

İNCE KÖMÜRLERİN TEMİZLENMESİNDE KÖPÜK FLOTASYONU VE AĞIR ORTAM SİKLONLARININ ENTEGRASYONU

Haluk ÇELİK

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Haziran, 2002

İZMİR

119688

**İNCE KÖMÜRLERİN TEMİZLENMESİNDE
KÖPÜK FLOTASYONU VE AĞIR ORTAM
SİKLOTLARININ ENTEGRASYONU**

119688

Dokuz Eylül Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı

Haluk ÇELİK

119688

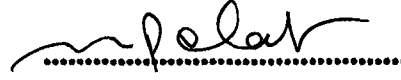
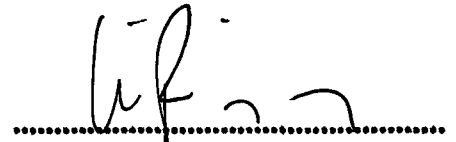
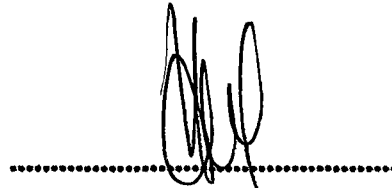
**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Haziran, 2002

İZMİR

Doktora Tezi Sınav Sonuç Formu

Haluk ÇELİK tarafından **Doç. Dr. Mehmet POLAT** yönetiminde hazırlanan **“İNCE KÖMÜRLERİN TEMİZLENMESİNDE KÖPÜK FLOTASYONU VE AĞIR ORTAM SIKLONLARININ ENTEGRASYONU”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Mehmet POLAT****Yönetici****Prof. Dr. Eran NAKOMAN****Jüri Üyesi****(Tez İzleme Komitesi Üyesi)****Prof. Dr. Hasan MORDOĞAN****Jüri Üyesi****(Tez İzleme Komitesi Üyesi)****Prof. Dr. Ahmet YAMIK****Jüri Üyesi****Prof. Dr. Üner İPEKOĞLU****Jüri Üyesi****Prof. Dr. Cahit HELVACI****Müdür****Fen Bilimleri Enstitüsü**

TEŞEKKÜR

Bu projenin hazırlanmasında bana tecrübeleri ve değerli önerileri ile rehber olan danışmanım Sayın Doç. Dr. Mehmet POLAT' a teşekkür ederim. Konu ile ilgili bilgilerini benimle paylaşan ve tüm çalışmam boyunca bana her zaman destek olan Sayın Prof. Dr. Eran NAKOMAN' a ve Prof. Dr. Hasan MORDOĞAN' a sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Doktora eğitimimin belirli döneminde bana danışmanlık yapan ve tüm çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Üner İPEKOĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerim sırasında bana her türlü yardım ve kolaylığı sağlayan Sayın Kimyager M. Emin SOLAK ve Sayın Kimyager Necmettin AYÇELİK' e teşekkür ederim.

Tüm çalışmalarım sırasında bana sabır gösteren ve desteğini biran olsun eksik etmeyen sevgili eşime ve tez çalışmalarımın son döneminde dünyaya gelen ve bana büyük moral kaynağı olan biricik kızıma teşekkür ederim.

28.06.2002

Haluk ÇELİK

ÖZET

Kömür zenginleştirme yöntemlerinden olan ağır ortamda kömürün temizlenmesi metodunda, ağır ortam oluşturmak için genelde manyetit kullanılmaktadır. Ağır ortam ayırıcılarının temiz kömür ve artık ürünleri ile birlikte alınan manyetitin bu ürünlerden geri kazanımı, lavvarların işletme maliyetinin düşürülmesi açısından son derece önemlidir. Bu işlem için söz konusu ağır ortam ürünleri, geleneksel olarak yay elek ve süzme-yıkama eleklerinden geçirilerek manyetitin elek altlarından kazanımına gidilmektedir. Yay elek altı ürünü yüksek oranda manyetit içerdiği için genelde devreye doğrudan geri verilirken, süzme-yıkama elekleri altı ürünündeki manyetitin ince kömür tanelerinden ayrılmasında manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır. Manyetik ayırıcılara beslenen bu ürün içerisindeki manyetik olmayan ürün miktarı arttıkça, ayırıcının verimi düşmektedir.

Bu çalışmada süzme-yıkama elekleri altı ürünleri manyetik ayırıcılara beslenmeden önce, flotasyon yöntemi ile zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Burada amaç;

- manyetik ıncıya giden malzemedeki manyetik olmayan fraksiyonun miktarının azaltılması,
- süzme-yıkama elekleri altına geçen malzemedeki ince kömürün temiz kömür olarak kazanılması olarak özetlenebilir.

Bu amaçla, flotasyon için en uygun şartların belirlenmesi için, tüvenan kömür ve simüle kömür+manyetit karışımları ile ön çalışmalar yapılmıştır. Daha sonra Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresi yay elek ve süzme-yıkama elekleri altından alınan ürünler yukarıdaki amaçlara uygun olarak flotasyona tabi tutulmuştur. Flotasyon için en uygun olan parametrelerin belirlenmesinden sonra, ağır ortam-

flotasyon devresi, tesiste şu anda faaliyette bulunan ağır ortam devresi ile teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki, ağır ortam siklon devresi süzme-yıkama elekleri altı ürünleri flotasyona tabi tutulduğunda, %6.7 kül ve yaklaşık 6300 kcal/kg ısı değere sahip (kuru kömür) son derece temiz kömür elde edilebilmektedir. Aynı zamanda şu anda mevcut lavvarda manyetik ayırıcıya gönderilen üründe manyetik olmayan ürün oranı %18 iken, flotasyon sonundaki artıktaki bu oran %7.8'e düşürülmüştür. Bu durumda manyetik ayırıcıda oluşan manyetik kayıpları da büyük oranda azalacaktır. Ancak, flotasyon prosesinin ekonomikliğinin sarf edilen gazyağı ve köpürtücü miktarına bağlı olduğu görülmektedir.



ABSTRACT

VII

Magnetite is used to prepare the heavy medium in heavy medium cyclones in coal cleaning. Recovering the magnetite from the products of the heavy medium cyclones is of great importance in terms of cost of cleaning. Traditionally, cyclone products are passed through a set of sieve bend-wash screens. The screen oversize is recovered as the clean coal and refuse. The screen undersize, however is sent directly to the medium preparation tank for the sieve bend while the undersize of the wash screens is directed to a magnetic separator for magnetite recovery. The efficiency of magnetite recovery depends inversely on the amount of non-magnetics.

In this study, the undersize products of the wash screens for the cyclone over and under flows were subjected to froth flotation to

- decrease the amount of non-magnetics in the feed to the magnetic separator,
- recover the fine coal as a clean product from the wash screen underflows.

For this purpose samples from the various points on the cyclone circuit of the Tunçbilek Coal Preparation Plant were obtained. These samples were subjected to froth flotation to determine the feasibility of the process. Also, flotation tests were carried out with raw coal samples and coal-magnetite mixtures to determine the best conditions for flotation.

Upon determining the best conditions for flotation, the proposed heavy medium cyclone-flotation circuit was compared technically and economically with the current heavy medium cyclone circuit in the plant. The results show that floating the undersize products of the wash screens of the heavy medium cyclone circuit produces an extremely clean coal product with 6.7% ash, having a calorific value of about 6300 kcal/kg. In addition, the non-magnetics content of the material which would go to the magnetic separators decreases to 7.8% from 18%. This should decrease the magnetite losses in the magnetic separation circuit substantially. However, the economics of the proposed heavy medium cyclone-flotation circuit depends heavily on the cost of the oil and the frother used for the flotation process.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İçindekiler.....	VII
Çizelgeler Listesi.....	XII
Şekiller Listesi.....	XIV

Bölüm Bir GİRİŞ VE AMAÇ

Bölüm İki GENEL BİLGİLER

2.1. Kömürün Tanımı, Oluşumu ve Sınıflandırılması	4
2.2. Kömürün Özellikleri	5
2.2.1. Kömürün Fiziksel Özellikleri	6
2.2.2. Kömürün Kimyasal Özellikleri	6
2.3. Kömür Rezervleri ve Üretimi	10
2.3.1. Dünya Kömür Rezervleri ve Üretimi	10
2.3.2. Türkiye Kömür Rezervleri ve Üretimi	11
2.4. Kömür Hazırlama ve Zenginleştirme Yöntemleri	14
2.4.1. Kömürün Kırılması ve Boyutlandırılması	14
2.4.2. Kömürün Zenginleştirilmesi	17
2.4.2.1. Elle Ayıklama (Kribraj) ile Zenginleştirme	17
2.4.2.2 Hidrolik Esaslı Kömürün Zenginleştirilmesi	18
2.4.2.3. Ağır Ortamda Kömürün Zenginleştirilmesi	18
2.4.2.4. Flotasyon	24
2.4.2.5. Selektif Aglomerasyon	31
2.5. Türkiye’ deki Kömür Yıkama Tesisleri	32
2.6. İnce Kömürlerin Temizlenmesinde Flotasyon ve Ağır Ortam	35
Siklonlarının Entegrasyonu	

Bölüm Üç

MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme	37
3.1.1. Flotasyon Besleme Malları	37
3.1.1.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür	37
3.1.1.2. Manyetit	38
3.1.1.3. Tunçbilek Lavvarı Ağır Ortam Siklon Devresi	39
Yay ve Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünleri	
3.1.2. Reaktifler	48
3.1.2.1. Gazyağı	48
3.1.2.2. İsooktanol	48
3.1.2.3. Blok kopolimerler	48
3.2. Yöntem	49
3.2.1. Numune Hazırlama ve Saklama	49
3.2.2. Öğütme Deneyleri	50
3.2.3. Flotasyon Deneyleri	52
3.2.3.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür ile	52
Yapılan Flotasyon Deneyleri	
3.2.3.2. Tüvenan Kömür ve Manyetit Karışımı ile Yapılan	54
Flotasyon Deneyleri	
3.2.3.3. Ağır Ortam Siklon Devresi Yay ve Süzme-Yıkama	57
Elekları Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri	
3.2.4. Davis Tüpü Analizleri	60
3.2.5. Kül Analizleri	62

Bölüm Dört

BULGULAR

4.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür ile Yapılan	63
Flotasyon Deneyleri	

4.1.1. Gazyağı ve Köpürtücü Kullanılarak Yapılan Flotasyon	64
Deneyleri	
4.1.2. Polimer, Gazyağı ve Köpürtücü Kullanılarak Yapılan	69
Flotasyon Deneyleri	
4.2 Tüvenan Kömür ve Manyetit Karışımı ile Yapılan Flotasyon	77
Deneyleri	
4.3. Ağır Ortam Siklon Devresi Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünleri	84
ile Yapılan Flotasyon Deneyleri	
4.3.1. Üst Akım Süzme-Yıkama Elekları Altı ile Ürünleri ile Yapılan	84
Flotasyon Deneyleri	
4.3.1.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti	84
4.3.1.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti	88
4.3.1.3. En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti	92
4.3.1.4. En Uygun Katı Oranının Tespiti	96
4.3.1.5. Temizleme ve Süpürme Flotasyonları	99
4.3.1.5.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti	100
4.3.1.5.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti	104
4.3.1.6. L-64'ün Flotasyonda Kullanımı	109
4.3.2. Alt Akım Süzme-Yıkama Elekları Altı ile Ürünleri ile Yapılan	117
Flotasyon Deneyleri	
4.3.2.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti	117
4.3.2.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti	121
4.3.2.3. En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti	124
4.3.2.4. En Uygun Katı Oranının Tespiti	127
4.3.2.5. Temizleme ve Süpürme Flotasyonları	129
4.3.2.5.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti	130
4.3.2.5.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti	133
4.3.2.6. L-64'ün Flotasyonda Kullanımı	137

Bölüm Beş
İRDELEME

5.1. Ağır Ortam Devresinde Mevcut Koşullarda Manyetit, Yanıcı Madde144	
ve Kül Balansı	
5.2. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon146	
Deneyleri Sonuçları	
5.3. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon150	
Deneyleri Sonuçları	
5.4. Ağır Ortam Devresine Flotasyon Ünitelerinin Entegrasyonu154	

Bölüm Altı
FLOTASYON TESİSİNİN TASARIMI VE MALİYETİ

6.1 Flotasyon Tesisinin Tasarımı158	
6.2 Tesisteki Ekipmanların ve Reaktiflerin Maliyeti168	

Bölüm Yedi
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR

EKLER

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Kömürleşme Derecelerine Göre ASTM Kömür Sınıflaması.....	5
Çizelge 2.2. Dünya Fosil Yakıt Rezervleri.....	10
Çizelge 2.3. Dünya Kömür Üretimi.....	11
Çizelge 2.4. Türkiye Linyit Rezervi.....	13
Çizelge 2.5. Türkiye Kömür Üretimi ve Talebi	14
Çizelge 2.6. Ağır Ortam Ayırıcıları	21
Çizelge 2.7. Çeşitli Oksijen Fonksiyonel Gruplarının Kömürdeki İçerikleri	26
Çizelge 2.8. Flotasyonda Blok Kopolimerler İlavesinin Çeşitli Kömür	31
Türleri Üzerindeki Etkisi	
Çizelge 2.9. Türkiye’ deki Kömür Yıkama Tesisleri	33
Çizelge 3.1. Tüvenan Kömürün Analiz Sonuçları (Havada Kuru)	37
Çizelge 3.2. Tüvenan Kömürün Fraksiyonel Kül Dağılımı	38
Çizelge 3.3. Manyetitin Tane İrilik Dağılımı.....	38
Çizelge 3.4. Ağır Ortam Siklonu Ürünleri ve Elek Altı Ürünlerinin.....	40
İçerikleri	
Çizelge 3.5. Çalışmalarda Kullanılan Polimerlerin Seçilmiş Bazı Özellikleri.....	49
Çizelge 3.6. Öğütme Deneyleri Sonuçları	51
Çizelge 3.7. Flotasyon Deneylerinde Kullanılan Kotlama Sistemi	52
Çizelge 3.8. Tüvenan Kömür Numunesi İçin Flotasyon Deneylerinin Şartları.....	53
Çizelge 3.9. Tüvenan Kömür ve Manyetit Karışımı İçin Flotasyon Deneylerinin...	56
Şartları	
Çizelge 3.10. Süzme-Yıkama Elekleri Altı Ürünlerinin Temel Flotasyonunda.....	58
Denenen Parametreler ve Deney Şartları	
Çizelge 3.11. Süzme-Yıkama Elekleri Altı Ürünlerinin Temizleme ve Süpürme....	58
Flotasyonu Kademelerinde Denenen Parametreler ve Şartlar	
Çizelge 3.12. Davis Tüpünün Kalibrasyonu Çalışmaları Sonuçları	61

Çizelge 4.1. Polimerlerin Karşılaştırılması	77
Çizelge 5.1. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri İçin Saptanan.....	146
En Uygun Flotasyon Parametreleri	
Çizelge 5.2. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünlerinin Polimersiz.....	148
ve Polimer İlaveli Flotasyonunun Sonuçları	
Çizelge 5.3. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri İçin Saptanan.....	150
En Uygun Flotasyon Parametreleri	
Çizelge 5.4. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünlerinin Polimersiz.....	152
ve Polimer İlaveli Flotasyonunun Sonuçları	
Çizelge 5.5. Mevcut Sistem ve Flotasyonun Entegrasyonunun	156
Karşılaştırılması	
Çizelge 6.1 Flotasyon Tesisi Ekipmanlarının Maliyeti.....	168
Çizelge 6.2 Flotasyon Reaktiflerinin Maliyeti.....	168
Çizelge 7.1 Lavvar Mevcut Durum ve Flotasyonun Entegrasyonunun.....	170
Karşılaştırılması	

Şekil 3.11. Siklon üst ve alt akımlarındaki manyetit besleme malına göre % dağılım oranları	47
Şekil 3.12. Yay ve süzme-yıkama elekleri altına geçen ürünlerde manyetit besleme malına göre %dağılım oranları	47
Şekil 3.13. Tüvenan kömür numunesini hazırlama akım şeması	50
Şekil 3.14. Öğütme deneyleri sonuçlarının logaritmik ölçekte gösterimi	51
Şekil 3.15. Tüvenan kömürün flotasyon deneylerinin işlem sırası	55
Şekil 3.16. Tüvenan kömür ve manyetit karışımının flotasyon deneylerinin..... işlem sırası	56
Şekil 3.17. Süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin flotasyon deneylerinin işlem sırası	60
Şekil 3.18. Davis tüpü sistemi	61
Şekil 4.1. Değişik gazyağı miktarlarında kümülatif yanıcı madde veriminin..... zamana göre değişimi	65
Şekil 4.2. Değişik gazyağı miktarlarında yanıcı madde verimine karşı kümülatif kül değerleri	65
Şekil 4.3. Gazyağı miktarındaki değişimin yanıcı madde ve kül oranına etkisi	66
Şekil 4.4 Değişik gazyağı miktarlarında kümülatif kül veriminin zamana göre değişimi	67
Şekil 4.5. Flotasyon ürünlerinin fraksiyonel dağılımının tespiti işlemi akım..... şeması	68
Şekil 4.6. AQG-6MU deneyi ile elde edilen ürünlerin fraksiyonel..... kümülatif yanıcı madde verimleri	69
Şekil 4.7. L-64 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi	70
Şekil 4.8. L-64 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi	72
Şekil 4.9. P-104 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi	72
Şekil 4.10. P-104 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi	73
Şekil 4.11. 10R-8 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi	74
Şekil 4.12. 10R-8 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi	74
Şekil 4.13. Yağda çözünen 10R-8 polimerinin yanıcı madde verimine etkisi	75
Şekil 4.14. Yağda çözünen 10R-8'in yanıcı madde kazanımına karşı kül oranları	76

Şekil 4.15. Polimerler ile elde edilen en iyi sonuçların karşılaştırılması	77
Şekil 4.16. Manyetit/Kömür oranının kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi ...	78
Şekil 4.17. Farklı manyetit/kömür oranlarında yanıcı madde veriminin zamana göre değişimi	79
Şekil 4.18. Manyetit/Kömür oranına bağlı yanıcı madde verimi ve kül oranları ..	79
Şekil 4.19. Manyetit/Kömür oranına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül.....	79
oranları	
Şekil 4.20. Farklı manyetit/kömür oranlarında manyetit veriminin	80
zamana göre değişimi	81
Şekil 4.21. Yüzen temiz kömür içerisindeki manyetit oranının	
zamana göre değişimi	82
Şekil 4.22. Flotasyon ürünlerindeki manyetit oranının manyetit/kömür	
oranına göre değişimi	83
Şekil 4.23. Kümülatif manyetit veriminin kümülatif su verimi ile değişimi	
Şekil 4.24. Gazyağı miktarı değişiminin yüzen kömür miktarına etkisi	84
Şekil 4.25. Gazyağı miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine	85
etkisi	85
Şekil 4.26. Gazyağı miktarının değişiminin yanıcı madde ve kümülatif küle	86
etkisi	
Şekil 4.27. Kümülatif yanıcı madde ve kül değerlerinin gazyağı miktarı ile.....	86
değişimi	
Şekil 4.28. Değişik yağ miktarlarında kümülatif manyetit verimleri	87
Şekil 4.29. Yüzen temiz kömürdeki kümülatif manyetit oranlarının.....	88
zamanla değişimi	88
Şekil 4.30. Değişik köpürtücü miktarlarında kümülatif yüzen kömür ağırlığının	89
zamanla değişim	
Şekil 4.31. Köpürtücü miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine	90
etkisi	
Şekil 4.32. Kümülatif yanıcı madde veriminin kümülatif kül ile değişimi	90
Şekil 4.33. Köpürtücü miktarının yanıcı madde ve küle etkisi	90

Şekil 4.34. Köpürtücü miktarındaki değişimin kümülatif manyetit verimine..... etkisi	91
Şekil 4.35. Kümülatif manyetit oranının zamana göre değişimi	91
Şekil 4.36. Karıştırma hızının yüzen kömür ağırlığına etkisi	92
Şekil 4.37. Karıştırma hızının yanıcı madde verimine olan etkisi	93
Şekil 4.38. Karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde ve kül olan etkisi	93
Şekil 4.39. Karıştırma hızının yanıcı madde ve kül olan etkisinin birlikte gösterimi	94
Şekil 4.40. Karıştırma hızının kümülatif manyetit verimine olan etkisi	
Şekil 4.41. Değişik karıştırma hızlarında manyetit oranlarının zamanla değişimi	95
Şekil 4.42 %Katı oranına bağlı kümülatif yüzen kömürün %ağırlığının zamana göre değişimi	95
Şekil 4.43 %Katı oranına bağlı yanıcı madde kazanımının zamana göre değişimi	96
Şekil 4.44. Kümülatif yanıcı madde kazanımına karşı kümülatif kül değerleri	97
Şekil 4.45 Yanıcı madde verimi ve kül değerlerinin %katı oranı ile değişimi	97
Şekil 4.46 Kümülatif manyetit veriminin zamana göre değişimi	98
Şekil 4.47 Kümülatif manyetit oranının zamanla değişimi	98
Şekil 4.48 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri	99
Şekil 4.49 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı... madde ve kül oranları	102
Şekil 4.50 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi	101
Şekil 4.51 Temizleme flotasyonunda kümülatif manyetit oranının zamana bağlı değişimi	102
Şekil 4.52 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri	102
Şekil 4.53 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları	103
Şekil 4.54 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi	103
Şekil 4.55 Süpürme flotasyonunda kümülatif manyetit oranının zamana bağlı değişimi	104

Şekil 4.56 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı	105
yanıcı madde verimleri	
Şekil 4.57 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı kümülatif	105
yanıcı madde ve kül oranları	
Şekil 4.58 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi	106
Şekil 4.59 Temizleme flotasyonunda kümülatif manyetit oranının	106
zamana bağlı değişimi	
Şekil 4.60 Süpürme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı	107
yanıcı madde verimleri	
Şekil 4.61 Kümülatif yanıcı madde verimine karşı kül değerleri	108
Şekil 4.62 Kümülatif manyetit veriminin kümülatif yüzen kömür	108
% ağırlığı ile değişimi	
Şekil 4.63 Kümülatif manyetit oranının zamana göre değişimi	109
Şekil 4.64 L-64'ün kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi	110
Şekil 4.65 L-64'ün yanıcı madde verimine etkisi	110
Şekil 4.66 L-64'ün kümülatif yanıcı madde verimi ve kül olan etkisi	111
Şekil 4.67 L-64'ün manyetit verimine olan etkisi	111
Şekil 4.68 L-64'ün kümülatif manyetit oranına olan etkisi	112
Şekil 4.69 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	113
yanıcı madde verimine etkisi	
Şekil 4.70 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	113
yanıcı madde verimi ve kül olan etkisi	
Şekil 4.71 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi ...	114
Şekil 4.72 Farklı miktarlarda L-64 kullanımının manyetit oranına etkisi	114
Şekil 4.73 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	115
yanıcı madde verimine etkisi	115
Şekil 4.74 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	116
yanıcı madde verimi ve kül olan etkisi	
Şekil 4.75 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi ...	116
Şekil 4.76 Farklı miktarlarda L-64 kullanımının manyetit oranına etkisi	117
Şekil 4.77 Gazyağı miktarı değişiminin yüzen kömür miktarına etkisi	118

Şekil 4.78 Gazyağı miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine..... etkisi	118
Şekil 4.79 Gazyağı miktarının değişiminin yanıcı madde ve kümülatif küle etkisi	119
Şekil 4.80 Kümülatif yanıcı madde ve kül değerlerinin gazyağı miktarı ile değişimi	120
Şekil 4.81 Değişik yağ miktarlarında kümülatif manyetit verimleri	120
Şekil 4.82 Değişik köpürtücü miktarlarında kümülatif yüzen kömür ağırlığının zamanla değişimi	121
Şekil 4.83 Köpürtücü miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine . etkisi	122
Şekil 4.84 Kümülatif yanıcı madde veriminin kümülatif kül ile değişimi	123
Şekil 4.85 Köpürtücü miktarının yanıcı madde ve küle etkisi	123
Şekil 4.86 Köpürtücü miktarındaki değişimin kümülatif manyetit verimine..... etkisi	124
Şekil 4.87 Karıştırma hızının yüzen kömür ağırlığına etkisi	124
Şekil 4.88 Karıştırma hızının yanıcı madde verimine olan etkisi.....	125
Şekil 4.89 Karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde ve küle olan etkisi.....	125
Şekil 4.90 Karıştırma hızının yanıcı madde ve küle olan etkisinin..... birlikte gösterimi	126
Şekil 4.91 Karıştırma hızının kümülatif manyetit verimine olan etkisi	126
Şekil 4.92 %Katı oranına bağlı kümülatif yüzen kömürün %ağırlığının zamana göre değişimi	126 127
Şekil 4.93 %Katı oranına bağlı yanıcı madde kazanımının zamana göre değişimi	128
Şekil 4.94 Kümülatif yanıcı madde kazanımına karşı kümülatif kül değerleri.....	128
Şekil 4.95 Kümülatif manyetit veriminin zamana göre değişimi	128
Şekil 4.96 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri	130 130
Şekil 4.97 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı .. madde ve kül oranları	131
Şekil 4.98 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi	131

Şekil 4.99 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde.....	132
verimleri	
Şekil 4.100 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif	132
yanıcı madde ve kül oranları	
Şekil 4.101 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi.....	133
Şekil 4.102 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı	134
yanıcı madde verimleri	
Şekil 4.103 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı	134
kümülatif yanıcı madde ve kül oranları	
Şekil 4.104 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi.....	135
Şekil 4.105 Süpürme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı	135
yanıcı madde verimleri	
Şekil 4.106 Kümülatif yanıcı madde verimine karşı kül değerleri	136
Şekil 4.107 Kümülatif manyetit veriminin kümülatif yüzen kömür	137
% ağırlığı ile değişimi	
Şekil 4.108 L-64'ün kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi	138
Şekil 4.109 L-64'ün yanıcı madde verimine etkisi	139
Şekil 4.110 L-64'ün kümülatif yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi	139
Şekil 4.111 L-64'ün manyetit verimine olan etkisi	140
Şekil 4.112 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	140
yanıcı madde verimine etkisi	140
Şekil 4.113 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	141
yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi	
Şekil 4.114 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi..	142
Şekil 4.115 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	142
yanıcı madde verimine etkisi	142
Şekil 4.116 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif	143
yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi	143
Şekil 4.117 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi..	143
Şekil 5.1 Lavvarda ağır ortam siklon devresinde mevcut duruma göre	145
manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı	145

Şekil 5.2 Polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde	147
manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı	
Şekil 5.3 Polimer ilaveli temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde.....	147
manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı	
Şekil 5.4 Polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde	151
manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı	
Şekil 5.5 Polimer ilaveli temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde.....	151
manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı	
Şekil 5.6 Devredeki manyetit, yanıcı madde ve külün mevcut sistemle	155
karşılaştırmalı birim balansı	
Şekil 5.7 Devreye flotasyonun entegrasyonu sonucunda manyetit, yanıcı madde.	157
ve kül balansı	
Şekil 6.1 Flotasyon tesisinin akım şeması	158
Şekil 6.2 Üst akım elek altı ürünü flotasyon tesisinin akım şeması	161
Şekil 6.3 Alt akım elek altı ürünü flotasyon tesisinin akım şeması	164

BÖLÜM BİR

GİRİŞ VE AMAÇ

Ocaktan üretilen kömür tüvenan olarak tüketilebildiği gibi, kömür yıkama tesislerinde birtakım fiziksel ve fiziko-kimyasal işlemler sonucu temizlendikten sonra da kullanıma sunulabilmektedir. Bu şekilde kömürler nem, kül, kükürt gibi safsızlıklarından arındırılmakta ve ısı değerleri arttırılmaktadır. Evsel ve endüstriyel yakıt olarak kullanılan kömürlerin kaliteleri, çevre koruma ve hava kirliliği nedeni ile günümüzde büyük önem arz etmektedir.

Kömürlerin zenginleştirilmesinde kullanılan en yaygın yöntem, kömür ile mineral maddeler arasındaki özgül ağırlık farkına dayalı yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemidir. Bu yöntemde ayırma ortamı su ya da su ile ağır bir katının karışımından oluşan ağır bir ortam olmaktadır. Giderek popüleritesi artan diğer bir yaygın yöntem, kömür madenciliğinde artan mekanize kazı yöntemleri nedeniyle, miktarları yükselen çok ince kömürlerin zenginleştirilmesinde uygulanan flotasyondur.

Ağır ortam yöntemiyle zenginleştirilecek kömürün tane boyutu genel olarak, statik ayırıcılarda 6 mm'den iri ve dinamik ayırıcılarda 6 mm'den ince olması istenir. Ağır ortam malzemesi olarak genelde tane boyutu yaklaşık olarak 46µm civarında olan manyetit kullanılmaktadır. İşletme giderlerinin yükselmemesi açısından manyetitin ağır ortam ayırıcısı ürünleri olan temiz kömür ve artık ürünlerinden geri kazanılması gerekmektedir. Bunun sağlanması için bu ürünler bir seri elek üzerinden geçirilmektedir. Bu elekler yay elek ve süzme-yıkama elekleri olup, genelde yay elek altına geçen ürün çok yüksek oranlarda manyetit içerdiğinden devreye geri beslenmektedir. Ürünler üzerine yapışmış olan manyetit taneleri ise yıkama eleği üzerinde basınçlı su ile yıkanmakta, bu esnada manyetit ile birlikte, ürünler içerisinde bulunan ince malzemeler de elek altına geçmektedir. Yıkama eleği altı bu malzeme

manyetik ayırıcılardan geçirilerek, geri kazanılan manyetit devreye geri beslenmektedir.

Yukarıda değinilen işlemler esnasında yıkama elekleri ve manyetik ayırıcılarda manyetit kayıpları oluşmakta ve büyük kapasiteli kömür zenginleştirme tesislerinde manyetit kaybı işletme giderlerini önemli derecede arttırmaktadır. Ağır ortam olarak ferro-silis kullanılan lavvarlarda ağır ortam maliyetinin işletme giderlerinin %8-39'u olduğu (Dardis, 1989) ve yedi tesis üzerinde yapılan çalışmalarda tüvenan kömür başına manyetit kaybının 0.27-0.90 kg/ton değerlerinde olduğu belirtilmektedir (Deurbrouck & Hudy, 1972).

İdeal şartlar altında manyetik ayırıcılar ile ağır ortamın %99.8' i geri kazanılmaktadır. Ancak, manyetik ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetit içeriği 0.1 kg/litre den az ve manyetik olmayan ürün miktarı manyetik miktarından fazla ise geri kazanım oranı düşmektedir (Burt, 1984).

Polat ve diğ. (1993) tarafından bitümlü kömürlerle yapılan bir çalışmada ise ağır ortam siklonları ile flotasyonun yönteminin bir kombinasyonu kullanılmıştır. Bu sayede, manyetitin geri kazanım oranının yükseltilmesi ve aynı zamanda sistemden ilave temiz kömür kazanılması amaçlanmıştır. Bu yöntemde yay elek ve süzme-yıkama elekleri altına geçen manyetit ile kömür karışımından kömür flotasyonla kazanılırken, manyetik ayırıcının yükü azaltılmakta ve dolayısıyla manyetik ayırıcıda manyetitin geri kazanım oranı yükseltilmektedir. Bunun yanında kullanılan flotasyon yöntemi ile elek altı ürünlerinden temiz kömürün eldesi mümkün olmaktadır.

Polat ve diğ. (1993) tarafından bitümlü kömürlerle yapılmış olan bu araştırma, bu çalışmada flotasyon özellikleri farklı olan linyitlere uyarlanmıştır. Bu amaçla, Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresi, yay ve süzme-yıkama elekleri altına geçen ürünlerden kömürü flotasyon ile yüzdürüp, manyetik malzemeden ayırmak suretiyle manyetik ayırıcının yükünün ve dolayısı ile manyetit kayıplarının azaltılması için en uygun şartlar belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda, flotasyon işlemiyle elek altı ürünlerinden kömür yüzdürülüp temiz kömür elde edilmiştir. Bu

Çalışmada belirlenen en uygun koşullar için Tunçbilek Lavvarı rnek alınarak maliyet analizi yapılmıştır.

Sonuç olarak, lavvardaki mevcut sistemde süzme-yıkama elekleri altına geçen ve manyetik ayırıcıya gönderilen üründe manyetik olmayan ürün oranı %18 iken, bu üründeki ince kömürü flotasyon yöntemi ile yüzdürüp artığı ayırıcıya gönderdiğimizde oran %7.8'e düşürülmektedir. Bu durumda manyetik ayırıcının yükü azaltılmış olmakta ve dolayısıyla ayırıcıda geri kazanılacak olan manyetit miktarında artış sağlanmış olacaktır. Bununla birlikte, lavvardaki mevcut sistemde elek altına geçen kömür 9.51 t/h miktarında ve kuru kömür bazında %39 kül oranı ve yaklaşık 4000 kcal/kg ısı değerinde elde edilirken, flotasyon sonunda 5.83 t/h miktarında ve %6.7 kül oranı ve 6300 kcal/kg ısı değerinde (kuru bazda) temiz kömür konsantresi elde edilmiştir.

Flotasyon deneylerini tamamlanmasından sonra, en uygun flotasyon parametrelerinde elde edilen veriler kullanılarak flotasyon tesisinin tasarımı ve maliyeti hesaplanmıştır. Son olarak lavvardaki mevcut sistem ve bu sisteme flotasyon entegre edildiğinde elde edilen veriler kıyaslanmış ve karşılaştırmalı maliyet analizi yapılmış olup, bu çalışmaların sonuçlarına tezin ileri bölümlerinde ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

BÖLÜM İKİ

GENEL BİLGİLER

2.1. Kömürün Tanımı, Oluşumu ve Sınıflandırılması

Kömürler, bitki ve bitki artıklarının belirli şartlar altında kömürleşmesiyle oluşan katı yakıtlardır. Çoğunlukla C, az miktarlarda H, O, S ve N elementlerinden oluşurlar ve inorganik maddeleri de (kil, silt, iz elementleri gibi) içerirler. Çoğu kez bitkisel maddeler veya bitki parçaları uygun bataklık ortamlarda birikip, çökelir ve jeolojik işlevlerle birlikte yer altına gömülürler. Yerin altında, bu organik kütleler, gömüldükten sonra, önceleri gömülmenin oluşturduğu basınç şartları, daha sonra da ortamın ısısal şartlarından etkilenirler. Bu etkilenme sonucu bu organik maddenin bünyesinde fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelir. Turba olarak adlandırılan ve kömürlerin ataları olarak bilinen bu organik maddeler, sıcaklık ve basınç şartlarının etkisi ile turbadan taşkömürü aşamasına kadar su ve su buharı, CO₂, CO, taşkömürü aşamasında CH₄, O₂ ve en ileri antrasit aşamasında H₂ kaybederek asilleşirler (Toprak, 2002).

Kömürleşme sürecinde yukarıda kısaca değinildiği üzere, bitki yapısından çeşitli bileşiklerin ayrışması sonucu, değişik türde kömürler oluşmaktadır. Oluşan bu kömürlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kömürlerin sınıflandırılmasında, kömür kalitesinin belirlenmesinde ve potansiyel kullanım alanlarının saptanmasında kullanılmaktadır. Bir kömürün kalitesi, kömürün maseral ve mineral madde içeriğiyle birlikte kömürleşme derecesine bağlıdır. Kömür kalitesinin belirlenmesi amacıyla, değişik analiz standartları geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılan ASTM (American Society for Testing and Materials) kömür sınıflamasıdır (Çizelge 2.1.). Bu sınıflama, kömürün sabit karbon içeriği ve ısıl değerini esas almaktadır. Ayrıca, kömürlerin kekleşme özelliğinden de

yararlanılmaktadır. Bu sınıflamada kömürler; antrasit, bitümlü kömür, altbitümlü kömür ve linyit olmak üzere dört sınıfa ve bunlar da kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır. Bu sınıflamada altbitümlü kömür bitümlü kömür ayrımı, kömürlerin kekleşme özelliklerinden yararlanılarak yapılmaktadır. Kekleşme göstermeyenler altbitümlü kömür sınıfında; kekleşme gösterenler bitümlü kömür sınıfında yer almaktadır (Karayığit&Köksoy, 1998).

Çizelge 2.1. Kömürleşme Derecelerine Göre ASTM Kömür Sınıflaması (ASTM, 1991)

Sınıf	Gruplar	%Sabit Karbon		%Uçucu Madde		Üst Isıl Değer, kcal/kg		Kekleşme
		Kuru, min.maddesiz		Kuru, min.maddesiz		Havada kuru min.maddesiz		Özellği
		Eşit veya büyük	Daha küçük	Eşit veya büyük	Daha küçük	Eşit veya büyük	Daha küçük	
Antrasit	Meta-antrasit	98	-	-	2	-	-	Kekleşmez
	Antrasit	92	98	2	8	-	-	
	Yarı-antrasit	86	92	8	14	-	-	
Bitümlü Kömür	Düşük uçuculu	78	86	14	22	-	-	İyi kekleşir
	Orta uçuculu	69	78	22	31	-	-	
	Yük.uçuculu-A	-	69	31	-	7778	-	
	Yük.uçuculu-B	-	-	-	-	7222	7778	
	Yük.uçuculu-C	-	-	-	-	5833-(6390)	6390-(7222)	Kekleşir
Altbitümlü Kömür	Altbitümlü-A	-	-	-	-	5833	6390	Kekleşmez
	Altbitümlü-B	-	-	-	-	5278	5833	
	Altbitümlü-C	-	-	-	-	4610	5278	
Linyit	Linyit-A	-	-	-	-	3500	4610	
	Linyit-B	-	-	-	-	-	3500	

2.2. Kömürün Özellikleri

Kömürün çeşitli alanlarda, en verimli şekilde kullanımı sağlamak, önemli teknolojik özelliklerinin bilinmesi ile mümkündür. Kömürün özellikleri; bileşimine, kömürleşme derecesine, ve oluşum şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Kömürün nem ve kül gibi istenmeyen içeriklerinin oranları, uçucu madde, karbon oranı, elementer bileşimi, katran ve gaz verimleri, koklaşma ve şişme özelliği, sertlik ve kırılabilirliği, yanma özelliği, petrografik yapısı gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri, onun teknolojik kullanımını ve değerlendirilmesini belirlemektedir.

2.2.1. Kömürün Fiziksel Özellikleri

Kömürün fiziksel özellikleri olarak, kömürün yoğunluğu, gözenekliliği, özgül yüzeyi, adsorpsiyon özelliği, elastik ve plastik özelliği, sertliği, optik, elektrik ve termik özelliklerini saymak mümkündür. Sayılan bu fiziksel özellikler, kömürün taşınması, depolanması, hazırlanması, yıkanması ve kullanım alanının belirlenmesinde önemlidir.

Kömür ve artık maddeleri arasındaki özgül ağırlık farkı, kömür hazırlama yönünden büyük önem taşır. Çünkü, flotasyon dışındaki kömür zenginleştirmede kullanılan yöntemlerin tamamı özgül ağırlık farkına göre yapılan ayırımlara dayanmaktadır. Kömürlerin özgül ağırlığı kömürün yaşına bağlı olarak değişir ve linyitten (yaklaşık 1.30 gr/cm^3) antrasite ($1.40-1.70 \text{ gr/cm}^3$) doğru artmaktadır. Kömürlerde pirit ve markasit dışındaki katı inorganik maddelerin özgül ağırlıkları 2.3 ile 2.7 gr/cm^3 arasında değişmektedir (Önal ve ark., 1986).

Kömürün sertliği ufalanabilme ve öğütülebilme özelliklerine etki ettiği için, kömürün oldukça önemli bir özelliğidir. Kömürün sertliği, kömürün ait olduğu sınıfa bağlı olup, karbon ve uçucu madde oranlarına göre değişiklik gösterir. Kömürler arasında genellikle en yumuşak olanı linyit, en sert olanı da antrasittir. Kömürleşme dereceleri farklı olan kömürlerin, Mohs sertlik ölçeğinde aldıkları yaklaşık değerler; linyitler için 1-3, bitümlü kömürler için 2.5-3.0 ve antrasitler için 3-4 arasındadır (Schobert, 1987).

2.2.2. Kömürün Kimyasal Özellikleri

Kömür, yapı ve bileşim bakımından homojen bir madde olmadığı için, kömürleşen kısımlara ve kömürleşme sürecine bağlı olarak, yapısal bakımdan büyük farklar gösterir. Kömürün sınıflandırılmasında da esas teşkil eden sabit karbon yüzdesi, kalorifik değer, uçucu madde, nem, hidrojen ve oksijen miktarı çeşitli kömür türlerinde farklıdır. Kömürün nem, uçucu madde, kül ve sabit karbon içerikleri, kömürün kısa analiz sonucu saptanan özelliklerini, hidrojen, azot, oksijen

ve kükürt içerikleri ise elemanter analiz sonucu saptanan özelliklerini oluşturmaktadır. Bunlara ilave olarak kömürün ısı değeri, mineral maddesi, külünün bileşimi ile erime sıcaklığı da teknolojik açıdan kömürün önemli özellikleridir.

Ocak çıkışında (tüvenan) taşkömürü %1-3, sert linyitler %20-30, yumuşak linyitler %40-60, turbalar ise %60'ın üzerinde nem içerirler (Meriçboyu ve diğ., 1998). Buradan görülmektedir ki, ocak çıkışı kömürün nem oranı, kömürleşme derecesi ilerledikçe düşmektedir. Kömürlerde yüksek nem, ısı değeri azalttığı, taşınma ve zenginleştirme işlemleri sırasında problemler yarattığı için istenmemektedir.

Kömür, oksijensiz ortamda ısıtıldığında kimyasal olarak değişikliğe uğrar ve kömürden, çoğunluğu hidrojen, karbonmonoksit, metan ve diğer hidrokarbonlar gibi yanıcı gazlardan oluşan, karbondioksit ile su buharı gibi yanmayan gazları ve katran buharlarını da içeren uçucu madde çıkışı olur. Kaba nem ve bünye nemi uçucu maddeye dahil edilmez; ancak, kömürün ayrışması sonucu oluşan su buharı, uçucu madde içinde yer alır. Değişik yaşlardaki kömürlerin uçucu maddelerinin bileşimleri ve miktarları da önemli farklılıklar gösterir. Kömürün yaşı arttıkça içerdiği uçucu maddenin miktarı ve uçucu madde içerisindeki yanmayan gaz miktarı azalır. Kömüre uygulanan uçucu madde analizi, kömürün koklaşabilirliği ile karbonizasyon sırasında oluşan gaz ve katı ürünlerin miktarları konusunda bilgi verdiğinden önemlidir.

Kömürün sabit karbon miktarı uçucu madde içeriğinden sonra kalan kalıntıdaki karbon miktarını göstermektedir. Sabit karbon miktarı doğrudan analiz edilmek suretiyle bulunamamakta, hesaplanarak tespit edilmektedir. Örneğin, havada kuru bazda sabit karbon; nem, kül ve uçucu madde yüzde değerleri toplamının yüzden çıkarılmasıyla bulunmaktadır.

Kömür içinde bulunan inorganik maddeler, yanma esnasında oksitlenme, kalsinasyon ve kavrulma reaksiyonlarına uğrayarak, geride oksitlerden oluşan bir artık bırakmaktadır. Bu inorganik maddelere kömürün mineral madde içeriği, artığa kömürün külü adı verilmektedir. Kömür yandığında kalan külün kaynağı olan

mineral maddeler ne içerik ne de miktar bakımından kül ile aynı değildir. Kömür yandığı zaman, içerdiği mineral maddelerin şu temel değişikliklere uğraması sonucunda kül oluşmaktadır:

- Hidratasyon suyu kaybı,
- Karbonatların parçalanması,
- Sülfürlerin parçalanması,
- Alkali metal klorürlerin uçucu hale gelmesi,
- Kömürün yanması sonucu oluşan metal oksitlerin, organik ve piritik kükürdün bir kısmını kükürttrioksit halinde tutması,
- Eğer sıcaklık yeterince yüksek ise, oksitler, silikatlar ve serbest silikanın tepkimeye girerek yeni bileşikler oluşturması.

Kömürde yüksek kül miktarı, ısı değeri azalttığı için kullanıcılar tarafından istenmez ve tercih edilen miktar, havada kuru bazda maksimum %10-20 arasındadır (Meriçboyu ve ark, 1998).

Kömürün içerdiği kükürt türleri, organik kükürt (kömürün kimyasal yapısına girmiş kükürt) ve inorganik kükürttür (mineral maddelerdeki kükürt). Organik kükürt bileşikleri, kömürde asıl yapının bir parçası olarak, düzgün dağılmış halde bulunurlar. Bu tür kükürdün kökeni, kömürü oluşturan bitkisel maddelerin içerdiği amino asitlerdir. Kömürün kimyasal yapısı içindeki kükürdün kömürden ayrılması ancak kimyasal yollarla mümkün olmaktadır. Kömürden fiziksel metotlarla ayrılması mümkün olan kükürt, mineral maddeler ile inorganik olarak kömüre karışan kükürttür.

Kömürün yakılması sonucu oluşan kükürtdioksit, kömürden kaynaklanan hava kirliliğinin başlıca nedenidir. Diğer taraftan birçok kömür ve kok kullanan proseslerde kükürt, reaksiyonları etkilemekte, veya elde edilen ürün kalitesini bozmaktadır. Kömürün yanması sırasında, içerdiği kükürdün bir kısmı külde kalır. Çevre kirliliğine neden olan yanar kükürt içeriğidir ve kömürün toplam kükürt içeriğinden küldeki kükürt çıkarılarak bulunur.

Kömürün değerlendirilmesinde rol oynayan faktörlerin başında gelen ısı değeri, birim ağırlıktaki (veya hacimdeki) kömürün tamamen yanması sonucu açığa çıkan ısı biriminin sayısıdır. Katı yakıtlar için yaygın olarak kullanılan ısı değer birimleri, kJ/kg, MJ/kg ve kcal/kg'dır. Kömür ısı değeri, kömürün karbon ve oksijene bağlı olmayan hidrojen içeriği ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Kömürlerin kömürleşme derecesi arttıkça karbon oranı yükselmekte ve oksijen oranı ise düşmektedir. Kuru-külsüz temelde hesaplanan ısı değeri, kömürün yaşıyla sistematik olarak değişir ve yaşı arttıkça artmaktadır.

Isı değeri, üst ısı ve alt ısı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Üst ısı bir yakıtın yanması sonucu, çevresine verdiği (ortaya çıkan) tüm ısıdır. Yanma esnasında oluşan ve yakıtta bulunan suyu buharlaştırmak için gerekli ısı da, üst ısının içindedir. Halbuki, yanma esnasında su buhar halinde bacayı terketmektedir. Yani suyu buharlaştırmak için gerekli ısıdan yararlanılamamaktadır. Bu bakımdan bir nevi faydalı ısı olan alt ısı kavramı geliştirilmiştir. Alt ısı, yanma esnasında oluşan ve yakıtın içerdiği suyu buharlaştırmak için gerekli ısının üst ısıdan çıkarılmasıyla elde edilen ısıdır.

Kömürlerin ısı değerinin saptanmasında günümüzde en çok kullanılan yöntem, kömürün oksijen kalorimetre bombasında yakılmasıdır. Bu yöntemde kömür bir bomba içinde, basınç altında, oksijen ile sabit hacimde yakılarak, açığa çıkan ısı ölçülür.

Mineral madde, kömürün organik yapısının parçası olmayan elementlerin toplamıdır. Organometalik bileşikler gibi, inorganik elementlerin organik yapı ile oluşturdukları bileşikler de mineral maddeyi oluştururlar. Kömürdeki mineral maddeler, çıplak gözle görülebilecek büyüklükten optik mikroskopla veya elektron mikroskopuyla görülebilen mikron boyutlarına kadar çeşitli boyutlarda olabilmektedir. Kömürün içerdiği mineral maddelerin %95'inden fazlasını majör bileşenler oluşturur. Majör bileşenler; killi mineraller (İllit, kaolinit, montmorillonit vb. olup toplam mineral maddenin %50'sini teşkil etmektedir), karbonat mineralleri

(Kalsit, siderit, dolomit vb.), kükürtlü mineraller (genellikle FeS_2 ' in iki kristal şekli olan pirit ve markasit kükürtlü mineralleri oluşturur) ve silikat mineralleri (büyük miktarda kuvars şeklinde ortaya çıkar ve toplam mineral maddenin %15-20'sini oluştururlar) olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Vörres, 1984).

İçerdiği mineral madde, kömürün üretimini, hazırlanmasını ve kullanımını etkiler. Kömür kullanımı sırasında ortaya çıkan sorunların birçoğu içerdiği mineral maddelerden kaynaklanmaktadır. Kömür, bir yakma ünitesinde yakıldığında, içerdiği mineral maddeler önemli kimyasal ve fiziksel değişikliklere uğrar ve klinker oluşumu, korozyon, cüruf ve kurum gibi sorunlar yaratır. Kömürün temiz yakıtlara dönüştürülmesi amacıyla uygulanan sıvılaştırma, gazlaştırma ve piroliz işlemleri de kömürün içerdiği mineral maddenin miktarından, türünden ve dağılımından önemli ölçüde etkilenmektedir.

2.3.Kömür Rezervleri ve Üretimi

2.3.1. Dünya Kömür Rezervleri ve Üretimi

Çizelge 2.2.'den görüldüğü üzere dünya linyit rezervi 474.7 milyar ton, taşkömürü rezervi ise 509.5 milyar tondur (üretilebilir rezervler).

Çizelge 2.2. Dünya Fosil Yakıt Rezervleri (BP Amaco Statistical Review of World Energy, 1999)

		Petrol	Doğal Gaz	Kömür (Milyar Ton)	
		Milyar Ton	Trilyon m ³	Taşkömürü	Linyit
Kuzey Amerika		11,5	8,4	116,7	139,8
Orta ve Güney Amerika		13	6,2	7,8	13,7
Avrupa		2,7	5,2	41,7	80,4
Eski SSCB Ülkeleri		9,1	56,7	97,5	132,7
Ortadoğu		91,2	49,5	0,2	
Afrika		10,1	10,2	61,2	0,2
Asya ve Okyanusya		5,8	10,2	184,4	107,9
Toplam		143,4	146,4	509,5	474,7

Çizelge 2.3.'den görüldüğü üzere dünya bitümlü kömür üretiminin A.B.D, Çin, Hindistan, Güney Afrika ve Avustralya %76'sını yapmaktadır. Dünya linyit üretiminde ise Almanya, A.B.D., Rusya Federasyonu, Avustralya ve Türkiye ise önemli oranda söz sahibi ülkelerdir.

Çizelge 2.3. Dünya Kömür Üretimi (1000 ton) (T.K.İ 2002)

ÜLKELER	Antrasit	Bitümlü Kömürler	Linyit
Almanya	4.079	41.247	166.000
Avusturya			1.140
Belçika		312	
Bulgaristan	26	3.701	27.240
Çek Cumhuriyeti		74.984	652
Fransa	442	4.932	736
İngiltere	414	40.855	
İrlanda		1	
İspanya	5.681	10.641	9.748
İtalya			189
Macaristan		13.834	966
Norveç		328	
Polonya	283	115.411	62.807
Romanya		1.828	24.820
Rusya Federasyonu	14.997	139.020	78.819
Türkiye		2.199	65.191
Yunanistan			60.871
Avustralya		218.914	65.587
Japonya	59	3.638	
Çin	229.388	929.250	54.427
Hindistan		269.045	23.166
Yeni Zelanda	420	2.332	283
A.B.D	4763	931.051	77.791
Kanada		63.573	11.788
Güney Afrika	1602	222.932	
Diğer Ülkeler	72.308	278.621	106.432
DÜNYA	334.462	3.368.649	837.516

2.3.2. Türkiye Kömür Rezervleri ve Üretimi

Türkiye'de yaygın terminolojiye göre Zonguldak Taşkömürü Havzasında üretilen kömürlerin dışındaki bütün kömürler linyit olarak adlandırılmaktadır. Halbuki Gediz, Tunçbilek, Soma kömür havzalarındaki kömürler ASTM standartlarına göre alt-bitümlü kömürler sınıfındadır (Ünver, 1999).

Zonguldak Havzası'nın taşkömürü rezervi, görünür rezerv yaklaşık 428 milyon ton olacak şekilde toplam 1.1 milyar tondur (Narin, 1999).

Türkiye'deki linyit rezervi ise dünya linyit rezervinin %2'sini oluşturmaktadır. 117 linyit sahasında toplam olarak 8.4 milyar ton dolayında rezerv vardır. Yaklaşık %75'i kamu elinde olan bu potansiyelin 3.2 milyar tonu çok düşük kaliteli, ocak çıkışı alt ısı değeri 1100 kcal/kg dolayında olan Afşin-Elbistan kömürlerinden oluşmaktadır (Çizelge 2.4.) (T.K.İ 2002).

Çizelge 2.4.'den görüldüğü gibi, linyitlerimizin ısı değeri düşük, nem, kül ve kükürt içeriği yüksektir ve ne yazık ki büyük bir çoğunluğu da üretildiği şekilde tüketime sunulmaktadır.

Narin (1999)'a göre, ülkemiz linyitlerinin %93'ü 3000 kcal/kg'dan az ve ancak %7'si 3000 kcal/kg'dan fazla orijinal alt ısı değerine sahiptir. Sanayi ve ısınma için kullanılabilen linyit kömürünün alt ısı değerinin ocak çıkışı 3000 kcal/kg'dan yukarı olması gerekir (Nakoman, 1999). Bu durumda Türkiye'nin toplam linyit rezervinin %93 dolayındaki kısmına tekabül eden 7.7 milyar tondan fazla bir linyit varlığının sanayi ve teshin amacıyla kullanılamayacağı görülmektedir.

Çizelge 2.5.'de görüldüğü üzere, 1998 yılında 2,25 milyon ton taşkömürü ve 62,977 milyon ton linyit kömürü üretilmiştir. Taşkömürü ve linyit kömürü birlikte ele alındığında Türkiye'de 1998 yılında kömür tüketiminin veya efektif talebin 74,7 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir (Ünver, 1999).

Çizelge 2.4. Türkiye Linyit Rezervi (T.K.İ 2002)

2001 YILI TÜRKİYE VE KÖMÜR REZERVLERİ											
REZERVLER		R E Z E R V					KİMYASAL ÖZELLİKLER				
1000 Ton		Mümkün	Muhtemel	Görünür	Hazır	TOPLAM	Nem (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	Uçucu Mad (%)	Isı Değeri (Kcal/kg)
ADL	Alpagut		2.465	15.320	50	17.835	23	23	1,6	39	3.150
	Aya		7.430	8.608		14.038	23	46	1	22	1.470
	Evik			2.255		2.255	32	25	1,7	27	2.280
	Çarkın			50.710		50.710	48	26	0,6	17	1.090
	TOPLAM		9.895	74.693	50	84.838					
DL	Aşkale			130	88	218	16	38	3,7	42	3.400
	İspir	1.558		4.026	54	5.638	35	19	0,2	31	2.570
	Pekçik		2.557		20	2.577	22	43	0,5	14	1.180
	Karlıova			88.221	441	88.662	47	24	0,6	16	1.460
	TOPLAM	1.558	2.557	92.377	601	97.093					
OL	Balkaya			724	89	783	12	41	0,8	22	3.240
	Karaköto	479		5	59	543	10	35	2,6	35	3.700
	TOPLAM	479		729	128	1.336					
GAL	Sınak	8.300	13.280	10.997	1.558	32.113	6	31	4,5	39	5.330
	Silopi	1.000	16.210	31.803	626	48.639	6	31	4,0	30	5.310
	TOPLAM	7.300	29.470	42.800	2.182	81.762					
ÇI	ÇAN			90.885	250	91.235	23	25	4,2	30	3.000
TI	SARAY		105.570	23.582	52	129.204	45	16	1,9	20	2.110
KU	Koşes			28.348	503	28.851	34	28	1,5	28	1.900
	Davutlar	1.560	18.945	17.857		39.062	31	28	4,5		2.340
	TOPLAM	1.560	18.945	45.805	503	67.913					
BL	ORHANELİ			41.692	104	41.796	24	24	2	34	2.500
	İlgın			9.482	1.525	10.997	50	11	1,1	28	2.180
	Beyşehir			81.011	71	81.082	48	25	1,1	17	1.110
	Emenek		2.278	2.812	33	4.821	27	23	4,7	23	3.330
	Adana -		23.684	190.478		214.160	43	28	2,2	20	1.390
SL	TOPLAM		25.960	283.461	1.629	311.050					
	seyrhan			149.422	8.833	158.255	32	43	1,2	22	2.080
GL	TUNÇLUK			319.267	16.111	335.378	15	41	1,6	25	2.580
IL	Soma		8.300	112.714	8.442	128.456	16	38	1,2	28	2.940
	Deriş		11.000	189.868	2.483	203.449	18	40	1,2	20	2.080
	Eynez	22.439	60.200	212.879	1.902	287.220	13	33	1,3	27	3.180
	TOPLAM	22.439	77.500	815.359	10.827	826.125					
	öçmür		1.000	38.150	50	39.200	24	28	1,8	25	2.750
ÖAL	ÇANIRHAN	15.000	83.000	283.731	1.455	383.186	20	38	3,6	25	2.370
GEU	Ekihişar			99.001	883	99.884	38	19	3,0	27	2.200
	Tineş			31.821	3.486	35.417	33	28	2,3	25	2.180
	Bağyaka			8.089		8.089	33	28	2,3	25	2.150
	TOPLAM			138.891	4.379	143.270					
	Sakköy			37.328	2.071	39.399	34	26	3,2	29	2.180
YU	İkizköy			78.889	100	77.088	34	26	3,2	29	2.180
	Hüsamlar			99.420	400	99.820	30	33	3,1	27	1.890
	Karacahisar			85.770		85.770	28	28	4,3	15	2.280
	TOPLAM			269.507	2.571	302.078					
	TKİ TOPLAMI	48.336	354.897	2.440.851	49.725	2.893.809					
TAŞ	ELBİSTAN	A		416.203		416.203	53	19	1,5-2	19	1.170
		B		850.000		850.000	53	20	1,5-3	19	1.180
		C		350.000		350.000	52	22	1,5-4	19	1.130
		D+E+F		1.810.000		1.810.000					1.150
		TOP.		3.226.203		3.226.203	50-55	17-21	1,5-2	18	1.150
	KANGAL			155.049		155.049	48-52	19-21	3	20	1.280
	TOPLAM			3.381.252		3.381.252					
ÖZEL TESEBBÜS		415.308*	497.831	1.130.890		2.043.829					
TÜRKİYE TOPLAMI		463.644	852.528	6.952.893	49.725	8.318.890					

* 307 B milyon tonu kaynak+potansiyel kategorisindedir.

Çizelge 2.5. Türkiye Kömür Üretimi ve Talebi (1000ton) (Ünver, 1999)

Yıllar	Taşkömür Üretimi	Linyit Üretimi	Toplam Üretim	Kömür İthalatı	Toplam* Talep
1970	4.573	5.782	10.355	-	10.355
1975	4.813	9.150	13.963	201	14.164
1980	3.598	14.469	18.067	945	19.012
1985	3.605	35.869	39.474	2.662	42.136
1990	2.745	44.407	47.152	5.679	52.831
1995	2.248	52.758	55.006	6.586	61.592
1996	2.441	53.888	56.329	10.464	66.793
1997	2.320	57.387	59.707	10.951	70.658
1998	2.250	62.977	65.227	9.485	74.712
1999**	1.990	65.019	67.009		

*Talebin belirlenmesinde stok artış ve azalışları kullanılmamıştır.

**www.tki.gov.tr

2.4. Kömür Hazırlama ve Zenginleştirme Yöntemleri

Kömürler, fiziksel özellikleri, damarların yapısı ve üretim metoduna bağlı olarak, boyut dağılımı ve safsızlıkların oranı bakımından büyük farklar gösterirler. Kömürlerin zenginleştirilmesi ve hazırlanmasında bu yapı ve özellik farkları kadar, tüketim alanlarının da önemli bir yeri vardır. Kömürlerin bünyesinde bulunan nem ve kül kalorifik değeri düşürdüğünden, kükürt ise çevre kirliliğine neden olması nedeni ile kömürden uzaklaştırılmalıdır. Tüketim alanlarının tercihinine göre ise, istenilen kalorifik değere ve boyut dağılımına ulaşılması zorunluluğu bulunmaktadır. Bu bakımdan kömür hazırlamanın amaçları; kül ve nemi uzaklaştırarak kömürün ısıl değerini yükseltmek, kükürdü uzaklaştırarak çevre kirliliği ve korozyonun önüne geçmek ve kömürü tüketim yerinin istediği boyut gruplarına sınıflandırmaktır.

2.4.1. Kömürün Kırılması ve Boyutlandırılması

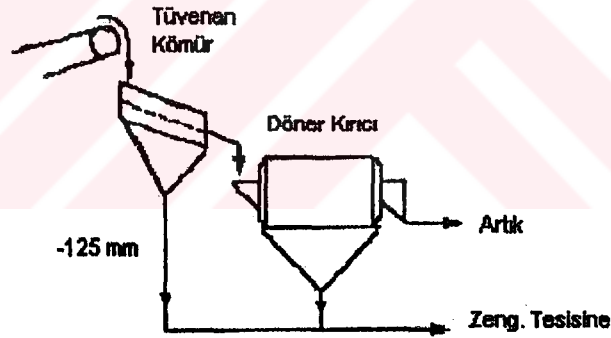
Kömür hazırlamada kırmanın başlıca üç ana amacı vardır (Keskin, 1986).

- 1) Kömürün zenginleştirilmesi öncesi serbestleşme sağlamak,
- 2) Yıkama tesisindeki cihazlara uygun boyutlarda malzeme hazırlamak,
- 3) Tüketim amaçlarına yönelik ürün hazırlamak.

Kömürün kırılmasında en yaygın kullanılan kırıcı döner kırıcı olup, merdaneli kırıcılar, çeneli kırıcılar, çekiçli kırıcılar, darbeli kırıcılar vb. de kullanım alanı bulmaktadır (Leonard & Hardinge, 1991).

Kırılan kömür yıkama tesisinde gideceği cihazlara yada tüketici talebine göre sınıflandırılır. Bu amaçla kömür hazırlamada eleme, sınıflama ve suyundan ayırma son derece önemlidir. Bir kömür yıkama tesisinde elemenin değişik uygulamaları şunlardır.

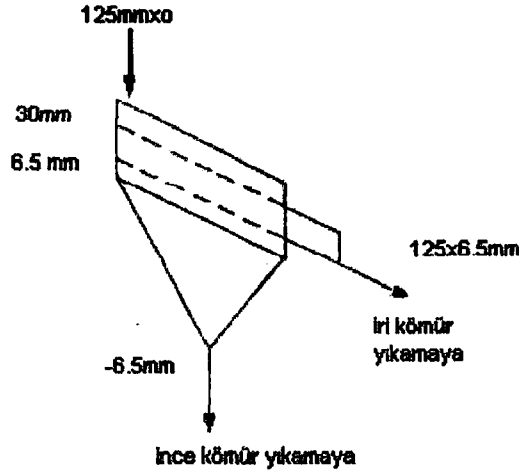
Ön eleme: Tüvenan kömürden iri kömür tanelerinin uzaklaştırılması amacıyla yapılır. Şekil 2.1.'de görüldüğü üzere iri kömür kırılır ve ızgara altı ile birleştirilerek hazırlama tesisine beslenir. Genellikle elek primer kırıcıdan önce kullanılmaktadır. Çoğu kömür hazırlama tesisinde bu kademede döner kırıcı tercih edilmiştir. Eğer kırıcıdan önce kullanılıyor ise elek, ya sabit bir ızgaradır ya da titreşimli elektir (Osborne, 1988).



Şekil 2.1. Kömürün ön elenme uygulaması (Osborne, 1988)

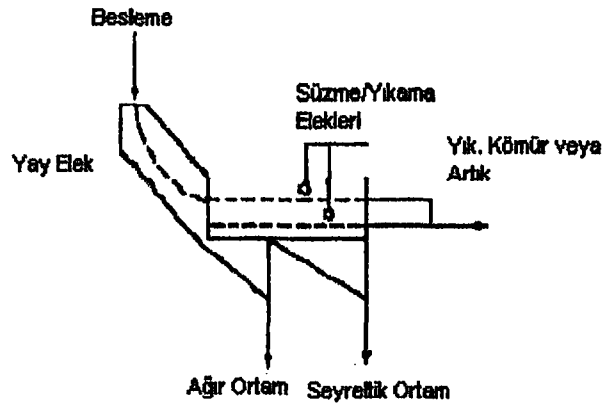
Sınıflandırma: Tüvenan kömürün yıkama prosesleri için uygun boyutlara sınıflandırılması veya temiz kömürün satış için istenilen boyutlara bölünmesi maksadıyla uygulanmaktadır (Şekil 2.2.). Kömürün 12 mm'den büyük boyutlarda sınıflandırılmasında genelde kuru eleme yapılmaktadır. Sınıflandırma eleği çoğunlukla çift katlı ve 17-20° eğimindedir. 12 mm ve daha ince boyutlarda kömürün sınıflandırılmasında yaş eleme yapılmaktadır. Yaş elemelerde kullanılan su sprey şeklinde kömür üzerine verilmektedir.

Ağır ortam prosesleri kullanan çoğu kömür hazırlama tesislerinde, kömür zenginleştiriciye beslenmeden önce 0,5 mm'de elenerek şlamdan uzaklaştırılmaktadır (Osborne, 1988).



Şekil 2.2. Tüvenan kömürü sınıflandırma eleği (Osborne, 1988)

Süzme ve yıkama: Ağır ortam yöntemi ile kömürün yıkanmasında ağır ortam ayırıcısı ürünlerindeki manyetit geri kazanımı amacıyla yapılmaktadır Şekil 2.3.'de görüldüğü üzere ürünler önce yay elekten (sieve bend) geçirilip manyetit önemli bir kısmının geri kazanılması sağlanmaktadır. Yay elekten sonraki eleğin ilk bölümünde (drain screen) yine serbest haldeki manyetit taneleri kazanılmakta olup, ikinci bölümdeki titreşimli elek üzerinde (rinse screen) temiz kömür ve artık üzerine yapışmış olan manyetit tanelerinin yıkanarak elek altına geçmesi sağlanmaktadır. Eleğin titreşim hareketi yıkama işleminde verimi arttırmaktadır (Osborne, 1988).



Şekil 2.3. Ağır ortamın geri kazanımı için kullanılan süzme ve yıkama elekleri (Osborne, 1988)

Susuzlandırma: Suyun kömürden ve artıktan uzaklaştırılması maksadıyla kullanılmaktadırlar. Susuzlandırma elekleri yay veya titreşimli yatay eleklerdir. Çoğu zaman yay elek titreşimli elekten önce kullanılmaktadır (Osborne, 1988).

Klasifikasyon kömür hazırlama tesislerinde elemanın çok pahalı veya mümkün olmadığı durumlarda, sınıflandırma maksadıyla kullanılmaktadır. Klasifikasyon ile malzemenin iki boyut grubuna ayrılmasında taneler arasındaki yoğunluk farklılığı önem kazanmaktadır. Tane boyutu, özgül ağırlık ve kütle tanelerin sudaki davranışlarını belirlemektedir. Bu amaç için çökeltme konileri, mekanik klasifikatörler (taraklı veya spiral klasifikatörler), hidrolik klasifikatörler ve santrifüj esaslı klasifikatörler (hidrosiklonlar) kullanılmaktadır (Wills, 1989).

2.4.2. Kömürün Zenginleştirilmesi

2.4.2.1. Elle Ayıklama (Kriblaj) ile Zenginleştirme

Kömür ve yantaş arasında belirli renk, şekil ve özgül ağırlık farkı vardır. 60-75 mm gibi bir boyutun üstündeki parçalara elle ayıklama verimli olarak uygulanabilir. Parçaların üst boyut limiti elle taşınabilecek (300 mm) gibi bir değerde olmalı, malzeme elenerek yakın boyut gruplarında (75–150, 150–300 mm gibi) ayrı ayrı elle ayıklanmalıdır. Elle ayıklama yeri geniş ve aydınlık olmalı, parçaların iyi tanınması için parça yüzeylerini kaplayan toz ve pislikler ayıklama öncesinde yıkanarak uzaklaştırılmalıdır. Kömür kriblaj tesislerinde genellikle şistin sert olması ve iri boyutta büyük oranda bulunması nedeniyle, bu malzemenin band üzerinde hareket etmesine izin verilerek, parça kömür veya arakesmeli parçalar seçilir. Fakat bazen kömür yapısına bağlı olarak, parça kömürün ve arakesmeli parçaların ayrı ayrı seçimine gidilebilir veya kömürün iri boyutta yüksek oranda bulunması halinde, şist seçilerek, kömürün band üzerinde hareketi sağlanabilir. Elle ayıklama tesisinde işçi başına düşen ayıklama kapasitesi 2-5 ton/saat civarındadır (Önal ve diğ., 1986).

2.4.2.2. Hidrolik Esaslı Kömürün Zenginleştirilmesi

Temiz kömürle yantaşın birbirinden ayrılmasında, meydana gelen ayırma kuvvetlerinin oluşturulmasında ve partiküllere aktarılmasında su kullanılan aygıtlar bu grupta değerlendirilmektedir. Bu aygıtlar iri ve ince kömürde farklı uygulama şekilleri söz konusu olmaktadır. Bu yöntemle kömürün zenginleştirilmesinde akışkan ortam olan su; düşey hareketli (jigler) veya tabaka halinde akan özelliktedir (spiraller, koniler, sallantılı masalar vb) Bu cihazlarla ilgili geniş bilgi Osborne, 1988., Wills, 1989., Leonard & Hardinge, 1991 ve Burt, 1984' de bulunabilir.

2.4.2.3. Ağır Ortamda Kömürün Zenginleştirilmesi

Ağır ortam ayırması, kömür ve artığın yoğunluk değerleri arasındaki bir yoğunlukta hazırlanan akışkan ve ağır bir ortamda, yoğunluğu ortamın yoğunluğundan düşük olanların yüzmesi, büyük olanların ise batması prensibine dayanan bir zenginleştirme metodudur.

Ağır ortam ayırıcılarında ağır ortam oluşturmak için kullanılacak olan malzemelerin; ucuz, sert ve en az kırılğan yapı, aşındırıcı ve zehirli olmama, kömür ile reaksiyona girmeme, ürünlerden kolayca uzaklaştırılabilme, tekrar kullanımları için kolayca geri kazanılabilme ve ayırma yoğunluğunda düşük viskoziteye sahip olma gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir (Burt, 1984).

Ağır ortamın oluşturulmasında organik sıvılar, tuzların sudaki çözeltileri ve katıların sudaki süspansiyonları kullanılmaktadır (Leonard & Hardinge, 1991).

Organik sıvılar, laboratuvar çapta kömürün yüzdürme-batırma deneylerinde kullanılmakta olup, gazolin, benzen, perkloretilen, karbon tetraklorür, bromoform, asetilen tetrabromid ve pentakloreten bu amaçla kullanılan sıvılardır (Leonard & Hardinge, 1991).

Kalsiyum klorür ve çinko klorür gibi bazı tuzların sudaki çözeltileri ağır ortam oluşturmak için kullanılabilir. Bunlardan kalsiyum klorür, Belknap kalsiyum klorür yıkayıcısında endüstriyel çapta uygulama alanı bulabilmiştir (Leonard & Hardinge, 1991).

Günümüzde endüstriyel ağır ortam ayırması ile zenginleştirme uygulamasında, ağır ortam olarak genelde, küçük boyuttaki uygun bir katı malzemenin su içindeki süspansiyonu kullanılmaktadır. Kömür için özgül ayırma yoğunluğu 1.30 ile 1.90 gr/cm³ arasında değişmektedir. Bu ayırma yoğunluk değerlerinin elde edilebilmesi hacimsel konsantrasyon değerini istenilen seviyede tutmak suretiyle, yüksek özgül ağırlıklı katıların kullanılması ile mümkün olmaktadır. Ağır ortam süspansiyonlarının oluşturulmasında öğütülerek veya ince boyutlarda kullanılan çeşitli malzemeler vardır. Günümüzde en çok kullanılan ağırlaştırıcı katı manyetit olmakla birlikte, ferrosilisyum, barit, pirit ve galen de kömür hazırlama tesislerinde kullanılan ağırlaştırıcı malzemelerdendir. Manyetit ilk olarak 1922’ de Conklin tarafından ağır ortam oluşturmak için kullanılmıştır. Özgül ağırlığı 5.0-5.2 gr/cm³’ tır. Süspansiyonun yoğunluğu 1.35-1.85 gr/cm³’ arasında ayarlanabilmektedir. Yoğunluk 1.35’ in altına düştüğünde ortamın stabilitesi hızla düşmekte, 1.80’ in üstüne çıktığında ise viskozite problemleri oluşturmaktadır. Manyetitin yüksek olan özgül ağırlığından dolayı süspansiyonun katı oranı oldukça düşük olabilmektedir. Manyetitin sert oluşu, kimyasal sabitliği ve geri kazanımının kolay oluşu yaygın kullanımına sebep olmaktadır (Osborne, 1988).

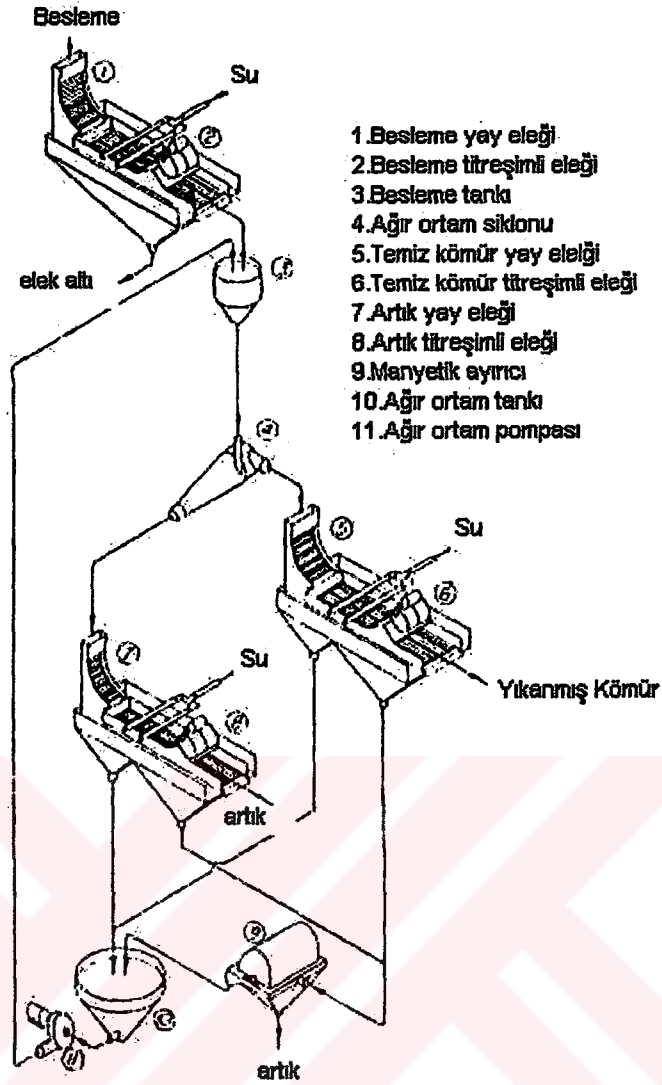
Şekil 2.4.’de görüldüğü gibi, ağır ortam ile zenginleştirme devreleri geleneksel olarak aşağıda sıralanan işlem kademelerini içermektedir.

- Besleme malının ön hazırlanması,
- Ağır ortam ve besleme malının ayırıcıya beslenmesi,
- Ayırıcıda ağır ve hafif ürünlerin ayrılması,
- Yıkanmış ürünlerin elde edilmesi,
- Ağır ortam malzemesinin kazanımı.

Besleme malının ön hazırlanması: Ağır ortamda zenginleştirilecek olan kömür içerisinde bulunan ince ürünlerin ve şlam boyutundaki malzemenin, ayırıcıya beslenmeden önce ayrılması gerekmektedir. Çünkü, bu malzemenin besleme malında aşırı miktarda bulunması halinde ortamın viskozitesi yükselteceğinden dolayı, ayırma verimi olumsuz yönde etkilenecektir. Aynı zamanda bu malzemelerin ayırıcıdan önce ortamdaki uzaklaştırılması, ağır ortam malzemesinin geri kazanımı oranını da yükseltecektir.

Ağır ortam ve besleme malının ayırıcıya beslenmesi: Statik ağır ortam ayırıcılarına besleme, hazırlama eleğinden ayırıcıya konveyör ve/veya malzeme deposu aracılığı ile yapılmaktadır. Dinamik ağır ortam ayırıcılarına ise besleme, sabit miktarda ve basınçta yapılmalıdır. Besleme malının ve ağır ortamın ayırıcısına beslenmesinde, gravite beslemesi veya pompa ile besleme kullanılabilir.

Ayırıcıda ağır ve hafif ürünlerin ayrılması: Endüstride çok çeşitli ağır ortam ayırıcıları bulunmaktadır ve bu ayırıcıları genel olarak statik ve dinamik ayırıcılar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Çizelge 2.6.). Bu ayırıcılar arasında birkaç farklılık olmasına karşın, ana prensip hafif minerallerin yüzmesi, ağır olanların ise batmasıdır. Statik ağır ortam ayırıcılarında normal yerçekimi kuvvetinden yararlanarak 3 mm' den iri taneler ayrılırken, dinamik ağır ortam ayırıcılarında ayırmada, yerçekimi kuvvetinin 20 katına kadar yükselebilen kuvvetler ile 0.5 mm' den ince malzemeler zenginleştirilebilmektedir. Statik ağır ortam ayırıcıları için daha fazla oranda ağır ortam malzemesine gereksinim vardır. Statik ayırıcılarda malzemenin ayırıcıda kalma süresi daha uzundur. Statik ağır ortam ayırıcıları genelde iri kömürün yıkanmasında kullanılırken, merkezkaç kuvvetten yararlanan dinamik ayırıcılar çökme süresi uzun olan ince taneli kömürün yıkanmasında kullanılmaktadır. Ancak dinamik ağır ortam ayırıcılarından olan Larco dems ve Bretby Vorsyl ayırıcısı orta irilikteki kömürlerin yıkanmasında kullanılmaktadır (Burt, 1984).

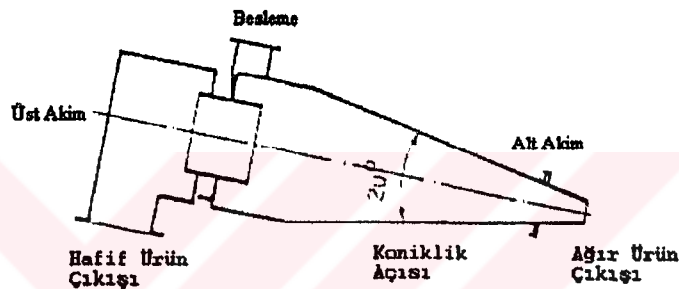


**Şekil 2.4. Klasik bir ağır ortam zenginleştirme devresi
(Leonard & Hardinge, 1991)**

Çizelge 2.6. Ağır Ortam Ayırıcıları (Burt, 1984)

STATİK				DİNAMİK
Derin Koni	Tambur	Tekne	Sığ-Kombinasyon	Santrifüjlü
Chance	Wemco	DSM Banyosu	Drewboy	Ağır Ortam Siklonu
Barvov	OOSK 30	McNally Lo-Flo	Norwalt	
Tromp Derin	Teska	Tromp Ayırıcısı		Swirl Siklon
Wemco	Hardinge	Ridley Scholes		Vorsyl
Huntindon-	Link Belt	OCC		Dyna-Whirlpool
Heberlein	Bretby Snail	Heyl&Patterson		
Hirst Yıkayıcısı	Neldco			Triflo
				Su Siklonu
				Visman-Üçlü Konisi

Ağır ortam siklonları kömür lavvarlarında ince kömürün yıkanmasında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Çalıştırılma şekilleri hidrosiklonlara benzemektedir. Şekil 2.5.'de gösterildiği gibi besleme malı ağır ortam süspansiyonu ile birlikte teğetsel olarak siklona verilmektedir. Besleme pompa vasıtasıyla veya sabit bir tanktan yerçekimi kuvveti ile yapılabilir. Besleme malındaki ağır ürünler siklonun iç yüzeyinde hareket eder ve alt çıkış açıklığından (apex) siklonu terk eder. Hafif ürünler ise siklon merkezinde oluşan hava akımına kapılarak üst çıkıştan (vortex) alınmaktadır.



Şekil 2.5. Ağır ortam siklonu (Burt, 1984)

Ağır ortam siklonlarında giriş, üst çıkış ve alt çıkış açıklıklarının siklon çapına oranları sırasıyla 0.2, 0.4 ve 0.3 olmaktadır. Koniklik açısı standart olarak 20° değerindedir. Fakat bazı araştırmacılar daha büyük koniklik açısını savunmaktadır. Bureau of Mines' in pilot çapta yaptığı denemelerde, daha geniş konik açılı siklonların performanslarının, 20° konik açılı siklonlara eşit ve asla daha ileride olmadığı gösterilmiştir (Leonard & Hardinge, 1991).

Ağır ortam siklonları 140-160 kPa besleme basınçları ile çalıştırılabilirler. Ancak 240 kPa ve daha büyük basınç değerleri kullanılmaktadır. 170-200 kPa basınçları ortalama değerlerdir. 140-160 kPa besleme basıncı değerlerinden daha küçük değerlerde siklonları çalıştırmak tavsiye edilmemektedir. Çünkü, yüksek basınç değerlerinde özellikle ince tane iriliklerinde, düşük özgül ağırlıklı malzemelerin kazanımı ve artığın uzaklaştırılma oranı önemli derecede yükselmektedir. Siklonlara besleme iki şekilde yapılabilir. En basiti, kömürü ağır ortam tankına verip oradan da karışımın pompa ile siklona basılmasıdır. Diğer alternatif besleme şekli, kömür ve

ortamın siklondan yaklaşık 4.5-6 m. yüksekte olan besleme tankına verilip, oradan yerçekimi ile siklona beslenmesidir. İkinci yöntem özellikle kırılğan kömürler için uygun olmaktadır. Çünkü bu özellikteki kömürlerin pompa ile ufalanması söz konusudur (Leonard & Hardinge, 1991).

Ağır ortam siklonlarında ağır ortam/kömür oranı 5:1 olarak tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte 3:1 oranı da kullanılabilir, ancak performans değerlerinde düşüş olmaktadır. 5:1 oranından daha yüksek oranlarda çalışıldığında performans değerlerinde ilerleme olmamakta, hatta pompalama ve bakım masrafları yükselmektedir. Ayrıca süzme-yıkama elekleri aşırı yükleneceğinden, manyetik ayırıcıya gelecek olan yük daha fazla olacaktır ve bu durum manyetik kaybını yükseltecektir (Leonard & Hardinge, 1991).

Yıkanmış ürünlerin elde edilmesi: Ayırıcı cihazda malzemenin hafif ve ağır olmak üzere ayırımından sonra bu ürünlerin eldesinde ilk adım, ağır ortam malzemesinin elekler aracılığı ile ürünlerden uzaklaştırılmasıdır. Bu amaç için süzme ve yıkama elekleri kullanılmaktadır. Süzme ve yıkama eleklerinin devredeki fonksiyonu; gerek ürünler içerisindeki serbest haldeki ve gerekse ürünler üzerine yapışmış durumdaki ağır ortam malzemesinin geri kazanımı ve ürünlerden yıkama suyunun uzaklaştırılmasıdır.

Yay elek ve süzme eleği ile ağır ortam malzemesinin yaklaşık %90' ı geri kazanılmaktadır. Buradan kazanılan ağır ortam malzemesi doğrudan kullanım için ağır ortam tankına verilmektedir. Geriye kalan %10 oranındaki ağır ortam malzemesi yıkama elekleri üzerinde ürünlerin yıkanması sonucunda kazanılmaktadır.

Ağır ortam malzemesinin geri kazanımı: Yıkama elekleri altına geçen seyreli ve kirlenmiş ağır ortam malzemesinin kazanımı ayrı bir işlem şeklindedir. Bu devrenin çok çeşitli dizaynları ve tipleri mevcuttur. Manyetik seperatörler modern tesislerde bu amaç için geniş ölçüde kullanılmaktadır. İri manyetitin kazanımı için tek kademeli manyetik ayırma yeterli olurken, ince manyetitin ve ferrosilisin geri kazanımında iki kademeli ayırmaya gereksinim vardır. Bu devre şeklinde ikinci

manyetik ayırıcıya birinci manyetik ayırıcının manyetik olmayan ürünü beslenmektedir.

İdeal şartlar altında manyetik ayırıcılar ile manyetik ağır ortam malzemesinin %99.8' i geri kazanılabilmektedir. Ancak manyetik ayırıcıya beslenen ürünün manyetit içeriği 0.1 kg/litre' nin altında ise ve manyetik olmayan malzeme miktarı manyetik malzeme miktarını aşarsa, geri kazanım oranı hızla düşmektedir.

Manyetik ayırma ünitesi ağır ortam devresinin önemli bir kademesidir. Şöyle ki, statik ağır ortam ayırıcıları kullanılan tesiste toplam manyetit kaybının 0.1-0.2 kg/ton' u ve dinamik ayırıcıların kullanıldığı tesislerde ise 0.3-0.6 kg/t' u manyetik ayırıcılardan kaynaklanmaktadır.

Manyetik ayırıcıdan çıkan manyetit taşıdığı manyetizmadan dolayı flokülasyona neden olmaktadır. Bunu engellemek için ayırıcıdan alınan manyetik ürün, geri kullanılmadan önce, de-manyetizma bobininden geçirilip taşıdıkları manyetik kuvvet giderilir (Burt, 1984).

2.4.2.4. Flotasyon

Kömür flotasyonu ilk olarak 1920 yılında Hollanda'da uygulanmıştır. Kullanım kolaylığı bakımından kömürün iri boyutta mekanik yöntemler ile zenginleştirilmesi tercih edilmektedir. Kömür madenciliğinde uygulanan mekanize kazı yöntemleri ile birlikte, çok ince boyutlu kömür miktarında artış olmuş ve bu kömürlerin de zenginleştirilmesi için lavvarlarda yeni üniteler kurulmuştur. 0.5 mm altındaki çok ince kömürün zenginleştirilmesinde genellikle flotasyon yöntemi kullanılmaktadır. Genelde kömür zenginleştirmesinde flotasyon, aşağıda verilen dört amaç için uygulanmaktadır (Önal & Güney, 1998):

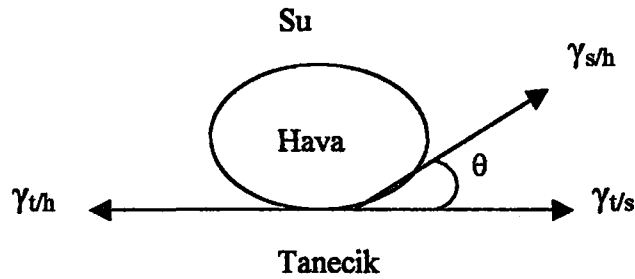
- Yıkama suyu içinde kalan toz kömürü kazanmak,
- Lavvarlarda atılan ve siyah su olarak adlandırılan proses suyunun temizlenmek,
- Kömürün kükürdünü gidermek,

- Kömürde bulunan çeşitli maseralleri ayırarak koklaşabilir kısımları hazırlamak.

Flotasyon geleneksel olarak $-500\ \mu\text{m}$ veya $-150\ \mu\text{m}$ irğindeki kömürlerin temizlenmesinde kullanılmaktadır. $-75\ \mu\text{m}$ boyutundaki kömürleri ise etkili olarak zenginleştirebilen tek ve sıkça kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde dünya çapında kömür lavvarlarına beslenen kömürün %0-40' ı flotasyon ile zenginleştirilmektedir. Bu oran A.B.D.' de %10 civarındadır. A.B.D.' de kömür yıkama tesislerinin yaklaşık %50' sinde flotasyon yöntemi kullanılmakta olup, yeni kurulan çoğu tesiste flotasyon üniteleri bulunmaktadır (Leonard & Hardinge, 1991).

Flotasyon yönteminde kömür ve mineral maddeler arasındaki fiziko kimyasal yüzey özelliklerinin farklılığından yararlanılmaktadır. Bu yöntemde ince kömür tanelerinin flotasyon selülünde hava kabarcığına yapışıp, su yüzeyine çıkması sağlanmaktadır. Eğer kömür tanesi iri olursa, taneciğe etki eden yerçekimi kuvveti tanecik ile hava kabarcığı arasındaki adhesion kuvvetinden büyük olacağından, kömür taneleri hava kabarcığı tarafından taşınamayacaktır.

Flotasyon sisteminde tanecik ve hava kabarcığını ayırmaya zorlayan kuvvetler Şekil 2.6.'da gösterilmiştir. Yüzeydeki bu gerilme kuvvetleri tanecik ve hava yüzeyleri arasında bir açının oluşumuna neden olmaktadır.



Şekil 2.6. Hava kabarcığı ve tanecik arasındaki temas açısı

Denge durumunda $\gamma_{t/h} = \gamma_{t/s} + \gamma_{s/h} \cos \theta$ denklemi yazılabilir. Burada; $\gamma_{t/h}$, $\gamma_{t/s}$, $\gamma_{s/h}$ katı-hava, katı-su ve su-hava ara yüzeyindeki yüzey enerjileri ve θ ise tanecik ve hava arasındaki temas açısıdır. Bir mineralin yüzebilirliği artan temas açısı ile

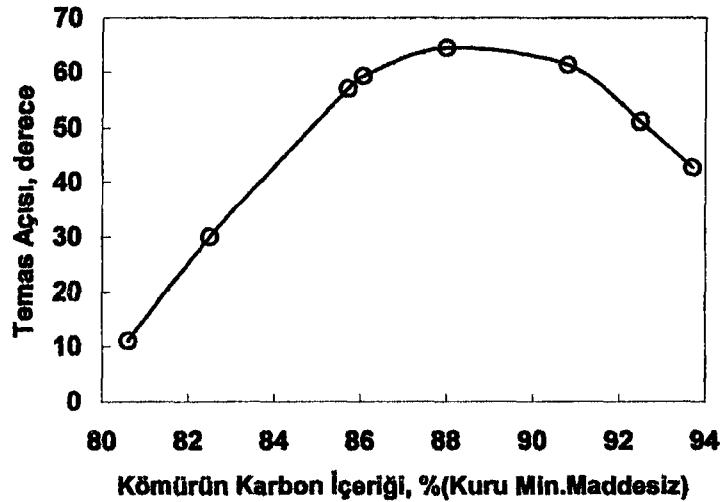
yükselmektedir. Yüksek temas açısına sahip mineraller sudan çok havaya karşı eğilimlidirler.

Eğer tanecik su sevmez veya hidrofobik özellikte ise, hava kabarcığı mineral yüzeyindeki su ile yer değiştirmekte ve tanecik yüzeyine yapışmaktadır. Çoğu mineral bu doğal yüzeylilik özelliğine sahip değildir ve flotasyon işleminde çeşitli reaktiflerin kullanımı zorunlu olmaktadır. En önemli reaktif olan kollektörler (toplayıcı reaktif) mineral yüzeyine adsorbe olarak onlara hidrofobik özellik kazandırmakta ve hava kabarcığının yapışmasını kolaylaştırmaktadır. Köpürtücü reaktifler flotasyon işleminde dayanıklı köpük oluştururlar. Ayrıca flotasyon sisteminin pH'ını istenilen düzeyde ayarlayan ve mineralin hava kabarcığına yapışmasını engelleyen (bastırıcı reaktifler) veya kolaylaştıran (canlandırıcı reaktifler) çeşitli ayarlayıcı reaktifler de flotasyonda kullanılmaktadır.

Kömürün doğal yüzeyliliğe sahip olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Bu doğal hidrofob özellik, Brady ve Gauger (1940) tarafından temas açısı tekniği kullanılarak, farklı özelliklere sahip kömürler üzerinde gösterilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda, temas açısı ve flotasyon özelliğinin, kömürün karbon içeriği (kuru mineral maddesiz) ile düzenli bir şekilde değiştiği gösterilmiştir (Brown, 1962). Bu ilişki Şekil 2.7.'de görülmektedir. Maksimum temas açısı (yani yüzeylilik), düşük uçuculu bitümlü kömürlerde ve yarı-antrasit kömürlerde oluşmaktadır. Antrasitlerin ise temas açısı biraz düşük olmaktadır.

Kömürün kül içeriği de onun ıslanabilirlik özelliğini etkilemektedir. Kül içeriği arttıkça kömürün hidrofob özelliği azalmaktadır. Bunun nedeni ise silikat ve diğer kül oluşturan minerallerin kolaylıkla ıslanabilmesidir (Gaudin, 1957).

Çizelge 2.7.'de kömürün kalitesi ile oksijenin değişik formlarının değişimi verilmektedir. Linyitlerin ve alt bitümlü kömürlerin zayıf hidrofob özellikleri ve yüzeyliliklerinin nedeni, yüzey fonksiyonel gruplarının özellikle karboksilik oksijenin (COOH) miktarının fazla oluşudur (Leonard & Hardinge, 1991).



Şekil 2.7. Temas açısının kömürün karbon içeriği ile değişimi (Brown, 1962)

Kömür flotasyonunda reaktif kullanmanın amacı; dayanıklı köpük elde etmek, kömür, pirit veya kül oluşturan mineral maddelerin yüzebilir özelliklerini değiştirmek veya dispersiyon, flokülasyon, pH kontrolü gibi flotasyon ortamında değişiklikler yapmaktır. Kullanılan reaktiflerin etkisi flotasyondaki konsantrasyonlarına bağlı olarak değişmektedir. Aşağıda kömür flotasyonunda kullanılan reaktifler tanıtılmıştır.

Çizelge 2.7. Çeşitli Oksijen Fonksiyonel Gruplarının Kömürdeki İçerikleri (Leonard & Hardinge, 1991)

		Oksijen Fonksiyonel Grupları				
	Toplam	C-O-C				
%C	O	& değerleri	OH	C=O	COOH	-OCH ₃
95	1	1	0	0	0	0
85	6	2	3	1	0	0
75	16	7	7	1	1	0
65	28	10	7	2	8	1

Kollektörler: Kömür flotasyonunda kollektör kullanmanın nedeni, kömür yüzeyini daha çok hidrofob yapmaktır. Teorik olarak, yüksek hidrofob özellik gösteren yüksek kaliteli kömürlerin (%C: 85-90) flotasyonunda kollektör kullanımına gerek yoktur. Bununla birlikte pratikte az miktarda mazot, bir köpürtücü ile birlikte ilave edilmektedir. Bunun nedeni kömürün yüzdürülme oranını yükseltmek, iri tanelerin

yüzmesini sağlamak, daha az hidrofob özellik gösteren fusinit gibi maserallerin yüzmesini vb. sağlamaktır (Aplan, 1976).

Kömür flotasyonunda en yaygın kullanılan kollektör mazottur (No:2 Fuel Oil). Gazyağı ise daha az oranlarda kullanılmaktadır. Bunlar geleneksel olarak bir köpürtücü ile birlikte kullanılırlar. Yüksek yüzdürme verimleri için kullanılması gereken kollektör miktarı, kömür cinsine bağlılık göstermektedir. Pratikte düşük (lvb), orta (m vb) ve yüksek uçuculu-A (hvAb) bitümlü kömürler 0.5 kg/t' dan daha az, yüksek uçuculu-B ve C bitümlü kömürleri 0.5-4 kg/t, altbitümlü kömürler ve linyit kömürleri ise 5 kg/t veya daha fazla (bazı türleri 15-50 kg/t) miktarlarda mazot ile yüzdürülebilmektedir. Flotasyon sistemine ne kadar çok miktarda yağlı kollektör ilave edilirse, suda çözünmeyen bu reaktiflerin dispersiyon problemi o oranda artmaktadır. Bu durumda çeşitli kondisyonlama veya mekanik emülsifikasyon kademelerine, bir emülsifikatör kullanımına (örneğin, aryl-akali sülfonat gibi) veya suda çözülebilir sıvıların kullanımına (Örneğin, bir alkoller gibi) ihtiyaç duyulabilir (Leonard & Hardinge, 1991).

Yağlı kollektörlerin kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli husus, bunların mümkün olan en az oranda kullanılmasıdır. Çünkü kömürün yüzebilirliğini arttırdıkları gibi, kül oluşturan mineral maddelerin de (özellikle pirit) flotasyonuna neden olmaktadır.

Kömür flotasyonunda mazot ve gazyağının dışında, fenoller ve türleri, karboksilatlar, aminosülfanatlar, aminler, karboksilik asitler, dodecan, tricresyl fosfatlar, tribütil fosfatlar vb. kollektör olarak kullanılabilir (Leonard & Hardinge, 1991).

Köpürtücüler: Flotasyon işleminde köpürtücülerin ana görevi, uygun boyutlarda bol miktarda köpük üretmektir. Köpüklerin kömür tanelerini pülpten köpük fazına taşıyabilecek dayanırlıkta olması gerekmektedir. Aynı zamanda köpük havuzunda su spreyleri tarafından kolaylıkla yok edilebilecek dayanıklılıkta olmaları gerekmektedir. Köpürtücü reaktifin yüzdürmek istenen ürün dışındaki taneler için kollektör etki

göstermemesi ve suda kolay bir şekilde dağılması istenir. Kömür flotasyonunda en yaygın kullanılan köpürtücüler kresol, çam yağı, alkoller (örneğin, Metil İzobütıl Karbinol-MIBC) ve polypropilen glikol eterleri (örneğin, Dowfroth 250) dir (Osborne, 1988).

Çam yağı kömür flotasyonunda yaygın olarak kullanılan bir köpürtücü reaktiftir. Kömür için toplayıcı özellik göstermektedirler ve kömür üzerine adsorbe olup kolay yüzdürülebilir kömür türlerinin flotasyonunda sarfiyatları fazla olmaktadır. Bu durum çam yağının popülaritesini düşürmektedir (Aplan, 1976).

MIBC kömür flotasyonunda kullanılan en önemli köpürtücülerdendir. Toplayıcı özellik gösterme açısından büyük avantaja sahip köpürtücülerden birisidir. Fakat aşırı miktarda kullanılmaları durumunda pirit ve kül yapıcı maddelerin de yüzdürülmelerine neden olmaktadır. Bu olumsuz etki yağ bazlı köpürtücülerde daha çok görülmektedir. Kısa zincirli alkollerin çoğu MIBC' e benzer özelliklere sahiptirler (Aplan, 1976).

Bastırıcılar: Kömür flotasyonunda kömürü veya gang minerallerini bastırmak mümkündür. Gang mineralleri genelde silisli veya kalkerli yapıdadırlar. Kükürt üzerindeki çevresel kısıtlamalar piritin bastırılması için özel ilgi oluşturmaktadır. Kömür bastırılmasında nişasta, özellikle dextrin, ve doğal hidrokollidler etkili olmaktadır. Kömür yüzeyini okside edip onun doğal hidrofob özelliğini bozabilecek olan reaktifler kömürün bastırılmasında kullanılabilir. Yüksek ve düşük pH değerlerinde kazanım değerleri düştüğü için, pH kontrolü kömürün bastırılmasında kullanılabilir. Silisli gang minerallerinin bastırılmasında sodyum silikat kullanılmaktadır. Piritin bastırılmasında kireç, sodyum siyanür ve piritin oksidasyon ürünleri olan ferroz ve ferrik sülfatlar kullanılabilir. Bu listeye sodyum sülfıt, hidro sülfıt ve potasyum permanganat eklenebilir (Aplan, 1976).

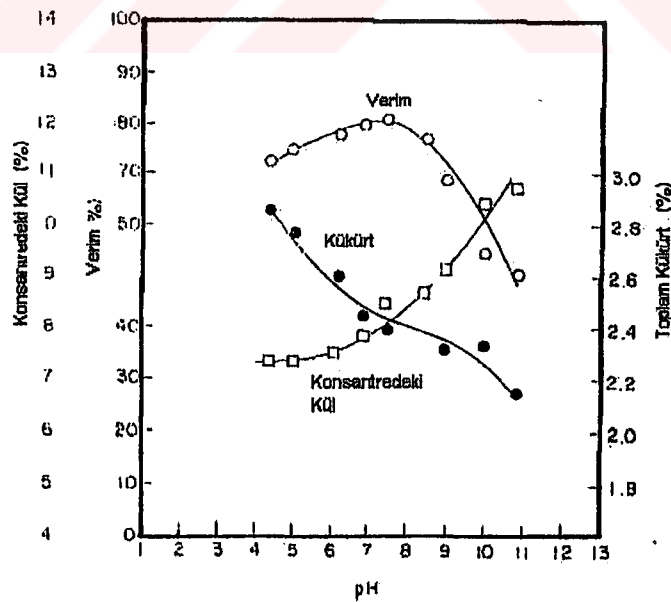
Köpüğün şlam ile kirlenmesinden dolayı artan kül içeriğı sorunu, şlamın dispersiyonu ile çözülebilir. Killer ve silikatlar (özellikle kuvars) için sodyum silikat,

hexametafosfat, polimerik sülfonatlar, quebraho ve tanninler standart dispersantlardır (Aplan, 1976).

pH Ayarlayıcılar: Kireç ucuz olduğundan dolayı en yaygın olarak kullanılan pH ayarlayıcıdır. Ortamın pH' ı kömür ve mineral maddeler için potansiyel belirleyici olduğundan, reaktiflerin iyonizasyonunu ve metal iyonlarının çökmesini kontrol ettiğinden dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır.

Düşük uçuculu bitümlü kömürler (lvb) gibi kuvvetli hidrofobik özellikte olan kömürler pH 3-11 aralığında sadece köpürtücü kullanmak suretiyle yüzebilmektedir. Daha düşük kalitedeki kömürler ise (örneğin yüksek uçuculu-A bitümlü kömür (hvAb) gibi) sadece pH 7 de köpürtücü ile yüzmekte olup, pH 11 de yüzmemektedir. pH 11 de 0.5 kg/t mazot ilavesi ile yüzdürülebilmektedir (Leonard & Hardinge, 1991).

Kömür flotasyonu için optimum pH 7 civarındadır. Verim değerleri daha düşük ve yüksek pH değerlerinde düşmektedir. Pittsburgh kömürleri üzerinde yapılan deneylerde (Şekil 2.8.) yüksek pH değerlerinde sülfür oranında azalma görülmüş, ancak konsantredeki kül miktarında ise artma kaydedilmiştir (Zimmerman, 1948).



Şekil 2.8. Pittsburgh kömürlerinin flotasyonunda pH'ın etkisi
(Zimmerman, 1948)

Flotasyon işleminde mineral maddelerinin yüzdürülmesinin engellenmesi yani flotasyonun selektivitesinin yükseltilebilmesi için bastırıcı reaktiflerin kullanımına gidilebilmektedir. Bunun yanında kömürün hidrofob özelliği, çeşitli reaktiflerin kullanımı ile arttırılabilmektedir. Bu amaç için Polat, ve ark. (1997) etilen oksit/propilen oksit (PEO/PPO) blok ko-polimerleri yağ bazlı bir kollektör ile birlikte kullanmışlardır. Polimerleri çeşitli kaliteleredeki kömürler üzerinde denemişler ve sonuçlar Çizelge 2.8.'de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Flotasyonda Blok Ko-Polimerler İlavesinin Çeşitli Kömür Türleri Üzerindeki Etkisi (Polat, 1997)

	Düşük Kaliteli		Orta Kaliteli		Yüksek Kaliteli	
	(Alt-Bit.-C)		(İndiana VII)		(Pittsburgh)	
	Polimer İlavesi					
	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var
%Kül	13,0	7,5	7,5	3,7	6,7	3,0
%Temiz Kömür Verimi	17,0	71,0	40,0	94,0	75,0	75,0

Çizelge 2.8.'den görüldüğü üzere flotasyon işleminde polimer ilavesi ile konsantrenin kül yüzdesinde azalmanın gerçekleştiği bulunmuştur. Düşük ve orta kaliteli kömürlerde temiz kömür veriminde önemli artışlar kaydedilmişken, yüksek kaliteli kömürlerde polimer, verim değerine bir katkıda bulunmadığı kaydedilmiştir.

2.4.2.5. Selektif Aglomerasyon

Aglomerasyon kömür ve yan kayacın, yüzey özelliklerinin farklı oluşundan yararlanan bir yöntemdir. Kömür yüzeyi, kömür ve petrol kökenli yağlara karşı aktiftir. Kayaç yüzeyi ise suya karşı daha aktiftir. Kömür ve gangdan oluşan bir süspansiyon içine yağ ilave edilerek belirli şartlarda karıştırıldığı takdirde, yağ kömür yüzeyine toplanmakta ve gang yüzeyi ise su ile ıslanmaktadır. Bunun sonucu olarak yağ, kömür tanelerini bir araya toplamaktadır. Ortada bir toplanmanın olması, olaya selektif aglomerasyon adının verilmesine neden olmaktadır. Ancak günümüzde ekonomik sebepler dolayısı ile endüstriyel olarak yaygın bir şekilde kullanılan bir metod değildir (Osborne, 1988).

2.5. Türkiye' deki Kömür Yıkama Tesisleri

Türkiye' de Zonguldak havzasında üretilen taşkömürlerini yıkamak üzere 4 lavvar ve Türkiye' nin muhtelif bölgelerinde üretilen linyit kömürlerini yıkamak üzere farklı kapasitelerde 9 lavvar tesisi faaliyettedir. Türkiye Kömür İşletmeleri (T.K.İ.) Kurumuna ait Tunçbilek ve Ömerler' de 2 linyit lavvar tesisi faaliyette bulunmaktadır. Yine T.K.İ. Kurumuna ait olan Soma lavvarı 1994'den itibaren durdurulmuş ve bu bölge linyitleri Park Enerji şirketine ait bir lavvar tesisinde yıkanmaya başlanmıştır (Özbayoğlu, 1999). Çizelge 2.9.'da ülkemizdeki linyit lavvarları hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu çalışmada örnek tesis olarak ele alınan Tunçbilek Lavvarı, 1957 yılında iri kömür lavvarı olarak kurulmuş, 1958'de ince kömür jig ünitesi ve 1968'de ince kömür ağır ortam siklonları devresi ilave edilmiştir. Tesisin kapasitesi 700 ton/saat tir. Tesiste yıkanan kömürün kül oranı %47,80 (2000 yılı ortalaması) dir. Lavvara ait basitleştirilmiş akım şeması Şekil 2.9.'da verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi iri kömür (18-150mm) Wemco ağır ortam tamburu ile, ince kömür ise (0,5-18mm) ağır ortam siklonu ve Mc Nally Jigi ile yıkanmaktadır.

Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresi akım şeması Şekil 2.10.'da verilmektedir. Devrenin kapasitesi 129 ton/saat tir. Siklon 24 inç çapında olup, üst ve alt akımları manyetitin geri kazanımı için süzme/yıkama eleklerine beslenmektedir. Süzme eleği altı ürünler ağır ortam tankına beslenirken, yıkama eleği altı ürünler iki kademeli manyetik ayırıcılara gönderilmektedir. Burada geri kazanılan manyetit devreye geri beslenilmektedir. Yıkama elekleri altına 2002 yılı ilk 3 ayında günde ortalama 200 ton kömür geçmiştir. Bu ürün, kuru bazda %35.60 kül ve %1.42 yanabilir kükürt içermektedir. Orijinal kalorisi ise 3063 kcal/kg'dır.

Çizelge 2.9. Türkiye’ deki Kömür Yıkama Tesisleri (Özbayoğlu, 1999)

	Lavvarın İsmi ve	Başlıca Yıkama	Ürün Boyutu
	Mevcut Kapasitesi	Ekipmanı	(mm)
TAŞKÖMÜRÜ	Merkez 1000 ton/saat	Baum Jigi	100-10 Lave kömür
		Feldspatlı Acco Jigi	10-0.5 Lave kömür
			Miks (0.5-0) Termik santral yakıtı
	Çatalağzı 750 ton/saat	Baum Jigi	0-10 Lave kömür
		Feldspatlı Acco Jigi	10-0.5 Lave kömür
			Miks (0.5-0) Termik santral yakıtı
	Armutçuk 220 ton/saat	Baum Jigi	150-18 Lave kömür
		Sallantılı Masa	18-0.5 Lave kömür
		Flotasyon	0.5-0 Lave kömür
	Amasra 210 ton/saat	Ağır Mayi Tamburu	100-6 Lave kömür
		Ağır Mayi Siklonu	6-0.5 Lave kömür
		Flotasyon	0.5-0 Lave kömür
LİNYİT	Tunçbilek 700 ton/saat	Ağır Mayi Tamburu	150-18 Lave kömür
		Mc Nally Jigi	18-0.5 Lave kömür
		Ağır Mayi Siklonu	18-0.5 Lave kömür
		Su Siklonları (Arıtma)	0.5-0.1 Lave kömür
	Ömerler 600 ton/saat	Ağır Mayi Teknesi	150-18 Lave kömür
		(Primer ve Sekonder)	
		Ağır Mayi Siklonları	18-0.5 Lave kömür
		(Primer ve Sekonder)	
	Park Enerji-Soma 600 ton/saat	Reichert Spiralleri	0.5-0.1 Lave kömür
		Drewboy Teknesi	150-30 Lave kömür
	Gürok Turizm ve Madencilik Değirmisaz 240 ton/saat	Ağır Mayi Siklonu	30-0.5 Lave kömür
		Ağır Mayi Tamburu	150-18 Lave kömür
		Wemco Ağır Mayi	
	Park Enerji Alpagut-Dodurga 100 ton/saat	Siklonu	18-0.5 Lave kömür
		Drewboy Teknesi	150-30 Lave kömür
		Ağır Mayi Siklonu	30-0.5 Lave kömür
	Aydın Linyitleri 80 ton/saat		
		Jig	100-10 Lave Kömür
	Soma Kömürleri A.Ş. 80 ton/saat	Jig	100-10 Lave Kömür
		Spiral	2-0.1 Lave Kömür
	Hüstaş Şirketi 50 ton/saat	Jig	100-10 Lave Kömür
	Milten 25 ton/saat	Jig	100-10 Lave Kömür

2.6. İnce kömürlerin Temizlenmesinde Flotasyon ve Ağır Ortam Siklonlarının Entegrasyonu

Tüvenan kömür içerisindeki ince kömür miktarının artması, maliyetlerdeki yükseliş ve yakma ve karbonizasyon tekniklerindeki ilerlemelerden dolayı, kömür zenginleştirme tesislerinde ince kömürün yıkanmasının önemi giderek artmıştır. Bu tesislerin çoğunda ince kömürün temizlenmesinde ağır ortam prosesleri kullanılmaktadır. Şekil 2.4.'de verilmiş olan klasik ağır ortam devrelerinde, ince bitümlü malzemenin devrede sirküle eden ağır ortamda birikimi genel olarak problem oluşturmakta ve manyetik separasyonla ağır ortamın geri kazanımına gidilmektedir (Polat, 1993).

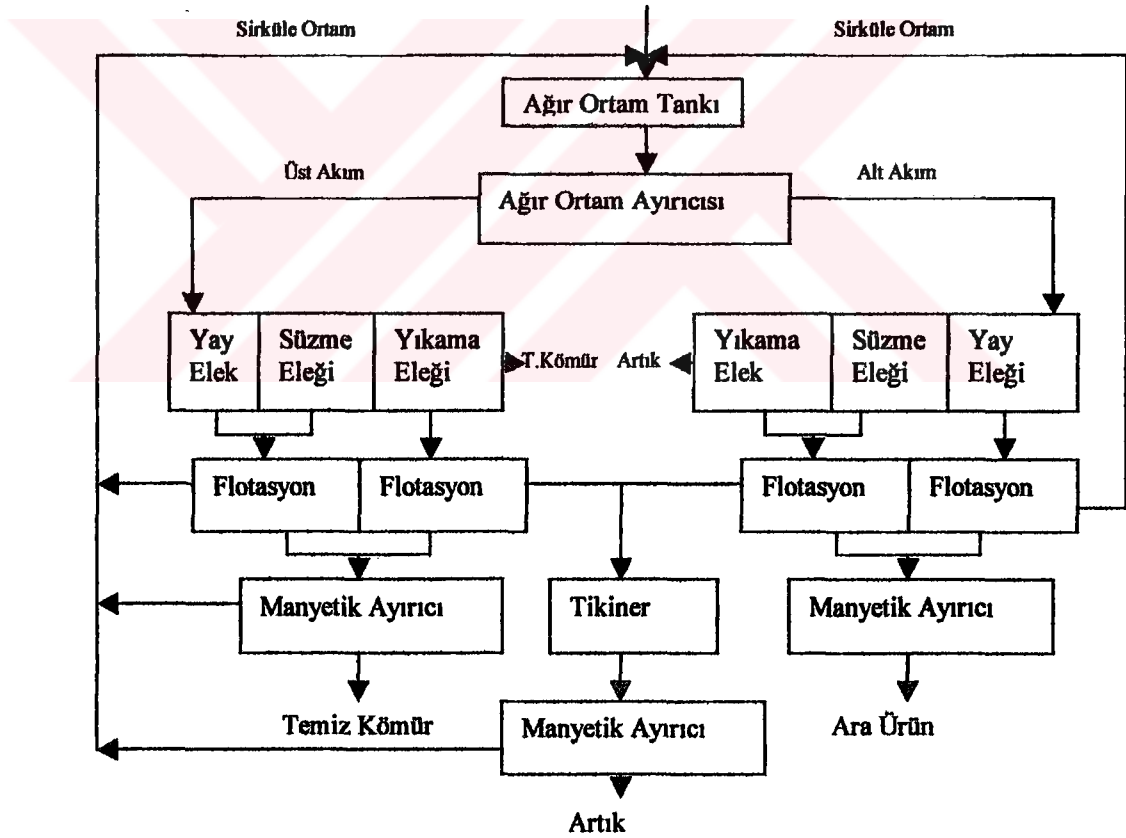
Yedi tesis üzerinde yapılan çalışmalarda tüvenan kömür başına manyetit kaybının 0.27-0.90 kg/ton değerlerinde olduğu belirtilmektedir (Deurbrouck & Hudy, 1972). Lavvarlardaki manyetit kaybının 3/4' ünün manyetik ayırıcılardan kaynaklandığı ve bu kaybın statik ağır ortam ayırıcılarında 0.1-0.2 kg/t ve dinamik ayırıcılarda 0.3-0.6 kg/t miktarlarında olduğu söylenmektedir (Burt, 1984). Manyetitin tane iriliğinin daha küçük olması gereği ve manyetik ayırıcıların performansının manyetitin tane iriliği düştükçe azalmasından dolayı, dinamik ayırıcılarda daha yüksek manyetit kayıpları gerçekleşmektedir (Leonard & Hardinge, 1991). Büyük kapasiteli tesislerde manyetit kaybı işletme giderlerini önemli derecede arttırmaktadır. Ağır ortam olarak ferro-silis kullanılan lavvarlarda ağır ortam maliyetinin işletme giderlerinin %8-39' u olduğu belirtilmektedir (Dardis, 1989).

İdeal şartlar altında manyetik ayırıcılar ile ağır ortamın %99.8' i geri kazanılmaktadır. Ancak, manyetik ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetit içeriği 0.1 kg/litre den az ve manyetik olmayan ürün miktarı manyetik ürün miktarından fazla ise geri kazanım oranı düşmektedir (Burt, 1984).

Polat ve ark. (1993) tarafından yapılan bir çalışmada ağır ortam ayırıcısı ve flotasyonun kombinasyonu kullanılarak, kömürün zenginleştirilmesi ve manyetitin geri kazanım oranının yükseltilmesi amaçlanmıştır. Şekil 2.11.'deki akım

şemasından da görüldüğü üzere, yay elek ve süzme-yıkama elekleri altına geçen manyetit ile kömür karışımından kömür flotasyonla kazanılırken, manyetik ayırıcının yükü azaltılmaktadır. Yüzdürülen kömür içersine kaçmış olan manyetitin kazanımı için, manyetik separasyon uygulanabilmektedir.

Bu çalışmada, tek kademeli flotasyonda 4 dakika süre sonunda siklon üst akımı için manyetitin %9'u konsantreye gelirken, siklon alt akımı için bu değerin %8 olduğu gözlenmiştir. Manyetit kaybını düşürmek ve daha temiz bir konsantre elde etmek için uygulanan temizleme flotasyonu sonunda, siklon alt ve üst akımları için manyetitin %99.7'sinin artıka kaldığı gözlenmiştir. İki kademeli flotasyon neticesinde kömür kazanma verimleri siklon üst ve alt akımları için sırasıyla %79.8 ve %48.9, konsantrenin kül oranları ise yaklaşık %3 ve %17 civarındadır.



Şekil 2.11. Ağır ortam ayırması ve flotasyon yöntemini gösteren akım şeması
(Polat ve ark., 1993)

BÖLÜM ÜÇ MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

3.1.1. Flotasyon Besleme Malları

3.1.1.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür

Tunçbilek Lavvarı'na beslenen tüvenan kömür ve simüle kömür ve manyetit karışımı ile yapılan çalışmalarda kullanılan kömür numunesi, Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Tunçbilek Lavvarı tüvenan kömür bandından alınmış olup, yaklaşık 75 kg civarındadır. Bu numune, oksidasyonu engellemek için hiçbir hazırlama işlemine tabi tutulmadan Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarına getirilmiştir.

Tüvenan kömürün kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, Bölüm 3.2.1.'de anlatıldığı şekilde hazırlanan numune kullanılarak bir dizi analiz yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 3.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Tüvenan Kömürün Analiz Sonuçları (Havada Kuru)

%Nem	9.27	%Uçucu Madde	23.83
%Kül	43.36	%Sabit Karbon	23.54
%Kükürt	Toplam: 1.29 Yanabilir: 0.85		
Isı Değeri (Kcal/kg)	Üst ısı: 3250 Alt ısı: 2933		

Tüvenan kömürün fraksiyonel kül dağılımının saptanması maksadıyla, Bölüm 3.2.1.'de anlatıldığı şekliyle alınan numune, Bölüm 3.2.2.'de açıklandığı şekliyle nominal -500µm tane iriliğine öğütülmüş ve Bölüm 3.2.5.'de bahsedilen yöntemle

herbir fraksiyonun %kül oranları belirlenmiştir. Elekler serisi ASTM standartlarına göre üretilmiş eleklerden seçilmiştir. Sonuçlar Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Tüvenan Kömürün Fraksiyonel Kül Dağılımı

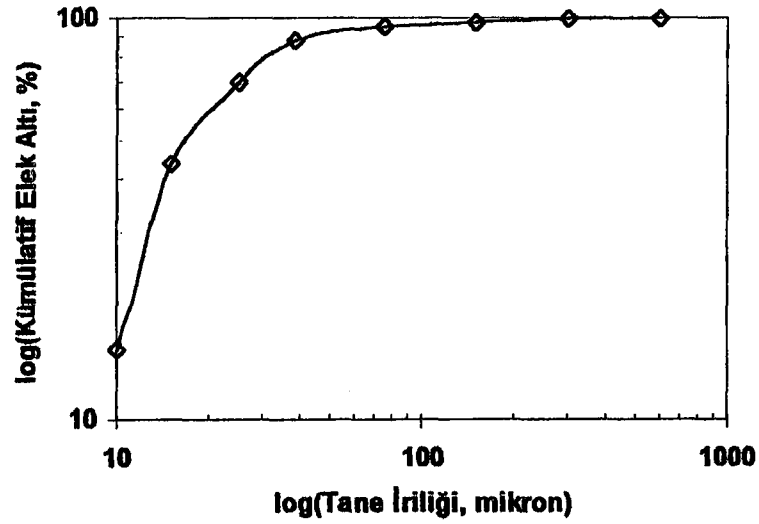
Tane İriliği (μm)	% Ağ.	%Kül	$\Sigma\%E.A$	
			% Ağ.	%Kül
+600	4,44	34,96	100	45,85
425-600	9,49	29,77	95,56	46,35
300-425	3,59	29,35	86,07	48,18
212-300	8,66	30,32	82,48	49,00
150-212	12,64	32,40	73,82	51,19
106-150	8,30	36,16	61,18	55,07
75-106	9,24	38,46	52,88	58,04
53-75	6,77	45,11	43,64	62,19
38-53	4,73	52,49	36,87	65,32
0-38	32,14	67,21	32,14	67,21
TOPLAM	100,00	45,85		

3.1.1.2. Manyetit

Simüle kömür ve manyetit karışımı deneylerinde kullanılan manyetit, Tunçbilek Lavvarı manyetit stoğundan alınmıştır. Malzeme %87.10 manyetit tenörüne sahiptir. Manyetitin tane boyutu dağılımı Çizelge 3.3.'de ve kümülatif elek altı eğrisi Şekil 3.1.'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere kullanılan manyetitin %80'i $-30\mu\text{m}$ iriliğindedir.

Çizelge 3.3. Manyetitin Tane İrilik Dağılımı

Tane İriliği (μm)	% Ağırlık	$\Sigma\%E.A$
300-600	0,10	100,00
150-300	1,77	99,90
75-150	2,43	98,13
38-75	7,34	95,70
25-38	18,06	88,36
15-25	26,67	70,30
10-15	28,60	43,63
0-10	15,03	15,03
TOPLAM	100,00	



Şekil 3.1. Manyetit'in kümülatif elek altı eğrisi

3.1.1.3. Tunçbilek Lavvarı Ağır Ortam Siklon Devresi Yay ve Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünleri

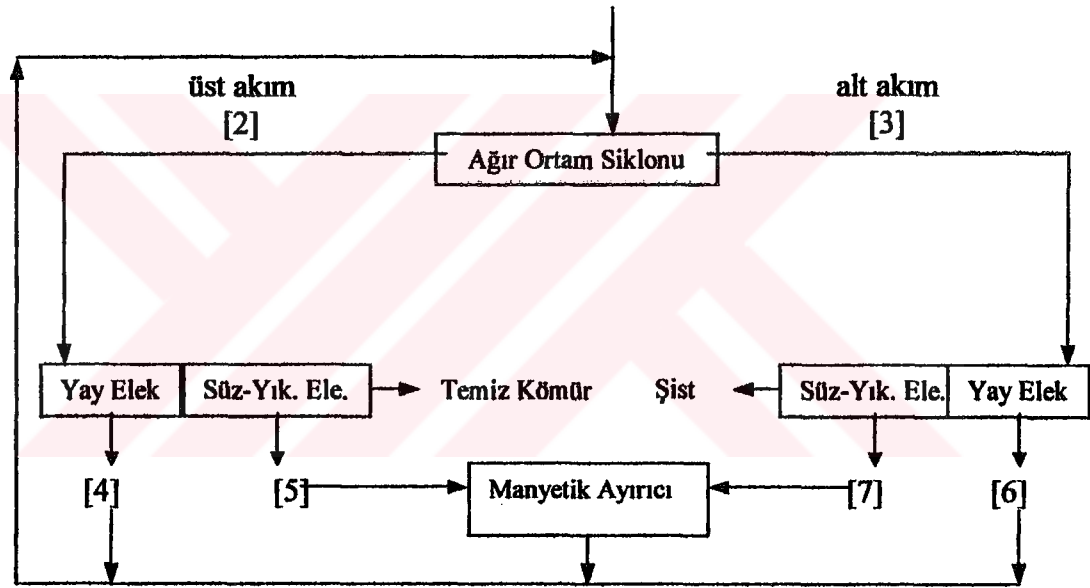
Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresinin, siklon alt ve üst akımlarından, alt ve üst akımlar yay elek ve süzme -yıkama elekları altı ürünlerinden ve bu eleklardan çıkan temiz kömür ve artık ürünlerinden numuneler alınmıştır. Numunelerin alım noktaları Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Numune alımı sırasında kronometreden zaman tutulmuş ve saatte akan pülp miktarları hesaplanmıştır. Alınan numunelerin herbiri yaklaşık 20-25 kg (katı) olup, flotasyon deneyleri için, bidonlar içerisinde sulu halde Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarına getirilmiştir. Pülpelerin %Katı oranlarının hesaplanması için lavvarda belirtilen noktalardan ayrıca daha az miktarda numune alınmış, bu numunelerin suyu uzaklaştırıldıktan sonra etüvde gerçekleştirilen kurutmadan sonra, %Katı oranları hesaplanmıştır.

Temiz kömür ve şistten (artık) alınan numunelerin manyetit oranlarının saptanmasından önce, bu numuneler 0.5 mm açıklıklı ekte iyice yıkanmıştır. Elek

altına geçen ürün üzerinde manyetit analizi gerçekleştirilmiştir. Bu numunelerde manyetite rastlanılmamıştır.

Siklon devresi alt ve üst akımlarının ve elek altı ürünlerinin manyetit ve kül oranları, yukarıda değinilen %Katı hesaplanmasında kullanılan kurutulmuş numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Manyetit oranları Bölüm 3.2.4.'de anlatıldığı şekliyle Davis tüpünden yararlanarak saptanmıştır. Davis tüpünün manyetik olmayan ürünü kullanılarak da Bölüm 3.2.5.'de anlatılan şekliyle kül oranları hesaplanmıştır. Siklon besleme malının içerikleri, alt ve üst akım verilerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Bütün bu hesaplamalar Çizelge 3.4.'de gösterilmiştir.



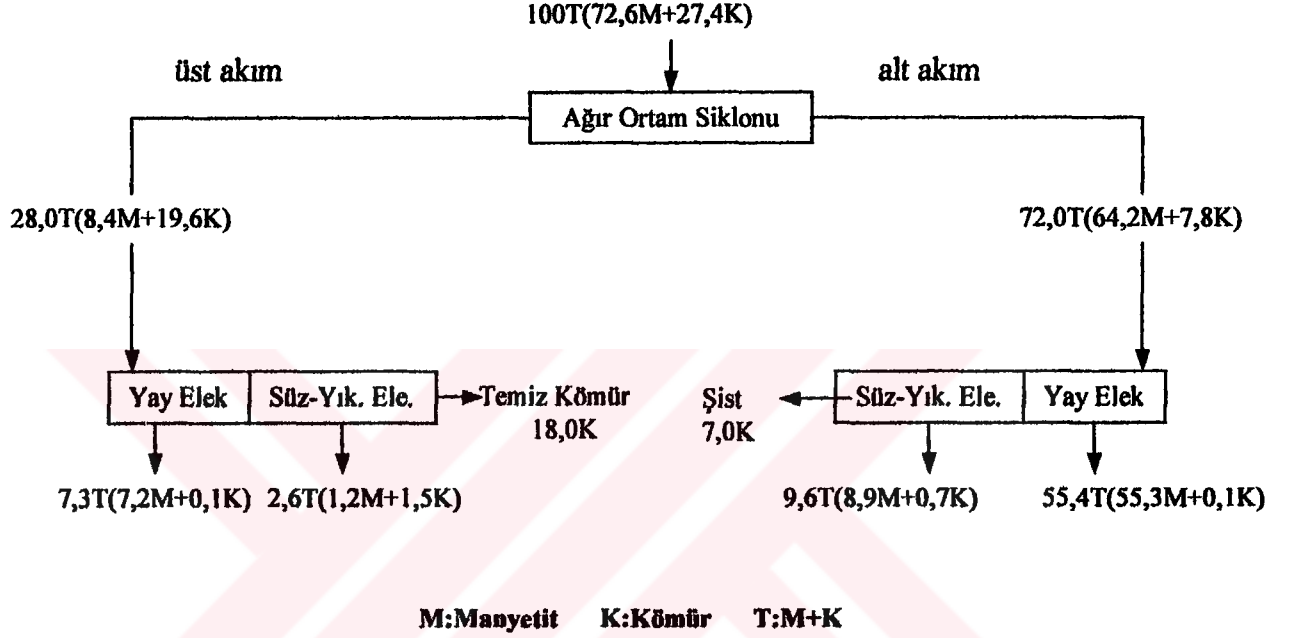
Şekil 3.2. Ağır ortam siklonu devresi numune alınan noktaları

Çizelge 3.4. Ağır Ortam Siklonu Ürünleri ve Elek Altı Ürünlerinin İçerikleri

Num.	Pülüp	%Katı	Katı	Davis Tüpü		(ton/h)			%Verim		%Verim		%Verim	
No	(ton/h)		(ton/h)	%Man.	%Köm.	Man.	Köm.	Su	Man.	Köm.	%Kül	%Y.Mad	Kül	Y.Mad
4	101,4	30,96	31,40	98,92	1,08	31,06	0,34	70,02	9,92	0,29	26,47	73,53	0,21	0,34
5	500,9	2,33	11,67	46,44	53,56	5,42	6,25	489,19	1,73	5,27	22,03	77,97	3,17	6,48
2	388,2	31,17	121,01	30,15	69,85	36,48	84,53	267,22	11,63	71,34	18,20	81,80	35,45	92,04
6	354,9	67,21	238,51	99,92	0,08	238,32	0,19	116,36	76,10	0,16	59,41	40,59	0,26	0,10
7	470,5	8,77	41,26	93,07	6,93	38,40	2,86	429,21	12,25	2,41	75,54	24,46	4,97	0,93
3	472,5	65,73	310,68	89,07	10,93	276,72	33,96	161,84	88,35	28,66	82,43	17,57	64,55	7,96
1	860,8	50,15	431,67	72,55	27,45	313,17	118,49	429,08	100,00	100,00	36,60	63,40	100,00	100,00

Çizelge 3.4.'den görüldüğü üzere her iki yay elek altına geçen ürünlerin neredeyse tamamı manyetittir.

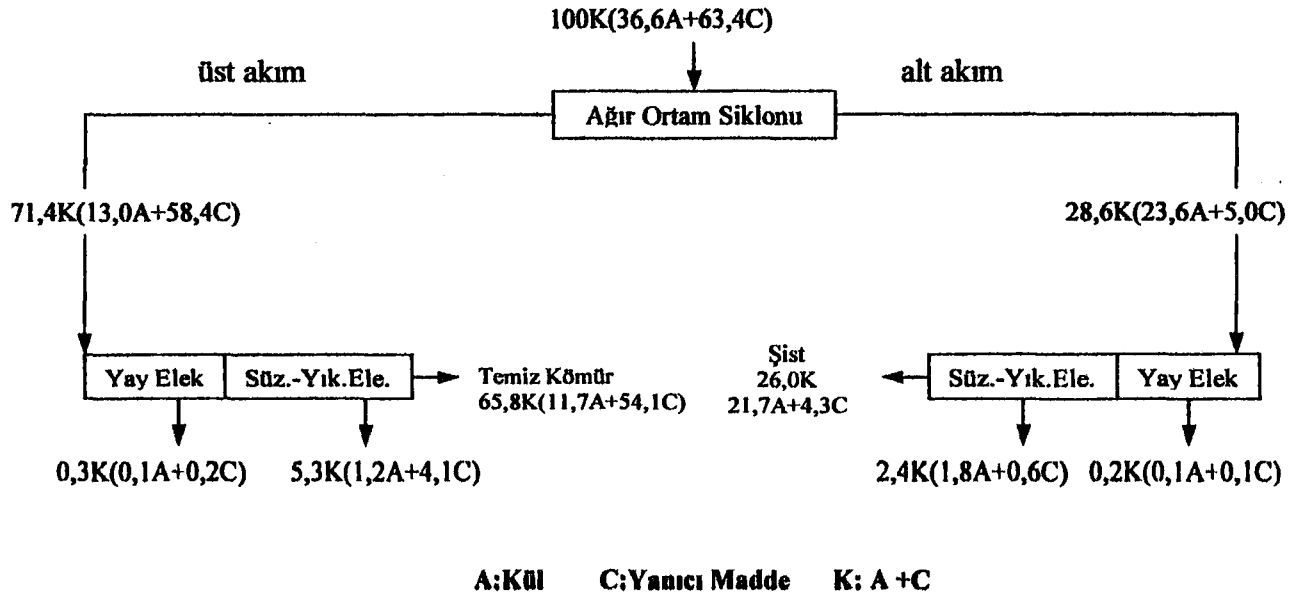
Çizelge 3.4.'de verilmiş olan verilerden yararlanarak ağır ortam siklon devresindeki kömür ve manyetitin dağılımı Şekil 3.3.'de ve kül ve yanıcı maddenin dağılımı da Şekil 3.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Manyetit ve kömürün siklon devresindeki dağılımı

Şekil 3.3.'de verildiği gibi siklona beslenen katı malzeme %72,6 manyetit ve %27,4 kömür içermektedir. Katı malzemenin %28,0'i siklon üst akımından alınırken, %72,0'si alt akımından alınmaktadır. Üst akımdan alınan kömür miktarı besleme malının %71,4'ünü oluşturmaktadır. Besleme malının %65,7'si temiz kömür olarak kazanılmaktadır. Her iki yıkama eleği altına %8,0 oranında kömür geçmektedir. Siklona beslenen manyetitin yaklaşık %11,5'i üst akımdan alınmaktadır.

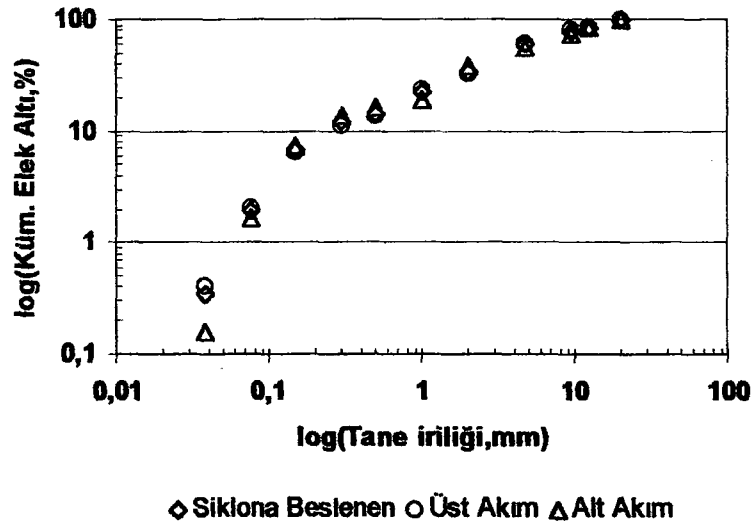
Şekil 3.4.'den görüldüğü üzere siklona beslenen kömür %36,6 kül ve %63,4 yanıcı madde içermektedir. Besleme malındaki yanıcı maddenin %92,1'i siklon üst akımından kazanılırken, yanıcı maddenin %85,3'ü temiz kömür olarak elde edilmektedir. Her iki yıkama eleği altına yanıcı maddenin %7,4'ü kaçmaktadır.



Şekil 3.4. Kül ve yanıcı maddenin siklon devresindeki dağılımı

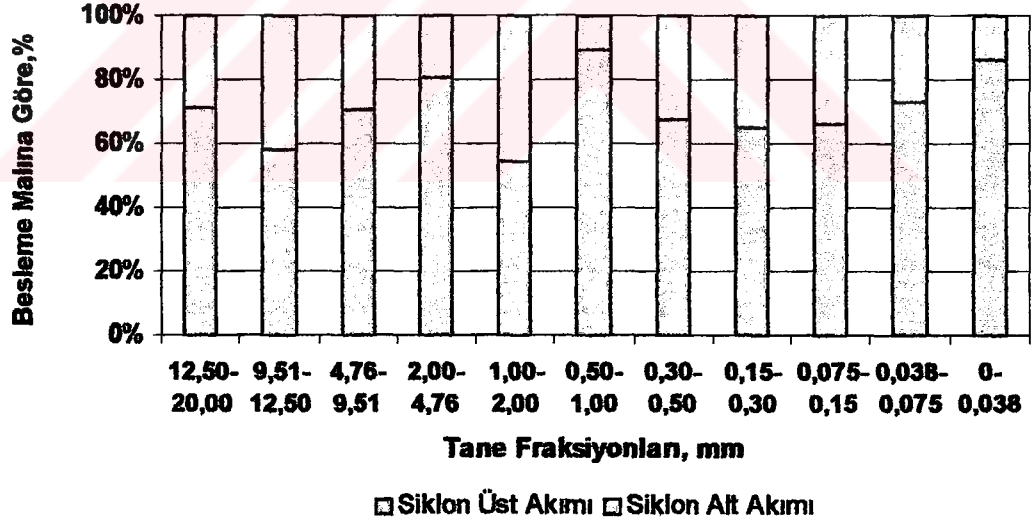
Siklon devresi alt ve üst akımlara giden, yay ve süzme-yıkama elekleri altına geçen kömür ve manyetit tane irilik dağılımlarının tespiti maksadıyla elek analizleri yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle Bölüm 3.2.1.'de anlatıldığı şekliyle ürünlerden numuneler alınmıştır. Sonrasında Bölüm 3.2.4.'de anlatılan Davis tüpü ile kömür ve manyetit taneleri ayrılmıştır. Bu ürünler ASTM standartlarına göre üretilmiş eleklerde elenmiştir. Yay elekleri altına geçen kömür miktarı önemsenmeyecek kadar az olduğu için (%0,16-0,29) bu numunelerin kömür tane irilikleri tespit edilmemiştir.

Ağır ortam siklonuna beslenen, alt ve üst akımlardan alınan ürünler içerisindeki kömürün boyut dağılımı, EK-1.1'de verilmiştir. Şekil 3.5.'de bu ürünlerin kümülatif elek altı eğrileri ve Şekil 3.6.'da alt ve üst akımlardaki kömürün besleme malına göre fraksiyonel %dağılımları verilmiştir.



Şekil 3.5. Siklon ürünlerinde kömürün kümülatif elek altı eğrileri

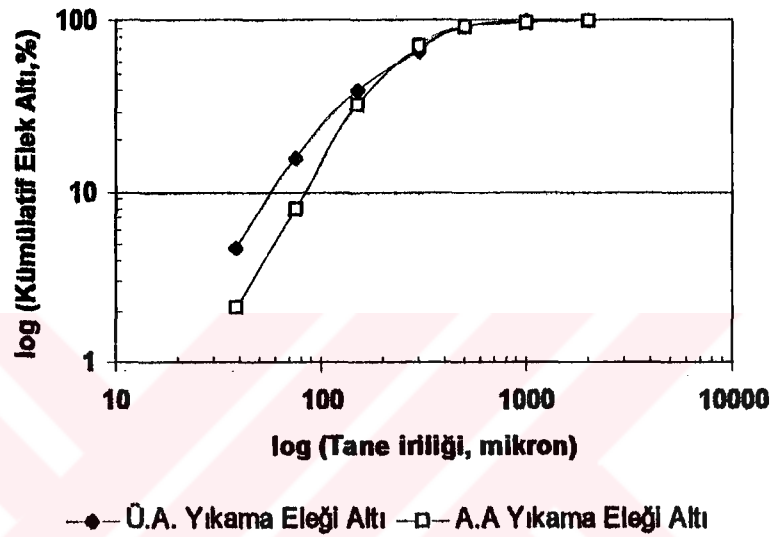
Şekil 3.5.'den görüldüğü üzere, ağır ortam siklonuna beslenen ve alt ve üst akımlardan alınan kömürlerin boyut dağılımları oldukça benzerdir. Siklona beslenen kömürün %80'i yaklaşık -10mm altındadır.



Şekil 3.6. Alt ve üst akımlardaki kömürün besleme malına göre fraksiyonel % dağılımları

Şekil 3.6.'dan görüldüğü üzere ağır ortam siklonuna beslenen kömür fraksiyonel olarak yaklaşık %60'ın üzerinde üst akıma gitmektedir. Bu değer -0.038 mm için %85 civarındadır.

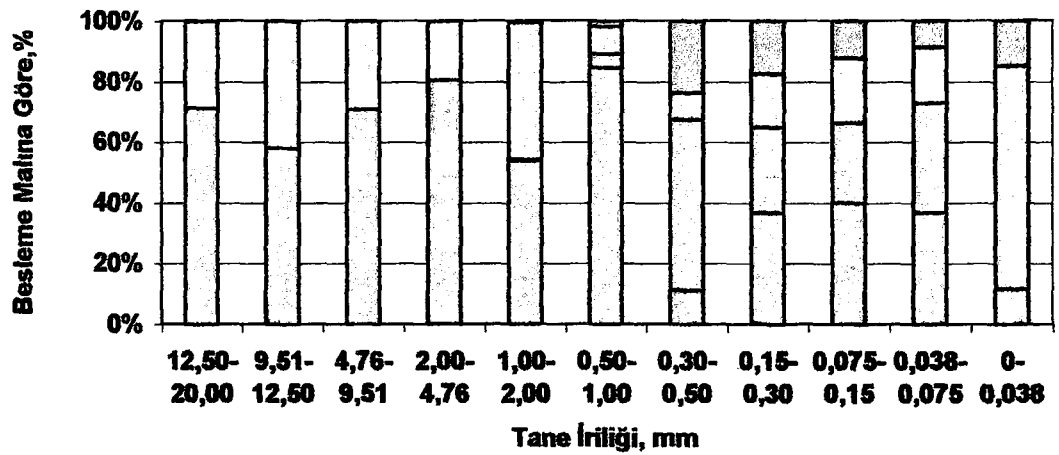
Kömürün; yıkanmış kömür, şist, üst akım süzme-yıkama eleği altı ve alt akım süzme-yıkama eleği altındaki fraksiyonel dağılımının belirlenmesi maksadıyla, bu ürünler elek analizine tabi tutulmuştur. Yay elek altı ürünlerinin kömür oranlarını çok düşük olduğundan değerlendirilmeye alınmamıştır. Sonuçları içeren çizelge EK-1.2'de ve Şekil 3.7. ve 3.8.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Süzme-yıkama eleği altı ürünlerinde kömürün kümülatif elek altı eğrileri

Şekil 3.7.'den görüldüğü üzere siklon üst ve alt akım yıkama elekleri altına geçen malzemenin %80'i yaklaşık olarak 400µm iriliğindedir.

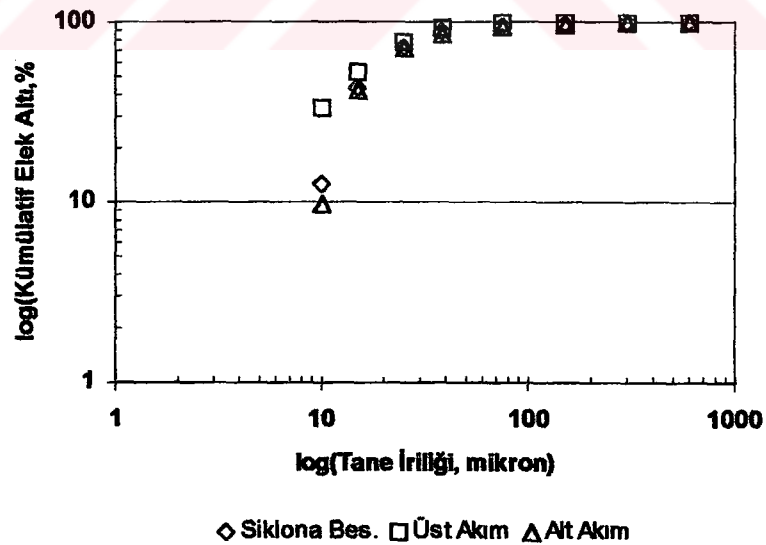
Şekil 3.8.'den görüldüğü üzere -20.00+1.00 mm fraksiyon aralığındaki ürünlerin tamamı yıkama elekleri üzerinde kalmaktadır. 0-0.038 mm ve 0.30-0.50 mm fraksiyonlarındaki malzemenin sırasıyla yaklaşık olarak %75'i ve %55'i üst akım yıkama eleği altına geçmektedir.



□ Yıkamış Kömür □ Üst Akım Yık. Eleği Altı □ Şist □ Alt Akım Yık. Eleği Altı

Şekil 3.8. Yıkamış kömür, şist, süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinde kömürün besleme malına göre % dağılımları

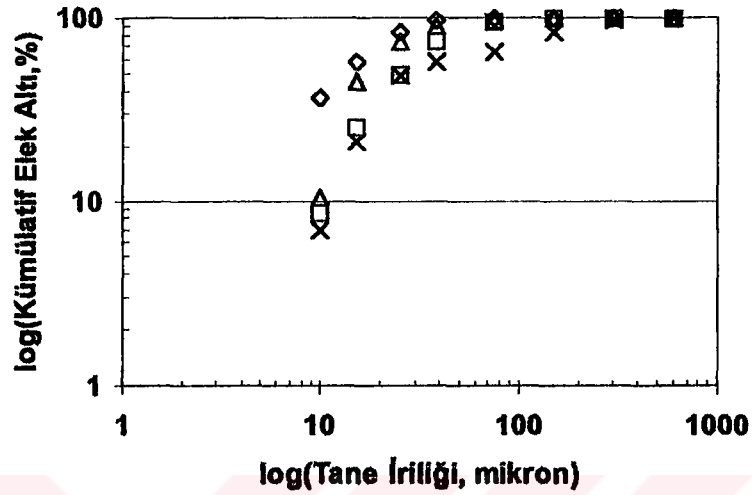
Siklona beslenen, alt ve üst akımlarından alınan, yay ve süzme-yıkama elekleri altına geçen manyetit boyut dağılımı ve besleme malına göre boyut dağılımları EK-1.3 ve 1.4'de verilmektedir. Bu ürünlere ait kümülatif elek altı eğrileri ise Şekil 3.9. ve 3.10.'da gösterilmiştir.



◇ Siklona Bes. □ Üst Akım △ Alt Akım

Şekil 3.9. Siklon ürünlerinde manyetit kümülatif elek altı eğrileri

Şekil 3.9.'dan görülebileceği üzere siklona beslenen manyetit fraksiyonel olarak alt ve üst akımlara düzenli dağılmıştır. Bu ürünlerdeki manyetitin %80'i ortalama 25µm iriliğinin altındadır.

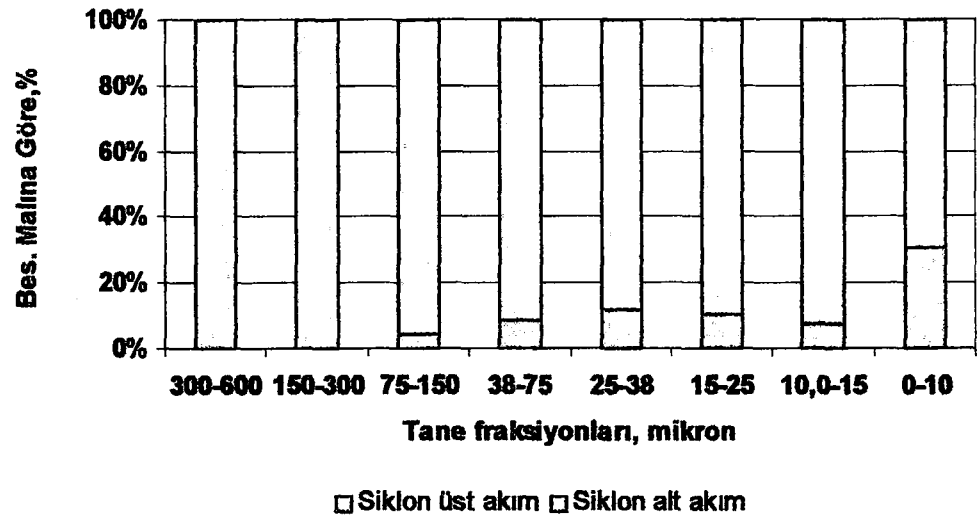


◊ ÜA yay elek altı □ ÜA yık. elek altı Δ A.A. yay elek altı × A.A. Yık. elek altı

Şekil 3.10 Elek altı ürünlerinde manyetitin kümülatif elek altı eğrileri

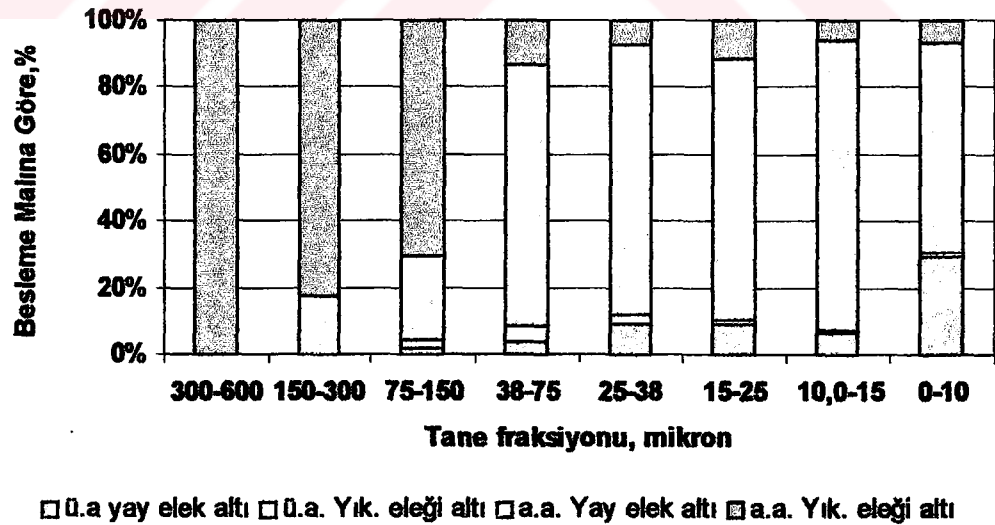
Şekil 3.10.'da gösterildiği gibi, siklon üst akımının yay ve süzme-yıkama elekleri altı ürünlerindeki manyetitin %80'i sırasıyla yaklaşık 25 ve 45 µm iriliğinin altındadır. Siklon alt akımının yay ve süzme-yıkama elekleri altı ürünlerindeki manyetitin ise %80'i sırasıyla yaklaşık 35 ve 150 µm iriliğinin altındadır. Bu rada siklon alt akımına daha iri boyutlarda manyetitin geldiği söylenebilir. Aynı zamanda her iki ürün için, manyetitin iri taneleri süzme-yıkama eleklerinden alındığı görülmektedir.

Şekil 3.11.'de siklon üst ve alt akımları ürünlerindeki manyetitin besleme malına göre fraksiyonel %Dağılım oranları ve Şekil 3.12.'de elek altı ürünlerindeki manyetitin besleme malına göre %Dağılım oranları gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Siklon üst ve alt akımlarındaki manyetit besleme malına göre %dağılım oranları

Şekil 3.11.'den görüldüğü üzere ağır ortam siklonuna beslenen $-600+150\mu\text{m}$ iriliğindeki manyetit tamamı alt akımdan alınmaktadır. Bu irilik değerlerinden daha küçük boyutlarda ise, boyut küçüldükçe genel olarak üst akıma giden manyetit oranında artma görülmektedir. $0-10\mu\text{m}$ iriliğinin %30'u üst akımdan alınmaktadır.



Şekil 3.12. Yay ve süzme-yıkama elekleri altına geçen ürünlerde manyetit besleme malına göre %dağılım oranları

Şekil 3.12.'den görüldüğü üzere 300-600µm iriliğindeki manyetit tamamı siklon alt akımı yıkama eleği altına geçmektedir. Manyetit tanelerinin önemli oranda alt akım yay eleği altına geçtiği söylenebilir. Bu durum özellikle -75+0µm boyut aralığında daha belirgindir.

3.1.2. Reaktifler

Flotasyon deneylerinde gazyağı kollektör olarak, isooktanol köpürtücü reaktif olarak ve blok kopolimerler kömürün hidrofobluk özelliğinin artırılması amacıyla kullanılmıştır. Aşağıda bu reaktifler hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

3.1.2.1. Gazyağı

Gerek kolay bulunabilir olması ve gerekse ucuz olmasından dolayı gazyağı flotasyon deneyleri süresince kollektör olarak kullanılmıştır. Shell' den alınan gazyağının yoğunluğu 0.77 gr/cm³ olarak ölçülmüştür.

3.1.2.2. Isooktanol

MERCK marka (104-76-7) isooktanol flotasyon deneylerinde köpürtücü reaktif olarak seçilmiş olup, yoğunluğu 0.85 gr/cm³ tür.

3.1.2.3. Blok kopolimerler

Flotasyon deneylerinde pluronik L-64, P-104 ve 10R-8 olmak üzere üç tip polimer kullanılmıştır. Ticari adı "Pluronik" olan PEO/PPO/PEO tipi blok kopolimerler, su içinde çözülebilen ve propilen oksit zincirine, polietilen oksit zincirinin bağlanmasıyla oluşur. Pluronik L-64 ve Pluronik P-104 bu gruba giren polimerlerdir. Ticari adı "Pluronik-R" olan PPO/PEO/PPO tipi blok kopolimerler ise yağ içersinde çözülebilen ve etilen oksit zincirine polipropilen oksit zincirinin bağlanmasıyla oluşur. Çalışmada kullanılan Pluronik 10R-8 bu gruba girmektedir. Söz konusu polimerlere ait bilgiler Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmalarda Kullanılan Polimerlerin Seçilmiş Bazı Özellikleri

Polimer	Hidrofobik grup sayısı (PPO)	Hidrofilik grup sayısı (PEO)	Molekül ağırlığı (gr/mol)
Pluronik L-64	30	26	2900
Pluronik P-104	56	60	5900
Pluronik 10R-8	44	58	4550

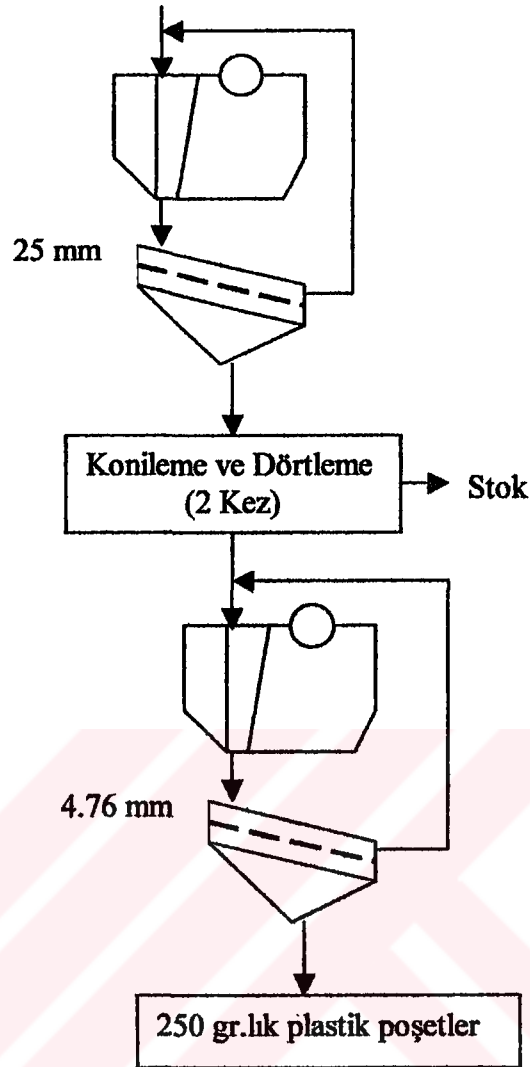
3.2. Yöntem

3.2.1. Numune Hazırlama ve Saklama

Tunçbilek Lavvarı'na beslenen -150 mm boyutundaki tüvenan kömür numunesinin tümü, önce iri (-25mm) boyuta kapalı devre olarak Retsch marka laboratuvar tipi çeneli kırıcı kullanılarak kırılmıştır. Konileme ve dörtleme yöntemine göre kırılan numuneden yaklaşık 18 kg numune alındıktan sonra, orta (-4.76 mm) boyuta kırma işlemi Retsch marka laboratuvar tipi çeneli kırıcı ile kapalı devre sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Kırılan bu malzeme konileme ve dörtleme yöntemi ile bölünmüş ve 250 gr.'lık poşetlerde torbalanmıştır (Şekil 3.13.).

Öğütme deneyleri, kimyasal analizler ve tüvenan kömür ve simule manyetit/kömür karışımları ile gerçekleştirilen flotasyon deneyleri bu 250 gr.'lık numunelerden kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Ağır ortam siklon devresinden alınan sulu ürünlerden numuneler alınmasında farklı bir yöntem uygulanmıştır. Bidonlar içerisindeki numuneler üzerindeki su geçici olarak bir başka kaba alınmış, çökelen katı ürün ise iyice karıştırılarak dörtleme usulü ile ikiye bölünmüştür. Yarıya indirilen bu katı ürüne suyun da yarısı ilave edilerek stoklanmıştır. Kalan malzeme ile benzer işlemler birkaç kez daha tekrarlanmıştır. Flotasyon deneylerinde malzemeler gerçek suları ile birlikte kullanılmıştır.



Şekil 3.13. Tüvenan kömür numunesini hazırlama akım şeması

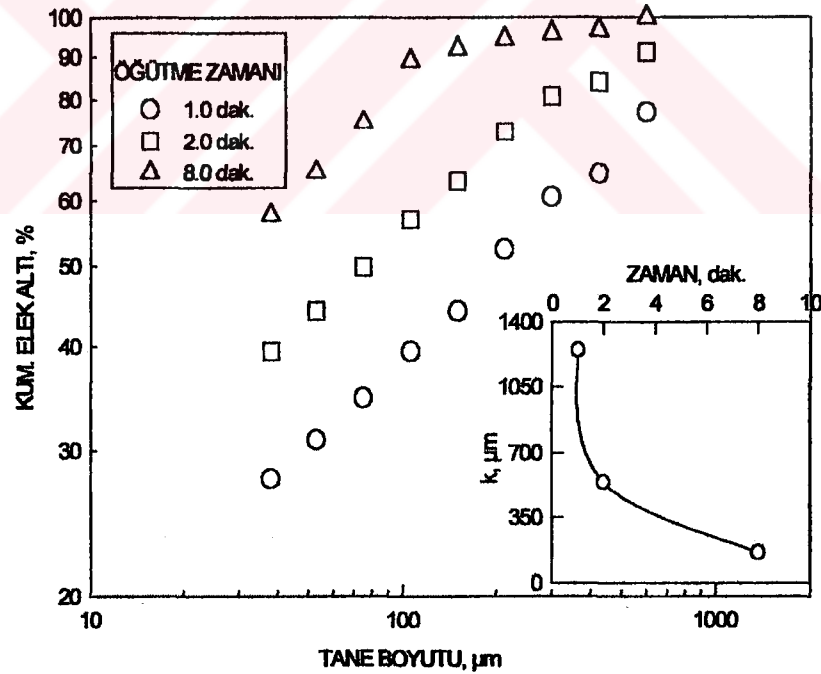
3.2.2. Öğütme Deneyleri

Tüvenan kömür malzemesi ve simüle manyetit/kömür karışımları ile yapılan flotasyon deneylerinden önce, Bölüm 3.2.1.'de anlatıldığı şekliyle hazırlanan numuneler, süzme ve yıkama elekleri açıklık değeri olan 0.5 mm boyutu için gerekli olan öğütme zamanının belirlenmesi amacıyla öğütme deneylerine tabi tutulmuştur. Öğütme deneyleri 19.6x20.3 cm boyutunda Denver marka laboratuvar tipi bilyalı değirmende, yaşı olarak gerçekleştirilmiştir. Öğütme deneylerinde 9,8 kg bilya kullanılmıştır. Deneylerde 250 gr kömür numunesi %50 katı oranında, 90 dev/dak hızda 1, 2, ve 8 dakika öğütülmüştür. Bu deneyler sonucu elde edilen kümülatif elek

altı değeri Şekil 3.14. ve Çizelge 3.6.'da verilmiştir. Schuhmann k değeri Şekil 3.14'de gösterilmiş olup, şeklin içindeki insette k değeri zamana karşı çizilmiştir. Bu grafikten malzemeyi istenilen incelikte öğütmek için gerekli olan zaman 2.16 dakika olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.6. Öğütme Deneyleri Sonuçları

Tane İriliği (μm)	1dak.		2dak.		8dak.	
	%	$\Sigma\%EA$	%	$\Sigma\%EA$	%	$\Sigma\%EA$
600	22,74	100,00	8,90	100,00	0,00	100,00
425-600	12,59	77,26	7,06	91,10	3,31	100,00
300-425	4,08	64,67	3,20	84,04	0,88	96,69
212-300	8,21	60,58	7,90	80,84	1,40	95,82
150-212	8,24	52,38	9,67	72,93	2,41	94,41
106-150	4,67	44,14	6,32	63,26	2,99	92,01
75-106	4,77	39,47	7,11	56,94	14,01	89,02
53-75	3,79	34,70	5,66	49,83	10,02	75,01
38-53	3,18	30,91	4,66	44,17	7,32	64,99
-38	27,72	27,72	39,51	39,51	57,67	57,67
Toplam	100,00		100,00		100,00	



Şekil 3.14. Öğütme deneyleri sonuçlarının logaritmik ölçekte gösterimi

3.2.3. Flotasyon Deneyleri

Flotasyon deneylerinde test edilen parametreler ve kullanılan kodlama sistemi Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Flotasyon Deneylerinde Kullanılan Kodlama Sistemi

□□□□□□	■□□□□□	■□□□□□	■□□□□□	■□□□□□	■□□□□□
Numune türü	Kömür tipi	Karıştırma hızı (d/d)	Kollektör miktarı (kg/ton)	Köpürtücü miktarı (kg/ton)	Polymer Tipi
A. Manyetitsiz	Q. Tunçbilek (tüvenan)	E. 1000	1. 0.64	K. 0.85	U. Yok
B. Simule manyetit karışımı	R. Tunçbilek A.O.S Devre. Süz ve Yık El.	F. 1250	2. 1.28	L. 1.70	V. L-64
C. Tesis Numunesi		G. 1500	3. 2.56	M. 3.40	W. P-104
		H. 2000	4. 4.80	N. 6.80	Z. 10R-8
			5. 9.60	P. 13.60	
			6. 19.20		
			7. 38.40		

3.2.3.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Çalışmaların bu aşamasında, kömürün flotasyon ile yüzdürülebilme durumunun tespiti için lavvara beslenen tüvenan kömür ile deneyler yapılmıştır. İlk olarak tüvenan kömür ile, Çizelge 3.7.'de görülen koşullarda, en uygun gazyağı, köpürtücü ve polimer miktarlarının belirlenmesi için ön flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Polimerlerin flotasyon selülüne ilavesi, gazyağı ile birlikte ve gazyağından önce olmak üzere iki farklı şekilde incelenmiştir. 10R-8 polimeri aynı zamanda gazyağında çözündürülerek kullanılmıştır. Polimerler tüm denemelerde 58, 580 ve 5800 gr/t miktarlarında kullanılmıştır.

Lavvara beslenen tüvenan kömür ile yapılan flotasyon deneylerinde, kömür numunesi öncelikle Bölüm 3.2.2.2'de anlatıldığı şekliyle -500 µm ye öğütülmüştür.

Bu tüvenan kömür ile gerçekleştirilen flotasyon deneylerinin detaylı şartları Çizelge 3.8.'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Tüvenan Kömür Numunesi İçin Flotasyon Deneylerinin Şartları

Makine Tipi	:	Denver laboratuvar tip flotasyon makinesi
Selül Hacmi (ltre):	:	5
Karıştırma Hızı (dev/dak):	:	1500
Hava Miktarı	:	Doğal
Tane Boyutu (μm):	:	Nominal -500
%Katı (Ağırlıkça):	:	4.93
Kollektör (kg/ton):	:	Gazyağı:0.64, 1.28, 2.56, 4.8, 9.6, 19.2-38,4
Köpürtücü (kg/ton):	:	İsooktanol: 3,4
Polimer	:	L-64, P-104 ve 10R-8
pH	:	~7,6 (doğal)
Kömür Miktarı	:	250 gr.
Köpük Alma Zamanları	:	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 dakika

Tüvenan kömür numunesinin sadece gazyağı ve köpürtücü kullanılarak yapılan flotasyon deneylerinde, öğütülen malzeme flotasyon selülüne yerleştirildikten sonra, selül çeşme suyu ile 5 litreye tamamlanmıştır. Kömür tanelerinin dağılması için pülp 3 dk. kondisyonlanmıştır. Daha sonra kollektör ilave edilerek tanecik ve kollektör temasının sağlanması için bir 3 dakika daha kondisyonlama süresinden sonra, ortama köpürtücü ilavesi yapılmıştır. 3 dakikalık bir süre sonunda selüle hava verilmiş ve köpük alınmıştır (Şekil 3.15.)

Polimer ilave edildiği durumlarda, pülp önce kömür taneciklerinin dağılması için 3 dakika kondisyonlanmıştır. Daha sonra selüle polimer ilave edilmiş ve 3 dakika kondisyonlanmıştır. Bu sürenin sonunda karıştırıcıda 200 ml su ile 3 dakika emülsifiye edilen gazyağı (19,2 kg/t) selüle ilave edilerek, gazyağı/tanecik kontağını sağlamak amacıyla bir 3 dakika daha kondisyonlama süresi geçirilmiştir. Köpürtücü ilavesinden sonra geçirilen 3 dakikanın sonunda selüle hava verilmiş ve köpük alınmıştır (Şekil 3.15.).

Polimer varlığında yapılan bazı deneylerde polimer gazyağı ile birlikte ilave edilmiştir. Bu amaçla, karıştırıcıda 200 ml suda 3 dakika emülsifiye edilen polimer ve gazyağı (19,2 kg/t) karışımı, kömür tanelerinin dağılması için 3 dakika kondisyonlanan selüle ilave edilmiştir. Geçen 3 dakika sonunda köpürtücü ilavesi yapılmış, bir 3 dakika daha sonunda Çizelge 3.8.'de verilmiş olan zaman aralıklarında köpük alınmıştır (Şekil 3.15.).

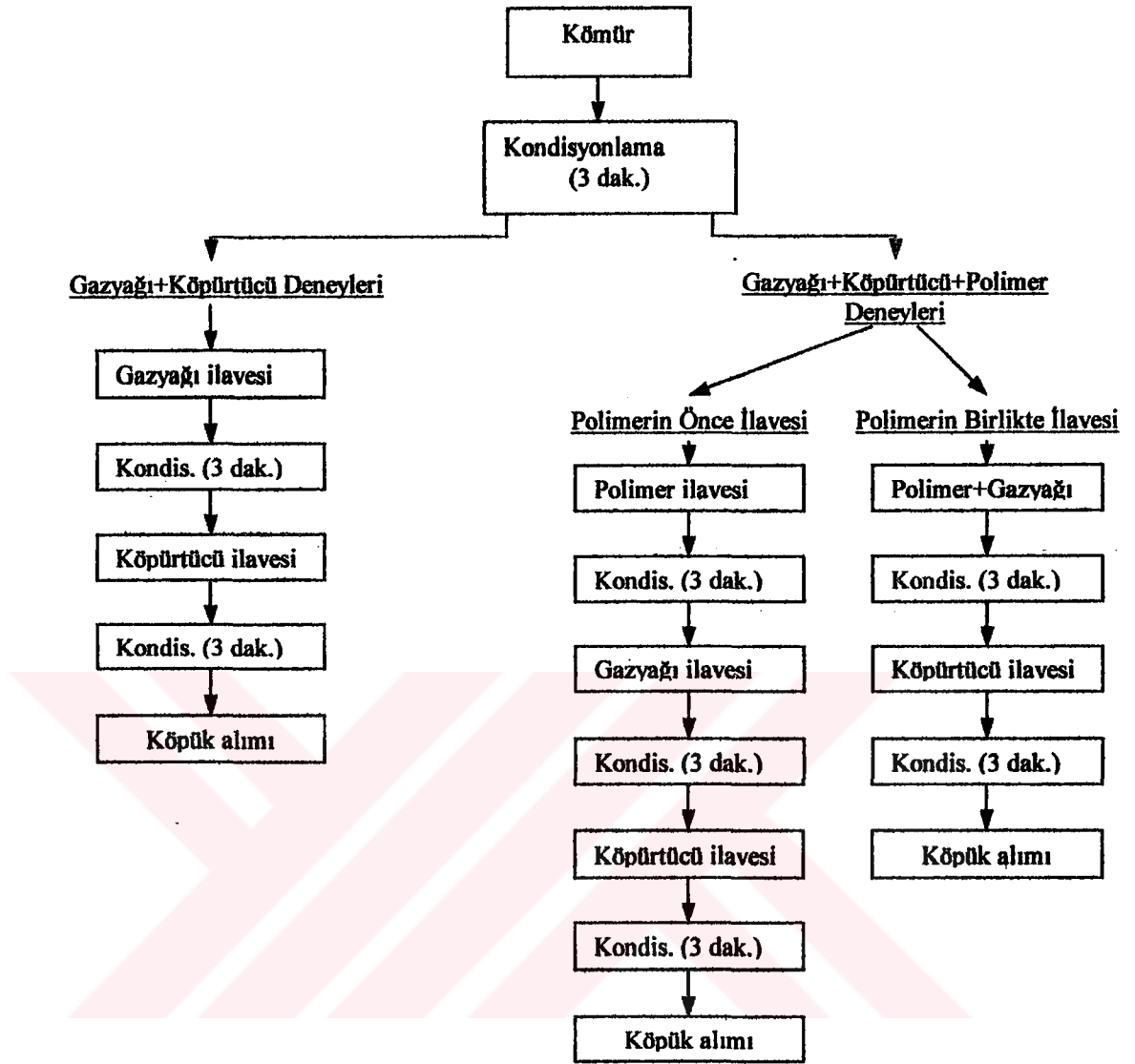
10R-8 polimeri gazyağında çözündürülerek kullanıldığı deneylerde, polimer önceden hesaplanan miktarlarda gazyağında karıştırıcının da yardımıyla çözündürülmüştür. 3 dakika kondisyonlanan selüle yağda çözündürülen ve yukarıda verilen polimer miktarlarını tutacak şekilde polimer ilavesi yapılmıştır. Geçirilen 3 dakika sonunda hesaplanan miktarda gazyağı selüle ilave edilmiş, 3 dakika sonunda köpürtücü ilavesi yapılmıştır. 3 dakika sonunda selüle hava verilerek köpük toplanmıştır.

Tüm flotasyon ürünleri Rudolf Brand GMBH Co. (RS-8) tipi süzme makinasında süzölmüştür. Heraeus Marka etüvde 105 °C' de kurutulan ürünler, Sartorius LC 6200D laboratuvar tartısında tartılıp, buradan alınan numunelerin küll oranları Bölüm 3.2.5.'de anlatıldığı şekliyle belirlenmiştir.

3.2.3.2. Tüvenan Kömür ve Manyetit Karışımı ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

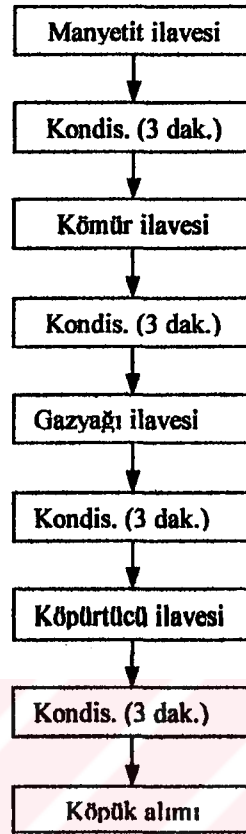
Manyetitin flotasyona olan etkisinin belirlenmesi amacıyla, Bölüm 3.2.2.'de anlatıldığı şekliyle -500 µm ye öğütülen kömüre, ağırlığının %1, 2, 5, 10, 25, 50, 75 ve 100'ü miktarlarında manyetit karıştırılarak deneyler yapılmıştır. Tüvenan kömür ve manyetit karışımı ile gerçekleştirilen flotasyon deneylerinin detaylı şartları Çizelge 3.9.'da verilmiştir.

Simule manyetit/kömür deneylerinde ise, selüle ilk olarak hesaplanan miktarlarda manyetit ilave edilmiş ve pülp manyetit tanelerinin dağılması için 3 dakika kondisyonlanmıştır. Daha sonra öğütölmüş kömür numunesi selüle ilave edilmiştir.



Şekil 3.15. Tüvenan kömürün flotasyon deneylerinin işlem sırası

Geçen 3 dakika kondisyonlama süresi sonunda gazyağı ilavesi yapıp, kömür kollektör kontağını sağlamak amacıyla 3 dakika beklenmiştir. Köpürtücü ilavesinden sonra geçen 3 dakika sonunda köpük toplanmıştır (Şekil 3.16.). Bu deneylerde kullanılan gazyağı miktarı, tüvenan kömürlerde optimum miktar olarak belirlenen 19.2 kg/t'dur. Elde edilen yüzen ürünler ile birlikte gelen su miktarının tespiti için ürünler tartılmıştır. Filtrasyon ve kurutma işleminden sonra yapılan tartım ile başlangıç tartımı arasındaki farktan su miktarı saptanmıştır.



Şekil 3.16. Tüvenan kömür ve manyetit karışımının flotasyon deneylerinin işlem sırası

Çizelge 3.9. Tüvenan Kömür ve Manyetit Karışımı İçin Flotasyon Deneylerinin Şartları

Makine Tipi	:	Denver laboratuvar tip flotasyon makinesi
Selül Hacmi (litre):		5
Karıştırma Hızı (dev/dak):		1500
Hava Miktarı	:	Doğal
Tane Boyutu (µm):		Nominal -500
%Katı (Ağırlıkça):		4.93
Kollektör (kg/ton):		Gazyağı: 19.2
Köpürtücü (kg/ton):		İsooktanol: 3,4
Manyetit/Kömür Oranı	:	0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00
pH	:	~7,6 (doğal)
Kömür Miktarı	:	250 gr.
Köpük Alma Zamanları	:	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 dakika

Tüm flotasyon ürünleri Rudolf Brand GMBH Co. (RS-8) tipi süzme makinasında süzölmüştür. Heraeus Marka etüvde 105 °C' de kurutulan ürünler, Sartorius LC 6200D laboratuvar tartısında tartılmıştır.

Ürünler ile birlikte gelen manyetit miktarının tespiti Bölüm 3.2.4.'de değinilen Davis tüpü ile gerçekleştirilmiştir. Tüpün manyetik olmayan ürünlerinin kullanılması ile, flotasyon ürünlerinin kül analizi Bölüm 3.2.5.'de anlatıldığı şekliyle yapılmıştır.

3.2.3.3. Ağır Ortam Siklon Devresi Yay ve Süzme-Yıkama Elekleri Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Tunçbilek lavvarından Bölüm 3.1.1.3.'de gösterildiği şekilde elde edilmiş olan yay elekleri altı ürünlerindeki kömür oranı önemsenmeyecek kadar az olduğu için, (üst akım yay elek altı %1.08 ve alt akım yay elek altı %0.08) bu ürünlere flotasyon işlemi uygulanmamıştır.

Siklon üst ve alt akımları süzme-yıkama elekleri altı ürünlerine flotasyon işlemi uygulanmış olup, bu ürünlerden flotasyon selölüne Bölüm 3.2.1.'de anlatılan şekliyle numune alınmıştır. Flotasyon deneylerinde kullanılan su, tesisin gerçek suyudur.

Önce bu ürünlerin temel flotasyonu için en uygun gazyağı miktarı, köpürtücü miktarı, karıştırma hızı ve katı oranı tespit edilmiştir. Temel flotasyon kademesinde denenen parametreler ve şartlar Çizelge 3.10.'da sunulmuştur. Sonrasında temizleme ve süpürme flotasyonları için en uygun gazyağı ve köpürtücü miktarları saptanmıştır. Bu kademelerde denenen parametreler ve flotasyon şartları Çizelge 3.11.'da verilmiştir.

Temel flotasyon ve temizleme ve süpürme flotasyon kademeleri için en uygun şartların belirlenmesinden sonra, Bölüm 3.2.3.1.'de anlatıldığı şekliyle flotasyon için en uygun polimer olarak saptanan L-64, süzme-yıkama elekleri altı ürünleri üzerinde denenmiştir. L-64 temel flotasyon kademesinde 58, 580 ve 5800gr/t miktarında kullanılmıştır. Temel flotasyon kademesinde en uygun miktarının belirlenmesinden

sonra, temizleme ve süpürme flotasyonlarında 30, 58 ve 580 gr/t miktarlarında denenmiştir.

Çizelge 3.10. Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünlerinin Temel Flotasyonunda Denenen Parametreler ve Flotasyon Deneylerinin Şartları

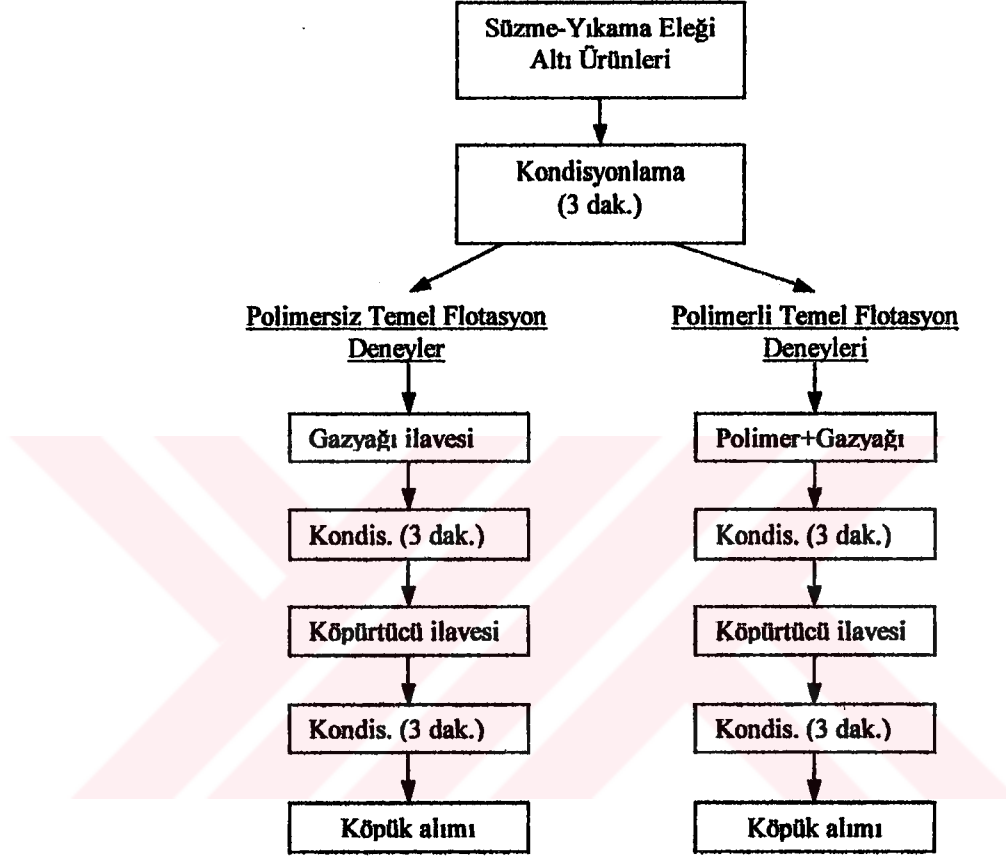
Makine Tipi	:	Denver laboratuvar tip flotasyon makinesi
Selül Hacmi (litre):		2.5
Karıştırma Hızı (dev/dak):		1000, 1250, 1500, 2000
Hava Miktarı	:	Doğal
%Katı (Ağırlıkça):		2.33, 5.00, 10.00, 15.00
Kollektör (kg/ton):		Gazyağı:0.64, 1.28, 2.56, 4.8, 9.6, 19.2-38,4
Köpürtücü (kg/ton):		İsooktanol: 0.85, 1.7, 3.4, 6.8, 13.6
Polimer (gr/ton):		L-64:58, 580, 5800
pH	:	~7,6 (doğal)
Köpük Alma Zamanları	:	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 dakika

Çizelge 3.11. Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünlerinin Temizleme ve Süpürme Flotasyonu Kademelerinde Denenen Parametreler ve Flotasyon Deneylerinin Şartları

Makine Tipi	:	Denver laboratuvar tip flotasyon makinesi
Selül Hacmi (litre):		2.5
Karıştırma Hızı (dev/dak):		1500
Hava Miktarı	:	Doğal
Kollektör (kg/ton):		Gazyağı:2.56, 4.8, 9.6
Köpürtücü (kg/ton):		İsooktanol:1.7, 3.4, 6.8
Polimer (gr/ton):		L-64:30, 58, 580
pH	:	~7,6 (doğal)
Köpük Alma Zamanları	:	0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 dakika

Polimersiz denemelerde selüle yerleştirilen numuneler, 3 dakika süreyle karıştırılmıştır. Gazyağı denenen miktarda selüle ilave edilmiş ve 3 dakika kondisyonlama süresi geçirilmiştir. Köpürtücünün ilavesinden sonra geçirilen 3 dakika sonunda, selüle hava verilmiş ve daha önce belirtilen zamanlarda köpük toplanmıştır (Şekil 3.17.).

Polimer (L-64) ilaveli denemelerde ise, karıştırıcıda 200 ml suda 3 dakika emülsifiye edilen polimer ve gazyağı karışımı, kömür ve manyetit tanelerinin dağılması için 3 dakika kondisyonlanan selüle ilave edilmiştir. Geçen 3 dakika sonunda köpürtücü ilavesi yapılmış, bir 3 dakika daha sonunda köpük alınmıştır (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin flotasyon deneylerinin işlem sırası

Polimerli ve polimersiz temel flotasyon kademelerinde elde edilen temiz kömür konsantrisine temizleme flotasyonu ve artığa ise süpürme flotasyonu uygulanmıştır. Bu amaçla, temel flotasyon kademesi için belirlenen en uygun şartlarda flotasyon yapılmıştır. 8 dakika flotasyon sonunda toplanan temiz kömür bir kaba alınmış, selüldeki artık önce 2.5 litreye tesis suyu ile tamamlanıp 3 dakika karıştırılmıştır. Sonrasında polimersiz deneylerde sırasıyla gazyağı ve köpürtücü yukarıda polimersiz temel flotasyon kademesinde anlatıldığı şekliyle ilave edilmiş ve köpük toplanmıştır.

Polimerli deneylerde ise, polimerin, gazyağının ve köptürtücünün ilavesi yukarıda polimerli temel flotasyon kademesinde açıklanan şekliyle gerçekleştirilmiş ve köpük alımı yapılmıştır.

Gerek polimersiz ve gerekse polimerli flotasyon deneylerinde 8 dakika sonunda alınan ön konsantre selüle yerleştirilmiş ve selül 2.5 litreye tesis suyu kullanılarak tamamlanmıştır. 3 dakika karıştırıldıktan sonra, polimersiz ve polimerli deneylerde reaktiflerin ilavesi yukarıda açıklandığı şekliyle yapıp, köpük toplanmıştır.

Yukarıda anlatılan tüm deneylerde elde edilen ürünler ile birlikte gelen su miktarının tespiti için ürünler tartılmıştır. Filtrasyon ve kurutma işleminden sonra yapılan tartım ile başlangıç tartımı arasındaki farktan ürünler ile birlikte gelen su miktarı saptanmıştır.

Tüm flotasyon ürünleri Rudolf Brand GMBH Co. (RS-8) tipi süzme makinasında süzölmüştür. Heraeus Marka etüvde 105 °C’de kurutulan ürünler, Sartorius LC 6200D laboratuvar tartısında tartılmıştır.

Ürünler ile birlikte gelen manyetit miktarının tespiti Bölüm 3.2.4.’de değinilen Davis tüpü ile gerçekleştirilmiştir. Tüpün manyetik olmayan ürünleri kullanarak Bölüm 3.2.5.’de anlatılan şekliyle ürünlerin kül oranları belirlenmiştir.

3.2.4. Davis Tüpü Analizleri

Simüle manyetit ve kömür ile yapılan flotasyon deneylerinde ürünler ile gelen manyetit miktarı ve lavvar yay ve süzme-yıkama elekleri altı ürünleri ile yapılan ön çalışma ve süzme-yıkama elekleri altı ürünleri ile yapılan flotasyon deneylerinde ürünler ile birlikte gelen manyetit miktarları Rapid Magnetic Ltd. marka Davis Tüpü kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 3.18.’de gösterilen Davis tüpünde silindirik cam tüpün iç çapı 25mm olup, tüp strok genişliği 78mm olacak şekilde hareketlidir. Deneylerde yaklaşık 5 gr. numune miktarı ile çalışılmıştır.



Şekil 3.18. Davis tüpü sistemi

Davis tüpü sisteminin kalibrasyonu için toplam 5 gr olacak şekilde, 2.5 gr manyetit ve 2.5 gr -0.5mm ye Bölüm 3.2.2.'de anlatıldığı şekliyle öğütülmüş kömür karışımları oluşturulmuştur. Bu karışımlar sisteme uygulanan akım şiddeti değiştirilmek suretiyle, tüpten geçirilmiştir. Manyetitin tenörü %87.1 olduğu lavvardan numune alımı sırasında öğrenilmiş olup, yaklaşık 2.1775 gr manyetitin tutulabildiği akım şiddeti araştırılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Davis Tüpünün Kalibrasyonu Çalışmaları Sonuçları

Akım Şiddeti (Amper)	Manyetik Ürün (gr)	Manyetik Olmayan Ürün (gr)
1.0	1.8216	3.1784
1.5	2.1006	2.8994
2.0	2.1771	2.8229
2.5	2.2015	2.7985

Çizelgeden görüldüğü üzere en uygun akım miktarı 2.0 Amper olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon deneyleri sırasında en uygun su debisinin $760\text{ cm}^3/\text{dakika}$ olduğu tespit edilmiştir.

Davis tüpü ile gerçekleştirilen deneylerde izlenen yöntem şu şekildedir. İçerisi su dolu olan tüpe flotasyon ürünlerinden alınan numune verilmeden önce, kumanda

panosundan bobinlere akım verilmek suretiyle manyetik alan oluşturulmuştur. Yine bu panoda bulunan tüp hızı ayar düğmesi ile tüp hareketlendirilmiş ve numune tüpe dikkatlice boşaltılmıştır. Numune içerisindeki manyetik ürünler oluşturulan manyetik alanın neticesinde, manyetik bobinlerin merkezine yakın yerlerde tüp içerisinde tutulurken, manyetik olmayan ürünler ise yıkama suyu ile birlikte alt çıkıştan tüptü terketmektedir. Bu manyetik olmayan ürün ikinci kez tüpten geçirilmiş, içerisine kaçmış olabilecek manyetik malzemenin kazanımına gidilmiştir. Tüpten alınan ürünler kurutulup Gec Avery marka tartıda 0.1 mg hassasiyetle tartılmış ve manyetik içerikleri hesaplanmıştır. Manyetik olmayan son ürün kullanılmak suretiyle de flotasyon ürünlerinin kül analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.5. Kül Analizleri

Kül analizleri için kömür numuneleri Lenton marka fırında yakılmıştır. Krozelerin boş ve dolu tartımları, 0.1 mg hassasiyetle tartabilen Gec Avery marka tartıda gerçekleştirilmiştir. Kömür numunelerinin kül analizinden önceki öğütülme işlemi, Ünal Mühendislik ve Mak. Sanayi yapımı halkalı değirmende yapılmıştır.

Krozeler önce kuru olarak temizlenmiştir. Sonra fırında 800 °C'de 1 saat süre ile boş olarak bekletildikten sonra, 45 dakika desikatörde tutulup soğumaları sağlanmıştır. Krozelerin boş tartımları alınıp, içerisine yaklaşık 1 gr. öğütülmüş kömür numunesi yerleştirilmiş ve tartım tekrarlanmıştır. Bu arada sıcaklığı düşürülen fırına dolu krozeler yerleştirilmiş ve fırının sıcaklığı 800 °C'ye yavaş yavaş yükseltilmiştir. Fırında bu sıcaklıkta krozeler yaklaşık 2-3 saat tutulmuştur. Krozeler arasıra fırından çıkarılıp ince bir tel ile karıştırılmıştır. Kroze içindeki kömürde hiç siyahlık kalmadığı anda, kömürün tam olarak yandığından emin olunmuş ve krozeler desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Burada yaklaşık 1 saat tutulan krozelerin tartımları yapılmış ve krozenin boş ve dolu ilk tartım değerleri kullanılarak numunelerin kül oranları hesaplanmıştır.

BÖLÜM DÖRT

BULGULAR

Bu bölümde, Tunçbilek lavvarında siklon alt ve üst akımları elek altı ürünlerindeki manyetit ve kömürün, manyetit ve kömür kayıplarını azaltmak amacıyla, flotasyonla ayrılmasına yönelik olarak bir seri flotasyon testi yapılmıştır.

Bu testler;

- a- Kömürün en iyi yüzme şartlarının belirlenmesi amacıyla öncelikle lavvara beslenen kömürle,
- b- Manyetitin kömürden ayrılması için en iyi şartların belirlenmesi amacıyla simule kömür+manyetit karışımıyla,
- c- Lavvar süzme-yıkama elek altı ürünleri olan manyetit ve kömürün birbirlerinden ayrılması için en iyi şartların belirlenmesi amacıyla lavvardan alınmış gerçek numunelerle gerçekleştirilmiştir.

4.1. Tunçbilek Lavvarına Beslenen Tüvenan Kömür ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Tunçbilek Lavvarına beslenen tüvenan kömür ile gerçekleştirilen flotasyon deneyleri, iki aşamada incelenmiştir. İlk aşamada kömürün gazyağı ve köpürtücü varlığında optimum yüzme koşulları incelenmiş, ikinci aşamada kömürün selektif yüzdürülebilirliğinin artırılması amacıyla yararları daha önce tespit edilmiş olan blok kopolimerlerin gazyağı ve köpürtücüye ilave olarak kullanılması ile flotasyon deneyleri yapılmıştır.

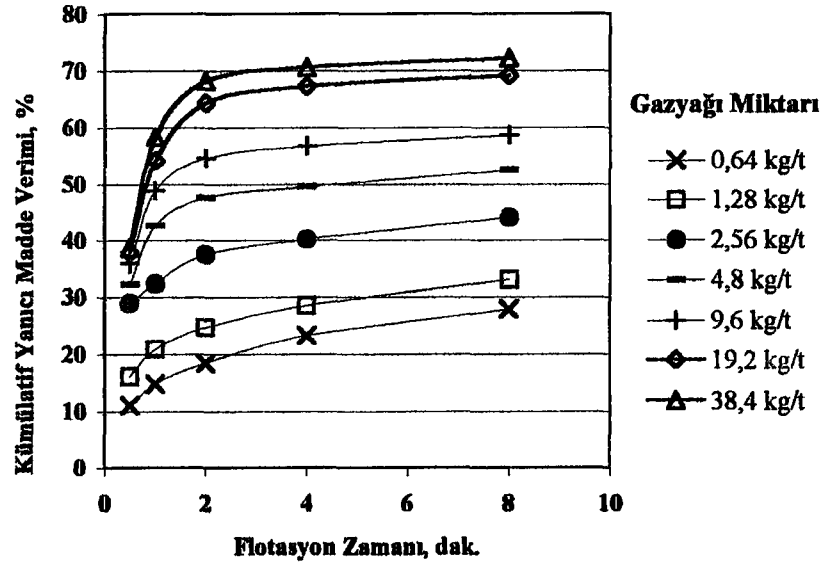
4.1.1. Gazyağı ve Köpürtücü Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Bölüm 3.2.3.1.'de anlatıldığı şekilde yapılan flotasyon deneyleri sonucunda elde edilen bulgular, EK2.1-7.'de verilmiştir. Bu tablolara göre hazırlanan grafikler ise Şekil 4.1-4.6'da gösterilmiştir.

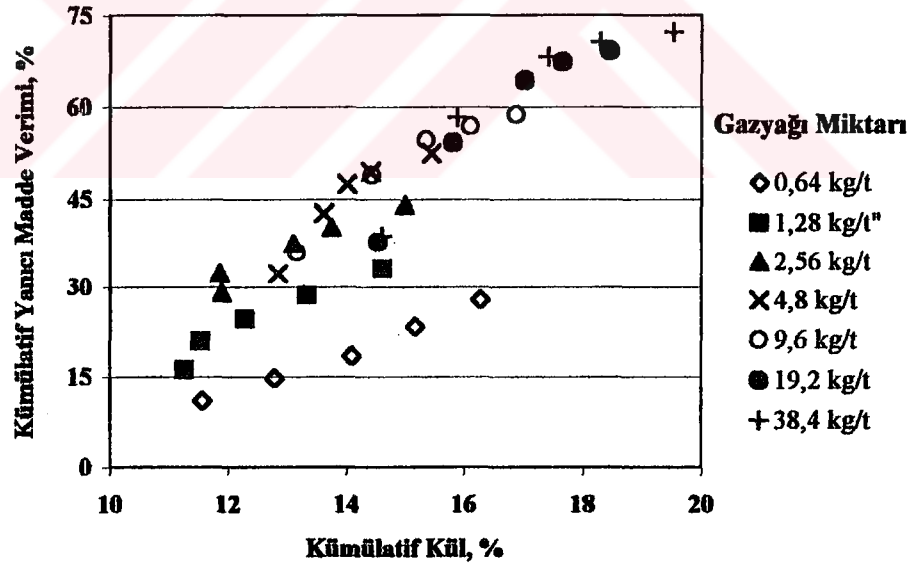
Şekil 4.1'de kümülatif yanıcı madde kazanımının flotasyon zamanı ile değişimi verilmiştir. Görüldüğü üzere gazyağı miktarındaki artışla birlikte, yanıcı madde kazanımı da artmaktadır. Bu artış 19.2 kg/t miktarına kadar düzenli bir şekilde gerçekleşirken, gazyağı miktarının 19.2 kg/t dan 38.4 kg/t a yükseltilmesi yanıcı madde veriminde önemli bir kazanıma neden olmamaktadır. Şekilden görüldüğü üzere yanıcı madde verimi 19.2 kg/t miktarında 4 dakika sonunda yaklaşık olarak %68 iken, 38.4 kg/t için bu değer %71 dir. 9.6 kg/t gazyağı miktarında ise kümülatif yanıcı madde verimi 4 dakika sonunda %57 şeklinde gerçekleşmektedir. Buradan flotasyon için en uygun gazyağı miktarının 19.2 kg/t olduğuna karar verilmiştir.

Şekil 4.1'de kömürün kümülatif yanıcı madde verimi zamanla artmaktadır. Ancak bu artışın miktarı 2 dakika sonunda azalmakta ve 4 dakikadan sonra kümülatif yanıcı madde veriminde çok önemli artışlar sağlanmamakta, fakat yüzen ürüne gelen mineral madde miktarı giderek artmaktadır. Örneğin şekilden de görüldüğü üzere 4 dakika sonunda kümülatif yanıcı madde verimi yaklaşık %68 iken, bu değer 8,0 dakika sonunda %69 dolaylarına yükselmektedir. Buradan en uygun flotasyon süresinin 4 dakika olduğu söylenebilir.

Şekil 4.2.'de değişik gazyağı miktarlarında sağlanan kümülatif yanıcı madde verimine karşı, elde edilen konsantrelerin kül oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere gazyağı miktarının artışına paralel olarak kümülatif yanıcı madde verimi ile birlikte kül miktarında da artış olmaktadır. Bunun nedeni artan gazyağı miktarı ile kül oluşturan mineral maddelerin de yüzmeye başlamalarıdır. Şekil 4.2.'den görüldüğü üzere 9.6, 19.2 ve 38.4 kg/t gazyağı miktarlarında 4 dakika flotasyon süresi sonunda yüzen temiz kömür konsantrelerinin yanıcı madde verimleri ve kül oranları sırasıyla, %56.8-%16.4, %67.4-%17.6 ve %70.6-%18.3'dür.



Şekil 4.1. Değişik gazyağı miktarlarında kümülatif yanıcı madde veriminin zamana göre değişimi

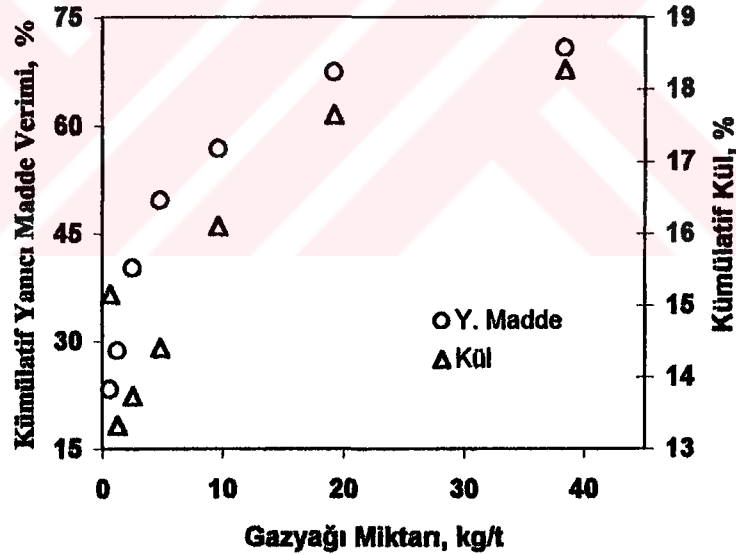


Şekil 4.2. Değişik gazyağı miktarlarında yanıcı madde verimine karşı kümülatif kül değerleri

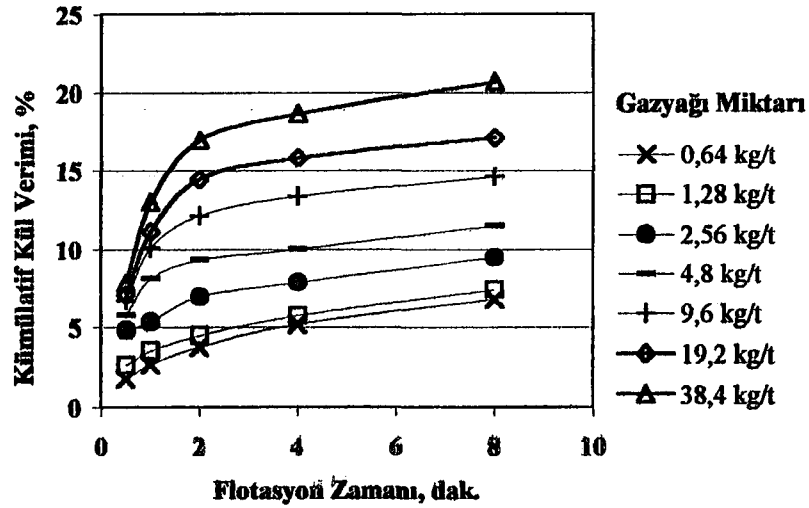
Şekil 4.3'de gazyağı miktarının değişiminin 4 dakika flotasyon süresi sonunda kümülatif yanıcı madde ve kümülatif kütle etkisi birlikte verilmiştir. Göörüldüğü üzere gazyağı miktarındaki artışa paralel olarak yanıcı madde verimi ve konsantrenin

kül oranında artış kaydedilmektedir. 9,60 kg/t gazyağı ve daha düşük miktarlarda yanıcı madde verimi, kullanılan kollektör miktarının yetersizliğinden dolayı % 60'ın altında kalmaktadır. 9.60 kg/t gazyağı miktarından daha fazla miktarlarda ise % 70'e yakın yanıcı madde verimi elde edilebilirken, paralelinde kümülatif kül değerlerinde de yükselme olmaktadır. Bu şekilden de görüldüğü üzere, 19.2 kg/t gazyağı miktarından daha fazla miktarlarda yanıcı madde veriminde çok önemli yükselme sağlanamazken, temiz kömür konsantresinin kül oranında artış gerçekleşmektedir.

Şekil 4.4'de artan gazyağı miktarının, kül oluşturan mineral maddelerin konsantreye alınma verimlerine olan etkisi gösterilmiştir. Bu şekil de göstermektedir ki, gazyağı miktarı arttıkça mineral maddelerin yüzdürülme oranı yükselmektedir. 19.2 kg/t gazyağı miktarında, besleme malındaki kül oluşumuna sebep olan mineral maddelerin yaklaşık %16'sı 4 dakika sonundaki konsantreye birlikte alınmaktadır.



Şekil 4.3. Gazyağı miktarındaki değişimin yanıcı madde ve kül oranına etkisi

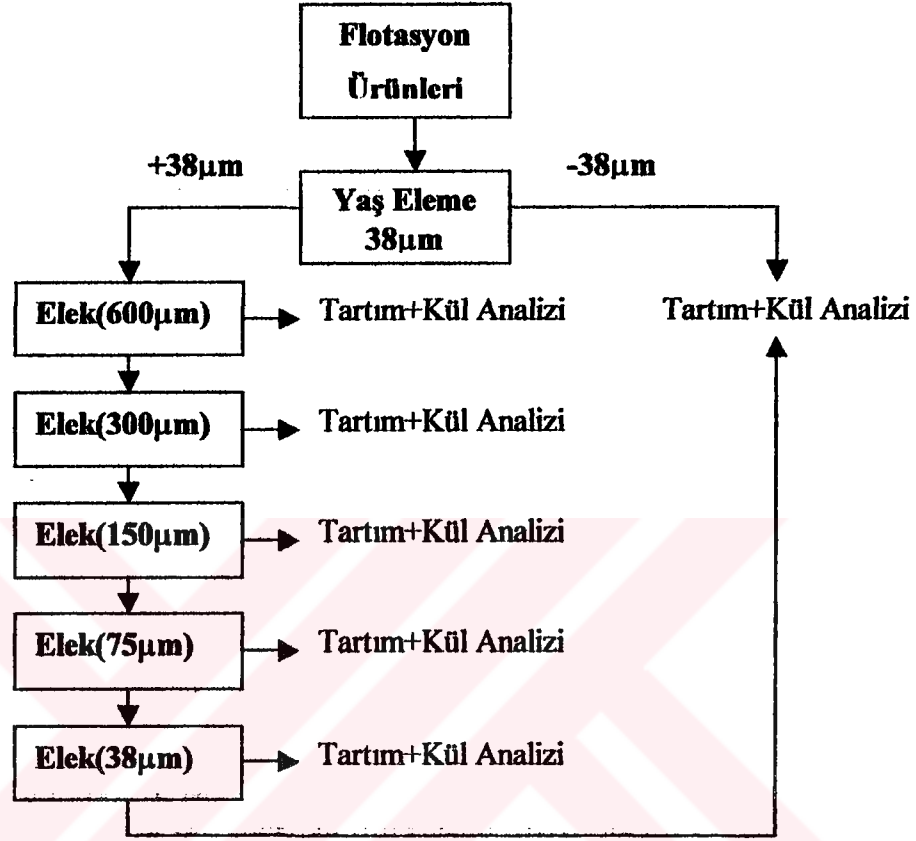


Şekil 4.4 Değişik gazyağı miktarlarında kümülatif kül veriminin zamana göre değişimi

19.2 kg/t gazyağı derişiminde 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 dakika flotasyon sürelerinde yüzen ve flotasyon sonunda batan malzemenin fraksiyonel kül ve yanıcı madde dağılımını tespit etmek amacıyla, AQG-6MU deneyi tekrarlanmıştır. Bu ürünler ilk olarak 38µm' lik elek kullanılarak yaş elenmiştir. Burada amaç çok ince fraksiyonları ayırarak kurutma esnasındaki kekleşmenin engellenmesidir. +38µm fraksiyonu kurutulduktan sonra 600, 300, 150, 75 ve 38 µm eleklerde kuru elenmiştir. -38µm fraksiyonundaki malzeme miktarı ilk yapılan yaş ve daha sonraki kuru elemelerin neticesinde elde edilen ürünlerin toplamı ile bulunmuştur (Şekil 4.5.). Daha sonra her bir fraksiyonun %ağırlık miktarları hesaplanmış ve kül analizleri Bölüm 3.2.5.'de anlatıldığı şekliyle yapılmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde yüzen ürünlerin tane iriliği, kül ve yanıcı madde ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlar Ek2.8-15 de ve Şekil 4.6.'da verilmiştir.

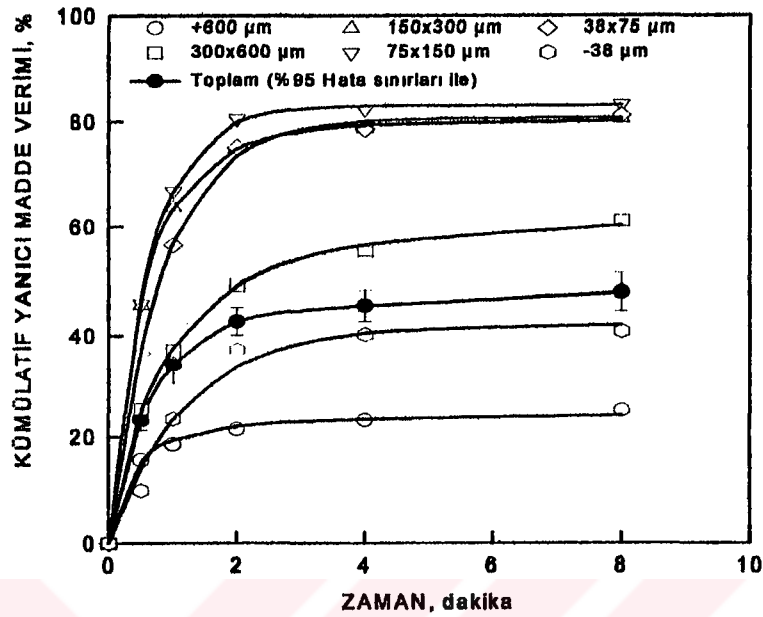
Şekil 4.6.'da görüldüğü üzere 4 dakikalık flotasyon süresinden sonra elde edilen ürünlerin yanıcı madde verimlerinde önemli bir artış gözlenmemektedir. +600 µm tane iriliğinde yanıcı madde verimi %20 ler mertebesinde iken, 75-150 µm tane iriliği fraksiyonunda yanıcı madde verimi yaklaşık %80 civarındadır. 38-75 µm ve 150-300 µm sınıf aralıklarında kümülatif yanıcı madde verimleri 4 dakika flotasyon

süresi sonunda %78 civarındadır. Buradan yanıcı madde verimleri açısından 38-300 μm fraksiyon aralığında maksimum değerler elde edildiği söylenebilmektedir.



Şekil 4.5. Flotasyon ürünlerinin fraksiyonel dağılımının tespiti işlemi akım şeması

+600 μm fraksiyonundaki yanıcı madde veriminin (%20) düşük olmasının sebebi tane iriliğinin yüksek olmasından dolayıdır. Tanenin ağırlığından kaynaklanan yerçekimi kuvveti, tane ile hava kabarcığı arasındaki adhezyon kuvvetini yenmekte ve bunun sonucunda hava kabarcıkları taneyi taşıyamamaktadır. -38 μm fraksiyonunda ise düşük yanıcı madde veriminin (%40) sebebi, kollektör adsorpsiyonu için gereken çarpışma kuvvetinin tane iriliğinin küçüklüğünden dolayı yeterli olmaması ve bu fraksiyonda yüksek olan kül oranıdır (%65.23) (EK2.15)



Şekil 4.6. AQG-6MU deneyi ile elde edilen ürünlerin fraksiyonel kümülatif yanıcı madde verimleri

Yapılan flotasyon deneylerinin tekrarlanabilirlik ölçüsünü tespit etmek amacıyla AQG-6MU deneyi 3 kez yinelenmiş ve 3 deneyde elde edilen ürünlerin %ağırlık değerleri de Şekil 4.6.'da verilmiştir. Aynı şartlarda yapılacak olan deneylerden elde edilecek %ağırlık verileri %95 olasılıkla bu aralık içerisinde gerçekleşecektir.

4.1.2. Polimer, Gazyağı ve Köpürtücü Kullanılarak Yapılan Flotasyon Deneyleri

Kömürün yüzdürülme değerlerini yükseltmek ve daha temiz bir konsantre elde etmek için polietilen oksit/polipropilen oksit (PEO/PPO) blok kopolimerler, gazyağı ve köpürtücüye ilave olarak kullanılmıştır. Çalışmalarda L-64, P-104 ve 10R-8 olmak üzere 3 değişik türde polimer denenmiştir. Polimerlerin özellikleri Bölüm 3.1.2.3.'de verilmiştir. Polimerler gazyağından önce ve gazyağı ile birlikte olmak üzere iki farklı ilave şeklinde denenmiştir. 10R-8 polimeri ayrıca gazyağında çözündürülerek de kullanılmıştır. Tüm denemelerde 58, 580 ve 5800 gr/t

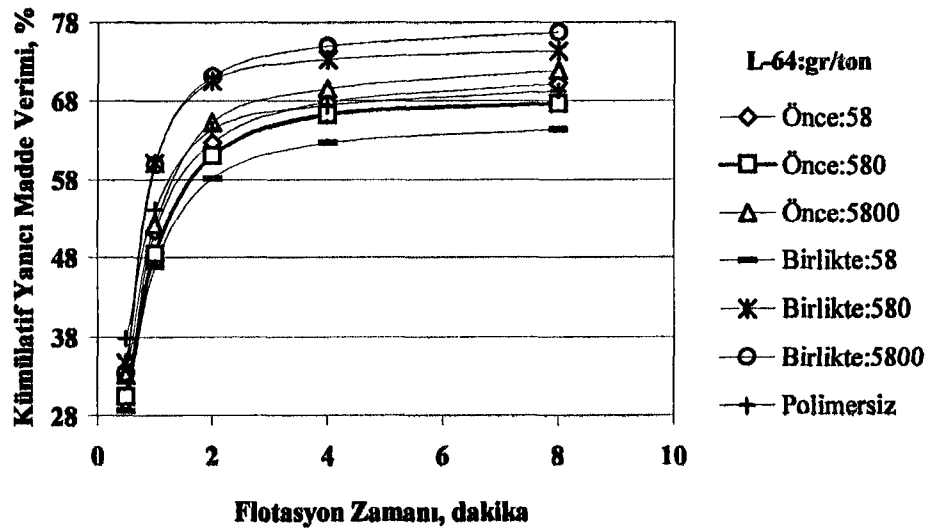
miktarlarında denenmişlerdir. Polimerlerin flotasyon işleminde kullanımları ile ilgili geniş bilgi Bölüm 3.2.3.1.'de verilmiştir.

L-64: L-64 polimerinin gazyağından önce ve gazyağı ile birlikte denendiği flotasyon deneylerinin sonuçları tablosal olarak EK2.16-21'de verilmiştir. Sonuçlarla ilgili grafikler Şekil 4.7. ve 4.8.'de verilmiştir.

Şekil 4.7.'den görüldüğü üzere L-64 polimerinin gazyağından önce flotasyon selülüne ilavesi ile yapılan deneylerde, polimersiz deneylere göre kümülatif yanıcı madde verimlerinde önemli artışlar elde edilememiştir. Şöyle ki, polimersiz 19.20 kg/t gazyağı kullanılan deneyde 4 dakika sonunda yanıcı madde verimi yaklaşık %67'dir. Polimerin önce ilave edildiği ve 58, 580 ve 5800 gr/t miktarlarında kullanıldığı üç deneyde 4 dakika sonunda elde edilen yanıcı madde verimleri sırasıyla, yaklaşık olarak %68, %66 ve %69'dur.

Polimerin gazyağı ile birlikte ilave edildiği diğer deneylerde, 580 ve 5800 gr/ton miktarlarında yanıcı madde verimlerinde artma sağlanmıştır. Söz konusu verim değerleri Şekil 4.7.'den görüldüğü gibi, sırasıyla yaklaşık olarak %73 ve %75 şeklinde gerçekleşmiştir. Buradan polimer miktarının 580 gr/ton' dan 5800 gr/ton' a artırılmasının flotasyon verimini arttırmadığı söylenebilir.

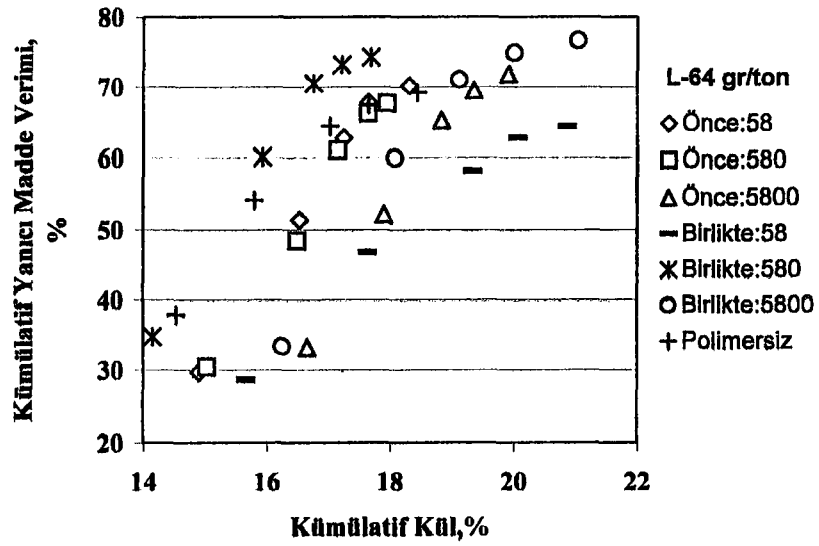
Şekil 4.8.'de gösterildiği üzere, polimersiz flotasyon deneyinde 4 dakika sonunda konsantrenin kül oranı yaklaşık olarak %17.5 iken, yanıcı madde verimi açısından en uygun değerler elde edilen polimerin gazyağı ile birlikte ilavesi (580 gr/ton) deneyinde söz konusu kül oranı yaklaşık %17'dir. Polimerin 5800 gr/ton miktarında gazyağından önce ve birlikte kullanıldığı her iki ilave şeklinde de 4 dakika sonundaki kül oranında yükselme sağlanmıştır. Söz konusu kül oranları sırasıyla yaklaşık %19.5 ve %20 civarında gerçekleşmiştir.



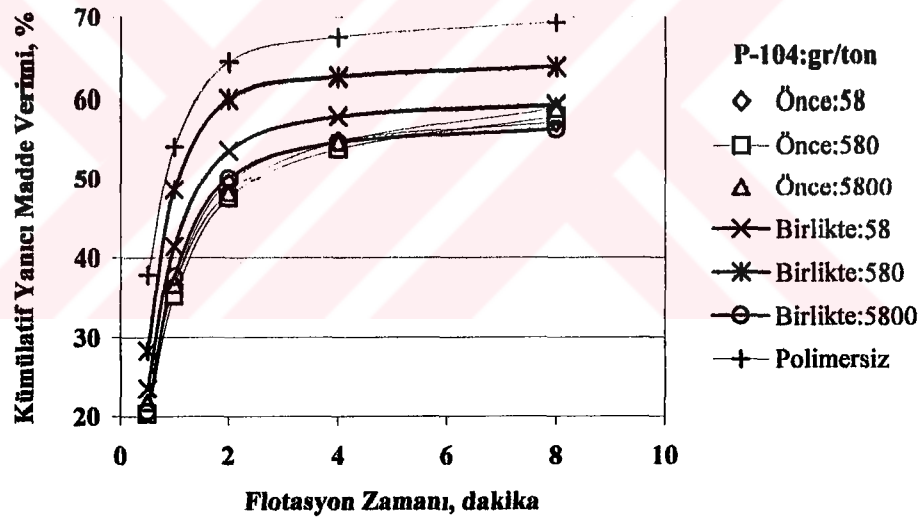
Şekil 4.7. L-64 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi

P-104: P-104 polimerinin gazyağından önce ve gazyağı ile birlikte denendiği flotasyon deneylerinin sonuçları tablosal olarak EK2.22-27’de verilmiştir. Sonuçlarla ilgili grafikler Şekil 4.9. ve 4.10.’da verilmiştir.

Şekil 4.9.’dan görüldüğü üzere P-104’ün hem gazyağından önce hem de gazyağı ile birlikte kullanıldığı deneylerin tümünde kümülatif yanıcı madde verimi, polimersiz deneyde elde edilen verim değerinin altında gerçekleşmiştir. Buradan polimerin kömürün yüzdürülmesini olumsuz yönde etkilediği açıkça söylenebilir. Polimerin gazyağı ile birlikte 580 gr/ton miktarlarında denendiği denemelerde yanıcı madde verimleri diğer polimerli deneylere göre yüksek gerçekleşmiştir. Söz konusu verim değeri yaklaşık %63 civarındadır.

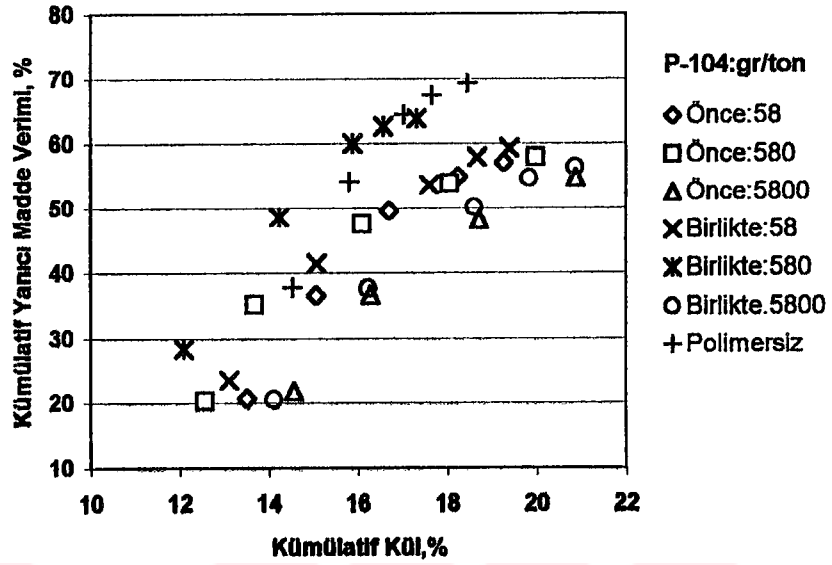


Şekil 4.8. L-64 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi



Şekil 4.9. P-104 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi

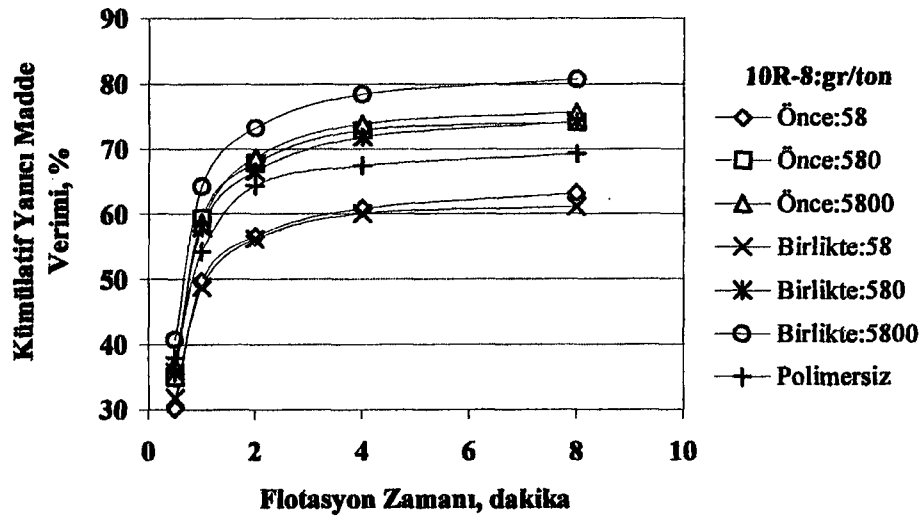
Şekil 4.10.'da ise P-104 polimerinin kullanıldığı deneylerde yüzdürülen kömürün kül oranının, polimersiz deneye göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Buradan P-104'ün mineral maddelerin yüzdürülmesine katkıda bulunduğu söylenebilir.



Şekil 4.10. P-104 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi

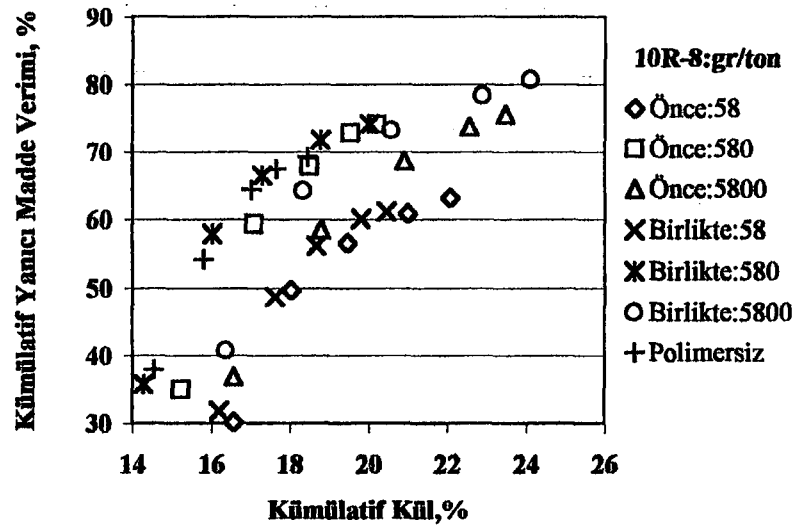
10R-8: 10R-8 polimerinin gazyağından önce ve gazyağı ile birlikte denendiği flotasyon deneylerinin sonuçları tablosal olarak EK2.28-33'de, gazyağında çözündürülüp denendiği deneylere ilişkin veriler ise EK2.34, 35 ve 36'da verilmiştir. Sonuçlarla ilgili grafikler Şekil 4.11., 12., 13., ve 14.'de verilmiştir.

Şekil 4.11.'de gösterildiği gibi 10R-8 polimerinin 58 gr/ton miktarlarında kullanıldığı ve gazyağından önce ve birlikte ilave edildiği durumlarda yanıcı madde verimleri, polimersiz deneyde elde edilen neticeden aşağıda gerçekleşmiştir. Diğer miktarlarda ise verim değeri daha yüksek değerlerdedir. 5800 gr/ton miktarında kullanıldığı ve gazyağı ile birlikte ilave edildiği deneyde 4 dakika sonunda yanıcı madde kazanımı %78 civarındadır.



Şekil 4.11. 10R-8 polimeri ilavesinin yanıcı madde verimine etkisi

Şekil 4.12.'den görüldüğü üzere 10R-8 en yüksek yanıcı madde verimlerinin elde edildiği ve 5800 gr/ton miktarlarında yağdan önce ve yağla birlikte kullanıldığı denemelerde, konsantrenin kül oranlarında yükselme gerçekleşmiştir. Polimersiz deneylerde 4dakika sonundaki kül oranı %17.5 iken, önce denendiği durumda %22.5, birlikte dendiğinde ise yaklaşık %23 oranında kül değerleri elde edilmiştir.

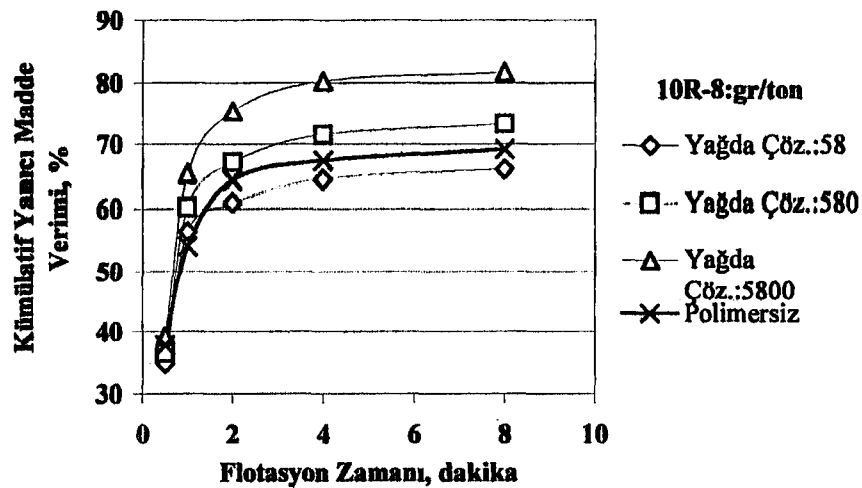


Şekil 4.12. 10R-8 polimeri ilavesinin kümülatif yanıcı madde ve küle etkisi

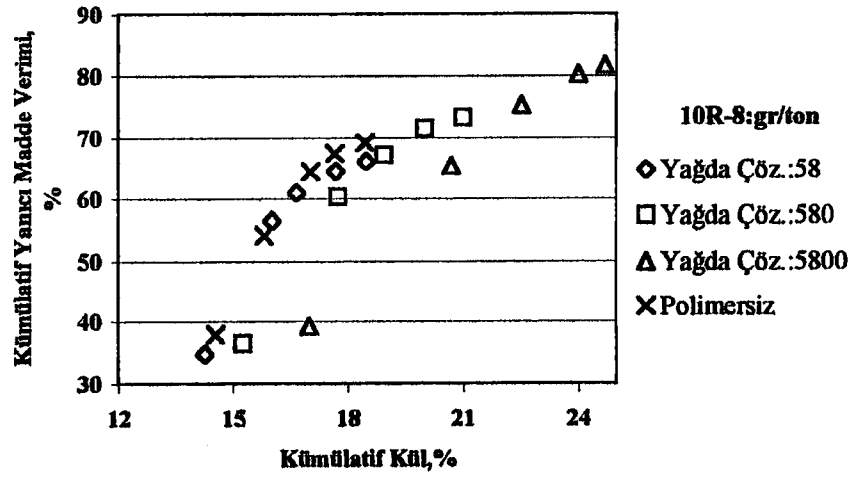
10R-8 polimeri ayrıca gazyağında çözündürülüp de kullanılmıştır. Bu deneylerle ilgili veriler EK2.34, 35. ve 36.'da sunulmuştur. Şekil 4.13. ve 4.14.'de ise sonuçlar grafiksel olarak verilmiştir.

Şekil.4.13'de görüldüğü üzere 10R-8 polimerinin 58 gr/ton miktarında yağda çözündürülüp kullanıldığı deneylerde yanıcı madde kazanımı, polimersiz deneyle yaklaşık aynı değerlerdedir. Diğer iki deneyde ise yanıcı madde kazanım değerlerinde yükselme kaydedilmiştir. 580 ve 5800 gr/ton miktarlarında kullanıldığı deneylerde sırasıyla yaklaşık %72 ve %80 civarında verim değerlerine ulaşılmaktadır. Ancak bu artış miktarı polimerin gazyağı ile birlikte ilave edildiği deney sonucuna çok yakındır. Şöyleki, polimerin 5800 gr/ton miktarında kullanılarak yağla birlikte ilave edildiği deneyde 4 dakika sonundaki yanıcı madde verimi %78'dir.

Şekil 4.14..' den açıkça görüldüğü üzere polimerin yağda çözündürülüp kullanıldığı deneylerde polimersiz deneye göre yanıcı madde veriminde artma kaydedilirken, konsantreye alınan kül oluşturan maddelerinde oranın da yükselme gerçekleşmektedir. Şöyleki, polimersiz deneyde 4 dakika sonundaki kül oranı %17.5 iken, 580 ve 5800 gr/ton miktarında polimer yağda çözündürülüp kullanıldığında kül oranları sırasıyla, %20 ve 24 dır. Buradan bu polimerin kül oluşturan maddelerin de yüzmesini sağladığı söylenebilir.



Şekil 4.13. Yağda çözünen 10R-8 polimerinin yanıcı madde verimine etkisi



Şekil 4.14. Yağda çözünen 10R-8'in yanıcı madde kazanımına karşı kül oranları

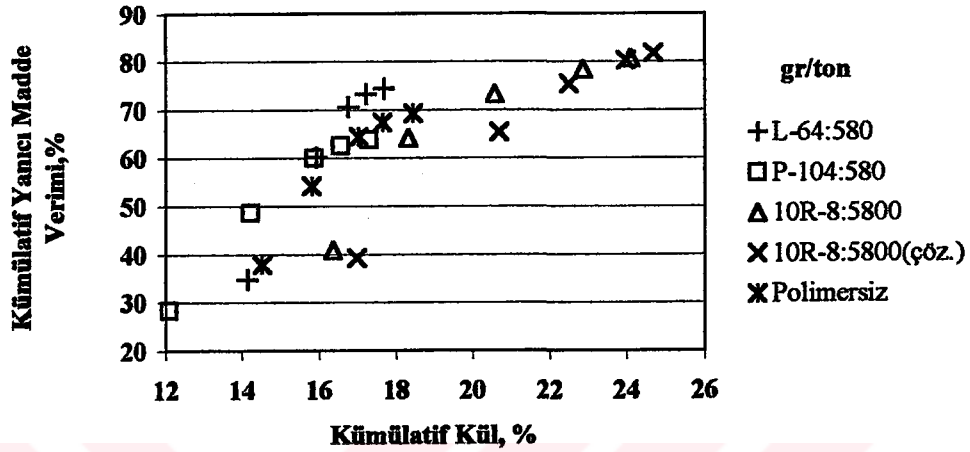
Polimerler ile Elde Edilen En İyi Sonuçların Karşılaştırılması:

Denenen 3 değişik polimerin flotasyonda kullanımı ile elde edilen en iyi sonuçlar, polimersiz gerçekleştirilen flotasyon sonuçları ile Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir. L-64 ve P-104 polimerleri flotasyon selülüne gazyağı ile birlikte emülsifiye edilerek 580 gr/ton miktarlarında, 10R-8 polimeri yağla birlikte ve yağda çözündürülerek 5800 gr/ton miktarında kullanıldığı deney sonuçları Şekil 4.15.'de verilmiştir.

Şekil 4.15.'den görüldüğü üzere P-104 polimerinin flotasyon verimine bir katkısı yoktur. L-64 polimeri ise yanıcı madde veriminde polimersiz deneye göre yaklaşık %6 oranında artış gerçekleştirirken, konsantrenin kül oranında çok az düşüş sağlanmıştır. 10R-8 polimerinin gerek yağla birlikte ilavesinde gerekse yağda çözündürülüp ilavesinde, yanıcı madde veriminde yaklaşık %11-13 oranında yükselme kaydedilmektedir. Ancak bu polimer, polimersiz deneye göre konsantrenin kül oranında yaklaşık %5-7 oranında artış gerçekleştirmektedir. Buradan flotasyon için en uygun polimerin L-64 olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.1. Polimerlerin Karşılaştırılması (gr/ton) (Flotasyon Süresi:4 dak.)

	<u>Polimersiz</u>	L-64 580	P-104 580	10R-8	
				5800	5800 (çöz.)
Yan.Mad.Verimi %	67,39	73,25	62,61	78,39	80,30
Kül Oranı, %	17,65	17,21	16,56	22,88	24,00



Şekil 4.15. Polimerler ile elde edilen en iyi sonuçların karşılaştırılması

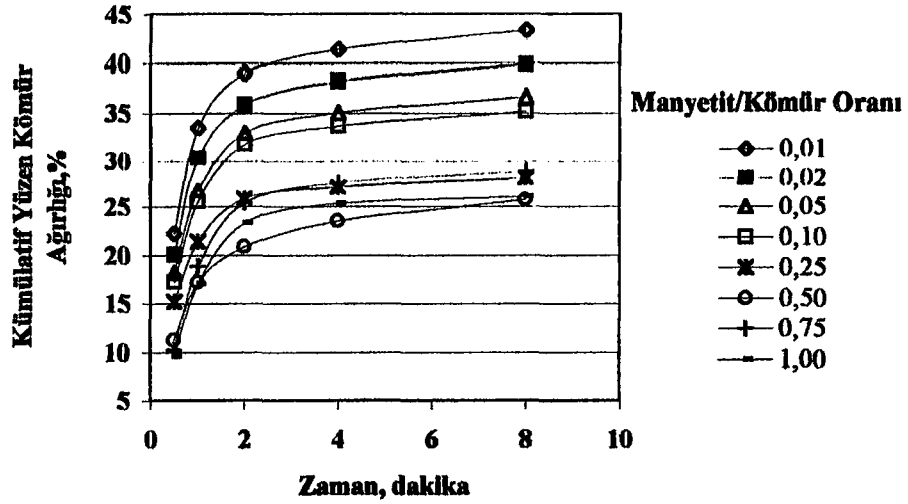
4.2 Tüvenana Kömür ve Manyetit Karışımı ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Çalışmanın bu bölümünde, ağır ortam siklon devresi süzme ve yıkama elekleri alt ürünlerine benzer özelliklerde ürün elde edebilmek için, Tunçbilek Lavvarı'na beslenen tüvenan kömür ile önceden hesaplanan miktarlarda manyetit karıştırılıp, sentetik kömür ve manyetit karışımları elde edilmiştir. Manyetitin kömür flotasyonuna olan etkisinin ve flotasyonla manyetitin kömürden ayrılma durumunun belirlenmeye çalışıldığı denemelerle ilgili geniş bilgi Bölüm 3.2.3.2.'de verilmiştir.

Manyetit ve kömür karışımları ile elde edilen sonuçlar EK3.1-8.'de verilmiştir. Sonuçların grafiksel gösterimleri ise Şekil 4.16-23'de verilmiştir.

Şekil 4.16.'dan açıkça görüldüğü üzere hazırlanan karışımdaki manyetit miktarı arttıkça, yüzdürülen kömürün kümülatif %ağırlık değerleri orantılı olarak

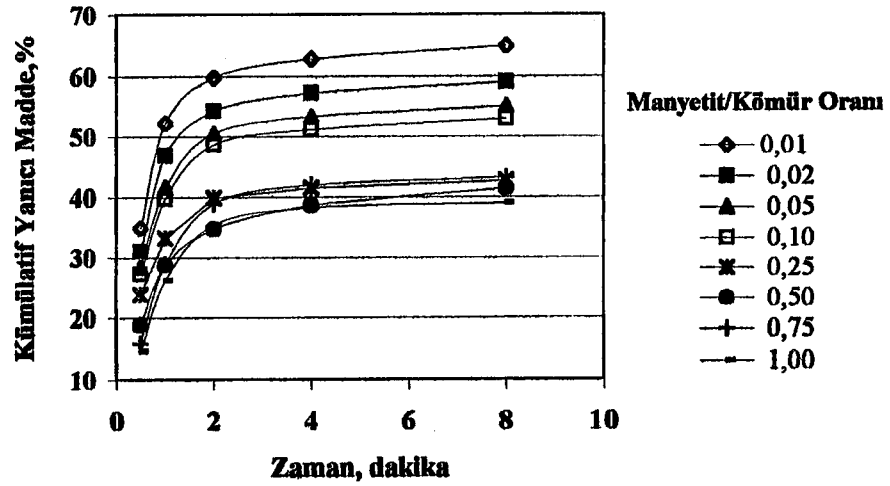
azalmaktadır. Özellikle manyetit/kömür (M/K) oranı 0.10 dan daha yüksek oranlarda, söz konusu azalma daha belirgindir.



Şekil 4.16. Manyetit/Kömür oranının kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi

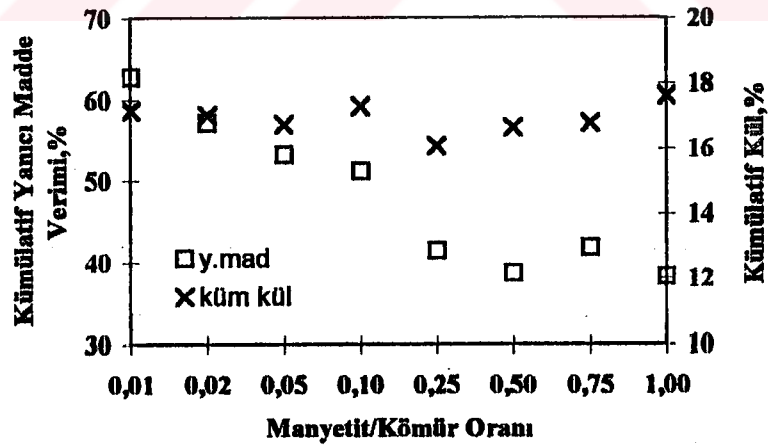
Şekil 4.17.'den görüldüğü üzere manyetit ve kömür karışımının manyetit oranı arttıkça, yanıcı madde verimi de azalmaktadır. Bunun nedeni, karışımındaki artan manyetit miktarı ile birlikte kömür taneleri ve hava kabarcıkları arasındaki contağın miktarının ve süresinin azalması şeklinde açıklanabilir. Aynı zamanda gazyağının yoğunluğunun sudan hafif olduğu için, söz konusu kömür ve köpük teması yeterince gerçekleşmeden yağın flotasyon selülünde pülpün yüzeyine çıkması ve alman köpükle birlikte selül dışına alınması, yani selüldeki efektif gazyağı konsantrasyonunun düşmesi, kömürün yüzdürülme oranını azaltmaktadır.

Şekil 4.17.'den görüldüğü üzere, 4 dakika flotasyon süresinden sonra yanıcı madde kazanımında önemli artışlar meydana gelmemektedir. Örneğin, manyetit/kömür oranı 0.25 de 4 dakika sonundaki verim değeri yaklaşık %41.5 iken, flotasyon süresinin 8 dakikaya çıkarılması durumunda verim değeri %42.5'e yükselmektedir.



Şekil 4.17. Farklı manyetit/kömür oranlarında yanıcı madde veriminin zamana göre değişimi

Şekil 4.18.'den görüldüğü gibi artan (M/K) oranına bağlı olarak yanıcı madde verimi azalırken, 4 dakika sonundaki konsantrenin kül oranında önemli değişiklikler meydana gelmemektedir. (%kül:16-18).

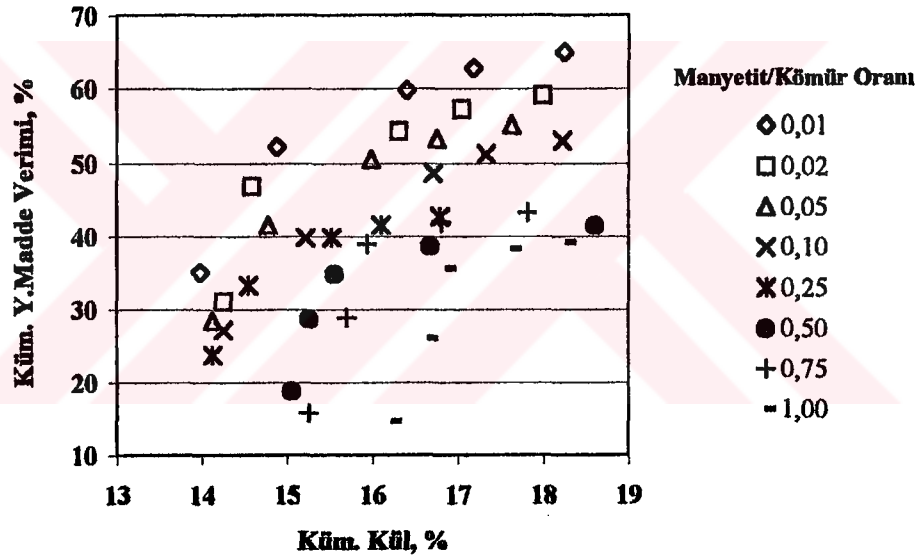


Şekil 4.18. Manyetit/Kömür oranına bağlı yanıcı madde verimi ve kül oranları

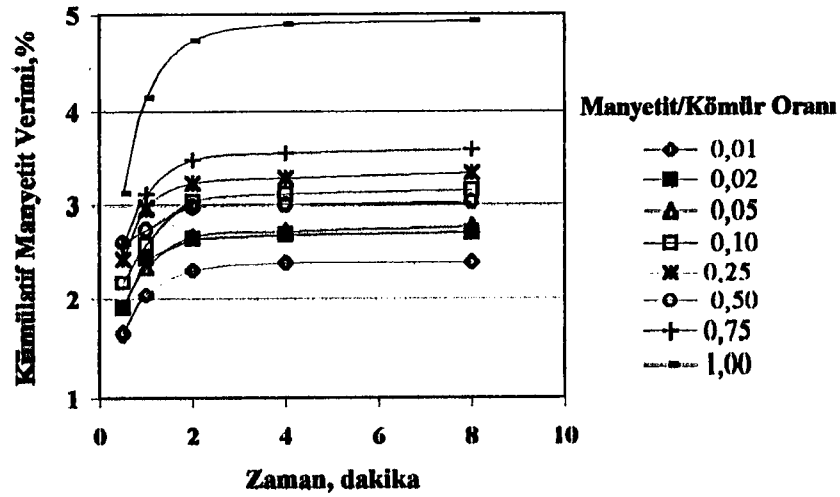
Şekil 4.19.'da (M/K) oranının kümülatif yanıcı madde ve kümülatif kül oranına etkisi verilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü üzere, (M/K) oranı arttıkça yanıcı

maddenin kümülatif kazanımı azalırken, elde edilen konsantrelerin kül oranlarında yaklaşık aynı değerlerdedir.

Şekil 4.20.'de artan (M/K) oranının kümülatif manyetit verimine etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere artan (M/K) oranı ile köpüğe transfer olan (yüzen) manyetit miktarı bariz olarak artmaktadır. Kümülatif manyetit veriminde 2 dakikadan sonra önemli artış meydana gelmemektedir. Flotasyon ürünlerine 2 dakika sonunda kümülatif olarak %2.2-3.5 oranında manyetit gelmektedir. Ancak (M/K) oranı 1.00'da manyetit veriminde ani bir sıçrayış elde edilmiş, 2 dakika sonundaki temiz kömür konsantresine selüldeki manyetitinin yaklaşık olarak %5'i gelmiştir.

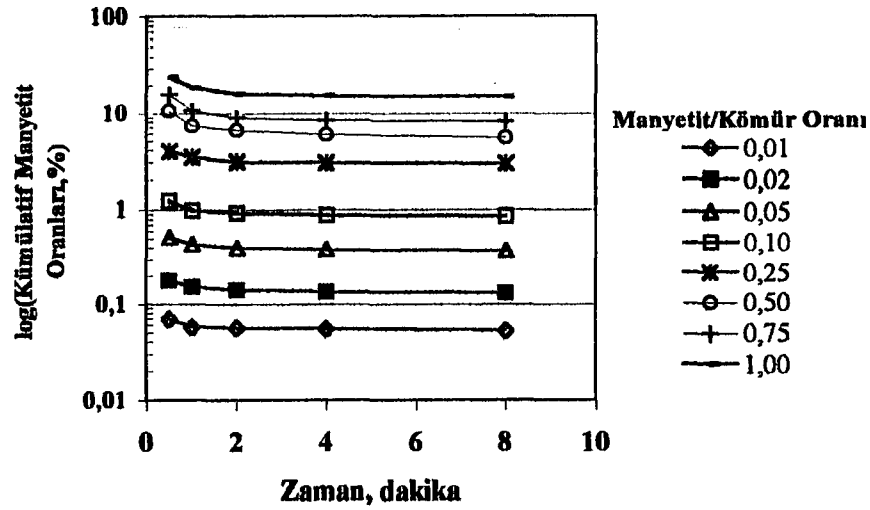


Şekil 4.19. Manyetit/Kömür oranına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları



Şekil 4.20. Farklı manyetit/kömür oranlarında manyetit veriminin zamana göre değişimi

Şekil 4.21.'de yüzen malzemedeki kümülatif manyetit oranının zamanla göreceli olarak azaldığı ve 2 dakikadan sonra yaklaşık aynı değerlerde seyrettiği görülmektedir. Şekil 4.20.'den manyetit veriminde 2 dakikadan sonra önemli artışlar gerçekleşmediği görülmüştü. Bu da manyetitin flotasyonun ilk 0-2 dakikası içerisinde, 2-8 dakika zamanına göre daha yüksek oranda temiz kömür konsantresine alındığı anlamına gelmektedir. Ayrıca Şekil 4.16. incelendiğinde yüzdürülen kömürün %ağırlığında flotasyonun ilk 2 dakikasından sonra önemli artış gerçekleşmemektedir. Buradan manyetitin 0-2 dakika arasında kömür tanelerinin arasına girmek suretiyle yüzdürülen malzemeye karıştığı söylenebilir (entrapment). 2-8 dakika arasında ise manyetit verimi az olmakla birlikte, manyetitin gerek kömürle birlikte, gerekse alınan köpük numuneleri ile gelen su tarafından yüzen ürüne karıştığı söylenebilir (entrainment).

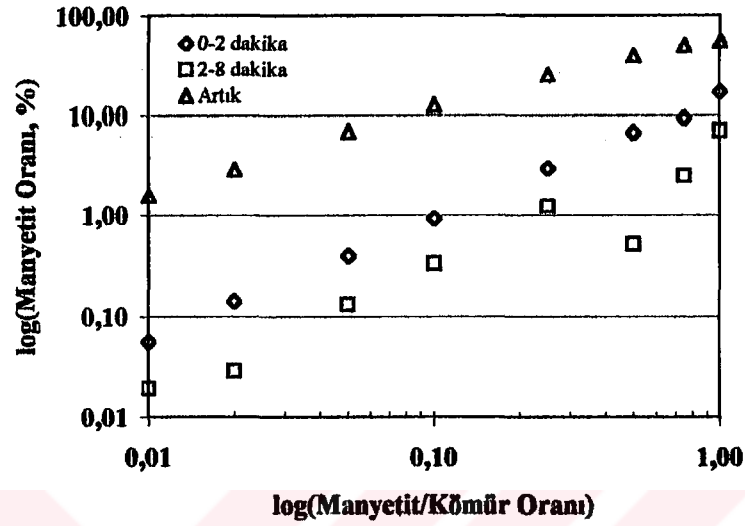


Şekil 4.21. Yüzen temiz kömür içerisindeki manyetit oranının zamana göre değişimi

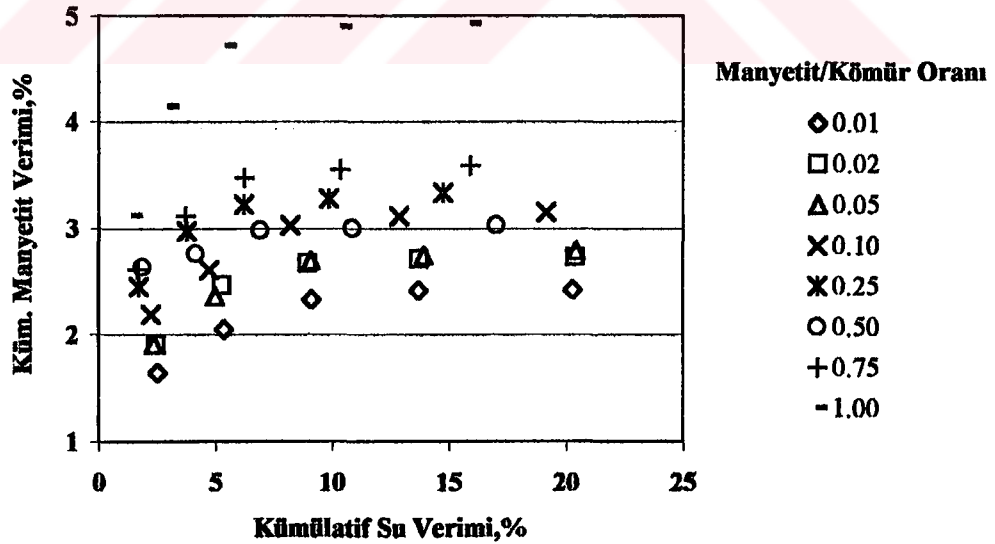
Şekil 4.22.'de manyetit/kömür oranlarına göre 0-2 dakika, 2-8 dakikada yüzen ürünlerin ve artık malzemelerinin manyetit oranları gösterilmiştir. Görüldüğü üzere her üç değerinde artan manyetit miktarına paralel olarak artmaktadır. Bu şekilde göstermektedir ki, kömür ve manyetit karışımındaki manyetit oranı arttıkça, yüzen ürünlerin manyetit oranları da yükselmektedir. Ayrıca bu şekilden de görüldüğü üzere, flotasyonun 0-2 dakikası içerisinde yüzen ürünlerin manyetit oranları, 2-8 dakikası içerisinde yüzen ürünlerin manyetit oranlarından tüm (M/K) oranları için yüksek gerçekleşmiştir. Flotasyon artıklarının manyetit oranları ise artan (M/K) oranı ile artmaktadır.

Şekil 4.23.'de kümülatif manyetit veriminin, kümülatif su verimi ile değişimi verilmiştir. Görüldüğü üzere, (M/K) oranı arttıkça su verimi azalmaktadır. (M/K) oranı 0.01-0.05 için 8 dakika sonundaki su verimi %20 değerlerinde iken, M/K oranı arttıkça su verimi değerinde azalma gerçekleşmekte ve (M/K) oranı 0.75 ve 1.00 için %16 değerlerine düşmektedir. Bunun nedeni artan (M/K) oranı ile yüzen kömür miktarı azaldığı için, daha az oranda su ürünlerle birlikte gelmektedir. Şekilden görüldüğü üzere flotasyonun 0-2 dakikaları arasında suyun %5-10'u yüzen ürünler ile birlikte alınırken, 2-8 dakikalar arasında ise suyun %10'u ürünler ile birlikte gelmektedir. Buradan, flotasyonun 2 dakikasından sonra su verimi artmaya devam

ederken, manyetit veriminde önemli artışların gerçekleşmediği ve ürünlerle birlikte alınan manyetitin büyük oranda 0-2 dakika arasında yüzen kömür ile geldiği sonucu çıkartılabilir.



Şekil 4.22. Flotasyon ürünlerindeki manyetit oranının manyetit/kömür oranına göre değişimi



Şekil 4.23. Kümülatif manyetit veriminin kümülatif su verimi ile değişimi

4.3. Ağır Ortam Siklon Devresi Süzme-Yıkama Elekleri Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresi süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin özellikleri Bölüm 3.1.1.3.'de detaylı olarak anlatılmıştır. Bu ürünler ile yapılan flotasyon deneylerinin şartları ve parametreleri Bölüm 3.2.3.2'de verilmiştir. Üst akım ve alt akım süzme-yıkama elekleri altı ürünleri için ayrı flotasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Bu ürünler ile yapılan çalışmalarda ilk olarak en uygun gazyağı miktarı, köpürtücü miktarı, karıştırma hızı ve katı oranları belirlenmiştir. Sonrasında bu belirlenen parametrelerde yapılan temel flotasyon deneyleri neticesinde elde edilen ön konsantreye temizleme ve artığa da süpürme flotasyonu uygulanmıştır. Temizleme ve süpürme kademeleri için en uygun gazyağı ve köpürtücü miktarları saptanmıştır.

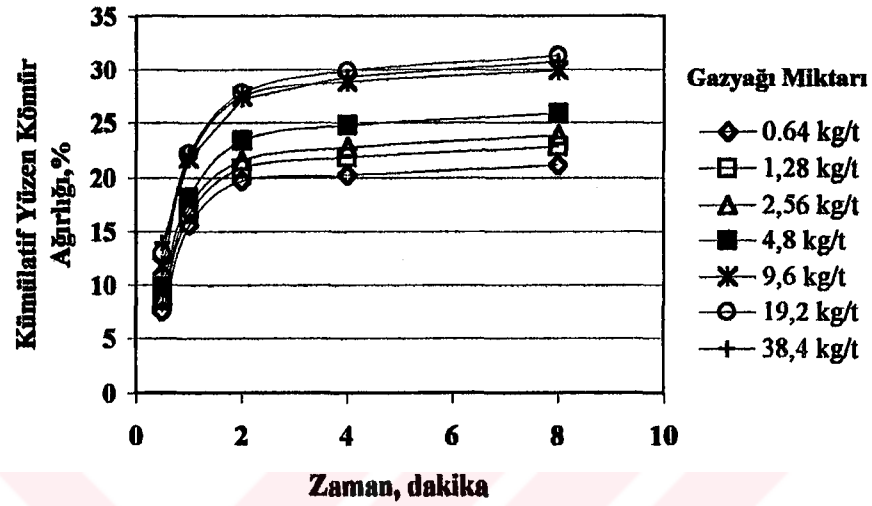
Gerek temel ve gerekse temizleme ve süpürme flotasyonu için parametrelerin belirlenmesinden sonra bu şartlara ilave olarak, Bölüm 4.1.2.'de en uygun polimer olarak belirlenen L-64, temel flotasyon ve sonrasında temizleme ve süpürme flotasyonlarında denenmiştir.

4.3.1. Üst Akım Süzme-Yıkama Elekleri Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

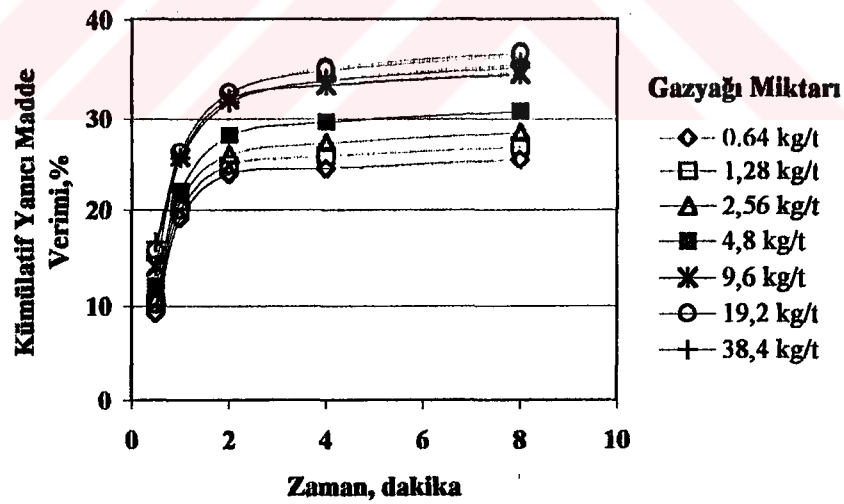
4.3.1.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti

Gazyağı 0.64, 1.28, 2.56, 4.8, 9.6, 19.2 ve 38.4 kg/ton miktarlarında denenmiş olup, sonuçları içeren tablolar EK4.1-7'de verilmiştir. Grafikler ise Şekil 4.24.-29.'da gösterilmiştir.

Şekil 4.24.'den görüldüğü üzere, gazyağı miktarının 9.6 kg/t miktarına kadar artması ile yüzdürülen kömürün %ağırlık miktarı da artmaktadır. Gazyağı miktarının 19.2 ve 38.4 kg/t'a yükseltilmesi %ağırlık miktarını önemli derecede ilerletmemektedir.



Şekil 4.24. Gazyağı miktarı değişiminin yüzen kömür miktarına etkisi

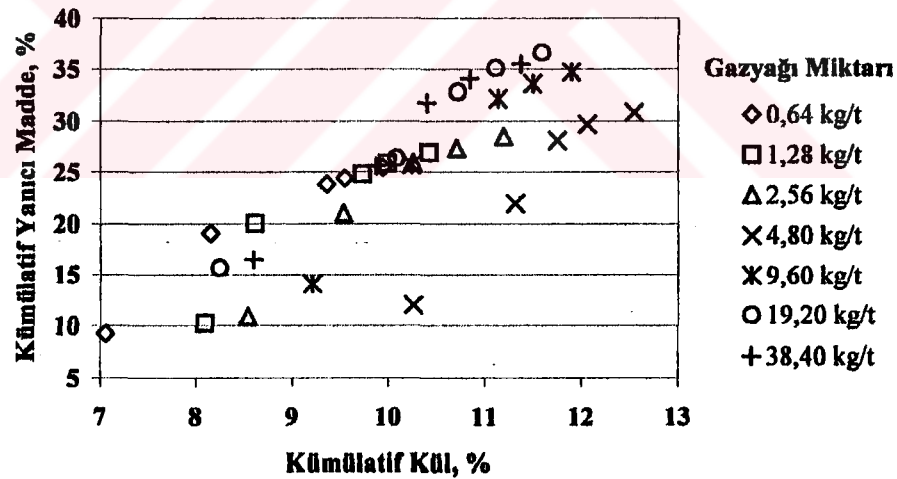


Şekil 4.25. Gazyağı miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Şekil 4.25.'de gazyağı miktarındaki değişiminin süzme-yıkama elekleri altı ürünlerdeki yanıcı madde kazanımına etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere yağ

miktarı arttıkça yanıcı madde kazanımı da yükselmektedir. Ancak 9.6 kg/t yağ miktarından daha fazla değerlerde yağ kullanımı, söz konusu verim değerini ilerletmemektedir. Şöyleki, 9.6 kg/t miktarında yanıcı madde verimi 4 dakika sonunda yaklaşık %33 civarında iken, 19.2 ve 38.4 kg/t değerlerinde verim değeri %34-35'dir. Şekilden görüldüğü üzere, flotasyon süresinin 4 dakikadan 8 dakikaya yükseltilmesi, yanıcı madde kazanımına fazla katkıda bulunmamaktadır. 9.6 kg/t miktarında yağ kullanımında 4 dakika sonundaki verim değeri %33.5 iken, 8 dakika sonundaki değer yaklaşık %34.5'dur.

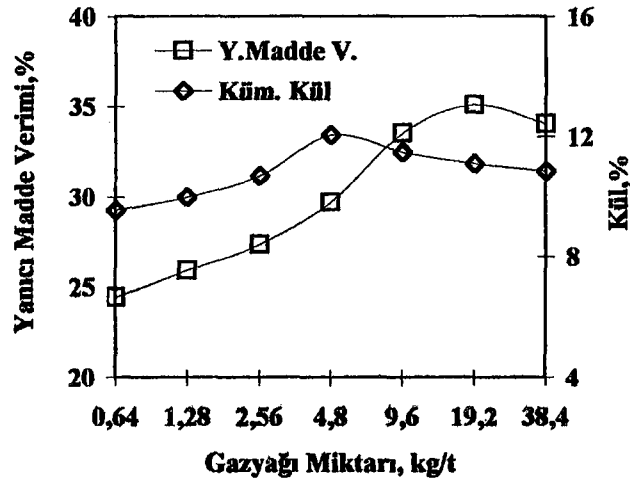
Şekil 4.26.'da değişik gazyağı miktarlarında elde edilen kümülatif yanıcı madde verimlerine karşı temiz kömür konsantresinin kül oranları verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, en yüksek yanıcı madde verimlerinin elde edildiği 9.6, 19.2 ve 38.4 kg/t miktarlarında yağ kullanıldığında 4 dakika sonundaki konsantrenin kül oranları yaklaşık olarak %10.5-11.5 arasındadır.



Şekil 4.26. Gazyağı miktarının değişiminin yanıcı madde ve kümülatif küle etkisi

Şekil 4.27.'de gazyağı miktarı ile 4 dakika sonundaki yanıcı madde ve kümülatif kül oranlarındaki değişim birlikte verilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere, yağ miktarını 9.6 kg/t değerinden daha fazla kullanmak, yanıcı madde kazanımında

önemli ilerlemeler sağlamamaktadır. Tüm gazyağı miktarlarında ise, kümülatif kül değerleri %10-12 arasında değişmektedir.

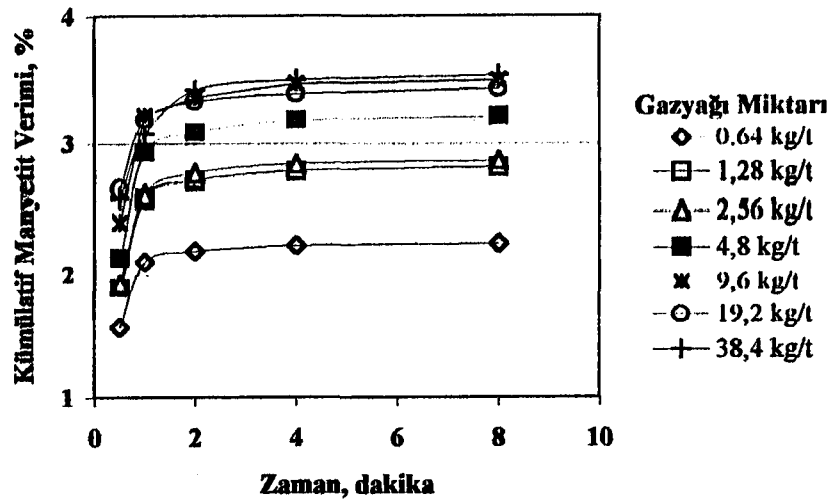


Şekil 4.27. Kümülatif yanıcı madde ve kül değerlerinin gazyağı miktarı ile değişimi

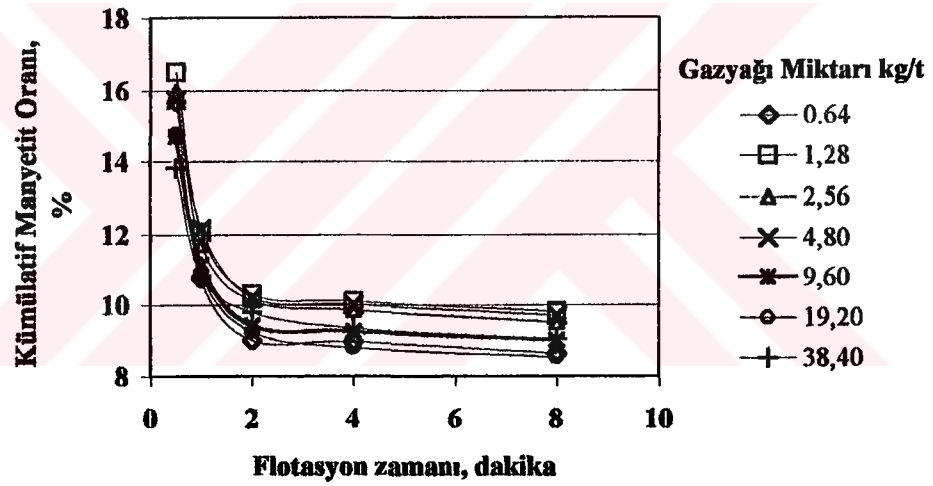
Yanıcı madde kazanımı ve elde edilen temiz kömür konsantresinin kül oranları dikkate alındığında, en uygun gazyağı miktarının 9.6 kg/t olduğu söylenebilir.

Şekil 4.28.'den görüldüğü üzere, yağ miktarının artmasına paralel olarak konsantreye alınan manyetit verimi değerinde de yükselme gerçekleşmektedir. Bunun nedeni artan yağ miktarı ile artan yüzen kömür ağırlığındandır. Manyetit taneleri yüzen kömür taneleri tarafından taşınarak yüzen ürüne gelmektedir. Manyetit verimi değerlerinde 2 dakika sonunda önemli değişiklikler gerçekleşmemektedir. Örneğin şekilden görüldüğü üzere, 9.6 kg/t yağ miktarında 2 dakika sonundaki manyetit verimi, %3.4 iken, 4 dakika sonunda %3.5'e yükselmektedir.

Şekil 4.29.'den görüldüğü üzere, temiz kömür konsantrelerindeki manyetit oranları flotasyonun ilk 0.5 dakikasında maksimum noktada bulunmakta ve zamanla yüzen ürünlerdeki manyetit oranı düşmektedir. 2-8 dakika arasında ise yüzen temiz kömür konsantresinin manyetit oranları değişmemektedir. Bunun nedeni, Şekil 4.24.'den görüldüğü üzere, 2-8 dakikalarda yüzen kömürün %ağırlık miktarında da önemli artışların olmamasıdır.



Şekil 4.28. Değişik yağ miktarlarında kümülatif manyetit verimleri



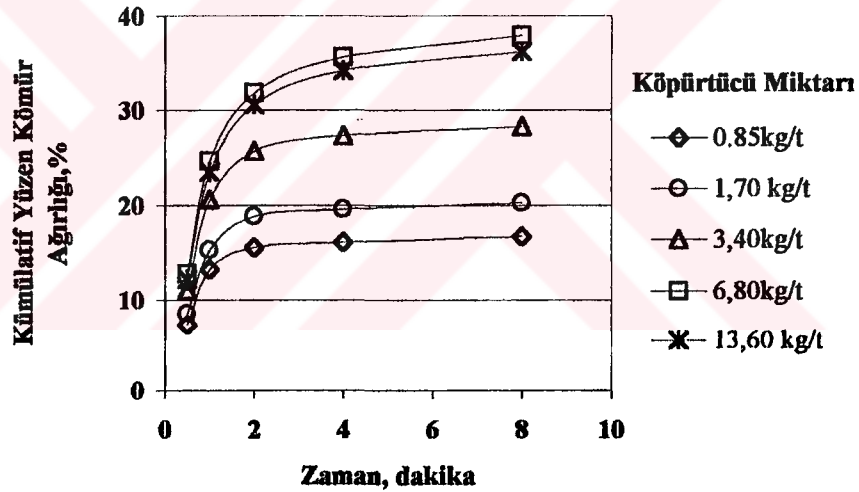
Şekil 4.29. Yüzen temiz kömürdeki kümülatif manyetit oranlarının zamanla değişimi

4.3.1.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti

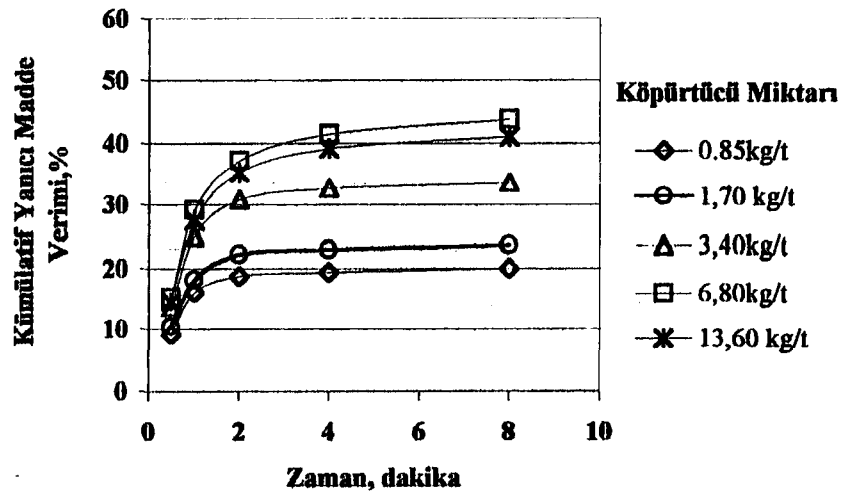
Köpürtücü reaktif olarak kullanılan isooktanol, 0.85, 1.70, 3.40, 6.80, ve 13.60 kg/ton miktarlarında denenmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçları gösteren tablolar EK4.8-12.'de verilmiştir. Bu tablolardaki verilerden yararlanılarak çizilen grafikler ise Şekil 4.30-35.'de gösterilmiştir.

Şekil 4.30.'dan görüldüğü üzere, köpürtücü miktarı arttıkça, kümülatif yüzen kömürün %ağırlık değerinde de paralelinde yükselme sağlanmaktadır. Ancak şekilden de görüldüğü üzere, köpürtücü miktarını 6.80 kg/t'dan 13.60 kg/t'a yükseltmek yüzen kömür miktarını arttırmamaktadır.

Şekil 4.31.'de köpürtücü miktarındaki değişime göre yanıcı madde kazanım değerlerindeki zaman göre değişim gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, köpürtücü miktarındaki yükselme yanıcı madde verimindeki yükselmeye neden olmaktadır. Ancak köpürtücü miktarının 13.60 kg/t'a yükseltilmesi, yanıcı madde verimini arttırmamakla birlikte, 6.80 kg/t köpürtücü değerinden daha düşük verim değerleri elde edilmiştir.

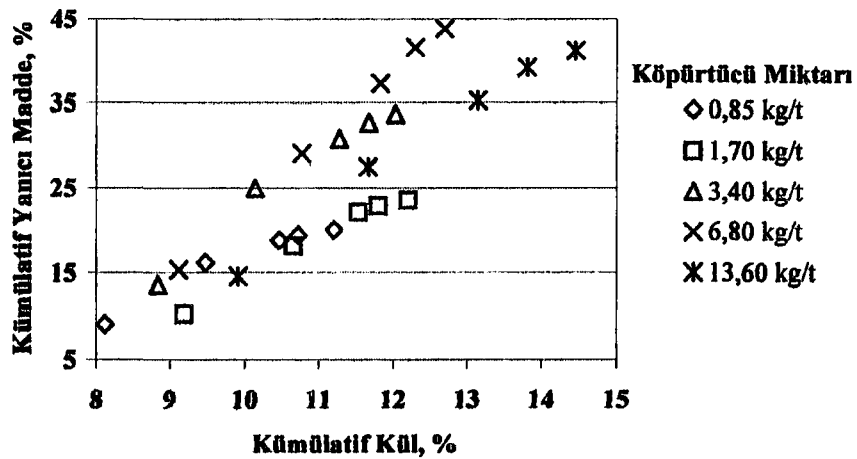


Şekil 4.30. Değişik köpürtücü miktarlarında kümülatif yüzen kömür ağırlığının zamanla değişimi



Şekil 4.31. Köpürtücü miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

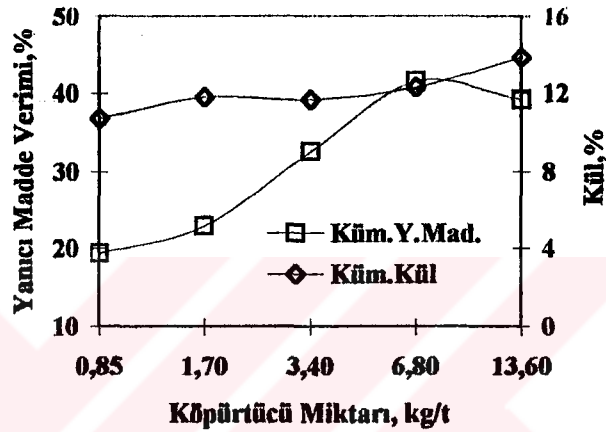
Şekil 4.32.'den görüldüğü üzere, 6.80 kg/t miktarından daha düşük köpürtücü miktarlarında, yetersiz köpük oluşumundan dolayı verim değerleri düşük çıkmaktadır. Köpürtücü miktarını 13.60 kg/t'la yükseltmek ise, yanıcı verimini arttırmadığı gibi, konsantrenin kül oranını yükseltmektedir. Şöyle ki, 6.80 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika sonundaki kül oranı %12.7 iken, 13.60 kg/t miktarında ise %14.5'e yükselmektedir. Buradan aşırı köpürtücü miktarının mineral maddelerinde yüzmesine sebep olduğu söylenebilir.



Şekil 4.32. Kümülatif yanıcı madde veriminin kümülatif kül ile değişimi

Şekil 4.33.'de köpürtücü miktarındaki değişimin, 4 dakika flotasyon süresi sonundaki yanıcı madde ve kümülatif kül değerlerine etkisi birlikte gösterilmiştir. Bu şekilden de görülmektedir ki, köpürtücü miktarının 6.8 kg/t miktarına kadar artmasına paralel, yanıcı madde verimi de artmaktadır. Kümülatif kül değerleri ise %11-14 arasında değişmektedir.

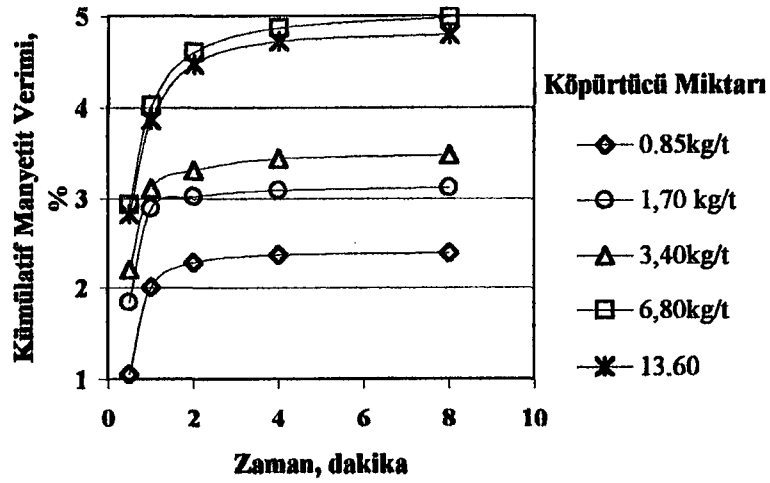
İncelenen bu grafikler göz önüne alındığında, en uygun köpürtücü miktarının 6.8 kg/t olduğu söylenebilir.



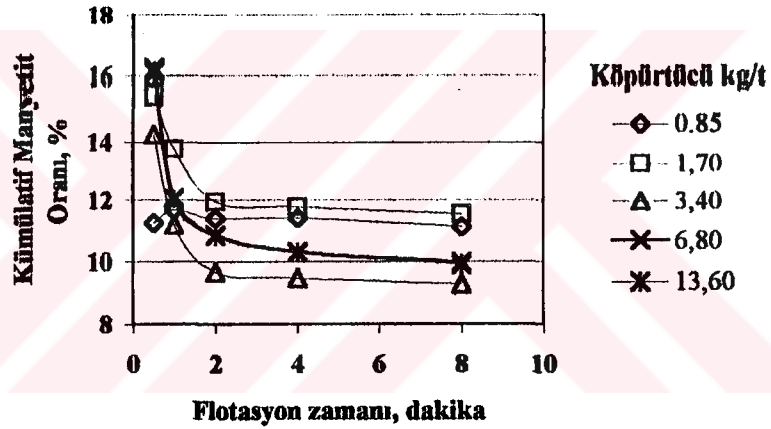
Şekil 4.33. Köpürtücü miktarının yanıcı madde ve küle etkisi

Şekil 4.34'den görülmektedir ki, köpürtücü miktarındaki artışla birlikte, konsantreye alınan manyetit miktarı da yükselmektedir. 6.80 kg/t miktarlarından daha düşük değerlerde, 2 dakika sonundaki manyetit verimleri %2.2-3.2 arasında değişmekte iken, 6.8 ve 13.6 kg/t köpürtücü miktarlarında manyetit verimleri %4.5 civarındadır. Son iki köpürtücü miktarındaki yüksek manyetit verimine sebep, bu değerlerde yüksek olan yüzen kömürün %ağırlık değerleridir (Şekil 4.30.).

Şekil 4.35.'den görüldüğü üzere, flotasyonun ilk 0.5 dakikasında ürünlerin manyetit oranları, maksimumda iken, 2 dakikaya kadar oran düşmekte, 2-8 dakikalar arasında ise değişmemektedir. Yani, konsantreye gelen manyetitlerin büyük çoğunluğu, 0-2 dakikalar arasında ürünlere karışmaktadır.



Şekil 4.34. Köpürtücü miktarındaki değişimin kümülatif manyetit verimine etkisi

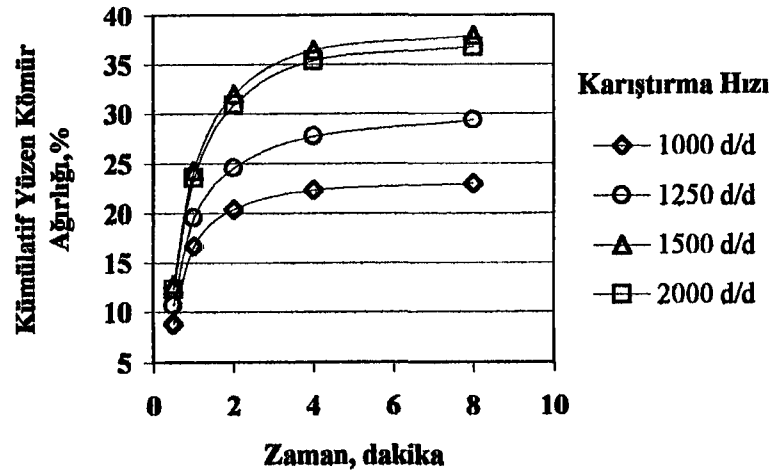


Şekil 4.35. Kümülatif manyetit oranının zamana göre değişimi

4.3.1.3. En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti

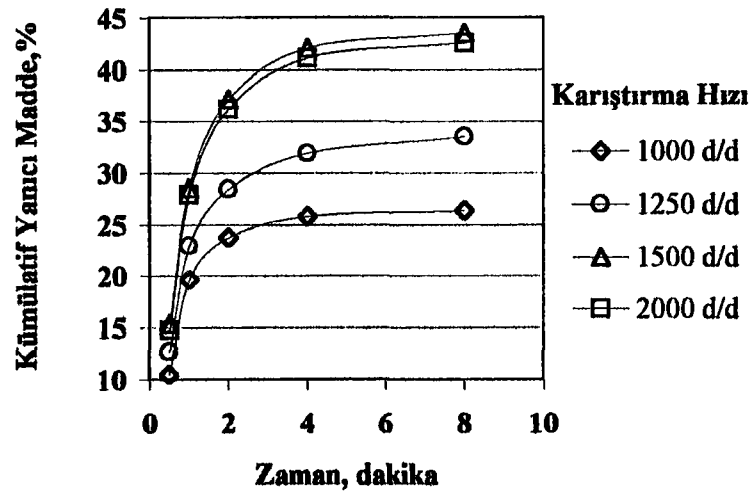
Karıştırma hızı olarak 1000, 1250, 1500 ve 2000 dev/dak hız değerleri denemiştir. Bu deneylerle ilgili tablolar EK4.13.-16.'da verilmiş olup, sonuçların grafiksel gösterimleri Şekil 4.36.-40.'da gösterilmiştir.

Şekil 4.36.'da karıştırma hızı arttıkça, yüzen kömürün %ağırlık değerlerinin de arttığı görülmektedir. Ancak hızın 1500 dev/dak değerinden 2000 dev/dak'ya yükseltilmesi yüzen kömür ağırlığına etki yapmamaktadır.



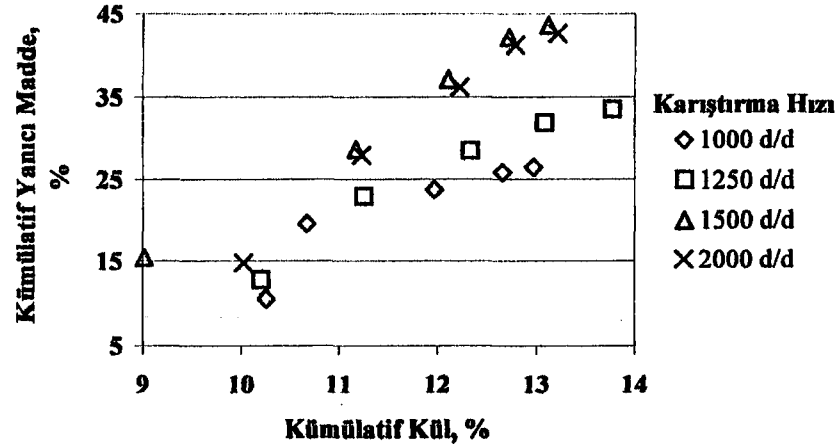
Şekil 4.36. Karıştırma hızının yüzen kömür ağırlığına etkisi

Şekil 4.37.'de karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde kazanımına olan etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere, karıştırma hızının yükselmesiyle birlikte, yanıcı madde kazanımı da artmaktadır. 1000 ve 1250 dev/dak hız değerlerinde pülpün karıştırılması yetersiz olmakta ve gazyağının pülpteki dispersiyonu da yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda tanecik ve hava kabarcığı teması zayıf olmaktadır. Bu durumlar düşük karıştırma hızlarında, kömürün yüzmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hızın 2000 dev/dak'ya çıkartılması ise yanıcı madde verimine hiçbir katkısı olmamaktadır.



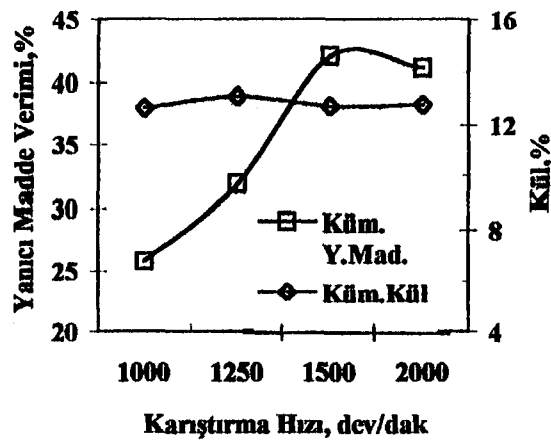
Şekil 4.37. Karıştırma hızının yanıcı madde verimine olan etkisi

Şekil 4.38.'den görüldüğü üzere, karıştırma hızının yükseltilmesi, konsantrenin kül oranlarına etki yapmamaktadır. 8 dakika sonunda tüm hız değerlerinde temiz kömür konsantrelerinin kül oranları yaklaşık %13-13.8 arasında gerçekleşmiştir.



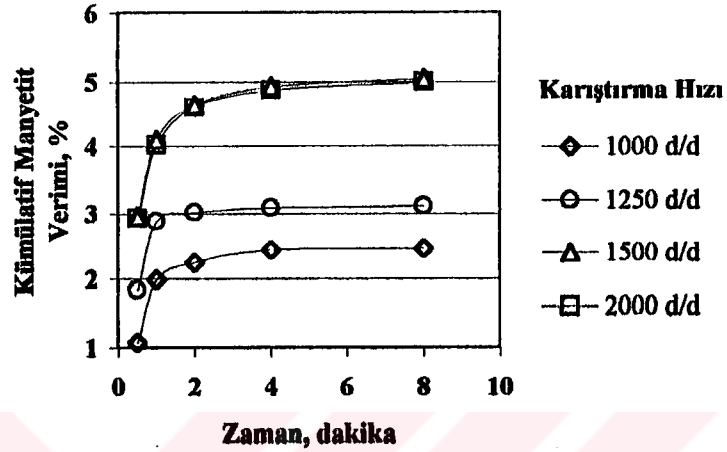
Şekil 4.38. Karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde ve kül oranları üzerindeki etkisi

Şekil 4.39.'da karıştırma hızındaki yükselmeye birlikte yanıcı madde veriminde artış sağlanırken, kül oranlarında değişikliğin sağlanmadığı görülmektedir. Hızın 2000 dev/dak'ya çıkartılması durumunda yanıcı madde verimindeki düşüklüğün sebebi, aşırı hız değerlerindeki efektif hava dispersiyonunun düşmesi ve yeni oluşan hava kabarcığı ve tanecik temasının yüksek hızdan ötürü bozulmasıdır.



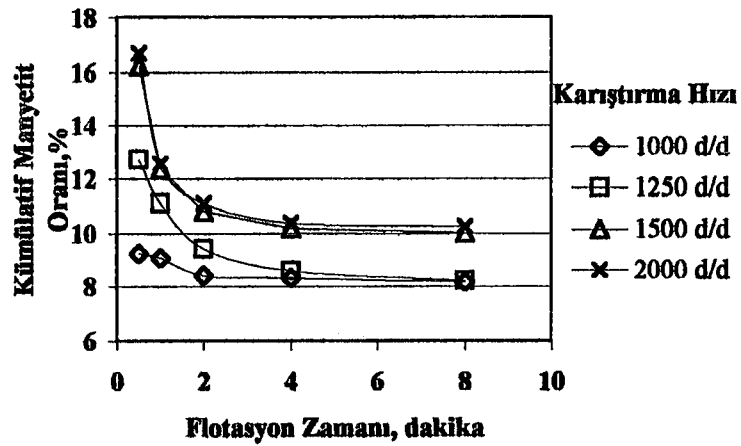
Şekil 4.39. Karıştırma hızının yanıcı madde verimi ve kül oranları üzerindeki etkisinin birlikte gösterimi

Şekil 4.40'da karıştırma hızının manyetit verimine olan etkisi gösterilmiştir. 1000 ve 1250 dev/dak hız değerlerinde, 2 dakika sonundaki manyetit verimi sırasıyla yaklaşık olarak, %2.3 ve %3 civarındadır. Hızın 1500 ve 2000 dev/dak'ya çıkartılması durumunda, manyetit verimleri %5 değerlerine yükselmektedir.



Şekil 4.40 Karıştırma hızının kümülatif manyetit verimine olan etkisi

Şekil 4.41'den flotasyonun ilk anlarında en yüksek değerlerinde olan yüzen ürünlerdeki manyetit oranlarında, 2-8 dakikalar arasında önemli değişikliklerin olmadığı görülmektedir.



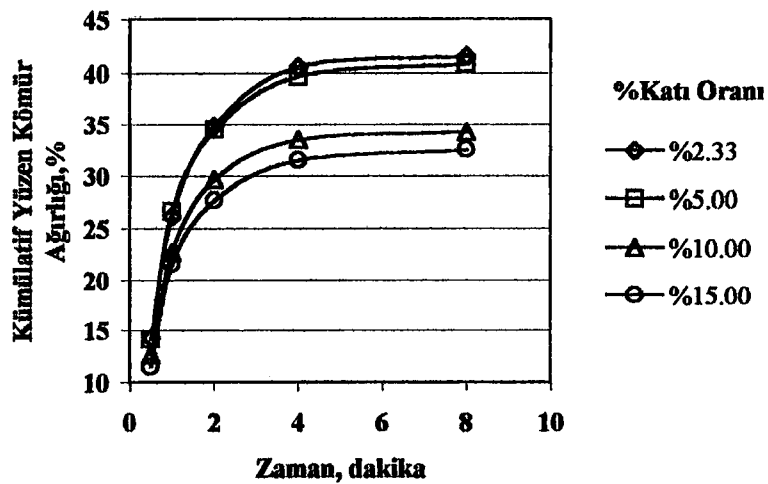
Şekil 4.41 Değişik karıştırma hızlarında manyetit oranlarının zamanla değişimi

4.3.1.4. En Uygun Katı Oranının Tespiti

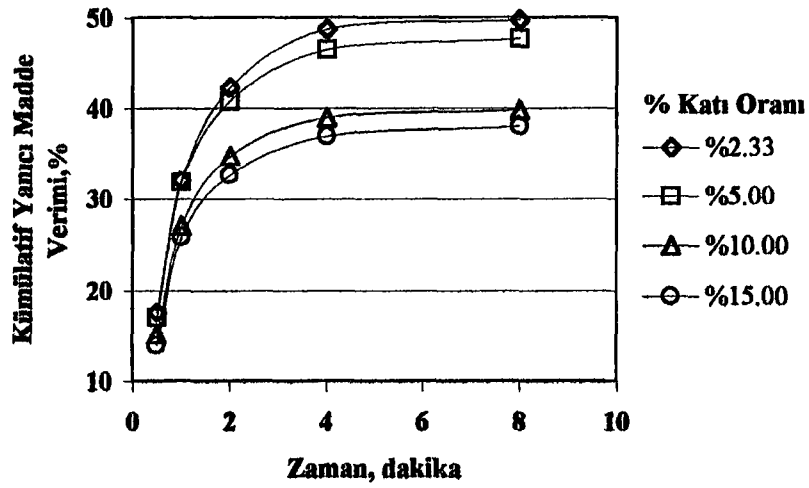
En uygun katı oranının tespitinde %2.33, %5, %10 ve %15 olmak üzere 4 farklı katı oranı denemiştir. Bunlardan %2.33 katı oranı, ağır ortam siklon devresi üst akım süzme-yıkama eleği altı ürünlerinin katı oranı değeridir. Deney sonuçları EK4.17.-20.'de verilmiştir. Deney sonuçları ayrıca grafiksel olarak Şekil 4.42-47'de verilmiştir.

Şekil 4.42'den görüldüğü üzere, flotasyon selülündeki katı malzemenin oranı düştükçe yüzen kömürün %ağırlık oranı yükselmektedir. 4 dakika sonundaki %ağırlık değerleri %10.00 ve 15.00 katı oranında %32-33 iken, katı oranı %2.33 ve 5.00'a düşürüldüğünde %40'lara yakın değerler elde edilmiştir.

Şekil 4.43'de %katı oranındaki değişimin kümülatif yanıcı madde verimine olan etkisi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, %katı oranındaki düşüş ile birlikte yanıcı madde veriminde yükselme sağlanmaktadır. %10.00 ve %15.00 katı oranlarında 4 dakika sonunda sırasıyla %39 ve %37 verim değerleri elde edilmiştir. %5.00 katı oranında %46 civarında olan verim değeri, %2.33 katı oranında ise %49 seviyelerindedir.

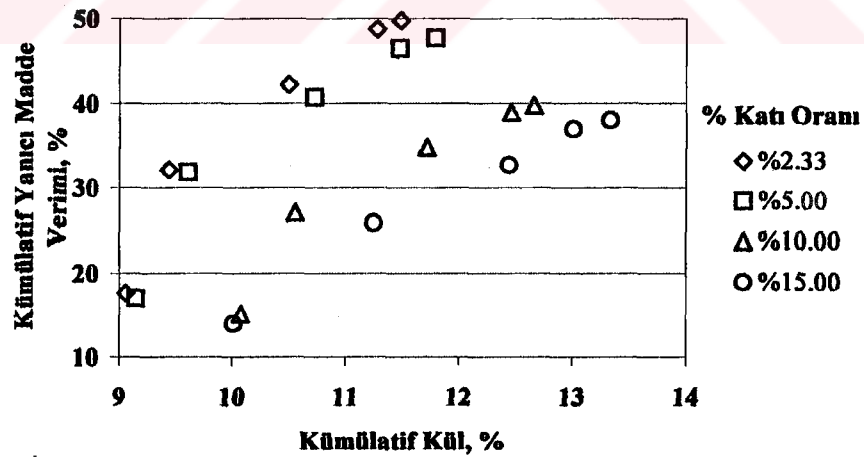


Şekil 4.42 %Katı oranına bağlı kümülatif yüzen kömürün %ağırlığının zamana göre değişimi



Şekil 4.43 %Katı oranına bağlı yanıcı madde kazanımının zamana göre değişimi

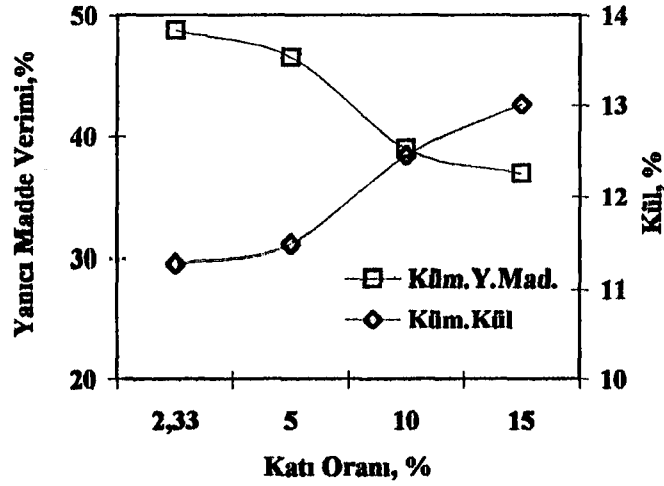
Şekil 4.44'den görüldüğü üzere, %katı oranının düşmesiyle birlikte daha temiz yüzen kömür konsantreleri elde edilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere, 4 dakika sonunda %15.00 katı oranında %13 küllü konsantre elde edilirken, %5.00 ve %2.33 katı oranlarında bu değer %11.5 ve %11.3 değerlerine düşmektedir.



Şekil 4.44 Kümülatif yanıcı madde kazanımına karşı kümülatif kül değerleri

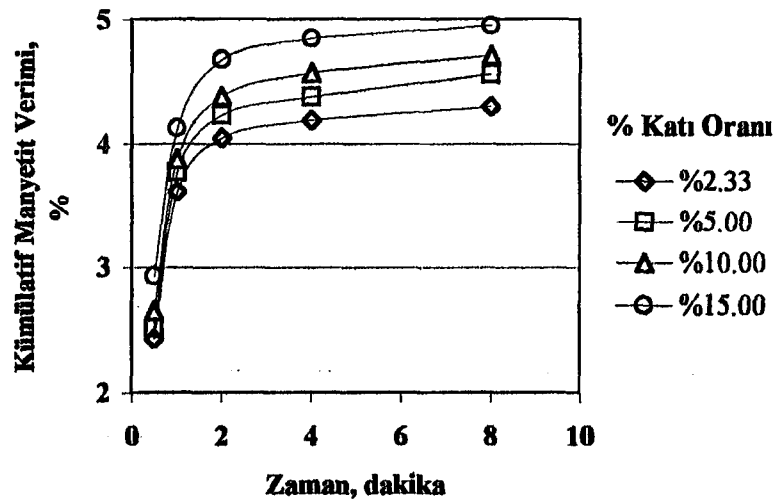
Şekil 4.45'de 4 dakika sonunda elde edilen temiz kömür konsantrelerinin, yanıcı madde ve kül değerlerinin %katı oranı ile değişimi gösterilmiştir. Bu şekilden de

görülmektedir ki, %katı oranı düştükçe, yanıcı madde verimi artarken, konsantrenin kül değerleri de düşmektedir.



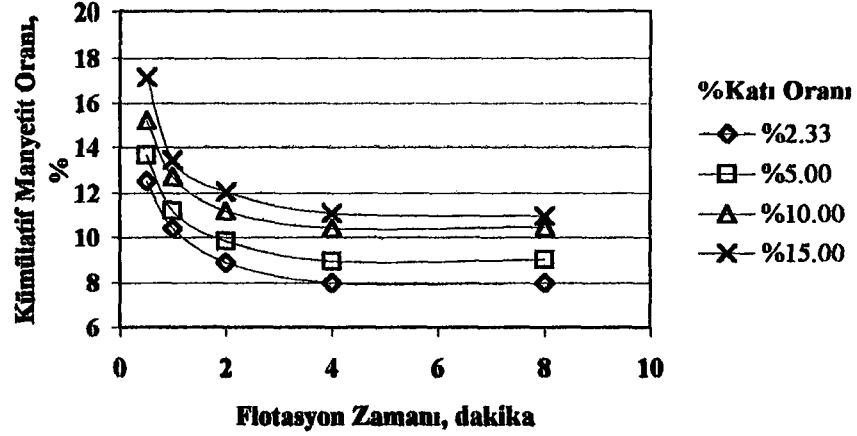
Şekil 4.45 Yanıcı madde verimi ve kül değerlerinin %katı oranı ile değişimi

Şekil 4.46'da kümülatif manyetit veriminin %katı oranına göre zamanla değişimi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, %katı oranı arttıkça, konsantreye alınan manyetit miktarı da artmaktadır. Bunun nedeni artan %katı oranı ile selüldeki sayıları da artan manyetit taneleridir. Tüm katı oranlarında 2 dakika sonunda manyetitin %4-4,6'sı temiz kömür konsantresine alınmaktadır.



Şekil 4.46 Kümülatif manyetit veriminin zamana göre değişimi

Şekil 4.47'den görüldüğü üzere, katı oranı arttıkça, yüzen malzemedeki manyetit oranı da artmaktadır. Diğer parametrelerdeki gibi, burada da flotasyonun ilk anlarında en yüksek seviyesinde olan konsantrenin manyetit oranı, zamanla azalmakta ve şekilden görüldüğü üzere, 4 dakikadan sonra sabit değerde kalmaktadır.



Şekil 4.47 Kümülatif manyetit oranının zamanla değişimi

Yanıcı madde verimi, konsantrenin kül oranı ve manyetit oranı da dikkate alındığında, flotasyon için en uygun katı oranının %2.33 olduğu görülmektedir.

4.3.1.5. Temizleme ve Süpürme Flotasyonları

Yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı gibi temel flotasyon kademesi için en uygun parametrelerin belirlenmesinden sonra (Gazyağı:9.6 kg/t, köpürtücü:6.8 kg/t, karıştırma hızı:1500 d/d, %katı oranı:%2.33 ve süre:4 dakika), bu kademede elde edilen konsantreye, kül oranının daha aşağı seviyelere çekilmesi için temizleme flotasyonu ve artığa kaçan yanıcı maddeleri kazanarak flotasyonun genel veriminin yükseltilmesi amacıyla da artığa süpürme flotasyonunun uygulanmasına karar verilmiştir. Temizleme ve süpürme flotasyonu kademelerinde en uygun gazyağı ve köpürtücü miktarlarının tespiti için deneyler yapılmış olup, daha geniş bilgiler Bölüm 3.2.3.3.2de verilmiştir.

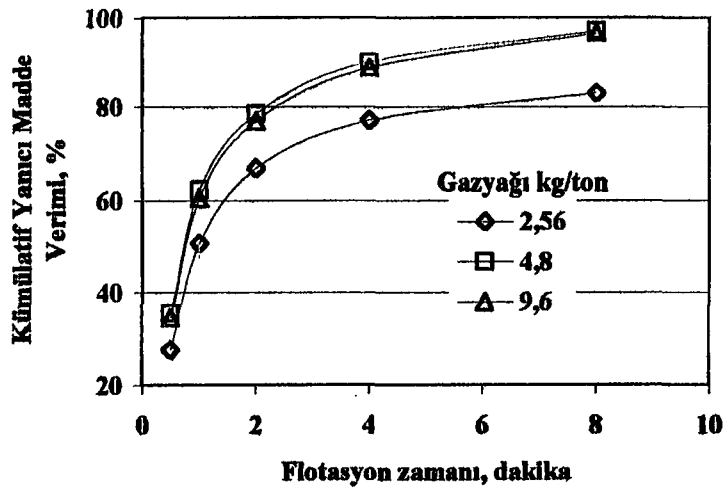
4.3.1.5.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti

Temizleme ve süpürme flotasyonu kademlerinde gazyağı 2.56, 4.8 ve 9.6 kg/t miktarlarında denemiştir. Bu deneylerle ilgili veriler EK4.21-30.'da verilmiştir.

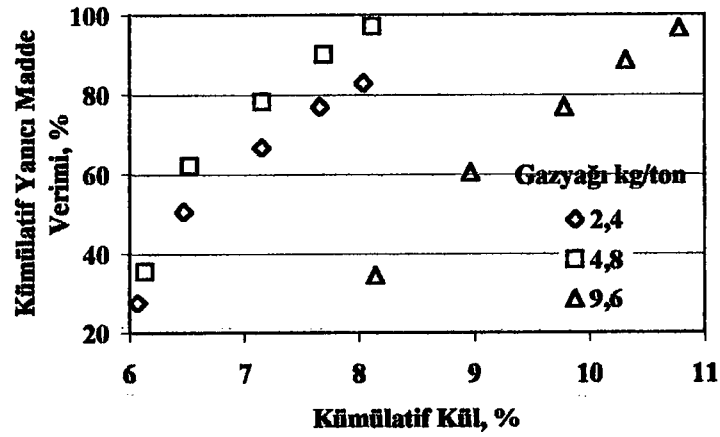
Temizleme flotasyonu kademesinin en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.48-51'de verilmiştir.

Şekil 4.48'de temizleme flotasyonu kademesi için en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan denemeler sonucunda elde edilen yanıcı madde verimlerinin zamana göre değişimleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, yağ miktarını 9.6 kg/t miktarına yükseltmek verimi ilerletmemektedir. 4.8 kg/ t miktarında yanıcı madde verimi %95 civarında gerçekleşmektedir.

Şekil 4.49'dan görüldüğü üzere, 2.40 kg/t yağ miktarı yetersiz kalırken, yağ miktarının 9.6 kg/t'a yükseltilmesi durumunda konsantrenin kül oranında artma gerçekleşmektedir. 8 dakika sonundaki konsantrenin kül oranı, 4.8 ve 9.6 kg/t için yaklaşık olarak sırasıyla %8 ve %11 şeklindedir. Buradan üst akım süzme-yıkama eleği altı ürünlerinin temizleme flotasyonu için en uygun gazyağı miktarının 4.8 kg/t olduğu sonucu çıkartılabilir.

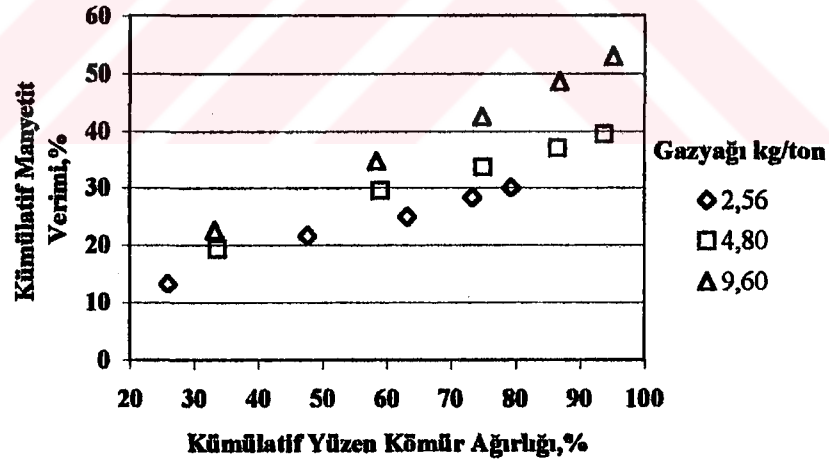


Şekil 4.48 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri



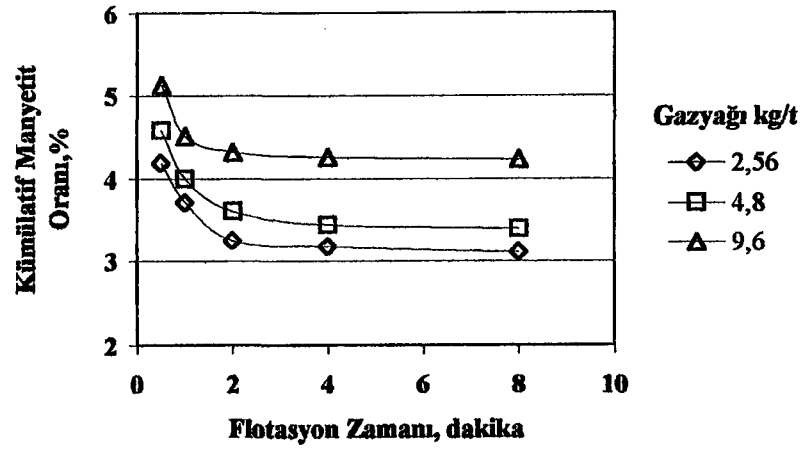
Şekil 4.49 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

Şekil 4.50'de yüzen kömürün kümülatif %ağırlığına karşın kümülatif manyetit verimleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, gazyağı miktarı arttıkça yüzen kömür miktarı artmaktadır. Buna bağlı olarak da, konsantreye gelen manyetit oranında da yükselme sağlanmaktadır.



Şekil 4.50 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi

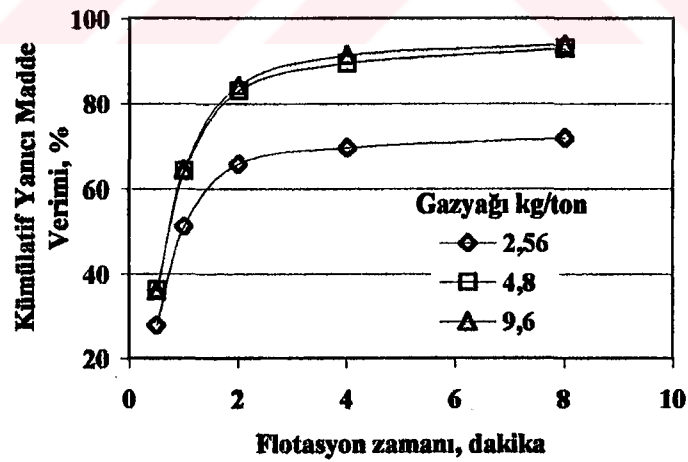
Şekil 4.51'den görüldüğü üzere, yüzen malzemenin manyetit oranı, flotasyonun ilk anlarından sonra düşmekte ve 2 dakikadan sonra sabit kalmaktadır. 4.8 kg/t gazyağı miktarında 4 dakika sonunda yüzen temiz kömür yaklaşık %3.4 manyetit oranına sahip olmaktadır.



Şekil 4.51 Kümülatif manyetit oranının zamanla değişimi

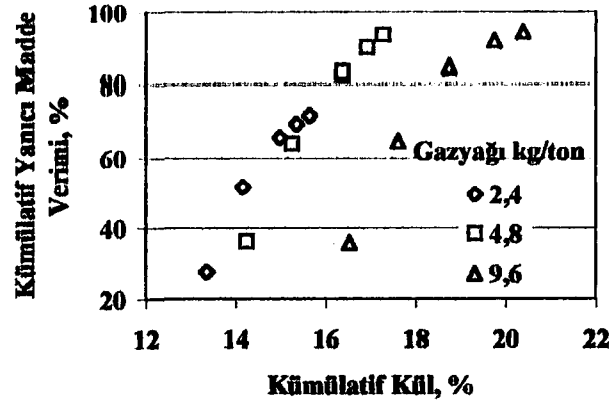
Süptürme flotasyonu kademesinin en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.52-54 de verilmiştir.

Şekil 4.52'den görüldüğü üzere, temizleme flotasyonu kademesine benzer şekilde, gazyağı miktarını 9.6 kg/t miktarına yükseltmek yanıcı madde verimini ilerletmemektedir. 4.8 ve 9.6 kg/t miktarlarında yanıcı madde kazanımı yaklaşık %90 civarındadır.



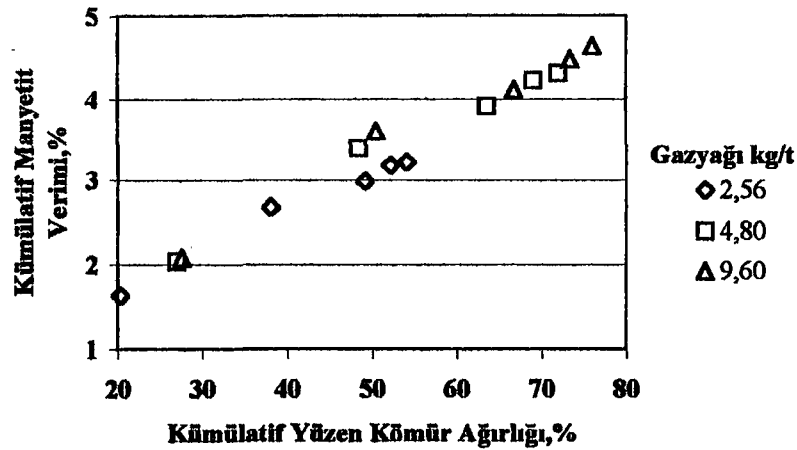
Şekil 4.52 Süptürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

Şekil 4.53’de süpürme kademesi için elde edilen yanıcı madde verim değerlerine karşı, kümülatif kül oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere, gazyağı miktarını 9.6 kg/t miktarına yükseltmek konsantrenin kül oranının arttırmaktadır. 8 dakika sonunda 4.8 kg/ t yağ miktarında yaklaşık %17 küllü konsantre elde edilirken, 9.6 kg/t miktarında ise bu değer %20.2 civarına yükselmektedir.



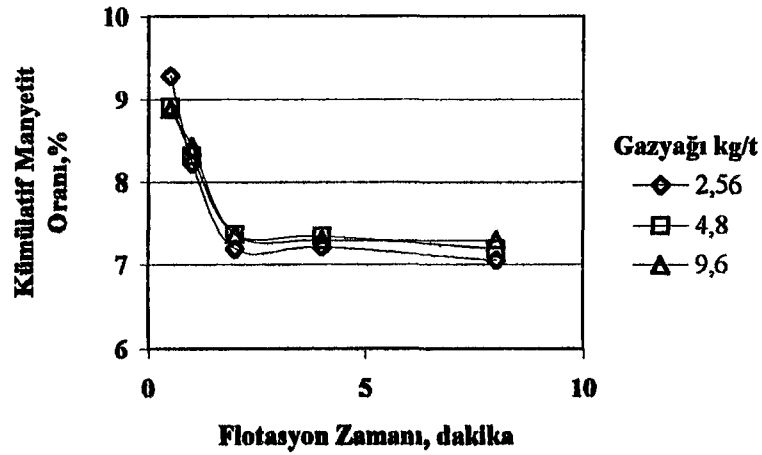
Şekil 4.53 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

Şekil 4.54’den görüldüğü üzere, gazyağı miktarının artırılması ile yüzen kömürün miktarı da artmakta ve bunu sonucunda yüzen kömür taneleri arasında konsantreye gelen manyetit miktarı da yükselmektedir. 4.8 kg/t gazyağı miktarında yaklaşık olarak selüldeki manyetitin %4.2’si 8 dakika sonunda temiz kömürle birlikte alınmaktadır.



Şekil 4.54 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi

Şekil 4.55'den görüldüğü üzere, yüzen malzemenin manyetit oranı, 2 dakikadan sonra sabit kalmaktadır. 4.8 kg/t gazyağı miktarında 8 dakika sonunda yüzen üründen %7.1 civarında manyetit bulunmaktadır.



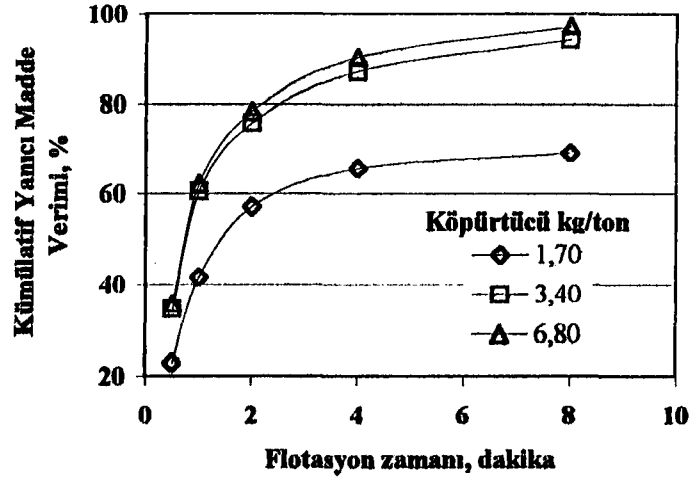
Şekil 4.55 Süpürme flotasyonunda kümülatif manyetit oranının zamana bağlı değişimi

4.3.1.5.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti

Temizleme ve süpürme flotasyonu kademlerinde köpürtücü 1.70, 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında denemiştir. Bu deneylerle ilgili veriler EK4.31-36.'da verilmiştir.

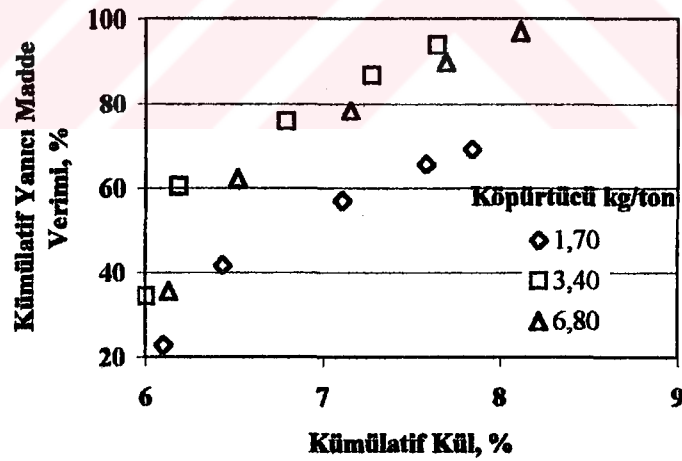
Temizleme flotasyonu kademesinin en uygun köpürtücü miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.56-60'da verilmiştir.

Şekil 4.56'da köpürtücü miktarındaki değişimin yanıcı maddeye olan etkisi gösterilmiştir. 1.70 kg/t köpürtücü miktarında yetersiz olan köpük miktarından dolayı verim değeri düşük kalırken, 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında verim değeri %92-83 değerlerindedir. Görüldüğü gibi köpürtücü miktarının 6.80 kg/t'a yükseltilmesi, yanıcı madde verimine önemli oranda katkıda bulunmamaktadır.



Şekil 4.56 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

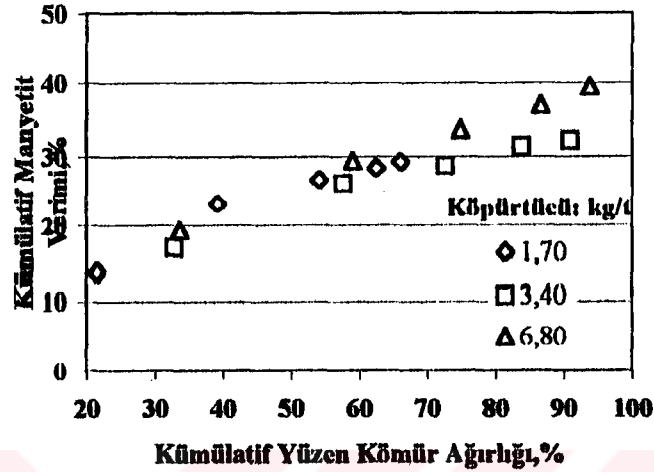
Köpürtücü miktarının 6.80 kg/t değerinde kullanılması durumunda, 8 dakika flotasyon sonunda konsantrenin kül oranında azda olsa yükselme gerçekleşmiştir. Bu değer 3.40 kg/t için %7.6 iken, 6.80 kg/t miktarında %8.1 civarındadır (Şekil 4.57)



Şekil 4.57 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

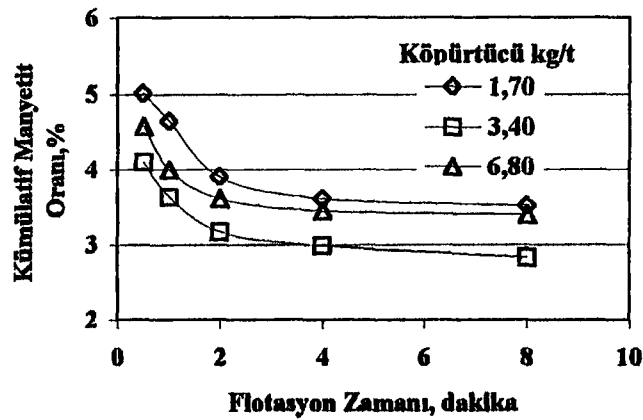
Şekil 4.58'den görüldüğü gibi, köpürtücü miktarı arttıkça, kümülatif yüzen kömür ağırlığı ve manyetit verimi de artmaktadır. 3.40 kg/t köpürtücü miktarında, 8 dakika

sonunda manyetitin yaklaşık %31'i konsantreye gelmektedir. 6.80 kg/t miktarında ise bu değer %39 civarındadır. 1.70 kg/t miktarında ise düşük yüzen kömür ağırlığından dolayı, manyetit verimi de diğer değerlerin altındadır (%29).



Şekil 4.58 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı manyetit verimi

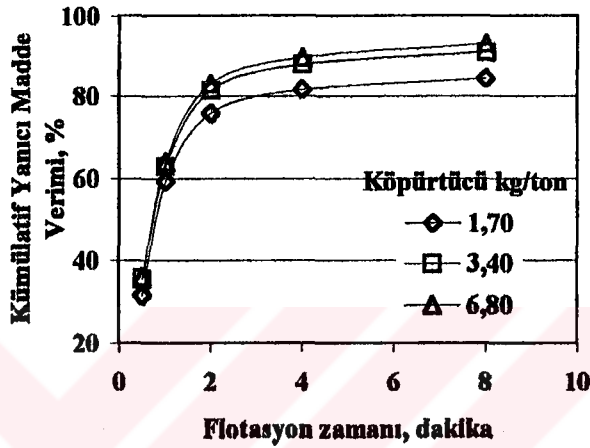
Şekil 4.59'dan görüldüğü üzere, 3.40 g/t köpürtücü miktarında, 8 dakika sonundaki yüzen temiz kömür %2.9 oranında manyetit içermektedir. Bu değer flotasyonun ilk anlarında %4.1 iken, zamanla azalmaktadır. Buradan manyetitin flotasyonun ilk anlarında daha yüksek oranlarda konsantreye geldiği söylenebilir.



Şekil 4.59 Temizleme flotasyonunda kümülatif manyetit oranının zamana bağlı değişimi

Süpürme flotasyonu kademesinin en uygun köpürtücü miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.60-64'de verilmiştir.

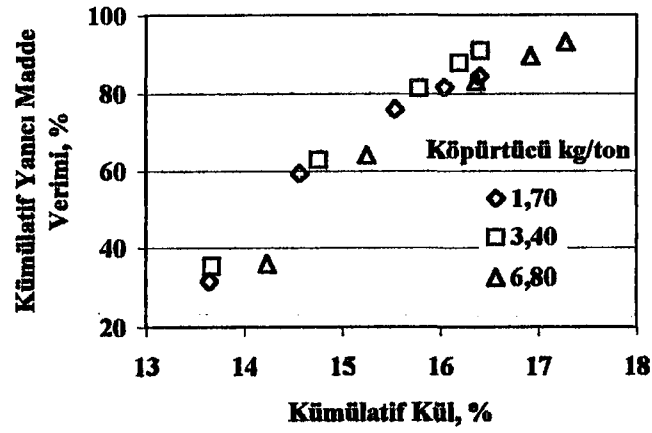
Şekil 4.60'da köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimlerinin zamana göre değişim grafiği çizilmiştir. Görüldüğü üzere, köpürtücü miktarını 6.80 kg/t değerine yükseltmek yanıcı madde kazanımına katkıda bulunmamaktadır. 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında 8 dakika sonunda %90 civarında verim değerleri elde edilmektedir.



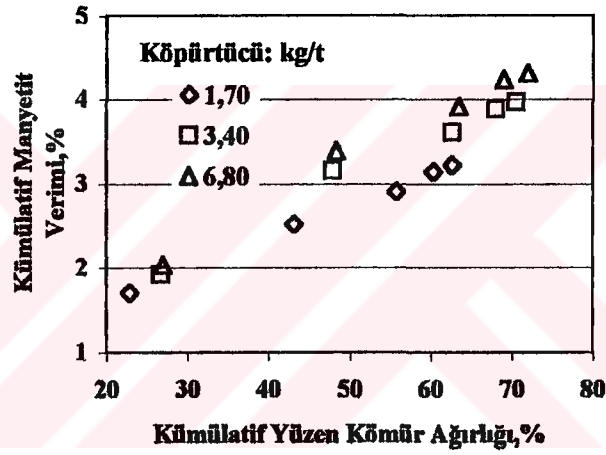
Şekil 4.60 Süpürme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

Şekil 4.61'den görüldüğü üzere, 3.40 kg/t köpürtücü miktarı kullanıldığında 8 dakika sonundaki kümülatif kül oranı yaklaşık olarak %16.4 civarındadır. Köpürtücü miktarını 6.80 kg/t'a yükselttiğimizde ise bu değer, %17.4'e çıkmaktadır. Artan köpürtücü miktarının azda olsa kül yapan mineral maddelerin de yüzmesine sebep olduğu söylenebilir.

Şekil 4.62'den görüldüğü üzere, 3.40 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika sonunda %70 yüzen kömür ağırlığına karşın, %4 manyetit verimi elde edilmektedir. Köpürtücü miktarını 6.80 kg/t'a çıkardığımızda ise, %72 yüzen kömür ağırlığı ile %4.2 manyetit verim değeri elde edilmektedir.

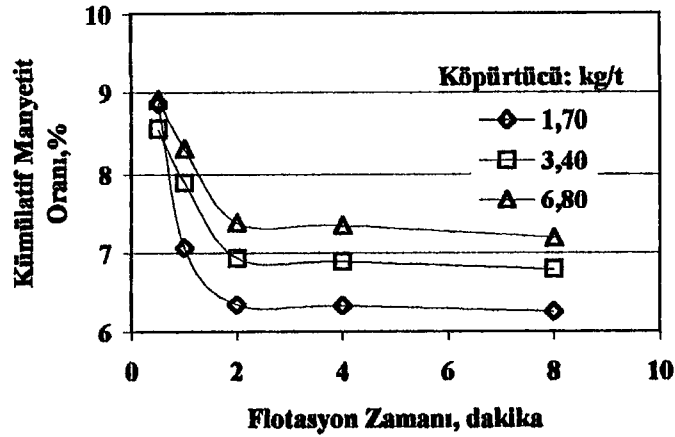


Şekil 4.61 Kümülatif yanıcı madde verimine karşı kül değerleri



Şekil 4.62 Kümülatif manyetit veriminin kümülatif yüzen kömür %ağırlığı ile değişimi

3.40 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika flotasyon sonunda elde edilen temiz kömür konsantresi, %6.8 civarında manyetit oranına sahiptir. Bu oran 6.80 kg/t miktarında ise yaklaşık olarak %7.1'dir (Şekil 4.63).



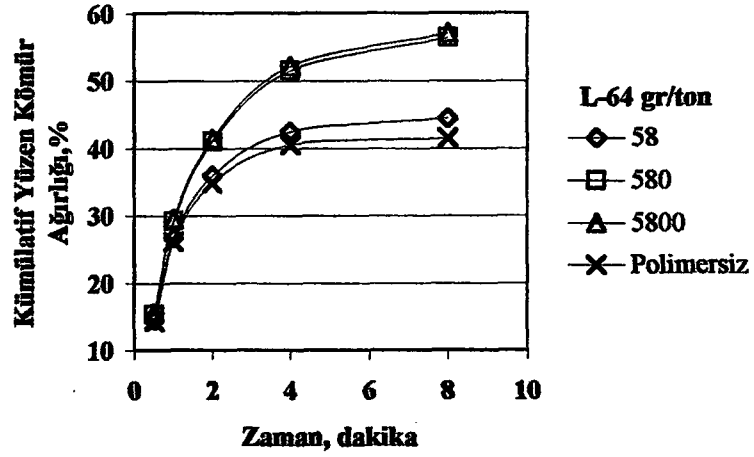
Şekil 4.63 Kümülatif manyetit oranının zamana göre değişimi

4.3.1.6. L-64'ün Flotasyonda Kullanımı

Üst akım süzme-yıkama elekleri altı ürünleri ile yapılan deneyler neticesinde saptanan en uygun parametreler kullanılmak üzere, L-64 polimerinin flotasyon verimine olan etkisi araştırılmıştır. Polimer gazyağı ile birlikte emülsifiye edilerek kullanılmış olup, daha geniş bilgi Bölüm 3.2.3.3.'de verilmiştir. Polimer temel flotasyonda 58, 580 ve 5800 gr/t miktarlarında ve temizleme ve süpürme kademelerinde ise 30, 58 ve 580 gr/t miktarlarında denenmiştir. Polimerin temel ve temizleme ve süpürme flotasyonlarında kullanımları ile elde edilen verileri içeren tablolar EK4.31.-39.'da verilmiştir.

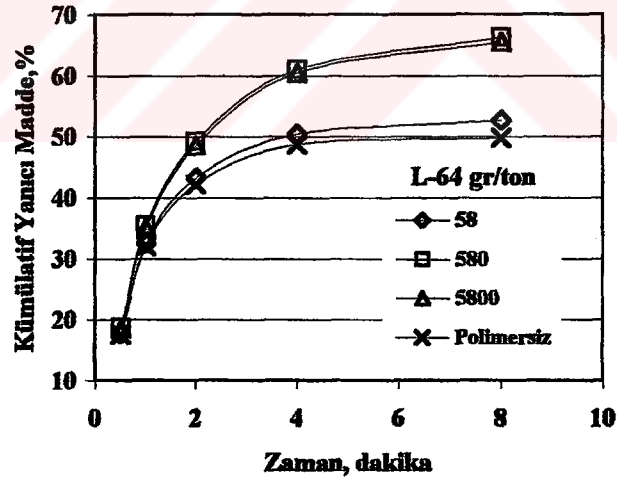
L-64'ün temel flotasyon işlemindeki kullanımları sonucunda elde edilen sonuçları içeren grafikler Şekil 4.64-68'de verilmiştir.

Şekil 4.64'de değişik polimer miktarlarında elde edilen yüzen kömürün %ağırlık değerleri ile polimersiz deneylerde elde edilen en iyi sonucun karşılaştırılması verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, polimer kullanımı ile yüzdürülen kömürün %ağırlığında ilerleme sağlanmaktadır. 58 gr/t miktarında bu ilerleme az iken, 580 ve 5800 gr/t miktarında polimersiz deneye göre yaklaşık %15 daha fazla kömür yüzdürülmüştür.



Şekil 4.64 L-64'ün kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi

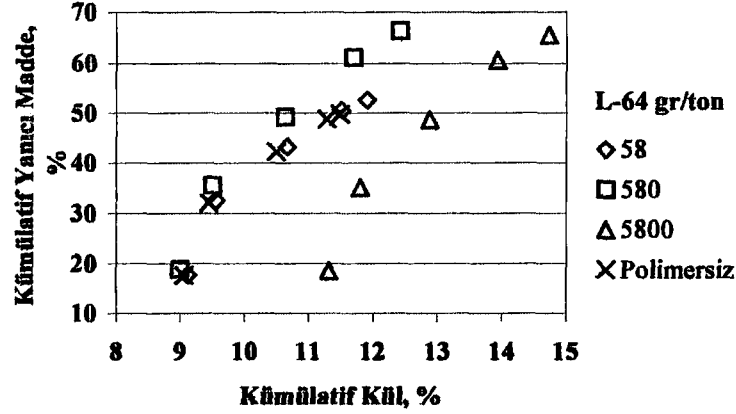
Polimersiz deneyde 8 dakika sonundaki kümülatif yanıcı madde verimi %50 iken, polimer kullanımı ile bu değerde ilerleme sağlanmaktadır. Polimer miktarını şekilden görüldüğü üzere 5800 gr/t'a yükseltmek, yanıcı madde kazanımını ilerletmemektedir. 580 gr/t miktarında kullanıldığında polimersiz deneye göre yaklaşık %15 daha fazla yanıcı madde kazanılmaktadır (Şekil 4.65)



Şekil 4.65 L-64'ün yanıcı madde verimine etkisi

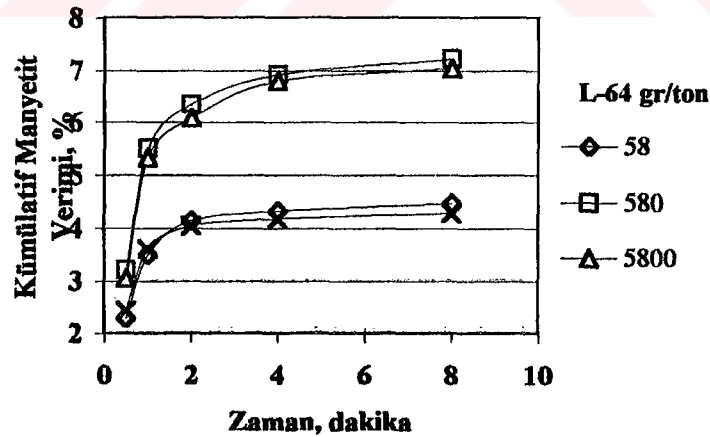
Şekil 4.66'dan görüldüğü üzere, polimer miktarının 5800 gr/t'a yükseltilmesi kümülatif kül oranını arttırmaktadır. 580 gr/t miktarında kullanıldığında ise,

polimersiz deneye göre 8 dakika sonunda kül oranında yaklaşık %1 oranında yükselme gerçekleşmektedir.



Şekil 4.66 L-64'ün kümülatif yanıcı madde verimi ve kül oranı etkisi

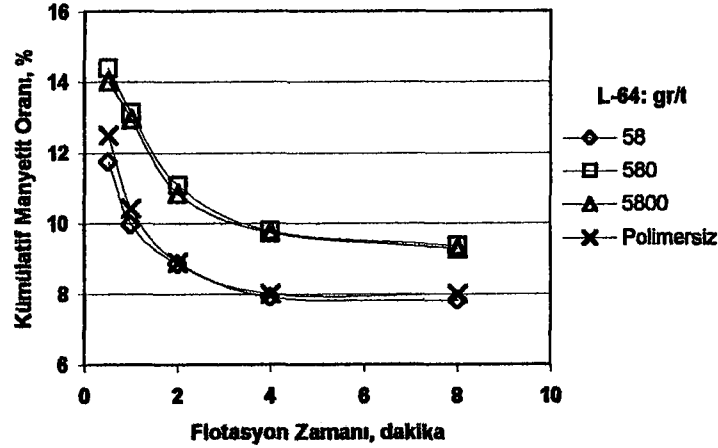
Polimerli deneylerde (580 ve 5800 gr/t) polimersiz deneye göre daha yüksek manyetit verimi elde edilmektedir. 8 dakika sonunda polimersiz flotasyon sonucunda %4.2 manyetit verimi varken, bu değer polimerin 580 ve 5800 gr/t miktarında kullanıldığı deneylerde %7'ye yükselmektedir. Bu yükseliş, polimerli deneylerde yüzen kömür ağırlığının da daha yüksek oluşundan kaynaklanmaktadır (Şekil 4.67)



Şekil 4.67 L-64'ün manyetit verimine olan etkisi

Şekil 4.68'den görüldüğü üzere, polimersiz deneyde 8 dakika sonunda yüzdürülen temiz kömür numunesi kümülatif %8 oranında manyetit içerirken, flotasyonda 580

gr/t miktarında polimer kullanıldığında ise manyetit oranı %9.4'e yükselmektedir. Flotasyonun ilk anlarında manyetit oranı, %14 iken (580 gr/t) zamanla giderek azalması, manyetitin ilk anlarda yüzen ürüne daha fazla oranda karıştığı anlamına gelmektedir.

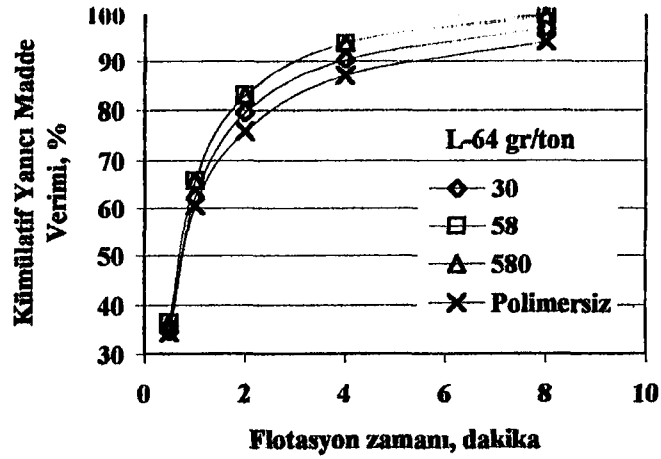


Şekil 4.68 L-64'ün kümülatif manyetit oranına olan etkisi

L-64 kullanılarak yapılan temel flotasyon (8 dakika) sonucunda elde edilen ön konsantreye temizleme ve artığa da süpürme flotasyonları uygulanmıştır. Temizleme ve süpürme kademelerinde daha önce saptanan en iyi şartlara ilave olarak L-64'de kullanılmıştır.

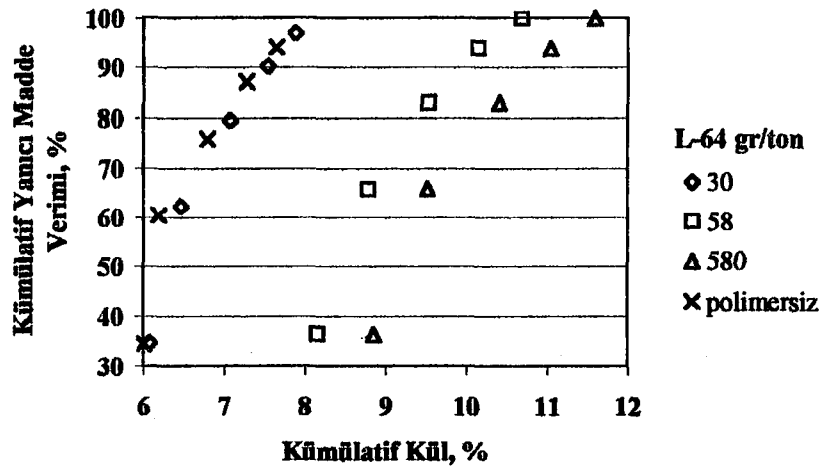
Polimer ilaveli temizleme flotasyonları sonuçlarını içeren tablolar EK4.34-36.'da ve grafikler de Şekil 4.69-72'de verilmiştir.

Şekil 4.69'dan görüldüğü üzere, temizleme flotasyonunda polimer kullanımı ile, yanıcı madde kazanımında ilerleme sağlanmaktadır. Polimersiz deneylerde, 8 dakika sonundaki yanıcı madde verimi, %94 iken, 30 gr/t polimer kullanıldığında verim değeri %97'ye yükselmektedir. 58 ve 580 gr/t miktarlarında polimer kullanıldığında ise verim değeri yaklaşık olarak %100'dür.



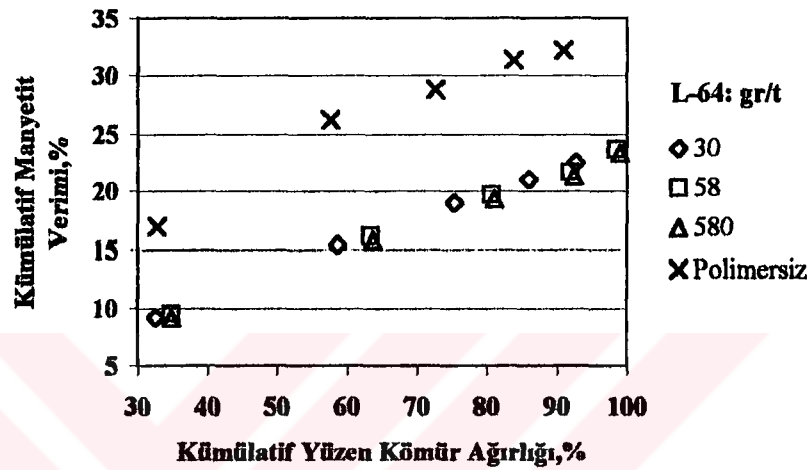
Şekil 4.69 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Şekil 4.70’de L-64’ün temizleme flotasyonunda kullanımında kümülatif yanıcı madde ve küle olan etkisi, polimersiz deneylerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, L-64’ün 58 ve 580 gr/t miktarlarında kullanımı durumunda konsantrenin kül değerlerinde yükselme gerçekleşmektedir. 8 dakika sonundaki konsantrenin kül değerleri polimersiz ve 30, 58 ve 580 gr/t polimer kullanıldığı durumlarda sırasıyla, %7.5, %8, %10.7 ve %11.6’dır.



Şekil 4.70 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi

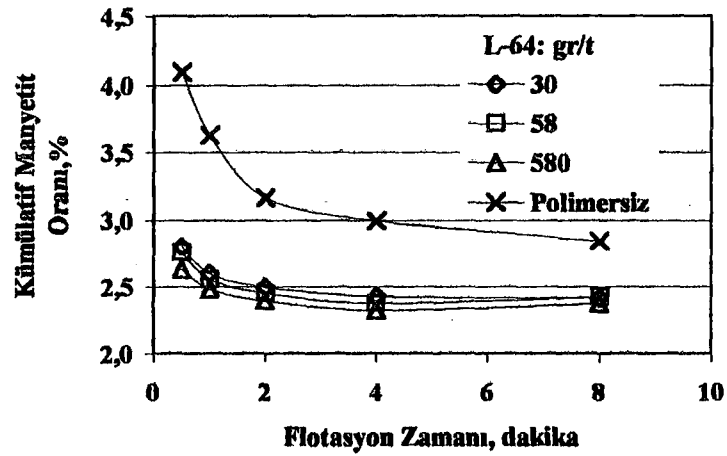
L-64 polimeri 30 gr/t miktarında denendiği deneyde kömür %93 ağırlık oranı ile yüzdürülmüş olup, bu değer 58 ve 580 gr/t polimer miktarında yaklaşık %100'dür. Şekil 4.71'den görüldüğü üzere, yüzen kömürün %ağırlığı arttıkça, manyetit verimi da artmaktadır. Polimersiz deneyde 8 dakika sonundaki manyetit verimi, %32 civarında olup, yüzen kömürün %ağırlık oranı %90'dır. Polimer kullanımı ile yüzen ürünün manyetit oranında azalma gerçekleştiği saptanmıştır (8 dakika sonunda %23-24).



Şekil 4.71 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi

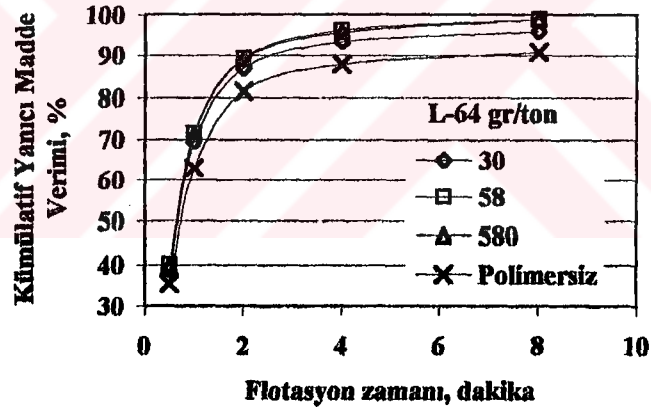
Şekil 4.72'den görüldüğü üzere, her üç miktarda polimer kullanımında, 8 dakikada yüzdürülen kömürün manyetit oranı birbirine oldukça yakındır. Bu süre sonundaki manyetit oranı %2.37-2.42 arasında değişmekte olup, polimersiz deneyde ise, %2.8 civarındadır. Bu sonuçlardan polimer kullanımı ile manyetit oranının azaltıldığı görülmektedir.

Polimer ilaveli süpürme flotasyonları sonuçlarını içeren tablolar EK4.37-39.'da ve grafikler de Şekil 4.73-76'da verilmiştir.



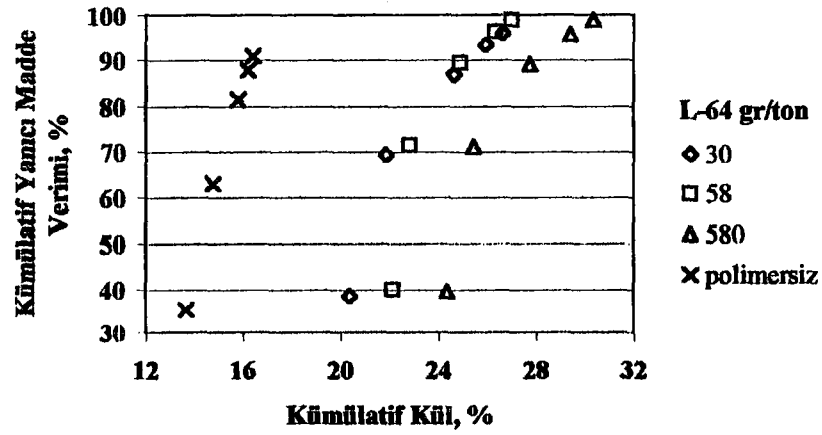
Şekil 4.72 Farklı miktarlarda L-64 kullanımının manyetit oranına etkisi

Şekil 4.73’de süpürme flotasyonu kademesinde polimer kullanımının yanıcı madde kazanımına olan etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere, polimer verim değerinde ortalama olarak %7-8 ilerleme sağlamaktadır.



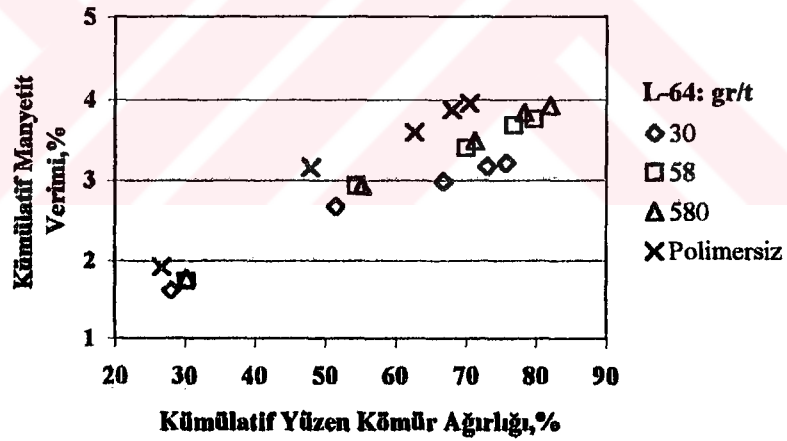
Şekil 4.73 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Polimer kullanımı ile konsantrenin kül oranında ilerleme gerçekleşmiştir. Üç değişik miktardaki polimer kullanımında 8 dakika sonundaki kül oranı %25-30 değerlerine yükselmektedir. Bu değer polimersiz deneyde %16’dır (Şekil 4.74)



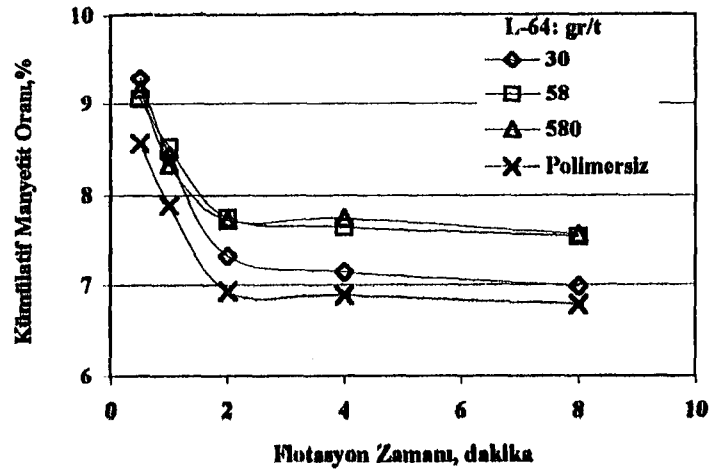
Şekil 4.74 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi

Şekil 4.75’den görüldüğü üzere, polimer kullanımı ile yüzdürülen kömürün %ağırlık oranlarında ilerleme sağlanırken, manyetit verimi 30 gr/t polimer miktarı hariç diğer iki polimer miktarında, polimersiz deneyle yaklaşık aynı değerlerdedir.



Şekil 4.75 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi

8 dakika flotasyon süresi sonunda yüzen kömürün manyetit oranı polimersiz deneyde %6.8 civarında iken, 30 gr/t manyetit kullanıldığında bu oran %7’dir. 58 ve 580 gr/t polimer miktarlarında ise, %7.7 değerindedir (Şekil 4.76)



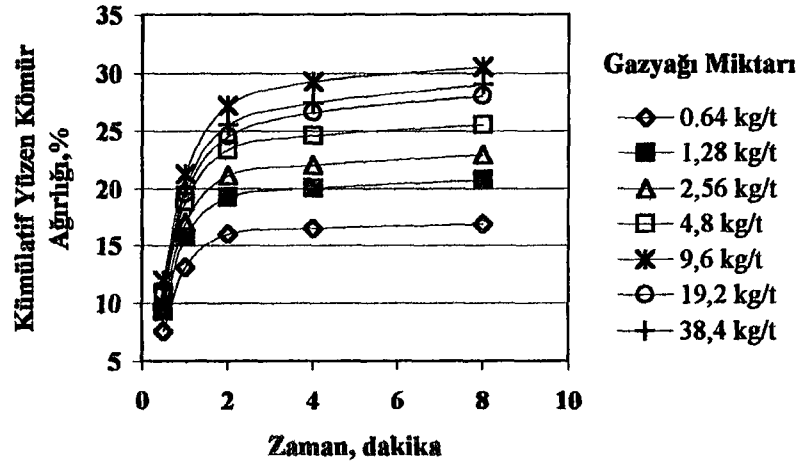
Şekil 4.76 Farklı miktarlarda L-64 kullanımının manyetit oranına etkisi

4.3.2. Alt Akım Süzme-Yıkama Elekları Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri

4.3.2.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti

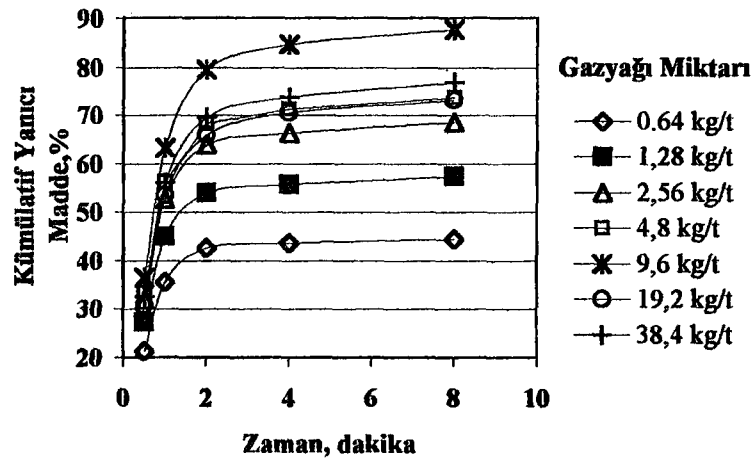
Gazyağı 0.64, 1.28, 2.56, 4.8, 9.6, 19.2 ve 38.4 kg/ton miktarlarında denenmiş olup, sonuçları içeren tablolar EK4.40-46'da verilmiştir. Grafikler ise Şekil 4.77-81'de gösterilmiştir.

Şekil 4.77'den görüldüğü üzere, gazyağı miktarının artması ile yüzdürülen kömürün %ağırlık miktarı da artmaktadır. Gazyağı miktarının 9.6 kg/t'dan 19.2 ve 38.4 kg/t'a yükseltilmesi %ağırlık miktarını önemli derecede ilerletmemektedir. Bu üç yağ miktarında 8 dakika sonunda kümülatif olarak kömürün ortalama %28-29'u yüzdürülebilmektedir.



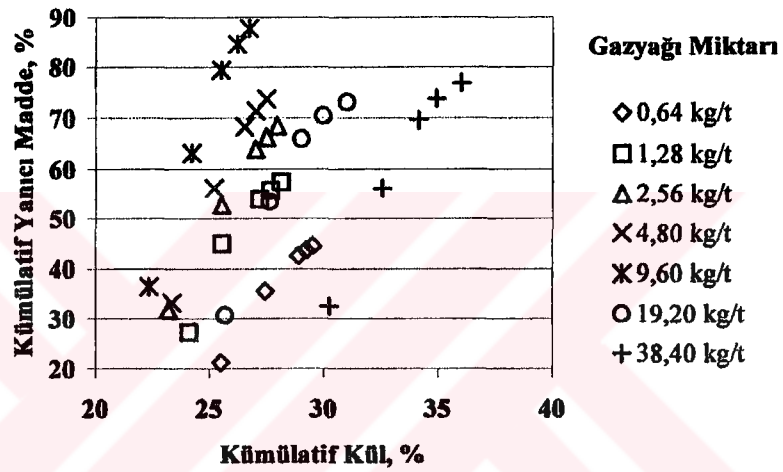
Şekil 4.77 Gazyağı miktarı değişiminin yüzen kömür miktarına etkisi

Şekil 4.78'de gazyağı miktarındaki değişiminin siklon alt akımı süzme-yıkama elekleri altı ürünlerindeki yanıcı maddenin kazanımına etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere yağ miktarı arttıkça yanıcı madde kazanımı da yükselmektedir. 9.6 kg/t yağ miktarında en yüksek verim değeri elde edilmiş olup, 19.2 ve 38.4 kg/t miktarlarındaki yağ miktarının verim değerleri daha düşük gerçekleşmiştir. 9.6 kg/t miktarında 4 dakika sonunda yaklaşık %84 yanıcı madde kazanımı sağlanırken, 8 dakika sonunda %88 civarında yanıcı madde kazanımı gerçekleşmektedir.



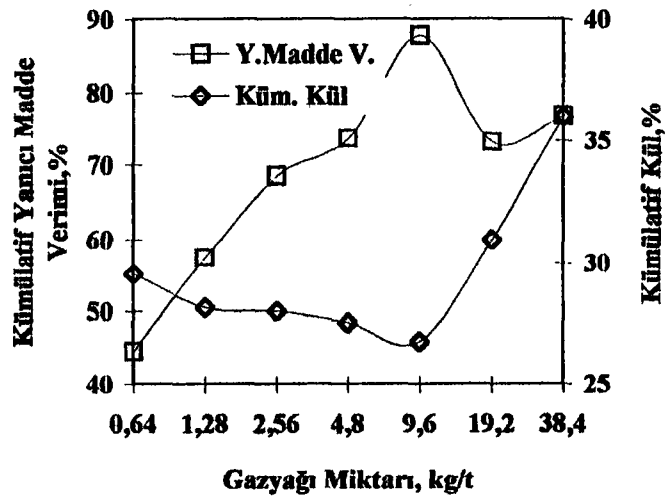
Şekil 4.78 Gazyağı miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Şekil 4.79'da değişik gazyağı miktarlarında elde edilen kümülatif yanıcı madde verimlerine karşı temiz kömür konsantresinin kül oranları verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, en yüksek yanıcı madde veriminin elde edildiği 9.6 kg/t miktarı için 8 dakika sonundaki konsantrenin kül oranı %26'dır. 19.2 ve 38.4 kg/t miktarlarında yağ kullanıldığında ise kül oranları sırasıyla %31 ve %36'ya yükselmektedir. Buradan, aşırı gazyağı kullanımının mineral maddelerinde yüzmesine sebep olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 4.79 Gazyağı miktarının değişiminin yanıcı madde ve kümülatif küle etkisi

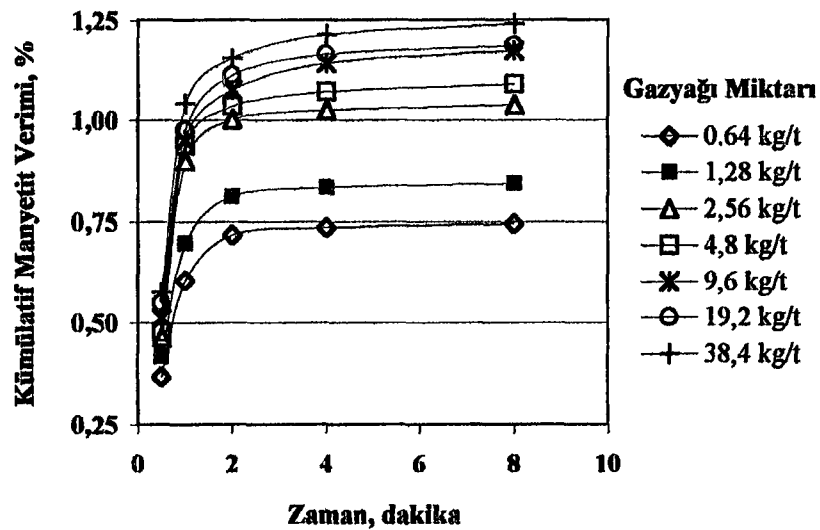
Şekil 4.80'de gazyağı miktarı ile 8 dakika sonundaki yanıcı madde ve kümülatif kül oranlarındaki değişim birlikte verilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere, en yüksek yanıcı madde kazanımı yağ miktarını 9.6 kg/t değerinde kullanımı ile gerçekleşmiştir. Konsantrenin kül oranında ise 9.6 kg/t miktarından sonra ani yükselmeler saptanmıştır.



Şekil 4.80 Kümülatif yanıcı madde ve kül değerlerinin gazyağı miktarı ile değişimi

Yanıcı madde kazanımı ve elde edilen temiz kömür konsantresinin kül oranları dikkate alındığında, en uygun gazyağı miktarının 9.6 kg/t olduğu söylenebilir.

Şekil 4.81'den görüldüğü üzere, yağ miktarının artmasına paralel olarak konsantreye alınan manyetit verimi değerinde de yükselme gerçekleşmektedir. 9.6 kg/t yağ miktarında 8 dakika sonunda manyetitin yaklaşık olarak %1.2'si konsantreye alınmaktadır. Bu değer 38.4 kg/t miktarı için %1.25'e yükselmektedir.



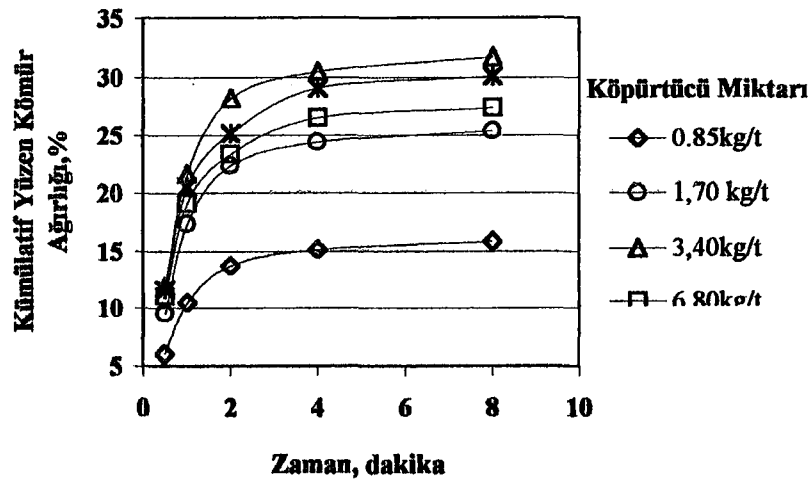
Şekil 4.81 Değişik yağ miktarlarında kümülatif manyetit verimleri

4.3.2.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti

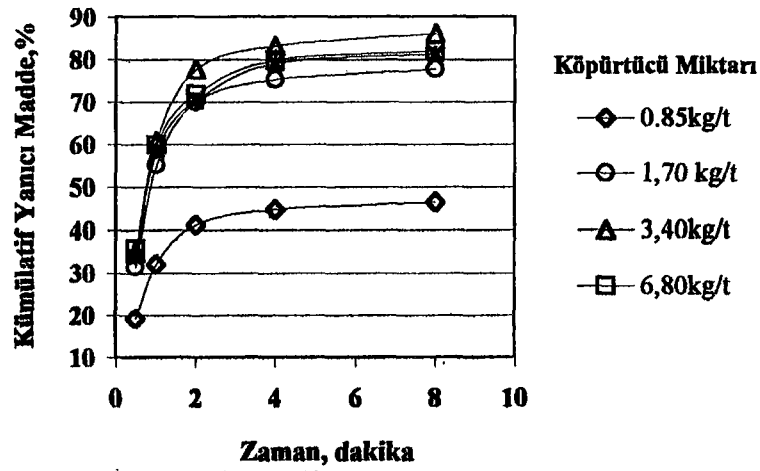
Köpürtücü reaktif olarak kullanılan isooktanol, 0.85, 1.70, 3.40, 6.80, ve 13.60 kg/ton miktarlarında denenmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçları gösterir tablolar EK47-51.'de verilmiştir. Bu tablolardaki verilerden yararlanılarak çizilen grafikler ise Şekil 4.82-85'de gösterilmiştir.

Şekil 4.82'den görüldüğü üzere, köpürtücü miktarı arttıkça, kümülatif yüzen kömürün %ağırlık değerinde de paralelinde yükselme sağlanmaktadır. 3.40 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika sonunda %32 civarında kömür yüzdürülürken, 16.60 kg/t için bu değer yaklaşık olarak %30'dur.

Şekil 4.83'de köpürtücü miktarındaki değişime göre yanıcı madde kazanım değerlerindeki zaman göre değişim gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, köpürtücü 0.85 kg/t miktarında kullanıldığında yetersiz köpük oluşumundan dolayı verim değeri düşüktür. 1.70 kg/t için bu değer %78 civarındadır. Miktar 3.40 a yükseldiğinde ise yaklaşık %85 oranında yanıcı madde kazanımı sağlanmaktadır.

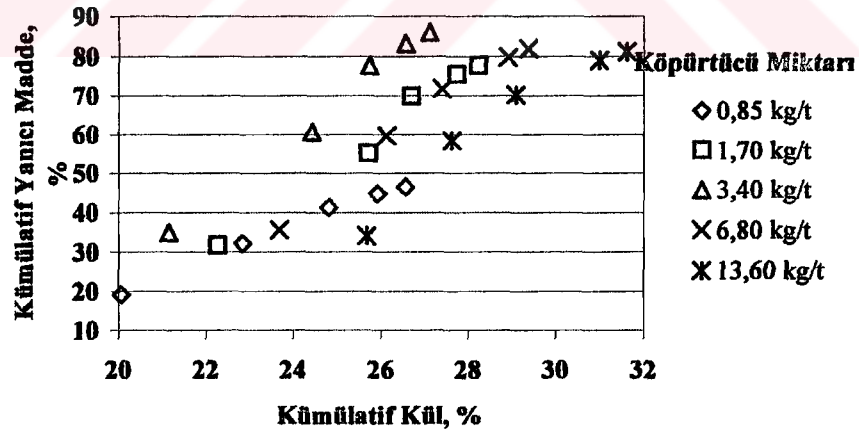


Şekil 4.82 Değişik köpürtücü miktarlarında kümülatif yüzen kömür ağırlığının zamanla değişimi



Şekil 4.83 Köpürtücü miktarının değişiminin kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

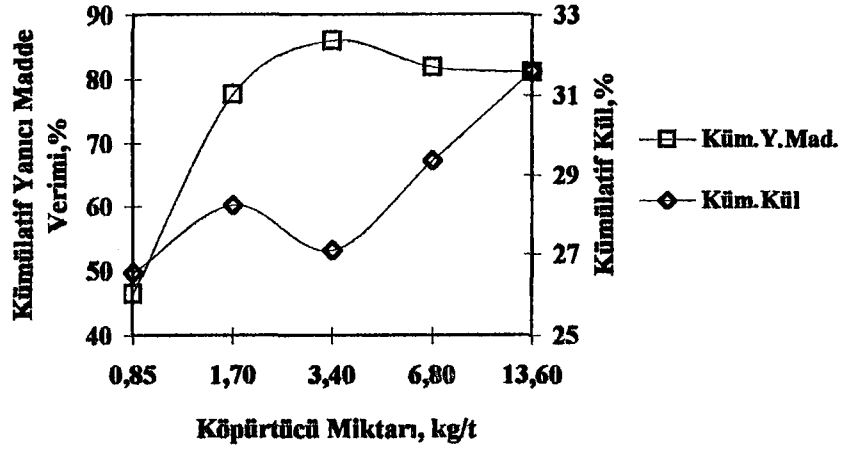
3.40 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika sonunda elde edilen konsantre yaklaşık %27 oranında kül oranına sahiptir. Köpürtücü miktarının artırılması ile kül oranında yükselme gerçekleşmektedir. 6.80 ve 13.60 kg/t miktarlarında bu değer sırasıyla %29.5 ve %31.5 civarındadır. Aşırı köpürtücü miktarında kül oluşturan mineral maddelerinde yıklama değerleri artmaktadır (Şekil 4.84).



Şekil 4.84 Kümülatif yanıcı madde veriminin kümülatif kül ile değişimi

Şekil 4.85'de köpürtücü miktarındaki değişimin, 8 dakika flotasyon süresi sonundaki yanıcı madde ve kümülatif kül değerlerine etkisi birlikte gösterilmiştir. Bu şekilden de görülmektedir ki, köpürtücü miktarının 3.40 kg/t dan daha fazla

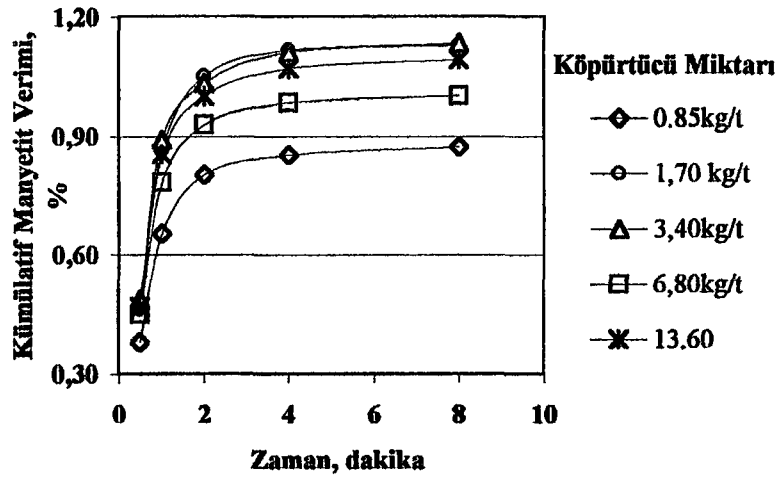
kullanılması yanıcı madde kazanımına katkıda bulunmazken, konsantrenin kül oranını arttırmaktadır.



Şekil 4.85 Köpürtücü miktarının yanıcı madde ve kül etkisi

İncelenen bu grafikler göz önüne alındığında, en uygun köpürtücü miktarının 3.40 kg/t olduğu söylenebilir.

Şekil 4.86'dan bütün köpürtücü miktarları için kümülatif manyetit verimlerinin 2 dakikadan sonra hemen hemen değişmediği görülmektedir. 3.40 kg/t köpürtücü miktarı için 2 dakika sonundaki kümülatif manyetit verimi değeri %1'dir.



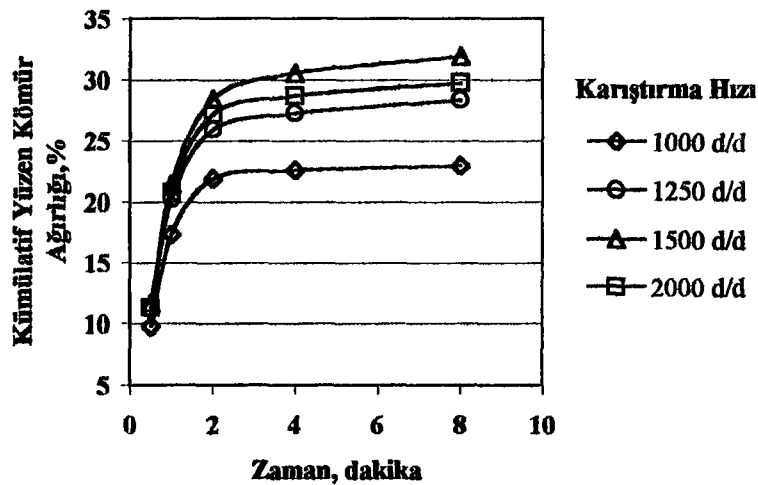
Şekil 4.86 Köpürtücü miktarındaki değişimin kümülatif manyetit verimine etkisi

4.3.2.3. En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti

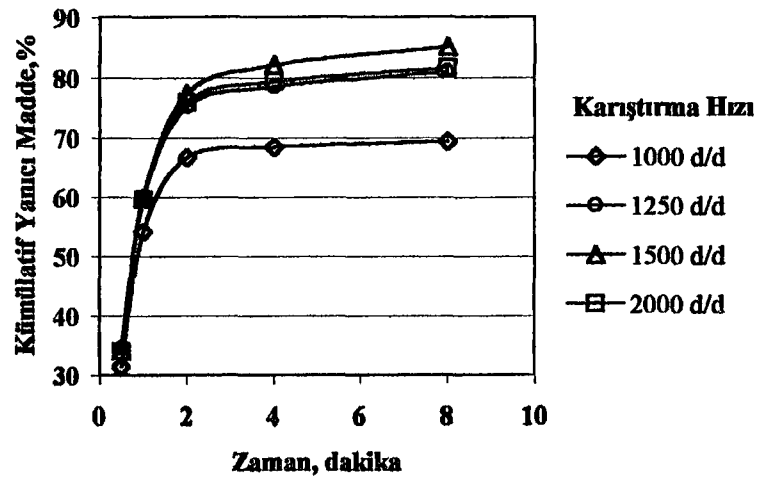
Karıştırma hızı olarak 1000, 1250, 1500 ve 2000 dev/dak hız değerleri denemiştir. Bu deneylerle ilgili tablolar EK4.52-55.'de verilmiş olup, sonuçların grafiksel gösterimleri Şekil 4.87-91'de gösterilmiştir.

Şekil 4.87'de karıştırma hızı arttıkça, yüzen kömürün %ağırlık değerlerinin de arttığı görülmektedir. Ancak hızın 1500 dev/dak değerinden 2000 dev/dak'ya yükseltilmesi yüzen kömür ağırlığına etki yapmamakta hatta bir miktar düşmesine sebep olmaktadır.

Şekil 4.88'de karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde kazanımına olan etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere, karıştırma hızının yükselmesiyle birlikte, yanıcı madde kazanımı da artmaktadır. 1000 dev/dak hız değerlerinde pülpün karıştırılması yetersiz olmakta ve gazyağının pülpteki dispersiyonu da yetersiz kalmaktadır. Aynı zamanda tanecik ve hava kabarcığı teması zayıf olmaktadır. Bu durumlar düşük karıştırma hızlarında, kömürün yüzmesini olumsuz yönde etkilemektedir. 1500 dev/dak hız değerinde 8 dakika sonunda yanıcı madde verimi %85 civarındadır. Hızın 2000 dev/dak'ya çıkartılması durumunda ise yanıcı madde veriminde bir miktar düşme gerçekleşmiştir. Bu durum yüksek hız değerlerinin oluşan tanecik ve hava kabarcığı temasını olumsuz etkilediğini göstermektedir.

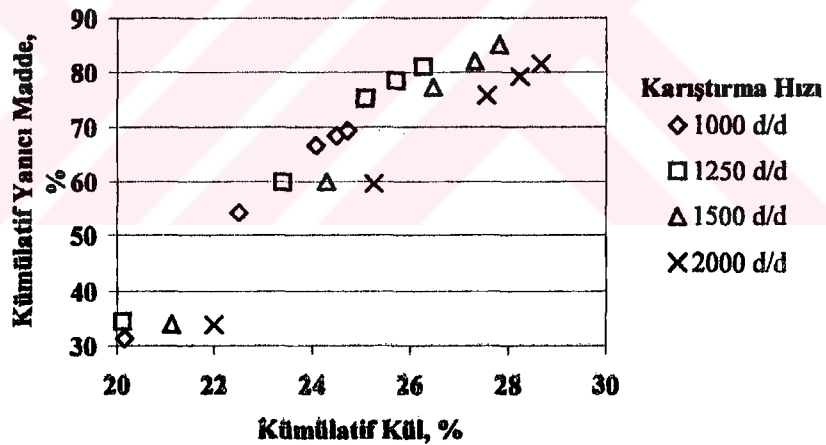


Şekil 4.87 Karıştırma hızının yüzen kömür ağırlığına etkisi



Şekil 4.88 Karıştırma hızının yanıcı madde verimine olan etkisi

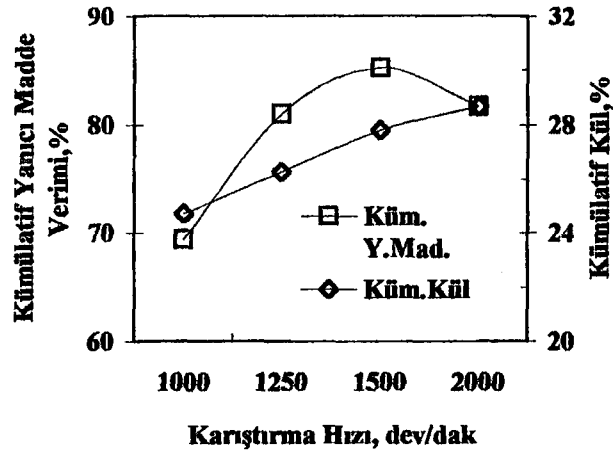
Şekil 4.89'dan görüldüğü üzere, 1500 dev/dak hız değerinde 8 dakika sonunda yüzdürülen temiz kömür konsantresinin kül oranı %27.2 civarında iken, hızın 2000 dev/dak'ya çıkarılması durumunda kül oranı %28.5'e yükselmektedir.



Şekil 4.89 Karıştırma hızının kümülatif yanıcı madde ve küle olan etkisi

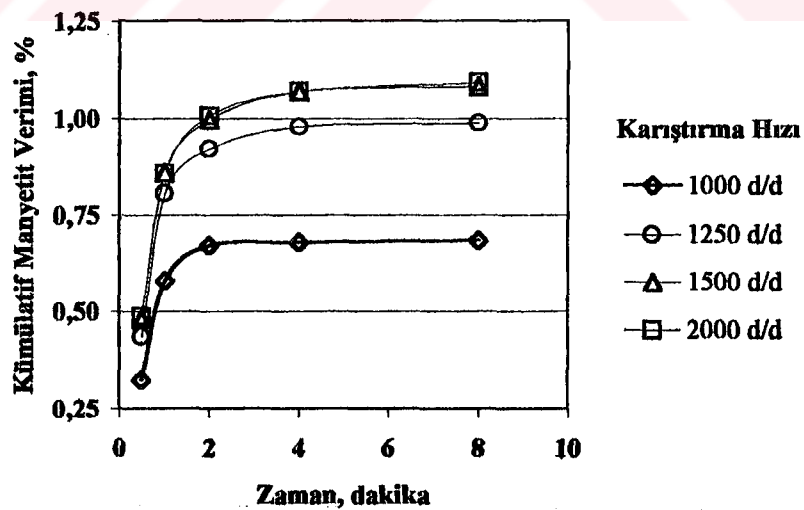
Şekil 4.90'dan da görüldüğü üzere, karıştırma hızındaki yükselmeye birlikte 8 dakika sonundaki yanıcı madde veriminde artış sağlanmaktadır. Aynı şekilde kül oranlarında da yükselme gözlenmiştir. Hızın 2000 dev/dak'ya çıkartılması sonucunda meydana gelen verim değerindeki düşüşün sebebi, aşırı hız değerlerindeki efektif

hava dispersiyonunun düşmesi ve oluşan hava kabarcığı ve tanecik temasının yüksek hızdan ötürü bozulmasıdır.



Şekil 4.90 Karıştırma hızının yanıcı madde ve küle olan etkisinin birlikte gösterimi

Şekil 4.91'de karıştırma hızının manyetit verimine olan etkisi gösterilmiştir. 1500 ve 2000 dev/dak hız değerlerinde elde edilen manyetit verimleri birbirine çok yakındır. Bu hız değerlerinde manyetitin %1.1'i 8 dakika sonundaki konsantreye gelmektedir.



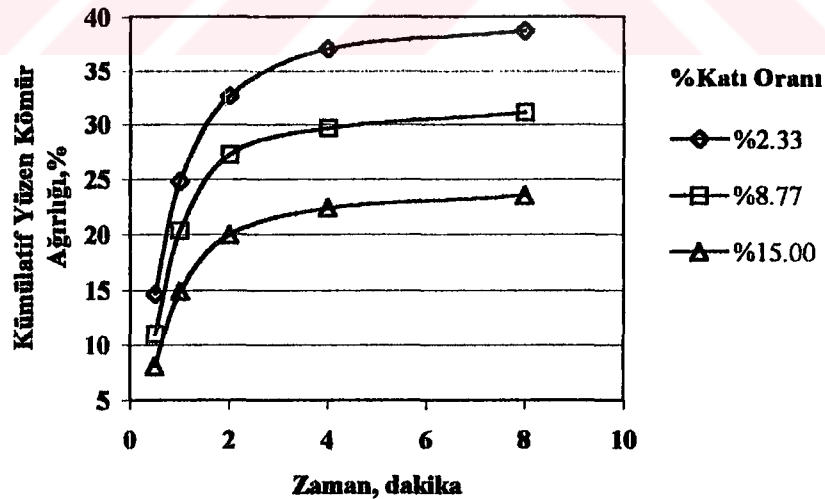
Şekil 4.91 Karıştırma hızının kümülatif manyetit verimine olan etkisi

4.3.2.4. En Uygun Katı Oranının Tespiti

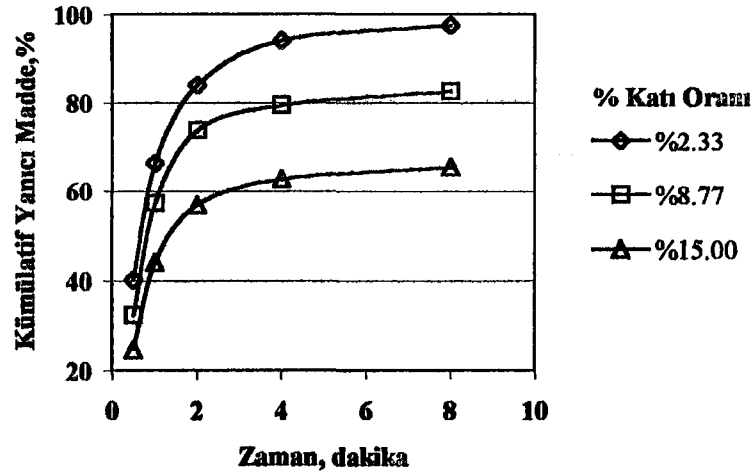
En uygun katı oranının tespitinde %2.33, %8.77 ve %15 olmak üzere 3 farklı katı oranı denemiştir. Bunlardan %8.77 katı oranı, ağır ortam siklon devresi alt akım süzme-yıkama eleği altı ürünlerinin katı oranı değeridir. Deney sonuçları EK4.56, 4.57 ve 4.58.'de verilmiştir. Deney sonuçları ayrıca grafiksel olarak Şekil 4.92-95'da verilmiştir.

Şekil 4.92'den görüldüğü üzere, flotasyon selülündeki katı malzemenin oranı düştükçe yüzen kömürün %ağırlık oranı yükselmektedir. 8 dakika sonundaki %ağırlık değerleri %2.33, %8.77 ve %15.00 katı oranları için sırasıyla, %39, %31 ve %23.5'dir.

Şekil 4.93'de %katı oranındaki değişimin kümülatif yanıcı madde verimine olan etkisi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, %katı oranındaki düşüş ile birlikte yanıcı madde veriminde yükselme sağlanmaktadır. %2.33 katı oranında 8 dakik sonunda yanıcı madde verimi %97 iken, %8.77 katı oranında %82'dir.

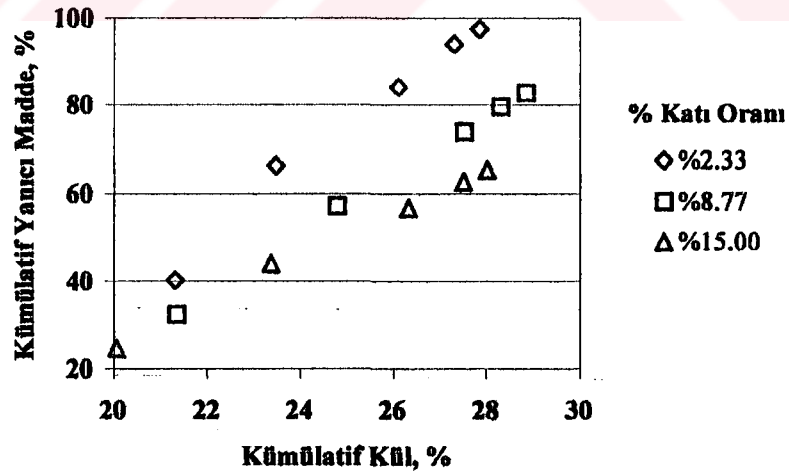


Şekil 4.92 %Katı oranına bağlı kümülatif yüzen kömürün %ağırlığının zamana göre değişimi



Şekil 4.93 %Katı oranına bağlı yanıcı madde kazanımının zamana göre değişimi

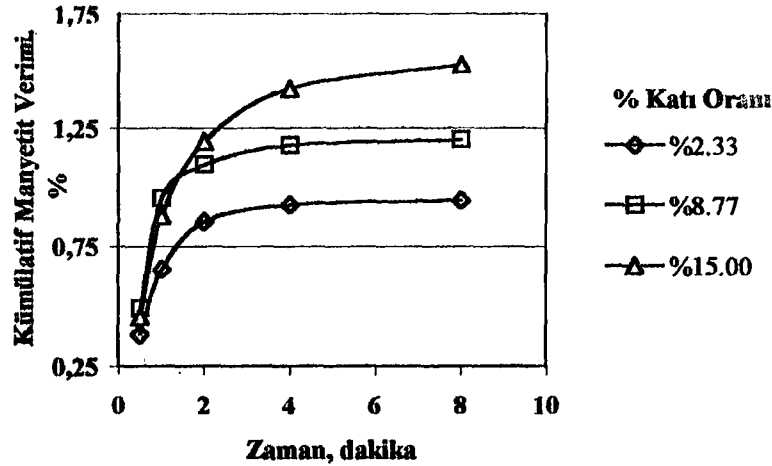
Şekil 4.94’de %katı oranındaki değişikliğin, kümülatif yanıcı madde ve küle olan etkisi birlikte verilmiştir. Görüldüğü üzere katı oranı değişikliği 8 dakika sonundaki konsantrenin kül oranında önemli değişikliklere sebep olmamıştır. Her üç katı oranında kül oranı %27.8-28.8 arasında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.94 Kümülatif yanıcı madde kazanımına karşı kümülatif kül değerleri

Şekil 4.95’de kümülatif manyetit veriminin %katı oranına göre zamanla değişimi verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, %katı oranı arttıkça, konsantreye alınan

manyetit miktarı da artmaktadır. Bunun nedeni artan %katı oranı ile selüldeki sayıları da artan manyetit taneleridir. %8.77 katı oranında 8 dakika sonundaki konsantreye %1.24 verim değeri ile manyetit gelmektedir.



Şekil 4.95 Kümülatif manyetit veriminin zamana göre değişimi

Yanıcı madde verimi açısından %2.33 katı oranı en uygun katı oranı olarak saptanmış olmakla birlikte, %8.77 katı oranının süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin katı oranı değeri olduğu için ve bu ürünün doğrudan flotasyona gönderilmesi düşünüldüğünden, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde bu katı oranı ile devam edilmiştir.

4.3.2.5. Temizleme ve Süpürme Flotasyonları

Yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı gibi temel flotasyon kademesi için en uygun parametrelerin belirlenmesinden sonra (Gazyağı:9.6 kg/t, köpürtücü:3.4 kg/t, karıştırma hızı:1500 d/d, %katı oranı:%8.77 ve süre:4 dakika), bu kademede elde edilen konsantreye, kül oranının daha aşağı seviyelere çekilmesi için temizleme flotasyonu ve artığa kaçan yanıcı maddeleri kazanarak flotasyonun genel veriminin yükseltilmesi amacıyla da artığa süpürme flotasyonunun uygulanmıştır. Temizleme ve süpürme flotasyonu kademelerinde en uygun gazyağı ve köpürtücü miktarlarının tespiti için deneyler yapılmış olup, daha geniş bilgiler Bölüm 3.2.3.3.'de verilmiştir.

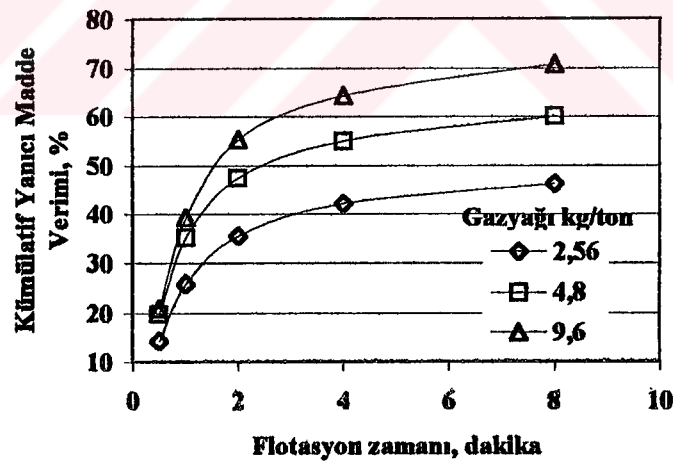
4.3.2.5.1. En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti

Temizleme ve süpürme flotasyonu kademlerinde gazyağı 2.56, 4.8 ve 9.6 kg/t miktarlarında denemiştir. Bu deneylerle ilgili veriler EK4.57-62.'de verilmiştir.

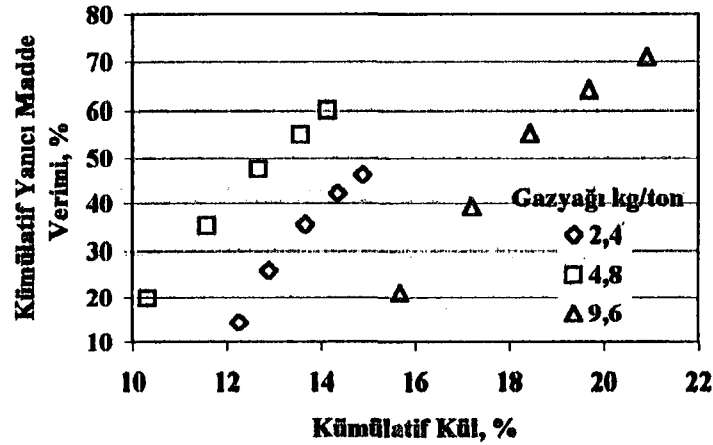
Temizleme flotasyonu kademesinin en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.96-98'da verilmiştir.

Şekil 4.96'da temizleme flotasyonu kademesi için en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan denemeler sonucunda elde edilen yanıcı madde verimlerinin zamana göre değişimleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, 8 dakika sonunda 9.6 kg/t gazyağı miktarında %70 yanıcı madde verimine ulaşılmaktadır.

Şekil 4.97'den görüldüğü üzere, 8 dakika sonundaki yanıcı madde verimi %2.4 kg/t yağ miktarında %60 ve konsantrenin kül oranı ise, %14 civarındadır. Yağ miktarının arttırılması ile verim değeri artarken, kül oranı da önemli ölçüde yükselmektedir (%21).

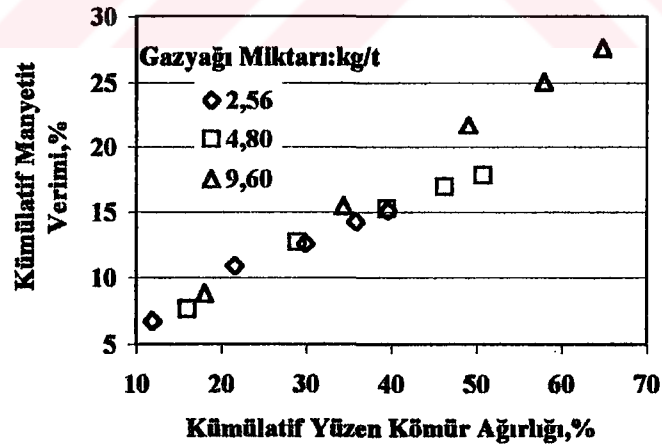


Şekil 4.96 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri



Şekil 4.97 Temizleme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

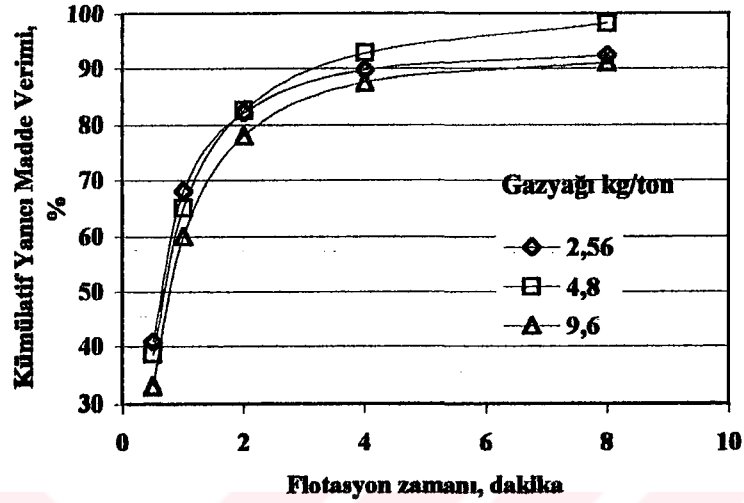
Şekil 4.98’de yüzen kömürün kümülatif %ağırlığına karşın kümülatif manyetit verimleri verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, gazyağı miktarı arttıkça yüzen kömür miktarı artmaktadır. Buna bağlı olarak da, konsantreye gelen manyetit oranında da yükselme sağlanmaktadır. 4.8 kg/t yağ miktarında 8 dakika sonunda kömürün %50’si yüzdürülürken, bu süre sonunda manyetitin %17’si konsantreye gelmektedir.



Şekil 4.98 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşın manyetit verimi

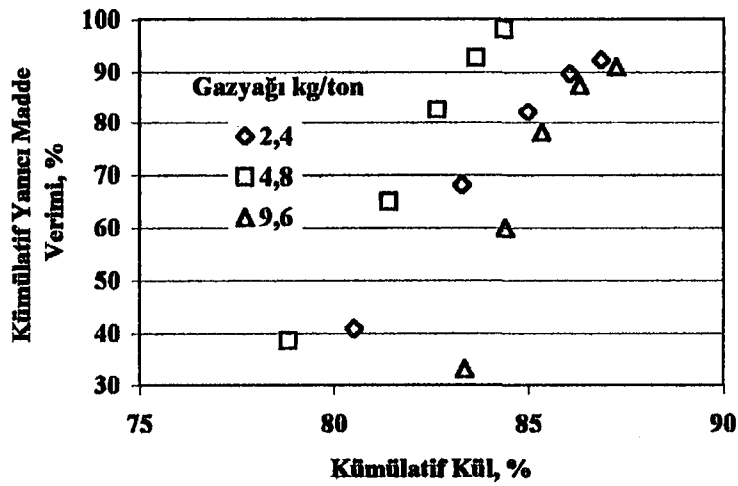
Süspürme flotasyonu kademesinin en uygun gazyağı miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.99-101’de verilmiştir.

Şekil 4.99'dan görüldüğü üzere, 4.8 kg/t gazyağı miktarı için yanıcı madde verimi %97 civarındadır. Bu değer 2.56 kg/t için %92'dir.



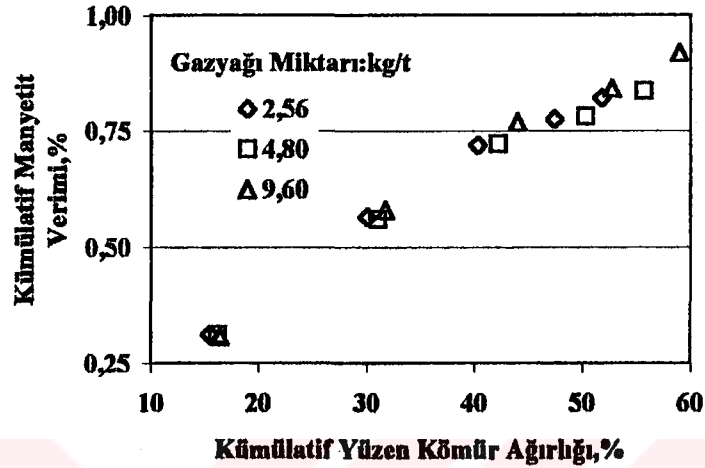
Şekil 4.99 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

Şekil 4.100'de süpürme kademesi için elde edilen yanıcı madde verim değerlerine karşı, kümülatif kül oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere, gazyağı miktarını 9.6 kg/t miktarına yükseltmek konsantrenin kül oranının arttırmaktadır. 8 dakika sonunda 4.8 kg/ t yağ miktarında yaklaşık %84 küllü ürün elde edilmektedir.



Şekil 4.100 Süpürme flotasyonunda gazyağı miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

Şekil 4.101'den görüldüğü üzere, gazyağı miktarının artırılması ile yüzen kömürün miktarı da artmakta ve bunu sonucunda yüzen kömür taneleri arasında konsantreye gelen manyetit miktarı da yükselmektedir. 4.8 kg/t gazyağı miktarında yaklaşık olarak selüldeki manyetitin %85'i 8 dakika sonunda temiz kömürle birlikte alınmaktadır.



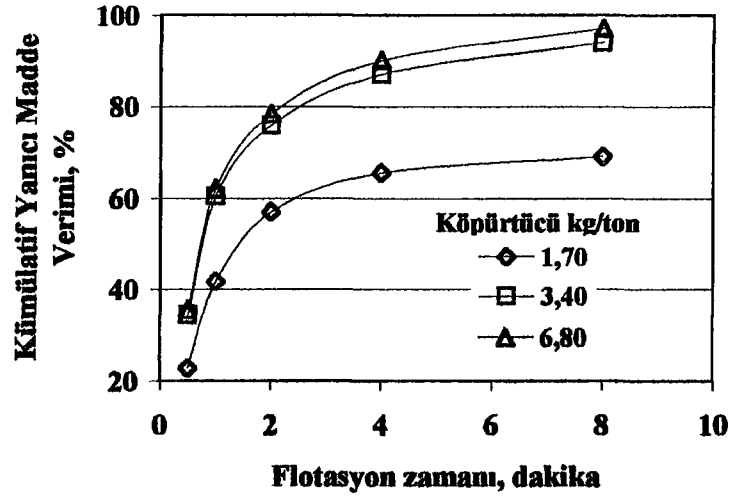
Şekil 4.101 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı manyetit verimi

4.3.2.5.2. En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti

Temizleme ve süpürme flotasyonu kademlerinde köpürtücü 1.70, 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında denemiştir. Bu deneylerle ilgili veriler EK4.63-66.'da verilmiştir.

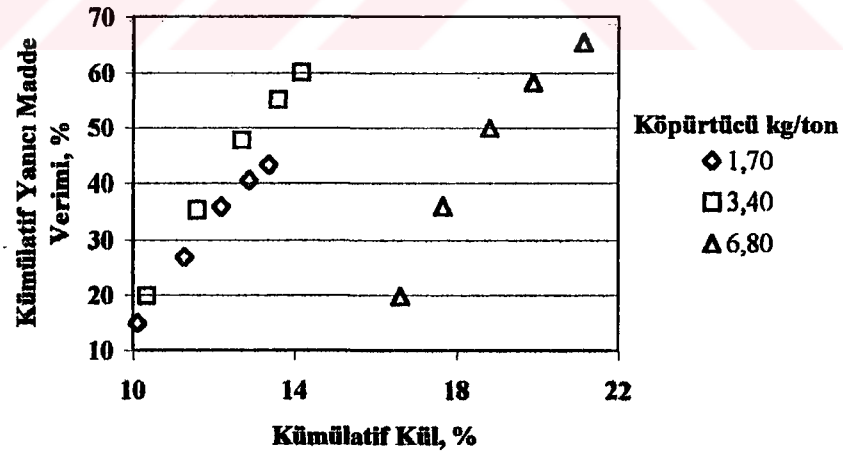
Temizleme flotasyonu kademesinin en uygun köpürtücü miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.102-104'de verilmiştir.

Şekil 4.102'de köpürtücü miktarındaki değişimin yanıcı maddeye olan etkisi gösterilmiştir. 1.70 kg/t köpürtücü miktarında yetersiz olan köpük miktarından dolayı verim değeri düşük kalırken, 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında verim değeri %95-96 değerlerindedir. Görüldüğü gibi köpürtücü miktarının 6.80 kg/t'a yükseltilmesi, yanıcı madde verimine önemli oranda katkıda bulunmamaktadır.



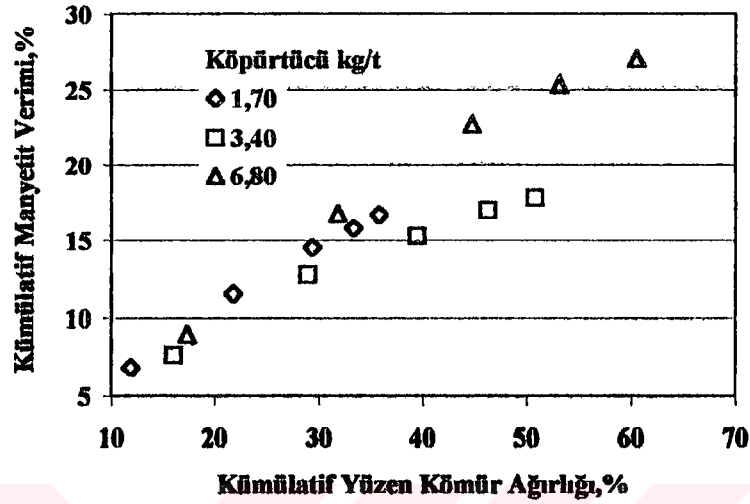
Şekil 4.102 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

Köpürtücü miktarının 6.80 kg/t değerinde kullanılması durumunda, 8 dakika flotasyon sonunda konsantrenin kül oranında önemli ölçüde yükselme gerçekleşmiştir. Bu değer 3.40 kg/t için %14 iken, 6.80 kg/t miktarında %21'e yükselmiştir (Şekil 4.103).



Şekil 4.103 Temizleme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı kümülatif yanıcı madde ve kül oranları

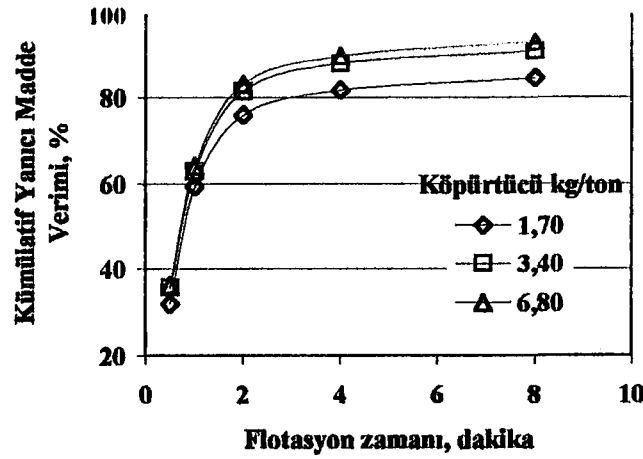
Şekil 4.104'den görüldüğü gibi, köpürtücü miktarı arttıkça, kümülatif yüzen kömür ağırlığı ve manyetit verimi de artmaktadır. 3.40 kg/t köpürtücü miktarında, 8 dakika sonunda manyetitin yaklaşık %17'si konsantreye gelmektedir. 6.80 kg/t miktarında ise bu değer %27 civarındadır.



Şekil 4.104 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı manyetit verimi

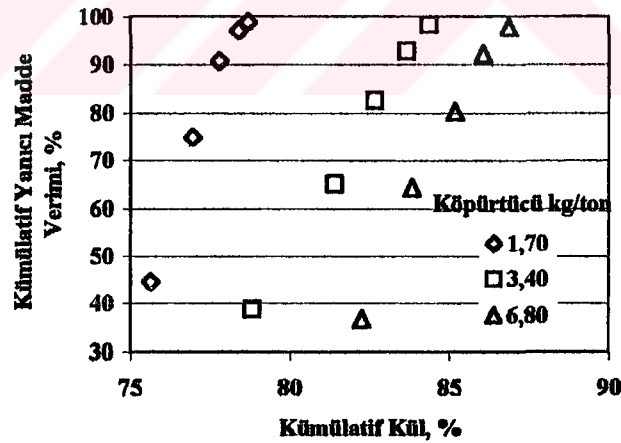
Süptürme flotasyonu kademesinin en uygun köpürtücü miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.105-107'de verilmiştir.

Şekil 4.105'de köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimlerinin zamana göre değişim grafiği çizilmiştir. Görüldüğü üzere, köpürtücü miktarını 6.80 kg/t değerine yükseltmek yanıcı madde kazanımına katkıda bulunmamaktadır. 3.40 ve 6.80 kg/t miktarlarında 8 dakika sonunda %90 civarında verim değerleri elde edilmektedir.



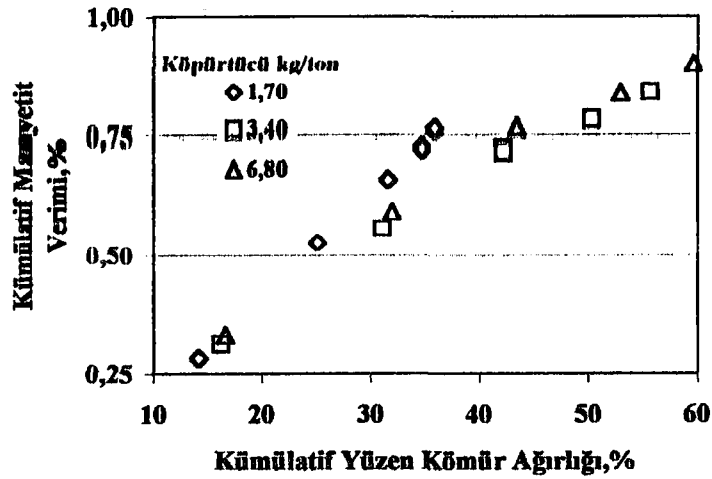
Şekil 4.105 Süpürme flotasyonunda köpürtücü miktarına bağlı yanıcı madde verimleri

Şekil 4.106'dan görüldüğü üzere, köpürtücü miktarının artırılması durumunda yanıcı madde verimi sabit kalırken, kül oranı artmaktadır. 3.40 kg/t köpürtücü miktarında %84 kül oranında ürün elde edilmektedir.



Şekil 4.106 Kümülatif yanıcı madde verimine karşı kül değerleri

Şekil 4.107'den görüldüğü üzere, 3.40 kg/t köpürtücü miktarında 8 dakika sonunda %55 yüzen kömür ağırlığına karşın, %0.85 oranında manyetit verimi elde edilmektedir. Köpürtücü miktarını 6.80 kg/t'a çıkardığımızda ise, %60 yüzen kömür ağırlığı ile %0.90 manyetit verim değeri elde edilmektedir.



Şekil 4.107 Kümülatif manyetit veriminin kümülatif yüzen kömür %ağırlığı ile değişimi

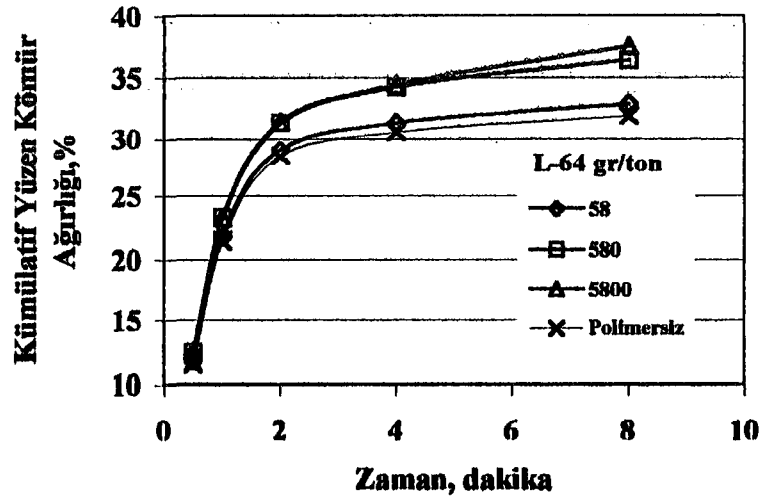
4.3.2.6. L-64'ün Flotasyonda Kullanımı

Alt akım süzme-yıkama elekleri altı ürünleri ile yapılan deneyler neticesinde saptanan en uygun parametreler kullanılmak üzere, L-64 polimerinin flotasyon verimine olan etkisi araştırılmıştır. Polimer gazyağı ile birlikte emülsifiye edilerek kullanılmış olup, daha geniş bilgi Bölüm 3.2.3.3.'de verilmiştir. Polimer temel flotasyonda 58, 580 ve 5800 gr/t miktarlarında ve temizleme ve süpürme kademelerinde ise 30, 58 ve 580 gr/t miktarlarında denenmiştir. Polimerin temel ve temizleme ve süpürme flotasyonlarında kullanımları ile elde edilen verileri içeren tablolar EK4.67.-75.'de verilmiştir.

L-64'ün temel flotasyon işlemindeki kullanımları sonucunda elde edilen sonuçları içeren grafikler Şekil 4.108-111'de verilmiştir.

Şekil 4.108'de değişik polimer miktarlarında elde edilen yüzen kömürün %ağırlık değerleri ile polimersiz deneylerde elde edilen en iyi sonucun karşılaştırılması verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, polimer kullanımı ile yüzdürülen kömürün %ağırlığında ilerleme sağlanmaktadır. 58 gr/t miktarında bu ilerleme az iken, 580 ve

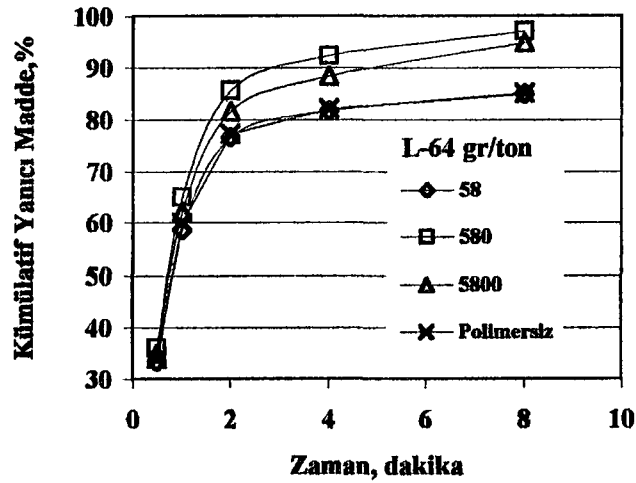
5800 gr/t miktarında polimersiz deneye göre yaklaşık %10 daha fazla kömür yüzdürülmüştür.



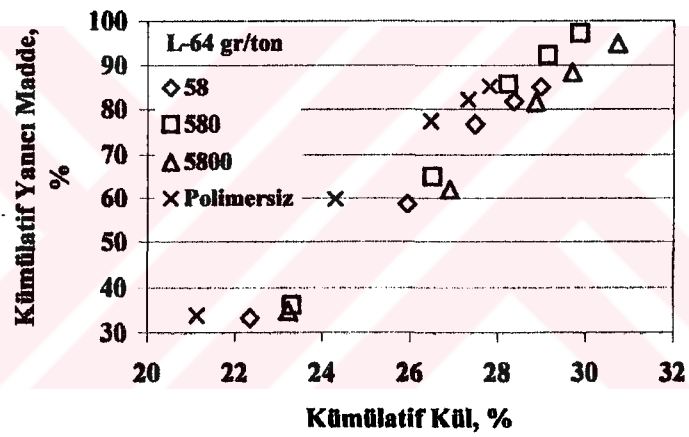
Şekil 4.108 L-64'ün kümülatif yüzen kömür ağırlığına etkisi

Polimersiz deneyde 8 dakika sonundaki kümülatif yanıcı madde verimi %85 iken, polimer kullanımı ile bu değerde ilerleme sağlanmaktadır. 580 gr/t miktarında polimer kullanıldığında polimersiz deneye göre yaklaşık %12 daha fazla yanıcı madde kazanılmaktadır. Polimer miktarını şekilden görüldüğü üzere 5800 gr/t'a yükseltmek, yanıcı madde kazanımını ilerletmemektedir. (Şekil 4.109)

Şekil 4.110'dan görüldüğü üzere, polimer kullanımı ile temiz kömür konsantresinin kül oranında yükselme gerçekleşmektedir. Polimersiz deneyin 8 dakika sonunda %27.5 olan kül oranı, 580 ve 5800 gr/t miktarında polimer kullanıldığında, sırasıyla %29.5'e ve %30.5'e yükselmektedir.



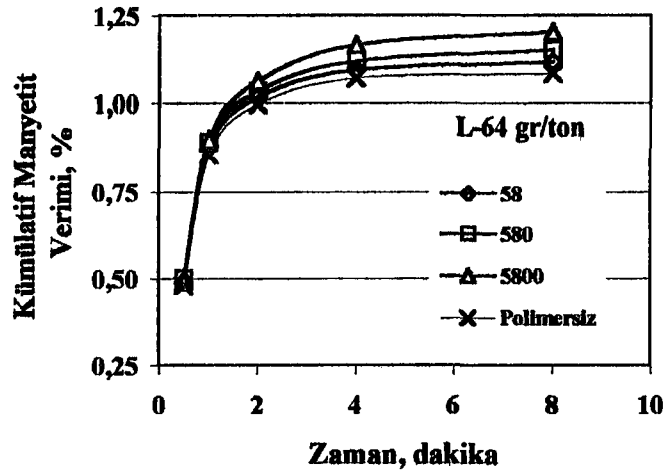
Şekil 4.109 L-64'ün yanıcı madde verimine etkisi



Şekil 4.110 L-64'ün kümülatif yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi

Polimerli deneylerde ve polimersiz deneyde 8 dakika sonunda konsantreye alınan temiz kömürün manyetit oranı birbirlerine çok yakın değerlerdedir. Bu değer Şekil 4.111'den görüldüğü üzere, %1.2-1.5 arasında değişmektedir.

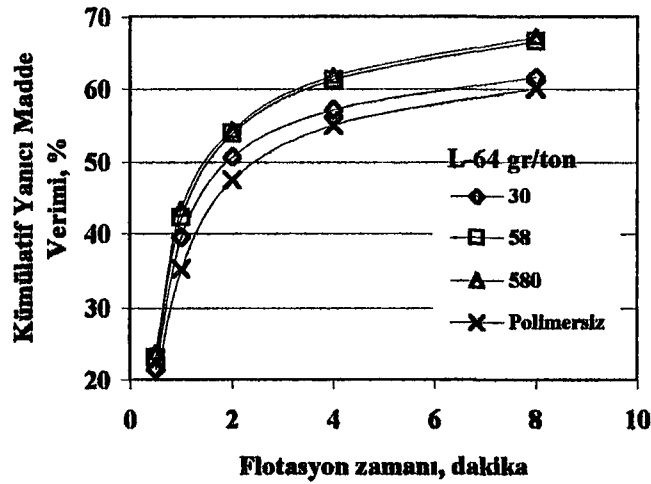
L-64 kullanılarak yapılan temel flotasyon (8 dakika) sonucunda elde edilen ön konsantreye temizleme ve artığa da süpürme flotasyonları uygulanmıştır. Temizleme ve süpürme kademelerinde daha önce saptanan en iyi şartlara ilave olarak L-64'de kullanılmıştır.



Şekil 4.111 L-64'ün manyetit verimine olan etkisi

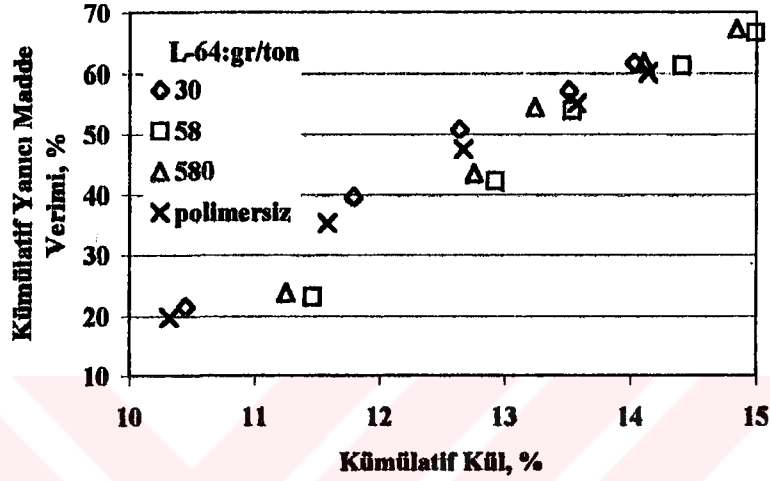
Polimer ilaveli temizleme flotasyonları sonuçlarını içeren tablolar EK4.70-72.'de ve grafikler de Şekil 4.112-114'de verilmiştir.

Şekil 4.112'den görüldüğü üzere, temizleme flotasyonunda polimer kullanımı ile, yanıcı madde kazanımında ilerleme sağlanmaktadır. Polimersiz deneylerde, 8 dakika sonundaki yanıcı madde verimi %60 iken, 58 ve 580 gr/t miktarlarında polimer kullanıldığında ise verim değeri yaklaşık olarak %67'dir.



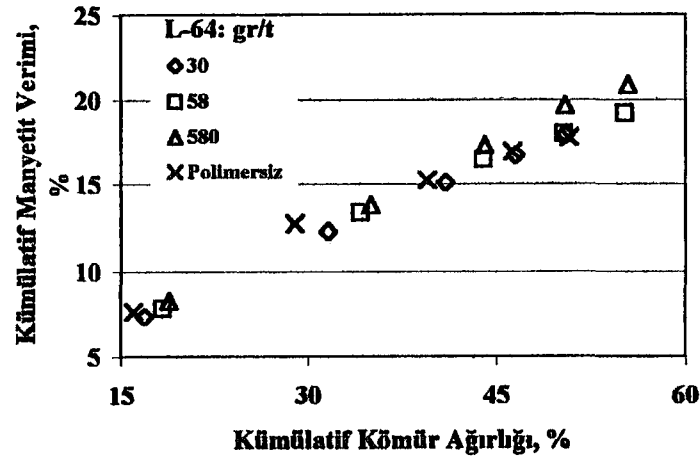
Şekil 4.112 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Şekil 4.113'de L-64'ün temizleme flotasyonunda kullanımında kümülatif yanıcı madde ve küle olan etkisi, polimersiz deneylerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, L-64'ün 58 ve 580 gr/t miktarlarında kullanımı durumunda konsantrenin kül değerlerinde yükselme gerçekleşmektedir. 8 dakika sonundaki konsantrenin kül değerleri polimersiz ve 30, 58 ve 580 gr/t polimer kullanıldığı durumlarda sırasıyla, %14.2, %14, %14.9 ve %15'dir.



Şekil 4.113 Temizleme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimi ve küle olan etkisi

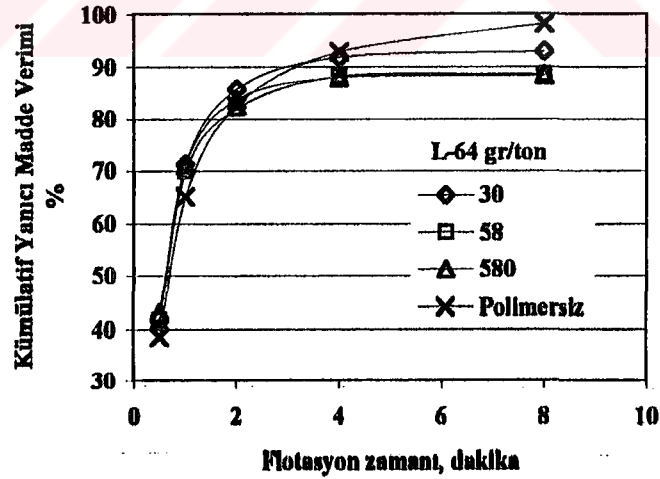
L-64 polimeri 58 ve 580 gr/t miktarlarında kullanıldığında, polimersiz deneye göre daha fazla oranda kömür yüzdürülmektedir. Şekil 4.114'den görüldüğü üzere polimersiz deneyde 8 dakikada yüzen kömür miktarı ve manyetit verimi sırasıyla, yaklaşık %50.5 ve %17.5'dir. 58 ve 580 gr/t miktarında polimer kullanıldığında ise, kömür ağırlığı ve manyetit verimleri sırasıyla, %55.2 ve %19.2 ve %55.4 ve %20.9'dur.



Şekil 4.114 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi

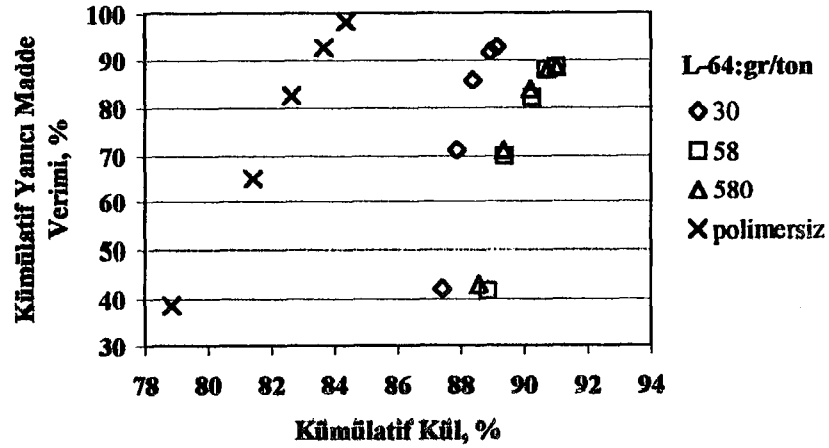
Polimer ilaveli süpürme flotasyonları sonuçlarını içeren tablolar EK4.73-75.'de ve grafikler de Şekil 4.115-117'de verilmiştir.

Şekil 4.115'de süpürme flotasyonu kademesinde polimer kullanımının yanıcı madde kazanımına olan etkisi verilmiştir. Görüldüğü üzere, polimerin verim değerinde ilerleme sağlamamaktadır.



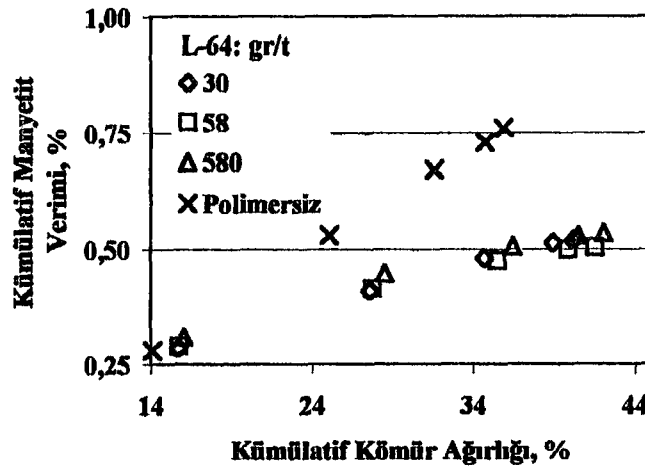
Şekil 4.115 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimine etkisi

Polimer kullanımı ile konsantrenin kül oranında ilerleme gerçekleşmiştir. Üç değişik miktardaki polimer kullanımında 8 dakika sonundaki kül oranı %89-91 değerlerine yükselmektedir. Bu değer polimersiz deneyde %84'dür (Şekil 4.116)



Şekil 4.116 Süpürme flotasyonunda L-64 kullanımının kümülatif yanıcı madde verimi ve kül oranı etkisi

Şekil 4.117'den görüldüğü üzere, polimer kullanımı ile yüzdürülen kömürün %ağırlık oranlarında ilerleme sağlanırken, 8 dakika sonundaki manyetit verimi %0.5 civarındadır.



Şekil 4.117 Kümülatif yüzen kömür ağırlığına karşı kümülatif manyetit verimi

BÖLÜM BEŞ

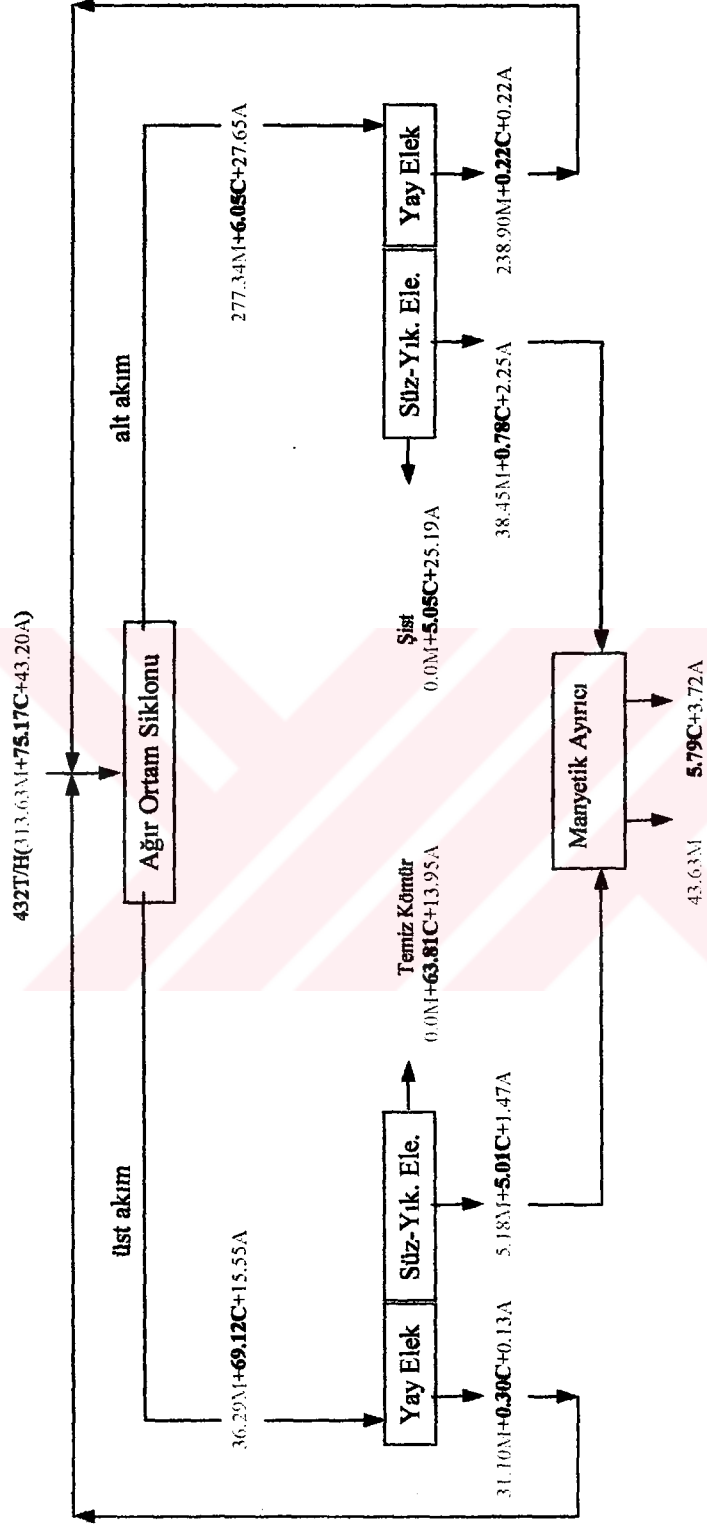
İRDELEME

5.1. Ağır Ortam Devresinde Mevcut Koşullarda Manyetit, Yanıcı Madde ve Kül Balansı

Tunçbilek Lavvarı ağır ortam siklon devresinde mevcut koşullardaki malzeme balansı; gerçek rakamlar kullanılarak manyetit, yanıcı madde ve kül için Şekil 5.1’de verilmektedir.

Görüldüğü üzere, devrede yay elek altı ürünleri doğrudan devreye geri beslenirken, süzme-yıkama elekleri altına geçen malzeme manyetik ayırıcıya gönderilmektedir. Süzme-yıkama elekleri altına saatte toplam 43.63 ton manyetit, 9.51 ton kömür (5.79 tonu yanıcı madde) geçmekte ve bu malzeme devreye beslenen manyetitin %13.9’u, kömürün %8’i ve yanıcı maddenin ise %7.7’sine tekabül etmektedir. Manyetik zenginleştiricilerde manyetitin ve kömürün tamamının birbirinden ayrıldığı ve manyetitin tamamının geri kazanıldığı kabul edilirse, ayırıcıdan saatte 43.63 ton manyetit ve 9.51 ton kömür (%39 küllü) alınmaktadır.

Manyetik ayırıcıların verimleri, ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetik olmayan ürün miktarı arttıkça azalmaktadır. Lavvardaki mevcut duruma göre manyetik ayırıcıya beslenen malzemenin yaklaşık %18’i manyetik olmayan malzemedir oluşmaktadır.



Şekil 5.1 Lavvarda ağır ortam siklon devresinde mevcut duruma göre manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı

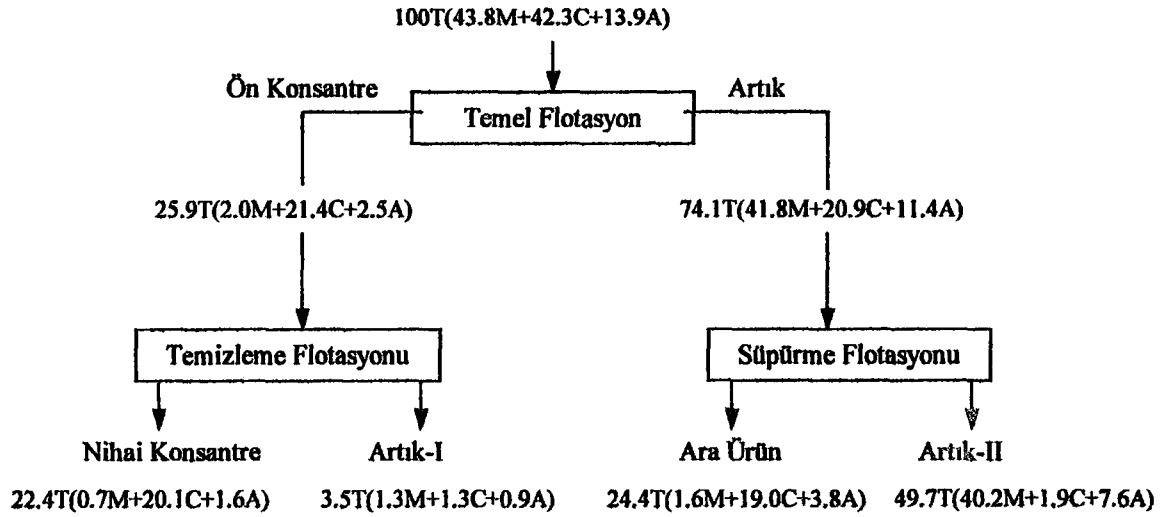
5.2. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Ağır ortam siklonu üst akımı, süzme-yıkama eleği altı ürünleri ile gerçekleştirilen temel ve temizleme-süpürme flotasyon kademeleri için saptanan en uygun parametreler Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri İçin Saptanan En Uygun Flotasyon Parametreleri

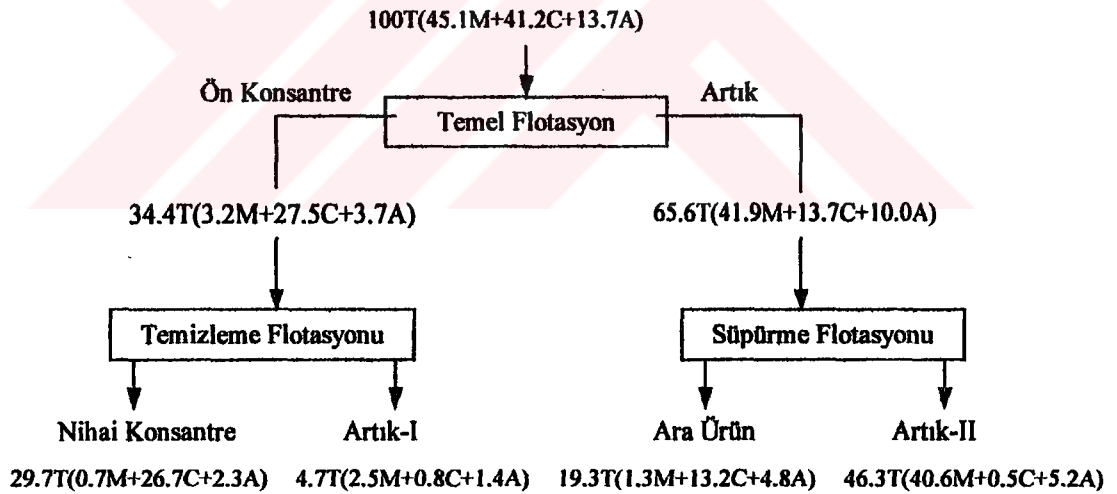
TEMEL FLOTASYON		
Gazyağı	(kg/ton):	9.60
Köpürtücü	(kg/ton)	6.80
Polimer (L-64)	(gr/ton):	580
Karıştırma Hızı	(dev/dak):	1500
Katı Oranı	(%):	2.33
Flotasyon Süresi	(dakika)	8
TEMİZLEME FLOTASYONU		
Gazyağı	(kg/ton):	4.80
Köpürtücü	(kg/ton)	3.40
Polimer (L-64)	(gr/ton):	30
Flotasyon Süresi	(dakika)	8
SÜPÜRME FLOTASYONU		
Gazyağı	(kg/ton):	4.80
Köpürtücü	(kg/ton)	3.40
Polimer (L-64)	(gr/ton):	30
Flotasyon Süresi	(dakika)	8

Yukarıda verilen şartlarda yapılan flotasyon deneyleri neticesinde elde edilen veriler kullanılarak polimerli ve polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonları sonucunda manyetit, yanıcı madde ve kül oranlarının flotasyon ürünlerindeki dağılımları Şekil 5.2 ve 5.3'de gösterilmiştir. Bu şekillerden yararlanarak hesaplanan bazı veriler Çizelge 5.2'de verilmiştir.



M:Manyetit C:Yanıcı Madde A:Kül T:M+C+A

Şekil 5.2 Polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı



M:Manyetit C:Yanıcı Madde A:Kül T:M+C+A

Şekil 5.3 Polimer ilaveli temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı

Çizelge 5.2. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünlerinin Polimersiz ve Polimer İlaveli Flotasyonunun Sonuçları

POLİMERSİZ							
	% Kömür Ağırlığı	% Kül	% Manyetit Oranı	Kalori (Kcal/kg)	% Yan. Madde Dağılımı	% Kül Dağılımı	% Manyetit Dağılımı
Temel Flot. (Ön Kons.)	42.6	10.5	7.7	6167	50.6	18.0	4.6
Temel Flot. (Artık)	57.4	35.3	56.4	4427	49.4	82.00	95.4
Temiz Flot. (Nihai Kons)	38.7	7.4	3.1	6320	47.5	11.5	1.6
Temiz Flot. (Artık-I)	3.9	40.9	37.1	3404	3.1	6.5	3.0
Süpfür. Flot. (Ara Ürün)	40.4	16.7	6.6	5902	44.9	27.3	3.7
Süpfür. Flot. (Artık-II)	17.0	80.0	80.9	900	4.5	54.7	91.7
POLİMER İLAVELİ							
Temel Flot. (Ön Kons.)	56.8	11.9	9.3	6052	66.7	27.0	7.1
Temel Flot. (Artık)	43.2	42.2	63.9	3390	33.3	73.0	92.9
Temiz Flot. (Nihai Kons)	52.6	7.9	2.4	6488	64.8	16.8	1.6
Temiz Flot. (Artık-I)	4.2	63.6	53.2	2143	1.9	10.2	5.5
Süpfür. Flot. (Ara Ürün)	32.7	26.7	6.7	5050	32.0	35.0	2.9
Süpfür. Flot. (Artık-II)	10.5	91.2	87.7	803	1.3	38.0	90.0

Çizelge 5.2'den görüldüğü üzere, ağır ortam siklonu üst akımı süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin temel flotasyonunda polimer (L-64) kullanımı ile 8 dakika flotasyon sonunda yüzdürülen kömürün ağırlığında %14.2, yanıcı madde veriminde %16.1 ilerleme sağlanmaktadır. Kül oranı ise polimersiz deneye göre %1.6 artmıştır. 8 dakika sonundaki temiz kömür konsantresi ise %1.6 daha fazla manyetit içermektedir. Her iki durumda ön konsantrenin ısı değeri, 6000 kcal/kg değerinin

üzerindedir. Bu sonuçlara göre temel flotasyon kademesinde polimer kullanımının faydalı olduğu söylenebilir.

Temizleme flotasyonu kademesinde polimer kullanıldığında, temel flotasyon kademesinde elde edilen ön konsantrenin ağırlık olarak %92.6'sı 8 dakika sonunda nihai konsantre olarak elde edilmektedir. Polimersiz temizleme flotasyonu için bu değer %90.8'dir. Temel flotasyon kademesinde elde edilen ön konsantredeki yanıcı maddenin %97.2'si polimerli temizleme flotasyonu sonunda kazanılırken, bu değer polimersiz flotasyon için %93.9'dur (Şekil 5.2 ve 5.3). Her iki nihai konsantrenin kül oranı yaklaşık %7'dir. Nihai konsantrenin manyetit oranları ise polimerli ve polimersiz deneyler için sırasıyla %2.4 ve %3.1'dir. Polimersiz flotasyonda ön konsantredeki manyetit %35.0'ı nihai konsantreye alınırken, polimerli flotasyon için bu değer %21.9'dur. Nihai konsantrenin ısı değeri polimerli ve polimersiz deneyler için sırasıyla 6488 ve 6320 kcal/kg'dır. Buradan temizleme flotasyonunda polimer kullanımının özellikle yanıcı madde kazanımı ve kömür ağırlığı açısından flotasyonu ilerlettiği sonucu çıkmaktadır.

Süpürme flotasyonu kademesinde polimer kullanıldığında, temel flotasyon kademesinde elde edilen artığın ağırlık olarak %75.7'si 8 dakika sonunda nihai konsantre olarak elde edilmektedir. Polimersiz süpürme flotasyonu için bu değer %70.4'dür. Temel flotasyon kademesinde elde edilen artıktaki yanıcı maddenin %96.0'ı polimerli süpürme flotasyonu sonunda kazanılırken, bu değer polimersiz flotasyon için %90.9'dur (Şekil 5.2 ve 5.3). Ara ürünün kül oranı ise polimerli ve polimersiz flotasyonlar için sırasıyla %26.7 ve %16.7'dir. Ara ürünün manyetit oranları ise polimerli ve polimersiz deneyler için sırasıyla %6.7 ve %6.6'dır. Polimersiz flotasyonda artıktaki manyetit %3.8'i ara ürüne alınırken, polimerli flotasyon için bu değer %3.1'dir. Polimersiz ara ürün 5902 kcal/kg ısı değerine sahip iken, polimer kullanıldığında bu değer 5050 kcal/kg'a düşmektedir. Buradan süpürme flotasyonunda polimer kullanımının, yanıcı madde ve kömür ağırlığını yaklaşık olarak %6 ilerlettiği, ancak konsantrenin kül oranını ise %10.3 arttırdığı için uygun olmadığı sonucu çıkmaktadır.

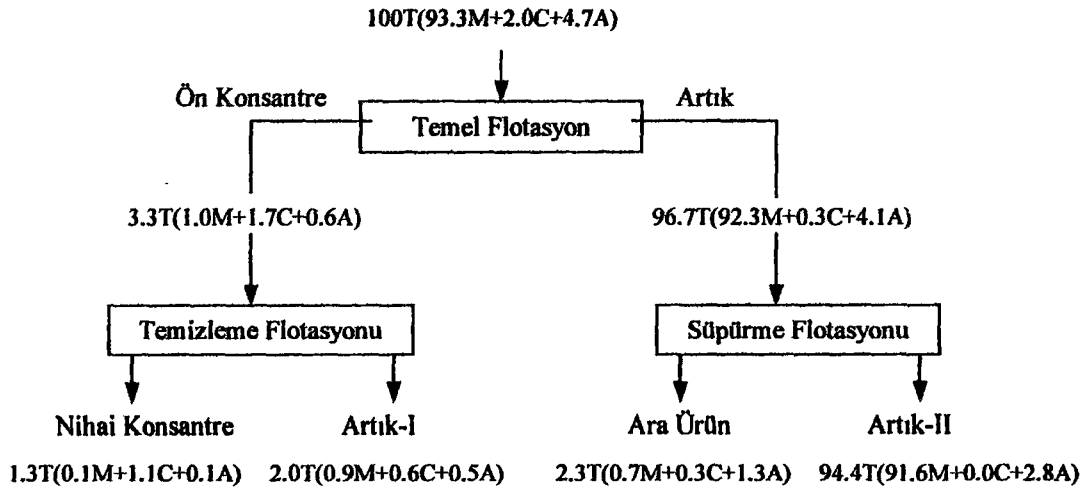
5.3. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri ile Yapılan Flotasyon Deneyleri Sonuçları

Ağır ortam siklonu alt akımı, süzme-yıkama eleği altı ürünleri ile gerçekleştirilen temel ve temizleme-süpürme flotasyon kademeleri için saptanan en uygun parametreler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünleri İçin Saptanan En Uygun Flotasyon Parametreleri

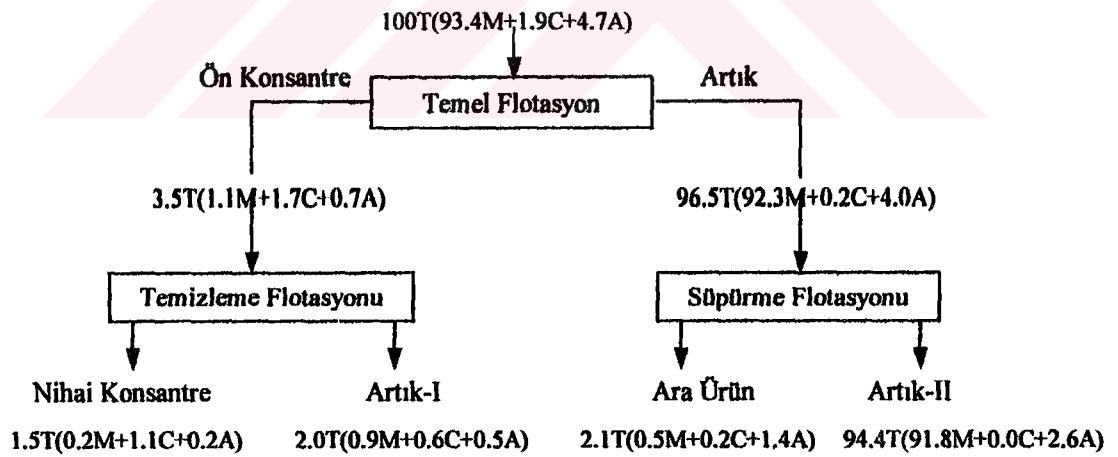
TEMEL FLOTASYON		
Gazyağı	(kg/ton):	9.60
Köpürtücü	(kg/ton)	3.40
Polimer (L-64)	(gr/ton):	58
Karıştırma Hızı	(dev/dak):	1500
Katı Oranı	(%):	8.77
Flotasyon Süresi	(dakika)	8
TEMİZLEME FLOTASYONU		
Gazyağı	(kg/ton):	4.80
Köpürtücü	(kg/ton)	3.40
Polimer (L-64)	(gr/ton):	58
Flotasyon Süresi	(dakika)	8
SÜPÜRME FLOTASYONU		
Gazyağı	(kg/ton):	4.80
Köpürtücü	(kg/ton)	1.70
Polimer (L-64)	(gr/ton):	30
Flotasyon Süresi	(dakika)	8

Yukarıda verilen şartlarda yapılan flotasyon deneyleri neticesinde elde edilen verilerden yola çıkarak polimerli ve polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonları sonucunda manyetit, yanıcı madde ve kül oranlarının flotasyon ürünlerindeki dağılımları Şekil 5.4 ve 5.5'de gösterilmiştir. Bu şekillerden yararlanarak hesaplanan bazı veriler Çizelge 5.4'de verilmiştir.



M:Manyetit C:Yanıcı Madde A:Kül T:M+C+A

Şekil 5.4 Polimersiz temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı



M:Manyetit C:Yanıcı Madde A:Kül T:M+C+A

Şekil 5.5 Polimer ilaveli temel ve temizleme-süpürme flotasyonu ürünlerinde manyetit, yanıcı madde ve kül dağılımı

Çizelge 5.4. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünlerinin Polimersiz ve Polimer İlaveli Flotasyonunun Sonuçları

POLİMERSİZ							
	%Kömür Ağırlığı	%Kül	%Manyetit Oranı	Kalori (Kcal/kg)	%Yan.Madde Dağılımı	%Kül Dağılımı	%Manyetit Dağılımı
Temel Flot. (Ön Kons.)	33.8	26.1	30.3	4800	85.0	13.4	1.1
Temel Flot. (Artık)	66.2	90.9	95.4	300	15.0	86.6	98.9
Temiz. Flot. (Nihai Kons)	17.2	8.3	7.7	5583	55.0	2.1	0.1
Temiz. Flot. (Artık-I)	16.6	45.5	45.0	3368	30.0	10.6	1.0
Süpfür. Flot. (Ara Ürün)	24.2	75.0	30.4	980	15.0	27.7	0.8
Süpfür. Flot. (Artık-II)	42.0	99.8	97.0	-	0.0	59.6	98.2
POLİMER İLAVELİ							
Temel Flot. (Ön Kons.)	36.6	29.2	31.4	4792	89.5	14.9	1.2
Temel Flot. (Artık)	63.4	95.2	95.6	-	10.5	85.1	98.8
Temiz. Flot. (Nihai Kons)	20.2	15.4	13.3	5531	57.9	4.3	0.2
Temiz. Flot. (Artık-I)	16.4	45.5	45.0	3366	31.6	10.6	1.0
Süpfür. Flot. (Ara Ürün)	25.3	87.5	23.8	580	10.5	29.8	0.5
Süpfür. Flot. (Artık-II)	38.1	99.5	97.2	-	0.0	55.3	98.3

Çizelge 5.4'den görüldüğü üzere, ağır ortam siklonu alt akımı süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin temel flotasyonunda polimer (L-64) kullanımı ile 8 dakika flotasyon sonunda yüzdürülen kömürün ağırlığında %2.8, yanıcı madde veriminde yaklaşık %5 ilerleme sağlanmaktadır. Kül oranı ise polimersiz deneye göre %3.1 artmıştır. Her iki durumdaki ısı değeri yaklaşık 4800 kcal/kg'dır. 8 dakika sonundaki temiz kömür konsantresi ise polimer ilaveli deneyde %1.1 daha fazla manyetit içermektedir. Bu sonuçlara göre temel flotasyon kademesinde polimer kullanımının

yanıcı madde verimini yükselttiği, ancak beraberinde kül oranı da arttığı için uygun olmadığı söylenebilir.

Temizleme flotasyonu kademesinde polimer kullanıldığında, temel flotasyon kademesinde elde edilen ön konsantrenin ağırlık olarak %55.2'si 8 dakika sonunda nihai konsantre olarak elde edilmektedir. Polimersiz temizleme flotasyonu için bu değer %50.9'dur. Temel flotasyon kademesinde elde edilen ön konsantredeki yanıcı maddenin her iki durumda da %64.7'si temizleme flotasyonu sonunda nihai konsantreye alınmaktadır (Şekil 5.4 ve 5.5). Polimer ilaveli ve polimersiz flotasyon konsantrelerinin kül oranları ise sırasıyla, %15.4 ve %8.3'dür. Nihai konsantrenin manyetit oranları ise polimerli ve polimersiz deneyler için sırasıyla %13.3 ve %7.7'dir. Polimersiz flotasyonda ön konsantredeki manyetitin %10.0'u nihai konsantreye alınırken, polimerli flotasyon için bu değer %18.2'dir. Buradan temizleme flotasyonunda polimer kullanıldığında yüzdürülen kömürün ağırlığında ve yanıcı madde evriminde %2'lik ilerleme sağlanırken, konsantrenin kül oranında %5'lik artış meydana geldiğinden dolayı bu aşamada polimer kullanımına gerek olmadığı anlaşılmaktadır.

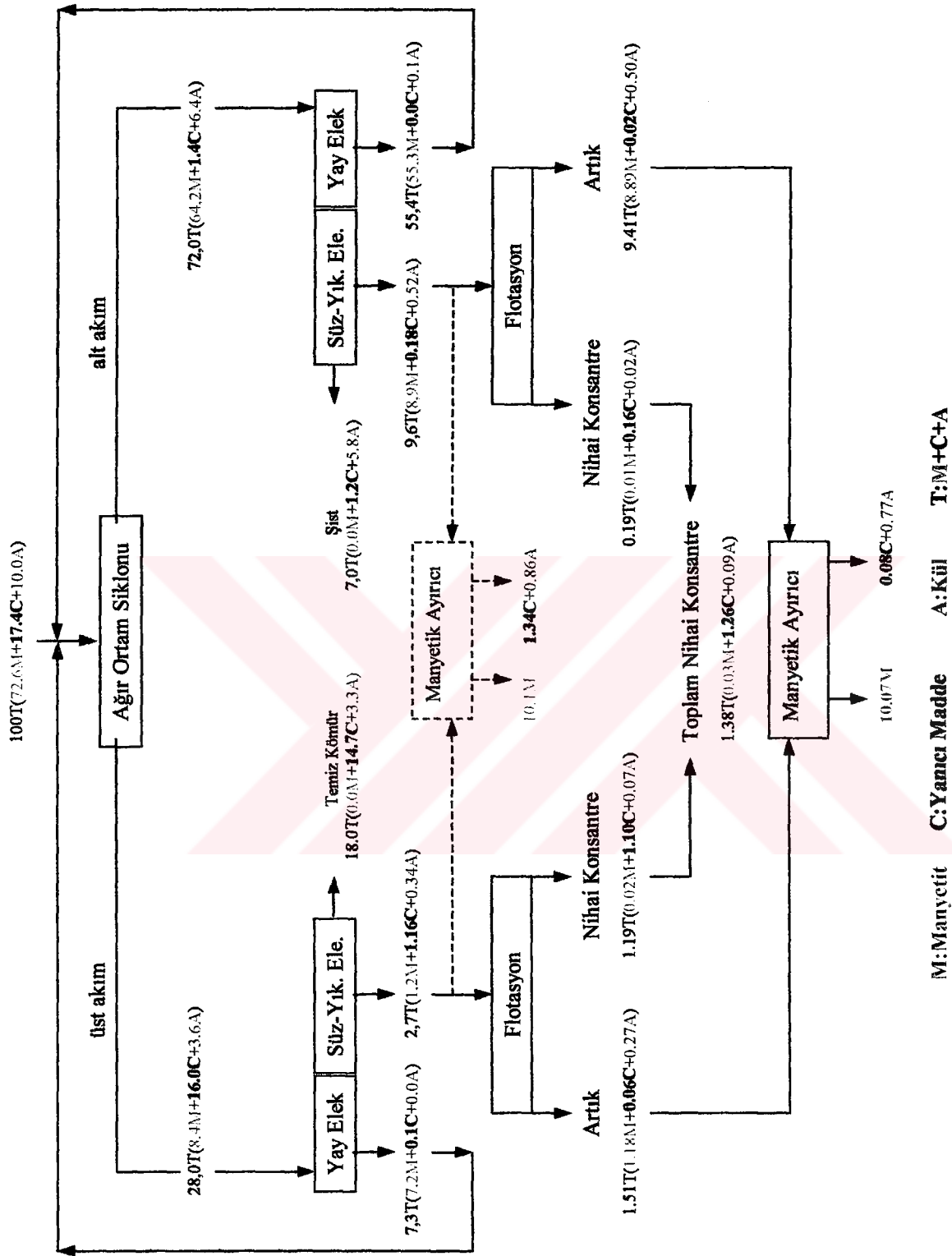
Polimerli ve polimersiz temel flotasyon sonunda elde edilen artığın kül oranları, sırasıyla %95.6 ve %95.4'dür. Yapılan süpürme flotasyonu ile elde edilen ara ürünün kül oranları ise sırasıyla %87.5 ve %75.0'dir. Buradan süpürme flotasyonu uygulamasının kül oranını düşürmekte etkisiz kaldığı söylenebilir.

Buna göre, siklon üst akımı süzme-yıkama eleği altı ürünlerinin flotasyonunda temel ve temizleme kademelerinde polimer kullanımının uygun olurken, süpürme kademesinde ise polimerin flotasyon verim değerlerine katkıda olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Alt akım süzme-yıkama eleği altı ürünleri için ise temel ve temizleme kademeleri polimersiz flotasyon ile uygulanması, süpürme kademesi uygulamasının ise gereksiz olduğu anlaşılmıştır.

5.4. Ağır Ortam Devresine Flotasyon Ünitelerinin Entegrasyonu

Şekil 5.1’de verilen ve Tunçbilek Lavvarında halihazırda çalışmakta olan ağır ortam devresi, Bölüm 5.2 ve 5.3’de detayları verilen flotasyon sonuçlarından optimum olanlar seçilerek modifiye edilmiştir. En uygun flotasyon sonuçları siklon devresinde süzme-yıkama elekleri altı ürünlerine uygulanmış ve manyetit, yanıcı madde ve külün birim dağılımları Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Bu şemada temizleme ve süpürme kademelerinde elde edilen ara ürünler nihai konsantre ve artığa oranlanarak dağıtılmıştır. Şekil 5.7’de ise tasarlanan yeni devre tertibi için manyetit, yanıcı madde ve külün ağır ortam devresindeki ton/saat cinsinden dağılımı gösterilmiştir.

Şekil 5.6’dan görüldüğü üzere, ağır ortam siklonuna beslenen malzemenin, %2.2’si kömür ve %10.1’i manyetit olmak üzere toplam %12.3’ü süzme yıkama elekleri altından alınmaktadır. Mevcut olan sistemde süzme-yıkama eleği altı ürünlerinin beslendiği manyetik ayırıcıda manyetit ve kömürün tamamen birbirinden ayrıldığı ve manyetitin tamamının geri kazanıldığı kabul edilirse, siklona beslenen malzemedeki manyetitin %13.91’i, kömürün %8.00’i (%39 küllü) ve yanıcı maddenin %7.70’i manyetik ayırıcıdan alınmaktadır. Manyetik ayırıcıya beslenen ürünün manyetit/kömür oranı ise 4.6 dır. Süzme-yıkama elekleri altı ürünlerine flotasyon uygulandığında ise, siklona beslenen malzemedeki manyetitin %13.87’si flotasyon sonundaki artıktaki kömürün %4.9’u (%6.7 küllü) temiz kömür konsantresinde ve yanıcı maddenin %7.3’ü bu konsantrede alınmaktadır. Bu sistemde flotasyon ünitelerinden elde edilen artık ürününün manyetit/kömür oranı yaklaşık 12’ye yükselmektedir. Bir başka ifade ile manyetit 2.5 kat yoğunlaştırılmış durumdadır. Manyetik ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetik olmayan malzeme oranı azaldıkça verimlerinin yükseldiği bilindiğine göre, flotasyon sonunda elde edilen artıktan manyetitin daha yüksek oranlarda geri kazanılacağı açıkça söylenebilir.



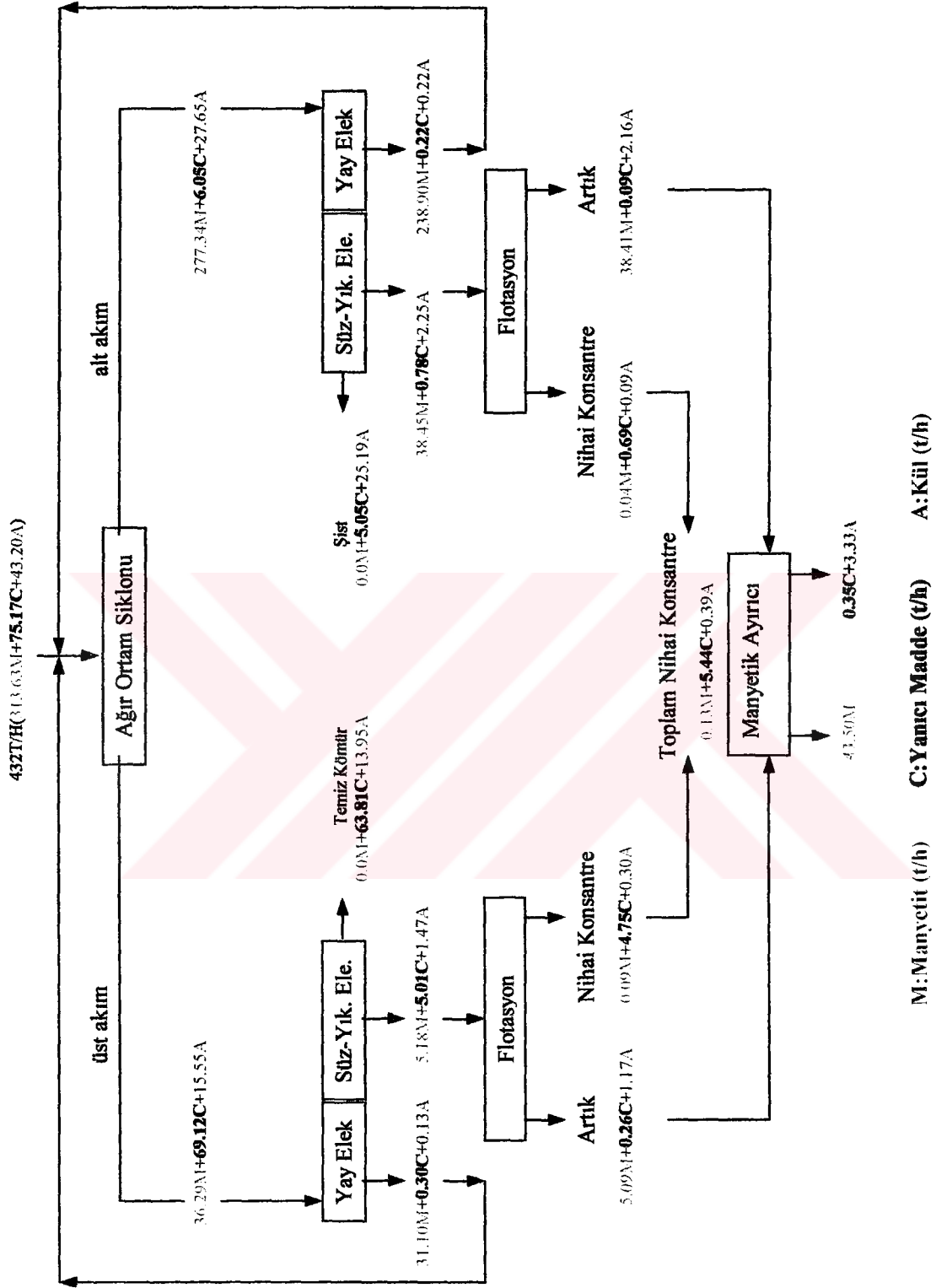
Şekil 5.6 Devredeki manyetit, yanıcı madde ve külün mevcut sistemle karşılaştırılabilir birim balansı

Şekil 5.7'den görüldüğü üzere, her iki süzme-yıkama eleği altına saatte toplam 43.63 ton manyetit ve 9.51 ton kömür geçmektedir. Bu ürünü flotasyona tabi tuttuğumuzda, toplam olarak saatte 5.83 ton kömür %6.7 kül oranı ile kazanılabilmektedir. Süzme-yıkama elekleri altına geçen yanıcı maddenin yaklaşık %94'ü flotasyon sonunda temiz kömür konsantresine alınmaktadır. Çizelge 5.5'de Tunçbilek Lavvarında mevcut sistem ile bu sisteme flotasyonu entegre ettiğimiz durumda, süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinden elde edilen ürünlerin özellikleri ve bazı veriler karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Her iki durumda manyetik ayırıcıların %100 verimle çalıştığı kabul edilmiştir.

Çizelge 5.5 Mevcut Sistem ve Flotasyonun Entegrasyonunun Karşılaştırılması

	Mevcut Durum	Flotasyonun Entegrasyonu Sistemi
Kömür (t/h)	9.51	5.83
Isı Değeri (kcal/kg) (Kuru Kömür)	≈4000	≈6300
%Kül (Kuru Kömür)	39	6.7
Manyetik Ayırıcıya Beslenen Toplam Malzeme (t/h)	53.14	47.18
Manyetik Ayırıcıya Beslenen Malzemenin Manyetit/Kömür Oranı	4.6	12
Kazanılan Manyetit (t/h)	43.63	43.50

Çizelgeden görüldüğü üzere, süzme-yıkama elekleri altı ürünlerine flotasyon yöntemi uygulandığında mevcut sisteme göre kalorisi daha yüksek olan temiz kömür konsantresi elde edilmektedir. Bunun yanında manyetik ayırıcının yükü %11 oranında azaltılmış ve ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetit/kömür oranı 2.6 kat arttırılmıştır. Bu şartlar altında flotasyon artışıdaki manyetitin daha yüksek oranlarda geri kazanılabileceği söylenebilir. Manyetik ayırıcıya beslenen malzemenin manyetitin tümünün geri kazanıldığı kabul edildiğinde, manyetitin %0.3'ü flotasyon yönteminde yüzdürülen temiz kömüre karışmakta ve saatte 130 kg manyetit flotasyonun entegrasyonu sisteminde kayıp edilmektedir.



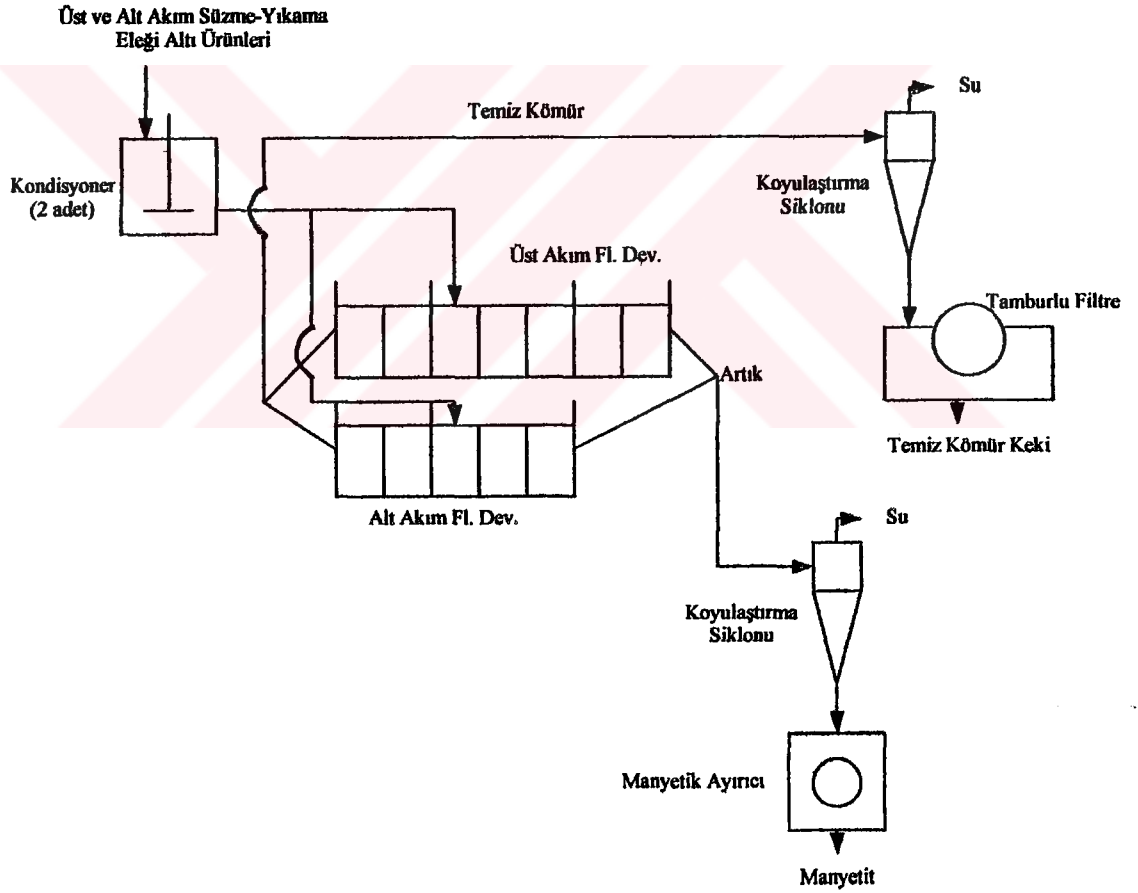
Şekil 5.7 Devreye flotasyonun entegrasyonu sonucunda manyetit, yanıcı madde ve kül balansı

BÖLÜM ALTI

FLOTASYON TESİSİNİN TASARIMI VE MALİYETİ

6.1 Flotasyon Tesisinin Tasarımı

Şekil 6.1’de tasarlanan flotasyon tesisinin akım şeması verilmiştir.



Şekil 6.1 Flotasyon tesisinin akım şeması

Flotasyon tesisinin tasarımıda kullanılan formüllerdeki sembollerin anlamları aşağıda açıklanmıştır.

F: Tesisin günlük kapasitesi (ton/gün)

t: Kondisyonlama veya flotasyon zamanı (dakika)

P_M: %Katı oranı

γ_t : Kömür ve manyetit karışımının yoğunluğu (gr/cm³)

γ_k : Kömürün yoğunluğu (gr/cm³)

γ_m : Manyetitin yoğunluğu (gr/cm³)

γ_p : Pülöp yoğunluğu (gr/cm³)

x: Kömür ve manyetit karışımındaki manyetit oranı (%)

V_p: Pülöp hacmi (m³)

W_p: Pülöp ağırlığı (ton)

E: Emniyet faktörü (%20)

n: Selül sayısı

Flotasyon tesisindeki en önemli ekipmanların boyutlandırılması için gerekli hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Kondisyonlama Tankı:

Kondisyonerin boyutlandırılmasında aşağıda gösterilen formüllerde [.] içindeki değerler, siklon alt akımı süzme-yıkama elekleri altı ürünü için verilmiştir. Çizelge 3.4'den görüldüğü üzere, üst akım süzme-yıkama eleği altına saatte 5.42 ton manyetit ve 6.25 ton kömür olmak üzere toplam 11.67 ton malzeme geçmektedir. Alt akım için bu değerler 38.40 ton manyetit ve 2.86 ton kömür olmak üzere toplam 41.26 tondur.

Günde ortalama 20 saat çalışan lavvarda elek altına geçen malzeme miktarları;

$$F = 11.67[41.26] \frac{\text{ton}}{\text{saat}} \times 20 \frac{\text{saat}}{\text{gün}} = 233.4[825.2] \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \text{ dır.}$$

Çizelge 3.4'de verildiği üzere, üst ve alt akım süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin katı oranları sırasıyla %2.33 ve %8.77'dir. Buradan kondisyonere gelecek pülpün ağırlığı;

$$W_p = \frac{Fxt}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{233.4[825.2] \times 3}{24 \times 60 \times \%2.33[\%8.77]} = 20.87[19.60] \text{ ton olarak bulunur.}$$

Yine Çizelge 3.4'deki elek altı ürünlerinin manyetit ve kömür yüzdeleri kullanmak suretiyle, manyetit ve kömür karışımının yoğunluğu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{100-x}{\gamma_k} + \frac{x}{\gamma_m}} = \frac{100}{\frac{100-46.44[93.07]}{1.3[1.38]} + \frac{46.44[93.07]}{5.1}} = 2.00[3.97] \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

Elek altı ürünlerinin pülp yoğunlukları ise;

$$\gamma_p = \frac{100}{100 - P_m \left(1 - \frac{1}{\gamma_t}\right)} = \frac{100}{100 - 2.33[8.77] \left(1 - \frac{1}{2.00[3.97]}\right)} = 1.01[1.07] \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \quad \text{olarak}$$

bulunur.

Buradan kondisyonere gelecek olan pülpün hacmi;

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{20.87[19.60]}{1.01[1.07]} \times 1.20 = 24.80[21.98] \text{ m}^3 \text{ dır.}$$

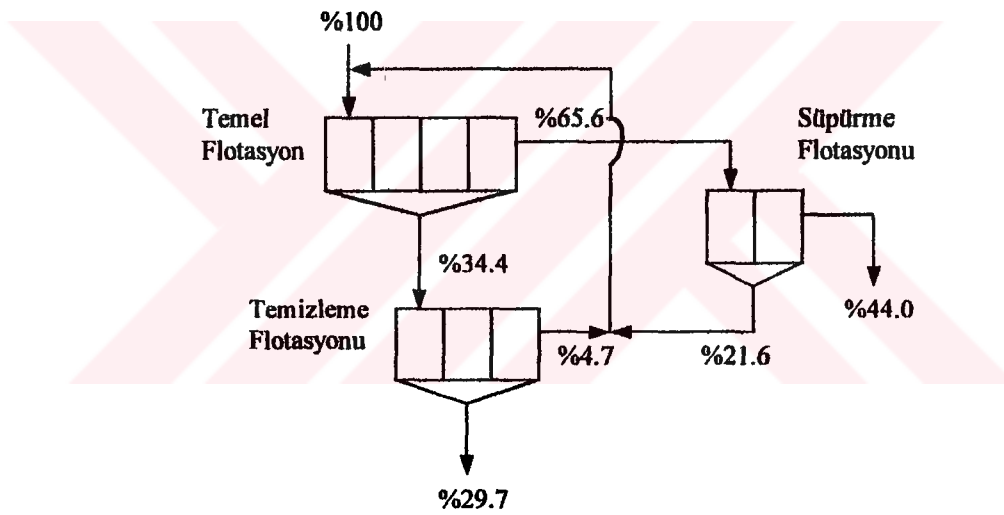
Silindirik kondisyonerin yüksekliği 1.5 m olarak kabul edilirse yarıçapı;

$$24.80[21.98] = \pi \cdot r^2 \cdot 1.5 \Rightarrow r = 2.29[2.16] \text{ m olarak bulunur.}$$

Flotasyon Selülleri:

Siklon üst akımı süzme-yıkama eleği altı ürünü için tasarlanan flotasyon tesisinin akım şeması Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Elek altına saatte Çizelge 3.4’de verildiği üzere, 5.42 ton manyetit ve 6.25 ton kömür olmak üzere toplam 11.67 ton malzeme geçmektedir. Şekilden görüldüğü üzere temel flotasyon devresine beslenen malzemeye ilave olarak %4.7 ve %21.6 oranında ara ürün de gelmektedir. Bu durumunda toplam malzeme yüzdesi $\%100 + \%4.7 + \%21.6 = \%126.30$ ‘dur. Temel flotasyon devresine beslenen malzemenin toplam miktarsal değeri ise,

$$F = 233.4 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \times \%126.30 = 294.78 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 6.2 Üst akım elek altı ürünü flotasyon tesisinin akım şeması

Flotasyon bataryasına beslenen pülpün ağırlığı,

$$W_p = \frac{F_{xt}}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{294.78 \times 8}{24 \times 60 \times \%2.33} = 70.29 \text{ ton bulunur.}$$

Pülpün hacmi ise,

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{70.29}{1.01} \times 1.20 = 83.51 m^3 \text{ ve}$$

$$\frac{83.51 m^3}{0.028 \frac{m^3}{ft^3}} = 2982.60 ft^3 \text{ değerindedir.}$$

Selül hacmi 315 ft³ olan selüller seçildiğinde gerekli olan selül sayısı,

$$n = \frac{2982.60 ft^3}{315 \frac{ft^3}{adet}} = 9.5 = 10 \text{ adet bulunur.}$$

Temizleme flotasyonu kademesine, Şekil 6.1'den görüldüğü üzere temel flotasyon kademesine beslenen toplam malzemenin %34.4'ü gelmektedir. Benzer hesaplamalar temizleme flotasyonu kademesi için yapıldığında gerekli olan selül sayısı,

$$F = 233.4 \frac{ton}{gün} \times \%34.4 = 80.29 \frac{ton}{gün}$$

$$W_p = \frac{F \times t}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{80.29 \times 8}{24 \times 60 \times \%2.33} = 19.14 ton$$

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{100-x}{\gamma_k} + \frac{x}{\gamma_m}} = \frac{100}{\frac{100-9.67}{1.3} + \frac{9.67}{5.1}} = 1.40 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_p = \frac{100}{100 - P_m \left(1 - \frac{1}{\gamma_t}\right)} = \frac{100}{100 - 2.33 \left(1 - \frac{1}{1.40}\right)} = 1.01 \frac{ton}{m^3}$$

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{19.14}{1.01} \times 1.20 = 22.74 m^3$$

$$\frac{22.74m^3}{0.028 \frac{m^3}{ft^3}} = 812.16 ft^3$$

$$n = \frac{812.16 ft^3}{315 \frac{ft^3}{adet}} = 2.6 = 3 \text{ adet bulunur.}$$

Süpürme flotasyonu kademesine, Şekil 6.2'den görüldüğü üzere temel flotasyon kademesine beslenen toplam malzemenin %65.6'sı gelmektedir. Süpürme flotasyonu kademesi için gerekli olan selül sayısı,

$$F = 233.4 \frac{ton}{gün} \times \%65.6 = 153.11 \frac{ton}{gün}$$

$$W_p = \frac{Fxt}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{153.11 \times 8}{24 \times 60 \times \%2.33} = 36.51 ton$$

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{100-x}{\gamma_k} + \frac{x}{\gamma_m}} = \frac{100}{\frac{100-65.12}{1.3} + \frac{65.12}{5.1}} = 2.53 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_p = \frac{100}{100 - P_m \left(1 - \frac{1}{\gamma_t}\right)} = \frac{100}{100 - 2.33 \left(1 - \frac{1}{2.53}\right)} = 1.01 \frac{ton}{m^3}$$

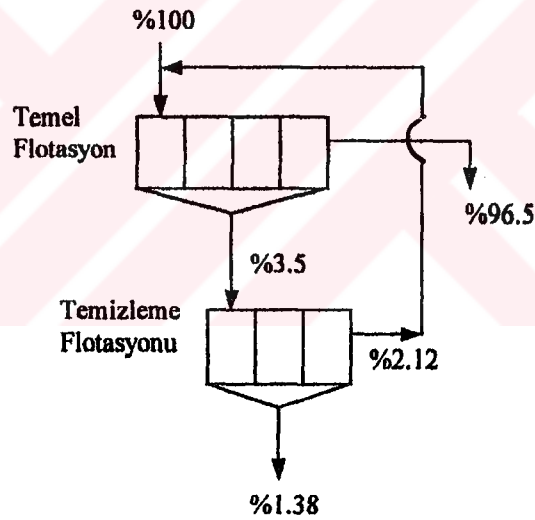
$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{36.51}{1.01} \times 1.20 = 43.38 m^3$$

$$\frac{43.38 m^3}{0.028 \frac{m^3}{ft^3}} = 1549.22 ft^3$$

$$n = \frac{1549.22 \text{ ft}^3}{315 \frac{\text{ft}^3}{\text{adet}}} = 4.9 = 5 \text{ adet bulunur.}$$

Siklon alt akımı süzme-yıkama eleği altı ürünü için tasarlanan flotasyon tesisinin akım şeması Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Elek altına saatte Çizelge 3.4'de verildiği üzere, 38.40 ton manyetit ve 2.86 ton kömür olmak üzere toplam 41.26 ton malzeme geçmektedir. Şekilden görüldüğü üzere temel flotasyon devresine beslenen malzemeye ilave olarak %2.12 oranında ara ürün de gelmektedir. Bu durumda toplam malzeme yüzdesi %100+%2.12=%102.12 'dir. Temel flotasyon devresine beslenen malzemenin toplam miktarsal değeri ise,

$$F = 825.20 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \times \%102.12 = 842.69 \frac{\text{ton}}{\text{gün}} \text{ olarak bulunur.}$$



Şekil 6.3 Alt akım elek altı ürünü flotasyon tesisinin akım şeması

Flotasyon bataryasına beslenen pülpün ağırlığı,

$$W_p = \frac{F_{xt}}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{842.69 \times 8}{24 \times 60 \times \%8.77} = 53.38 \text{ ton bulunur.}$$

Pülpün hacmi ise,

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{53.38}{1.07} \times 1.20 = 59.87 m^3 \text{ ve}$$

$$\frac{59.87 m^3}{0.028 \frac{m^3}{ft^3}} = 2138.15 ft^3 \text{ değerindedir.}$$

Selül hacmi 315 ft³ olan selüller seçildiğinde gerekli olan selül sayısı,

$$n = \frac{2138.15 ft^3}{315 \frac{ft^3}{adet}} = 6.8 = 7 \text{ adet bulunur.}$$

Temizleme flotasyonu kademesine, Şekil 6.2'den görüldüğü üzere temel flotasyon kademesine beslenen toplam malzemenin %3.5'i gelmektedir. Benzer hesaplamalar temizleme flotasyonu kademesi için yapıldığında gerekli olan selül sayısı,

$$F = 825.20 \frac{ton}{gün} \times \%3.5 = 28.88 \frac{ton}{gün}$$

$$W_p = \frac{F \times t}{24 \times 60 \times P_m} = \frac{28.88 \times 8}{24 \times 60 \times \%8.77} = 1.83 ton$$

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{100-x}{\gamma_k} + \frac{x}{\gamma_m}} = \frac{100}{\frac{100-7.69}{1.38} + \frac{7.69}{5.1}} = 1.46 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_p = \frac{100}{100 - P_m \left(1 - \frac{1}{\gamma_t}\right)} = \frac{100}{100 - 8.77 \left(1 - \frac{1}{1.46}\right)} = 1.03 \frac{ton}{m^3}$$

$$V_p = \frac{W_p}{\gamma_p} \times \%E = \frac{1.83}{1.03} \times 1.20 = 2.13 m^3 \text{ ve}$$

$$\frac{2.13m^3}{0.028 \frac{m^3}{ft^3}} = 76.14 = 80 ft^3 \text{ hacim değerinde tek bir selül kullanılabilir.}$$

Koyulaştırma Siklonları:

İki flotasyon bataryasından elde edilen temiz kömür konsantreleri, birleştirilerek aynı kapasitede birden fazla siklonda (multisiklon) koyulaştırılması düşünülmektedir. Bunun nedeni, siklon üst akımı süzme-yıkama eleği altı ürününün flotasyon bataryasının temizleme kısmından saatte ortalama 3.5 ton/h temiz kömür %8 ortalama kül ile kazanılmaktadır. Alt akım flotasyon bataryasından ise saatte ortalama 0.5 ton temiz kömür %14 kül ile kazanılmaktadır. Bu iki ürünün birleştirilmesi ile %8.8 küllü ürün elde edilmektedir.

Süzme-yıkama elekleri altı ürünlerinin flotasyon deneylerini gösteren ekteki çizelgeler incelendiğinde, 8 dakika sonundaki su veriminin ortalama %15 alınabileceği görülmektedir. Temizleme flotasyonu için seçilen selül hacmi yaklaşık olarak 23 m³ ve 4 adet olduğuna göre, 8 dakika sonunda ürünlerle birlikte gelen su miktarı 23 m³ x %15 x 4 = yaklaşık 15 m³/h tür. Pülp hacmi de yaklaşık olarak 20 m³/h miktarındadır. %20 emniyet faktörü ile pülp hacmi yaklaşık 25 m³/h olarak alınabilir.

Koyulaştırma siklonlarının kapasiteleri ve çapları için verilmiş olan tablodan 8.3-41.5 m³/h kapasite için siklon çaplarının 6-10 inç olduğu belirtilmektedir (Leonard, & Hardinge, 1991). Tablodaki bu değerlerden yararlanarak 8 inç çapındaki bir hidrosiklonun yeterli olacağı düşünülmektedir.

İki flotasyon bataryasından elde edilen artık ürünleri de birleştirilerek aynı kapasitede birden fazla siklonda koyulaştırılması tasarlanmıştır. Artık ürünlerinin miktarı üst ve alt akım flotasyon devreleri için sırasıyla yaklaşık olarak 5 ton/h ve 40 ton/h olmak üzere toplam 45 ton/h dir. Bu ürünlerin %katı oranlarının %10 olduğunu kabul edersek, su miktarı,

$$\frac{45\text{ton}}{45\text{ton} + Su} = 0.1 \Rightarrow Su = 400 \frac{m^3}{h} \quad \text{alınabilir.} \quad \text{Pülp} \quad \text{hacmi} \quad \text{ise}$$

$$400 \frac{m^3}{h} + \frac{45 \frac{ton}{h}}{4 \frac{ton}{m^3}} = 415 \frac{m^3}{h} \quad \text{kabul edilmiştir. Yukarda belirtilen kaynaktan siklon}$$

kapasitelerinin 200-450 m³/h olduğunda, çaplarının 14-20 inç olduğu belirtilmektedir. Buradan siklonun çapı 18 inç olarak seçilmiştir.

Döner Tamburlu Filtre:

Tesiste, temiz kömür konsantresinin filtreleme işlemi için döner tambur tipi filtre seçilmiştir. Toplam filtreleme alanı hesabında saatte 1 ft² alanda 34 libre(lb) malzemenin filtre edildiği varsayılmıştır.

Temizleme flotasyonları sonunda toplam 4 ton/h temiz kömür konsantresi elde edilmekte olup, bu malzemenin tamamının koyulaştırma siklonu alt akımından alındığı kabul edilmiştir. Buna göre saatte filtre edilecek malzeme miktarı 4 tondur.

$$4 \frac{ton}{h} \times 2204.6 \frac{lb}{ton} = 8818.4 \frac{lb}{h}$$

$$\frac{8818.4 \frac{lb}{h}}{34 \frac{lb}{ft^2 h}} = 260 ft^2 \quad \text{filtre alanına gereksinim vardır. \%20 emniyetle birlikte bu alan,}$$

$$260 \times \%20 = 312 ft^2 \quad \text{veya} \quad 312 ft^2 \times 0.0929 \frac{m^2}{ft^2} = 30 m^2 \quad \text{dir.}$$

Buna göre seçilen filtrenin özellikleri şu şekildedir.

Çap=2.7 m, Boy=3.5 m, Kapasite=4 ton/h, Devir Sayısı=1 dev/dak.

6.2 Tesisteki Ekipmanların ve Reaktiflerin Maliyeti

Çizelge 6.1’de flotasyon tesisinde kullanılacak olan ekipmanların, Buyurgan Madencilik Endüstri ve Ticaret A.Ş.’den alınan fiyatları verilmiştir. Fiyatlar Kırcaali-Bulgaristan teslim fiyatıdır.

Çizelge 6.1 Flotasyon Tesisi Ekipmanlarının Maliyeti

Ekipmanın Adı	Fiyatı (\$)
Kondisyon Tankı (2 adet)	5.300
Flotasyon Selülleri	
Üst akım için 18 adet	124.750
Alt akım için 8 adet	55.750
Siklonlar	
8 inç çapında	850
18 inç çapında	1.850
Döner Tamburlu Filtre	41.500
Toplam	230.000

Saptanan en uygun şartlar için temel, temizleme ve süpürme kademelerinde reaktiflerin toplam sarfiyatları ve maliyetleri Çizelge 6.2’ de verilmektedir.

Çizelge 6.2 Flotasyon Reaktiflerinin Maliyeti

Reaktifin Adı	Kullanım Miktarı (kg/h)	Birim Fiyatı (\$/kg)	Maliyeti (\$/h)
Gazyağı	127.4	0.5*	63.7
Köpürtücü (İsooktanol)	80.0	0.7**	56.0
Polimer	4.0	0.8**	3.2
Toplam			122.9

* Vergiler dahil rafineri çıkış fiyatı (www.petder.org.tr)

** www.bodichem.com

*** www.polymerupdate.com

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tunçbilek Lavvarı'nda mevcut sisteme göre, ağır ortam siklon devresi üst ve alt akıma ait süzme-yıkama elekleri altı ürünleri manyetik ayırıcıdan geçirilip, manyetit geri kazanılmakta ve manyetik ayırıcının manyetik olmayan ürününden ise günde ortalama 190.2 ton/h miktarında ve kuru kömür bazında %39 kül ve yaklaşık 4000 kcal/kg ısı değerine sahip kömür elde edilmekte ve bu ürün termik santrale verilmektedir. Kömürün santrale satış fiyatı Haziran (2002) ayında 26.400.000 TL/t (16.9\$/t) dur.

Yapılan flotasyon deneyleri neticesinde süzme-yıkama elekleri altı ürününden, 5.83 t/h miktarında ve kuru kömür bazında %6.7 kül ve 6300 kcal/kg ısı değerine sahip temiz kömür elde edilebileceği saptanmıştır. Flotasyon sonundaki temiz kömüre günde ortalama 2.6 ton manyetitin karışacağı hesaplanmakta olup, manyetitin fiyatı 39.000.000 TL/t (25 \$/t) dur. Ege Linyitleri İşletmesi' nin pazarladığı toz kömürün özellikleri ve satış fiyatları (Haziran 2002) incelenmek suretiyle, elde edilen bu temiz kömürün değerinin yaklaşık 60.000.000 TL/t (38.5 \$/t) olarak kabul edilebileceği belirlenmiştir.

Çizelge 7.1'de günde ortalama 20 saat çalışan lavvardaki mevcut durum ve flotasyonun entegrasyonu sonucunda elde edilen bazı sonuçlar ve maliyet analizi karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Mevcut durumda süzme-yıkama eleği altı ürünlerinden ve flotasyonun entegrasyonu sistemindeki artıktan manyetitin tamamının geri kazanıldığı kabul edilmiştir.

Çizelge 7.1'den görüldüğü üzere, lavvardaki süzme-yıkama elekleri altı ürünlerine flotasyon yöntemini uygulamak suretiyle, mevcut duruma göre bu

üründeki kömürün kül oranı 5.8 kat azaltılmakta, kalorisi ise 1.6 kat arttırılmaktadır. Yani son derece temiz ve ısı değeri yüksek toz kömür elde edilebilmektedir.

Çizelge 7.1 Lavvar Mevcut Durum ve Flotasyonun Entegrasyonunun Karşılaştırılması

	Mevcut Durum	Flotasyonun Entegrasyonu
Kömür Miktarı (t/gün)	190.2	116.6
Isı Değeri (kcal/kg)/%Kül (Kuru Kömür)	4000/39	6300/6.7
Manyetit Miktarı (t/gün)	872.6	870.0
Man. Ayr. Bes. Maldaki Man. Olmayan Ürün Mik. (%)	18.0	7.8
Kömür Satış Geliri (\$/gün)	3214.4	4489.1
Temiz Kömüre Karışan Manyetit Kaybı (\$/gün)	-	65.0
Flotasyon Reaktiflerinin Maliyeti (\$/gün)	-	2458.0
Kar (\$/gün)	3214.4	1966.1
Many. Ayr. Kaybedilen Man. Maliyeti (\$/gün)	315.0	-
Net Kar (\$/gün)	2899.4	1966.1

Çizelgeden de hesaplanabileceği üzere, flotasyonun entegrasyonu sisteminde süzme-yıkama eleği altına geçen manyetitin %0.3'ü temiz kömür konsantresine karışmaktadır. Bu sonuç elek altı ürünlerinde manyetit ve kömürün birbirinden yüksek oranlarda ayrıldığını göstermektedir. Flotasyonun entegrasyonu sisteminde flotasyon sonundaki artık manyetik ayırıcıya gönderileceği için, ayırıcının yükü elek altı ürünlerinden kazanılan kömür oranında, yani %11.2 oranında azaltılmıştır. Çizelgeden de görüldüğü üzere manyetik ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetik olmayan ürün miktarı mevcut duruma göre %10.2 azaltılmıştır. Gerek manyetik ayırıcının yükünün ve gerekse ayırıcıya beslenen malzemedeki manyetik olmayan ürün miktarının azaltılması, manyetik ayırıcılarda geri kazanılacak olan manyetit oranının yükselmesine sebep olacaktır.

Flotasyon ile elde edilen temiz kömürün satış gelirinde, mevcut duruma göre yaklaşık %40 oranında artış sağlanmaktadır. Ancak, çizelgeden de görülebileceği üzere flotasyonda sarf edilen reaktiflerin maliyeti oldukça yüksek olup, reaktif

harcamaları temiz kömür satışı ile elde edilecek karın yaklaşık olarak %55'ini oluşturmaktadır.

Yukarda yapılan karşılaştırmada manyetik ayırıcıdaki manyetit kaybı, kıyaslama yapılabilmesi için her iki durumda da sıfır kabul edilmişti. Ancak söz konusu kaybın flotasyonun entegrasyonu sisteminde daha az olacağı açıktır. Tunçbilek Lavvarında 2001 yılı ilk altı ayında toplam manyetit kaybı tüvenan kömür başına 1.2 kg/t dur. Bu kaybın yaklaşık olarak 0.9 kg/t u ağır ortam siklon devresinde gerçekleşmektedir. Lavvarın günlük kapasitesi 14.000 ton olduğuna göre, ağır ortam siklon devresinde günde ortalama 12.6 ton manyetit kaybı gerçekleşmektedir. Buradan ağır ortam siklon devresinin günlük manyetit maliyeti 491.400.000 TL (315\$) olarak hesaplanır. Bu durumda mevcut sistemde net kar 2899.4 \$/gün'e düşmektedir.

Sonuç olarak flotasyonun ağır ortam siklonu devresine entegrasyonu sisteminin, süzme-yıkama elekleri altı ürününden temiz kömür üretiminde ve manyetik ayırıcının yükünün azaltılmasında son derece başarılı bir proses olduğu ortaya konmuştur. Flotasyon ile yüzdürülebilme özelliği düşük olan linyitlere uygulanan yöntemin, flotasyonda sarf edilen reaktiflerin maliyetinden dolayı ekonomik olmadığı sonucuna ulaşılmış olmasına rağmen, yöntemin ekonomikliğinin, flotasyon özelliği daha yüksek olan bitümlü kömürlere uygulanması durumunda önemli oranda azalacak olan reaktif maliyetinden dolayı ve termik santral ekonomisinin de göz önüne alınarak değerlendirilme yapıldığı takdirde artacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acarkan, N. & Önal, G. (1994). Kömür Hazırlamadaki Yeni Gelişmeler. Kömür Kalitesinin İyileştirilmesi, Kömür Kullanımı, Kömür Zenginleştirme Tesislerinin Kurulması, İşletimi ve Denetimi. Meslek İçi Eğitim Semineri. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Müh. Böl. Cev. ve Kömür Haz. A.B:D. Ve İ.T.Ü. Vakfı. İstanbul.
- Aplan, F, F. (1976). .Flotation. M. C. Fuerstenau (Editor), Coal Flotation. Published by American Ins. Of Min., Metallurgical and Petroleum Eng. Inc. New York.
- Aplan, F, F. (1988). Practice of Fine Coal Processing. Klimpel R, R. & Luckie P, T. (Eds). How the Nature of Raw Coal Influences its Cleaning. Ind. Proceedings of the Con. At Hidden Valley, Somerset, PA September 25-28,.
- ASTM, (1991). Annual Book of ASTM Standarts. Part 26. Philadelphia.
- Beker, Ü, G. (1998). KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş. İstanbul. Kural O.(Editör), Kömürün Kullanım Alanları.
- BP Amaco Statistical Review of World Energy, Haziran 1999.
- Brady, G.A. & Gauger, A. W. (1940) Properties of Coal Surface. Industrial and Engineering Chemistry. Vol:32. pp:1599-1604
- Brown, D. J. (1962). Coal Flotation. Froth Flotation-50 th Anniversary Volume. Fuerstenau, D. W. Ed. AIME, New York, 1968. pp.10-66, 10-90.
- Burt, R., O. (1984). Gravity Concentration Technology. Elsevier Oxford-Newyork.

- Dardis, K.A. (1989). The Design and Operation of Heavy Medium Recovery Circuits for Improved Medium Recovery. Coal Preparation. Vol.:7 pp:119-157.
- Deurbrouck, A.W. & Hudy, J. (1972). Performance Characteristics of Coal Washing Equipment:Dense Medium Cyclones. USBM Reports of Investigation, 7673.
- Fuller-Traylor. General Catalogue. A member of the F.L. Smidth-Fuller Engineering Group. 2040 Avenue C, LVIP, Bethlehem.
- Gaudin, A. M. (1957). Flotation. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- İpekoğlu, Ü.& Tanrıverdi, M. (1994) Cevher Hazırlama (Genişletilmiş 2. Baskı). D.E.Ü. Müh. Fakültesi Basım Ünitesi. No:238. İzmir.
- Karayiğit, A.İ.& Köksoy M. (1998). KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş. İstanbul. Kural O.(Editör), Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırılması.
- Kemal, M.& Arslan, V. (1999) Kömür Teknolojisi (Genişletilmiş 3. Baskı). D.E.Ü. Müh. Fakültesi Basım Ünitesi. İzmir.
- Keskin, Y. (1986). Kömür Hazırlama Yöntemleri. T.T.K. Genel Müdürlüğü. İnsan gücü Eğitim Şube Müdürlüğü Yayınları No:50. Zonguldak.
- Krebs Engineers. Krebs Separators/Hydrocyclones Catalogue. for Industrial Applications. 5505 West Gillette Road Tucson, AZ 85743 USA.
- Leonard, J, W. & Hardinge, B, C. (1991). Coal Preparation. Fifth Edition. Society for Mining, Metalurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colarado.

Meriçboyu A.E., Beker Ü.G.& Küçükbayrak S. (1998). KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş. İstanbul. Kural O.(Editör), Kömürün Kullanımını Belirleyen Önemli Özellikleri.

Miller, F.G. (1989). Method for Recovering Fine Coal. United States Patent. Patent:4.802.976. Feb.7.

Multotec. Multotec Company Catalogue. P O Box 224 Kempton Park South Africa 1620.

Nakoman, E. (1999). Türkiye’de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu. TMMOB Kimya ve Maden Mühendisleri Odası 1999 Ankara. Türkiye’de Kömürün Enerji Sektöründeki Yeri ve Kömür Aramaları ile İlgili Görüşler.

Narin, R. (1999).Türkiye’de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu. Türkiye’nin Kömür Kaynakları ve Bunların Değerlendirilme İmkânları. TMMOB Kimya Müh. Odası ve TMMOB Maden Müh. Odası. 21-21 Ekim 1999/Ankara. pp:36-43.

Osborne, D, G. (1988). Coal Preparation Technology Volume:1 Graham & Trotman Limited. A member of the Kluwer Academic Publishers Group. London.

Önal, G., Doğan, Z., Atak, S. & Ateşok, G. (1986). Kömürün Zenginleştirilmesi ve Lavvar Tesislerinin Çalıştırılması. T.K.İ. Kurumu Genel Müdürlüğü, Teknoloji ve Uygulama Geliştirme Projesi. İ.T.Ü. Rektörlüğü Yer Bilimleri Yer altı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi. İstanbul.

Önal, G. & Güney, A. (1998). KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş. İstanbul. Kural O.(Editör), Kömür Hazırlama Yöntemleri ve Tesisleri.

- Önal, G. (1985). Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri. II. Baskı. İ.T.Ü. Maden Fakültesi Ofset Atölyesi. İstanbul.
- Özbayoğlu, G. (1999). Türkiye’de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu. TMMOB Kimya ve Maden Mühendisleri Odası 1999 Ankara. Kömür Yıkama Tesisleri ve Türkiye’deki Durum.
- Özbayoğlu, G. & Bilgen S. (1997). Kömür teknolojisi ve Kullanımı Semineri IV, Kasım-97. Yurt Madenciligini Geliştirme Vakfı. Türkiye’deki Kömür Yıkama Tesisleri.
- Özpeker, I. (1986). Kömürün Yapısı. T.K.İ. Kurumu Genel Müdürlüğü, Teknoloji ve Uygulama Geliştirme Projesi. İ.T.Ü. Rektörlüğü Yer Bilimleri Yer altı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi. İstanbul.
- Polat M., Miller, F.G., & Chander S. (1993). An Integrated Heavy Media Cyclone-Flotation System for Col Cleaning. Journal of minerals and Metallurgical Processing, Cilt:Kasım.
- Polat, H., Polat, M. & Chander S. (1997). Adsorption Behavior of PEO/PPO Block Co-polymers on Coals of Different Rank. Proceedings of the XX. International Mineral Processing Congress-Flotation and Other Physico-chemical Processes. Eds. H. Hoberg and H. Von Blottnitz. Aachen-Germany.
- Polat, H., Polat, M. & Chander S. (1994). Deep Cleaning of hvA Bituminous Coal Using a Polyethyleneoxide-Polypropyleneoxide Block Co-polymer. American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry, Vol:39, No:2 , pp:405-410.
- Pryor, E, J. (1974). Mineral Processing. Third Edition. Applied Science Publisher Limited. London.

R. O. Stkes & Co. Ltd. Hydrosizer Catalogue. Specialist Mineral Process Engineers. Stephenson Road, Chuchfields, Salisbury, Wiltshire SP2 7NP, England.

Schobert, H.H. (1987). Coal-The Energy Source of the Past and Future. American Chemical Society, Washington.

Toprak, S. (2002). M.T.A. Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, Ankara. www.tki.go.tr

TTK İstatistikleri, (1996).

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. (2002). Türkiye’de ve Dünyada Kömür. 1998 Yılı Dünya Kömür Üretimi. www.tki.gov.tr

TÜSİAD Yayını, (1998). Türkiye’nin Fosil Yakıt Rezervleri, Üretim ve Geliştirme Olanakları. 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. 316. İstanbul.

Ünver, Ö. (1999). Türkiye’de Kömür Politikaları ve Temiz Kömür Teknolojileri Sempozyumu. TMMOB Kimya ve Maden Mühendisleri Odası 1999 Ankara. Türkiye’de Kömür Madenciliği ve Enerji Güvenilirliği.

Wemco GB. Wemco Model B Sand Prereration Machine Catalogue. A baker Process Technology Company. Mansard Close NN5 5DL. Northampton.

Wills, B, A. (1981). Mineral Processing Technology. Second Edition. Pergamon Press. New York.

Zimmerman, R. E. (1948). Flotation of Bituminous Coal. Trans. AIME. Vol.177. pp:338-356.

EK1
KÖMÜR VE MANYETİTİN AĞIR ORTAM SİKLON DEVRESİNDEKİ
BOYUT DAĞILIMLARINI GÖSTEREN TABLOLAR

EK1.1. Siklona Beslenen, Alt ve Üst Akımlardan Alınan Kömürün Boyut Dağılımı

Tane İri. (mm)	Hesapla Siklona Bes.		Üst Akım		Alt Akım		B.M.Göre,%Ağ		B.M.Göre,%	
	%Ağ	Σ%E.A	%Ağ	Σ%E.A	%Ağ	Σ%E.A	Ü.Akım	A.Akım	Ü.Akım	Σ%E.A
12,50-20,00	13,57	100,00	13,56	100,00	13,60	100,00	9,67	3,90	71,27	28,73
9,51-12,50	8,02	86,43	6,54	86,44	11,69	86,40	4,67	3,35	58,20	41,80
4,76-9,51	18,51	78,41	18,38	79,90	18,82	74,71	13,11	5,39	70,85	29,15
2,00-4,76	25,66	59,90	28,95	61,52	17,46	55,89	20,65	5,00	80,49	19,51
1,00-2,00	11,93	34,24	9,09	32,57	19,02	38,43	6,48	5,45	54,34	45,66
0,50-1,00	8,00	22,31	10,00	23,48	3,04	19,41	7,13	0,87	89,11	10,89
0,30-0,50	2,24	14,31	2,12	13,48	2,55	16,37	1,51	0,73	67,23	32,77
0,15-0,30	5,26	12,07	4,78	11,36	6,45	13,82	3,41	1,85	64,83	35,17
0,075-0,15	4,87	6,81	4,53	6,58	5,71	7,37	3,23	1,64	66,32	33,68
0,038-0,075	1,60	1,94	1,64	2,05	1,50	1,66	1,17	0,43	73,25	26,75
0-0,038	0,34	0,34	0,41	0,41	0,16	0,16	0,29	0,05	86,40	13,60
Toplam	100,00		100,00		100,00		71,34	28,66		

EK1.2. Yıkanmış Kömür, Şist ve Üst akım Yıkama Eleği Altı ve Alt Akım Yıkama Eleği Altı Ürünlerinin

[illegible]

EK1.3. Siklona Beslenen, Alt ve Üst Akımlardan Alınan, Yay ve Süzme-Yıkama Elekleri Altına Geçen Manyetitin Boyut Dağılımları

[illegible]

**EK1.4. Sıklona Beslenen, Alt ve Üst Akımlardan Alınan, Yay ve Süzme-Yıkama Elekləri Altına Geçen
Manyetitlin Besleme Malına Göre Boyut Dağılımları**

Tane İri. (mikron)	Hesapla Sıklona Bes.		Besleme Malına Göre																								
			Üst Akım		Alt Akım		Ü.A Yay El. A.		Ü.A Yık. El. A.		A.A Yay El. A.		A.A Yık. El. A.														
			%Ağ	Σ%E.A	%Ağ	%	%Ağ	%	%Ağ	%	%Ağ	%	%Ağ	%	%Ağ	%											
300-600	0,24	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	100,00	0,24	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	100,00	
150-300	2,22	99,76	0,00	0,00	0,00	100,00	2,22	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	17,57	1,83	82,43	0,39	17,57	1,83	82,43	0,39	17,57	1,83	82,43
75-150	3,05	97,54	0,13	4,26	2,92	95,74	2,92	95,74	0,05	1,64	0,08	2,62	0,08	2,62	0,76	24,92	2,16	70,82	0,76	24,92	2,16	70,82	0,76	24,92	2,16	70,82	
38-75	7,58	94,49	0,64	8,44	6,94	91,56	6,94	91,56	0,27	3,56	0,37	4,88	0,37	4,88	5,94	78,36	1,00	13,19	5,94	78,36	1,00	13,19	5,94	78,36	1,00	13,19	
25-38	15,24	86,91	1,81	11,88	13,43	88,12	13,43	88,12	1,37	8,99	0,43	2,82	0,43	2,82	12,30	80,71	1,14	7,48	12,30	80,71	1,14	7,48	12,30	80,71	1,14	7,48	
15-25	28,68	71,67	2,95	10,29	25,73	89,71	25,73	89,71	2,56	8,93	0,40	1,39	0,40	1,39	22,48	78,38	3,24	11,30	22,48	78,38	3,24	11,30	22,48	78,38	3,24	11,30	
10,0-15	30,43	42,99	2,28	7,49	28,15	92,51	28,15	92,51	1,97	6,47	0,30	0,99	0,30	0,99	26,37	86,66	1,79	5,88	26,37	86,66	1,79	5,88	26,37	86,66	1,79	5,88	
0-10	12,56	12,56	3,84	30,57	8,72	69,43	8,72	69,43	3,69	29,38	0,14	1,11	0,14	1,11	7,87	62,66	0,86	6,85	7,87	62,66	0,86	6,85	7,87	62,66	0,86	6,85	
Toplam	100,00		11,65		88,35		88,35		9,92		1,73		1,73		76,10		12,25		76,10		12,25		12,25		12,25		

EK2

**TUNÇBİLEK LAVVARINA BESLENEN TÜVENAN KÖMÜR İLE YAPILAN
FLOTASYON DENEYLERİNE AİT TABLOLAR**

EK2.1. AQG-1MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-1MU							
0,5 dak.	6,96	11,56	11,56	11,10	1,81	11,10	1,81
1,0 dak.	2,48	16,25	12,79	3,74	0,91	14,84	2,71
2,0 dak.	2,49	19,03	14,09	3,63	1,06	18,48	3,78
4,0 dak.	3,30	19,02	15,16	4,82	1,41	23,29	5,19
8,0 dak.	3,26	21,39	16,26	4,62	1,57	27,91	6,75
Artık	81,51	50,94	44,53	72,09	93,25	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,53		100,00	100,00		

EK2.2. AQG-2MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-2MU							
0,5 dak.	10,29	11,26	11,26	16,16	2,66	16,16	2,66
1,0 dak.	3,04	12,46	11,53	4,71	0,87	20,87	3,53
2,0 dak.	2,55	16,21	12,28	3,78	0,95	24,66	4,48
4,0 dak.	2,77	19,33	13,33	3,96	1,23	28,61	5,71
8,0 dak.	3,27	21,85	14,60	4,52	1,64	33,13	7,36
Artık	78,08	51,62	43,51	66,87	92,64	100,00	100,00
Toplam	100,00	43,51		100,00	100,00		

EK2.3. AQG-3MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-3MU							
0,5 dak.	18,15	11,88	11,88	29,05	4,80	29,05	4,80
1,0 dak.	2,12	11,65	11,86	3,40	0,55	32,45	5,35
2,0 dak.	3,49	20,31	13,10	5,05	1,58	37,50	6,92
4,0 dak.	1,90	21,81	13,74	2,70	0,92	40,20	7,85
8,0 dak.	2,85	26,19	14,99	3,82	1,66	44,02	9,51
Artık	71,49	56,89	44,94	55,98	90,49	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,94		100,00	100,00		

EK2.4. AQG-4MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-4MU							
0,5 dak.	20,25	12,84	12,84	32,32	5,73	32,32	5,73
1,0 dak.	6,72	15,96	13,62	10,34	2,36	42,66	8,09
2,0 dak.	3,23	17,23	14,00	4,89	1,23	47,55	9,32
4,0 dak.	1,43	22,80	14,40	2,02	0,72	49,57	10,04
8,0 dak.	2,31	29,56	15,43	2,98	1,50	52,55	11,54
Artık	66,06	60,77	45,38	47,45	88,46	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,38		100,00	100,00		

EK2.5. AQG-5MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-5MU							
0,5 dak.	22,77	13,17	13,17	35,88	6,68	35,88	6,68
1,0 dak.	8,70	17,70	14,42	12,99	3,43	48,87	10,11
2,0 dak.	4,09	22,46	15,35	5,75	2,05	54,62	12,16
4,0 dak.	1,74	31,64	16,11	2,16	1,23	56,78	13,38
8,0 dak.	1,63	34,48	16,88	1,94	1,25	58,72	14,64
Artık	61,07	62,75	44,89	41,28	85,36	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,89		100,00	100,00		

EK2.6. AQG-6MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-6MU							
0,5 dak.	23,16	14,53	14,53	37,86	7,05	37,86	7,05
1,0 dak.	10,48	18,62	15,80	16,31	4,09	54,17	11,14
2,0 dak.	6,91	22,92	17,02	10,19	3,32	64,36	14,46
4,0 dak.	2,23	29,10	17,65	3,02	1,36	67,39	15,82
8,0 dak.	1,59	39,80	18,44	1,83	1,33	69,22	17,15
Artık	55,63	71,07	47,72	30,78	82,85	100,00	100,00
Toplam	100,00	47,72		100,00	100,00		

EK2.7. AQG-7MU Deneyi Sonuçları

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
				Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
AQG-7MU							
0,5 dak.	24,57	14,60	14,60	38,74	7,83	38,74	7,83
1,0 dak.	13,00	18,28	15,87	19,61	5,19	58,35	13,01
2,0 dak.	7,16	25,42	17,40	9,86	3,97	68,21	16,98
4,0 dak.	2,09	36,95	18,27	2,43	1,68	70,64	18,67
8,0 dak.	1,79	52,13	19,52	1,58	2,04	72,22	20,70
Artık	51,39	70,72	45,83	27,78	79,30	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,83		100,00	100,00		

EK2.8. 19.2 kg/t Gazyağı Derişiminde Elde Edilen Ürünler

Deney Kodu	% Ağırlık	% Kül	% Y.Madde	% Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
AQG-6MU							
0,5 dak.	23,23	13,81	86,19	7,32	35,67	7,32	35,67
1,0 dak.	11,15	16,96	83,04	4,31	16,50	11,63	52,17
2,0 dak.	9,36	23,48	76,52	5,00	12,77	16,63	64,94
4,0 dak.	3,20	37,06	62,94	2,70	3,59	19,33	68,53
8,0 dak.	2,85	52,21	47,79	3,39	2,42	22,72	70,95
Artık	50,21	67,53	32,47	77,28	29,05	100,00	100,00
Toplam	100,00	43,88	56,12	100,00	100,00		

EK2.9. Ürünlerin Fraksiyonel %Ağırlık Toplamları

	+600	300-600	150-300	75-150	38-75	-38	Toplam
Fraksiyon Toplamları %	3,60	23,50	24,38	22,58	12,20	13,74	100,00

EK2.10. Ürünlerin +600µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	12,50	15,23	84,77	5,84	15,73	5,84	15,73
1,0 dak.	2,22	11,68	88,32	0,79	2,91	6,63	18,64
2,0 dak.	2,22	16,16	83,84	1,10	2,76	7,73	21,40
4,0 dak.	1,67	29,78	70,22	1,52	1,74	9,25	23,14
8,0 dak.	2,22	45,95	54,05	3,13	1,78	12,38	24,92
Artık	79,17	36,10	63,90	87,62	75,08	100,00	100,00
Toplam	100,00	32,62	67,38	100,00	100,00		

EK2.11. Ürünlerin 300-600µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	15,75	11,13	88,77	3,93	25,27	3,93	25,37
1,0 dak.	7,58	13,67	86,33	2,32	11,82	6,25	37,09
2,0 dak.	8,68	21,95	78,05	4,27	12,24	10,52	49,33
4,0 dak.	5,57	38,66	61,34	4,82	6,17	15,34	55,50
8,0 dak.	6,72	53,42	46,58	8,04	5,66	23,38	61,16
Artık	55,70	61,40	38,60	76,62	38,84	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,64	55,36	100,00	100,00		

EK2.12. Ürünlerin 150-300µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	33,84	13,20	86,80	12,45	45,80	12,45	45,80
1,0 dak.	13,66	15,67	84,33	5,97	17,97	18,42	63,77
2,0 dak.	9,06	19,83	80,17	5,01	11,33	23,43	75,10
4,0 dak.	3,69	36,56	63,44	3,76	3,65	27,19	78,75
8,0 dak.	2,30	52,96	47,04	3,39	1,69	30,58	80,44
Artık	37,45	66,52	33,48	69,42	19,56	100,00	100,00
Toplam	100,00	35,88	64,12	100,00	100,00		

EK2.13. Ürünlerin 75-150µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	32,56	14,70	85,30	12,06	46,05	12,06	46,05
1,0 dak.	15,54	18,30	81,70	7,16	21,05	19,22	67,10
2,0 dak.	10,63	24,13	75,87	6,46	13,37	25,68	80,47
4,0 dak.	1,59	35,21	64,79	1,41	1,71	27,09	82,18
8,0 dak.	1,11	50,41	49,59	1,41	0,92	28,50	83,10
Artık	38,57	73,58	26,42	71,50	16,90	100,00	100,00
Toplam	100,00	39,69	60,31	100,00	100,00		

EK2.14. Ürünlerin 38-75µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	23,52	14,63	85,37	7,64	36,55	7,64	36,55
1,0 dak.	13,44	18,34	81,66	5,47	19,98	13,11	56,53
2,0 dak.	13,77	25,20	74,80	7,70	18,75	20,81	75,28
4,0 dak.	2,79	34,92	65,08	2,16	3,30	22,97	78,58
8,0 dak.	2,63	47,65	52,35	2,78	2,50	25,75	81,08
Artık	43,85	76,29	23,71	74,25	18,92	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,06	54,94	100,00	100,00		

EK2.15. Ürünlerin -38µm İriliğindeki Dağılımı

Fl. Süresi	%Ağırlık	% Kül	%Y.Madde	%Verim		% Küm. Verim	
				Kül	Y.Madde	Kül	Y.Madde
0,5 dak.	4,44	22,79	77,21	1,54	9,95	1,54	9,95
1,0 dak.	5,90	21,48	78,52	1,94	13,44	3,48	23,39
2,0 dak.	6,91	31,15	68,85	3,28	13,80	6,76	37,19
4,0 dak.	1,67	38,06	61,94	0,97	3,00	7,73	40,19
8,0 dak.	0,44	53,38	46,62	0,36	0,60	8,09	40,49
Artık	80,64	74,69	25,31	91,91	59,21	100,00	100,00
Toplam	100,00	65,53	34,47	100,00	100,00		

EK2.16. L-64 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	18,60	14,90	14,90	29,75	5,92	29,75	5,92
1,0 dak.	14,15	18,66	16,52	21,64	5,64	51,39	11,56
2,0 dak.	7,56	20,35	17,24	11,32	3,29	62,71	14,85
4,0 dak.	3,50	22,31	17,65	5,11	1,67	67,82	16,52
8,0 dak.	1,89	33,69	18,31	2,36	1,36	70,18	17,88
Artık	54,30	70,78	46,80	29,82	82,12	100,00	100,00
Toplam	100,00	46,80		100,00	100,00		

EK2.17. L-64 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	19,50	15,03	15,03	30,47	6,42	30,47	6,42
1,0 dak.	12,02	18,85	16,49	17,94	4,97	48,41	11,39
2,0 dak.	8,54	19,56	17,14	12,63	3,66	61,05	15,05
4,0 dak.	3,65	23,07	17,64	5,16	1,85	66,21	16,90
8,0 dak.	1,12	30,15	17,95	1,44	0,74	67,65	17,64
Artık	55,17	68,12	45,63	32,35	82,36	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,63		100,00	100,00		

EK2.18. L-64 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	22,23	16,65	16,65	33,21	8,37	33,21	8,37
1,0 dak.	13,26	19,98	17,89	19,02	5,99	52,23	14,37
2,0 dak.	9,36	22,36	18,83	13,03	4,73	65,25	19,10
4,0 dak.	3,25	26,67	19,36	4,27	1,96	69,52	21,06
8,0 dak.	1,96	33,56	19,91	2,33	1,49	71,86	22,55
Artık	49,94	68,56	44,21	28,14	77,45	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,21		100,00	100,00		

EK2.19. L-64 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	18,69	15,66	15,66	28,65	6,51	28,65	6,51
1,0 dak.	12,56	20,56	17,63	18,13	5,74	46,78	12,25
2,0 dak.	8,41	25,65	19,33	11,36	4,80	58,15	17,04
4,0 dak.	3,50	28,35	20,06	4,56	2,21	62,70	19,25
8,0 dak.	1,58	42,81	20,87	1,64	1,50	64,35	20,75
Artık	55,26	64,50	44,98	35,65	79,25	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,98		100,00	100,00		

EK2.20. L-64 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	22,40	14,15	14,15	34,77	7,09	34,77	7,09
1,0 dak.	17,16	18,24	15,92	25,36	7,00	60,13	14,10
2,0 dak.	7,30	21,24	16,75	10,39	3,47	70,53	17,57
4,0 dak.	2,08	27,56	17,21	2,72	1,28	73,25	18,85
8,0 dak.	1,02	40,19	17,68	1,10	0,92	74,35	19,77
Artık	50,04	71,65	44,69	25,65	80,23	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,69		100,00	100,00		

EK2.21. L-64 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MV		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	22,23	16,25	16,25	33,35	8,18	33,35	8,18
1,0 dak.	18,61	20,25	18,07	26,58	8,53	59,93	16,71
2,0 dak.	8,20	24,36	19,12	11,11	4,52	71,04	21,23
4,0 dak.	3,25	33,32	20,01	3,88	2,45	74,92	23,68
8,0 dak.	1,96	48,52	21,04	1,81	2,15	76,73	25,84
Artık	45,75	71,60	44,17	23,27	74,16	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,17		100,00	100,00		

EK2.22. P-104 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	13,23	13,50	13,50	20,75	3,98	20,75	3,98
1,0 dak.	10,56	17,01	15,06	15,89	4,01	36,64	7,99
2,0 dak.	9,01	21,00	16,69	12,90	4,22	49,54	12,21
4,0 dak.	4,26	30,06	18,23	5,40	2,86	54,94	15,06
8,0 dak.	1,98	38,41	19,25	2,21	1,70	57,15	16,76
Artık	60,96	61,23	44,84	42,85	83,24	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,84		100,00	100,00		

EK2.23. P-104 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	12,66	12,56	12,56	20,31	3,50	20,31	3,50
1,0 dak.	9,61	15,15	13,68	14,96	3,20	35,26	6,70
2,0 dak.	8,56	22,36	16,09	12,19	4,21	47,46	10,90
4,0 dak.	5,01	30,06	18,04	6,43	3,31	53,88	14,22
8,0 dak.	3,60	39,21	19,97	4,01	3,10	57,90	17,32
Artık	60,56	62,10	45,49	42,10	82,68	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,49		100,00	100,00		

EK2.24. P-104 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	14,25	14,56	14,56	21,80	4,70	21,80	4,70
1,0 dak.	10,23	18,66	16,27	14,90	4,32	36,70	9,02
2,0 dak.	8,60	25,61	18,70	11,46	4,99	48,16	14,01
4,0 dak.	5,56	33,67	20,85	6,60	4,24	54,76	18,25
8,0 dak.	3,90	40,12	22,62	4,18	3,54	58,95	21,79
Artık	57,46	60,10	44,16	41,05	78,21	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,16		100,00	100,00		

EK2.25. P-104 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	14,23	13,10	13,10	23,56	3,92	23,56	3,92
1,0 dak.	11,36	17,53	15,07	17,85	4,19	41,41	8,11
2,0 dak.	8,56	25,10	17,58	12,22	4,52	53,63	12,64
4,0 dak.	3,20	30,11	18,65	4,26	2,03	57,89	14,66
8,0 dak.	1,25	41,25	19,39	1,40	1,09	59,29	15,75
Artık	61,40	65,20	47,52	40,71	84,25	100,00	100,00
Toplam	100,00	47,52		100,00	100,00		

EK2.26. P-104 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	16,94	12,09	12,09	28,38	4,31	28,38	4,31
1,0 dak.	12,76	17,08	14,23	20,17	4,59	48,55	8,89
2,0 dak.	7,72	22,18	15,87	11,45	3,60	60,00	12,50
4,0 dak.	1,95	29,82	16,56	2,61	1,22	62,61	13,72
8,0 dak.	1,09	43,73	17,30	1,17	1,00	63,78	14,72
Artık	59,54	68,08	47,53	36,22	85,28	100,00	100,00
Toplam	100,00	47,53		100,00	100,00		

EK2.27. P-104 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MW		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	13,25	14,11	14,11	20,55	4,19	20,55	4,19
1,0 dak.	11,60	18,64	16,22	17,05	4,84	37,60	9,03
2,0 dak.	9,21	25,00	18,60	12,48	5,16	50,08	14,19
4,0 dak.	3,69	31,21	19,83	4,58	2,58	54,66	16,77
8,0 dak.	1,66	44,15	20,85	1,67	1,64	56,34	18,41
Artık	60,59	60,10	44,63	43,66	81,59	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,63		100,00	100,00		

EK2.28. 10R-8 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	19,5	16,58	16,58	30,14	7,02	30,14	7,02
1,0 dak.	13,21	20,14	18,02	19,55	5,78	49,69	12,80
2,0 dak.	5,21	28,55	19,46	6,90	3,23	56,59	16,03
4,0 dak.	3,62	36,91	20,99	4,23	2,90	60,82	18,94
8,0 dak.	2,21	42,31	22,06	2,36	2,03	63,18	20,97
Artık	56,25	64,68	46,03	36,82	79,03	100,00	100,00
Toplam	100,00	46,03		100,00	100,00		

EK2.29. 10R-8 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	22,21	15,23	15,23	34,97	7,33	34,97	7,33
1,0 dak.	16,29	19,58	17,07	24,34	6,91	59,31	14,24
2,0 dak.	6,25	27,17	18,48	8,46	3,68	67,77	17,91
4,0 dak.	4,00	31,12	19,52	5,12	2,70	72,88	20,61
8,0 dak.	1,23	46,98	20,19	1,21	1,25	74,09	21,86
Artık	50,02	72,12	46,17	25,91	78,14	100,00	100,00
Toplam	100,00	46,17		100,00	100,00		

EK2.30. 10R-8 Polimerinin Gazyağından Önce İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	24,10	16,56	16,56	36,82	8,79	36,82	8,79
1,0 dak.	15,29	22,29	18,78	21,76	7,51	58,58	16,30
2,0 dak.	8,01	31,25	20,89	10,08	5,51	68,67	21,82
4,0 dak.	4,66	39,20	22,53	5,19	4,02	73,85	25,84
8,0 dak.	1,91	48,66	23,45	1,80	2,05	75,65	27,89
Artık	46,03	71,11	45,39	24,35	72,11	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,39		100,00	100,00		

EK2.31. 10R-8 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (58 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	20,14	16,21	16,21	31,83	6,95	31,83	6,95
1,0 dak.	11,25	20,14	17,62	16,95	4,82	48,77	11,77
2,0 dak.	5,21	25,00	18,67	7,37	2,77	56,14	14,54
4,0 dak.	3,1	33,14	19,80	3,91	2,19	60,05	16,73
8,0 dak.	1,05	45,00	20,45	1,09	1,01	61,14	17,74
Artık	59,25	65,23	46,98	38,86	82,26	100,00	100,00
Toplam	100,00	46,98		100,00	100,00		

EK2.32. 10R-8 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (580 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	23,23	14,28	14,28	35,67	7,51	35,67	7,51
1,0 dak.	15,28	18,66	16,02	22,27	6,45	57,94	13,96
2,0 dak.	6,38	25,00	17,29	8,57	3,61	66,51	17,57
4,0 dak.	4,44	33,61	18,76	5,28	3,38	71,79	20,95
8,0 dak.	2,44	45,23	20,01	2,39	2,50	74,18	23,45
Artık	48,23	70,12	44,18	25,82	76,55	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,18		100,00	100,00		

EK2.33. 10R-8 Polimerinin Gazyağı ile Birlikte İlavesi (5800 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl. Süresi	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	26,50	16,36	16,36	40,76	9,50	40,76	9,50
1,0 dak.	16,25	21,51	18,32	23,46	7,66	64,21	17,16
2,0 dak.	7,39	33,57	20,57	9,03	5,44	73,24	22,60
4,0 dak.	5,13	45,45	22,88	5,15	5,11	78,39	27,71
8,0 dak.	2,55	50,68	24,10	2,31	2,83	80,70	30,55
Artık	42,18	75,12	45,62	19,30	69,45	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,62		100,00	100,00		

EK2.34. 10R-8 Polimerinin Gazyağında Çözündürülüp Kullanılması (58 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl.Zamanı	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	22,32	14,26	14,26	34,75	7,09	34,75	7,09
1,0 dak.	14,69	18,66	16,01	21,69	6,10	56,44	13,19
2,0 dak.	3,26	23,91	16,65	4,50	1,74	60,94	14,92
4,0 dak.	2,85	32,14	17,67	3,51	2,04	64,45	16,96
8,0 dak.	1,51	41,02	18,46	1,62	1,38	66,07	18,34
Artık	55,37	66,25	44,92	33,93	81,66	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,92		100,00	100,00		

EK2.35. 10R-8 Polimerinin Gazyağında Çözündürülüp Kullanılması (580 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl.Zamanı	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	23,61	15,26	15,26	36,43	7,99	36,43	7,99
1,0 dak.	16,58	21,25	17,73	23,78	7,81	60,21	15,81
2,0 dak.	5,26	28,09	18,93	6,89	3,28	67,10	19,08
4,0 dak.	3,66	33,25	20,00	4,45	2,70	71,55	21,78
8,0 dak.	1,85	47,58	21,00	1,77	1,95	73,32	23,73
Artık	49,04	70,12	45,09	26,68	76,27	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,09		100,00	100,00		

EK2.36. 10R-8 Polimerinin Gazyağında Çözündürülüp Kullanılması (5800 gr/t)

AQG-6MZ		% Kül	% Küm. Kül	% Verim		% Küm. Verim	
Fl.Zamanı	% Ağırlık			Yanıcı Madde	Kül	Yanıcı Madde	Kül
0,5 dak.	25,48	16,98	16,98	39,24	9,39	39,24	9,39
1,0 dak.	18,95	25,66	20,68	26,13	10,55	65,38	19,93
2,0 dak.	8,00	32,65	22,51	10,00	5,67	75,37	25,60
4,0 dak.	4,52	41,25	24,00	4,93	4,04	80,30	29,65
8,0 dak.	1,56	50,18	24,69	1,44	1,70	81,74	31,34
Artık	41,49	76,28	46,10	18,26	68,66	100,00	100,00
Toplam	100,00	46,10		100,00	100,00		

EK3
TÜVENAN KÖMÜR VE MANYETİT KARIŞIMLARI İLE YAPILAN
FLOTASYON DENEYLERİNE AİT TABLOLAR

EK3.1. Manyetit/Kömür Oranı:0.01 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	22,23	13,97	0,07	0,07	22,23	13,97	35,05	6,84	1,64	2,51	35,05	6,84	1,64	2,51
1.0 dak.	11,25	16,66	0,03	0,06	33,48	14,87	17,18	4,13	0,41	2,85	52,23	10,96	2,05	5,36
2.0 dak.	5,52	25,63	0,05	0,06	39,00	16,40	7,52	3,11	0,28	3,74	59,75	14,08	2,33	9,10
4.0 dak.	2,36	30,12	0,03	0,05	41,36	17,18	3,02	1,56	0,08	4,59	62,77	15,64	2,41	13,69
8.0 dak.	1,98	40,31	0,00	0,05	43,34	18,24	2,17	1,76	0,01	6,57	64,94	17,40	2,42	20,26
Artık	56,66	66,23	1,59	0,93	100,00	45,43	35,06	82,60	97,58	79,74	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,43	0,93				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.2. Manyetit/Kömür Oranı:0.02 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	20,06	14,25	0,18	0,18	20,06	14,25	31,08	6,40	1,90	2,44	31,08	6,40	1,90	2,44
1.0 dak.	10,25	15,23	0,10	0,15	30,31	14,58	15,70	3,50	0,56	2,84	46,78	9,90	2,46	5,28
2.0 dak.	5,56	25,66	0,07	0,14	35,87	16,30	7,47	3,20	0,21	3,68	54,25	13,09	2,67	8,96
4.0 dak.	2,30	28,56	0,03	0,14	38,17	17,04	2,97	1,47	0,04	4,75	57,22	14,56	2,71	13,71
8.0 dak.	1,65	39,92	0,02	0,13	39,82	17,99	1,79	1,48	0,02	6,66	59,01	16,04	2,73	20,37
Artık	60,18	62,30	2,99	1,87	100,00	44,65	40,99	83,96	97,27	79,63	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	44,65	1,87				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.3. Manyetit/Kömür Oranı:0.05 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	18,15	14,12	0,52	0,52	18,15	14,12	28,45	5,67	1,91	2,35	28,45	5,67	1,91	2,35
1.0 dak.	8,56	16,15	0,26	0,43	26,71	14,77	13,10	3,06	0,45	2,64	41,55	8,73	2,36	4,99
2.0 dak.	6,23	21,14	0,26	0,40	32,94	15,98	8,97	2,91	0,33	4,09	50,51	11,64	2,69	9,08
4.0 dak.	2,12	28,74	0,12	0,38	35,06	16,75	2,76	1,35	0,05	4,81	53,27	12,99	2,74	13,89
8.0 dak.	1,62	36,51	0,15	0,37	36,68	17,62	1,88	1,31	0,05	6,52	55,15	14,30	2,79	20,41
Artık	63,32	61,19	7,04	4,70	100,00	45,21	44,85	85,70	97,21	79,59	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,21	4,70				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.4. Manyetit/Kömür Oranı:0.10 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	17,25	14,25	1,22	1,22	17,25	14,25	27,22	5,38	2,19	2,22	27,22	5,38	2,19	2,22
1.0 dak.	8,25	17,23	0,49	0,99	25,50	15,21	12,56	3,11	0,42	2,50	39,78	8,50	2,61	4,72
2.0 dak.	6,25	22,78	0,65	0,92	31,75	16,70	8,88	3,12	0,42	3,47	48,66	11,62	3,03	8,19
4.0 dak.	1,92	27,56	0,41	0,89	33,67	17,32	2,56	1,16	0,08	4,65	51,22	12,78	3,11	12,84
8.0 dak.	1,56	37,41	0,25	0,87	35,23	18,21	1,80	1,28	0,04	6,28	53,02	14,05	3,15	19,12
Artık	64,77	60,58	12,74	8,90	100,00	45,65	46,98	85,95	96,85	80,88	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,65	8,90				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.5. Manyetit/Kömür Oranı:0.25 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,20	14,12	3,93	3,93	15,20	14,12	23,80	4,75	2,45	1,72	23,80	4,75	2,45	1,72
1.0 dak.	6,17	15,57	2,09	3,40	21,37	14,54	9,50	2,13	0,52	2,03	33,30	6,88	2,97	3,75
2.0 dak.	4,51	20,15	1,39	3,06	25,88	15,52	6,57	2,01	0,25	2,44	39,86	8,89	3,22	6,19
4.0 dak.	1,23	28,19	1,22	2,98	27,11	16,09	1,61	0,77	0,06	3,65	41,47	9,66	3,28	9,84
8.0 dak.	1,02	35,14	1,23	2,91	28,13	16,78	1,21	0,79	0,05	4,89	42,68	10,46	3,33	14,73
Artık	71,87	56,25	25,43	20,22	100,00	45,15	57,32	89,54	96,67	85,27	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,15	20,22				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.6. Manyetit/Kömür Oranı:0.50 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,24	15,05	10,67	10,67	11,24	15,05	18,85	3,43	2,63	1,87	18,85	3,43	2,63	1,87
1.0 dak.	5,94	15,63	1,10	7,58	17,18	15,26	9,89	1,88	0,13	2,29	28,74	5,31	2,76	4,16
2.0 dak.	3,66	16,90	2,98	6,80	20,84	15,55	6,00	1,25	0,22	2,76	34,75	6,57	2,98	6,92
4.0 dak.	2,62	25,56	0,39	6,13	23,46	16,66	3,85	1,36	0,02	3,93	38,60	7,92	3,00	10,85
8.0 dak.	2,29	38,41	0,66	5,66	25,75	18,60	2,78	1,78	0,03	6,15	41,38	9,70	3,03	17,00
Artık	74,25	60,01	39,99	33,79	100,00	49,35	58,62	90,30	96,97	83,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	49,35	33,79				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.7. Manyetit/Kömür Oranı:0.75 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,26	15,25	16,18	16,18	10,26	15,25	15,85	3,47	2,61	1,65	15,85	3,47	2,61	1,65
1.0 dak.	8,56	16,23	4,24	11,14	18,82	15,70	13,07	3,08	0,50	2,06	28,92	6,54	3,11	3,71
2.0 dak.	6,58	16,59	3,99	9,39	25,40	15,93	10,00	2,42	0,36	2,51	38,93	8,96	3,47	6,22
4.0 dak.	2,21	26,88	2,67	8,89	27,61	16,80	2,95	1,32	0,08	4,12	41,87	10,28	3,55	10,34
8.0 dak.	1,25	40,06	2,37	8,63	28,86	17,81	1,37	1,11	0,04	5,55	43,24	11,39	3,59	15,89
Artık	71,14	56,23	50,70	43,14	100,00	45,14	56,76	88,61	96,41	84,11	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,14	43,14				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK3.8. Manyetit/Kömür Oranı:1.00 Karışımında Yapılan Flotasyon Deneyi Sonucu

BQG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağ.	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	9,56	16,23	24,75	24,75	9,56	16,23	14,70	3,41	3,12	1,43	14,70	3,41	3,12	1,43
1.0 dak.	7,52	17,20	12,03	19,63	17,08	16,66	11,43	2,84	1,02	1,55	26,14	6,25	4,14	2,98
2.0 dak.	6,20	17,43	8,62	16,97	23,28	16,86	9,40	2,37	0,58	2,49	35,54	8,62	4,72	5,47
4.0 dak.	2,02	26,41	8,24	16,33	25,30	17,63	2,73	1,17	0,18	4,95	38,27	9,79	4,90	10,42
8.0 dak.	0,74	40,12	3,93	16,02	26,04	18,26	0,81	0,65	0,03	5,52	39,08	10,44	4,93	15,94
Artık	73,96	55,14	56,44	50,20	100,00	45,54	60,92	89,56	95,07	84,06	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	45,54	50,20				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4

**SÜZME-YIKAMA ELEKLERİ ALTİ ÜRÜNLERİ İLE YAPILAN
FLOTASYON DENEYLERİNE AİT TABLolar**

EK4.1. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (0.64 kg/t)

CRG-1MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	7,47	7,06	15,68	15,68	7,47	7,06	9,27	2,10	1,56	2,12	9,27	2,10	1,56	2,12
1.0 dak.	8,11	9,16	5,71	10,77	15,59	8,15	9,84	2,96	0,55	2,60	19,11	5,07	2,11	4,72
2.0 dak.	4,11	13,92	1,77	9,03	19,70	9,36	4,73	2,28	0,08	2,95	23,83	7,35	2,19	7,67
4.0 dak.	0,54	16,47	7,20	8,98	20,24	9,55	0,60	0,35	0,05	4,79	24,43	7,70	2,24	12,46
8.0 dak.	0,94	18,52	0,98	8,65	21,18	9,94	1,02	0,69	0,01	5,21	25,45	8,40	2,25	17,66
Artık	78,82	29,14	52,51	47,13	100,00	25,08	74,55	91,60	97,75	82,34	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,08	47,13				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.2. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (1.28 kg/t)

CRG-2MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	8,45	8,10	16,51	16,51	8,45	8,10	10,23	2,85	1,89	1,91	10,23	2,85	1,89	1,91
1.0 dak.	8,19	9,14	6,96	12,06	16,65	8,61	9,80	3,11	0,69	2,39	20,03	5,96	2,58	4,30
2.0 dak.	4,22	14,15	2,67	10,31	20,87	9,73	4,78	2,48	0,13	2,52	24,81	8,44	2,71	6,82
4.0 dak.	0,99	15,41	5,75	10,12	21,86	9,99	1,10	0,63	0,07	4,71	25,91	9,07	2,78	11,53
8.0 dak.	0,98	20,15	2,75	9,82	22,84	10,43	1,03	0,82	0,03	5,03	26,95	9,90	2,81	16,56
Artık	77,16	28,10	52,70	46,93	100,00	24,06	73,05	90,10	97,19	83,44	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,06	46,93				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.3. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.56 kg/t)

CRG-3MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	8,90	8,54	15,97	15,97	8,90	8,54	10,94	2,97	1,93	1,78	10,94	2,97	1,93	1,78
1.0 dak.	8,38	10,59	6,70	11,71	17,28	9,53	10,07	3,47	0,69	2,27	21,01	6,44	2,61	4,06
2.0 dak.	4,28	13,19	3,15	10,14	21,56	10,26	4,99	2,20	0,16	2,54	26,00	8,64	2,77	6,59
4.0 dak.	1,23	18,61	4,66	9,86	22,79	10,71	1,35	0,90	0,07	4,56	27,35	9,54	2,84	11,16
8.0 dak.	1,11	21,15	2,04	9,52	23,90	11,20	1,18	0,92	0,03	5,02	28,53	10,45	2,86	16,17
Artık	76,10	30,12	52,85	46,76	100,00	25,60	71,47	89,55	97,14	83,83	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,60	46,76				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.4. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	9,84	10,26	15,74	15,74	9,84	10,26	12,04	3,79	2,14	1,66	12,04	3,79	2,14	1,66
1.0 dak.	8,35	12,56	7,58	12,18	18,19	11,32	9,95	3,93	0,80	2,22	21,99	7,72	2,93	3,88
2.0 dak.	5,20	13,27	2,65	10,23	23,39	11,75	6,15	2,59	0,16	2,40	28,15	10,31	3,10	6,27
4.0 dak.	1,37	17,40	6,25	10,02	24,76	12,06	1,54	0,89	0,11	4,42	29,69	11,20	3,20	10,69
8.0 dak.	1,10	23,55	2,43	9,72	25,86	12,55	1,15	0,97	0,03	4,89	30,83	12,17	3,23	15,58
Artık	74,14	31,58	52,90	46,25	100,00	26,66	69,17	87,83	96,77	84,42	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	26,66	46,25				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.5. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,81	9,21	14,71	14,71	11,81	9,21	14,11	4,53	2,41	1,53	14,11	4,53	2,41	1,53
1.0 dak.	9,98	11,47	6,54	11,13	21,79	10,24	11,62	4,77	0,83	2,09	25,74	9,30	3,24	3,62
2.0 dak.	5,67	14,58	2,12	9,43	27,46	11,14	6,37	3,45	0,15	2,31	32,11	12,75	3,39	5,92
4.0 dak.	1,36	18,71	6,22	9,28	28,82	11,50	1,45	1,06	0,11	4,26	33,56	13,81	3,49	10,18
8.0 dak.	1,13	22,19	1,96	9,02	29,95	11,90	1,15	1,04	0,03	4,79	34,72	14,85	3,52	14,98
Artık	70,05	29,17	53,75	45,76	100,00	24,00	65,28	85,15	96,48	85,02	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,00	45,76				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.6. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (19.20 kg/t)

CRG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,94	8,25	14,78	14,78	12,94	8,25	15,71	4,38	2,65	1,27	15,71	4,38	2,65	1,27
1.0 dak.	9,23	12,68	4,81	10,89	22,17	10,09	10,66	4,79	0,55	2,01	26,37	9,17	3,21	3,28
2.0 dak.	5,60	13,25	2,17	9,26	27,77	10,73	6,42	3,04	0,15	2,27	32,79	12,21	3,35	5,55
4.0 dak.	2,09	16,25	2,35	8,81	29,86	11,12	2,32	1,39	0,06	3,93	35,11	13,60	3,41	9,47
8.0 dak.	1,47	21,31	2,43	8,53	31,33	11,59	1,53	1,28	0,04	4,80	36,64	14,88	3,46	14,27
Artık	68,67	30,25	54,31	45,81	100,00	24,41	63,36	85,12	96,54	85,73	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,41	45,81				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.7. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (38.40 kg/t)

CRG-7MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	13,89	8,60	13,82	13,82	13,89	8,60	16,53	5,16	2,59	1,44	16,53	5,16	2,59	1,44
1.0 dak.	7,95	12,11	5,09	10,83	21,84	9,88	9,10	4,16	0,50	1,95	25,62	9,31	3,09	3,39
2.0 dak.	5,37	12,54	5,41	9,81	27,22	10,40	6,12	2,91	0,36	2,18	31,74	12,22	3,44	5,57
4.0 dak.	2,13	16,54	3,11	9,36	29,34	10,85	2,31	1,52	0,08	4,17	34,05	13,74	3,52	9,74
8.0 dak.	1,41	22,33	2,37	9,06	30,75	11,37	1,42	1,35	0,04	4,76	35,47	15,09	3,56	14,49
Artık	69,25	28,41	54,50	46,24	100,00	23,17	64,53	84,91	96,44	85,51	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	23,17	46,24				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.8. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (0.85 kg/t)

CRG-5KU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	7,30	8,12	11,23	11,23	7,30	8,12	9,05	2,29	1,06	2,11	9,05	2,29	1,06	2,11
1.0 dak.	5,94	11,14	12,23	11,68	13,24	9,48	7,13	2,55	0,95	2,64	16,18	4,84	2,01	4,75
2.0 dak.	2,29	16,21	9,59	11,38	15,53	10,47	2,59	1,43	0,28	3,10	18,77	6,27	2,29	7,85
4.0 dak.	0,56	17,79	12,06	11,40	16,09	10,72	0,62	0,38	0,09	4,99	19,39	6,65	2,38	12,84
8.0 dak.	0,63	23,52	2,78	11,11	16,72	11,21	0,65	0,57	0,02	5,29	20,04	7,23	2,40	18,13
Artık	83,28	28,88	50,53	46,57	100,00	25,93	79,96	92,77	97,60	81,87	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,93	46,57				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.9. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70 kg/t)

CRG-SLU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	8,51	9,19	15,45	15,45	8,51	9,19	10,26	3,16	1,84	1,83	10,26	3,16	1,84	1,83
1.0 dak.	6,77	12,51	11,57	13,78	15,27	10,66	7,87	3,42	1,05	2,23	18,13	6,58	2,89	4,06
2.0 dak.	3,55	15,27	3,02	11,93	18,82	11,53	4,00	2,19	0,13	2,61	22,13	8,77	3,02	6,67
4.0 dak.	0,73	18,83	7,30	11,77	19,55	11,80	0,79	0,56	0,07	4,72	22,92	9,33	3,09	11,39
8.0 dak.	0,66	24,02	3,85	11,53	20,22	12,20	0,67	0,64	0,03	5,02	23,59	9,97	3,12	16,41
Artık	79,78	27,92	50,65	45,80	100,00	24,74	76,41	90,03	96,88	83,59	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,74	45,80				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.10. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (3.40 kg/t)

CRG-SMU			KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%				
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,09	8,84	14,24	14,24	11,09	8,84	13,62	3,80	2,21	1,65	13,62	3,80	2,21	1,65
1.0 dak.	9,51	11,66	7,34	11,18	20,60	10,14	11,33	4,30	0,90	2,13	24,95	8,10	3,11	3,78
2.0 dak.	5,16	15,81	3,05	9,66	25,76	11,28	5,86	3,16	0,19	2,41	30,80	11,26	3,31	6,18
4.0 dak.	1,63	17,94	6,23	9,47	27,39	11,67	1,80	1,13	0,13	4,29	32,60	12,39	3,44	10,47
8.0 dak.	0,93	22,30	3,63	9,28	28,14	12,01	1,00	0,82	0,04	4,81	33,60	13,21	3,48	15,10
Artık	71,66	31,25	52,87	45,44	100,00	25,80	66,40	86,79	96,52	84,70	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,80	45,44				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.11. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (6.80 kg/t)

CRG-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,73	9,12	16,24	16,24	12,73	9,12	15,33	4,73	2,93	1,59	15,33	4,73	2,93	1,59
1.0 dak.	11,90	12,54	7,17	12,09	24,63	10,77	13,78	6,08	1,09	1,96	29,12	10,82	4,02	3,55
2.0 dak.	7,24	15,41	6,26	10,83	31,87	11,83	8,12	4,55	0,57	2,39	37,24	15,37	4,60	5,94
4.0 dak.	3,81	16,21	5,65	10,31	35,69	12,29	4,23	2,52	0,27	4,09	41,47	17,89	4,87	10,04
8.0 dak.	2,29	24,15	4,49	9,98	37,97	13,01	2,30	2,25	0,13	4,72	43,77	20,14	5,00	14,76
Artık	62,03	31,58	56,34	45,72	100,00	24,53	56,23	79,86	95,00	85,24	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,53	45,72				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.12. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (13.60 kg/t)

CRG-SPU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,21	9,91	16,13	16,13	12,21	9,91	14,57	4,93	2,82	1,53	14,57	4,93	2,82	1,53
1.0 dak.	11,26	13,57	7,17	12,06	23,47	11,67	12,90	6,23	1,05	1,83	27,47	11,16	3,87	3,36
2.0 dak.	7,17	17,98	6,54	10,82	30,64	13,14	7,80	5,26	0,60	2,40	35,27	16,42	4,47	5,76
4.0 dak.	3,61	19,45	5,40	10,28	34,25	13,81	3,85	2,86	0,25	4,19	39,12	19,28	4,72	9,95
8.0 dak.	1,99	25,61	3,06	9,91	36,24	14,46	1,96	2,08	0,08	4,76	41,08	21,36	4,80	14,72
Artık	63,76	30,26	55,38	45,39	100,00	24,53	58,92	78,64	95,20	85,28	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,53	45,39				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.13. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1000 d/d)

CRE-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	8,85	10,26	9,23	9,23	8,85	10,26	10,50	3,73	1,08	2,13	10,50	3,73	1,08	2,13
1.0 dak.	7,81	11,14	8,91	9,08	16,65	10,67	9,17	3,57	0,92	2,42	19,67	7,30	2,00	4,54
2.0 dak.	3,76	17,70	5,31	8,41	20,41	11,97	4,09	2,73	0,25	3,02	23,76	10,02	2,25	7,56
4.0 dak.	1,95	19,94	7,31	8,31	22,36	12,66	2,06	1,59	0,18	4,84	25,82	11,62	2,43	12,40
8.0 dak.	0,61	24,41	2,78	8,17	22,97	12,98	0,61	0,62	0,02	5,33	26,43	12,23	2,46	17,73
Artık	77,03	27,76	51,33	45,44	100,00	24,36	73,57	87,77	97,54	82,27	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,36	45,44				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.14. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1250 d/d)

CRF-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,68	10,21	12,70	12,70	10,68	10,21	12,68	4,47	1,84	1,79	12,68	4,47	1,84	1,79
1.0 dak.	8,86	12,51	9,08	11,09	19,54	11,25	10,26	4,55	1,05	2,19	22,93	9,02	2,89	3,98
2.0 dak.	4,98	16,58	2,17	9,42	24,52	12,33	5,49	3,39	0,13	2,61	28,43	12,41	3,02	6,59
4.0 dak.	3,21	18,83	1,76	8,59	27,73	13,09	3,45	2,48	0,07	4,63	31,87	14,89	3,09	11,22
8.0 dak.	1,63	25,49	1,60	8,23	29,36	13,78	1,60	1,70	0,03	5,02	33,48	16,59	3,12	16,24
Artık	70,64	28,78	53,67	45,79	100,00	24,37	66,52	83,41	96,88	83,76	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,37	45,79				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.15. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1500 d/d)

CRG-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,77	9,02	16,22	16,22	12,77	9,02	15,37	4,73	2,96	1,62	15,37	4,73	2,96	1,62
1.0 dak.	11,54	13,56	7,63	12,35	24,32	11,18	13,20	6,42	1,14	1,91	28,56	11,15	4,10	3,54
2.0 dak.	7,63	15,09	5,57	10,82	31,95	12,11	8,57	4,73	0,54	2,42	37,14	15,87	4,63	5,95
4.0 dak.	4,48	17,08	5,27	10,17	36,44	12,72	4,92	3,14	0,30	4,18	42,05	19,01	4,93	10,13
8.0 dak.	1,45	23,14	6,07	10,02	37,88	13,12	1,47	1,37	0,11	4,66	43,53	20,39	5,05	14,80
Artık	62,12	31,25	56,12	45,55	100,00	24,38	56,47	79,61	94,95	85,20	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,38	45,55				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.16. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (2000 d/d)

CRH-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,32	10,03	16,69	16,69	12,32	10,03	14,77	4,94	2,93	1,66	14,77	4,94	2,93	1,66
1.0 dak.	11,27	12,54	7,53	12,55	23,58	11,23	13,14	5,65	1,09	1,96	27,91	10,59	4,02	3,62
2.0 dak.	7,35	15,44	6,17	11,12	30,93	12,23	8,28	4,54	0,57	2,42	36,20	15,13	4,60	6,04
4.0 dak.	4,45	16,66	4,88	10,38	35,39	12,79	4,95	2,97	0,27	4,27	41,15	18,10	4,87	10,31
8.0 dak.	1,39	24,15	7,19	10,26	36,77	13,22	1,40	1,34	0,13	4,71	42,55	19,44	5,00	15,03
Artık	63,23	31,85	55,84	45,69	100,00	25,00	57,45	80,56	95,00	84,97	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,00	45,69				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.17. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%2.33)

CRG-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	14,30	9,06	12,52	12,52	14,30	9,06	17,62	4,95	2,44	2,84	17,62	4,95	2,44	2,84
1.0 dak.	11,86	9,91	7,73	10,41	26,16	9,45	14,48	4,49	1,18	3,12	32,09	9,43	3,62	5,95
2.0 dak.	8,70	13,68	3,99	8,89	34,86	10,50	10,17	4,54	0,43	3,41	42,27	13,98	4,05	9,37
4.0 dak.	5,72	16,02	2,06	7,99	40,58	11,28	6,51	3,50	0,14	5,25	48,78	17,48	4,19	14,62
8.0 dak.	0,96	20,26	8,57	8,00	41,54	11,49	1,04	0,75	0,11	5,75	49,82	18,22	4,30	20,37
Artık	58,46	36,64	57,91	45,67	100,00	26,19	50,18	81,78	95,70	79,63	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	26,19	45,67				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.18. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%5.00)

CRG-5NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	14,13	9,15	13,68	13,68	14,13	9,15	17,01	5,27	2,52	2,56	17,01	5,27	2,52	2,56
1.0 dak.	12,49	10,14	8,23	11,20	26,61	9,61	14,87	5,16	1,26	2,97	31,88	10,42	3,77	5,52
2.0 dak.	7,88	14,49	4,91	9,84	34,49	10,73	8,93	4,65	0,46	3,22	40,81	15,07	4,23	8,74
4.0 dak.	5,15	16,54	2,48	8,95	39,64	11,48	5,69	3,47	0,15	5,12	46,50	18,54	4,38	13,86
8.0 dak.	1,19	22,24	11,83	9,03	40,83	11,80	1,23	1,08	0,18	5,61	47,73	19,62	4,56	19,47
Artık	59,17	33,35	58,93	47,08	100,00	24,55	52,27	80,38	95,44	80,53	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,55	47,08				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.19. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%10.00)

CRG-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,64	10,08	15,21	15,21	12,64	10,08	15,12	5,14	2,66	2,12	15,12	5,14	2,66	2,12
1.0 dak.	10,08	11,15	9,39	12,73	22,72	10,55	11,91	4,53	1,22	2,63	27,02	9,67	3,88	4,75
2.0 dak.	6,93	15,54	5,83	11,21	29,65	11,72	7,78	4,34	0,50	2,97	34,81	14,01	4,38	7,72
4.0 dak.	3,85	18,16	3,97	10,43	33,50	12,46	4,19	2,82	0,19	4,75	39,00	16,83	4,57	12,46
8.0 dak.	0,77	21,51	13,18	10,49	34,28	12,66	0,81	0,67	0,14	5,49	39,81	17,50	4,71	17,95
Artık	65,72	31,13	55,31	46,05	100,00	24,80	60,19	82,50	95,29	82,05	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	24,80	46,05				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.20. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%15.00)

CRG-SNU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,46	10,02	17,16	17,16	11,46	10,02	13,93	4,42	2,93	1,67	13,93	4,42	2,93	1,67
1.0 dak.	10,07	12,65	8,77	13,44	21,53	11,25	11,88	4,90	1,19	2,03	25,81	9,33	4,12	3,70
2.0 dak.	6,10	16,68	6,83	12,06	27,63	12,45	6,86	3,92	0,55	2,28	32,68	13,24	4,68	5,98
4.0 dak.	3,85	17,06	3,37	11,08	31,49	13,01	4,32	2,53	0,17	4,12	37,00	15,78	4,84	10,09
8.0 dak.	1,05	23,15	7,66	10,98	32,53	13,34	1,09	0,93	0,11	4,65	38,08	16,71	4,95	14,74
Artık	67,47	32,06	53,31	44,77	100,00	25,97	61,92	83,29	95,05	85,26	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,97	44,77				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.21. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.56 kg/t)

CRG-3NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	25,85	6,07	4,19	4,19	25,85	6,07	27,66	12,85	13,33	1,41	27,66	12,85	13,33	1,41
1.0 dak.	21,75	6,94	3,14	3,71	47,60	6,47	23,06	12,36	8,33	2,01	50,71	25,21	21,67	3,42
2.0 dak.	15,54	9,23	1,79	3,25	63,14	7,15	16,06	11,74	3,33	2,06	66,78	36,95	25,00	5,48
4.0 dak.	10,10	10,83	2,72	3,17	73,23	7,66	10,26	8,96	3,33	3,21	77,03	45,91	28,33	8,69
8.0 dak.	6,00	12,66	2,30	3,11	79,24	8,03	5,97	6,22	1,67	4,44	83,01	52,14	30,00	13,13
Artık	20,76	28,15	22,22	7,81	100,00	12,21	16,99	47,86	70,00	86,87	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,21	7,81				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.22. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	33,57	6,13	4,58	4,58	33,57	6,13	35,56	18,06	19,33	1,61	35,56	18,06	19,33	1,61
1.0 dak.	25,37	7,03	3,21	4,00	58,93	6,52	26,62	15,66	10,08	2,22	62,18	33,72	29,41	3,83
2.0 dak.	15,91	9,51	2,16	3,61	74,84	7,15	16,25	13,28	4,20	2,42	78,42	47,00	33,61	6,25
4.0 dak.	11,63	11,16	2,35	3,44	86,48	7,69	11,66	11,40	3,36	3,39	90,09	58,40	36,97	9,65
8.0 dak.	7,22	13,12	2,83	3,40	93,69	8,11	7,08	8,31	2,52	4,67	97,16	66,71	39,50	14,32
Artık	6,31	60,13	44,44	7,70	100,00	11,39	2,84	33,29	60,50	85,68	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	11,39	7,70				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.23. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	33,13	8,14	5,13	5,13	33,13	8,14	34,69	21,96	22,61	1,51	34,69	21,96	22,61	1,51
1.0 dak.	25,21	10,04	3,68	4,51	58,33	8,96	25,85	20,61	12,17	2,11	60,54	42,58	34,78	3,61
2.0 dak.	16,39	12,67	3,64	4,32	74,72	9,77	16,32	16,91	7,83	2,35	76,86	59,49	42,61	5,97
4.0 dak.	11,98	13,65	3,87	4,26	86,71	10,31	11,80	13,32	6,09	3,22	88,65	72,81	48,70	9,19
8.0 dak.	8,33	15,57	3,97	4,23	95,04	10,77	8,02	10,57	4,35	4,52	96,67	83,38	53,04	13,70
Artık	4,96	41,15	42,86	7,34	100,00	12,28	3,33	16,62	46,96	86,30	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,28	7,34				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.24. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.40 kg/t)

CRG-3NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	20,25	13,35	9,29	9,29	20,25	13,35	27,65	7,39	1,63	1,66	27,65	7,39	1,63	1,66
1.0 dak.	17,78	15,05	6,98	8,22	38,02	14,14	23,80	7,32	1,05	2,25	51,46	14,71	2,68	3,91
2.0 dak.	11,06	17,79	3,45	7,19	49,09	14,97	14,33	5,38	0,31	2,59	65,79	20,10	2,99	6,50
4.0 dak.	3,01	21,36	7,58	7,21	52,10	15,34	3,73	1,76	0,19	3,56	69,53	21,86	3,18	10,06
8.0 dak.	1,93	23,54	2,50	7,05	54,02	15,63	2,32	1,24	0,04	4,66	71,85	23,10	3,22	14,72
Artık	45,98	61,15	72,83	56,02	100,00	36,56	28,15	76,90	96,78	85,28	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	36,56	56,02				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.25. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	26,87	14,23	8,92	8,92	26,87	14,23	36,06	10,60	2,04	1,76	36,06	10,60	2,04	1,76
1.0 dak.	21,45	16,52	7,56	8,32	48,32	15,25	28,02	9,82	1,36	2,24	64,08	20,42	3,39	4,00
2.0 dak.	15,16	19,92	4,23	7,37	63,49	16,36	19,00	8,37	0,52	2,78	83,08	28,79	3,91	6,78
4.0 dak.	5,47	23,26	7,02	7,35	68,95	16,91	6,56	3,52	0,32	3,54	89,64	32,31	4,23	10,33
8.0 dak.	2,94	25,61	3,39	7,19	71,89	17,27	3,42	2,09	0,08	4,86	93,06	34,40	4,31	15,19
Artık	28,11	84,23	81,48	56,38	100,00	36,09	6,94	63,60	95,69	84,81	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	36,09	56,38				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.26. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	27,50	16,52	8,87	8,87	27,50	16,52	35,72	12,71	2,08	1,63	35,72	12,71	2,08	1,63
1.0 dak.	22,91	18,90	7,87	8,42	50,41	17,60	28,92	12,12	1,52	2,07	64,64	24,83	3,60	3,70
2.0 dak.	16,27	22,24	3,95	7,37	66,68	18,73	19,69	10,12	0,52	2,65	84,33	34,95	4,12	6,35
4.0 dak.	6,59	29,94	6,57	7,30	73,27	19,74	7,19	5,52	0,36	3,40	91,52	40,47	4,48	9,74
8.0 dak.	2,63	38,16	7,27	7,30	75,90	20,38	2,53	2,80	0,16	4,58	94,05	43,28	4,64	14,32
Artık	24,10	84,13	83,59	56,28	100,00	35,74	5,95	56,72	95,36	85,68	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	35,74	56,28				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.27. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70 kg/t)

CRG-4LU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	21,43	6,10	5,02	5,02	21,43	6,10	22,88	10,85	13,79	1,77	22,88	10,85	13,79	1,77
1.0 dak.	17,75	6,84	4,20	4,65	39,18	6,44	18,80	10,08	9,48	2,34	41,68	20,93	23,28	4,11
2.0 dak.	14,85	8,88	1,87	3,90	54,03	7,11	15,39	10,95	3,45	2,63	57,06	31,88	26,72	6,74
4.0 dak.	8,35	10,65	1,67	3,61	62,38	7,58	8,48	7,38	1,72	3,55	65,54	39,26	28,45	10,28
8.0 dak.	3,61	12,31	1,92	3,52	65,98	7,84	3,60	3,69	0,86	4,84	69,14	42,95	29,31	15,12
Artık	34,02	20,20	14,56	7,58	100,00	12,04	30,86	57,05	70,69	84,88	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,04	7,58				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.28. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (3.40 kg/t)

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	32,70	6,00	4,10	4,10	32,70	6,00	34,47	18,16	16,95	1,63	34,47	18,16	16,95	1,63
1.0 dak.	24,81	6,42	3,01	3,63	57,51	6,18	26,03	14,74	9,32	2,28	60,49	32,90	26,27	3,91
2.0 dak.	15,09	9,10	1,37	3,17	72,61	6,79	15,38	12,71	2,54	2,55	75,88	45,61	28,81	6,46
4.0 dak.	11,11	10,42	1,85	3,00	83,72	7,27	11,16	10,71	2,54	3,38	87,04	56,32	31,36	9,84
8.0 dak.	7,13	12,01	0,97	2,84	90,85	7,64	7,03	7,92	0,85	4,65	94,07	64,24	32,20	14,49
Artık	9,15	42,21	37,91	7,62	100,00	10,81	5,93	35,76	67,80	85,51	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	10,81	7,62				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.29. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70 kg/t)**

CRG-4LU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	22,78	13,64	8,87	8,87	22,78	13,64	31,72	8,18	1,71	1,97	31,72	8,18	1,71	1,97
1.0 dak.	20,31	15,59	4,95	7,07	43,09	14,56	27,64	8,34	0,82	2,37	59,36	16,53	2,52	4,34
2.0 dak.	12,65	18,86	3,83	6,35	55,75	15,54	16,55	6,28	0,39	2,86	75,90	22,81	2,91	7,20
4.0 dak.	4,59	22,23	6,19	6,34	60,33	16,04	5,75	2,69	0,23	3,65	81,66	25,50	3,15	10,85
8.0 dak.	2,32	25,59	4,17	6,26	62,65	16,40	2,78	1,56	0,08	4,97	84,44	27,06	3,22	15,82
Artık	37,35	74,15	77,08	56,48	100,00	37,97	15,56	72,94	96,78	84,18	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	37,97	56,48				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.30. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Köpürtücü Miktarının Tespiti (3.40 kg/t)**

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	26,61	13,66	8,56	8,56	26,61	13,66	35,46	10,32	1,92	1,88	35,46	10,32	1,92	1,88
1.0 dak.	21,21	16,12	7,05	7,89	47,82	14,75	27,47	9,71	1,24	2,37	62,93	20,03	3,16	4,25
2.0 dak.	14,83	19,09	3,70	6,93	62,66	15,78	18,53	8,04	0,44	2,87	81,45	28,07	3,60	7,12
4.0 dak.	5,29	21,01	6,42	6,89	67,95	16,19	6,45	3,16	0,28	3,63	87,90	31,23	3,88	10,74
8.0 dak.	2,49	22,21	4,00	6,79	70,44	16,40	2,99	1,57	0,08	5,06	90,89	32,80	3,96	15,80
Artık	29,56	80,04	80,81	56,46	100,00	35,21	9,11	67,20	96,04	84,20	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	35,21	56,46				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.31. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	14,50	9,12	11,74	11,74	14,50	9,12	17,72	5,15	2,29	2,92	17,72	5,15	2,29	2,92
1.0 dak.	12,24	10,08	7,73	9,95	26,73	9,56	14,80	4,81	1,22	3,12	32,52	9,96	3,51	6,04
2.0 dak.	9,25	13,88	5,54	8,85	35,99	10,67	10,72	5,01	0,64	3,50	43,23	14,97	4,15	9,53
4.0 dak.	6,45	16,24	2,28	7,91	42,44	11,52	7,27	4,08	0,18	5,38	50,50	19,05	4,33	14,91
8.0 dak.	2,02	20,26	5,63	7,81	44,45	11,91	2,17	1,60	0,14	5,92	52,67	20,65	4,47	20,83
Artık	55,55	36,64	59,16	45,72	100,00	25,65	47,33	79,35	95,53	79,17	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,65	45,72				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.32. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,38	9,00	14,38	14,38	15,38	9,00	18,78	5,44	3,21	2,84	18,78	5,44	3,21	2,84
1.0 dak.	13,87	10,06	11,72	13,14	29,25	9,50	16,73	5,48	2,29	2,88	35,51	10,93	5,50	5,72
2.0 dak.	11,79	13,45	5,48	11,07	41,05	10,64	13,69	6,23	0,85	3,40	49,20	17,16	6,34	9,12
4.0 dak.	10,51	15,84	4,32	9,77	51,56	11,70	11,87	6,55	0,59	5,07	61,06	23,70	6,93	14,19
8.0 dak.	4,90	20,11	4,62	9,35	56,46	12,43	5,25	3,87	0,30	5,67	66,32	27,58	7,23	19,86
Artık	43,54	42,32	63,18	44,60	100,00	25,44	33,68	72,42	92,77	80,14	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,44	44,60				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.33. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (5800 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,51	11,32	14,03	14,03	15,51	11,32	18,51	6,83	3,06	2,12	18,51	6,83	3,06	2,12
1.0 dak.	14,02	12,34	11,80	12,98	29,53	11,80	16,55	6,73	2,27	2,63	35,06	13,56	5,33	4,75
2.0 dak.	11,91	15,54	4,99	10,83	41,44	12,88	13,54	7,20	0,76	2,97	48,60	20,76	6,09	7,72
4.0 dak.	10,78	18,00	5,24	9,73	52,22	13,93	11,90	7,55	0,72	4,75	60,49	28,30	6,81	12,46
8.0 dak.	4,88	23,26	4,09	9,27	57,10	14,73	5,04	4,42	0,25	5,49	65,54	32,72	7,06	17,95
Artık	42,90	40,32	64,17	45,26	100,00	25,71	34,46	67,28	92,94	82,05	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	25,71	45,26				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.34. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (30 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	32,54	6,07	2,80	2,80	32,54	6,07	34,74	16,43	9,23	1,41	34,74	16,43	9,23	1,41
1.0 dak.	26,03	6,94	2,34	2,60	58,56	6,46	27,53	15,02	6,15	2,05	62,27	31,45	15,38	3,47
2.0 dak.	16,71	9,23	2,13	2,49	75,27	7,07	17,24	12,83	3,59	2,15	79,51	44,28	18,97	5,61
4.0 dak.	10,62	10,83	1,92	2,42	85,89	7,54	10,76	9,57	2,05	3,22	90,27	53,85	21,03	8,83
8.0 dak.	6,77	12,23	2,26	2,41	92,66	7,88	6,75	6,88	1,54	4,48	97,02	60,73	22,56	13,32
Artık	7,34	64,32	51,71	9,22	100,00	12,02	2,98	39,27	77,44	86,68	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,02	9,22				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.35. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	34,77	8,16	2,76	2,76	34,77	8,16	36,34	23,37	9,60	1,37	36,34	23,37	9,60	1,37
1.0 dak.	28,59	9,54	2,30	2,55	63,36	8,78	29,44	22,47	6,57	2,02	65,78	45,85	16,16	3,40
2.0 dak.	17,23	12,29	2,06	2,45	80,59	9,53	17,20	17,44	3,54	2,05	82,98	63,29	19,70	5,45
4.0 dak.	11,21	14,56	1,82	2,37	91,80	10,15	10,90	13,45	2,02	3,16	93,88	76,74	21,72	8,61
8.0 dak.	6,54	18,21	3,08	2,42	98,34	10,68	6,09	9,81	2,02	4,41	99,97	86,55	23,74	13,02
Artık	1,66	98,32	82,51	9,32	100,00	12,14	0,03	13,45	76,26	86,98	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,14	9,32				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.36. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	34,81	8,85	2,63	2,63	34,81	8,85	36,27	24,63	9,14	1,33	36,27	24,63	9,14	1,33
1.0 dak.	28,86	10,32	2,30	2,48	63,67	9,52	29,58	23,81	6,60	1,98	65,85	48,44	15,74	3,31
2.0 dak.	17,28	13,69	2,07	2,39	80,95	10,41	17,04	18,90	3,55	2,05	82,90	67,34	19,29	5,37
4.0 dak.	11,38	15,54	1,80	2,32	92,33	11,04	10,98	14,13	2,03	3,13	93,88	81,47	21,32	8,50
8.0 dak.	6,58	19,36	3,08	2,37	98,90	11,59	6,06	10,18	2,03	4,39	99,94	91,65	23,35	12,89
Artık	1,10	95,30	87,79	9,32	100,00	12,51	0,06	8,35	76,65	87,11	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	12,51	9,32				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.37. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (30 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	28,06	20,36	9,29	9,29	28,06	20,36	38,62	13,56	1,63	1,66	38,62	13,56	1,63	1,66
1.0 dak.	23,34	23,58	7,34	8,41	51,40	21,82	30,82	13,06	1,05	2,25	69,44	26,63	2,68	3,91
2.0 dak.	15,33	33,98	3,45	7,32	66,74	24,62	17,49	12,37	0,31	2,59	86,93	38,99	2,99	6,50
4.0 dak.	6,23	39,90	5,21	7,14	72,96	25,92	6,47	5,90	0,19	3,56	93,40	44,89	3,18	10,06
8.0 dak.	2,67	45,21	2,50	6,99	75,63	26,60	2,53	2,86	0,04	4,66	95,92	47,76	3,22	14,72
Artık	24,37	90,32	87,52	63,84	100,00	42,13	4,08	52,24	96,78	85,28	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	42,13	63,84				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.38. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	30,21	22,13	9,05	9,05	30,21	22,13	40,03	16,21	1,75	1,62	40,03	16,21	1,75	1,62
1.0 dak.	24,20	23,64	7,81	8,51	54,41	22,80	31,44	13,87	1,19	2,18	71,48	30,09	2,94	3,80
2.0 dak.	15,52	32,15	5,02	7,75	69,92	24,88	17,91	12,10	0,48	2,50	89,39	42,18	3,41	6,31
4.0 dak.	6,84	40,65	6,54	7,65	76,76	26,28	6,90	6,74	0,28	3,42	96,29	48,92	3,69	9,72
8.0 dak.	2,87	45,21	4,55	7,54	79,63	26,96	2,68	3,15	0,08	4,59	98,97	52,07	3,77	14,31
Artık	20,37	97,03	89,06	63,28	100,00	41,24	1,03	47,93	96,23	85,69	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	41,24	63,28				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.39. Üst Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-5NV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	30,22	24,36	9,16	9,16	30,22	24,36	39,59	17,41	1,78	1,66	39,59	17,41	1,78	1,66
1.0 dak.	24,93	26,68	7,30	8,33	55,15	25,41	31,67	15,74	1,15	2,24	71,26	33,15	2,93	3,90
2.0 dak.	16,06	35,69	5,58	7,73	71,21	27,73	17,89	13,56	0,56	2,49	89,14	46,71	3,49	6,39
4.0 dak.	7,05	46,03	7,96	7,75	78,25	29,38	6,59	7,67	0,36	3,57	95,73	54,38	3,85	9,96
8.0 dak.	3,73	50,00	3,51	7,56	81,98	30,31	3,23	4,41	0,08	4,66	98,96	58,79	3,93	14,62
Artık	18,02	96,66	90,11	63,08	100,00	42,27	1,04	41,21	96,07	85,38	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	42,27	63,08				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.40. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (0.64 kg/t)

CRG-1MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	7,64	25,51	36,65	36,65	7,64	25,51	21,26	2,66	0,37	2,55	21,26	2,66	0,37	2,55
1.0 dak.	5,51	30,16	33,99	35,56	13,15	27,46	14,38	2,27	0,24	3,31	35,64	4,93	0,60	5,86
2.0 dak.	2,89	35,58	32,05	34,96	16,04	28,92	6,96	1,40	0,11	3,70	42,60	6,33	0,72	9,56
4.0 dak.	0,49	40,03	30,77	34,84	16,53	29,25	1,10	0,27	0,02	4,85	43,70	6,60	0,74	14,42
8.0 dak.	0,38	42,26	22,22	34,60	16,91	29,55	0,82	0,22	0,01	6,54	44,52	6,82	0,75	20,96
Artık	83,09	82,13	93,48	92,31	100,00	73,24	55,48	93,18	99,25	79,04	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	73,24	92,31				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.41. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (1.28 kg/t)

CRG-2MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	9,34	24,10	36,11	36,11	9,34	24,10	27,28	3,04	0,42	2,45	27,28	3,04	0,42	2,45
1.0 dak.	6,38	27,71	35,67	35,93	15,73	25,57	17,75	2,39	0,28	3,27	45,04	5,43	0,70	5,72
2.0 dak.	3,54	34,41	29,07	34,77	19,27	27,19	8,93	1,65	0,11	3,60	53,97	7,08	0,81	9,32
4.0 dak.	0,75	39,91	27,78	34,54	20,02	27,67	1,74	0,41	0,02	4,72	55,72	7,49	0,83	14,04
8.0 dak.	0,75	41,16	13,33	33,95	20,78	28,16	1,71	0,42	0,01	6,38	57,42	7,91	0,84	20,41
Artık	79,22	86,03	94,06	92,68	100,00	74,01	42,58	92,09	99,16	79,59	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,01	92,68				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.42. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.56 kg/t)

CRG-3MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,01	23,21	37,00	37,00	10,01	23,21	31,90	3,06	0,46	2,35	31,90	3,06	0,46	2,35
1.0 dak.	7,04	28,84	43,98	40,08	17,04	25,54	20,79	2,67	0,44	3,16	52,69	5,73	0,90	5,51
2.0 dak.	4,07	33,35	23,91	37,52	21,12	27,04	11,27	1,79	0,10	3,51	63,95	7,52	1,00	9,02
4.0 dak.	0,93	38,10	23,81	37,04	22,05	27,51	2,39	0,47	0,02	4,43	66,35	7,99	1,02	13,45
8.0 dak.	0,87	40,13	16,67	36,45	22,92	27,99	2,17	0,46	0,01	6,11	68,51	8,45	1,04	19,56
Artık	77,08	90,16	94,21	92,68	100,00	75,91	31,49	91,55	98,96	80,44	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	75,91	92,68				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.43. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,93	23,36	36,40	36,40	10,93	23,36	33,33	3,41	0,48	2,27	33,33	3,41	0,48	2,27
1.0 dak.	7,95	27,74	43,29	39,49	18,88	25,20	22,87	2,95	0,46	3,09	56,20	6,36	0,94	5,36
2.0 dak.	4,49	32,23	22,11	36,78	23,38	26,56	12,12	1,93	0,10	3,27	68,32	8,29	1,03	8,63
4.0 dak.	1,21	36,54	28,57	36,42	24,59	27,05	3,07	0,59	0,04	4,91	71,38	8,88	1,07	13,54
8.0 dak.	0,97	39,41	20,00	35,92	25,56	27,52	2,34	0,51	0,02	6,09	73,73	9,40	1,09	19,63
Artık	74,44	91,13	94,59	92,94	100,00	74,87	26,27	90,60	98,91	80,37	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,87	92,94				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.44. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,00	22,36	36,60	36,60	12,00	22,36	36,53	3,60	0,51	2,13	36,53	3,60	0,51	2,13
1.0 dak.	9,28	26,64	39,02	37,68	21,27	24,23	26,69	3,32	0,44	2,95	63,22	6,92	0,95	5,08
2.0 dak.	5,94	30,16	22,08	34,83	27,21	25,52	16,26	2,40	0,12	3,16	79,48	9,32	1,07	8,24
4.0 dak.	2,04	35,41	31,25	34,60	29,25	26,21	5,17	0,97	0,07	4,80	84,65	10,29	1,14	13,04
8.0 dak.	1,30	38,81	25,00	34,24	30,55	26,75	3,12	0,68	0,03	5,72	87,77	10,97	1,17	18,77
Artık	69,45	95,51	95,07	93,13	100,00	74,50	12,23	89,03	98,83	81,23	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,50	93,13				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.45. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (19.20 kg/t)

CRG-6MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,93	25,68	37,93	37,93	10,93	25,68	30,73	3,81	0,55	2,03	30,73	3,81	0,55	2,03
1.0 dak.	8,61	30,16	37,60	37,79	19,54	27,65	22,76	3,53	0,43	2,91	53,49	7,34	0,97	4,94
2.0 dak.	5,02	34,49	24,79	35,51	24,56	29,05	12,45	2,33	0,14	3,08	65,94	9,70	1,11	8,02
4.0 dak.	2,04	41,13	24,49	34,78	26,60	29,98	4,55	1,14	0,05	4,74	70,49	10,84	1,16	12,76
8.0 dak.	1,43	50,12	16,13	34,03	28,04	31,01	2,71	0,98	0,02	5,60	73,20	11,82	1,19	18,36
Artık	71,96	90,16	94,36	92,41	100,00	73,58	26,80	88,18	98,81	81,64	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	73,58	92,41				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.46. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (38.40 kg/t)

CRG-7MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,30	30,26	39,25	39,25	11,30	30,26	32,62	4,51	0,58	2,05	32,62	4,51	0,58	2,05
1.0 dak.	8,81	35,51	40,16	39,65	20,10	32,56	23,52	4,12	0,47	3,08	56,14	8,63	1,04	5,13
2.0 dak.	5,45	40,16	21,01	36,46	25,55	34,18	13,49	2,88	0,11	3,18	69,63	11,51	1,16	8,32
4.0 dak.	1,85	45,58	28,89	35,99	27,40	34,95	4,18	1,11	0,06	4,76	73,81	12,63	1,21	13,08
8.0 dak.	1,62	54,41	17,65	35,19	29,03	36,04	3,06	1,16	0,03	5,72	76,87	13,79	1,24	18,81
Artık	70,97	92,13	94,64	92,70	100,00	75,85	23,13	86,21	98,76	81,19	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	75,85	92,70				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.47. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (0.85 kg/t)

CRG-5KU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	6,05	20,06	42,86	42,86	6,05	20,06	19,27	1,62	0,38	2,44	19,27	1,62	0,38	2,44
1.0 dak.	4,43	26,63	42,66	42,77	10,48	22,84	12,95	1,57	0,27	3,08	32,21	3,19	0,65	5,52
2.0 dak.	3,29	31,16	35,11	41,11	13,77	24,83	9,04	1,37	0,15	3,39	41,25	4,56	0,80	8,91
4.0 dak.	1,40	36,69	29,73	40,21	15,17	25,93	3,54	0,69	0,05	4,93	44,79	5,25	0,85	13,84
8.0 dak.	0,70	40,18	27,78	39,75	15,87	26,56	1,67	0,38	0,02	5,93	46,46	5,63	0,87	19,77
Artık	84,13	84,03	93,38	92,30	100,00	74,91	53,54	94,37	99,13	80,23	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,91	92,30				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.48. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70 kg/t)

CRG-5KU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	9,51	22,26	38,55	38,55	9,51	22,26	31,60	2,76	0,46	2,35	31,60	2,76	0,46	2,35
1.0 dak.	7,86	29,91	39,82	39,13	17,37	25,72	23,53	3,07	0,40	3,02	55,13	5,83	0,86	5,37
2.0 dak.	4,96	30,12	32,80	37,83	22,33	26,70	14,82	1,95	0,19	3,26	69,95	7,78	1,05	8,64
4.0 dak.	2,07	38,90	28,57	37,14	24,39	27,73	5,40	1,05	0,06	4,89	75,35	8,83	1,12	13,53
8.0 dak.	0,95	41,13	15,79	36,54	25,34	28,23	2,38	0,51	0,01	5,80	77,73	9,34	1,13	19,33
Artık	74,66	93,02	94,48	92,81	100,00	76,60	22,27	90,66	98,87	80,67	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	76,60	92,81				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.49. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (3.40 kg/t)

CRG-SKU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,95	21,16	36,30	36,30	11,95	21,16	34,97	3,46	0,49	2,25	34,97	3,46	0,49	2,25
1.0 dak.	9,70	28,46	36,82	36,53	21,64	24,43	25,76	3,78	0,40	2,91	60,73	7,24	0,89	5,15
2.0 dak.	6,55	30,10	23,31	33,89	28,20	25,75	17,00	2,70	0,14	3,26	77,73	9,94	1,03	8,41
4.0 dak.	2,31	36,49	32,08	33,75	30,51	26,56	5,45	1,15	0,08	4,81	83,19	11,09	1,11	13,23
8.0 dak.	1,28	40,06	20,00	33,29	31,79	27,11	2,86	0,70	0,02	5,72	86,05	11,79	1,14	18,95
Artık	68,21	94,49	95,30	93,32	100,00	73,07	13,95	88,21	98,86	81,05	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	73,07	93,32				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.50. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (6.80 kg/t)

CRG-SKU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,02	23,68	35,64	35,64	11,02	23,68	35,61	3,42	0,45	2,28	35,61	3,42	0,45	2,28
1.0 dak.	8,09	29,46	35,96	35,77	19,12	26,13	24,17	3,12	0,33	2,97	59,79	6,54	0,78	5,26
2.0 dak.	4,23	33,15	32,00	35,12	23,35	27,40	11,98	1,84	0,15	3,29	71,77	8,38	0,93	8,54
4.0 dak.	3,18	40,06	19,05	33,54	26,53	28,92	8,06	1,67	0,05	4,90	79,83	10,04	0,98	13,44
8.0 dak.	0,87	43,19	22,22	33,23	27,40	29,37	2,10	0,49	0,02	5,64	81,93	10,54	1,00	19,08
Artık	72,60	94,12	94,88	93,15	100,00	76,38	18,07	89,46	99,00	80,92	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	76,38	93,15				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.51. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (13.60 kg/t)

CRG-SKU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,63	25,68	36,43	36,43	11,63	25,68	34,05	4,00	0,47	2,40	34,05	4,00	0,47	2,40
1.0 dak.	8,89	30,18	38,18	37,20	20,52	27,63	24,44	3,60	0,39	3,05	58,49	7,60	0,85	5,45
2.0 dak.	4,64	35,56	31,07	36,15	25,16	29,09	11,78	2,21	0,15	3,26	70,27	9,81	1,00	8,71
4.0 dak.	3,92	43,19	20,00	34,37	29,08	30,99	8,77	2,27	0,07	4,97	79,05	12,08	1,07	13,67
8.0 dak.	1,05	48,87	23,81	34,05	30,13	31,61	2,11	0,68	0,02	5,69	81,15	12,77	1,09	19,36
Artık	69,87	93,15	95,27	93,43	100,00	74,61	18,85	87,23	98,91	80,64	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,61	93,43				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.52. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1000 d/d)

CRE-SMU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	9,77	20,16	31,42	31,42	9,77	20,16	31,34	2,62	0,33	2,45	31,34	2,62	0,33	2,45
1.0 dak.	7,62	25,51	31,25	31,34	17,39	22,51	22,83	2,59	0,25	3,06	54,17	5,21	0,58	5,51
2.0 dak.	4,47	30,16	21,98	29,61	21,87	24,07	12,56	1,80	0,09	3,68	66,73	7,01	0,67	9,20
4.0 dak.	0,69	37,71	15,38	29,25	22,56	24,49	1,74	0,35	0,01	5,11	68,46	7,35	0,68	14,31
8.0 dak.	0,38	38,41	14,29	29,04	22,94	24,72	0,94	0,19	0,00	6,12	69,40	7,55	0,69	20,43
Artık	77,06	90,12	94,64	93,20	100,00	75,12	30,60	92,45	99,31	79,57	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	75,12	93,20				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.53. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1250 d/d)

CRF-SMU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,15	20,13	35,58	35,58	11,15	20,13	34,46	3,03	0,44	2,36	34,46	3,03	0,44	2,36
1.0 dak.	9,07	27,41	36,36	35,93	20,22	23,40	25,49	3,35	0,37	2,97	59,96	6,38	0,80	5,34
2.0 dak.	5,70	31,05	22,12	33,33	25,92	25,08	15,22	2,39	0,11	3,43	75,18	8,77	0,92	8,76
4.0 dak.	1,36	37,77	38,24	33,60	27,28	25,71	3,28	0,69	0,06	4,89	78,46	9,46	0,98	13,65
8.0 dak.	1,10	40,08	10,53	32,92	28,39	26,27	2,56	0,60	0,01	5,87	81,01	10,06	0,99	19,52
Artık	71,61	93,15	95,12	93,38	100,00	74,17	18,99	89,94	99,01	80,48	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,17	93,38				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.54. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (1500 d/d)

CRG-SMU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,65	21,13	36,49	36,49	11,65	21,13	33,96	3,38	0,48	2,26	33,96	3,38	0,48	2,26
1.0 dak.	9,79	28,03	35,04	35,84	21,44	24,28	26,02	3,76	0,38	2,95	59,98	7,14	0,86	5,21
2.0 dak.	7,02	33,15	21,58	32,83	28,46	26,47	17,33	3,19	0,14	3,26	77,31	10,33	1,00	8,47
4.0 dak.	2,12	38,71	32,65	32,81	30,59	27,32	4,81	1,13	0,07	4,89	82,12	11,46	1,07	13,36
8.0 dak.	1,35	39,12	12,50	32,15	31,94	27,82	3,04	0,73	0,01	5,75	85,17	12,18	1,08	19,11
Artık	68,06	94,10	95,30	93,31	100,00	72,93	14,83	87,82	98,92	80,89	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	72,93	93,31				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.55. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Karıştırma Hızının Tespiti (2000 d/d)

CRH-SMU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,30	22,00	37,46	37,46	11,30	22,00	33,90	3,36	0,49	2,21	33,90	3,36	0,49	2,21
1.0 dak.	9,45	29,14	35,09	36,40	20,75	25,25	25,75	3,72	0,37	2,90	59,66	7,08	0,85	5,12
2.0 dak.	6,45	35,02	24,63	33,95	27,20	27,57	16,12	3,05	0,15	3,28	75,77	10,13	1,01	8,40
4.0 dak.	1,53	39,94	36,84	34,11	28,74	28,23	3,54	0,83	0,06	4,94	79,31	10,96	1,07	13,34
8.0 dak.	1,02	41,02	23,81	33,81	29,76	28,67	2,32	0,57	0,02	5,82	81,63	11,53	1,09	19,15
Artık	70,24	93,20	95,14	93,29	100,00	74,00	18,37	88,47	98,91	80,85	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,00	93,29				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.56. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%2.33)

CRG-SMU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	14,66	21,32	25,30	25,30	14,66	21,32	40,24	4,38	0,38	2,92	40,24	4,38	0,38	2,92
1.0 dak.	10,17	26,61	25,86	25,53	24,82	23,49	26,03	3,79	0,27	3,18	66,27	8,17	0,65	6,10
2.0 dak.	7,80	34,45	25,00	25,41	32,62	26,11	17,84	3,77	0,20	3,46	84,12	11,94	0,85	9,57
4.0 dak.	4,49	36,02	17,39	24,52	37,12	27,31	10,03	2,27	0,07	5,32	94,15	14,21	0,92	14,88
8.0 dak.	1,65	40,09	12,50	24,07	38,77	27,85	3,46	0,93	0,02	5,81	97,61	15,14	0,94	20,69
Artık	61,23	98,88	95,48	92,89	100,00	71,34	2,39	84,86	99,06	79,31	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	71,34	92,89				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.56. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%8.77)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	10,98	21,36	36,81	36,81	10,98	21,36	32,32	3,20	0,49	2,37	32,32	3,20	0,49	2,37
1.0 dak.	9,35	28,84	39,22	37,94	20,34	24,80	24,90	3,68	0,46	3,01	57,22	6,88	0,95	5,38
2.0 dak.	6,88	35,61	21,38	34,45	27,22	27,53	16,57	3,34	0,14	3,26	73,79	10,23	1,09	8,64
4.0 dak.	2,41	37,06	31,03	34,18	29,63	28,31	5,68	1,22	0,08	4,88	79,48	11,45	1,18	13,51
8.0 dak.	1,45	40,08	17,24	33,55	31,08	28,86	3,25	0,79	0,02	5,83	82,72	12,24	1,20	19,35
Artık	68,92	93,30	94,94	92,90	100,00	73,27	17,28	87,76	98,80	80,65	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	73,27	92,90				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.56. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı İçin En Uygun Katı Oranının Tespiti (%15.00)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	8,01	20,06	43,10	43,10	8,01	20,06	24,69	2,17	0,45	2,50	24,69	2,17	0,45	2,50
1.0 dak.	6,92	27,23	44,99	43,99	14,92	23,38	19,42	2,54	0,42	3,09	44,11	4,71	0,88	5,60
2.0 dak.	5,04	35,03	45,59	44,40	19,97	26,32	12,64	2,38	0,32	3,55	56,75	7,10	1,19	9,15
4.0 dak.	2,45	37,21	54,72	45,75	22,42	27,52	5,94	1,23	0,22	5,01	62,69	8,33	1,41	14,16
8.0 dak.	1,12	38,12	55,41	46,31	23,54	28,02	2,68	0,58	0,10	5,69	65,37	8,91	1,52	19,86
Artık	76,46	88,26	94,51	93,04	100,00	74,08	34,63	91,09	98,48	80,14	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	74,08	93,04				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.57. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.56 kg/t)

CRG-3MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,87	12,26	19,51	19,51	11,87	12,26	14,34	5,32	6,72	1,56	14,34	5,32	6,72	1,56
1.0 dak.	9,71	13,66	15,63	17,81	21,58	12,89	11,55	4,85	4,20	2,05	25,89	10,16	10,92	3,61
2.0 dak.	8,27	15,68	8,00	15,31	29,86	13,66	9,61	4,74	1,68	2,13	35,49	14,90	12,61	5,74
4.0 dak.	5,94	17,77	10,81	14,59	35,79	14,34	6,72	3,85	1,68	3,23	42,21	18,76	14,29	8,98
8.0 dak.	3,78	19,99	8,70	14,06	39,57	14,88	4,16	2,76	0,84	4,42	46,37	21,51	15,13	13,40
Artık	60,43	35,55	37,55	29,97	100,00	27,37	53,63	78,49	84,87	86,60	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	27,37	29,97				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.58. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,04	10,32	17,48	17,48	16,04	10,32	19,84	6,01	7,63	1,59	19,84	6,01	7,63	1,59
1.0 dak.	12,83	13,15	15,00	16,39	28,87	11,58	15,37	6,13	5,08	2,07	35,22	12,14	12,71	3,65
2.0 dak.	10,57	15,64	9,68	14,69	39,43	12,67	12,30	6,00	2,54	2,22	47,52	18,15	15,25	5,88
4.0 dak.	6,79	18,80	10,00	14,04	46,23	13,57	7,61	4,64	1,69	3,25	55,13	22,79	16,95	9,13
8.0 dak.	4,53	19,93	7,69	13,50	50,75	14,14	5,00	3,28	0,85	4,46	60,13	26,07	17,80	13,58
Artık	49,25	41,32	42,64	30,81	100,00	27,52	39,87	73,93	82,20	86,42	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	27,52	30,81				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.59. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	18,01	15,68	18,26	18,26	18,01	15,68	21,02	10,17	8,79	1,65	21,02	10,17	8,79	1,65
1.0 dak.	16,28	18,89	15,84	17,13	34,29	17,20	18,28	11,08	6,69	2,07	39,30	21,25	15,48	3,71
2.0 dak.	14,75	21,26	16,30	16,88	49,04	18,42	16,08	11,30	6,28	2,22	55,38	32,55	21,76	5,94
4.0 dak.	8,81	26,64	14,81	16,57	57,85	19,68	8,95	8,46	3,35	3,46	64,33	41,01	25,10	9,39
8.0 dak.	6,90	31,18	14,29	16,34	64,75	20,90	6,57	7,75	2,51	4,42	70,90	48,75	27,62	13,81
Artık	35,25	40,36	48,46	31,41	100,00	27,76	29,10	51,25	72,38	86,19	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	27,76	31,41				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.60. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (2.56 kg/t)

CRG-3MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,45	80,51	30,18	30,18	15,45	80,51	40,92	13,43	0,31	1,57	40,92	13,43	0,31	1,57
1.0 dak.	14,56	86,23	27,00	28,67	30,01	83,28	27,23	13,55	0,25	2,09	68,15	26,98	0,57	3,65
2.0 dak.	10,27	89,91	24,26	27,60	40,28	84,97	14,08	9,97	0,15	2,40	82,23	36,95	0,72	6,06
4.0 dak.	7,08	92,21	14,46	25,90	47,36	86,06	7,49	7,05	0,06	3,48	89,72	43,99	0,78	9,54
8.0 dak.	4,39	95,51	18,52	25,32	51,74	86,86	2,68	4,52	0,05	4,50	92,40	48,51	0,82	14,04
Artık	48,26	98,84	97,77	95,53	100,00	92,64	7,60	51,49	99,18	85,96	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	92,64	95,53				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.61. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (4.80 kg/t)

CRG-4MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül,%	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad.	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,17	78,83	28,81	28,81	16,17	78,83	38,66	13,98	0,31	1,63	38,66	13,98	0,31	1,63
1.0 dak.	14,82	84,21	25,96	27,48	30,99	81,40	26,44	13,69	0,25	2,26	65,10	27,68	0,56	3,89
2.0 dak.	11,16	86,12	23,18	26,39	42,16	82,65	17,50	10,55	0,16	2,46	82,60	38,23	0,72	6,35
4.0 dak.	8,08	88,83	13,40	24,57	50,24	83,65	10,20	7,88	0,06	3,45	92,80	46,11	0,78	9,79
8.0 dak.	5,39	91,06	17,65	23,95	55,63	84,36	5,44	5,38	0,06	4,74	98,25	51,49	0,84	14,54
Artık	44,37	99,65	97,91	95,44	100,00	91,15	1,75	48,51	99,16	85,46	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	91,15	95,44				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.62. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Gazyağı Miktarının Tespiti (9.60 kg/t)

CRG-5MU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,42	83,36	28,39	28,39	16,42	83,36	33,16	14,92	0,31	1,63	33,16	14,92	0,31	1,63
1.0 dak.	15,26	85,51	27,31	27,88	31,68	84,40	26,82	14,22	0,27	2,26	59,98	29,14	0,58	3,89
2.0 dak.	12,24	87,76	24,55	26,98	43,93	85,33	18,18	11,71	0,19	2,46	78,16	40,85	0,77	6,35
4.0 dak.	8,75	91,16	15,09	25,24	52,67	86,30	9,38	8,69	0,07	3,45	87,54	49,54	0,84	9,79
8.0 dak.	6,22	95,32	20,99	24,81	58,89	87,25	3,53	6,46	0,08	4,74	91,07	56,00	0,92	14,54
Artık	41,11	98,21	98,07	95,48	100,00	91,76	8,93	44,00	99,08	85,46	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	91,76	95,48				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.63. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70kg/t)

CRG-4LU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,91	10,10	20,25	20,25	11,91	10,10	14,94	4,25	6,84	1,51	14,94	4,25	6,84	1,51
1.0 dak.	9,83	12,66	17,46	19,01	21,74	11,26	11,98	4,39	4,70	1,96	26,92	8,64	11,54	3,47
2.0 dak.	7,56	14,78	14,89	17,99	29,30	12,17	8,99	3,94	2,99	2,14	35,91	12,58	14,53	5,60
4.0 dak.	3,97	17,97	12,50	17,37	33,27	12,86	4,54	2,52	1,28	3,16	40,45	15,10	15,81	8,76
8.0 dak.	2,46	19,93	13,33	17,11	35,73	13,35	2,75	1,73	0,85	4,41	43,20	16,83	16,67	13,17
Artık	64,27	36,66	36,45	30,67	100,00	28,33	56,80	83,17	83,33	86,83	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	28,33	30,67				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.64. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (6.80 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	17,30	16,61	18,75	18,75	17,30	16,61	19,83	10,55	9,01	1,50	19,83	10,55	9,01	1,50
1.0 dak.	14,45	18,89	19,15	18,93	31,75	17,65	16,11	10,02	7,73	1,93	35,94	20,56	16,74	3,43
2.0 dak.	12,93	21,66	17,07	18,40	44,68	18,81	13,92	10,28	6,01	2,05	49,86	30,84	22,75	5,48
4.0 dak.	8,37	25,56	12,00	17,46	53,04	19,87	8,56	7,85	2,58	3,12	58,42	38,69	25,32	8,59
8.0 dak.	7,41	30,06	9,30	16,54	60,46	21,12	7,13	8,18	1,72	4,27	65,55	46,87	27,04	12,86
Artık	39,54	36,61	44,97	30,70	100,00	27,25	34,45	53,13	72,96	87,14	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	27,25	30,70				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.65. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (1.70 kg/t)

CRG-4LU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	14,10	75,63	29,76	29,76	14,10	75,63	44,51	11,56	0,28	1,49	44,51	11,56	0,28	1,49
1.0 dak.	10,97	78,63	32,12	30,81	25,07	76,94	30,36	9,35	0,25	2,18	74,87	20,91	0,53	3,67
2.0 dak.	6,46	81,04	31,25	30,90	31,54	77,78	15,87	5,68	0,14	2,40	90,75	26,58	0,67	6,07
4.0 dak.	3,13	84,49	28,89	30,72	34,67	78,39	6,30	2,87	0,06	3,31	97,04	29,45	0,73	9,38
8.0 dak.	1,18	87,66	40,00	31,07	35,85	78,69	1,88	1,12	0,04	4,67	98,92	30,57	0,76	14,05
Artık	64,15	99,87	97,03	95,49	100,00	92,28	1,08	69,43	99,24	85,95	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	92,28	95,49				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.66. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun Köpürtücü Miktarının Tespiti (6.80 kg/t)

CRG-4NU				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,58	82,26	29,58	29,58	16,58	82,26	36,70	14,83	0,33	1,65	36,70	14,83	0,33	1,65
1.0 dak.	15,31	85,51	27,10	28,41	31,89	83,82	27,67	14,23	0,27	2,40	64,38	29,06	0,60	4,04
2.0 dak.	11,48	88,86	23,53	27,18	43,38	85,15	15,96	11,09	0,17	2,49	80,33	40,16	0,77	6,54
4.0 dak.	9,52	90,06	13,39	25,03	52,89	86,04	11,80	9,32	0,07	3,49	92,14	49,48	0,84	10,02
8.0 dak.	6,67	93,34	17,07	24,22	59,57	86,86	5,54	6,77	0,07	4,85	97,68	56,25	0,90	14,87
Artık	40,43	99,54	98,11	95,48	100,00	91,98	2,32	43,75	99,10	85,13	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	91,98	95,48				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.67. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun**Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-SMV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	11,83	22,36	36,55	36,55	11,83	22,36	33,41	3,65	0,49	2,25	33,41	3,65	0,49	2,25
1.0 dak.	9,96	30,15	35,15	35,92	21,79	25,92	25,32	4,14	0,39	2,96	58,72	7,79	0,88	5,21
2.0 dak.	7,26	32,16	20,98	32,74	29,05	27,48	17,93	3,22	0,14	3,30	76,65	11,01	1,02	8,51
4.0 dak.	2,31	39,46	32,08	32,69	31,36	28,37	5,10	1,26	0,08	4,89	81,74	12,27	1,09	13,40
8.0 dak.	1,54	41,37	17,24	32,10	32,90	28,97	3,29	0,88	0,02	5,76	85,04	13,15	1,12	19,16
Artık	67,10	93,87	95,35	93,30	100,00	72,52	14,96	86,85	98,88	80,84	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	72,52	93,30				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.68. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun**Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-SMV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,38	23,31	36,49	36,49	12,38	23,31	36,13	3,91	0,50	2,29	36,13	3,91	0,50	2,29
1.0 dak.	10,86	30,15	34,00	35,35	23,24	26,51	28,88	4,44	0,39	2,90	65,01	8,35	0,89	5,19
2.0 dak.	8,10	33,21	20,13	32,00	31,34	28,24	20,59	3,65	0,14	3,39	85,60	12,00	1,03	8,57
4.0 dak.	2,90	38,84	30,16	31,85	34,23	29,14	6,74	1,53	0,09	4,93	92,34	13,53	1,12	13,51
8.0 dak.	2,17	41,36	17,50	31,13	36,41	29,87	4,85	1,22	0,03	5,83	97,19	14,75	1,15	19,34
Artık	63,59	98,84	95,69	93,46	100,00	73,73	2,81	85,25	98,85	80,66	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	73,73	93,46				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.69. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temel Flotasyonu İçin En Uygun**Polimer Miktarının Tespiti (5800 gr/t)**

CRG-SMV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	12,48	23,23	35,45	35,45	12,48	23,23	34,98	3,99	0,49	2,31	34,98	3,99	0,49	2,31
1.0 dak.	10,80	31,15	34,51	35,02	23,29	26,90	27,15	4,63	0,41	2,94	62,13	8,63	0,90	5,25
2.0 dak.	8,15	34,46	21,74	32,03	31,44	28,86	19,50	3,87	0,16	3,42	81,62	12,50	1,06	8,67
4.0 dak.	2,98	38,41	33,33	32,14	34,41	29,69	6,69	1,57	0,11	5,02	88,31	14,07	1,17	13,69
8.0 dak.	3,10	42,13	14,29	30,95	37,52	30,72	6,56	1,80	0,04	5,93	94,87	15,87	1,20	19,62
Artık	62,48	97,75	95,67	93,32	100,00	72,60	5,13	84,13	98,80	80,38	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	72,60	93,32				100,00	100,00	100,00	100,00				

EK4.70. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun**Polimer Miktarının Tespiti (30 gr/t)**

CRG-4MV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,94	10,45	16,07	16,07	16,94	10,45	21,56	5,97	7,35	1,51	21,56	5,97	7,35	1,51
1.0 dak.	14,59	13,34	12,90	14,63	31,53	11,79	17,98	6,57	4,90	2,15	39,54	12,54	12,24	3,66
2.0 dak.	9,37	15,48	11,86	14,02	40,90	12,63	11,26	4,89	2,86	2,21	50,79	17,43	15,10	5,87
4.0 dak.	5,59	19,87	11,43	13,71	46,49	13,50	6,36	3,74	1,63	3,30	57,16	21,17	16,73	9,17
8.0 dak.	3,96	20,15	12,00	13,58	50,45	14,03	4,50	2,69	1,22	4,46	61,66	23,86	17,96	13,63
Artık	49,55	45,56	42,23	30,63	100,00	29,65	38,34	76,14	82,04	86,37	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	29,65	30,63				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.71. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-4MV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	18,39	11,46	16,26	16,26	18,39	11,46	23,16	7,10	7,84	1,43	23,16	7,10	7,84	1,43
1.0 dak.	15,71	14,63	13,73	15,11	34,11	12,92	19,08	7,75	5,49	2,05	42,23	14,85	13,33	3,48
2.0 dak.	9,82	15,64	12,70	14,58	43,93	13,53	11,78	5,18	3,14	2,17	54,01	20,03	16,47	5,65
4.0 dak.	6,43	20,37	10,00	14,02	50,36	14,40	7,28	4,41	1,57	3,25	61,29	24,44	18,04	8,90
8.0 dak.	4,82	21,12	10,00	13,69	55,18	14,99	5,41	3,43	1,18	4,68	66,70	27,87	19,22	13,58
Artık	44,82	47,75	45,08	31,29	100,00	29,67	33,30	72,13	80,78	86,42	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	29,67	31,29				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.72. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Temizleme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-4MV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	18,89	11,25	16,54	16,54	18,89	11,25	23,90	7,12	8,27	1,47	23,90	7,12	8,27	1,47
1.0 dak.	16,04	14,52	13,46	15,15	34,94	12,75	19,55	7,80	5,51	2,18	43,45	14,93	13,78	3,65
2.0 dak.	9,09	15,09	15,00	15,12	44,03	13,23	11,00	4,60	3,54	2,23	54,46	19,52	17,32	5,88
4.0 dak.	6,42	20,07	14,29	15,02	50,45	14,10	7,31	4,31	2,36	3,38	61,77	23,84	19,69	9,26
8.0 dak.	4,99	22,26	9,68	14,56	55,44	14,84	5,53	3,72	1,18	4,81	67,30	27,56	20,87	14,07
Artık	44,56	48,52	44,57	31,17	100,00	29,85	32,70	72,44	79,13	85,93	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	29,85	31,17				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.73. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (30 gr/t)**

CRG-4LV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,71	87,41	28,77	28,77	15,71	87,41	42,10	14,41	0,29	1,57	42,10	14,41	0,29	1,57
1.0 dak.	11,86	88,45	19,15	24,93	27,58	87,86	29,16	11,01	0,13	2,08	71,25	25,42	0,41	3,66
2.0 dak.	7,08	90,36	18,07	23,62	34,65	88,37	14,52	6,71	0,07	2,48	85,77	32,13	0,48	6,13
4.0 dak.	4,27	93,33	14,58	22,73	38,92	88,91	6,06	4,18	0,03	3,40	91,83	36,31	0,51	9,54
8.0 dak.	1,25	95,59	7,69	22,33	40,17	89,12	1,17	1,25	0,00	4,51	93,00	37,56	0,52	14,04
Artık	59,83	99,45	97,37	95,70	100,00	95,30	7,00	62,44	99,48	85,96	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	95,30	95,70				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.74. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (58 gr/t)**

CRG-4LV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	15,76	88,85	28,84	28,84	15,76	88,85	41,68	14,62	0,29	1,49	41,68	14,62	0,29	1,49
1.0 dak.	11,95	90,06	18,88	24,86	27,70	89,37	28,17	11,23	0,13	2,06	69,86	25,85	0,42	3,56
2.0 dak.	7,72	93,36	14,77	22,87	35,43	90,24	12,17	7,53	0,06	2,45	82,02	33,38	0,48	6,01
4.0 dak.	4,43	94,15	10,42	21,66	39,86	90,68	6,15	4,35	0,02	3,40	88,17	37,73	0,50	9,41
8.0 dak.	1,65	98,85	5,88	21,14	41,50	91,00	0,45	1,70	0,00	4,49	88,62	39,43	0,50	13,90
Artık	58,50	99,18	97,41	95,67	100,00	95,79	11,38	60,57	99,50	86,10	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	95,79	95,67				100,00	100,00	100,00	100,00				

**EK4.75. Alt Akım Süzme-Yıkama Eleği Altı Ürünü Süpürme Flotasyonu İçin En Uygun
Polimer Miktarının Tespiti (580 gr/t)**

CRG-4LV				KÜMÜLATİF,%			VERİM,%				KÜMÜLATİF VERİM,%			
	%Ağ	Kül, %	Man,%	Man.	Ağırlık	Kül	Y.Mad.	Kül	Man.	Su	Y.Mad	Kül	Man.	Su
0.5 dak.	16,05	88,56	29,86	29,86	16,05	88,56	43,02	14,84	0,31	1,50	43,02	14,84	0,31	1,50
1.0 dak.	12,12	90,16	20,00	23,88	28,17	89,33	28,07	11,71	0,14	2,09	71,09	16,37	0,43	1,39
2.0 dak.	7,97	93,21	13,48	23,48	36,44	90,19	12,68	7,76	0,06	2,60	83,77	14,33	0,51	6,19
4.0 dak.	4,04	95,51	11,36	22,42	40,48	90,72	4,25	4,03	0,02	3,45	88,02	38,36	0,53	9,64
8.0 dak.	1,55	98,81	6,25	21,92	42,03	91,02	0,43	1,60	0,00	4,59	88,45	39,96	0,53	14,22
Artık	57,97	99,15	97,43	95,67	100,00	95,73	11,55	60,04	99,47	85,78	100,00	100,00	100,00	100,00
Toplam	100,00	95,73	95,67				100,00	100,00	100,00	100,00				