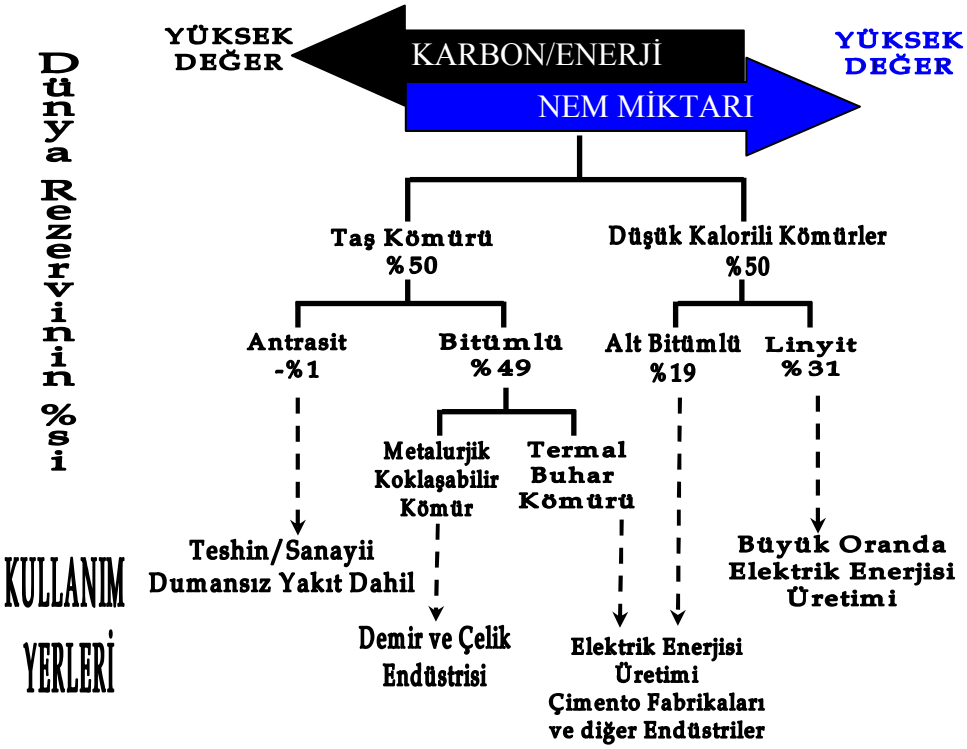
işletilmesi nedeniyle ortaya çıkan katma değer, elektrik enerjisi üretiminde kW-h başına ucuz hammadde olması ve emniyetli taşınması vb. faktörler, kömürü ülkemizin en önemli fosil enerji kaynağı haline getirmektedir.

2.1.3. Kömürün Sınıflandırılması

Kömürleri tanımlamak ve özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli organizasyonlar tarafından, çeşitli sınıflandırma sistemleri ortaya konulmuştur. Uluslararası genel kömür sınıflaması ve çeşitli özellikteki kömürlerin özellikleri, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Uluslararası Genel Kömür Sınıflaması (DPT, 1996)

A. SERT KÖMÜRLER	**B. KAHVERENGİ KÖMÜRLER**
1. KOKLAŞABİLİR KÖMÜRLER (Yüksek fırınlarda kullanıma uygun kok üretimine izin veren kalitede) 2. KOKLAŞMAYAN KÖMÜRLER a) Bitümlü Kömürler b) Antrasit	1. ALT BİTÜMLÜ KÖMÜRLER (4.165 – 5.700 kcal/kg arasında kalorifik değerde olup topaklaşma özelliği göstermez) 2. LİNYİT (4.165 kcal/kg'ın altında kalorifik değerde olup, topaklaşma özelliği göstermez)



Şekil 2.4. Kömür ranklarına göre kullanım alanları (World Coal Instutite, 2002)

Tablo 2.2. Amerikan Standardı Kömür Sınıflaması (ASTM, 1981)

		Sabit Karbon Sınırları* (%)		Uçucu Madde Sınırları* (%)		Isı Değeri (kcal/kg)	
SINIF	ALT GRUP	> =	<	>	< =	> =	<
ANTRASİT	1. Meta-antrasit	98			2	7.780	
	2. Antrasit	92	98	2		7.780	
	3. Semi-Antrasit	86	92	8	14	7.780	
BİTÜMLÜ KÖMÜR	1. Düşük uçuculu	78	86	14	22	7.780	
	2. Orta uçuculu	69	78	22	31	7.780	
	3. Y. Uçuculu-A		69	31		7.780	
	4. Y. Uçuculu-B		69	31		7.220	7.780
	5. Y. Uçuculu-C		69	31		5.835	7.220
ALT BİTÜMLÜ KÖMÜR	1. Alt Bitümlü A		69	31		5.835	6.390
	2. Alt Bitümlü B		69	31		5.275	5.835
	3. Alt Bitümlü C		69	31		4.610	5.275
LİNYİT	1. Linyit A		69	31		3.500	4.610
	2. Linyit B		69	31			3.500

* Kuru mineral maddesiz bazda

2.1.4. Kömürlerin İnorganik Bileşenleri

Kömürlerin çoğu, yalnız organik maddeleri içermez. İçlerinde bazen az miktarda bazen de çok miktarda inorganik maddeler bulundurabilir. Kömürler tortul (veya sedimanter) ortamlarda oluşan, bataklık ürünü olan maddeler oldukları için, oluştukları esnada veya daha sonra, bu ortamlara yeryüzü ve/veya yeraltından, organik olmayan, büyük ve/veya göremediğimiz kadar küçük maddeler katılabilmektedir. Kömürün gerek çevre açısından kirlilik oluşturabilen, gerekse istenmeyen ve sonunda kül olarak açığa çıkan mineral maddelerine bir göz atıldığında, çoğunluğuna göre sırasıyla, kil mineralleri (alüminyum silikatlar), karbonat mineralleri (kalsit, dolomit vb.), sülfitler (pirit, kalkopirit, markasit) ve kalsedon, feldspatlar, apatit, hematit gibi diğer mineraller görülmektedir.

2.1.5. Kaliteli Kömür Kriterleri

Kömür kalitesi, kullanıldığı amaca göre değişmektedir. Eğer kömür, yakıt hammaddesi olarak düşünülüyorsa, kömürün kalitesi; kömürlerin içerdiği ısıl değer, inorganik (mineral) madde, nem, uçucu madde gibi özellikleri ile belirlenmektedir. Kömürlerin yüksek kalorili olması ve düşük inorganik madde (kül), nem ve uçucu maddeli olması, kaliteli kömürler olduğunu ortaya koymaktadır.

Kömürlerden sıvı (metanol) veya gaz elde edilecek ise; is yapan mineral maddesi (külü) az ve koklaşma özelliği olmayan kömürler, en iyi kömürlerdir. Kok için; petrografik özellikleri uyumlu, şişme ve sertleşme özelliği olan, mineral maddesiz, uçucu maddesi az olan, bozuşmamış taşkömürleri kok yapmak için aranan kaliteli kömür kriterleridir.

2.1.6. Kömürün İçerdiği Safsızlıklar

Kömürün içerdiği ve gerek kullanım, gerekse kömür yıkamada önem taşıyan safsızlıklar, üç grupta toplanmaktadır: Bunlar;

a) Nem : Kömür, yerindeyken, kuru ve yağlı gözükmesine karşın, su ile doygundur. Bu nem varlığı, yatak nemi olarak adlandırılır. Nem, kömürün yüzeyinde olduğu gibi, kömür içindeki çatlak ve gözeneklerde de bulunabilir. Bünye nemi, kömürün yapısında yer alır ve kömür tarafından adsorbe edilmiş olan ve inorganik maddelere bağlı bulunan sudan meydana gelir. Taşkömürleri, orijinal bazda, genellikle %10'un altında nem içerirken, linyitler, kalitesine bağlı olarak %55'lere kadar ulaşan oranlarda nem içerebilir.

b) Kül : Bütün kömürler, organik olmayan maddeler içerir. Kömürün yanmasından sonra, yanmayan maddelerden oluşan artığa kül denir. Külün büyük bir kısmı, kimyasal bileşim olarak silisyum, alüminyum ve demir oksitlerinden ibarettir.

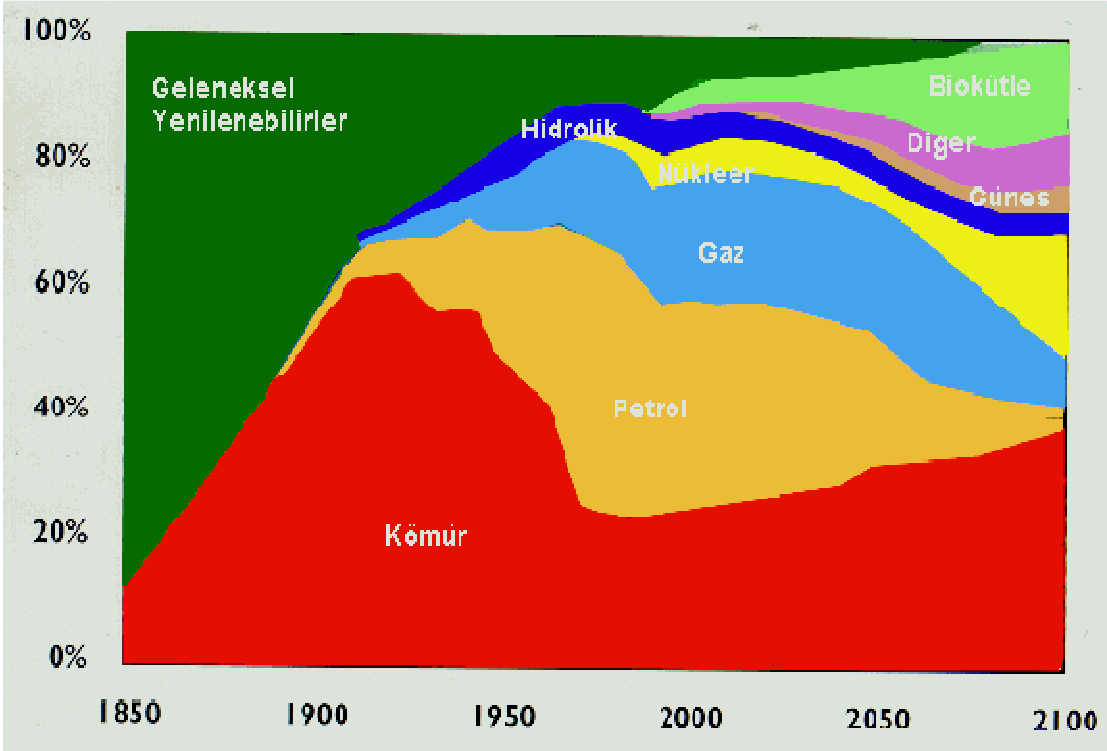
Kömürlerde iki türlü kül bulunur: Bünye külü ve harici kül (istihsal külü, üretim külü). Bünye külü, kömürü oluşturan bitkilerden gelen inorganik maddelerdir ve kömürdeki toplam külün %2-3'ünü oluşturur. Harici kül ise, kömürü oluşturan bitkilerin dışında kömüre karışan yabancı maddelerdir. Bu maddeler, kömüre, kömürleşme esnasında karışabileceği gibi, kömürleşmeden sonra da kömür damarları içindeki çatlak ve kırıklar boyunca girebilir. Bu yabancı maddeler; kil, şist, kumtaşı, kireçtaşı ve benzerleri olabilir. Bunlar, kömür içinde mikroskobik parçalar halinde bulunabileceği gibi, damarlar ve/veya tabakalar halinde de bulunabilir. Yabancı maddeler, tüvenan kömüre, üretim esnasında tavan ve taban yan taşlarından da karışabilir. Bunların hepsi

harici külü oluşturur. Bünye külü, kömürden, yıkama yöntemleriyle uzaklaştırılamazken, harici kül, kömür yıkama yöntemleriyle belli bir oranda azaltılabilir.

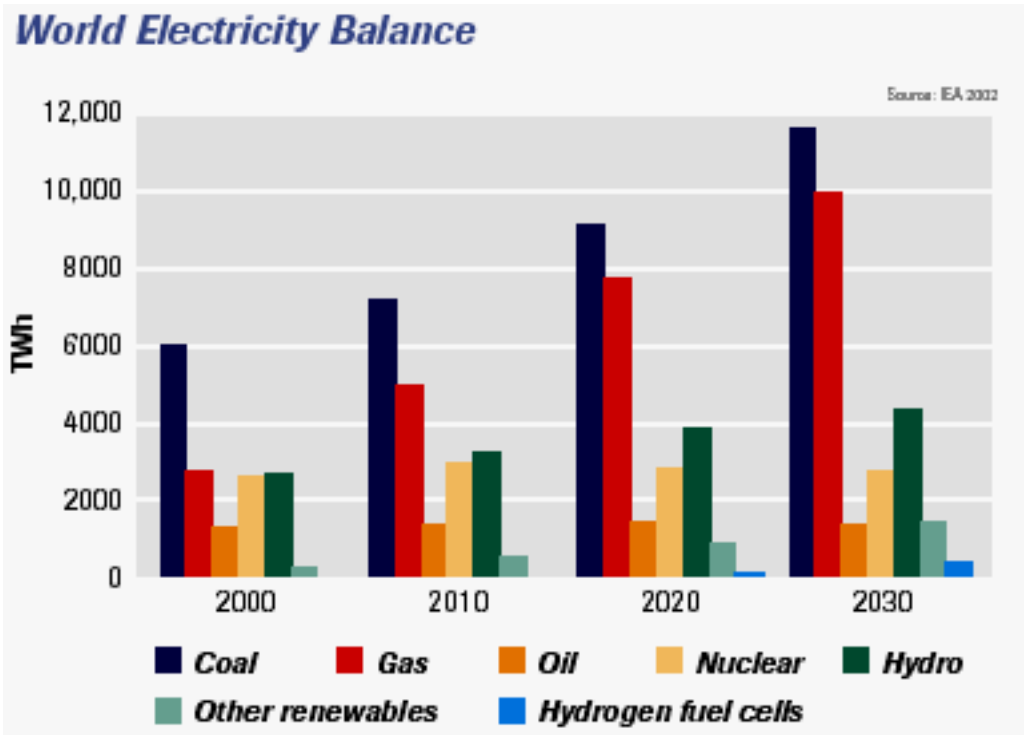
c) Kükürt : Bütün kömürler az miktarda da olsa, kükürt içerir. Kömürlerde bulunan kükürt üç formda olabilir: Organik, inorganik ve sülfat kükürdü. Bunlara ek olarak, bazı kömürlerde elementer kükürtle karşılaşılmıştır. Organik kükürt, kömürün organik materyalinin bir parçasıdır. Bu nedenle, kömürden fiziksel yöntemlerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Sülfat kükürdü, kömürde toplam kükürdün çok az bir kısmını oluşturur. Jips ($CaSO_4$) halinde bulunduğu gibi, kömürün hava ile uzun süre teması sonucu $FeSO_4$ olarak da bulunabilir. Piritik kükürt ise, pirit ve markasit minerallerine bağlı olarak bulunur. Kömür içerisinde bantlar, damarlar, mercekler, küresel tanecikler halinde, türlü şekil ve biçimlerde dağılabilir. İster gözle görülebilir (makroskobik), ister mikroskobik olsun piritik kükürt, kömürden serbestleştiği taktirde, flotasyon veya diğer zenginleştirme yöntemleriyle kömürden temizlenebilir.

2.2. Türkiye'de Kömür

Fosil enerji kaynaklarından olan kömür, geçmişte olduğu gibi gelecekte de enerji kaynakları içindeki önemini koruyacaktır. Diğer kaynakların rezervleriyle karşılaştırıldığında çok büyük rezerve sahip olması, ekonomikliği, teminindeki güvenilirlik, fiyat istikrarı, kömürün çok önemli enerji kaynağı olduğunun göstergesidir. World Coal Instutite tarafından, 2002 yılında ortaya konan 20. yüzyılda elektrik üretim kaynaklarının paylarına dair senaryo ve 19. yüzyılda elektrik üretim kaynakları, Şekil 2.5'te gösterilmektedir. Şekil 2.6'da ise, 2000-2030 yılları arası elektrik üretim kaynaklarının payları verilmiştir.



Şekil 2.5. 19. yüzyılda elektrik üretim kaynakları ve 20. yüzyılda elektrik üretim kaynaklarının paylarına dair senaryo, (World Coal Instutite, 2002)



Şekil 2.6. 2000-2030 yılları arası elektrik üretim kaynaklarının payları (World Coal Instutite, 2002)

Türkiye'de linyit üretimi, hem yeraltı, hem de açık ocak işletmecilik yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Linyit rezervlerinin %75'i kamu sektörünün, kalan %25'i özel sektörün kontrolünde olup, linyit üretiminin %90'ı kamu sektörü, %10'u özel sektöre aittir. Taşkömürü rezervlerinin tamamı kamu sektörüne ait olduğu halde, son yıllarda rödövans uygulamaları ile üretimin yaklaşık %10'u özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir.

2.2.1. Kömürün Türkiye'de Bulunuş Şekilleri

Kömürün milattan önce Çinliler tarafından bulunup kullanıldığı söylenir. Daha sonra Marko Polo, Çin'i ziyaretinde, kömürden, gördüğü en enteresan şey olarak bahsetmektedir. Kömür işletmeciliğine ait ilk dokümanlar, 12. yüzyıla aittir. Kömürün yoğun olarak kullanımı ise, 18. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır.

Ülkemizde ise, taşkömürü II. Mahmut zamanında, 1822 yılında gemici Hacı İsmail tarafından Zonguldak'ta bulunmuştur. Bu tarihten 7 yıl sonra Bahriye erlerinden Uzun Mehmet'in aynı köyde taşkömürünü yeniden bulması üzerine, 1848 yılında havzada ilk kez üretime başlanmıştır. Daha sonraları çeşitli yabancı sermayeli şirketler tarafından işletilen havza, 1936 yılında devletleştirilmiş ve 1957 yılında, işletmecilik, yeni kurulan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na devredilmiştir. Son olarak 1983 yılında ise, yalnızca Zonguldak Havzası'ndaki taşkömürü yataklarını işletmek üzere, Türkiye Taşkömürü Kurumu kurulmuştur.

Linyit kömürünün ülkemizde ilk bulunuşuna ilişkin kesin bilgi bulunmamaktadır. Buna karşılık, 1914-1918 yılları arasında, harp ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla başta Soma olmak üzere, Anadolu'da birçok işletmenin açılmış olduğu da bilinmektedir.

Asıl arama faaliyetlerine 1935 yılında M.T.A.' nın kurulmasıyla başlanmıştır. Etüt çalışmaları, 1950 yılına kadar genel jeolojik etütler şeklinde yürütülmüş olup, bu tarihten sonra çalışmalar, sondajlı aramalarla, sistemli ve uzun vadeli projeler şeklinde yürütülmüştür. 1967 yılına kadar nispeten iyi kaliteli kömürlerin etüt ve arama çalışmaları yapılmıştır. 1967 yılında ülkemizin en büyük kömür yatağı olan Elbistan Havzası'nın ortaya çıkması, düşük kaliteli kömürlerin termik santrallerde kullanılmasının gündeme gelmesi ile kömür arama çalışmaları aniden hızlanmıştır. M.T.A. Genel Müdürlüğü'nün kuruluşundan bugüne kadar yapmış olduğu, kömür ve bitümlü şist arama faaliyetleri ile ilgili bilgilerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

a) Linyit: Türkiye'de linyit yatakları, Alp Orojenezi'nin etkisiyle oluşmuş dağ silsilelerinin arasında sıkışan, çöküntü havzalarında gelişmiştir. Linyitlerimizin çökelim yaşları, genellikle Miosen ve Pliosen'dir. Ancak Eosen ve Oligosen'de de çökelmiş linyit yatakları bulunmaktadır.

Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup, ısı değerleri 1.000–5.000 kcal/kg arasında değişmektedir. Toplam linyit rezervlerimizin yaklaşık %6,9'u 3.000 kcal/kg'ın üzerinde, %13,2'si 2.500-3.000 kcal/kg arasında, %79,9'u ise 2.500 kcal/kg'ın altında ısı değerine sahiptir. Türkiye linyitlerine ait rezerv değerleri ve genel özellikleri Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'te verilmiştir.

b) Taşkömürü: Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak havzasında bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda 1,1 milyar ton rezerv saptanmıştır. Bu rezervin yaklaşık 423 milyon tonu görünür niteliktedir. Havza, Karadeniz Ereğli'den başlayarak Kandilli, Zonguldak, Amasra, Pelitovası, Azdavay ve Söğütözü'ne kadar uzanan bölgeyi kapsamaktadır. Bölge, Karbonifer devrinde

çökelmiş, Hersiniyen ve Alpin Orojenezleri'nin etkisiyle kıvrılmış, kırılmış ve çok karmaşık bir yapı kazanmıştır. Havzada, çok sayıda kömür damarı olmakla beraber 22 damar işletilebilmektedir. Damar eğimleri 0-90 derece arasındadır. Üretim, +284 ve -560 kotlarında, tamamen yeraltı işletmeciliğiyle yürütülmektedir. Kömürün ortalama kimyasal özellikleri %55 sabit karbon, %26 uçucu madde, %11 kül, %8 nem, ısıl değeri ise, 6.000 kcal/kg düzeyindedir.

Tablo 2.3. Türkiye Linyit Rezervleri (MTA-TKİ, 2000)

GÖRÜNÜR REZERV	**MUHTEMEL REZERV**	**MÜMKÜN REZERV**	**TOPLAM**
(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)
6.977.866	823.058	456.344	8.257.268

Tablo 2.4. Türkiye Linyitlerinin Özellikleri (MTA-TKİ, 1999)

NEM	**KÜL**	**KÜKÜRT**	**AID**
(%)	(%)	(%)	(kcal/kg)
36,5	21	2,1	2240

Tablo 2.5. Türkiye Taşkömürü Rezervleri (TTK, 1999)

GÖRÜNÜR REZERV	**MUHTEMEL REZERV**	**MÜMKÜN REZERV**	**TOPLAM**
(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)
422.932	455.746	245.139	1.123.877

Zonguldak taş kömür havzasının dışında rezerv açısından önemsiz birkaç taşkömürü yatağı daha bulunmaktadır. Bunlar Antalya - Pamucak yaylası ve Akseki İlçesi Güzelsu

ve Çukurköy mevkiinde yaklaşık 1 milyon ton görünür rezervli sahalar ile Diyarbakır - Hazro ilçesindeki yaklaşık 400.000 ton rezervli sahadır. Türkiye taşkömürlerine ait rezerv bilgileri, Tablo 2.5'te izlenmektedir.

c) Asfaltit: Asfaltit, petrol kökenli bir kayaçtır. Derinlerde bulunan sıvı veya yarı sıvı durumdaki asfalt maddesinin hidrostatik basınç, gravitasyon, sıcaklık gibi etkenlerle taşınarak, yarık, çatlak ve boşluklara yerleşmesiyle oluşmuştur. Ekonomik kalınlıkta filon tipi yataklar, Şırnak ve Silopi'dedir. Yapılan etüt ve sondajlarla 79,9 milyon ton asfaltit rezervi belirlenmiştir. Bu rezervin 44,5 milyon tonu görünür niteliktedir.

d) Bitümlü Şist: Bitümlü şistler veya bitümlü şeyller, kerojen kapsayan ince taneli tortul kayaçlardır. Bitümlü şist, kömür gibi termik santral yakıtı olarak veya damıtma yoluyla sentetik petrol üretimi için kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Türkiye'nin bitümlü şist potansiyeli büyük ölçüde belirlenmiş olduğundan aramalara son verilmiştir. Bitümlü şist rezervlerimize ait bilgiler, Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Türkiye Bitümlü Şist Rezervleri (MTA, 1999)

GÖRÜNÜR REZERV	**MUHTEMEL REZERV**	**MÜMKÜN REZERV**	**TOPLAM**
(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)	(1000 ton)
555.344	1.086.037	269.262	1.641.383

Tespit edilen sahalardaki bitümlü şistlerin toplam rezervi önemli görülmekle birlikte, ortalama kalorifik değeri 1.000 kcal/kg dolayında olup, oldukça düşüktür. En yüksek kalorifik değer, Göynük–Himmetoğlu sahasında ve 1.390 kcal/kg olarak ölçülmüştür.

Kalorifik değerleri, genellikle düşük ve homojen değildir. Ayrıca bitümlü şistleri kömür gibi kırılgan olmadıkları için; özellikle, üretilmeleri ve öğütülmelerinde güçlükler vardır.

e) Turba: Havasız ortamda, suya doygun koşullarda, çökelerek birikmiş, az veya çok oranda hümifikasyona uğrayarak ayrışmış, bitkisel materyal/humus ve inorganik materyalden oluşan heterojen bir karışımdır. Kömürün ilk oluşum aşaması olup, kömürlerin evrimi ve kökeni hakkında bilgi verir. Ülkemizde şimdiye kadar yapılan çalışmalarla, 19 ilimizin sınırları içerisinde çeşitli büyüklüklerde turba oluşumu belirlenmiştir. Bulunmuş turba rezervlerimizin azlığı nedeniyle, enerji üretiminde yararlanılması, bugün için öncelikli görülmemektedir.

2.2.2. Kömür Tüketimi

Türkiye'deki linyit tüketiminin, sektörlere göre miktarları, Tablo 2.7'de verilmiştir. Tablo 2.7'den, tüketimin büyük kısmının termik santrallerde gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 2.7 Türkiye Sektörel Linyit Tüketimi (TKİ, TEAŞ, TTK, ETKB, 1999)

(10^3 ton)	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**
TERMİK SANTRAL	**39.701**	**39.815**	**42.441**	**45.694**	**52.115**
TKİ	36.534	24.685	27.337	31.300	31.729
TEAŞ	3.167	15.130	15.044	14.394	20.386
TESHİN+SANAYİ	**11.294**	**12.302**	**12.216**	**13.622**	**12.221**
TKİ	6.332	7.122	7.938	6.845	6.146
Özel Sektör	4.962	5.180	4.276	6.777	6.075
TOPLAM	**50.995**	**52.117**	**54.657**	**59.316**	**64.336**

Dünyada, kömürün kullanım alanlarına bakıldığında, enerji santralleri %62 kullanım oranıyla ilk sırayı almaktadır. Bundan sonra sırasıyla, çelik endüstrisi (%16), ziraat ve ulaştırma (%10), non-metalik endüstri (%5), ev yakıtı (%5) olarak kullanımı gelmektedir (Önal & Çallı, 2002).

2.2.3. Kömür Üretimi

Türkiye'de yapılan kömür üretimlerine ait miktar değerleri, Tablo 2.8'de verilmiştir. Tablodan da izlendiği gibi, Türkiye'de linyit üretiminde gözle görülür bir artış vardır.

Tablo 2.8. Türkiye Satılabilir Kömür Üretimi (TKİ, TEAŞ, TTK, ETKB, 1999)

(10^3 ton)	LİNYİT			TAŞKÖMÜRÜ			ASFALTİT		
YIL	TKİ+TEAŞ	ÖZEL	TOPLAM	TTK	ÖZEL	TOPLAM	TKİ	ÖZEL	TOPLAM
1980	13.079	1.380	14.469	3.602	-	3.602	558	-	558
1985	30.470	5.599	35.869	3.605	-	3.605	523	-	523
1990	36.584	7.823	44.407	2.745	99	2.844	276	263	539
1991	37.560	5.647	43.207	2.762	79	2.841	139	261	400
1992	42.184	6.204	48.388	2.829	88	2.917	212	263	475
1993	38.687	7.198	45.885	2.789	37	2.826	99	224	323
1994	45.990	5.543	51.533	2.839	84	2.923	-	117	117
1995	47.131	5.627	52.758	2.248	136	2.384	67	80	146
1996	49.356	4.533	53.889	2.441	250	2.691	37	72	109
1997	50.194	7.193	57.387	2.320	398	2.718	29	88	117
1998	58.694	6.510	65.204	2.136	208	2.344	23	72	93

2.2.4. Kömür Üretim Yöntemi ve Teknolojileri

Üretim yöntemleri genel olarak, açık işletme ve yeraltı işletme yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Dünyada enerji talebi artışının kömüre olan talebi büyük miktarda arttırması, açık işletmecilik makine ve ekipman teknolojisinde önemli gelişmeler

yaratmıştır. Bu gelişmeler de, dünyada, kömür üretiminde açık işletmecilik yöntemlerinin payını yüksek oranlara çıkarmıştır. Bu oranlar, linyit üretiminde %95, taşkömürü üretiminde ise %45 düzeylerindedir.

Üretim yöntemlerinin seçiminde; örtü tabakası kalınlığı, kaya formasyonlarının sertlik, basma dayanımı, kazılabilirlik parametreleri, ilk yatırım sermayesi ve birim üretim maliyetleri belirleyici olmaktadır. Her üretim yöntemi de, kendi içinde farklı üretim sistemlerinin uygulanmasını içermektedir.

BÖLÜM 3

KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRMENİN GEREKÇELERİ

Öncelikle, ülkemizin doğal yapısı, nüfus dağılımı, linyit rezervlerinin dağılımı, kalitesi ve çevreye etkileri dikkate alındığında; ısıtma sektöründe iri taneli, az kül-kükürt-nem içerikli ve yüksek ısı değerli linyitlerin kullanılması, büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, gerek ısıtma sektöründe ve gerekse diğer sektörlerde tüketime sunulan linyitlerin zenginleştirildikten sonra kullanılmalarında, ekonomik ve ekolojik yararlar vardır. Türkiye'deki yaklaşık 110 kayda değer linyit varlığı dikkate alındığında; klasik yöntemlerle zenginleştirmeye uygun olan miktar, söz konusu varlık içerisinde rezerv itibarı ile en çok %25-30'luk bir kısmı teşkil etmektedir. Diğerlerinin zenginleştirilebilirlikleri veya başka bir ifade ile optimal değerlendirilebilirliklerinin ise; yoğun, çok yönlü laboratuar ve pilot çapta bir dizi araştırmalar sonucunda ortaya çıkabileceği anlaşılmış bulunmaktadır.

Bu nedenlerle, zenginleştirme (yıkama) işlemleri, her kömür için gerekli değildir. Ancak, uygun yıkanabilme özelliği gösteren kömürlerin yıkanma gerekçeleri teknik ve ekonomik olarak incelenebilir.

3.1. Teknik ve Ekonomik Gerekçeler

3.1.1. Tüketiciye Sağlanan Kolaylıklar

Kömürün yıkanması, tüvenan kömüre göre daha az kül artığı yaratacağından, tüketicinin külü bertaraf etmesi, daha az maliyete ve daha az çevre problemine neden olacaktır.

3.1.2. Taşıma Maliyetindeki Tasarruflar

Kömür tüketiciye, FOB maden teslimi fiyatına, nakliye fiyatının ilavesi sonucu oluşan fiyatla mal olmaktadır. Yılda 1 milyon ton %30 küllü belli orijinli bir kömürü tüketen tüketici, aynı kömürün %10 küle yıkanması halinde, yaklaşık olarak %20 oranında daha az kömür tüketecektir. Başka bir deyişle, söz konusu tüketici aynı ısı değeri için yılda 800.000 ton kömüre ihtiyaç duyacaktır. Nakliye maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu gerçeği karşısında, kömürü yıkamanın nakliyede sağlayacağı tasarruf açıktır.

3.1.3. Çevreye Olumlu Etki

Yıkanmış kömürün tane iriliği ve kalitesi düzgün ve dar sınırlar içinde farklılaşma gösterdiğinden, yanma daha randımanlı olmakta, bu nedenle daha az toz ve duman emisyonuna neden olmaktadır. Şüphesiz çevreye olan olumlu bir etki de, yıkanmış kömürden daha az kül ortaya çıkmasıdır (MTA, 1982).

3.1.4. Termik Verimin Artışı

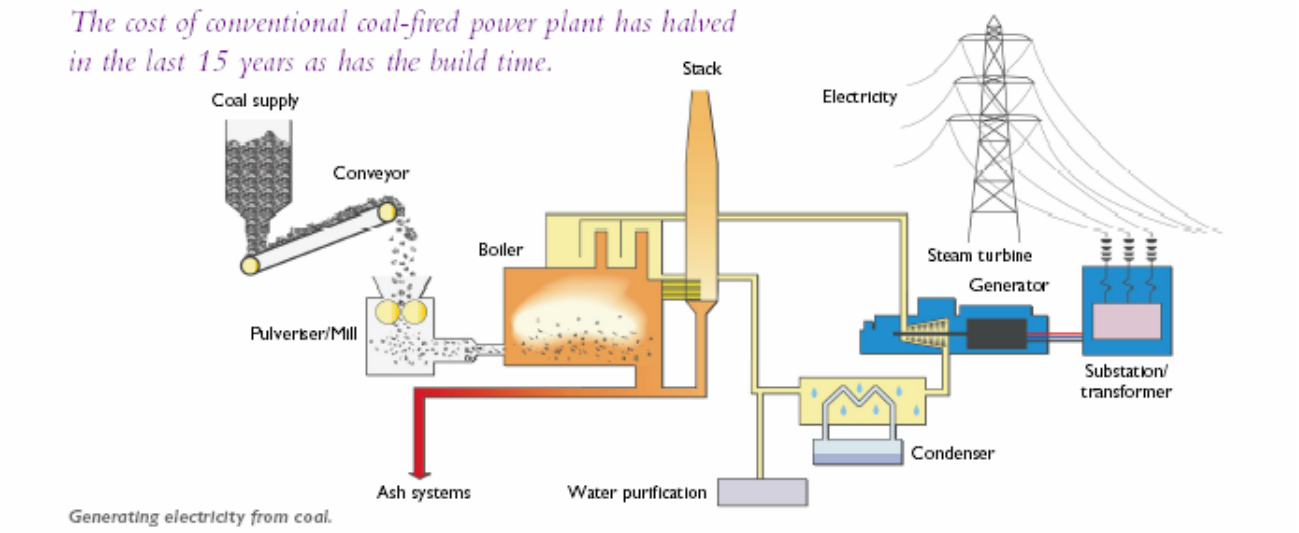
Termik verim, herhangi bir yakma ortamında elde edilen ısının, kömürün içindeki ısıya oranı olarak tanımlanmaktadır. Katı yakıtların termik verimlerinin, yakma aracının tip ve özelliklerine, yakma şekline ve yakıtın özelliklerine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir (MTA, 1982). Termik verimin artışı, miktar açısından daha az kömürün tüketilmesini sağlayacağından, işin ekonomisinin hesabında; kömürü nakil, stoklama, külü bertaraf etme gibi maliyet unsurları dikkate alınmalıdır.

3.1.5. Diğer Alternatif Yakıtlar ile Rekabet

Yerli kömür, ithal kömür ve doğal gazın çok ağır rekabet şartları altındadır. Gerek elektrik enerjisi üretiminde, gerekse ısınma amaçlı olarak yerli kömürün, ithal kömür ve doğal gaz ile rekabet edebilmesi için, kömürlerimizin zenginleştirilmesi kaçınılmazdır.

3.2.Termik Santraller Açısından Kömürün Zenginleştirilmesinin Sağlayacağı Faydalar

Türkiye'de 1970'li yıllardan sonra planlanan tüm termik santraller, tüvenan kömür tüketecek biçimde planlanmıştır. 1975-1980 yıllarını kapsayan bu hızlı planlama ve karar verme döneminde, termik santrallerde tüketilecek kömürün tüvenan olarak mı, yoksa zenginleştirilmiş olarak mı tüketilmesi gerektiği konusunda bir çalışma yapılmamıştır. Ancak, bu konuda çeşitli ülkelerce çok ciddi çalışmalar yapılmış bulunmaktadır. Bu çalışmaların sonucu olarak, elektrik üretim maliyetlerinin kömürün kalitesi ile çok yakından ilgili olduğu tespit edilmiştir. Kömürden elektrik enerjisi üretimi esnasındaki süreç ile ilgili şematik bir gösterim, Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kömürden elektrik enerjisi üretilmesinde aşamalar,

(World Coal Instutite, 2002)

Kömürün kalitesinin yüksek ve dar sınırlar içinde farklılaşma göstermesi, aşağıda sıralanan teknik ve ekonomik faydaları sağlamaktadır.

3.2.1. Kömür Taşıma ve Stoklama Maliyeti

Termik santrale taşınan kömürün içindeki ısı için nakliye yapıldığına göre, yüksek kalorili, düşük kül ve nem içeren bir kömür, taşıma maliyetlerinde önemli tasarruf sağlayacaktır. Kömür taşıma maliyetinde sağlanan tasarruf, yüksek kaliteli kömürlerin stoklanmasında da sağlanacaktır.

3.2.2. Malzeme Akışı, Baca Gazı ve Stok Kapasiteleri

Kül içeriğinin artması ile kömürün akış miktarı ve kül miktarı artar. Bununla birlikte, baca gazındaki SO_2 ve toz miktarı artar. Fırını aynı kalorifik değerde tutabilmek için, kül içeriğinin alt değerinden üst değerine doğru fuel oil kullanımı ve bunker kapasitesi

%50 artar. Aynı zamanda, kül için silo kapasitesi de arttırılmalıdır. Daha yüksek kül içerikli kömür kullanıldığında, baca gazında daha fazla SO_2 bulunacağından bunu bastırmak ve hava kirliliğini azaltmak için, daha fazla jips ve kireçtaşına ve buna bağlı olarak daha geniş bir stok sahasına ihtiyaç duyulacaktır (Ediz vd., 2001).

3.2.3. Kömür Öğütme Maliyeti

Kömür kalitesinin termik santrallerdeki kömür öğütme düzenlerine önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Kömür öğütme tesislerinin inşa maliyetleri ile bunların çalıştırılması sonucu oluşan işletme maliyetleri ve öğütücülerde tüketilen elektrik enerjisi (tüketilen elektrik enerjisi, termik santral toplam nihai verimini etkileyecektir) pulverize edilen kömürün miktarına (t/h), başka bir deyişle kömürün kalorifik değerine bağlıdır. Bu faktörler, aynı zamanda kömürün öğütülebilme indeksine de bağlıdır. Bu nedenle, kömürün zenginleştirilmesi durumunda kalorifik değerinin artması nedeniyle, öğütme maliyetlerinde önemli düşmeler sağlanacaktır. Kömürün içindeki aşındırıcı unsurlar (kül, pirit, kuvars, kaçak demir) öğütücülerin işletme masrafını artıracaktır (Ünver, 1994). Öğütme sisteminin maliyeti, en düşük kaliteli kömürden en yüksek kaliteli kömüre doğru %33 azalmaktadır.

Aynı zamanda, öğütücülere taşıma (konveyör) sistemleri ve yakıt silo kapasiteleri, değişen kömür kalitesine bağlı olarak dizayn edilmelidir.

3.2.4. Buhar Kazanı ve İşletme Maliyeti

Buhar kazanının boyutlandırılması ve dizaynı, kömürün çeşitli özelliklerine göre yapılmaktadır. Buhar kazanının boyut tespitinde en önemli faktör, kömürün kalitesidir.

Değişik kapasitelere ve kömür özelliklerine göre dizayn edilmiş buhar kazanlarının boyutları incelendiğinde, yüksek kalorili kömür yakan 1300 MW gücündeki bir kazanın, 414 MW gücündeki düşük kalorili bir kömür yakan kazanın yaklaşık aynı boyutlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu husus, kazan inşa maliyetleri açısından yüksek kalitede kömür tüketmenin ne derece ekonomik avantaj sağladığını açıkça göstermektedir.

Buhar kazanlarında, cüruf oluşumu ve kazan cidarlarında cüruflaşma, işletme ve bakım maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kömür tüketen termik santrallerin buhar kazanlarında "cüruflaşma potansiyeli" işletme maliyetlerini ve tesisin verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, yakılan kömürün külünün düşük olması, buhar kazanı boyutlarını küçültmesinden sağlanan yatırım maliyetindeki düşüklük yanında, kazanın sürekli elektrik üretiminde kullanılabilirliği üzerinde olumlu etki yapmaktadır (Ünver, 1994). Kül oranı, %18'den %45'e çıktığında, buhar türbinin basınç kısmının dengeleme çalışmalarından kaynaklanan maliyet artışı, %76'lara çıkmaktadır. Buhar türbini için yatırım, toplam santral yatırım maliyetinin %12'si olduğu için, kül içeriğindeki değişim, daha yüksek yatırım maliyetlerine yol açar (Ediz vd., 2001).

3.2.5. Termik Verim

Bir termik santralin termik verimi, buhar kazanının ve buhar türbininin verimine ve öğütmede, elektrostatik filtrelerde, desülfirizasyon ünitesinde ve diğer işlemlerde tüketilen elektrik enerjisine bağlıdır. Buhar kazanının verimi, baca gazlarının ısısına ve kazana üflenen ilave havanın miktarına bağlı olarak hesaplanır. Düşük kalorili ve düşük reaktivitesi olan kömürler, iyi bir yanma sağlamaları için genellikle yüksek miktarda

hava üflenmesini gerekli kılar. Bu da baca gazları ile ısı kaybına neden olur (Ünver,1994).

3.2.6. Elektrostatik Filtrelerin İşletme Maliyetleri

Elektrostatik filtrelerin dizaynı ve maliyeti, dışarı atılan baca gazları miktarı ve baca küllerinin tane dağılımı ile ilişkilidir. Kömürün külünün düşürülmesinin, netice olarak elektrostatik filtrelerin büyüklüklerine ve işletme maliyetine direkt etkisi olacaktır.

3.2.7.Baca Gazları Sistemi ve Desülfirizasyon Tesisi Maliyeti

Kömürdeki külün artması ile birlikte, baca gazı içindeki toz yükü de artar. Bu nedenle, temizlenmiş gaz içindeki toz içeriğini 10 mg/m^3'den daha aşağıda tutmak için, daha yüksek bir çökeltici verimliliğine gereksinim duyulur. Bu yüzden, çökeltme yüzeyi buna bağlı olarak arttırılmalıdır.

Baca gazı desülfirizasyon ünitesi, baca gazı emme fanından, yığına kadar ve kireç silosu doldurum aracından, jips stokuna kadar tüm araçları kapsar. Bu komponentler için yapılacak yatırımlar, baca gazı hacimleri az ya da çok sabit kaldığından, kömürün kül içeriği ile birlikte artmaz. Ancak, kömürün kül içeriğinin artmasıyla, baca gazındaki SO_2 içeriği artacağından, kireçtaşı ve jips tüketimi artacaktır. Bu yüzden, daha geniş stok sahası dizayn edilecektir. Yıkama ünitesinin boyutu, kömürün sülfür içeriği ile artmaz, fakat onun sirkülasyon oranı ile artar. Bu durum, daha yüksek bir elektrik tüketimini gerektirir. Desülfirizasyon tesisinin dizaynı, dışarı atılan baca gazları miktarına ve kömürdeki kükürt miktarına bağlıdır. Kömür zenginleştirme ile kükürdün nispeten bertaraf edildiği kömürlerde, desülfirizasyon üniteleri daha küçük boyutlarda

olacak veya kurulmasına dahi gerek kalmayacaktır. Kömür kalite özellikleri dikkate alınmadan dizayn edilen desülfirizasyon ünitesi için, sonradan yapılacak yüksek yatırım maliyeti yerine, kömürdeki kalite özellikleri dikkate alınırsa, kül içeriğinin %18'den %45'e çıkması ile yatırım maliyeti sadece %3 artmaktadır (Ediz vd.,2001).

3.2.8. Kül Taşıma Ünitesi ve Atık Sistemleri Maliyeti

Kül taşıma ünitesi, elektrostatik çökelticilerin çıkışından veya fırın odalarının dışından başlayıp, silolara kadar süren konveyör sistemini kapsar. Bu tesisin kapital maliyetleri, büyük ölçüde kül içeriğinden etkilenir ve kül içeriğinin %18'den %45'e çıkması ile kapital maliyeti, %85 artar (Ediz vd., 2001).

Kül içeriğinin artması ile stok alanı artar ve bu ilâve yatırım maliyeti oluşturur. Fakat şu da görülmektedir ki, kül taşıma ve atık sistemlerinin inşa maliyeti, termik santrallerin tesis maliyeti içinde, %1 gibi küçük bir paya sahiptir. Bu nedenle, kömürün kalitesini yükseltmek, bu tesislerin maliyetine önemli bir etki yapmayacaktır. Ancak bu tesislerin işletme maliyetleri, atılan kül miktarı ile direkt ilgilidir. Bu nedenle kömürün kalitesini yükseltmek, kül atmanın işletme maliyetini önemli ölçüde etkileyecektir.

3.2.9. Yapısal Komponentler

İnşaat maliyetleri, daha geniş inşaat hacimleri ve daha fazla yükler söz konusu olduğu için, kül artışı ile artar. İnşaat maliyetleri; inşaatın temel, çelik konstrüksiyon ve betonarme kısımlarını kapsar. Kül içeriğinin artması ile, inşaat maliyetleri %40 artar ve buna bağlı olarak, her blok için toplam yatırım %8 civarında artacaktır (Vogt & Strung, 1996).

3.2.10. İşletme Etkileri ve İlave İşletme Bedelleri

Kül içerik oranının artmasının ana etkileri; termik santralin toplam verimlilik faktörünün azalması, daha yüksek ısı tüketimi, ilave insan gücü ve tamir-bakım harcamalarının daha da artmasıdır.

3.2.10.1. Kazan Verimliliği

Kazan verimliliğini önem sırasına göre, aşağıdaki kayıp faktörleri etkiler;

1. Baca gazında ısı içeriğindeki kayıplar,
2. Yarım yanmadan doğan fırın kayıpları,
3. Külün ısıl içeriğinden doğan kayıplar,
4. Isı yayma ve ısı radyasyonundan doğan kayıplar.

3.2.10.2. Tesis Tüketimi

Daha yüksek kül içeriğinden dolayı tesis ihtiyaçlarındaki artış, aşağıda belirtilen tesis komponentlerinden kaynaklanır:

- Öğütme ve fırın sistemi,
- Bacı gazı çöktürücüleri,
- Desülfirizasyon ünitesi,
- Atık sistemi.

3.2.10.3. Jeneratörlerin Elektriksel Çıkışı ve Isı Tüketimi

Toplam ısı tüketimi, kömürün kül içeriğinin %18'den %45'e çıkması ile 9765 kj/kW-h'den 10080 kj/kW-h'e çıkar. Ayrıca, burada jeneratör çıkışında ve döngü ısı tüketiminde düşüş olur (Ediz vd., 2001).

3.2.10.4. Tamir ve Bakım

Termik santral endüstrisinde, uzun dönem deneyimi, termik santralin çok farklı kül içeriklerinde kömürlerle işletilmesi ile sağlanır. Yapılan detay araştırmalara göre, yakıt sistemleri, öğütme araçları ve kazanlarla kül atık sistemindeki tamir-bakım bedeli, kömür içindeki külün artması ile artmaktadır.

3.2.10.5. İnsan Gücü

Daha yüksek kül içeriğine bağlı olarak işletme bedellerindeki artış hesaplandığında, her vardiyada ve blokta bir fazla kişiye (kül içeriğinde kömür için), %45 içinse iki fazla kişiye gereksinim vardır. İlk durumda 3, ikinci durumda 6 fazla elemana gereksinim vardır. Bu ilâve eleman ihtiyacının nedeni ise, tamir ve bakımdır (Vogt & Strung, 1996).

3.2.10.6. Ekolojik Etkiler

Termik santral birim fiyatları düşünüldüğünde, düşük kül içerikli kömüre bağlı, baz çevresel avantajlar dikkate alınmalıdır.

- Yüksek verimlilikten dolayı çevreye verilen ısı daha azdır,
- Düşük su ilâvesi (taze ve atık su),
- Atık suya HCl ve HF yükleme azlığı (Vogt & Strung, 1996).

BÖLÜM 4

LİNYİTLERİN YIKAMA YÖNTEMLERİ ile TEMİZLENMESİNDEKİ SINIRLAMALAR

Tüketim açısından en önemli safsızlık olarak kabul edilen nem, kül ve kükürdün bir kısmı da serbest halde bulunduğundan, kömür yıkama yöntemleri ile ancak serbest halde bulunan safsızlıkların uzaklaştırılması mümkündür. O halde kömüre bağlı olarak bulunan safsızlıkların miktarı, fiziksel yöntemlerle temizlemede ulaşılabilecek en üst sınırı belirlemektedir.

Kömüre bağlı nem (bünye suyu), kömürleşme derecesinin bir özelliği olup, kömürleşme arttıkça azalmaktadır. Taşkömürlerinde %1-3 olduğu halde, linyitlerde %45'e kadar çıkabilmektedir.

Kömüre bağlı kül (sabit kül), kömürleşme sırasında, kömürü oluşturan bitkinin içindeki inorganik maddelerin bünyeye bağlanmasından ileri gelir. Sabit kül miktarı nadiren %2'den az, genellikle %7-8 civarındadır.

Kükürt, diğer safsızlıkların yanında tartışmasız en önemlisi olup, sülfat kükürdü, piritik kükürt, organik kükürt ve elementer kükürt halinde bulunur. Bunlardan sülfat kükürdü hava kirliliği açısından herhangi bir sorun yaratmaz. Elementer kükürt ise, kömürlerde çok seyrek görüldüğünden kükürtten arındırmada göz önüne alınmaz.

Kömürün bünyesine bağlı olarak bulunan kükürt, organik kükürttür. Kömürü oluşturan bitkinin artıklarında bulunan proteinler, organik kükürt bileşiklerinin meydana gelmesine neden olur. Organik kükürt miktarı, toplam kükürdün %20-80'ini kapsamaktadır. Teorik olarak, organik kükürt yüzdesi, yıkama yöntemleri ile ulaşılabilecek en düşük kükürt oranını belirlemektedir. Bununla beraber, mikron büyüklüğündeki bakteri kökenli piritler de, kömürün içinde kalmakta ve kömür yıkama yöntemleri (fiziksel) ile atılmaları mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, bakteri kökenli piritler, organik kökenli piritlerle "Uzaklaştırılamayan Kükürt" bileşiklerini oluşturur (Özbayoğlu, 1982).

Uzaklaştırılamayan kükürt oranı, çeşitli kömürlerde büyük farklılıklar göstermekte ise de, genellikle toplam kükürdün %30-85'ini oluşturmaktadır. Linyitlerde kül ve kükürt oranının düşürülmesinde sınırı belirleyen diğer bir faktör, serbestleşme boyutudur. Külü oluşturan mineraller ile pritik kükürdün serbestleşmesi çok ince boyutlarda gerçekleştiği taktirde, yıkama yöntemi ile kalite artımı, ekonomik olmaktan çıkmaktadır.

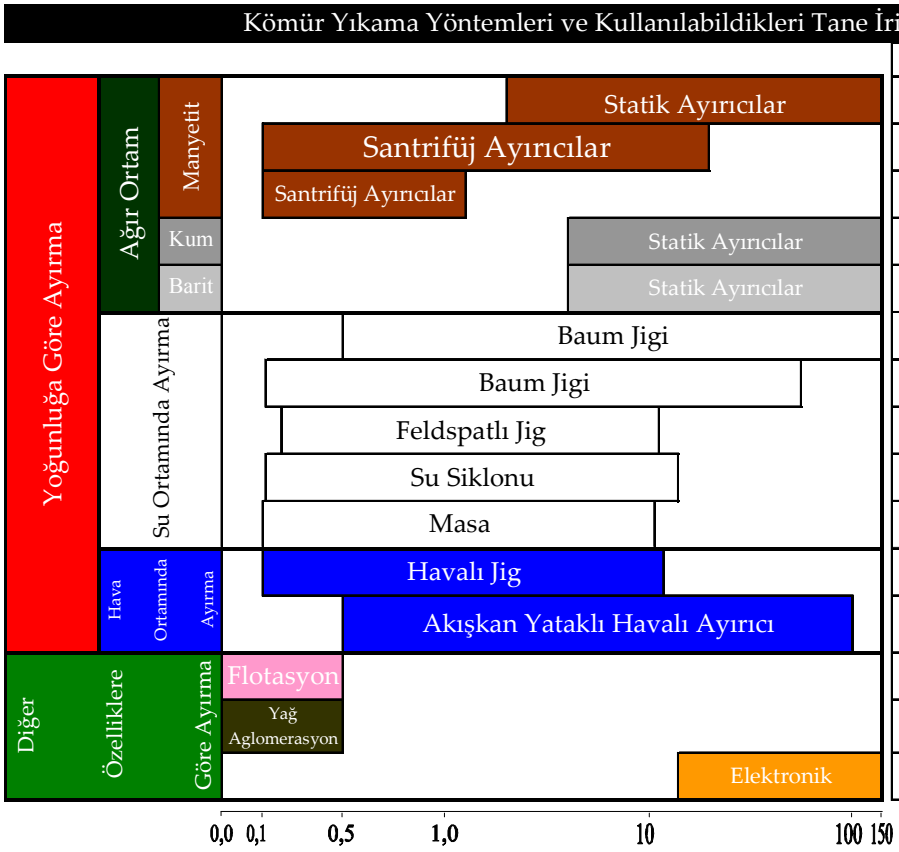
4. Linyitlerin Temizlenmesinde Kömür Yıkama Yöntemleri

Kömür yıkama yöntemleri, yıkanan kömürün boyutuna bağlı olarak "İri Kömür Yıkama" ve "İnce Kömür Yıkama" diye iki grupta toplanmaktadır. Bunun yanında, ayırmaya esas olan prensipler açısından, aşağıda verilen sınıflandırmayı yapmak ta mümkündür (Harsfall, 1980).

1. Hidrolik Yöntemler
    - Jigler
    - Spiral Ayırıcılar
    - Sallantılı Masalar
    - Ayırma Konileri
2. Ağır Ortam Yöntemleri
    - Statik Ayırıcılar
    - Santrifüjlü Ayırıcılar
3. Havalı Ayırma
4. Flotasyon

Tablo 4.1'de tane boyutlarına göre, kömür yıkama yöntemleri, şematik olarak sunulmuştur.

Tablo 4.1. Kömür Yıkama Yöntemleri ve Kullanılabildikleri Tane İrilikleri (mm), (Kemal, 1999)



	Alt Boyut	Üst Boyut
Statik Ayırıcılar	3	150
Santrifüj Ayırıcılar	0,1	40
Santrifüj Ayırıcılar	0,1	1
Statik Ayırıcılar	6	150
Statik Ayırıcılar	6	150
Baum Jigi	0,5	150
Baum Jigi	0,15	75
Feldspatlı Jig	0,2	15
Su Siklonu	0,15	25
Masa	0,1	13
Havalı Jig	0,1	17
Akışkan Yataklı Havalı Ayırıcı	0,5	100
Flotasyon	0	0,5
Yağ Aglomerasyonu	0	0,5
Elektronik	20	150

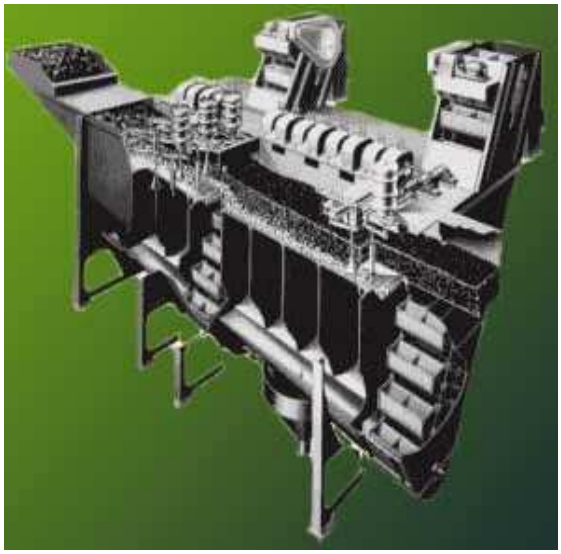
4.1. Hidrolik Ayırma Yöntemleri

4.1.1. Jigler

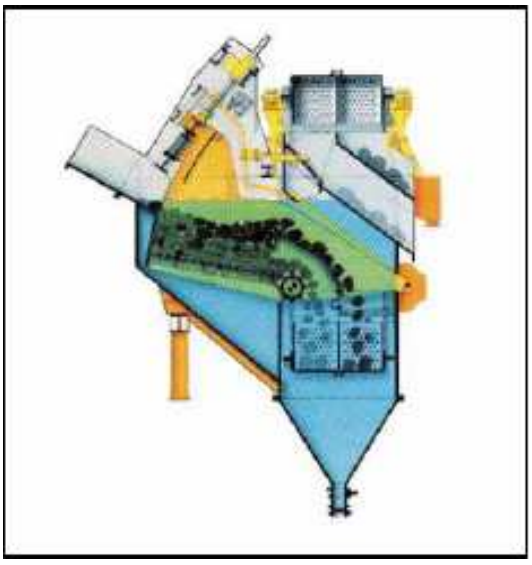
Jiglerde suyun sürekli olarak aşağı yukarı hareketi ile oluşturulan hareketli bir yatak yardımı ile kömür ve şistin tabakalaşması sağlanmaktadır. Teorik olarak, 150-0 mm arasındaki kömürler jig ile yıkanabilirse de, pratikte alt sınır boyutu 75 mikrondur. Besleme hızı 15-30 ton/saat/m^2 civarındadır. En yaygın olarak kullanılan jigler, Baum jigleridir. 15 mm'den küçük malzemelerin temizlenmesinde feldspat yataklı jigler kullanılır. Jiglerde, temiz kömür ve şistin tabakalaşması sağlanmaktadır (Şist: İnce, paralel, tabakamsı yapısından dolayı yaprak şeklinde kolayca birbirinden ayrılabilen

plâkalardan oluşan kristalin kayaç. Şistler genellikle makaslama kuvveti ve basınç altında yeniden kristalize olmuş sekonder kayaçlardır. Kömür damarı içinde veya ara kesmede bulunan taşlı kısımlar da, genel olarak şistli kısımlar şeklinde ifade edilir (Madencilik Terimleri Sözlüğü, 2. Baskı)).

Şekil 4.1'de McNally firmasınca üretilen Baum jigi, Şekil 3.2'de ise tüvenan jigi, şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Baum jig (Mc Nally)



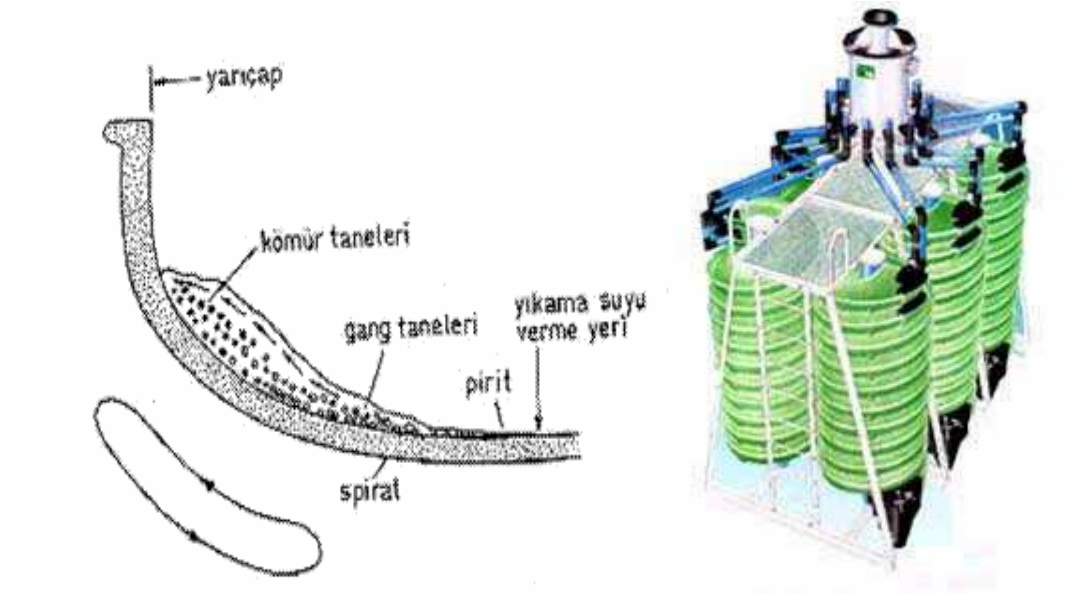
Şekil 4.2. ROM jig (Humboldt WEDAG)

Son 15-20 yılda geliştirilen jigler ve Batac jigler ile Baum jiglerde görülen sakıncaların birçoğu ortadan kaldırılmıştır (Osborne, 1988). Jiglerde verimli bir operasyon için, aynı karakterdeki ve boyut dağılımındaki malzemenin sabit hızla beslenmesinin yanında, yatak hareketinin sürekliliği de önemlidir.

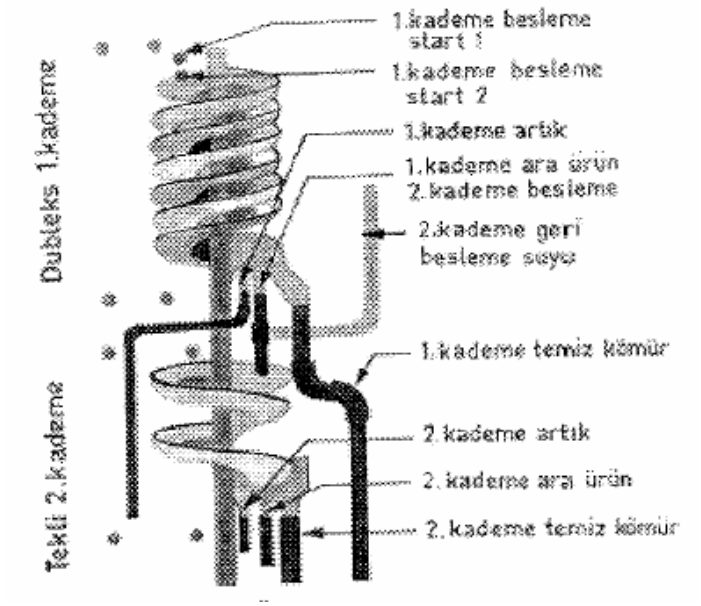
4.1.2. Spiral Ayırıcılar

Humphreys spiralinin mineral endüstrisinde uygulanmaya başlamasından sonra, ince kömürler de spiraller ile yıkanmaya başlamıştır. Günümüzde poliüretan ve cam elyafın kullanımı ile spiral tasarımında gelişmeler sağlanmış ve 3-0,1 mm arasındaki kömürlerin spiraller ile yıkanması yaygınlaşmıştır. Reichert tarafından geliştirilen en az on dönümlü poliüretan spiraller 8'li veya 16'lı bataryalar halinde kullanılmaktadır (Önal, 1992). Çapları 70-100 cm arasında değişen bir spiral ile saatte 2-4,5 ton arasında kömür yıkamak mümkündür. Şekil 4.4'te, spiral ayırım mekanizması ve tek kademeli spiral bataryası, Şekil 4.5'te ise, iki kademeli spiral ünitesi gösterilmektedir.

Cevher zenginleştirmede kullanılan sallantılı masalar ve Reichert konileri de 15 mm'nin (yaygın boyut 5 mm'nin) altındaki kömürlerin yıkanmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır.



Şekil. 4.3. Spiral kesiti üzerinde ayırım mekanizması ve tek kademeli spiral bataryası





Şekil 4.4. İki kademeli spiral ünitesi

4.2. Havalı Ayırma Yöntemleri

Havalı ayırma yöntemlerinde, kömürün şistten ayrılması, hidrolik yöntemlerde olduğu gibi, yoğunluk farkı esasına dayanmaktadır. Özellikle suda dağılan kömürlerin temizlenmesi için ideal çözümdür. Havalı masalar, çıtalı ve çıtasız olmak üzere iki tipte bulunmaktadır. 150 cm x 300 cm boyutlu çıtalı havalı masalarda 6,4 x 1,6 mm boyutlu kömür beslemesine karşı 20 ton/saat kapasiteye ulaşılmaktadır. Havalı masaların Ep değeri, 0,12-0,25 arasında değişmektedir (Osborne, 1988).

4.3. Ağır Ortam İle Ayırma

Kömürlerin yıkanmasında kullanılan en etkin yöntem, ağır ortam ayırımıdır. Özellikle, yıkama yoğunluğuna yakın yoğunlukta çok miktarda malzeme içeren kömürlerde bu yöntemin kullanılması kaçınılmazdır. 1,30 ile 1,80 arasındaki yoğunluklarda yapılan yıkamalarda performans oldukça iyidir. Ayırma yoğunluğunun

1,30’ dan düşük olduğu durumlarda, ayarlanan yoğunluktaki en ufak bir değişiklik, yüksek verim kayıplarına sebep olmaktadır. Ayırma yoğunluğunun 1,90’nın üzerinde olduğu durumlarda da viskozitenin artması nedeni ile ayırımın kontrolü ve ağır ortamın geri kazanılması oldukça zordur (Ruff, 1979, Leonard, 1979).

Ağır ortam Ayırıcıları iki gruba ayrılmaktadır;

- Statik Ağır Ortam Ayırıcıları
- Santrifüjlü Ağır Ortam Ayırıcıları

4.3.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları

Statik ağır ortam ayırıcıları, derin ve sığ ayırıcılar olarak iki grupta toplanır. Her iki türde de temiz kömür, ortamın tabii akışı veya taraklar ile ayırma hücresinden ayrılırken, batan şistlerin sistemden uzaklaştırılması, ayırıcılara göre farklılıklar gösterir. 300 mm - 6 mm arasındaki kömürler statik ayırıcılarda yıkanabilir (Özbayoğlu, 1994).

Sığ ve derin ayırıcılar arasındaki en belirgin farklılık, verdikleri ürün sayısında görülmektedir. Derin ayırıcılar, 3 ürün almaya olanak vermektedir. Sığ ağır ortam ayırıcılarında yoğunluk kontrolü çok önemlidir. Derin ağır ortam ayırıcılarında ise, manyetit kayıplarının fazla olduğu gözlenmiştir.

Derin ağır ortam ayırıcıların tipik örnekleri;

- Chance kum konisi,
- Barvoys ayırıcısı,
- Tromp ayırıcısı,
- Wemco konik ayırıcısı.

Sığ ağır ortam ayırıcıların tipik örnekleri (Palowitch, Deurbrouck, 1979);

- DSM ayırıcısı,
- Wilmot HM Ayırıcısı
- Heyl & Patterson Ayırıcısı
- Ridley-Scholes ayırıcısı,
- Wemco tamburlu ayırıcı,
- Drewboy,
- Teska ve Norwalt Ayırıcıları.

4.3.2. Santrifüjlü Ağır Ortam Ayırıcıları

Bu tip ayırıcılar, toz kömürlerin (31,5 mm - 0,5 mm) yıkanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Sokaskı, 1979). Küçük katı tanelerin sıvı içinde çökelme hızları düşük olduğu için, santrifüj kuvvet uygulayarak, ayırma hızını ve buna bağlı olarak kapasiteyi artırmak mümkündür. Eşit hacimli şist ve kömür taneciği ele alındığında, santrifüj kuvveti kömürü merkeze, şist taneciğini ayırma hücresinin duvarlarına doğru iterek kömürün şistten ayrılmasını sağlamaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve ilk olarak 1950' lerde uygulamaya konulan kömür yıkama cihazlarının en önemlileri şunlardır (Özbayoğlu, 1994);

- Ağır ortam siklonları,
- Vorsyl ayırıcısı,
- Dynawhirlpool ayırıcısı,
- Tri-flo ayırıcısı,
- Larcodems ayırıcısı,

- Otojen siklon (su siklonu),
- Elektromanyetik Siklon.

4.4. Kömür Hazırlama Tesisleri

Kömür hazırlama, yüzyılımızın başında uygulamaya konmuş, iri kömür yıkamada Baum jiglerinin, ince kömürler için Rheo oluklarının ve şlam zenginleştiren flotasyonun kullanımı ile, ilk lavvarlar kurulmuştur.

İlk lavvarlarla, bugünkü modern tesisler arasında genelde çok büyük farklar olmamasına karşın, bazı makinelerde önemli gelişmeler sağlanmış, kapasiteler büyümüş, otomasyon sebebi ile çok büyük tesisler, kolay yönetilir duruma gelmiştir. Ayrıca, kömüre alternatif yakıtların (sıvı ve gaz yakıtlar) pek çok alanda kullanılması, kömürlerin satış spesifikasyonlarını da değiştirmiş, tane boyutunun önemini azaltarak, yüksek kalorili kömürlerin sanayi yakıtı olarak, düşük kalorili kömürlerle, tesis ara ürün ve artıklarının da termik santral yakıtı olarak kullanılmasına imkan sağlamıştır. Bu nedenle, modern yıkama tesislerinde tek ünite halinde büyük makineler kullanılmakta, bir veya iki boyutlu zenginleştirme ile yetinilmekte, kömür sınıflandırılmadan, belli bir boyutun altına (35-40 mm) kırılmış olarak satılmaktadır.

Türkiye'de mevcut kömür yıkama tesisleri (lavvar) değişik zamanlarda, kömür piyasasının taleplerine göre dizayn edilmiş tesislerdir. Kömür piyasasındaki talep değişimleri özellikle kömürün tane iriliği, kalorifik değeri ve dolayısı ile külü ile ilişkilidir. Bu nedenle, 1950'li ve daha sonraki yıllarda tesis edilmiş bazı kömür yıkama tesislerinin, zaman içinde meydana gelen talep değişimlerine cevap verebilmek amacıyla dizaynları değiştirilmiş veya devre dışı bırakılmıştır.

Türkiye'de kömür yıkama tesislerinin kurulması, ekonomik ihtiyaçlardan dolayı gerçekleştirilmiştir. Demir ve çelik fabrikalarının ihtiyacı olan hammaddeyi elde edebilmek için, önce Zonguldak havzasında kömür yıkama tesisleri inşa edilmiştir. Linyit kömürü madenciliğinin 1980'li yıllardan sonra büyük gelişmeler göstermesi nedeniyle linyite, sanayi ve ısınma sektörlerinden talep artmıştır. Ancak yoğun kömür kullanımı ile birlikte gündeme gelen hava kirliliği, linyitin yıkanması ihtiyacını doğurmuştur. Ayrıca, giderek artan ithal kömür ile rekabet edebilmek için, yerli linyit kalitesinin artırılması ya da ısı değerinin yükseltilmesi ihtiyacı doğmuştur. Özellikle, son 10 yıl zarfında hizmete alınan kömür yıkama tesislerindeki artış, bu nedenlerden dolayıdır (Özbayoğlu, 1999). Tablo 4.2'de, 2004 yılı sonu itibarı ile Türkiye'deki kömür zenginleştirme tesislerinin genel durumu gösterilmiştir.

Kömür yıkama tesisleri, "Özel Amaçlı" veya "Modül" tipte kurulmaktadır. Özel bir amaç için tasarımlanan kömür hazırlama tesisi, uzun bir operasyon için yüksek mukavemetli ve kendi binasında yerleşik olarak kurulmaktadır. Modül tesis ise, bir veya birkaç bağımsız birimden oluşmakta olup, her bir birim birlikte veya tek tek çalıştırılabilmektedir. Esnek yapılı bu modül tesisleri, kısa vadeler içinde farklı kömürler için kullanmak mümkün olmaktadır.

Yerleştirilmeleri ve bir yerden bir yere nakilleri kolay olan modül tesisler çoğunluktadır. Modül tesisler, yerleşik özel amaçlı tesislerle karşılaştırıldığında, yatırım masrafları çok düşüktür. Örneğin, 1988'de Birtley Mühendislik firması tarafından Scotland'da kurulan 550 ton/saat kapasiteli özel amaçlı bir kömür hazırlama tesisinin fiyatı (enflasyon göz önüne alınarak güncelleştirildiğinde), 40-45 milyon $'dır. Buna karşın modül tesisin fiyatı, sadece 8 milyon $ olmaktadır (Rymer, 1997).

Tablo 4.2. Türkiye Kömür Zenginleştirme Tesisleri (Gitmez, 2005)

Sıra No	Kömür Ocağı	Şirket	Zenginleştirme Ekipmanları	Kapasite (ton/h)	Açıklama
1	Zonguldak	Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK)	Baum jigi + Feldspatlı acco jigi + Filtrasyon	750	Faal
2	Çatalağzı	Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK)	Baum jigi + Feldspatlı acco jigi + Filtrasyon	500	Faal
3	Armutçuk	Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK)	Baum jigi + Sallantılı Masa + Filtrasyon	200	Faal
4	Amasra	Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK)	Wemco AOT + AOS	200	Faal
5	Tunçbilek	GLİ (TKİ) Müteahhiti ÖZKAR	Wemco AOT + AOS + Baum jigi + Su siklonu	700	Faal
6	Ömerler	Garp Linyitleri İşl. Müessese Md. (GLİ) (TKİ)	Ağır Ortam Teknesi + AOS + Spiral	600	Faal
7	Soma Eynez	ELİ (TKİ) Müteahhiti Park Enerji	Drewboy Teknesi + AOS	600	Faal
8	Değirmisaz	Gürok	Wemco AOT + AOS + Spiral	240	Faal
9	Çayırhan	Park Enerji	Drewboy Teknesi + AOS	300	Faal
10	Aydın	Aydın Linyitleri	Jig	80	Faal
11	Soma	Gürmin	Jig + Spiral	100	Faal
12	Soma	Hüstaş	Wemco AOT + AOS	300	Faal
13	Yeni Çeltek	Yeni Çeltek Kömür	Jig	50	Faal
14	Yeni Çeltek	Yeni Çeltek Kömür	Wemco AOT	50	Faal
15	İstanbul	Milten	Jig	25	Faal
16	Soma Deniş	Ege Linyitleri İşl. Müessese Md. (ELİ) (TKİ)	Wemco AOT	150	Faal
17	Soma Merkez	Soma Buruyar	Wemco AOT + AOS + Spiral	175	Faal
18	Soma Darkale	Soma Buruyar	Drewboy Teknesi + AOS	175	Faal
19	Dursunbey	Soma Buruyar	Wemco AOT + AOS	150	Faal
20	Soma Merkez	Şükrü UYAR	Parnaby AOT+ AOS	175	Faal
21	Aydın Söke	Azmi UYAR	Drewboy Teknesi + AOS + Spiral	150	Yapım aşamasında
22	Dursunbey	Polat Madencilik	AOT + AOS	100	Yapım aşamasında
23	Kütahya Altıntaş	Altıngönen	Wemco AOT	20	Faal
24	Tunçbilek	Tuncerler	Wemco AOT	50	Faal
25	Alpagut Dodurga	Park Enerji	Drewboy Teknesi + AOS	100	Çayırhan'a taşındı
26	İskenderun	Interkarbon	Siklon , Spiral	50	Faal
27	Soma	Mehmet BALCI	Siklon , Spiral	30	Faal
28	Zonguldak Gelik	De-ka Madencilik	Drewboy Teknesi + AOS	175	Faal
29	Amasya Suluova	Amasya İl Özel İdaresi	Drewboy Teknesi + AOS	175	Faal
30	Soma Eynez	ELİ (TKİ) Müteahhiti Mayda Madencilik	Çift Ürünlü AOT + AOS + Spiral	800	Yapım aşamasında
31	Kozlu	TTK Müteahhiti Park Enerji	Drewboy Teknesi + AOS + Filtrasyon	250	Yapım aşamasında
32	Üzülmez	TTK Müteahhiti Park Enerji	Drewboy Teknesi + AOS + Filtrasyon	250	Yapım aşamasında
33	Seyitömer	Seyitömer Linyitleri İşl.Müessese Md. (TKİ)		300	İhale aşamasında
34	Orhaneli	Seyitömer Linyitleri İşl.Müessese Md. (TKİ)		150	İhale aşamasında
35	Yatağan	Güney Ege Linyitleri İşl.Müessese Md. (TKİ)		300	İhale aşamasında
36	Soma Deniş	Ege Linyitleri İşl.Müessese Md. (TKİ)	Ağır Ortam Siklonu (AOS)	150	İhale aşamasında

AOT : Ağır Ortam Tamburu, AOS : Ağır Ortam Siklonu

BÖLÜM 5

KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME TESİSLERİNİN TASARIMINDAKİ FAKTÖRLER

Hammadde işleyen tüm endüstriyel tesislerde, dizayn aşamasında ele alınması gereken faktörler, birbirine çok benzerdir. Özellikle kimya ve ağır metalürji tesislerinde işletme aşamasında görülen problemler, aynen kömür yıkama tesislerinde de yaşanmaktadır. Tesis dizayn aşamasında, pek çok faktör göz önüne alınmakla beraber, bu faktörler arasında hayati önem taşıyanlar aşağıda anlatılmıştır. Bir kömür yıkama tesisi, ancak kömürdeki özellik ve bu özelliklerin zaman içinde değişim nedenlerini bilen, numune alma ve istatistik analiz yapma bilgisine sahip, kısacası cevheri bilen uzmanlarca dizayn edilebilir. Dizayn aşamasında, işletmecinin yaşayabileceği problemleri kolaylaştırıcı önlemler rahatlıkla alınabilir.

Aşağıda verilen kömür zenginleştirme tesislerinin tasarımında göz önüne alınacak faktörlerin belirlenmesinde, CLI-Tekfen konsorsiyumunca 1991 yılında inşa edilen Garp Linyitleri İşletmesi'ne ait olan Ömerler kömür zenginleştirme tesisinin sözleşmesi esas alınmıştır.

Bu faktörler, şu şekilde sıralanabilir:

- Kömürün özelliği ve zaman içinde bu özelliklerde değişim gösterecek parametreler,
- Kömür yıkama tesisinin beslediği kısa ve uzun vadeli pazarın yapısı,
- Kömür yıkama tesisinin devreleri içinde esnek devrelerin oluşturulması,
- Kömür yıkama tesisinin muhtelif mekanik ve elektrik teçhizatındaki standardizasyon,
- Kömür yıkama tesisinin konumu ve bu yerleşim içindeki muhtelif yıkama birimlerinin tamir bakım ve tevsii açısından yerleşimi,
- Yıkama ünitelerinde sağlanması gereken yedeklik,
- Malzeme aşınmalarına karşı önlemler,
- Otomasyon.

5.1. Kömürün Özellikleri

Herhangi bir kömür işletmesinde kömürü zenginleştirmek için kurulacak bir kömür yıkama tesisi, en az 30 yıllık bir süre için işletmeye hizmet verecektir. Bir havza içinde kömür özellikleri, damar kalınlığınca ve damar uzantısı boyunca değişmektedir. Kömür damarının belli kesimi nispeten düşük kül, yüksek kalori içerir. Kömür tabanına yaklaştıkça kömürün kalitesi, kalorifik değer ve kükürt içeriği açısından nispî olumsuzluklar taşımaktadır. Kezâ, havzaların senklinal (Jeolojik devirlerde meydana gelen tektonik hareketler sonucu, formasyonların kıvrılması sureti ile oluşan tekne

şeklindeki formasyon kısmı) merkezindeki kömürler, kil içeriği oranı daha düşüktür. Havza kenarına yaklaştıkça, ara kesmeler çoğalmakta ve kalınlaşmaktadır.

Madencilik yöntemleri de, tüvenan kömürün özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kömürün iriliği, kesici makineler ile nispî olarak daha da düşmüştür. Genel olarak mekanizasyon, tüvenan kömürdeki külü de arttırmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir kömür yıkama tesisi dizaynına geçmeden önce, kömürün dikey ve yatay özellik değişiminin tespiti amacı ile, madencilik yöntemlerinin getireceği özellik farklılıkları da dikkate alınarak ve değişik zaman dilimleri içinde tüvenan üretim numuneleri alınmalıdır.

Kömür yıkama tesisi, halen işletilmekte olan bir kömüre göre değil de, yeni açılacak bir kömür madenine dizayn ediliyorsa, bu durumda tasarımcının görevi daha da zorlaşmaktadır. Kömür damarından ve sondaj karotlarından elde edilecek numunelere dayanarak dizayn yapılacağı için, madencilik şartlarının getireceği ek etkiler de tahmin edilerek, sistem tasarımına esas veriler elde edilecektir. Çoğu kez sondaj karotlarından elde edilen numunelerin kırılması sonuçlarına göre tüvenan kömürün dağılımını simüle etmek için, yöntemler kullanılacaktır.

Kömür zenginleştirme cihazları, kömürü belirli tane dağılımına sınıflandırdıktan sonra zenginleştirme yapmaktadır. Bu nedenle, tüvenan kömürün tane dağılımı, malzeme dengesini kurmak için gerekmektedir. Tüvenan kömürdeki kül değişimine bağlı olarak, yıkama özellikleri de değişmektedir. Kömür yıkama cihazının yoğunluk ayarının kestirme bir biçimde değil de, hassas olarak ve anında ayar edilmesi gerektiği tüvenan besleme şartları oluşabilir.

5.2. Pazar

Tüketicinin istekleri doğrultusunda kömürün pazarlanması, esas alınmalıdır. Tüketicinin kömürün kalitesi ve tane iriliğine bağımlı kalması düşünülemez. Tesis, pazarın talepleri doğrultusunda kömür üretmelidir. Tüketicilerin kömürün kalorifik değerine göre ücret ödeme arzusunda olmaları, doğaldır. Bu konuda alternatif yakıtlar; fuel oil, mazot, doğal gaz ile rekabet edebilecek düzeyde fiyatlandırma, esas alınmalıdır.

5.3. Kapasite Tespiti

Kömür yıkama tesisinde, kömürün değişik fraksiyonlarını işlemek için kapasiteler, geniş tutulmalıdır. Özellikle yıkama tesis devrelerinin başlangıcını teşkil eden kırıcı kapasitesi, marjinal tutulmalıdır. Bilindiği gibi, kömür damarları ve kömürün üretim yöntemi, standart bir kalite ve tane iriliğinde kömür istihsalini mümkün kılmamaktadır. Belirtilen miktarların minimum ve maksimum değerleri belirlenmeli, gelecekteki üretim ve satış şartları göz önüne alınarak, emniyetli bir değer tespit edilmelidir.

Kömür üretiminin gelecekte artması, kömür pazarlama şartlarının gelişmesi gibi faktörler dikkate alınarak, başlangıçta tesis kapasitenin büyük tutulması; aşağıda verilen Denklem 5.1. ile açıklanan 0,6 kuralı çerçevesinde, sabit sermaye yatırım tutarının düşük tutulması şeklinde açıklanabilir.

0,6 kuralı, aşağıdaki bağıntıyla ifade edilmektedir:

$$X = Y\left[\frac{A}{B}\right]^{0,6} \quad \text{..... (5.1)}$$

Burada;

X= Yeni yıkama tesisinin yatırım maliyeti,

Y= Mevcut yıkama tesisinin yatırım maliyeti,

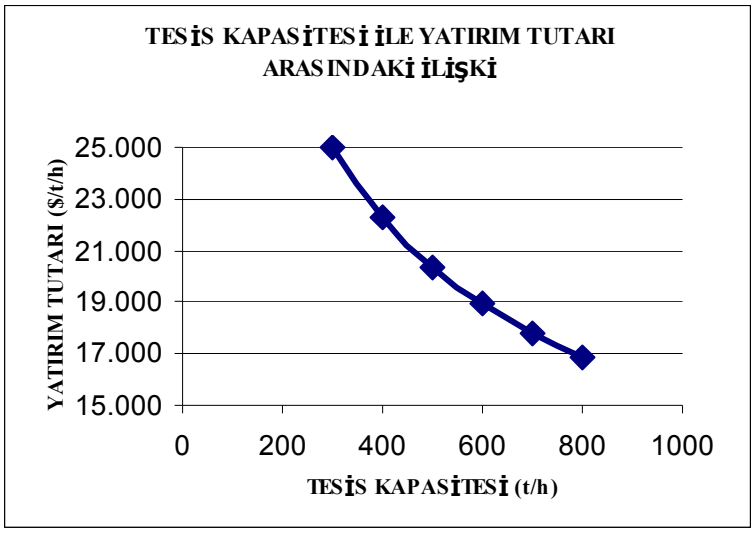
A= X tesisinin kapasitesi,

B= Y tesisinin kapasitesi.

Bir kömür yıkama tesisinin yatırım maliyetini, büyük çapta tesise ek olarak kurulan kömür stoklama, taşıma, silolama, temiz ve kirli suların durumu ve atıklar ile ilgili yapılan tesisler etkiler. Bu hususlar, tesisten tesise değişebilir. Anılan bu faktörler hariç bir kömür yıkama tesisi, 20.000–25.000 $/ton/h maliyetleri arasında tesis edilebilmektedir (Ünver, 1991). Aynı kömür için kurulacak değişik kapasitelerdeki yıkama tesislerinin yatırım maliyetleri, aşağıdaki Tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1. Kömür Yıkama Tesisleri Yatırım Maliyetleri

YILLIK KAPASİTE (t/yıl)	SAATLİK KAPASİTE (t/saat)	YATIRIM TUTARI
1.500.000	300	7.500.000 $
2.000.000	400	8.913.000 $
2.500.000	500	10.190.000 $
3.000.000	600	11.368.000 $
3.500.000	700	12.470.000 $
4.000.000	800	13.510.000 $



Şekil 5.1. Tesis kapasitesi ile yatırım tutarı arasındaki ilişki

Ampirik bağlantı kullanılarak hesaplanan yatırım tutarı değerleri ve saatlik kapasite, Şekil 5.1'deki grafikte gösterilmektedir. İşletme masrafları da ($/t), belirtilen grafiğe benzemektedir.

5.4. İşletmede ve Yıkama Devrelerinde Esneklik

Kömür yıkama tesislerinde sabit olan, tesisin kendisidir. Kömürün özellikleri ve pazar şartları, zaman içinde değişiklikler göstermektedir. O halde, bu sabit tesiste değişken kapasite ve ürün elde etme özellikleri olmalıdır. Kömürün külünde ve tane dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler ve pazarın değişebilecek taleplerine uygun, esnek bir tesis dizayn edilmelidir.

Bunu sağlamak için;

- Ürünün külünü kolaylıkla değişik oranlarda ayırabilen ve keskin olarak ayırım yapan kömür yıkama teçhizatı,
- Devrelerin paralel olarak dizayn edilmesi,

- Yıkama ekipmanının münferit olarak başka devrelere bağlanabilme ve by-pass imkânlarının sağlanması gerekir.

Bu özelliklere ilâve olarak, ürün kalitesini ve verimi iyileştirmek amacı ile çok kademeli yıkama için, özellikle siklonlarda ve flotasyon devrelerinde, aynı ve değişik kömür yıkama teçhizatının kullanılması oldukça yaygındır. Örnek olarak, su siklon devrelerinde kullanılan iki kademeli siklon kombinasyonları gösterilmektedir.

Genel olarak yıkama tesisi devreleri, paralel ve seri dizayn edildiğinde, devrelerden herhangi birindeki aksaklık, by-pass imkânları veya teçhizatın başka devrelere bağlanması imkânı yaratılarak, tüm devrelerin durması önlenmiş olacaktır. Şüphesiz, bu aksaklık dönemi zarfında, besleme miktarı azalacak ve/veya ürün kalitesindeki geçici bozukluk, tolere edilecektir. İki veya daha çok kademeli devre dizaynları, tek kademe devre dizaynına göre, işletmeciye yarattığı esneklikler açısından üstünlükler sağlamaktadır.

5.5. Standardizasyon

Kömür yıkama tesislerinde, bir çok değişik tip ve kapasitede, mekanik ve elektrik teçhizatı kullanmak gerekmektedir. Bu teçhizatlar, hiçbir zaman tek bir imalâtçı tarafından üretilmemektedir. Örneğin kırıcılar, elekler, yıkama tekneleri, siklonlar, pompalar, yol vericiler, devre kesiciler vb. ekipmanın her birinin imalâtçısı, değişik olmaktadır. İmalâtçıların tercihlerine bağlı olarak, teçhizatın mekanik ve elektrik ile ilgili tahrik mekanizmaları, değişik imalâtçılar arasında ve değişen teknik özelliklerden oluşmaktadır. Bu nedenle, dizayn aşamasında teçhizatı standartlaştırmak, işletme aşamasında birçok avantajlar sağlayacaktır. Her şeyden önce, elde tutulacak yedek parça

stokları azalacak ve tamir-bakım açısından işgücüne, büyük farklılıklar doğurmayan kolaylıklar sağlayacaktır. Tahrik motorları, elektrik teçhizatı, otomasyon üniteleri, dişli kutuları, pompalar, elekler, nakliyat üniteleri, standartlaştırma yönünden en uygun teçhizatlardır. Kullanılan tip ne kadar minimize edilirse, avantaj (yedek parça stokunun ve tamir-bakım işgücünün azlığı) o kadar fazla olacaktır.

5.6. Yerleşim

Tesisin yerleşiminde tüvenan ve temiz kömür siloları, etrafı açık ve diğer yapılarca, bu yapılara ulaşım engellenmeyecek biçimde yapılmalıdır. Gerektiğinde temiz kömür, açık sahaya depolanacak biçimde, silo içinde mekanizmalar ile teçhiz edilmelidir. Tesiste temiz ve kirli suların depolandığı alan, tesisin zemini olmalıdır. Aksi takdirde, büyük yüklerin taşınmasını gerektiren yapılar ortaya çıkacaktır. Tesisin zemini, depolardan su taşımasını drene edecek meyilde ve kanallar ile teçhiz edilmelidir. Tüm pompaların zeminde tesis edilmesi, bakım tamir ve titreşim açısından tercih edilmelidir.

Kırıcı binasında kırıcının astarlarını değiştirmek, motor ve dişli kutusuna bakım ve tamir hizmeti verebilmek için, gezer vinç bulunmalıdır. Ayrıca, yıkama tesisinin her katında, teçhizata ulaşabilecek vinç ve kaldırma teçhizatı yer almalıdır. Özellikle diklemesine inşa edilen kömür yıkama tesisinde, her katına ulaşacak malzeme ve insan asansörleri bulunmalıdır. Arazi şartlarının uygun olması durumunda kömür yıkama tesisi, meyilli arazi üzerine inşa edilerek, malzemenin tabii akışı sağlanmalıdır. Aksi takdirde, dikine inşa edilecek bir yıkama tesisinde, pompalama ve malzeme taşıma masrafları yüksek olacaktır. Yüksekliği 23 m olan bir kömür yıkama tesisinin, yüksekliği 60 m olan bir kömür yıkama tesisine göre inşaat, işletme, pompalama vb.

gibi masraflar hesaba alınarak %40 oranında daha ucuz maliyetle kömür yıkayacağı tespit edilmiştir (Lee, 1986).

Özellikle, ana yıkama teçhizatının ayar yapılan düzenekleri, tahriklerinin bulunduğu alanlar, tamir ve bakımın kolaylıkla yapılabilecek genişlikte alana sahip olmalıdır. Çok sıkıştırılmış bir yıkama tesisi, tamir-bakımın rahatlıkla yapılmasını engelleyecektir. Birçok imalâtçı tarafından pazarlanan modüler tip kömür yıkama tesisleri, gelecekte yapılacak değişiklikler için oldukça rahat imkânlar sağlamaktadır.

5.7. Teçhizatta Yedeklik

Kömür yıkamada kritik önem taşıyan ekipman, paralel devre olarak dizayn edilebilir. Ancak maliyet unsurunun buna müsaade etmemesi halinde, kapasite yarıya düşürülerek teçhizat devrede paralel olarak tutulabilir. Elekler, bir yıkama tesisinde en çok arıza gösteren ve parça değiştiren teçhizattır. Bu nedenle, yıkama devresinin kritik noktalarında bulunan elekler, yedekli olarak tesis edilebilir.

Malzeme akışını yönlendiren oluklar malzemeyi, birbirine yedeklik yapan teçhizata yönlendirebileceği gibi, gerektiği durumlarda by-pass imkânlarını da yaratabilmelidir. Böylelikle malzeme akışı, arıza ve kısa süreli durmalarda engellenmemelidir. Pompalar, önemli hatlarda yedekli olarak tesis edilmelidir. Böylelikle bir miktar fazla yatırıma neden olunmakla beraber, tesisin pompalama problemi nedeni ile duruşu önlenmiş olur.

5.8. Aşınmalara Karşı Önlemler

Genel olarak kömür yıkama tesislerinde malzeme yenilenmesi, işletme giderlerinin önemli bir bölümünü oluşturur. Ayrıca, malzeme yenilenmesi için sarf edilen süre ve tüm tesisteki duruşlar; bu giderlerin daha da büyümesine, tesisten elde edilecek ürünün miktarının azalmasına neden olacaktır. Aşınmada en ciddi sorunlar, kırıcılarda, borularda, oluklarda ve değirmen devrelerinde oluşmaktadır. Astarlar, aşınmaya dayanıklı takviyeli malzemeden imal edilmelidir.

Elekler, aşınma açısından en çok problem yaratan ekipmanlar arasında yer almaktadır. Elek gövdeleri, parçalar halinde değiştirilebilir biçimde imal edilmelidir. Muhtelif çelik alaşımları, elek gövdesi olarak aşınmaya dayanıklı şekilde imal edilmekle birlikte, lastik-plastik malzemeden imal edilen elekler, aşınmaya karşı olumlu sonuçlar vermektedir. Özellikle ağır ortam pompalayan pompalar, özel alaşımlı, aşınmaya dayanıklı çelikten imal edilmiş olmalıdır. Pompalarda pervanenin ve gövde astarının aşınmaya dayanıklı, lastik-plastik malzemeden imal edilenleri, diğer tiplere nazaran birkaç kat yatırım maliyetine neden olmasına rağmen, uzun ve arızasız kullanım süreleri, bu tip cihazları cazip kılmaktadır. Ağır ortam siklonları, seramik veya özel aşınmaya dayanıklı malzeme ile kaplanabilir.

Silo çıkış ağızlarında ve oluklarda malzemenin akışını kolaylaştırmak ve tıkanmaları önlemek için, özel aşınma plakaları kullanılmaktadır. Genellikle poliüretan malzemeden imal edilen plakalar üzerinde malzeme yapışması olmadığından, sürekli akış sağlanmaktadır. Özellikle ince ve küllü kömürlerde, bu tip plakaların kullanılması kaçınılmazdır.

5.9. Otomasyon

Kömür kalitesindeki değişimin pazar tarafından arzu edilmesi ve kömür yıkama tesislerinden daha yüksek randımanlar ve sabit kalitede ürün elde edilme zarureti, otomasyonu gerekli kılmaktadır. Tesisin kademeli devreye sokulması ve rahat yol verme veya tesisi durdurmak gibi hallerde, pompaların ve motorların sırasına uygun olarak çalıştırılması, devrelerin en basit kontrolü olarak tanımlanabilir. Klasik bir kömür yıkama tesisinde kalite kontrolü, numune alınarak laboratuarda analiz edilerek yapılabilir. Numune alımı, numunenin laboratuar numunesine azaltılması, analizin yapılması ve raporlanması uzun zaman aldığından kontrol anında yapılamamaktadır. Çoğu kez analiz sonuçları, birkaç saat (birkaç gün) sonra işletmeciye intikal ettiğinden, anında tesise müdahale yapılamamaktadır. Bu yavaş çalışan mekanizmanın hızlandırılması için, yıkama devrelerine on-line algılayıcılar (sensör) yerleştirilerek verimli proses kontrolü yapılmaktadır.

Külün On-Line Ölçülmesi

Genel olarak kömürün külü, alumina, silika ve demir bileşimlerini ve az miktarda potasyum, kalsiyum, titanyum vb. oksitleri içerir. Kömürün efektif atomik sayı değeri, kül miktarını belirlemede uygun bir yöntemdir. Atomik değerdeki farklılıklar (kül oranındaki farklılıklar) X ışınları ve düşük enerjili γ ışınları ile ölçülmektedir. Genel olarak sürekli kül analiz cihazları, bant konveyör hatları üzerine tesis edilir.

Rutubet

Kömür yıkama tesislerinde pek kullanılmamakla beraber, on-line rutubet ölçerler, kimya endüstrisinde kullanım sahası bulmaktadır. Mikrodalga algılayıcıları, kömürün rutubet ölçümünde kullanılmaktadır.

Kükürt

Bir bant konveyör hattının altına veya bir oluğun yan tarafına yerleştirilen yüksek enerjili nötron kaynağı ve algılayıcısı ile, kükürt on-line olarak ölçülebilmektedir.

Kalorifik Değer

Kalorifik değeri direkt olarak algılayan bir sistem, henüz geliştirilmemiştir. Ancak, belirli bir kömürün kül ve rutubet değerleri sürekli olarak bilgisayara aktarılarak ve bilgisayarda regresyon ile yaratılmış matematiksel modelde hesap sonucu, kalorifik değer belirlenir.

Seviye Göstergeleri

Silolarda ve tanklarda, kömür ve sıvı seviyelerinin izlenmesi ve kontrolü, kömür yıkama tesisinde yaygın otomasyon uygulamalarıdır. Ultrasonik seviye ölçerler, kömürün silolardaki seviyesini belirlemede kullanılmaktadır. Kapasitans seviye göstergeleri, tank içindeki iki elektrot veya bir elektrot ve tankın çelik gövdeleri arasında sürekli elektrik akımı ölçümü yaparak, seviyenin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılır.

Debi Ölçer

Genel olarak, su ve su-kömür karışımı devrelerinde debinin normal sınırlar içinde olup olmadığını kontrol amacı ile kullanılır.

Basınç Ölçer

Pompalarda, kompresörlerde ve sıvı hatlarında basıncın belirlenen seviyeler arasında olup olmadığını kontrol amacı ile kullanılır.

5.10. Otomasyona Örnek Bir Kömür Yıkama Tesisi ve Otomasyon Ekipmanları: G.L.İ. Ömerler Kömür Zenginleştirme Tesisi

5.10.1. Kontrol, Sinyalizasyon ve Haberleşme

Ömerler Lavvarı'nda, kullanılan makinelerin emniyetli ve verimli çalışmalarını sağlamak için, aşağıda belirtilen özellikleri içeren, sinyalizasyon ve kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Tesis içinde belirli yerlerde kullanılan detektörler sayesinde, tesisin sağlıklı olarak çalışması, bilgisayarlardan izlenmekte ve herhangi bir sorun çıktığında anında müdahale edilerek, sorun bertaraf edilebilmektedir.

a. Çalıştırıcı Sağlıklı Sinyali,
b. Tesis Sağlıklı Sinyali,
c. Sıfır Hız Sinyali,
d. Tıkanmış Oluk Sinyali,
e. Kayma Sinyali,
f. Düşük Basınç Sinyali,
g. Seviye Ölçme Detektörü,
h. Yoğunluk Ölçme Detektörü,
i. Açık-Kapalı Detektörü,
j. Akış metre Detektörü,
k. Basınç Detektörü,
l. Tork Detektörü,
m. Silo Seviye Detektörü,
n. Besleme Tonajı Kontrol Devresi,
o. Bant Tonaj Detektörü.

Bu detektörlerin yanı sıra, bantlarda kullanılan ve emniyet açısından çok önemli olan birkaç uygulama daha vardır :

- Çalıştırma öncesi uyarı sinyalleridir ki bu, bantların çalışmaya başlayacağını bildiren sesli bir uyarmadır.

- Bant boyunca, belirli aralıklarla yerleştirilmiş olan, kontrol ve sinyal aparatları üzerindeki butonlar aracılığıyla, bantların çalışmasının kontrolü mümkündür.

- Yine, bu kontrol ve sinyal aparatları üzerindeki butonlar ve çekme-tel mekanizması tarafından çalıştırılan ve bantları acil olarak durduran, kontrol devreleri de mevcuttur.

- Ömerler Lavvarı'nda, bölümler ve katlar arasında haberleşmeyi sağlamak amacıyla, çeşitli yerlere diafonlar yerleştirilmiştir. Her diafonun üzerinde kendisine ait hoparlör bulunmaktadır.

5.10.2. Bilgisayar ve PLC (Programmable Logic Control)

Ömerler Lavvarı, iki adet bilgisayar ile bir operatör tarafından kontrol edilmektedir. Yukarıda bahsedilen detektör ve anahtarlar, PLC (Programmable Logic Control) sistemine on/off veya 4-20 mA DC. sinyal göndermektedir. Bu gelen sinyaller, bilgisayarlarda yüklü olan yazılımlar sayesinde değerlendirilip, simülatif olarak ekranda gözükmektedir. Dolayısıyla, tesis içinde hangi ekipmanın ne durumda olduğunu, anında görmek mümkün olmaktadır.

Bilgisayar ile PLC sisteminin bağlantısı, 2 adet klavye ile üzerinde18 adet ışıklı buton olan konsol aracılığı ile sağlanmaktadır. Son yıllarda PLC'lerle haberleşen, sisteme izlenebilirlik, bir merkezden kumanda ve kontrol etme, rapor alma gibi özellikler kazandıran, endüstriyel sistemlere yönelik yazılımlar geliştirilmiştir.

Endüstriyel otomasyonda izleme ve kontrol işlemlerinin bilgisayarlarla yapılmasını sağlayan bu yazılımlara, SCADA (Supervısory Control and Data Acquisition – Denetimsel Kontrol ve Veri Toplama) adı verilmiştir. Bu program sayesinde tesis PLC üzerinden izlenebilir ve tesise PLC üzerinden komutlar gönderilebilir. Günümüzde SCADA yazılımları, Windows işletim sisteminde çalışabildiğinden grafik ortamda göze hoş gelen bir görünüme sahiptir. Windows ortamında hazırlanmış olan çizimler, pencereler ve açıklamalı menüler ile program kullanımı son derece kolaydır. SCADA yazılımı programlanırken, kontrolü yapılacak tesisin ana resimleri ile bunların yardımcı resimleri çizilir ve bu resimlerde uygun yerlere indikatörler ve butonlar yerleştirilir. İndikatörler sahadaki bilgileri (motor durumları, motor akımları, seviye durumları, analog bilgiler v.s.) göstermek, butonlar ise sahaya komut göndermek için kullanılır. Bunlar sayesinde, kontrol işlemleri tek bir merkezden, rahat ve verimli bir şekilde gerçekleştirilir.

İzleme ve kumanda dışında, gelişmiş bir SCADA yazılımında rapor, stok takibi, gelişmiş alarm, şifre koruma, birçok PLC ile haberleşme imkânı gibi özellikler de bulunmaktadır. PLC ve SCADA, tam uyumlu çalışmaktadır. PLC ile SCADA arasındaki haberleşme süresi, 0,5-1 sn mertebesindedir. Yani SCADA programı, animasyon çizimleri sayesinde, tesis durumunu 0,5-1 sn gecikme ile bilgisayar ekranında göstermektedir. Operatör, sisteme ait tüm arızaları (mekanik veya elektrik), bilgisayardan on-line takip edebilmektedir. Arıza ile ilgili açıklayıcı bilgiler (oluştuğu zaman, yer, operatör, giderildiği zaman, açıklama) operatöre sunulmakta ve yetkili mühendisin sonradan inceleyebilmesi ve yazıcıdan kağıda dökebilmesi için sabit diske kaydedilmektedir ve kapsamlı raporlar alınmaktadır. Raporlara ek olarak, üretimdeki hedef değer/gerçek değer karşılaştırması yapılmakta ve tesisin performansı ortaya

çıkarılmaktadır. Malzeme girişleri, saat, malzeme cinsi, operatör, miktar sabit diske kaydedilmektedir. Bu bilgiler ile ilgili raporlar, her zaman alınabilmektedir. Kullanıcı talepleri üzerine, yeni raporlar dizayn edilebilmekte ya da mevcut raporlarda modifikasyonlar yapılabilmektedir. Ayrıca, geçmiş tarihlerdeki raporlar yeniden alınabilmektedir.

SCADA sisteminde yeterli derecede güvenlik sağlanmıştır. Tesis dışı üçüncü şahısların sisteme girmesi, 100 ayrı şifreleme seviyesi imkânı ile engellenmiştir. Operatörler, sadece kendilerine izin verilen işlemleri gerçekleştirilebilirler. MS-DOS ve Windows ortamlarına geçiş engellenmiştir. SCADA sistemi; genişleyebilme, network ağına bağlanabilme, telefon hattı ile uzaktan kumanda edilebilme özelliklerine sahiptir. Ömerler Lavvarı'nda 1999 yılında yerli bir SCADA programcısı firmaya, yeni bir takip ve çalıştırma programı yaptırılmıştır. Tesis, konsol üzerinden çalıştırabilme imkanı yanında, SCADA programlaması ile hazırlanan çalıştırma programının üzerinden mouse kumandası ile de çalıştırılmaktadır. Ayrıca, üzerinde tesisten gelen arızaları daha hızlı takip edebilmek amacıyla, sesli ikaz sistemi de bulunmaktadır.

Tesis, bilgisayar üzerinde 8 ana gruba bölünmüştür. 1-6 arasındaki gruplarda 76 adet ekipman bulunmakta ve bu ekipmanlar tesisin üretime çalışmasını sağlamaktadır. 7. grupta ise tüvenan devresi ile ilgili ekipmanlar bulunmaktadır. 8. grup ise, temiz kömür siloları ve şist silosu ile ilgilidir.

Bilgisayarda, bu gruplardan başka, tesis içindeki ekipmanların çektiği akımları, yoğunlukları, basınçları, akış miktarları da takip edilmektedir. Bu değerler sayesinde, çalışma yoğunlukları (1. tekne, 2. tekne, 1. siklon, 2. siklon, koyu sıvı), tank seviyeleri

(1. tekne tankı, 2. tekne tankı, 1. siklon tankı, 2. siklon tankı, koyu sıvı tankı, sulu sıvı tankı, öğütülmüş manyetit tankı, temiz su tankı) ve tüvenan besleme kapasitesi, manuel veya otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Diğerleri ise, sadece bilgi vermek amacıyla gösterilmektedir. Yoğunluk, seviye ve besleme kontrolleri ise, konsoldan veya bilgisayar SCADA programı üzerinden mouse ile girilen set değerleri ile yapılmaktadır.

Sistemde kullanılan PLC'de, 16 adet dijital input kartı bulunmakta ve her kart üzerinde 32 adet bilgi girişi yapılabilmektedir. Ayrıca, yine 8 adet bilgi çıkışı yapılabilen 16 adet dijital output kartı, 16 adet bilgi girişi yapılabilen 4 adet analog input kartı ve 16 adet bilgi girişi yapılabilen 4 adet analog output kartı vardır.

Tesiste kritik noktaların operatörce takip edilebilmesi için, Ocak 2004 tarihi itibarı ile tesise 10 adet kamera yerleştirilmiştir. Bu kapalı devre kamera sistemi sayesinde üretimde kullanılamayan zaman dilimleri (yemek saati, vardiya giriş-çıkış zamanları) üretimde değerlendirilmeye başlanmıştır. Bunun yanında, tesisin verimli çalışmasında etkinlik sağlanmıştır.

5.10.3. Motor Kumanda Merkezi (MCC, Motor Control Center)

Tesisin beslemesi 33 kV'tur. İki adet 33 kV/380-220 V. 500 kVA. trafo ve bir adet 400/380-220 V. 75 kVA. trafo bulunmaktadır. Beş ayrı motor kontrol merkezi bulunmaktadır. Hepsinin güçleri eşit olarak dağıtılmıştır. Bütün motor kontrol merkezleri çekmeceli tiptir ve her ekipman için bir çekmece bulunmaktadır. Tesisin çalışma gerilimi 380 V., aydınlatma gerilimi ise 220 V.'tur. Ayrıca, 24 V.'luk seyyar lambalar için tesis içine beslemeler çekilmiştir.

BÖLÜM 6

SEYİTÖMER ve SOMA BÖLGE KÖMÜRLERİNİN YIKANABİLİRLİK ve PAZAR ETÜDÜ

Herhangi bir kömür üretiminin, yıkama tesisinde zenginleştirilmesinin araştırılması, her şeyden önce kömürün yıkanabilme karakterinin incelenmesi ile başlamalıdır. Şüphesiz bunun kadar önemli olan diğer husus da, pazar şartlarının incelenmesidir.

6.1. Kömürlerin Yıkanabilirliklerinin Tespiti

Kömürlerin yıkanabilirliklerinin tespiti ile ilgili olarak, öncelikle yüzdürme-batırma testlerinin yapılması gereklidir.

6.1.1. Yüzdürme – Batırma Testlerinden Elde Edilen Bilgiler

Kömür ve yan kayaç arasındaki yoğunluk farkının büyük olması nedeniyle, kömürlerin yan taştan ayrılarak kalitesinin artırılması amacıyla, yoğunluğa dayalı ayırım, kömür temizleme işlemlerinde büyük önem arz etmektedir.

Kömürün özgül ağırlığı 1.3, genellikle kömür ile birlikte bulunan şistin 2.5 ve piritin ise 4.8 g/cm^3'tür. Kömür yapısında şist ve pirit miktarına bağlı olarak serbestleşmemiş bir kömür tanesi için, özgül ağırlık değeri de çok geniş bir aralıkta değişebilir. Bu nedenle, herhangi bir kömür numunesi, tanelerin serbestleşme derecelerine bağlı olarak, farklı özgül ağırlık gruplarına ayrılabilir. Özgül ağırlıkları arttıkça da kömürün kül içeriği arttığı gibi, buna bağlı olarak kalorifik değeri de önemli ölçüde azalmaktadır.

Kömür taneleri tamamen yan taştan serbest halde bulunmayıp, çoğu tane bağlı olarak yan taş içerebilir. Böyle bir durumda; bağlı bir tanenin yoğunluğu aşağıdaki Denklem 6.1'de verilen eşitlikle belirlenir:

$$\text{Bağlı Tane Yoğunluğu} = \frac{\text{kömür kütlesi + yan taş kütlesi}}{\text{kömür hacmi + yan taş hacmi}} \qquad \text{.....(6.1)}$$

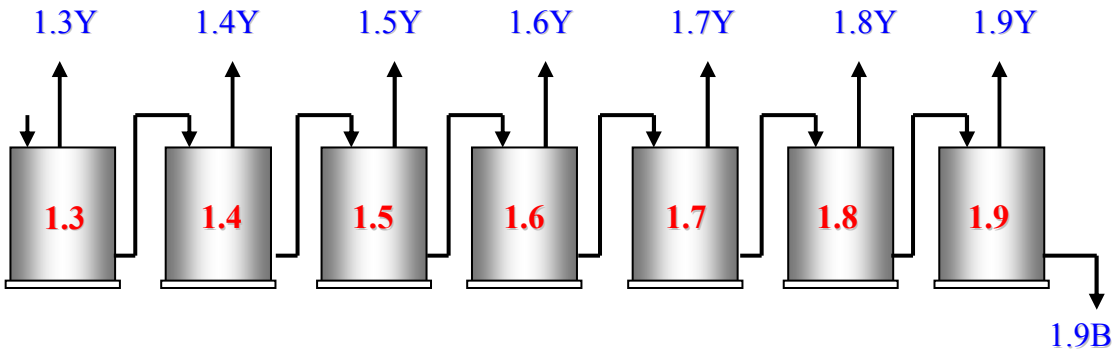
Bazen kömürün kalitesini artırabilmek amacıyla, bir kısım yan taşa bağlı kömürün de (ara ürün) ayrılması gerekmektedir. Bu durumda, ara ürünün dağılımı kömürün nihai kalitesi kadar önem taşımaktadır. Ara ürünün dağılımı da, yüzdürme-batırma analizi yöntemleri ile tayin edilebilmektedir.

6.1.2. Yüzdürme – Batırma Testi

Yüzdürme-batırma analizi, kömürün bir zenginleştirme ekipmanındaki davranımını karakterize etmek amacıyla kullanılır. Bu analizler aynı zamanda, kömür yıkama ekipmanlarının verimliliğini (partisyon eğrisi, "*partition curve*") belirlemek amacıyla da kullanılabilir.

Ağır sıvı testlerinde, ağır organik sıvılar (0.86-2.96 g/cm^3 Spesifik Gravite (SG, özgül ağırlık)) ya da çinko (veya kadmiyum) klorür (<1.92 SG) çözeltileri kullanılır. Yüzdürme-batırma testinden sonra, kömür üzerindeki ağır sıvı artıklarının temizlenmesi amacıyla mutlaka, çok iyi yıkanmalıdır.

Şekil 6.1'de gösterilen yüzdürme-batırma testlerinde, arka arkaya sıralanmış farklı özgül ağırlıklara sahip sıvılar kullanılır. Önce, en düşük özgül ağırlığa sahip sıvı içine kömür konulur ve yüzen ürün ayrılır. Daha sonra, batan kısım daha yüksek özgül ağırlığa sahip ikinci sıvının içine konulur. Bu özgül ağırlıkta yüzenler de ayrılır. Bu işlem, önceden belirlenmiş bir seri farklı özgül ağırlığa sahip sıvı içinde tekrarlanarak her bir özgül ağırlık aralığında yüzen ürünler ayrı ayrı toplanır. Daha sonra bu ürünler, kurutulup tartılarak, toplam kömür içindeki yüzde oranları hesaplanır.



Şekil 6.1. Yüzdürme-batırma testi diyagramı

Bir yıkanabilirlik eğrisi, istenilen kalitede kömür üretimi için, ayırım yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılır. Yıkanabilirlik eğrisi, herhangi bir kömürün ideal koşullarda yerçekiminin etkisi altında yan taştan ayrılabilirliğinin bir göstergesidir. Burada unutulmaması gereken esas önemli nokta; yıkanabilirlik eğrilerinin inceleme yapılan kömür numunesi için, tane boyu fraksiyonları bazında oluşturulmasıdır.

Kömürün endüstriyel olarak yıkanması, 150 mm'ye kadar olan iri fraksiyonlara da uygulandığından, özellikle bu fraksiyonların yıkanabilirliklerinin belirlenmesinde, büyük miktarlarda numunenin elden geçirilmesinde yarar vardır.

6.1.3. Yıkanabilirlik Eğrileri

Genel olarak, bir kömürün yıkanabilirlik davranımını tanımlamak amacıyla, aşağıda verilen eğrilerin çizilmesi gerekmektedir:

a) Özgül ağırlık eğrisi,

b) Yüzen üründe kümülatif kül eğrisi,

c) Batan üründe kümülatif kül eğrisi,

d) Elementel kül eğrisi,

e) ±0.10 özgül ağırlık eğrisi.

Özgül Ağırlık Eğrisi

Herhangi bir özgül ağırlıkta, kazanılan kömür miktarının gösterilmesi amacıyla çizilir. Özgül ağırlığa karşı çizilen, kümülatif bazda yüzen miktarını gösteren eğridir. Ağırlık kazanımı eğrisi olarak da tanımlanabilir.

Yüzen Üründe Kümülatif Kül Eğrisi

Kazanılan herhangi bir ürün ile alınan kül miktarının tanımlanması amacıyla çizilir.

Kümülatif yüzen miktarına karşılık çizilen, yüzen üründeki kümülatif kül miktarı eğrisidir.

Batan Üründe Kümülatif Kül Eğrisi

Herhangi bir yoğunlukta, batan bir ürün ile atılan kül miktarının tanımlanması amacıyla çizilir.

Kümülatif batan miktarına karşılık çizilen, batan üründeki kümülatif kül miktarı eğrisidir.

Elementel Kül Eğrisi

Yüzen üründeki her bir tane içinde bulunan en yüksek kül değerini ifade etmek amacıyla kullanılır. Dik eğriler, zor ayırım olacağının göstergesidir. Çünkü, böyle bir eğri elde edildiğinde kazanılan kömür miktarındaki küçük değişiklikler, kazanılan kömürün kül içeriğinde büyük değişimlere neden olur. Eğrinin eğiminin az olması, ayırımın kolay olacağı anlamını ifade eder. Çünkü bu durumda, kazanılan kömür miktarında büyük değişimler dahi olsa, kazanılan kömür içindeki kül miktarında önemli miktarda değişme olmaz.

Bu eğrinin çizilmesi amacıyla, Denklem 6.2'de verilen, Z diye tanımlanan ve her bir özgül ağırlık aralığı için kendisinden daha önceki özgül ağırlıklarda toplam yüzen

miktarına (X), kendi aralığında yüzen miktarın yarısının (Y/2) eklenmesi ile elde edilen, bir kümülatif ağırlık değeri kullanılmaktadır.

$$Z=X+Y/2 \quad \text{.....(6.2)}$$

Z değerleri bulunduktan sonra, Z'ye karşı her bir özgül ağırlık fraksiyonundaki bireysel kül miktarları grafiğe işlenir. Buna elementel (parça) kül eğrisi denir.

±0.10 Özgül Ağırlık Eğrisi

Bu eğri, ortam özgül ağırlığındaki her 0.10 SG azalma ve artmanın, yüzen kömür miktarında ne oranda değişime neden olduğunun bir göstergesidir.

Örneğin 1.5±0.10 SG'de kazanılan kömür miktarındaki değişim;

1.6 SG'de kazanılan %86.9 ve 1.4 SG'de kazanılan %81.4 ise, 1.5 SG için bu değer;

%86.9 - %81.4= %5.5 olmaktadır.

SG = 2'de sadece hızla çöken taşlar olacağı kabul edildiğinde yukarıda yapılan hesaplamaya göre;

Değişim / SG 2'deki kazanılan kömür miktarı = 100 (5.5) / 93.1= %5.9 değeri bulunur. Bu hesaplama SG=2 özgül ağırlığında taşlar ayrıldıktan sonra, kalan kömür miktarına bağlı olarak değişimi ifade eder. Bu işlem, bütün özgül ağırlık değerleri için yapılarak, elde edilen veriler özgül ağırlığa karşı grafiğe çizilir. Bu eğri, ayırımın ne kadar kolay ya da zor olacağının tahmin edilmesi amacıyla kullanılır.

±0.10 özgül ağırlık farkındaki değişim ile ayırım özelliği arasındaki ilişki, aşağıdaki Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. ±0.10 Özgül Ağırlık (SG) Farkındaki Değişim ile Ayırım Özelliği Arasındaki İlişki (Mills, 1978)

±0.10 SG Aralığındaki Değişim %	**Ayırım Zorluğu**	**Tavsiye Edilen Gravite Prosesi**	**Zenginleştirme Ekipmanı Tipi**
0 - 7	Basit	Herhangi Bir Proses	Jigler, Sallantılı Masalar, Oluklar, Reichert Konileri, Spiraller,Ağır Ortam Ayırıcıları ve diğerleri.
7 - 10	Orta Zor	Verimli Bir Proses	
10 - 15	Zor	Verimli Bir Proses Doğru Bir Operasyon	
15 - 20	Çok Zor	Çok Verimli Bir Proses Hassas Bir Operasyon	Ağır Ortam Ayırıcıları
20 - 25	Son Derece Zor	Çok Verimli Bir Proses Hassas Bir Operasyon	
25'ten büyük	Korkunç Derecede Zor	Olağanüstü Verimli Bir Proses Hassas Bir Operasyon	Sıkı Kontrollü Ağır Ortam Ayırıcıları

Teorik olarak, en iyi ayırımın belirlenmesi amacıyla, aşağıda belirtilen şekilde bir yöntem uygulanabilir:

1. İstenilen ayırım kolaylığına bağlı olarak, ± 0.10 özgül ağırlık eğrisinde bir nokta seçilir, böylece bu nokta ayırım yoğunluğu olarak kabul edilir.

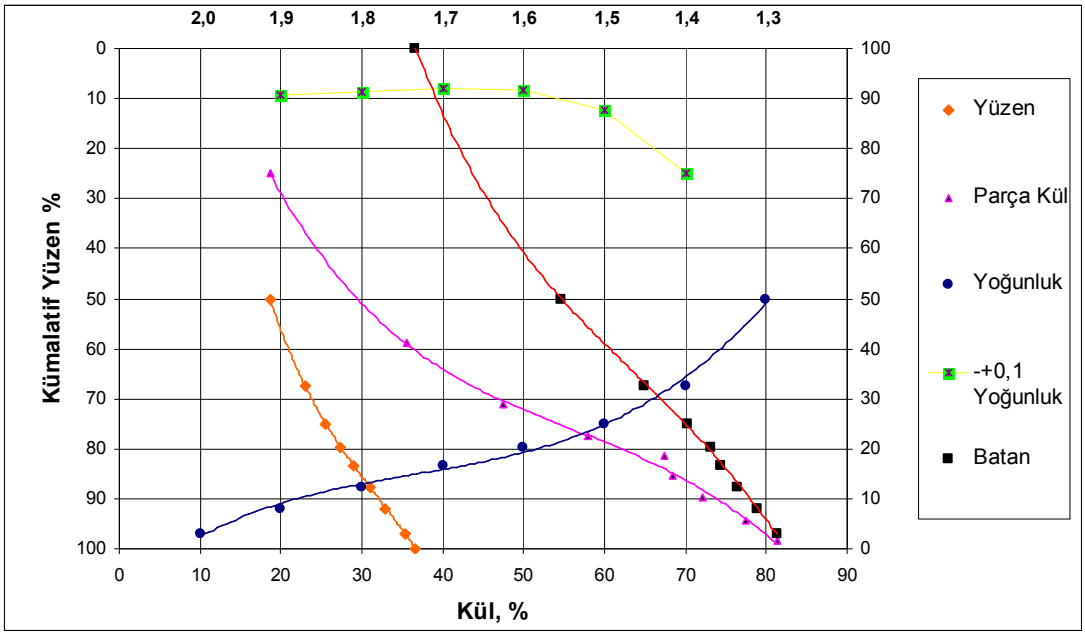
2. Bu noktaya karşılık gelen teorik kömür kazanım miktarı, özgül ağırlık eğrisinden okunur,

3. Elementel kül eğrisi kullanılarak, yüzecek üründeki her bir tane için en yüksek kül değeri belirlenir.

Tablo 6.2'de yüzdürme-batırma deney sonuçları bir çizelge şeklinde verilirken, Şekil 6.2'de ise, bu sonuçlara göre yıkanabilirlik eğrileri sunulmuştur.

Tablo 6.2. Yüzdürme - Batırma Deney Sonuçları Çizelgesi

Yıkanabilirlik Sonuçları	BRÜT KÖMÜR					YÜZEN			BATAN			PARÇA KÜL		± 0,1
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	% Ağırlık (Y) MIKTAR % P	Kül Miktarı Kül % C	AID kcal/kg	% Kül P x C	% Ağırlık (X) ΣP ↓	Kül Miktarı Σ(PxC)↓	% Kül Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	% Ağırlık ΣP↑	Kül Miktarı Σ(PxC)↑	% Kül Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	% Ağırlık Z $X_0+(Y_1/2)$	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1,30	29.200	50,00	18,60	2.537	929,9	50,00	929,9	18,60	100,00	3.666,40	36,66	25,00	18,60	—
1,30 - 1,40	10.190	17,45	35,60	1.988	621,1	67,44	1.551,00	23,00	50,00	2.736,50	54,72	58,72	35,60	25,07
1,40 - 1,50	4.450	7,62	47,40	1.636	361,2	75,06	1.912,20	25,47	32,56	2.115,40	64,97	71,25	47,40	12,31
1,50 - 1,60	2.740	4,69	58,00	1.056	272,1	79,75	2.184,30	27,39	24,94	1.754,20	70,34	77,41	58,00	8,20
1,60 - 1,70	2.050	3,51	67,30	675	236,2	83,26	2.420,50	29,07	20,25	1.482,10	73,20	81,51	67,30	7,83
1,70 - 1,80	2.525	4,32	68,50	332	296,1	87,59	2.716,70	31,02	16,74	1.245,90	74,44	85,43	68,50	8,69
1,80 - 1,90	2.550	4,37	72,10	—	314,8	91,95	3.031,40	32,97	12,41	949,7	76,51	89,77	72,10	9,31
1,90 - 2,00	2.890	4,95	77,40	—	383	96,90	3.414,40	35,24	8,05	634,9	78,90	94,43	77,40	8,05
2,00	1.810	3,10	81,30	—	252	100,00	3.666,40	36,66	3,10	252	81,30	98,45	81,30	—
TOPLAM	58.405	100,00	36,69		3.669,40									



Şekil 6.2. Yıkanabilirlik eğrileri

Yıkama eğrisi çizelgesi - Kolonların Hesaplanması

1. İsteğe göre hazırlanmış ağır sıvı özgül ağırlıkları
2. Her bir özgül ağırlıkta yüzen ürün miktarları yüzdesi
3. Her aralıkta yüzen ürünlerin analizle bulunan kül içerikleri
4. (Kolon 2 x Kolon 3) / 100
5. Kümülatif olarak yüzen ürünlerin ağırlık yüzdesi (Kolon 2'nin kümülatifi)
6. Kümülatif olarak yüzen üründeki kül miktarı (Kolon 4'ün kümülatifi)
7. (Kolon 6 / Kolon 5) x 100
8. Kümülatif olarak batan ürünlerin ağırlık yüzdesi (Kolon 2'nin batana göre kümülatifi)
9. Kümülatif olarak batan üründeki kül miktarı (Kolon 4'ün batana göre kümülatifi)
10. (Kolon 9 / kolon 8) x 100
11. Kolon 5'in bir önceki değeri ile kolon 2'nin yarısının toplamı (Z=X+Y/2)

±0,1 yoğunluk eğrisinde belirli bir yoğunluk alınarak, bunun +0,1 üst ve –0,1 alt yoğunluklarında yüzen kümülatif yüzde ağırlıkları bulunur. Bu fraksiyonun yüzde ağırlıklarının farkı alınarak ordinat değerleri belirlenir. Bu eğri, kömürün kolay zenginleşip zenginleşmediği hakkında bilgi verir.

6.1.4. Mayer Eğrisi

Mayer eğrisinin şekli, belirli özellikler gösterir. Bu özellikleri ile kömür yıkanabilirliği hakkında bilgiler elde edilebilir. Ayrıca, Mayer eğrisinden temiz kömür, ara ürün ve artığın kül içerikleri bulunabilir. Orijinden (0 noktası) x eksenine doğru çizilen her doğru (kül doğrusu), bir kül oranına karşılık gelir ve kül oranı x ekseninden

doğrudan okunabilir. Yukarıdaki bilgilerden, Mayer eğrisinin şeklinin aşağıdaki özellikleri, kömürün kalitesinin belirlenmesinde yardımcı olur.

Eğrinin eğiminin dikliği düşük, yatıklığı ise yüksek kül içeriğini belirtir. Eğrinin x ekseni boyunca daha fazla ötelenmesi, kömürün fazla miktarda serbest kayaç içerdiğini gösterir.

Eğrinin geniş bir yay çizmesi ya da eğri yayının bir noktada ani olarak bükülmesi, kömür bileşiminin heterojen olduğunu, düze yakın bir çizgi halinde uzanması ise, kömür bileşeninin daha homojen olduğunu gösterir.

Tablo 6.3'teki Mayer eğrisi verilerinden, (kolon 4)'te bulunan yüzen ürün miktarı değerleri, Şekil 6.3'te verilen grafikteki y ekseni üzerine işaretlenir. Toplamalı kül içeriği değerleri, üst x ekseni üzerine işaretlenir. Alt x ekseni üzerindeki değerler, üst x ekseni değerleri 100'e bölünerek işaretlenir. Çünkü, Denklem 6.3'teki bağıntıdan Denklem 6.4'teki eşitlik elde edilir.

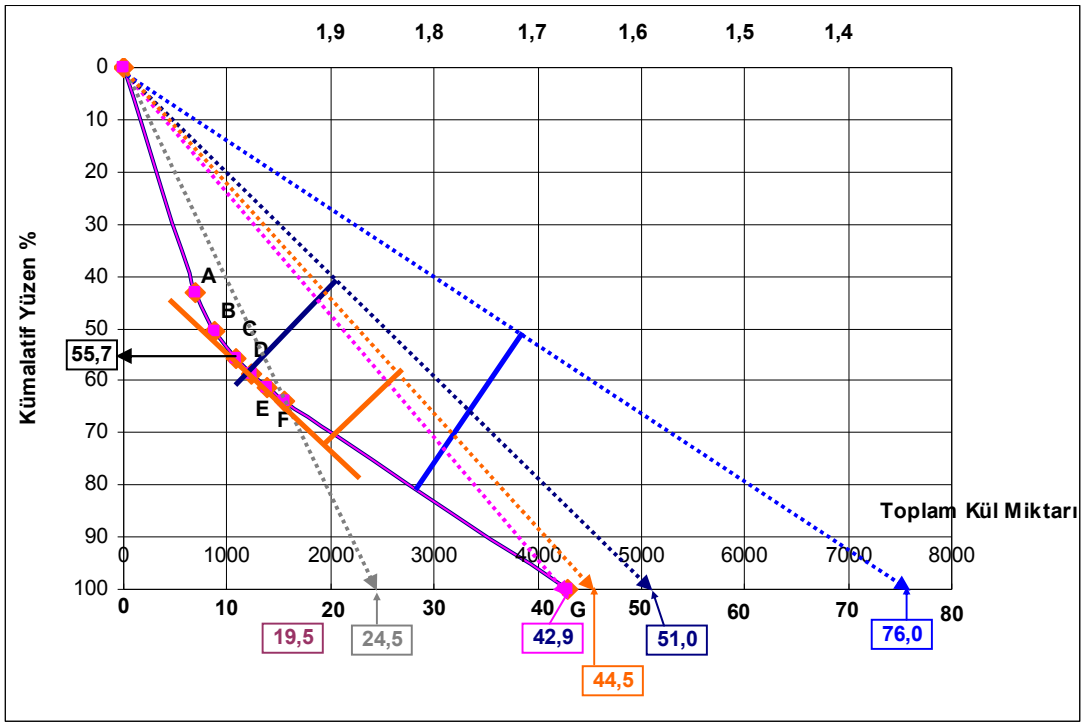
$$\frac{a_i}{x_i} = \frac{y_i}{100} \quad \text{.....(6.3)}$$

$$a_i = \frac{x_i . y_i}{100} \quad \text{.....(6.4)}$$

Burada, $x_i . y_i$ terimi, kümülatif kül içeriğidir. Mayer eğrisini çizmek için, her bir yoğunluktaki toplam yüzen miktarları (kolon 4), toplamalı kül içeriği değerlerine (kolon 6) karşılık gelecek şekilde işaretlenir ve elde edilen noktalar yumuşak bir eğri ile birleştirilir.

Tablo 6.3. Mayer Eğrisi Verileri

1	2	3	4	5	6	7	
Yoğunluk Aralığı	Yüzen Ürün Miktarı %	Kül %	Toplam Yüzen Ürün Ağırlığı %	Kül İçeriği	Toplam Kül İçeriği	Ortalama Kül %	
	A	B	Σ A	A*B	Σ (A*B)	Σ (A*B)/Σ A	
1,4	43,2	15,90	43,2	686,9	686,9	15,9	A
1,4-1,5	7,4	26,99	50,6	199,7	886,6	17,5	B
1,5-1,6	5,1	39,13	55,7	199,6	1086,2	19,5	C
1,6-1,7	3,0	48,98	58,7	146,9	1233,1	21,0	D
1,7-1,8	2,7	56,66	61,4	153,0	1386,1	22,6	E
1,8-1,9	2,7	62,46	64,1	168,6	1554,7	24,3	F
1,9	35,9	76,19	100,0	2735,2	4290,0	42,9	G



Şekil 6.3. Mayer eğrisi

Tüvenan kömürün 1,60 ve 1,90 yoğunluklarında yıkanması durumunda elde edilecek lâve, mikst ve şist miktarı ile küllerinin ne olacağı, aşağıda sırası ile Tablo 6.3 kullanılarak verilmiştir.

a-) Lâve Külünün Saptanması

Tablo 6.3'ten izleneceği gibi, 1,60 yıkama yoğunluğunda kömürün %55,7'si yüzmektedir. Bu miktar, Mayer eğrisini C noktasında keser. O ve C noktaları bir doğruyla birleştirilerek, alt X eksenini kesecek şekilde uzatılır. OC doğrusunun alt X eksenini kestiği M noktasından lâve külü okunur. Bu değer, örnekte %19,5 'tur.

b-) Mikst Külünün Saptanması

Tablo 6.3'ten izleneceği gibi, 1,60 ve 1,90 yıkama yoğunluklarında kömürün sırası ile %55,7'si ve %64,1'i yüzmektedir. Bu toplam ağırlık değerleri Mayer eğrisini C ve F noktalarından keser. C ve F noktaları bir doğru ile birleştirilip, CF doğrusuna O noktasından geçecek şekilde bir paralel çizilirse, bu paralelin alt X eksenini kestiği K noktası mikstin külünü verir. Örnekte bu değer, %51 olarak görülmektedir.

c-) Şistin Külünün Saptanması

1,90 yıkama yoğunluğunda yüzen kömür miktarı %64,1'dir. Bu miktar, Mayer eğrisini F noktasında keser. F noktası ile Mayer eğrisinin alt eksenini kestiği G noktası bir doğruyla birleştirilir ve FG doğrusuna orijinden geçecek şekilde bir paralel çizilirse, bu paralelin alt X eksenini kestiği L noktasından şistin külü bulunur. Örnekte bu kül miktarı %76,0'dır.

d-) Tüvenan Kömür ve Lâve+Mikst Karışımı Küllerinin Saptanması

Tüvenan kömürün külü, OG doğrusunun eğimi ile verilir ve bu doğrunun alt X eksenini kestiği G noktasından okunur. Örnekte bu değer, %42,9'dur. Lâve+Mikstin kül değerini bulmak için, lâve+mikst miktarı ile birleştirilip alt X eksenini kesecek şekilde birleştirilir. Bu OF doğrusunun alt X eksenini kestiği P noktasından lâve+mikstin külü bulunur. Örnekte bu kül değeri %24,5'tur.

e-) Lâvede Külü En Yüksek Parçanın Külünün Saptanması

C noktasından Mayer eğrisine bir teğet çizilir ve bu teğete paralel bir doğru çizilirse, bu doğrunun alt X eksenini kestiği N noktası lâvede külü en yüksek parçanın külünü verir. Bu kül değeri, örnekte %44,5'tur.

f-) Lâve, Mikst ve Şist Miktarlarının Saptanması

1,60 yoğunluğunda elde edilen lâve miktarı %55,7'dir. 1,90 yoğunluğunda elde edilen lâve+mikst miktarı ise, %64,1'dir. %64,1'den, lâve miktarı olan %55,7 çıkarılırsa, geriye kalan %8,4 mikst miktarını verir. Toplam miktar olan %100'den, lâve+mikst miktarı %64,1 çıkarılırsa geriye kalan %35,9 miktarı şisttir.

Mayer eğrisi, tüvenan kömürlerin yıkama özelliklerinin saptanması yanı sıra, iki farklı kömürün harmanlama sonuçlarının bilinmesinde de kullanılmaktadır.

6.2. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirliğinin Araştırılması

6.2.1. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirlik Değerleri

Seyitömer Bölgesi kömürlerinin yıkanabilirliği üzerinde geçmişte birçok bilimsel ve akademik çalışma yapılmıştır.

Seyitömer Bölgesi kömürlerinden, üretim oranlarına göre harmanlanan ve bu bölgeyi karakterize edecek nitelikte %40 Dragline + %60 B damarı karışımı numunesi ile yapılan pilot ölçekli zenginleştirme deneyi sonucu, girenin %45,9'u oranında %14,61 kül içerikli ve kuru bazda üst ısıl değeri 5.245 kcal/kg olan bir temiz kömür (lâve) ile girene göre miktarca %21,3 oranında %40,42 kül içerikli ve kuru bazda üst ısıl değeri

3.027 kcal/kg olan bir ara ürün (mikst) elde edilebileceği ve girenin %32,8'i oranında %81,13 küllü bir atık+şlamın atılabileceği anlaşılmıştır (Önal ve diğ., 1991).

Kömürde nem oranının yüksek olması, kömür yanıcı madde oranını azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda belli bir ısı olarak, kömür alt ısı değerini kül oranından daha fazla etkilemektedir. Bu durumun, Seyitömer kömüründe her yüzde bir nem oranının, 55 kcal/kg.lık bir alt ısıl değeri kaybına neden olduğu hesaplanmıştır (Kemal, 1991).

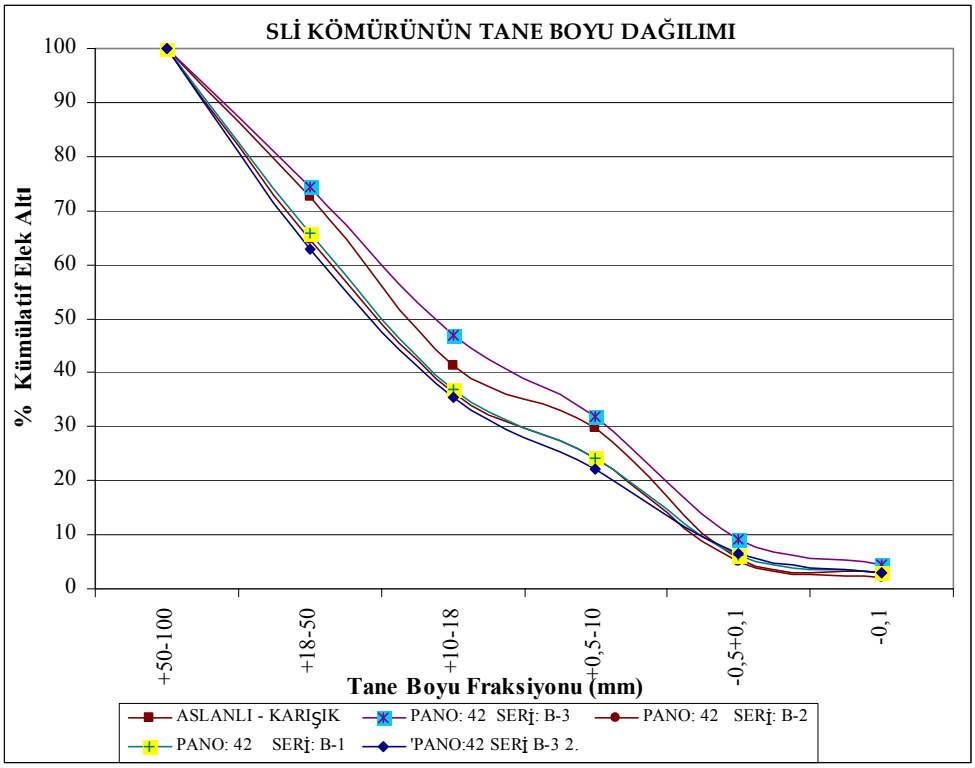
Kömürleşme derecesi düşük, genç kömürlerde kül oranının düşürülmesi ile, nem oranı yüksek kaldığı müddetçe ısıl değeri, istenilen seviyeye getirilememektedir. Bu türlü kömürlerin asilleştirilmesi için, kül ve nem oranlarının beraberce ele alınması gerekmektedir. Diğer taraftan yumuşak ve mat sert linyit türündeki kömürler, su içine atıldığında, bünyelerine su alarak şişmekte ve bu durum, hem yıkama hassasiyetini etkilemekte, hem de yıkama esnasında büyük oranda şlam oluşmasına neden olmaktadır.

Seyitömer kömürü, orijinal halde %36 civarında nem ve %33,4 (kuru bazda) kül içermektedir. Nem oranı sabit kalmak şartı ile, Seyitömer kömürünün kül oranı %20'ye düşürüldüğünde, alt ısıl değeri 2.907 kcal/kg ve %15'e (kuru bazda) düşürüldüğünde ise 3.100 kcal/kg'lık alt ısıl değere sahip olmaktadır. Bu kömürün kül oranı %33,4'ten %15'e (kuru bazda) indirildiğinde alt ısıl değeri sadece 715 kcal/kg'lık ısıl değeri olan bir kömür, piyasa için yeterli bir ısıl değere ulaşamamıştır. Bu kömürün kül oranı %20'ye (kuru bazda) ve nem oranı da %16'ya indiğinde ise, alt ısıl değeri 4.055 kcal/kg'a çıkmaktadır (Kemal, 1991).

Seyitömer bölgesi linyitlerinin açık havada dağılabilirlik indeksleri, A damarı kömürleri için %83, B damarı kömürleri için %70,2 ve Dragline panosu kömürleri için de %75,7 olarak bulunmuştur. Kömürlerin açık havada dağılabilirlik sınıflandırmasına göre her üç kömür damarı da kuvvetli dağılabilirlik indeksi göstermiştir (Koca ve diğ., 1996).

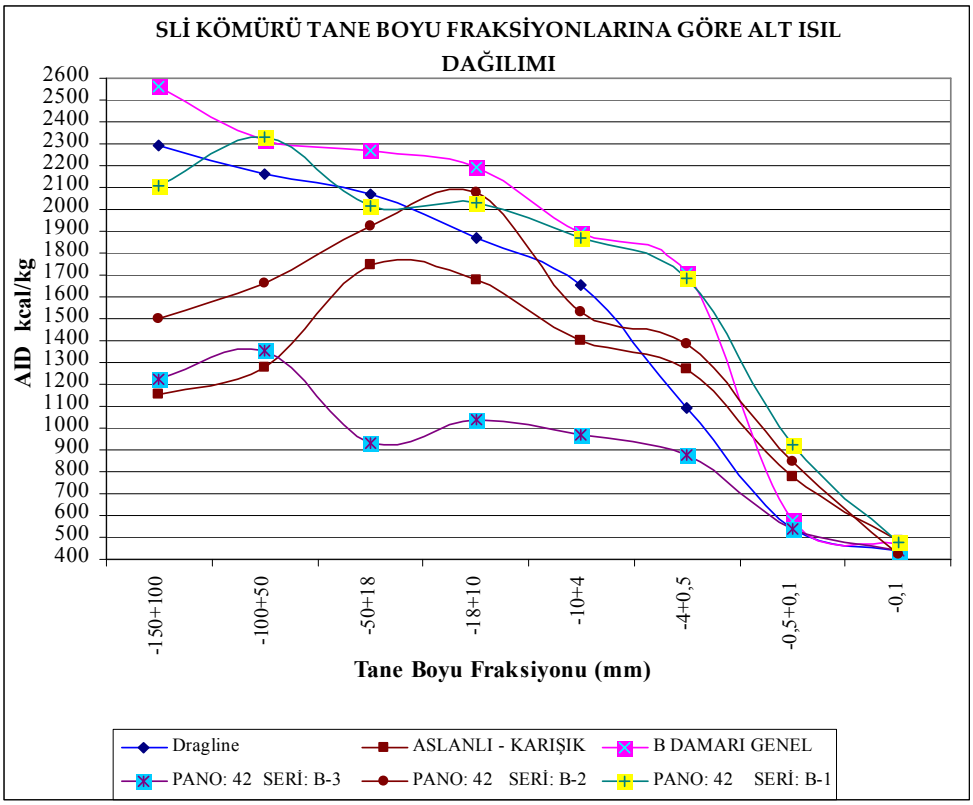
Bu çalışmada lavvar tasarımına esas olacak Seyitömer kömürlerinin yıkanabilirlik değerleri ile numune boyut analizleri, Ek-2'de verilmiştir. Bu değerler, Ağustos 2003 tarihinde Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı, Seyitömer Linyitleri İşletme Müdürlüğü tarafından hazırlanan "Seyitömer Kömürleri Yıkanabilirlik Araştırması Komisyon Çalışma Raporu (Yayımlanmamış)"ndan alınmıştır.

Şekil 6.4'te SLİ kömürünün tane boyu dağılımı, grafik olarak verilmiştir. Boyut dağılımı, bütün panolar için benzer bir dağılım göstermektedir. Ortalama %50-60 civarında +18 mm, %30-35 oranında +0,5-18 mm, %5-7 oranında -0,5 mm boyutu tüvenan kömürün dağılımı gözlenmektedir.



Şekil 6.4. SLİ kömürünün tane boyu dağılımı karşılaştırması

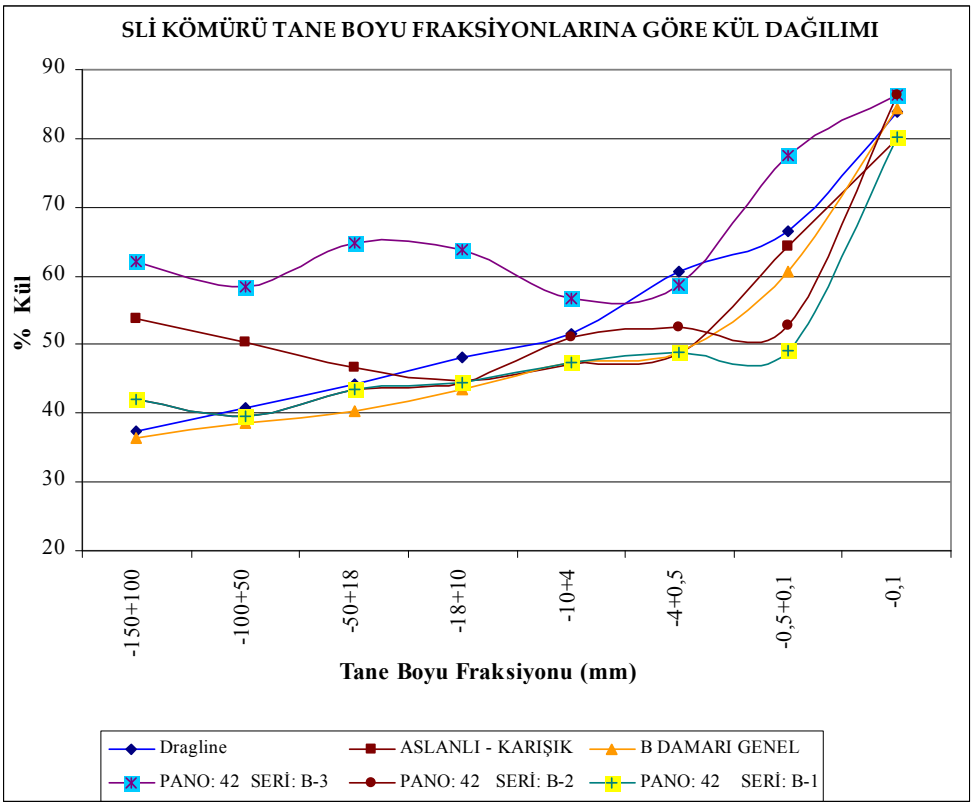
Şekil 6.5'te, SLİ kömürünün tane boyu dağılımına göre alt ısıl değerleri (AID) gösterilmiştir. SLİ kömürlerinin alt ısıl değerleri, 400 ile 2.600 kcal/kg arasında değişmekte olup, tane boyutu arttıkça artmaktadır. Boyut küçüldükçe, AID de düşmektedir. En yüksek AID, B damarı genel numunesinden, en düşük AID ise, 42 pano B-3 serisi numunesinden elde edilmiştir.



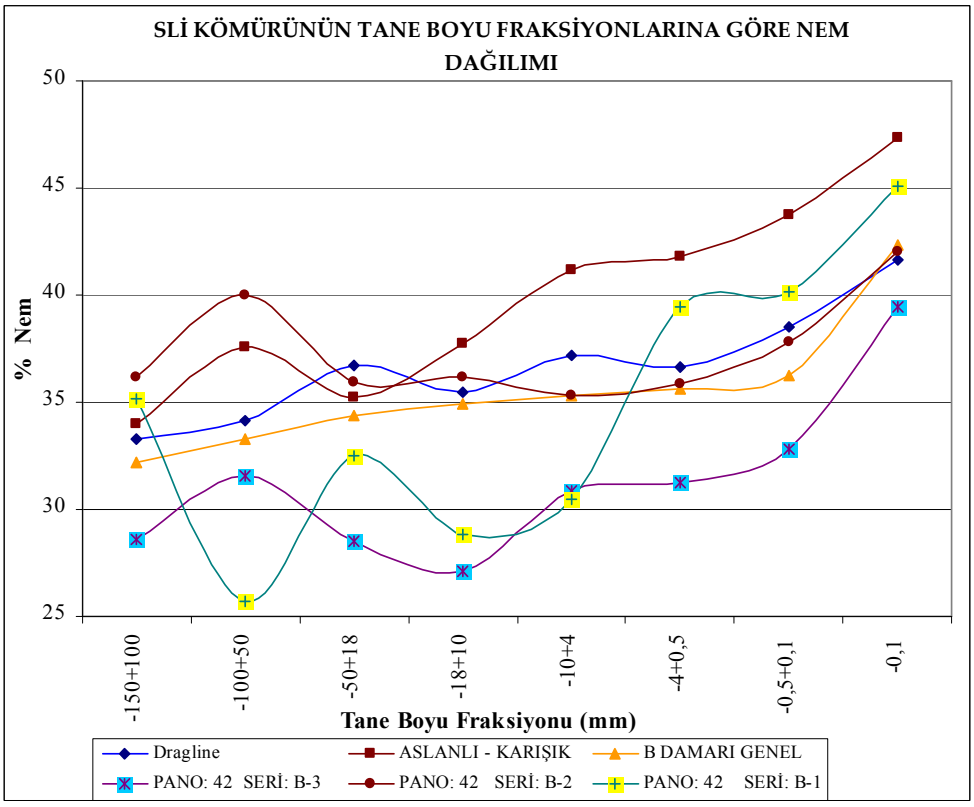
Şekil 6.5. SLİ kömürünün AID dağılımı karşılaştırması

SLİ kömürünün tane boyu fraksiyonlarına göre kül dağılımı Şekil 6.6'da, nem dağılımı ise, Şekil 6.7'de verilmiştir. SLİ kömürlerinin kül değerleri, %35 ile %85 arasında değişmekte olup, tane boyutu arttıkça kül içeriği düşmekte, küçüldükçe artmaktadır. En düşük kül değeri, B damarı genel numunesinden, en yüksek kül değeri ise, 42 pano B-3 serisi numunesinden alınmıştır.

SLİ kömürlerinin nem içerikleri, %25 ile %48 arasında değişmekte olup, tane boyutu arttıkça nem içeriği düşmekte, küçüldükçe artmaktadır. En yüksek nem içeriği, Aslanlı pano karışık numunesinden, en düşük nem içeriği ise 42 pano B-3 serisi numunesinden alınmıştır.



Şekil 6.6. SLİ kömürünün kül dağılımı karşılaştırması



Şekil 6.7. SLİ kömürünün nem dağılımı karşılaştırması

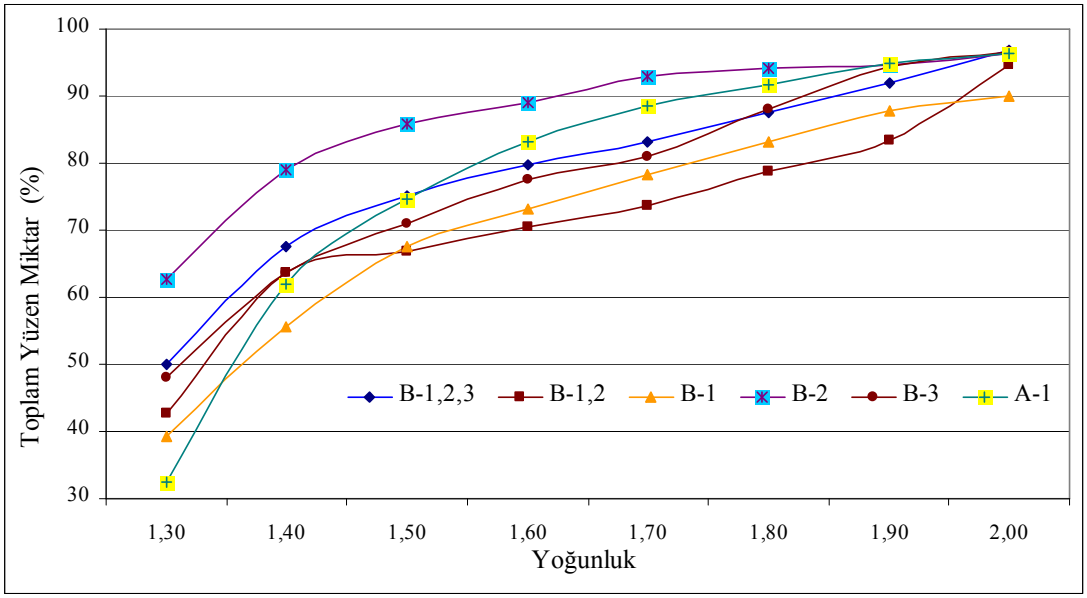
SLİ kömürlerinin elek analiz ortalamaları, Tablo 6.4'te verilmiştir. Bu tablo, zenginleştirme tesis tasarımına esas olacak boyut fraksiyonları göz önüne alınarak hazırlanmıştır. +18-100 mm boyut fraksiyonunda rastlanan ortalama değer %60,72, ince kömür zenginleştirme devresine beslenebilecek boyut fraksiyonundaki (+0,5-18 mm) ortalama miktar %32,76 olacaktır. Şlam devresi için ortalama miktar %3,41 olarak tespit edilmiştir. Koyulaştırıcıya (tikiner) katı-sıvı ayırımı için gönderilecek katı madde miktarı ise, %3,11 arasında değişmektedir.

Tablo 6.4. SLİ Bölgesi Kömürlerinin Bölge Geneli Elek Analizi Ortalamaları

Tane Boyu Fraksiyonu mm	Ortalama
+50-100	32,00
+18-50	28,72
+18-100	60,72
+10-18	12,84
+0,5-10	19,92
+0,5-18	32,76
-0,5+0,1	3,41
-0,1	3,11
Toplam	100,00

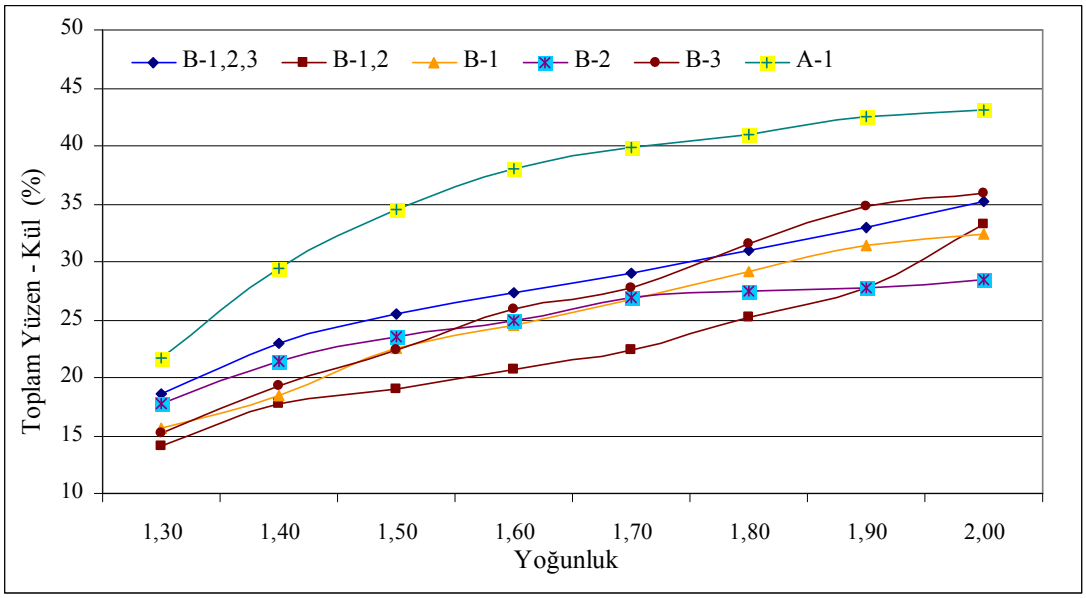
Seyitömer kömürü için zenginleştirme devrelerinin tasarımına esas oluşturabilmek amacı ile, farklı ocak kömürleri için, +18-150 mm boyut fraksiyonunda yoğunluğa bağlı olarak, toplam yüzen kömür miktarının değişimi Şekil 6.8'de, toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi ise, Şekil 6.9'da verilmiştir. En fazla yüzen miktar B-2 damarından, en az yüzen miktar B-1 damarın elde edilmiştir. Yüzdürme yoğunlukları 1,30 ile 1,60 arasında 18-150 mm boyut fraksiyonunda toplam yüzen miktarlar, doğrusal bir şekilde artmaktadır. Ortam yoğunluğu 1,3'ten 2,0'ye doğru arttıkça, yüzen miktar %35-63'ten % 90-98'lere artmaktadır. Düşük yoğunluklarda toplam yüzen

miktar oranları birbirinden oldukça uzak iken, yüksek yoğunluklarda birbirine daha yakındır.



Şekil 6.8. Seyitömer kömürünün (+18-150 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi

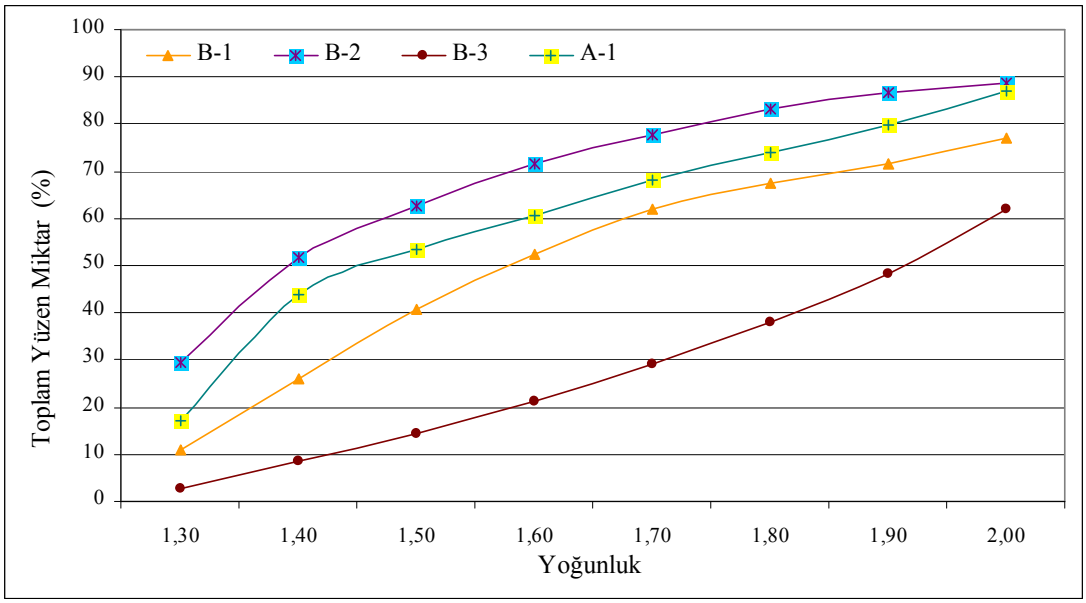
Şekil 6.9'da aynı fraksiyon SLİ kömürleri için, toplam yüzen miktarların kül içerikleri gösterilmektedir. Kömürlerin ortam yoğunluğuna göre kül içeriği, %15 ile %45 arasında değişmektedir. En az kül içeriği B-1-2 karışımında, en fazla kül A-1 damarında bulunmaktadır.



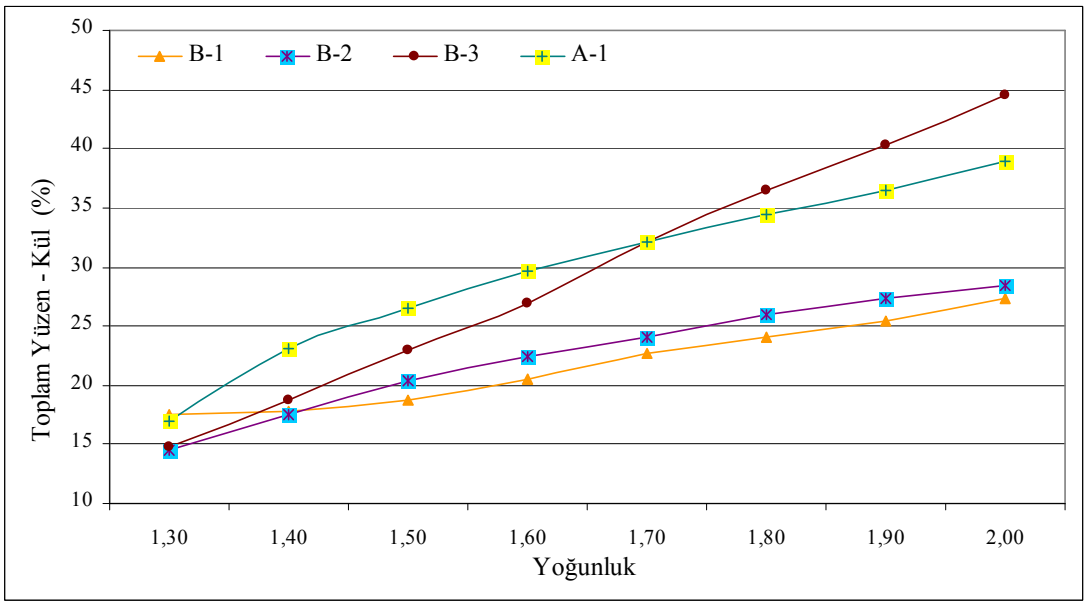
Şekil 6.9. Seyitömer kömürünün (+18-150 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi

Toplam yüzen kömür miktarının +0,5-18 mm boyut fraksiyonunda yoğunluğa bağlı olarak değişimi, Şekil 6.10'da, toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi ise, Şekil 6.11'de verilmiştir. En fazla yüzen miktar B-2 damarından, en az yüzen miktar B-3 damarın elde edilmiştir. Ortam yoğunluğu arttıkça, toplam yüzen miktar oranı lineer bir grafik oluşturarak, %5-30'dan %60-90'a çıkmaktadır.

Şekil 6.11'de gösterilen, +0,5-18 mm boyutlu kömürlerin ortam yoğunluğuna göre kül içeriği, ortam yoğunluğu arttıkça %15-17'den %27-45'e çıkmaktadır. En az kül içeriği B-1 numunesinde, en fazla kül B-3 ve A-1 kömürlerinde bulunmaktadır.



Şekil 6.10. Seyitömer kömürünün (+5-18 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi



Şekil 6.11. Seyitömer kömürünün (+5-18 mm) farklı ocak kömürlerinde yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi

+0,5-18 mm tane boyut fraksiyonundaki, farklı pano-seri ve karışımların, AID ile kül arasındaki ilişkilerinin tespiti için yapılan regresyon analizinin sonuçları, Tablo 6.5'te verilmiştir. AID ile kül arasındaki ilişkinin fonksiyonu, azalan bir fonksiyonel eğriye sahiptir. Kül değeri artarken, AID düşmektedir. Regresyon denklemleri ile belirlilik katsayılarına bakıldığında, AID ile kül arasındaki ilişkinin matematiksel fonksiyonu, (y=ax+b) şeklinde, doğrusal bir modeldir. Kül ile AID arasındaki ilişkinin derecesini ortaya koyan belirlilik katsayıları (R^2), 0,9449 ile 0,9982 arasında değişmektedir. Bu değerler, kül ile AID arasındaki kuvvetli bir ilişkiye işaret etmektedir. Regresyon denkleminde eğim (a), 36 ile 66 arasında, y eksenini kestiği nokta (b), 3055 ile 3758 arasında değişmektedir.

Tablo 6.5. Seyitömer Kömürünün (+0,5-18 mm) farklı Pano-Seri ve Karışımları için Kül-Alt Isıl Değer İlişkileri

PANO	REGRESYON DENKLEMİ VE BELİRLİLİK KATSAYISI	
B-1,2,3 (+0,5-18 mm) (Eşit Oranda Karışım)	[Alt Isıl Değer]= -45,289 x [% Kül] + 3205	R^2= 0,9968
B-1,2 (+0,5-18 mm) (Eşit Oranda Karışım)	[Alt Isıl Değer]= -45,236 x [% Kül] + 3446,7	R^2= 0,9969
B-1 (+5-18 mm)	[Alt Isıl Değer]= -65,852 x [% Kül] + 3758,2	R^2= 0,9449
B-2 (+5-18 mm)	[Alt Isıl Değer]= -36,961x [% Kül] + 3054,6	R^2= 0,9964
B-3 (+5-18 mm)	[Alt Isıl Değer]= -54,972 x [% Kül] + 3482,9	R^2= 0,9982
A-1 (+5-18 mm)	[Alt Isıl Değer]= -46,01 x [% Kül] +3106,1	R^2= 0,998

Tablo 6.6, +18-100 mm tane boyut fraksiyonundaki, farklı pano-seri ve karışımların, AID ile kül arasındaki ilişkilerini göstermektedir. Kül ile AID arasındaki ilişkinin derecesini ortaya koyan belirlilik katsayıları (R^2), 0,9651 ile 0,9991 arasında

değişmektedir. Regresyon denkleminde eğim (a), 36 ile 44 arasında, y eksenini kestiği nokta (b), 3289 ile 3501 arasında değişmektedir.

Tablo 6.6. Seyitömer Kömürünün (+18 -100 mm) farklı Pano-Seri ve Karışımları için Kül-Alt Isıl Değer İlişkileri

PANO	REGRESYON DENKLEMİ VE BELİRLİLİK KATSAYISI	
B-1,2,3 (Eşit Oranda Karışım)	[Alt Isıl Değer]= -40,194 x [% Kül] + 3320,6	R^2= 0,9913
B-1,2 (Eşit Oranda Karışım)	[Alt Isıl Değer]= -44,121 x [% Kül] + 3501,8	R^2= 0,9957
B-1	[Alt Isıl Değer]= -40,386 x [% Kül] + 3474,1	R^2= 0,9991
B-2	[Alt Isıl Değer]= -36,135 x [% Kül] + 3289,4	R^2= 0,9846
B-3	[Alt Isıl Değer]= -41,626 x [% Kül] + 3441,6	R^2= 0,9792
A-1	[Alt Isıl Değer]= -43,053 x [% Kül] + 3349,5	R^2= 0,9651

Seyitömer dragline panosu kömürü -3+0,1 mm boyut fraksiyonu için, Reichert spirali ile zenginleştirme imkanının araştırıldığı bir çalışmada, optimum yıkanabilme derecesi %43,0, optimum yıkama yoğunluğu 1,60 gr/cm^3, temiz kömür miktarı %70,5 ve kül miktarı %23,1 olarak tespit edilmiştir (Ateşok ve diğ., 1993).

6.2.2. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Pazar Etüdü

Seyitömer Linyitleri İşletmesinde üretilen kömürlerin 2003 yılı itibarı ile %96'sı termik santral, %6'sı da piyasa tarafından tüketilmiştir. Geçmiş yıllarda 2.000.000 ton/yıl seviyelerine kadar çıkan piyasa tüketimi, yasaklar nedeni ile sürekli gerileyerek 400.000 ton/yıl seviyelerine düşmüştür. Yıllık 7,5 - 8 Milyon ton olan kömür üretiminin

asıl tüketicisi, termik santraldir. Seyitömer Termik Santrali'nin talep ettiği kömürün özellikleri Tablo 6.7'de verilmiştir.

Tablo 6.7. Seyitömer Termik Santrali Kömür Talep Özellikleri

Termik Santral Üniteler	Talep Ozellikleri			
	AID (kcal/kg)	Ortalama Kül %	Ortalama Nem %	Tane ebadı (mm)
1. Ünite	1750	35	40	0-200
2. Ünite	1750	35	40	0-200
3. Ünite	1750	35	40	0-200
4. Ünite	1600	45	40	0-200
GENEL	1711	37	40	0-200

Seyitömer Termik Santrali 1., 2., 3. üniteleri 1750 kcal/kg AID'e sahip, ortalama %35 kül ve %40 nem içerikli, 0-200 mm boyut aralığında kömür talep etmektedir. 4. ünitesi ise, 1.600 kcal/kg AID'e sahip, ortalama %45 kül ve %40 nem içerikli, 0-200 mm boyut aralığında kömür istemektedir.

Termik santrale verilen kömürün fiyatlandırma şartları ise, kömürün kalorifik değeri göz önüne alınarak belirlenmektedir. Kömürün kalorifik değeri, 1.400 kcal/kg değerinin üzerinde olduğunda, satış fiyatı Denklem 6.5'te verilen formül ile hesaplanmaktadır. Fiili kalorifik değer, 1.400 kcal/kg altına düştüğünde, Denklem 6.5'te verilen formül ile hesaplanan kömür satış fiyatının, sadece %20'si Seyitömer Linyitleri İşletmesi'ne ödenmektedir .

$$KSF = \frac{FKD}{BKD} \times BKDF \quad \text{.....(6.5)}$$

KSF = Kömürün satış fiyatı, TL/ton

FKD = Fiili kalorifik değer, kcal/kg

BKD = Baz kalorifik değer, kcal/kg

BKDF = Baz kalorifik değer fiyatı, TL/ton

Piyasanın talep ettiği kömür özellikleri ise, belirli bir protokole bağlı değildir. Bununla birlikte, +100 mm boyutunda, 2.600-3.000 kcal/kg ısıl değere sahip kömürler piyasaya satılabilmektedir. Ancak, önümüzdeki yıllarda bu tüketim sektöründe çeşitli çevresel kısıtlamaların ve müşteri beklentilerindeki artışın gündeme gelmesi kuvvetle muhtemel olduğundan, işletmenin üretim stratejisini bu değişebilecek şartlara göre planlaması, mantıklı bir yaklaşım olacaktır. İşletmeden piyasaya verilen kömürlerin miktarı, termik kömürüne göre çok düşük olmasına rağmen, satış fiyatının termik kömürüne göre yüksek olması (3,5 kat gibi), piyasa sektörünün işletme için önemini artırmaktadır.

Seyitömer havzası kömürleri için, üretim aşamasındaki kalite iyileştirme çalışmalarından seçimli kazı yöntemi modellerinin araştırılması (Ediz ve diğ., 2001) çalışmasında, Tablo 6.8 ve Tablo 6.9'daki veriler elde edilmiştir.

Tablo 6.8, Seyitömer kömürlerinin düzeltilmiş ısıl değere bağlı olarak belirlenen kalite ve rezerv değerlerini göstermektedir. Batı bölge kömürleri en yüksek ısıl değere sahipken, dragline panosu en düşük ısıl değere sahiptir.

Tablo 6.9'da ise, havza rezervinin bölgelere göre kalite dağılımı verilmiştir. Kalitesi en yüksek kömür, Batı bölgesi kömürleridir. En yüksek dağılım aralığı, %72 ile 1.800-2.000 kcal/kg aralığıdır.

Tablo 6.8. Seyitömer Bölgesinin Düzeltilmiş Isıl Değere Bağlı Olarak Belirlenen Kalite ve Rezerv Değerleri

BÖLGE / PANO	ORTALAMA ISIL DEĞER (kcal/kg)	REZERV (Ton) , (%)
SEYİTÖMER / BATI	1.842,00	116.817.917,82 (% 29,8)
SEYİTÖMER / DOĞU	1.600,10	97.033.542,50 (% 24,7)
SEYİTÖMER / DRAGLAYN	1.491,70	73.507.648,2 (% 18,7)
ASLANLI	1.584,72	104.371.169,8 (% 26,6)
SEYİTÖMER / ASLANLI	1.626,20	391.730.278,83

Tablo 6.9.Seyitömer Havzasının Kömür Rezervinin Bölgelere Göre Kalite Dağılımı

DAĞILIM	DÜZELTİLMİŞ ISIL DEĞERE GÖRE TONAJ (TON, %)				
ISIL DEĞER kcal/kg	SEYİTÖMER BATI	SEYİTÖMER DOĞU	SEYİTÖMER DRAGLAYN	ASLANLI	SEYİTÖMER ASLANLI
< 1.000	---	617.164 % 0,6	1.534.397 % 2,09	4.241.142 % 4,06	6.392.704 % 1,63
1.000-1.200	---	1.814.496 % 1,87	995.264 % 1,35	2.004.699 % 1,92	4.814.461 % 1,23
1.200-1.400	---	6.796.418 % 7	5.178.534 % 7,04	4.682.154 % 4,49	16.657.107 % 4,25
1.400-1.600	195.811 % 0,17	35.005.201 % 36,07	38.316.516 % 52,13	7.829.783 % 7,5	81.344.312 % 20,77
1.600-1.800	27.634.930 % 23,66	32.677.045 %33,67	23.071.718 % 31,39	41.323.150 % 39,59	124.706.845 % 31,83
1.800-2.000	84.154.262 % 72,04	20.126.216 % 20,74	4.411.216 % 6	44.169.418 % 42,32	152.861.113 % 39,02
2.000-2.200	4.832.913 % 4,14	---	---	120.820 % 0,12	4.953.733 % 1,26
0-2.200	116.817.917	97.033.542	73.507.648	104.371.169	391.730.278

Seyitömer havzasındaki kömürlerin %10,3'ü piyasaya verilebilir nitelikte olup, %1,95'i taş olarak ayıklanmaktadır. %89,8'lik büyük bir bölümü teşkil eden kısım ise, yalnızca Termik Santral'de değerlendirilebilecek niteliktedir. Bu kömürün %8'i B_1 seviyesinin kriblaj tesislerinden gelen tozu olup, ortalama ısıl değeri işletme tecrübeleri

baz kabul edilerek 1.718 kcal/kg alınmıştır. Yine B_2 seviyesinin tozunun ısıl değeri ise, 1.600 kcal/kg kabul edilmiştir. Geriye kalan %76'lık termik nitelikli kömürlerin büyük bir bölümünü ise, ısıl değeri 1.560 kcal/kg olan B_3 seviyesi kömürler oluşturmaktadır.

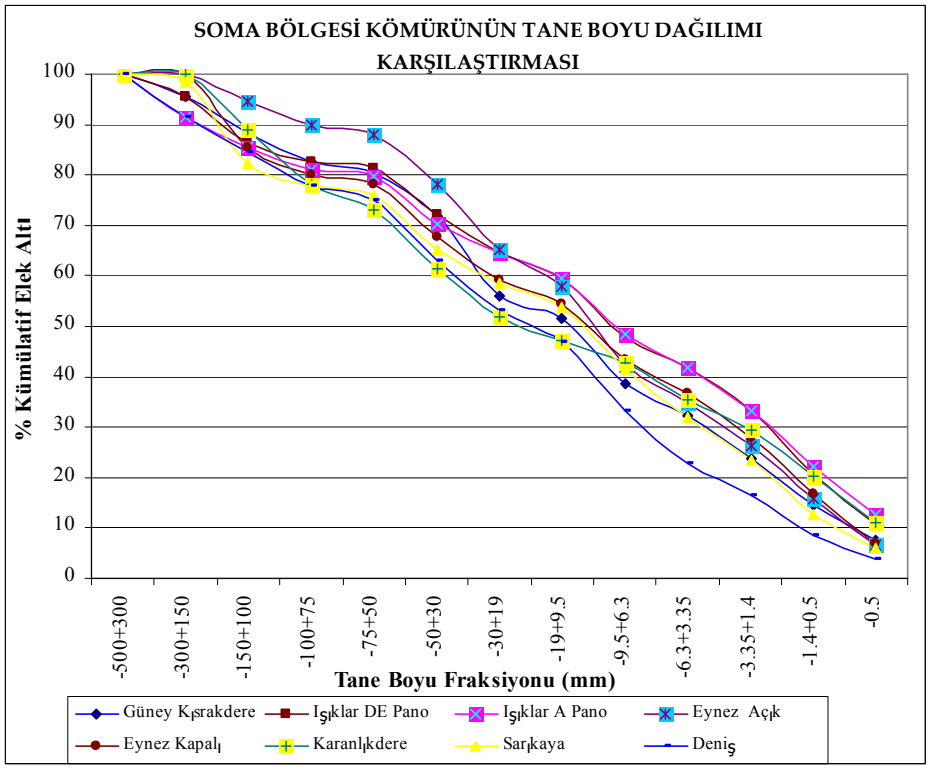
İşletmenin geleceğe yönelik üretim alternatifleri değerlendirildiğinde, elde edilen en önemli sonuç şudur; gelecek yıllarda piyasaya kömür beslenecek ise ve termik santralin talep ettiği kömür kalite özellikleri sağlanmak isteniyorsa, mevcut üretim sisteminin kalite iyileştirme yeteneğinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sisteme giren ve bütün proseste ayrılamayan veya zor ayrılan istenmeyen yan taş, işletmeyi düşük kaliteli kömürleri yerinde bırakarak, iyi kaliteli kömürleri kullanmaya zorlamaktadır. Ancak bu yaklaşım, ocak kalite ortalamasını düşürerek, işletmeyi gelecek yıllarda daha ciddi kalite problemlerinin içine itecektir.

Üretim aşamasındaki kalite iyileştirme çalışmalarından harmanlama-homojenizasyonun uygulanmasının; Seyitömer bölgesindeki kömürle birlikte bulunan ara kesmeler yoğun olduğu için, mevcut tüvenan kömür üretim kalitesinde, mevcut makine ve ekipmanla, her türlü üretim şartlarında, özellikle Termik santral için istenen kalitede kömürü elde etmede, kesin çözümü sağlayamayacağı tespit edilmiştir (Ediz ve diğ., 2001).

6.3. Soma Kömürlerinin Yıkanabilirlik Değerleri

Bu çalışmada lavvar tasarımına esas olacak Soma kömürlerinin yıkanabilirlik değerleri ile numune boyut analizleri, Ek-2'de verilmiştir. Bu değerler, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü tarafından TKİ Genel Müdürlüğü için Eylül 2003 tarihinde hazırlanan uygulama projesinden alınmıştır.

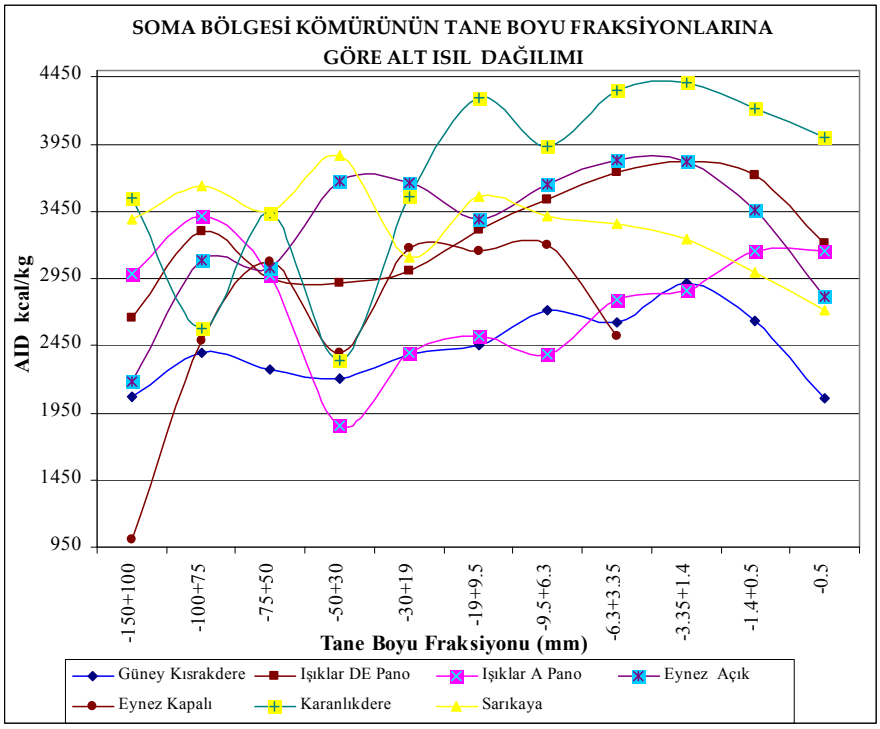
Şekil 6.12'de, Soma kömürlerinin tane boyu dağılımının karşılaştırması verilmektedir. Tane boyu fraksiyonu en iri kümülatif elek alt oranına sahip pano, Işıklar A pano kömürüdür.



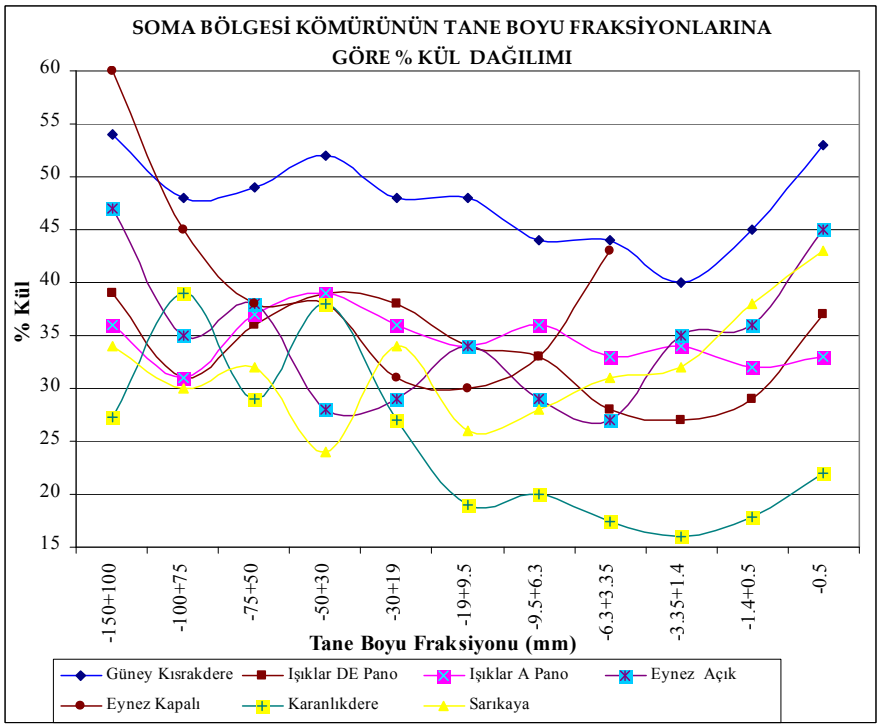
Şekil 6.12. Soma kömürünün tane boyu dağılımı karşılaştırması

Şekil 6.13'te ise, Soma kömürlerinin tane boyu fraksiyonlarına göre AID dağılımının karşılaştırması verilmektedir. Soma kömürlerinin alt ısıl değerleri, çoğunlukla 1950-3950 kcal/kg arasındadır. Boyuta göre AID, oldukça dalgalı bir seyir izlemektedir. Soma kömürlerinin tane boyu fraksiyonlarına göre, kül ve nem dağılımı karşılaştırması, sırası ile Şekil 6.14 ve 6.15'te verilmektedir. Kül içeriği, %15-55 ve nem içeriği, %7-16 arasında değişmektedir. Karanlıkdere kömürü en az küle sahipken, Güney Kısrakdere

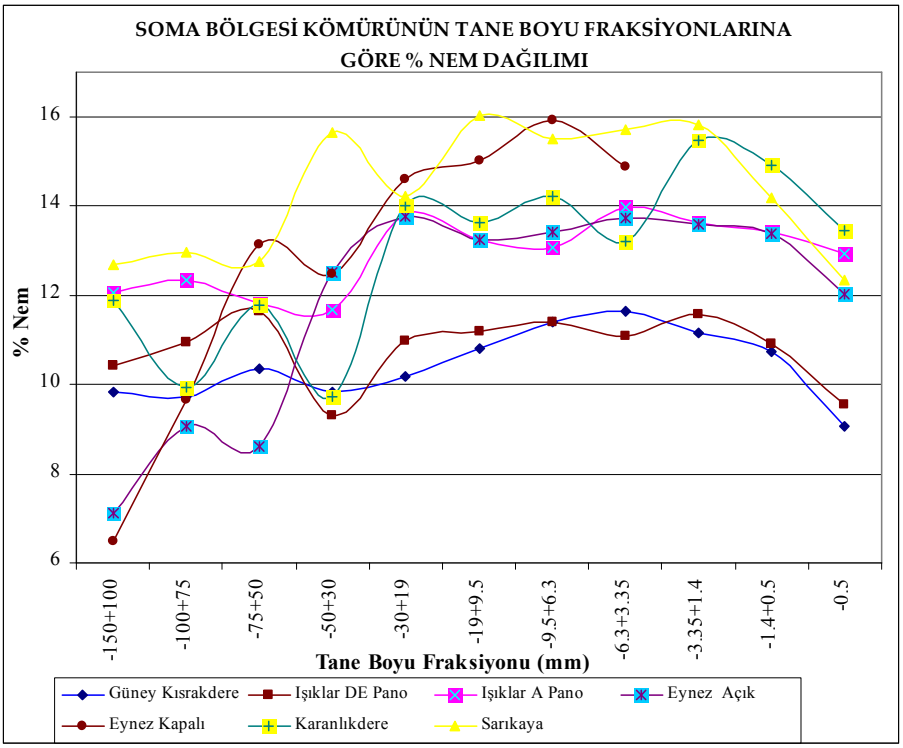
kömürü en fazla küle sahiptir. Sarıkaya kömürü en fazla nem, Güney Kısrakdere kömürü en az nem ihtiva etmektedir.



Şekil 6.13. Soma kömürünün AID dağılımı karşılaştırması



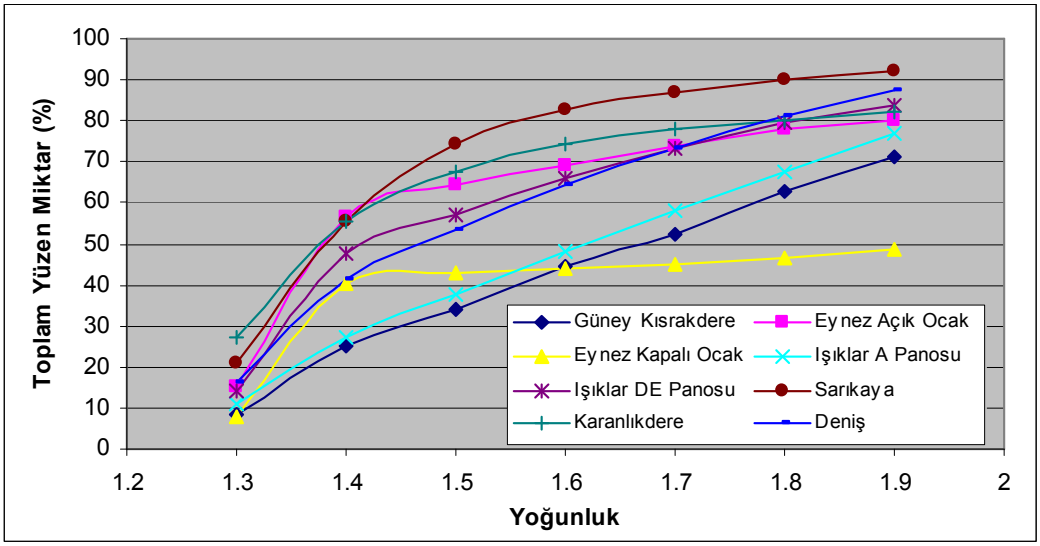
Şekil 6.14. Soma kömürünün kül dağılımı karşılaştırması



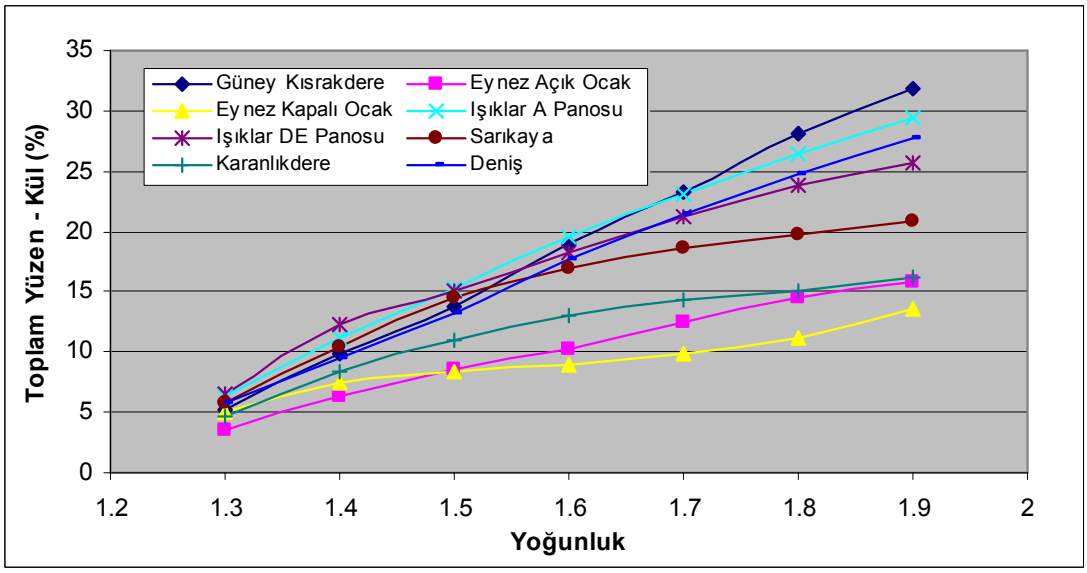
Şekil 6.15. Soma kömürünün nem dağılımı karşılaştırması

Soma kömürünün toplam yüzen kömür miktarının yoğunluğa bağlı olarak değişimi, Şekil 6.16'da verilmiştir. En fazla yüzen miktar Sarıkaya kömüründen, en az yüzen miktar Eynez kapalı ocaktan elde edilmiştir. Ortam yoğunluğu arttıkça, toplam yüzen miktarı artarak, %8-28'den %50-93'e çıkmaktadır.

Soma kömürünün toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi, Şekil 6.17'de gösterilmiştir. En az kül değeri, Eynez kapalı ocak kömüründe, en fazla kül değeri Güney Kısrakdere ve Işıklar A panosu kömürlerinde bulunmaktadır. Ortam yoğunluğu arttıkça, kül içeriği %4-7'den %13-33'e çıkmaktadır.



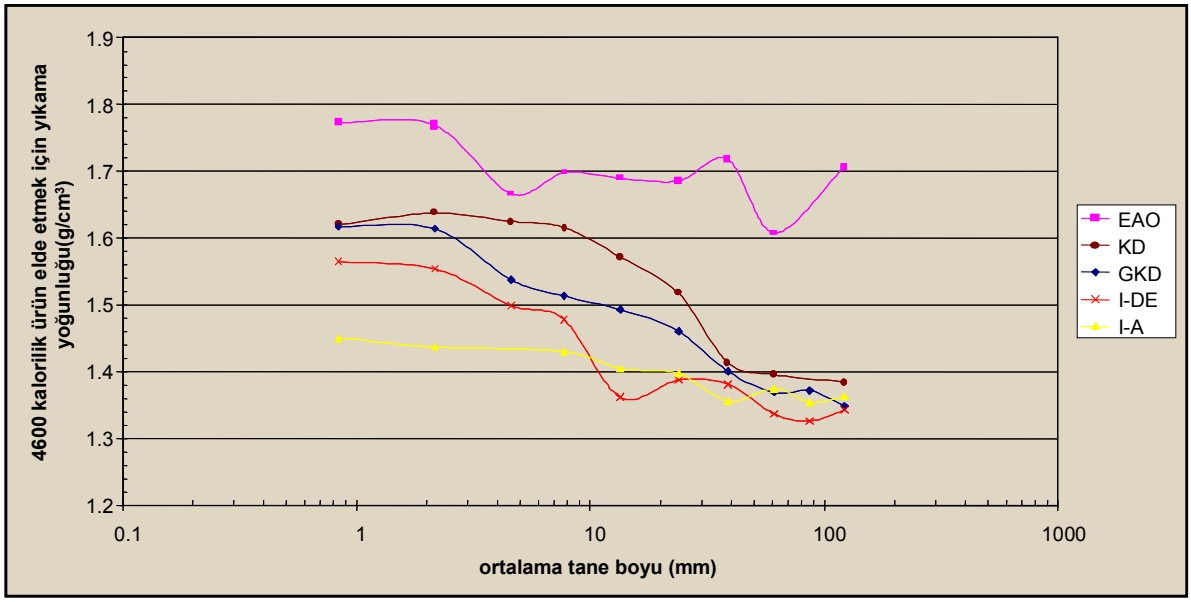
Şekil 6.16. Soma kömürünün farklı ocak kömürlerinde, yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömür miktarının değişimi



Şekil 6.17. Soma kömürünün farklı ocak kömürlerinde, yoğunluğa bağlı olarak toplam yüzen kömürün kül içeriğinin değişimi

Şekil 6.18, Soma kömürünün farklı ocak kömürleri için 4.600 kalorilik ürün alabilmek amacıyla gerekli yıkama yoğunluğunun tane boyu ile değişimini grafik üzerinde göstermektedir. 4.600 kalorilik ürün elde edilebilmesi için, tane boyu küçüldükçe ortam

yoğunluğunun artırılması gerekmektedir. En yüksek yoğunluk değeri, Eynez açık ocak kömürleri için, en düşük yoğunluk değeri de, Işıklar A panosu kömürleri için elde edilmiştir.



Şekil 6.18. Soma kömürünün farklı ocak kömürleri için 4600 kalorilik ürün alabilmek amacıyla gerekli yıkama yoğunluğunun tane boyu ile değişimi

Tablo 6.10'da, Soma kömürlerinin farklı ocakları için, AID ve kül değerleri arasındaki ilişkinin regresyon denklemleri verilmiştir. Seyitömer kömürlerinde olduğu gibi, Soma kömürleri için de AID ile kül arasındaki ilişkinin matematiksel fonksiyonu, (y=ax+b) şeklinde, doğrusal bir modeldir.

Tablo 6.10. Soma Kömürünün Farklı Ocakları için Kül-AID İlişkileri

PANO	REGRESYON DENKLEMİ VE BELİRLİLİK KATSAYISI
Güney Kısrakdere	Y= -66,08 (Kül) + 5358,9 R^2= 0,9920
Eynez Açık	Y= -65,00 (Kül) + 5395,1 R^2= 0,9943
Eynez Kapalı	Y= -64,34 (Kül) + 5301,0 R^2= 0,9877
Işıklar A Pano (-150+30 mm)	Y= -87,51 (Kül) + 5409,0 R^2= 0,9823
Işıklar A Pano (-30 mm)	Y= -65,74 (Kül) + 5279,0 R^2= 0,9927
Işıklar DE Pano	Y= -69,11 (Kül) + 5419,3 R^2= 0,9835
Sarıkaya	Y= -66,68 (Kül) + 5247,4 R^2= 0,9724

BÖLÜM 7

TESİS TASARIM ESASLARI

ve PROSES DEĞERLENDİRMESİ

7.1. Tasarım Kriterleri

Proses ve Zenginleştirme Ekipmanı Tipi Seçimi: Yıkanabilirlik testlerinden elde edilen bilgiler ışığında, ±0.10 özgül ağırlık aralığındaki değişimin ayırım zorluğu üzerindeki etkisine göre tavsiye edilen gravite prosesi ve zenginleştirme ekipmanı tipi tespit edilecektir.

Tane Boyu Dağılımı: Tesisin ekipman seçimi, tane boyu dağılımı üzerine yapılacaktır.

Verim: Her temizleme devresi için belirlenen kapasiteler sağlanacak şekilde ekipman seçimi yapılacaktır.

Kalite: Pazar talebine uygun kalitede maksimum oranda temiz kömür üretimi ana hedef olacak şekilde tasarım yapılacaktır.

7.2. Tesisin Beslenme Özellikleri

Tesis tasarımında ekipmanların boyutlandırılmasında, en iyi ve en kötü kalite yıkanabilirliği veren doneler esas alınacaktır. Bu ikisinin ağırlıklı ortalaması ile oluşturulan üçüncü bir yıkanabilirlik doneleri de değerlendirmeye katılacaktır.

7.3. Proses Değerlendirilmesi

Tesis tasarımında aşağıdaki hususlar özellikle dikkate alınacaktır:

- Tesis ünitelerinin bakım için, üretim durmaksızın devre dışına alınabilmesi,
- Tesise giren tüvenan kömür karakteristiklerinde olacak değişikliklere uyabilmek için, ayırma yoğunluğunun her devrede, kolay ve çabuk şekilde ayarlanabilmesi,
- Mikst üretimi azaltılarak, temiz kömür üretiminin arttırılabilmesi.

7.4. Seyitömer Bölgesi Kömürü İçin Kömür Zenginleştirme Tesis Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi

7.4.1. SLİ Kömürü İçin Proses ve Zenginleştirme Ekipmanı Tipi Seçimi

SLİ kömürünün +18-150 mm tane fraksiyonu için ±0,1 yoğunluk aralığındaki yüzen malzeme miktarının değişimi Tablo 7.1'de görülmektedir. Bu tablodan görüleceği gibi,

özellikle B-1 ve A-1 serisi damarları için bulunan değerler ile genel değerlerin (±0.10 özgül ağırlık farkındaki değişim ile ayırım özelliği arasındaki ilişkiyi gösteren Tablo 6.1'deki değerlerle karşılaştırıldığında) proses olarak, çok verimli bir proses ile hassas bir operasyon gerektiren bir zenginleştirme prosesinin seçilmesi gerektiği, ekipman tipi olarak ta, ağır ortam ayırıcıları kullanılmasının bir zorunluluk olduğu anlaşılmaktadır. Aynı durumun +0,5-18 mm fraksiyonu için de geçerli olduğu, Tablo 7.2'den görülebilmektedir.

Tablo 7.1. SLİ Kömürünün +18-150 mm Tane Fraksiyonu için ±0,1 Yoğunluk Aralığındaki Yüzen Malzeme Miktarının Değişimi

SG	B-1 +18-150	B-2 +18-150	B-3 +18-150	B-3 +18-150	A-1 +18-150	B1-2-3 +18-150	B-1-2 +18-150
1,35	28,36	23,18	17,33	22,91	42,05	25,07	24,09
1,45	17,58	9,88	25,95	13,94	21,36	12,31	6,9
1,55	10,67	7,04	31,58	10,00	13,88	8,20	6,78
1,65	10,04	5,15	31,07	10,66	8,39	7,83	8,31
1,75	9,59	1,76	28,17	13,46	6,53	8,69	9,84
1,85	6,70	2,07	22,68	8,38	4,82	9,31	15,77
1,95	12,14	5,25	14,13	5,65	5,01	8,05	16,63

Tablo 7.2. SLİ Kömürünün +0,5-18 mm Tane Fraksiyonu için ±0,1 Yoğunluk Aralığındaki Yüzen Malzeme Miktarının Değişimi

SG	B-1 +5-18	B-2 +5-18	B-3 +5-18	B-3 +5-18	B-3 +0,5-18	A-1 +0,5-18	B1-2-3 +0,5-18	B-1-2 +0,5-18
1,35	33,25	31,23	11,82	15,39	27,35	33,97	37,7	34,89
1,45	21,07	13,08	11,57	14,59	13,99	21,07	18,74	21,21
1,55	14,81	10,72	13,08	21,48	9,68	16,46	9,67	11,52
1,65	10,76	9,74	17,66	22,81	8,36	13,69	5,18	8,18
1,75	9,11	7,01	22,37	22,78	10,30	11,47	7,15	8,34
1,85	10,97	5,02	25,47	28,58	13,00	10,87	10,2	9,6
1,95	20,56	12,12	49,50	30,91	31,69	15,92	26,16	24,84

7.4.2. SLİ Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Tane Dağılımı Tespiti

SLİ kömürünün, yüzdürme sonucu oluşan tane boyu dağılımının gösterildiği Tablo 7.3 incelendiğinde; +18 mm boyutundaki miktarın %50-64 arasında, +0,5-18 mm boyutundaki miktarın %19-33 arasında değiştiği görülmektedir. Aynı şekilde, +0,1-0,5 mm ebadın %5-8, -0,1 mm kısmının %9-14 aralığında seyrettiği izlenebilir.

Tablo 7.3. SLİ Kömürü Yüzdürme Sonucu Oluşan Tane Boyu Dağılımı

-100+0,5 mm fraksiyonu yüzdürmeden sonra -0,5 mm kayıp miktarlar, -0,5+0,1 ve -0,1 mm fraksiyona dahil edilerek hesaplandıktan sonraki boyut dağılımı					
Boyut Frak.	B-1	B-2	B-3	B-3	ASLANLI
+50-100	27,08	34,38	36,42	24,87	27,01
+18-50	27,28	28,06	27,33	25,90	30,84
+10-18	12,52	11,87	13,12	14,54	11,30
+0,5-10	11,39	9,59	5,75	18,47	5,27
-0,5+0,1	7,90	6,73	6,35	5,92	8,29
-0,1	13,82	9,37	11,04	10,30	17,29

Boyut Frak.	B-1+ B-2	B-3 ORT.	B-1-2-3	B-3 - ASL.	B-1-2-3-ASL.
+50-100	30,73	30,65	30,69	28,83	29,95
+18-50	27,67	26,61	27,14	28,73	27,88
+10-18	12,19	13,83	13,01	12,56	12,67
+0,5-10	10,49	12,11	11,30	8,69	10,09
-0,5+0,1	7,31	6,14	6,73	7,21	7,04
-0,1	11,60	10,67	11,13	13,98	12,36

Tablo 7.4, SLİ kömürünün yüzdürme sonucu oluşan ortalama tane boyu dağılımını göstermektedir. Bu tablodan görüleceği üzere;

İri kömür devresi için +18-100 mm boyut aralığındaki ortalama değer, %57,84'tür. İnce kömür devresi için +0,5-18 mm boyut aralığındaki ortalama değer, %22,76'dır. Şlam devresi için +0,1-0,5 mm boyut aralığındaki ortalama değer ise, %7,04'tür. Tikinere beslenecek -0,1 mm boyutundaki miktar, ortalama %12,36'dır.

Tablo 7.4. SLİ Kömürünün Yüzdürme Sonucu Oluşan Ortalama Tane Boyu Dağılımı

YÜZDÜRME SONUCU OLUŞAN TANE BOYU DAĞILIMI	
Tane Boyu Fraksiyonu mm	Ortalama Miktar %
+50-100	29,95
+18-50	27,88
+18-100	57,84
+10-18	12,67
+0,5-10	10,09
+0,5-18	22,76
-0,5+0,1	7,04
-0,1	12,36
Toplam	100,00

7.4.3. SLİ Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Kalite Tespiti

Mevcut pazar ve satılabilirlik şartları değerlendirildiğinde; piyasa için 2.600 kcal/kg, termik santral için 1750 kcal/kg olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7.5. Seyitömer Havzası Linyitlerinin Satılabilirlik Durumu (Ediz vd., 2001)

SEYİTÖMER HAVZASI BÖLGE VE SEVİYE BAZINDA KÖMÜRLERİN SATILABİLİRLİĞİ			
TÜKETİM YERİ	REZERV (HAVZA TOPLAMI)	GENEL TOPLAM İÇİNDEKİ PAYI %	AID (kcal/kg)
PİYASA B_1 (+100 mm)	12.640.133	3,68	2.600
PİYASA B_2 (+100 mm)	22.485.604	6,55	
PİYASA TOPLAMI	35.125.737	10,23	
TERMİK B_1 (-100 mm)	25.688.000	7,48	1.718
TERMİK B_2 (-100 mm)	45.696.543	13,31	1.600
TERMİK B_3 TUVENAN	236.714.165	68,97	1.560
TERMİK TOPLAMI	308.098.708	89,77	1.579
GENEL TOPLAM	343.224.445	100,00	1.683

Seyitömer havzasında, ancak B_1 ve B_2 nitelikli kömürler piyasaya verilebilmektedir. Piyasa amaçlı üretilebilen bu kömürlerin ancak ton başına %31'i piyasa standardına (+100) uymakta, tüvenan olarak kriblaj tesislerine beslenen bu kömürün ortalama %6'sı taş olarak ayıklanmaktadır. Elek altında kalan %63'lük kısım ise, termik santrale beslenmektedir. Termik santrale, bazen bu piyasa tozları ile yoğun ara kesme içeren düşük kaliteli üretilebilen B_3 nitelikli seviye kömürleri beslenirken, bazen de termik santral kalite taleplerini karşılamak için, B_2 nitelikli kömürler tüvenan olarak beslenmektedir. Bununla beraber, işletmede 6.000.000 ton/yıl kapasiteli ve tüvenana göre ortalama %6 ayıklama yeteneğine sahip ayıklama tesisleri bulunmaktadır. Bu mevcut şartlar göz önüne alınarak, havzadaki kömürlerin bölge ve seviye bazında tüketim sektörlerinde kullanılabilirliğine ait dağılımı, Tablo 7.5'te gösterilmektedir.

Son on yıllık üretim ve satışlar ve mevcut şartlar göz önüne alınarak yapılan değerlendirme sonucu ortalama üretim;

Satılabilir Termik Santral Ürünü= 6.400.000 ton/yıl (AID: 1.750/1.600 kcal/kg), şeklinde kabul edilmiştir.

Satılabilir Piyasa Ürünü= 600.000 ton/yıl (AID: 2.600 kcal/kg), şeklinde kabul edilmiştir.

Tablo 7.5'teki B_3 serisi tüvenanın alt ısıl değeri, 1.560 kcal/kg olarak verilirken, aynı tüvenanın alt ısıl değeri, Seyitömer İşletmesi'nce GLİ laboratuarlarında yaptırılan analizlerde 1.066 kcal/kg olarak verilmektedir. Değerlendirmede, alt ısıl değer rakamı 1.066 kcal/kg olarak esas alınmıştır.

Tablo 7.5'deki satılabilirlik ve rezerv durumları göz önüne alınarak değerlendirildiğinde; aşağıdaki Tablo 7.6'daki üretim ve tüketim analizi yapılabilmektedir.

Tablo 7.6. Seyitömer Bölgesi Rezerv ve Kalite Durumuna Göre Üretim Planı

Tüketim Yeri	Rezerv ton	Yıllık Tüvenan Üretimi ton/yıl	Üretim Yeri	Satılabilir Üretim ton/yıl	Tüketim Yılı	AID kcal/kg
Piyasa B_1 (+100 mm)	12.640.133		Kriblaj			
Piyasa B_2 (+100 mm)	22.485.604		Kriblaj			
Piyasa TOPLAMI	35.125.737		Kriblaj			
Piyasa İçin Üretilen	21.709.000	638.500	Kriblaj	600.190	34,00	2.600
Termik B_1 (-100 mm)	25.688.000		Kriblaj			
Termik B_2 (-100 mm)	45.696.543		Kriblaj			
Termik (-100 mm)	71.384.543		Kriblaj			
Termik İçin Üretilen	43.987.500	1.275.000	Kriblaj	1.198.500	34,50	1.711
Kalan $B_{1,2}$ Tüvenan	40.813.780	1.183.008	Açık Ocak	1.183.008	34,50	1.958
Termik B_3 Tüvenan	236.714.165	6.800.000	Lavvar	4.263.600	34,81	1.840
Termik Toplamı	321.515.445	9.258.008	SEYİTÖMER	6.645.108	34,73	
Genel Toplam	343.224.445	9.896.508	SEYİTÖMER	7.245.298	34,45	

Yukarıdaki Tablo 7.6'dan görüleceği üzere, 2.600 kcal/kg alt ısıl değere sahip +100 mm boyutlu piyasaya satılabilir parça kömürün, kriblaj tesislerinden ayıklanarak satılması planlanmıştır. Bunun temel sebebi, Seyitömer Bölgesi linyitlerinin yaş zenginleştirme işlemi uygulandıktan sonra açık havada dağılabilirlik indeksinin çok dağılabilir (A damarı: %83, B damarı:%70,2, Dragline panosu: %75,7) olmasıdır (Koca ve diğ., 1996). Yaş yöntemle zenginleştirilmiş Seyitömer Bölgesi linyitleri, işlemden hemen sonra torbalanarak satışa sunulacak olursa, dağılım oranı %2-3 oranlarında kalmaktadır (SLİ Kömürleri Yıkanabilirlik Komisyonu Çalışma Raporu, 2003).

Termik santral için üretilmesi planlanan kömürün yıllık 1.275.000 tonu, kriblaj tesislerinden üretilen piyasaya satılabilir +100 mm parça kömürün -100 mm boyutlu

tüvenan kömür kısmıdır. 1.219.155 tonluk kısım ise, B_1-B_2 serisi tüvenan kömürün açık ocak üretimi olarak termik santrale direkt verilmesi şeklinde planlanmıştır.

Toplam rezervin %68,96'sını teşkil eden B_3 serisi tüvenan kömürün ortalama alt ısıl değeri, 1.004 kcal/kg olarak tespit edilmiştir. Seyitömer Bölgesi linyitleri için zenginleştirme tesis tasarımı, mevcut hali ile hiçbir şekilde kullanılabilme imkanı olmayan (harmanlama homojenizasyon ve seçimli madencilik alternatifleri ile de kullanılabilir hale getirilemeyen) B_3 serisi tüvenan kömürün rezerv, kalite ve tüketim özellikleri üzerine planlanmıştır. Buna göre, yıllık tüketim değerleri göz önüne alındığında, termik santralin ihtiyacı olan tüketim miktarını karşılayabilmek için, B_3 serisi tüvenan kömürden satılabilir ürün elde edilebilecek miktara karşılık zenginleştirilmesi gerekli tüvenan kömür miktarı, 6.800.000 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Yıllık elde edilecek 4.263.600 ton +0,1-150 mm temiz kömürün ortalama alt ısıl değeri, 1.840 kcal/kg'dır. Zenginleştirme tesisinin randımanı %62,7 olacaktır. Yaş yöntemlerle zenginleştirilen bu kömürün açık havada çok dağılabilir olması, termik santralde değirmenlerin yükünü azaltacağı için avantaj sağlayacaktır.

7.4.4. SLİ Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Ekipman ve Akım Şeması Tespiti

Tane boyu dağılımı ve zenginleştirme ekipman tipleri esas alınarak, konvansiyonel tip zenginleştirme tesislerindeki akım şemasına göre, 3 boyut grubu için, 3 farklı zenginleştirme ekipmanı kullanılacaktır.

- İri Kömür Devresi:

  +18-150 mm boyut grubu, Ağır Ortam (Tambur, Tekne, Drewboy),

- İnce Kömür Devresi:

  +0,5-18 mm boyut grubu, Ağır Ortam Siklonu,

- Şlam Devresi:

  +0,1-0,5 mm boyut grubu, Spiral.

Zenginleştirme tesisi teorik ve fiili kapasite değerleri Tablo 7.7'de verilmiştir.

Tablo 7.7. Zenginleştirme Tesisi Saatlik Kapasite Tespiti

TEORİK	gün/yıl	365
	saat/gün	24
	ton/yıl	7.000.000
FİİLİ	gün/yıl	310
	saat/gün	20
	Çalışma saati	6.200
	ton/saat	1.129
Besleme Tonajı	ton/saat	~1.200

Zenginleştirme tesisi, birbirine paralel iki grup halinde her biri saatte 300 ton/h kapasiteye sahip, toplam yıkama kapasitesi 1200 ton/h olan 2 modüler lavvar halinde düşünülmüştür. Bunun sebebi; tüvenan ve tesis çıktı ürünleri taşıma maliyetinin azaltılması ile birlikte, zenginleştirme tesislerinin bakım, arıza ve benzeri sebeplerle çalışmadığı dönemlerde, alternatifli çalışılabilme imkânının sağlanmasıdır. Aynı zamanda ekipman ve yedek parça stoklama maliyetlerinin minimuma indirilmesi sağlanmış olacaktır.

7.4.5. SLİ Bölgesi Linyitleri, 300 ton/h Kapasiteli Zenginleştirme Tesislerinin Akım Şeması ve Ekipman Tasarımı

Böyle bir tasarımın yapılabilmesini sağlamak amacı ile öncelikle, kömür zenginleştirme ekipmanlarının ölçü ve kapasitelerinin incelenmesi yerinde olacaktır.

7.4.5.1. İri Kömür (+18-150 mm) Devresi Zenginleştirme Ekipmanları

A. Ağır Ortam Ayırma Tamburları (AOT)

Ağır ortam ayırma tamburları, tek veya iki kompartımanlı olabilir. Tek kompartımanlılarda, tek bir ağır ortam kullanılarak konsantre ve artık olarak iki ürün alınmaktadır. İki kompartımanlılarda, iki farklı özgül ağırlıkta ağır ortam kullanılarak konsantre, ara ürün ve artık alınmaktadır.

Ağır ortam tamburu ölçü ve kapasitelerinin gösterildiği Tablo 7.8'de görüleceği üzere, tambur çapları 1,8–3,6 m arasında olup, 6–200 mm iriliğinde taneler ayırıma tabi tutulabilmektedir. Tambur kapasiteleri, 15–250 ton/saat arasında değişebilmektedir.

Tablo 7.8. Ayırma Tamburu Ölçüleri ve Kapasiteleri (Denver Sala Basic, 1995)

Çap (m) x Uzunluk (m)	1,8 x 1,8	2,4 x 2,4	3,0 x 3,0	3,6 x 3,6
Kapasite (ton/saat)	15 - 30	30 - 70	70 - 140	140 – 250

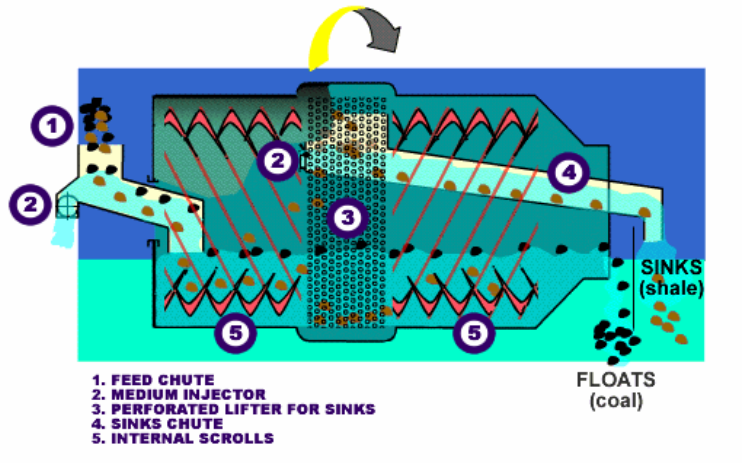
Aşağıdaki Şekil 7.1 ve 7.2'de AOT fotoğrafları, Şekil 7.3'te ise, çift ürünlü AOT'nun çalışması şematik olarak verilmiştir.



Şekil 7.1. Wemco AOT



Şekil 7.2. Parnaby AOT



Şekil 7.3. Parnaby çift ürünlü AOT çalışma şekli

B. Drewboy Ayırıcı Teknesi

Kömür yıkamada 6–1200 mm parça büyüklüğünde kullanılan, 300 ton/saate kadar batan malzeme kapasitesi olan, bir ağır ortam ayırıcıdır. Yüzdürme–batırma teknesinin genişliği ile tanımlanan ölçüleri 1,2–4,0 m, besleme kapasitesi ise, 200–820 ton/saat arasındadır. Tablo 7.9'da bu ölçü ve kapasiteler verilmiştir.

Tablo 7.9. Drewboy Ayırıcı Tekne Ölçü ve Kapasiteleri (Denver Sala Basic, 1995)

Tekne Genişliği (m)	1,2	1,6	2,0	2,6	3,2	4,0
Kapasite (ton/saat)	200 – 350	210 – 385	225 – 425	305 – 565	405 – 665	500 - 820

Şekil 7.4'te montaja hazır bir Drewboy ayırıcı teknesinin fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 7.4. Drewboy ayırıcı teknesi

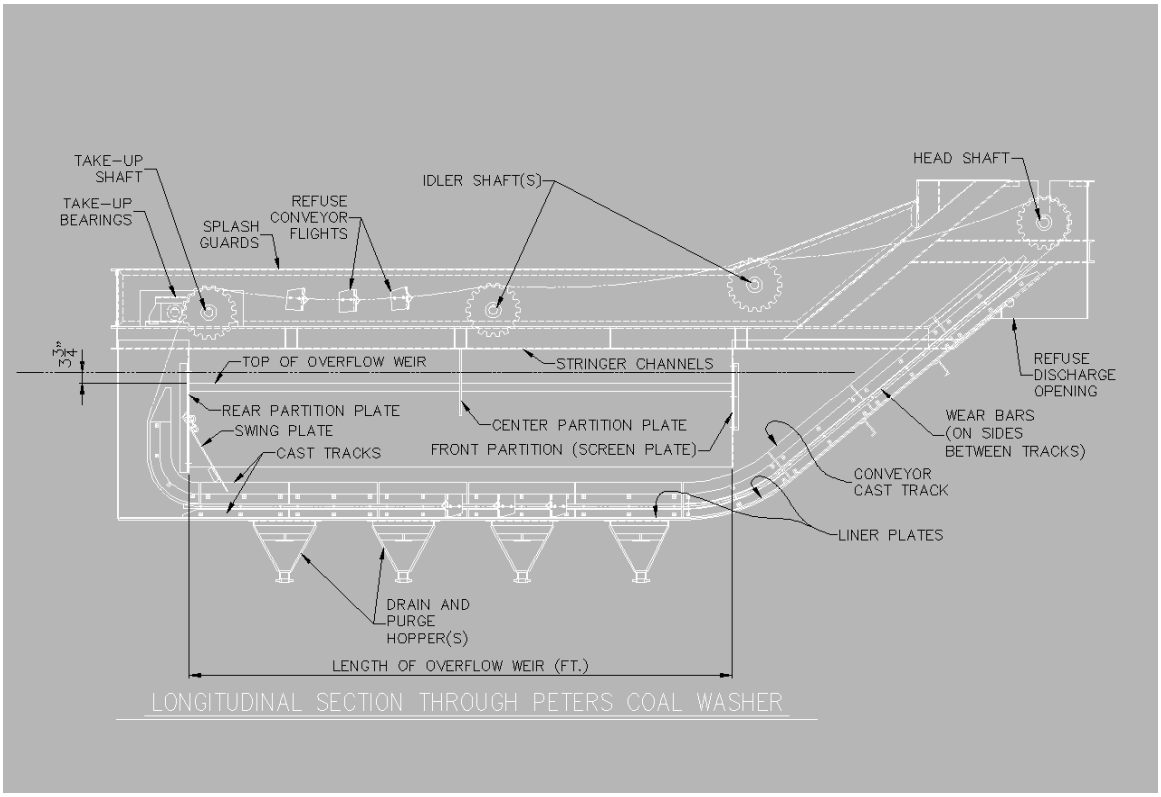
C. Tekne Tipi Ağır Ortam Ayırıcıları

Derinliği fazla olmayan bir tekne ve bu tekne içinde hareket eden zincirli konveyörden ibarettir. Konveyör genişliği, ayırıcı kapasitesini tayin etmektedir. Her bir metre konveyör genişliği için ayrıcı kapasitesi, kömür tane iriliğine göre, aşağıdaki Tablo 7.10'da verilmektedir.

Tablo 7.10. Ağır Ortam Teknelerinin Ayırma Boyut ve Kapasiteleri (Denver Sala Basic, 1995)

Boyut Aralığı (mm)	Konveyör Genişliğinin Her 1 metresi İçin Kapasite (ton/saat)
10 – 30	25 – 30
10 – 80	50
80 – 200	70 – 80

Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'da, ağır ortam teknelerinden görüntülerin bulunduğu resimler verilmiştir.



Şekil 7.5. Peters ağır ortam teknesi şematik resmi

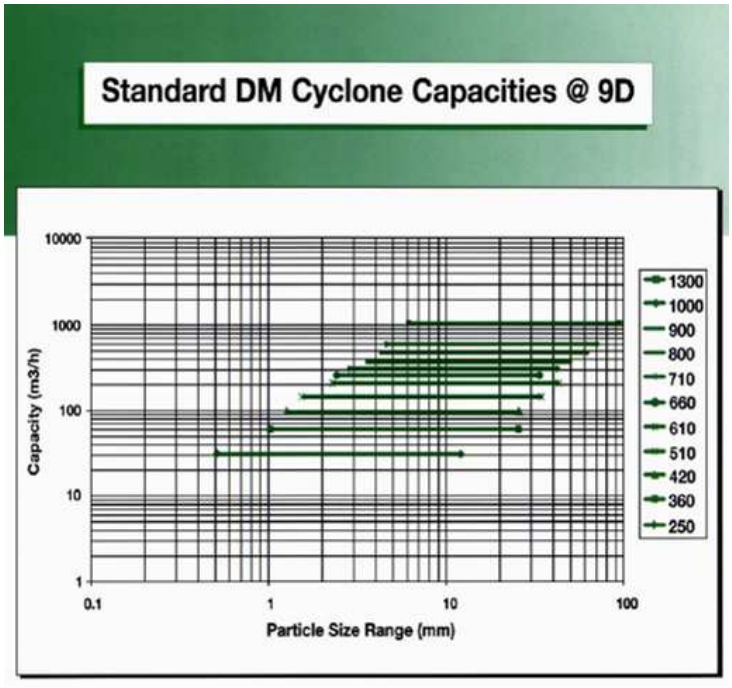


Şekil 7.6. Peters ağır ortam teknesi genel görünüş fotoğrafı

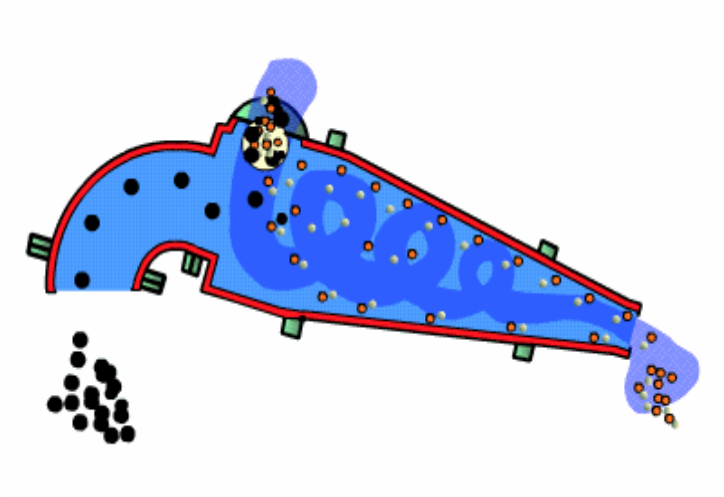
7.4.5.2. İnce Kömür Devresi Zenginleştirme Ekipmanları

A. Ağır Ortam Siklonları

Çalışma ilkeleri sınıflandırma hidrosiklonlarına çok benzer olan, su yerine manyetit veya ferrosilikon süspansiyonlarının yer aldığı bu aygıtlar, cevher zenginleştirme ve kömür yıkama işlemlerinde 0,5–40 mm tane iriliğinde kullanılır. Normal besleme basınçları, 150-250 kPa olan ağır ortam siklonlarının kapasiteleri siklon çapına bağlı olup, siklon çapının da besleme içindeki en iri tane boyuna göre seçilmesi gerekir. Şekil 7.7'de Multotec firmasının imal ettiği ağır ortam siklonlarına ait, tane boyu aralığına göre çap ve kapasite değerleri verilmiştir. Şekil 7.8'de ağır ortam siklonunun kesiti görülmektedir. Temiz kömürün üst akımdan, batan ürünün de alt akımdan alındığı siklona, besleme ortadan yapılmaktadır.



Şekil 7.7. Beslenen tane boyutu ve siklon çapına göre ağır ortam siklon kapasiteleri (Multotec)



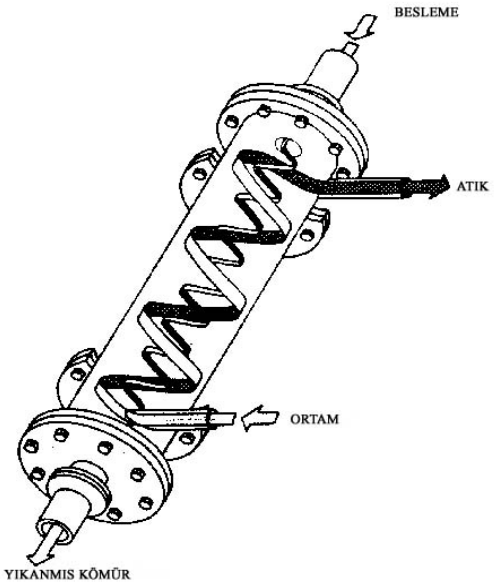
Şekil 7.8. Ağır ortam siklonu kesit resmi

B. DynaWhirpool Ayırıcısı

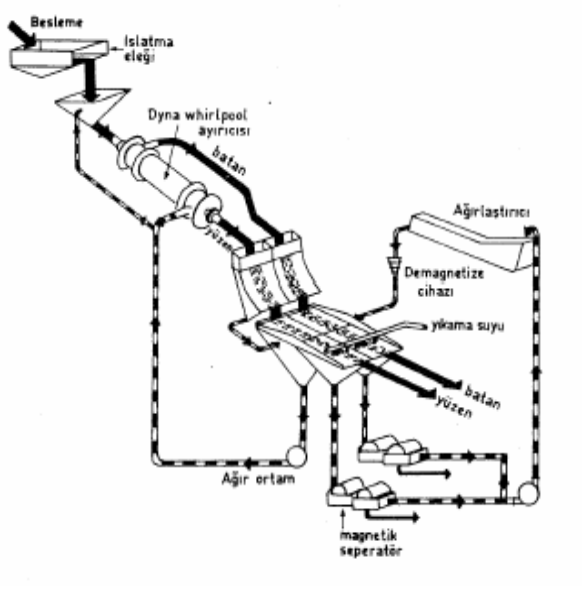
Ağır ortam siklonlarının farklı bir uygulaması olan bu aygıt, belli bir eğimde tutulan (15^o–25^o) bir silindir şeklindedir. Kömür ve metalik minerallerin ayırımında kullanılmaktadır. İşleyebildiği tane boyutu, 0,3–30 mm arasındadır. Tablo 7.11'de ölçü ve kapasiteleri verilen dynawhirpool ayırıcısının besleme basıncı 100-50 kPa olup, kapasiteleri çap ölçüsüne göre, 10–75 ton kömür/saat arasında değişmektedir. Dynawhirpool ayırıcısının şematik resmi Şekil 7.9'da, yıkama devresi akım şeması da Şekil 7.10'da görülmektedir.

Tablo 7.11. DynaWhirpool Ölçüleri ve Kapasiteleri (Denver Sala Basic, 1995)

İç Çap (mm)	230	305	380	457
Uzunluk (mm)	1555	1800	1950	2070
Kapasite (ton kömür/saat)	10 – 20	20 – 35	35 – 55	55 – 75



Şekil 7.9. Dynawhirpool ayırıcısı



Şekil 7.10. Dynawhirpool yıkama devresi

7.4.5.3. Şlam Devresi Zenginleştirme Ekipmanları

A. Hidrosiklonların Seçimi

Hidrosiklonlar için uygun geometrik boyutların ve kapasiteyi karşılamak üzere kaç adet gerektiğinin belirlenmesi, tasarım aşamasındaki iki ana amaçtır. Bunun için de, sınıflandırmadaki ayırım tane boyunun ve sınıflandırılması gereken pülpün hacimsel besleme hızının bilinmesi gerekir. Hidrosiklonların ayırım tane boyları d_{50} olarak ifade edilir. d_{50}, besleme içindeki tane boyu fraksiyonlarından ağırlıkça %50'si üst akımdan, %50'si alt akımdan alınan fraksiyonu temsil eden ortalama bir tane boyudur.

Bir hidrosiklondaki sınıflandırma, siklonun geometrik ve işletim parametrelerinin etkileşimine bağlıdır. Standart geometrik boyut orantıları olan bir siklon ile standart işletim koşulları altında yapılan sınıflandırma işlemleri temel alınarak, standart boyutlardan ve koşullardan sapmaların sınıflandırmayı nasıl etkilediğinin

ilişkilendirilmesi sonucu elde edilen bazı ampirik eşitlikleri veya grafikleri kullanarak hidrosiklonların seçimi yapılır. Tasarım aşamasında grafiklerin yapımcı firmalara göre değişiklik göstermesi doğaldır.

Siklonlardaki ayırım tane boyu d_{50} olarak ifade edilmekle birlikte, genellikle bir zenginleştirme işlemine girecek olan siklon üst akımındaki tanelerin spesifikasyonu belli bir tane boyundan ince malzemenin yüzdesi olarak verilir. O halde, her şeyden önce d_{50} ile üst akımdaki tane boyu dağılımı arasında ampirik bir bağıntı gereklidir. Aşağıdaki Tablo 7.12'de bu tür bir bağıntı verilmiştir (Arterburn, 1982). Örneğin, % 80'i 149 mikrondan ince olan bir üst akım isteniyorsa, buna karşı gelen uygulama d_{50} boyutu $(d_{50})^* = 1{,}25 \times 149 = 186$ mikrondur.

Bu şekilde belirlenmiş bir uygulama d_{50} boyutu ile standart siklonun (veya yapımcının referans siklonunun) standart işletim koşulları altında çalıştırıldığında elde edilecek $(d_{50})_{std}$ arasındaki bağıntı, aşağıdaki Denklem 7.1'de verilmiştir:

$$(d_{50})_{std}^* = (d_{50})_{std} \times F_1 \times F_2 \times F_3 \quad \text{.....(7.1)}$$

Tablo 7.12. d_{50} ile Üst Akımdaki Tane Dağılımı Arasındaki Bağıntı

Üst akımda belirli bir tane boyundan (d*, mikron) ince olması istenen malzemenin yüzdesi	$(d_{50})^* = f \,.\, d^*$ eşitliğindeki f çarpanının değeri
98,8	0,54
95,0	0,73
90,0	0,91
80,0	1,25
70,0	1,67
60,0	2,08
50,0	2,78

F_1 : Uygulamadaki siklon besleme pülpündeki hacimce katı yüzdesi için düzeltme faktörü,

F_2 : Siklon besleme basıncı için düzeltme faktörü,

F_3 : Sınıflandırılan katı tanelerinin özgül ağırlığı için düzeltme faktörü,

$$F_1 = \left(\frac{53 - C_v}{53} \right)^{-1,43} \qquad 0 < C_v < 40 \quad \text{.....(7.2)}$$

C_v : Beslemedeki hacimce katı yüzdesi,

$$F_2 = 3,27 x \Delta P^{-0,28} \qquad 20 \text{ kPa} < \Delta < 500 \text{ kPa} \quad \text{.....(7.3)}$$

ΔP : Siklon besleme basıncı, kPA

$$F_3 = \left(\frac{1,65}{S_k - S_L} \right)^{0,5} \qquad 1,3 < S_k < 7,0 \quad \text{.....(7.4)}$$

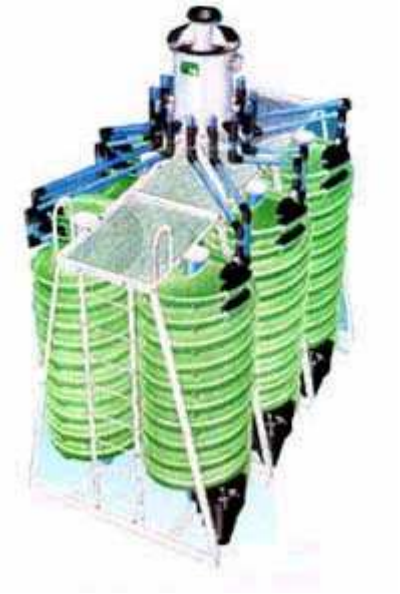
S_k : Katı tanelerinin özgül ağırlığı, g/cm^3

S_L : Pülpteki sıvının özgül ağırlığı (genelde 1,0), g/cm^3

Yukarıdaki düzeltme faktörlerini hesapladıktan sonra, uygulamada istenilen bir $(d_{50})^*$ boyutu için $(d_{50})_{std}$ boyutu, yukarıda verilen Denklem (7.1)'den hesaplanır. Yapımcı firmaların siklon seçimi grafiklerinde, $(d_{50})_{std}$ değeri kullanılır (Hoşten, 2002).

B. Spirallerin Seçimi

Spiraller, helezon şekline dönüştürülmüş bir olukta akan su içerisinde, merkezkaç kuvvetinden de yararlanarak, katı tanelerinin özgül ağırlığına, boyuna ve şekline göre ayırım yapan aygıtlardır. Şekil 7.11'de Multotec firmasınca üretilen çift girişli, 5 hatveli ve 6 kolonlu bir kömür spiral bataryasının resmi görülmektedir. Şekil 7.12'de ise, Krebs firmasının 8 kolonlu, iki kademeli kömür spiral bataryasının fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 7.11. Multotec Coal Spiral



Şekil 7.12. Krebs SWMS Coal Spiral

Cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılan spiraller, 1 mm–75 mikron tane aralığındaki ayırımlarda etkindir ve genelde 5 sarımlıdır. 7 sarımlı spiraller de mevcuttur. Bazı durumlarda üst tane boyu 3 mm kadar olabilir. Altın cevherindeki uygulamalarda 30 mikron inceliğe kadar etkin bir ayırım yapılabilir. Kömür spiralleri ise, 6–10 sarımlı olup, daha yayvan olukludur.

İnce kömür spiral zenginleştirilmesinin endüstriyel uygulamalarında genelde, ağırlıkça %30–35 katı oranı içeren besleme malzemesi, -8x150 mesh boyutundadır**.** Spiral zenginleştiriciye beslenecek malzemenin sınıflandırma siklonu ve/veya kavisli elekle susuzlandırılması gerekir. Spiral zenginleştiricide ayırma yoğunluğu genelde, 1,8–1,9 g/cm^3 aralığında değişir. Bu aralıktaki ayırmada Ep değerleri, 0,12 ile 0,15 arasındadır (Apodoca, 1988).

Spirallere beslenen pülpün optimum katı oranı %35 (kömür için %40), maksimum oran ise, %50'dir. Konsantredeki katı oranı tipik olarak % 65 (kömür için %30), ara üründe %60, artıkta ise %30'dur. Cevherin özelliklerine göre değişiklik göstermesi doğal olmakla birlikte, spirale beslenen katıların tipik olarak %10'unun konsantreye, %20'sinin ara ürüne, %70'inin ise artığa ayrılması beklenebilir.

Spirallerin optimum kapasiteleri 1,8–2,2 ton/saat kadardır. Maksimum kapasiteler, 3–4 ton/saat olabilir. Kapasiteyi artırmak için iki veya üç spiral iç içe bindirilir, böylece birim tesis alanında iki veya üç kat daha fazla kapasite elde edilir. Spiraller genellikle bataryalar halinde bir araya getirilerek, istenilen tesis kapasitesine ulaşılır. Tesisteki ana zenginleştirme yöntemi olarak kullanıldığında, kaba zenginleştirme, süpürme ve temizleme, bazen de ara ürün spiralleri olarak düzenlenir. Tablo 7.13'te Reichert spirallerinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.13. Reichert Spiral Ölçüleri (Burt, 1984)

MODEL	Tekne Hatvesi (mm)	Spiral Asamblesinin Yüksekliği (mm)	Teknenin Çapı (mm)	Kolon Kapasitesi (ton /saat)	Besleme Yoğunluğu (%)
2A	387	2370	590	1-1,5	15-35
2B	387	2370	590	1-1,5	15-35
3	387	2370	640	2-2,5	25-45
6	387	2054	610	1-1,5	25-45

7.4.5.4. Titreşimli Eleklerin Boyutlandırılması

Elekler, tanelerin geometrik boyutlarına göre ayırım yapan aygıtlardır. Endüstriyel elekler, sabit ya da hareketli olabilir. Titreşimli elekler, cevher hazırlama tesislerinde en

çok kullanılan elek türleridir. 250 mm ile 250 mikron aralığında kuru veya sulu elemede, tek, iki veya üç katlı olarak kullanılır.

Titreşimli eleklerin ölçülerinin seçimi için gerekli olan tasarım kriteri, söz konusu eleme koşullarında gerekli olan toplam elek alanıdır. Elek yapımcıları belirli standart ölçülerde elekler yaparlar ve elek türüne göre standart eleme koşullarında elek birim alanı için ampirik kapasite grafikleri verirler. Tasarım eleme koşullarının, standart koşullardan olabilecek farklılıklarını gidermek üzere, kullanılacak bazı düzeltme faktörlerinin değerleri de, tablolar halinde yapımcı kataloglarında bulunabilir. Elek genişliği ile uzunluğu arasındaki bazı optimum oranlar da gözetilerek, elek ölçüleri ve sayısı belirlenir. Toplam alanın belirlenmesinden önce, eleklere beslenecek malzemenin tane dağılımı göz önünde bulundurularak, tek veya iki, hatta üç katlı elek kullanılmasının yararlı olup olmayacağına karar verilmesi gerekebilir.



Şekil 7.13. Banana tip vibratör elek (Don Valley)

Toplam elek alanının hesaplanması için, yapımcılar tarafından verilen eşitlikler, ya eleğe beslenen toplam malzeme, ya besleme içindeki elek üstü malzeme ya da besleme içindeki elek altı malzeme esasına göredir (Taggart, 1976; Foreman, 1979).

Toplam Beslenen Malzeme Esasına Göre;

1. $$A = \frac{T}{C \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6}$$ (Lockwood, 1993) .....(7.5)

A : Net elek alanı, m^2

T : Eleğe beslenen toplam malzeme, ton/saat,

C : Ampirik birim kapasite, ton/m^2/saat,

K_1 : Malzemenin yığın yoğunluğu için düzeltme faktörü,

K_2 : Beslemedeki elek üstü malzemenin oranı için düzeltme faktörü,

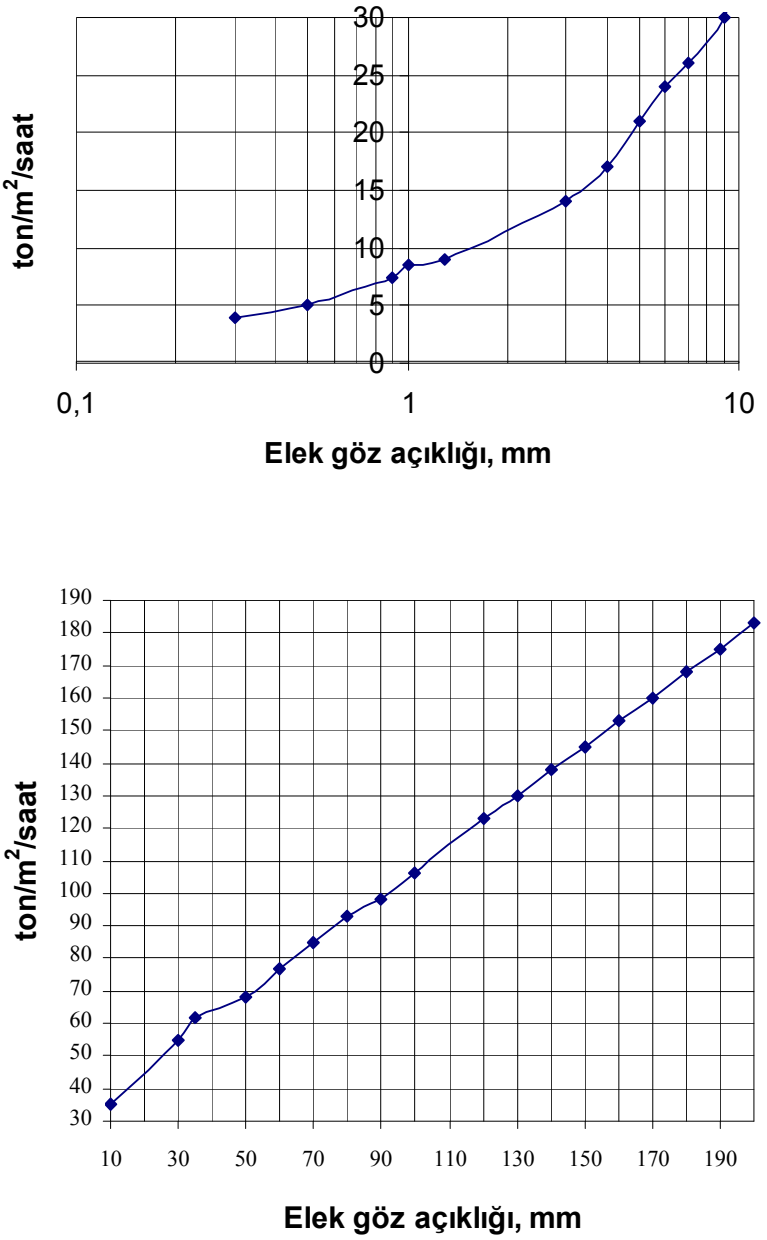
K_3 : Beslenen malzemedeki elek göz açıklığının yarısından ince malzeme oranı için düzeltme faktörü,

K_4 : Yaş eleme için düzeltme faktörü,

K_5 : Elek yüzeyindeki açıklıkların alan oranı için düzeltme faktörü,

K_6 : Yüzey nemi için düzeltme faktörü,

C ile gösterilen birim ampirik kapasite değerleri, aşağıdaki Şekil 7.14'deki grafiklerde, ayırım yapılması istenen elek göz açıklığına bağlı olarak verilmiştir.



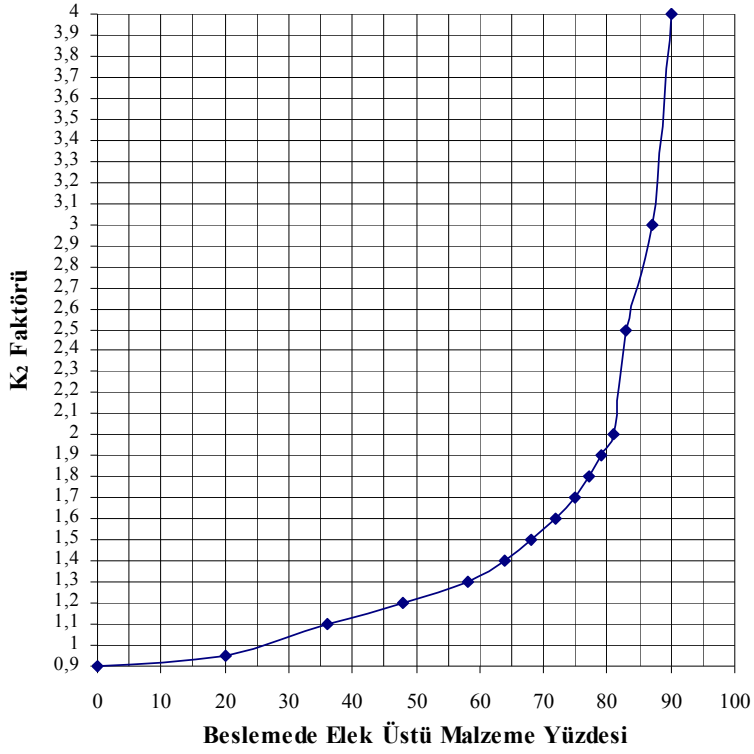
Şekil 7.14. Elek göz açıklığına bağlı olarak, elek birim ampirik kapasite değerleri

Bu değerler, elek üstü malzeme oranı %25, elek açıklığının yarısından daha ince malzeme oranı %40, yığın yoğunluğu 1,60 ton/m^3 ve yüzey nem oranı %3'ten az olan bir besleme malzemesinin, elek yüzeyindeki açıklıkların elek toplam alanının %50'sini oluşturduğu bir elek üzerinde, %90 verim ile kuru olarak elenmesi koşulları için

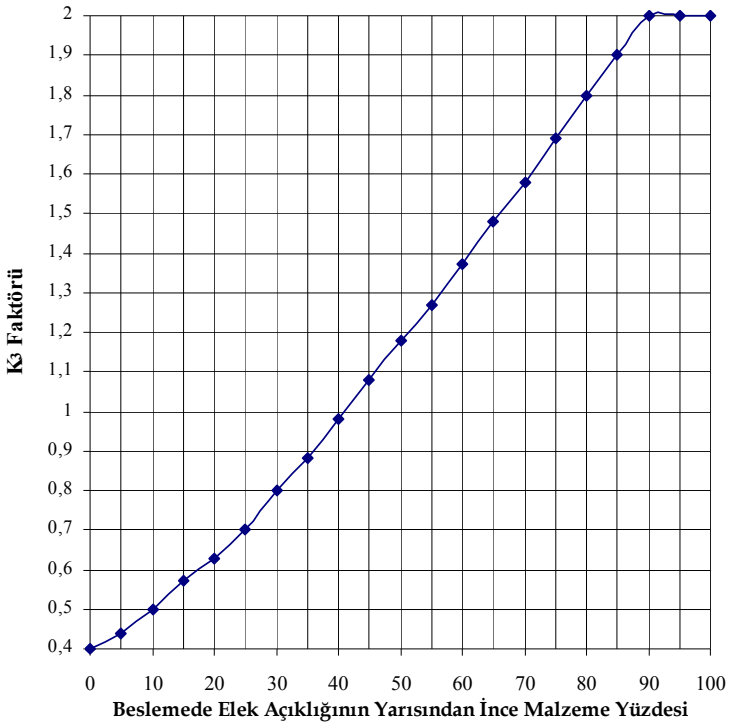
geçerlidir. Bu koşullardan farklılık gösteren uygulamalar için, düzeltme faktörlerinin bilinmesi gerekir.

Yığın yoğunluğu daha fazla olan bir malzeme, aynı tonaj için, elek üzerinde ortalama yoğunluktaki malzemeye göre daha az hacim kaplayacağından, birim kapasitenin artması, daha hafif bir malzeme için ise azalması beklenir. O halde, K_1 düzeltme faktörünün değerini bulmak için, elenecek malzemenin ton/m^3 cinsinden yığın yoğunluğunun 1,60 ton/m^3'e bölünmesi gerekir. Yığın yoğunluğu 2,08 ton/m^3 olan kırılmış demir cevheri için K_1 faktörü, 2,08/1,60=1,3 olmalıdır.

K_2 ve K_3 düzeltme faktörlerinin değerleri, grafiksel olarak Şekil 7.15 ve 7.16'da verilmiştir.



Şekil 7.15. K_2 düzeltme faktörünün değerleri



Şekil 7.16. K_3 düzeltme faktörünün değerleri

K_4 faktörünün kuru eleme için değeri 1'dir. Yaş eleme, ince tanelerin elek açıklıklarından geçmesine yardımcı olacağından, K_4 faktörünün değeri, 1'den büyük bir sayıdır. Verimli bir yaş eleme için önerilen su miktarı, beslenen malzemenin her bir m^3'ü için, 15-25 litre/dakika'dır. Elek açıklığına bağlı olarak K_4 faktörü değerleri, aşağıdaki Tablo 7.14'te verilmiştir.

Tablo 7.14. K_4 Düzeltme Faktörü Değerleri

Elek Açıklığı, mm	K_4 faktörü
1 - 3	1,4
5 - 6,5	1,25
8 - 12,5	1,2
14,5 - 25	1,1

Elek yüzeyindeki açıklıkların alanının toplam alana oranı %50 olduğunda, K_5 faktörü değeri 1'dir. %50'den farklı açıklık oranları için K_5'in değeri, yeni açıklık oranının yüzde değerinin 50'ye bölünmesi ile elde edilir.

K_6 faktörünün değeri, besleme malzemesindeki tanelerin yüzey nemine bağlı olarak aşağıdaki Tablo 7.15'te belirtilmiştir.

Tablo 7.15. K_6 Düzeltme Faktörü Değerleri

Yüzey Nemi, %	K_6 faktörü
< %3	1
% 3 - % 6	0,85
% 6 - % 9	0,75
> % 9	Yaş eleme zorunlu

2. $A = \dfrac{T}{T_T}$ (Taggart, 1976) .....(7.6)

$T_T = T_A \times V \times E \times H \times m$ .....(7.7)

A : Net elek alanı, ft^2

T : Eleğe beslenen toplam malzeme (ton/saat),

T_T : Toplam besleme şartlarında temel oran (ton/saat/ft^2),

T_A : Mekanik vibratörlü elekler için birim kapasite faktörü,

V : Beslemedeki elek üstü malzemenin oranı için düzeltme faktörü,

E : Verimlilik faktörü,

H : Beslenen malzemenin %50'sinin elek üstünde kalmasına, %50'sinin elek altına geçmesine uygun yarı boyut faktörü,

m : Yüzey nemi için düzeltme faktörü,

Denklem 7.6 ve 7.7, Link-Belt firmasınca Taggart tarafından, toplam malzeme esasına göre elek alanı belirlenmesi amacıyla ortaya konmuştur.

Tablo 7.16. Mekanik Vibratörlü Elekler için Birim Kapasite Faktör Değerleri

Mekanik vibratörlü elekler için birim kapasite faktörü (Link-Belt Co.)					
En küçük tane boyu limiti (inç)	Elek açıklığı (inç)	Tel çapı (inç)	Açık alan %	T_T	
				Eksantrik tahrik	Balanssız kasnak
3¾	4	¾	71	16,6	ÖNERİ YOK
3½	3¾	¾	69	16,1	
3¼	3½	⅝	72	15,6	
3	3¼	⅝	68	15,0	
2¾	3	⅝	68	14,5	
2½	2¾	½	72	13,9	
2¼	2½	½	69	13,5	
2	2¼	7/16	70	12,9	
1⅞	2	⅜	71	12,5	
1⅝	1¾	⅜	68	11,9	
1⅜	1½	5/16	68	11,5	9,2
1¼	1⅜	¼	72	11,2	
1⅛	1¼	¼	70	10,9	8,8
1	1⅛	0,225	68	10,7	
⅞	1	0,225	67	10,4	8,5
¾	⅞	0,207	65	10,0	8,0
⅝	¾	0,192	63	9,3	7,5
½	⅝	0,192	58	8,7	7,0
⅜	½	0,162	57	8,2	6,5
5/16	⅜	0,135	54	7,2	5,8
3	5/16	0,105	56	6,8	5,4
4	¼	0,105	50	6,2	5,0
6	0,128	0,072	40	2,8	2,2
8	0,104	0,063	39	ÖNERİ YOK	2,0
10	0,078	0,047	39		1,8
12	0,065	0,035	42		1,6
14	0,055	0,028	44		1,5
16	0,048	0,023	45		1,35
20	0,0425	0,018	46		1,2
24	0,034	0,016	46		1,05
28	0,0277	0,014	44		0,80
35	0,0201	0,0132	36		0,78
48	0,0146	0,0104	34		0,50
60	0,012	0,008	36		0,40
70	0,0097	0,007	34		0,325
80	0,008	0,0062	31		0,250
90	0,0073	0,0053	34		0,225
100	0,0061	0,005	30		0,200

Tablo 7.17. Mekanik Vibratörlü Elekler için Modifikasyon Faktör Değerleri

Modifikasyon Faktörleri				
% a	V	E	H	m
1-4	---	---	---	1
5	---	---	---	0,8
6	---	---	---	0,6
7	---	---	---	0,5
8	---	---	---	0,4
9	---	---	---	0,3
10	1,4	---	0,4	0,2
20	1,3	---	0,6	b
30	1,2	---	0,8	---
40	1,1	---	1	---
50	1,0	2	1,2	---
60	0,9	1,8	1,4	---
70	0,8	1,6	1,6	---
80	0,7	1,4	1,8	---
90	0,6	1,2	2	---
92	---	1	---	---
94	---	0,8	---	---
96	---	0,7	---	---
98	---	0,6	---	---

a: Beslemedeki elek üstü oranı

Tablo 7.16, mekanik vibratörlü elekler için Link-Belt firmasınca oluşturulan elek alanı hesabında kullanılmak üzere, elek birim kapasite faktör değerlerini, Tablo 7.17 ise, modifikasyon faktör değerlerini göstermektedir.

3. Titreşimli eleklerin boyutlandırılmasında, sonucu fazla etkilemeyecek parametrelerin iptal edildiği, daha basit bir şekilde boyut hesaplamalarında kullanılan Denklem 7.7'deki formül aşağıdadır.

$$A = \frac{Q}{q \times \gamma}$$ (Çilingir & Buğdaycı, 1988).....(7.8)

A : Elek alanı, m^2

Q :Kapasite, ton/saat,

q : Sabit, $m^3/m^2/h$,

γ : Yığın yoğunluğu, ton/m^3

q değeri, elek açıklığına bağlı olarak değişmektedir ve k elek açıklığı değerlerine göre, aşağıdaki Denklem 7.9, 7.10 ve 7.11'deki formüllerle hesaplanır.

k < 3 mm için, $q = 4 \times \log \frac{k}{0{,}08}$ .....(7.9)

6 < k < 40 mm için, $q = 24 \times \log \frac{k}{1{,}74}$ .....(7.10)

k > 40 mm için, $q = 51 \times \log \frac{k}{9{,}15}$ .....(7.11)

Bulunan A (net elek alanı) değerini karşılayacak şekilde; elek boyutları (genişlik x uzunluk), kapasiteyi sağlayacak elek sayısı ve eleğin kaç katlı olabileceği, üretici firmaların kataloglarından tespit edilebilir.

7.4.5.5. Susuzlandırma Elekleri

Susuzlandırma elekleri, tane boyuna göre ayırım yapabilmeleri için gerekli eleme alanına ve gerekli miktarda su uzaklaştırılmasını sağlayacak uzunluğa göre tasarlanmalıdır. Eğer katı-sıvı karışımı içerisinde, ağır ortam oluşturulmasında kullanılan ikinci bir katı var ise, bu katının diğer katıdan yıkanarak geri kazanımı için kullanılan susuzlandırma eleklerinin boyu, daha uzun olmalıdır. En yaygın kullanılanları, kavisli hareketsiz elekler ve titreşimli susuzlandırma elekleridir. İri kömür susuzlandırılmasında kullanılan elek kapasiteleri Tablo 7.18'de, ince kömür susuzlandırılmasında kullanılan titreşimli elek kapasiteleri ise, Tablo 7.19'da verilmiştir.

Tablo 7.18. İri Kömür Susuzlandırmasında Kullanılan Titreşimli Elek Kapasiteleri (Sandy and Matoney, 1979)

Sınıflandırılmış iri kömür susuzlandırılmasında kullanılan titreşimli elek kapasiteleri* (ton katı/saat/metre elek genişliği) (Sandy and Matoney,1979)					
Elek gözü açıklığı, mm	Beslemedeki maksimum su miktarı (elek genişliğinin her bir metresi için) m^3/saat/m	Beslenen kömür tane boyu, mm			
		-19+6,3	-31,5+6,3	-50+6,3	-100+6,3
6,3	185-210	60-67	65-73	75-84	90-100
0,5	88-98	50-56	55-61	--	80-92

*0,91 m (3 ft) ve 2,44 m (8 ft) genişliğindeki elekler için, sırası ile

Tablo 7.19. İnce Kömür Susuzlandırmasında Kullanılan Titreşimli Elek Kapasiteleri (Sandy and Matoney, 1979)

İnce kömür susuzlandırılmasında kullanılan titreşimli elek kapasiteleri* (ton katı/saat/metre elek genişliği) (Sandy and Matoney,1979)					
Elek gözü açıklığı, mm	Beslemedeki maksimum su miktarı (elek genişliğinin her bir metresi için) m^3/saat/m	Beslenen kömür tane boyu, mm			
		-20+0	-12,5+0	-9,5+0	-6,3+0
0,25	44-45	35-39	30-33	27-30	22-25
0,50	66-78	46-52	42-47	37-42	30-33
1,00	132-151	49-54	45-50	40-45	31-36

*0,91 m (3 ft) ve 2,44 m (8 ft) genişliğindeki elekler için, sırası ile

Trapez kesitli tellerden yapılmış, yıkama ve süzme eleklerinin kapasiteleri aşağıdaki Denklem 7.12'de verilen formülle bulunabilir (Symonds, 1986):

$$C = 12\ (d_m^{\,2} * S_k^{\,2})^{1/3} \quad \text{.....(6.12)}$$

C = Elek kapasitesi, t/h/m elek genişliği,

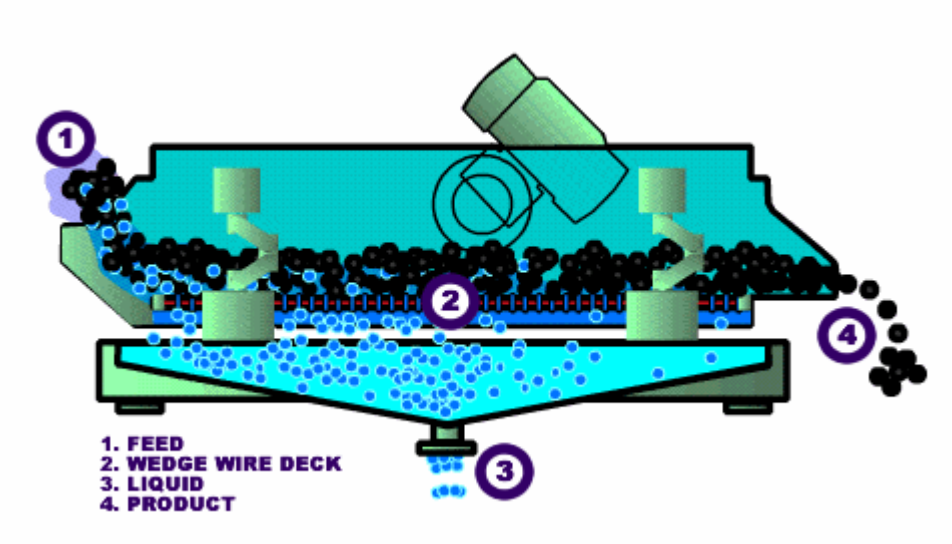
d_m = Kömür taneciklerinin ağırlık dağılımına göre ortalama boyu, mm

S_k = Kömür taneciklerinin özgül ağırlığı, ton/m^3

Yıkama ve süzme eleklerinin önüne kavisli elek konulduğunda, bu kapasite değerleri %25 artırılabilir. Ağır ortam manyetitinin katı ürün taneciklerinin üzerinden

yıkanması için gerekli püskürtme suyunun miktarı ise, 0,4-0,75 m^3 su/saat/ton katı ürün olup, katı ürün tane boyu azaldıkça daha çok püskürtme suyu gereklidir (Symonds, 1986).

Şekil 6.17, Parnaby firmasının imalatı olan bir susuzlandırma eleğinin, şematik çalışma resmini göstermektedir.



Şekil 7.17. Parnaby susuzlandırma eleği şematik resmi

7.4.5.6. Kavisli Hareketsiz Susuzlandırma Elekleri (Sieve Bend)

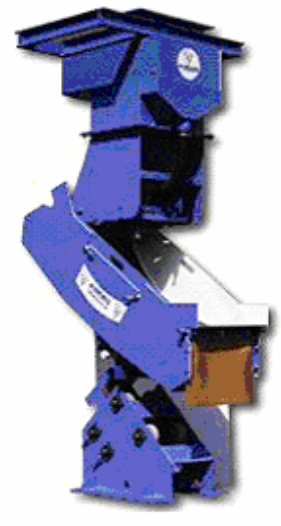
Kavisli elekler, titreşimli elekler ve santrifüjler öncesinde, kömürün ön susuzlandırılmasında veya titreşimli eleklerle birlikte, ağır ortam manyetitinin geri kazanımında, titreşimli eleğe giden manyetit miktarını azaltmada kullanılır. Böylece, kavisli elekleri takip eden titreşimli eleklerin daha kısa seçilmesi, mümkün olmaktadır.

Kavisli yüzeydeki akışın sağladığı merkezkaç kuvvetinin etkisi altında, susuzlandırma ve tane boyuna göre eleme işlemi, aynı anda gerçekleşir. Tane boyuna göre en keskin ayırım, elek aralığının yarısına veya üçte ikisine eşit olan tane boylarında

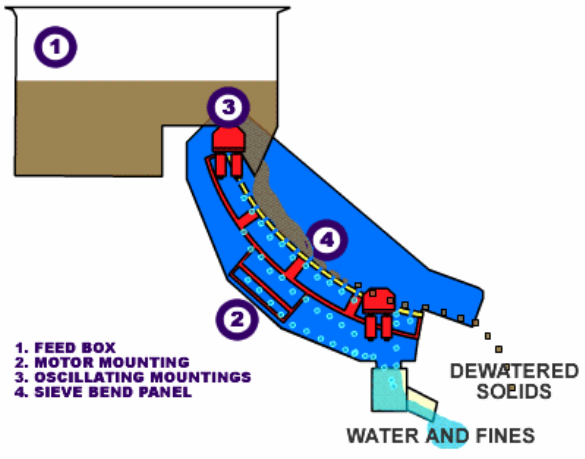
elde edilebilmektedir. Genel tasarım kuralı, elek aralığının ayırım yapılması gereken tane boyunun iki katı olarak seçilmesidir. Kavisli eleğin boyutlarının seçimi, katı-sıvı karışımının birim zamandaki besleme hacmine bağlıdır. Anma boyutları, genellikle kavisli yüzeyin yarıçapı ve yay açısı cinsinden tanımlanır. Elek kapasitesi, belirli bir yay açısı için, birim elek genişliğinin veya birim elek alanının ayırabileceği sıvı hacmi olarak belirtilir.

Ağır ortam geri kazanım devresinde kullanılan ve 0,5 mm'de katı tane ayırımı yapan bir kavisli eleğin normal koşullar altında, 70-120 $m^3/h/m^2$ sıvı ayırma kapasitesinin olabileceği belirtilmektedir (Symonds, 1986).

Şekil 7.18, Krebbs firmasının ürettiği sabit hareketsiz sieve bendini, Şekil 7.19 ise, Parnaby firmasının ürettiği hareketli sieve bendini göstermektedir.



Şekil 7.18. Sabit sieve bend (Krebbs)



Şekil 7.19. Hareketli sieve bend (Parnaby)

Tablo 7.20, sieve bend performans değerleri, Tablo 7.21 ise sieve bend karakteristik değerleri verilmiştir.

Tablo 7.20. Sieve Bend Performans Değerleri (Sandy and Matoney, 1979)

Sieve Bend Performans Değerleri, Sandy and Matoney, 1979
Besleme: 25 mm x 0 mm coal slurry
Elek : 60°, 0,5 veya 0,7 mm açıklık
Kapasite: 150 $m^3/h/m$ genişlik
Giriş Nemi : % 85
Çıkış Nemi : % 35

Tablo 7.21. Sieve Bend Karakteristik Değerleri, (Sandy and Matoney, 1979)

Susuzlandırmada Kullanılan Sieve Bend'in Karakteristikleri, Sandy and Matoney, 1979			
Besleme	9,5 mm x 0 mm coal slurry		
Elek	60°, 0,7 mm açıklık		
Kapasite	112,5 $m^3/h/m$ genişlik		
Sınıflandırma noktası	0,30 mm		
	Besleme, %	Üst Boyut, %	Alt Akım, %
Ağırlıkça konsantrasyon	30,0	75,6	5,6
İyileştirme	---	87,9	---
Boyut, mm			
0,075 x 0	9,00	2,20	65,00
0,15 x 0,075	4,50	1,80	26,70
0,212 x 0,15	6,50	6,30	8,30
0,60 x 0,212	7,00	7,90	Eser
1,0 x 0,60	17,00	19,10	
+1,0	56,00	62,70	

Yukarıda verilen kapasite değerleri, üst akım ürünün nemi yüksek tutulursa (sieve bend, susuzlandırma elek girişi, sallantılı masa veya ince kömür jigi hazırlığında kullanılırsa), kapasitesi 225 $m^3/h/m$ genişlik değerine kadar çıkarılabilir (Sandy and Matoney, 1979).

7.4.6. Tüvenan Kömür Hazırlama Devresi Ekipmanları

7.4.6.1. Döner Kırıcılar

Döner kırıcı, zincir ve redüktör tahriki ile çalıştırılan, elektrik motoru ile güç verilen, döner büyük bir silindirdir. Döner kırıcı, sadece yerçekimi vasıtasıyla malzemeleri kırar.

Bu silindir, delikli elek plakaları, kaldırma rafları, saptırıcı ve bir atık madde oluğundan oluşur. Elek plakalarının delik boyutu, işlenecek maksimum boyuttaki kömürü belirler. Kömür kırıcıya, silindirin besleme ucu tarafından verilir.

Beslenen kömür, ilk aşamada delikli elek plakaları vasıtası ile elenir. Daha iri boyuttaki kömür, silindir içinden saptırıcılar ile kaldırma raflarına aktarılarak yukarı doğru kaldırılır ve elek plakaları üzerine düşürülerek darbe etkisi ile kırılması sağlanır. Bu kısımda darbe sonrasında doğal kırıklaşma hattı boyunca oluşan çatlaklar ile geçen kömürden minimum oranda ince kömür üretimi temin edilmiş olur. Elek plakalarından dışarı doğru verilmeyen kömür, silindirden ileri doğru kaldırılıp düşürülerek yoluna devam eder. Kırılmaya karşı direnç gösteren taş ve diğer malzemeler, atık malzeme oluğu ile en sonunda boşaltma ucundan dışarı atılır.

Döner kırıcıların boyut ve kapasitelerinin verildiği Tablo 7.22'den izleneceği üzere, sert kömür için döner kırıcının çap ve uzunluğu artmaktadır. Döner kırıcının kapasitesi, kömürün sağlamlık ve gevrekliğine bağlı olarak, dikkate değer bir şekilde değişmektedir. Elek açıklıkları, ürün boyutunun çapından ½" daha büyük seçilmelidir.

Tablo 7.22. Döner Kırıcıların Boyut ve Kapasiteleri (Austın, 1979)

Boyut (m.) (Çap x Uzunluk)	Motor Gücü (HP)	Kapasite (t/h)	Kömür Tipi
1,83 X 2,44	10	68 - 137	Yumuşak
2,14 X 4,27	15 - 20	114 - 228	Yumuşak
2,75 X 5,19	40 - 50	250 - 410	Orta sert
3,20 X 5,80	60 - 75	455 - 683	Orta sert
3,66 X 6,71	100 - 150	910 - 1.365	Sert

Döner kırıcıların motor güçlerini tespit etmek için, aşağıdaki Denklem 7.13'deki formül kullanılabilir.

$$P(HP) = \frac{d \times (75 \times \pi \times L)}{44}$$ (Taggart, 1979) .....(7.13)

P = Motor gücü, HP

d = Döner kırıcı çapı, feet

L = Döner kırıcının uzunluğu, feet

Şekil 7.20'de döner kırıcının tesisteki görünümünden bir örnek verilmiştir.



Şekil 7.20. Döner kırıcı

7.4.6.2. Merdaneli Kırıcılar

Merdaneli kırıcılar, yüzeyleri dişli plakalarla kaplanmış silindirik bir gövdeden oluşmaktadır. Kırma işlemi silindirik gövde üzerindeki dişler ile kırıcı plaka arasında oluşur. Kırıcı gövdesinin üst besleme ağzından verilen iri ve sert kömür parçaları, uzun dişler tarafından yakalanarak, kırıcı plaka yüzeyine doğru çekilir. Bu suretle sıkışan parçalar, kısa dişler tarafından ezilerek yırtılır ve parçalanır.

Bu kırıcıların boyutları, dişli merdanenin çapı ve boyu ile tanımlanır. Kırılacak kömürün maksimum boyutu, kırıcı merdane çapının yarısından fazla olamaz.

Çift merdaneli dişli kırıcılar, silindirik gövde yüzeyleri dişli plakalarla kaplanmış, ters yönde dönen iki merdaneden oluşur. Besleme, kırıcı gövdenin üst ağzından iki merdane arasına yapılır. Dişli merdanenin çapı, boyu, iki merdane arasıdaki açıklığa ve devir adedine göre değişir. Bu kırıcılar da tek merdaneli kırıcılar gibi çok ağır devirle çalışır. Devirleri ortalama, 100-150 devir/dakikadır.

Çift merdaneli kırıcıların boyut ve kapasitelerine ait bilgiler, Tablo 7.23'te verilmiştir.

Tablo 7.23. Çift Merdaneli Kırıcıların Boyut ve Kapasiteleri (Austın, 1979)

KÖMÜR CİNSİ	Merdane Boyutu (cm)			Maksimum Besleme Boyutu (cm)			Merdane Hızı dev/dk	Ürün Boyutu (cm)							Motor Gücü (HP)
								3,2	5,1	7,6	10,1	12,7	15,2	18,4	
	Çap	x	Boy					Kapasite (t/h)							
SERT KÖMÜR	46	x	38	10	-	20	150	18	27	32	46	55			5
	51	x	46	10	-	25	150	27	36	46	64	77			7½
	61	x	91	15	-	41	130	59	82	155	155	182	246	273	15
	76	x	122	20	-	51	115	100	137	228	228	300	364	410	25
ORTA SERT KÖMÜR	46	x	38	10	-	25	150	23	32	41	59	64			5
	51	x	46	10	-	36	150	36	46	59	77	91			7½
	61	x	91	15	-	46	130	73	105	127	182	237	264	319	15
	76	x	122	20	-	61	115	127	168	214	273	355	419	523	25
YUMU-ŞAK KÖMÜR	46	x	38	10	-	30	150	27	36	46	64	82			5
	51	x	46	10	-	41	150	46	55	73	91	118			7½
	61	x	91	15	-	51	130	91	127	164	200	264	319	410	15
	76	x	122	20	-	61	115	159	196	255	341	428	501	637	25

7.4.6.3. Titreşimli Besleyiciler

Bir titreşim mekanizmasına bağlanmış, tabla şeklinde besleyicilerdir. Yüzeyleri, aşınmaya dayanıklı çelik levhalar ile kaplanır. 100 meş incelikten 30 cm parça büyüklüğüne kadar geniş bir tane boyu aralığındaki malzemenin beslenmesinde kullanılabilir.

Titreşimli besleyici boyutlarının seçimi, beslenecek malzeme içindeki en iri tane boyuna, tane boyu dağılımına ve istenilen besleme kapasitesine göre yapılır. En iri tane boyu ve tane boyu dağılımı, besleyicinin genişliğini belirler. Besleyicinin uzunluğu malzemenin besleneceği birime olan uzaklığına ve malzemenin yığın açısına bağlıdır.

Tablo 7.24'te, titreşimli besleyici seçim katsayıları, Tablo 7.25'te ise, titreşimli besleyici ölçüleri ve motor güçleri verilmiştir.

Tablo 7.24. Titreşimli Besleyici Seçim Katsayıları (Nordberg-Rexnord, 1984)

Beslenen malzemedeki iri tanelerin yüzdesi*	Besleyici genişlik katsayısı	Besleyici hunisi boğaz açıklığı katsayısı
< % 10	1	1,5
% 10 - % 40	1,5	2
% 40 - % 60	2	2,5
% 60 - % 80	2,5	3
% 80 - % 100	3	3,5

* Malzemedeki en iri tane boyundan, en iri tanenin %80'i büyüklükteki tane boyuna kadar olan aralıktaki malzemenin yüzdesi

Tablo 7.25. Titreşimli Besleyici Ölçüleri ve Motor Güçleri (Nordberg-Rexnord, 1984)

Genişlik, m (inç)	Uzunluk, m (ft)						
	1,83 (6)	2,44 (8)	3,05 (10)	3,65 (12)	4,26 (14)	4,87 (16)	5,48 (18)
0,46 (18)	3	3	-	-	-	-	-
0,61 (24)	3	3	3	-	-	-	-
0,66 (26)	-	7,5	7,5	-	-	-	-
0,76 (30)	5	5	5	5	-	-	-
0,81 (32)	-	10	10	10	10	10	-
0,91 (36)	7,5	7,5	7,5	7,5	-	-	-
0,97 (38)	-	10	10	10	10	10	10
1,12 (44)	-	15-20	15-20	15-20	15-20	15	15
1,27 (50)	-	15-20	15-20	15-20	15-20	15	15

Besleyicilerin kapasiteleri, genişlikleri ve besleyicinin eğimi ile doğrudan ilintili olduğundan 1,6 ton/m^3 yığın yoğunluğu olan +2,5-7,5 cm tane boyu aralığındaki

ortalama bir malzeme için kataloglarda verilmiş olan kapasite değerleri Denklem 7.14 ile verilen bağıntıya indirgenebilir (Nordberg-Rexnord, 1984).

Kapasite (ton/saat) = (genişlik, m) x 400 x (eğim katsayısı) .....(7.14)

Eğim katsayısı için aşağıdaki değerler kullanılabilir:

Besleyicinin yatay konumu için: 1,0

5^o eğimli konumu için : 1,25

10^o eğimli konumu için : 1,50

15^o eğimli konumu için : 1,80

Titreşimli besleyicinin genişliğini bulmak için, Tablo 7.24'ten besleyici genişlik katsayısı bulunur ve malzeme içindeki en iri tane boyu ile çarpılır. Yapımcı firmaların standart genişliklerde olan besleyicilerden, bu çarpım değerine en yakın olan ve yeterli kapasiteyi sağlayan besleyicinin genişliği, tasarım genişliği olarak seçilir. Aynı şekilde, besleme hunisi boğaz açıklığı katsayısı, en iri tane boyu ile çarpılarak, gerekli besleme hunisi boğaz açıklığı bulunur.

7.4.6.4. Titreşimli Izgaralı Besleyiciler

Kırıcıya beslenecek olan tüvenan malzeme içindeki ince malzeme oranı %15'ten fazla ise, kırıcı girişindeki beslemenin titreşimli ızgaradan yapılması, kırıcı verimini artıracaktır. Titreşimli ızgaralı besleyiciler, aynı şasi üzerine yerleştirilmiş düz plakalı bölümü takiben, bir veya iki ızgaralı bölümden oluşur. Titreşimli ızgaraların genişlikleri ve kapasiteleri, yukarıda titreşimli düz besleyiciler için verilen yöntem ile bulunabilir. Ancak, motor güçleri ızgaralı besleyiciler için daha fazladır.

Şekil 7.21'de fotoğrafı verilen titreşimli ızgaralı besleyicilerin motor güçlerini de, Tablo 7.26 göstermektedir.

Tablo 7.26. TIB Motor Güçleri, BG



Şekil 7.21. Titreşimli ızgaralı besleyici

Titreşimli Izgaralı Besleyicilerin Motor Güçleri		
Genişlik m (inç)	Motor Gücü, BG	
	Tek Izgaralı	İki Izgaralı
0,61 (24)	7,5-10	-
0,76 (30)	10-20	-
0,91 (36)	20-25	-
1,07 (42)	20-30	30-40
1,22 (48)	25-40	30-50
1,37 (54)	30-40	40-50
1,52 (60)	50-60	60-75
1,68 (66)	60	60-75
1,83 (72)	60-75	60-75
2,13 (84)	75-100	75-100

7.4.6.5. Bantlı Konveyörler

Bantlı konveyörler, yatay veya eğimli olarak çalıştırılabilir. Maksimum bant eğimi taşınacak malzemenin yığın açısına bağlı olmakla birlikte tüvenan cevher için 15^{o}, kırılmış cevher için 18^{o} olarak alınabilir. Bant genişliği, en iri parça boyuna göre seçilir. Bant kapasitesi ise bant hızına, bant üzerindeki malzemenin kesit alanına ve malzemenin yığın yoğunluğuna bağlıdır. Tesis dışı uzun mesafeli taşımalarda bant hızı 300 metre/dakika'ya kadar çıkabilmekte ise de, tesis içi uygulamalarda bant hızının 100 metre/dakika'yı geçmemesi önerilmektedir. Tablo 7.27'de verilen bantlı konveyör kapasite değerleri, ön tasarım uygulamaları için yeterlidir.

Tablo 7.27. Bantlı Konveyör Kapasiteleri (Ruhmer, 1987)

Bant genişliği (inç-mm)	En iri parça boyu (Malzemenin çoğu bu boya yakın ise)	En iri parça boyu (Malzemenin % 90'ı bu boydan küçük ise)	Birim yük (kg/m)	Kapasite (Bant hızının her m/dk. için ton/h)*
24-610	127 mm	203 mm	50	3,00
30-762	152 mm	254 mm	78	4,70
36-914	178 mm	305 mm	113	6,76
42-1067	203 mm	356 mm	153	9,20
48-1219	229 mm	406 mm	200	12,00

*Bant hızının 100 m/dk.yı aşmaması önerilmektedir. Kapasite değerleri, 1,6 ton/m^3 yığın yoğunluğundaki ortalama malzeme için verilmiştir.

Bantlı konveyörlerin tahrik şaftına aktarılması gereken güç, Tablo 7.28'deki A ve B güç faktörleri kullanılarak, Denklem 7.15 ve 7.16'daki formüllerle tespit edilebilir.

Tablo 7.28. Bantlı Konveyörler için A ve B Güç Faktörleri (Ruhmer, 1987)

Bant Uzunluğu, metre	Bant uzunluğuna göre B faktörü değerleri, kW	Bant uzunluğuna ve aşağıdaki bant genişliklerine bağlı olarak bant hızının her 30 m/dk'sı için A faktörü, kW				
		610 mm	762 mm	914 mm	1067 mm	1219 mm
7,5	$4{,}17 \times 10^{-3}$	0,40	0,47	0,54	0,62	0,74
15	$4{,}67 \times 10^{-4}$	0,43	0,50	0,58	0,67	0,80
30	$5{,}83 \times 10^{-5}$	0,47	0,57	0,65	0,77	0,91
45	$6{,}83 \times 10^{-6}$	0,52	0,64	0,73	0,86	1,02
60	$7{,}83 \times 10^{-7}$	0,57	0,70	0,81	0,96	1,13
75	$9{,}00 \times 10^{-8}$	0,62	0,77	0,89	1,06	1,24
90	$10{,}00 \times 10^{-9}$	0,67	0,83	0,97	1,16	1,35
105	$11{,}00 \times 10^{-10}$	0,71	0,90	1,04	1,25	1,46
120	$12{,}00 \times 10^{-11}$	0,77	0,96	1,13	1,35	1,58
135	$13{,}17 \times 10^{-12}$	0,81	1,03	1,20	1,45	1,69
150	$14{,}17 \times 10^{-13}$	0,86	1,10	1,28	1,55	1,80

Güç (kW) = 1,1 x (A + B x (ton/saat kapasite) + C) .....(7.15)

C (kW) = (kapasite, ton/saat) x (yükseklik, m) x $2{,}8 \times 10^{-3}$ ..... (7.16)

A: Yatay ve boş bantı 30 m/dk. hızla hareket ettirmek için gerekli güç faktörü,

B: Malzeme yüklü bandı yatay olarak herhangi bir hızda hareket ettirmek için gerekli güç faktörü,

C: Malzemeyi herhangi bir hızda belirli bir yüksekliğe taşımak için gerekli güç faktörü.

BÖLÜM 8

SEYİTÖMER BÖLGESİ KÖMÜRÜ

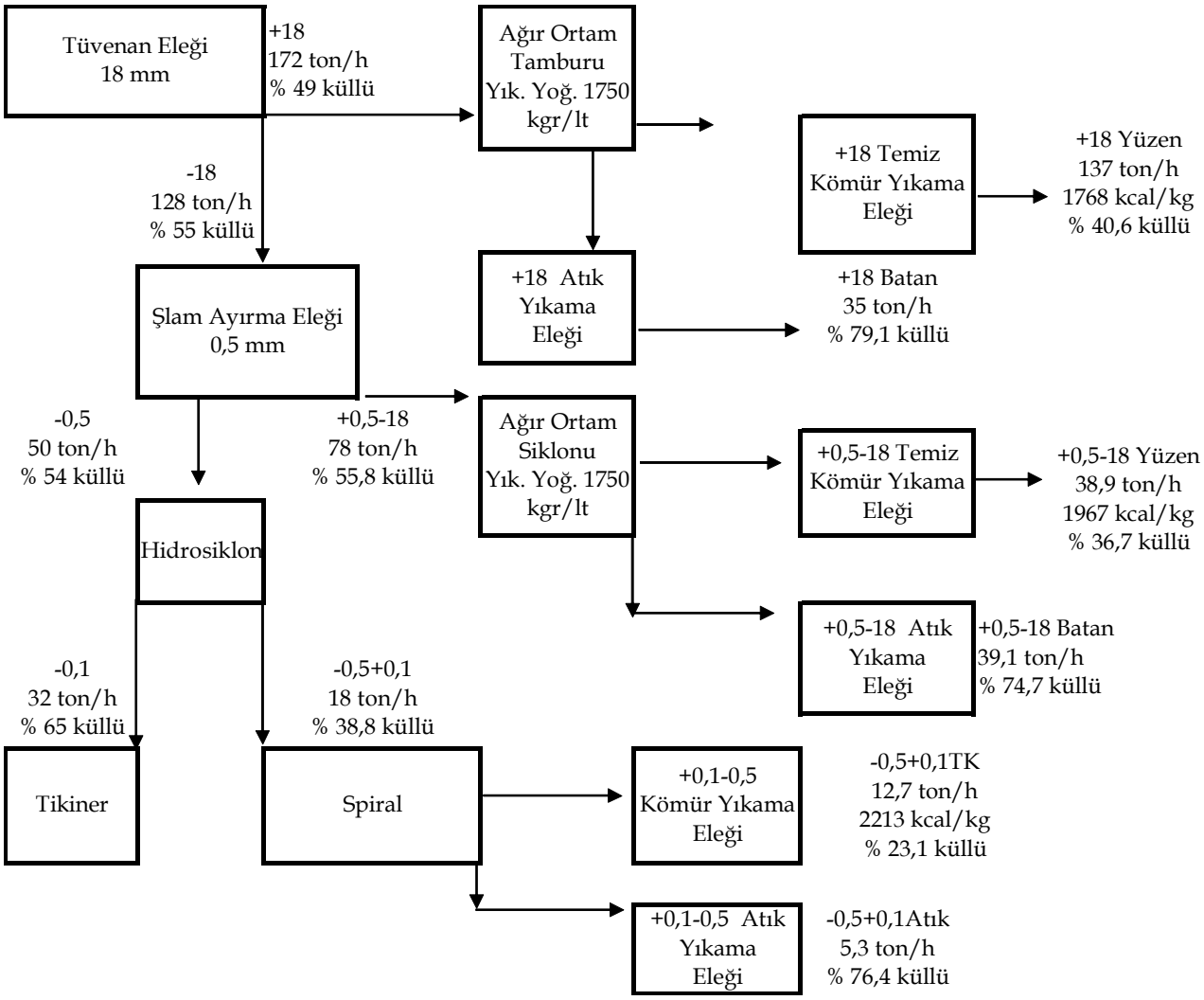
için TESİS TASARIMI

8. Tesis Akım Şeması Geliştirme

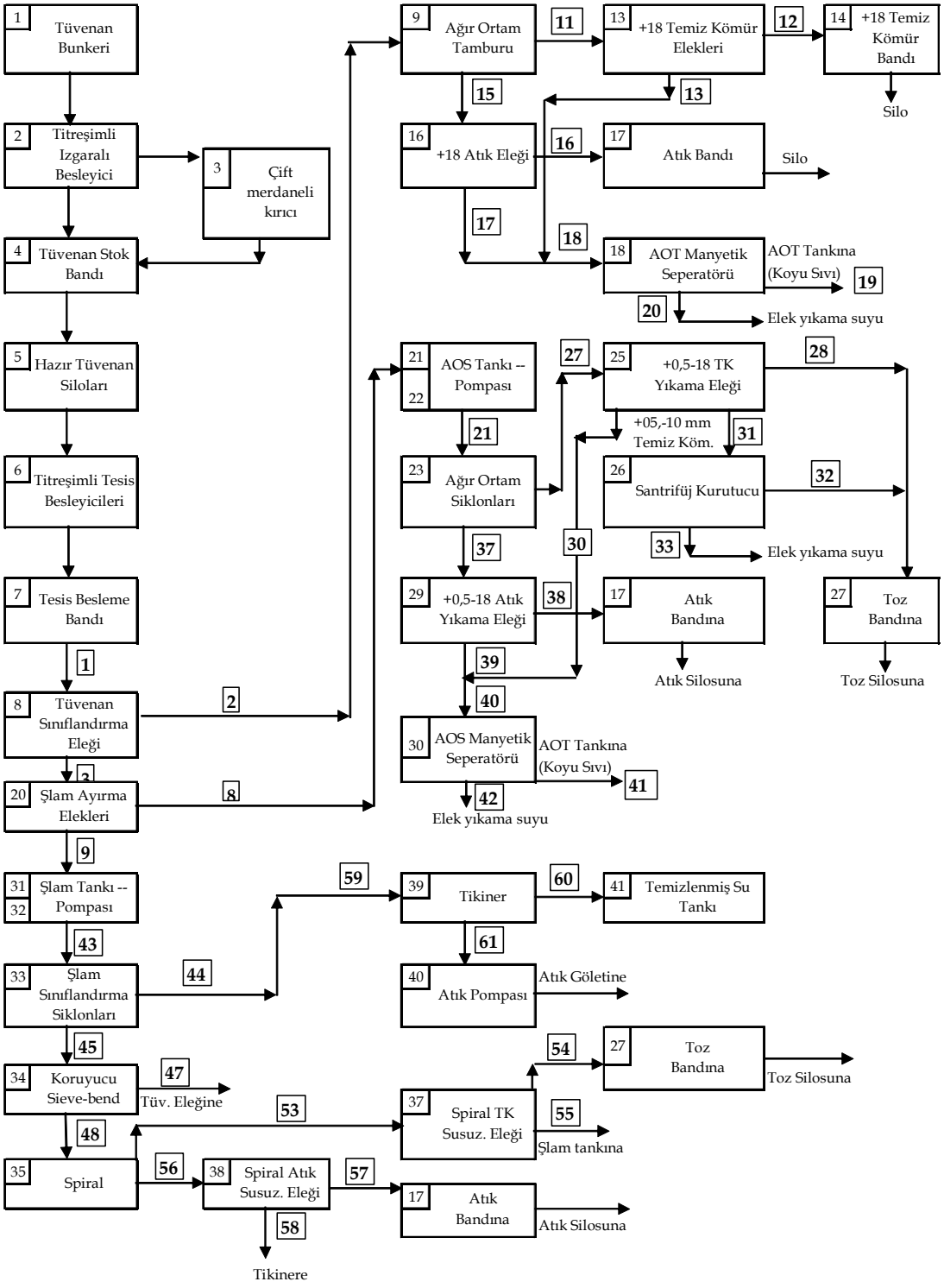
Tesis, tüvenan hazırlama ve zenginleştirme olarak birbirinden bağımsız iki grup olarak tasarlanacaktır. Hazır tüvenan siloları, tesisin bir saat süre ile çalışabilmesini temin edecek kapasitede seçilecektir. 600 ton/saat kapasitesindeki tesis, 300 ton/saat kapasiteli ve birbirine paralel çalışan iki bağımsız gruptan oluşacaktır.

7.1.Tesis Süreç Akım Şeması

Öngörülen tesis zenginleştirme devrelerinin genel akım şeması, elde edilecek ürün özellikleri ile birlikte, tesis süreç akım şeması olarak Şekil 8.1'de verilmiştir. Şekil 8.2'de ise, tesis süreç akım şemasının ekipman ve akım numaraları şeklinde sunulduğu blok diyagram gösterilmektedir.



Şekil 8.1. Tesis zenginleştirme devreleri



Şekil 8.2. Tesis akım şeması blok diyagramı

8.2. Tesis Kütle Denkliği

Öngörülen tesis kütle denkliği, Tablo 8.1. ve ekipman listesi Tablo 8.2. olarak, aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8.1. Seyitömer Bölgesi B-3 Kömürü için 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Kütle Denkliği Tablosu

Akım No	Akım Adı	ton/saat	m^3/h	m^3/h	Toplam	pülp
		Kömür	Su	Manyetit		Katı %
1	Tüvenan Eleği	350	290	---	640	54,70
2	Tüvenan Eleği Üst Akımı	172	7	---	179	95,96
3	Tüvenan Eleği Alt Akımı	128	283	---	411	31,18
4	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i(2)	128	283	---	411	31,18
5	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i (2) Üst Akımı	115	32	---	147	78,26
6	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i (2) Alt Akımı	13	251	---	263	4,86
7	Şlam Ayırma Eleği (2)	115	103	---	218	52,75
8	Şlam Ayırma Eleği (2) Üst Akımı	78	---	---	78	100,00
9	Şlam Ayırma Eleği (2) Alt Akımı	37	103	---	140	26,50
10	+18 Kömür Yıkama Eleği Önü Sabit Rima Elek	137	---	206	343	40,00
11	+18 Kömür Yıkama Eleği	137	113	206	456	30,05
12	+18 Kömür Yıkama Eleği Üst Akımı	137	3	---	140	---
13	+18 Kömür Yıkama Eleği Alt Akımı	---	111	206	316	---
14	+18 Atık Yıkama Eleği Önü Sabit Rima Elek	35	---	53	88	40,00
15	+18 Atık Yıkama Eleği	35	29	53	116	30,05
16	+18 Atık Yıkama Eleği Üst Akımı	35	1	---	36	---
17	+18 Atık Yıkama Eleği Alt Akımı	---	28	53	81	---
18	Ağır Ortam Tamburu Manyetik Seperatörü	---	139	39	178	---
19	Ağır Ortam Tamburu Manyetik Seperatörü Koyu Sıvı	---	---	32	32	---
20	Ağır Ortam Tamburu Manyetik Seperatörü Sulu Sıvı	---	146	---	146	---
21	Ağır Ortam Siklonu Girişi	78	---	244	322	---
22	Ağır Ortam Siklonu Üst Akımı	39	---	177	216	---
23	Ağır Ortam Siklonu Alt Akımı	39	---	67	106	---
24	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend'i	39	---	195	234	16,67
25	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend Üst Akımı	39	---	39	78	50,00
26	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend Alt Akımı	---	---	156	156	---
27	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği	39	32	39	110	35,36
28	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Üst Kademe Akımı (10-18)	20	1	----	20	96,02
29	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Alt Kademe Akımı (0,5-10)	19	6	----	25	76,92
30	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Alt Akımı	---	26	39	65	---
31	Santrifüj Kurutucu Girişi	19	6	----	25	76,92
32	Santrifüj Kurutucu Kömür Çıkışı	19	1	----	20	95,24
33	Santrifüj Kurutucu Su Çıkışı	---	5	----	5	---
34	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend'i	40	---	200	240	16,67
35	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend Üst Akımı	40	---	40	80	50,00
36	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend Alt Akımı	---	---	160	160	---
37	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	40	33	40	113	35,36
38	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Üst Akımı	40	1	---	41	97,97
39	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Alt Akımı	---	32	40	72	---
40	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü	---	65	12	77	---
41	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü Koyu Sıvı	---	---	9	9	---
42	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü Sulu Sıvı	---	68	---	68	---
43	Şlam Sınıflandırma Siklonları	50	354	---	404	12,38
44	Şlam Sınıflandırma Siklonları Üst Akımı	32	327	---	359	8,91
45	Şlam Sınıflandırma Siklonları Alt Akımı	18	27	---	45	40,42
46	Koruyucu Sieve Bend	18	27	---	45	40,42
47	Koruyucu Sieve Bend Üst Akımı	0	0	---	0	---
48	Koruyucu Sieve Bend Alt Akımı	18	27	---	45	---
49	Spiral	18	27	---	45	40,42
50	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi	13	21	---	34	37,91
51	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi Üst Akımı	13	11	---	24	53,59
52	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi Alt Akımı	---	10	---	10	---
53	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği	13	11	---	24	53,59
54	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği Üst Akımı	13	1	---	14	90,71
55	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği Alt Akımı	---	10	---	10	---
56	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği	5,3	5,7	---	12,0	44,17
57	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği Üst Akımı	5,3	0,3	---	5,6	94,87
58	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği Alt Akımı	---	5,4	---	5,4	---
59	Tikiner Besleme	32	327	---	359	8,91
60	Tikiner Üst Akım	---	231	---	231	---
61	Tikiner Alt Akım	32	96	---	128	25,00

Tablo 8.2. Seyitömer Kömürüne göre 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Ekipman Listesi

Ek. No	Ekipman İsmi	Adet	Kapasitesi	Boyutları	Motor gücü
1	Tüvenan Bunkeri	1	100 ton	5x3x7,5 m	--
2	Titreşimli Izgaralı Besleyici	1	375 t/h	0,91 x 2,44 m	20 kW
3	Çift merdaneli kırıcı	1	77 t/h	51 cm x 46 cm	7,5 HP
4	Tüvenan Stok Bandı	1	375 t/h	36″	18 kW
5	Hazır Tüvenan Siloları	3	100 ton	5x3x7,5 m	--
6	Titreşimli Tesis Besleyicileri	3	350 t/h	0,91 x 1,83 m	7,5 HP
7	Tesis Besleme Bandı	1	375 t/h	36″	18 kW
8	Tüvenan Sınıflandırma Eleği	1	350 t/h	2,44 x 4,88	30 HP
9	Ağır Ortam Tamburu	1	140-250 t/h	3,6 x 3,6	
10	Ağır Ortam Tamburu Tankı	1	24 m^3	(ϕ 4,25 x 3,7, h) m	--
11	Ağır Ortam Tamburu Pompası	1	403 m^3/h	200/150 F	45 kW
12	+18 Temiz Kömür Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	1	206 m^3/h	0,5 x 1,25	---
13	+18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	170 t/h	1,82 x 4,88	20 HP
14	+18 mm Temiz Kömür Bandı	1	170 t/h	30"	12 kW
15	+18 Atık Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	1	53 m^3/h	0,2 x 1,25	---
16	+18 Atık Yıkama Eleği	1	40 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
17	Tesis Atık Bandı	1	86- 476 t/h	30"	17 kW
18	AOT Manyetik Seperatörü	1	225 m^3/h	(ϕ 610 x 1771) mm	1,5 kW
19	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bendi	2	180 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
20	Şlam Ayırma Eleği	2	180 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
21	Ağır Ortam Siklon Tankı	1	24 m^3	(ϕ 4,25 x 3,7, h) m	---
22	Ağır Ortam Siklon Pompası	1	188 m^3/h	150/100E	20 kW
23	Ağır Ortam Siklonları	2	165 m^3/h	(ϕ 510) mm	---
24	+0,5-18 Temiz Kömür Eleği Sieve Bendi	1	115 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
25	+0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	45 t/h	1,82 x 4,88	20 HP
26	Santrifüj Kurutucu	1	80-200 t/h	(En x Yük. X Boy) m. 1,50 x 1,83 x 2,43	Drive - Eccentric 30 HP -5 HP
27	Toz Bandı	1	134 t/h	24"	5,6 kW
28	+0,5-18 Atık Eleği Sieve Bendi	1	115 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
29	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	1	45 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
30	AOS Manyetik Seperatörü	1	225 m^3/h	(ϕ 610 x 1771) mm	1,5 kW
31	Şlam Siklon Tankı	1	24 m^3	(ϕ 4,25 x 3,7, h) m	---
32	Şlam Siklon Pompası	1	378 m^3/h	200/150 F	45 kW
33	Şlam Siklonları	3	139 m^3/h	(ϕ 356) mm	---
34	Spiral Koruyucu Sieve Bend	1	t/h	1,25 x 1,0 (R1550)	---
35	Spiral	16	50 m^3/h	3,25 dönüşlü Merkez kolon Ø 160 mm	---
36	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırıcı Sieve Bend	1	65 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
37	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırma Eleği	1	15 t/h	1,82 x 3,66	10 HP
38	+0,1-0,5 mm Atık Susuzlandırma Eleği	1	10 t/h	1,82 x 3,66	10 HP
39	Tikiner	1	359 t/h	(Çap x Yükseklik) m. 12 x 3,5	---
40	Atık Pompası	1	110 m^3/h	150/100E	160 kW
41	Temizlenmiş Su Tankı	1	44 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 3,7 x 4	---
42	Temizlenmiş Su Pompası	1	350 m^3/h	150/100E	132 kW
43	Taze Su Sağlama Pompası	1	110 m^3/h	75/50C	55 kW
44	Taze Su Tankı	1	22 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 2,5 x 3	---

8.3. Kömür Hazırlama ve Zenginleştirme Tesisi

Ocaktan çıkan tüvenan kömür, kamyonlarla tüvenan hazırlama tesis silosuna beslenecektir. Açık ocaktan tumbaya beslenen tüvenan kömür içerisinde, 500 mm üzerinde malzeme oranı nadirdir. +150 mm ile -500 mm arasındaki malzeme oranı %4 ile %15 arasındadır.

8.3.1. Tüvenan Bunkeri

Buna göre, tüvenan bunkeri 100 ton kapasiteli seçilecek ve üzerindeki ızgara 350 mm açıklıklı olacaktır. Izgara üzerinde kalan çok iri parçalar, bir hidrolik ekskavatör aracılığı ile çoğunluğu marn ve yan taş olarak uzaklaştırılacaktır. Bu aynı zamanda, iri parça kömürlerin kamyon kasasından serbest düşme sonucu, dayanıklı ızgaraya ve birbirine çarpmayla bir kısmının kırılmasını sağlayacak ve ızgara altına geçmesine aracı olacaktır. Hidrolik ekskavatör de bu işleme yardım edecektir.

Tüvenan bunkeri üzeri ızgara boyutları 5 m x 3 m olup, dikdörtgen şekilli, I 150 profilinden 50 cm aralıklarla döşenmiş, her bölmenin köşelerinden atkı lamaları ile güçlendirilecektir. Bu durumda her bölme, en fazla 35 cm açıklığa sahip olacaktır.

Tüvenan Kömür Yığın Yoğunluğu=1,1 ton/m^3

Tüvenan Bunker Boyutları:

Şekli 8.3'te verilen tüvenan bunkerinin boyutlarının belirlenebilmesi için, öncelikle Denklem 8.1'den ihtiyaç duyulan hacim belirlenmiştir. Sonra Denklem 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6 kullanılarak silo boyutları bulunmuş ve Tablo 8.3'te verilmiştir.

Silo Hacmi = Silo Kapasitesi / Tüvenan Yığın Yoğunluğu ..... (8.1)

$V\ (m^3) = (100\ ton) / (1{,}1\ ton/m^3) = 91\ m^3$

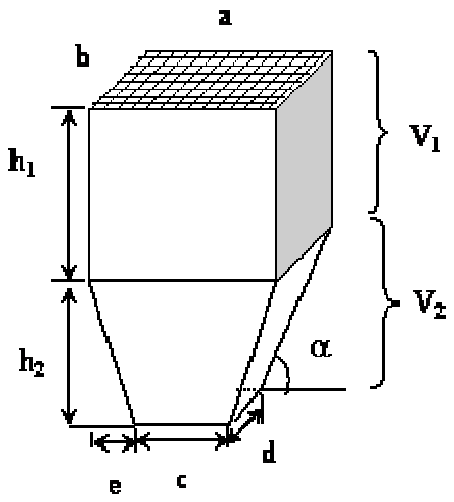
$V = V_1 + V_2$ .....(8.2)

$V_1 = a \times b \times h_1$ .....(8.3)

$V_2 = (h_2 / 3) \times (G + (GxG') + G')$ .....(8.4)

$G = a \times b$ .....(8.5)

$G' = c \times d$ .....(8.6)



Şekil 8.3. Tüvenan bunkerinin şekli

Tablo 8.3. Tüvenan Bunkeri Boyutları

metre			m^3	m^3	
a	b	h_1	V_1	V_2	
5	3	4	60	31	
a	b	h_2	c	d	α
5	3	3,5	1	0,75	60^o

8.3.2. Titreşimli Izgaralı Besleyici (TIB)

Tüvenan bunkeri altında, bir adet titreşimli ızgaralı besleyici bulunacaktır. Izgaralar arası açıklık, 150 mm olacaktır. Kapasitesi, Denklem 8.7'de görüldüğü gibi, tesis kapasitesinden %25 fazla seçilecektir. Bunun sebebi, ızgaranın gelen tüvenan kömürün özelliklerinin sulu, çamurlu, v.s. olması durumunda malzemenin sıvanması neticesi, besleyici hacminin daralması veya iri parçalardan dolayı tıkanmalarda kapasitenin düşmesidir. Bu aksaklıkların görevli personel tarafından giderilmesi gerekecektir.

Titreşimli ızgaralı besleyicinin saatlik kapasitesi, teknik özellikleri ve boyutları, Tablo 8.4'te gösterilmiştir.

TIB kapasitesi = Tesis kapasitesi x 1,25 .....(8.7)

300 ton/saat x 1,25 = 375 ton/saat

Tablo 8.4. Titreşimli Izgaralı Besleyicinin Seçimi

Beslenen malzemedeki iri tanelerin yüzdesi	Besleyici genişlik katsayısı	Besleyici hunisi boğaz açıklığı katsayısı
% 10 - % 40	1,5	2
Tüvenan içindeki en iri tane boyu (mm)		500
Titreşimli besleyici genişliği (mm)		750
Besleyici girişi huni boğazı genişliği (mm)		1000
Titreşimli ızgaralı besleyici eğimi		10 derece
Nordberg-Rexnord'tan seçilen besleyicinin ölçü ve motor gücü		
GenişlikxUzunluk (m)	Motor gücü(HP)	Kapasitesi (ton/h)
0,91 x 2,44	20	375

8.3.3. Kırıcı

Beslenen tüvenan kömür içerisindeki +150 mm ile -500 mm boyutları arasındaki miktarın, %4 ile %15 arasında değiştiği yukarıda belirtilmişti. Kırıcı kapasitesi, besleyici kapasitesinin %15'inin üzerine, çalışma esnasında ortaya çıkabilecek esnekliği sağlayabilmek amacı ile %25 emniyet payı verilerek seçilmiştir (CLI/U.S.A. Ömerler lavvarı projesi , 1991; Çilingir & Buğdaycı, 1988).

Kırıcı kapasitesi = (TIB kapasitesi x 15/100) x 1,25 .....(8.8)

(375 ton/saat x 15/100) x 1,25 = ~ 70 ton/saat

Kırıcı, çift merdaneli tip olarak seçilecektir. Bakımı ve çalıştırılması kolay olan bu kırıcıların merdanelerinden birisi, herhangi bir sebeple çalışmadığında, kayış-kasnak düzeni ile tahrik edilen tiplerde, tek merdanenin çalışması ile işlevini yerine getirmeye devam edebilmektedir. Aynı zamanda çıkış ürününün boyutu, merdaneler arasındaki mesafe ayarlanabildiği için çalışma esnekliği sağlandığı gibi, mesafe arttırıldığında kapasite de artırılabilmektedir.

Buna göre, kırıcılar konusunda Tablo 7.23 (Austın, 1979)'den çift merdaneli kırıcı tipi için alınan veriler kullanılmıştır. Sert kömür tipi olan Seyitömer kömürü için, ihtiyaç duyulan 70 ton/saat kapasiteyi sağlayan ikinci sıradaki kırıcı seçilmiştir. Merdane boyutları, 51 cm x 46 cm'dir. V kayış-kasnak düzeni ile tahrik edilecek her merdane için bir motor olmak üzere, toplam iki motor kullanılacaktır. Her bir motorun gücü 7,5 HP olan kırıcının merdanelerinin devri, 150 dev/dk'dır.

8.3.4. Tüvenan Stok Bandı

Bant da yine nominal 300, maksimum 375 ton/saat kapasiteli seçilecektir. Bantlı konveyör kapasitesinin tespitinde, Tablo 7.27 (Ruhmer, 1987)'daki seçim tablosu kullanılmıştır. Bant seçim verilerinin belirlendiği Tablo 7.27 kullanılarak, 36" genişlikteki bant seçilmiştir. 30" bant, 375 ton/saat kapasiteyi sağlayamadığı için, bir üst genişlik olan 36" tercih edilmiştir. Bu seçim, en iri parça boyunda da artış (150 mm'den 305 mm'ye) olduğunda, tıkanmalara ve banttan dökülmelere karşı bir avantaj sağlayacaktır.

Tablo 8.5. Tüvenan Stok Bandı Seçimi

Bandın hızı (metre/dakika)	81
Taşınacak malzemenin yığın yoğunluğu (ton/m^3)	1,1
Taşınacak malzemenin en iri tane boyu (mm)	150
Bandın kapasitesi (ton/h)	375
Kapasite (Bant hızının her m/dakika için ton/h) Tablodan seçilmiştir	6,76
Seçilen bantla elde edilecek kapasite (ton/h) Kapasite=(1,1/1,6)x6,76x81	377
Seçilen bandın genişliği (inç-mm)	36-914

Bantlı konveyörün tahrik şaftına aktarılması gereken güç, Denklem 8.9, 8.10'daki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır ve Tablo 8.6'da verilmiştir.

Güç (kW) = 1,1 x (A + B x (ton/saat kapasite) + C) .....(8.9)

C (kW) = (kapasite, ton/saat) x (yükseklik, m) x 2,8 x 10^{-3} .....(8.10)

A: Yatay ve boş bantı 30 m/dak. hızla hareket ettirmek için gerekli güç faktörü,

B: Malzeme yüklü bandı yatay olarak herhangi bir hızda hareket ettirmek için gerekli güç faktörü,

C: Malzemeyi herhangi bir hızda belirli bir yüksekliğe taşımak için gerekli güç faktörü,

Tablo 8.6. Tüvenan Stok Bandı Güç Tespiti

Bandın Yatay Uzunluğu (m)	60	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
Bandın yükleme ve boşaltma noktaları arasındaki kot farkı (m)	10	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
A faktörü	0,81	Tablodan seçilir
B Güç faktörü	0,00783	Tablodan seçilir
A Güç faktörü	2,19	(Bandın hızı/30) x A faktörü
C Güç faktörü	10,54	(kapasite, ton/saat) x (yükseklik, m) x 2,8 x 10^{-3}
Toplam Güç (kW)	17,24	1,1 x (A + B x (KAPASİTE, ton/saat) + C)

8.3.5. Hazır Tüvenan Siloları

Tüvenan stok bandının döküş noktasına damperlerle hazır tüvenanın aktarılabildiği her biri 100 ton kapasiteli 3 adet silo inşa edilecektir. Bu silolar, tüvenan bunkeri boyutları ile aynı boyutta olacaktır.

8.3.6. Tesis Besleyicileri

Her bir hazır tüvenan silo altına, tesisin saatlik kapasitesini tek başına karşılayabilecek kapasitede (maksimum 350 ton/saat) bir titreşimli besleyici olmak üzere, toplam 3 adet besleyici konacaktır. Titreşimli besleyicinin seçim verileri Tablo 7.24 ve 7.25 kullanılarak, kapasite, boyut ve motor gücü değerleri hesaplanmış ve Tablo 8.7'de sunulmuştur.

Tablo 8.7. Titreşimli Besleyici Seçimi

Beslenen malzemedeki iri tanelerin yüzdesi	Besleyici genişlik katsayısı	Besleyici hunisi boğaz açıklığı katsayısı
% 10 - % 40	1,5	2
Tüvenan içindeki en iri tane boyu (mm)		250
Titreşimli besleyici genişliği (mm)		375
Besleyici girişi huni boğazı genişliği (mm)		500
Titreşimli ızgaralı besleyici eğimi		10 derece
Nordberg-Rexnord'ten seçilen besleyicinin ölçü ve motor gücü		
GenişlikxUzunluk (m)	Motor gücü(HP)	Kapasitesi (ton/h)
0,91 x 1,83	7,5	350

8.3.7. Tesis Besleme Bandı

Titreşimli besleyicilerden tüvenan eleğine malzemeyi aktaracak, nominal 300, maksimum 350 ton/saat kapasiteye sahip, bir bantlı konveyör kurulacaktır. Tüvenan stok bandı ile aynı özelliklere sahip olacaktır.

8.3.8. Tüvenan Sınıflandırma Eleği

Tüvenan sınıflandırma eleği titreşimli tip olup, yüzey elek açıklığı 18 mm olarak seçilmiştir. Elek kapasitesi, tesise beslenen tüvenan kömürün boyut dağılımındaki maksimum oranlar göz önüne alınarak nominal 300, maksimum (nominal değerin %15 fazlası) 350 ton/saat olacaktır. Elek boyutları, titreşimli eleklerin seçimi konusunda anlatılan formüllerle değerlendirilmiş ve ortalama değerler göz önüne alınmıştır. Tablo 8.8'de tüvenan sınıflandırma eleğinin, eğim, kapasite ve boyutları verilmiştir.

Tablo 8.8. Tüvenan Sınıflandırma Eleği Seçimi

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
Tüvenan Sınıflandırma Eleği	1	20^o	18	11,9	2,44 x 4,88	350

Tüvenan sınıflandırma eleğinin açıklığı 18 mm'dir. Buna göre, tesise beslenen tüvenan, bu elek çıkışında 2 boyuta ayrılmış olacaktır. Elek üstü miktar, iri kömür zenginleştirme grubuna beslenecektir. Elek altı kısmı ise, -0,5 mm boyutundaki kısım ayrılmak üzere, şlam ayırma eleklerine gönderilecektir. Şlam ayırma eleklerinin elek açıklığı, 0,75 mm'dir. Elek üstü miktar, ince kömür zenginleştirme grubuna, elek altı kısım, spiral devresine beslenecektir.

Zenginleştirme gruplarına beslenecek malzeme boyut dağılımları, Tablo 8.9'da verilmiştir. Tüvenanın büyük miktarı %57,26 ile iri kömür devresi zenginleştirme ekipmanına beslenecektir. İnce kömür devresine %25,94, şlam devresine %6,14 değerindeki miktar düşmektedir.

Tablo 8.9. Zenginleştirme Boyutuna Göre Tesisteki Ürün Dağılımı

Beslenen Tüvenanın Boyut Dağılımı, **ton/saat**, *(%)*					
Boyut (mm)	-150+18	-18+0,5	-0,5+0,1	-0,1	-150
Maksimum	**195** *(63,75)*	**100** *(33,01)*	**20** *(6,35)*	**33** *(11,04)*	**348**
Nominal	**171** *(57,26)*	**78** *(25,94)*	**18** *(6,14)*	**32** *(10,67)*	**300**

Belirlenen yıkama yoğunluklarında, gruplardan saatlik miktarlar olarak elde edilecek ürünlerin, kül ve alt ısıl değerleri, Tablo 8.10'da gösterilmiştir. İri ve ince kömür devrelerinde yıkama yoğunlukları, 1.750 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. Buna göre, tesise beslenen tüvenanın %45,49 oranındaki miktarı, %40,6 kül ve 1.768 kcal/kg alt ısıl değer ile iri temiz kömür olarak alınacaktır. Tüvenanın %12,97 oranındaki ince temiz kömür, %36,7 kül ve 1.967 kcal/kg alt ısıl değere sahip olacaktır. Spiral devresi temiz kömürü ise, %23,1 küllü, 2.213 kcal/kg alt ısıl değerli olup, miktarı beslenen tüvenanın %4,23'üdür.

Tablo 8.10. Zenginleştirme Yoğunluklarına Göre Elde Edilecek Ürünlerin Miktar, Alt Isıl ve Kül Değerleri

Boyut (mm)	Yıkama Yoğunluğu	Toplam Yüzen Miktar %	Nominal Tonaj	Tüvenan İçindeki Oranı %	% Kül	AID kcal/kg	Toplam Batan Miktar %	Nominal Tonaj	% Kül
+18-150	1750	79,80	136,5	45,49	40,6	1.768	20,20	34,5	79,1
+0,5-18	1750	49,90	38,9	12,97	36,7	1.967	50,10	39,1	74,7
-0,1-0,5	1600	70,50	12,7	4,23	23,1	2213	29,50	5,3	76,4
SAATTEKİ TOPLAM ÜRÜN			188,1	62,7	38,61	1840	37,3	78,9	76,7

8.4. İri Kömür Zenginleştirme Grubu

8.4.1. Ağır Ortam Tamburu (AOT)

Türkiye'de bazı firmalarca imalatı yapıldığı ve işletmeciliği-bakım onarımı daha basit ve kolay olduğu için, ağır ortam zenginleştirme ekipmanı olarak, ağır ortam tamburu tercih edilecektir. Ağır ortam tamburu boyutları, besleme tonajı nominal 171, maksimum 195 ton/saat olacak şekilde seçilecektir.

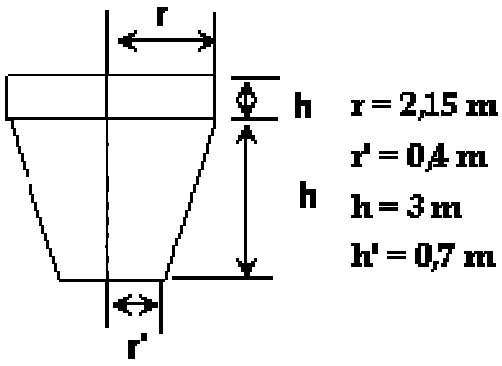
Tablo 8.11'de verilen ağır ortam ayırma tamburu ölçü ve kapasiteleri göz önüne alınarak, ihtiyaç duyulan kapasiteyi karşılayacak tamburun çapı 3,6 m, uzunluğu da 3,6 m olarak seçilmiştir.

Tablo 8.11. Ayırma Tamburu Ölçüleri ve Kapasiteleri (Denver Sala Basic, 1995)

Çap (m) x Uzunluk (m)	1,8 x 1,8	2,4 x 2,4	3,0 x 3,0	3,6 x 3,6
Kapasite (ton/saat)	15 - 30	30 - 70	70 - 140	140 – 250

8.4.2. Ağır Ortam Tambur Tank ve Pompası

Ağır ortam zenginleştirmesi için kullanılacak, 50 mikron altına öğütülmüş manyetit cevheri ile oluşturulan 1.750 gr/cm^3 yoğunluğundaki ağır ortam, sistemde devri daimi sağlayacak kapasitede bir tankta toplanacak ve bir pompa aracılığı ile ağır ortam tamburuna basılacaktır. Tank kesik koni biçiminde olup, boyutları Şekil 8.4'te çıkarılmıştır.



Şekil 8.4. Ağır ortam tambur tankı kesit resmi ve boyutları

Ağır ortam tamburuna, tankından zenginleştirme yoğunluğundaki ağır ortamı basacak santrifüj pompa seçimine esas hesaplar, Tablo 8.12'de verilmiştir. Bu hesap tablosu, "Santrifüjlü Pülp Pompalarının Seçim ve Boyutlandırılması, (Hoşten, 2002)" konusunda verilen formüller esas alınarak hazırlanmıştır. Santrifüj pompa seçimi, farklı imalatçı firmaların kataloglarındaki, pompa anma ölçüleri grafiklerinden yararlanılarak yapılmıştır.

Tablo 8.12'den görüleceği üzere, ağır ortam tamburu için seçilen santrifüj pompanın; emiş borusu çapının 200 mm, çıkış borusu çapının 150 mm, devrinin 1350 dev/dk olduğu, pompayı çalıştıracak motorun 45 kW güçte olması gerektiği tespit edilmiştir.

Tablo 8.12. Ağır Ortam Tambur Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,112
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	2,941672
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	25,00
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1,6
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	250
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	1000
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1,75
T	Pülp sıcaklığı, °C	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	17
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	2,01516
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,22
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1,75
2	**V = Q / A**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	2,941672
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,111766
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,037994
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	31,78799
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	28,89817
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	17
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	8,03262
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	3,424499
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft $f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	81,96721
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	4,177889
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	1774,061
D	borunun inç cinsinden iç çapı	8,66
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	0,441052
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	0,954477
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	250
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**33,3041**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**402,357**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 200 / 150 F, 1350 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	200
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	150
N	Pompa devri, dev/dak	1350
η_{su}	Motor gücü, kW	45
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	1450
γ	Su için pompa verimi, %	68
6	**$\eta_{pülp} = \eta$, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x η_{su}**	78,75
$\eta_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW	
	Pülp için pompa verimi=γ x R	65

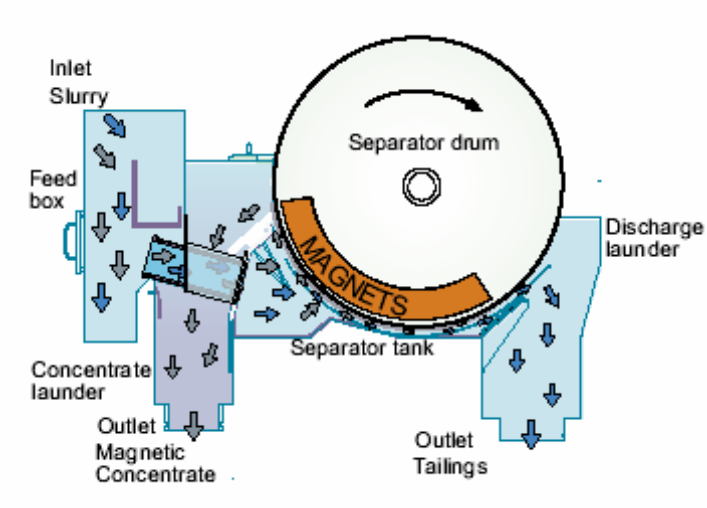
8.4.3. Manyetik Seperatör

Ağır ortam tambur devresinin manyetiti geri kazanmak ve kaçakları minimuma indirmek için sulu sıvı, devresine bir adet yaş manyetit ayırıcı tesis edilecektir. Manyetik seperatör seçimi için, Tablo 8.13'te verilen dizayn değerleri kullanılacaktır.

Tablo 8.13. Manyetitin Geri Kazanımı için Manyetik Seperatör Dizayn Değerleri (METSO Minerals; ERIEZ Magnetics)

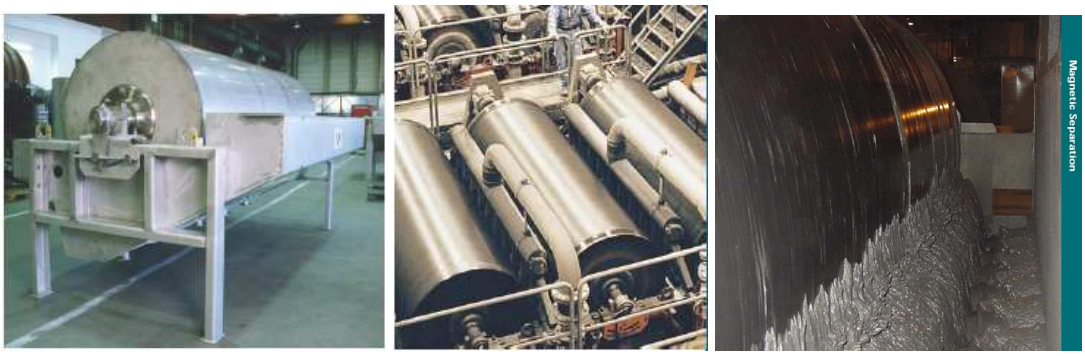
Ortam	Besleme Miktarı, t/h/m tambur genişliği için		Besleme Miktarı, m^3/h/m tambur genişliği için	
	CR-Ters dönüş	DM-Düz dönüş	CR-Ters dönüş	DM-Düz dönüş
Manyetit	60	50	150	125
Ferrosilikon	60	50	150	125

Manyetik seperatör dizayn değerlerinin verildiği Tablo 8.13'te, ters ve düz dönüş olarak iki tür dizayn şekli belirtilmiştir. Şekil 8.5'te gösterilen ters dönüş dizayn şekli, düz dönüşe göre daha yüksek kapasiteler sağlamaktadır. Bu seperatör tipi için, ağırlıkça %50 katı madde içerikli pülp yoğunluklarında, 5 mm'ye kadar partikül boyutları, kabul edilebilir değerler olarak verilmiştir.



Şekil 8.5. Manyetik seperatör, ters dönüşlü dizayn (CR)

İmalatı yapılmış, tesise monte edilmiş ve çalışan manyetik seperatörlerden fotoğrafların verildiği Şekil 8.6'daki seperatörlere benzer şekilde, yukarıda adı geçen firma kataloglarından, tasarımı yapılan tesis kütle denkliğine göre; ağır ortam tambur devresi manyetik seperatörünün çapı 610 mm, uzunluğu 1.771 mm, motor gücü 1,5 kW olarak seçilmiştir.



Şekil 8.6. Manyetik seperatörlerden görüntüler

8.4.4. +18 Temiz Kömür Yıkama Eleği

Ağır ortam tamburundan elde edilen yüzen ürün, nominal 137 ton/h, 1768 kcal/kg, %40,6 küllü temiz kömürü manyetitinden yıkamak üzere tesis edilecek bir elektir. Elek boyutlarının tespitinde, altıncı bölümde titreşimli eleklerin boyutlandırılması konusunda anlatılan "Toplam beslenen malzeme esasına göre elek boyut tespit yöntemi, (Lockwood, 1993)" kullanılmıştır. Seçilen elekle ilgili bilgiler, Tablo 8.14'te verilmiştir.

Tablo 8.14. +18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
+18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	Yatay	0,75	8,9	1,82 x 4,88	170

8.4.5. +18 Temiz Kömür Bandı

Yıkama eleğinden alınacak ürünü, (termik santral) stok sahasına taşıyacaktır. Bantlı konveyörün seçiminde, Tablo 7.27'de verilen bantlı konveyör kapasite değerleri göz önüne alınmış ve sonuçları Tablo 8.15'te verilmiştir. Bantlı konveyörün tahrik şaftına aktarılacak gücün tespiti ise, Tablo 7.28'deki faktörler ile Denklem 7.15 ve 7.16'daki formüller kullanılarak belirlenmiş ve sonuçları Tablo 8.16'da sunulmuştur.

Tablo 8.15. +18 mm Temiz Kömür Bandı Seçim Tablosu

Bandın hızı (metre/dakika)	81
Taşınacak malzemenin yığın yoğunluğu (ton/m^3)	0,88
Taşınacak malzemenin en iri tane boyu (mm)	150
Bandın kapasitesi (ton/h)	170
Kapasite (Bant hızının her m/dakikası için ton/h) Tablo 7.27'den seçilmiştir	4,7
Seçilen bantla elde edilecek kapasite (ton/h) Kapasite = (0,88/1,6) x 4,7 x 81	209
Seçilen bandın genişliği (inç-mm)	30-762

Tablo 8.16. +18 mm Temiz Kömür Bandı Güç Seçim Tablosu

Bandın Yatay Uzunluğu (m)	45	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
Bandın yükleme ve boşaltma noktaları arasındaki kot farkı (m)	10	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
A faktörü	0,64	Tablo 7.28'den seçilir
B Güç faktörü	0,00683	Tablo 7.28'den seçilir
A Güç faktörü	1,73	(Bandın hızı/30) x A faktörü
C Güç faktörü	6,80	(kapasite, t/h) x (yükseklik, m) x 2,8 x 10^{-3}
Toplam Güç (kW)	11,21	1,1 x (A + B x (Kapasite, t/h) + C)

8.4.6. +18 Atık Yıkama Eleği

Ağır ortam tamburundan batan ürün olarak alınan 35 ton/h, %79,1 küllü atığı, manyetitinden yıkamak üzere tesis edilecektir. Seçilen elekle ilgili bilgiler, Tablo 8.17'de verilmiştir.

Tablo 8.17. +18 mm Atık Yıkama Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
+18 Atık Yıkama Eleği	1	Yatay	0,75	8,9	1,82 x 4,88	40

8.4.7. Atık Bandı

Bu bant, bütün sistemin atıklarını uzaklaştıracak şekilde dizayn edilecektir. Atık yıkama eleklerinden gelen malzeme, bu bantla tesisten uzaklaştırılacaktır. Tablo 8.18'de bant seçimi, Tablo 8.19'da ise bant güç seçimi sunulmuştur.

Tablo 8.18. Atık Bandı Seçim Tablosu

Bandın hızı (metre/dakika)	81
Taşınacak malzemenin yığın yoğunluğu (ton/m^3)	2
Taşınacak malzemenin en iri tane boyu (mm)	150
Bandın kapasitesi (ton/h)	86
Kapasite (Bant hızının her m/dakikası için ton/h) Tablo 7.27'den seçilmiştir	4,7
Seçilen bantla elde edilecek kapasite (ton/h) Kapasite = (2,0/1,6) x 4,7 x 81	476
Seçilen bandın genişliği (inç-mm)	30-752

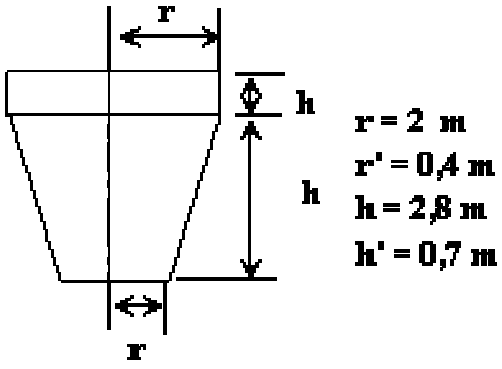
Tablo 8.19. Atık Bandı Güç Seçim Tablosu

Bandın Yatay Uzunluğu (m)	45	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
Bandın yükleme ve boşaltma noktaları arasındaki kot farkı (m)	10	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
A faktörü	0,64	Tablo 7.28'den seçilir
B Güç faktörü	0,00683	Tablo 7.28'den seçilir
A Güç faktörü	1,73	(Bandın hızı/30) x A faktörü
C Güç faktörü	13,32	(kapasite, t/h) x (yükseklik, m) x 2,8 x 10^{-3}
Toplam Güç (kW)	16,59	1,1 x (A + B x (Kapasite, t/h) + C)

8.5. İnce Kömür Zenginleştirme Grubu

8.5.1. Ağır Ortam Siklonu Tankı ve Pompası

Tanka gelecek olan +0,5-18 mm boyutundaki şlam ayırma eleği üst akımı, zenginleştirme yoğunluğundaki manyetitle birleşerek, pompa vasıtası ile ağır ortam siklonuna basılacaktır. Tank kesik koni biçiminde olup, boyutları Şekil 8.7'de çıkarılmıştır. Ağır ortam siklonuna, zenginleştirme yoğunluğundaki ağır ortamla birlikte, tüvenan kömürü basacak santrifüj pompa seçimine esas hesaplanan değerler, Tablo 8.20'de verilmiştir.



Şekil 8.7. Ağır ortam siklon tankı kesit resmi ve boyutları

Tablo 8.20. Ağır Ortam Siklon Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,05227
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	1,37579
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	24,22
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1,6
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	10000
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	18000
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1,75
T	Pülp sıcaklığı, °C	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	20
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	1,80241
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,22
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1,6
2	**$V = Q / A$**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	1,37579
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,05227
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,03799
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	31,6808
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	28,8007
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	20
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	8,03262
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	0,6716
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft	65,5738
	$f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	1,02419
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	829,712
D	borunun inç cinsinden iç çapı	8,66
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	0,09647
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	0,88077
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	10000
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**35,969**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**188,18**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 150 / 100 E, 1150 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	150
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	100
N	Pompa devri, dev/dak	1150
$η_{su}$	Motor gücü, kW	20
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	1450
γ	Su için pompa verimi, %	75
6	**$η_{pülp}$ = η, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x $η_{su}$**	35
$η_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW	
	Pülp için pompa verimi=γ x R	66

8.5.2. Ağır Ortam Siklonu

Şlam ayırma eleklerinin üst akımı olan +0,5-18 boyuttaki, 78 ton/h miktarındaki, %49 küllü tüvenan kömürü zenginleştirecek kapasite ve sayıda tesis edilecektir. Ağır ortam siklon karakteristik değerleri, Tablo 8.21'deki hesap şekli (Bosman & Engelbrecht, 1999; Mular & Jull, 1978) kullanılarak yapılmış ve belirlenmiştir. Siklon boyutları, üretici firmaların kataloglarından kapasite değerleri göz önüne alınarak seçilebilir .

Tablo 8.21. Ağır Ortam Siklonu Karakteristik Değerleri

Besleme Tonajı	78 t/h
Beslenen partikülün özgül ağırlığı	1,6 kg/lt
Batan ürün oranı	50 %
Ağır ortamın kömüre oranı	1:5
Cevher hacmi, m^3/h	78/1,6=49 m^3/h
Gerekli ağır ortam, m^3/h (5:1)	244 m^3/h
Toplam gerekli hacim, m^3/h	293 m^3/h
Seçilen siklonun kapasitesi, m^3/h	165 m^3/h
İhtiyaç duyulan siklon sayısı	2 adet
Siklon çapı, mm	510 mm
Siklon alt çıkış (apex) çapı, mm	100 mm
Siklon girdap bulucu (vortex) çapı, mm	203 mm
Besleme giriş alanı (inlet area), mm x mm	135 x 269 mm^2

8.5.3. +0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği

Ağır ortam siklonundan elde edilen ürün boyut dağılımı, Tablo 8.22'de görülmektedir. Elek, nominal 38,9 ton/h, 1967 kcal/kg, %36,7 küllü temiz kömürü, manyetitinden yıkamak üzere iki kademeli olarak tesis edilecektir. Elek karakteristik değerleri, Tablo 8.23'de verilmiştir. Üst kademede 10 mm açıklıklı elek yüzeyi

bulunacaktır. Nominal 20,6 ton/h miktarlık +10-18 mm'lik kısım, direkt olarak toz bandına verilecektir.

Tablo 8.22. +0,5-18 mm Temiz Kömürünün Boyut Dağılımı

Boyut (mm)	Yıkama Yoğunluğu	Toplam Yüzen Miktar %	Nominal Tonaj	Tüvenan İçindeki Oranı %	% Kül	AID kcal/kg
+0,5-18	1750	49,90	38,9	12,97	36,7	1.967
+0,5-18 mm Temiz Kömürün Dağılımı						
+10-18	1750	53,05	20,6	7,34	32,1	1.980
+0,5-10	1750	46,75	18,2	5,66	41,9	1.953

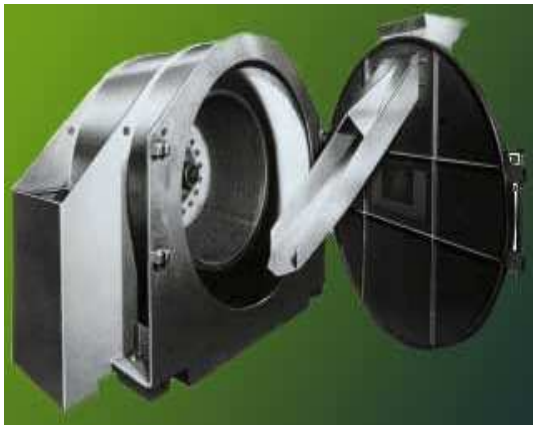
Tablo 8.23. +0,5-18 mm Temiz Kömür Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
+0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	Yatay	0,75	17,8	1,82 x 4,88	45

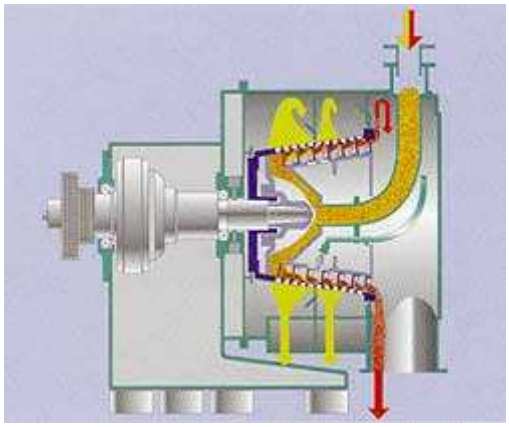
8.5.4. Santrifüj Kurutucu

+0,5-18 mm temiz kömür yıkama eleğinin alt kademesinden alınacak nominal 18,2 ton/h miktarda +0,5-10 mm.lik kısım, nem oranı düşürülmek üzere, bir adet santrifüj kurutucuya beslenecektir. Kurutucudan çıkan temiz kömür toz bandına verilecektir.

Üretici firma katalogu (Wemco-Bırd, 1985)'ndan seçilen santrifüj kurutucu, HSG 1.100 model ve vibratörlü tip olup, kapasitesi 80-200 ton/h, döndürme motor gücü 30 HP, eksantrik motor gücü 5 HP'dir. Santrifüj kurutucuların farklı tiplerinin resimleri, Şekil 8.8, 8.9, 8.10.'da görülmektedir.



Şekil 8.8. Mc Nally Wedag vib. san. kur.



Şekil 8.9. Multotec sıyırıcılı tip san. kur.



Şekil 8.10. WEMCO santrifüj kurutucu

8.5.5. +0,5-18 Atık Yıkama Eleği

Ağır ortam siklonundan batan ürün olarak alınan 39,1 ton/h, %74,7 küllü atığı manyetitinden yıkamak üzere tesis edilecek atık yıkama eleğinin özellikleri, Tablo 8.24'te verilmiştir.

Tablo 8.24. +0,5-18 mm Atık Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	1	Yatay	0,75	8,9	1,82 x 4,88	45

8.5.6. Manyetik Seperatör

Ağır ortam siklon devresinin manyetit kaçaklarını minimuma indirmek için sulu sıvı devresine bir adet yaş manyetit ayırıcı tesis edilecektir. Manyetik seperatör seçimi için, iri kömür devresi manyetik seperatör seçiminde olduğu gibi, Tablo 8.13'te verilen dizayn değerleri kullanılacaktır. Tasarımı yapılan tesis kütle denkliğine göre; ağır ortam siklon devresi manyetik seperatörünün çapı 610 mm, uzunluğu 1.771 mm, motor gücü 1,5 kW olarak seçilmiştir.

8.6. Şlam Kömür Zenginleştirme Grubu

8.6.1. Şlam Ayırma Eleği

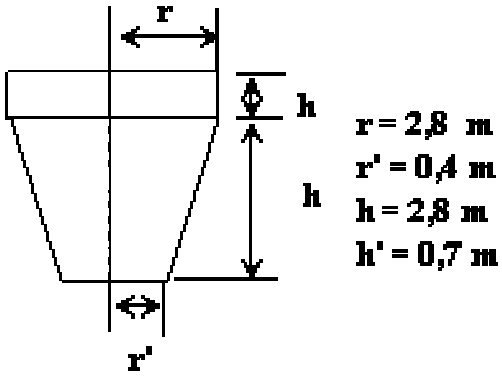
Tüvenan eleğinin alt akımından gelen %55 küllü 128 ton/h kapasitedeki -18 mm boyuttaki tüvenan kömür, bu elekte 0,5 mm açıklıklı elek yüzeyi ile +0,5-18 mm ve -0,5 mm'ye sınıflandırılır. Eleğin özellikleri, Tablo 8.25'te verilmiştir.

Tablo 8.25. Şlam Ayırma Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
Şlam Ayırma Eleği	2	20°	0,5	8,9	1,82 x 4,88	180

8.6.2. Şlam tankı ve pompası

Tanka gelecek olan -0,5 mm boyutundaki tüvenan kömür, pompa aracılığı ile şlam sınıflandırma siklonlarına basılacaktır. Tank kesik koni biçiminde olup, boyutları, aşağıda Şekil 8.11'de çıkarılmıştır.



Şekil 8.11. Şlam tankı kesit resmi ve boyutları

Şlam sınıflandırma siklonuna tankından tüvenan kömürü basacak santrifüj pompa karakteristik değerlerinin hesaplandığı Tablo 8.26'dan görüleceği üzere, şlam siklonları için seçilen santrifüj pompanın; emiş borusu çapının 200 mm, çıkış borusu çapının 150 mm, devrinin 1150 dev/dk olduğu, pompayı çalıştıracak motorun 45 kW güçte olması gerektiği tespit edilmiştir.

Tablo 8.26. Şlam Siklon Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,105
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	2,76359
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	12,41
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	2
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	250
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	1000
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1,06
T	Pülp sıcaklığı, °C	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	20
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	2,32691
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,22
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	2
2	**V = Q / A**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	2,76359
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,105
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,03799
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	39,7005
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	36,0914
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	20
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	13,2614
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	2,4407
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft $f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	65,5738
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	3,72207
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	1666,67
D	borunun inç cinsinden iç çapı	8,66
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	0,38927
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	0,96561
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	250
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**41,114**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**378**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 200 / 150 F, 1150 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	200
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	150
N	Pompa devri, dev/dak	1150
η_{su}	Motor gücü, kW	45
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	1450
γ	Su için pompa verimi, %	70
6	**$\eta_{pülp} = \eta$, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x η_{su}**	47,7
$\eta_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW	
	Pülp için pompa verimi=γ x R	68

8.6.3. Şlam Sınıflandırma Siklonu

Şlam ayırma eleklerinin alt akımı olan -0,5 mm tüvenan kömürün, 20 psi basınçla beslendiği şlam sınıflandırma siklonlarının ayırma boyutu, 0,1 mm'dir. Siklonun +0,1-0,5 mm ebatlı alt akımı spirale, -0,1 mm kilden oluşan üst akımı arıtılmak üzere, koyulaştırıcıya (tikiner) gönderilecektir. Tablo 8.27'de görülen hesap sistemi (Mular & Jull, 1978) kullanılarak tesisin kütle denkliği çerçevesinde, ihtiyaç duyulan şlam siklonlarının karakteristik özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 8.27. Şlam Sınıflandırma Siklonları Hesap Tablosu (Mular & Jull, 1978)

Malzeme Dengesi

$$\frac{\text{kg/s}}{\text{SG x 1000}} = \text{m}^3/\text{s} \qquad \text{S.G.} = \frac{\text{kg/s}}{\text{m}^3/\text{s x 1000}}$$

	AĞIRLIKÇA t/h	AĞIRLIKÇA kg/s	S.G.	HACİMCE m^3/s	
Katı	32	8,89	2	0,004	
Sıvı	327	90,70	1	0,091	
ÜST AKIM	359	99,59	1,05	0,095	
Ağırlıkça % katı	8,93	8,93		4,67	Hacimce % katı
Katı	18	5,00	1,6	0,003	
Sıvı	26	7,35	1	0,007	
ALT AKIM	44	12,35	1,18	0,010	
Ağırlıkça % katı	40,47	40,47		29,82	Hacimce % katı
Katı	50	13,89	2	0,007	
Sıvı	353	98,06	1	0,098	
BESLEME	403	111,94	1,07	0,105	
Ağırlıkça % katı	12,41	12,41		6,61	Hacimce % katı

Toplam Besleme, m^3/h	378	Siklon Çapı Tespiti			
Seçilen Siklonun Çapı, mm	356	$\mathbf{Q = 0,7 \times (\Delta P)^{1/2} \times D^2}$			
Siklon Sayısı	3	Kapasite	Sabit	ΔP	D
Basınç, psi	20	Q, USGPM	0,7	Basınç, psi	Siklon çapı, inç
Siklon Girdap Bulucu Çapı, mm	142	Girdap Bulucu Çapı = Siklon çapı x 0,4			
Siklon Besleme Girişi, mm^2	17788	Besleme Girişi	= 0,07 x π x (Siklon Çapı)^2/4		
Siklon Giriş Şekli	Dikdörtgen	Boyutları ;	a: 94 mm	b: 189 mm	
Siklon Alt Çıkış Çapı, mm	93	$\mathbf{S = 4,16 - \frac{16,43}{(2,65 - \rho + (100\ \rho/Pu))} + 1,10\ ln(U/\rho)}$			
Alt Çıkış Çapı, inch, **S**					
Cevherin Özgül Ağırlığı, kgr/lt, **ρ**					
Alt Akımın Ağırlıkça % Katı Madde Oranı, **Pu**		Alt Akımın Katı Madde Tonajı, STPH, **U**			

8.6.4. Koruyucu Sabit Elek

Şlam ayırma eleklerinden herhangi bir sebeple 3 mm üzerinde gelecek olan ve spiral girişlerini tıkayabilecek ve zenginleştirme verimini düşürecek olan malzemeyi ayıracak bir sieve bent'tir. Koruyucu ve susuzlandırıcı sabit eleğin seçimi, altıncı bölümde anlatılan sabit kavisli elek konusu ve Tablo 7.20 ile Tablo 7.21 (Sandy and Matoney, 1979) göz önüne alınarak;

Elek boyutları: 3 mm x 1250 mm x 1000 mm x R1460, olarak yapılmıştır.

8.6.5. Spiral

Şlam sınıflandırma siklonlarının alt akımı olan +0,1-0,5 mm boyutundaki tüvenan kömürün zenginleştirileceği kömür spirali seçilecektir. Tesis dizaynı için uygun değerleri karşılayan, Tablo 8.28'de Krebbs Engineers firmasının üretimi olan SWMS model, 3,25 dönüşlü CUGP tip spiral seçilmiştir.

Tablo 8.28. Spiral Seçim Tablosu (Krebs Eng, SWMS Coal Spiral, 2004)

Spiral, (1.19 mm x 0.149 mm, kömür ebadı) Her bir kolonun kapasitesi 2,2-3,85 st/h katı madde, 28-35 gpm pülp	16	50 m^3/h	3,25 dönüşlü heliks Ø, 0.96 metre merkez kolon Ø, 160-mm

8.6.6. Susuzlandırıcı Sabit Elek

Spiral temiz kömürün suyundan ayrılması için kullanılacaktır. Elek boyutları, koruyucu sabit elekteki gibi belirlenmiş olup,

0,35 mm x 1550 mm x 1060 mm x R1550 olarak seçilmiştir.

8.6.7. Şlam Temiz Kömür Susuzlandırma Eleği

Spiralden kazanılan 12,7 ton/h, 2.213 kcal/kg ısıl değerde temiz kömürün suyunun geri alınması ve neminin düşürülmesi amacıyla kullanılacaktır. Eleğin özellikleri, Tablo 8.29'da verilmiştir.

Tablo 8.29. Şlam Kömür Susuzlandırma Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
Şlam Kömür Titreşimli Susuzlandırma Eleği	1	Yatay	0,5	6,7	1,82 x 3,66	15

8.6.8. Şlam Atık Susuzlandırma Eleği

Spiralden alınan 5,3 ton/h, % 76 küllü atık, suyu geri kazanılarak sistemden uzaklaştırılacaktır. Eleğin özellikleri, Tablo 8.30'da verilmiştir.

Tablo 8.30. Şlam Atık Susuzlandırma Eleği Seçim Tablosu

Elek Adı	Elek Adedi	Elek Eğimi	Elek açıklığı mm	Elek alanı m^2	Boyutları En x Boy (m)	Maksimum Kapasitesi, t/h
Şlam Atık Titreşimli Susuzlandırma Eleği	1	Yatay	0,5	6,7	1,82 x 3,66	10

8.6.9. Toz Temiz Kömür Bandı

Ağır ortam siklonu zenginleştirmesinden elde edilen +0,5-18 mm temiz kömür ile spiral devresi satılabilir ürünü +0,1-0,5 mm temiz kömürü, bir adet toz temiz kömür bandı ile tesisten stok sahasına alınacaktır. Tablo 8.31'de bandın seçimi, Tablo 8.32'de ise tahrik şaftına aktarılacak güç seçimi verilmiştir.

Tablo 8.31. Toz Bandı Seçim Tablosu

Bandın hızı (metre/dakika)	81
Taşınacak malzemenin yığın yoğunluğu (ton/m^3)	0,88
Taşınacak malzemenin en iri tane boyu (mm)	18
Bandın kapasitesi (ton/h)	60
Kapasite (Bant hızının her m/dakika için ton/h) Tablodan seçilmiştir	3
Seçilen bantla elde edilecek kapasite (ton/h) Kapasite=(0,88/1,6)x3x81	134
Seçilen bandın genişliği (inç-mm)	24-610

Tablo 8.32. Toz Bandı Güç Seçim Tablosu

Bandın Yatay Uzunluğu (m)	45	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
Bandın yükleme ve boşaltma noktaları arasındaki kot farkı (m)	10	Tesis yerleşimine göre belirlenecektir
A faktörü	0,52	Tablo 7.28'den seçilir
B Güç faktörü	0,00683	Tablo 7.28'den seçilir
A Güç faktörü	1,40	(Bandın hızı/30) x A faktörü
C Güç faktörü	3,74	(kapasite, t/h) x (yükseklik, m) x 2,8 x 10-3
Toplam Güç (kW)	5,68	1,1 x (A + B x (Kapasite, t/h) + C)

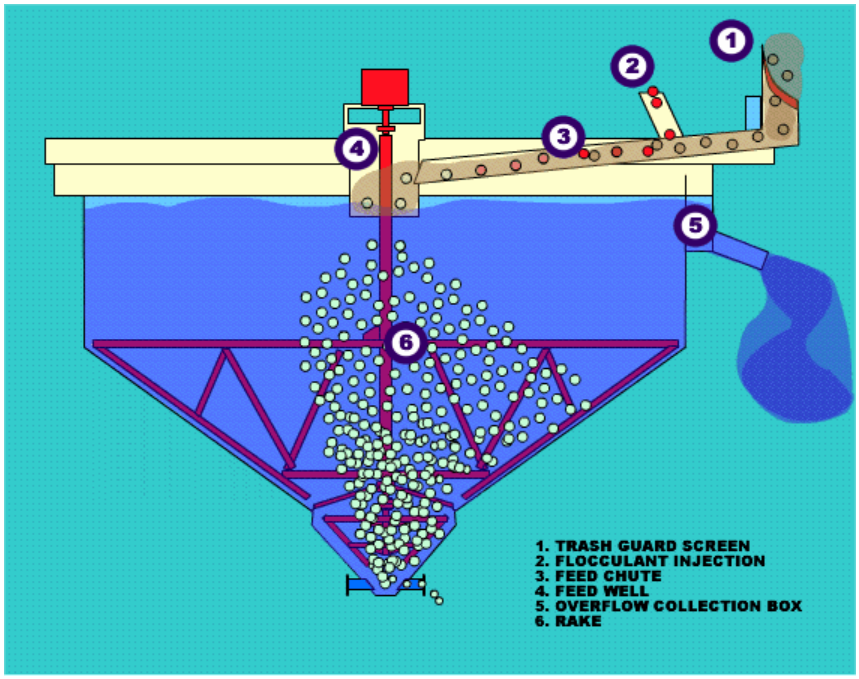
8.7. Arıtma Grubu

8.7.1. Koyulaştırıcı (Tikiner)

Şlam sınıflandırma siklonlarının -0,1 mm üst akımı ile şist şlam susuzlandırma elek alt akımı, bir adet çöktürme tankına beslenecektir.

Tikiner tankı boyutları: Çap: 12 m., Yükseklik: 3,5 m.

Şekil 8.12'de tikinerin çalışma mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 8.12. Tikinerin çalışma mekanizması (Parnaby)

8.7.2. Atık Pompası

Tikinerde çöktürülen killi malzemeden oluşan tikiner alt akımını sistemden uzaklaştırmak amacını karşılayacak kapasitede bir adet santrifüj pompa tesis edilecektir. Şekil 8.13'te, bir santrifüj pompa resmi verilmiştir. Tablo 8.33'de ise, atık pompa karakteristik değerleri görülmektedir.



Şekil 8.13. Tesiste kullanılacak santrifüj pompa tipi

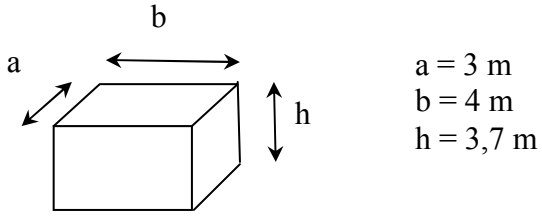
Tablo 8.33. Atık Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,030
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	1,71948
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	25,00
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	2,4
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	100
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	500
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1,17073
T	Pülp sıcaklığı, ^oC	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	45
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	2,27341
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,15
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	2,4
2	**V = Q / A**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	1,71948
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,03037
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,01766
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	89,0323
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	80,9385
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	45
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	12,0071
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	23,7807
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft $f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	983,607
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	2,4177
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	482,069
D	borunun inç cinsinden iç çapı	5,91
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	0,15069
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	0,94672
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	100
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**94,043**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**109,33**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 150 / 100 E, 1500 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	150
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	100
N	Pompa devri, dev/dak	1500
$η_{su}$	Motor gücü, kW	160
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	2900
γ	Su için pompa verimi, %	55
6	**$η_{pülp}$ = η, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x $η_{su}$**	187,317
$η_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW	
	Pülp için pompa verimi=γ x R	52

8.7.3. Temizlenmiş Su Tankı ve Pompası

Tikinerden geri kazanılan temizlenmiş su ve ihtiyaç duyulacak taze suyun takviye edildiği bir tank ve yıkama sistemine suyu basacak kapasitede bir adet santrifüj pompa tesis edilecektir.

Tank, dikdörtgenler prizması şeklinde olup, boyutları Şekil 8.14'te aşağıya çıkarılmıştır. Pompanın karakteristik değerleri hesaplanmış ve Tablo 8.34'de verilmiştir.



Şekil 8.14. Temizlenmiş su tankı boyutları

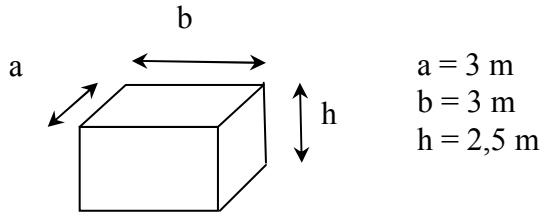
Tablo 8.34. Temizlenmiş Su Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,097
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	5,50444
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	0,00
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	25
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	50
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1
T	Pülp sıcaklığı, °C	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	22
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	0
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,15
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1
2	**V = Q / A**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	5,50444
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,09722
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,01766
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	78,8847
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	71,7133
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	22
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	14,0571
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	34,112
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft	163,934
	$f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	20,8083
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	1543,21
D	borunun inç cinsinden iç çapı	5,91
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	1,54429
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	1
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	25
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**78,885**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**350**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 150 / 100 E, 1450 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	150
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	100
N	Pompa devri, dev/dak	1450
$η_{su}$	Motor gücü, kW	132
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	2900
γ	Su için pompa verimi, %	72
6	**$η_{pülp} = η$, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x $η_{su}$**	132
$η_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW	
	Pülp için pompa verimi=γ x R	72

8.7.4. Taze Su Tankı ve Pompası

Tesisin taze su ihtiyacını temin etmek için oluşturulan gölete kurulan pompadan, temizlenmiş su tankı üzerine yerleştirilen taze su tankına, ihtiyaç duyulacak miktarda su takviyesi sağlanacaktır.

Boyutları Şekil 8.15'te çıkarılan tank, dikdörtgenler prizması şeklinde olacaktır. Tablo 8.35'te ise, pompanın hesaplanan karakteristik değerleri verilmiştir.



Şekil 8.15. Taze su tankı boyutları

Tablo 8.35. Taze Su Sağlama Pompası Karakteristik Değerleri

Q	Beslenen pülp, m^3/sn	0,031
V_c	Tasarlanan pülp akış hızı, m/sn	1,72997
C_w	Pülp içindeki katı oranı, %	0,00
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1
d_{50}	Ortalama tane boyu, mikron	25
$d_{üst}$	Üst tane boyu, mikron	50
ρ	Pülp özgül ağırlığı, kg/lt	1
T	Pülp sıcaklığı, ^oC	20
ΔP	Siklon giriş basıncı, psi	20
H_z	Statik yükseklik; pompa havuzundaki pülp seviyesi ile siklon girişi arasındaki yükseklik farkı, m.	50
1	**$V_c=F[2gD(S_s-1)]^{0,5}$**	
V_c	Kritik Hız, m/sn	0
g	Yer çekim ivmesi, m/sn^2	9,81
D	Borunun iç çapı, m	0,15
F	Hanney,1982 grafikten par.	1,12
S_s	Katı tanelerin özgül ağırlığı, kg/lt	1
2	**V = Q / A**	**$V > V_c$**
V	Karışımın akış hızı, m/sn	1,72997
Q	Karışımın hacimsel debisi, m^3/sn	0,03056
A	Borunun kesit alanı, m^2	0,01766
3	**$TDH = H_z + H_p + H_f + H_v$**	92,6761
TDH	Sistemin toplam dinamik basınç yükü(yüksekliği), m.	84,251
H_z	Hidrostatik yük (yükseklik farkı); tanktaki karışımın yüzeyi ile iletildiği nokta arasındaki yükseklik farkı, m.	50
H_p	Basınç yükü (yüksekliği); besleme ucundaki karışımın yüzeyine etki eden basınçla, boşaltma noktasında karışıma etki eden basınç arasındaki fark, m. sıvı sütunu	14,0571
H_f	Sürtünme, genişleme ve daralma kayıpları	20,0414
TBU	Toplam efektif boru uzunluğu, ft $f = 0,2083 \times (100/C)^{1,85} \times Q^{1,85} / D^{4,8665}$	819,672
f	Yatay boru hattının her 100 ft.i için karışım sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı veya sadece su akışı olduğu durumlarda su sütunu cinsinden basınç yüksekliği kaybı	2,44505
C	Boru iç yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı bir katsayı	120
Q	galon/dakika cinsinden karışım debisi	485,009
D	borunun inç cinsinden iç çapı	5,91
H_v	Hız yükü; karışımın boru hattındaki tasarım hızına ivmelendirmek için gerekli enerji, $V^2/2g$, m.	0,15254
4	**$R = 1 - 0,000385 (S_s - 1) \times (1+(4/S_s)) \times C_w \times \ln(d_{50}/22,7)$**	1
R	Düzeltme faktörü	
d_{50}	Ağırlık bazında tane medyan boyu, mikron	25
5	**TDH, m. su sütunu = TDH /R**	**92,676**
Q	**Karışımın hacimsel debisi, m^3/saat**	**110**
	Santrifüj Pompa anma ölçüleri grafiğinden; 75 / 50 E, 2900 dev./dak.	
$E_ç$	Pompa emiş borusu çapı, mm	75
$Ç_ç$	Pompa çıkış borusu çapı, mm	50
N	Pompa devri, dev/dak	2900
η_{su}	Motor gücü, kW	55
	Motor devri, dev/dak (50 Hz)	2900
γ	Su için pompa verimi, %	72
6	**$\eta_{pülp} = \eta$, Pülp özgül ağırlığı (kgr/lt) x η_{su}**	55
$\eta_{pülp}$	Pülp pompalamak için gerekli güç kW Pülp için pompa verimi=γ x R	72

BÖLÜM 9

KÖMÜR ZENGİNLEŞTİRME TESİSLERİ

YATIRIM ve İŞLETME MALİYETLERİ TAHMİNİ

9.1. Tesis İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti

Kömür zenginleştirme tesislerinin yatırım maliyetlerini, tesis ekipmanlarının yanında önemli ölçüde etkileyen, tesisin sabit ya da mobil oluşu ile ilgili inşa maliyetleri, kömür stoklama, taşıma, silolama, temiz suyun temini, atık suların ve diğer atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili tesisler, çevre iyileştirmesi etkilemektedir.

Yerleştirilmeleri ve bir yerden bir yere nakilleri kolay olan modül tesisler, yerleşik özel amaçlı tesislerle karşılaştırıldığında, yatırım masrafları çok düşüktür. Örneğin, 1988'de Birtley Mühendislik firması tarafından Scotland'da kurulan 550 ton/saat kapasiteli özel amaçlı bir kömür hazırlama tesisinin fiyatı (enflasyon göz önüne alınarak güncelleştirildiğinde), 40-45 milyon $'dır. Buna karşın modül tesisin fiyatı, sadece 8 milyon $ olmaktadır (Rymer, 1997).

Yukarıda bahsedilen yatırım kalemleri göz önüne alınmadan sabit bir kömür zenginleştirme tesisi için maliyet, 20.000-25.000 USA $ t/h arasında değişmektedir. Bununla birlikte, tesis zenginleştirme devrelerinin maliyetlerinde de önemli farklılıklar vardır. Bu durumu, Tablo 9.1'de jig ile ağır ortam devrelerinin karşılaştırmasında açıkça görmek mümkündür.

Tablo 9.1. Jig ve Ağır Ortam Devrelerinin Yatırım ve Operasyon Maliyetleri Karşılaştırması (Humphreys, 1979)

Tüvenan ve temiz kömür stoklama, yükleme ve termal kurutma maliyetleri hariç	Jig, Su siklonu	Ağır Ortam Teknesi, Ağır Ortam Siklonu, Su siklonu
Kapasite, mt/h	455	455
Kullanılabilen Zaman	230 gün/yıl, 2 vardiya/gün, 13 gün/h	
Sermaye Tutarı, $	6.000.000	8.500.000
Operasyon Maliyeti, $/temiz kömür ton	0,85	1,25
Proje Süresi, yıl	20	20
Jig devresi % 75 Ürün	1.020.338 mt temiz kömür/yıl	
Ağır Ortam Devresi, % 78 Ürün	1.061.150 mt temiz kömür/yıl	
Ağır Ortam Devresi, % 80 Ürün	1.088.360 mt temiz kömür/yıl	

Bir tesisin kurulması ve işletilmeye alınması için gerekli harcamalar;

1. Sabit sermaye yatırımı: Tesisteki bütün ekipmanların satın alınması, kurulması, tesisin inşası için gerekli para tutarıdır.

2. İşletme sermayesi: Tesisin işletmeye alınması ve çalışır durumda tutulması için gerekli nakit paradır. Tesis için gerekli hammadde ve malzeme maliyeti, stoktaki ürün maliyeti, tesisin bir aylık işletme ve personel giderleri gibi harcamalar, işletme sermayesini oluşturmaktadır.

Seyitömer Bölgesi kömürünün zenginleştirilmesi için tasarlanan 300 t/h kapasiteli tesisin yatırım maliyet analizleri için, tasarlanan ekipmanların fiyatları, hem yurt dışı hem de yurt içi üreticilerden temin edilen fiyatlar değerlendirilmiştir. Ancak, gerek yurt içi firmaların bu konuda oldukça yol almış olmaları, gerekse teknolojik gelişmeleri desteklemek amacı ile yurt içi fiyatlar kullanılmıştır.

İlk yatırım ve işletme tutarı tablosunun genel şekli ile direkt ve indirekt giderlerin hesaplanış şekli "Coal Preaparation, 1979" adlı eserin Kenneth K. HUMPHREYS tarafından hazırlanan 5. "The Economics of Coal Preperation" bölümünde tanımlanan ve West Virginia University'nin hazırladığı formdan alınmıştır. Yine bu tablodaki sabit yatırım kalemlerinin hesaplanış şekli, "Mineral Processing Plant Design" adlı eserin Andrew L. MULAR tarafından hazırlanan 3. "The Estimation of Preliminary Capital Costs" bölümünde tanımladığı Tablo 4.'ten alınmıştır.

Tesisin işletmeye alınmasına kadar kredi ve borç kullanılmayacağı varsayılmıştır. Çünkü bu kalem maliyet tutarı, firma ve kişilere göre değişiklik arz etmektedir.

Seyitömer Bölgesi kömürü için tasarlanan kömür zenginleştirme tesisinden elde edilen satılabilir ürün miktarı ve Seyitömer Termik Santrali ile SLİ arasında yapılan sözleşme fiyatına göre satış hasılatı değerleri, aşağıdaki Tablo 9.2'de gösterilmiştir.

Tablo 9.2. Tesis Yıllık Satış Geliri

TESİSİN KAPASİTESİ, ton/yıl	1.700.000
TOPLAM TESİS MALİYETİ, TL	6.316.595.875.556

TESİSTEN ELDE EDİLECEK ÜRÜNLER					
Boyut (mm)	Ton/h	Ton/yıl	Kalori, kcal/kg		
18-150	137	776.338	1768	Termik santral ürünü	
0,5-18	38,9	220.435	1967	TEAŞ'a Satış Fiyatı	
-0,1-0,5	12,7	71.967	2213	Satış Fiyatı,TL/ton	Hasılat, TL/yıl
TOPLAM	188,6	1.068.740	1840	16.969.047	18.135.492.543.295
Tüvenan Kömür Hasılası		1.700.000	1066	2.951.139	5.016.935.620.000

Fiili Fiyat (TEAŞ) = Baz Fiyat x (Fiili Kalori / Baz Kalori)

Grup	Baz Fiyat	Baz Kalori	Fiili Fiyat
1.2.3. Gruplar	16.139.039	1.750	16.969.047
4. Grup	14.755.693	1.600	16.969.047

Baz kalorinin altındaki kalori değerlerinde, baz fiyatın % 20 oranında fiyat ödeme uygulaması, sözleşmeye bağlanmıştır.

İşçilik maliyetlerinin hesaplanmasında, fiili tesis çalıştırma esasına yönelik işçi ve personel sayısı ile Türkiye şartlarındaki ücretler esas alınarak hesaplanmış ve Tablo 9.3'te sunulmuştur. Bunun yanında tesis sarf malzeme çeşit ve miktarlarının hesaplanmasında da, fiili çalışan tesis değerleri (GLİ Tunçbilek / Ömerler ve ELİ Soma PARK ENERJİ ve Soma BURUYAR modül tesisleri) göz önüne alınmış ve hesaplamalar Tablo 9.4'te gösterilmiştir.

Tablo 9.3. İşçilik Maliyet Hesabı

300 t/h.lik LAVVAR İŞÇİLİK YAKLAŞIK MALİYET HESABI

Yıllık Yıkanacak Tüvenan Kömür Miktarı	1.700.000 ton/yıl
Lavvar Çalışma Vardiyası	3 vardiya
Personel Sayısı	
İdari Personel	
Sorumlu Müdür	1
Makine Mühendisi	1
Elektrik Mühendisi	1
Maden Mühendisi	3
Laborant	1
T O P L A M	**7**
Üretimle İlgili İşçilik	
İşletme Gurubu	**3 VARDİYA**
Formen	3
Teknisyen Bakımcı	18
Kaynakçı Usta	6
Tamirci Usta	6
Elektrikçi Usta	4
Yağcı	1
T O P L A M	**38**

1 . PERSONEL ve İŞÇİLİK MALİYETİ	
İdari Personel	7 x 1.500.000.000 TL/Ay
	10.500.000.000 TL/Ay
	126.000.000.000. TL/Yıl
Kalifiye İşçilik	38 x 750.000.000 TL/Ay
	28.500.000.000 TL/Ay
	342.000.000.000 TL/Yıl
Toplam Personel Gideri	**468.000.000.000. TL/Yıl**

Tablo 9.4, tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin hesap şekli formu mahiyetinde olup, tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin tutarını da göstermektedir.

Tablo 9.4, tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin hesap şekli formu mahiyetinde olup, tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin tutarını da göstermektedir. Bu tabloda kullanılan ekipman maliyetleri yerli üretici firmaların rakamlarıdır. Karşılaştırma imkanının oluşturulması açısından Tablo 9.5.'te 0,6 kuralı uygulanarak yurt dışı ekipman maliyetleri hesaplanmıştır. Marshall&Swift mining milling indeksinin kullanıldığı hesaplamada, 1991 yılındaki yurt dışı ekipman kapasite ve maliyetleri, Garp Linyitleri İşletmesi Ömerler Lavvarı'nın ihale sonucu temin edilen maliyetleri birinci maliyet olarak kullanılmıştır.

Tablo 9.6.'da ise, yurt dışı ekipman maliyetleri kullanılarak tesisin ilk yatırım ve işletme maliyet tutarları hesaplanmıştır.Yurt dışı ekipman kullanılarak yapılacak tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin 9.024.764 USA $ hesaplanmıştır.

Yurt içi firmalardan temin edilecek ekipmanlarla kurulan tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetinin ise Tablo 9.4'ten görüleceği üzere, 6.316.595.875.556 TL olarak gerçekleşeceği hesaplanmıştır. Bu rakamın USA $'ı karşılığı (1 USA $=1.350.000 TL, Mayıs 2005) değeri, 4.678.959 $ olacağı görülecektir.

Bu da, yerli ekipmanla kurulacak bir tesisin, yurt dışından ithal ekipmanlarla kurulması durumunda, yaklaşık 2 katı bir maliyetle karşılaşılacağı görülmektedir.

Bundan sonraki hesaplamalarda yurt içi ekipman maliyetleri esas alınacaktır.

Tablo 9.4. İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu

KONUM		MOBİL	**ÜRÜN**	TEMİZ KÖMÜR
SABİT YATIRIM MALİYETİ, TL		2.759.750.000.000	**PROSES**	HMD, HMC, Spiral, Tikiner
TOPLAM TESİS MALİYETİ, TL		6.316.595.875.556	**Yıllık Üretim, m. ton**	1.700.000
SABİT SERMAYE MALİYETİ, 1 YILLIK, TL		2.909.629.305.556	**Yıllık Çalışma Günü**	300
HURDA DEĞERİ, TL		275.975.000.000	**Günlük Çalışma Periyodu**	3 vardiya
			Günlük Fiili Çalışma Saati	19
HAMMADDE		**ÜNİTE MALİYETİ**		**Hesaplanış Şekli**
1	**Ekipmanlar**	1.250.000.000.000	1.250.000.000.000	**(1)**
2	**Ekipman Kurulumu**	312.500.000.000	1.250.000.000.000 x 0,25	**(1) . 0,25**
3	**Borulama**	125.000.000.000	1.250.000.000.000 x 0,10	**Solid-Fluid, (1) . (% 10-30)**
4	**Alet ve Cihazlar**	75.000.000.000	1.250.000.000.000 x 0,06	**Basit, (1) . (% 5-12)**
5	**Yapı ve İnşaat**	250.000.000.000	1.250.000.000.000 x 0,20	**Mobil, (1) . (% 10-30)**
6	**Yardımcı Servis Binaları İnşaası**	31.250.000.000	1.250.000.000.000 x 0,025	**Minor, (1) . (% 0-5)**
7	**Diğer Faydalar (Temiz Su, Atık Su, Elektrik Güç Besleyicisi, v.s.)**	31.250.000.000	1.250.000.000.000 x 0,025	**Kısa, (1) . (% 0-5)**
8	**Toplam Fiziksel Tesis Maliyeti**	2.075.000.000.000	2.075.000.000.000	**(1+...+7)**
9	**Mühendislik ve Dizayn**	415.000.000.000	2.075.000.000.000 x 0,20	**Basit, 8. (% 20-35)**
10	**Beklenmeyen Giderler**	62.250.000.000	2.075.000.000.000 x 0,15	**Basit, 8. (% 10-20)**
11	**Boyut Faktörü**	207.500.000.000	2.075.000.000.000 x 0,10	**Küçük, 8. (% 5-15)**
12	**TOPLAM SABİT YATIRIM MALİYETİ**	**2.759.750.000.000**	**2.759.750.000.000**	**(8+9+10+11)**

KREDİ VE BORÇLAR		
13	**----**	0
14	**----**	0
15	**----**	0
16	**TOPLAM KREDİ VE BORÇLAR (13+..+15)**	0
17	**TOPLAM HAMMADDE MALİYETİ (12+16)**	2.759.750.000.000

Tablo 9.4'ün devamı (Tesis İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu, Yurt İçi Ekipman)

	DİREKT GİDERLER	YILLIK MALİYETİ, TL	ÜNİTE MALİYETİ, TL/ton	Tüv. ton başına tüketim
18	**Elektrik**	642.222.222.222	377.778	2,67 kw-h/ton, 141.667 TL/kw-h
19	**Yağ**	204.000.000.000	120.000	0,06 lt/ton, 2.000.000 TL/lt
20	**Manyetit**	170.000.000.000	100.000	1,00 kg/ton, 100.000 TL/kg
21	**Flokülant (Anyonik Polimer)**	102.000.000.000	60.000	0,02 kg/ton, 3.000.000 TL/kg
22	**İşçilik**	468.000.000.000	275.294	Türkiye şartlarına göre hes.
23	**Supervizör**	70.200.000.000	41.294	(22) . 0,15
24	**Bakım Malzemesi**	447.288.888.889	9.635	(18+19+20+21) . 0,4
25	**Fabrika Ekleri**	13.798.750.000	8.117	Yıllık Amortisman Payı .0,05
26	**İndirekt Genel Giderler**	492.744.444.444	289.850	(22+23+24) . 0,50
27	**Laboratuar**	23.400.000.000	13.765	(22) . 0,05
28	**Beklenmeyen Giderler**	275.975.000.000	162.338	(17) . 0,10
29	**TOPLAM DİREKT GİDERLER (18+..+28)**	**2.909.629.305.556**	**1.711.547**	

	İNDİREKT GİDERLER			
30	**Tükenme Payı**	40.071.570.000		**(31+32) . 0,066**
31	**Vergi ve Sigortalar**	55.195.000.000		**(17) . 0,02**
32	**Amortismanlar**	551.950.000.000		**(17) . 0,2**
33	**TOPLAM İNDİREKT GİDERLER (30+..+32)**	**647.216.570.000**		
34	**TOPLAM GİDERLER (29+33)**	**3.556.845.875.556**	**2.092.262**	
35	**TOPLAM TESİS MALİYETİ (34+17)**	**6.316.595.875.556**		

Tablo 9.5. Seyitömer Kömürüne göre 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Yurt Dışı Ekipman Maliyet Listesi						Toplam Ekipman Maliyeti USD $	2004 Yılı (9. ay sonu) Birim Mal.	1991 Yılı Birim Maliyet	Kapasiteler (ton/saat)	
Ek. No	**Ekipman İsmi**	**Adet**	**Kapasitesi**	**Boyutları**	**Motor gücü**		**Maliyet2**	**Maliyet1**	**Kap.1**	**Kap.2**
1	Tüvenan Bunkeri	1	100 ton	5x3x7,5 m	--	45.572	45.572	20000	44	112,5
2	Titreşimli Izgaralı Besleyici	1	375 t/h	0,91 x 2,44 m	20 kW	146.780	146.780	150000	600	375
3	Çift merdaneli kırıcı	1	77 t/h	51 cm x 46 cm	7,5 HP	107.249	107.249	254000	500	77
4	Tüvenan Stok Bandı	1	375 t/h	36″	18 kW	53.819	53.819	55000	600	375
5	Hazır Tüvenan Siloları	3	100 ton	5x3x7,5 m	--	136.716	45.572	20000	44	112,5
6	Titreşimli Tesis Besleyicileri	3	350 t/h	0,91 x 1,83 m	7,5 HP	346.437	115.479	123000	600	350
7	Tesis Besleme Bandı	1	375 t/h	36″	18 kW	53.819	53.819	55000	600	375
8	Tüvenan Sınıflandırma Eleği	1	350 t/h	2,44 x 4,88	30 HP	328.599	328.599	350000	600	350
9	Ağır Ortam Tamburu	1	140-250 t/h	3,6 x 3,6		194.598	194.598	150000	200	200
10	Ağır Ortam Tamburu Tankı	1	24 m^3	H 4,25 x 3,7, h) m	--	13.923	13.923	10000	24	27
11	Ağır Ortam Tamburu Pompası	1	403 m^3/h	200/150 F	45 kW	40.790	40.790	36000	505	403
12	+18 Temiz Kömür Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	1	206 m^3/h	0,5 x 1,25	---	4.281	4.281	3300	250	250
13	+18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	170 t/h	1,82 x 4,88	20 HP	136.868	136.868	105500	100	100
14	+18 mm Temiz Kömür Bandı	1	170 t/h	30"	12 kW	54.488	54.488	42000	170	170
15	+18 Atık Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	1	53 m^3/h	0,2 x 1,25	---	4.281	4.281	3300	53	53
16	+18 Atık Yıkama Eleği	1	40 t/h	1,82 x 4,88	15 HP	115.688	115.688	78000	80	100
17	Tesis Atık Bandı	1	86- 476 t/h	30"	17 kW	46.704	46.704	36000	150	150
18	AOT Manyetik Seperatörü	1	225 m^3/h	H 610 x 1771) mm	1,5 kW	84.326	84.326	65000	225	225
19	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bendi	2	180 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---	40.217	20.108	15500	180	180
20	Şlam Ayırma Eleği	2	180 t/h	1,82 x 4,88	15 HP	231.376	115.688	78000	80	100
21	Ağır Ortam Siklon Tankı	1	24 m^3	H 4,25 x 3,7, h) m	---	13.923	13.923	10000	24	27
22	Ağır Ortam Siklon Pompası	1	188 m^3/h	150/100E	20 kW	40.951	40.951	22000	103	188
23	Ağır Ortam Siklonları	2	165 m^3/h	H 510) mm	---	21.541	10.770	10000	225	165
24	+0,5-18 Temiz Kömür Eleği Sieve Bendi	1	115 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---	20.108	20.108	15500	115	115
25	+0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	1	45 t/h	1,82 x 4,88	20 HP	156.476	156.476	105500	80	100

Tablo 9.5. Seyitömer Kömürüne göre 300 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Yurt Dışı Ekipman Maliyet Listesi Devamı						Toplam Ekipman Maliyeti USD $	2004 Yılı (9. ay sonu) Birim Mal.	1991 Yılı Birim Maliyet	Kapasiteler (ton/saat)	
Ek. No	**Ekipman İsmi**	**Adet**	**Kapasitesi**	**Boyutları**	**Motor gücü**		**Maliyet2**	**Maliyet1**	**Kap.1**	**Kap.2**
26	Santrifüj Kurutucu	1	80-200 t/h	(En x Yük. X Boy) m. 1,50 x 1,83 x 2,43	Drive - Eccentric 30 HP -5 HP	210.612	210.612	142000	80	100
27	Toz Bandı	1	134 t/h	24"	5,6 kW	38.920	38.920	30000	134	134
28	+0,5-18 Atık Eleği Sieve Bendi	1	115 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---	20.108	20.108	15500	115	115
29	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	1	45 t/h	1,82 x 4,88	15 HP	115.688	115.688	78000	80	100
30	AOS Manyetik Seperatörü	1	225 m^3/h	H□610 x 1771) mm	1,5 kW	84.326	84.326	65000	225	225
31	Şlam Siklon Tankı	1	24 m^3	H□4,25 x 3,7, h) m	---	13.923	13.923	10000	24	27
32	Şlam Siklon Pompası	1	378 m^3/h	200/150 F	45 kW	39.253	39.253	36000	505	378
33	Şlam Siklonları	3	139 m^3/h	H□356) mm	---	25.047	8.349	5250	99	139
34	Spiral Koruyucu Sieve Bend	1	t/h	1,25 x 1,0 (R1550)	---	18.811	18.811	14500	100	100
35	Spiral	16	50 m^3/h	3,25 turn 0.96-meter Ø helix 160-mm Ø center column	---	90.813	90.813	70000	50	50
36	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırıcı Sieve Bend	1	65 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---	20.108	20.108	15500	65	65
37	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırma Eleği	1	15 t/h	1,82 x 3,66	10 HP	171.307	171.307	115500	80	100
38	+0,1-0,5 mm Atık Susuzlandırma Eleği	1	10 t/h	1,82 x 3,66	10 HP	171.307	171.307	115500	80	100
39	Tikiner	1	359 t/h	(Çap x Yükseklik) m. 12 x 3,5	---	327.783	327.783	221000	80	100
40	Atık Pompası	1	110 m^3/h	150/100E	160 kW	29.690	29.690	22000	103	110
41	Temizlenmiş Su Tankı	1	44 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 3,7 x 4	---	12.973	12.973	10000	44	44
42	Temizlenmiş Su Pompası	1	350 m^3/h	150/100E	132 kW	59.458	59.458	22000	103	350
43	Taze Su Sağlama Pompası	1	110 m^3/h	75/50C	55 kW	23.352	23.352	18000	110	110
44	Taze Su Tankı	1	22 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 2,5 x 3	---	8.559	8.559	10000	44	22
İ = M&S1-2 : Marshall Swift mining-milling indeksi				Tesis toplam ekipman maliyeti		**$3.921.569**				

1991 M&S İndex: 963,6 2004 9 aylık M&S İndex: 1250,1 Maliyet2=M1/[(K1/K2)^{0,6}.(İ1/İ2)]

Tablo 9.6. Seyitömer Kömürü için 300 t/h'lik Zenginleştirme Tesisi İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu (Yurt Dışı Ekipman)

KONUM		MOBİL	**ÜRÜN**	TEMİZ KÖMÜR
SABİT YATIRIM MALİYETİ, $		8.658.040	**PROSES**	HMD, HMC, Spiral, Tikiner
TOPLAM TESİS MALİYETİ, $		9.064.724	**Yıllık Üretim, m. ton**	1.700.000
SABİT SERMAYE MALİYETİ, 1 YILLIK, $		2.849.728	**Yıllık Çalışma Günü**	300
HURDA DEĞERİ, $		865.804	**Günlük Çalışma Periyodu**	3 vardiya
			Günlük Fiili Çalışma Saati	19
HAMMADDE		**ÜNİTE MALİYETİ, $**		**Hesaplanış Şekli**
1	**Ekipmanlar**	3.921.569	3.921.569	**(1)**
2	**Ekipman Kurulumu**	980.392	3.921.569 x 0,25	**(1) . 0,25**
3	**Borulama**	392.157	3.921.569 x 0,10	**Solid-Fluid, (1) . (% 10-30)**
4	**Alet ve Cihazlar**	235.294	3.921.569 x 0,06	**Basit, (1) . (% 5-12)**
5	**Yapı ve İnşaat**	784.314	3.921.569 x 0,20	**Mobil, (1) . (% 10-30)**
6	**Yardımcı Servis Binaları İnşaası**	98.039	3.921.569x 0,025	**Minor, (1) . (% 0-5)**
7	**Diğer Faydalar (Temiz Su, Atık Su, Elektrik Güç Besleyicisi, v.s.)**	98.039	3.921.569 x 0,025	**Kısa, (1) . (% 0-5)**
8	**Toplam Fiziksel Tesis Maliyeti**	6.509.805	6.509.805	**(1+...+7)**
9	**Mühendislik ve Dizayn**	1.301.961	6.509.805 x 0,20	**Basit, 8. (% 20-35)**
10	**Beklenmeyen Giderler**	195.294	6.509.805 x 0,15	**Basit, 8. (% 10-20)**
11	**Boyut Faktörü**	650.980	6.509.805 x 0,10	**Küçük, 8. (% 5-15)**
12	**TOPLAM SABİT YATIRIM MALİYETİ, $**	**8.658.040**	**8.658.040**	**(8+9+10+11)**

KREDİ VE BORÇLAR		
13	**----**	0
14	**----**	0
15	**----**	0
16	**TOPLAM KREDİ VE BORÇLAR (13+..+15)**	0
17	**TOPLAM HAMMADDE MALİYETİ (12+16)**	8.658.040

Tablo 9.6'nın devamı (Tesis İlk Yatırım ve İşletme Tutarı Tablosu, Yurt Dışı Ekipman)

	DİREKT GİDERLER	YILLIK MALİYETİ, $	ÜNİTE MALİYETİ, $/ton	Tüv. ton başına tüketim
18	**Elektrik**	475.720	0,280	2,67 kw-h/ton, 0,105 $/kw-h
19	**Yağ**	151.111	0,089	0,06 lt/ton, 1,481 $/lt
20	**Manyetit**	125.926	0,074	1,00 kg/ton, 0,074 $/kg
21	**Flokülant (Anyonik Polimer)**	75.556	0,044	0,02 kg/ton, 2,222 $/kg
22	**İşçilik**	346.667	0,204	Türkiye şartlarına göre hes.
23	**Supervizör**	52.000	0,031	(22) . 0,15
24	**Bakım Malzemesi**	331.325	0,007	(18+19+20+21) . 0,4
25	**Fabrika Ekleri**	43.290	0,025	Yıllık Amortisman Payı .0,05
26	**İndirekt Genel Giderler**	364.996	0,215	(22+23+24) . 0,50
27	**Laboratuar**	17.333	0,010	(22) . 0,05
28	**Beklenmeyen Giderler**	865.804	0,509	(17) . 0,10
29	**TOPLAM DİREKT GİDERLER (18+..+28)**	**2.849.728**	**1,676**	

	İNDİREKT GİDERLER			
30	**Tükenme Payı**	125.715		**(31+32) . 0,066**
31	**Vergi ve Sigortalar**	173.161		**(17) . 0,02**
32	**Amortismanlar**	1.731.608		**(17) . 0,2**
33	**TOPLAM İNDİREKT GİDERLER (30+..+32)**	**2.030.484**		
34	**TOPLAM GİDERLER (29+33)**	**4.880.211**	**2,871**	
35	**TOPLAM TESİS MALİYETİ ((34/12)+17)**	**9.064.724**		

9.2. Proje Değerlendirme Bölümü

Projenin ekonomik açıdan değerlendirilmesinde kullanılan analiz teknikleri olarak, Prof. Dr. Adnan KONUK ile Seyhan ÖNDER tarafından hazırlanan "Maden Ekonomisi, 1999" adlı eserin dokuzuncu bölümünde yer alan "Ekonomik Değerlendirme" başlığı altında işlenen değerlendirme faktörleri kullanılmıştır.

İşletme dönemi gelir-gider tablosu hazırlanarak, Tablo 9.7'de sunulmuştur.

Tablo 9.7. İşletme Dönemi Gelir Gider Tablosu

AÇIKLAMALAR	1.BEŞ YIL(TL/Yıl)	2.BEŞ YIL(TL/Yıl)
PROJE GELİRLERİ	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295
PROJE GİDERLERİ	8.573.781.495.556	8.021.831.495.556
İŞLETME BRÜT KÂRI	9.561.711.047.739	13.118.556.923.295
DEVLET HAKKI	478.085.552.387	655.927.846.165
MADENCİLİK FONU	478.085.552.387	655.927.846.165
VERGİ ÖNCESİ BRÜT KÂR	8.605.539.942.966	11.806.701.230.966
KURUMLAR VERGİSİ	2.151.384.985.741	2.951.675.307.741
VERGİ MAT.ÖD. FONLAR	150.596.949.002	206.617.271.542
VERGİLER TOPLAMI	2.301.981.934.743	3.158.292.579.283
KULLANILABİLİR KÂR	6.303.558.008.222	8.648.408.651.682

9.3. Projenin Proforma Gelir Gider Tablosu

Projenin proforma gelir giderleri, aşağıdaki Tablo 9.8'de özetlenmiştir.

Tabloda 9.8. Proforma Gelir Gider Tablosu

	2005	2006	2007	2008	2009
Proje Gelirleri	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295
Proje Giderleri	3.556.845.875.556	3.556.845.875.556	3.556.845.875.556	3.556.845.875.556	3.556.845.875.556
Tüv. Köm. Maliyeti	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000
Proje Karı	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739
Uzun Vadeli Borç Faizi					
Brüt Kar	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739	9.561.711.047.739
Devlet Hakkı	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387
Madencilik Fon Bedeli	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387	478.085.552.387
Vergi Öncesi Brüt Kar	8.605.539.942.966	8.605.539.942.966	8.605.539.942.966	8.605.539.942.966	8.605.539.942.966
Kurumlar Vergisi	2.151.384.985.741	2.151.384.985.741	2.151.384.985.741	2.151.384.985.741	2.151.384.985.741
Vergi Üz. Öd.Fonlar	150.596.949.002	150.596.949.002	150.596.949.002	150.596.949.002	150.596.949.002
Vergiler Toplamı	2.301.981.934.743	2.301.981.934.743	2.301.981.934.743	2.301.981.934.743	2.301.981.934.743
Kullanılabilir Kar	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Proje Gelirleri	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295	18.135.492.543.295
Proje Giderleri	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000	5.016.935.620.000
Tüv. Köm. Maliyeti	3.004.895.875.556	3.004.895.875.556	3.004.895.875.556	3.004.895.875.556	3.004.895.875.556
Proje Karı	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295
Uzun Vadeli Borç Faizi					
Brüt Kar	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295	13.118.556.923.295
Devlet Hakkı	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165
Madencilik Fon Bedeli	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165	655.927.846.165
Vergi Öncesi Brüt Kar	11.806.701.230.966	11.806.701.230.966	11.806.701.230.966	11.806.701.230.966	11.806.701.230.966
Kurumlar Vergisi	2.951.675.307.741	2.951.675.307.741	2.951.675.307.741	2.951.675.307.741	2.951.675.307.741
Vergi Üz. Öd.Fonlar	206.617.271.542	206.617.271.542	206.617.271.542	206.617.271.542	206.617.271.542
Vergiler Toplamı	3.158.292.579.283	3.158.292.579.283	3.158.292.579.283	3.158.292.579.283	3.158.292.579.283
Kullanılabilir Kar	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682

9.4. Fonların Akış Tablosu

Projenin fonlarının akışı, Tablo 9.9'da özetlenmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, 10 yıllık proje ömrü sonunda toplam 77.519.583.299.523 TL fon akışı söz konusu olacaktır.

Tablo 9.9. Fonların Akış Tablosu

	2005	2006	2007	2008	2009
Kullanılabilir kar	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222	6.303.558.008.222
Amortismanlar	551.950.000.000	551.950.000.000	551.950.000.000	551.950.000.000	551.950.000.000
Toplam	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222
Borç Taksitleri					
Teşekküle Bırakılan Fon	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222	6.855.508.008.222
Kümülatif Bakiye	6.855.508.008.222	13.711.016.016.445	20.566.524.024.667	27.422.032.032.889	34.277.540.041.111
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
Kullanılabilir kar	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682
Amortismanlar					
Toplam	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682
Borç Taksitleri					
Teşekküle Bırakılan Fon	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682	8.648.408.651.682
Kümülatif Bakiye	42.925.948.692.794	51.574.357.344.476	60.222.765.996.158	68.871.174.647.840	77.519.583.299.523

9.5. Projenin Rantabilitesi

Bir projenin net bugünkü değeri, o projenin yaratacağı nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değerleri arasındaki fark olarak tanımlanır. Bütün yıllık nakit akımları, önceden tespit edilen faiz oranı ile projenin başlangıç yılına indirgenmektedir. Net bugünkü değer yöntemi, paranın zaman değerini dikkate alan ve bir projenin faydalarını ölçen bir yöntemdir. Bir yatırım projesinin değerlendirilmesinde, Denklem (9.1) kullanılarak hesaplanan NBD, sıfıra eşit veya büyükse proje kabul edilmekte, aksi halde reddedilmektedir.

$$NBD = \sum_{i=0}^{n} \frac{NG_i - NÇ_i}{(1+r)^i} \quad \text{..... (9.1)}$$

NG_i = i'inci yılın nakit girişi,

$NG_ç$= i'inci yılın nakit çıkışı,

n = projenin ömrü,

r = seçilmiş faiz oranı

Yöntemin uygulanmasında karşılaşılan en büyük sorun, projeden beklenen en küçük karlılık oranının doğru şekilde belirlenememesidir. Ayrıca, yatırım harcamaları ve ekonomik ömürleri çok farklı projeler arasında seçim yapma durumunda hatalı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu gibi durumlarda ek bazı ölçütlerin kullanılması gerekir. Projenin mali rantabilitesi, Tablo 9.10'da gösterilmiştir. Projenin yıllık net fonları %30, %40, %50 indirgeme oranlarına göre indirgenmiş ve aşağıdaki net bugünkü değerler bulunmuştur.

%30 indirgeme oranına göre NBD : 35.821.797.793.758 TL

%40 indirgeme oranına göre NBD : 28.539.091.837.566 TL

%50 indirgeme oranına göre NBD : 23.746.580.017.338 TL

Tablo 9.10. Mali Rantabilite Tablosu

Değerler , 10^6 TL	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
1.NAKİT ÇIKIŞLAR					
Yatırım Tutarı	2.759.750				
İşletme Sermayesi	2.909.629				
TOPLAM	5.669.379				
2.NAKİT GİRİŞLER					
Proje Karı	9.561.711	9.561.711	9.561.711	9.561.711	9.561.711
İşletme Sermayesi					
Hurda Değeri					
3.YILLIK NET FON	3.892.332	9.561.711	9.561.711	9.561.711	9.561.711
%30'a göre ind. oranı	1,000	0,769	0,592	0,455	0,350
İndirgenmiş Değer	3.892.332	7.355.162	5.657.817	4.352.167	3.347.821
%40'a göre ind. oranı	1,000	0,714	0,510	0,364	0,260
İndirgenmiş Değer	3.892.332	6.829.794	4.878.424	3.484.589	2.488.992
%50'a göre ind. oranı	1,000	0,667	0,444	0,296	0,198
İndirgenmiş Değer	3.892.332	6.374.474	4.249.649	2.833.100	1.888.733
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
1.NAKİT ÇIKIŞLAR					
Yatırım Tutarı					
İşletme Sermayesi					
TOPLAM					

2.NAKİT GİRİŞLER					
Proje Karı	13.118.557	13.118.557	13.118.557	13.118.557	13.118.557
İşletme Sermayesi					36.956
Hurda Değeri					275.975
3.YILLIK NET FON	13.118.557	13.118.557	13.118.557	13.118.557	13.118.557
%30'a göre ind. oranı	0,269	0,207	0,159	0,123	0,094
İndirgenmiş Değer	3.533.209	2.717.853	2.090.656	1.608.197	1.266.584
%40'a göre ind. oranı	0,186	0,133	0,095	0,068	0,048
İndirgenmiş Değer	2.439.191	1.742.280	1.244.485	888.918	650.087
%50'a göre ind. oranı	0,132	0,088	0,059	0,039	0,026
İndirgenmiş Değer	1.727.547	1.151.698	767.798	511.866	349.384

Bir projenin net bugünkü değerini sıfır yapan faiz oranına "İç Karlılık Oranı (İKO)" denir. Bir projenin değerlendirilmesi sırasında Denklem (8.2) ile hesaplanan İKO'nın, karar vericinin saptadığı sınır karlılık oranından büyük olması halinde, proje kabul edilir, aksi halde reddedilir. Alternatif projeler arasında da en büyük İKO'nını veren alternatif seçilir. İç karlılık oranı, bir projeye yatırılan sermayenin karlılığını gösterir. Bu nedenle, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde ve karşılaştırılmasında kullanılabilen önemli bir ölçüttür.

$İKO = R_1 + [NBD_1 * (R_2 – R_1) / (NBD_1 - NBD_2)]$ .....(9.2)

R_1 : Pozitif NBD'i veren faiz oranı,

R_2 : Negatif NBD'i veren faiz oranı,

NBD_1 : R_1 için hesaplanan NBD,

NBD_2 : R_2 için hesaplanan NBD,

% 40 indirgeme oranına göre NBD : 28.539.091.837.566 TL

% 50 indirgeme oranına göre NBD : 23.746.580.017.338 TL

Tesis, birinci yılda, net kazanç elde ettiği için (toplam yatırımdan daha fazla net kazanç elde edildiği için), NBD'i sıfır yapan faiz oranı hesaplanamamıştır. Bu da, tesisin İKO değerlendirmesi açısından, çok karlı bir yatırım olduğu anlamı taşımaktadır.

9.6. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizlerinin amacı, projenin karlılığında etkili olan kritik parametreleri saptayarak, bunlara özel ilgi gösterilmesini sağlamaktır. Diğer bir amacı da, daha sonraki aşamalarda uygulanabilecek risk analizlerine, üzerinde durulması gereken parametrelerin neler olduğu hakkında bilgi sağlamaktır. Bu proje için duyarlılık analiz yöntemlerinden aralık analizleri uygulaması yapılmıştır.

Aralık analizleri, proje parametre değerlerinin, belirli aralıklarla (oranları) azaltılıp artırılması ile proje karlılığı üzerindeki etkilerini ölçen yöntemlerdir. Aralık analizleri, parametre değerleri değişimlerinin karlılık ölçütleri üzerindeki etkilerini düzenli olarak gösterdiğinden, belirsizliğin hakim olduğu parametreler için karar vericiye önemli bilgiler sağlayabilir.

Hazırlanan tesis projesinin, yatırım tutarındaki, satış fiyatındaki ve işletme giderlerindeki değişimlere karşı duyarlılığı araştırılmıştır. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Duyarlılık analizi, %30 indirgeme oranına göre yapılmıştır.

Yatırım Tutarındaki Değişime Göre :

%20 azalması halinde net bugünkü değer (NBD) = 32.432.058.846.395 TL

%20 artması halinde net bugünkü değer (NBD) = 31.338.568.578.728 TL

Satış Fiyatındaki Değişime Göre :

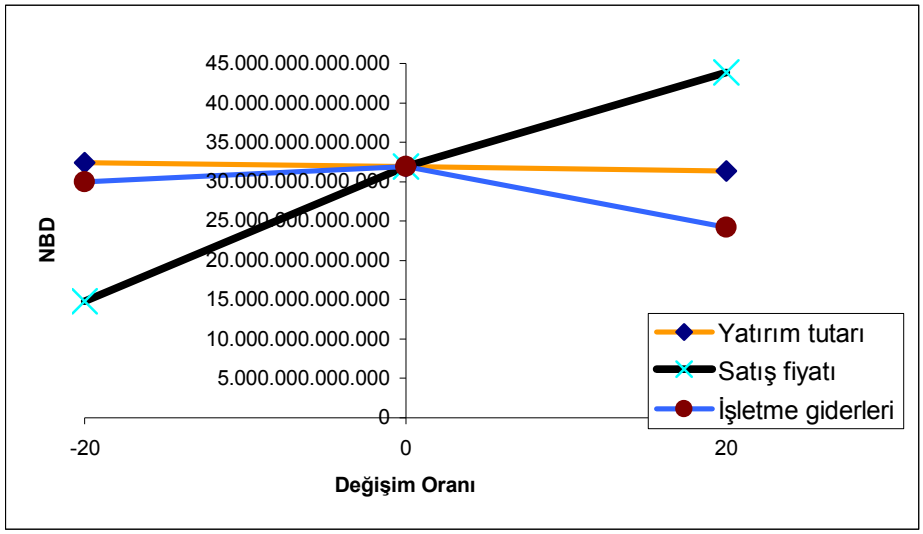
%20 azalması halinde net bugünkü değer (NBD) = 14.745.542.891.321 TL

%20 artması halinde net bugünkü değer (NBD) = 43.900.170.488.085 TL

İşletme Giderlerindeki Değişime Göre :

%20 azalması halinde net bugünkü değer (NBD) = 29.963.562.569.493 TL

%20 artması halinde net bugünkü değer (NBD) = 24.245.575.221.019 TL



Şekil 9.1. NBD'in yatırım tutarı, satış fiyatı ve işletme giderlerinin %20'lik artış ve azalışlarla değişimi

Yatırım tutarı, satış fiyatı ve işletme giderlerindeki % 20'lik artış ve azalışlar, projeye zarar ettirmemektedir.

9.7. Projenin Milli Gelire Katkısı, İstihdam Etkisi ve Döviz Tasarrufu

Brüt Kâr	:	9.561.711.047.739 TL
İşçilik	:	468.000.000.000 TL
Amortismanlar	:	551.950.000.000 TL

Projenin Milli Gelire Katkısı : 10.581.661.047.739 TL

İşletmede toplam 45 personel istihdam edilecektir. Çalışanlara, yılda 468.000.000.000 TL ödeme yapılacaktır. Ayrıca yapılacak yatırım, iç para olarak düşünülmüştür. Böylece çevre halkına ve yerli kaynakların değerlendirilmesi ile ülke ekonomisine gelir sağlayacaktır.

9.8. Diğer Değerlendirmeler

9.8.1. Başabaş Noktası Analizi

Başabaş analizlerinde amaç, projenin üretim maliyetleri ile satış gelirlerinin başa baş olduğu üretim (veya satış) kapasitesini saptamaktır. Toplam satış gelirleri ile toplam maliyetlerin birbirine eşitlendiği başabaş noktası, projenin ne kâr, ne de zarar ettiği bir üretim kapasitesidir. Başabaş noktasının altında yapılan satışlar zarar, üstünde yapılan satışlar ise, kâr getirir. Tablo 9.11'de başa baş noktası analiz değerleri gösterilmiştir.

Tablo 9.11. Başabaş Noktası Analiz Değerleri

	DEĞİŞKEN GİDERLER	
İşçilik Gideri (%90)	421.200.000.000	TL/Yıl
Sarf Malzemesi Gideri	1.118.222.222.222	TL/Yıl
Bakım, Onarım Gideri	447.288.888.889	TL/Yıl
TOPLAM	1.986.711.111.111	TL/Yıl
Birim Değişken Gideri	1.168.654	TL/Ton
	SABİT GİDERLER	
İşçilik Gideri (%10)	46.800.000.000	TL/Yıl
Bakım, Onarım Gideri (%25)	111.822.222.222	TL/Yıl
Beklenmeyen giderler	198.671.111.111	TL/Yıl
Genel Giderler	223.218.222.222	TL/Yıl
Amortismanlar	551.950.000.000	TL/Yıl
TOPLAM	1.132.461.555.556	TL/Yıl
D = Birim Değişken Giderler	1.168.654	TL/Ton
S = Sabit Giderler	1.132.461.555.556	TL/Yıl
F = Temiz Kömür Satış Fiyatı	16.969.047	TL/Ton
Q = Üretim Kapasitesi	1.068.740	TON/Yıl
Başabaş Noktasında Kapasite	71.673	TON/Yıl
BBN_k = S / (F - D) = 1.132.461.555.556 / (16.969.047 - 1.168.654 = 71.673 ton/yıl		
Başabaş Kapasite Kullanım Oranı	6,71	%
$BBN_0 = BBN_k / Q = 71.673 / 1.068.740 = \%\ 6,71$		
Başabaş Satış Hasılatı :	1.216.222.463.107	TL/Yıl
$BBN_f = F * BBN_k = 16.969.047 * 71.673 =$ 1.216.222.463.107 TL/Yıl		

İşletmenin satış gelirleri BBN_f'yi aştıktan sonra kâr elde edilmeye başlanmaktadır.

9.8.2. Yatırım Kârlılığı

Yatırım Kârlılığı = Net Kâr / Toplam Yatırım

= 6.303.558.008.222/ 6.316.595.875.556= 0,9979

Yatırım Kârlılığı = % 99,79

9.8.3. Projenin Geri Ödeme Süresi

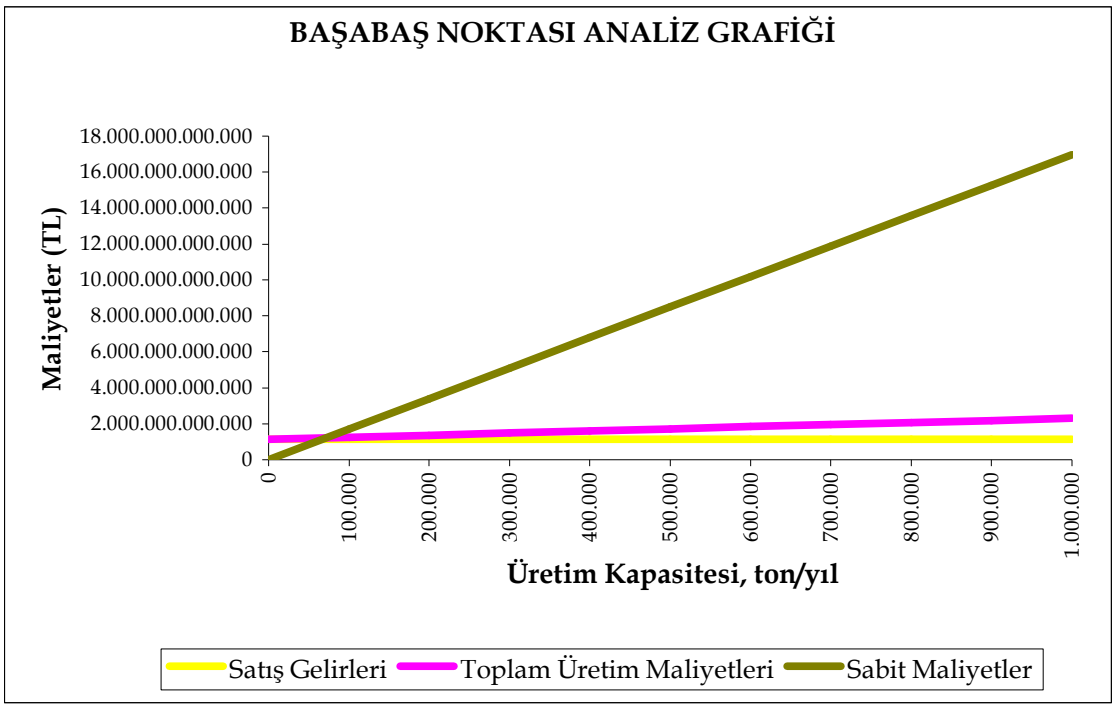
Geri ödeme süresi (GÖS), başlangıçta yapılan toplam yatırım harcamalarının projeden elde edilen net nakit akımlarıyla karşılanma süresidir. Denklem 9.3'deki formülle belirlenen bu ölçüt sayesinde, projeye yatırılacak olan sermayenin ne kadar sürede geri kazanılabileceği saptanmaktadır.

GÖS = Toplam Yatırım / (Net Kâr + Amortisman) ..... (9.3)

= 6.316.595.875.556/ (6.303.558.008.222+ 551.950.000.000)

= 0,92 yıl

Bir yıl tamamlanmadan proje, yapılan yatırımı geri ödemektedir. Başabaş noktası analiz grafiği, Şekil 9.2'de verilmiştir.



Şekil 9.2. Başabaş noktası analiz grafiği

BÖLÜM 10

SOMA-EYNEZ BÖLGESİ KÖMÜRÜ

için TESİS TASARIMI

10. Soma Eynez Bölgesi Kömürü İçin Kömür Zenginleştirme Tesis Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi

10.1. Soma Eynez Kömürü İçin Proses ve Zenginleştirme Ekipmanı Tipi Seçimi

Kömürlerin yıkanabilirliği incelendiğinde, jig ile zenginleştirilmeleri durumunda dar boyut fraksiyonlarında çok kontrollü bir işlem gerekeceği görüldüğünden alternatifler arasında değerlendirilmemiştir.

10.2. Soma Eynez Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Tane Dağılımı Tespiti

Zenginleştirme tesis tasarımına esas olacak Eynez kömürünün tane boyu dağılımı ile birlikte nem, kül ve alt ısıl değer dağılımları, Tablo 10.1'de verilmektedir.

Tablo 10.1. Soma Eynez Kömürü Tane Boyu Fraksiyonlarının Nem, Kül ve AID

Tane Boyu Fraksiyonlarının	NEM İÇERİKLERİ		KÜL İÇERİKLERİ		ALT ISIL DEĞERLERİ	
Tane boyu Fraksiyonu (mm)	Eynez Açık	Eynez Kapalı	Eynez Açık	Eynez Kapalı	Eynez Açık	Eynez Kapalı
-150+100	7,13		47		2.178	
-100+75	9,06		35		3.083	
-75+50	8,6		38		3.035	
-50+30	12,51	6,49	28	60	3.670	1.008
-30+19	13,77	9,64	29	45	3.664	2.485
-19+9.5	13,23	13,15	34	38	3.390	3.076
-9.5+6.3	13.43	12,47	29	38	3.654	2.401
-6.3+3.35	13.72	14,61	27	31	3.832	3.182
-3.35+1.4	13,6	15,01	35	30	3.823	3.157
-1.4+0.5	13,38	15.92	36	33	3.458	3.202
-0.5	12,03	14.86	45	43	2.811	2.521

Üretim miktarının çoğunluğu Eynez Açık ocaktan olduğu için, tesis tasarımı bu kömür üzerine yapılacaktır.

Tablo 10.2. Soma Eynez Kömürü Tane Boyu Dağılımı

Yüzdürme Sonucu Oluşan Tane Boyu Dağılımı						
	Tane Boyu Fraksiyonu mm	Yüzen Miktar %	AID kcal/kg	Kül %	Batan Miktar %	Kül %
Çalışma Yoğunluğu 1,85-1,90	+18-150 mm	32,7	4.206	18,30	9,01	68,40
	+10-18 mm	13,3	4.323	16,50		
	+0,5-10 mm	30,8	4.336	16,30		
Çalışma Yoğunluğu 1,85-1,90	+0,5-18 mm	44,1	4.336		7,40	71,90
Çalışma Yoğunluğu 1,85-1,90	+0,1-0,5 mm	3,9	3.250	33,00	1,44	76,40

Yukarıda Eynez kömürünün tane boyu dağılımının verildiği Tablo 10.2'den görüleceği üzere;

İri kömür devresi için +18-100 mm boyut aralığındaki miktar; %32,7'dir.

İnce kömür devresi için +0,5-18 mm boyut aralığındaki miktar; %44,1'dir.

Şlam devresi için +0,1-0,5 mm boyut aralığındaki miktar; %3,9'dur.

Tikinere beslenecek -0,1 mm boyutundaki miktar; %1,45'dir.

10.3. Soma Bölgesi Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Kalite Tespiti

2004 yılı itibarı ile çevre kurul kararlarına uygun olarak piyasaya satılabilen Soma kömürü kalitesi;

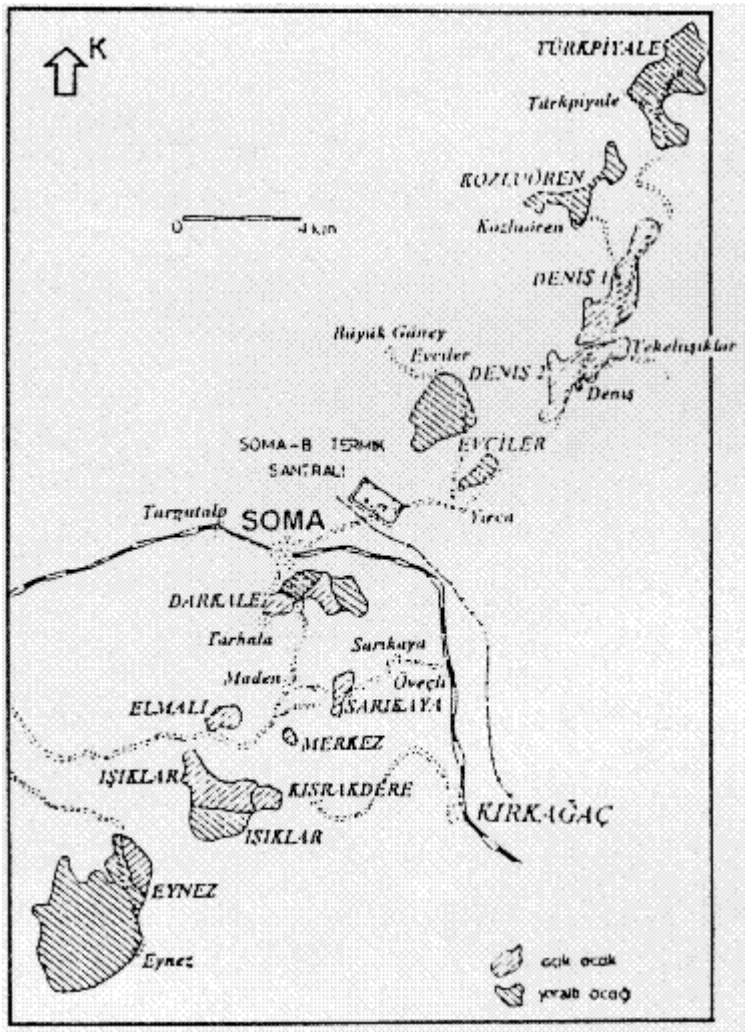
Piyasa İçin; 4.200 kcal/kg ve üzeridir.

Soma bölgesi linyit rezervlerinin 2000 yılı itibarı ile değerleri, Tablo 9.3'de görülmektedir. Tablo 10.3'ten görüleceği üzere, Soma bölgesi rezervleri içerisinde, yaklaşık 300 milyon ton ile %50 oranında Soma-Eynez Bölgesi en büyük paya sahiptir. Bu bölge tüvenan kömürü, %27,8 kül, 3483 kcal/kg alt ısıl değere, %13 nem değerine sahiptir.

Tablo 10.3. Soma Bölgesi Linyitlerinin Rezerv Durumu (1.000 TON) (MTA, TKİ, 2000)

SAHA	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
SOMA - EYNEZ	214.581	60.200	22.439	297.220
SOMA - DENİŞ 1	36.020			36.020
SOMA - DENİŞ 2	102.231			102.231
SOMA - IŞIKLARDERE	68.588	1.000		69.588
SOMA - EVCİLER	45.812			45.812
SOMA - MERKEZ	30.943	2.200		33.143
SOMA - DARKALE	19.625	3.100		22.725
SOMA - TÜRKPİYALE		5.000		5.000
SOMA - KOZLUÖREN-D.TAŞI	9.386	5.000		14.386

Şekil 10.1'den Soma bölgesinin rezerv haritasını, açık işletme ve yer altı işletmeciliği açısından izlemek mümkündür.



Şekil 10.1. Soma bölgesi linyitlerinin rezerv haritası

10.4. Eynez Kömürü Zenginleştirme Prosesi İçin Ekipman ve Akım Şeması Tespiti

Tane boyu dağılımı ve zenginleştirme ekipman tipleri esas alınarak, konvansiyonel tip zenginleştirme tesislerindeki akım şemasına göre, 3 boyut grubu için, 3 farklı zenginleştirme ekipmanı kullanılacaktır.

- İri Kömür Devresi:

  +18-150 mm boyut grubu, Ağır Ortam (Tambur, Tekne, Drewboy),

- İnce Kömür Devresi:

  +0,5-18 mm boyut grubu, Ağır Ortam Siklonu,

- Şlam Devresi:

  +0,1-0,5 mm boyut grubu, Spiral.

Zenginleştirme grup ve ekipmanları belirlenen tesisin saatlik kapasitesinin hesaplanış şekli de Tablo 10.4'te gösterilmiştir.

Tablo 10.4. Zenginleştirme Tesisi Saatlik Kapasite Tespiti

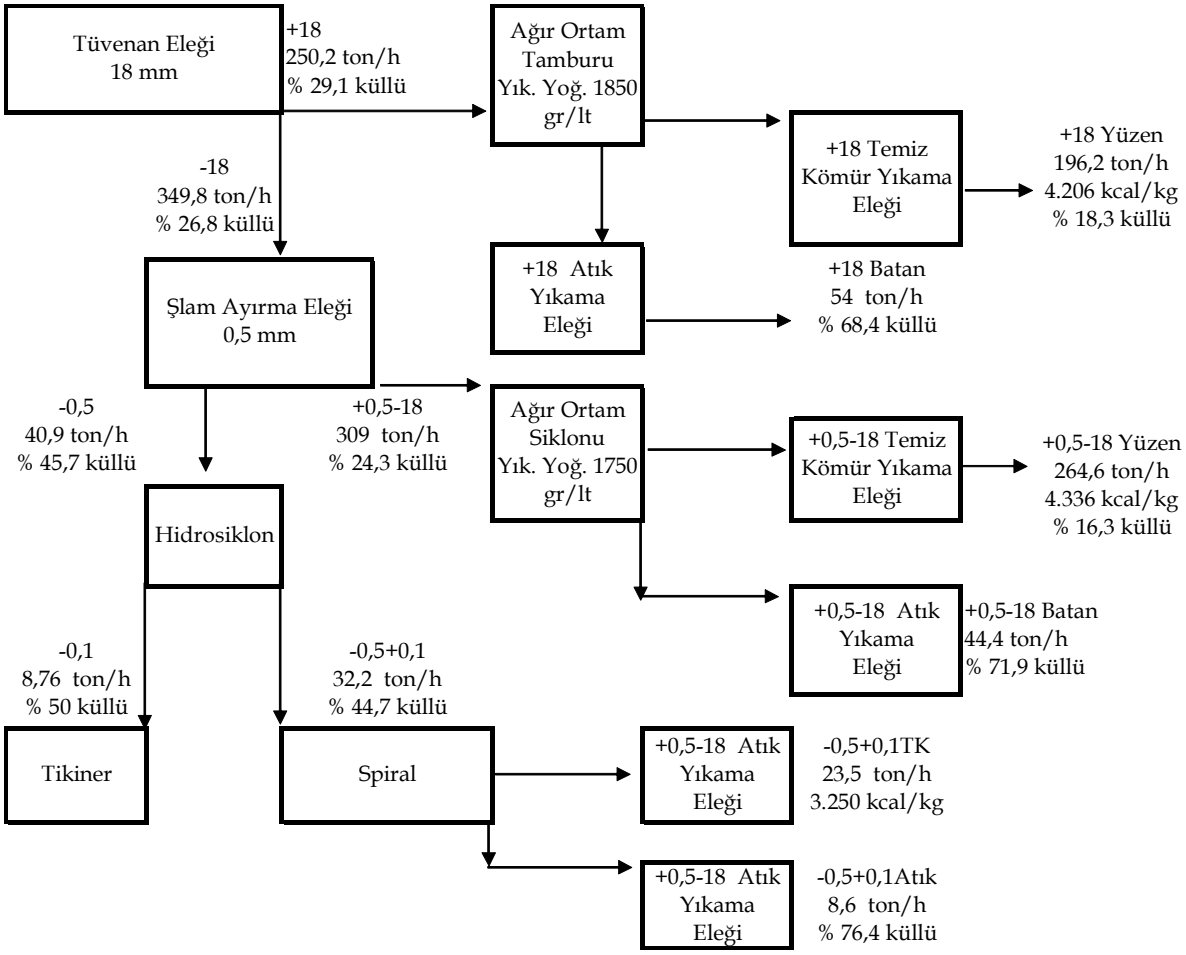
TEORİK	gün/yıl	365
	saat/gün	24
	ton/yıl	3.500.000
FİİLİ	gün/yıl	310
	saat/gün	20
	Çalışma saati	6.200
	ton/saat	564
Besleme Tonajı	ton/saat	~ 600

10.5. Eynez Bölgesi Linyitleri 600 ton/h Kapasiteli Zenginleştirme Tesisinin Akım Şeması ve Ekipman Tasarımı

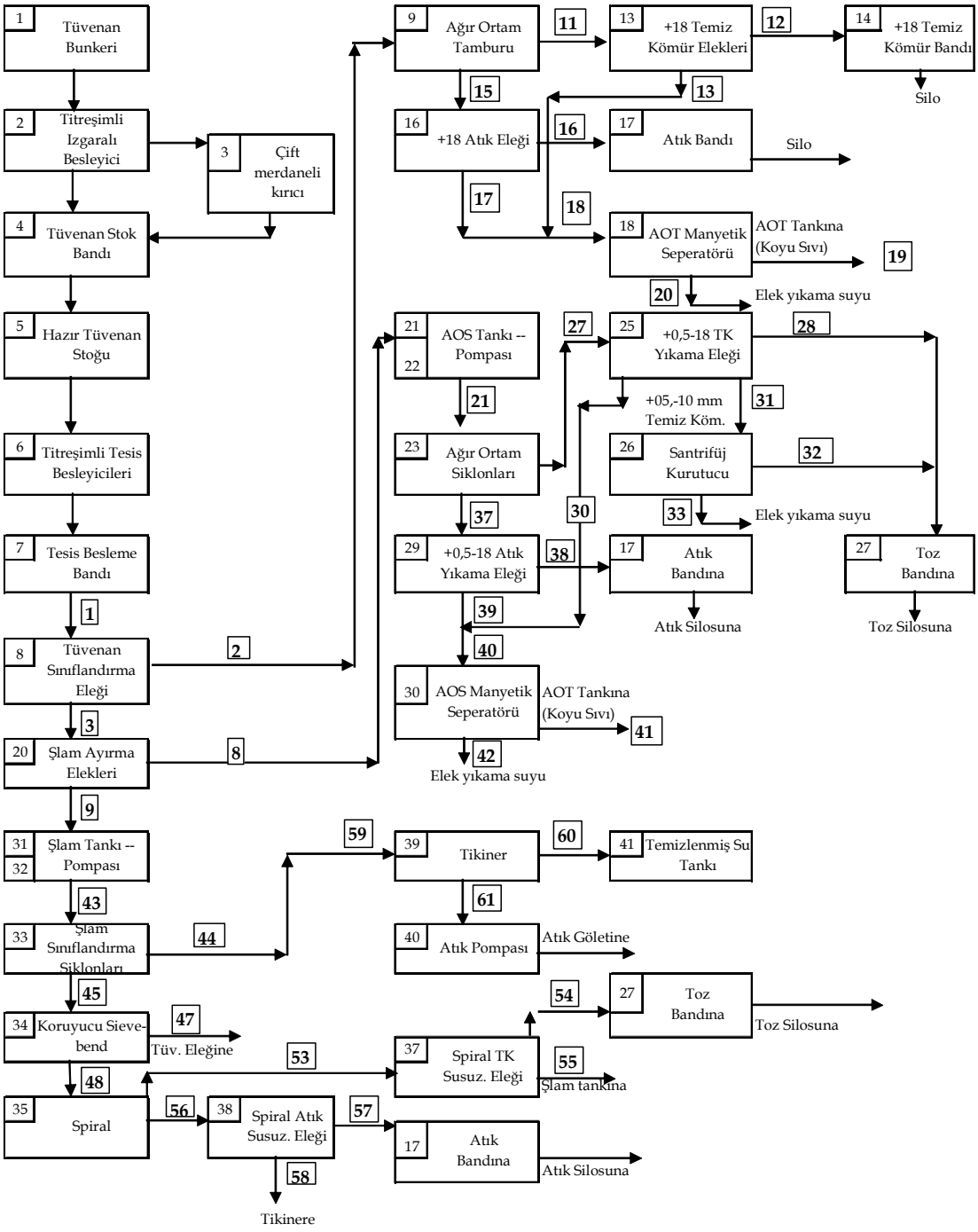
Zenginleştirme tesisi, saatte 600 ton/h kapasiteye sahip olacak şekilde modüler düşünülmüştür.

10.6. Tesis Süreç Akım Şeması

Öngörülen tesis zenginleştirme devrelerinin genel akım şeması, elde edilecek ürün özellikleri ile birlikte, tesis süreç akım şeması olarak Şekil 9.2'de verilmiştir. Şekil 9.3'te ise, tesis süreç akım şemasının ekipman ve akım numaraları şeklinde sunulduğu blok diyagram gösterilmektedir.



Şekil 10.2. Tesis zenginleştirme devreleri



Şekil 10.3. Tesis akım şeması blok diyagramı

10.7. Tesis Kütle Denkliği

Öngörülen tesis kütle denkliği, Tablo 10.5 ve ekipman listesi, Tablo 10.6'da, aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 10.5. Eynez Bölgesi Kömürü için 600 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Kütle Denkliği Tablosu

Akım No	Akım Adı	ton/saat	m^3/h	m^3/h	Toplam	pülp
		Kömür	Su	Manyetit		Katı %
1	Tüvenan Eleği	600	497	---	1097	54,70
2	Tüvenan Eleği Üst Akımı	251	12	---	263	95,29
3	Tüvenan Eleği Alt Akımı	350	484	---	834	41,95
4	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i(3)	350	484	---	834	41,95
5	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i (3) Üst Akımı	340	88	---	427	79,53
6	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bend'i (3) Alt Akımı	10	397	---	407	2,48
7	Şlam Ayırma Eleği (3)	340	298	---	637	53,32
8	Şlam Ayırma Eleği (3) Üst Akımı	309	---	---	309	100,00
9	Şlam Ayırma Eleği (3) Alt Akımı	31	298	---	328	9,41
10	+18 Kömür Yıkama Eleği Önü Sabit Rima Elek (2)	196	---	294	490	40,00
11	+18 Kömür Yıkama Eleği (2)	196	162	294	652	30,05
12	+18 Kömür Yıkama Eleği Üst Akımı (2)	196	4	---	200	---
13	+18 Kömür Yıkama Eleği Alt Akımı (2)	---	158	294	452	---
14	+18 Atık Yıkama Eleği Önü Sabit Rima Elek (1)	54	---	81	135	40,00
15	+18 Atık Yıkama Eleği (1)	54	45	81	180	30,05
16	+18 Atık Yıkama Eleği Üst Akımı	54	1	---	55	---
17	+18 Atık Yıkama Eleği Alt Akımı	---	44	81	125	---
18	Drewboy Teknesi Manyetik Seperatörü	---	202	56	258	---
19	Drewboy Teknesi Manyetik Seperatörü Koyu Sıvı	---	---	48	48	---
20	Drewboy Teknesi Manyetik Seperatörü Sulu Sıvı	---	210	---	210	---
21	Ağır Ortam Siklonu Girişi	309	---	966	1275	---
22	Ağır Ortam Siklonu Üst Akımı	265	---	734	999	---
23	Ağır Ortam Siklonu Alt Akımı	44	---	232	276	---
24	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend'i	265	---	734	999	26,52
25	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend Üst Akımı	265	---	265	530	50,00
26	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Sieve Bend Alt Akımı	---	---	469	469	---
27	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği	265	219	265	749	35,36
28	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Üst Kademe Akımı (10-18)	80	5	----	85	93,57
29	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Alt Kademe Akımı (0,5-10)	185	55	----	240	76,92
30	+0,5-18 Kömür Yıkama Eleği Alt Akımı	---	158	265	423	---
31	Santrifüj Kurutucu Girişi	185	55	----	240	76,92
32	Santrifüj Kurutucu Kömür Çıkışı	185	9	----	194	95,24
33	Santrifüj Kurutucu Su Çıkışı	---	46	----	46	---
34	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend'i	45	---	225	270	16,67
35	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend Üst Akımı	45	---	45	90	50,00
36	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Sieve Bend Alt Akımı	---	---	180	180	---
37	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	45	37	45	127	35,36
38	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Üst Akımı	45	1	---	46	97,97
39	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği Alt Akımı	---	36	45	81	---
40	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü	---	257	47	303	---
41	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü Koyu Sıvı	---	---	42	42	---
42	Ağır Ortam Siklonu Manyetik Seperatörü Sulu Sıvı	---	261	---	261	---
43	Şlam Sınıflandırma Siklonları	41	694	---	735	5,57
44	Şlam Sınıflandırma Siklonları Üst Akımı	9	642	---	651	1,38
45	Şlam Sınıflandırma Siklonları Alt Akımı	32	52	---	84	38,06
46	Koruyucu Sieve Bend	32	52	---	84	38,06
47	Koruyucu Sieve Bend Üst Akımı	0	0	---	0	---
48	Koruyucu Sieve Bend Alt Akımı	32	52	---	84	---
49	Spiral	32	52	---	84	38,06
50	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi	24	42	---	65	36,06
51	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi Üst Akımı	24	21	---	45	52,81
52	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Sieve Bendi Alt Akımı	---	21	---	21	---
53	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği	24	21	---	45	52,81
54	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği Üst Akımı	24	1	---	25	94,00
55	+0,1-0,5 Kömür Susuzlandırma Eleği Alt Akımı	---	20	---	20	---
56	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği	8,5	10,4	---	19,0	44,74
57	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği Üst Akımı	8,5	0,5	---	9,0	94,23
58	+0,1-0,5 Atık Susuzlandırma Eleği Alt Akımı	---	9,9	---	9,9	---
59	Tikiner Besleme	9	642	---	651	1,38
60	Tikiner Üst Akım	---	615	---	615	---
61	Tikiner Alt Akım	9	27	---	36	25,00

Tablo 10.6. Soma-Eynez Kömürüne göre 600 t/h Kapasiteli Kömür Zenginleştirme Tesisi Ekipman Listesi

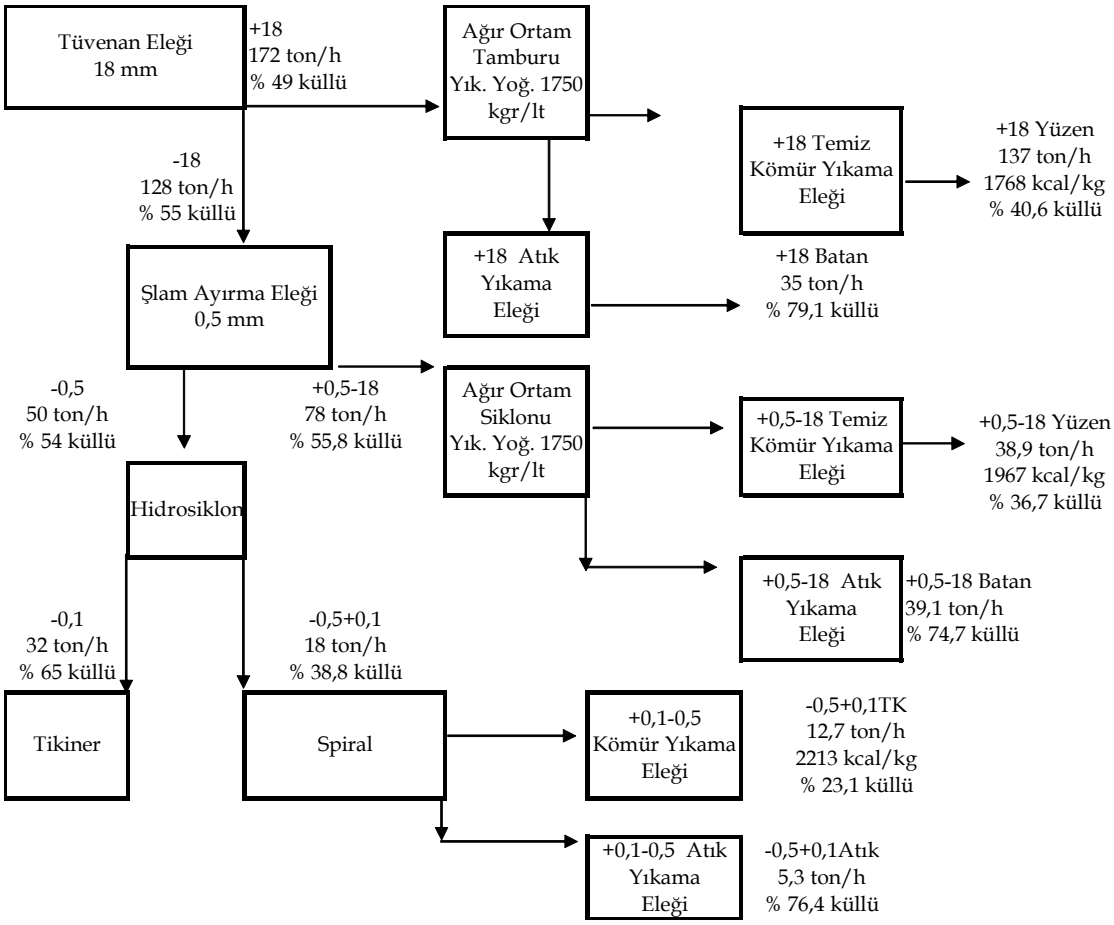
Ek. No	Ekipman İsmi	Adet	Kapasitesi	Boyutları	Motor gücü
1	Tüvenan Bunkeri	1	100 ton	5x3x7,5 m	--
2	Titreşimli Izgaralı Besleyici	1	720 t/h	1,27 x 2,44 m	40 HP
3	Çift merdaneli kırıcı	1	72 t/h	51 cm x 46 cm	7,5 HP
4	Tüvenan Stok Bandı	1	720 t/h	48″	60 kW
5	Tüvenan Stok Tüpü	1		(ϕ 5 x 25, h) m	--
6	Titreşimli Tesis Besleyicileri	3	600 t/h	1,27 x 1,83 m	15 HP
7	Tesis Besleme Bandı	1	600 t/h	42″	45 kW
8	Tüvenan Sınıflandırma Eleği	1	600 t/h	2,44 x 6,10	40 HP
9	Drewboy Ayırıcı Teknesi	1	210-385 t/h	Genişlik, 1,6 m	40 HP
10	Drewboy Ayırıcı Teknesi Tankı	1	28 m^3	(ϕ 4,5 x 3,9, h) m	--
11	Drewboy Ayırıcı Teknesi Pompası	1	564 m^3/h	250/200	90 kW
12	+18 Temiz Kömür Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	2	294 m^3/h	0,5 x 1,25	---
13	+18 mm Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	2	196 t/h	1,82 x 4,88	20 HP
14	+18 mm Temiz Kömür Bandı	1	200 t/h	30"	15 kW
15	+18 Atık Susuzlandırıcı Sabit Yatay Elek	1	81 m^3/h	0,2 x 1,25	---
16	+18 Atık Yıkama Eleği	1	54 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
17	Tesis Atık Bandı	1	127- 588 t/h	30"	20 kW
18	AOT Manyetik Seperatörü	1	265 m^3/h	(ϕ 610 x 1771) mm	1,5 kW
19	Şlam Ayırma Eleği Sieve Bendi	3	180 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
20	Şlam Ayırma Eleği	3	180 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
21	Ağır Ortam Siklon Tankı	1	24 m^3	(ϕ 4,25 x 3,7, h) m	---
22	Ağır Ortam Siklon Pompası	1	715 m^3/h	250/200	132 kW
23	Ağır Ortam Siklonları	4	300 m^3/h	(ϕ 710) mm	---
24	+0,5-18 Temiz Kömür Eleği Sieve Bendi	3	260 m^3/h	2,30 x 1,06 (R1550)	---
25	+0,5-18 Temiz Kömür Yıkama Eleği, İki katlı	3	90 t/h	2,44 x 4,88	20 HP
26	Santrifüj Kurutucu	1	160-350 t/h	(En x Yük. X Boy) m. 2,20 x 2,00 x 2,80	Drive - Eccentric 70 HP - 7,5 HP
27	Toz Bandı	1	290 t/h	36"	15 kW
28	+0,5-18 Atık Eleği Sieve Bendi	2	115 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
29	+0,5-18 Atık Yıkama Eleği	1	45 t/h	1,82 x 4,88	15 HP
30	AOS Manyetik Seperatörü	1	225 m^3/h	(ϕ 610 x 1771) mm	1,5 kW
31	Şlam Siklon Tankı	1	24 m^3	(ϕ 4,25 x 3,7, h) m	---
32	Şlam Siklon Pompası	1	375 m^3/h	250/200	70 kW
33	Şlam Siklonları	3	139 m^3/h	(ϕ 356) mm	---
34	Spiral Koruyucu Sieve Bend	2	32 t/h	1,25 x 1,0 (R1550)	---
35	Spiral	2x16	50 m^3/h	3,25 dönüşlü heliks çapı 0.96-metre merkez kolon çapı 0,16 m	---
36	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırıcı Sieve Bend	1	65 m^3/h	1,55 x 1,06 (R1550)	---
37	+0,1-0,5 mm Kömür Susuzlandırma Eleği	1	32 t/h	1,82 x 4,88	10 HP
38	+0,1-0,5 mm Atık Susuzlandırma Eleği	1	10 t/h	1,82 x 3,66	10 HP
39	Tikiner	1	9 t/h 642 m^3/h	(Çap x Yükseklik) m. 12 x 3,5	---
40	Atık Pompası	1	110 m^3/h	200/150	90 kW
41	Temizlenmiş Su Tankı	1	44 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 3,7 x 4	---
42	Temizlenmiş Su Pompası	1	700 m^3/h	300/250	315 kW
43	Taze Su Sağlama Pompası	1	110 m^3/h	75/50C	55 kW
44	Taze Su Tankı	1	22 m^3	(En x Yük. X Boy) m. 3 x 2,5 x 3	---

BÖLÜM 11

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, rezerv miktarları bulundukları bölgelerin %50'sini kapsayan Seyitömer Bölgesi B-3 serisi ve Soma-Eynez Bölgesi linyitlerinin zenginleştirilebilme olanakları ekonomik gerekçeleri ile, zenginleştirme tesis tasarımı da yatırım maliyetleri ile araştırılmıştır. Öncelikle, Seyitömer Bölgesi linyitlerinden mevcut şart ve imkânlarla değerlendirilme olasılığı bulunmayan B-3 serisi kömürün, termik santral yakıtı olarak kullanılabilme imkânı araştırılmıştır. Bunun için kömürün yıkanabilme özellikleri incelenmiştir (6.2., Ek-2). Hassas bir operasyonla ağır ortam zenginleştirme tekniklerinin kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır (7.4.1.).

Aşağıda örneği verilen süreç akım şemasında belirlenen zenginleştirme prosesi ile elde edilecek ürünlerin özellikleri ve miktarları görülmektedir. Elde edilen ürünlerin termik santral yakıtı olabilecek niteliklere ulaştığı tespit edilmiştir.



Önerilen zenginleştirme prosesi için ekipmanlar belirlenmiş ve tesis tasarımı yapılmıştır. Tüvenan kömür olarak satılacak Seyitömer B-3 serisi linyit kömüründen yıllık 5.016.935.620.000 TL satış hasılatı elde edilebilirken, zenginleştirilerek elde edilen ürünlerin satılması ile 18.135.492.543.295 TL satış hasılatının sağlanabileceği tespit edilmiştir (Tablo 9.2.). Yapılacak olan tesis ilk yatırımı ve işletme maliyetlerinin yurt içi ekipman kullanılarak yapılması durumunda, yıllık zenginleştirme maliyetinin 6.316.595.875.556 TL olacağı (Tablo 9.4.) belirlenmiştir. Seyitömer B-3 serisi linyit

kömürünün zenginleştirilerek Termik santral ürünü olarak satılması durumunda, satış hasılatından maliyetlerin çıkarılması ile yıllık 11.818.896.667.739 TL net kazanç sağlanabilecektir. Zenginleştirilmiş ürün hasılatı ile tüvenan olarak satılması durumundaki kazanç farkı, yıllık 6.801.961.047.739 TL olarak gerçekleşecektir.

Zenginleştirme tesisinin ilk yatırımını geri ödeme süresi, 11 ay olarak belirlenmiştir. Tesis projesinin milli gelire katkısı, yıllık 10.581.661.047.789 TL olacaktır. Proje, % 99,79 oranında kârlı bir yatırımdır.

Soma-Eynez Bölgesi linyitlerinin zenginleştirilmesinde piyasa talepleri göz önüne alınarak, 4200 kcal/kg'lık alt ısıl değere sahip ürün eldesine yönelik tesis tasarımı belirlenmiştir (10.3.). Tesis akım şeması, ekipman listesi ve tesis kütle denkliği hazırlanmıştır. Bu bölge linyitleri, zenginleştirme sonucu, piyasa taleplerine cevap verebilecek nitelik kazanmaktadır.

Seyitömer B-3 ve Soma-Eynez linyitleri için yapılan bu çalışmada, yerli linyit tüketimimizi artırmanın temel yollarından birisinin, linyitlerimizi zenginleştirmek olduğu bir kez daha tespit edilmiştir. Yıkanabilirlik, tesis tasarım ve ekonomik analizlerin sonucu, bu hedefe ulaşılabileceğini göstermektedir.

Linyitlerimizi zenginleştirerek satışa sunmamız, ülkemiz için dışa bağımlı ekonomik şartların oluşturulduğu ithal kömür kullanımını azaltmamızın ve yerli kaynaklarımızı ideal şartlarda tüketerek, işsizliğin en büyük sorun olduğu son yıllarda, istihdamı ve milli ekonomiye katkıyı artırmaya yönelik, çok önemli fırsatlar sunabilecek potansiyele

sahip olan linyit sektörümüzün, yükselen bir değer halini almasının, temel şartlarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Son yıllarda özel sektör tarafından da algılanan bu durum, iyi bir şekilde değerlendirilerek, yerli linyitlerimizin zenginleştirilmesine yönelik çalışmaların hızlanmasını sağlamıştır. Bu çerçevede, Tablo 4.2'de verilen linyit zenginleştirme tesislerinin içerisinde, özel sektöre ait tesislerin son 4 yılda artışı, buna işaret etmektedir. Bunun yanında sevindirici en önemli unsurlardan birisi de, bu modül tesislerde kullanılan ekipmanların, mühendislik hizmetinin tamamen yerli imalatçılara ait olmasıdır.

Kömür zenginleştirme tesis ekipmanlarının imalatını yurtiçinde, yerli imalatçıların kendi imkan ve malzemeleri ile gerçekleştirmesi yanında, modül tesis kurulumu ve çalıştırılması işlemlerini yapacak nitelikte teknik personelin yetişmesi, linyitlerimizin zenginleştirilme olasılığını artıran en önemli lokomotif güç olarak görülebilir. Bu tesislerin sayısının artışında etken sebeplerden birisi de, yerli imalat modül tesislerin yatırım maliyetinin, yurt dışına göre en az 2 kat daha ucuz olmasıdır.

Termik santral tüketiminde kullanılacak linyitlerimizin zenginleştirilmesinin sağlayacağı ekonomik faydalar, termik santral yakıtı olacak linyitler için zenginleştirme tesis kurulumu gerekçesi için yeterlidir ve yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Apodaca L. E., Applications of Spiral Concentrators in Fine Coal Processing, Industrial Practice of Fine Coal Processing, Editors: Klımpel R. R., Luckıe P. T., 1988, Colorado. S. 87-90

Atak S., Ateşok G., Yıldırım İ., Kömür Hazırlamada Yenilikler, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, Editörler: Önal G., Ateşok G., 1991, TKİ, İTÜ, YMGV, Didim, s. 79-91

Ateşok G., Önal G., Yıldırım İ., Altaş A., Reichert Spiralinin Kullanımı ve Türk Kömürlerine Uygulanabilirliği, Türkiye 13. Madencilik Kongresi, 1993, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, İstanbul, s. 627

Bosman J., Engelbrecht J., Dense Medium Separation : Does Size Really Count?, Multotec Process Equipment Pty Ltd, 1999

Brennan M.S., Multiphase CFD Simulations of Dense Medium and Classifying Hydrocyclones, 3. International Conference on CFD in the Minerals and Process İndustries, 2003, Melbourne

Buğdaycı S., Bir Milyon ton/yıl Kapasiteli Linyit Zenginleştirme Tesisi Dizaynı ve Fizibilite Etüdü, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1988, İzmir, s. 25-43

Burt R. O., Elsevıer, Spiral Concentration, Section 2 Unit Process, Gravity Concentration Technology, 1984, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, s. 261-287

Ergün L. Editör, Simülasyonla Lavvar Tasarımı, Hacettepe Üniversitesi Maden Müh. Böl., TKİ Çalışanları için Seminer Notları, 2003, Ankara, s. 17-28

Ediz İ.G., Erarslan K., Aykul H., Akçakoca H., Yanık G., Seyitömer Bölgesi Kömür Havzasının Yapısal Analizi ve Uygulanabilecek Selektif Üretim Modellerinin

Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Araştırma Fonu Sonuç Raporu, Proje No: 97k120850, 2001, Kütahya, s. 131-152

Elevli S., Termik Santrallerde Kömür Fiyatlarının Analizi ve Fiyatlandırma Modellerinin Geliştirilmesi, C.Ü. Doktora Tezi, 2003, Sivas

Ergin A., Su Makineleri Ders Notları, İTÜ Makine Fakültesi, 1972, İstanbul, s. 282-292

Ergin Z., Semerkant O., Cöcen İ., Cevher Hazırlama 1 Laboratuar Ders Notları ve Deney Föyleri, 2. Baskı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları No:169, 1991, İzmir, s. 130-137

Erıez Magnetics, HMDA Wet Drum Seperators Installation, Operation and Maintenance Instructions, 1990, USA

Foreman W. E., Coal Preparation, Editor: Leonard W. J., Chapter 8: Screening, 1979, New York, s. 8-19/8-36

Goulds Model 3196x-Series Chemical Process Pumps Broşürü, Bulletin 725.1, 1991, New York

Gökelim A.T., Pompalar, Birsen Yayınevi, 2001, İstanbul, s. 6-12

Hızal T., Öz Z., Soma Kömürü Yıkama Uygulaması, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri 3, 1995, Ankara, s. 77-82

Hoşten Ç., Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Temel İşlemlerinin Tasarımı, ODTÜ Basım İşliği, 2002, Ankara, s. 93-99, 11-38, 61-79, 126-146,160-169

http://bccl.cmpdi.co.in/vsbccl/wash.html

http://members.ozemail.com.au/~ozmetsim/met2/

http://www.amking.com/

http://www.coalage.com

http://www.coalpeople.com/

http://www.dti.gov.uk., Cleaner Coal Technology Programme, Technology Status Report Coal Preparatıon 015, 2001, London

http://www.ege-linyitleri.gov.tr/

http://www.eni.com/

http://www.eriez.com

http://www.eurogomma.com

http://www.freyandsons.com/

http://www.heinlehmann.de/eng/page2-0.htm

http://www.infomine.com/equipment/

http://www.krebs.com/

http://www.kroosh.com

http://www.maden.hacettepe.edu.tr/dmmrt/dmmrt233.html

http://www.metsominerals.com, Wet Low Intensity Magnetic Seperators Iron Ore Processing Technical Speficication.pdf

http://www.metsominerals.com, Wet Low Intensity Magnetic Seperators for Dense Media Recovery Technical Speficication.pdf

http://www.metsominerals.com/pumps

http://www.mining-technology.com

http://www.multotec.com

http://www.oit.doe.gov/mining, Dense Medium Cyclone Optimization.pdf, Office of Industriel Technologies, 2001,Washıngton,

http://www.outokumpu.com

http://www.outokumpu.com/mineralprocessing/thi-1.htm

http://www.parnaby.co.uk/

http://www.quarry-plant.net/products.htm

http://www.request-surplus.com/

http://www.roediger.com/

http://www.r-s.com/

http://www.schenck-process.de/

http://www.scottishcoal.co.uk/

http://www.siebtechnik-gmbh.de

http://www.tabormachine.com/

http://www.tecocoal.com/

http://www.wci-coal.com/

http://www.wci-coal.com/ World Coal Institute “Clean Coal Report, 2002”.pdf.

http://www.wme.com

İntekno Teknoloji Transfer San. ve Tic. A.Ş., G.L.İ. Ömerler Kömür Yıkama Tesisi İnceleme Raporu (Yayımlanmamış), 1999, İstanbul

İTÜ Maden Fak. & YMGV, Kömür Hazırlama ve Teknolojisindeki Yenilikler (Meslek İçi Eğitim Semineri), 1991, İstanbul

Kemal M., Arslan V., Kömür Teknolojisi, 3. Baskı,1999, İzmir, s. 99-184

Kemal M., Linyit Kömürü Değerlendirilmesi ve Kullanımında Kömür Özelliklerinin Etkileri, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, Editörler: Önal G., Ateşok G., 1991, TKİ, İTÜ, YMGV, Didim, s. 275-280

Keskin Y., Kömür Hazırlama Yöntemleri, TTK İnsan Gücü-Eğitim Şube Md.lüğü Yayın No:50, 1988, Zonguldak, s. 33-51, s. 135-158

Koca H., Kaya M., Bozkurt R.,Seyitömer Bölgesi Linyitlerinin Açık Havada Dağılabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi, Türkiye 10. Kömür Kongresi, 1996, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi, Zonguldak, s. 155-158

Koca H., Seyitömer Havzası Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Otisca Prosesinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1995, Eskişehir, s. 40-96

Komisyon Çalışma Raporu (Yayımlanmamış), Seyitömer Kömürleri Yıkanabilirlik Araştırması, SLİ Müdürlüğü, 2003, Seyitömer, s. 1-12

Konuk A., Önder S.,Maden Ekonomisi, Osmangazi Üniversitesi, 1999, Eskişehir, s. 64-85

Kural O.(Editör), Kömür, 2. Baskı, 1991, İstanbul

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT:2518, ÖİK:536, 2000, Ankara

Mas Pompa San. A.Ş., Mas Pompa Electronic Catologue, 2003, İstanbul

Mcnally Pittsburg Inc., Mcnally Coal Preparation Manual, M584, 1979, Pıttsburg, s. 30-75

Mılls C., Process Desıgn, Scale-Up and Plant Desıgn for Gravity Concentration,

Mıneral Processıng Plant Desıgn, Editors: Mular A. L., Bhappu R.B., Chapter 18, 1978, New York, s. 409

ODTÜ Maden Müh. Böl., Cevher Hazırlama Ana Bilim Dalı, Linyitlerin İyileştirilmesi, 2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 1994, Ankara, s. 139-153

Öcal M., Güngör G., Gök M.Ş., Resimli Madencilik Terimleri Sözlüğü, 2. Baskı, 1999, Ankara

Önal G., Kaytaz Y., Toroğlu İ., Yıldırım İ., Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Zenginleştirilmesi, 1991, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, Editörler: Önal G., Ateşok G., TKİ, İTÜ, YMGV, Didim, s. 150-157

Özbayoğlu G., Tunçbilek Lavvarının Performansının Belirlenmesi, Lavvar Şistlerinin Değerlendirilmesi ve Ömerler Kömürünün Yıkanması İçin Proses Tespiti Projesi Nihai Rapor, ODTÜ Uygulamalı Araştırmalar Projesi, 1989, Ankara, s. 105-125

Özbayoğlu G., Kömür Yıkama Tesisleri ve Türkiye'deki Durum, Türkiye'de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu, 1999, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara

Özdağ H., Cevher Hazırlama 1, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2000

Palowıtch, Deurbrouk, Torak, Akers, Part 1: Wet Coarse Particle Concentration Section 1: Dense Media, Coal Preparation, Ed: Hervol J.D., Leonard J.W., 5th Edition, 1991, s. 286-296

Prinsloo T.R., Abela R.L., Multıple Stage Fıne Coal Spıral Concentrator, Multotec Process Equipment (Pty) Limited, 1999

Ramsey R.W., Proper Sizing And Maintenance of HMVS Extends the Life of Wear Parts, Coal Age, Apr 1, 2003

Sokaskı, Sands, McMorrıs, Part 2: Wet Fine Particle Concentration Section 1: Dense Media, Coal Preparation, Ed: Hervol J.D., Leonard J.W., 5th Edition, 1991, s. 380-395

Standart Pompa ve Makine Sanayi Ticaret A.Ş., Snt-Snk Tek Kademeli Norm Santrifüj Pompalar Broşürü, 1998, İstanbul

Taggart A., Handbook of Mineral Dressing, Section 8: Screen Sizing, 1976, Columbıa, s. 7-04

Taylan V.T., Kömür Yıkama Tesisleri İnce Artıklarının Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2002, İzmir, s. 22-40

TKİ Ömerler Lavvarı Teknik Şartnamesi, CLI-Tekfen Konsorsiyumu, 1991, Ankara, V-1/V-7, 1.1-4.34

Tolgonay Y., Nakoman E., Soma-Deniş Yöresinde Kömürlerin Ekonomik Özellikleri, Türkiye 10. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 1996, Zonguldak, s. 315

Toprak S., 2003, Kömür Nedir, Nasıl Oluşur?, www.mta.gov.tr

Tra-Det Inc. Coal Technical Services, Performance Test Procedure Plant TKİ, 1993, Wheelıng

Turan M., GLİ Ömerler Lavvarı'nda Kullanılan Ağır Ortam Ayırıcılarının Performansının Değerlendirilmesi, Maden Mühendisliği Uygulaması, Dumlupınar Üniversitesi, 2002, Kütahya

Uygun M., Kömür Madenciliğinde İşletme Yönteminin Verimliliğe Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, 2003, Eskişehir, S. 2-15

Ünver Ö., Kömür Yıkama Tesislerinin Dizaynında Ele Alınması Gereken Önemli Faktörler, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, Editörler: Önal G., Ateşok G., TKİ, İTÜ, YMGV, 1991, Didim, S. 252-268

Ünver Ö., Kömür Zenginleştirme Tesislerinin Ekonomisi, Cilt:XXXIII, Sayı:3, Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 4-11

Wemco U.S.A.,Wemco Centrifuges Bırd Machine Company Bulletin D1-B

EK-1: Seyitömer Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özellikleri

Ek-1.1. Seyitömer Bölgesi Kömürlerinin Üretim Panolarına Göre Tane Fraksiyonlarına Bazında Miktar, Nem, Kül ve AID Değer Dağılımları

PANO: 42 SERİ: B-1					
Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	26,61	100,00	35,14	42,08	2.106
-100+50	7,52	73,39	25,70	39,54	2.329
-50+18	29,06	65,87	32,50	43,50	2.016
-18+10	12,59	36,81	28,80	44,50	2.030
-10+4	18,81	24,22	30,50	47,35	1.870
-4+0,5	3,25	5,41	39,46	48,81	1.688
-0,5+0,1	1,18	2,15	40,18	49,08	925
-0,1	0,97	0,97	45,09	80,21	476
Toplam	100,00		32,16	44,26	2.014

PANO: 42 SERİ: B-2					
Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	27,54	100,00	36,18	42,08	1.503
-100+50	7,78	72,46	40,02	39,54	1.663
-50+18	28,54	64,68	35,90	43,50	1.925
-18+10	12,03	36,14	36,20	44,50	2.077
-10+4	18,73	24,11	35,35	50,97	1.530
-4+0,5	3,24	5,38	35,85	52,54	1.381
-0,5+0,1	1,18	2,14	37,80	52,83	845
-0,1	0,96	0,96	42,03	86,34	425
Toplam	100,00		36,25	45,13	1.700

PANO: 42 SERİ: B-3

Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	28,98	100,00	28,56	62,14	1.222
-100+50	8,19	71,02	31,59	58,38	1.352
-50+18	27,52	62,83	28,50	64,90	932
-18+10	13,18	35,31	27,10	63,70	1.035
-10+4	17,19	22,13	30,85	56,80	969
-4+0,5	2,97	4,94	31,29	58,55	875
-0,5+0,1	1,08	1,97	32,83	77,55	535
-0,1	0,89	0,89	39,45	86,22	438
Toplam	100,00		29,14	62,15	1.066

B DAMARI GENEL

Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	55,43	97,71	32,18	36,47	2.564
-100+50	13,22	42,28	33,27	38,68	2.318
-50+18	12,57	29,06	34,41	40,41	2.270
-18+10	6,54	16,49	34,94	43,52	2.196
-10+4	6,48	9,95	35,28	47,43	1.889
-4+0,5	3,47	3,47	35,61	48,89	1.705
-0,5+0,1	1,26	1,26	36,26	60,75	574
-0,1	1,03	1,03	42,38	84,35	469
Toplam	100,00		33,22	39,65	2.350

ASLANLI - KARIŞIK					
Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	21,51	100,00	33,99	53,66	1.155
-100+50	6,07	78,49	37,59	50,42	1.277
-50+18	31,19	72,42	35,20	46,60	1.749
-18+10	11,30	41,23	37,70	44,70	1.674
-10+4	23,25	29,93	41,20	47,17	1.404
-4+0,5	4,02	6,68	41,79	48,63	1.267
-0,5+0,1	1,46	2,66	43,74	64,40	775
-0,1	1,20	1,20	47,35	79,91	481
Toplam	100,00		37,17	49,00	1.452

PANO: DRAGLINE					
Boyut Aralığı mm	Miktar %	Küm. % M.	Nem %	K. Kül %	AID kcal/kg
-150+100	48,16	100,00	33,25	37,50	2.290
-100+50	15,64	51,84	34,16	40,83	2.165
-50+18	12,40	36,20	36,73	44,12	2.069
-18+10	9,24	23,80	35,46	48,09	1.873
-10+4	4,93	14,56	37,18	51,47	1.654
-4+0,5	6,35	9,63	36,61	60,71	1.095
-0,5+0,1	1,80	3,28	38,50	66,50	538
-0,1	1,48	1,48	41,66	84,00	440
Toplam	100,00		34,04	43,02	2.032

Ek-1.2. Tesis Bazında Yıkanan B1+B2 Damar Kömürlerinin Değerlendirilmesi

1,4 SG'de Elde Edilen TEMİZ KÖMÜR

ELEK BOYUTU	MİKTARI (KG)	%	KALORİ
+80 mm	146.500	19,30	2.897
18-80 mm	152.000	20,02	2.865
TOPLAM	298.500	39,32	2.880
0,1-18 mm	180.000	23,72	2.715
TOPLAM		63,04	

1,7 SG'de Elde Edilen ARA ÜRÜN

ELEK BOYUTU	MİKTARI (KG)	%	KALORİ
18-80 mm	28.500	3,75	1.637

1,9 SG'de Elde Edilen ARA ÜRÜN

ELEK BOYUTU	MİKTARI (KG)	%	KALORİ
0,1-18 mm	24.000	3,16	---

ATIK ÜRÜN

ELEK BOYUTU	MİKTARI (KG)	%	KALORİ
Atık (Şist)	29.000	3,82	---
Yıkama ve Şlam Kaybı	199.000	26,23	---
TOPLAM	228.000	30,05	

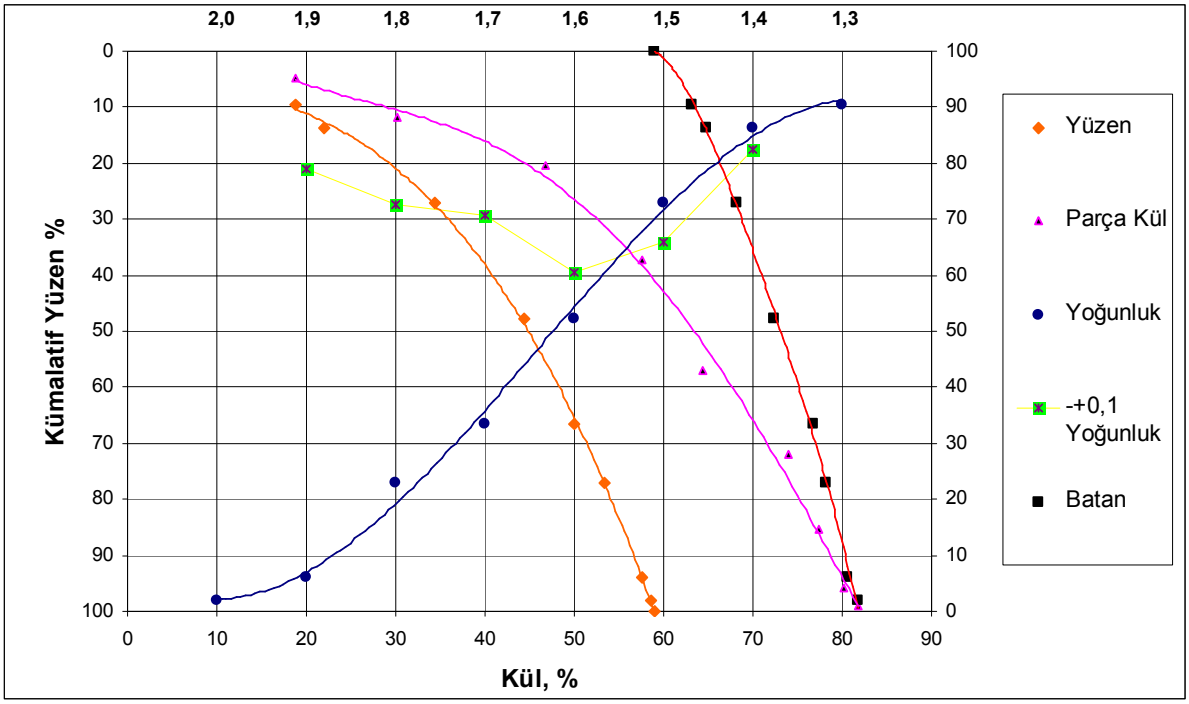
Ek-1.3. ÖMERLER LAVVARI / TUNÇBİLEK Tesisinde

Deneme Amaçlı B_1-B_2 Karışımı Tüvenanın Yıkama Sonucu Oluşan Değerler

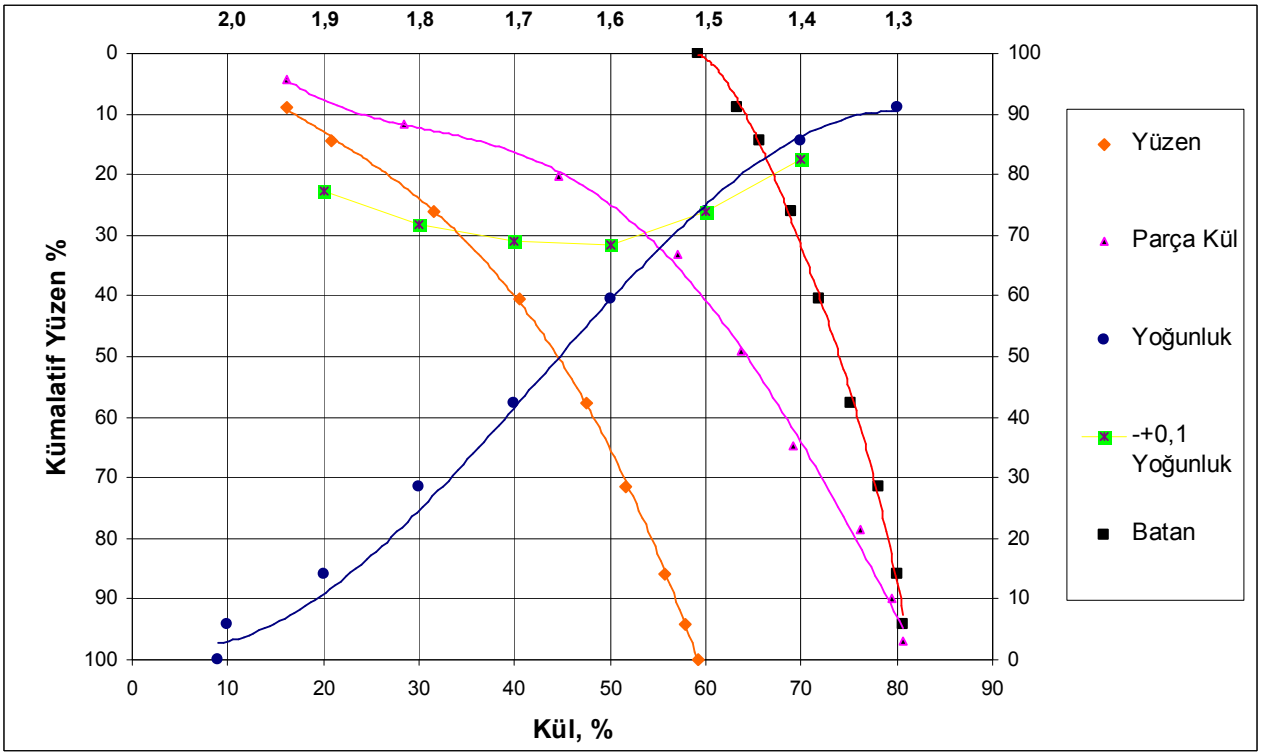
YIKAMA CİNSİ (EKİPMAN – YOĞUNLU K)	Nem %	Kül %	Kalori kcal/kg	Yanıcı Kükürt	Oranı %
HMV SG:1,40- +80 mm Temiz Kömür	38,00	19,10	2.781	1,92	Piyasaya 19,30
HMV SG:1,40- +18-80 mm Temiz Kömür	38,60	18,00	2.773	2,01	Piyasaya 20,02
HMC SG:1,40- +10-80 mm Temiz Kömür	38,60	20,60	2.693	1,91	+0,1-18 Termik Santrale 23,72
HMC SG:1,40- +0,5-10 mm Temiz Kömür	38,30	20,50	2.680	1,86	
SPİRAL - +0,1-0,5 mm Temiz Kömür	46,80	33,70	1.788	1,49	
HMV SG:1,70- +18-150 mm İri Mikst	28,00	55,50	1.341	0,91	Termik S. 3,75
HMC SG:1,90- +0,5-18 mm İnce Mikst	28,50	70,60	557	0,47	Toplam Atık 33,21
HMC SG:1,90- +0,5-18 mm İnce Şist	21,30	82,20	----	0,50	
HMV SG:1,70- +18-150 mm İri Şist	13,60	78,70	----	0,37	

Ek-1.4. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:28.03.2003, + 50 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
	BRÜT KÖMÜR					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
Yıkanabilirlik Sonuçları		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	4.755	9,61	18,7	2.678	179,7	9,61	179,7	18,70	100,00	5.900,4	59,00	4,80	18,70	---
1.30 - 1.40	2.015	4,07	30,1	2.256	122,6	13,68	302,3	22,09	90,39	5.720,7	63,29	11,64	30,10	17,45
1.40 - 1.50	6.620	13,38	46,8	1.777	626,1	27,06	928,3	34,31	86,32	5.598,1	64,85	20,37	46,80	33,97
1.50 - 1.60	10.190	20,59	57,6	1.363	1.186,1	47,65	2.114,4	44,37	72,94	4.972,0	68,17	37,35	57,60	39,53
1.60 - 1.70	9.370	18,94	64,3	1.020	1.217,5	66,59	3.332,0	50,04	52,35	3.785,9	72,32	57,12	64,30	29,40
1.70 - 1.80	5.180	10,47	74	348	774,6	77,05	4.106,6	53,30	33,41	2.568,4	76,87	71,82	74,00	27,36
1.80 - 1.90	8.360	16,89	77,3	181	1.305,9	93,95	5.412,5	57,61	22,95	1.793,8	78,17	85,50	77,30	21,01
1.90 - 2.00	2.035	4,11	80,1	---	329,4	98,06	5.741,9	58,55	6,05	487,9	80,61	96,00	80,10	6,05
2.00	960	1,94	81,7	---	158,5	100,00	5.900,4	59,00	1,94	158,5	81,70	99,03	81,70	---
TOPLAM	49.485	100,00	59,03		5.903,4									

Ek-1.5. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri 1. Numune Tarihi:28.03.2003 +18-150 mm. Korelasyonla Bulunan Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		**± 0,1**
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z X0+(Y1/2)		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	4.385	8,79	16,11	2.728	141,6	8,79	141,6	16,11	100,00	5.919,5	59,19	4,40	16,11	---
1.30 - 1.40	2.820	5,65	28,44	2.294	160,8	14,44	302,4	20,94	91,21	5.777,9	63,35	11,62	28,44	17,33
1.40 - 1.50	5.825	11,68	44,66	1.823	521,6	26,12	824,0	31,54	85,56	5.617,1	65,65	20,28	44,66	25,95
1.50 - 1.60	7.118	14,27	57,12	1.395	815,1	40,39	1.639,1	40,58	73,88	5.095,5	68,97	33,26	57,12	31,58
1.60 - 1.70	8.635	17,31	63,62	955	1.101,4	57,70	2.740,4	47,49	59,61	4.280,4	71,81	49,05	63,62	31,07
1.70 - 1.80	6.865	13,76	69,17	347	952,0	71,47	3.692,4	51,67	42,30	3.179,1	75,16	64,59	69,17	28,17
1.80 - 1.90	7.185	14,40	76,10		1.096,2	85,87	4.788,6	55,77	28,53	2.227,1	78,05	78,67	76,10	22,68
1.90 - 2.00	4.128	8,27	79,57		658,5	94,15	5.447,1	57,86	14,13	1.130,9	80,04	90,01	79,57	14,13
2.00	2.920	5,85	80,70		472,4	100,00	5.919,5	59,19	5,85	472,4	80,70	97,07	80,70	---
TOPLAM	49.880	100,00	59,22		5.922,5									

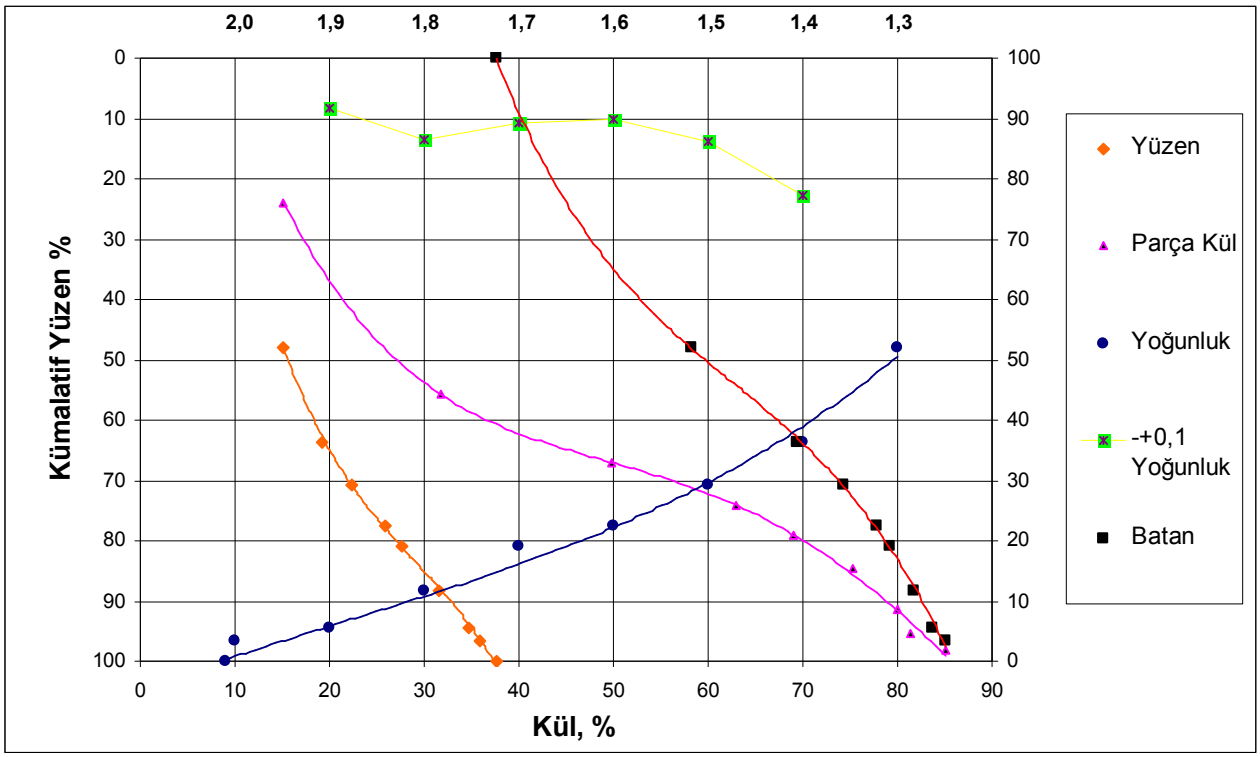


Ek-1.6. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +50 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri



Ek 1.7. SLİ S-42 Pano B-3 Seri 1. Numune Yıkanabilirlik Eğrileri

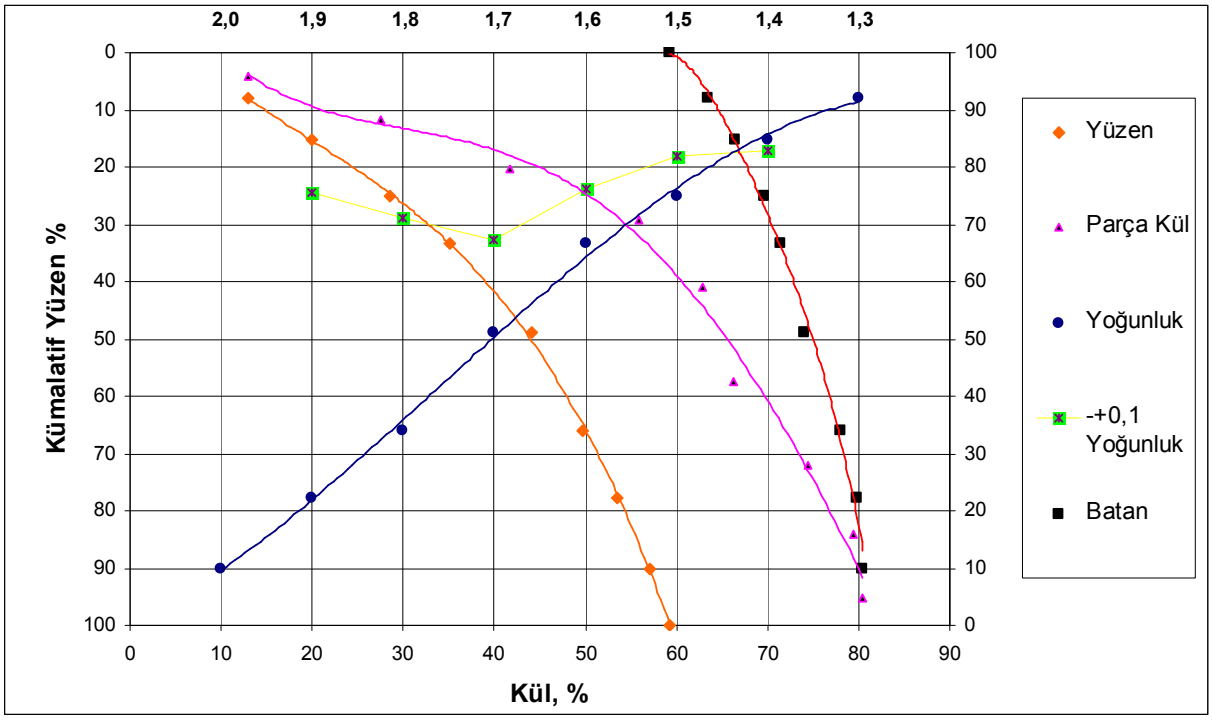
Ek-1.8. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri 2. Numune Tarihi:17.04.2003 +18-150 mm. Korelasyonla Bulunan Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		**± 0,1**
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı		% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C	AID kcal/kg	P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$	-	
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	23.095	47,97	15,17	2.736	727,5	47,97	727,5	15,17	100,00	3.755,0	37,55	23,99	15,17	---
1.30 - 1.40	7.505	15,59	31,85	2.104	496,5	63,56	1.224,1	19,26	52,03	3.027,5	58,19	55,77	31,85	22,91
1.40 - 1.50	3.525	7,32	49,85	1.485	365,0	70,89	1.589,1	22,42	36,44	2.530,9	69,46	67,23	49,85	13,94
1.50 - 1.60	3.185	6,62	63,01	923	416,9	77,50	2.005,9	25,88	29,11	2.165,9	74,40	74,20	63,01	10,00
1.60 - 1.70	1.630	3,39	69,11	491	234,0	80,89	2.240,0	27,69	22,50	1.749,1	77,75	79,20	69,11	10,66
1.70 - 1.80	3.503	7,28	75,28		547,7	88,16	2.787,7	31,62	19,11	1.515,0	79,28	84,53	75,28	13,46
1.80 - 1.90	2.978	6,19	80,00		494,8	94,35	3.282,4	34,79	11,84	967,3	81,73	91,26	80,00	8,38
1.90 - 2.00	1.055	2,19	81,33		178,2	96,54	3.460,7	35,85	5,65	472,6	83,64	95,45	81,33	5,65
2.00	1.665	3,46	85,10		294,3	100,00	3.755,0	37,55	3,46	294,3	85,10	98,27	85,10	---
TOPLAM	49.140	100,00	37,58		3.758,0									



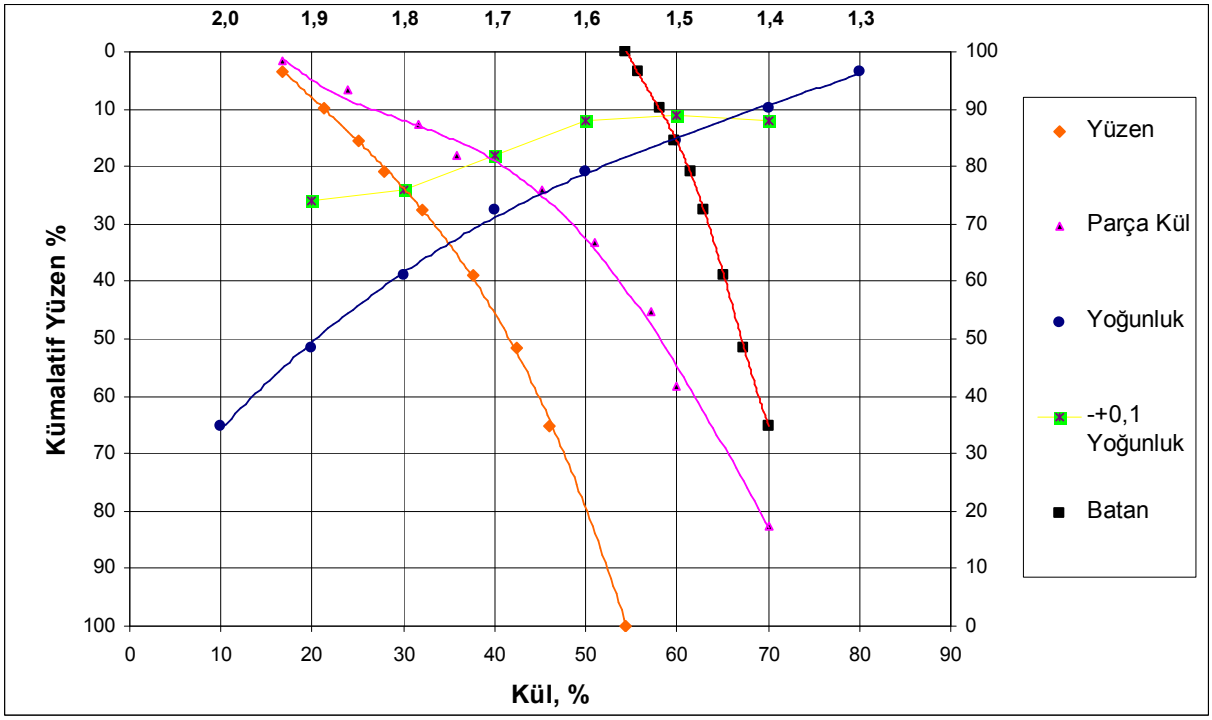
Ek 1.9. SLİ S-42 Pano B-3 Seri 2. Numune Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-1.10. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:28.03.2003, +18-50 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	4.015	7,99	13,0	2.801	103,8	7,99	103,8	13,00	100,00	5.935,8	59,36	3,99	13,00	---
1.30 - 1.40	3.625	7,21	27,5	2.335	198,3	15,20	302,1	19,88	92,01	5.832,0	63,38	11,59	27,50	17,22
1.40 - 1.50	5.030	10,00	41,8	1.875	418,2	25,20	720,3	28,58	84,80	5.633,7	66,43	20,20	41,80	18,05
1.50 - 1.60	4.045	8,05	55,9	1.427	449,8	33,25	1.170,1	35,19	74,80	5.215,5	69,73	29,22	55,90	23,76
1.60 - 1.70	7.900	15,71	62,8	889	986,8	48,96	2.156,9	44,05	66,75	4.765,8	71,39	41,10	62,80	32,72
1.70 - 1.80	8.550	17,01	66,2	346	1.125,8	65,97	3.282,7	49,76	51,04	3.778,9	74,04	57,46	66,20	28,96
1.80 - 1.90	6.010	11,95	74,4	---	889,4	77,92	4.172,1	53,54	34,03	2.653,1	77,96	71,94	74,40	24,33
1.90 - 2.00	6.220	12,37	79,4	---	982,3	90,29	5.154,4	57,09	22,08	1.763,7	79,88	84,11	79,40	22,08
2.00	4.880	9,71	80,5	---	781,4	100,00	5.935,8	59,36	9,71	781,4	80,50	95,15	80,50	---
TOPLAM	50.275	100,00	59,39		5.938,8									



Ek-1.11. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +18-50 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri



Ek-1.12. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +10-18 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-1.13. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:28.03.2003,+5-18 mm. Korelasyonla Bulunan Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı		% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C	AID kcal/kg	P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$	-	
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	1.258	3,23	15,90	2.891	51,3	3,23	51,3	15,90	100,00	5.387,1	53,87	1,61	15,90	---
1.30 - 1.40	2.400	6,16	22,36	2.612	137,6	9,38	188,9	20,14	96,77	5.335,9	55,14	6,30	22,36	11,82
1.40 - 1.50	2.210	5,67	30,37	2.147	172,1	15,05	361,1	23,99	90,62	5.198,2	57,36	12,22	30,37	11,57
1.50 - 1.60	2.300	5,90	35,45	1.952	209,1	20,95	570,2	27,22	84,95	5.026,1	59,16	18,00	35,45	13,08
1.60 - 1.70	2.800	7,18	45,26	1.459	325,1	28,13	895,3	31,83	79,05	4.817,0	60,93	24,54	45,26	17,66
1.70 - 1.80	4.085	10,48	51,07	1.158	535,1	38,61	1.430,4	37,05	71,87	4.491,9	62,50	33,37	51,07	22,37
1.80 - 1.90	4.635	11,89	55,80	464	663,4	50,50	2.093,8	41,46	61,39	3.956,8	64,45	44,55	55,80	25,47
1.90 - 2.00	5.295	13,58	59,70	204	810,8	64,08	2.904,5	45,33	49,50	3.293,4	66,53	57,29	59,70	49,50
2.00	14.005	35,92	69,11		2.482,6	100,00	5.387,1	53,87	35,92	2.482,6	69,11	82,04	69,11	---
TOPLAM	38.988	100,00			5.390,1									

Ek-1.14. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:08.04.2003,+5-18 mm. Korelasyonla Bulunan Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı		% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C	AID kcal/kg	P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	888	9,44	17,03	2.675	160,7	9,44	160,7	17,03	100,00	5.796,3	57,96	4,72	17,03	---
1.30 - 1.40	798	8,48	29,57	2.141	250,8	17,92	411,5	22,97	90,56	5.635,6	62,23	13,68	29,57	15,39
1.40 - 1.50	650	6,91	44,54	1.673	307,8	24,83	719,3	28,97	82,08	5.384,8	65,60	21,37	44,54	14,59
1.50 - 1.60	723	7,68	51,13	1.429	392,8	32,51	1.112,1	34,21	75,17	5.077,0	67,54	28,67	51,13	21,48
1.60 - 1.70	1.298	13,80	58,01	967	800,3	46,31	1.912,4	41,30	67,49	4.684,2	69,40	39,41	58,01	22,81
1.70 - 1.80	848	9,01	65,35	542	588,9	55,32	2.501,3	45,22	53,69	3.883,9	72,33	50,81	65,35	22,78
1.80 - 1.90	1.295	13,77	68,90		948,7	69,09	3.450,0	49,94	44,68	3.295,0	73,74	62,20	68,90	28,58
1.90 - 2.00	1.393	14,81	73,48		1.087,9	83,89	4.538,0	54,09	30,91	2.346,3	75,90	76,49	73,48	30,91
2.00	1.515	16,11	78,12		1.258,3	100,00	5.796,3	57,96	16,11	1.258,3	78,12	91,95	78,12	---
TOPLAM	9.405	100,00			5.799,3									

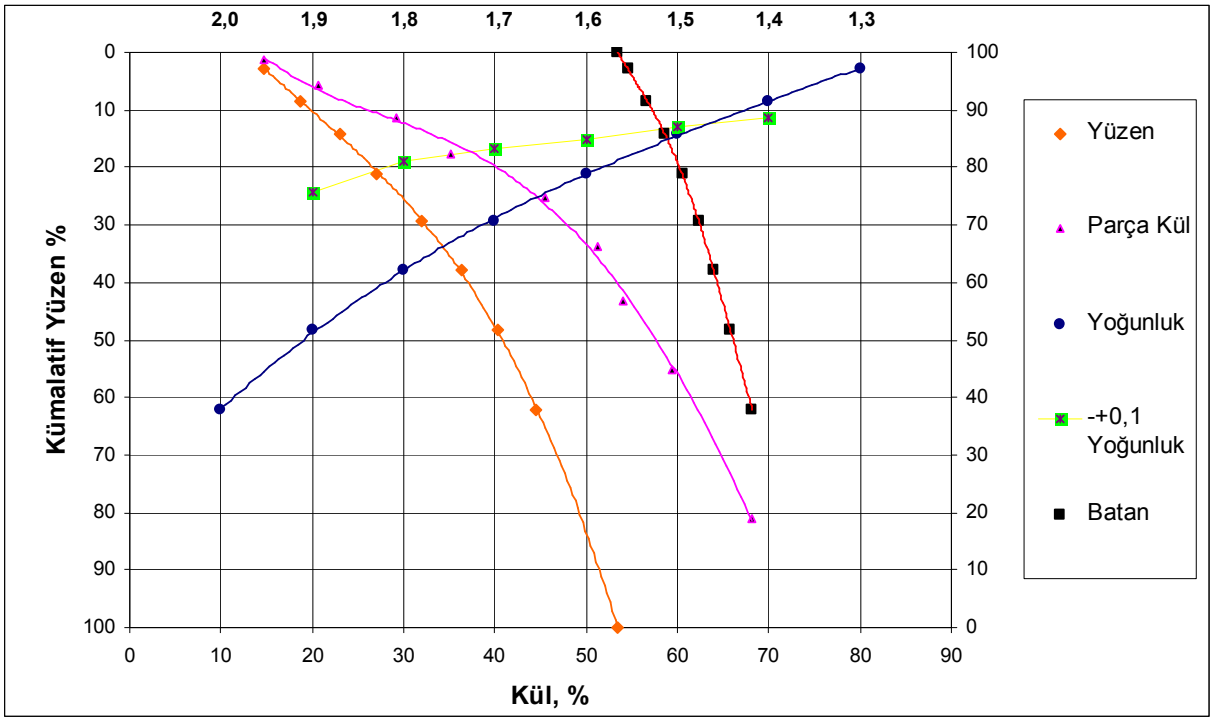
Ek-1.15. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:17.04.2003,+0,5-18 mm. Korelasyonla Bulunan Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
Yıkanabilirlik Sonuçları	*BRÜT KÖMÜR*					*YÜZEN*			*BATAN*			*PARÇA KÜL*		*± 0,1*
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	9.555	20,98	19,99	2.390	419,5	20,98	419,5	19,99	100,00	4.376,3	43,76	10,49	19,99	---
1.30 - 1.40	8.375	18,39	24,30	2.337	447,0	39,37	866,4	22,01	79,02	3.956,9	50,08	30,18	24,30	27,35
1.40 - 1.50	4.080	8,96	31,59	1.948	283,0	48,33	1.149,4	23,78	60,63	3.509,9	57,89	43,85	31,59	13,99
1.50 - 1.60	2.290	5,03	40,29	1.399	202,6	53,36	1.352,1	25,34	51,67	3.226,9	62,45	50,85	40,29	9,68
1.60 - 1.70	2.118	4,65	43,48	1.135	202,2	58,01	1.554,2	26,79	46,64	3.024,3	64,84	55,68	43,48	8,36
1.70 - 1.80	1.690	3,71	48,91	800	181,5	61,72	1.735,8	28,12	41,99	2.822,1	67,21	59,86	48,91	10,30
1.80 - 1.90	3.000	6,59	56,96		375,2	68,31	2.111,0	30,90	38,28	2.640,6	68,98	65,01	56,96	13,00
1.90 - 2.00	2.920	6,41	62,45		400,4	74,72	2.511,4	33,61	31,69	2.265,4	71,48	71,51	62,45	31,69
2.00	11.513	25,28	73,77		1.864,9	100,00	4.376,3	43,76	25,28	1.864,9	73,77	87,36	73,77	---
TOPLAM	45.540	100,00			4.379,3									

Ek-1.16. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:28.03.2003, +10-18 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

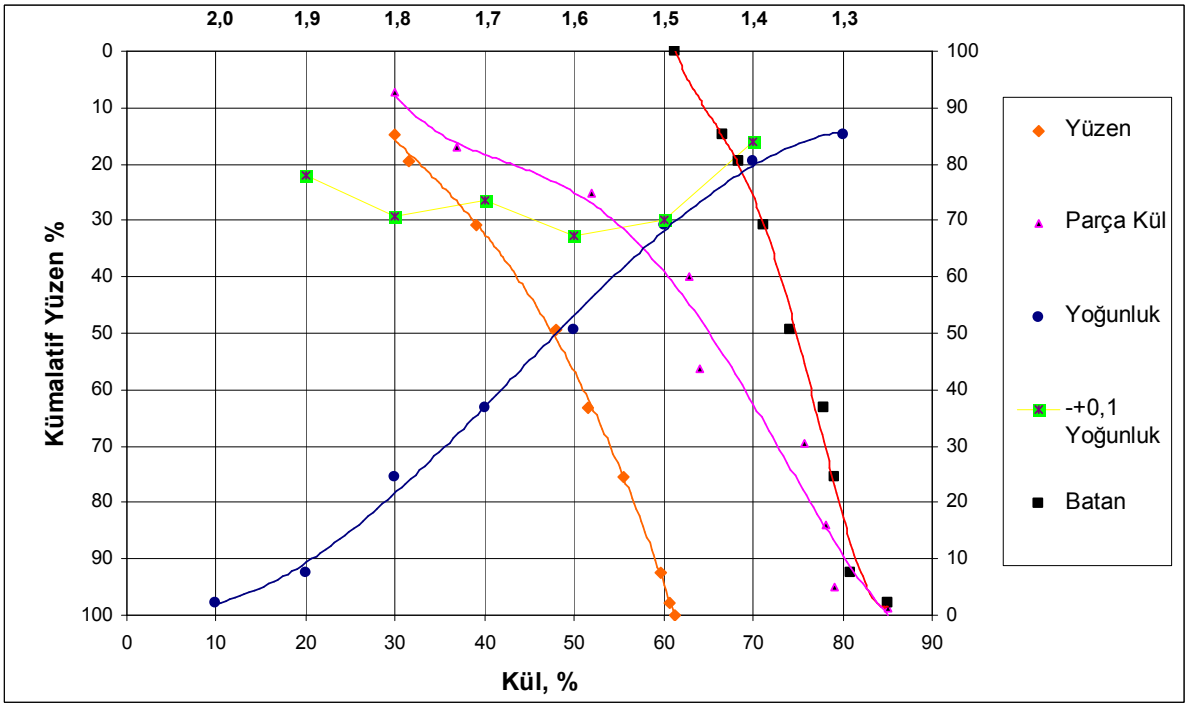
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	1.785	3,43	16,8	3.057	57,6	3,43	57,6	16,80	100,00	5.444,5	54,44	1,72	16,80	---
1.30 - 1.40	3.350	6,44	23,8	2.723	153,2	9,87	210,9	21,37	96,57	5.386,8	55,78	6,65	23,80	12,01
1.40 - 1.50	2.900	5,57	31,6	2.144	176,1	15,44	387,0	25,06	90,13	5.233,6	58,07	12,65	31,60	10,95
1.50 - 1.60	2.800	5,38	35,9	2.023	193,2	20,82	580,1	27,86	84,56	5.057,5	59,81	18,13	35,90	12,13
1.60 - 1.70	3.510	6,75	45,1	1.482	304,2	27,57	884,4	32,08	79,18	4.864,3	61,44	24,20	45,10	18,12
1.70 - 1.80	5.920	11,38	50,9	1.141	579,1	38,94	1.463,5	37,58	72,43	4.560,1	62,96	33,26	50,90	24,00
1.80 - 1.90	6.570	12,63	57,2	501	722,2	51,57	2.185,7	42,38	61,06	3.981,0	65,20	45,26	57,20	26,10
1.90 - 2.00	7.010	13,47	60	255	808,3	65,04	2.994,0	46,03	48,43	3.258,8	67,29	58,31	60,00	48,43
2.00	18.190	34,96	70,1	---	2.450,5	100,00	5.444,5	54,44	34,96	2.450,5	70,10	82,52	70,10	---
TOPLAM	52.035	100,00	54,47		5.447,5									

Ek-1.17. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:28.03.2003, +5-10 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	*BRÜT KÖMÜR*					*YÜZEN*			*BATAN*			*PARÇA KÜL*		*± 0,1*
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	730	2,81	14,8	2702	41,6	2,81	41,6	14,80	100,00	5.347,5	53,47	1,41	14,80	---
1.30 - 1.40	1.450	5,59	20,7	2.484	115,7	8,40	157,4	18,72	97,19	5.305,8	54,59	5,61	20,70	11,45
1.40 - 1.50	1.520	5,86	29,2	2.151	171,1	14,26	328,5	23,03	91,60	5.190,1	56,66	11,33	29,20	12,80
1.50 - 1.60	1.800	6,94	35,1	1.879	243,6	21,20	572,0	26,98	85,74	5.019,0	58,54	17,73	35,10	15,00
1.60 - 1.70	2.090	8,06	45,4	1.437	365,8	29,26	937,8	32,05	78,80	4.775,5	60,60	25,23	45,40	16,73
1.70 - 1.80	2.250	8,67	51,3	1.174	445,0	37,93	1.382,8	36,45	70,74	4.409,7	62,34	33,60	51,30	19,08
1.80 - 1.90	2.700	10,41	54,1	424	563,1	48,34	1.945,9	40,25	62,07	3.964,7	63,88	43,14	54,10	24,21
1.90 - 2.00	3.580	13,80	59,4	153	819,8	62,14	2.765,7	44,50	51,66	3.401,6	65,85	55,24	59,40	51,66
2.00	9.820	37,86	68,2	---	2.581,8	100,00	5.347,5	53,47	37,86	2.581,8	68,20	81,07	68,20	---
TOPLAM	25.940	100,00	53,50		5.350,5									



Ek-1.18. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +5-10 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

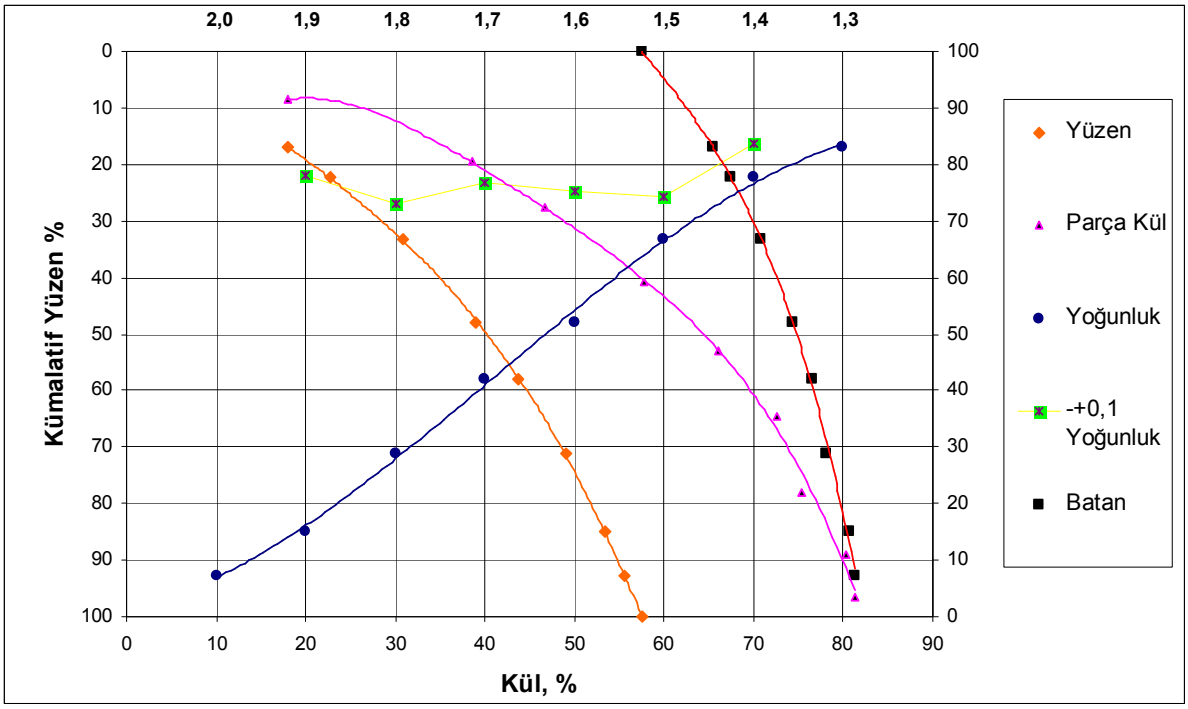


Ek-1.19. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +30 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

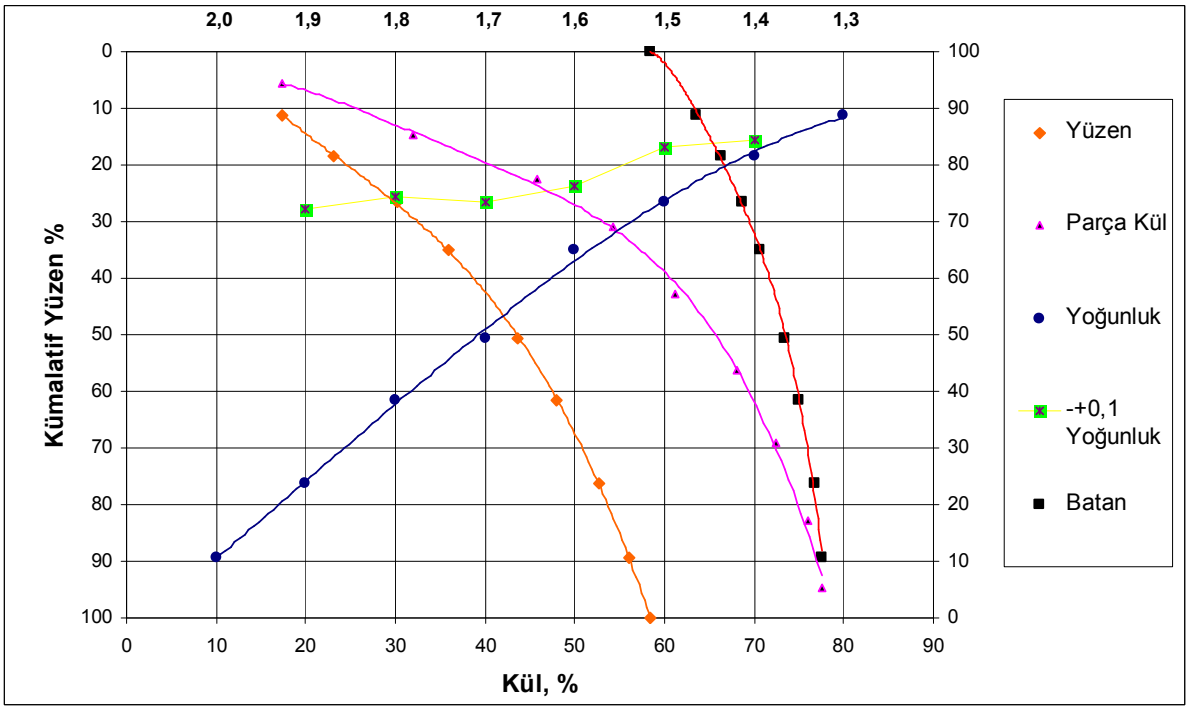
Ek-1.20. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:08.04.2003,+ 30 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları														
	BRÜT KÖMÜR					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
Yıkanabilirlik Sonuçları		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	4.040	14,68	29,9	2.385	438,9	14,68	438,9	29,90	100,00	6.123,8	61,24	7,34	29,90	---
1.30 - 1.40	1.330	4,83	36,8	2.171	177,8	19,51	616,7	31,61	85,32	5.685,0	66,63	17,09	36,80	16,08
1.40 - 1.50	3.095	11,24	52	1.553	584,7	30,75	1.201,4	39,06	80,49	5.507,1	68,42	25,13	52,00	29,72
1.50 - 1.60	5.085	18,47	62,9	818	1.162,0	49,23	2.363,4	48,01	69,25	4.922,4	71,09	39,99	62,90	32,57
1.60 - 1.70	3.880	14,10	64	612	902,2	63,32	3.265,6	51,57	50,77	3.760,4	74,06	56,28	64,00	26,32
1.70 - 1.80	3.365	12,23	75,7	---	925,5	75,55	4.191,0	55,47	36,68	2.858,2	77,93	69,44	75,70	29,10
1.80 - 1.90	4.645	16,88	78,2	---	1.319,7	92,43	5.510,7	59,62	24,45	1.932,8	79,05	83,99	78,20	22,13
1.90 - 2.00	1.445	5,25	79,1	---	415,3	97,67	5.925,9	60,67	7,57	613,1	80,94	95,05	79,10	7,57
2.00	640	2,33	85,1	---	197,9	100,00	6.123,8	61,24	2,33	197,9	85,10	98,84	85,10	---
TOPLAM	27.525	100,00	61,27		6.126,8									

Ek-1.21. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:08.04.2003, +18-30 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	1.965	17,01	17,98	2.636	305,9	17,01	305,9	17,98	100,00	5.747,1	57,47	8,51	17,98	---
1.30 - 1.40	595	5,15	38,49	1848	198,3	22,16	504,2	22,75	82,99	5.441,2	65,57	19,59	38,49	16,28
1.40 - 1.50	1.285	11,13	46,78	1.637	520,5	33,29	1.024,6	30,78	77,84	5.242,9	67,36	27,73	46,78	25,80
1.50 - 1.60	1.695	14,68	57,81	1.185	848,4	47,97	1.873,0	39,05	66,71	4.722,4	70,79	40,63	57,81	24,63
1.60 - 1.70	1.150	9,96	65,98	613	656,9	57,92	2.530,0	43,68	52,03	3.874,1	74,45	52,94	65,98	23,16
1.70 - 1.80	1.525	13,20	72,68	271	959,6	71,13	3.489,6	49,06	42,08	3.217,1	76,46	64,52	72,68	26,93
1.80 - 1.90	1.585	13,72	75,43	---	1.035,1	84,85	4.524,7	53,33	28,87	2.257,5	78,18	77,99	75,43	21,82
1.90 - 2.00	935	8,10	80,21	---	649,3	92,94	5.174,0	55,67	15,15	1.222,4	80,68	88,90	80,21	15,15
2.00	815	7,06	81,21	---	573,0	100,00	5.747,1	57,47	7,06	573,0	81,21	96,47	81,21	---
TOPLAM	11.550	100,00	57,50		5.750,1									



Ek-1.22. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +18-30 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri



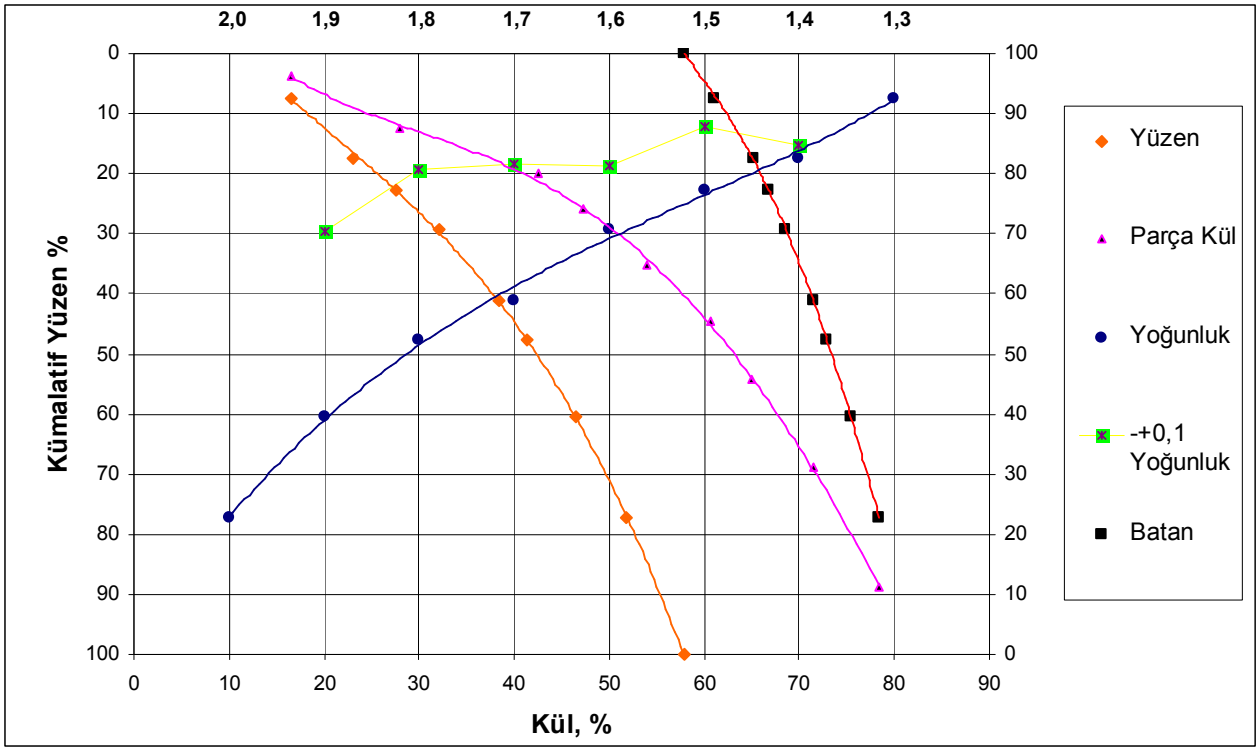
Ek-1.23. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +10-18 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-1.24. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:08.04.2003, +10-18 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

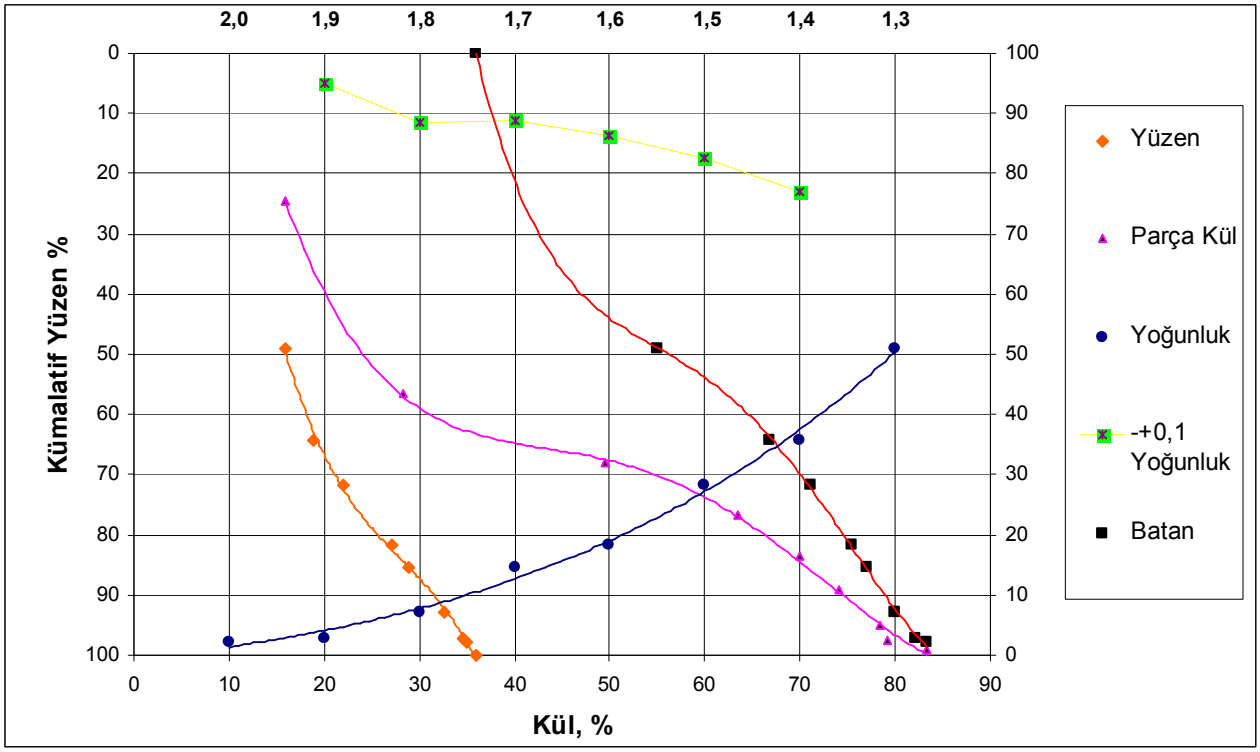
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	1.145	11,19	17,38	2.647	194,4	11,19	194,4	17,38	100,00	5.839,6	58,40	5,59	17,38	---
1.30 - 1.40	735	7,18	31,91	2.051	229,2	18,37	423,6	23,06	88,81	5.645,2	63,56	14,78	31,91	15,49
1.40 - 1.50	850	8,30	45,83	1.672	380,6	26,67	804,2	30,15	81,63	5.416,0	66,35	22,52	45,83	16,76
1.50 - 1.60	865	8,45	54,20	1.371	458,1	35,12	1.262,3	35,94	73,33	5.035,4	68,67	30,90	54,20	23,89
1.60 - 1.70	1.580	15,44	61,16	793	944,1	50,56	2.206,4	43,64	64,88	4.577,3	70,56	42,84	61,16	26,53
1.70 - 1.80	1.135	11,09	68,15	392	755,7	61,65	2.962,1	48,05	49,44	3.633,2	73,49	56,11	68,15	25,65
1.80 - 1.90	1.490	14,56	72,34	---	1.053,1	76,21	4.015,3	52,69	38,35	2.877,4	75,03	68,93	72,34	27,70
1.90 - 2.00	1.345	13,14	76,01	---	998,9	89,35	5.014,1	56,12	23,79	1.824,3	76,68	82,78	76,01	23,79
2.00	1.090	10,65	77,51	---	825,5	100,00	5.839,6	58,40	10,65	825,5	77,51	94,68	77,51	---
TOPLAM	10.235	100,00	58,43		5.842,6									

Ek-1.25. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:08.04.2003, +5-10 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	630	7,35	16,5	2705	121,2	7,35	121,2	16,50	100,00	5.786,0	57,86	3,67	16,50	---
1.30 - 1.40	860	10,03	27,9	2243	279,8	17,38	401,0	23,08	92,65	5.664,8	61,14	12,36	27,90	15,28
1.40 - 1.50	450	5,25	42,5	1674	223,0	22,62	624,1	27,58	82,62	5.385,0	65,17	20,00	42,50	12,01
1.50 - 1.60	580	6,76	47,3	1495	319,9	29,39	944,0	32,12	77,38	5.161,9	66,71	26,01	47,30	18,60
1.60 - 1.70	1.015	11,84	53,9	1.164	638,0	41,22	1.582,0	38,38	70,61	4.842,0	68,57	35,31	53,90	18,37
1.70 - 1.80	560	6,53	60,6	711	395,8	47,76	1.977,8	41,41	58,78	4.204,0	71,53	44,49	60,60	19,36
1.80 - 1.90	1.100	12,83	65	354	833,8	60,58	2.811,6	46,41	52,24	3.808,2	72,89	54,17	65,00	29,62
1.90 - 2.00	1.440	16,79	71,5	---	1.200,7	77,38	4.012,3	51,85	39,42	2.974,4	75,46	68,98	71,50	39,42
2.00	1.940	22,62	78,4	---	1.773,7	100,00	5.786,0	57,86	22,62	1.773,7	78,40	88,69	78,40	---
TOPLAM	8.575	100,00	57,89		5.789,0									



Ek-1.26. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +5-10 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri



Ek-1.27. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +50 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-1.28. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:17.04.2003, + 50 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	23.900	48,93	15,9	2.809	778,0	48,93	778,0	15,90	100,00	3.593,0	35,93	24,47	15,90	---
1.30 - 1.40	7.510	15,38	28,2	2.218	433,6	64,31	1.211,6	18,84	51,07	2.815,0	55,12	56,62	28,20	22,83
1.40 - 1.50	3.640	7,45	49,6	1.600	369,6	71,76	1.581,2	22,04	35,69	2.381,5	66,72	68,03	49,60	17,38
1.50 - 1.60	4.850	9,93	63,4	902	629,5	81,69	2.210,7	27,06	28,24	2.011,8	71,23	76,72	63,40	13,74
1.60 - 1.70	1.860	3,81	69,9	493	266,2	85,49	2.476,9	28,97	18,31	1.382,3	75,48	83,59	69,90	11,22
1.70 - 1.80	3.620	7,41	74,1	---	549,2	92,91	3.026,1	32,57	14,51	1.116,1	76,95	89,20	74,10	11,57
1.80 - 1.90	2.030	4,16	78,4	---	325,8	97,06	3.351,9	34,53	7,09	567,0	79,92	94,98	78,40	5,06
1.90 - 2.00	440	0,90	79,1	---	71,3	97,96	3.423,2	34,94	2,94	241,1	82,08	97,51	79,10	2,94
2.00	995	2,04	83,4	---	169,9	100,00	3.593,0	35,93	2,04	169,9	83,40	98,98	83,40	---
TOPLAM	48.845	100,00	35,96		3.596,0									

Ek-1.29. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:17.04.2003, 18-50 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

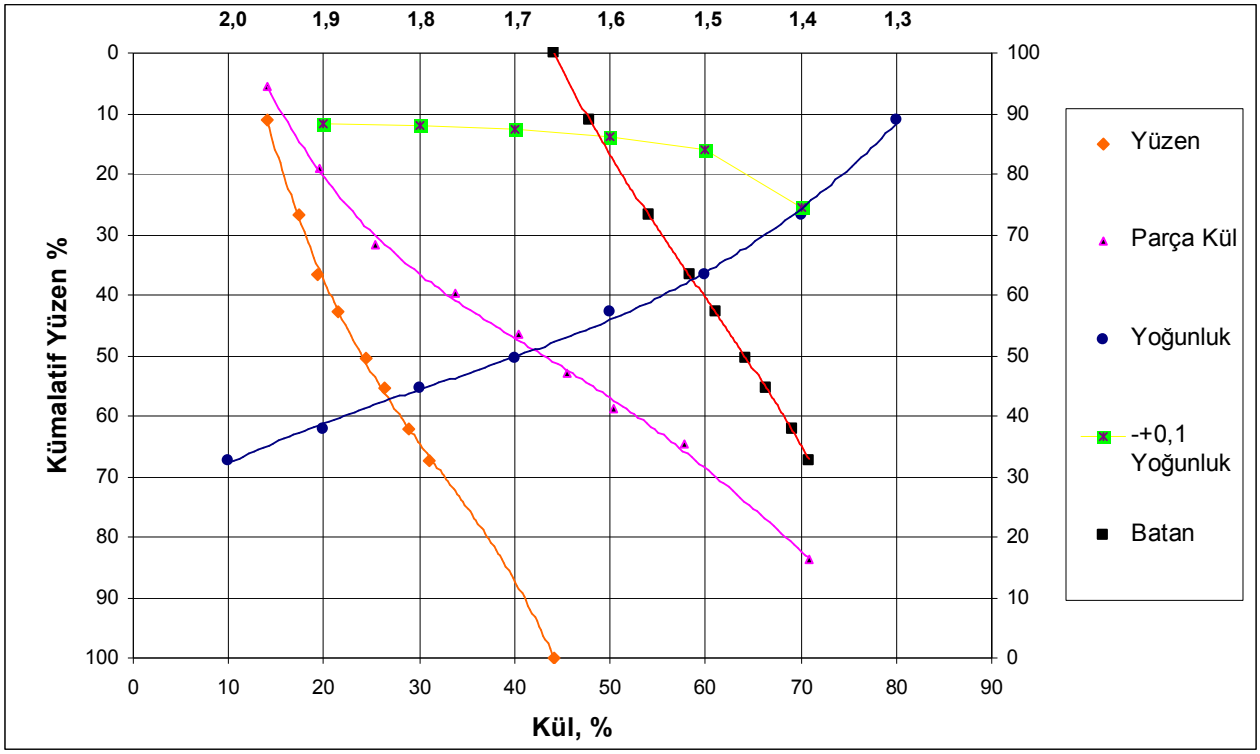
Yıkanabilirlik Sonuçları	*BRÜT KÖMÜR*					*YÜZEN*			*BATAN*			*PARÇA KÜL*		*± 0,1*
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	22.290	46,99	14,4	2.656	676,7	46,99	676,7	14,40	100,00	3.920,7	39,21	23,50	14,40	---
1.30 - 1.40	7.500	15,81	35,4	2.013	559,7	62,80	1.236,4	19,69	53,01	3.244,1	61,20	54,90	35,40	23,00
1.40 - 1.50	3.410	7,19	50,1	1.372	360,2	69,99	1.596,5	22,81	37,20	2.684,4	72,16	66,40	50,10	10,39
1.50 - 1.60	1.520	3,20	61,8	945	198,0	73,19	1.794,6	24,52	30,01	2.324,2	77,45	71,59	61,80	6,16
1.60 - 1.70	1.400	2,95	68,1	489	201,0	76,15	1.995,6	26,21	26,81	2.126,2	79,32	74,67	68,10	10,09
1.70 - 1.80	3.385	7,14	76,5	---	545,9	83,28	2.541,5	30,52	23,85	1.925,2	80,71	79,71	76,50	15,41
1.80 - 1.90	3.925	8,27	80,8	---	668,6	91,56	3.210,0	35,06	16,72	1.379,3	82,50	87,42	80,80	11,80
1.90 - 2.00	1.670	3,52	81,9	---	288,3	95,08	3.498,4	36,80	8,44	710,7	84,17	93,32	81,90	8,44
2.00	2.335	4,92	85,8	---	422,4	100,00	3.920,7	39,21	4,92	422,4	85,80	97,54	85,80	---
TOPLAM	47.435	100,00	39,24		3.923,7									

Ek-1.30. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:17.04.2003, 10-18 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***					***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	14.380	29,83	22,2	2.238	662,2	29,83	662,2	22,20	100,00	4.393,6	43,94	14,91	22,20	---
1.30 - 1.40	9.945	20,63	27,93	2.217	576,2	50,46	1.238,3	24,54	70,17	3.731,5	53,18	40,14	27,93	29,03
1.40 - 1.50	4.050	8,40	38,7	1.791	325,1	58,86	1.563,4	26,56	49,54	3.155,3	63,69	54,66	38,70	12,21
1.50 - 1.60	1.835	3,81	51,39	1.245	195,6	62,66	1.759,0	28,07	41,14	2.830,2	68,79	60,76	51,39	5,98
1.60 - 1.70	1.050	2,18	54,03	1.115	117,7	64,84	1.876,7	28,94	37,34	2.634,6	70,56	63,75	54,03	4,57
1.70 - 1.80	1.155	2,40	56,2	724	134,6	67,24	2.011,4	29,91	35,16	2.516,9	71,59	66,04	56,20	8,92
1.80 - 1.90	3.145	6,52	63,76	---	415,9	73,76	2.427,3	32,91	32,76	2.382,3	72,71	70,50	63,76	14,08
1.90 - 2.00	3.645	7,56	65,67	---	496,5	81,32	2.923,8	35,95	26,24	1.966,3	74,94	77,54	65,67	26,24
2.00	9.005	18,68	78,69	---	1.469,8	100,00	4.393,6	43,94	18,68	1.469,8	78,69	90,66	78,69	---
TOPLAM	48.210	100,00	43,97		4.396,6									

Ek-1.31. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri, Numune Tarihi:17.04.2003, +0,5-10 mm. Yüzme-Batma Deney Sonuçları

Yıkanabilirlik Sonuçları	*BRÜT KÖMÜR*					*YÜZEN*			*BATAN*			*PARÇA KÜL*		*± 0,1*
		% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID kcal/kg	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm³	Ağırlık	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC)↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC)↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
		1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	2	11
1.30	4.730	11,03	14,02	2.631	154,7	11,03	154,7	14,02	100,00	4.412,0	44,12	5,52	14,02	---
1.30 - 1.40	6.805	15,87	19,59	2.509	311,0	26,91	465,7	17,31	88,97	4.257,3	47,85	18,97	19,59	25,46
1.40 - 1.50	4.110	9,59	25,36	2.188	243,1	36,49	708,8	19,42	73,09	3.946,3	53,99	31,70	25,36	15,99
1.50 - 1.60	2.745	6,40	33,69	1.633	215,7	42,90	924,5	21,55	63,51	3.703,2	58,31	39,70	33,69	13,83
1.60 - 1.70	3.185	7,43	40,39	1.162	300,1	50,33	1.224,6	24,33	57,10	3.487,5	61,07	46,61	40,39	12,62
1.70 - 1.80	2.225	5,19	45,54	894	236,4	55,52	1.460,9	26,32	49,67	3.187,4	64,17	52,92	45,54	11,85
1.80 - 1.90	2.855	6,66	50,3	446	335,0	62,18	1.795,9	28,88	44,48	2.951,1	66,34	58,85	50,30	11,78
1.90 - 2.00	2.195	5,12	57,7	251	295,4	67,30	2.091,3	31,08	37,82	2.616,1	69,17	64,74	57,70	37,82
2.00	14.020	32,70	70,96	---	2.320,6	100,00	4.412,0	44,12	32,70	2.320,6	70,96	83,65	70,96	---
TOPLAM	42.870	100,00	44,15		4.415,0									



Ek-1.32. S.L.İ S-42 Pano B-3 Seri +0,5-10 mm. Yıkanabilirlik Eğrileri

EK-2 : Soma Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirlik Özellikleri

EK-2.1. Soma Bölgesi Kömürlerinin Tane Boyu Dağılımı Sonuçları

Güney Kısrakdere Kömürü
Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	4,36	100,00
-300+150	7,50	95.64
-150+100	5,60	88.14
-100+75	2,11	82.54
-75+50	8,48	80.43
-50+30	15.81	71.95
-30+19	4,68	56.14
-19+9.5	12,70	51.46
-9.5+6.3	6,61	38.76
-6.3+3.35	8,51	32.15
-3.35+1.4	9,05	23.64
-1.4+0.5	7,10	14.59
-0.5	7,48	7,48

Işıklar DE Panosu Kömürü
Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	4,28	100,00
-300+150	9,44	95.72
-150+100	3,80	86.28
-100+75	1,19	82.49
-75+50	9,18	81.30
-50+30	7,52	72.12
-30+19	5,22	64.60
-19+9.5	11,53	59.38
-9.5+6.3	6,03	47.85
-6.3+3.35	8,73	41.82
-3.35+1.4	12,67	33.10
-1.4+0.5	9,62	20.43
-0.5	10,81	10,81

Işıklar A Panosu Kömürü
Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	8,70	100,00
-300+150	5,82	91.30
-150+100	4,52	85.47
-100+75	1,31	80.95
-75+50	9,43	79.64
-50+30	5,74	70.21
-30+19	4,99	64.47
-19+9.5	11,16	59.48
-9.5+6.3	6,68	48.32
-6.3+3.35	8,31	41.64
-3.35+1.4	11,04	33.33
-1.4+0.5	9,58	22.29
-0.5	12,71	12,71

Eynez Açık Ocak Kömürü
Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	0,00	-
-300+150	5,40	100.00
-150+100	4,77	94.60
-100+75	1,79	89.83
-75+50	9,90	88.04
-50+30	12,81	78.14
-30+19	7,36	65.32
-19+9.5	15,66	57.96
-9.5+6.3	7,47	42.30
-6.3+3.35	8,56	34.83
-3.35+1.4	10,35	26.27
-1.4+0.5	9,27	15.92
-0.5	6,65	6,65

Eynez Kapalı Ocak Kömürü Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	0.00	-
-300+150	14.52	100.00
-150+100	5,46	85.48
-100+75	1,85	80.02
-75+50	10,36	78.18
-50+30	8,52	67.81
-30+19	4,79	59.29
-19+9.5	11,13	54.50
-9.5+6.3	6,59	43.37
-6.3+3.35	8,98	36.78
-3.35+1.4	10,98	27.80
-1.4+0.5	9,73	16.82
-0.5	7,09	7,09

Karanlıkdere Kömürü Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	0.00	100,00
-300+150	10,94	100.00
-150+100	10,78	89.06
-100+75	5,25	78.27
-75+50	11,49	73.02
-50+30	9,60	61.53
-30+19	4,64	51.93
-19+9.5	4,51	47.29
-9.5+6.3	7,23	42.79
-6.3+3.35	6,24	35.55
-3.35+1.4	9,03	29.31
-1.4+0.5	9,13	20.29
-0.5	11,15	11,15

Sarıkaya Kömürü Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	1,67	100.00
-300+150	15,97	98.33
-150+100	4,36	82.36
-100+75	2,11	78.00
-75+50	10,60	75.89
-50+30	6,64	65.29
-30+19	4,74	58.65
-19+9.5	12,43	53.90
-9.5+6.3	9,39	41.47
-6.3+3.35	8,68	32.07
-3.35+1.4	10,60	23.39
-1.4+0.5	6,67	12,79
-0.5	6,12	6,12

Deniş Kömürü Tane Boyu Dağılımı

Tane Boyu, mm	Ağırlık, %	Kümülatif % Elek Altı
+500	0,00	-
-500+300	8,62	100,00
-300+150	6,89	91.38
-150+100	6,66	84.49
-100+75	2,77	77.83
-75+50	12,18	75.06
-50+30	9,73	62.88
-30+19	6,36	53.15
-19+9.5	13,63	46.79
-9.5+6.3	10,35	33.16
-6.3+3.35	6,44	22.81
-3.35+1.4	7,88	16.37
-1.4+0.5	4,81	8,50
-0.5	3,69	3,69

EK-2.2 : Soma Bölgesi Kömürlerinin Kül, Nem ve Kalori İçerikleri

Ek-2.2.1. Tane Boyu Fraksiyonlarının Nem İçerikleri

Tane boyu Fraksiyonu (mm)	Güney Kısrakdere	Işıklar DE Pano	Işıklar A Pano	Eynez Açık	Eynez Kapalı	Karanlıkdere	Sarıkaya
-150+100	9,83	10,43	12,04	7,13		11,89	12,70
-100+75	9,72	10,94	12,32	9,06		9,93	12,97
-75+50	10,34	11,65	11,82	8,60		11,77	12,76
-50+30	9,82	9,31	11,67	12,51	6,49	9,71	15,65
-30+19	10,16	10,98	13,81	13,77	9,64	13,99	14,23
-19+9.5	10,82	11,19	13,24	13,23	13,15	13,64	16,04
-9.5+6.3	11,40	11,41	13,06	13,43	12,47	14,22	15,51
-6.3+3.35	11,64	11,09	13,98	13,72	14,61	13,22	15,70
-3.35+1.4	11,16	11,57	13,63	13,60	15,01	15,46	15,81
-1.4+0.5	10,72	10,90	13,41	13,38	15,92	14,90	14,19
-0.5	9,05	9,54	12,91	12,03	14,86	13,44	12,34
GENEL	**10,47**	**10,85**	**13,01**	**12,33**	**13,07**	**12,87**	**14,67**

Ek-2.2.2. Tane Boyu Fraksiyonlarının Kül İçerikleri

Tane boyu Fraksiyonu (mm)	Güney Kısrakdere	Işıklar DE Pano	Işıklar A Pano	Eynez Açık	Eynez Kapalı	Karanlıkdere	Sarıkaya
-150+100	54	39	36	47		27	34
-100+75	48	31	31	35		39	30
-75+50	49	36	37	38		29	32
-50+30	52	39	39	28	60	38	24
-30+19	48	38	36	29	45	27	34
-19+9.5	48	34	34	34	38	19	26
-9.5+6.3	44	33	36	29	38	20	28
-6.3+3.35	44	28	33	27	31	17	31
-3.35+1.4	40	27	34	35	30	16	32
-1.4+0.5	45	29	32	36	33	18	38
-0.5	53	37	33	45	43	22	43
GENEL	**48**	**33**	**35**	**34**	**39**	**25**	**31**

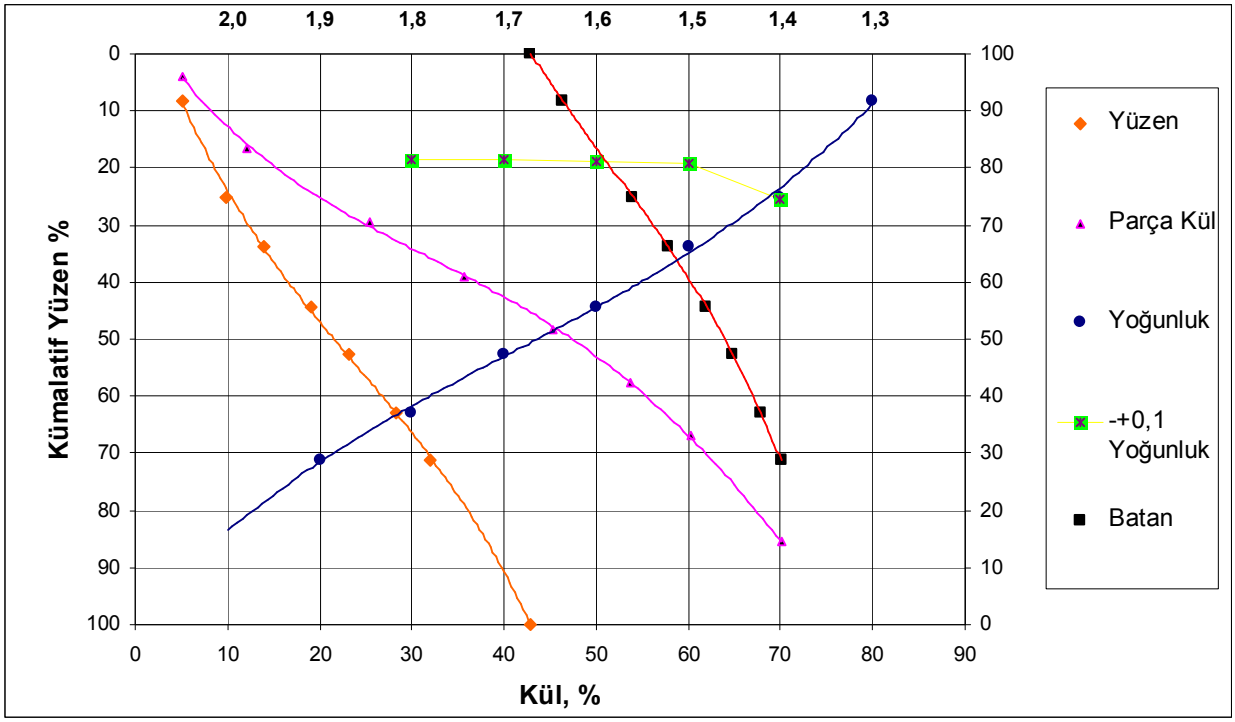
Ek-2.2.3. Tane Boyu Fraksiyonlarının Alt Isıl Değerleri (kcal / kg)

Tane boyu Fraksiyonu (mm)	Güney Kısrakdere	Işıklar DE Pano	Işıklar A Pano	Eynez Açık	Eynez Kapalı	Karanlıkdere	Sarıkaya
-150+100	2.064	2.659	2.982	2.178		3.553	3.390
-100+75	2.395	3.303	3.413	3.083		2.583	3.643
-75+50	2.270	2.952	2.972	3.035		3.433	3.454
-50+30	2.208	2.921	1.859	3.670	1.008	2.339	3.863
-30+19	2.381	3.008	2.395	3.664	2.485	3.567	3.106
-19+9.5	2.453	3.317	2.524	3.390	3.076	4.296	3.565
-9.5+6.3	2.712	3.536	2.388	3.654	2.401	3.933	3.410
-6.3+3.35	2.619	3.746	2.791	3.832	3.182	4.349	3.359
-3.35+1.4	2.913	3.826	2.861	3.823	3.157	4.405	3.241
-1.4+0.5	2.629	3.723	3.153	3.458	3.202	4.220	2.995
-0.5	2.060	3.207	3.155	2.811	2.521	3.997	2.714
GENEL	**2.424**	**3.361**	**2.782**	**3.419**	**2.696**	**3.684**	**3.349**

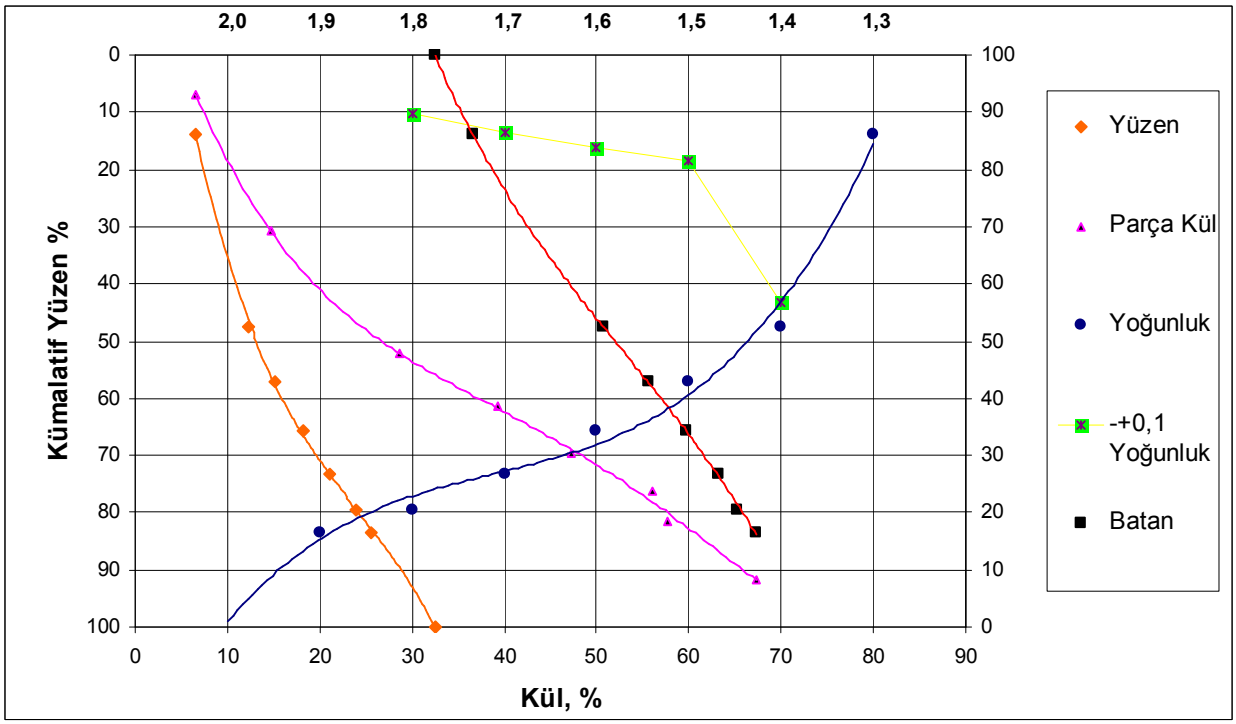
EK-2.3 : Soma Bölgesi Kömürlerinin Yıkanabilirlik Deney Sonuçları

Ek-2.3.1. Güney Kısrakdere Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

-0.5 mm ayrıldıktan sonra kalan oran = % 92.26													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	8,15	5,15	4949.35	41.99	8,15	41.99	5,15	100.00	4292.55	42.93	4,08	5,15	---
1,4	16.89	12,04	4570.43	203.29	25,04	245.28	9,80	91.85	4250.57	46.28	16,595	12,04	25,66
1,5	8,77	25.47	3755.97	223.44	33.81	468.72	13.86	74.96	4047.28	53.99	29,425	25.47	19,22
1,6	10,46	35.72	3040.74	373.52	44.26	842.24	19,03	66.19	3823.83	57.77	39,04	35.72	18,75
1,7	8,30	45.38	2362.51	376.53	52.56	1218.77	23.19	55.74	3450.31	61.90	48,41	45.38	18,6
1,8	10,30	53.71	1863.71	552.97	62.86	1771.74	28.19	47.44	3073.78	64.79	57,71	53.71	18,5
1,9	8,21	60.29	1241.48	494.85	71.06	2266.59	31.89	37.14	2520.81	67.87	66,965	60.29	37,14
+ 1.9	28.94	70.02	275.78	2025.96	100.00	4292.55	42.93	28.94	2025.96	70.02	85,53	70.02	---
	100.00	**42.93**	**2.392,00**										



Ek-2.3.2. Güney Kısrakdere Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri



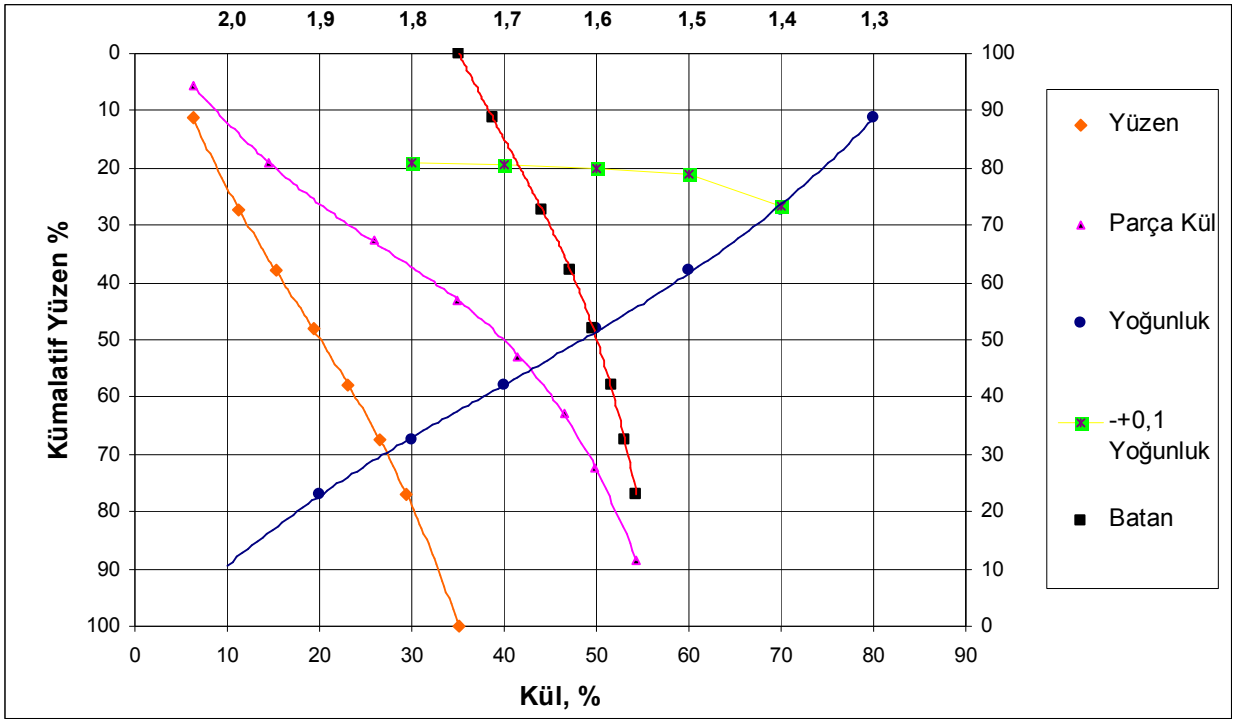
Ek-2.3.3. Işıklar DE Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-2.3.4. Işıklar DE Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

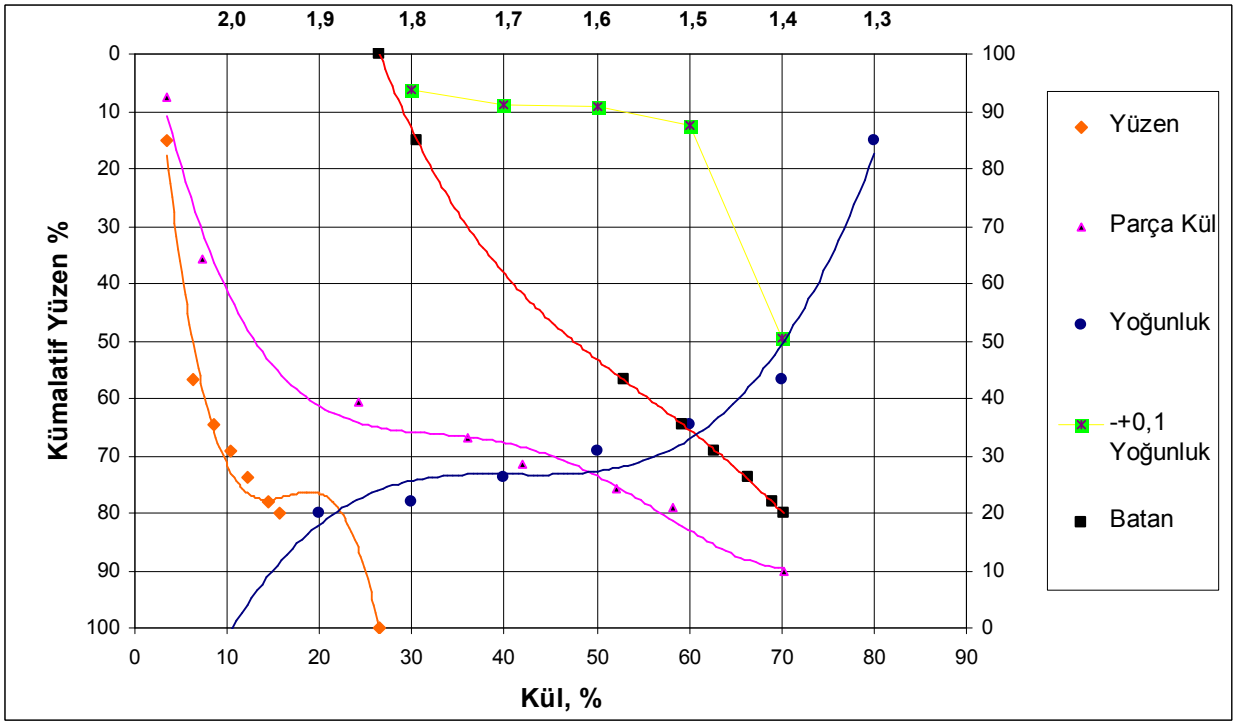
-0.5mm ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 88.91													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	13.91	6,57	4.933,00	91.36	13.91	91.36	6,57	100.00	3242.92	32.43	6,955	6,57	----
1,4	33.58	14.66	4.394,00	492.42	47.49	583.78	12,29	86.09	3151.56	36.61	30,7	14.66	43,18
1,5	9,60	28.66	3.469,00	274.97	57.09	858.75	15,04	52.51	2659.14	50.64	52,29	28.66	18,33
1,6	8,74	39.20	2.785,00	342.60	65.82	1201.35	18.25	42.91	2384.17	55.56	61,46	39.20	16,11
1,7	7,37	47.27	2.118,00	348.43	73.20	1549.78	21.17	34.18	2041.57	59.74	69,505	47.27	13,65
1,8	6,27	56.01	1.454,00	351.19	79.47	1900.98	23.92	26.80	1693.14	63.17	76,335	56.01	10,35
1,9	4,09	57.67	968,00	235.60	83.55	2136.58	25.57	20.53	1341.94	65.35	81,515	57.67	20,53
+1.9	16.45	67.26	146,00	1106.34	100.00	3242.92	32.43	16.45	1106.34	67.26	91,775	67.26	----
	100.00	**32.43**	**3.049,00**										

Ek-2.3.5. Işıklar A Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

-0.5mm fraksiyonu ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 86.94													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	11,08	6,28	4806.52	69.59	11,08	69.59	6,28	100.00	3511.38	35.11	5,54	6,28	----
1,4	16.16	14.47	4268.84	233.81	27.24	303.40	11,14	88.92	3441.79	38.71	19,16	14.47	26,78
1,5	10,62	25.87	3444.84	274.78	37.86	578.18	15.27	72.76	3207.98	44.09	32,55	25.87	20,89
1,6	10,27	34.93	2679.88	358.81	48.13	936.99	19.47	62.14	2933.20	47.21	43,00	34.93	20,01
1,7	9,74	41.35	2169.95	402.64	57.87	1339.62	23.15	51.87	2574.39	49.63	53,00	41.35	19,34
1,8	9,60	46.60	1768.90	447.21	67.47	1786.83	26.48	42.13	2171.76	51.55	62,67	46.60	19,16
1,9	9,57	49.82	1327.17	476.64	77.03	2263.48	29.38	32.53	1724.55	53.01	72,26	49.82	32,53
+1.9	22.97	54.34	516.77	1247.91	100.00	3511.38	35.11	22.97	1247.91	54.34	88,52	54.34	----
	100.00	**35.11**	**2.490,00**										



Ek-2.3.6. Işıklar A Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri



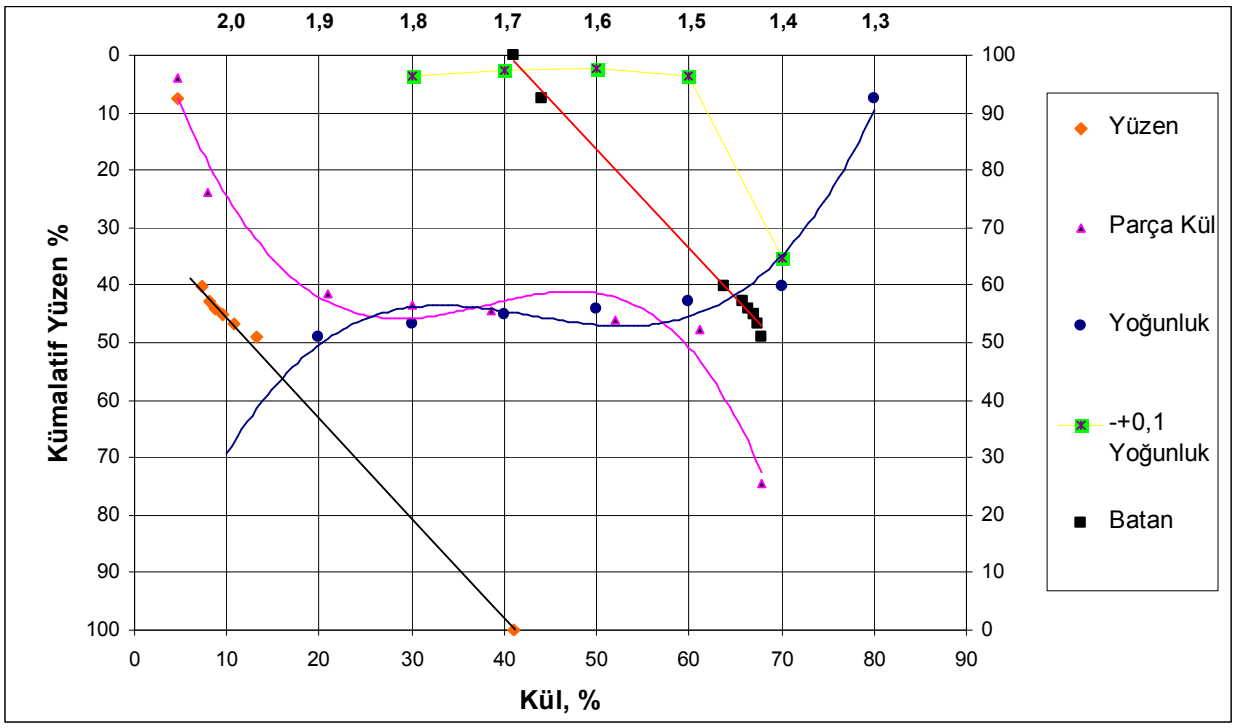
Ek-2.3.7. Eynez Açık Ocak Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-2.3.8. Eynez Açık Ocak Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

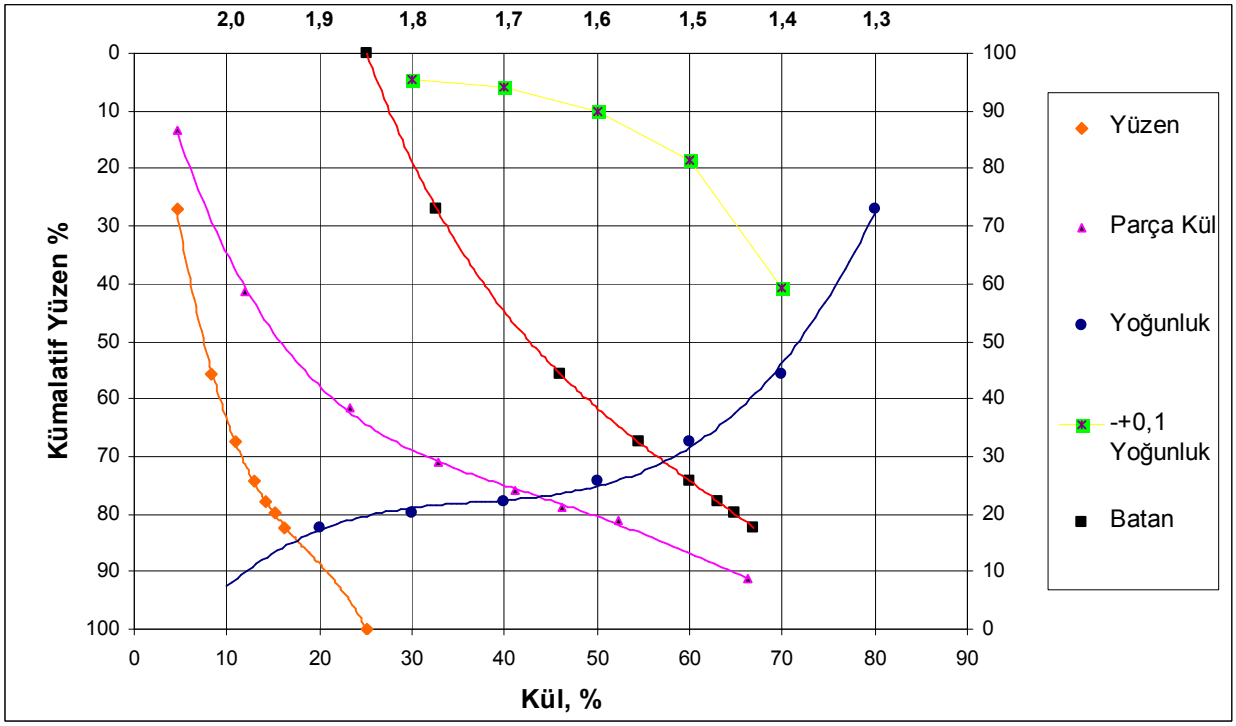
-0.5 mm fraksiyonu ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 93.19													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	14.97	3,48	5.144,00	52.12	14.97	52.12	3,48	100.00	2646.55	26.47	7,49	3,48	----
1,4	41.73	7,32	4.897,00	305.31	56.70	357.43	6,30	85.03	2594.44	30.51	35,84	7,32	49,61
1,5	7,87	24.23	3.872,00	190.79	64.58	548.22	8,49	43.30	2289.12	52.87	60,64	24.23	12,42
1,6	4,54	35.97	3.134,00	163.27	69.12	711.49	10,29	35.42	2098.33	59.23	66,85	35.97	9,17
1,7	4,64	41.99	2.418,00	194.82	73.75	906.32	12,29	30.88	1935.06	62.65	71,44	41.99	8,90
1,8	4,26	52.18	1.983,00	222.31	78.02	1128.62	14.47	26.25	1740.24	66.31	75,88	52.18	6,39
1,9	2,12	58.19	1.223,00	123.55	80.14	1252.18	15.63	21.98	1517.93	69.05	79,08	58.19	21,98
+1.9	19.86	70.21	0.00	1394.38	100.00	2646.55	26.47	19.86	1394.38	70.21	90,07	70.21	----
	100.00	**26.47**	**3483**										

Ek-2.3.9. Eynez Kapalı Ocak Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

-0.5 mm fraksiyonun ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 92.49													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	7,60	4,72	4705.28	35.86	7,60	35.86	4,72	100.00	4106.14	41.06	3,80	4,72	----
1,4	32.66	7,90	4773.51	258.05	40.26	293.91	7,30	92.40	4070.29	44.05	23,93	7,90	35,33
1,5	2,67	20.99	3607.60	56.03	42.93	349.94	8,15	59.74	3812.24	63.81	41,60	20.99	3,74
1,6	1,07	29.97	2838.60	32.09	44.00	382.03	8,68	57.07	3756.20	65.82	43,47	29.97	2,25
1,7	1,18	38.57	1938.05	45.66	45.18	427.69	9,47	56.00	3724.11	66.50	44,59	38.57	2,65
1,8	1,48	52.02	1709.61	76.53	46.65	504.22	10,81	54.82	3678.45	67.10	45,92	52.02	3,72
1,9	2,24	61.08	1073.41	136.92	48.90	641.14	13,11	53.35	3601.92	67.52	47,77	61.08	53,35
+1.9	51.10	67.80	98.50	3465.00	100.00	4106.14	41,06	51.10	3465.00	67.80	74,45	67.80	----
	100.00	**41.06**	**2.166**										



Ek-2.3.10. Eynez Kapalı Ocak Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri



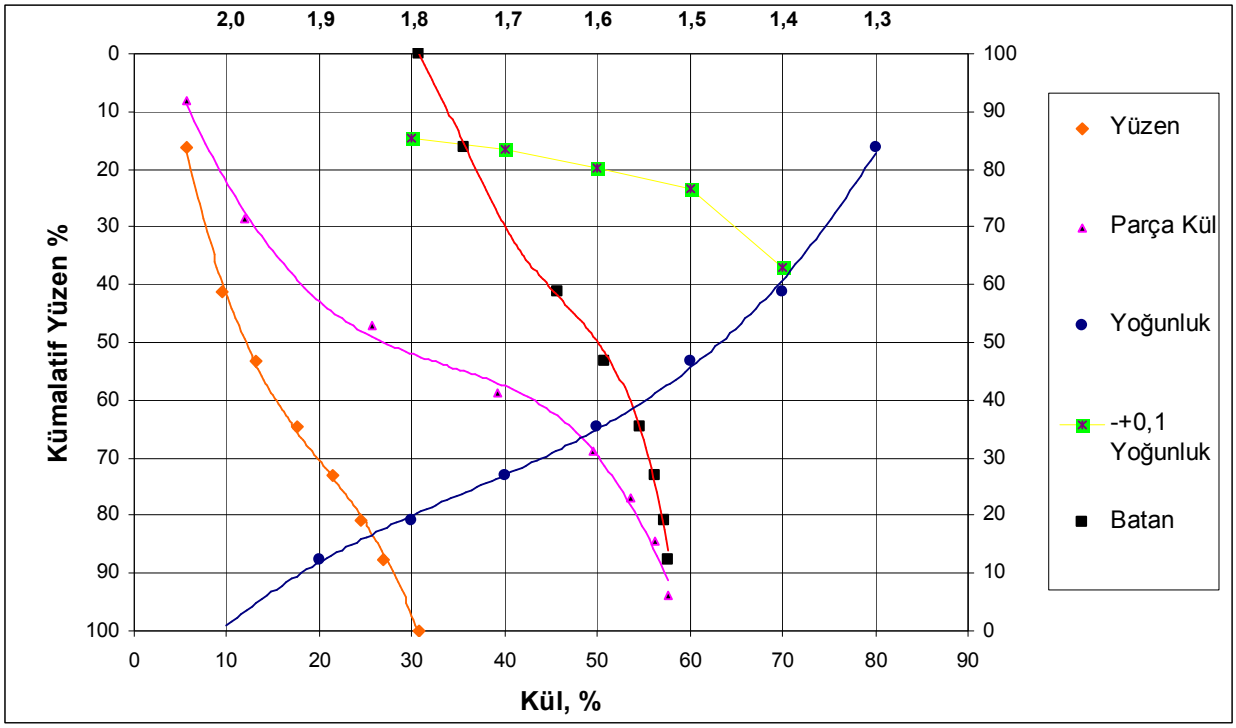
Ek-2.3.11.Karanlıkdere Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-2.3.12. Karanlıkdere Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

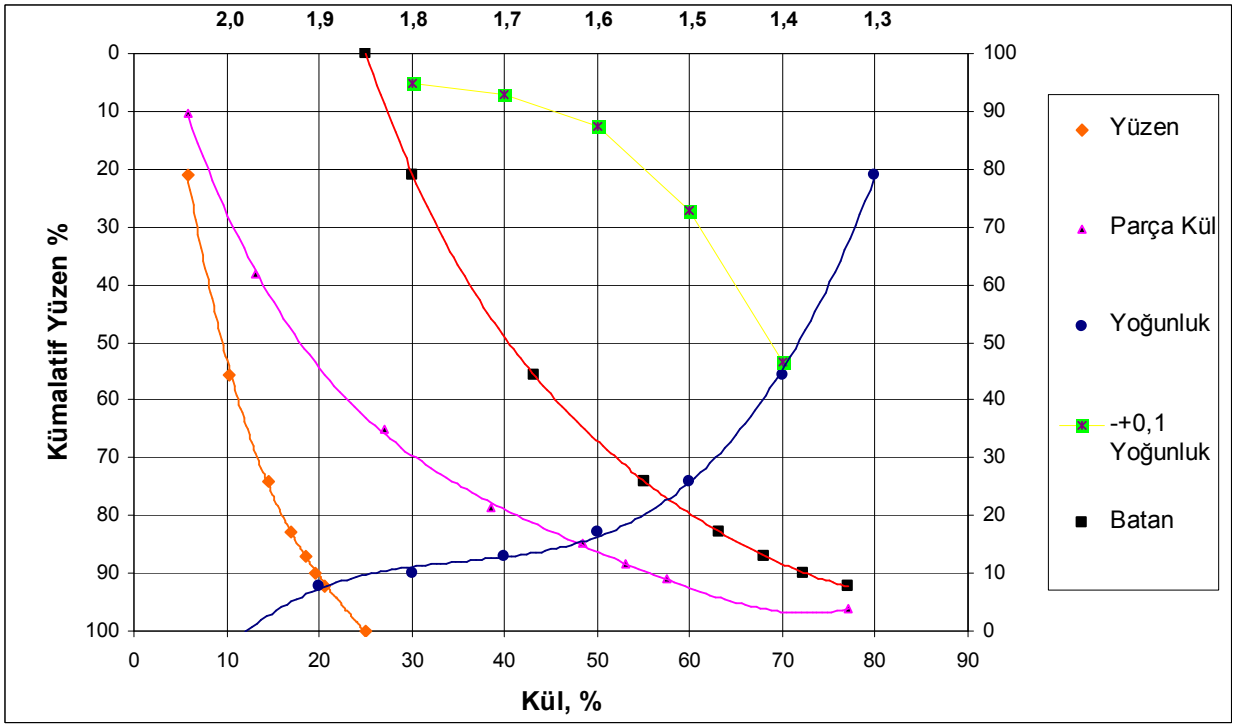
-0.5 mm fraksiyonun ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 88.52													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ / ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ / ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	27,02	4,57	4.973,00	123.62	27,02	123.62	4,57	100.00	2508.23	25,08	13,51	4,57	----
1,4	28.61	11,94	4.418,00	341.53	55.63	465.14	8,36	72.98	2384.61	32.67	41,33	11,94	40,56
1,5	11,95	23.32	3.600,00	278.56	67.58	743.71	11.00	44.37	2043.08	46.05	61,61	23.32	18,58
1,6	6,63	32.77	2.940,00	217.23	74.21	960.93	12,95	32.42	1764.52	54.43	70,90	32.77	10,20
1,7	3,57	41.15	2.456,00	146.97	77.78	1107.90	14.24	25.79	1547.29	60.00	76,00	41.15	5,75
1,8	2,18	46.16	2.117,00	100.53	79.96	1208.43	15,11	22.22	1400.32	63.03	78,87	46.16	4,55
1,9	2,37	52.35	1.592,00	123.83	82.33	1332.27	16.18	20,04	1299.79	64.86	81,15	52.35	20,04
+1.9	17.67	66.53	317,00	1175.96	100.00	2508.23	25,08	17.67	1175.96	66.53	91,17	66.53	----
	100.00	**25,08**	**3460**										

Ek-2.3.13. Deniş Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

-0.5 mm fraksiyonun ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 95.93													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	Σ(PxC) ↓ ΣP ↓	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	Σ(PxC) ↑ ΣP ↑	Z $X_0+(Y_1/2)$	-	
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	16.33	5,71	4.648,00	93.30	16.33	93.30	5,71	100.00	3077.13	30.77	8,17	5,71	----
1,4	24.78	11,85	4.219,00	293.58	41.10	386.88	9,41	83.67	2983.84	35.66	28,72	11,85	36,89
1,5	12,12	25.77	3.414,00	312.23	53.22	699.11	13.14	58.90	2690.26	45.68	47,16	25.77	23,38
1,6	11,26	39.17	2.566,00	440.99	64.48	1140.10	17.68	46.78	2378.02	50.83	58,85	39.17	19,88
1,7	8,62	49.46	1.903,00	426.48	73.10	1566.58	21.43	35.52	1937.03	54.53	68,79	49.46	16,42
1,8	7,80	53.67	1.376,00	418.78	80.90	1985.37	24.54	26.90	1510.55	56.15	77,00	53.67	14,52
1,9	6,71	56.28	947,00	377.88	87.62	2363.25	26.97	19,10	1091.77	57.17	84,26	56.28	19,10
+1.9	12,38	57.65	246,00	713.88	100.00	3077.13	30.77	12,38	713.88	57.65	93,81	57.65	----
	100.00	**30.77**	**2.872,00**										



Ek-2.3.14. Deniş Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri



Ek-2.3.15. Sarıkaya Kömürü –150+0.5 mm Yıkanabilirlik Eğrileri

Ek-2.3.16. Sarıkaya Kömürü –150+0.5 mm Yüzme-Batma Deney Sonuçları

-0.5 mm fraksiyonu ayrıldıktan sonra ağırlık oranı = % 93.37													
Yıkanabilirlik Sonuçları	***BRÜT KÖMÜR***				***YÜZEN***			***BATAN***			***PARÇA KÜL***		***± 0,1***
	% Ağırlık (Y)	Kül Miktarı	AID (kcal/kg)	% Kül Dağılımı	% Ağırlık (X)	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	Kül Miktarı	% Kül Dağılımı	% Ağırlık	% Kül	Yoğunlukta Malzeme Oranı
Yoğunluk gr/cm^3	MİKTAR % P	Kül % C		P x C	ΣP ↓	Σ(PxC) ↓	$\frac{\Sigma(PxC)\downarrow}{\Sigma P\downarrow}$	ΣP↑	Σ(PxC) ↑	$\frac{\Sigma(PxC)\uparrow}{\Sigma P\uparrow}$	Z $X_0+(Y_1/2)$		
	1	**2**		**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**2**	**11**
1,3	20.91	5,78	4864.95	120.88	20.91	120.88	5,78	100.00	2496.27	24.96	10,46	5,78	----
1,4	34.75	13.14	4314.56	456.42	55.66	577.31	10,37	79.09	2375.39	30,03	38,29	13.14	53,34
1,5	18.59	26.97	3511.50	501.41	74.25	1078.72	14.53	44.34	1918.96	43.28	64,96	26.97	27,10
1,6	8,51	38.48	2715.42	327.43	82.76	1406.15	16.99	25.75	1417.55	55.05	78,51	38.48	12,76
1,7	4,25	48.38	2086.48	205.78	87.01	1611.93	18.53	17.24	1090.12	63.23	84,89	48.38	7,11
1,8	2,85	53.09	1415.57	151.56	89.87	1763.49	19.62	12,99	884.34	68.10	88,44	53.09	5,29
1,9	2,43	57.56	721.15	140.04	92.30	1903.54	20.62	10,13	732.78	72.32	91,09	57.56	10,13
+1.9	7,70	76.99	0.00	592.74	100.00	2496.27	24.96	7,70	592.74	76.99	96,15	76.99	----
	100.00	**24.96**	**3.547,00**										