

FARKLI KÖMÜRLERİN
FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE
KLASİK FLOTASYON YAĞLARI İLE
BİTKİSEL KÖKENLİ YAĞLARIN PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

Selma ŞİMŞEK

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2007

FARKLI KÖMÜRLERİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE
KLASİK FLOTASYON YAĞLARI İLE
BİTKİSEL KÖKENLİ YAĞLARIN PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

Selma ŞİMŞEK

DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2007

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından M-208 no'lu Doktora projesi olarak desteklenmiŐtir.

Danışman: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mehmet CANBAZOĞLU

Üye: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Üye: Prof. Dr. Ünal AKDEMİR

Üye: Doç. Dr. H. Hüseyin DURMAZUÇAR

Üye: Doç. Dr. Turan BATAR

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2007

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. H. Hüseyin BAŞIBÜYÜK

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen yönerge doğrultusunda 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan “Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu” adlı kılavuza göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	vi
SUMMARY	viii
TEŞEKKÜR	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xxix
EKLER LİSTESİ.....	xxxix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kömür Hakkında Genel Bilgiler	3
2.2. Kömür Flotasyonu.....	4
2.2.1. Kömür hidrofobluğunun (su sevmezliğinin) kömürleşme derecesi ile değişimi	7
2.2.2. Kömür flotasyonunda kullanılan reaktifler.....	8
2.3. Yağlar	12
2.3.1. Yağlar hakkında genel bilgiler	12
2.3.2. Yağlardaki yağ asitlerinin türleri	13
2.3.2.1. Doymuş yağ asitleri	13
2.3.2.2. Doymamış yağ asitleri	14
2.3.3. Türkiye’de yağ üretimi	16
2.3.4. Yağların kömür zenginleştirmede kullanımı	16
3. MALZEME VE YÖNTEM	18
3.1. Malzeme	18
3.1.1. Kömür örneği	18
3.1.1.1. Mineralojik ve kimyasal bileşim	18
3.1.1.2. Örnek hazırlama.....	21
3.1.2. DeneYlerde kullanılan reaktifler.....	25
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Flotasyon deneylerinin yapılışı	26
3.2.2. Yüzey gerilimi ölçümleri	28

3.2.3. Yüzdürme-Batırma deneylerinin yapılışı.....	28
3.2.4. Zeta potansiyel ölçümlerinin yapılışı	29
3.2.5. Temas açısı ölçümlerinin yapılışı.....	29
4. BULGULAR	30
4.1. Flotasyon Deney Bulgularının Değerlendirilmesi	30
4.1.1. Taşkömürü ile yapılan flotasyon deneyleri.....	30
4.1.1.1. Alışagelmiş (Klasik) yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları	30
4.1.1.1.1. Toplayıcı (Kollektör) miktarının flotasyona etkisi	30
4.1.1.1.2. pH'ın etkisi.....	33
4.1.1.1.3. Köpük alma süresinin etkisi.....	33
4.1.1.1.4. Katı oranının etkisi	38
4.1.1.1.5. Karıştırma hızının etkisi	38
4.1.1.1.6. Köpürtücü (Çamyacı) miktarının etkisi.....	43
4.1.1.1.7. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi	43
4.1.1.1.8. Aşamalı flotasyonun etkisi.....	48
4.1.1.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları	51
4.1.1.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi.....	51
4.1.1.2.2. pH'ın etkisi.....	51
4.1.1.2.3. Köpük alma süresinin etkisi.....	56
4.1.1.2.4. Katı oranının etkisi	56
4.1.1.2.5. Karıştırma hızının etkisi	69
4.1.1.2.6. Köpürtücü (Çamyacı) miktarının etkisi.....	69
4.1.1.2.7. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi	69
4.1.1.2.8. Aşamalı flotasyonun etkisi.....	82
4.1.1.2.9. Kullanılmış (atık) yağların etkisi	87
4.1.2. Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri.....	88
4.1.2.1. Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri ...	88
4.1.2.1.1. Klasik yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları.....	88
4.1.2.1.1.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi	88
4.1.2.1.1.2. pH'ın etkisi	91
4.1.2.1.1.3. Köpük alma süresinin etkisi	91
4.1.2.1.1.4. Katı oranının etkisi	96

4.1.2.1.1.5. Karıştırma hızının etkisi.....	96
4.1.2.1.1.6. Köpürtücü miktarının etkisi	101
4.1.2.1.1.7. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi.....	101
4.1.2.1.1.8. Aşamalı flotasyonun etkisi.....	106
4.1.2.1.1.8.1. I aşamalı flotasyonun etkisi	106
4.1.2.1.1.8.2. II aşamalı flotasyonun etkisi.....	109
4.1.2.1.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları..	112
4.1.2.1.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi	112
4.1.2.1.2.2. pH'ın etkisi	117
4.1.2.1.2.3. Köpük alma süresinin etkisi	117
4.1.2.1.2.4. Katı oranının etkisi	126
4.1.2.1.2.5. Karıştırma hızının etkisi.....	126
4.1.2.1.2.6. Köpürtücü miktarının etkisi	135
4.1.2.1.2.7. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi.....	135
4.1.2.1.2.8. Aşamalı flotasyonun etkisi.....	144
4.1.2.1.2.9. Kullanılmış (atık) yağların etkisi.....	149
4.1.2.2. Soma linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri.....	151
4.1.2.2.1. Klasik yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları....	151
4.1.2.2.1.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi	151
4.1.2.2.1.2. pH'ın etkisi	151
4.1.2.2.1.3. Dodecilaaminin etkisi	156
4.1.2.2.1.3.1. Dodecilaamin ile gazyağının birlikte	
etkisinin incelenmesi	156
4.1.2.2.1.3.2. Dodecilaamin ile fueloilin birlikte etkisinin	
incelenmesi	159
4.1.2.2.1.4. Köpük alma süresinin etkisi	159
4.1.2.2.1.5. Katı oranının etkisi	163
4.1.2.2.1.6. Karıştırma hızının etkisi.....	163
4.1.2.2.1.7. Köpürtücü miktarının etkisi	168
4.1.2.2.1.8. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi.....	168
4.1.2.2.1.9. Aşamalı flotasyonun etkisi.....	173
4.1.2.2.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları..	176
4.1.2.2.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyonuna etkisi	176

4.1.2.2.2.2. pH'ın etkisi	176
4.1.2.2.2.3. Dodecilaminin etkisi	185
4.1.2.2.2.3.1. Dodecilamin ile pamukyağının birlikte etkisinin incelenmesi	185
4.1.2.2.2.3.2. Dodecilamin ile susamyağının birlikte etkisinin incelenmesi	185
4.1.2.2.2.3.3. Dodecilamin ile zeytinyağının birlikte etkisinin incelenmesi	186
4.1.2.2.2.3.4. Dodecilamin ile soyayağının birlikte etkisinin incelenmesi	186
4.1.2.2.2.4. Köpük alma süresinin etkisi	191
4.1.2.2.2.5. Katı oranının etkisi	191
4.1.2.2.2.6. Karıştırma hızının etkisi.....	200
4.1.2.2.2.7. Köpürtücü miktarının etkisi	200
4.1.2.2.2.8. Na ₂ SiO ₃ miktarının etkisi.....	209
4.1.2.2.2.9. Aşamalı flotasyonun etkisi	209
4.1.2.2.2.10. Kullanılmış (atık) yağların etkisi.....	218
4.2. Santrifüjlü Yüzdürme-Batırma Deney Bulgularının Değerlendirilmesi.....	220
4.3. Zeta Potansiyeli Bulgularının Değerlendirilmesi	222
4.3.1. Kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları	222
4.3.2. Yağların zeta potansiyeli bulguları	224
4.3.3. Yağlarla muamele edilmiş kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları.....	226
4.3.3.1. Yağlarla muamele edilmiş taşkömürü örneklerinin zeta potansiyeli bulguları	227
4.3.3.2. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları	228
4.3.3.2.1. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürünün konsantre ve gangının zeta potansiyeli bulguları.....	229
4.3.3.3. Yağlarla muamele edilmiş Soma Linyit kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları.....	231

4.4. Temas Açısı Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	233
4.4.1. Taşkömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri	233
4.4.2. Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri.....	234
4.4.3. Soma Linyit kömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri.....	238
5. TARTIŞMA	240
5.1. pH'ın Kömür Flotasyonuna Etkisinin İncelenmesi.....	240
5.2. Toplayıcı Miktarının Etkisinin İncelenmesi.....	257
5.2.1. Taşkömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi.....	257
5.2.2. Eski Çeltek kömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi.....	265
5.2.3. Soma Linyit Kömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi.....	273
5.3. Köpük Alma Süresinin Etkisinin İncelenmesi.....	284
5.4. Katı Oranının Etkisinin İncelenmesi.....	288
5.5. Karıştırma Hızının Etkisinin İncelenmesi	290
5.6. Köpürtücü Miktarının Etkisinin İncelenmesi	292
5.7. Sodyum Silikat Miktarının Etkisinin İncelenmesi.....	296
5.8. Aşamalı Flotasyonun Etkisinin İncelenmesi	299
5.9. Kullanılmış (Atık) Yağların Etkisinin İncelenmesi	300
5.10. Flotasyon Deney Bulgularının Yüzdürme- Batırma Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması.....	301
5.11. FTIR Grafiklerinin Değerlendirilmesi	304
6. SONUÇLAR.....	306
7. KAYNAKLAR	311
8. ÖZGEÇMİŞ.....	319
EKLER	320

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI KÖMÜRLERİN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE
KLASİK FLOTASYON YAĞLARI İLE
BİTKİSEL KÖKENLİ YAĞLARIN PERFORMANSLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

Selma ŞİMŞEK

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Bu çalışmada, farklı kömürlerin (Zonguldak Taşkömürü, Eski Çeltek ve Soma Linyiti) flotasyon ile zenginleştirilmesinde klasik yağlara alternatif olarak bitkisel kökenli yağların kullanılabilirliği incelenmiştir. Klasik yağ olarak gazyağı ve fueloil; bitkisel yağ olarak ise pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı kullanılmıştır. Her üç kömürün; hem klasik yağlar hem de bitkisel yağlar kullanılarak zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden; toplayıcı miktarının, pH'ın, köpük alma süresinin, katı oranının, karıştırma hızının, köpürtücü miktarının ve bastırıcı (sodyum silikat) miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkileri incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Ayrıca kolay yüzebilir özellikte olmayan Soma Linyit kömürünün flotasyonunda kömürün hidrofobluğunu artırarak yağ tüketimini azaltmak amacıyla dodesilamin de kullanılmıştır.

Her üç kömür için tek kademeli zenginleştirme ile düşük küllü konsantreler üretilmediğinden optimum koşullarda üretilen konsantrelere

temizleme flotasyonu (1 veya 2 aşamalı) uygulanmıştır. Temizleme sonucu elde edilen en düşük küllü konsantreler; kül içeriği %14,08 Zonguldak Taşkömürü için % 77,43 yanabilir verim ve % 7,08 kül içeriği ile; % 47,75 kül içeren Eski Çeltek Linyit kömürü % 70,73 yanabilir verim ve % 21,40 kül içeriği ile; %13,80 kül içeren Soma Linyit kömürü ise % 35,01 yanabilir verim ve % 9,78 kül içeriği ile üretilmiştir.

Taşkömürünün flotasyonunda fueloil, gazyağı ve bitkisel yağların benzer performans gösterdikleri, Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda ise hem gazyağı ve fueloil hem de pamukyağı dışındaki bitkisel yağların yaklaşık aynı derecede başarılı oldukları bulunmuştur. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda ise dodesilamin kullanılmadan yapılan deneylerde klasik yağlardan fueloil, bitkisel yağlardan ise pamukyağı ile yüksek performans değerlerine ulaşılmıştır. Pamukyağı dışındaki bitkisel yağlarda ise çalışılan miktarlarda yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşamamıştır. Dodesilamin kullanıldığında ise hem klasik hem de bitkisel yağlar ile yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşılmıştır.

Ayrıca kullanılmış (atık) yağlarla da deneyler yapılmış ve kullanılmış yağların performanslarının kullanılmamış yağların performansları ile eşdeğer olduğu bulunmuştur. Başka bir ifadeyle atık yağların kömür flotasyonunda toplayıcı olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Flotasyon, taşkömürü, linyit, gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı, soyayağı, dodesilamin, yanabilir verim, kül atımı, verim indeksi.

SUMMARY

PhD Thesis

COMPARISON OF CLASSICAL AND VEGETABLE OILS FOR
CONCENTRATION OF DIFFERENT COALS BY FLOTATION

Selma ŞİMŞEK

Cumhuriyet University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

In this study, the use of vegetable oils as an alternative to classical oils for flotation on various coals (Zonguldak Hardcoal, Eski Çeltek and Soma Lignites) has been investigated. Kerosene and fuel oil were used as classical oils and cotton oil, sesame oil, olive oil and soybean oil were used as vegetable oils. The effects of collector concentration, pH, flotation time, pulp density, impeller speed, frother concentration and depressant (sodium silicate) concentration on combustible recovery, ash reduction and efficiency index were studied and optimum conditions were determined. In addition, dodecylamine was also used in the flotation of Soma Lignite coal which has low floatability for reducing oil consumption by increasing hydrophobicity.

The rougher concentrates obtained at optimum conditions were cleaned (one or two stage) since low ash concentrates couldn't be obtained by single stage flotation for 3 types of coal. The lowest ash products obtained by cleaning flotation were 7.08 % with 77.43 % combustible recovery for 14.08 % ash containing Zonguldak Hardcoal; 21.40 % with 70.73 % combustible recovery for

47.75 % ash containing Eski Çeltek coal and 9.78 % with 35.01 % combustible recovery for Soma Lignite containing 13.80 % ash.

It was determined that fuel oil, kerosene and vegetable oils had similar performances on hardcoal flotation whereas fueloil, kerosene and vegetable oils except cotton oil performed similar success on Eski Çeltek Lignite. The experiments carried out with Soma Lignite indicated that fuel oil and cotton oil provided high performances when no dodecylamine was used. High combustible recovery values couldn't be obtained by using vegetable oils except cotton oil. High combustible recovery values were reached by both classical and vegetable oils when dodecylamine was used.

In addition, the experiments were also carried out with waste vegetable oils and the performances of them were found approximately similar to those of original (non used) vegetable oils. In other words, it was found out that waste oils could be used as collector in coal flotation.

KEYWORDS: Flotation, hardcoal, lignite, kerosene, fuel oil, cotton oil, sesame oil, olive oil, soybean oil, dodecylamine, combustible recovery, ash reduction, efficiency index.

TEŞEKKÜR

En güzel mekanın laboratuvar, en güzel eğlencenin deney yapmak olduğunu bana öğreten, tez çalışmamın her aşamasında büyük ilgi ve desteğini gördüğüm; eleştirileri ile beni yönlendiren Danışmanım Sayın Prof. Dr. Yakup CEBECİ'ye;

Doktora Tez İzleme Komitemde bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ünal AKDEMİR ve Kimya Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Hasan Hüseyin DURMAZUÇAR'a;

Çalışmalarım sırasında gösterdiği ilgi ve yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Mehmet CANBAZOĞLU'na;

Numunelerimin analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Uzman İbrahim KULAKSIZA'a;

Her türlü desteklerini gördüğüm Maden Mühendisliği Bölüm personeline;

Zeta Potansiyeli Ölçüm deneylerinde büyük yardımlarını gördüğüm Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Yrd. Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ'e;

Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji-Petrografi ve Jeokimya Araştırma Laboratuvarı (MİPJAL) da örneklerimin XRD analizinin yapılmasında yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN'a;

Örneklerin mikroskopik incelemelerinin yapılmasında emeği geçen Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maden Yatakları Öğretim Üyesi Sayın Yrd. Dr. Ahmet EFE'ye;

Deneysel çalışmalarım sırasında ve sonraki aşamalarda her türlü yardımını gördüğüm Arş. Gör. Güray SÖNMEZ'e;

Çalıştığım laboratuvarıda her türlü destekte bulunarak her zaman yanımda olan en yakın arkadaşım Miyase KARABULUT'a;

Bana her türlü maddi ve manevi yardımı yapan ve tüm hayatım boyunca her daim yanımda olan aileme TEŞEKKÜR EDERİM.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Flotasyon devresi içeren bir kömür hazırlama tesisine ait akım şeması.....	6
Şekil 2. Kömürün kömürleşme derecesinin farklı yöntemlerle ölçülen temas açısı ve oksijen içeriğine bağlı olarak değişimi.....	8
Şekil 3. Tipik bir trigliserit molekülü.....	12
Şekil 4. Örnek hazırlama akım şeması.....	22
Şekil 5. Deneyleerde kullanılan kömürlerin kümülatif elek altı eğrileri.....	23
Şekil 6. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	31
Şekil 7. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	32
Şekil 8. Taşkömürünün flotosyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde ph'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	34
Şekil 9. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pha bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	35
Şekil 10. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı içim köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	37
Şekil 11. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	37
Şekil 12. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	39
Şekil 13. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	40
Şekil 14. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	41

Şekil 15. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	42
Şekil 16. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	44
Şekil 17. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	45
Şekil 18. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	46
Şekil 19. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	47
Şekil 20. Taşkömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması.....	49
Şekil 21. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	50
Şekil 22. Taşkömürünün flotasyonunuda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	50
Şekil 23. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim üzerindeki etkisi.....	52
Şekil 24. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim üzerindeki etkisi.....	53
Şekil 25. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim üzerindeki etkisi.....	54
Şekil 26. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim üzerindeki etkisi.....	55

Şekil 27. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	57
Şekil 28. Taşkömürü flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	58
Şekil 29. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	59
Şekil 30. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	60
Şekil 31. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	63
Şekil 32. Taşkömürü flotasyonunda susamyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	63
Şekil 33. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	64
Şekil 34. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	64
Şekil 35. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	65
Şekil 36. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	66
Şekil 37. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	67

Şekil 38. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	68
Şekil 39. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	70
Şekil 40. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	71
Şekil 41. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	72
Şekil 42. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	73
Şekil 43. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	74
Şekil 44. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	75
Şekil 45. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	76
Şekil 46. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	77
Şekil 47. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	78
Şekil 48. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	79

Şekil 49. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	80
Şekil 50. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	81
Şekil 51. Taşkömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması.....	83
Şekil 52. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	84
Şekil 53. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	84
Şekil 54. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	85
Şekil 55. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	85
Şekil 56. Kullanılmış yağların taşkömürünün flotasyonuna etkisi.....	87
Şekil 57. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	89
Şekil 58. Eski Çeltek kömürünün flotasyonunda fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	90
Şekil 59. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	92
Şekil 60. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	93

Şekil 61. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	95
Şekil 62. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	95
Şekil 63. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi	97
Şekil 64. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	98
Şekil 65. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	99
Şekil 66. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	100
Şekil 67. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	102
Şekil 68. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	103
Şekil 69. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	104
Şekil 70. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	105
Şekil 71. Eski Çeltek Linyit kömürüne uygulanan I aşamalı flotasyon akım şeması.....	106
Şekil 72. Eski Çeltek Linyit kömürünün I aşamalı flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerden yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	107

Şekil 73. Eski Çeltek Linyit kömürünün I aşamalı flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerden yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	108
Şekil 74. Eski Çeltek Linyit kömürüne uygulanan II aşamalı flotasyon akım şeması.....	110
Şekil 75. Eski Çeltek Linyit flotasyonunuda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	111
Şekil 76. Eski Çeltek Linyit flotasyonunuda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	111
Şekil 77. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunuda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	113
Şekil 78. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunuda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	114
Şekil 79. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunuda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	115
Şekil 80. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunuda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	116
Şekil 81. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	118
Şekil 82. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	119
Şekil 83. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	120

Şekil 84. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	121
Şekil 85. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	124
Şekil 86. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	124
Şekil 87. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	125
Şekil 88. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	125
Şekil 89. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	127
Şekil 90. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	128
Şekil 91. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	129
Şekil 92. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	130
Şekil 93. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	131
Şekil 94. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	132

- Şekil 95. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....133
- Şekil 96. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....134
- Şekil 97. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....136
- Şekil 98. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....137
- Şekil 99. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....138
- Şekil 100. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....139
- Şekil 101. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....140
- Şekil 102. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....141
- Şekil 103. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....142
- Şekil 104. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....143
- Şekil 105. Eski Çeltek Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması.....145
- Şekil 106. Eski Çeltek Linyit flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....147

Şekil 107. Eski Çeltek Linyit flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	147
Şekil 108. Eski Çeltek Linyit flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	148
Şekil 109. Eski Çeltek Linyit flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	148
Şekil 110. Kullanılmış yağların Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonuna etkisi.....	150
Şekil 111. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	152
Şekil 112. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	153
Şekil 113. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	154
Şekil 114. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	155
Şekil 115. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	157
Şekil 116. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	158
Şekil 117. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	160
Şekil 118. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	162

- Şekil 119. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....162
- Şekil 120. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....164
- Şekil 121. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....165
- Şekil 122. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....166
- Şekil 123. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....167
- Şekil 124. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....169
- Şekil 125. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....170
- Şekil 126. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme.....171
- Şekil 127. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....172
- Şekil 128. Soma Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması.....174
- Şekil 129. Soma Linyit flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....175
- Şekil 130. Soma Linyit flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....175

Şekil 131. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	177
Şekil 132. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	178
Şekil 133. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	179
Şekil 134. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	180
Şekil 135. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	181
Şekil 136. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	182
Şekil 137. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	183
Şekil 138. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi.....	184
Şekil 139. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	187
Şekil 140. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	188
Şekil 141. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	189

Şekil 142. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	190
Şekil 143. Soma linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı için köpük olma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	194
Şekil 144. Soma linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı için köpük olma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	194
Şekil 145. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı için köpük olma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	195
Şekil 146. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı için köpük olma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi.....	195
Şekil 147. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	196
Şekil 148. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	197
Şekil 149. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	198
Şekil 150. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	199
Şekil 151. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	201
Şekil 152. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	202

Şekil 153. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	203
Şekil 154. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	204
Şekil 155. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	205
Şekil 156. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	206
Şekil 157. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	207
Şekil 158. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	208
Şekil 159. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	210
Şekil 160. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımına ve verim indeksi değişim.....	211
Şekil 161. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim.....	212
Şekil 162. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi	213
Şekil 163. Soma Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması.....	214
Şekil 164. Soma Linyit flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi	216

Şekil 165. Soma Linyit flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	216
Şekil 166. Soma Linyit flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	217
Şekil 167. Soma Linyit flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi.....	217
Şekil 168. Kullanılmış yağların Soma Linyit kömürünün flotasyonuna etkisi.....	219
Şekil 169. Kömür örnekleri için santrifüjlü yüzdürme- batırma deney sonuçlarına göre kül, verim ve yanabilir verimin değişimi.....	221
Şekil 170. Taşkömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi.....	222
Şekil 171. Eski Çeltek Linyit kömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi.....	223
Şekil 172. Soma Linyit kömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi.....	224
Şekil 173. Yağların 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi.....	225
Şekil 174. Yağlar ile muamele edilmiş taşkömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi.....	227
Şekil 175. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi.....	228
Şekil 176. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürü konsantresinin 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi.....	230
Şekil 177. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürü gangının 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi.....	231
Şekil 178. Yağlar ile muamele edilmiş Soma Linyit kömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi.....	232

Şekil 179. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	241
Şekil 180. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi.....	242
Şekil 181. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	243
Şekil 182. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi.....	244
Şekil 183. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	246
Şekil 184. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi.....	246
Şekil 185. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	248
Şekil 186. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	248
Şekil 187. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	249
Şekil 188. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değişimi.....	249
Şekil 189. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	251
Şekil 190. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	251
Şekil 191. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	252
Şekil 192. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değişimi.....	252
Şekil 193. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	254

Şekil 194. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	255
Şekil 195. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi.....	255
Şekil 196. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değişimi.....	256
Şekil 197. Taşkömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	258
Şekil 198. Taşkömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	259
Şekil 199. Taşkömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	259
Şekil 200. Taşkömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	260
Şekil 201. Taşkömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	260
Şekil 202. Taşkömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	261
Şekil 203. Taşkömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi	261
Şekil 204. Taşkömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	262
Şekil 205. Taşkömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	262
Şekil 206. Taşkömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	263
Şekil 207. Taşkömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	263
Şekil 208. Taşkömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	264

- Şekil 209. Eski Çeltek Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....266
- Şekil 210. Eski Çeltek Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....266
- Şekil 211. Eski Çeltek Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....267
- Şekil 212. Eski Çeltek Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....267
- Şekil 213. Eski Çeltek Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....268
- Şekil 214. Eski Çeltek Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....268
- Şekil 215. Eski Çeltek Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....270
- Şekil 216. Eski Çeltek Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....270
- Şekil 217. Eski Çeltek Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....271
- Şekil 218. Eski Çeltek Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....271
- Şekil 219. Eski Çeltek Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....272
- Şekil 220. Eski Çeltek Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....272
- Şekil 221. Soma Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....275
- Şekil 222. Soma Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....276
- Şekil 223. Soma Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....276

Şekil 224. Soma Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	277
Şekil 225. Soma Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	277
Şekil 226. Soma Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi.....	278
Şekil 227. Soma Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	278
Şekil 228. Soma Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	279
Şekil 229. Soma Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	279
Şekil 230. Soma Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	280
Şekil 231. Soma Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	280
Şekil 232. Soma Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi.....	281
Şekil 233. Taşkömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması.....	302
Şekil 234. Eski Çeltek Linyit kömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması.....	302
Şekil 235. Soma Linyit kömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması.....	303

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Kömür flotasyon reaktifleri.....	11
Tablo 2. Doymuş yağ asitlerine örnekler.....	15
Tablo 3. Doymamış yağ asitlerine örnekler.....	15
Tablo 4. Bitkisel yağların yağ asiti bileşimleri.....	16
Tablo 5. Kömür örneklerinin XRD ve mikroskopik incelemeleri.....	19
Tablo 6. Kömür örneklerinin kısa analiz sonuçları.....	20
Tablo 7. Deneylerde kullanılan kömürlerin elek analizi sonuçları.....	23
Tablo 8. Taşkömürü numunesinin tane boyutuna göre kül dağılımı.....	24
Tablo 9. Bitkisel ve klasik yağların özellikleri.....	26
Tablo 10. Gazyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	31
Tablo 11. Fueloil miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	32
Tablo 12. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	34
Tablo 13. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	35
Tablo 14. Gazyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	36
Tablo 15. Fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	36
Tablo 16. Gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	39
Tablo 17. Fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	40
Tablo 18. Gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	41

Tablo 19. Fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	42
Tablo 20. Gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	44
Tablo 21. Fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	45
Tablo 22. Gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	46
Tablo 23. Fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	47
Tablo 24. Aşamalı flotasyonun taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	48
Tablo 25. Pamukyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	52
Tablo 26. Susamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	53
Tablo 27. Zeytinyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	54
Tablo 28. Soyayağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	55
Tablo 29. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	57
Tablo 30. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	58
Tablo 31. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	59
Tablo 32. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	60
Tablo 33. Pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	62
Tablo 34. Susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	63
Tablo 35. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	64

Tablo 36. Soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	65
Tablo 37. Pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	65
Tablo 38. Susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	66
Tablo 39. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	67
Tablo 40. Soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	68
Tablo 41. Pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	70
Tablo 42. Susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	71
Tablo 43. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	72
Tablo 44. Soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	73
Tablo 45. Pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	74
Tablo 46. Susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	75
Tablo 47. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	76
Tablo 48. Soyayağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	77
Tablo 49. Pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	78
Tablo 50. Susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	79

Tablo 51. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	80
Tablo 52. Soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	81
Tablo 53. Aşamalı flotasyonun taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	82
Tablo 54. Kullanılmış yağların taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	86
Tablo 55. Gazyağı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	89
Tablo 56. Fueloil miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	90
Tablo 57. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	92
Tablo 58. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	93
Tablo 59. Gazyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	95
Tablo 60. Fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	96
Tablo 61. Gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	97
Tablo 62. Fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi.....	98
Tablo 63. Gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	99
Tablo 64. Fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	100
Tablo 65. Gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	102
Tablo 66. Fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	103
Tablo 67. Gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	104

Tablo 68. Fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	105
Tablo 69. Gazyağı ile yapılan deneylerde I aşamalı flotasyonun Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	107
Tablo 70. Fueloil ile yapılan deneylerde II aşamalı flotasyonun Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	108
Tablo 71. Aşamalı flotasyonun Eski Çeltek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi.....	109
Tablo 72. Pamukyağı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi....	113
Tablo 73. Susamyağı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi....	114
Tablo 74. Zeytinyağı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi....	115
Tablo 75. Soyayağı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi	116
Tablo 76. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	118
Tablo 77. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	119
Tablo 78. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	120
Tablo 79. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	121
Tablo 80. Pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	122
Tablo 81. Susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	122
Tablo 82. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	123
Tablo 83. Soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	123
Tablo 84. Pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	127

Tablo 85. Susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	128
Tablo 86. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	129
Tablo 87. Soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	130
Tablo 88. Pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	131
Tablo 89. Susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	132
Tablo 90. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	133
Tablo 91. Soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	134
Tablo 92. Pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	136
Tablo 93. Susamyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	137
Tablo 94. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	138
Tablo 95. Soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	139
Tablo 96. Pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	140
Tablo 97. Susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	141
Tablo 98. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	142
Tablo 99. Soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi.....	143

Tablo 100. Aşamalı flotasyonunun Eski Çeltek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi.....	146
Tablo 101. Kullanılmış yağların Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi....	149
Tablo 102. Gazyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	152
Tablo 103. Fueloil miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	153
Tablo 104. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	154
Tablo 105. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	155
Tablo 106. Dodesilamin miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	157
Tablo 107. Dodesilamin–gazyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	158
Tablo 108. Dodesilamin–fueloil miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	160
Tablo 109. Dodesilamin–gazyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	161
Tablo 110. Dodesilamin– fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	161
Tablo 111. Dodesilamin– gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	164
Tablo 112. Dodesilamin– fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	165
Tablo 113. Dodesilamin– gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	166
Tablo 114. Dodesilamin– fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	167
Tablo 115. Dodesilamin– gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	169
Tablo 116. Dodesilamin– fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	170

Tablo 117. Dodesilamin– gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	171
Tablo 118. Dodesilamin– fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	172
Tablo 119. Aşamalı flotasyonun Soma Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi.....	173
Tablo 120. Pamukyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	177
Tablo 121. Susamyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	178
Tablo 122. Zeytinyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	179
Tablo 123. Soyayağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	180
Tablo 124. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	181
Tablo 125. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	182
Tablo 126. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	183
Tablo 127. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	184
Tablo 128. Dodesilamin– pamukyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	187
Tablo 129. Dodesilamin– susamyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	188
Tablo 130. Dodesilamin– zeytinyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	189
Tablo 131. Dodesilamin– soyayağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	190
Tablo 132. Dodesilamin– pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	192
Tablo 133. Dodesilamin– susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	192

Tablo 134. Dodesilamin– zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	193
Tablo 135. Dodesilamin– soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	193
Tablo 136. Dodesilamin– pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	196
Tablo 137. Dodesilamin– susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	197
Tablo 138. Dodesilamin– zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	198
Tablo 139. Dodesilamin– soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	199
Tablo 140. Dodesilamin– pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	201
Tablo 141. Dodesilamin– susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	202
Tablo 142. Dodesilamin– zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	203
Tablo 143. Dodesilamin – soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	204
Tablo 144. Dodesilamin – pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	205
Tablo 145. Dodesilamin – susamyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	206
Tablo 146. Dodesilamin – zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	207
Tablo 147. Dodesilamin – soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	208
Tablo 148. Dodesilamin – pamukyağı ile yapılan deneylerde Na ₂ SiO ₃ miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	210

Tablo 149. Dodesilamin – susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	211
Tablo 150. Dodesilamin – zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	212
Tablo 151. Dodesilamin – soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	213
Tablo 152. Aşamalı flotasyonun Soma Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi.....	215
Tablo 153. Kullanılmış yağların Soma Linyit flotasyonuna etkisi.....	218
Tablo 154. Kömür örnekleri için santrifüjlü yüzdürme- batırma deney sonuçları.....	221
Tablo 155. Taşkömürü ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri...234	
Tablo 156. Eski Çeltek Linyit ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri.....	234
Tablo 157. Eski Çeltek konsantresinden elde edilen temas açısı değerleri.....	235
Tablo 158. Yağlarla muamele edilmiş taşkömürü örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri.....	236
Tablo 159. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri.....	237
Tablo 160. Soma Linyit kömürü ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri.....	238
Tablo 161. Yağlarla muamele edilmiş Soma Linyit kömür örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri.....	239
Tablo 162. Taşkömürü flotasyonunun kinetik analiz sonuçları.....	285
Tablo 163. Eski Çeltek Linyit flotasyonunun kinetik analiz sonuçları.....	285
Tablo 164. Soma Linyit flotasyonunun kinetik analiz sonuçları	285

EKLER LİSTESİ

	Sayfa No
Ek 1. Şekil 1. Taşkömürü besleme malı XRD grafiği	321
Ek 1. Şekil 2. Eski Çeltek Linyit Kömürü besleme malı XRD grafiği.....	321
Ek 1. Şekil 3. Soma Linyit Kömürü besleme malı XRD grafiği.....	322
Ek 2. Fotoğraf 1. Parlatma blok resimleri.....	323
Ek 3. Deneylerde kullanılan yağlarla üretilen en temiz konsantrelerin, kül, kükürt ve ısıl değerleri	324
Ek 4. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Gazyağı; C: Taşkömürü + Gazyağı).....	325
Ek 5. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Fueloil; C: Taşkömürü + Fueloil).....	326
Ek 6. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Pamukyağı; C: Taşkömürü +Pamukyağı).....	327
Ek 7. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Susamyağı; C: Taşkömürü + Susamyağı).....	328
Ek 8. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Zeytinyağı; C: Taşkömürü + Zeytinyağı).....	329
Ek 9. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Soyayağı; C: Taşkömürü + Soyayağı).....	330
Ek 10. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Gazyağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Gazyağı).....	331
Ek 11. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Fueloil, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Fueloil).....	332
Ek 12. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Pamukyağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Pamukyağı).....	333

Ek 13. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Susamyağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Susamyağı).....	334
Ek 14. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Zeytinyağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Zeytinyağı).....	335
Ek 15. Eski Çeltek Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltek Linyit Kömürü, B: Soyayağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Soyayağı).....	336
Ek 16. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Gazyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Gazyağı).....	337
Ek 17. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Fueloil, C: Soma Linyit Kömürü + Fueloil).....	338
Ek 18. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Pamukyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Pamukyağı).....	339
Ek 19. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Susamyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Susamyağı).....	340
Ek 20. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Zeytinyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Zeytinyağı).....	341
Ek 21. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Soyayağı, C: Soma Linyit Kömürü + Soyayağı).....	342

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde sürdürülebilir bir kalkınma enerji kaynaklarının varlığına bağlıdır. Enerji kaynakları içerisinde ise, rezervi ve yaygınlığı en fazla olanı kömürdür. Kömür bu önemini gelecekte de koruyacaktır.

Kömür madenciliğinde mekanizasyonun yaygın bir şekilde uygulanması, nakliye ve zenginleştirme sırasında iri kömürlerin ufalanması nedeniyle ince kömür miktarı sürekli olarak artmaktadır. Kömürün tane iriliği azaldığında ise serbestleşme derecesi artmakta, bu durum ise daha kaliteli temiz kömürlerin yüksek verimle üretilebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca bazı alanlarda ince kömür kullanılması bu kömüre olan talebi arttırmış ve bunun sonucunda da ince kömürün zenginleştirilmesi önem kazanmıştır. İnce kömürlerin zenginleştirilmesi; tesis ve ülke ekonomisine katkıları yanında daha temiz bir çevre oluşmasına da imkan sağlayacaktır.

Kömürün tane iriliği azaldıkça; zenginleştirme işlemlerindeki davranışı da değişmekte ve buna bağlı olarak uygulanan zenginleştirme yöntemleri de farklılıklar göstermektedir. Bilindiği gibi klasik yoğunluğa dayalı zenginleştirme cihazları ince tanelerde etkinliğini yitirmekte ve bunun sonucu olarak yüzey özelliklerine dayalı yöntemler önem kazanmaktadır. Bu yöntemlerden uygulamada en yaygın olarak kullanılanı ise flotasyondur.

Petrol kökenli ürünlerin fiyatının uluslararası piyasalarda belirlenmesi, yenilenemez oluşu ve biyolojik olarak ayrışmaya dirençli olması gibi nedenlerden dolayı hem dünyada hem de ülkemizde petrol kökenli kaynakların yerine, alternatif maddelerin kullanılması önem kazanmıştır. Bu alanlardan birisi de kömür flotasyonu olmuştur. Bu amaçla kömür flotasyonunda kullanılan gazyağı ve fueloile alternatif olacak toplayıcıları belirlemek için, değişik bitkisel kökenli yağlar (pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı) kullanılmıştır. Bu yağların seçilmesindeki hedef yenilenebilir kaynaklardan üretilir olması, ülkemizde bol bulunması ve biyokimyasal olarak kolay ayrışabilir olmalarıdır. Ayrıca bitkisel yağların besin dışı amaçlar için kullanılmaları Avrupa Birliği'nin istemleri yönündedir.

Bu alışmada, Zonguldak Kozlu bölgesinden alınan taşkömürü, Soma ve Eski eltektek yöresinden alınan linyit kömürleri kullanılmıştır. Hem gazyağı ve fueloil hem de bitkisel yağlar kullanılarak flotasyon deneyleri yapılmış ve optimum koşullar belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kömür Hakkında Genel Bilgiler

Kömür, kömürleşme derecesi ile kimyasal kompozisyonu değişen organik sedimanter bir kayadır. Karbon içeriğine bağlı olarak turbadan antrasite kadar geniş bir yelpazede değişim göstermektedir (Laskowski, 2001). Kömür yüksek derecede çapraz bağlı bir polimerdir. Ayrıca heterojen bir yapıdadır. En basit ifadeyle kömür organik madde (maseral) ve inorganik maddelerin (mineral) bir karışımıdır. Organik maddeler, kömürleşme derecesi olarak tanımlanan biyokimyasal ve metamorfik değişimlere uğramış bitkilerin birikmesi yoluyla meydana gelmektedir. Kömürün kömürleşme derecesine (rank) bağlı olarak, organik kısmın kompozisyonu ve kömür özellikleri değişmektedir. Kömürdeki maseraller üç gruba ayrılır. Bunlar vitrinit, eksinit ve inertinittir. Bu maserallerin elementer kompozisyonu, nem içeriği, sertliği, yoğunluğu ve petrografik özellikleri farklı olup bu özellikler kömürleşme derecesine bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı bu maserallerin yüzey ve flotasyon özellikleri de önemli bir biçimde farklılık göstermektedir (Aplan 1976; Osborne, 1988; Kural, 1991; Horsfall, 1992; Laskowski, 2001, Ateşok, 2004).

Kömürle birlikte bulunan en yaygın mineral maddeler; kil mineralleri, karbonatlar (dolomit, siderit, kalsit gibi), oksitler (kuvars gibi) ve sülfürlerdir (pirit gibi) (Ateşok, 2004; Laskowski, 2006). Kömürün zenginleşme kalitesini gösteren en yaygın kriter ilgili ürünün kül içeriğidir. Zenginleştirme esnasında düşük küllü partiküller ile yüksek kül içeren partiküller birbirinden ayrılır. Kömürdeki mineral maddeler, kömür bünyesinde bulunan mineral madde ve harici mineral maddeler olmak üzere ikiye ayrılır. Başka bir ifadeyle fiziksel zenginleştirme yöntemleri ile ayrılanlar ve ayrılamayanlar şeklinde de söylenebilir. Ayrıca kükürt de kömürün kullanımını etkileyen en önemli bileşenlerden biridir (Laskowksi, 2001; Laskowski, 2006).

Kömürler yaygın biçimde yakıt olarak, kok üretimi amacı ile veya farklı ürünler elde etmek için kaynak materyal olarak kullanılmaktadır. Günümüzde

kömürden faydalanma yoğun olarak elektrik üretimi ve kok yapımı ile ilgilidir. Enerji üretmek amacı ile kullanılan kömürlerin zenginleştirilmesinin esas amaçları kömürün ısıl değerini arttırmak ve kömürün çevreye olan etkisini azaltmaktır. Kok üretmek amacıyla, kullanılacak kömürleri zenginleştirmenin amacı ise belli oranlarda maseral karışımları içeren kömür üretmektir (Laskowski, 2001; Laskowski, 2006).

2.2. Kömür Flotasyonu

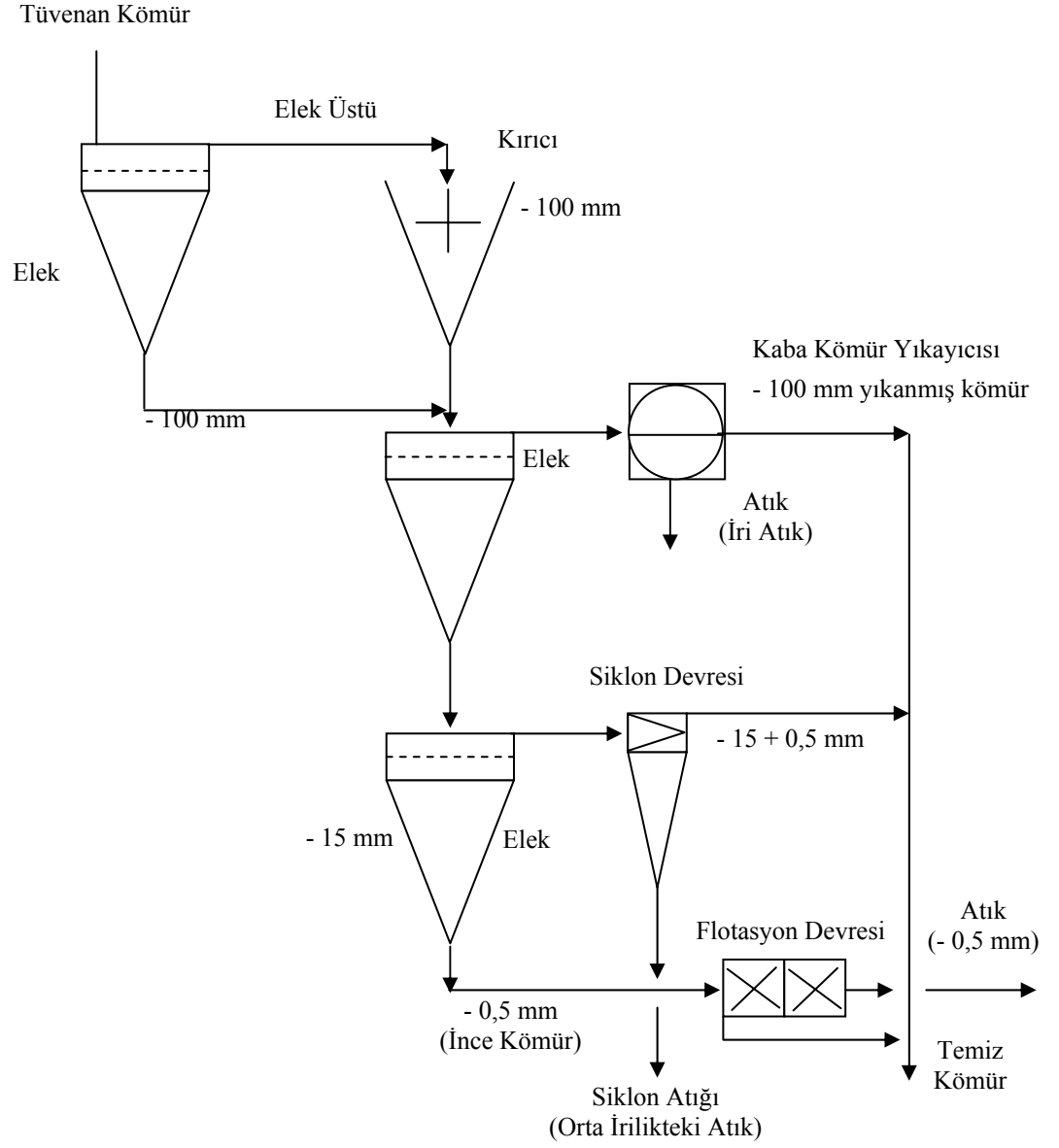
Kömür flotasyonu karakteristik olarak tüvenan kömürde, doğal olarak var olan ince malzemeyi ($< 0,5\text{mm}$) zenginleştirmek amacıyla endüstride uzun bir süreden beri kullanılmaktadır (Jia ve diğ., 2000). Örneğin; Amerika'da tüvenan kömürün yaklaşık % 10'u flotasyon ile zenginleştirilirken, dünyada bu oran %0-40 arasında değişmektedir (Aplan ve Arnold, 1991). Bilindiği gibi kömürler beraber bulunduğu mineral maddelere göre daha fazla su sevmez (hidrofob) karaktere sahiptir. Başka bir ifadeyle kömür flotasyonu, kömürdeki karbonlu materyalin doğal hidrofobitesinden yararlanılarak yapılır. Köpük flotasyonu ile zenginleştirmede pülpdeki ince kömür partikülleri, birlikte olduğu mineral maddelerden seçimli olarak ayrılarak su yüzeyine çıkar ve buradan da sıyrılarak kazanılır. Mineral maddeler ise pülp içinde kalmaktadır. Farklı kömürlerin flotasyon davranışı; rankına, oksidasyon durumuna, içerdiği mineral maddelerin miktar ve tipine göre değişmektedir (Brown, 1962; Aplan, 1976; Aplan ve Arnold, 1991; Aplan, 1993; Vamvuka ve Agridiotis, 2001).

Linyitler genellikle flotasyon ile zenginleştirilmesi zor olan kömürler olarak nitelendirilmektedir. Bunların yüzebilirliğinin düşük olması bu kömürlerin yüksek oksijen içeriğine ve yüzeylerindeki hidrofilik fonksiyonel grupların (-COOH, -OH) fazlalığına dayandırılmaktadır (Arnold ve Aplan, 1989; Laskowski, 2001). Bununla birlikte linyitlerin su sevmeme özelliği (hidrofobitesi) ya flotasyondan önce kömür yüzeyindeki oksijen içeren fonksiyonel grupların sayısını azaltma ya da uygun kimyasal reaktiflerin kullanımı ile arttırılabilmektedir. Hem iyonik hem de noniyonik reaktifler bu

kömürlerin yüzey karakterlerini değiştirebilir (Wojcik ve diğ., 1990; Vamvuka ve Agridiotis, 2001).

Kömür partiküllerinin hidrofobitesini arttırmak için dizel oil, gazyağı ve fueloil gibi yağlar kollektör olarak endüstriyel ölçekte kullanılmaktadır. Yüksek ranklı kömürler için, flotasyonda reaktif tüketimi, kömürün doğal yüzebilirliği nedeniyle çok düşüktür. Bununla birlikte büyük miktarda oksijen içeren düşük ranklı kömürler için ise, yukarıda bahsedilen kollektörler yeterince kömür yüzeyinde yayılmayacak, bu da düşük flotasyon verimine yol açacaktır. Hatta düşük ranklı kömürleri orta derecede bir verimle yüzdürmek için de büyük reaktif dozajlarına ihtiyaç duyulur (Brown, 1962; Aplan, 1976; Laskowski, 2001; Cebeci, 2002)

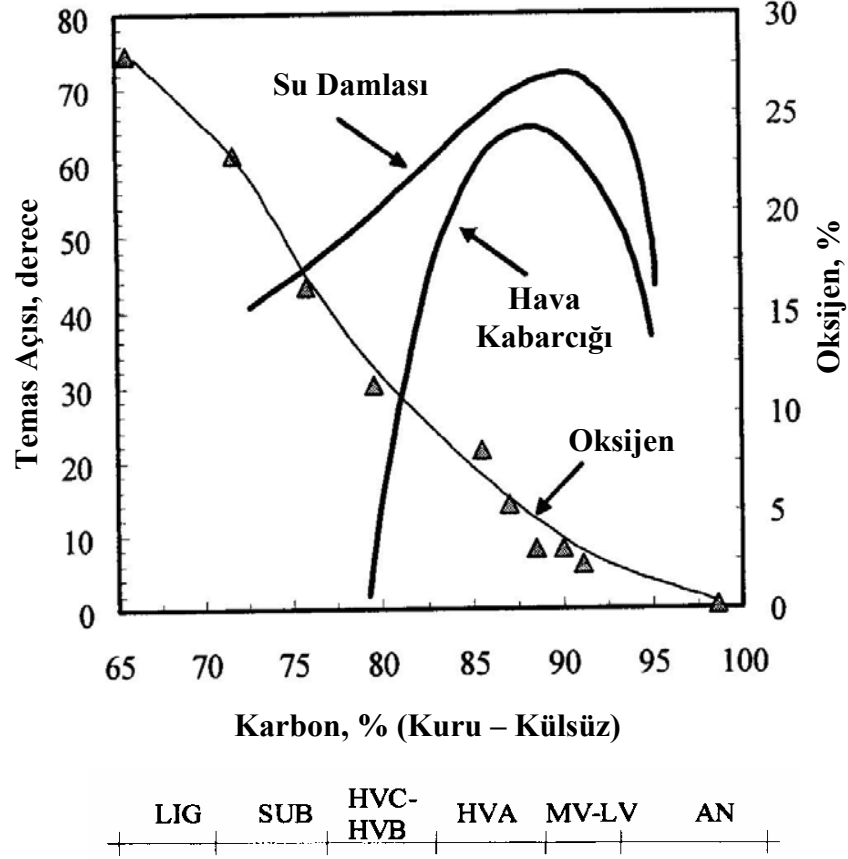
Sonuç olarak köpük flotasyonu üretilen tüvenan kömürün ince kısmını zenginleştirerek kömürdeki değerli bileşeni kazanmak ve değersiz kül oluşturuca minerallerden ayırmak amacıyla kullanılır. Yaygın olarak da 0.5mm'den ince kısma uygulanır. Ayrıca ince kömür kazanımına ilave olarak, kömürün pirit içeriğini ve herhangi bir kömür ürünündeki kül oluşturan mineral maddeleri azaltma amacıyla da kullanılabilir. Bunlara ilave olarak kömür flotasyonu; kömür yıkama ünitelerini terk eden yıkama suyundan ince kömürleri kazanmada ve kömür hazırlama tesislerinden dışarıya atılan, atık sulardaki ince kömür partiküllerini kazanmak amacıyla da uygulanmaktadır Bu durumda flotasyon, çevre kirliliğini önlemeye katkı yapmaktadır. Son yıllarda ise, kömür-su süspansiyonları (slurry) halinde bir yakıt hazırlamak amacıyla da flotasyon yönteminden yararlanılmaktadır (Jia ve diğ., 2000 , Laskowski, 2006). Şekil 1'de flotasyonla zenginleştirme devresini de içeren, bir kömür zenginleştirme tesisine ait akım şeması verilmektedir.



Şekil 1. Flotasyon devresi içeren bir kömür hazırlama tesisine ait akım şeması (Horsfall, 1992).

2.2.1. Kömürün hidrofobluğunun (su sevmezliğinin) kömürleşme derecesi ile değişimi

Bilindiği gibi temas açısı ölçümleri kömürün hidrofobluğunu ölçmek için kullanılan en yaygın metotlardan birisidir (Aplan, 1993; Laskowski, 2001). Kömürleşme derecesine bağlı olarak kömürün yüzebilirliğinin (hidrofobluğunun) temas açısı ile değişimi ve kömürün kömürleşme derecesi ile toplam oksijen içeriği arasındaki ilişki Şekil 2’de verilmiştir (Laskowski, 2006) . Şekildeki temas açısı değerleri denge temas açısı değerleridir. Şekil 2’nin incelenmesinden görüldüğü gibi yüksek temas açısı değerleri bitümlü kömürlerde elde edilmektedir. Şekildeki karbon değerleri kuru- külsüz bazdaki karbon değerleri olup, temas açısı değerleri ise su damlacığı ve hava kabarcığı ile ölçülen açılardır. Yine şeklin incelenmesinden görüldüğü gibi oksijen içeriği, kömürün karbon içeriği arttıkça azalmaktadır. Genel olarak oksijen içeriğindeki düşüş kömürün hidrofobluğunu arttırmaktadır.



Şekil 2. Kömürün kömürleşme derecesinin farklı yöntemlerle ölçülen temas açısı ve oksijen içeriğine bağlı olarak değişimi (Blom ve diğ., 1957; Gutierrez-Roriques ve diğ., 1984; Laskowski, 2006)(LIG: Linyit, SUB: Yarı Bitümlü Taşkömürü, HVC-HVB: Yüksek Uçuculu Bitümlü Kömür C Tipi – Yüksek Uçuculu Bitümlü Kömür B Tipi, HVA: Yüksek Uçuculu Bitümlü Kömür A Tipi, MV-LV: Orta ve Düşük Uçuculu Bitümlü Kömür, AN: Antrasit)

2.2.2. Kömür flotasyonunda kullanılan reaktifler

Bilindiği gibi flotasyon işleminde bir kömürün davranışı, kömürün sadece doğal yüzebilirliği ile değil, aynı zamanda flotasyon reaktiflerinin kullanımından kaynaklanan yüzebilirlik artışıyla da kontrol edilir.

Toplayıcılar; kömürün yüzebilirliğini artırmak amacıyla kullanılır. Partikül ve hava kabarcığı temasını iyileştiren bu reaktiflerin, mümkün olduğunca kömür yüzeyine seçimli olarak adsorbe olma özelliği taşımaları gerekir. Kömür flotasyonunda toplayıcı olarak, yaygın şekilde suda çözünmez olan hidrokarbon kökenli yağlar kullanılmaktadır. Yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürler için sadece köpürtücü kullanmak yeterli olurken, orta ve düşük derece kömürleşmiş kömürler için 500-1500 g/ton kollektör kullanmak yeterli olmaktadır. Linyitlerin flotasyonunda ise çok fazla kollektör kullanılmasına rağmen linyitler başarı ile zenginleştirilememektedir (Aplan, 1976; Aplan ve Arnold, 1991; Cebeci, 2002).

Köpürtücüler; genellikle hidroksil (OH), karboksil (COOH), eter halkaları (-O-) ve karbonil grubu (CO) içeren bileşiklerdir (Horsfall, 1992). Bu reaktifler, flotasyon pülüne kabarcıkların daha uzun süre kararlı kalması amacıyla ilave edilmektedir. Köpürtücüler, suyun yüzey gerilimini azaltırlar ve hem tanecik-kabarcık temas olasılığını artırarak, flotasyon hızını hem de kabarcık-tane tutunmasından sonraki bağlanma (adhezyon) verimini arttırlar. Köpürtücüler aynı zamanda, yağ-su ara yüzeyine adsorbe olarak, yağ-su ara yüzeyi gerilimini düşürürler ve bunun sonucunda yağın emülsiyon yeteneğini arttırlar. Köpürtücülerin başka bir fonksiyonu ise kömür-su ara yüzeyinde adsorbe olarak, kömür yüzeyine yağ damlacıklarının kenetlenmesi için yer sağlamaktır (Laskowski, 2006).

İyileştiriciler (promoters); yağın emülsiyon yeteneğini ve yağların kömür partiküllerine tutulmasını iyileştirmek için kullanılırlar. Düzenleyiciler (modifiers); pH ayarlamak, sülfürlü mineralleri bastırmak veya iyileştiriciler olarak kullanılmaktadır. Bastırıcıların görevi ise; kömürün flotasyonunu engellemektir. Kömür doğal yüzebilir olduğu için; ancak yüzeyi hidrofilik (su sever) yapılarak bastırılabilir. Bunun için de yaygın olarak nişasta, dekstrin gibi organik malzemeler kullanılmaktadır. Kömür flotasyonu için reaktiflerin genel bir sınıflandırılması Tablo 1’de verilmiştir (Laskowski, 2001).

Kömür flotasyonunu etkileyen diğer parametreler ise şöyle sıralanabilir: Beslemenin tanecik boyut dağılımı, kömürün yoğunluğu, petrografik yapısı,

yüzeyin oksidasyon derecesi, pülp yoğunluğu, suyun iyonik kompozisyonu, sıcaklık, pH, flotasyon hücre (selül) dizaynı, havalandırma, karıştırma ve pülp seviyesi. Kilin oluşturduğu şlamın miktarı da kömür flotasyonunda önemli bir rol oynar. Bilindiği gibi, kil şlamı kömürün yüzmesini büyük ölçüde engellemektedir. Ayrıca, serbestleşme derecesi de, kömürün flotasyonla seçimli olarak zenginleştirilmesini etkiler (Horsfall, 1992). Kömür geniş bir pH aralığında yüzebilmektedir. Ama en iyi yüzebilirliğinin nötr pH civarında olduğu belirtilmektedir (Brown, 1962; Özbayoğlu, 1994). Ayrıca kömür flotasyonu için en uygun pülp yoğunluğunun %12-15 civarında olduğu verilmektedir (Brown,1962; Ateşok, 2004).

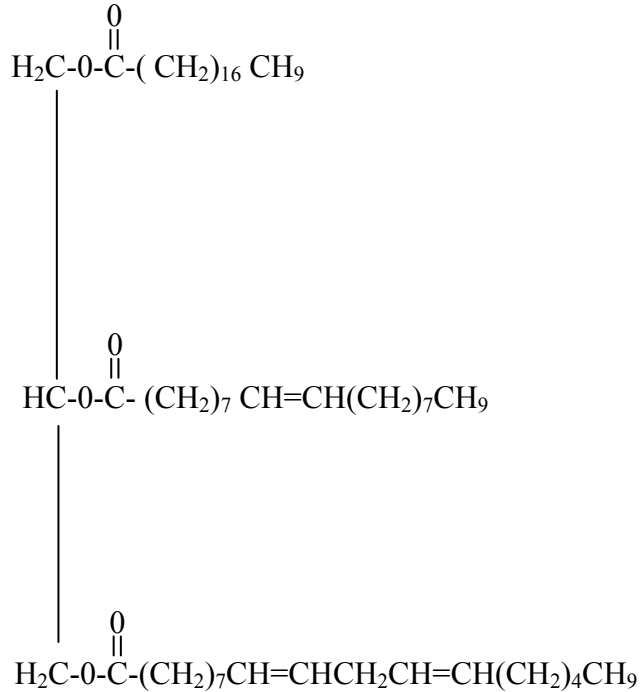
Tablo 1. Kömür flotasyon reaktifleri (Laskowski, 2001)

Tipi	Flotasyonda Kullanım Amacı	Fonksiyonel Grup	Örnekler	Etkisi
Polar olmayan (suda çözünmez)	Kollektörler	-	Gazyacağı, fueloil	Seçimli ıslatma ve yağ damlacıkların kömür taneciklerine tutunması
Yüzey aktif (suda çözünür)	Köpürtücüler	Hidroksil, azotlu	Alifatik alkoller, piridin içeren katran yağları	Toplayıcı özelliği olabilir, aynı zamanda yağ tipi kollektörlerin emülsiyonunu iyileştirir
Emülsiyon oluşturucular (yağlı kollektörde çözünür)	İyileştiriciler	Hidroksil, karboksil, azotlu	Polietoksiolat alkoller, yağ asitleri	Kollektörün emülsiyonunu ve kömür yüzeyinde kollektörün yayılmasını iyileştirir
İnorganik (suda çözünür tuzlar)	Düzenleyiciler	-	NaCl, CaCl ₂ , Na ₂ SO ₄ , CaO, H ₂ SO ₄	İyileştiriciler; pH düzenleyiciler; kükürt bastırıcılar
Kaplayıcı kolloidler	Bastırıcılar	Hidroksil, karboksil	Polimerler: nişasta, dekstrin, karboksilmetil selüloz ve diğ.	Flotasyonda düzenleyici ve kömür bastırıcı

2.3. Yağlar

2.3.1. Yağlar hakkında genel bilgiler

Yağlar; üç değerlikli bir alkol olan gliserinle, farklı zincir uzunluk ve yapısındaki yağ asitlerinden oluşan esterlerin karışımı şeklinde tanımlanabilir. Yani yağlar yağ asitlerinin gliseritleridir. Gliserit olarak adlandırılan ester moleküllerinde, alkol olarak yalnız gliserin yer alırken, yağ asitlerinin çeşit ve miktarı çok farklı olabilmektedir (Kayahan, 2002). Bu farklılık ise yağın fiziksel özelliklerini değiştirmektedir. Başka bir ifadeyle yağları birbirinden ayıran unsur yağ asitlerinin kompozisyonudur. Şekil 3’de yağların temel yapıtaşı olan tipik bir gliserit molekülü verilmektedir.



Şekil 3. Tipik bir trigliserit molekülünün yapısı (Srivastava ve Prasad, 2000)

Yağ asitleri genellikle 16-18 C atomundan oluşur. Yağ asitlerinin gliseritleri oda sıcaklığında çoğunlukla sıvı haldedir. Yağlar baskın olarak kısa zincirli yağ asitlerini veya önemli derecede doymamışlık derecesine sahip yağ asitlerini içerirler. Bunlara örnek olarak; linoleik ve linolenik verilebilir (Sawyer ve diğ., 1994). Ayrıca yağ asitleri genellikle az miktarlarda serbest yağ asiti, fosfolipitler, karoten, sülfürlü bileşikler ve iz düzeyde su içerirler (Srivastava ve Prasad, 2000).

2.3.2. Yağlardaki yağ asitlerinin türleri

Yağ asitleri yapısındaki karbon atomları arasındaki bağların tek ya da çift olmasına göre doymuş veya doymamış yağ asiti olarak adlandırılır. Bütün organik asitler yapısında – COOH grubu içerir. Bu grup karboksil grubu diye adlandırılır. Bir karboksil grubu içeren asitler monokarboksilik (monocarboxylic) asitler; birden fazla karboksil grubu içeren asitler ise polikarboksilik (polycarboxylic) asitler olarak isimlendirilirler. Bu asitler doymuş veya doymamış olabilirler (Sawyer ve diğ., 1994).

2.3.2.1. Doymuş yağ asitleri

Bu asitler kimyasal olarak $C_nH_{2n}O_2$ genel formülü ile gösterilir. İçerdikleri karbon atomları arasında tek bağ yer alır, katılma tepkimeleri vermezler ve güç okside olan bileşiklerdir (Kayahan, 2002). Bu asitler çoğunlukla düz zincirli olup 1'den 9'a kadar karbon içerenleri sıvıdır. Yağ asitlerinin fiziksel özellikleri molekül ağırlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Bitkisel ve hayvansal yağlarda en fazla bulunan doymuş yağ asitleri; palmitik ve stearik asitlerdir (Sawyer ve diğ., 1994; Akpınar ve diğ., 2001).

2.3.2.2. Doymamış yağ asitleri

Bu asitler zincir yapısında bir veya birkaç çift bağ ya da üçlü doymamış bağın yer almasıyla karakterize edilirler (Kayahan, 2003). En önemli özellikleri suda çözünmezler, uçucu değildirler ve oda sıcaklığında sıvıdırlar. Yapılarındaki çift bağ nedeniyle reaksiyon yetenekleri fazladır (Aras ve diğ., 1971). Doymamış yağ asitlerinin yoğunlukları aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitlerine göre daha yüksektir (Kayahan, 2002; Kayahan, 2003).

Doymamış yağ asitleri içerdikleri çift bağlara bağlı olarak yerel ve geometrik izomeri gösterirler. Geometrik izomeri çift bağların ucundaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konumuna göre cis ve trans olarak şekillenir. Hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise cis; farklı taraflarda ise trans izomerler ortaya çıkar. Pozisyon izomeri ise molekül içinde çift bağların yer değiştirmesidir (Kayahan, 2002; Taşan ve Dağlıoğlu, 2005).

Yağlarda bulunan asitlerin çeşitleri Tablo 2 ve 3'de verilmektedir.

Yağlarda bulunan yağ asitlerinin kimyasal bileşimleri farklı kaynaklarda farklı biçimde verilmektedir. Ancak, bu değerler çoğu kaynaklarda birbirine yakındır (Sawyer ve diğ., 1994; Özaktaş ve diğ., 1997; Srivastava ve Prasad., 2000; Kayahan, 2002; Demirbaş, 2003; Sharma ve Kundu, 2006). Tablo 4'de çalışmada kullanılan yağların farklı kaynaklardan alınan kimyasal bileşimi (yağ asitlerinin ağırlıkça yüzde miktarları) verilmektedir.

Tablo 2. Doymuş yağ asitlerine örnekler (Kayahan, 2003)

Yağ Asidinin Yaygın Adı	Sistematik Adı	Kapalı Formülü	Bulunduğu Yerler
Bütirik Asit	Tetranoik asit	$C_4H_8O_2$	%2,5-4,5 inek sütünde
Kaproik Asit	Heksanoik asit	$C_6H_{12}O_2$	%1-2 inek sütü, eser palm çekirdeği yağı
Kaprilik Asit	Oktanoik	$C_8H_{16}O_2$	%1-2 inek sütü,%6-8 koko yağı
Kaprik Asit	Dekanoik asit	$C_{10}H_{20}O_2$	Süt yağı ve palm yağı
Laurik Asit	Dodekanoik	$C_{12}H_{24}O_2$	Defne yağı, süt yağı ve palm yağı
Miristik Asit	Tetradekanoik asit	$C_{14}H_{28}O_2$	Pek çok bitkisel ve hayvansal yağda
Palmitik Asit	Heksadekanoik asit	$C_{16}H_{32}O_2$	Farklı oranlarda hemen tüm yağlarda
Stearik Asit	Oktaadekanoik asit	$C_{18}H_{36}O_2$	Çoğunlukla hayvan depo yağlarında
Araşidik Asit	Aykosanoik asit	$C_{20}H_{40}O_2$	Yaklaşık %3 yer fıstığı yağında
Behenik Asit	Dokosanoik asit	$C_{22}H_{44}O_2$	%1'den az yer fıstığı yağı ve kolza yağı
Lignoserik Asit	Tetracosanoik asit	$C_{24}H_{48}O_2$	%3'ten az yer fıstığı ve kolza yağı
Serotinik asit	Heksakosanoik asit	$C_{26}H_{52}O_2$	Bitkisel yağlarda eser miktarda

Tablo 3. Doymamış yağ asitlerine örnekler (Kayahan, 2003)

Yağ Asidinin Yaygın Adı	Sistematik Adı	Kapalı Formülü	Bulunduğu Yerler
Kaproleik Asit	9- Desenoik asit	$C_{10}H_{18}O_2$	Süt yağlarında
Palmitoleik Asit	9- Heksadesenoik asit	$C_{16}H_{30}O_2$	Balık,balina,tereyağı ve bitkisel yağlar
Oleik Asit	9- Oktadesenoik asit	$C_{18}H_{34}O_2$	Tüm bitkisel ve hayvansal yağlarda
Linoleik Asit	9,12- Oktadekadiyenoik asit	$C_{18}H_{32}O_2$	Tüm bitkisel yağlarda
Linolenik Asit	9,12,15- Oktadekatriyenoik asit	$C_{18}H_{30}O_2$	Tüm bitkisel yağlarda
Erusik Asit	13-Dokosenoik asit	$C_{22}H_{42}O_2$	Haçlıgiller tohum yağlarında
Selaholcık Asit	15-Tetrakosenoik asit	$C_{24}H_{46}O_2$	Balık yağlarında

Tablo 4. Bitkisel yağların yağ asiti bileşimleri (Srivastava ve Prasad, 2000; Sharma ve Kundu, 2006)

Bitkisel Yağlar	Yağ Asitleri (%)				
	Palmitik Asit (16:0)	Stearik Asit (18:0)	Oleik Asit (18:1)	Linoleik Asit (18:2)	Linolenik Asit (18:3)
Pamukyağı	21,6	2,6	18,6	54,4	0,7
Susamyacı	13,0	4,0	53,0	30,0	-
Zeytinyacı	13,7	2,5	71,1	10,0	0,6
Soyyacı	11	4,0	23,4	53,3	7,8

2.3.3. Türkiye’de yağ üretimi

Bilindiği gibi ülkemizde ayçiçekyağı başta olmak üzere soya, pamuk, zeytin, susam, mısır ve diğer yağlar üretilmektedir. Ülkemizin iklim koşulları ve tarım alanları bu yağların üretildiği bitkilerin daha fazla miktarlarda yetiştirilebilmesi için elverişlidir (Karaosmanoğlu, 1999; Hatırlı ve diğ., 2002).

2.3.4. Yağların kömür zenginleştirmede kullanımı

Bilindiği gibi, yağ asitlerinin sabunları mineral zenginleştirmede (özellikle fosfat cevherlerin zenginleştirilmesinde) kollektör olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Brandao ve diğ., 1994; Guimarães ve diğ., 2005). Ayrıca feldispat cevherinin zenginleştirilmesinde değişik yağlardan elde edilen sabunların kullanılabilmesi gösterilmiştir (Bayraktar ve diğ., 1997).

Bitkisel yağların ince kömür zenginleştirmedeki kullanımı yaygın olarak yağ aglomerasyonu ile ilgilidir. Garcia ve diğ. (1998) antrasit kömürünü (İspanya), ayçiçek ve soyyağı kullanarak aglomera etmiş ve kömürün %90,00 civarında yanabilir verimle kazanılabileceğini göstermişlerdir. Yine Alonso ve diğ. (1999) İspanya’daki kömür hazırlama tesis atığının, hem rafine ve ham

ayçiçekyağı, hem de rafine ve ham soyayağı kullanarak zenginleştirilebileceğini göstermişlerdir. Örneğin; rafine ayçiçekyağı ile atıklardan %39,50 küllü bir konsantreyi üretmişlerdir. Alonso ve diğ. (2000) ham soyayağı ile atık zeytinyağını kullanarak, ince kömür atık yığınındaki kömürün flotasyon yöntemiyle kazanılabileceğini göstermişlerdir. Örneğin; kullanılmış zeytinyağı ile kuru bazda %68,84 kül içeren bir atıktan %28,00 kül içeren bir konsantre elde etmeyi başarmışlardır. Yine Alonso ve diğ. (2002) kolza yağı kullanarak kömür hazırlama atıklarının zenginleştirilebileceğini göstermişlerdir.

Sis ve diğ. (2004) yağ asiti tipi iyonik kollektörleri (pamak 1, pamak 4, tall oil ve oleik asit) kullanarak kuru bazda %46,10 kül içeren bitümlü kömürden flotasyon yöntemiyle %13,00 küllü konsantre üretmeyi başarmışlardır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada kullanılan malzemeler aşağıdaki başlıklarda tanımlanmıştır.

3.1.1. Kömür örneği

Bu çalışma 3 farklı kömür örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kömür örneklerinden, taşkömürü; Türkiye Taşkömürü Kurumu (Zonguldak) Kozlu Müessese Müdürlüğü Çay Damarından; linyit kömürleri ise; Amasya Suluova Eski Çeltik Kömür İşletmesi Çeltik Havzası 27. kapalı ocak ile Soma Karanlık Dere Mevkii Park Maden Anonim Şirketi Açık İşletmesine ait kömür yığınlarından alınmıştır.

3.1.1.1 Mineralojik ve kimyasal bileşim

Üç kömür örneğinden, öncelikle mineralojik analiz için, el örnekleri alınmıştır. Mineralojik çalışmalar X ışınları difraksiyonu (XRD) (C.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. MİPJAL), cevher mikroskopisi incelemeleri (C.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Maden Yatakları –Jeokimya Anabilim Dalı Cevher Mikroskopisi Lab.) ile gerçekleştirilmiştir. Kömür örneklerinin XRD (-38 µm'ye öğütülmüş örneklerde yapılmıştır) ve mikroskopik incelemelerinden elde edilen bulgular Tablo 5'de verilmiştir (Yalçın ve Bozkaya, 2002). Tüvenan kömür örneklerinin XRD sonuçları Ek 1 Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de verilirken; cevher mikroskopisinden elde edilen parlatma blok resimleri Ek 2 Fotoğraf 1'de verilmiştir.

Kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Kömür örneklerinin XRD ve mikroskobik incelemelerinden elde edilen sonuçlar

Analiz Yöntemi		
Numune Adı	XRD ⁽¹⁾	Cevher Mikroskobisi ⁽²⁾
Taşkömürü	Kil (Kaolinit) (%59) Kuars (%21) Dolomit (%6) Kalsit (%14)	Laminalı yapılar var, çok fazla miktarda ağaç dokuları mevcut, ayrıca gang yapıcı malzemeler bulunmaktadır.
Soma Linyit	Kil (Kaolinit) (%58) Kuars (%14) Kalsit (%7) Pirit (%21)	Çok iyi yapraklanma yok, odunsu doku (ağaç doku) çok fazla, sülfürlü mineraller var ve killi birimler mevcut.
Eski Çeltek	Kil (Kaolinit) (%64) Kuars (%16) Pirit (%9) Kalsit (%2) Feldspat (%9)	Piritleşmiş bakteriler çok fazla; laminalı kil bantları var; ayrıca yapıda vitrinitler yer alıyor.

(1): Ek 1’de verilen XRD bulgularından gang minerallerinin dağılımı belirlenmiştir.

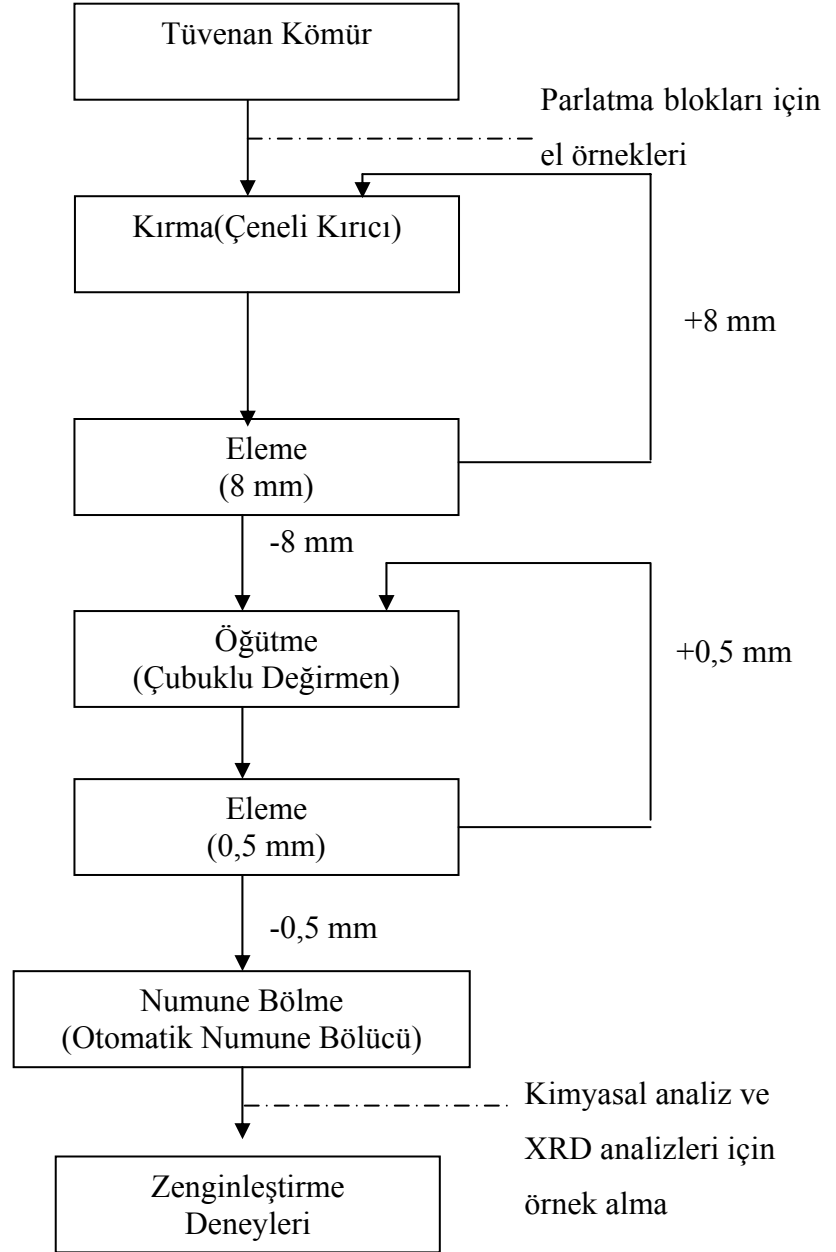
(2): Ek 2’de verilen cevher mikrokobisi mineralojik analiz sonuçları dikkate alınmıştır.

Tablo 6. Kömür örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

		Taşkömürü			Soma Linyit Kömürü			Eski Çeltek Linyit Kömürü		
Kısa Analiz	Analiz tipleri	Orijinal Kömürde	Havada Kuru Kömürde	Kuru Kömürde	Orijinal Kömürde	Havada Kuru Kömürde	Kuru Kömürde	Orijinal Kömürde	Havada Kuru Kömürde	Kuru Kömürde
		Nem(%)	0,60	0,55	-	8,98	7,56	-	5,01	4,57
	Kül(%)	14,00	14,00	14,08	12,56	12,76	13,80	45,36	45,57	47,75
	Uçucu Madde(%)	26,59	26,60	26,75	39,23	39,84	43,10	26,18	26,30	27,56
	Sabit Karbon(%)	58,82	58,85	59,17	39,23	39,84	43,10	23,45	23,56	24,69
	TOPLAM(%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Kükürtler	Yanar Kükürt(%)	0,04	0,04	0,04	0,71	0,72	0,78	1,56	1,57	1,64
	Külde Kükürt(%)	0,30	0,30	0,30	0,25	0,26	0,28	0,24	0,24	0,25
	Toplam Kükürt(%)	0,34	0,34	0,34	0,96	0,98	1,06	1,80	1,80	1,89
Koklaşma	Kok(%)	72,81	72,85	73,25	51,79	52,60	56,90	68,81	69,13	72,44
	Gaz(%)	27,20	27,15	26,75	48,82	47,40	43,10	31,31	30,87	27,56
Isıl Değer (kcal/kg)	Aşağı kalori	6696	6699	6740	4467	4546	4966	3242	3260	3444
	Yukarı Kalori	6947	6950	6988	4747	4821	5215	3415	3431	3595

3.1.1.2. Örnek hazırlama

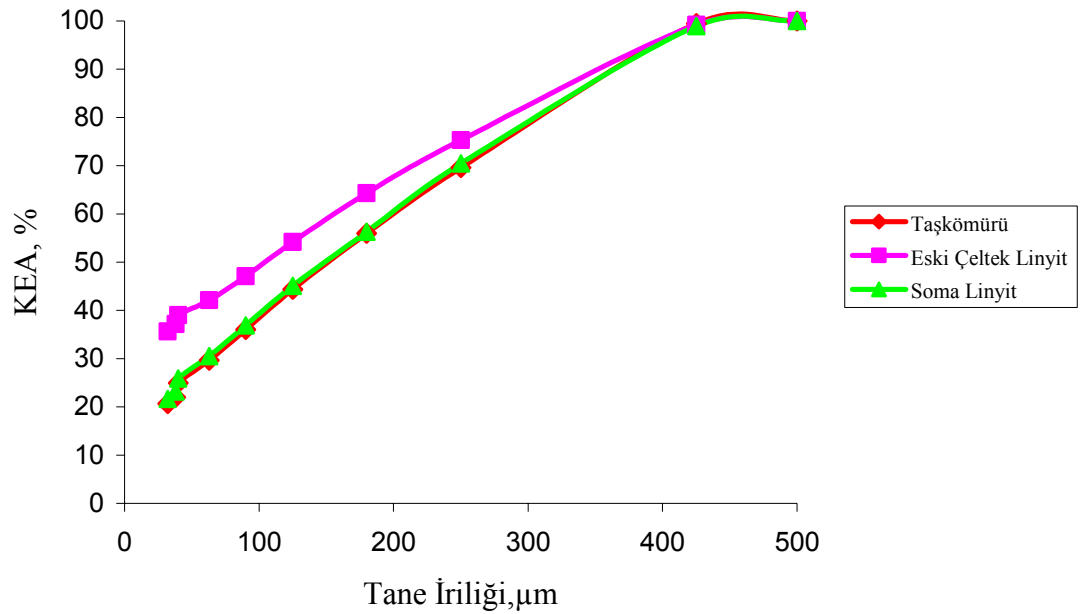
Deneysel çalışmalar için her üç kömür örneği öncelikle çeneli kırıcıyla – 8 mm'ye kırılmıştır. Kırılan bu kömür örnekleri bir örnek bölücü vasıtasıyla homojen olarak bölünmüş ve çubuklu değirmende (Farklı çaplarda 13,420 kg çubuk kullanılmıştır) kuru olarak Şekil 4'de verilen akım şemasına göre öğütülmüştür. Taşkömürü için belirlenen öğütme süresi 5 dak., Eski Çeltek Linyit kömürü için belirlenen öğütme süresi 30 dak., Soma Linyit kömürü için belirlenen öğütme süresi ise 12 dak.'dır. Zenginleştirme deneylerinde kullanılmak üzere -0,5 mm'ye öğütülmüş örnekler otomatik bölücü ile bölünerek depolanmıştır. Tablo 7'de deneylerde kullanılan örneklerin yaş olarak yapılan elek analizi sonuçları; Şekil 5'de ise kümülatif (birikimli) elek altı (KEA) eğrileri verilmiştir. Ayrıca; Tablo 8'de kümülatif elek üstü (KEÜ) ortalama kül değerleri belirtilmiştir.



Şekil 4. Örnek hazırlama akım şeması

Tablo 7 . Deneyleerde kullanılan kömürlerin elek analizi sonuçları

Tane iriliği (μm)	Taşkömürü		Eski Çeltek Linyiti		Soma Linyiti	
	Ağırlık (%)	Kümülatif Elek Altı (KEA) (%)	Ağırlık (%)	Kümülatif Elek Altı (KEA) (%)	Ağırlık (%)	Kümülatif Elek Altı (KEA) (%)
-500+425	0,56	100,00	0,80	100,00	1,08	100,00
-425+250	29,84	99,44	23,92	99,20	28,46	98,92
-250+180	13,64	69,60	10,98	75,28	14,17	70,46
-180+125	11,58	55,96	10,16	64,30	11,18	56,29
-125+90	8,38	44,38	7,04	54,14	8,20	45,11
-90+63	6,30	36,00	5,00	47,10	6,39	36,91
-63+40	4,70	29,70	3,12	42,10	4,65	30,52
-40+38	3,00	25,00	1,81	38,98	2,70	25,87
-38+32	1,33	22,00	1,52	37,17	1,51	23,17
-32	20,67	20,67	35,65	35,65	21,66	21,66
TOPLAM	100,00		100,00		100,00	



Şekil 5. Deneyleerde kullanılan kömürlerin kümülatif elek altı eğrileri

Tablo 8. Deneyleerde kullanılan kömür örneklerinin tane iriliğine göre kül dağılımları

Tane iriliği (µm)	Taşkömürü			Eski Çelték Linyit Kömürü			Soma Linyit Kömürü		
	Ağırlık (%)	Kül (%)	Ortalama Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Ortalama Kül (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Ortalama Kül (%)
-500+425	0,56	10,17	10,17	0,80	36,21	36,21	1,08	10,88	10,88
-425+250	29,84	14,09	14,02	23,92	28,76	29,00	28,46	12,20	12,15
-250+180	13,64	12,97	13,69	10,98	26,08	28,10	14,17	12,03	12,11
-180+125	11,58	10,91	11,25	10,16	24,66	27,34	11,18	11,78	12,04
-125+90	8,38	11,08	11,40	7,04	25,30	27,07	8,20	13,06	12,18
-90+63	6,30	12,81	11,52	5,00	27,98	27,15	6,39	13,37	12,29
-63+40	4,70	12,45	11,58	3,12	26,57	27,12	4,65	13,71	12,38
-40+38	3,00	13,70	11,66	1,81	26,33	27,10	2,70	13,77	12,42
-38+32	1,33	16,51	11,74	1,52	78,95	28,32	1,51	16,56	12,50
-32	20,67	23,04	14,08	35,65	82,83	47,75	21,66	18,50	13,80
TOPLAM	100,00			100,00			100,00		

3.1.2. Deneyleerde kullanılan reaktifler

Flotasyon deneyleerinde toplayıcı olarak; klasik yağlardan gazyağı, fueloil; bitkisel kökenli yağlardan ise pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı kullanılmıştır. Bu bitkisel ve klasik yağların özellikleri Tablo 9'da verilmiştir. Deneyleerde kullanılan klasik ve bitkisel yağların kinematik viskoziteleri Herzog Lauda firmasından temin edilen Cannon Fenske cam kapiler viskozimetreler kullanılarak tayin edilmiştir. Bu yağlara ait yoğunluk değerleri 25°C'de, viskozite değerleri ise fueloil hariç (50°C'de ölçülmüştür) 30°C'de belirlenmiştir. Yüzey gerilimleri ise, damla ağırlık yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Kollektör olarak kullanılan bu klasik ve bitkisel yağlar ağırlıkça %1'lik çözeltiler halinde hazırlanmıştır.

Deneyleerde kullanılan suyun pH'ı 6,80 olup, bünyesindeki florür miktarı 0,15 mg/L, klorür miktarı 0,5 mg/L, nitrat miktarı 0,57 mg/L, sülfat miktarı 3,8 mg/L, kalsiyum miktarı 1,72 mg/L ve magnezyum miktarı 0,39 mg/L'dır. Deneyleerde pH ayarlayıcı olarak ağırlıkça %10'luk hazırlanan NaOH ve H₂SO₄ kullanılmıştır.

Köpürtücü olarak %1'lik hazırlanan çamyağı; bastırıcı olarak ise %10'luk hazırlanan SIGMA marka sodyum silikat (Na₂SiO₃) kullanılmıştır. Kullanılan Na₂SiO₃, %14 NaOH çözeltisinde %27 SiO₂ içermektedir.

Ayrıca Soma Linyit kömürünün flotasyon deneyleerinde katyonik kollektörlerden dodesilamin (C₁₂H₁₂N, molekül ağırlığı 185,36 g/mol'dur) kullanılmıştır.

Yüzdürme-batırma deneyleerinde ağır-ortam sıvısını hazırlamak için ZnCl₂ (Carlo Erbo marka ZnCl₂ olup molekül ağırlığı 136,38 g/mol ve yoğunluğu 2,91 g/ml) kullanılmıştır. Zeta potansiyeli ölçüm deneyleerinde ise, 10⁻³ M'lık tuz çözeltisinin hazırlanmasında NaCl (Riedel-de Haen marka NaCl olup, molekül ağırlığı 58,44 g/mol) kullanılmıştır.

Tablo 9. Bitkisel ve klasik yağların özellikleri

Yağ Türü	Yoğunluk (g/cm ³)	Kinematik Viskozite (cSt)	Yüzey Gerilimi (dyn/cm)
Pamukyağı	0,917	45,473	17,95
Susamyağı	0,915	45,277	19,07
Zeytinyağı	0,911	42,533	23,43
Soyayağı	0,925	43,121	15,20
Gazyağı	0,788	1,450	25,95
Fueloil	0,904	62,486	28,61

3.2. Yöntem

3.2.1. Flotasyon deneylerinin yapılışı

Flotasyon deneyleri 1 L' lik flotasyon hücresinde, 1050 dev/dak. karıştırma hızında (karıştırma hızının incelendiği deneyler hariç) Denver tipi flotasyon makinesinde, %10 katı oranında 100 g örnek kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde köpürtücü olarak 100 g/ton çamyağı kullanılmıştır (çamyağının etkisinin incelendiği deneyler hariç).

Ayrıca çalışmada kullanılan diğer reaktifler için (Na_2SiO_3 ve dodesilaminin etkisinin araştırıldığı deneylerde) ilave 3 dak. karıştırma işlemi yapılmıştır. Yüzdürme süresi, ön deneylerin bulguları da dikkate alınarak (sürenin etkisinin incelendiği deneyler hariç) 2 dak. olarak alınmıştır. Diğer deney koşulları ilgili tablolarda belirtilmiştir. İşlem sonrası elde edilen konsantre 105°C 'de, etüvde kurutulmuş ve konsantreden alınan örneklerden kül ve bazı konsantrelerden de kükürt analizleri yapılmıştır.

Flotasyon deney sonuçlarının değerlendirilmesinde yanabilir verim (%), kül atımı (%) ve verim indeksinden (%) yararlanılmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Garcia ve diğ., 1995).

Yanabilir verim (%);

Yanabilir verim, beslemedeki organik kısmın ne kadarının konsantr bünyesinde kazanıldığının bir göstergesidir.

$$YV (\%) = [C(100-c) / F(100-f)] \times 100$$

Kül atımı (%);

Kül atımı, beslemedeki külün ne kadarının artığa gittiğinin bir göstergesidir.

$$KA (\%) = 100 - [(C/F \times c/f) \times 100]$$

Verim indeksi (%);

$$VI (\%) = \text{Yanabilir verim} (\%) + \text{Kül atımı} (\%) - 100$$

C: Konsantrenin ağırlığı (g)

c: Konsantrenin külü (%)

F: Beslemenin ağırlığı (g)

f: Beslemenin külü (%)

Yanabilir verimdeki artışa, kül atımındaki azalma eşlik etmektedir veya daha fazla yanabilir verim demek daha düşük kül atımı anlamına gelmektedir. Bu durum ise yanabilir verim ve kül atımını birlikte değerlendirecek bir kritere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Verim indeksi, hem yanabilir verimi hem de kül atımını birlikte değerlendiren bir kriterdir. Bu değer ne kadar yüksek ise zenginleştirme işlemi o kadar başarılıdır.

3.2.2. Yüzey gerilimi ölçümleri

Deneylerde kullanılan gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının yüzey gerilimleri, “Damla Ağırlık Yöntemi” kullanılarak hesaplanmıştır. Yöntemin detayları ile ilgili literatürde bilgi verilmektedir (Padday, 1968).

3.2.3. Yüzdürme – Batırma deneylerinin yapılışı

Deneylerde $ZnCl_2$ kullanılarak 1,30-1,40-1,50-1,60 ve 1,80 g/cm^3 yoğunluklarında ağır-ortam sıvıları hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin miktarı analiz için yeterli olmadığından; her bir deney 5 kez tekrarlanmıştır. Yapılan bütün santrifüjlü yüzdürme-batırma deneylerinde 10 ml’lik santrifüj tüpü kullanılmış ve her bir tüpün içine 2 g örnek konulmuştur.

Santrifüjleme işlemi Hettich Universal Santrifüj aygıtı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Santrifüj süresi 15 dak. olup hızı 4500 dev/dak. olarak alınmıştır. Santrifüjleme işlemi sonunda elde edilen yüzen ve batan ürünler mavi bantlı süzgeç kağıdından süzülerek ağır-ortam sıvısından ayrılmış ve $85^{\circ}C$ ’de etüvde kurutulmuştur.

3.2.4. Zeta potansiyeli ölçümlerinin yapılışı

Ölçümler Malvern marka nano serisi zeta potansiyeli ölçüm cihazında yapılmıştır. Zeta potansiyeli ölçülecek kömür örnekleri; %0,1 katı oranı olacak şekilde ayarlanmıştır. Zeta potansiyeli ölçümleri farklı pH’larda 10^{-3} M’lık tuz çözeltisinde yapılmıştır. Ayrıca flotasyonun yapıldığı deney koşullarında da örnekler hazırlanarak 10^{-3} M’lık tuz çözeltisinde zeta potansiyeli değerleri ölçülmüştür.

Gazyağı, fueloil ve bitkisel yağların (pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı) zeta potansiyeli ölçümleri, ağırlıkça yaklaşık % 0,2'lik yağ içeren yağ-su emülsiyonlarında farklı pH'larda yapılmıştır. Bu ölçümler 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde gerçekleştirilmiştir.

Kömür örneklerinin zeta potansiyel ölçümleri disbosable küvette; yağların zeta potansiyel ölçümleri ise dipcell adı verilen hücrede yapılmıştır.

İlgili cihaz zeta potansiyeli değerlerini "Smoluchowski" eşitliğini kullanarak otomatik olarak hesaplamıştır. Her bir örnek için dört defa okuma yapılmış olup bu dört değer aritmetik ortalaması alınmıştır.

3.2.5. Temas açısı ölçümlerinin yapılışı

Temas açısı ölçümleri Ramé-hart marka gonyometre kullanılarak yapılmıştır. Temas açısı ölçüm deneyleri, hem işlem görmemiş kömür hem de flotasyon deneyinin yapıldığı koşullardan elde edilen numunelerden, 12 mm çaplı peletler hazırlanarak yapılmıştır. İşlem görmemiş kömür peletlerinin üzerine su, gazyağı, fueloil ve bitkisel yağlar damlatılmıştır. Flotasyonun yapıldığı koşullardan elde edilen, açık havada kurutulmuş örneklerde ise pelet üzerine su damlatılarak temas açısı ölçümleri yapılmıştır.

Temas açısı değerleri sıvı fazın içinden ölçülmüştür. Ölçümlerde sıvı damlacığının her iki tarafından okumalar yapılarak açılar belirlenmiş ve bu iki değer ortalaması denge temas açısı olarak alınmıştır. Okumalar iki kez tekrarlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Flotasyon Deney Bulgularının Değerlendirilmesi

4.1.1. Taşkömürü ile yapılan flotasyon deneyleri

Bu kısımda taşkömürünün flotasyonla zenginleştirilmesinde etkin olan parametrelerin optimum koşulları belirlenmiştir.

4.1.1.1. Alışagelmiş (Klasik) yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

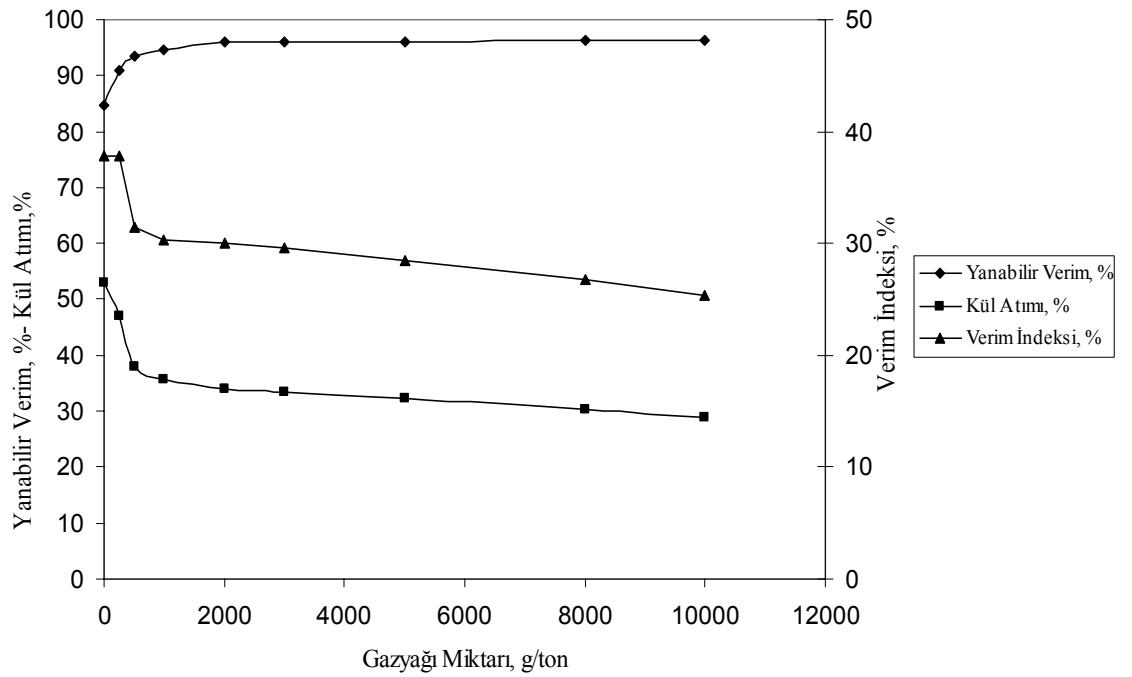
Deneylerde toplayıcı olarak klasik yağlardan gazyağı ve fueloil kullanılmıştır.

4.1.1.1.1. Toplayıcı (Kollektör) miktarının flotasyona etkisi

Bu deneyler 100 g örnek kullanılarak 1050 dev/dak. karıştırma hızında, %10 katı oranında ve pülp pH'ı 8,25'de gerçekleştirilmiştir. Köpürtücü (çamyağı) miktarı 100 g/ton ilave edilip, köpük alma süresi 2 dak.'dır. İncelenen gazyağı ve fueloil miktarları 0-250-500-1000-2000-3000-5000-8000 ve 10000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 10 ve 11'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Tablo 10. Gazyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Gazyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	85,60	8,73	90,93	46,93	37,86
500	88,95	9,81	93,37	38,03	31,40
1000	90,43	10,03	94,69	35,58	30,27
2000	91,84	10,15	96,04	33,79	29,83
3000	91,94	10,18	96,11	33,53	29,64
5000	92,16	10,35	96,16	32,25	28,41
8000	92,58	10,58	96,35	30,43	26,78
10000	92,83	10,78	96,40	28,93	25,33

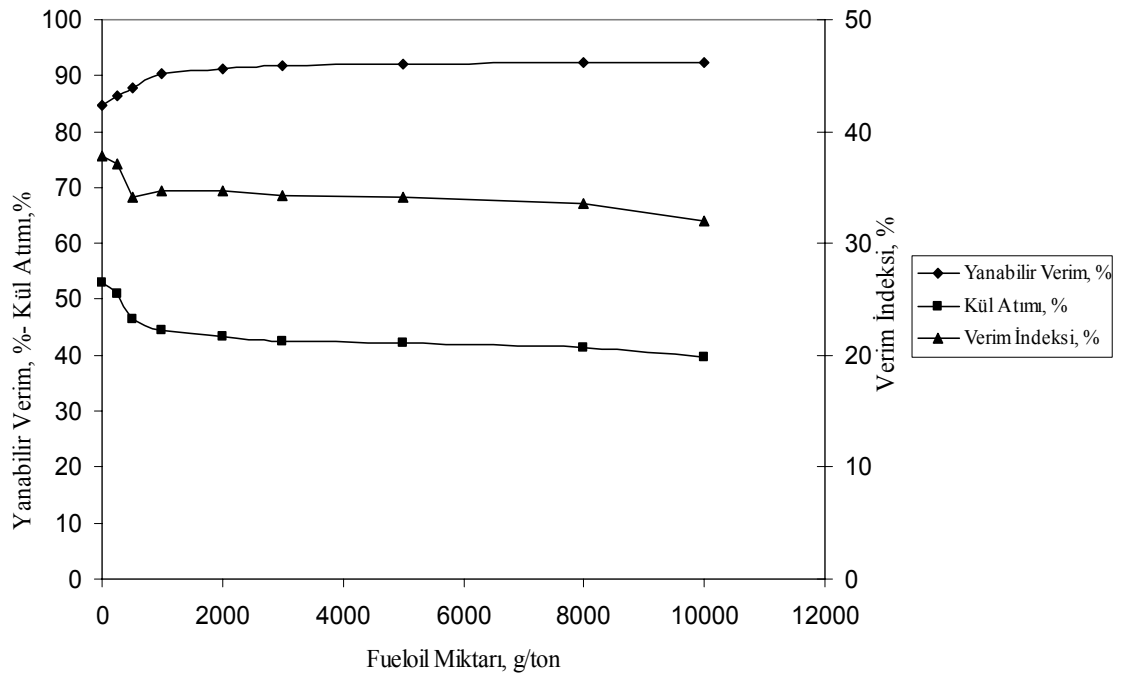


Şekil 6. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Şekil 6'da görülebileceği gibi 2000 g/ton gazyağı miktarından sonra yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinde önemli bir değişim olmamıştır. Bu nedenle en uygun değer 2000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde gazyağı için bu değer alınmıştır.

Tablo 11. Fueloil miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Fueloil Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	81,04	8,54	86,27	50,85	37,12
500	82,89	9,09	87,70	46,49	34,19
1000	85,47	9,16	90,36	44,40	34,76
2000	86,45	9,39	91,17	42,35	33,52
3000	87,09	9,40	91,83	41,86	33,69
5000	87,19	9,42	91,92	41,67	33,59
8000	87,50	9,43	92,24	41,40	33,64
10000	87,75	9,66	92,26	39,80	32,06



Şekil 7. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Bulguların değerlendirilmesinde 1000 ve 2000 g/ton arasında önemli bir değişme olmamakta; fakat yanabilir verimdeki küçük bir artış nedeniyle fueloil miktarı için en uygun değer 2000 g/ton olarak esas alınmıştır.

4.1.1.1.2. pH'in etkisi

Taşkömürünün klasik yağlarla flotasyonunda pH'in etkisi, diğer parametreler sabit tutularak incelenmiştir. Gazyağı ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular Tablo 12 ve Şekil 8'de; fueloil bulguları ise Tablo 13 ve Şekil 9'da gösterilmiştir.

Hem gazyağı hem de fueloil ile yapılan deneylerden elde edilen bulgulardan görüleceği gibi, özellikle yanabilir verimde pH'a bağlı olarak çok küçük değişimler gözlenmiştir. Bu nedenle en uygun değer olarak doğal pülp pH'ı seçilmiştir. Bundan sonraki deneyler bu pH'da yapılmıştır.

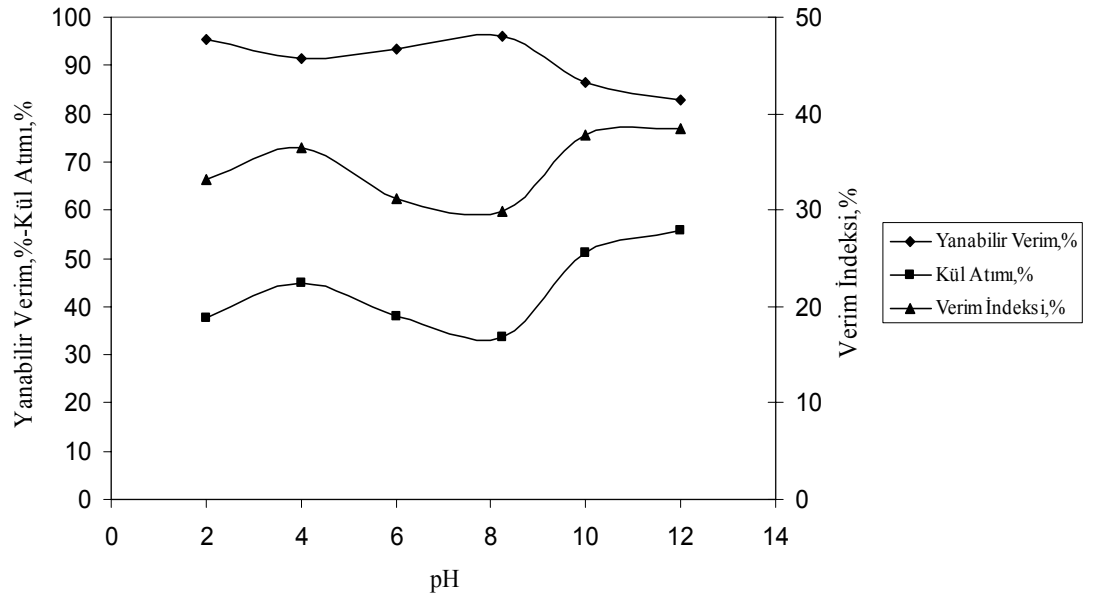
4.1.1.1.3. Köpük alma süresinin etkisi

Klasik yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde köpük alma süresinin etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. 0,25-0,5-0,75-1,00-1,25-1,50-1,75-2,00 dak. sürelerde köpük alınarak; yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenmiş ve klasik yağlar için optimum flotasyon süresi seçilmiştir. Gazyağlı deneylerde köpük alma süresinin etkisi Tablo 14 ve Şekil 10'da verilirken; fueloil ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular Tablo 15 ve Şekil 11'de verilmiştir.

Gazyağı ve fueloil ile yapılan flotasyon deneylerinde yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerlerine bakıldığında, köpük alma süresi gazyağı ile yapılan deneyler için 1 dak.; fueloil ile yapılan deneyler için ise 1,5 dak. bulunmuştur.

Tablo 12. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak. ; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak. ; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

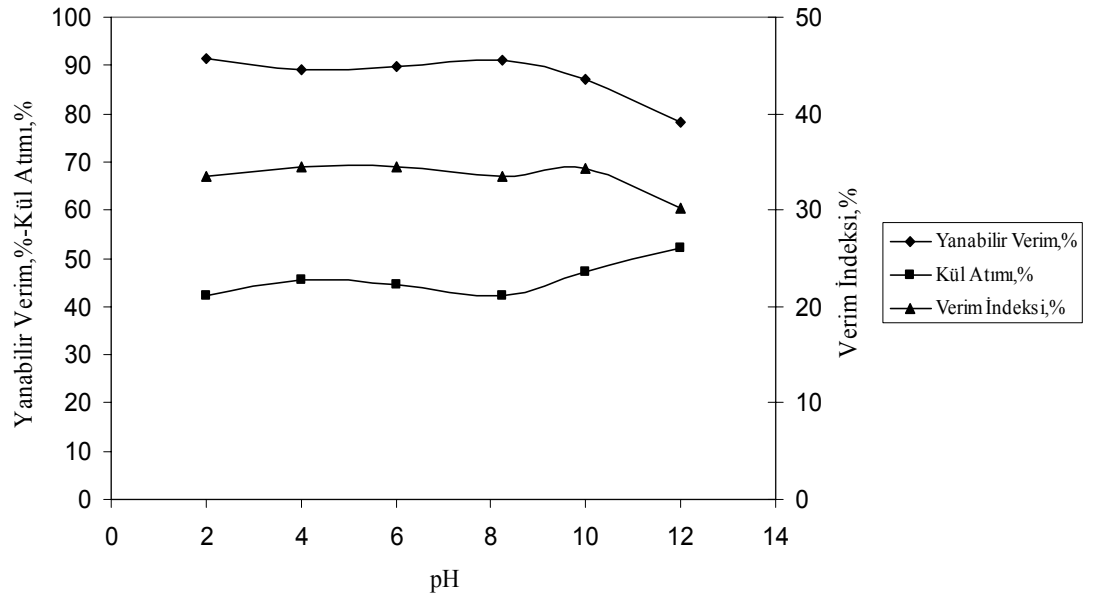
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	90,75	9,66	95,42	37,74	33,16
4,00	86,36	8,96	91,51	45,04	36,55
6,00	88,97	9,84	93,36	37,82	31,18
8,25	91,84	10,15	96,04	33,79	29,83
10,00	81,12	8,45	86,44	51,32	37,76
12,00	77,28	8,06	82,69	55,76	38,45



Şekil 8. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 13. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	86,74	9,40	91,46	42,09	33,55
4,00	84,24	9,12	89,10	45,44	34,54
6,00	85,01	9,17	89,87	44,63	34,50
8,25	86,45	9,39	91,17	42,35	33,52
10,00	82,20	9,03	87,03	47,28	34,31
12,00	73,85	9,12	78,11	52,17	30,28



Şekil 9. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 14. Gazyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkümürlü flotasyonuna etkisi

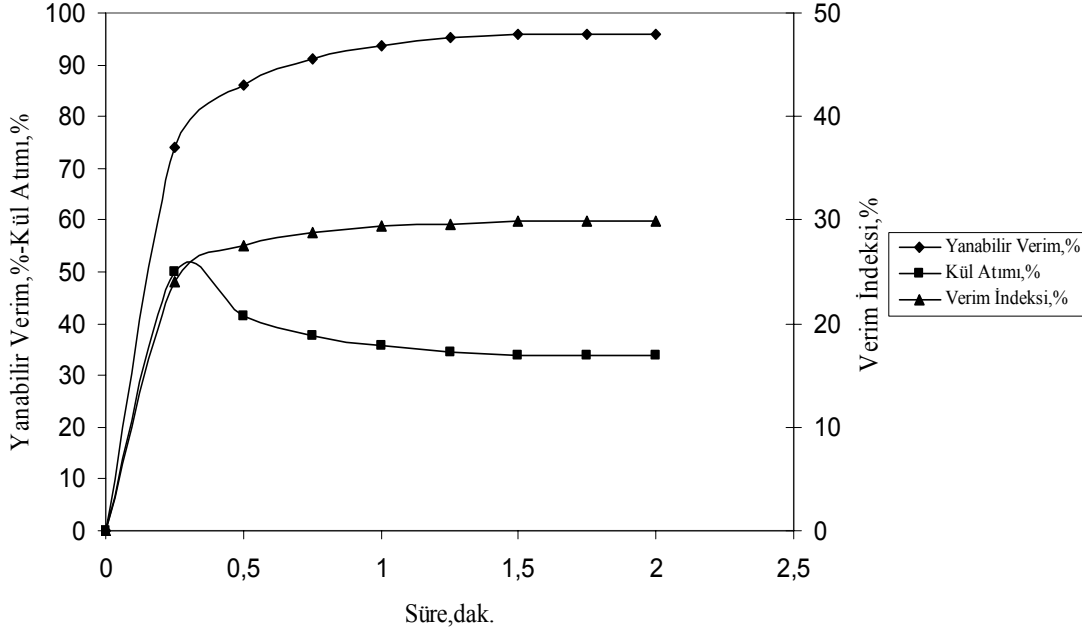
(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0-0,25	70,53	9,96	70,53	9,96	73,91	50,11	24,02
0,25-0,50	11,53	10,45	82,06	10,03	85,93	41,54	27,47
0,50-0,75	4,96	10,82	87,02	10,07	91,08	37,76	28,84
0,75-1,00	2,60	11,02	89,62	10,10	93,77	35,71	29,48
1,00-1,25	1,33	12,04	90,95	10,13	95,13	34,50	29,63
1,25-1,50	0,89	12,65	91,84	10,15	96,04	33,79	29,83
1,50-1,75	0,00	-	91,84	10,15	96,04	33,79	29,83
1,75-2,00	0,00	-	91,84	10,15	96,04	33,79	29,83
Besleme	100	14,08					

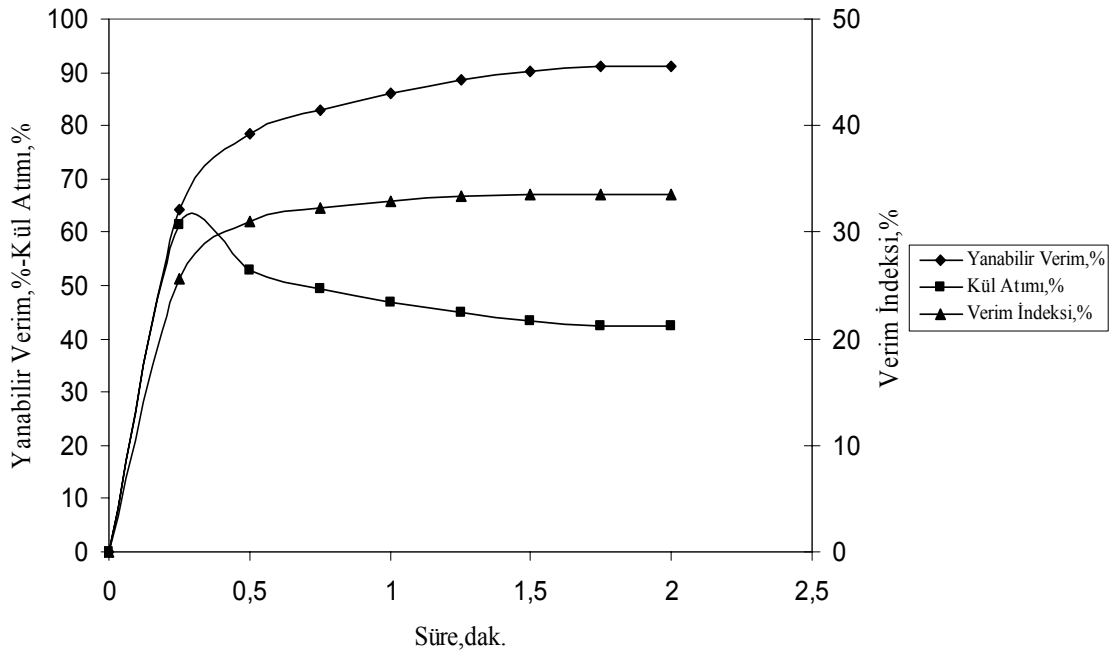
Tablo 15. Fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkümürlü flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0-0,25	60,76	8,96	60,76	8,96	64,38	61,33	25,71
0,25-0,50	13,25	9,20	74,01	9,00	78,39	52,69	31,08
0,50-0,75	4,23	10,70	78,24	9,09	82,78	49,49	32,27
0,75-1,00	3,12	11,28	81,36	9,18	86,00	46,95	32,95
1,00-1,25	2,44	12,14	83,80	9,26	88,50	44,89	33,39
1,25-1,50	1,68	13,26	85,48	9,34	90,20	43,30	33,50
1,50-1,75	0,97	13,69	86,45	9,39	91,17	42,35	33,52
1,75-2,00	0,00	-	86,45	9,39	91,17	42,35	33,52
Besleme	100	14,08					



Şekil 10. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 11. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.1.1.4. Katı oranının etkisi

Taşkömürünün flotasyonunda klasik yağlarla yapılan deneylerde katı oranının etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. İncelenen katı oranları %2,5-%5-%10-%15 ve %20'dir. Gazyağı ile ilgili sonuçlar Tablo 16 ve Şekil 12'de; fueloil ile ilgili sonuçlar ise Tablo 17 ve Şekil 13'de verilmiştir.

Gazyağı ve fueloil için yanabilir verim, kül atımı değerlerine bakıldığında en iyi değerler %10'luk katı oranında alınmıştır. Bu yağlar için katı oranının %10 olarak seçilmesinin, diğer parametrelerin etkisini incelerken uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

4.1.1.1.5. Karıştırma hızının etkisi

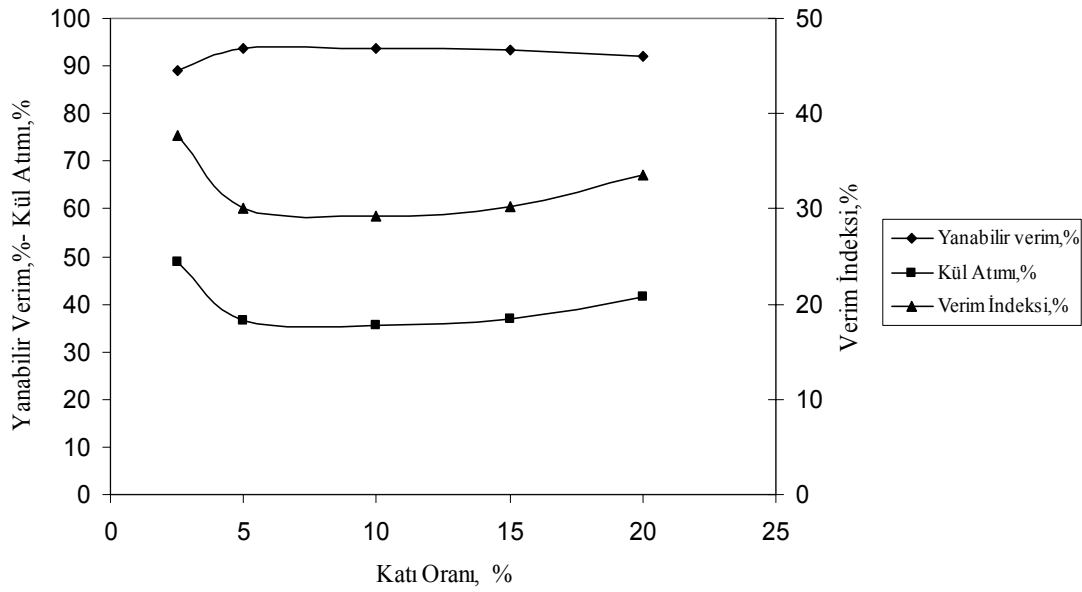
Karıştırma hızının etkisi 850-1050-1500 ve 2000 dev/dak.'lık karıştırma hızlarında incelenmiştir. Deneyler sonucunda yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek gazyağı ve fueloil için en uygun karıştırma hızları belirlenmiştir. Gazyağı ile elde edilen sonuçlar Tablo 18 ve Şekil 14'de verilirken; fueloil ile elde edilen sonuçlar ise Tablo 19 ve Şekil 15'de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi gazyağı ve fueloil için karıştırma hızı arttıkça verim de artmaktadır. 1500 dev/dak. karıştırma hızından sonra çok fazla artış olmadığından bu değer hem gazyağı hem de fueloil için optimum karıştırma hızı olarak belirlenmiştir.

Tablo 16. Gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	83,67	8,63	88,98	48,72	37,70
5	89,40	10,02	93,62	36,38	30,00
10	89,62	10,13	93,74	35,52	29,26
15	89,22	9,98	93,48	36,76	30,24
20	87,40	9,43	92,13	41,46	33,59

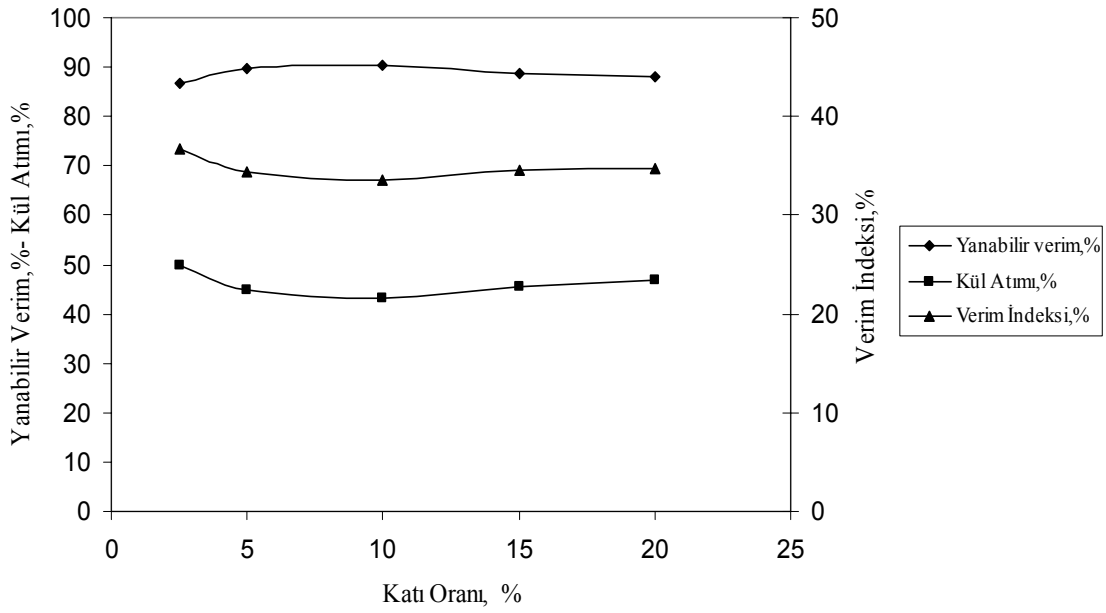


Şekil 12. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 17. Fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi:1,5 dak.; karıştırma hızı: 1050 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton;)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	81,63	8,63	86,81	49,97	36,78
5	84,74	9,16	89,59	44,87	34,46
10	85,48	9,34	90,20	43,30	33,50
15	84,01	9,11	88,87	45,64	34,51
20	83,02	9,03	87,90	46,76	34,66

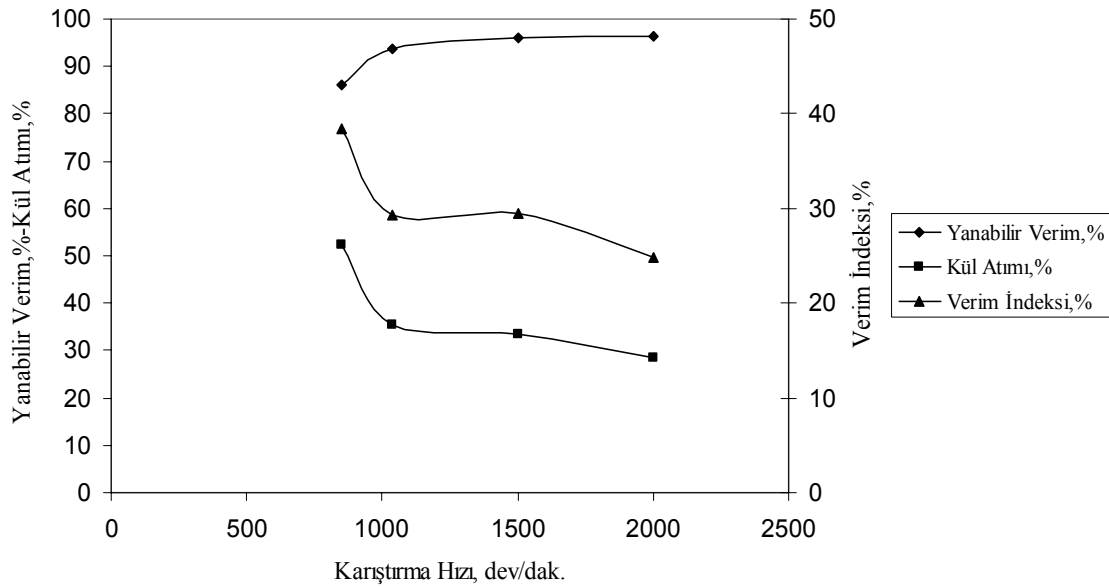


Şekil 13. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 18. Gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	80,63	8,32	86,04	52,36	38,40
1050	89,62	10,13	93,74	35,52	29,26
1500	91,88	10,20	96,03	33,44	29,47
2000	92,78	10,84	96,28	28,57	24,85

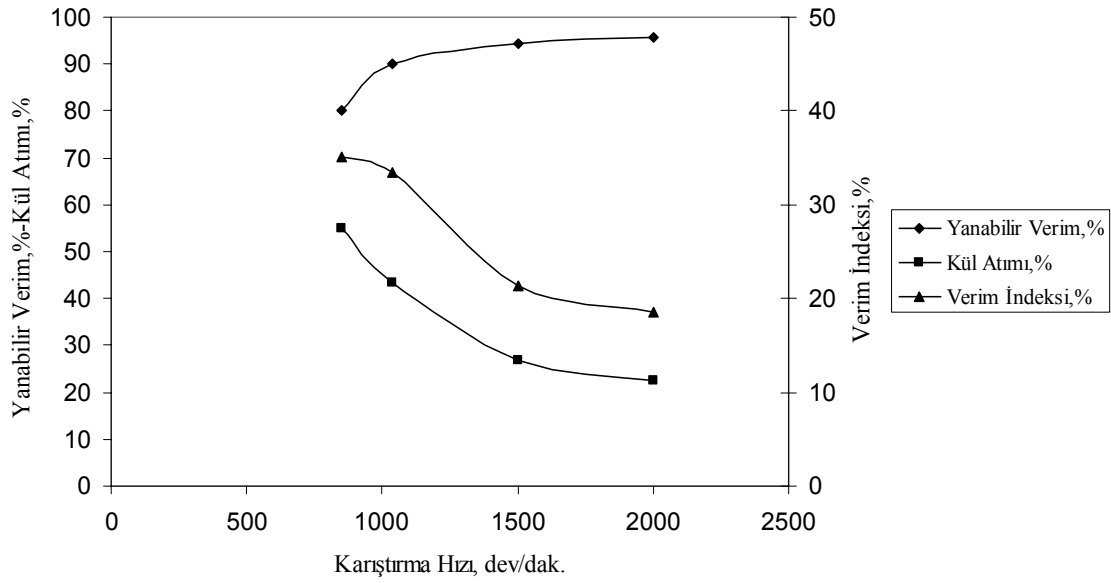


Şekil 14. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 19. Fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1,5 dak. ; katı oranı %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	75,34	8,44	80,29	54,84	35,13
1050	85,48	9,34	90,20	43,30	33,50
1500	91,90	11,20	94,98	26,90	21,88
2000	93,24	11,68	95,84	22,65	18,49



Şekil 15. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.1.1.6. Köpürtücü (Çamyacı) miktarının etkisi

Taşkömürü flotasyonunda köpürtücü olarak çamyacı kullanılmış ve miktarının etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. İncelenen çamyacı miktarları 0-25-50-75-100-150 ve 200 g/ton'dur. Köpürtücü miktarının incelendiği deneylerde kollektör olarak gazyağı kullanıldığında elde edilen sonuçlar Tablo 20 ve Şekil 16; fueloil ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar sonuçları Tablo 21 ve Şekil 17'de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında; gazyağı için 75 g/ton köpürtücü miktarı seçilirken; fueloil için bu değer 50 g/ton olarak belirlenmiştir.

4.1.1.1.7. Na₂SiO₃ miktarının etkisi

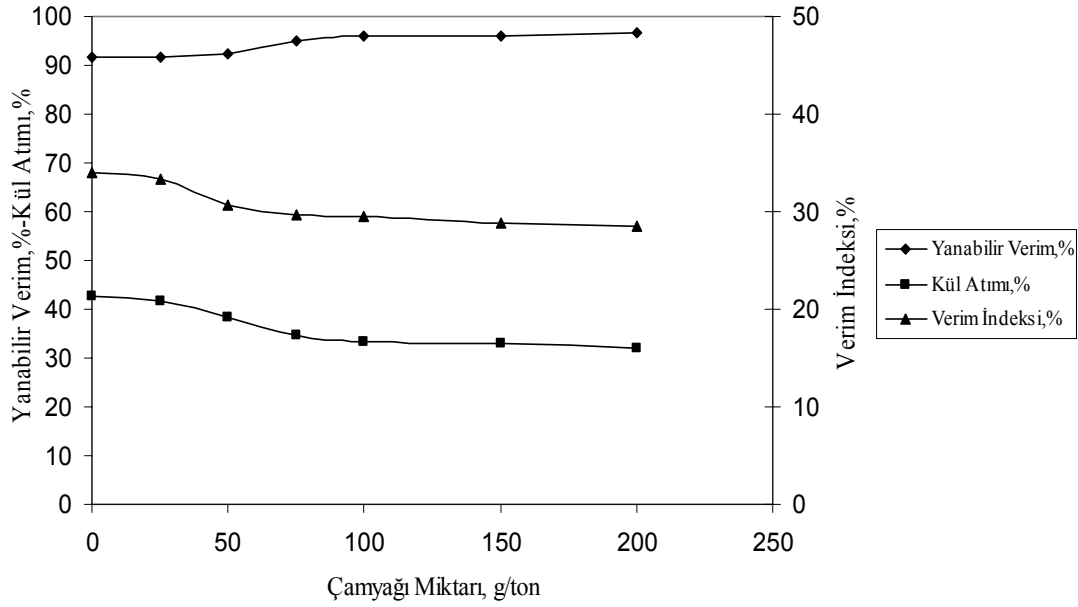
Klasik yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde Na₂SiO₃ miktarının etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. 0-350-1750-3500-7000 ve 10500 g/ton Na₂SiO₃ miktarlarında yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek gazyağı ve fueloil için optimum değerler seçilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 22 ve 23'de verilirken, Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 18 ve 19'da verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi, Na₂SiO₃'ün kül içeriği ve yanabilir verimde önemli bir etkisi olmamıştır. Kül içeriğindeki küçük değişimler deneysel hata limitleri içerisinde kabul edilebilir.

Tablo 20. Gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	86,76	9,33	91,56	42,51	34,07
25	87,03	9,44	91,73	41,65	33,38
50	88,14	9,86	92,47	38,28	30,75
75	90,76	10,13	94,93	34,70	29,63
100	91,88	10,20	96,03	33,44	29,47
150	91,98	10,28	96,05	32,84	28,89
200	92,51	10,36	96,52	31,93	28,45

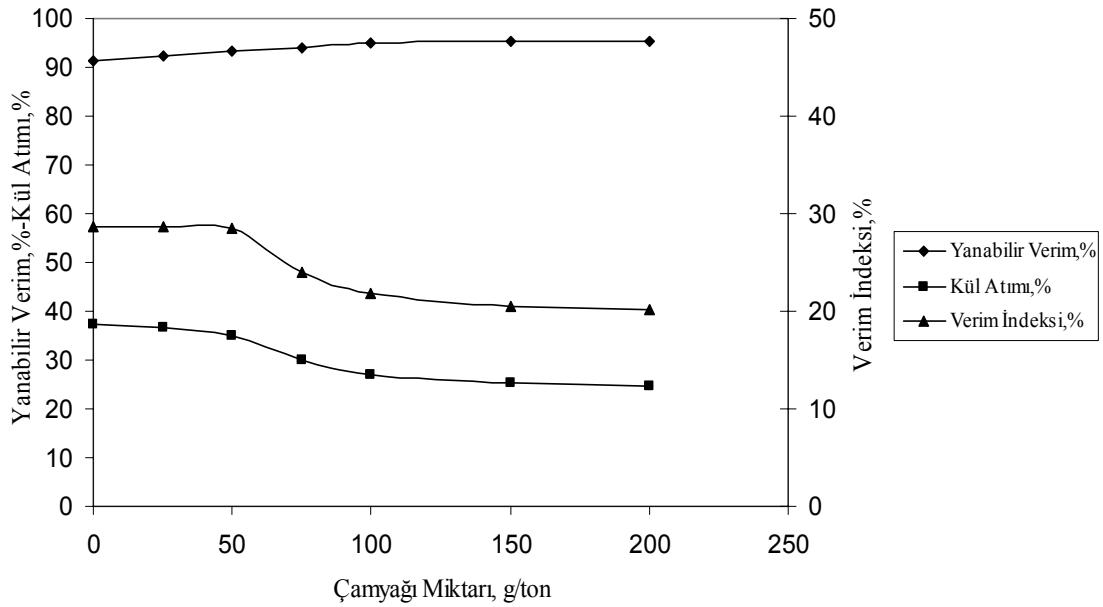


Şekil 16. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 21. Fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	87,14	10,11	91,17	37,43	28,60
25	88,14	10,14	92,18	36,52	28,70
50	89,44	10,23	93,45	35,02	28,47
75	90,60	10,87	93,98	30,06	24,04
100	91,90	11,20	94,98	26,90	21,88
150	92,40	11,40	95,28	25,19	20,47
200	92,54	11,44	95,38	24,81	20,19

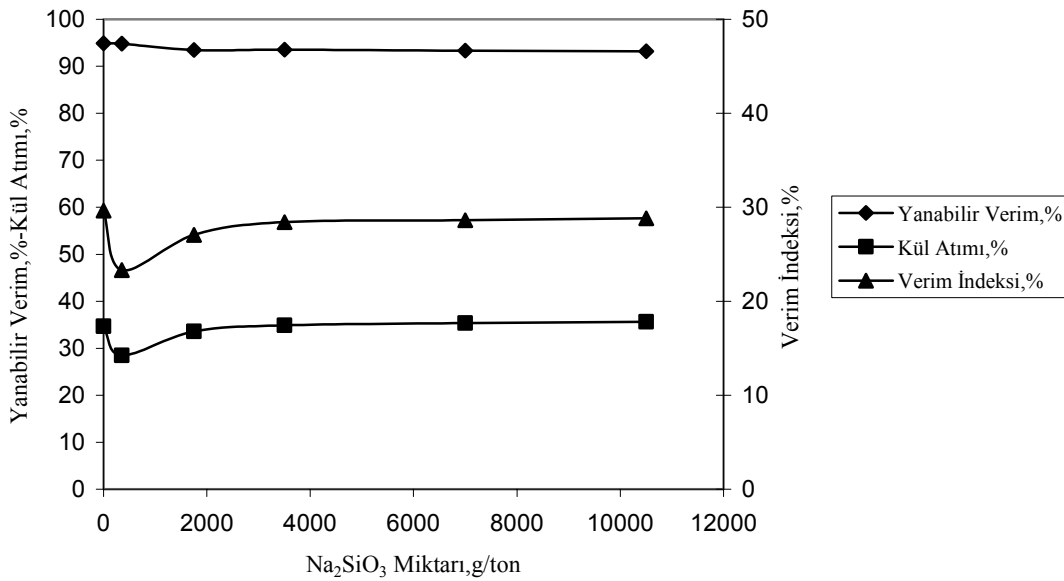


Şekil 17. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 22. Gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; çamyağı miktarı: 75 g/ton; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	90,76	10,13	94,93	34,70	29,63
350	91,55	11,00	94,83	28,48	23,31
1750	89,64	10,43	93,45	33,60	27,05
3500	89,52	10,24	93,52	34,89	28,41
7000	89,28	10,20	93,31	35,32	28,63
10500	89,12	10,17	93,18	35,63	28,81

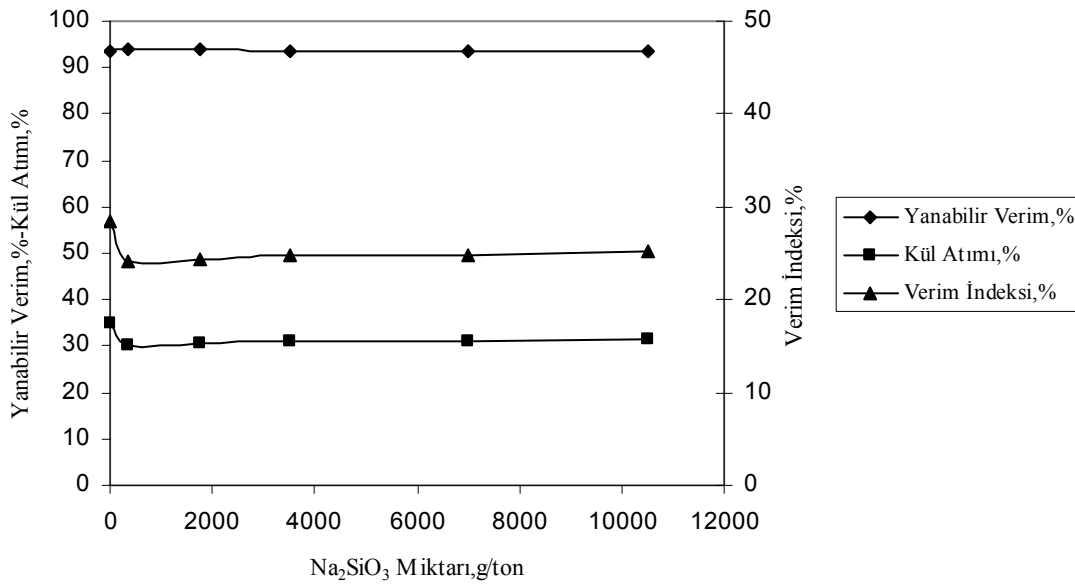


Şekil 18. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 23. Fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi 1,5 dak.; çamyağı miktarı: 50 g/ton; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	89,44	10,23	93,45	35,02	28,47
350	90,46	10,84	93,87	30,36	24,23
1750	90,40	10,83	93,82	30,47	24,29
3500	90,18	10,76	93,66	31,08	24,74
7000	90,13	10,74	93,63	31,25	24,88
10500	90,01	10,69	93,56	31,66	25,22



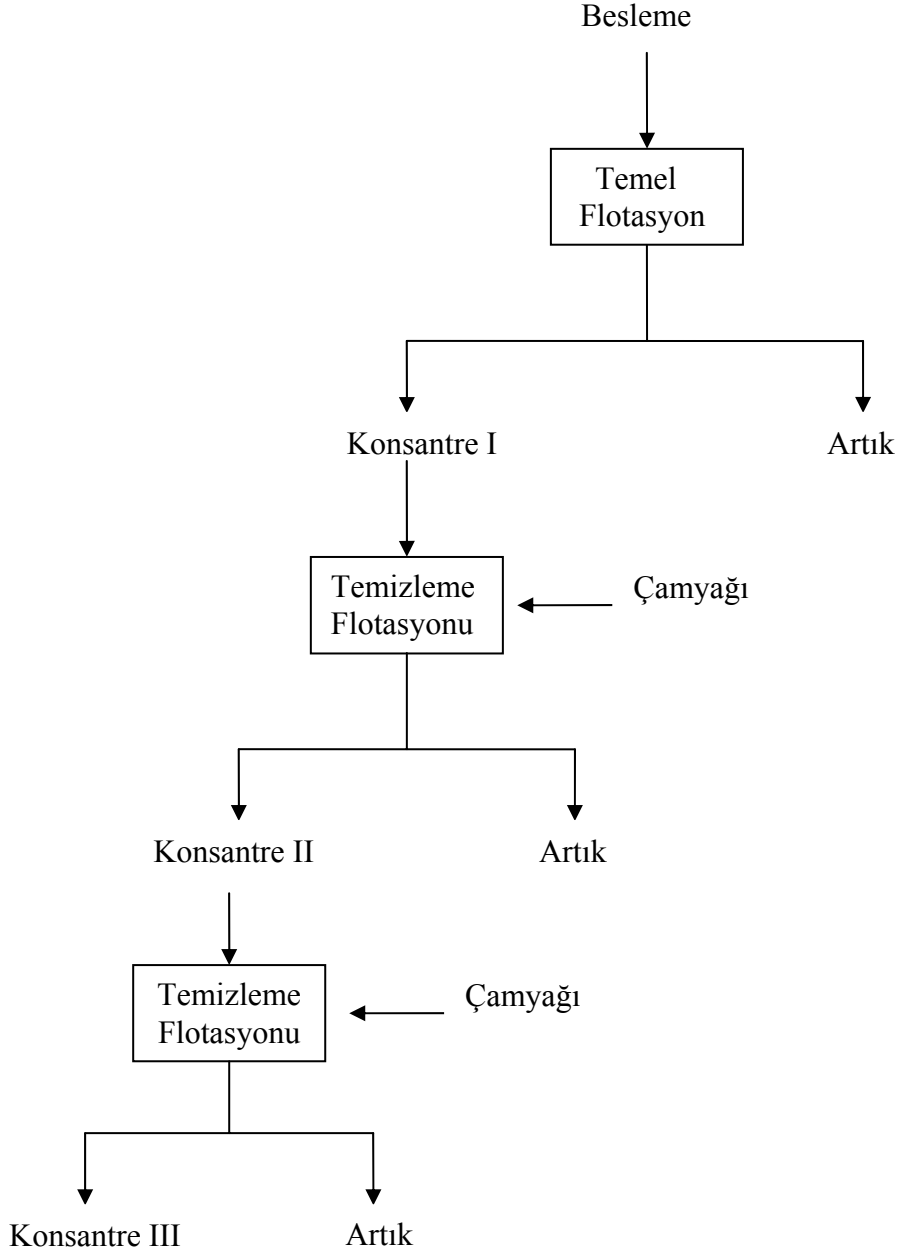
Şekil 19. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.1.1.8. Aşamalı flotasyonun etkisi

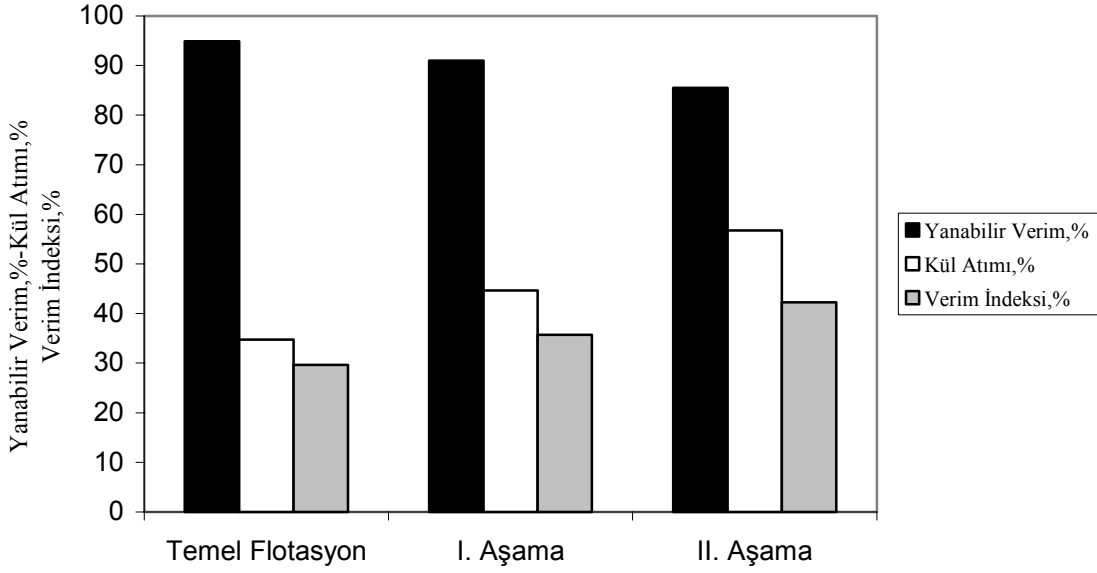
Hem gazyağı hem de fueloil için belirlenen koşullarda aşamalı flotasyon (temizleme flotasyonu) yapılmıştır. Temel aşamada optimum koşullar uygulanarak elde edilen konsantre I. aşamaya tabi tutulmuştur. I. aşamada toplayıcı katmadan sadece 3 dak. karıştırma süresinden sonra gazyağı için 75 g/ton, fueloil için ise 50 g/ton çamyacı ilave edilerek 3 dak. daha karıştırma süresi verilmiştir. Bu sürenin sonunda 1 dak. köpük alınarak elde edilen konsantre II. aşamaya tabi tutulmuştur. Aynı işlem bu aşamada da yapılarak konsantre elde edilmiştir. Deneylemlerden elde edilen bulgular Tablo 24’de verilirken, Şekil 20’de aşamalı flotasyona ait akım şeması verilmiştir. Farklı aşamalardan elde edilen konsantrenin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 21 ve 22’de verilmiştir.

Tablo 24. Aşamalı flotasyonun taşkömürünün yüzdürülmesine etkisi

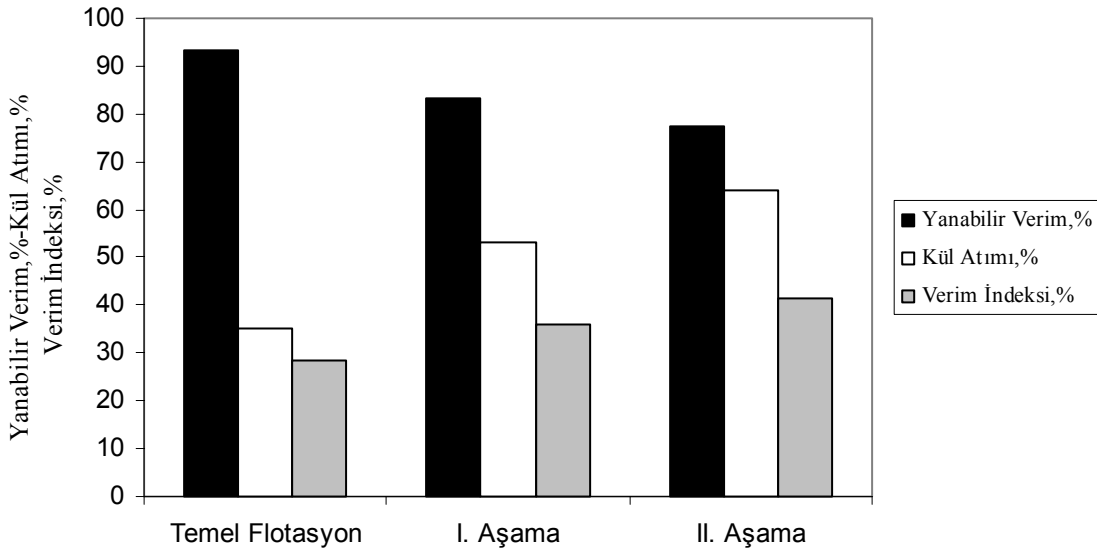
Toplayıcı Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Gazyağı	Temel Flotasyon	90,76	10,13	94,93	34,70	29,63
	I. Aşama	85,99	9,06	91,01	44,67	35,68
	II. Aşama	79,53	7,65	85,48	56,79	42,27
Fueloil	Temel Flotasyon	89,44	10,23	93,45	35,02	28,47
	I. Aşama	78,09	8,48	83,18	52,97	36,15
	II. Aşama	71,60	7,08	77,43	64,00	41,43



Şekil 20. Taşkömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması



Şekil 21. Taşkömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim



Şekil 22. Taşkömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim

4.1.1.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

Deneylerde bitkisel yağlardan pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı kullanılmıştır.

4.1.1.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi

Deneyler; %10 katı oranında 100 g örnek kullanılarak yapılmıştır. Pülp pH'ı 8,25 (doğal pülp pH'ı) olup, karıştırma hızı 1050 dev/dak.'dır. Deneylerde köpürtücü olarak 100 g/ton çamyacı kullanılmıştır. İncelenen bitkisel yağ miktarları 0-250-500-1000-2000-3000-5000-8000 ve 10000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 25, 26, 27 ve 28'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 23, 24, 25 ve 26'da gösterilmiştir.

Herhangi bir yağ ve köpürtücü kullanılmaksızın yapılan deneylerde % 75,23 ağırlık oranındaki konsantre % 8,27 kül içeriği ve % 80,32 yanabilir verimle üretilmiştir.

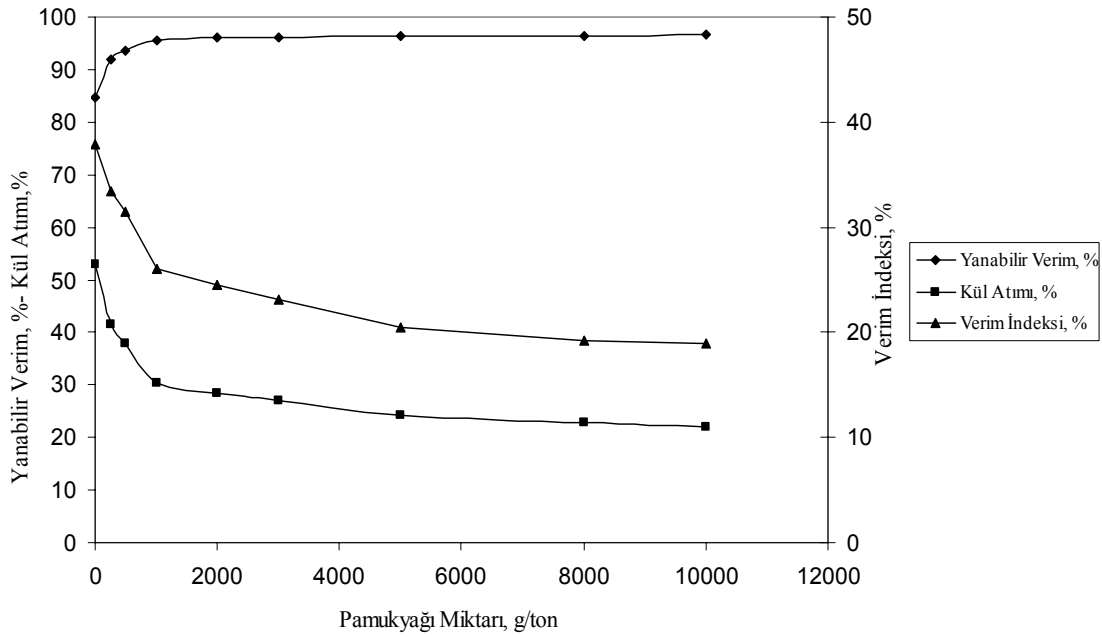
4.1.1.2.2. pH'ın etkisi

Taşkömürünün bitkisel yağlarla flotasyonunda pH'ın etkisi, diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla farklı pH'larda incelenmiştir. İncelenen pH değerleri 2,00- 4,00- 6,00- 8,25-10,00 ve 12,00'dir. Deneylerden elde edilen sonuçları Tablo 29, 30, 31 ve 32'de verilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 27, 28, 29 ve 30'da gösterilmiştir.

Bu yağlar için yüksek yanabilir verim değerine doğal pülp pH'ında ulaşılmıştır. Ancak; bu pH'da kül atımı ve verim indeksi değerleri, zeytinyağı dışındaki yağlarda daha düşük değerler almıştır.Bitkisel yağlar için en uygun değer olarak pülp pH'ı seçilmiş olup, bundan sonraki deneyler bu pH'da yapılmıştır.

Tablo 25. Pamukyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Pamukyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	87,12	9,44	91,82	41,59	33,41
500	89,15	9,80	93,59	37,95	31,54
1000	91,90	10,66	95,56	30,42	25,98
2000	92,72	10,89	96,16	28,29	24,45
3000	92,95	11,07	96,21	26,92	23,13
5000	93,42	11,42	96,31	24,23	20,54
8000	93,70	11,60	96,40	22,80	19,20
10000	94,10	11,65	96,76	22,14	18,90

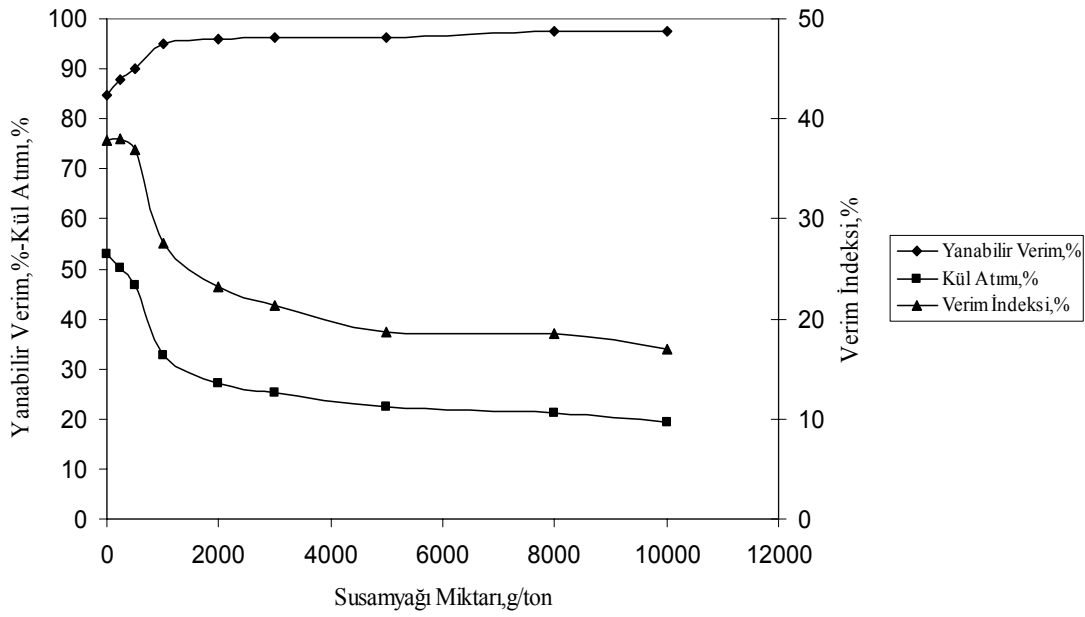


Şekil 23. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Bulguların değerlendirilmesinde pamukyağı miktarı için en uygun değer 1000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde pamukyağı için bu değer esas alınmıştır.

Tablo 26. Susamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Susamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	82,35	8,50	87,70	50,29	37,99
500	84,81	8,82	90,00	46,87	36,87
1000	91,00	10,42	94,88	32,65	27,53
2000	92,82	11,05	96,09	27,15	23,24
3000	93,15	11,30	96,16	25,24	21,40
5000	93,73	11,67	96,36	22,31	18,67
8000	94,83	11,72	97,43	21,06	18,49
10000	95,22	11,93	97,60	19,32	16,92

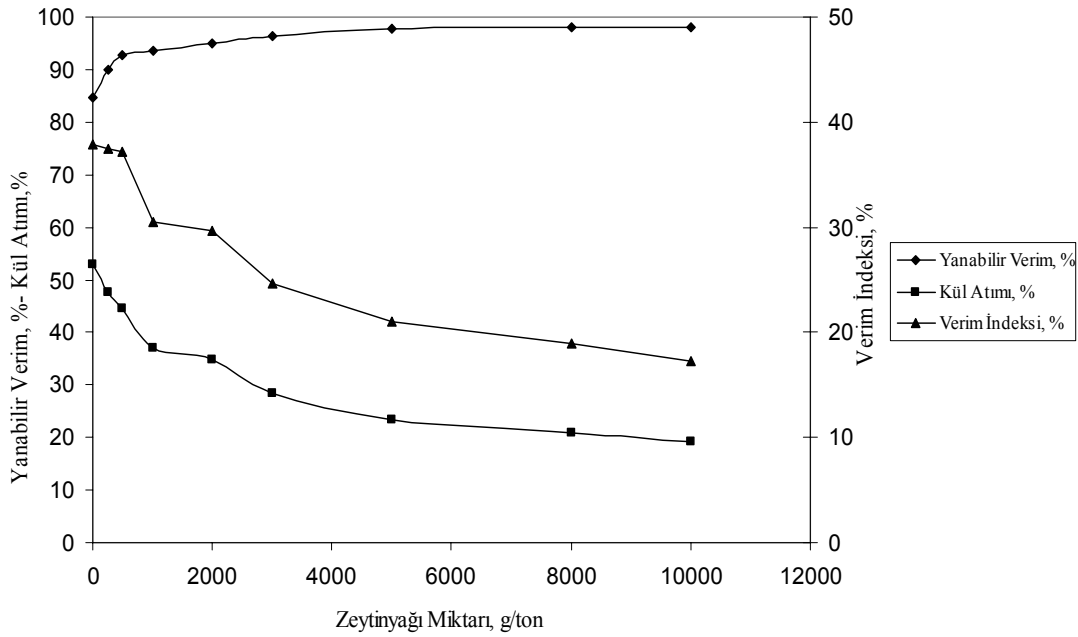


Şekil 24. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Bulguların değerlendirilmesinde susamyağı miktarı için en uygun değer 2000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde susamyağı için bu değer esas alınmıştır.

Tablo 27. Zeytinyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Zeytinyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	84,63	8,72	89,91	47,59	37,50
500	87,43	8,93	92,67	44,55	37,22
1000	89,28	9,95	93,57	36,91	30,48
2000	90,81	10,12	95,00	34,73	29,72
3000	92,77	10,86	96,25	28,45	24,70
5000	94,74	11,40	97,70	23,29	20,99
8000	95,28	11,67	97,95	21,03	18,98
10000	95,53	11,89	97,96	19,33	17,29

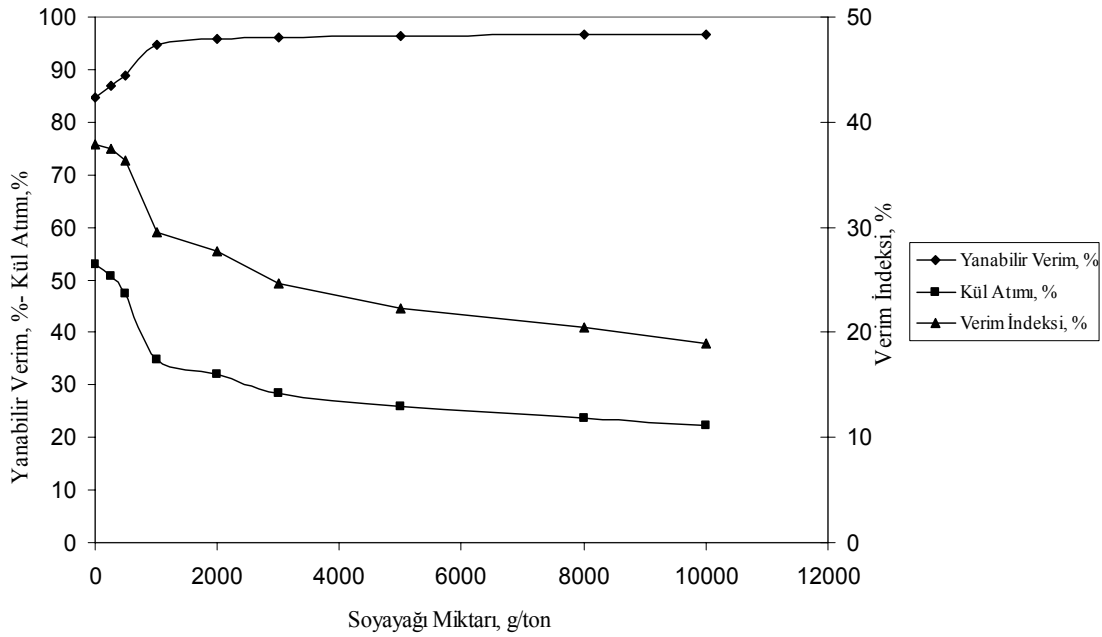


Şekil 25. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Bulguların değerlendirilmesinde zeytinyağı miktarı için en uygun değer 2000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde zeytinyağı için bu değer esas alınmıştır.

Tablo 28. Soyayağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

Soyayağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	79,45	8,32	84,78	53,05	37,83
250	81,63	8,52	86,91	50,60	37,51
500	83,88	8,84	89,00	47,34	36,34
1000	90,57	10,14	94,72	34,77	29,49
2000	91,89	10,33	95,90	32,58	28,48
3000	92,74	10,86	96,22	28,47	24,69
5000	93,14	11,18	96,28	26,04	22,32
8000	93,78	11,44	96,66	23,80	20,46
10000	94,02	11,64	96,69	22,27	18,96



Şekil 26. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Bulguların değerlendirilmesinde soyayağı miktarı için en uygun değer 2000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde soyayağı için bu değer esas alınmıştır.

4.1.1.2.3. Köpük alma süresinin etkisi

Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde, köpük alma süresinin etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 33, 34, 35 ve 36'da, süreye bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 31, 32, 33 ve 34'de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi tüm yağlar için köpük alma süresi 1 dak. olarak belirlenmiştir.

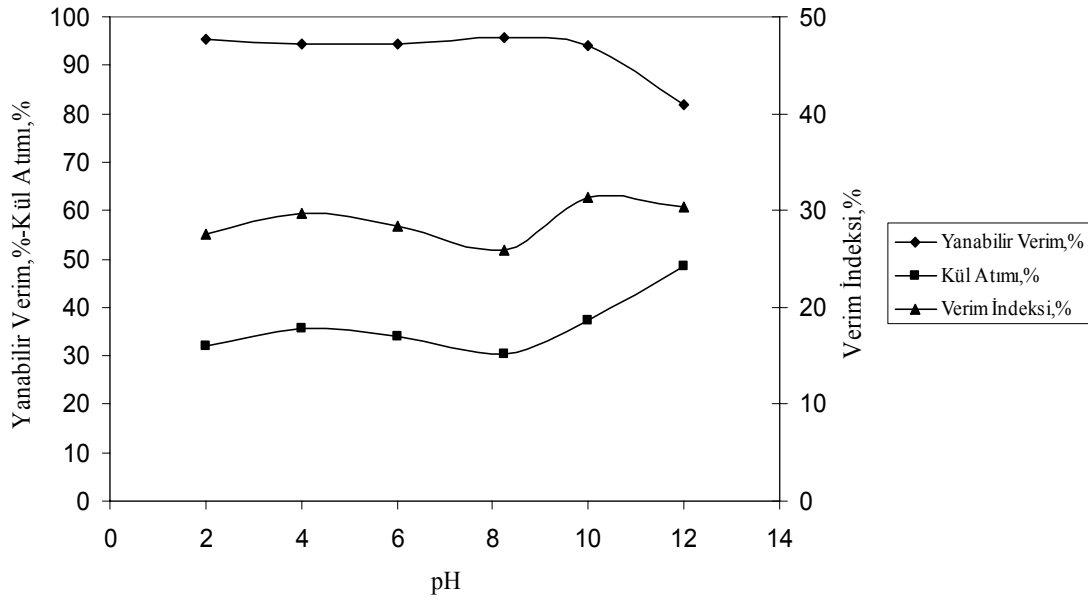
4.1.1.2.4. Katı oranının etkisi

Taşkömürünün flotasyonunda bitkisel yağlarla yapılan deneylerde katı oranının etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. Bu yağlar ile ilgili sonuçlar Tablo 37, 38, 39, 40'da ve Şekil 35, 36, 37 ve 38'de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi, katı oranına bağlı olarak yanabilir verim değerlerinde önemli bir değişme olmamakla birlikte, en yüksek yanabilir verim değerlerine %10 katı oranında ulaşılmıştır. Verim indeksi ve kül atımında da genel olarak benzer eğilimler görülmektedir. Bu yağlar için katı oranının %10 olarak seçilmesinin, diğer parametrelerin etkisini incelerken uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 29. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'nın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

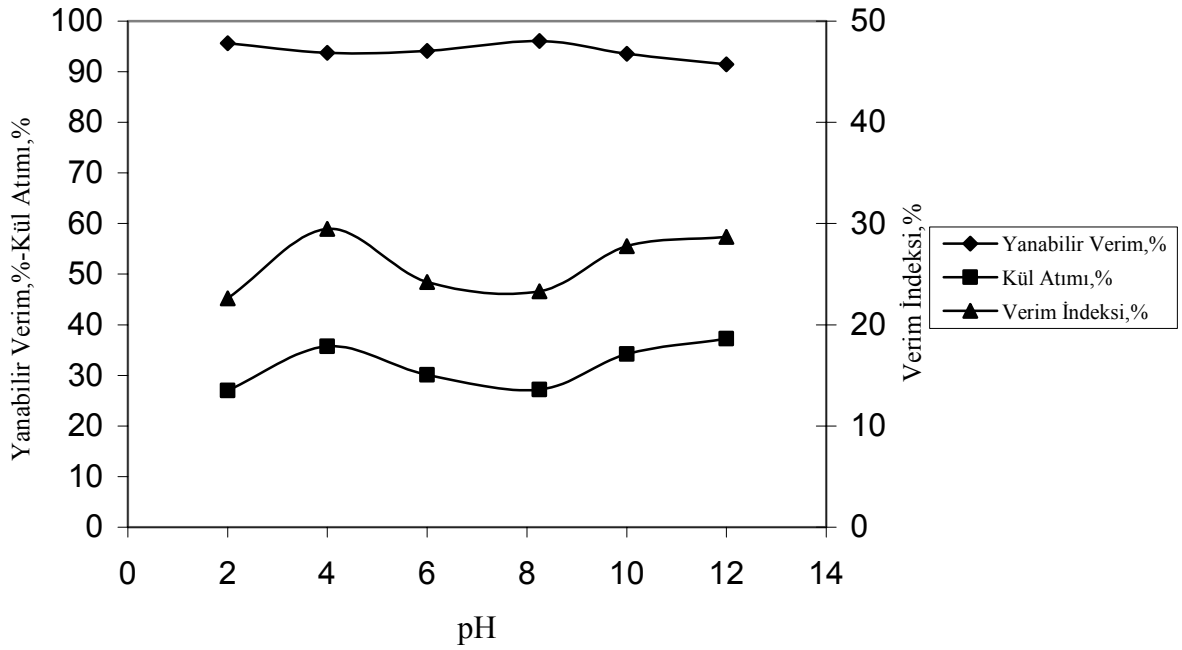
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	91,50	10,44	95,38	32,15	27,53
4,00	90,04	10,08	94,23	35,54	29,77
6,00	90,43	10,29	94,42	33,91	28,33
8,25	91,90	10,66	95,56	30,42	25,98
10,00	89,75	9,85	94,17	37,21	31,38
12,00	77,68	9,34	81,97	48,47	30,44



Şekil 27. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 30. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı %10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyağı miktarı 100 g/ton)

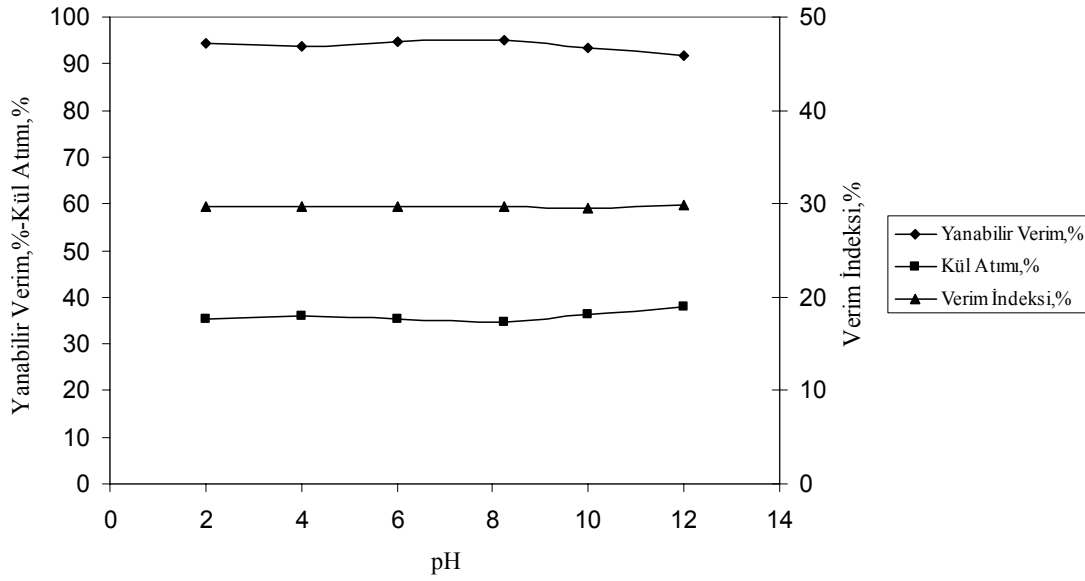
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	92,44	11,12	95,62	26,99	22,61
4,00	89,61	10,10	93,76	35,72	29,48
6,00	90,70	10,85	94,11	30,11	24,22
8,25	92,82	11,05	96,09	27,15	23,24
10,00	89,63	10,33	93,54	34,24	27,78
12,00	87,40	10,11	91,44	37,24	28,68



Şekil 28. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 31. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'ın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

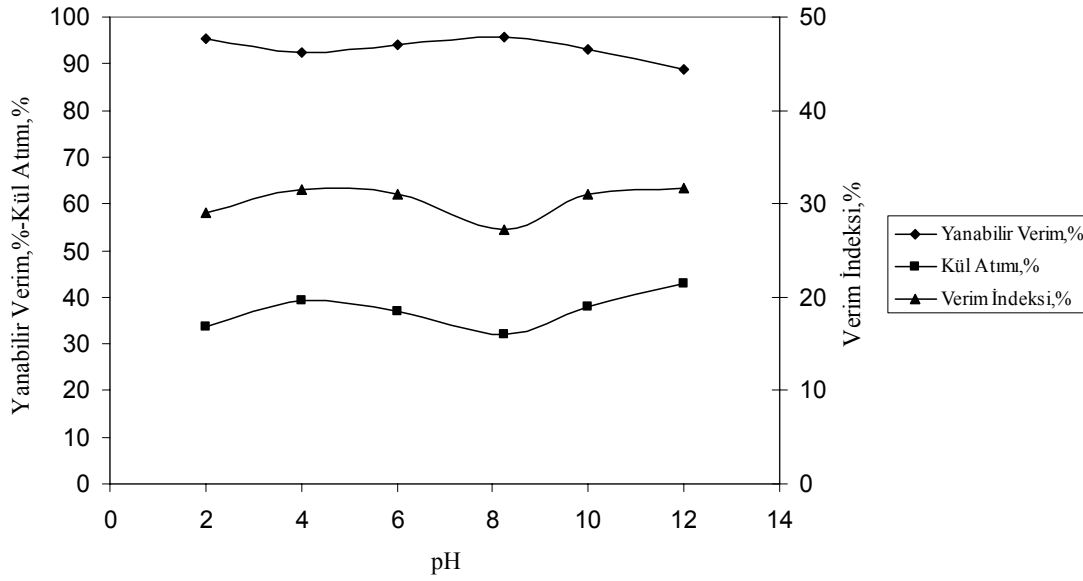
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	90,26	10,11	94,43	35,19	29,62
4,00	89,40	10,07	93,57	36,06	29,63
6,00	90,40	10,10	94,59	35,15	29,74
8,25	90,81	10,12	95,00	34,73	29,73
10,00	89,14	10,08	93,29	36,18	29,47
12,00	87,60	9,96	91,80	38,03	29,83



Şekil 29. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 32. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'nın taşkömürü flotasyonuna etkisi
(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı:%10;
karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	91,43	10,24	95,52	33,51	29,03
4,00	88,00	9,74	92,45	39,13	31,58
6,00	89,78	9,89	94,16	36,94	31,10
8,25	91,89	10,33	95,90	32,58	28,48
10,00	88,63	9,85	92,99	38,00	30,99
12,00	84,36	9,53	88,83	42,90	31,73



Şekil 30. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 33. Pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	69,48	10,15	69,48	10,15	72,66	49,91	22,57
0,25-0,50	12,16	11,67	81,64	10,38	85,16	39,81	24,97
0,50-0,75	4,63	12,43	86,27	10,49	89,87	35,73	25,60
0,75-1,00	3,12	13,08	89,39	10,58	93,03	32,83	25,86
1,00-1,25	1,79	13,68	91,18	10,64	94,83	31,10	25,93
1,25-1,50	0,72	15,17	91,90	10,67	95,55	30,36	25,91
1,50-1,75	0,00	15,17	91,90	10,67	95,55	30,36	25,91
1,75-2,00	0,00	15,17	91,90	10,67	95,55	30,36	25,91
Besleme	100	14,08					

Tablo 34. Susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	70,48	10,11	70,48	10,11	73,74	49,39	23,13
0,25-0,50	11,90	12,33	82,38	10,43	85,88	38,98	24,86
0,50-0,75	4,55	14,80	86,93	10,66	90,39	34,19	24,58
0,75-1,00	3,68	15,90	90,61	10,87	94,00	30,05	24,05
1,00-1,25	1,37	17,88	91,98	10,98	95,30	28,27	23,57
1,25-1,50	0,84	18,94	92,82	11,05	96,09	27,15	23,24
1,50-1,75	0,00	-	92,82	11,05	96,09	27,15	23,24
1,75-2,00	0,00	-	92,82	11,05	96,09	27,15	23,24
Besleme	100	14,08					

Tablo 35. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi

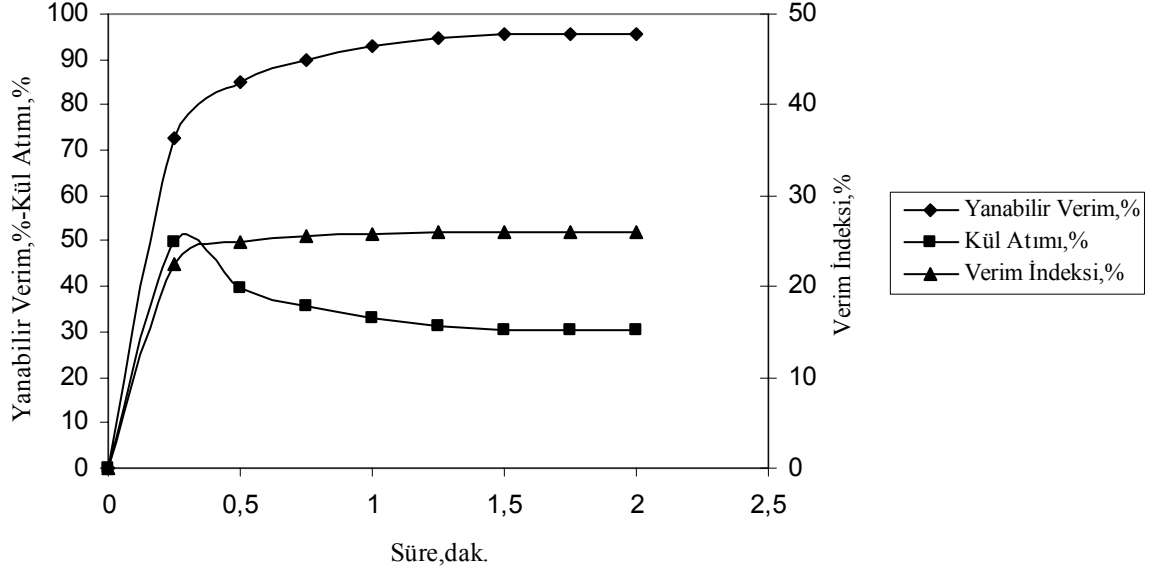
(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	67,57	9,78	67,57	9,78	70,95	51,07	22,02
0,25-0,50	12,17	10,16	79,74	9,84	83,68	44,27	27,95
0,50-0,75	5,45	11,38	85,19	9,94	89,29	39,86	29,15
0,75-1,00	3,69	12,74	88,88	10,05	93,05	36,56	29,61
1,00-1,25	1,17	13,48	90,05	10,10	94,22	35,40	29,62
1,25-1,50	0,76	14,08	90,81	10,13	94,98	34,67	29,65
1,50-1,75	0,00	-	90,81	10,13	94,98	34,67	29,65
1,75-2,00	0,00	-	90,81	10,13	94,98	34,67	29,65
Besleme	100	14,08					

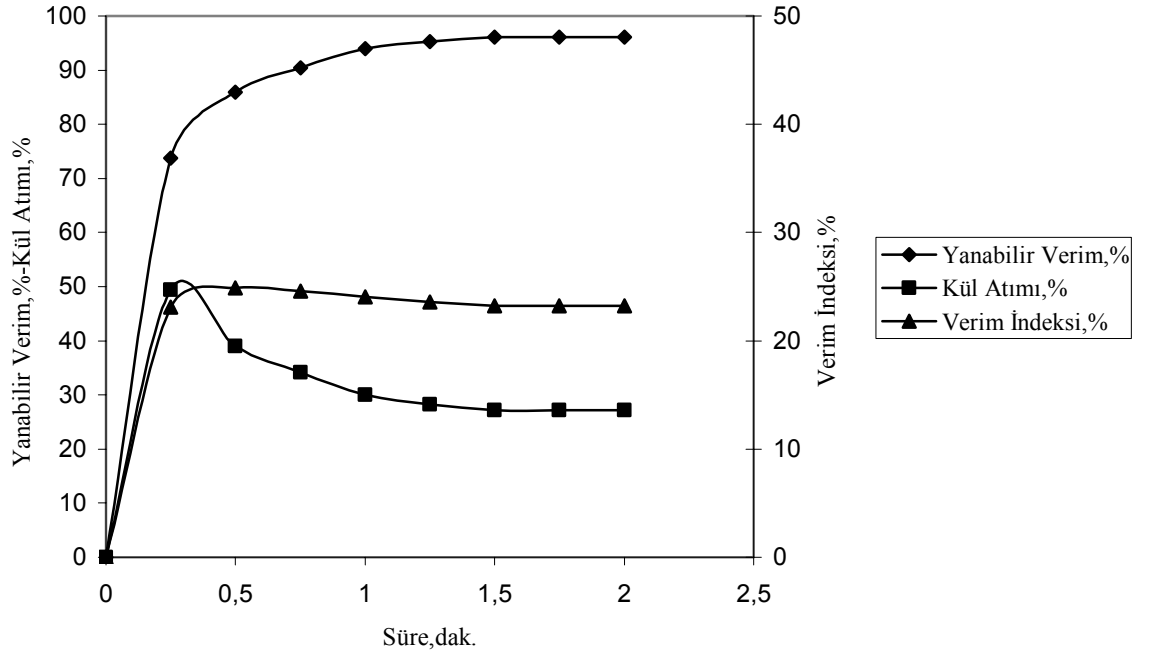
Tablo 36. Soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

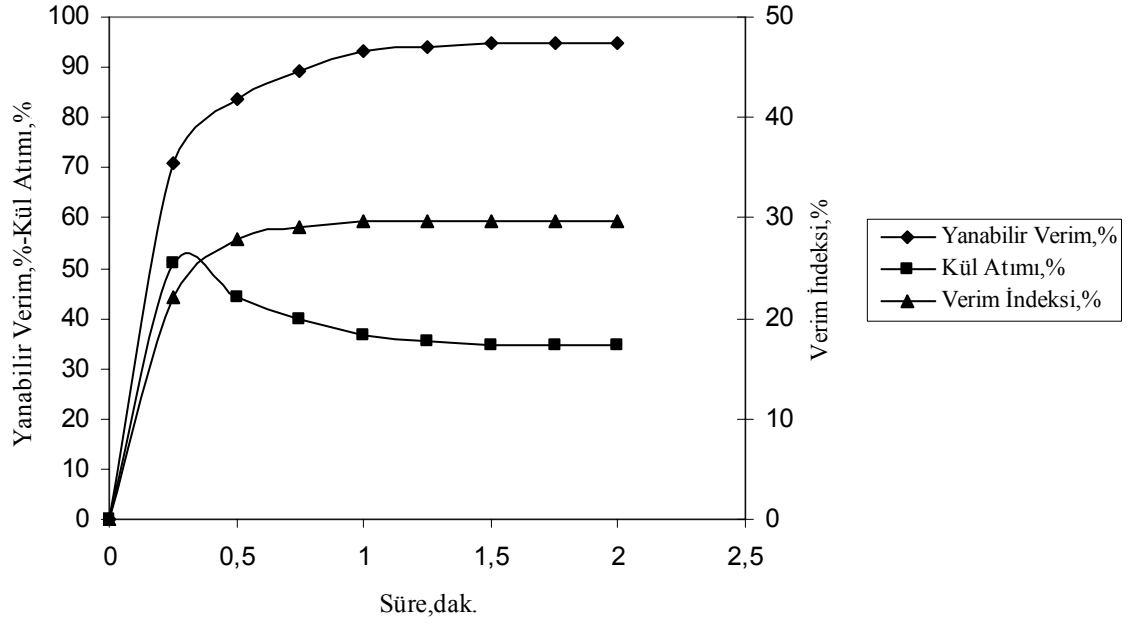
Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	66,96	9,83	66,96	9,83	70,27	53,25	23,52
0,25-0,50	13,99	10,46	80,95	9,94	84,85	42,85	27,70
0,50-0,75	5,53	12,23	86,48	10,09	90,50	38,03	28,53
0,75-1,00	3,70	13,63	90,18	10,23	94,22	34,48	28,70
1,00-1,25	1,03	15,02	91,21	10,28	95,24	33,41	28,65
1,25-1,50	0,68	15,74	91,89	10,33	95,90	32,58	28,48
1,50-1,75	0,00	-	91,89	10,33	95,90	32,58	28,48
1,75-2,00	0,00	-	91,89	10,33	95,90	32,58	28,48
Besleme	100	14,08					



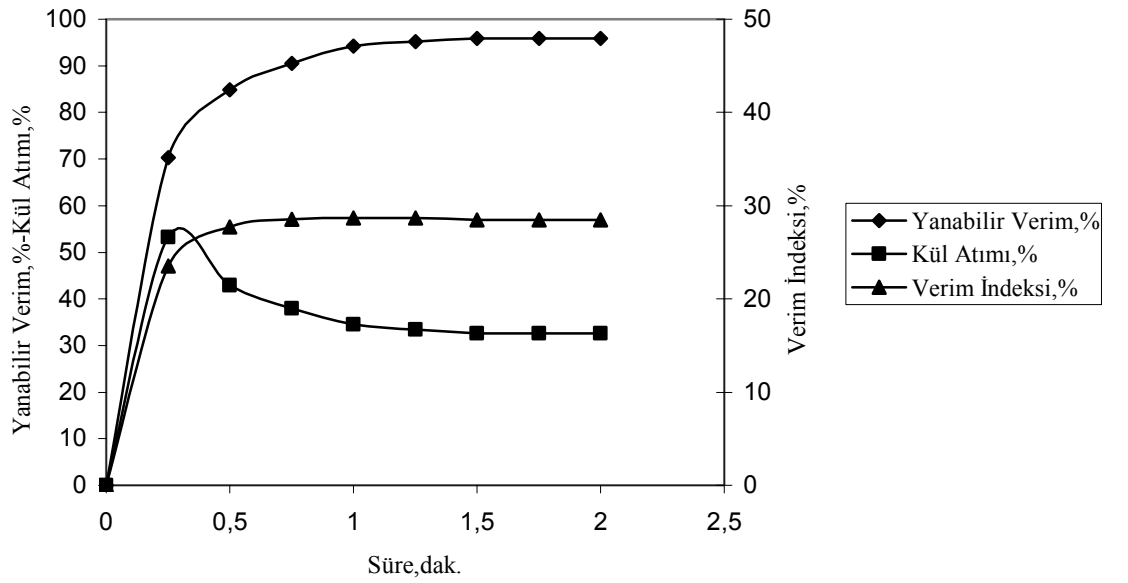
Şekil 31. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 32. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 33. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

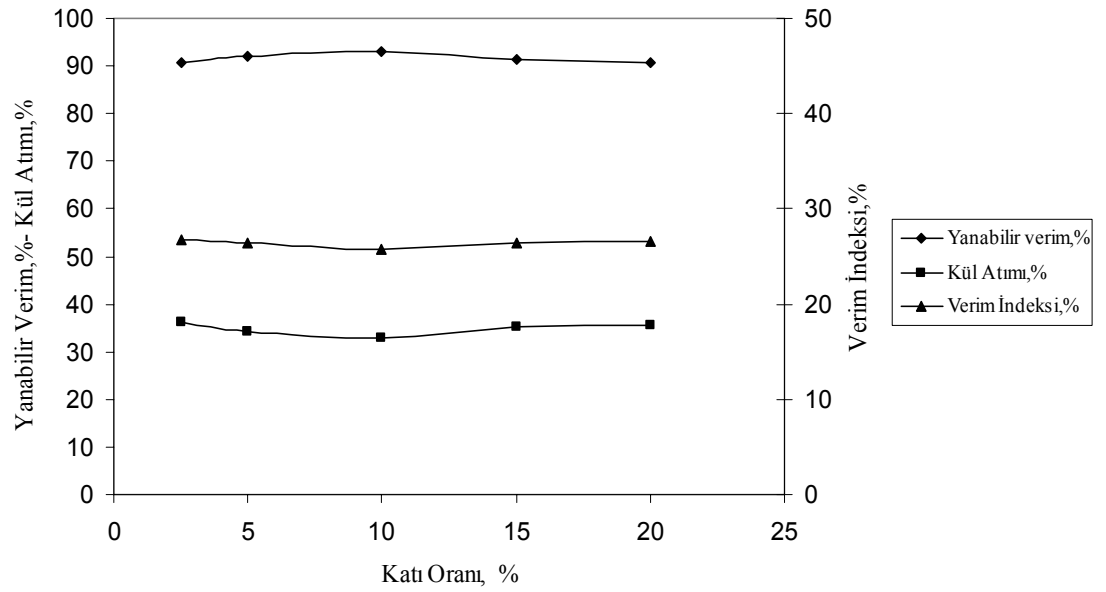


Şekil 34. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 37. Pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; karıştırma hızı:1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	86,88	10,36	90,64	36,07	26,71
5	88,44	10,46	92,17	34,30	26,47
10	89,39	10,58	93,03	32,83	25,86
15	87,60	10,43	91,32	35,11	26,43
20	87,13	10,40	90,86	35,64	26,50

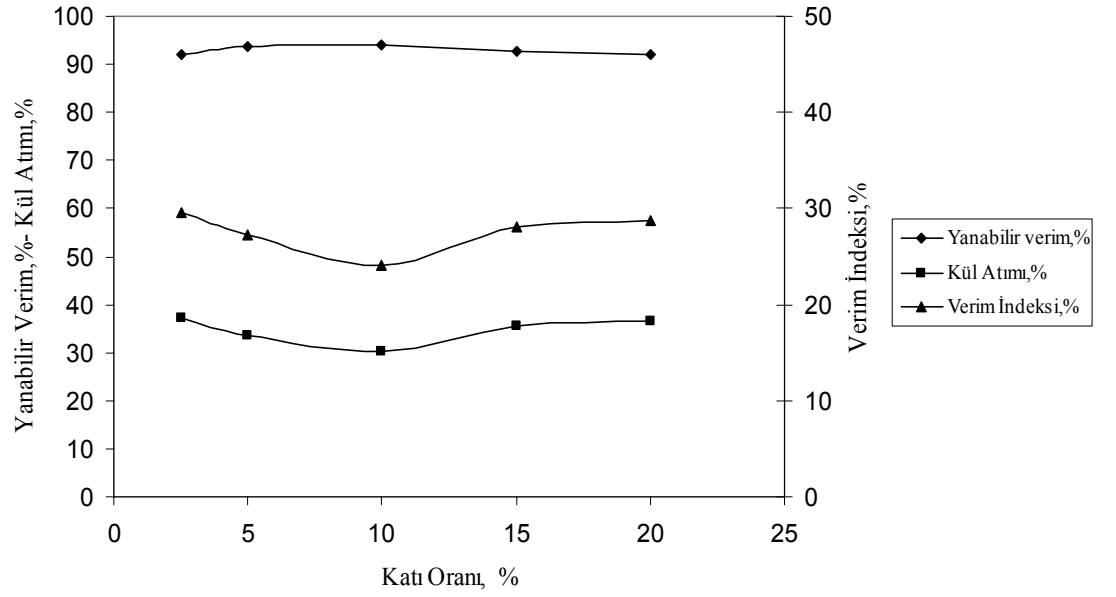


Şekil 35. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 38. Susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	88,03	10,02	92,19	37,35	29,54
5	89,90	10,41	93,74	33,53	27,27
10	90,61	10,87	94,00	30,05	24,05
15	88,70	10,24	92,66	35,49	28,15
20	88,12	10,14	92,16	36,54	28,70

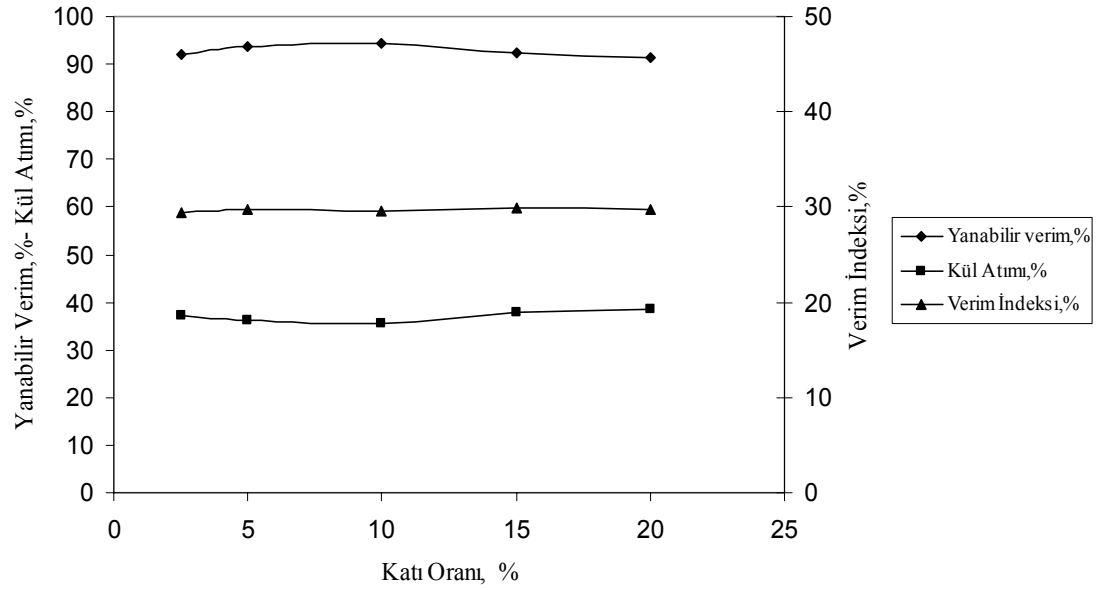


Şekil 36. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 39. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; karıştırma hızı:1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	88,03	10,04	92,17	37,23	29,40
5	89,40	10,06	93,58	36,12	29,70
10	90,05	10,10	94,22	35,40	29,62
15	87,98	9,96	92,20	37,76	29,96
20	87,02	9,94	91,21	38,57	29,78

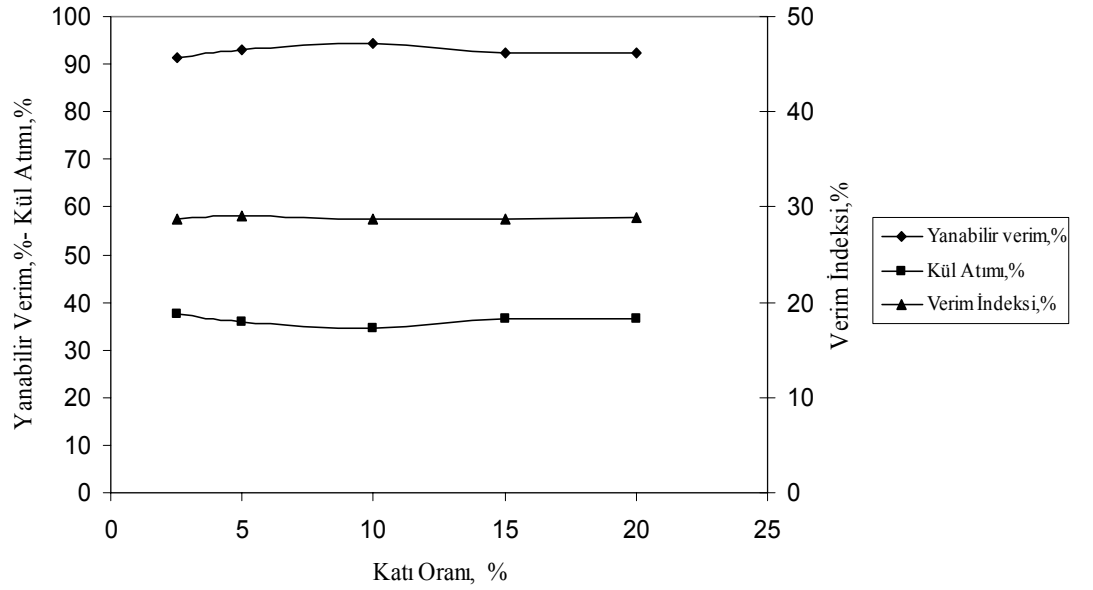


Şekil 37. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 40. Soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; karıştırma hızı: 1050 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,5	87,23	10,09	91,28	37,49	28,77
5	88,96	10,13	93,05	36,00	29,05
10	90,18	10,23	94,22	34,48	28,70
15	88,25	10,15	92,29	36,38	28,67
20	88,15	10,12	92,21	36,64	28,85



Şekil 38. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.1.2.5. Karıştırma hızının etkisi

Bitkisel yağlarla yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi Tablo 41, 42, 43 ve 44’de ve Şekil 39, 40, 41, ve 42’de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi bitkisel yağlar için karıştırma hızı arttıkça verim de artmaktadır. 1500 dev/dak. karıştırma hızından sonra çok fazla artış olmadığından bu değer bitkisel yağlar için optimum karıştırma hızı olarak belirlenmiştir

4.1.1.1.6. Köpürtücü miktarının etkisi

Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde köpürtücü miktarının etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. Köpürtücü miktarının flotasyona etkisi Tablo 45, 46, 47 ve 48’de verilirken; köpürtücü miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 43, 44, 45 ve 46’da verilmiştir.

Deneylerden elde edilen bulgular incelendiğinde bitkisel yağlar için köpürtücü kullanılmadan da yüksek verimler elde edilebildiği saptanmıştır. Bu nedenle, daha sonraki deneylerde köpürtücü kullanılmamıştır.

4.1.1.2.7. Na_2SiO_3 miktarının etkisi

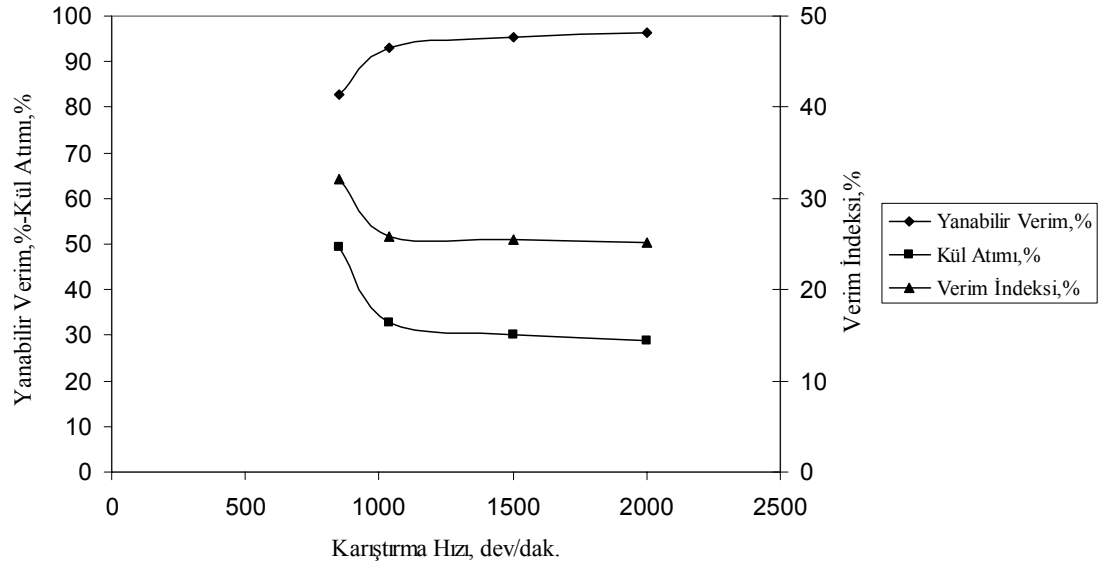
Sodyum silikat miktarının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 49, 50, 51 ve 52’de verilirken, Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 47, 48, 49 ve 50’de verilmiştir.

Tüm bitkisel yağlar için tablo ve şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna bir etkisi olmamıştır.

Tablo 41. Pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: % 10; çamyacı miktarı :100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	78,40	9,12	82,93	49,22	32,15
1050	89,39	10,58	93,03	32,83	25,86
1500	91,72	10,72	95,31	30,17	25,48
2000	92,73	10,79	96,28	28,94	25,22

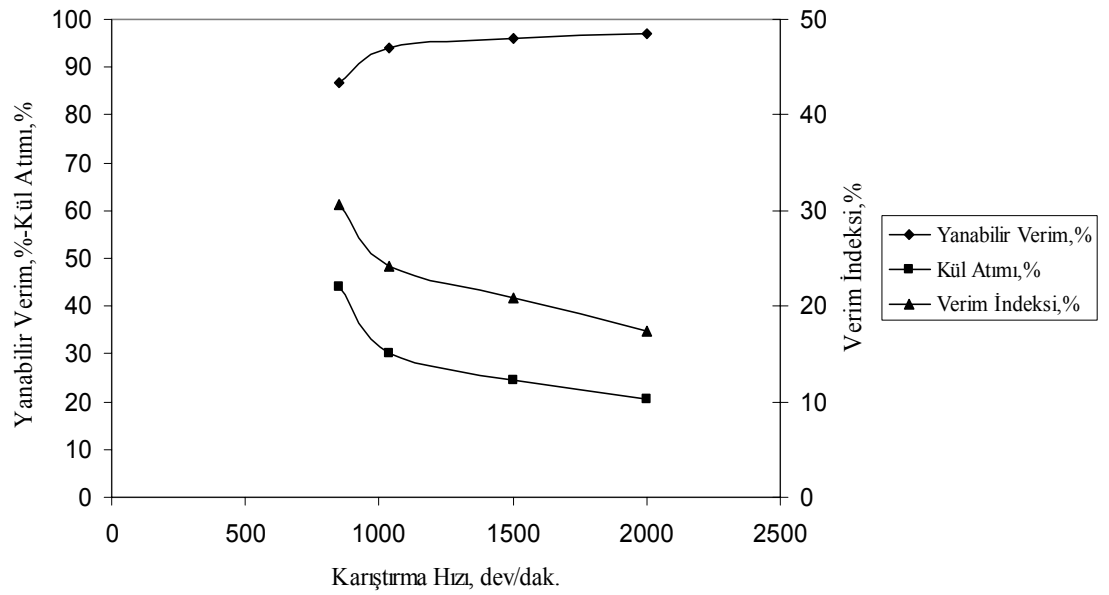


Şekil 39. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 42. Susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	82,31	9,57	86,63	44,05	30,68
1050	90,61	10,87	94,00	30,05	24,05
1500	93,25	11,38	96,18	24,63	20,81
2000	94,60	11,85	97,06	20,38	17,44

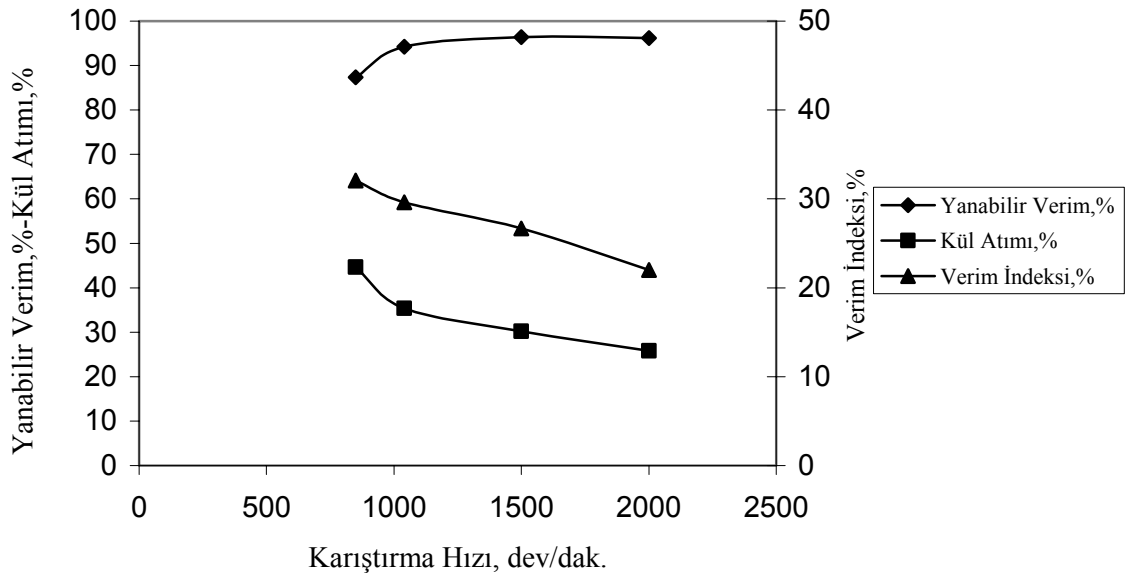


Şekil 40. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 43. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	82,86	9,40	87,37	44,68	32,05
1050	90,05	10,10	94,22	35,40	29,62
1500	92,68	10,60	96,43	30,23	26,66
2000	93,10	11,22	96,20	25,81	22,01

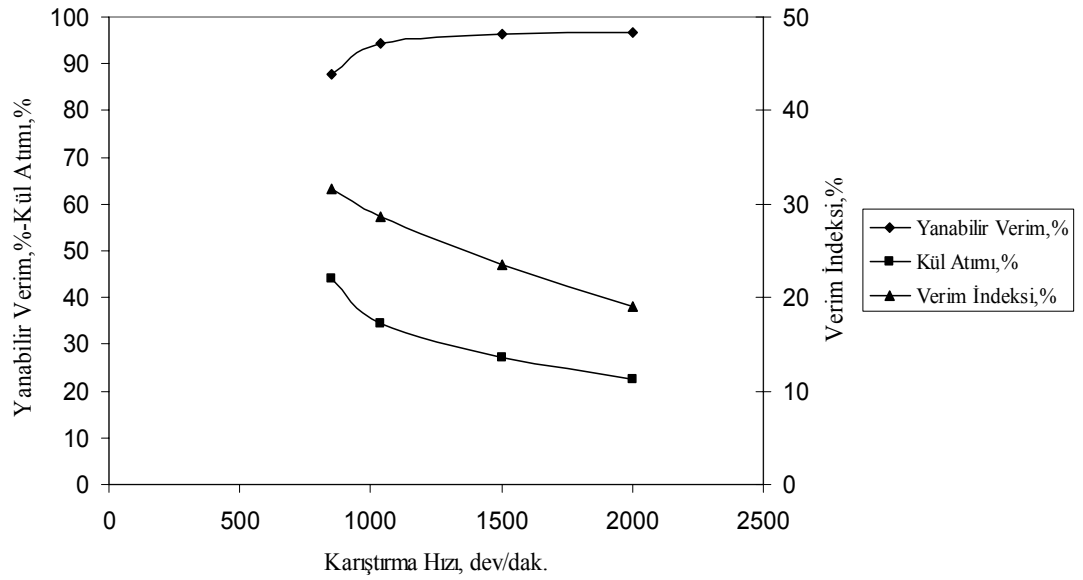


Şekil 41. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 44. Soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	83,25	9,48	87,71	43,95	31,66
1040	90,18	10,23	94,22	34,48	28,70
1500	92,96	11,02	96,27	27,24	23,51
2000	93,96	11,63	96,64	22,39	19,03

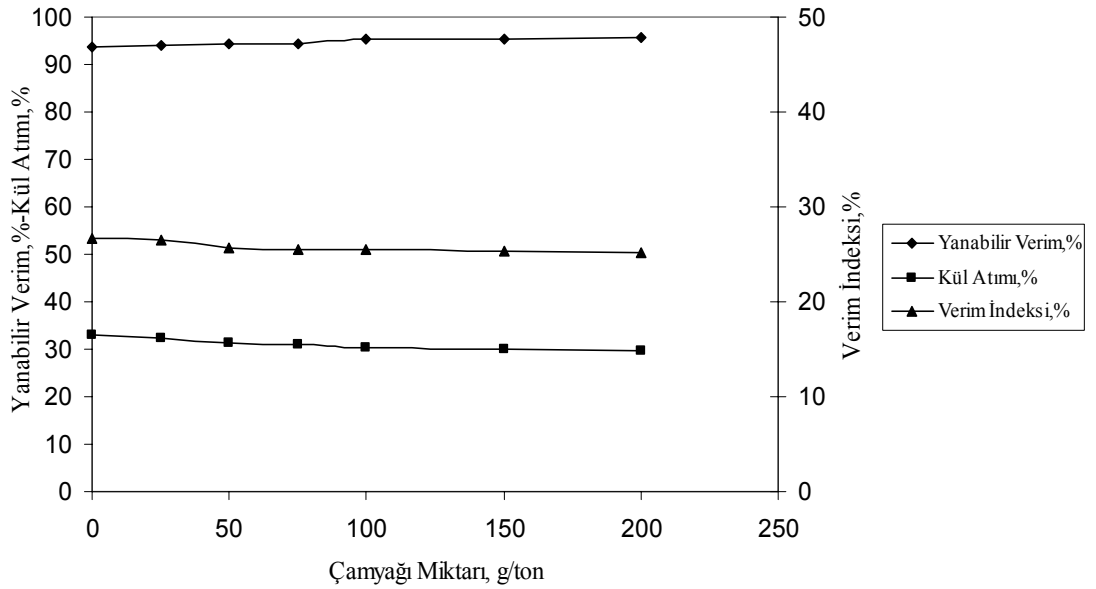


Şekil 42. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 45. Pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	89,89	10,50	93,64	32,97	26,61
25	90,41	10,53	94,15	32,39	26,54
50	90,68	10,65	94,30	31,41	25,71
75	90,89	10,69	94,48	30,99	25,47
100	91,72	10,72	95,31	30,17	25,48
150	91,88	10,74	95,45	29,92	25,37
200	92,06	10,77	95,61	29,58	25,19

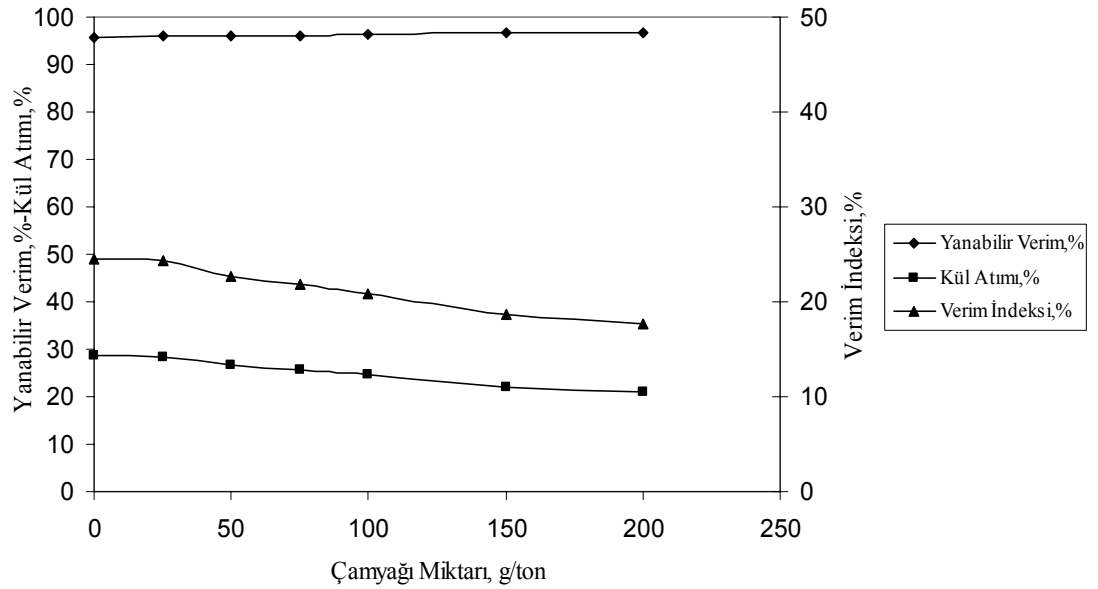


Şekil 43. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 46. Susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	92,23	10,87	95,68	28,80	24,48
25	92,46	10,90	95,88	28,42	24,30
50	92,89	11,12	96,09	26,64	22,73
75	93,04	11,25	96,10	25,66	21,76
100	93,25	11,38	96,18	24,63	20,81
150	93,89	11,68	96,51	22,11	18,62
200	94,19	11,82	96,67	20,93	17,60

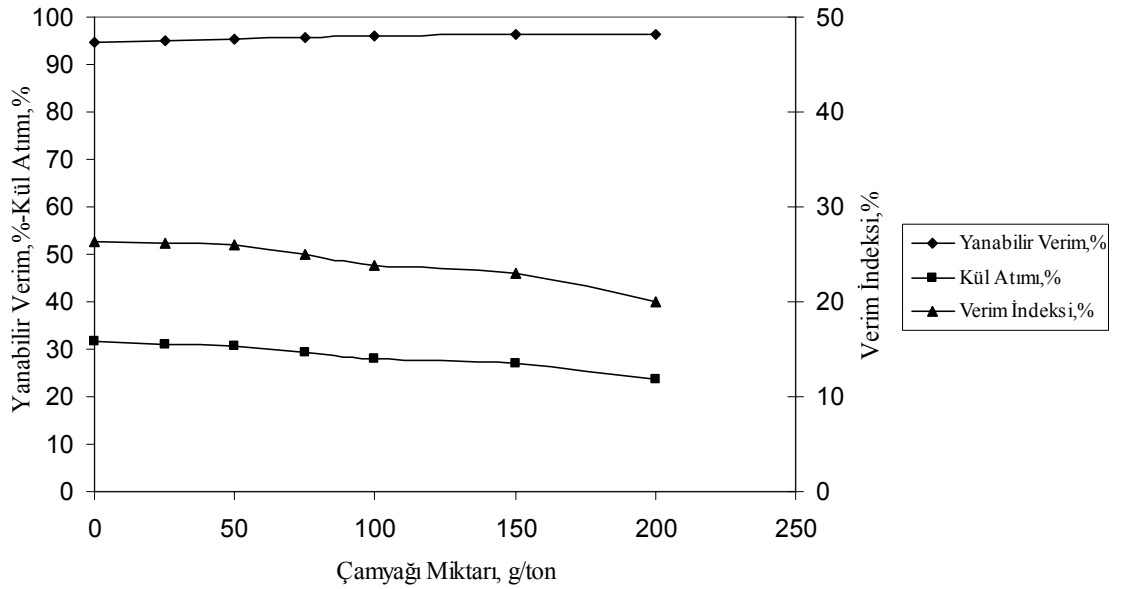


Şekil 44. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 47. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	91,00	10,59	94,70	31,56	26,26
25	91,30	10,62	94,98	31,14	26,12
50	91,75	10,65	95,41	30,60	26,01
75	92,16	10,80	95,68	29,31	24,99
100	92,68	10,96	96,05	27,86	23,91
150	92,96	11,08	96,21	26,85	23,06
200	93,44	11,48	96,27	23,81	20,08

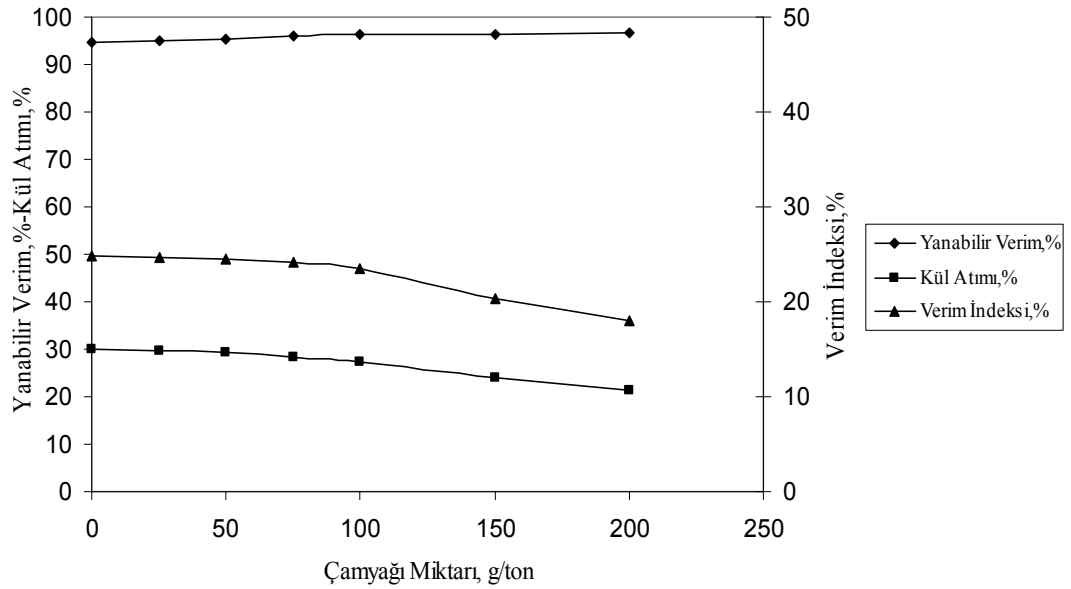


Şekil 45. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 48. Soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	91,21	10,79	94,70	30,10	24,80
25	91,48	10,81	94,96	29,77	24,73
50	91,88	10,85	95,33	29,20	24,53
75	92,50	10,92	95,90	28,26	24,16
100	92,96	11,02	96,27	27,24	23,51
150	93,43	11,45	96,29	24,02	20,31
200	94,01	11,76	96,55	21,48	18,03

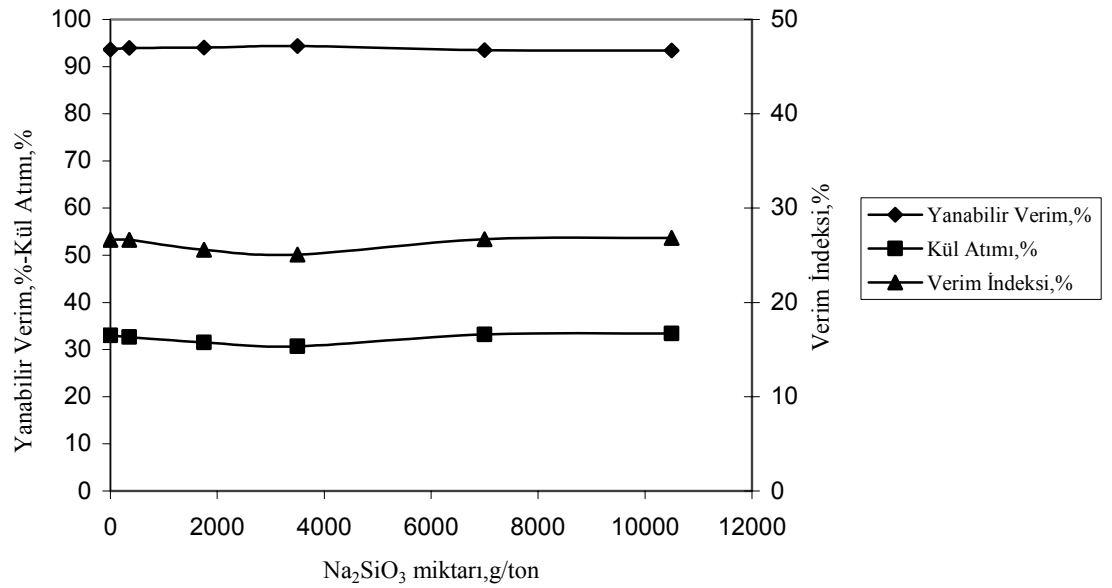


Şekil 46. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 49. Pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 1000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	89,89	10,50	93,64	32,97	26,61
350	90,22	10,51	93,97	32,66	26,63
1750	90,46	10,66	94,06	31,51	25,57
3500	90,83	10,74	94,36	30,72	25,08
7000	89,73	10,48	93,49	33,21	26,70
10500	89,62	10,46	93,40	33,42	26,82

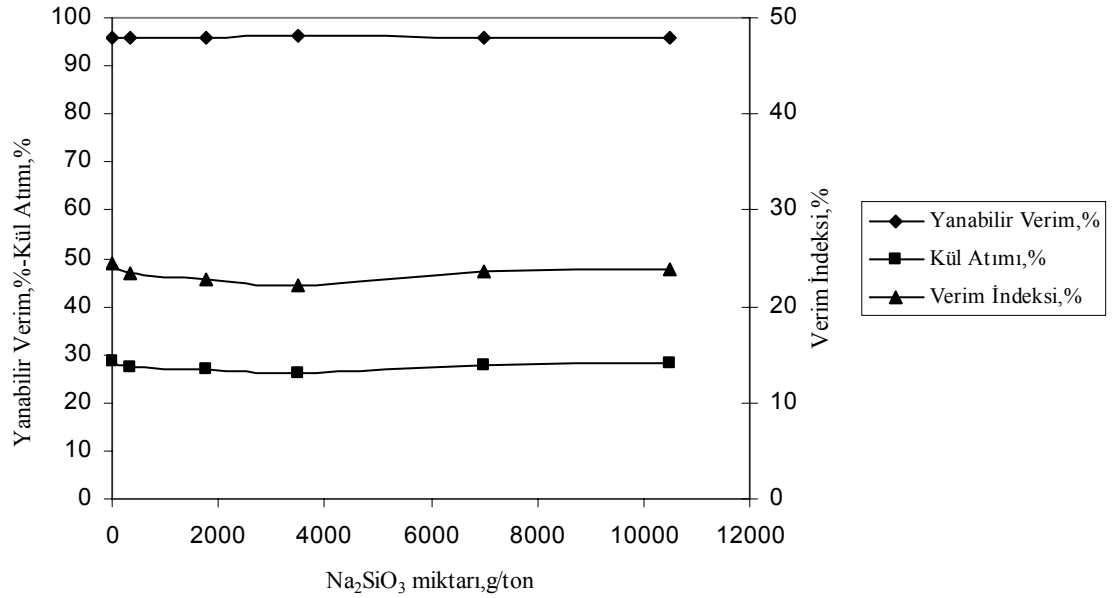


Şekil 47. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 50. Susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	92,23	10,87	95,68	28,80	24,48
350	92,73	11,02	96,03	27,42	23,45
1750	92,83	11,10	96,05	26,82	22,87
3500	93,06	11,20	96,18	25,98	22,16
7000	92,57	10,99	95,90	27,75	23,65
10500	92,40	10,95	95,77	28,14	23,91

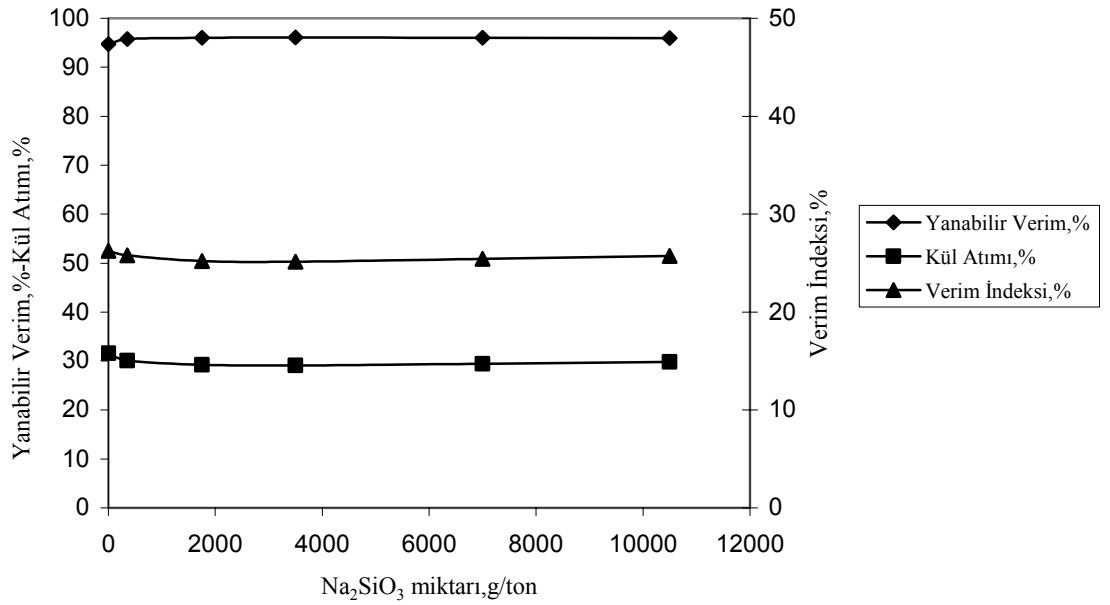


Şekil 48. Taşkömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 51. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na ₂ SiO ₃ Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	91,00	10,59	94,70	31,56	26,26
350	92,12	10,69	95,75	30,06	25,81
1750	92,44	10,78	95,99	29,23	25,22
3500	92,53	10,79	96,07	29,09	25,16
7000	92,45	10,75	96,03	29,41	25,44
10500	92,32	10,71	95,94	29,78	25,72

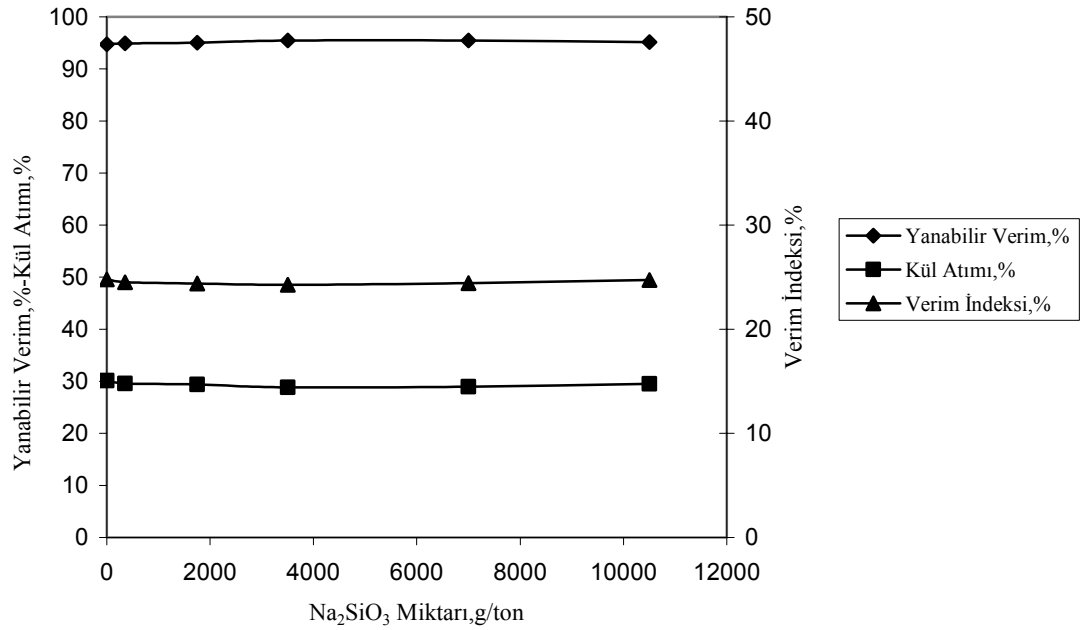


Şekil 49. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 52. Soyayağı ile yapılan deneylerde Na₂SiO₃ miktarının taşkömürü flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 2000 g/ton; pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na ₂ SiO ₃ Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	91,21	10,79	94,70	30,10	24,80
350	91,48	10,84	94,93	29,57	24,50
1750	91,59	10,86	95,02	29,36	24,38
3500	92,03	10,89	95,45	28,82	24,27
7000	91,99	10,87	95,43	28,98	24,41
10500	91,70	10,82	95,18	29,53	24,71



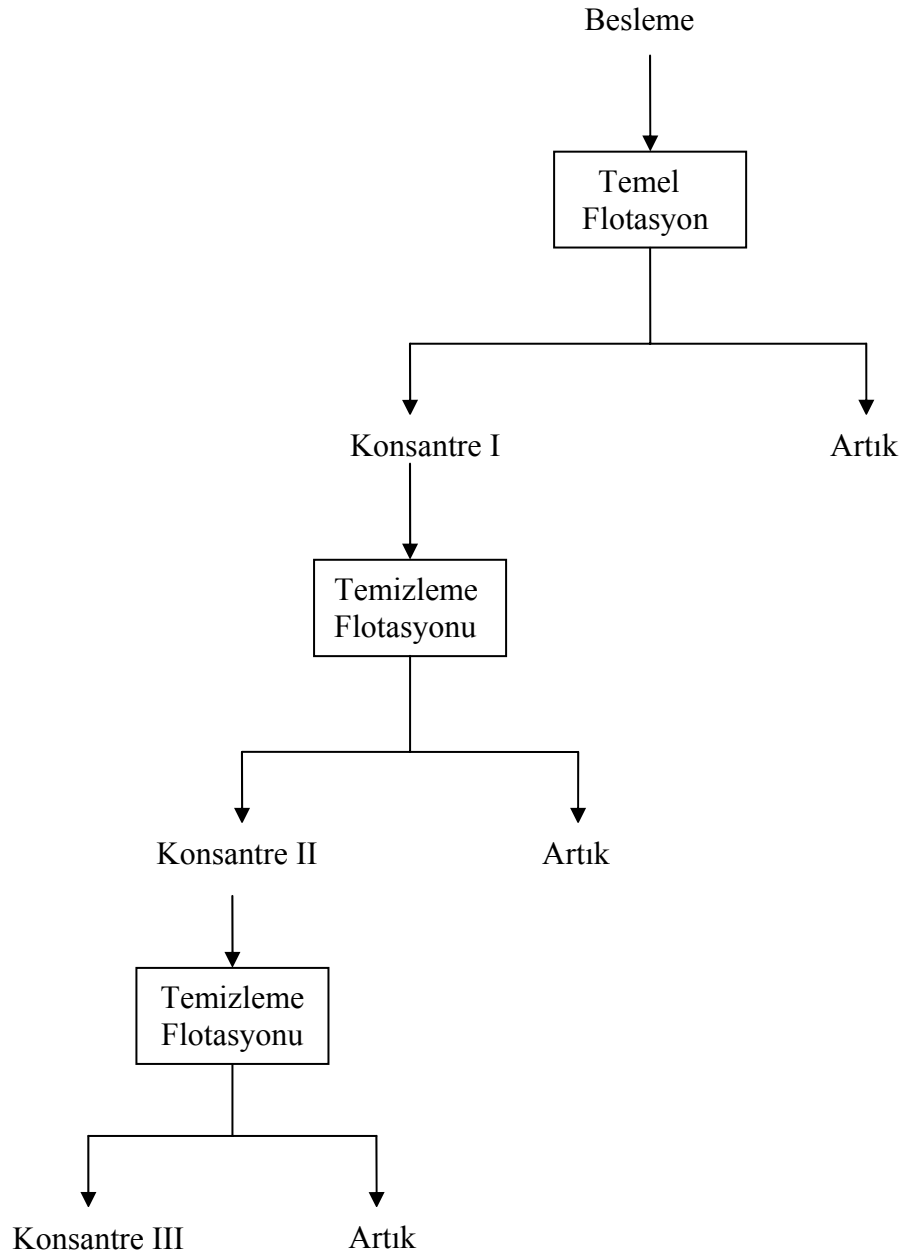
Şekil 50. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.1.2.8. Aşamalı flotasyonun etkisi

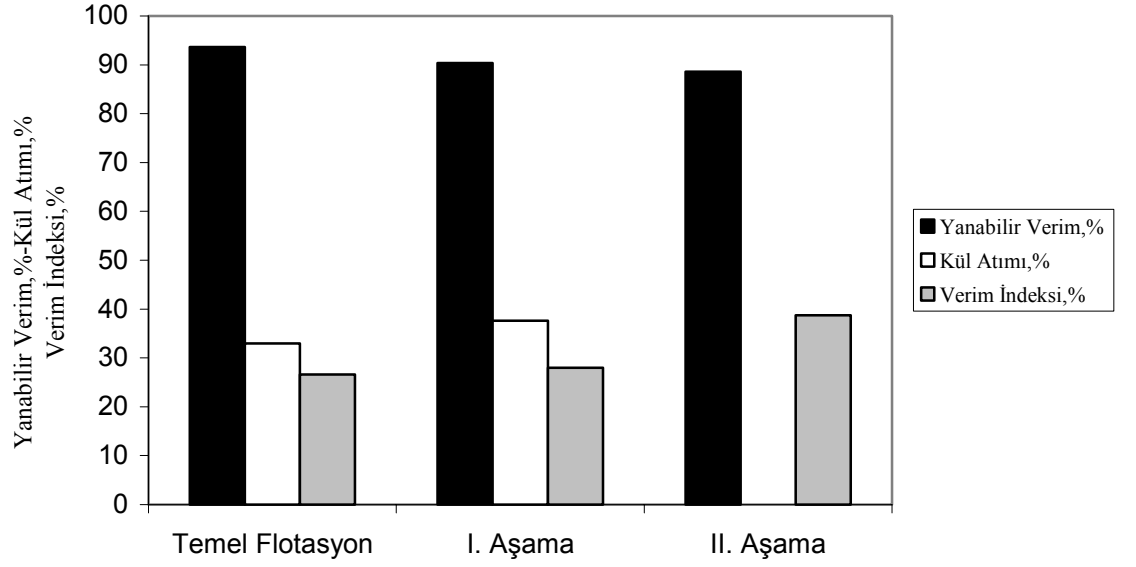
Her bir bitkisel yağ için belirlenen optimum koşullarda (sodyum silikat kullanılmamıştır) aşamalı (temizleme) flotasyon yapılmıştır. Temel flotasyonda optimum koşullar uygulanarak elde edilen konsantre I. aşamaya tabi tutulmuştur. I. aşamada reaktif katmadan sadece 6 dak. karıştırma süresi verilmiştir. Bu sürenin sonunda 1 dak. köpük alınarak elde edilen konsantre II. aşamaya tabi tutulmuştur. Aynı işlem bu aşamada da yapılarak konsantre elde edilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 53’de verilmiştir. Aşamalı flotasyona ait akım şeması Şekil 51’de verilirken; yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 52, 53, 54 ve 55’de verilmiştir.

Tablo 53. Aşamalı flotasyonun taşkömürünün yüzdürülmesine etkisi

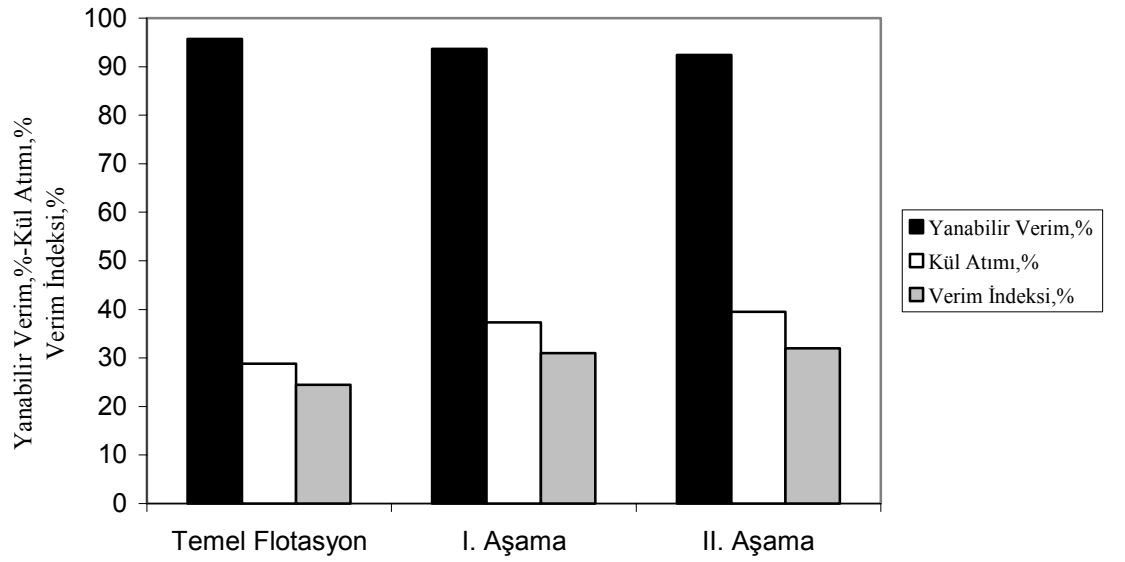
Yağ Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	Temel Flotasyon	89,89	10,50	93,64	32,97	26,61
	I. Aşama	86,45	10,16	90,39	37,62	28,01
	II. Aşama	83,16	8,45	88,61	50,09	38,70
Susamyağı	Temel Flotasyon	92,23	10,87	95,68	28,80	24,48
	I. Aşama	89,30	9,88	93,67	37,34	31,01
	II. Aşama	87,94	9,68	92,44	39,54	31,98
Zeytinyağı	Temel Flotasyon	91,00	10,59	94,70	31,56	26,26
	I. Aşama	88,88	9,53	93,59	39,84	33,43
	II. Aşama	86,92	9,29	91,77	42,65	34,42
Soyayağı	Temel Flotasyon	91,21	10,79	94,70	30,10	24,80
	I. Aşama	89,25	9,58	93,92	39,27	33,19
	II. Aşama	86,32	9,06	91,36	44,46	35,82



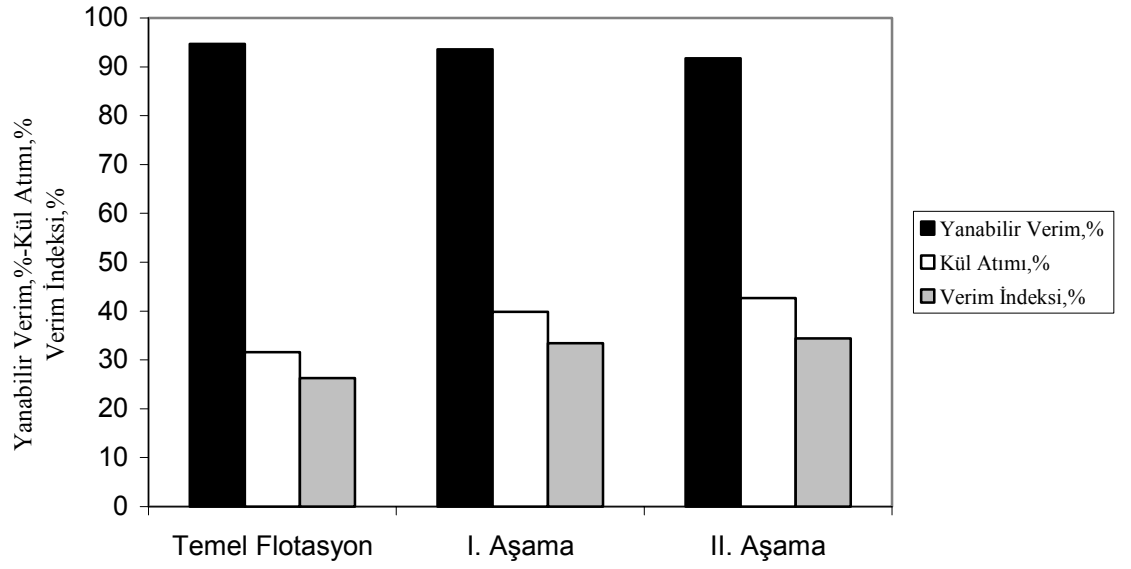
Şekil 51. Taşkömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması



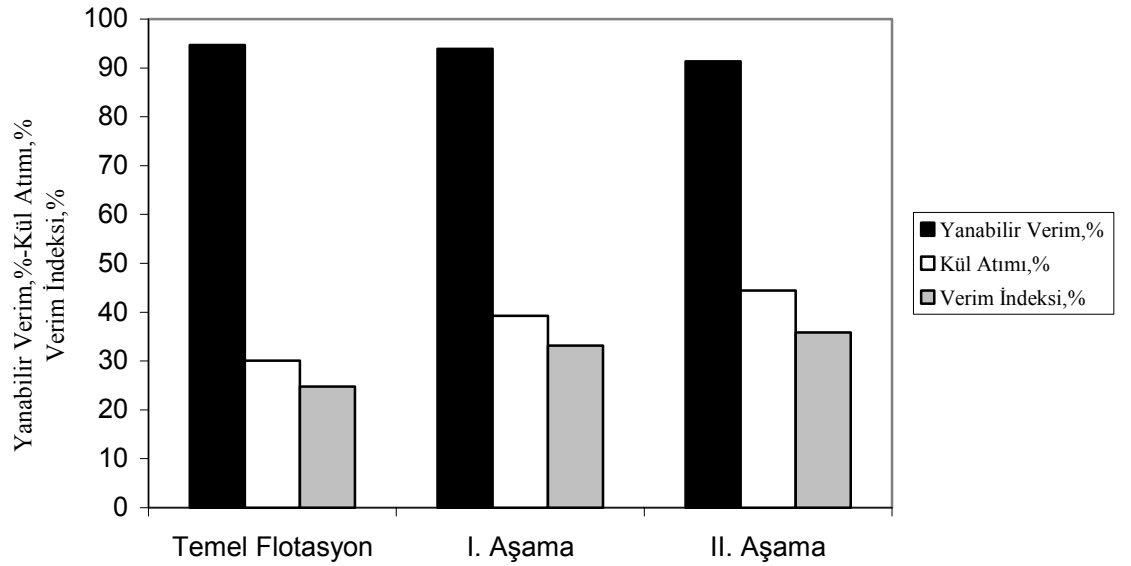
Şekil 52. Taşkömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim



Şekil 53. Taşkömürünün flotasyonunda susunyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim



Şekil 54. Taşkömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim



Şekil 55. Taşkömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişim

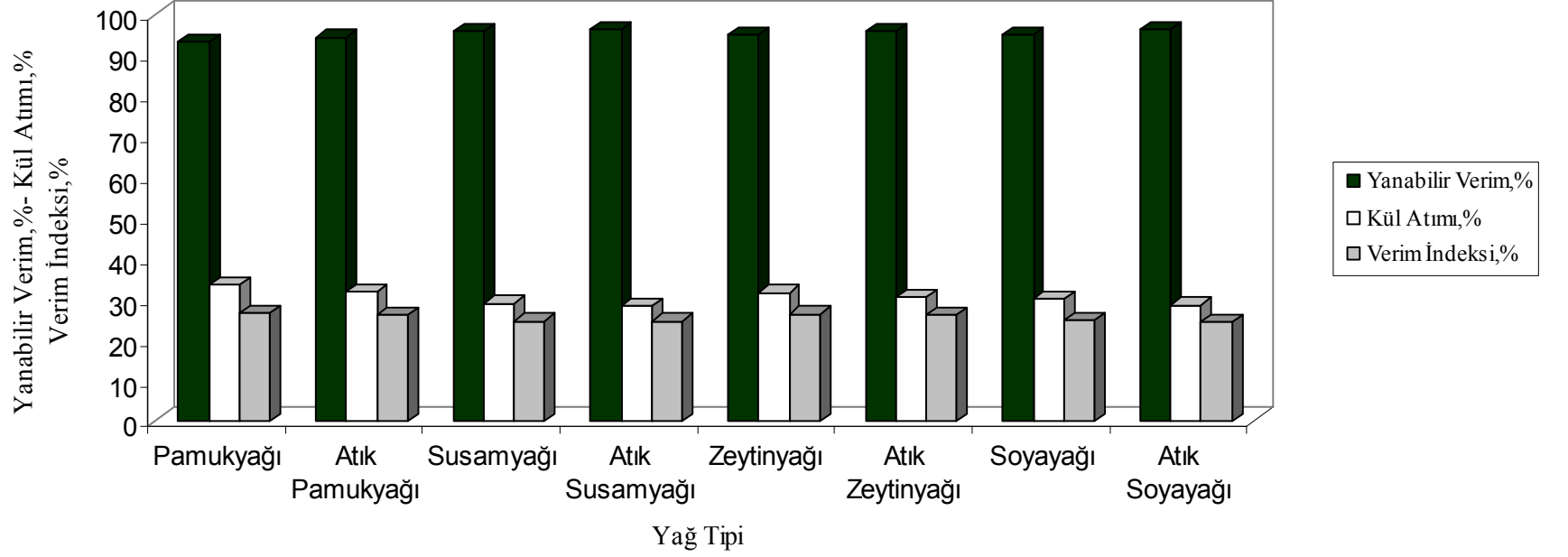
4.1.1.2.7. Kullanılmış (atık) yağlarla yapılan flotasyon deneyleri

Kullanılmış (atık) yağların taşkömürü flotasyonu üzerindeki etkilerini araştırmak için bitkisel yağlar kullanılarak fritözde 175°C'de patates kızartması yapılmıştır. Kızartma sonucunda elde edilen atık yağlarla daha önce belirlenen optimum koşullarda deneyler yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 54 ve Şekil 56'da verilmiştir. Deneylerde köpürtücü kullanılmamıştır.

Tablo 54. Kullanılmış yağların taşkömürü flotasyonuna etkisi

(pH: 8,25 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Yağ Tipi	Yağ Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	1000	89,36	10,50	93,08	33,36	26,44
Atık Pamukyağı	1000	90,56	10,61	94,22	31,76	25,98
Susamyağı	2000	92,23	10,87	95,68	28,80	24,48
Atık Susamyağı	2000	92,76	10,89	96,20	28,26	24,46
Zeytinyağı	2000	91,00	10,59	94,70	31,56	26,26
Atık Zeytinyağı	2000	92,00	10,64	95,68	30,48	26,16
Soyayağı	2000	91,21	10,79	94,70	30,10	24,80
Atık Soyağı	2000	92,61	10,89	96,05	28,37	24,42



Şekil 56. Kullanılmış yağların taşkömürünün flotasyonuna etkisi

4.1.2. Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri

4.1.2.1. Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri

Bu kısımda Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyon ile zenginleştirilmesinde etkin olan parametrelerin optimum koşulları belirlenmiştir.

4.1.2.1.1. Klasik yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

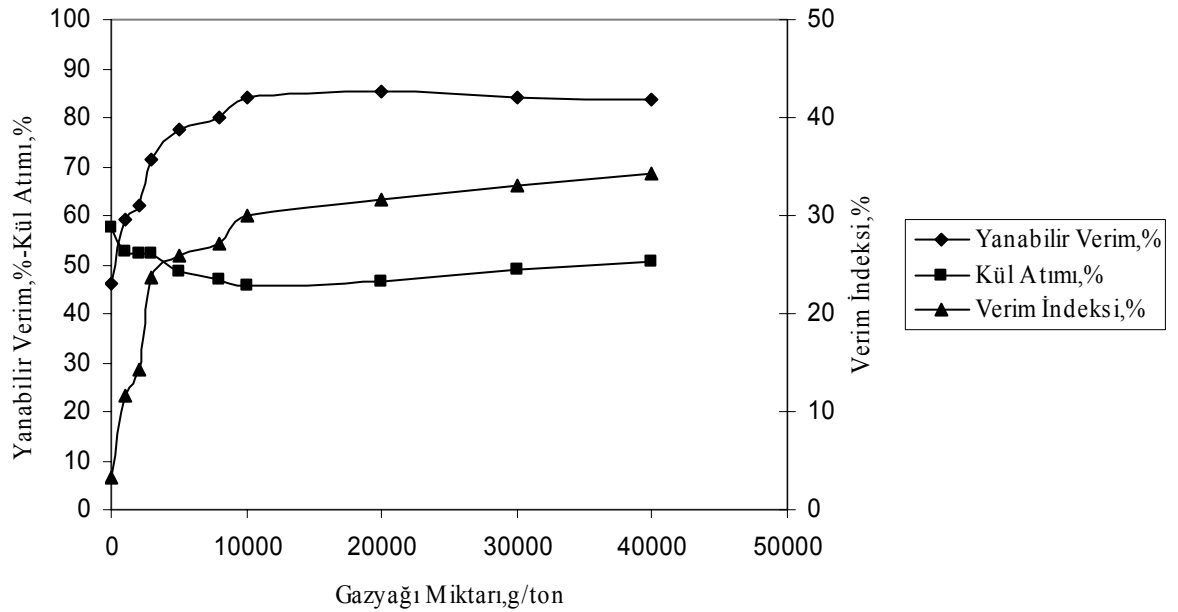
Deneylerde taşkömürü deneylerinde olduğu gibi toplayıcı olarak klasik yağlardan gazyağı ve fueloil kullanılmıştır.

4.1.2.1.1.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi

Bu deneyler 100 g örnek kullanarak 1500 dev/dak karıştırma hızında, %10 katı oranında ve pülp pH'ı 8,90'da gerçekleştirilmiştir. Köpürtücü miktarı 100 g/ton ilave edilip, köpük alma süresi 2 dak.'dır . İncelenen gazyağı ve fueloil miktarları 0-1000-2000-3000-5000-8000-10000-20000-30000 ve 40000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 55 ve 56'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 57 ve 58'de gösterilmiştir.

Tablo 55. Gazyağı miktarının Eski Çeltak Linyit flotasyonuna etkisi

Gazyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	53,42	42,28	59,01	52,70	11,71
2000	55,28	41,26	62,15	52,23	14,38
3000	60,00	37,88	71,33	52,40	23,73
5000	65,06	37,79	77,46	48,51	25,97
8000	67,10	37,68	80,03	47,05	27,08
10000	69,88	37,06	84,18	45,76	29,94
20000	70,07	36,47	85,20	46,48	31,68
30000	68,17	35,62	84,00	49,15	33,15
40000	67,47	35,05	83,87	50,47	34,34

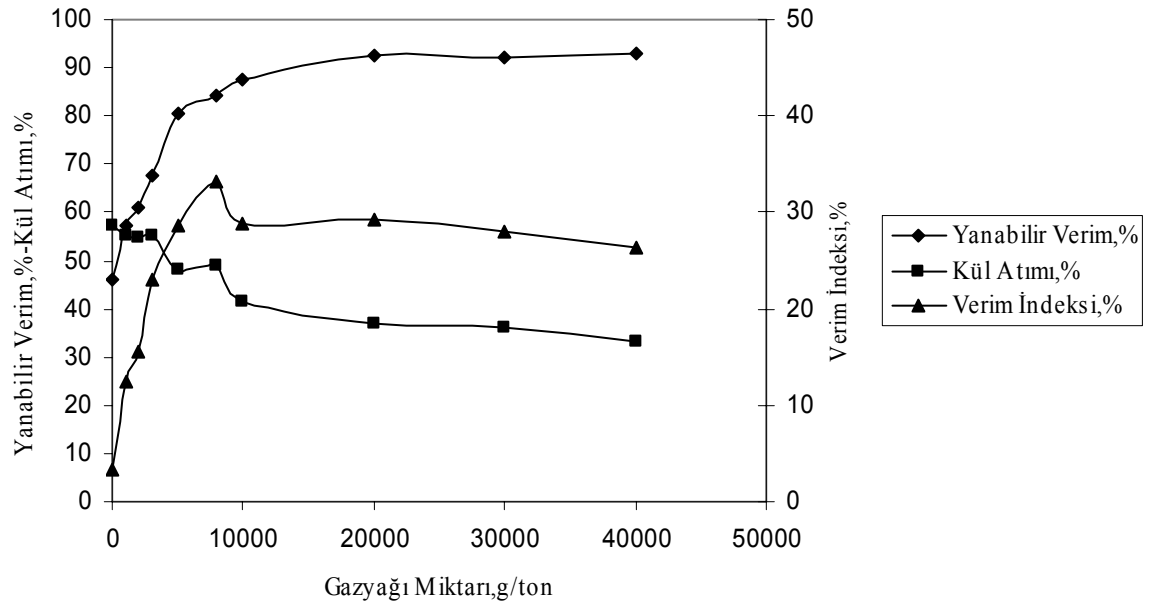


Şekil 57. Eski Çeltak Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Şekil 57'de görülebileceği gibi 10000 g/ton gazyağı miktarından sonra yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinde önemli bir değişim olmamıştır. Bu nedenle en uygun değer 10000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde gazyağı için bu değer esas alınmıştır.

Tablo 56. Fueleoil miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

Fueleoil Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	51,24	41,66	57,21	55,30	12,51
2000	53,36	40,44	60,83	54,81	15,64
3000	56,65	37,64	67,61	55,34	22,95
5000	66,99	37,08	80,67	47,98	28,65
8000	68,27	35,64	84,09	49,04	33,13
10000	73,64	37,95	87,45	41,47	28,92
20000	78,39	38,43	92,37	36,91	29,28
30000	78,69	38,86	92,08	35,96	28,04
40000	80,49	39,60	93,04	33,25	26,29



Şekil 58. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda fueleoil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Şekil 58'de görülebileceği gibi fueleoil miktarı arttıkça yanabilir verim de artmaktadır. Bu artış 40000 g/ton'a kadar devam etmiştir. Buna rağmen burada 10000 g/ton değerinin seçilmesindeki neden, gazyacı ile daha kolay karşılaştırma imkanının sağlanabilmesi ve ekonomik olmasıdır. Bu nedenle en uygun değer

10000 g/ton olarak belirlenmiş ve diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylerinde fueloil için bu değer esas alınmıştır.

4.1.2.1.1.2. pH'in etkisi

Eski Çelttek Linyit kömürünün klasik yağlarla flotasyonunda pH'in etkisi, diğer parametreler sabit tutularak incelenmiştir. Gazyağı ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular Tablo 57 ve Şekil 59'da; fueloil bulguları ise Tablo 58 ve Şekil 60'da gösterilmiştir.

Hem gazyağı hem de fueloil ile yapılan deneylerden elde edilen bulgulardan görüleceği gibi en uygun sonuçlar doğal pülp pH'ında alınmıştır. Bu nedenle bundan sonraki deneyler bu pH'da yapılmıştır.

4.1.2.1.1.3. Köpük alma süresinin etkisi

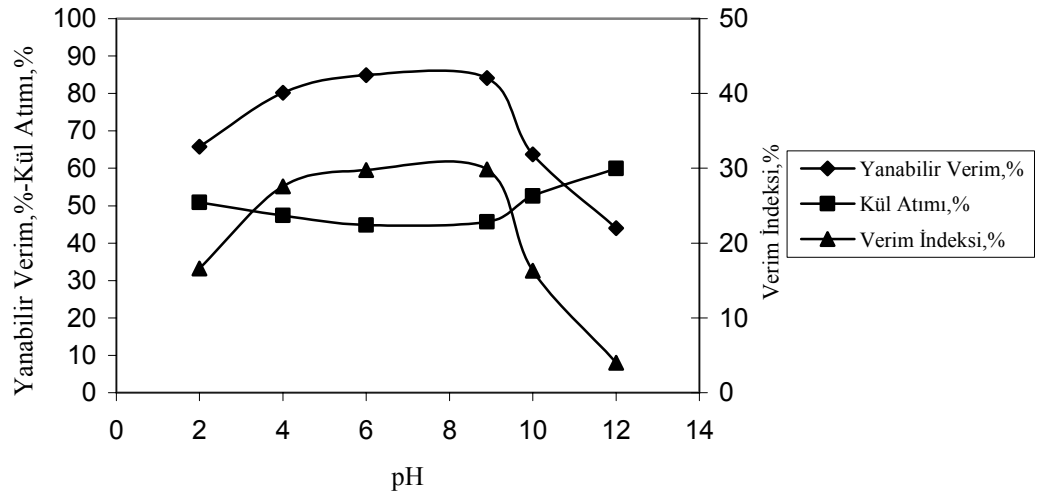
Hem gazyağı hem de fueloil ile köpük alma süresinin etkisini incelemek için, belirlenen sürelerde köpük alınarak; yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenmiş ve klasik yağlar için optimum flotasyon süresi seçilmiştir. Gazyağının köpük alma süresine etkisi Tablo 59 ve Şekil 61'de verilirken; fueloilin köpük alma süresine etkisi Tablo 60 ve Şekil 62'de verilmiştir.

Gazyağı ve fueloil ile yapılan flotasyon deneylerinde yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerlerine bakıldığında, köpük alma süresinin gazyağı için 0,75 dak.; fueloil için ise 1 dak. yeterli olduğu görülmüştür.

Tablo 57. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltak Linyit flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	57,80	40,57	65,74	50,89	16,63
4,00	67,00	37,48	80,16	47,41	27,57
6,00	70,70	37,24	84,92	44,86	29,78
8,90	69,88	37,06	84,18	45,76	29,94
10,00	55,91	40,48	63,69	52,60	16,29
12,00	42,11	45,38	44,02	59,98	4,00

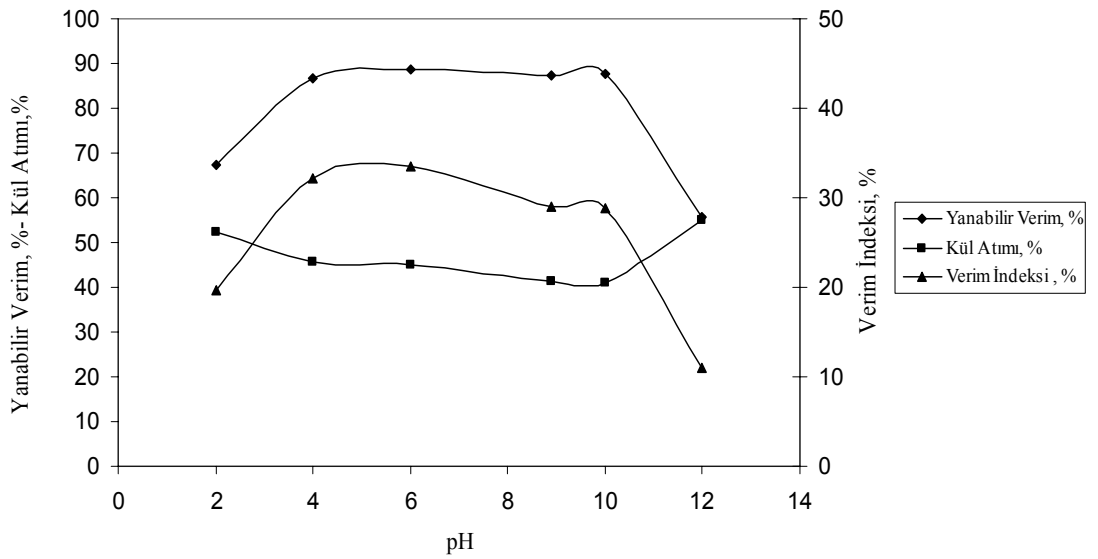


Şekil 59. Eski Çeltak Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 58. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton.; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı:%10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	57,84	39,29	67,21	52,41	19,62
4,00	71,29	36,48	86,67	45,54	32,21
6,00	72,60	36,21	88,63	44,95	33,58
8,90	73,64	37,95	87,45	41,47	28,92
10,00	73,92	38,03	87,67	41,13	28,80
12,00	50,58	42,33	55,83	55,16	10,99



Şekil 60. Eski Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 59. Gazyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

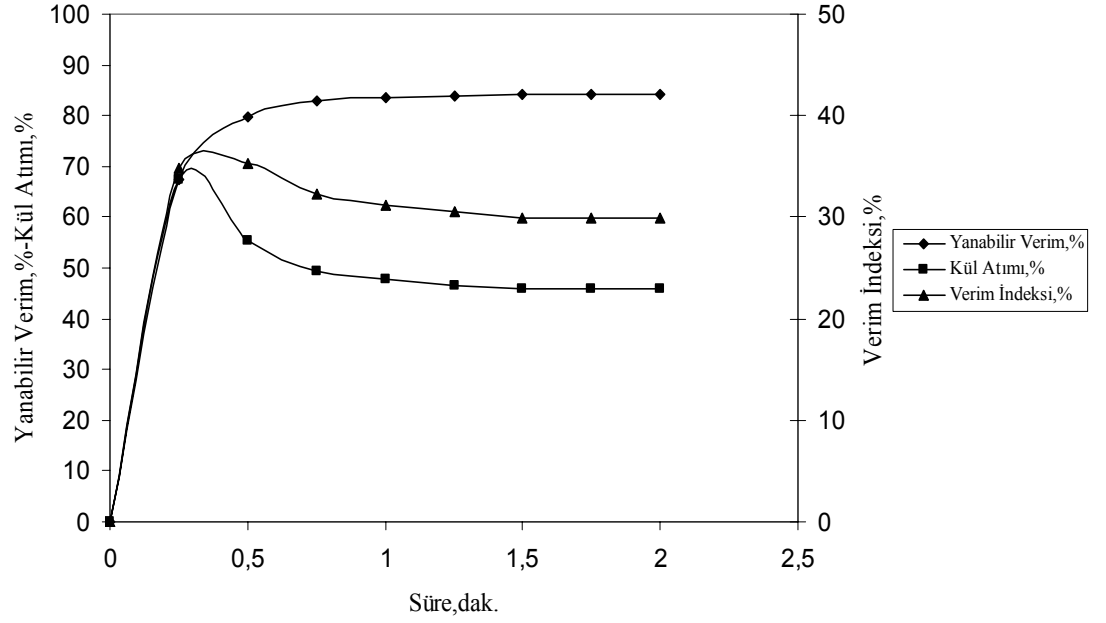
(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	50,80	30,63	50,80	30,63	67,44	67,41	34,85
0,25-0,50	12,25	46,98	63,05	33,81	79,87	55,36	35,23
0,50-0,75	4,45	64,46	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
0,75-1,00	1,04	72,45	68,54	36,38	83,45	47,78	31,23
1,00-1,25	0,84	73,15	69,38	36,78	83,95	46,56	30,51
1,25-1,50	0,50	75,43	69,88	37,06	84,18	45,76	29,94
1,50-1,75	0,00	-	69,88	37,06	84,18	45,76	29,94
1,75-2,00	0,00	-	69,88	37,06	84,18	45,76	29,94
Besleme	100	47,75					

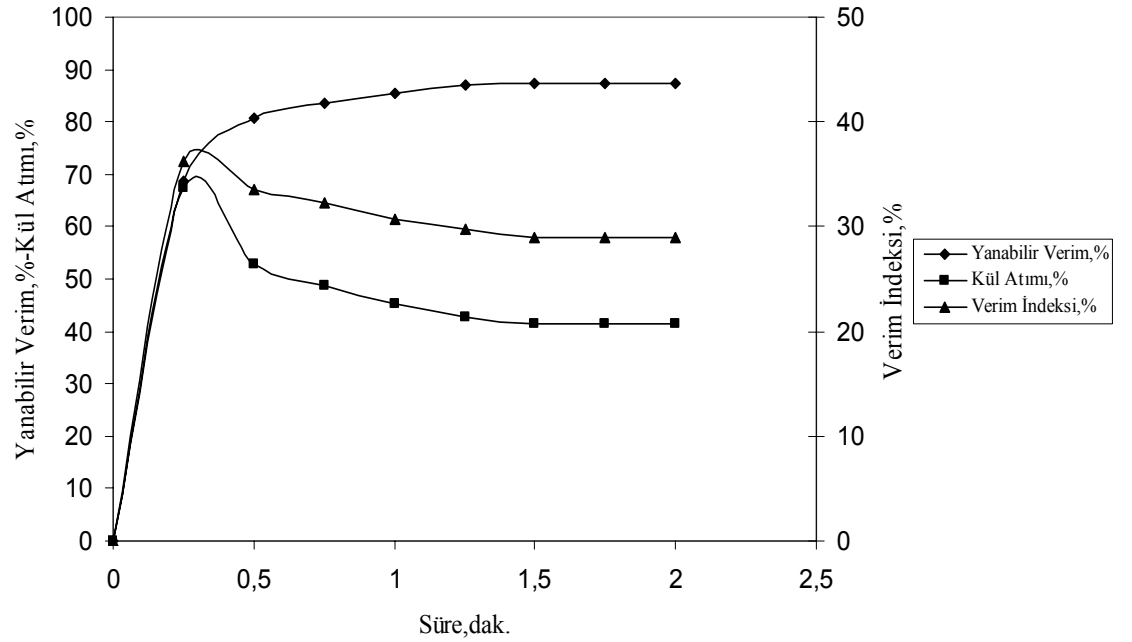
Tablo 60. Fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	51,36	30,18	51,36	30,18	68,63	67,54	36,17
0,25-0,50	13,38	52,63	64,74	34,82	80,76	52,79	33,55
0,50-0,75	3,31	57,95	68,05	35,94	83,43	48,78	32,21
0,75-1,00	2,87	60,84	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
1,00-1,25	1,80	61,97	72,72	37,57	86,89	42,78	29,67
1,25-1,50	0,92	67,55	73,64	37,95	87,45	41,47	28,92
1,50-1,75	0,00	-	73,64	37,95	87,45	41,47	28,92
1,75-2,00	0,00	-	73,64	37,95	87,45	41,47	28,92
Besleme	100	47,75	-	-	-	-	-



Şekil 61. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 62. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.1.1.4. Katı oranının etkisi

Katı oranının etkisinin incelendiği deneylerde gazyağı ile ilgili sonuçlar Tablo 61 ve Şekil 63'de; fueloil ile ilgili sonuçlar ise Tablo 62 ve Şekil 64'de verilmiştir.

Gazyağı ve fueloil için yanabilir verim, kül atımı değerlerine bakıldığında en iyi değerler %10'luk katı oranında alınmıştır.

4.1.2.1.1.5. Karıştırma hızının etkisi

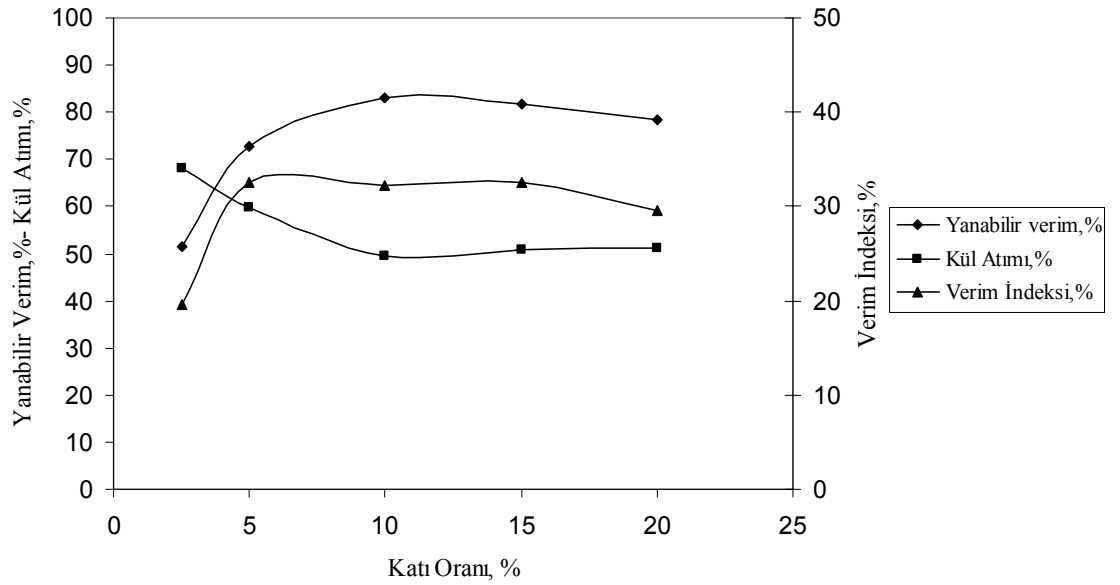
Karıştırma hızının etkisi 850-1050-1500 ve 2000 dev/dak.'lık hızlarda incelenmiştir. Her bir karıştırma hızında yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek gazyağı ve fueloil için en uygun karıştırma hızları seçilmiştir. Gazyağının karıştırma hızına etkisi Tablo 63 ve Şekil 65'de verilirken fueloilin karıştırma hızına etkisi Tablo 64 ve Şekil 66'da verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi gazyağı ve fueloil için karıştırma hızı azaldıkça verim de azalmaktadır. 1500 dev/dak. karıştırma hızından sonra ise çok fazla artış olmadığından bu değer hem gazyağı hem de fueloil için optimum karıştırma hızı olarak belirlenmiştir.

Tablo 61. Gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	41,93	35,97	51,38	68,14	19,52
5,00	57,10	33,56	72,61	59,87	32,48
10,00	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
15,00	66,13	35,48	81,66	50,86	32,52
20,00	64,26	36,28	78,37	51,18	29,55

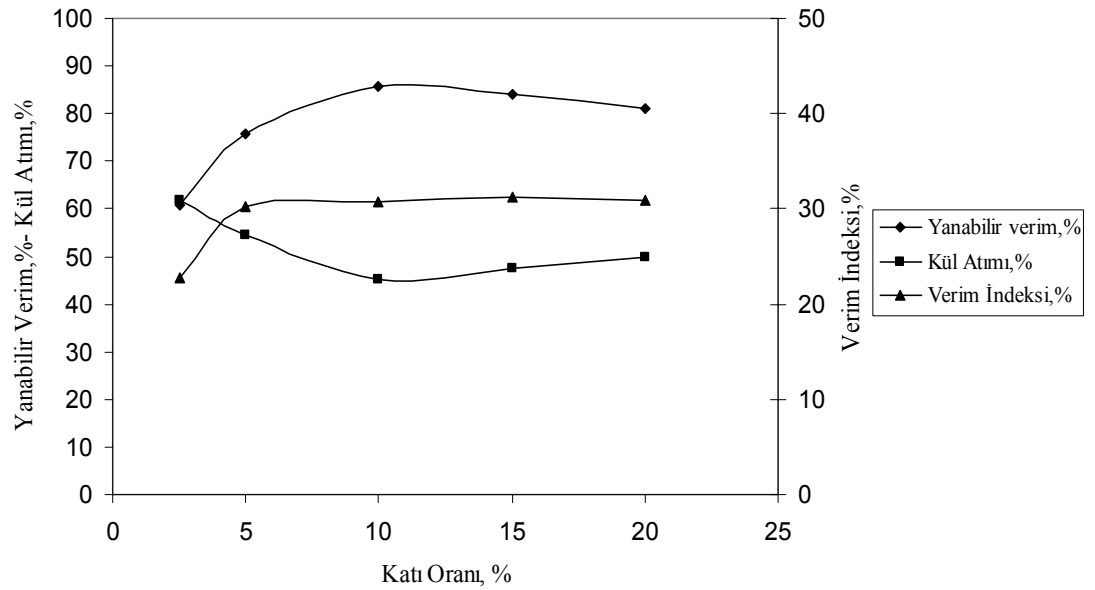


Şekil 63. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 62. Fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çeltak Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi 1 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	50,02	36,44	60,85	61,83	22,68
5,00	61,34	35,43	75,80	54,49	30,29
10,00	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
15,00	68,98	36,43	83,92	47,37	31,29
20,00	66,35	36,12	81,12	49,81	30,93

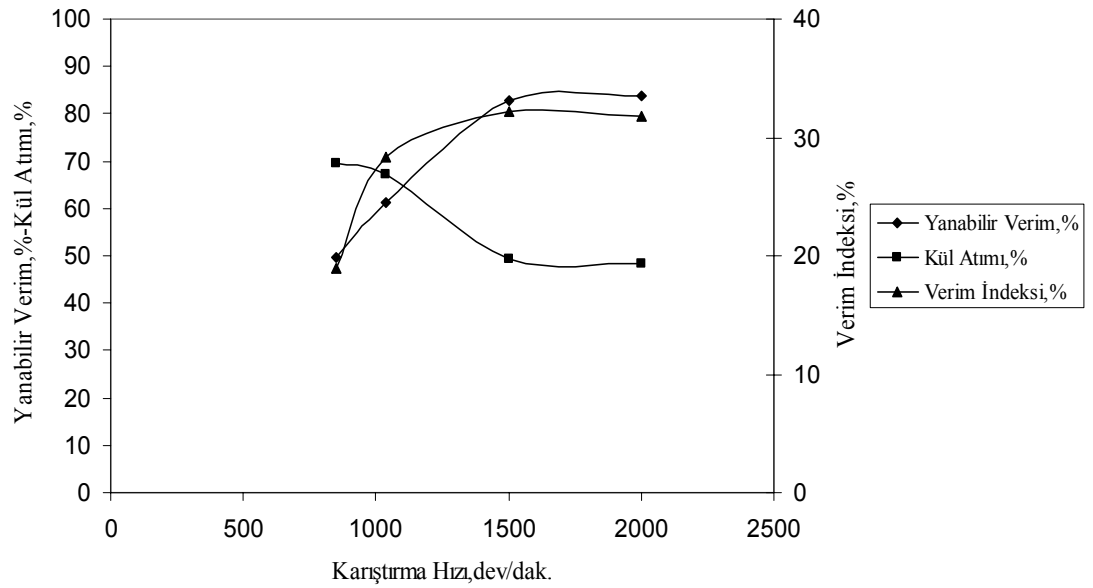


Şekil 64. Eski Çeltak Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 63. Gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltak Linyit flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: % 10; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	40,23	35,68	49,52	69,94	19,46
1050	47,69	32,89	61,25	67,15	28,40
1500	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
2000	68,44	36,15	83,63	48,19	31,82

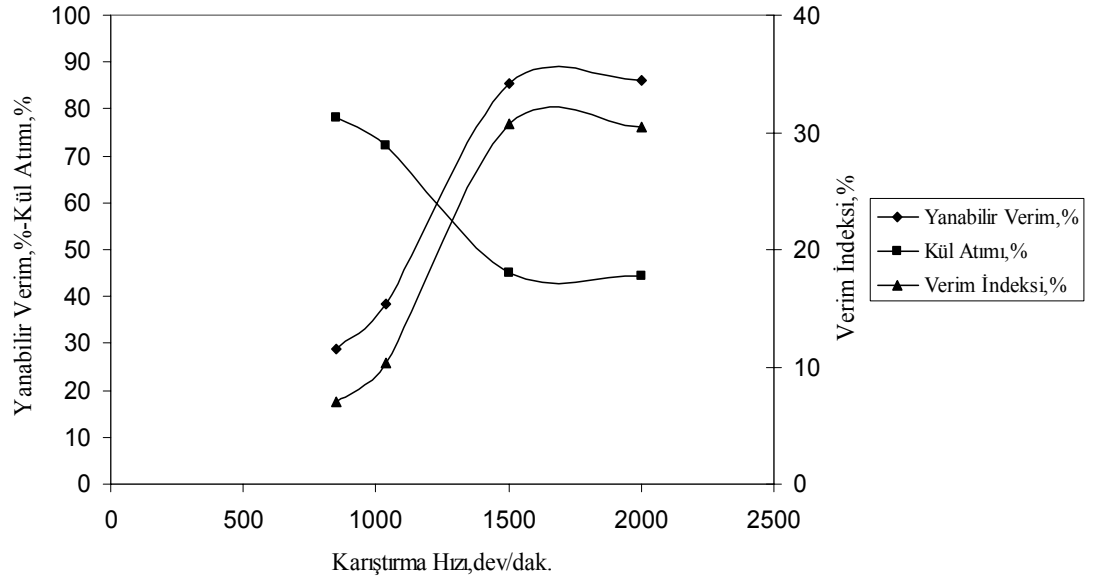


Şekil 65. Eski Çeltak Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 64. Fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çeltak Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	25,46	40,83	28,83	78,23	7,06
1050	33,32	39,98	38,27	72,10	10,37
1500	70,92	36,96	85,57	45,11	30,68
2000	71,64	37,15	86,17	44,26	30,43



Şekil 66. Eski Çeltak Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.1.1.6. Köpürtücü miktarının etkisi

Köpürtücü olarak çamyaağının kullanıldığı bu deneylerde, köpürtücü konsantrasyonu 200 g/ton değerine kadar çalışılmıştır. Hem gazyağı hem de fueloil için köpürtücü konsantrasyonunun etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 65 ve Şekil 67’de; fueloil sonuçları ise Tablo 66 ve Şekil 68’de verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde her iki yağ için optimum çamyaağı miktarı 100 g/ton olarak belirlenmiştir.

4.1.2.1.1.7. Na₂SiO₃ miktarının etkisi

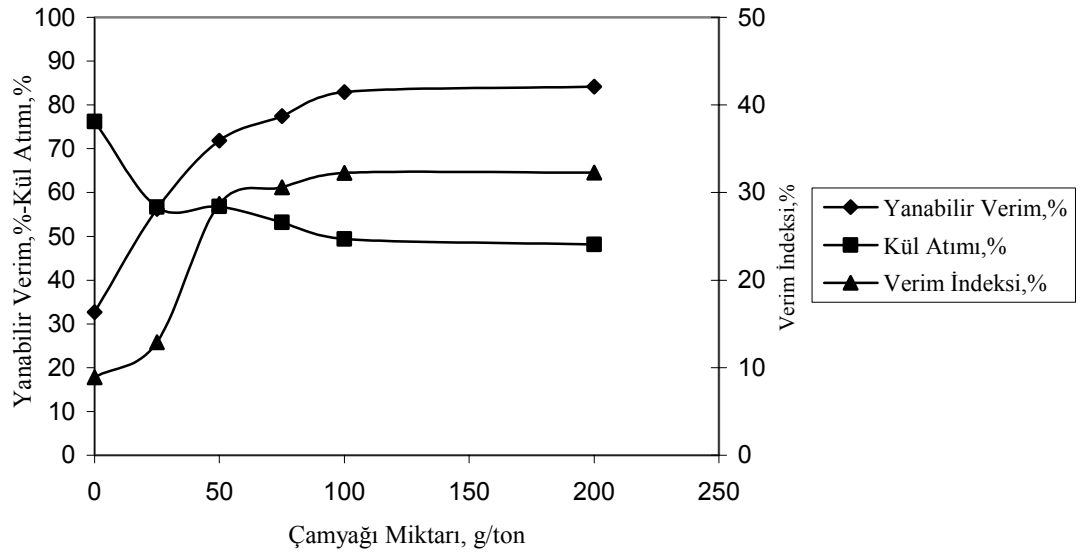
Bastırıcı/dağıtıcı olarak farklı konsantrasyonlarda Na₂SiO₃ kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan 1750-3500-7000-10500 g/ton Na₂SiO₃ miktarlarında yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek gazyağı ve fueloil için optimum değer seçilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 67 ve 68’de verilirken; Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 69 ve 70’de verilmiştir.

Sodyum silikat kullanıldığında gazyağı ile yapılan deneylerde flotasyon değişkenleri açısından (yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi) sodyum silikat konsantrasyonuna bağlı olarak önemli bir değişme meydana gelmemiştir. Kül yönünden de herhangi bir düşüş gözlemlenmemiştir. Fueloil ile yapılan deneylerde ise 1750 g/ton sodyum silikat miktarına kadar yanabilir verimde artış meydana gelirken, daha sonraki konsantrasyonlarda yanabilir verim değerlerinde düşüşler görülmüştür. Sonuç olarak seçimlilik yönünden sodyum silikat önemli bir başarı sağlamamıştır.

Tablo 65. Gazyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	28,42	39,93	32,67	76,23	8,90
25	50,05	41,32	56,21	56,69	12,90
50	58,15	35,43	71,86	56,85	28,71
75	62,84	35,60	77,45	53,15	30,60
100	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
200	68,75	36,03	84,17	48,12	32,29

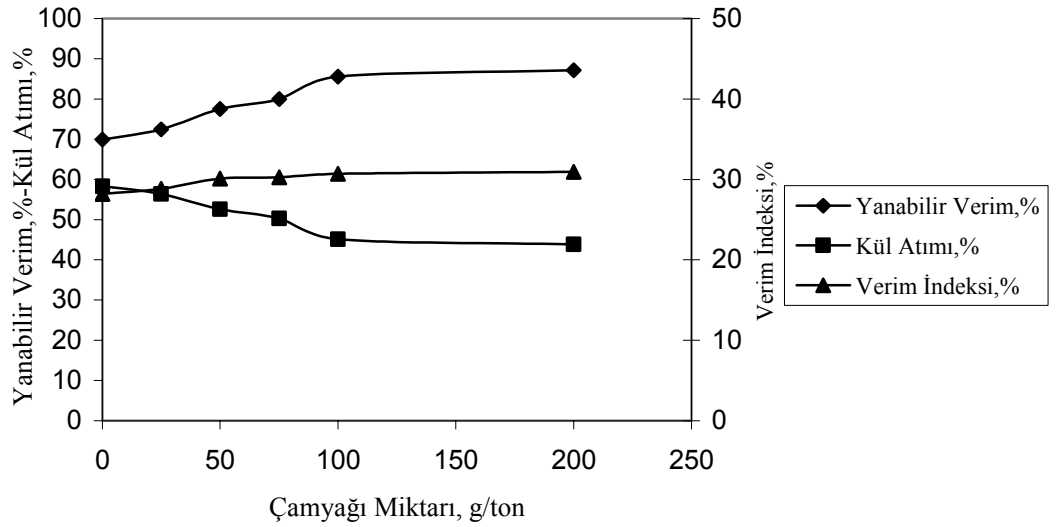


Şekil 67. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 66. Fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	56,43	35,28	69,90	58,31	28,21
25	58,64	35,49	72,40	56,42	28,82
50	63,14	35,85	77,52	52,60	30,12
75	65,53	36,23	79,98	50,28	30,26
100	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
200	72,33	37,08	87,10	43,83	30,93

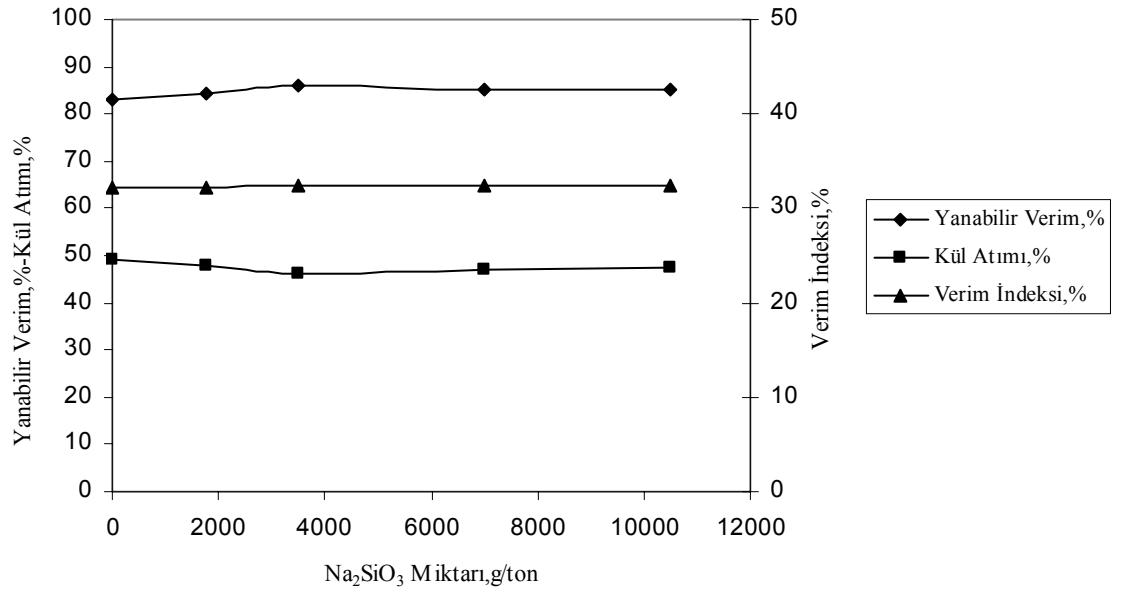


Şekil 68. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 67. Gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
1750	69,12	36,10	84,53	47,74	32,27
3500	70,63	36,30	86,11	46,31	32,42
7000	69,88	36,17	85,37	47,07	32,44
10500	69,63	36,14	85,10	47,30	32,40

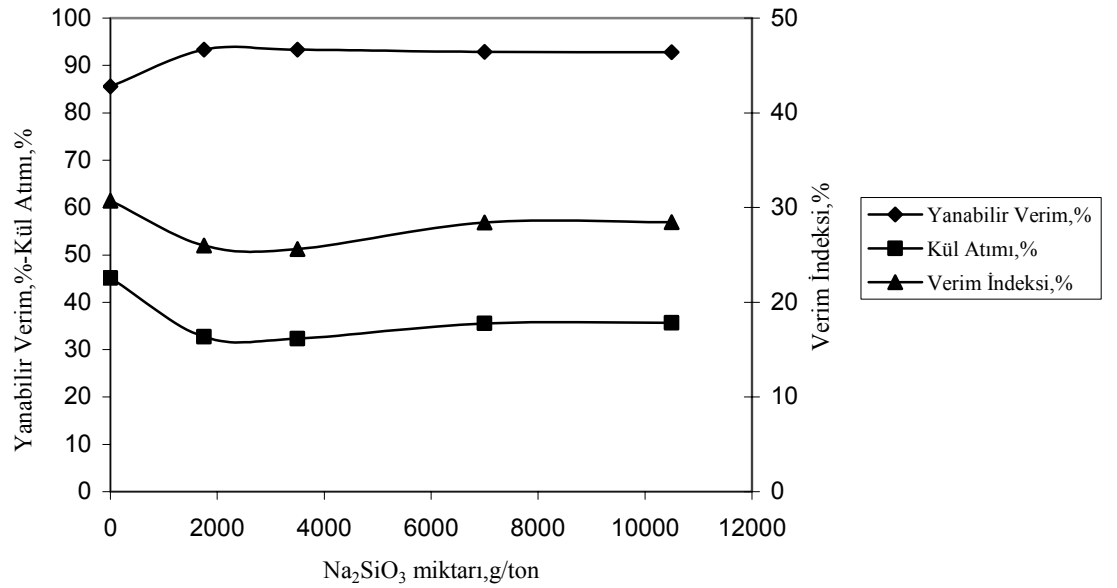


Şekil 69. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 68. Fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 1 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
1750	80,91	39,73	93,33	32,68	26,01
3500	81,12	39,87	93,35	32,27	25,62
7000	79,30	38,81	92,87	35,55	28,42
10500	79,22	38,79	92,80	35,65	28,45



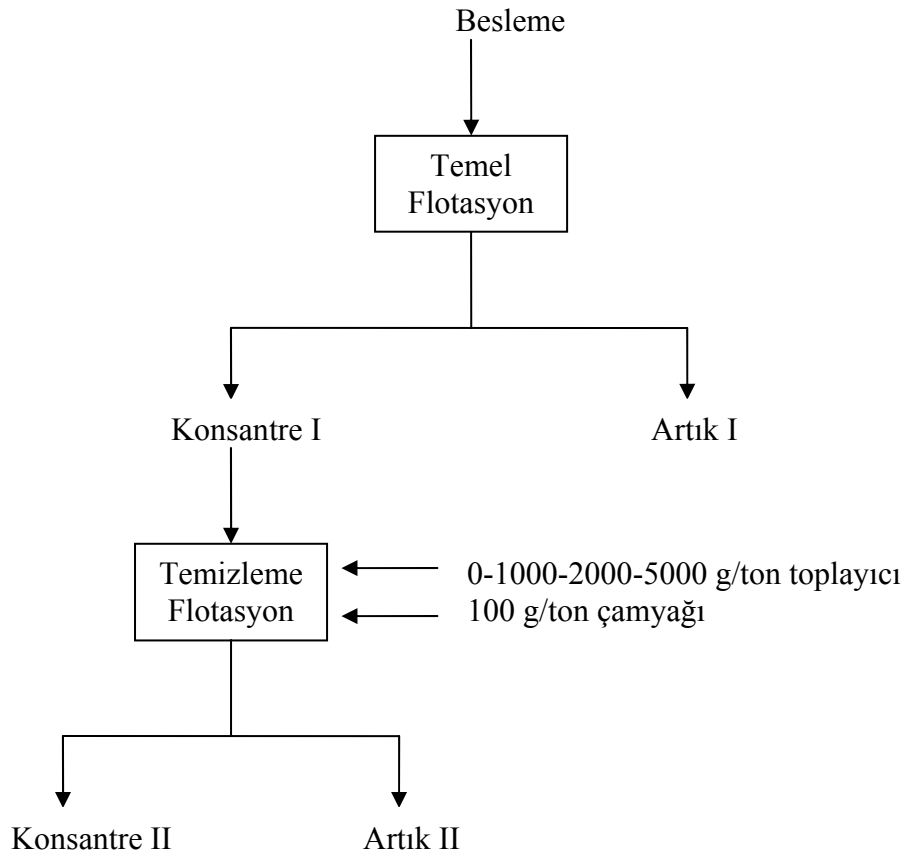
Şekil 70. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

4.1.2.1.1.8. Aşamalı flotasyonun etkisi

Eski Çelttek Linyit kömüründe gazyağının ve fueloilin kullanılmasıyla belirlenen optimum koşullarda aşamalı flotasyon yapılmıştır.

4.1.2.1.1.8.1. I aşamalı flotasyonun etkisi

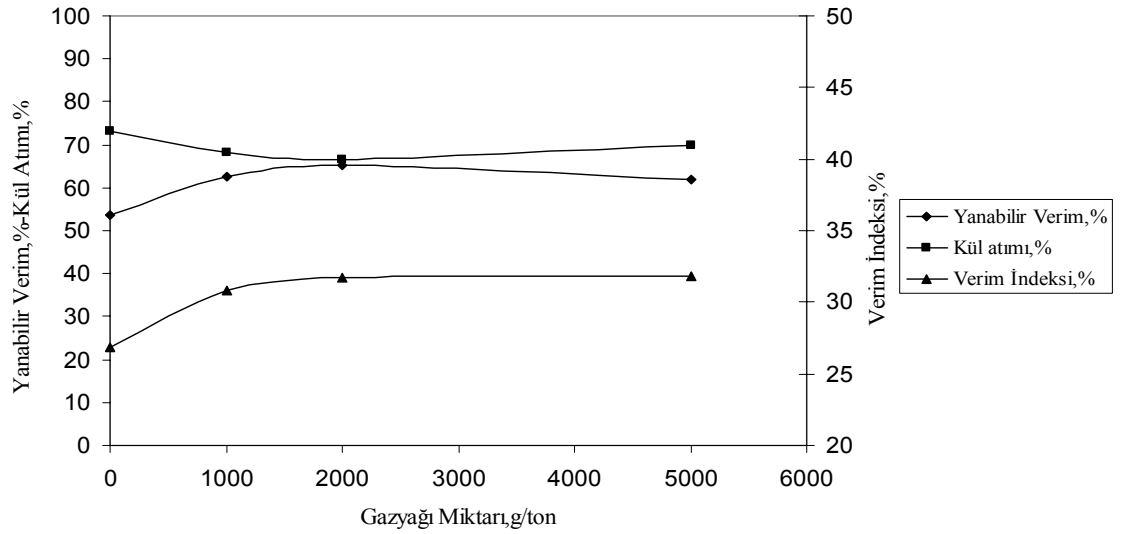
Gazyağı ve fueloil için optimum koşullarda elde edilen konsantreye temizleme (I aşama) uygulanmıştır. Deneye ait flotasyon akım şeması Şekil 71’de verilmiştir. Deneyle elde edilen bulgular ise Tablo 69 ve 70’de verilirken, birinci aşamada kollektör konsantrasyonuna bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 72 ve 73’de verilmiştir.



Şekil 71. Eski Çelttek Linyit kömürüne uygulanan I aşamalı flotasyon akım şeması

Tablo 69. Gazyağı ile yapılan deneylerde I aşamalı flotasyonun Eski Çelttek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

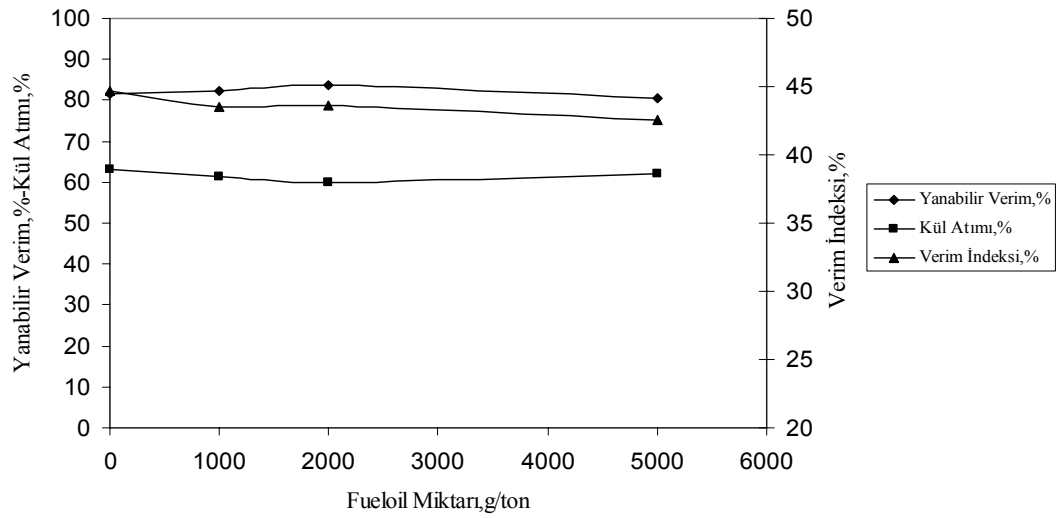
	Gazyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Temel Flotasyon	10000	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
I. Aşama	0	46,71	31,28	61,43	69,40	30,83
	1000	47,76	31,63	62,49	68,36	30,85
	2000	49,91	31,88	65,07	66,68	31,75
	5000	46,62	30,70	61,83	70,03	31,86



Şekil 72. Eski Çelttek Linyit kömürünün I aşamalı flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerden yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 70. Fueloil ile yapılan deneylerde I aşamalı flotasyonun Eski Çelttek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

	Fueloil Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Temel Flotasyon	10000	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
I. Aşama	0	60,15	29,21	81,49	63,20	44,69
	1000	61,40	30,07	82,18	61,33	43,51
	2000	62,80	30,47	83,57	59,93	43,63
	5000	60,08	30,08	80,40	62,15	42,55



Şekil 73. Eski Çelttek Linyit kömürünün I aşamalı flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerden yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

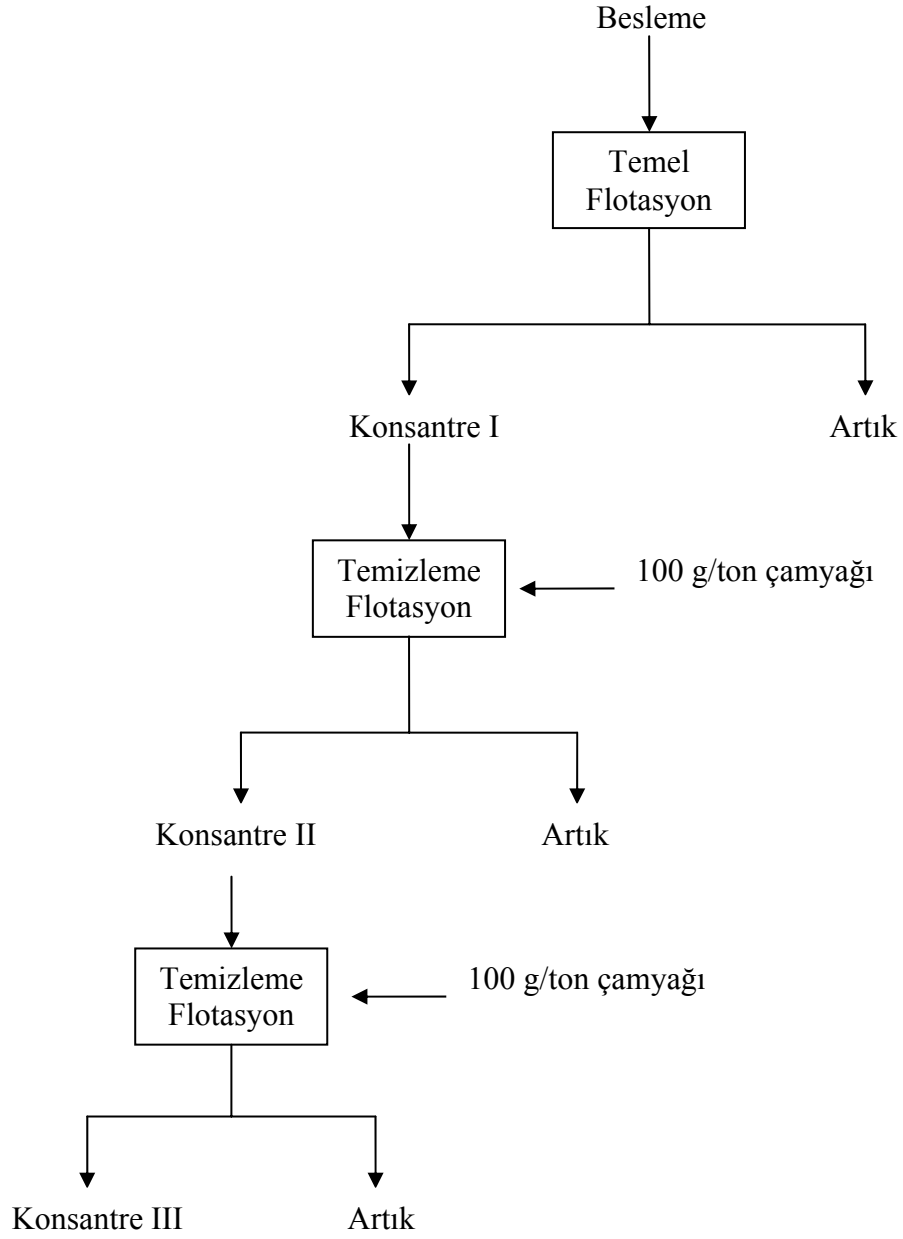
I aşamalı temizleme flotasyonuna ait tablo ve şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi flotasyon ünitesine yağ eklemenin sadece yanabilir verim miktarını arttırdığı görülmektedir. Konsantrenin kül içeriğinde ise önemli bir düşüş gözlemlenmemiştir. Bu yüzden birinci temizleme aşamasından elde edilen konsantreye yağ ilave edilmeksizin; ikinci aşamaya (temizleme flotasyonu) tabi tutulmuştur.

4.1.2.1.1.8.2. II aşamalı flotasyonun etkisi

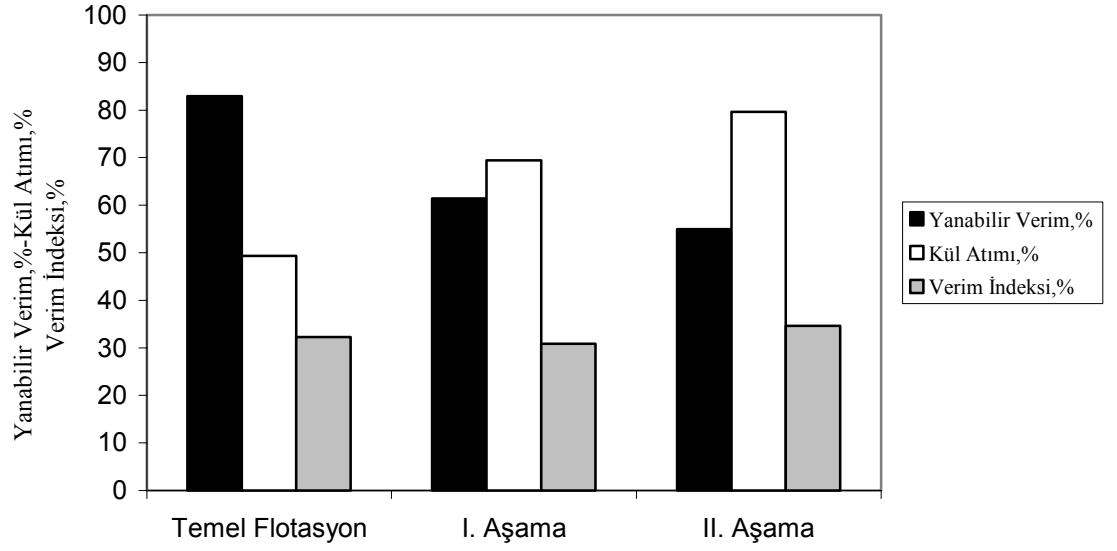
Bu kısımda optimum koşulların uygulandığı flotasyon işlemi sonucu elde edilen konsantre I ve II. aşamalı (temizlemeye) tabi tutulmuştur. I ve II. aşamada sadece 100 g/ton çamyağı ilave edilerek konsantreler üretilmiştir. II aşamalı flotasyona ait akım şeması Şekil 74’de verilmiştir. Deneylelerden elde edilen bulgular ise Tablo 71’de verilirken, II aşamalı flotasyon sonucu elde edilen yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 75 ve 76’da verilmiştir.

Tablo 71. Aşamalı flotasyonun Eski Çelttek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

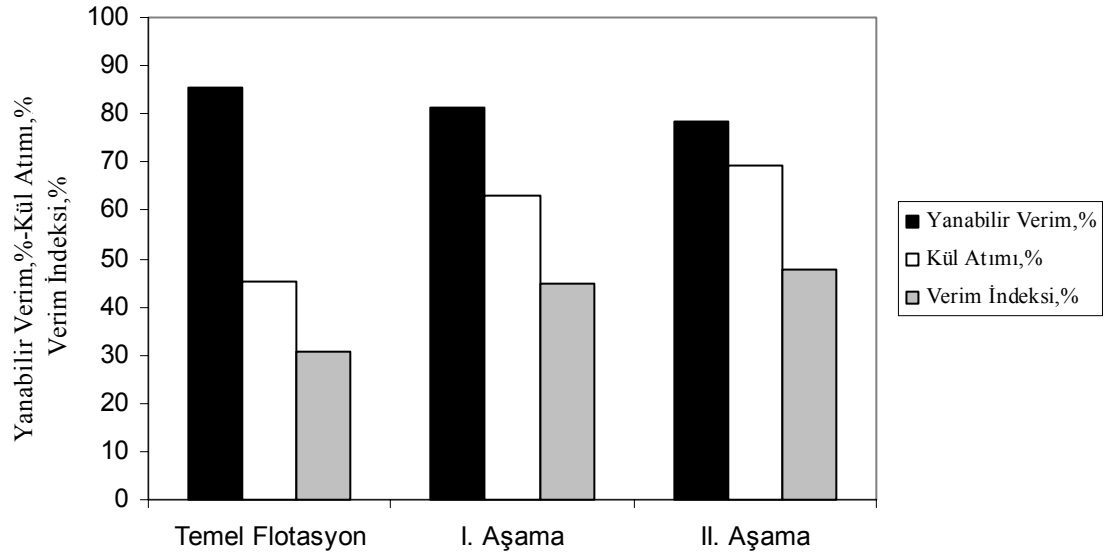
Yağ Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Gazyağı	Temel Flotasyon	67,50	35,83	82,90	49,35	32,25
	I. Aşama	46,71	31,28	61,43	69,40	30,83
	II. Aşama	38,43	25,60	54,68	79,40	34,08
Fueloil	Temel Flotasyon	70,92	36,95	85,58	45,12	30,70
	I. Aşama	60,15	29,21	81,49	63,20	44,69
	II. Aşama	55,71	26,57	78,29	69,00	47,29



Şekil 74. Eski Çelték Linyit kömürüne uygulanan II aşamalı flotasyon akım şeması



Şekil 75. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 76. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.1.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

Deneylelerde bitkisel yağ olarak pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı kullanılmıştır.

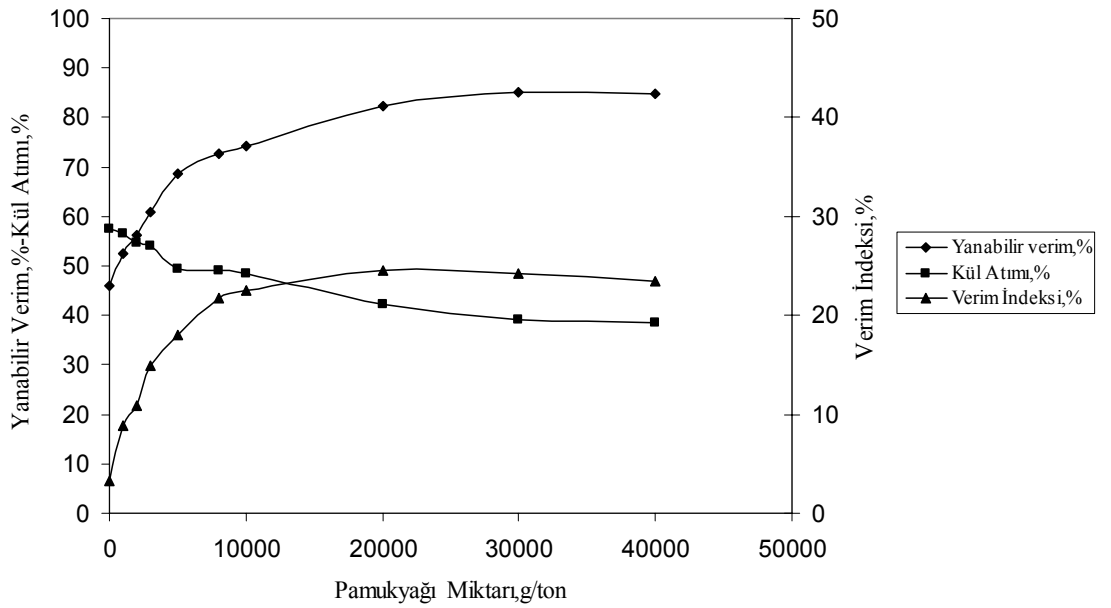
4.1.2.1.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi

Bu deneyleler 100 g örnek kullanılarak 1500 dev/dak karıştırma hızında, %10 katı oranında ve pülp pH'ı 8,90'da gerçekleştirilmiştir. Köpürtücü miktarı 100 g/ton ilave edilip, köpük alma süresi 2 dak.'dır. İncelenen bitkisel yağ miktarları 0-1000-2000-3000-5000-8000-10000-20000-30000 ve 40000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 72, 73, 74 ve 75'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 77, 78, 79 ve 80'de gösterilmiştir.

Bitkisel yağların miktarı arttığında yanabilir verim artmakta, konsantrenin kül içeriğinde düşüşler gözlemlenmektedir. Flotasyon değişkenleri birlikte değerlendirildiğinde, tüm yağlar için 10000 g/ton yağ miktarının yeterli olduğu bulunmuştur. Diğer parametrelerin incelendiği flotasyon deneylelerinde bu değer esas alınmıştır.

Tablo 72. Pamukyağı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

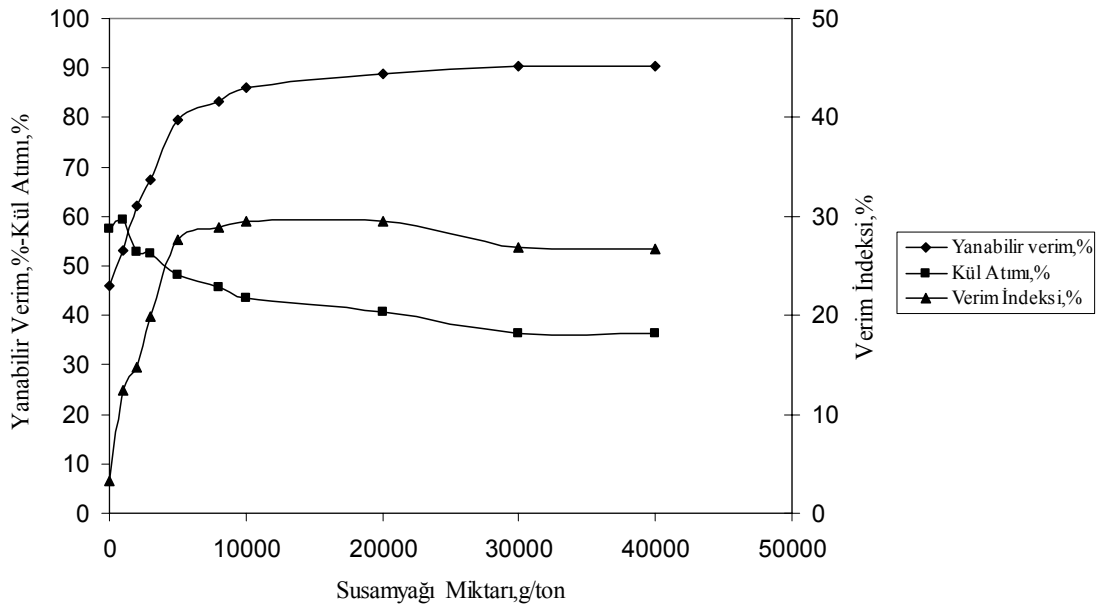
Pamukyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	48,13	43,17	52,35	56,49	8,84
2000	51,11	42,45	56,29	54,56	10,85
3000	53,84	40,86	60,94	53,93	14,87
5000	60,11	40,26	68,73	49,32	18,05
8000	62,36	39,03	72,77	49,03	21,80
10000	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
20000	70,66	39,10	82,36	42,14	24,50
30000	73,45	39,53	85,01	39,19	24,20
40000	73,60	39,80	84,80	38,65	23,45



Şekil 77. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 73. Susamyağı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

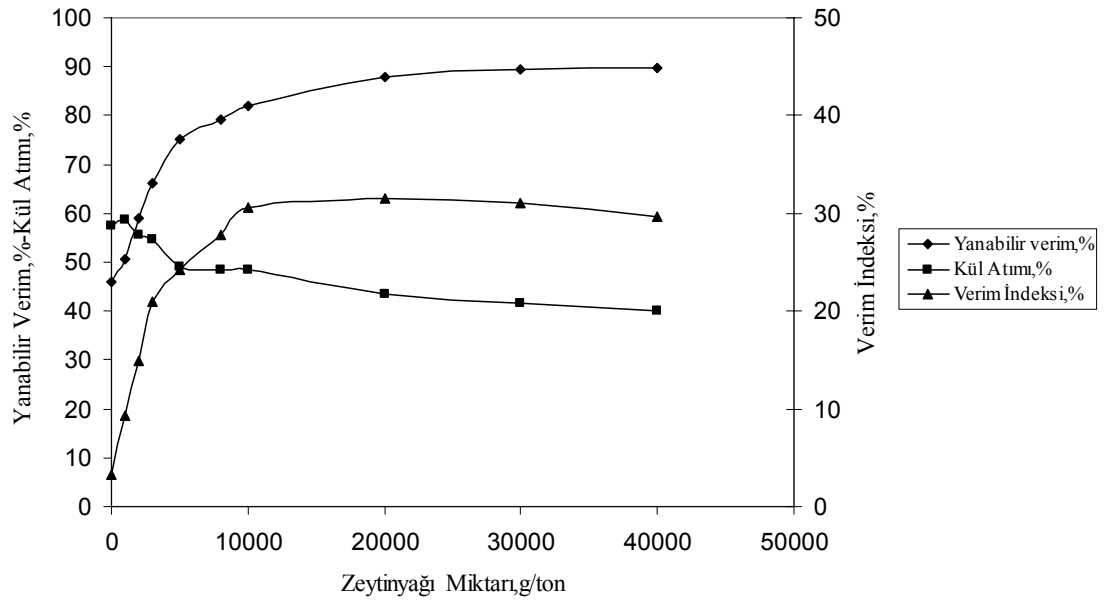
Susamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	47,08	41,18	53,00	59,40	12,40
2000	55,03	41,06	62,08	52,68	14,76
3000	57,92	39,18	67,42	52,48	19,90
5000	66,38	37,41	79,52	47,99	27,51
8000	69,42	37,34	83,25	45,71	28,96
10000	71,81	37,48	85,92	43,63	29,55
20000	74,62	37,88	88,72	40,80	29,52
30000	77,53	39,12	90,34	36,48	26,82
40000	77,64	39,18	90,37	36,29	26,66



Şekil 78. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 74. Zeytinyağı miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

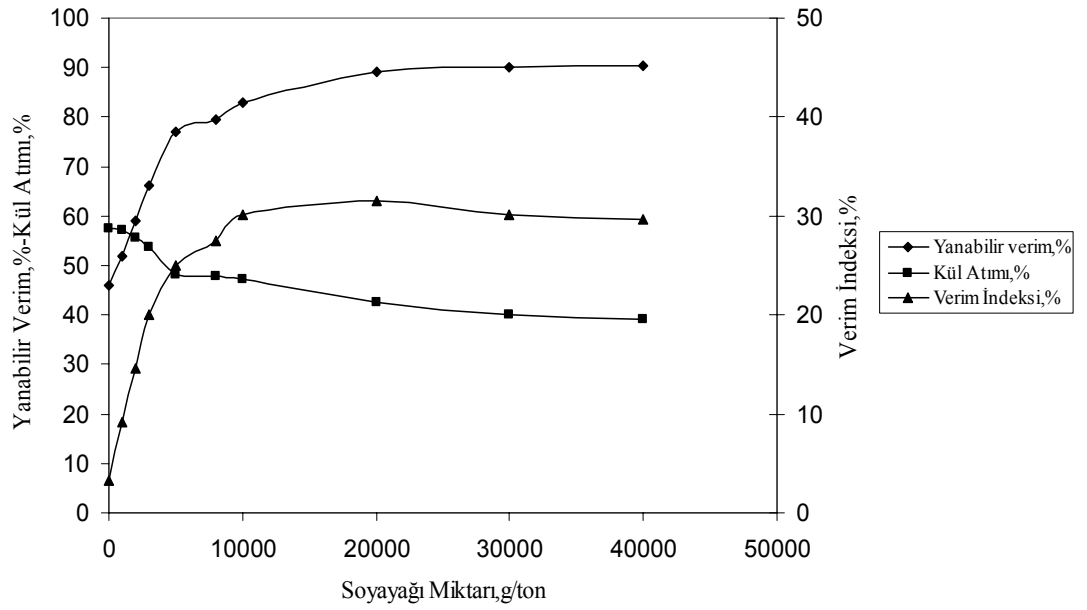
Zeytinyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	46,10	42,74	50,52	58,74	9,26
2000	52,04	40,64	59,12	55,71	14,83
3000	56,18	38,45	66,18	54,76	20,94
5000	63,48	38,23	75,05	49,18	24,23
8000	65,93	37,25	79,18	48,57	27,75
10000	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
20000	72,87	36,97	87,90	43,58	31,48
30000	74,75	37,38	89,59	41,48	31,07
40000	75,60	37,92	89,82	39,96	29,78



Şekil 79. Eski Çelték kömürünün flotasyonunda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 75. Soyayağı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

Soyayağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	44,39	45,88	45,98	57,35	3,33
1000	47,65	42,96	52,02	57,13	9,15
2000	52,15	40,74	59,15	55,51	14,66
3000	56,63	38,95	66,17	53,81	19,98
5000	65,00	38,18	76,91	48,03	24,94
8000	66,43	37,43	79,55	47,93	27,48
10000	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
20000	73,94	37,12	88,98	42,52	31,50
30000	75,68	37,83	90,05	40,04	30,09
40000	76,23	38,05	90,38	39,26	29,64



Şekil 80. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.1.2.2. pH'in etkisi

pH'in etkisinin incelendiği deneylerden (diğer parametreler sabit tutulmuştur) elde edilen bulgular Tablo 76, 77, 78 ve 79 ve Şekil 81, 82, 83 ve 84'de gösterilmiştir.

Tüm yağlar için doğal pülp pH'ından (8,90) daha düşük ve daha yüksek değerlerde yanabilir verim değerlerinde düşüşler görülmüştür. En uygun yanabilir verim değeri doğal pülp pH'ında alındığı için, bundan sonraki deneyler bu pH'da yapılmıştır.

4.1.2.1.2.3. Köpük alma süresinin etkisi

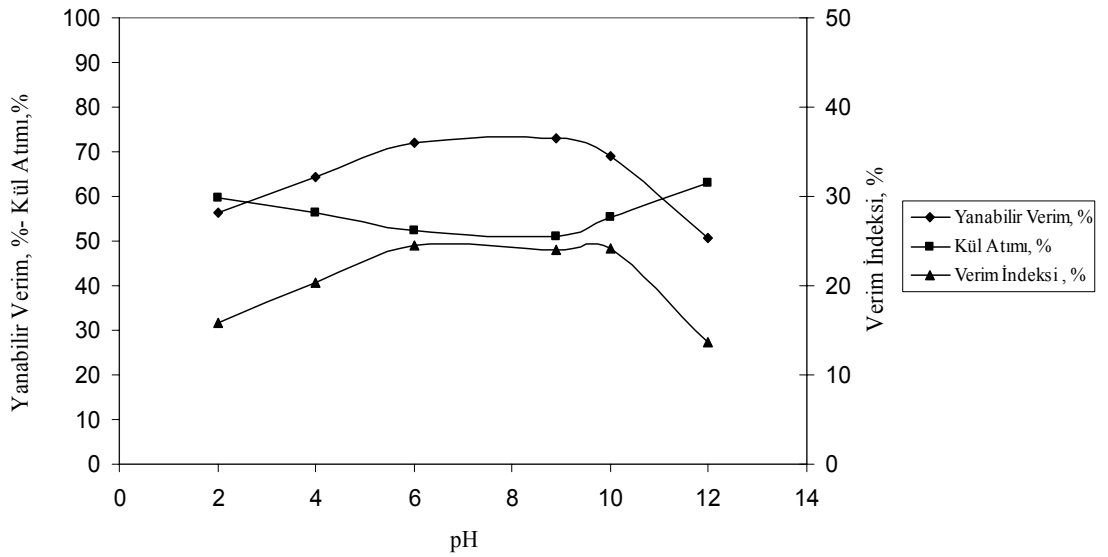
Diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla köpük alma süresinin etkisi incelenmiştir. Belirlenen sürelerde köpük alınarak; yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenmiş ve bitkisel yağlar için optimum flotasyon süresi seçilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 80, 81, 82 ve 83 ve Şekil 85, 86, 87 ve 88 'de verilmiştir.

Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerlerine bakıldığında, köpük alma süresinin tüm yağlar için 0,75 dak. yeterli olduğu bulunmuştur.

Tablo 76. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'nın Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	48,60	39,60	56,18	59,70	15,88
4,00	54,43	38,45	64,12	56,17	20,29
6,00	60,45	37,65	72,14	52,34	24,48
8,90	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
10,00	57,38	37,25	68,91	55,24	24,15
12,00	44,10	40,05	50,60	63,01	13,61

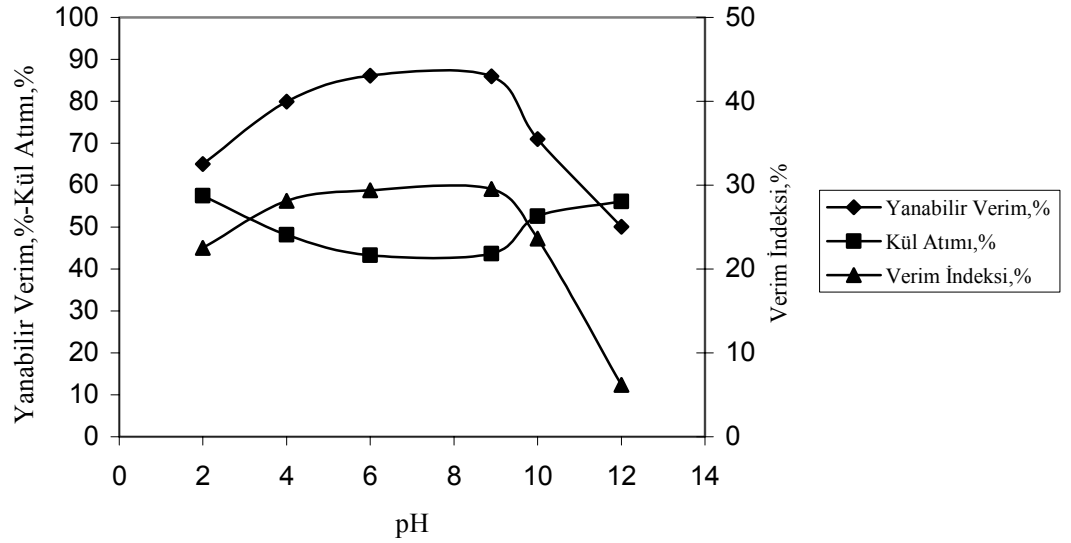


Şekil 81. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 77. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'nın Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	54,26	37,40	65,01	57,50	22,51
4,00	66,49	37,20	79,92	48,20	28,12
6,00	72,06	37,58	86,09	43,29	29,38
8,90	71,81	37,48	85,92	43,63	29,55
10,00	59,75	37,89	71,03	52,59	23,62
12,00	47,10	44,48	50,05	56,13	6,18

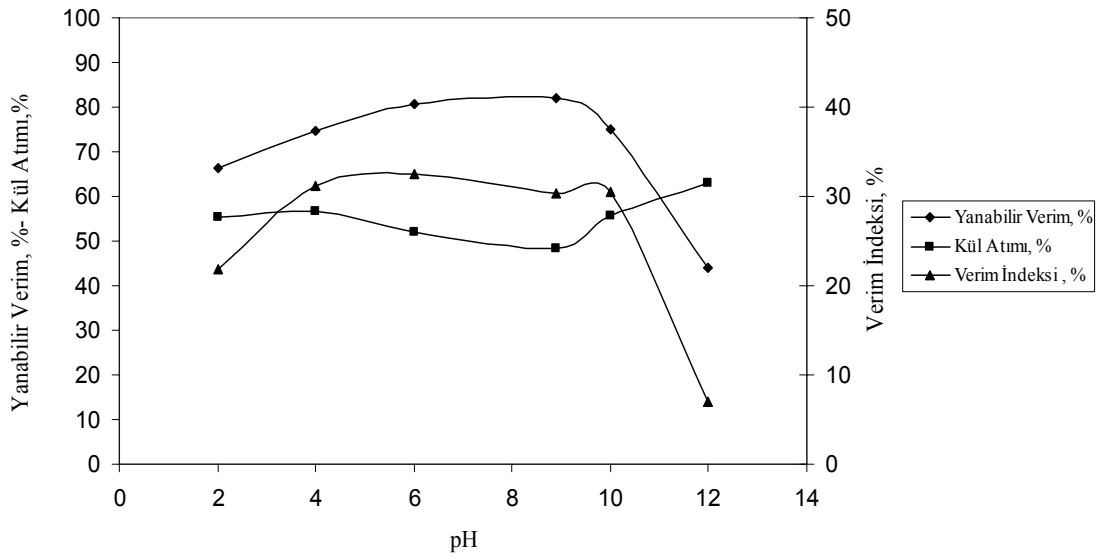


Şekil 82. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 78. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'nın Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	55,89	38,03	66,29	55,49	21,78
4,00	59,62	34,70	74,51	56,67	31,18
6,00	65,13	35,27	80,69	51,89	32,58
8,90	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
10,00	60,43	35,15	75,00	55,52	30,52
12,00	40,75	43,41	44,13	62,95	7,08

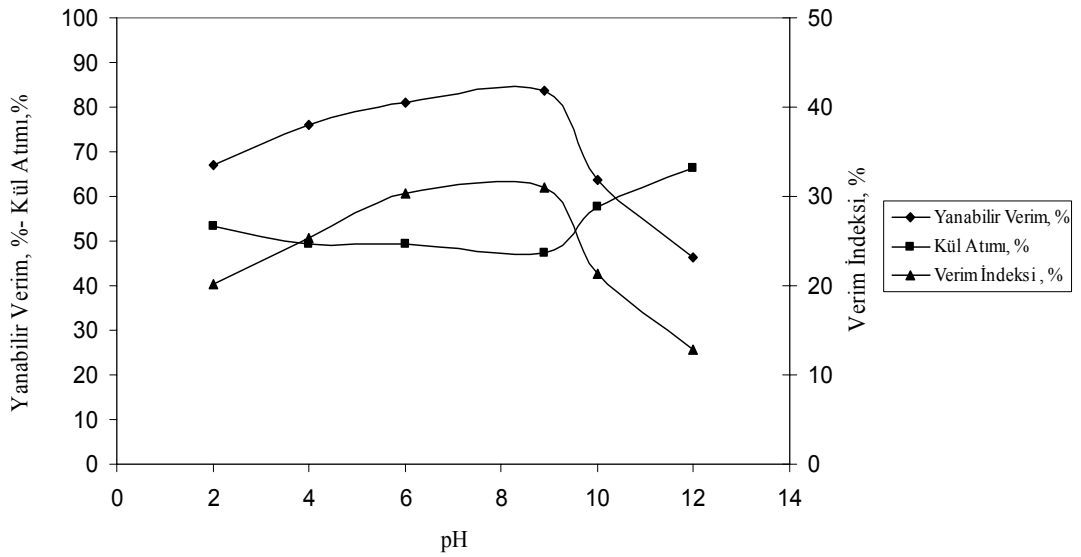


Şekil 83. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 79. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'ın Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	57,22	38,95	66,86	53,33	20,19
4,00	63,87	37,86	75,96	49,36	25,32
6,00	66,61	36,40	81,08	49,22	30,30
8,90	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
10,00	53,48	37,80	63,66	57,66	21,32
12,00	40,21	39,83	46,30	66,46	12,76



Şekil 84. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 80. Pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltik Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100g/ton)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	49,25	32,96	49,25	32,96	63,19	66,00	29,19
0,25-0,50	10,04	56,45	59,29	36,94	71,56	54,13	25,69
0,50-0,75	2,37	65,43	61,66	38,03	73,13	50,89	24,02
0,75-1,00	1,14	68,43	62,80	38,58	73,82	49,26	23,08
1,00-1,25	0,65	69,94	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
1,25-1,50	0,00	-	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
1,50-1,75	0,00	-	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
1,75-2,00	0,00	-	63,45	38,91	74,18	48,30	22,48
Besleme	100	47,75	-	-	-	-	-

Tablo 81. Susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çeltik Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); çamyacı miktarı: 100g/ton; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	53,81	31,82	53,81	31,82	70,22	64,14	34,36
0,25-0,50	12,11	50,55	65,92	35,26	81,68	51,32	33,00
0,50-0,75	3,96	60,97	69,88	36,72	84,63	46,26	30,89
0,75-1,00	1,00	63,01	70,88	37,09	85,34	44,94	30,28
1,00-1,25	0,53	66,72	71,41	37,31	85,68	44,20	29,88
1,25-1,50	0,40	67,21	71,81	37,48	85,92	43,63	29,55
1,50-1,75	0,00	-	71,81	37,48	85,92	43,63	29,55
1,75-2,00	0,00	-	71,81	37,48	85,92	43,63	29,55
Besleme	100	47,75	-	-	-	-	-

Tablo 82. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

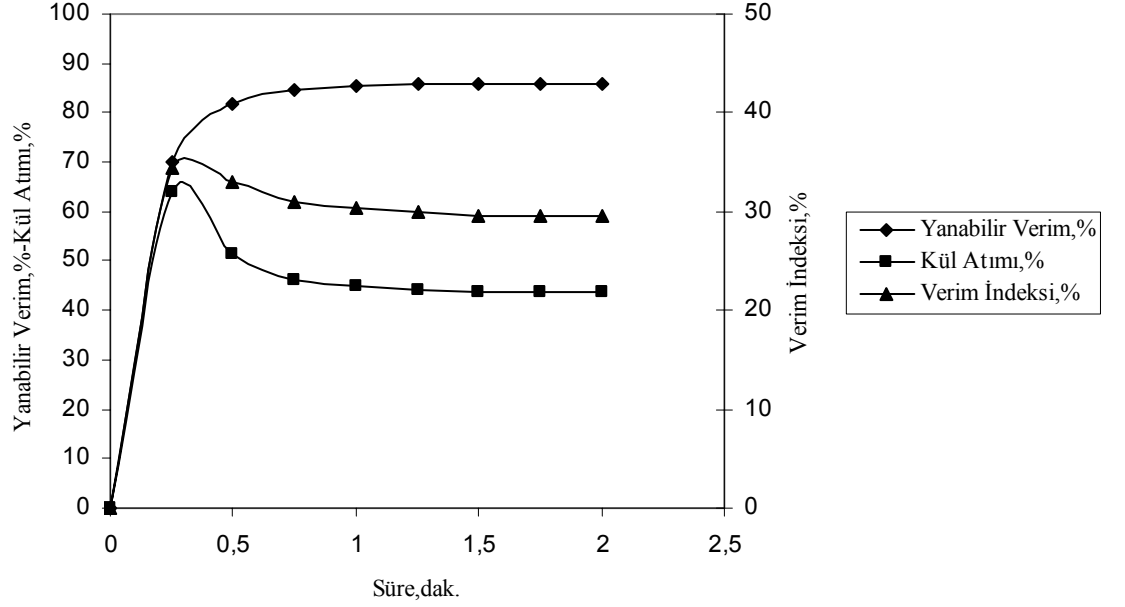
(Zeytinyağı miktarı: 10000g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100g/ton)

Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	49,72	30,48	49,72	30,48	66,15	68,26	34,41
0,25-0,50	11,69	48,23	61,41	33,86	77,74	56,45	34,19
0,50-0,75	3,78	62,78	65,19	35,54	80,42	51,48	31,90
0,75-1,00	1,33	65,00	66,52	36,13	81,31	49,67	30,98
1,00-1,25	0,90	66,93	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
1,25-1,50	0,00	-	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
1,50-1,75	0,00	-	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
1,75-2,00	0,00	-	67,42	36,54	81,88	48,41	30,29
Besleme	100	47,75	-	-	-	-	-

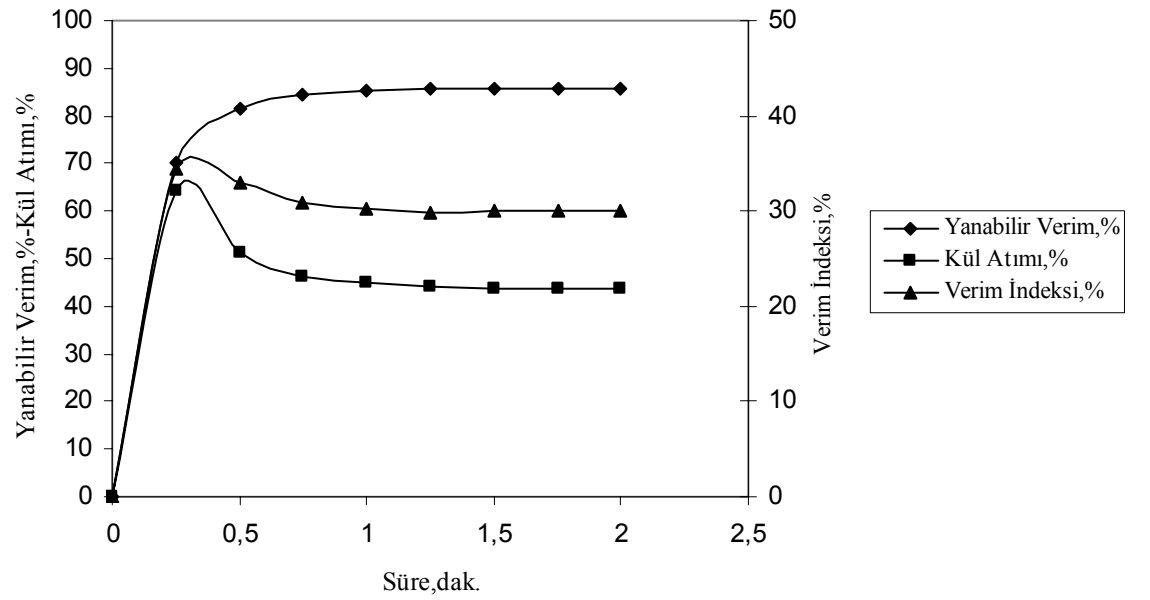
Tablo 83. Soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100g/ton)

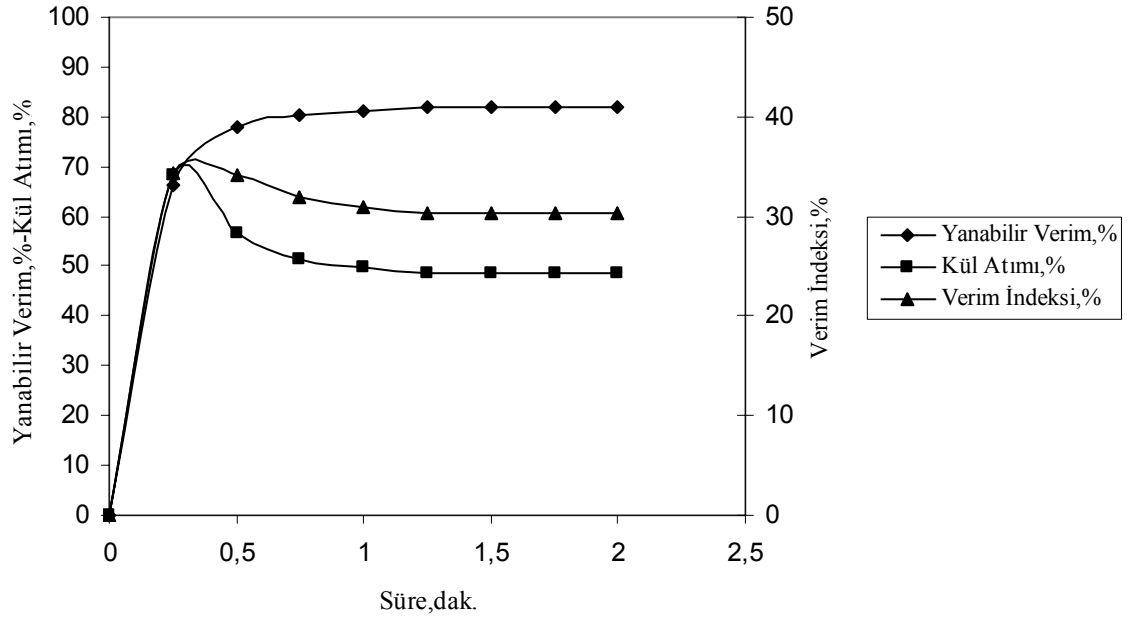
Süre (dak)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	49,35	30,32	49,35	30,32	65,81	68,66	34,47
0,25-0,50	13,63	47,84	62,98	34,11	79,42	55,01	34,43
0,50-0,75	3,93	60,73	66,91	35,68	82,37	50,00	32,37
0,75-1,00	1,12	64,98	68,03	36,16	83,12	48,48	31,60
1,00-1,25	0,85	66,30	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
1,25-1,50	0,00	-	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
1,50-1,75	0,00	-	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
1,75-2,00	0,00	-	68,88	36,53	83,67	47,30	30,97
Besleme	100	47,75	-	-	-	-	-



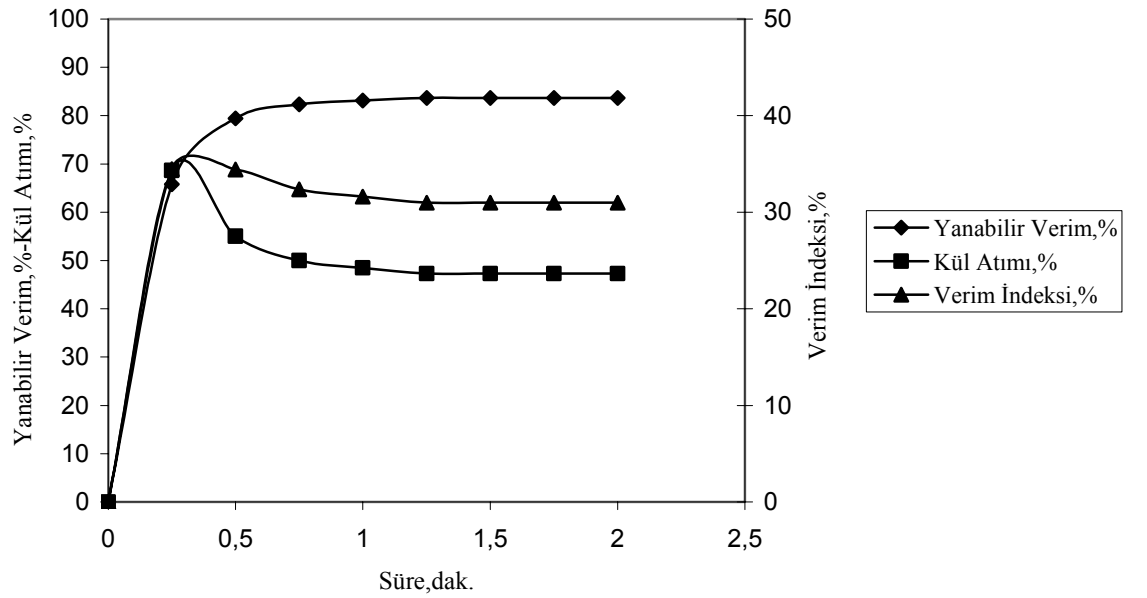
Şekil 85. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda pamukyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 86. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda susamyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Sekil 87. Eski Çelték Linyit flotasyonunda zeytinyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Sekil 88. Eski Çelték Linyit flotasyonunda soyayağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.1.2.4. Katı oranının etkisi

Katı oranının etkisinin incelendiği deneylerden (diğer parametreler sabit tutulmuştur) elde edilen bulgular Tablo 84, 85, 86 ve 87 ve Şekil 89, 90, 91 ve 92'de verilmiştir.

Bitkisel yağlar için yanabilir verim, kl atımı değerlerine bakıldığında en iyi değerler %10'luk katı oranında alınmıştır. Bu yağlar için katı oranının %10 olarak seçilmesinin, diğer parametrelerin etkisini incelerken uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

4.1.2.1.2.5. Karıştırma hızının etkisi

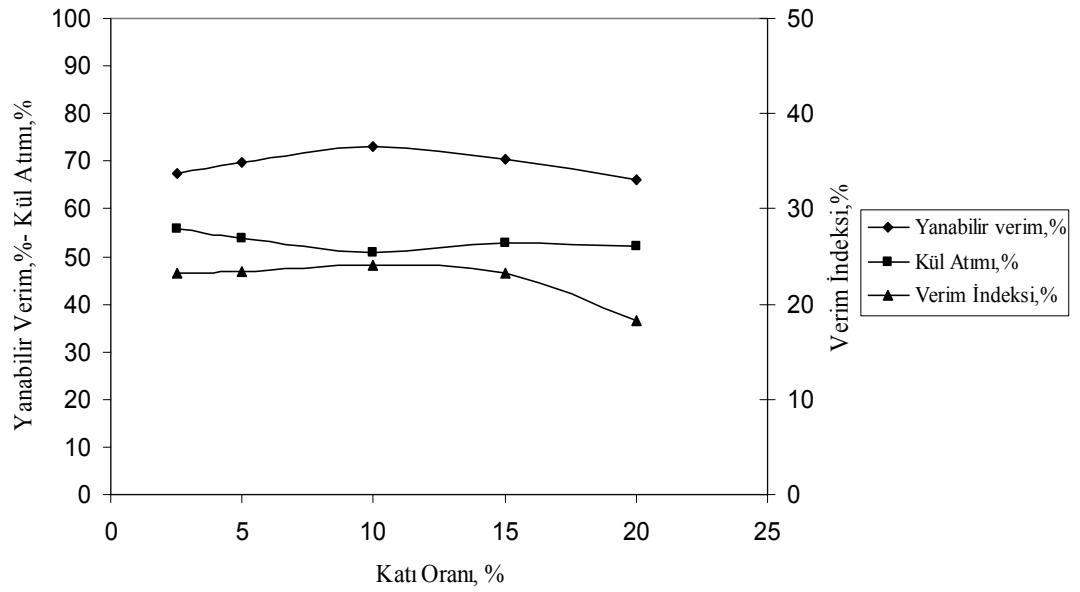
Karıştırma hızının etkisi 850-1050-1500 ve 2000 dev/dak.'lık hızlarda belirlenmiştir. Bu karıştırma hızlarından elde edilen sonuçlar Tablo 88, 89, 90 ve 91 ve Şekil 93, 94, 95 ve 96'da verilmiştir.

Tablo ve Şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi tüm bitkisel yağlar için karıştırma hızı azaldıkça verim de azalmaktadır. 1500 dev/dak. karıştırma hızından sonra ise çok fazla artış olmadığından bu değer optimum karıştırma hızı olarak belirlenmiştir.

Tablo 84. Pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; karıştırma hızı:1500 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	56,24	37,44	67,34	55,90	23,24
5,00	58,44	37,76	69,61	53,79	23,40
10,00	61,66	38,03	73,13	50,89	24,02
15,00	59,34	37,96	70,46	52,83	23,29
20,00	57,43	39,83	66,14	52,10	18,24

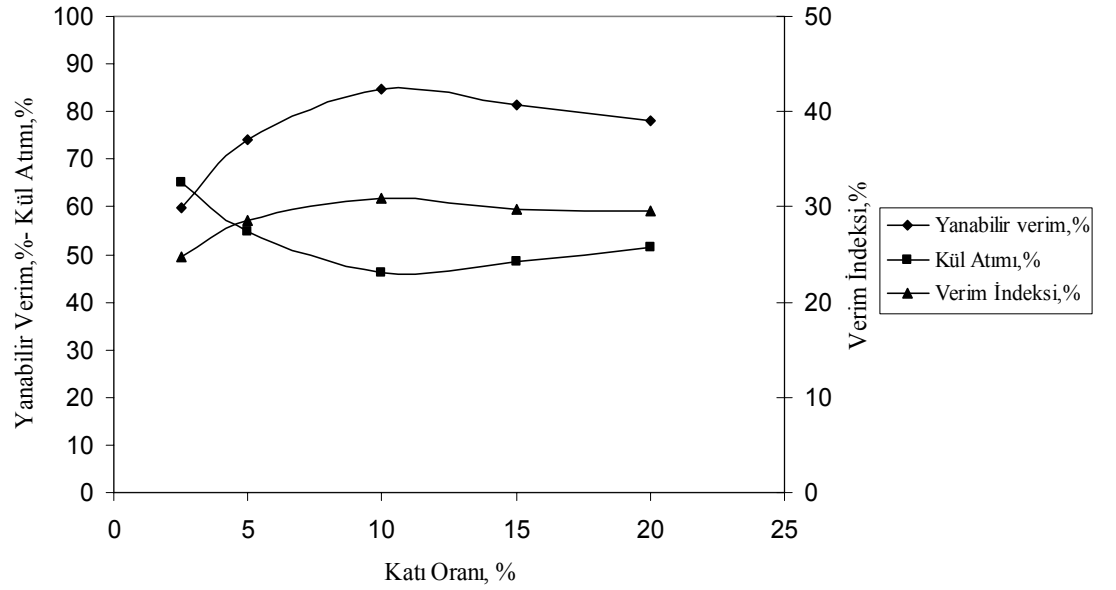


Şekil 89. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 85. Susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	47,83	34,83	59,66	65,11	24,77
5,00	60,25	35,89	73,93	54,71	28,64
10,00	69,88	36,72	84,63	46,26	30,89
15,00	67,12	36,68	81,34	48,44	29,78
20,00	63,84	36,17	77,99	51,64	29,63

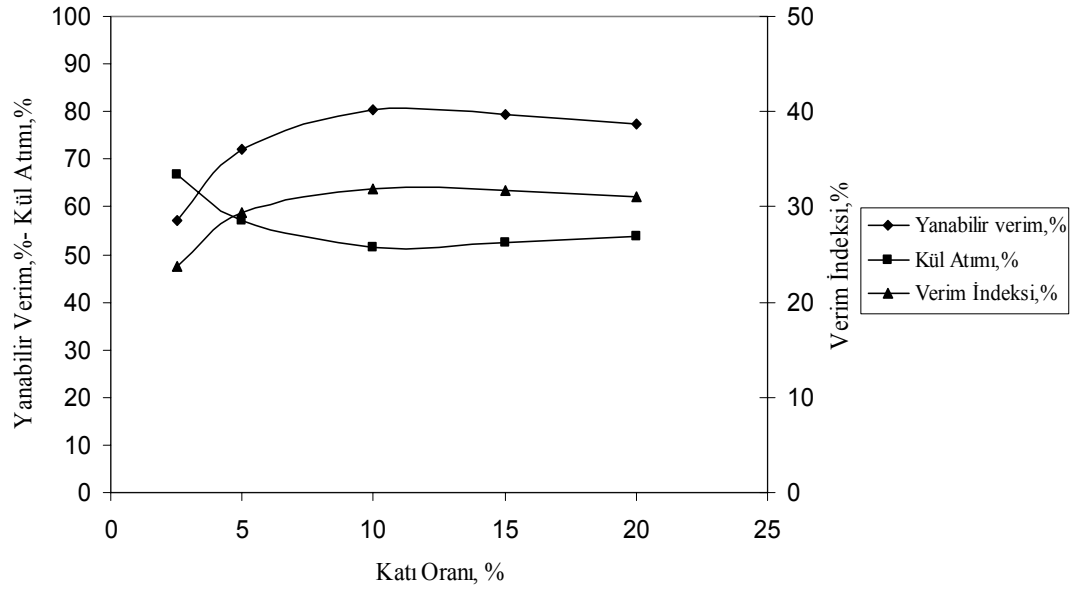


Şekil 90. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 86. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	45,72	34,83	57,03	66,65	23,68
5,00	58,11	35,12	72,16	57,26	29,42
10,00	65,19	35,54	80,42	51,48	31,90
15,00	64,11	35,42	79,24	52,44	31,68
20,00	62,44	35,33	77,28	53,80	31,08

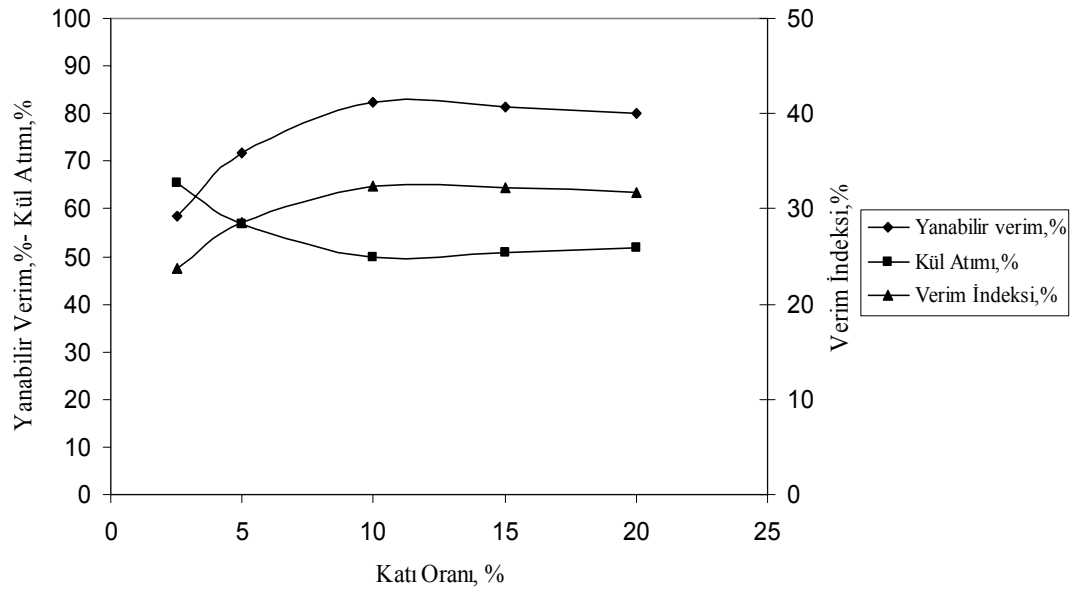


Şekil 91. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 87. Soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	47,08	35,18	58,41	65,31	23,72
5,00	58,01	35,58	71,52	56,77	28,29
10,00	66,91	35,68	82,37	50,00	32,37
15,00	66,04	35,60	81,40	50,76	32,16
20,00	64,84	35,51	80,03	51,78	31,81

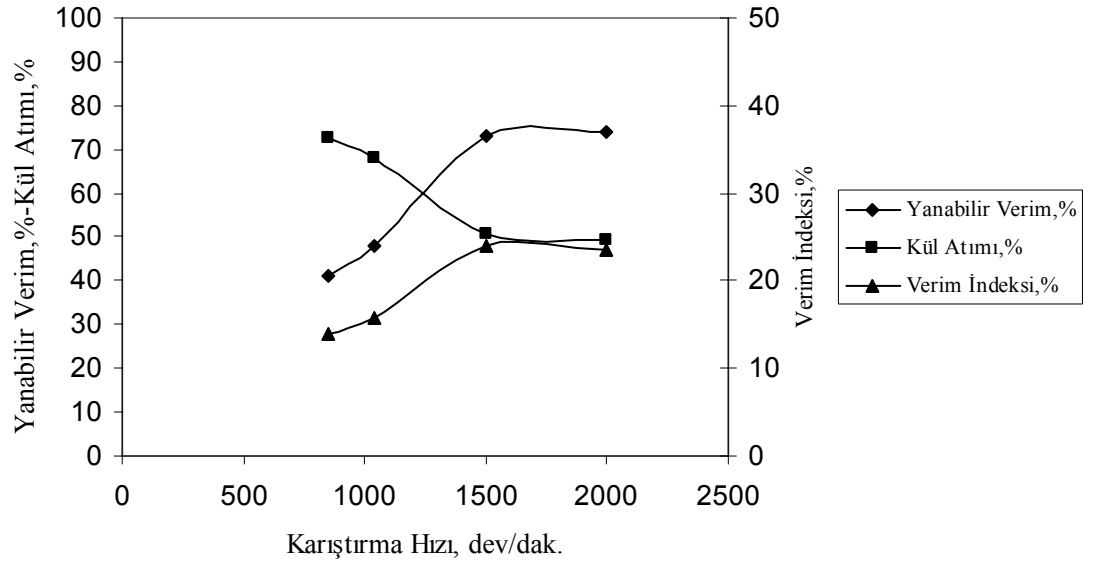


Şekil 92. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 88. Pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı:10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	34,64	37,76	41,26	72,61	13,87
1050	40,24	37,96	47,78	68,01	15,79
1500	61,66	38,03	73,13	50,89	24,02
2000	62,98	38,44	74,20	49,30	23,50

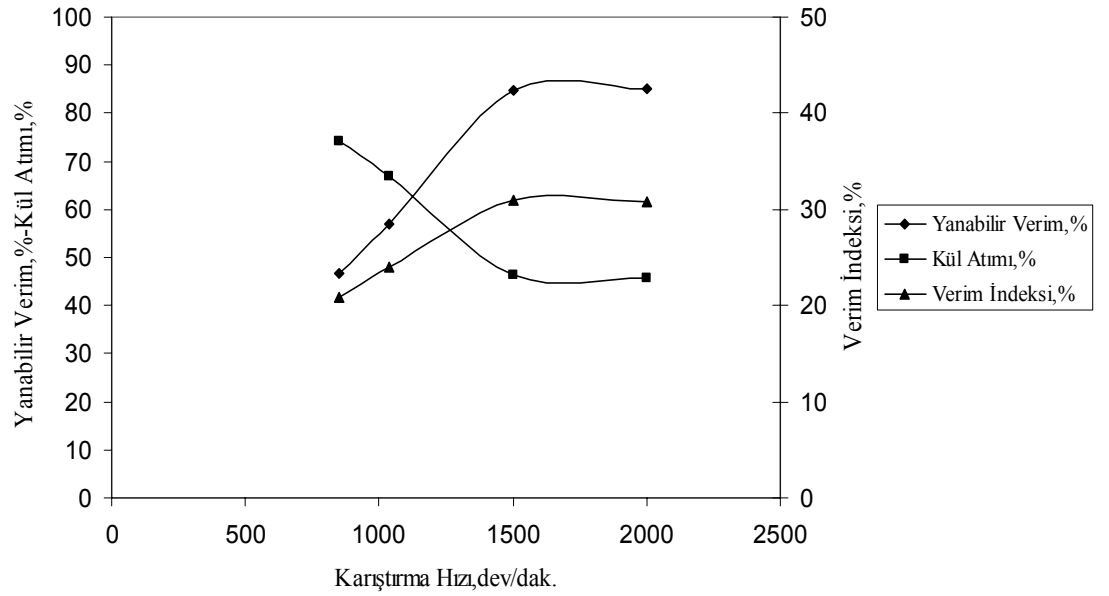


Şekil 93. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 89. Susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	36,74	33,59	46,70	74,16	20,86
1050	45,64	34,64	57,09	66,89	23,98
1500	69,88	36,72	84,63	46,26	30,89
2000	70,43	36,84	85,14	45,66	30,80

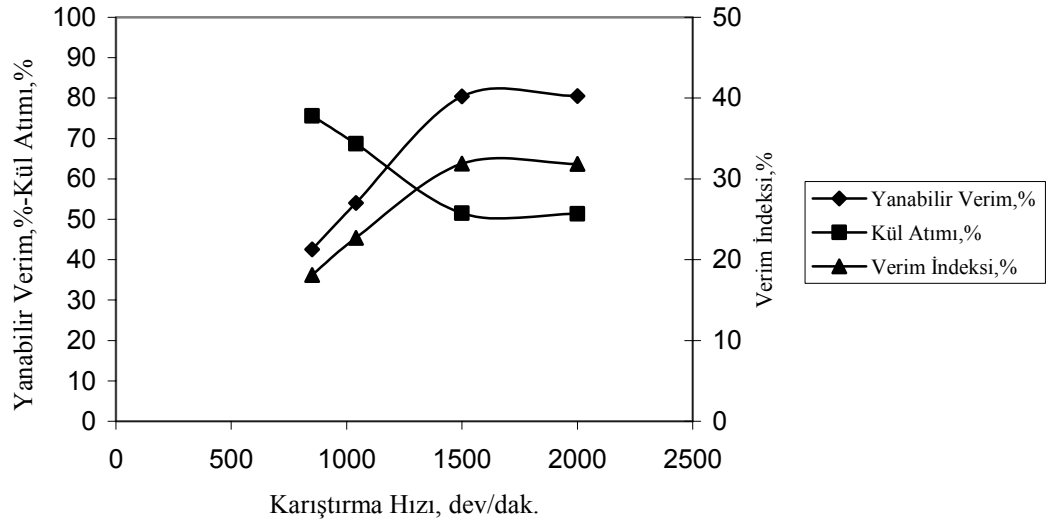


Şekil 94. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 90. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	33,88	34,43	42,52	75,57	18,09
1050	43,18	34,64	54,01	68,68	22,69
1500	65,19	35,54	80,42	51,48	31,90
2000	65,28	35,57	80,50	51,37	31,87

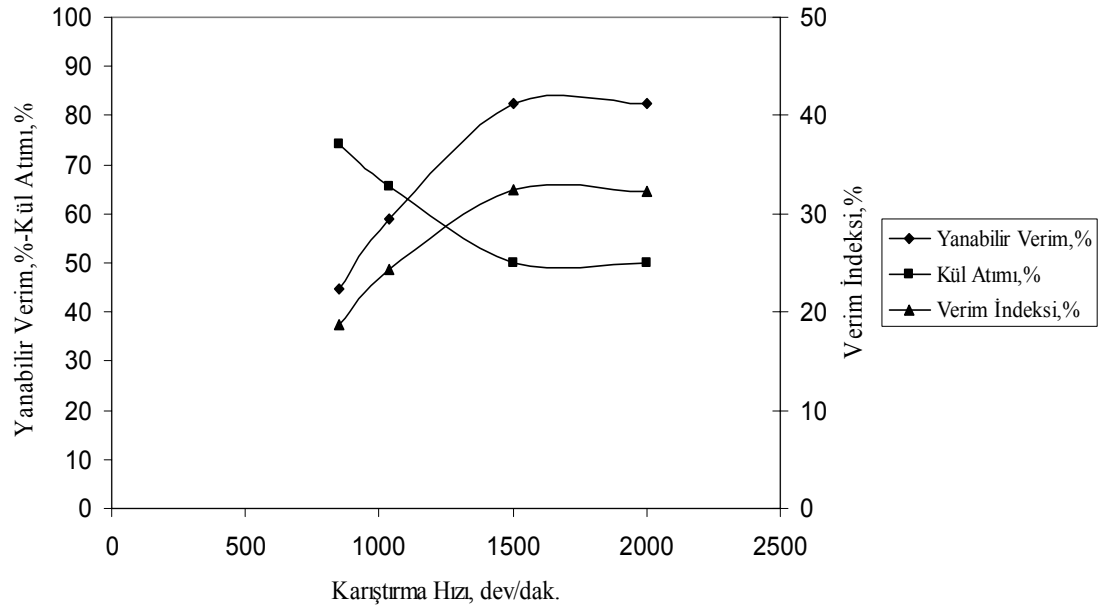


Şekil 95. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 91. Soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	35,63	34,63	44,58	74,16	18,74
1050	47,32	34,88	58,98	65,43	24,41
1500	66,91	35,68	82,37	50,00	32,37
2000	67,00	35,74	82,40	49,85	32,25



Şekil 96. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.1.2.6. Köpürtücü miktarının etkisi

Farklı köpürtücü miktarları denenerak (diğer parametreler sabit tutulmuştur) elde edilen sonuçlar Tablo 92, 93, 94 ve 95 ve Şekil 97, 98, 99 ve 100'de verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde çamyacı eklenmediği durumlarda yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerlerinde önemli bir değişme olmadığı görölmektedir. Bu nedenle diğer değişkenlerin incelendiği deneylerde çamyacı kullanılmamıştır.

4.1.2.1.2.7. Na₂SiO₃ miktarının etkisi

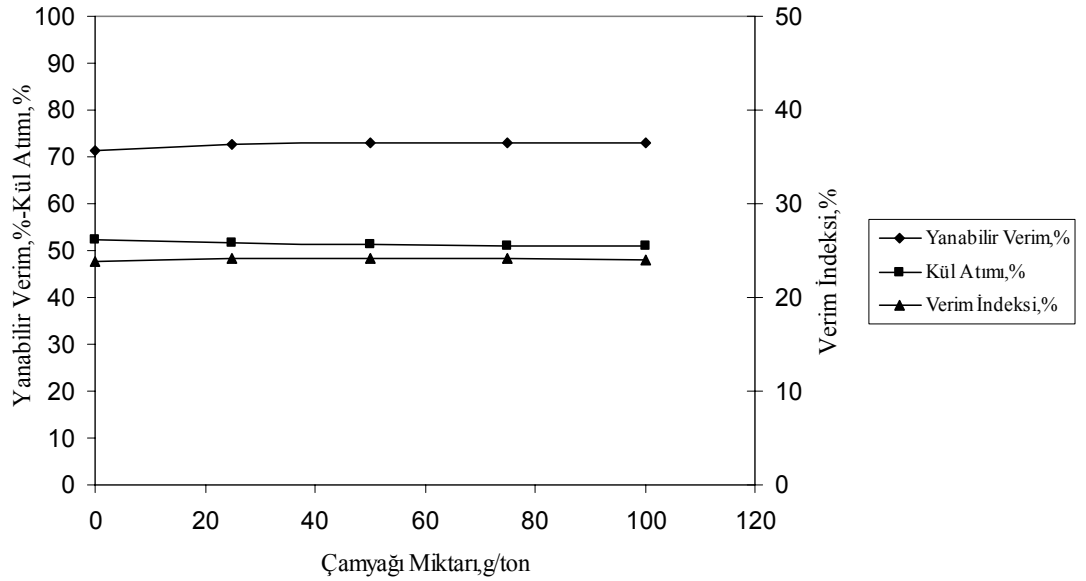
Sodyum silikatın etkisi 0-1750-3500-7000 ve 10500 g/ton konsantrasyonlarda incelenmiştir. Elde edilen bulgular yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi yönünden değerlendirilerek, bitkisel yağlar için optimum konsantrasyonlar belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 96, 97, 98 ve 99 'da verilirken; Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 101, 102, 103 ve 104'de verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde Na₂SiO₃'ın kullanılmasıyla yanabilir verimde yükselmeler görölmüştür. İstenilen yönde önemli miktarda bir değişme olmadığından hem gazyağı hem de fueloil için Na₂SiO₃ kullanmanın çok fazla bir avantaj sağlamadığı görölmüştür. Bu yüzden bundan sonraki deneylerde sodyum silikat kullanılmamıştır.

Tablo 92. Pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	60,00	37,86	71,36	52,43	23,79
25	61,12	37,88	72,67	51,51	24,18
50	61,35	37,92	72,89	51,28	24,17
75	61,53	37,93	73,09	51,12	24,21
100	61,66	38,03	73,13	50,89	24,02

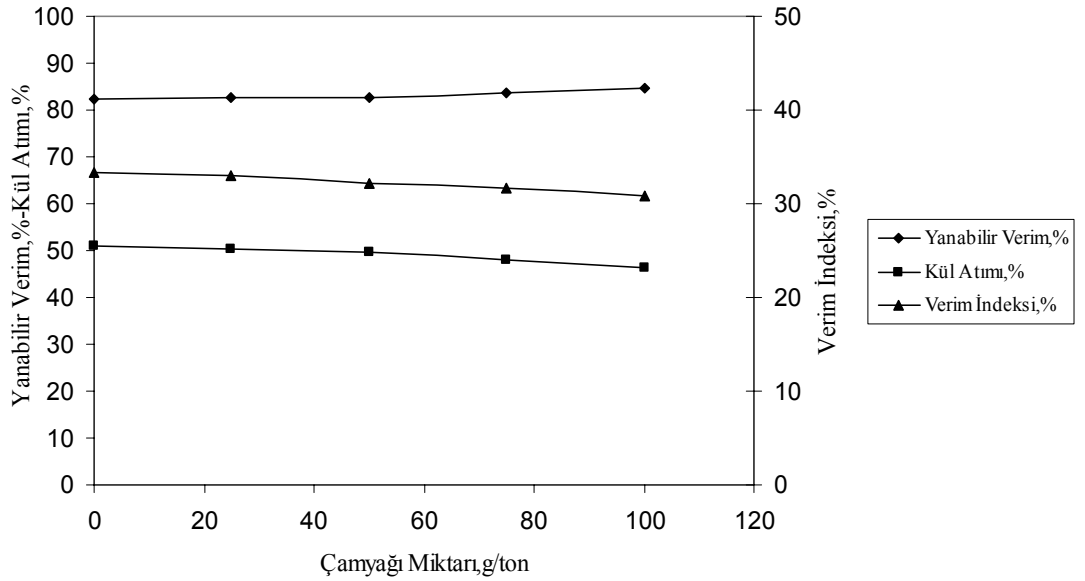


Şekil 97. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 93. Susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	66,52	35,22	82,47	50,94	33,41
25	66,78	35,42	82,54	50,46	33,00
50	67,50	35,80	82,94	49,39	32,33
75	68,50	36,20	83,64	48,07	31,71
100	69,88	36,72	84,63	46,26	30,89

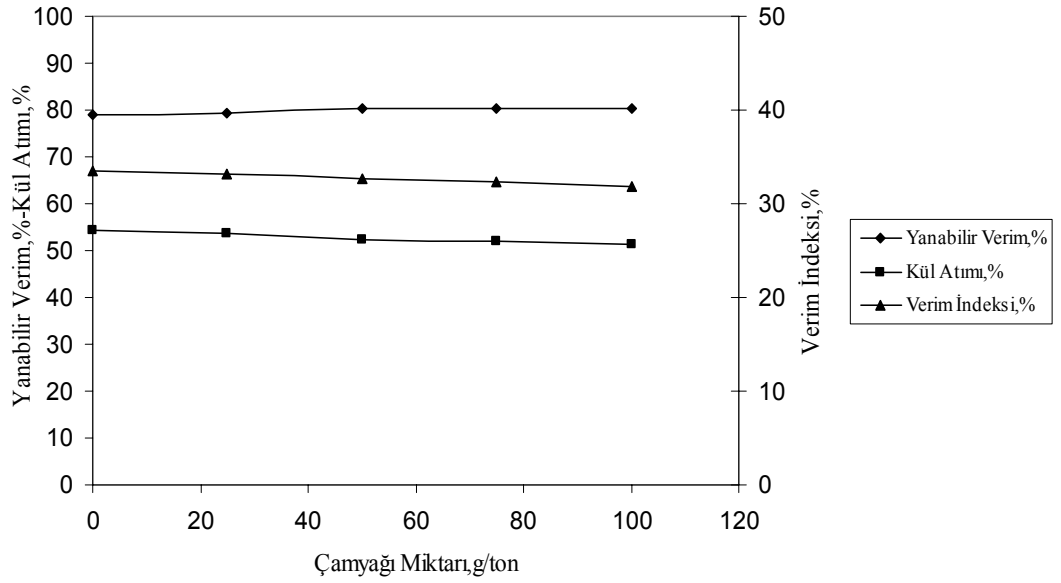


Şekil 98. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde çamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 94. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	63,12	34,50	79,13	54,39	33,52
25	63,67	34,76	79,50	53,65	33,15
50	64,68	35,12	80,31	52,43	32,74
75	64,94	35,33	80,38	51,95	32,33
100	65,19	35,54	80,42	51,48	31,90

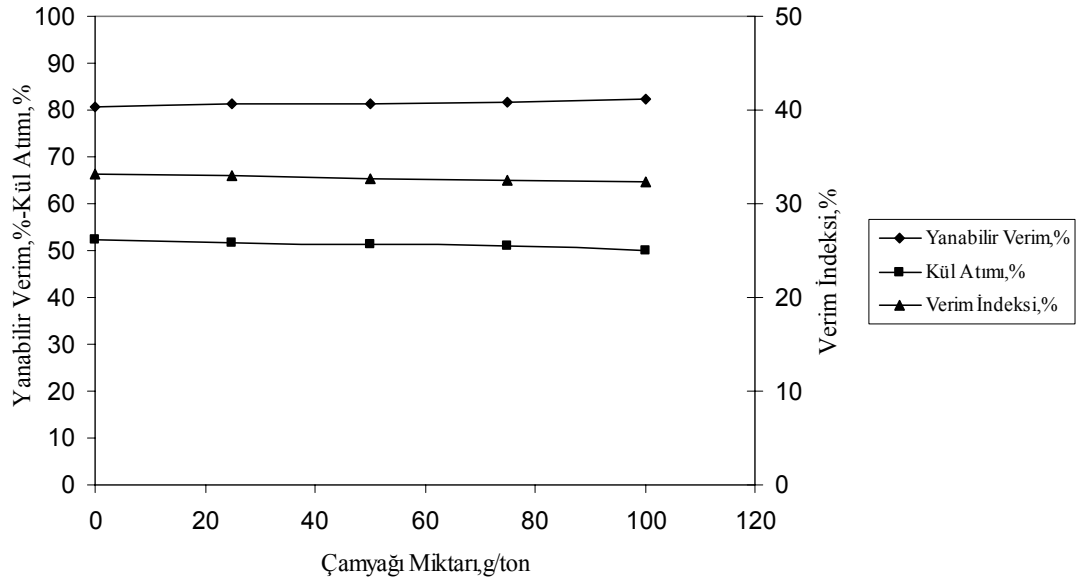


Şekil 99. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 95. Soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Eski Çelttek Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	64,99	35,04	80,80	52,31	33,11
25	65,50	35,16	81,28	51,77	33,05
50	65,82	35,34	81,45	51,29	32,74
75	65,96	35,43	81,51	51,06	32,57
100	66,91	35,68	82,37	50,00	32,37

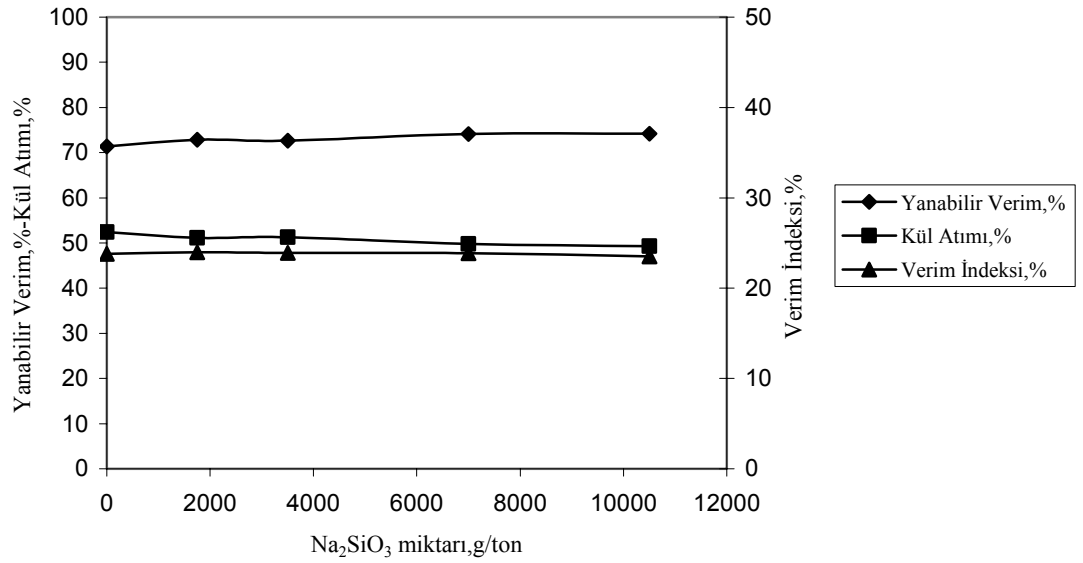


Şekil 100. Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 96. Pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çeltik Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	60,00	37,86	71,36	52,43	23,79
1750	61,38	38,01	72,82	51,14	23,96
3500	61,22	38,00	72,64	51,28	23,92
7000	62,72	38,25	74,12	49,76	23,88
10500	62,97	38,44	74,19	49,31	23,50

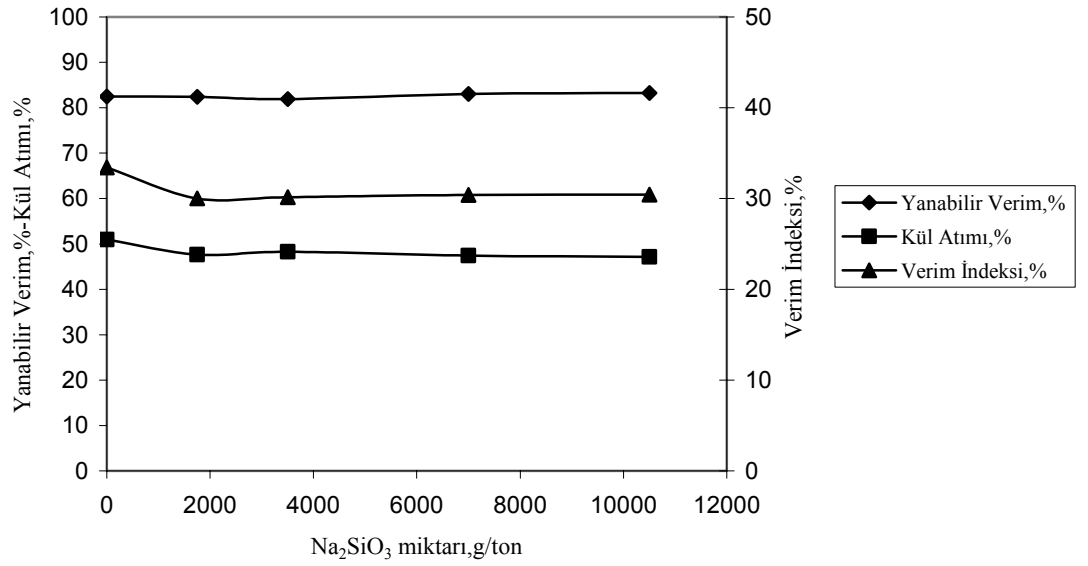


Şekil 101. Eski Çeltik Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 97. Susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	66,52	35,22	82,47	50,94	33,41
1750	68,06	36,75	82,39	47,62	30,01
3500	67,51	36,60	81,92	48,25	30,17
7000	68,49	36,67	83,01	47,40	30,41
10500	68,75	36,71	83,28	47,15	30,43

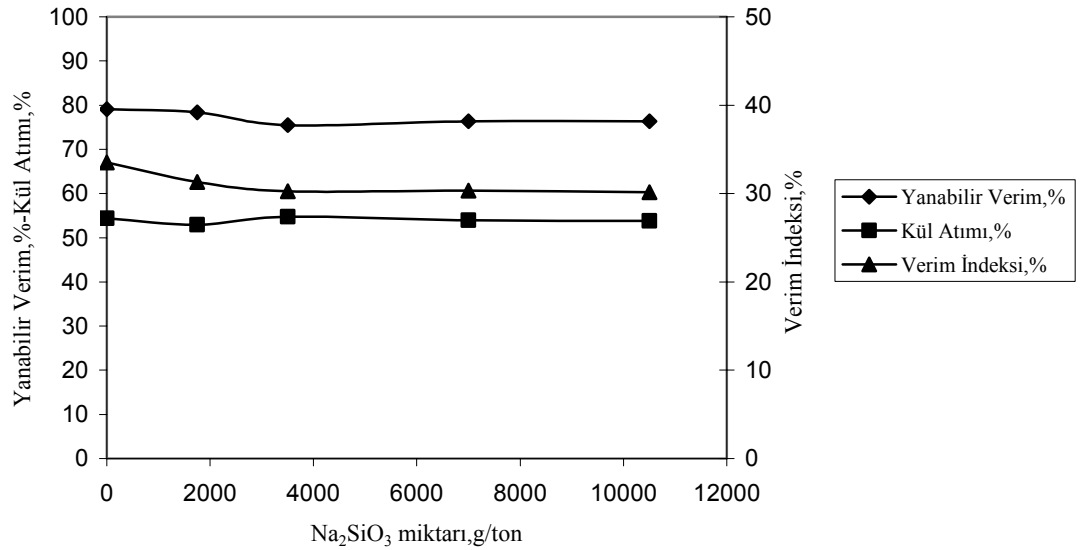


Şekil 102. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksiindeki değişme

Tablo 98. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	63,12	34,50	79,13	54,39	33,52
1750	63,45	35,44	78,40	52,91	31,31
3500	61,04	35,38	75,49	54,77	30,26
7000	61,89	35,52	76,38	53,96	30,34
10500	61,93	35,60	76,33	53,83	30,16

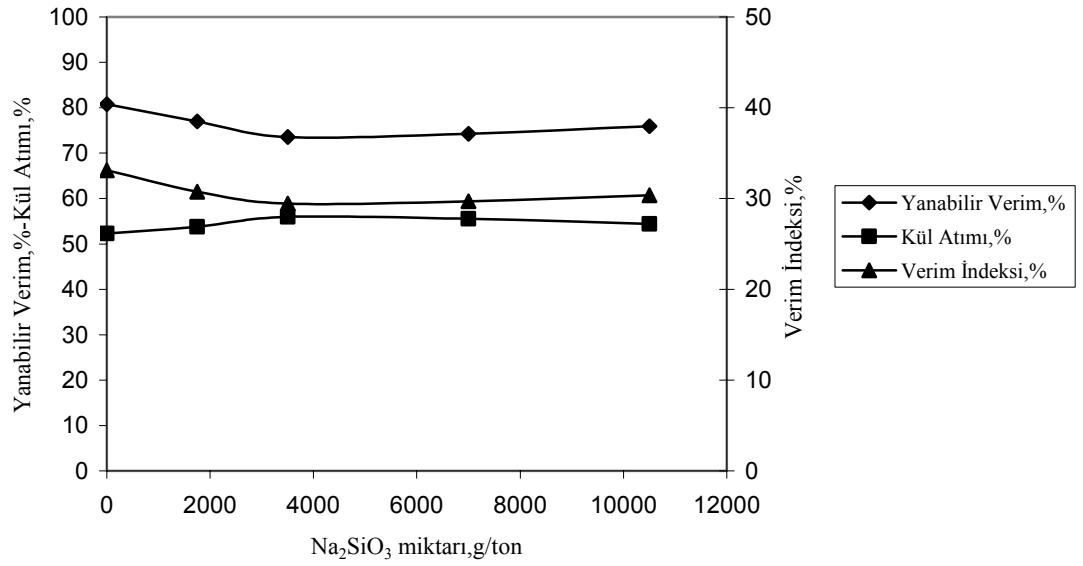


Şekil 103. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 99. Soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Eski Çelték Linyit flotasyonuna etkisi

(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

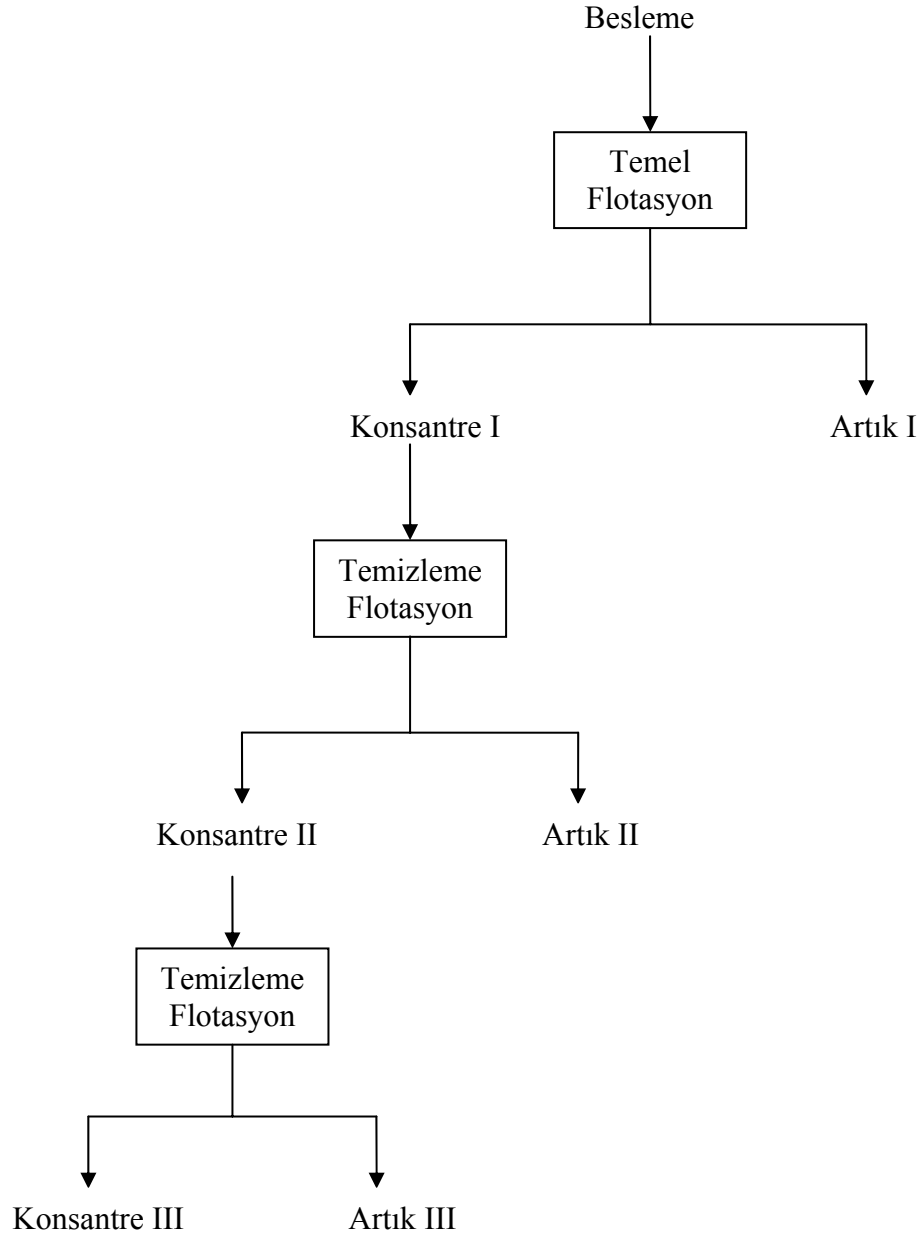
Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	64,99	35,04	80,80	52,31	33,11
1750	62,33	35,44	77,01	53,74	30,75
3500	59,45	35,39	73,51	55,94	29,45
7000	60,02	35,40	74,21	55,50	29,71
10500	61,45	35,42	75,95	54,42	30,37



Şekil 104. Eski Çelték Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

4.1.2.1.2.8. Aşamalı flotasyonun etkisi

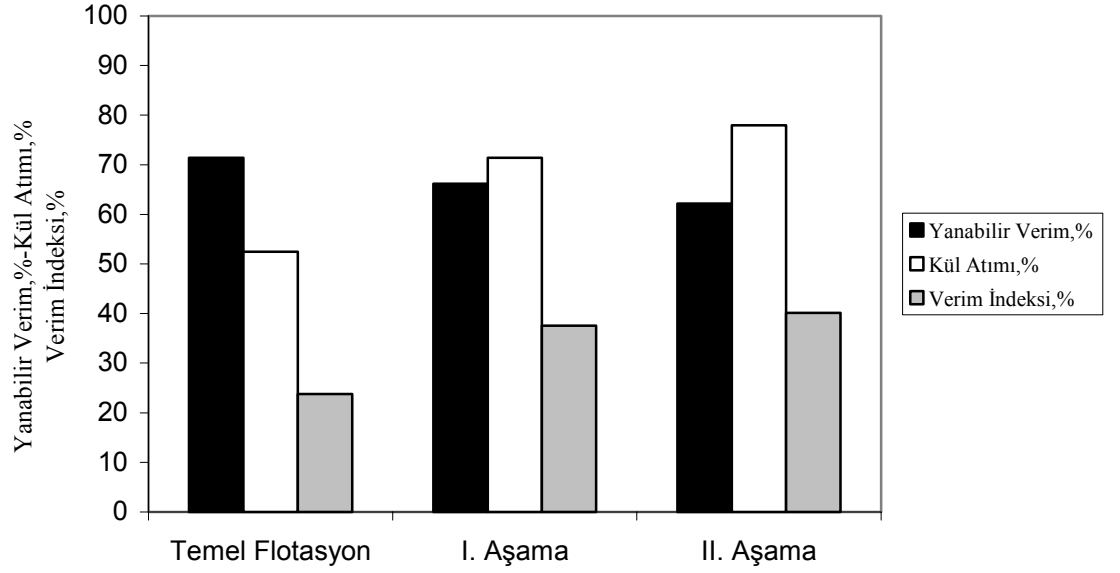
Her bir bitkisel yağ için temel flotasyonda optimum koşullar uygulanarak elde edilen konsantreye temizleme flotasyonu uygulanmıştır. I. temizleme aşamasında reaktif katmadan sadece 6 dak. karıştırma süresi verilmiştir. Bu sürenin sonunda 0,75 dak. köpük alınarak elde edilen konsantreye tekrar temizleme işlemi uygulanmıştır. Aynı işlem (6 dak. karıştırma) bu aşamada da yapılarak konsantre elde edilmiştir. Bu işleme ait akım şeması Şekil 105’de gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 100’de verilirken; farklı aşamalarda elde edilen konsantrelerin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 106, 107, 108 ve 109’da verilmiştir.



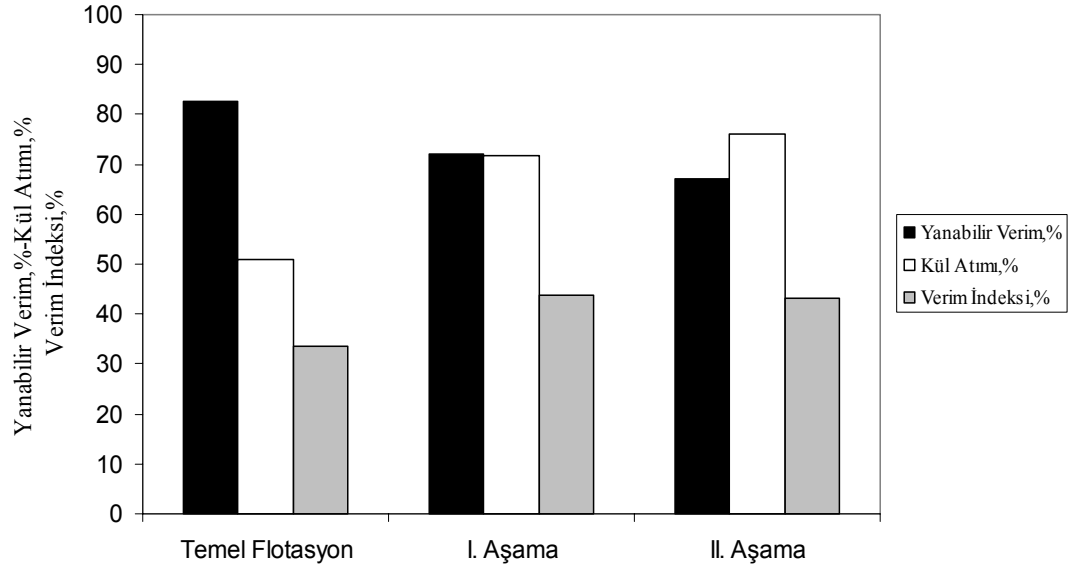
Şekil 105. Eski Çeltik Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması

Tablo 100. Aşamalı flotasyonunun Eski Çeltek Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

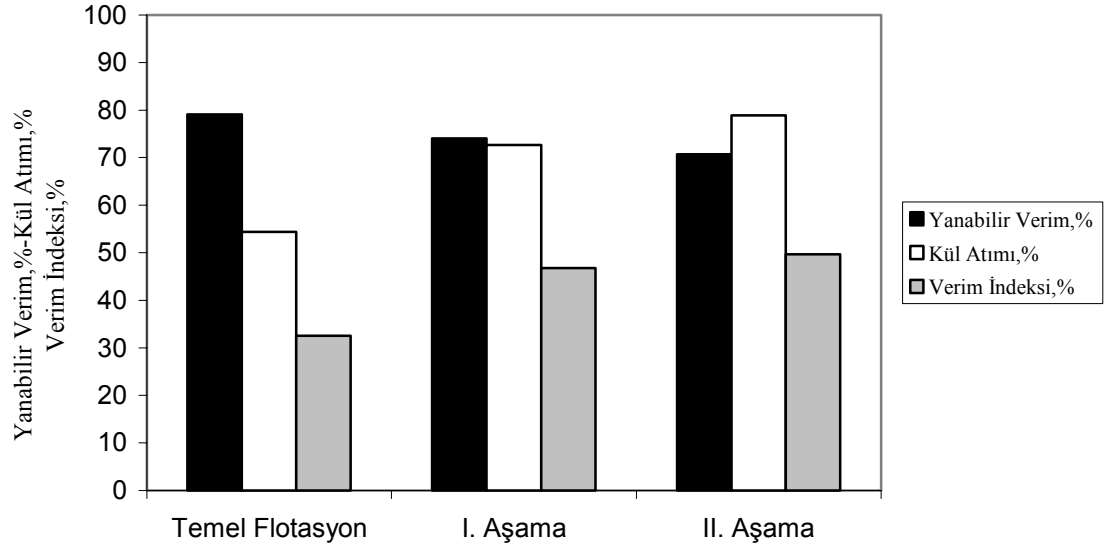
Yağ Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	Temel Flotasyon	60,00	37,86	71,36	52,43	23,79
	I. Aşama	48,25	28,33	66,18	71,37	37,55
	II. Aşama	43,00	23,34	63,09	78,98	42,07
Susamyağı	Temel Flotasyon	66,52	35,22	82,47	50,94	33,41
	I. Aşama	51,19	26,45	72,06	71,64	43,70
	II. Aşama	46,48	24,51	67,15	76,14	43,29
Zeytinyağı	Temel Flotasyon	63,12	34,50	79,13	54,39	33,52
	I. Aşama	51,77	25,22	74,09	72,66	46,75
	II. Aşama	47,02	21,82	70,35	78,51	48,86
Soyayağı	Temel Flotasyon	64,99	35,04	80,80	52,31	33,11
	I. Aşama	52,40	26,35	73,86	71,08	44,94
	II. Aşama	46,24	23,88	67,36	76,88	44,24



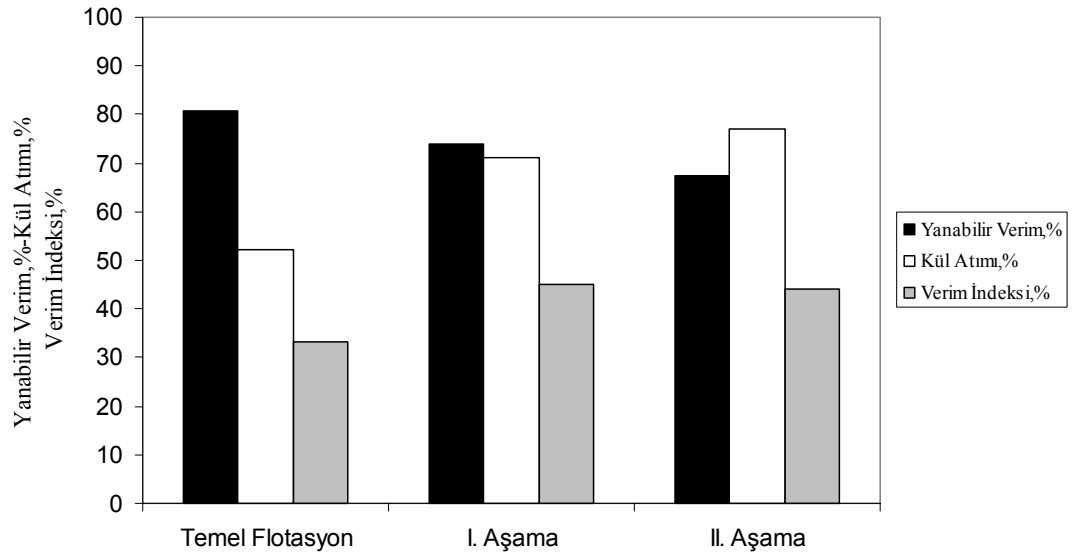
Şekil 106. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 107. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 108. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 109. Eski Çeltik Linyit flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

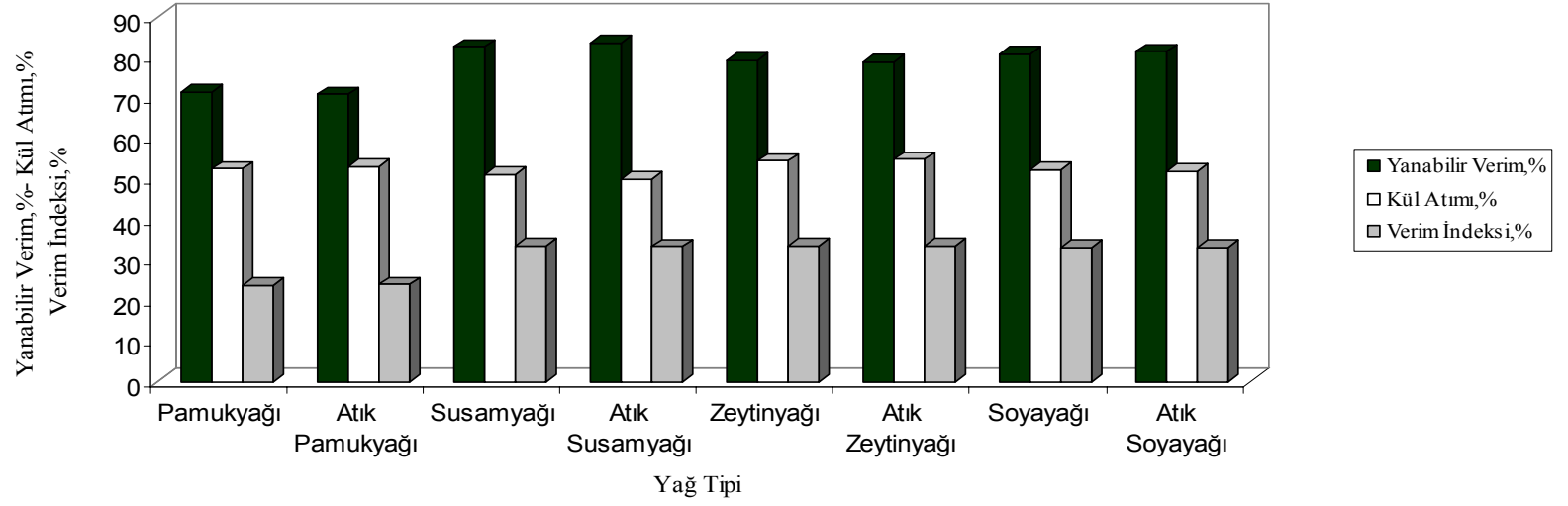
4.1.2.1.2.9. Kullanılmış (atık) yağların etkisi

Kullanılmış (atık) yağların etkilerini araştırmak için, bitkisel yağlar ile fritözde 175°C’de patates kızartması yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 101 ve Şekil 110’da verilmiştir. Deneylerde çamyacı kullanılmamıştır.

Tablo 101. Kullanılmış yağların Eski Çeltek Linyit flotasyonuna etkisi

(Yağ miktarı: 10000 g/ton; pH: 8,90 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,75 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Yağ Tipi	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	60,00	37,86	71,36	52,43	23,79
Atık Pamukyağı	59,43	37,72	70,84	53,05	23,89
Susamyağı	66,52	35,22	82,47	50,94	33,41
Atık Susamyağı	67,48	35,46	83,35	49,89	33,24
Zeytinyağı	63,12	34,50	79,13	54,39	33,52
Atık Zeytinyağı	62,84	34,43	78,86	54,69	33,55
Soyayağı	64,99	35,04	80,80	52,31	33,11
Atık Soyayağı	65,49	35,12	81,32	51,83	33,15



Şekil 110. Kullanılmış yağların Eski Çeltek Linyit kömürü flotasyonuna etkisi

4.1.2.2. Soma Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneyleri

Bu kısımda Soma Linyit kömürünün flotasyon ile zenginleştirilmesinde etkin olan parametreler incelenmiştir.

4.1.2.2.1. Klasik yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

Deneylerde toplayıcı olarak klasik yağlardan gazyağı ve fueloil kullanılmıştır.

4.1.2.2.1.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi

Bu deneyler 100 g örnek kullanarak 1500 dev/dak karıştırma hızında, %10 katı oranında ve pülp pH'ı 6,30'da gerçekleştirilmiştir. Köpürtücü miktarı 100 g/ton ilave edilip, köpük alma süresi 2 dak.'dır. İncelenen gazyağı ve fueloil miktarları 0-5000-10000-20000-30000-40000 ve 60000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 102 ve 103'de verilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 111 ve 112'de gösterilmiştir.

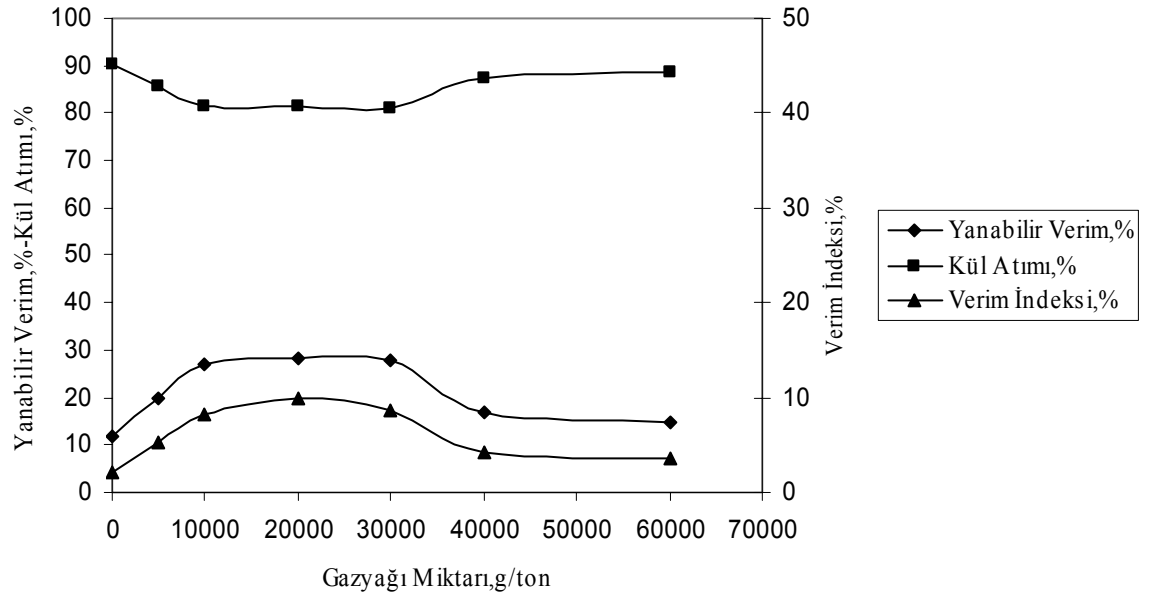
4.1.2.2.1.2. pH'ın etkisi

Soma Linyit kömürünün klasik yağlarla flotasyonunda pH'ın etkisi, diğer parametreler sabit tutularak incelenmiştir. Gazyağı ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular Tablo 104 ve Şekil 113'de; fueloil bulguları ise Tablo 105 ve Şekil 114'de gösterilmiştir.

Hem gazyağı hem de fueloil ile yapılan deneylerden elde edilen bulgulardan görüleceği gibi en uygun sonuçlar doğal pülp pH'ında alınmıştır. Bu nedenle bundan sonraki deneyler bu pH'da yapılmıştır.

Tablo 102. Gazyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

Gazyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	18,96	10,53	19,68	85,53	5,21
10000	25,72	10,01	26,85	81,34	8,19
20000	27,10	9,49	28,46	81,36	9,82
30000	26,68	9,92	27,88	80,82	8,70
40000	16,44	10,74	17,02	87,21	4,23
60000	14,44	10,92	14,92	88,57	3,49

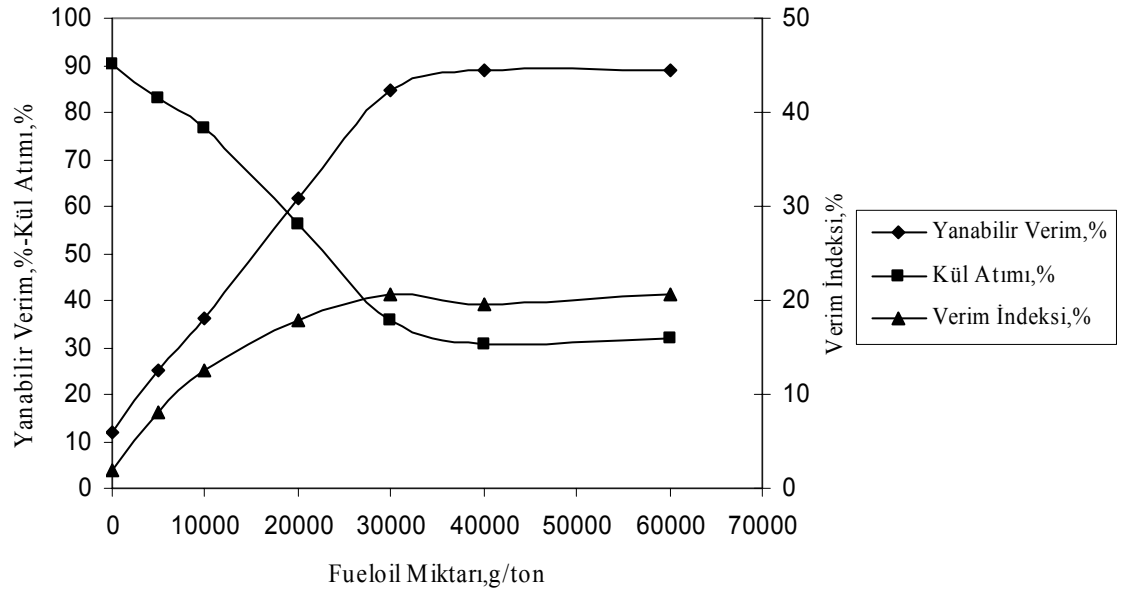


Şekil 111. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Şekil 110'da görülebileceği gibi 10000 g/ton gazyağı miktarına kadar verim artmaktadır. 10000-40000 g/ton aralığında ise çok küçük bir değişme gözlenmektedir. Bu nedenle yanabilir verim değeri dikkate alınarak 10000 g/ton uygun bulunmuş ve flotasyon deneylerinde gazyağı için bu değer esas alınmıştır.

Tablo 103. Fueloil miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

Fueloil Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	23,96	9,80	25,07	82,98	8,05
10000	34,30	9,43	36,04	76,56	12,60
20000	59,25	10,23	61,70	56,08	17,78
30000	82,00	10,80	84,85	35,83	20,68
40000	86,16	11,10	88,86	30,70	19,56
60000	85,94	10,93	88,80	31,93	20,73

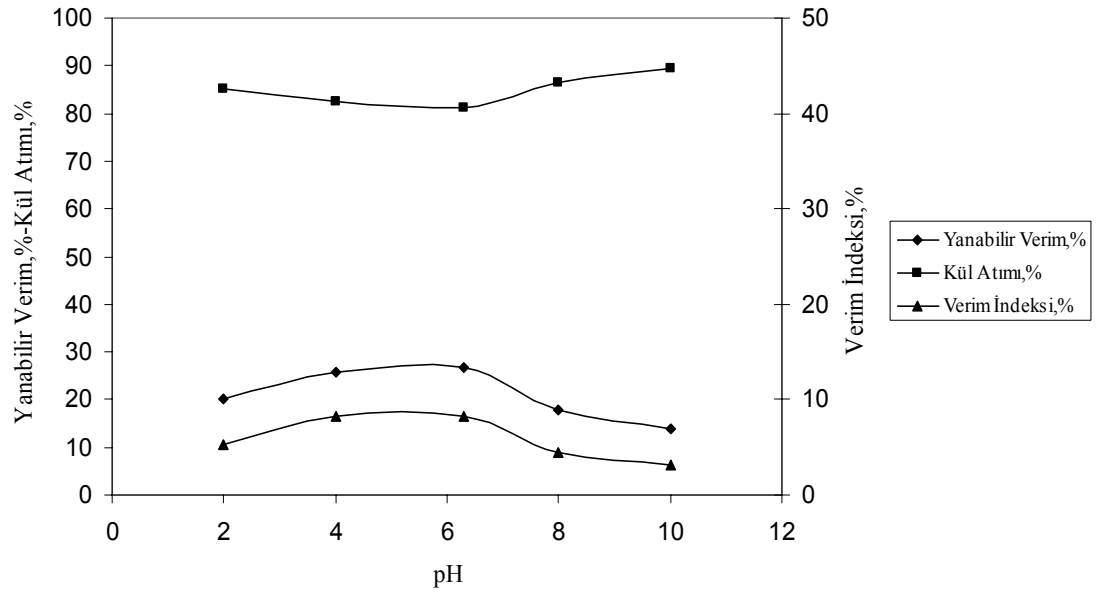


Şekil 112. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Fueloil sonuçlarına bakıldığında ise miktar arttıkça yanabilir verimde artışlar olmaktadır. Verim indeksi değerlerinde düşüşler olmasına rağmen, yanabilir verimin yüksek olması esas alındığından 40000 g/ton fueloil için en uygun değer olarak bulunmuştur.

Tablo 104. Gazyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(Gazyağı miktarı: 10000 g/ton; ; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacağı miktarı:100 g/ton)

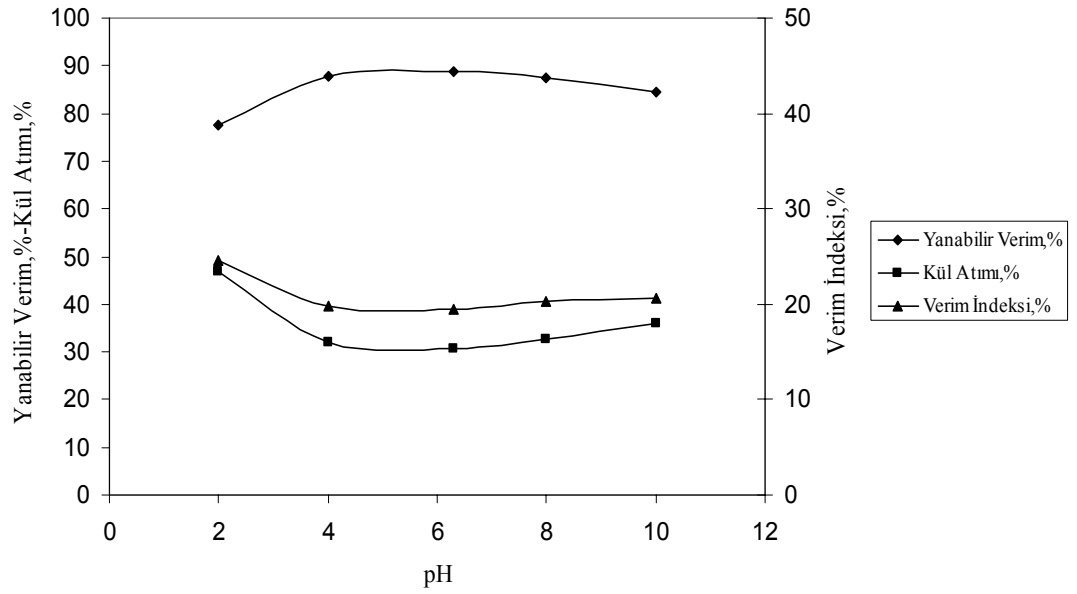
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	19,50	10,60	20,22	85,02	5,24
4,00	24,72	9,84	25,86	82,37	8,23
6,30	25,72	10,01	26,85	81,34	8,19
8,00	17,30	10,76	17,91	86,51	4,42
10,00	13,34	10,99	13,77	89,38	3,15



Şekil 113. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 105. Fueloil ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(Fueloil miktarı: 40000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	74,30	9,87	77,69	46,86	24,55
4,00	85,12	11,02	87,87	32,03	19,90
6,30	86,16	11,10	88,86	30,70	19,56
8,00	84,68	10,95	87,48	32,81	20,29
10,00	81,70	10,80	84,54	36,06	20,60



Şekil 114. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

4.1.2.2.1.3. Dodesilaminin etkisi

Soma Linyit kömürünün yağlarla flotasyonunda, kullanılan yağların miktarını azaltarak daha yüksek verimler elde edebilmek için bu aşamada katyonik kollektörlerden dodesilamin kullanılmıştır. Deneylelerden elde edilen bulgular Tablo 106'da, ilave edilen dodesilamin miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 115'de verilmiştir. Bu deneylerde yağ kullanılmamıştır.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden anlaşılacağı gibi düşük miktarlarda yüksek yanabilir verime ulaşılmasına rağmen seçimlilik yönünden önemli bir başarı sağlanamamıştır.

4.1.2.2.1.3.1. Dodesilamin ile gazyağının birlikte etkisinin incelenmesi

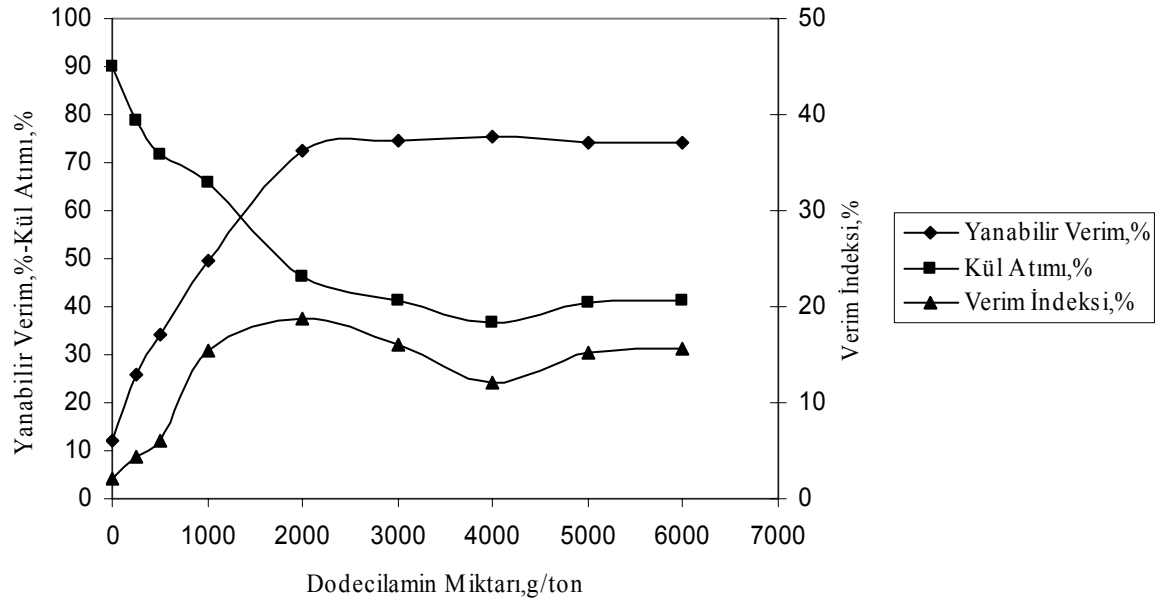
Dodesilaminin etkisi sabit gazyağı miktarında incelenmiştir. Bu deneylerde kömür, yağ ilave edilmeden 3 dak. dodesilamin ile koşullandırılmış ve daha sonra gazyağı miktarı 10000 g/ton alınarak farklı dodesilamin miktarlarında deneyler yapılmıştır. Deneylelerden elde edilen bulgular Tablo 107'de, ilave edilen dodesilamin miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 116'da verilmiştir.

Tablo ve şeklin incelenmesinden görüleceği gibi, dodesilamin ve gazyağı birlikte kullanıldığında verim artmış; fakat konsantrenin kül içeriğinde önemli bir düşme görülmemiştir. Şekil 116'nın incelenmesinden görüldüğü gibi 2000 g/ton dodesilamin miktarında en yüksek yanabilir verim değerine ulaşılmıştır.

Tablo 106. Dodesilamin miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

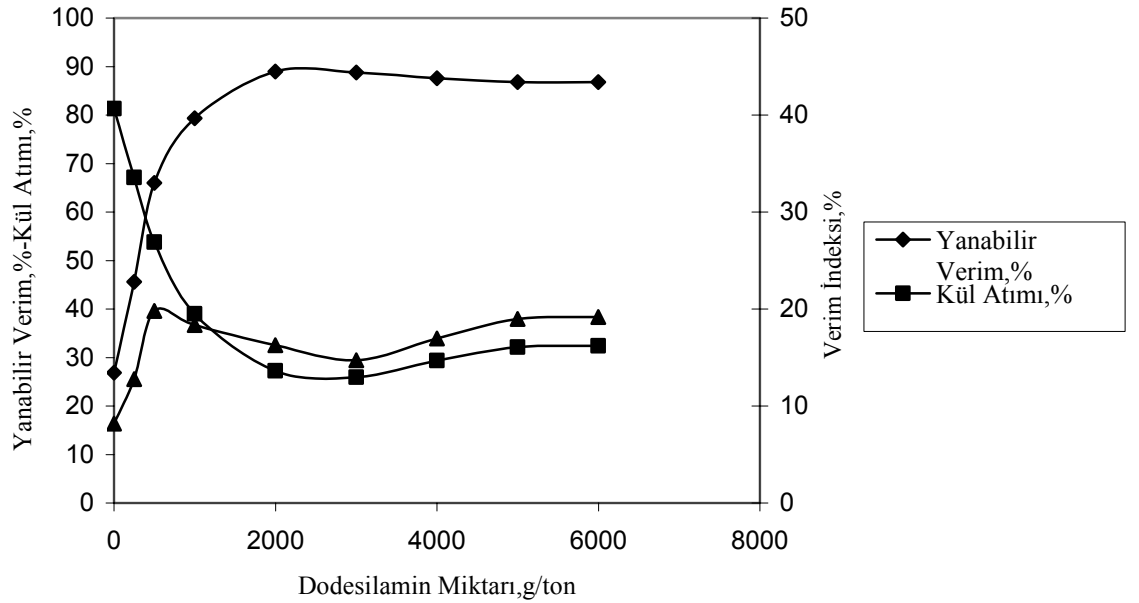
Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
250	25,21	11,71	25,82	78,61	4,43
500	33,39	11,68	34,21	71,74	5,95
1000	47,53	9,96	49,65	65,70	15,35
2000	69,86	10,60	72,45	46,34	18,79
3000	72,52	11,18	74,72	41,25	15,97
4000	73,68	11,84	75,36	36,78	12,14
5000	72,14	11,30	74,23	40,93	15,16
6000	71,98	11,23	74,13	41,42	15,55



Şekil 115. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 107. Dodesilamin- gazyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: % 10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Gazyağı Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	25,72	10,01	26,85	81,34	8,19
	250	43,87	10,34	45,63	67,13	12,76
	500	63,27	10,08	66,00	53,79	19,79
	1000	76,80	10,96	79,33	39,01	18,34
	2000	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
	3000	86,78	11,78	88,81	25,92	14,73
	4000	85,26	11,43	87,60	29,38	16,98
	5000	84,20	11,12	86,82	32,15	18,97
	6000	84,14	11,09	86,79	32,38	19,17



Şekil 116. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.2.1.3.2. Dodesilamin ile fueloilin birlikte etkisinin incelenmesi

Bu deneyler sabit fueloil miktarında dodesilamin miktarı değiştirilerek yapılmıştır. Deneylerde diğer koşullara ilave olarak, fueloil ilave edilmeden önce kömür 3 dak. dodesilamin ile koşullandırılmıştır. Bilindiği gibi daha önce seçilen ton başına 40000 g fueloil miktarı çok yüksek bir değerdir. Bu nedenle bu deneylerde fueloil tüketimini azaltmak amacıyla nispeten daha düşük bir fueloil miktarında çalışma hedeflenmiştir. Bu değer ise 10000 g/ton olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu değer gazyağı ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ile de karşılaştırma imkanı sağlamaktadır. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 108'de, dodesilamin miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 117'de verilmiştir.

Şekil ve tablonun incelenmesinden görüleceği gibi 10000 g/ton fueloil miktarında 2000 g/ton dodesilamin kullanıldığında % 91,24'lük yanabilir verim değerine ulaşmak mümkün olmaktadır. Dodesilamin kullanılmadan aynı miktarda fueloil kullanılarak yapılan deneylerde yanabilir verim değeri %36,04 bulunmuştur. Ayrıca dodesilamin kullanılmadan 40000 g/ton olarak bulunan optimum fueloil miktarında, 2000 g/ton dodesilamin kullanılarak deney yapılmış ve bunun sonucunda % 12,48 kül içeren konsantre % 92,45 yanabilir verimle üretilmiştir. Görüldüğü gibi deney bulguları arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

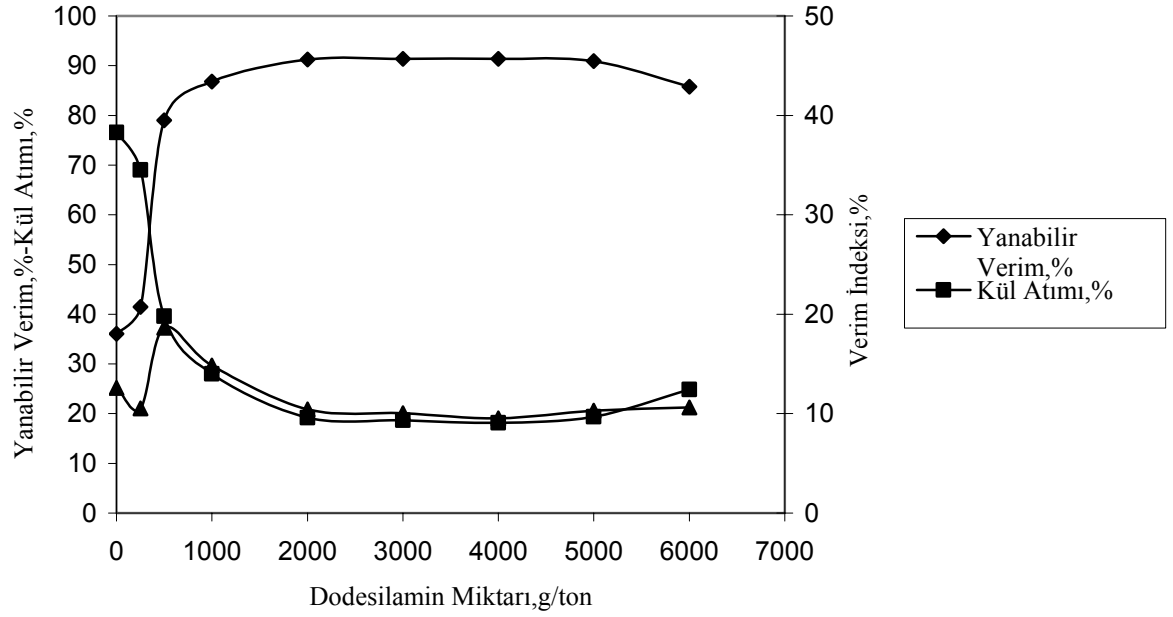
4.1.2.2.1.4. Köpük alma süresinin etkisi

Gazyağı ve fueloil kullanılarak yapılan flotasyon deneylerinde köpük alma süresinin etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. Belirlenen sürelerde köpük alınarak; yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenmiş ve bu yağlar için optimum flotasyon süresi seçilmiştir. Deney bulguları Tablo 109 ve 110 ve Şekil 118 ve 119'da verilmiştir.

Gazyağı ve fueloil ile yapılan deneylerin sonucuna bakıldığında köpük alma süresinin her iki yağ için de 0,5 dak. yeterli olduğu görülmüştür.

Tablo 108. Dodesilamin- fueloil miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Fueloil Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	34,30	9,43	36,04	76,56	12,60
	250	40,04	10,67	41,49	69,04	10,53
	500	76,44	10,90	79,01	39,62	18,63
	1000	84,76	11,72	86,81	28,02	14,83
	2000	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
	3000	89,98	12,47	91,37	18,69	10,06
	4000	90,08	12,54	91,40	18,14	9,54
	5000	89,48	12,43	90,90	19,40	10,30
	6000	84,30	12,30	85,77	24,86	10,63



Şekil 117. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- fueloil miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 109. Dodesilamin-gazyacı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

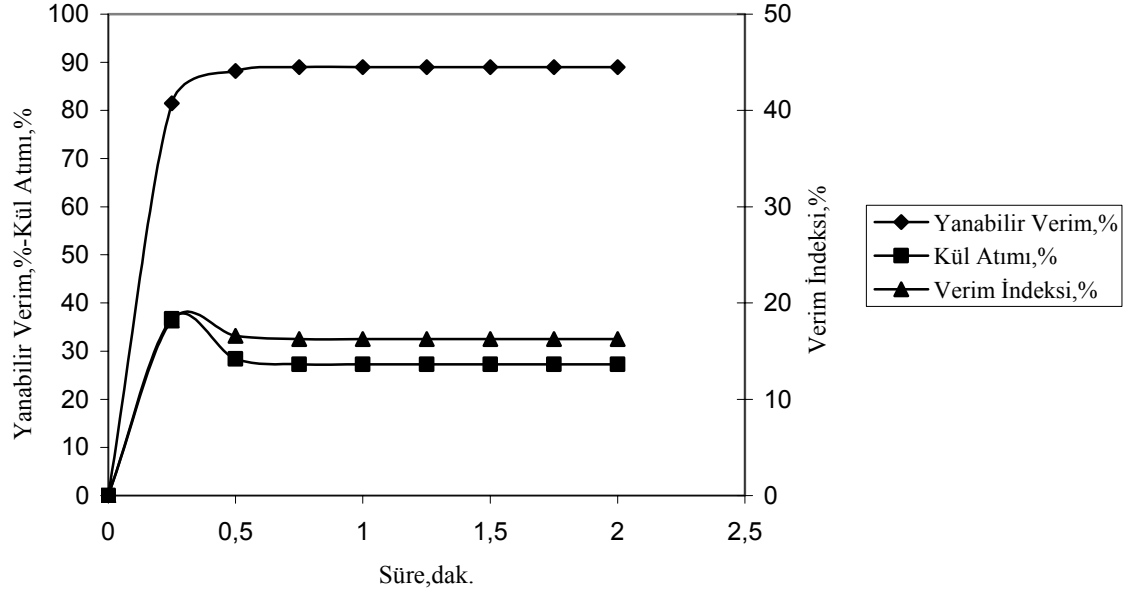
(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyacı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	78,96	11,06	78,96	11,06	81,47	36,72	18,19
0,25-0,50	6,92	16,63	85,88	11,50	88,16	28,37	16,53
0,50-0,75	0,88	18,02	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
0,75-1,00	0,00	-	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
1,00-1,25	0,00	-	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
1,25-1,50	0,00	-	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
1,50-1,75	0,00	-	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
1,75-2,00	0,00	-	86,76	11,57	89,00	27,26	16,26
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-

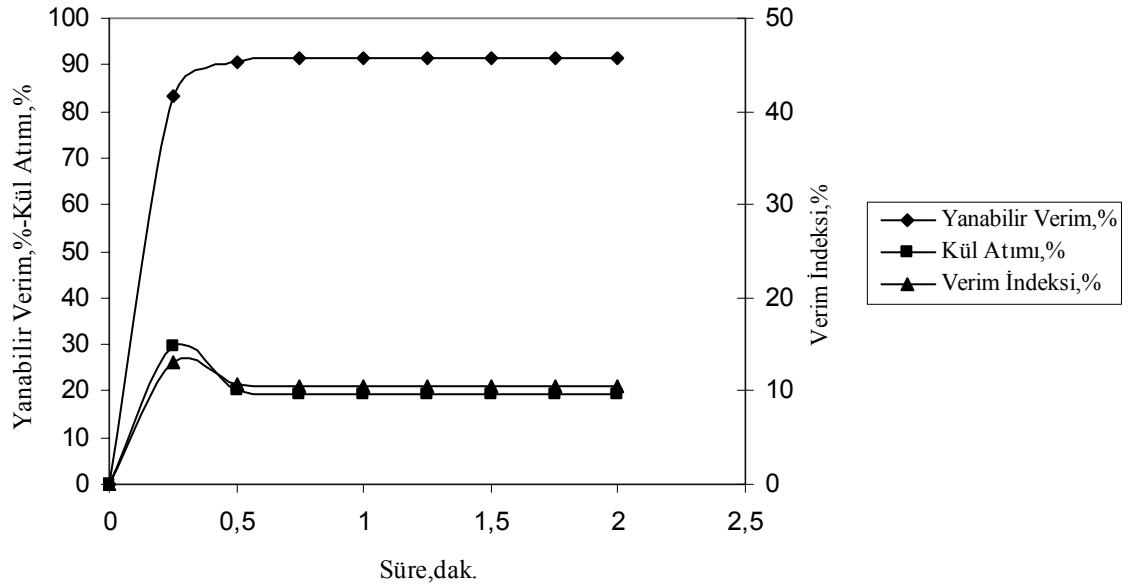
Tablo 110. Dodesilamin-fueloil ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; fueloil miktarı:10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	81,63	11,88	81,63	11,88	83,45	29,73	13,18
0,25-0,50	7,42	17,74	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
0,50-0,75	0,75	18,93	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
0,75-1,00	0,00	-	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
1,00-1,25	0,00	-	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
1,25-1,50	0,00	-	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
1,50-1,75	0,00	-	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
1,75-2,00	0,00	-	89,80	12,42	91,24	19,18	10,42
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-



Şekil 118. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-gazyacı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 119. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-fueloil için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.2.1.5. Katı oranının etkisi

Deneylerde incelenen katı oranları %2,50-%5,00-%10,00-%15,00 ve %20,00'dir. Her iki yağ için deney sonuçları Tablo 111, 112 ve Şekil 120 ve 121'de verilmiştir.

Her iki yağ için yanabilir verim ve kül atımı değerleri incelendiğinde en iyi sonuçlara %10 katı oranında ulaşılmıştır. Bundan sonraki deneyler de bu değerde yapılmıştır.

4.1.2.2.1.6. Karıştırma hızının etkisi

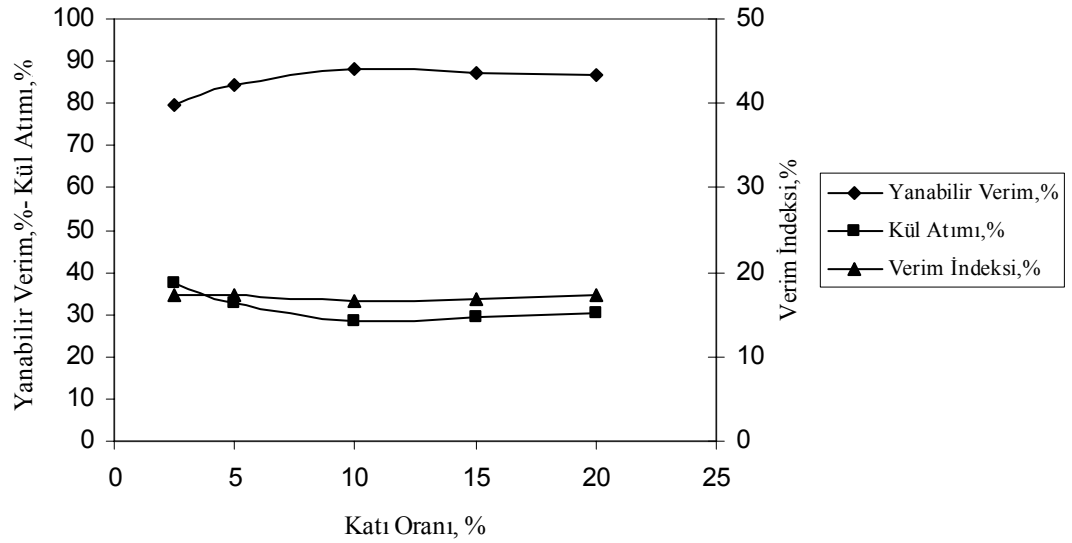
Karıştırma hızının etkisi 850-1050-1500 ve 2000 dev/dak.'lık hızlarda incelenmiştir. Her bir karıştırma hızında yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek gazyağı ve fueloil için en uygun karıştırma hızları seçilmiştir. Gazyağının deney sonuçları Tablo 113 ve Şekil 122'de verilirken; fueloilin deney sonuçları Tablo 114 ve Şekil 123'de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüldüğü gibi gazyağı ve fueloil için 1500 dev/dak. karıştırma hızından sonra flotasyon parametrelerinde çok fazla değişme olmadığından bu değer hem gazyağı hem de fueloil için en uygun karıştırma hızı olarak belirlenmiştir.

Tablo 111. Dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	77,38	11,15	79,76	37,48	17,24
5,00	82,11	11,30	84,49	32,77	17,26
10,00	85,88	11,50	88,17	28,43	16,60
15,00	84,99	11,43	87,33	29,61	16,94
20,00	84,45	11,36	86,84	30,48	17,32

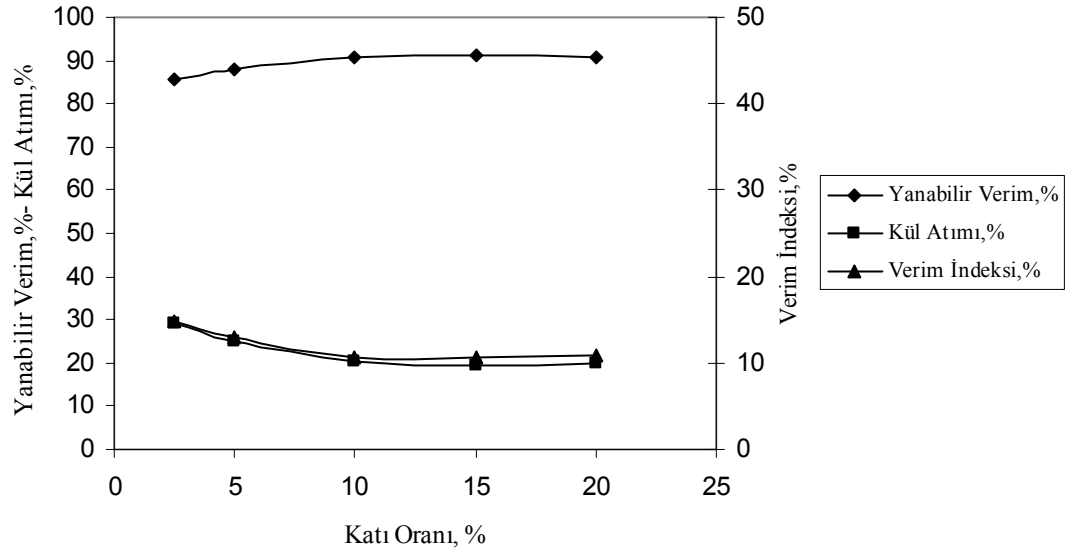


Şekil 120. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 112. Dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak. ; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	83,62	11,68	85,68	29,23	14,91
5,00	86,35	12,02	88,13	24,79	12,92
10,00	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
15,00	89,70	12,40	91,16	19,40	10,56
20,00	89,27	12,35	90,77	20,11	10,88

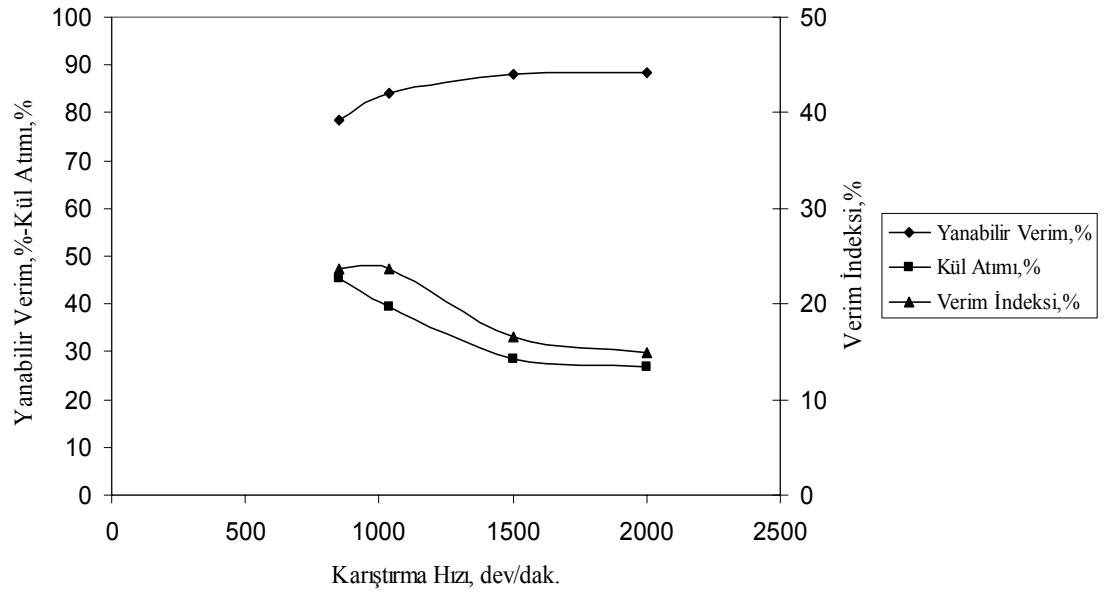


Şekil 121. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 113. Dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	75,12	10,04	78,40	45,35	23,75
1050	80,88	10,32	84,15	39,52	23,67
1500	85,88	11,50	88,17	28,43	16,60
2000	86,20	11,74	88,26	26,67	14,93

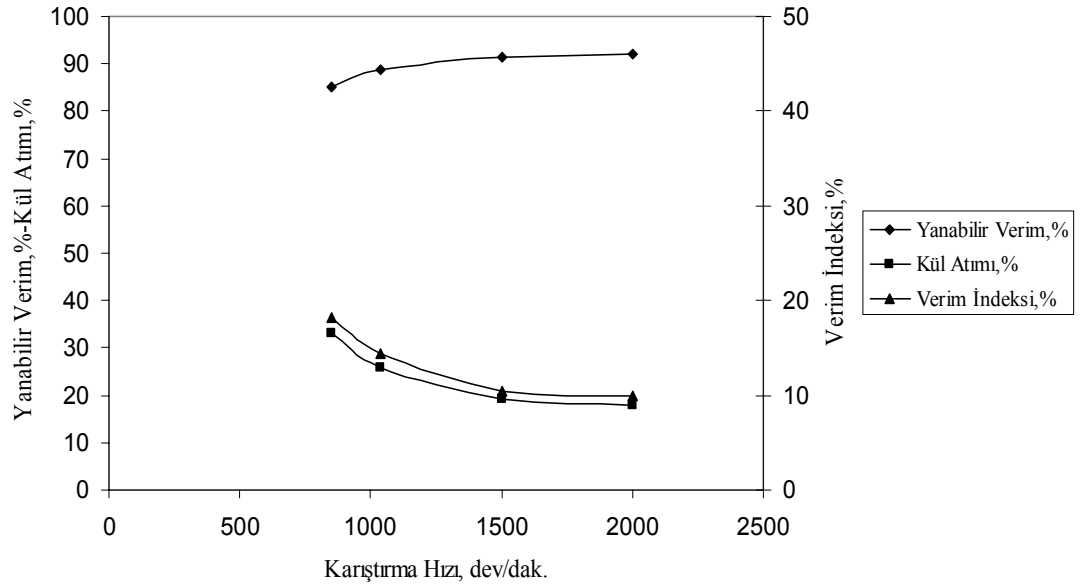


Şekil 122. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 114. Dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	82,63	11,18	85,14	33,06	18,20
1050	86,64	11,82	88,63	25,79	14,42
1500	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
2000	90,68	12,50	92,05	17,86	9,91



Şekil 123. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.2.1.7. Köpürtücü miktarının etkisi

Köpürtücü miktarının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen sonuçlar gazyağı için Tablo 115 ve Şekil 124’de verilirken; fueloil sonuçları ise Tablo 116 ve Şekil 125’de verilmiştir.

Tablo ve şekillerin topluca incelenmesinden görüleceği gibi hem gazyağı hem de fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak flotasyon değişkenlerinde önemli bir değişim görülmemiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında her iki yağ içinde 100 g/ton çamyacı miktarı belirlenmiştir.

4.1.2.2.1.8. Na₂SiO₃ miktarının etkisi

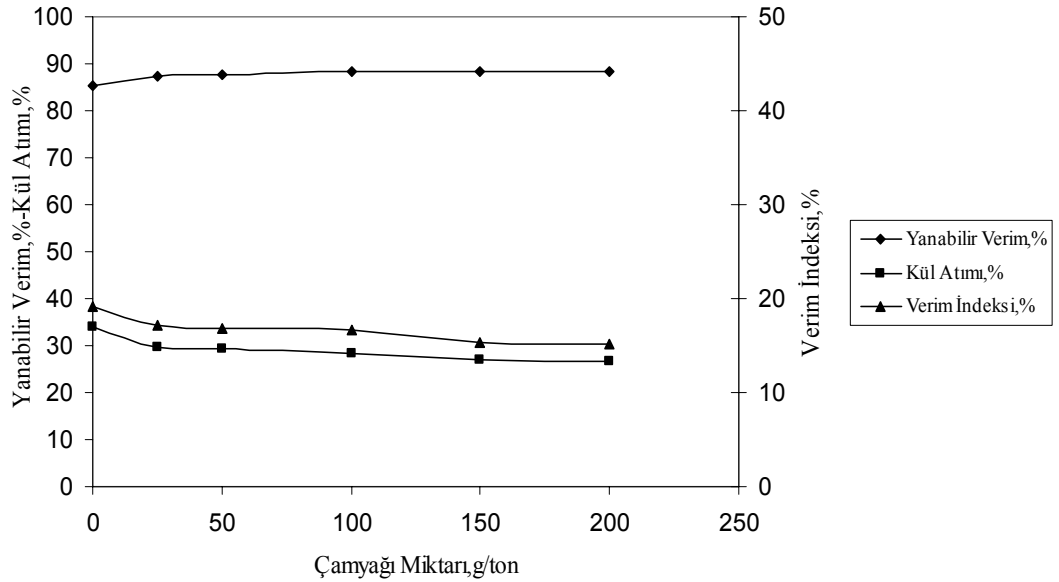
Gang minerallerinin ıslanabilirliğini/dağılmasını arttırmak ve daha temiz bir konsantre elde etmek için pülpe 0-1750-3500-7000 ve 10500 g/ton miktarlarında Na₂SiO₃ ilave edilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 117 ve 118’de verilirken; Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 126 ve 127’de verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde Na₂SiO₃’ın kullanılmasıyla herhangi bir seçimlilik sağlanamamıştır. Özellikle gazyağı ile yapılan deneylerde yanabilir verimde düşüşler gözlenmiştir.

Tablo 115. Dodesilamin-gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	82,56	11,03	85,21	34,01	19,22
25	85,00	11,40	87,37	29,78	17,15
50	85,26	11,44	87,59	29,32	16,91
100	85,88	11,50	88,17	28,43	16,60
150	86,17	11,68	88,29	27,07	15,36
200	86,25	11,71	88,34	26,81	15,15

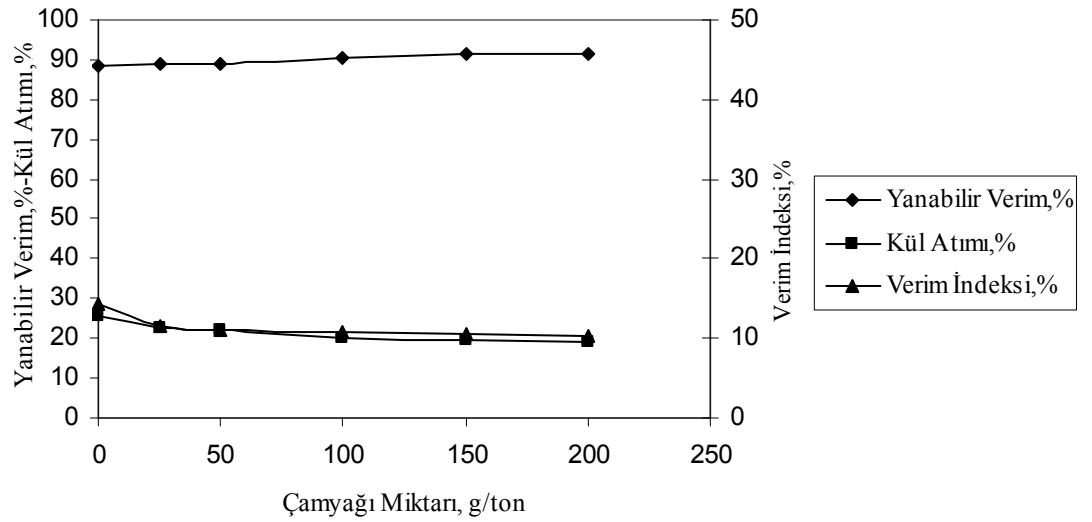


Şekil 124. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 116. Dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton, fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	86,68	11,84	88,65	25,63	14,28
25	87,22	12,24	88,80	22,64	11,44
50	87,32	12,29	88,85	22,23	11,08
100	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
150	89,83	12,39	91,30	19,35	10,65
200	89,98	12,44	91,40	18,89	10,29

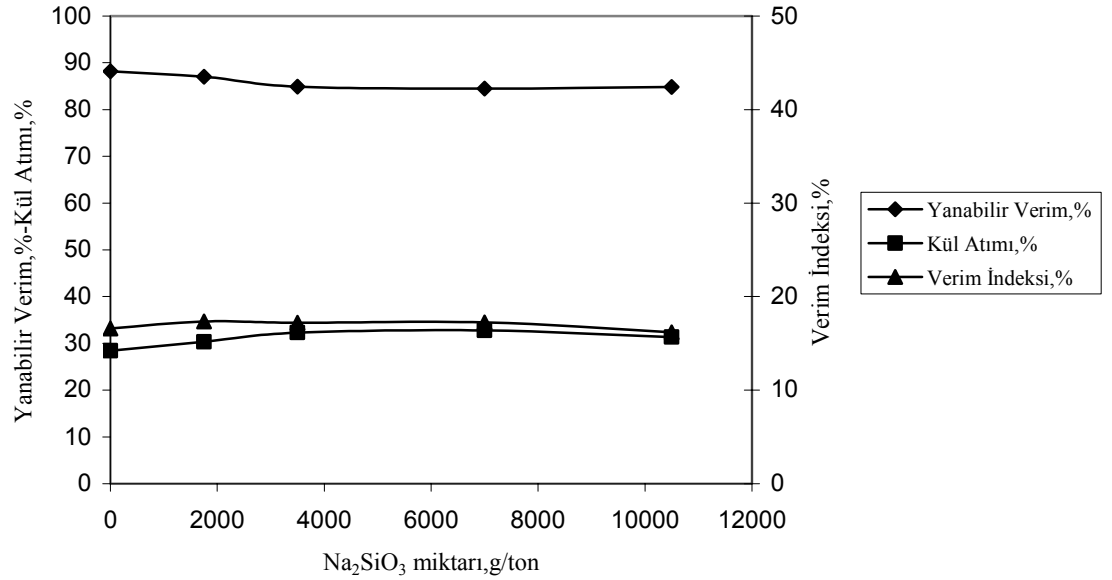


Şekil 125. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 117. Dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyağı miktarı 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi 0,5 dak.; katı oranı %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	85,88	11,50	88,17	28,43	16,60
1750	84,60	11,36	86,99	30,36	17,35
3500	82,54	11,32	84,91	32,29	17,20
7000	82,12	11,30	84,50	32,76	17,26
10500	82,49	11,38	84,81	31,98	16,79

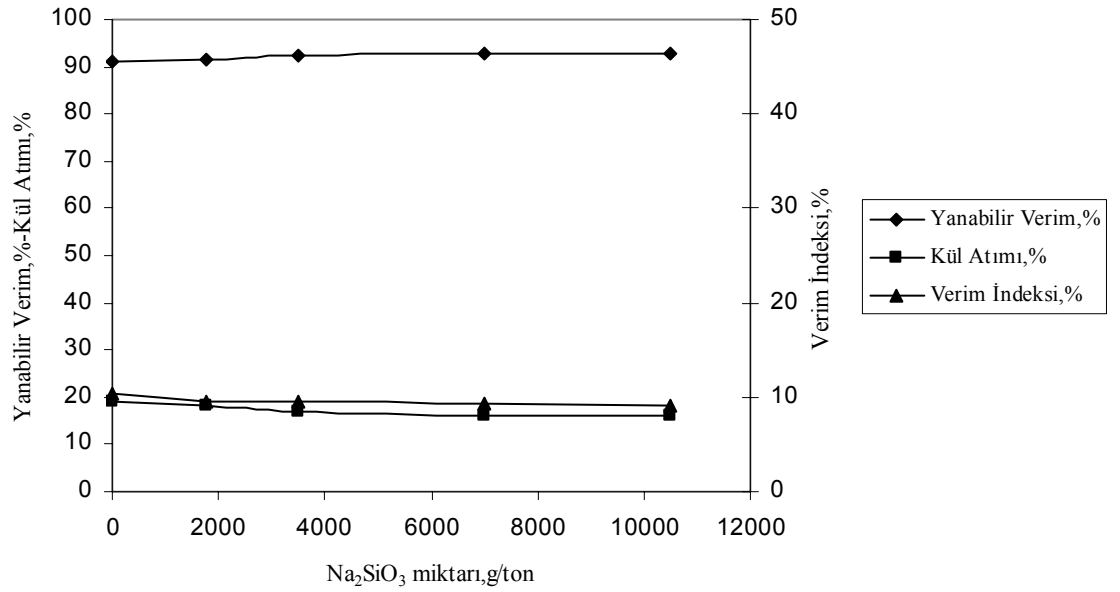


Şekil 126. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- gazyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 118. Dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
1750	90,04	12,54	91,36	18,18	9,54
3500	91,24	12,56	92,55	16,96	9,51
7000	91,68	12,60	92,96	16,29	9,25
10500	91,74	12,62	93,00	16,10	9,10



Şekil 127. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- fueloil ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

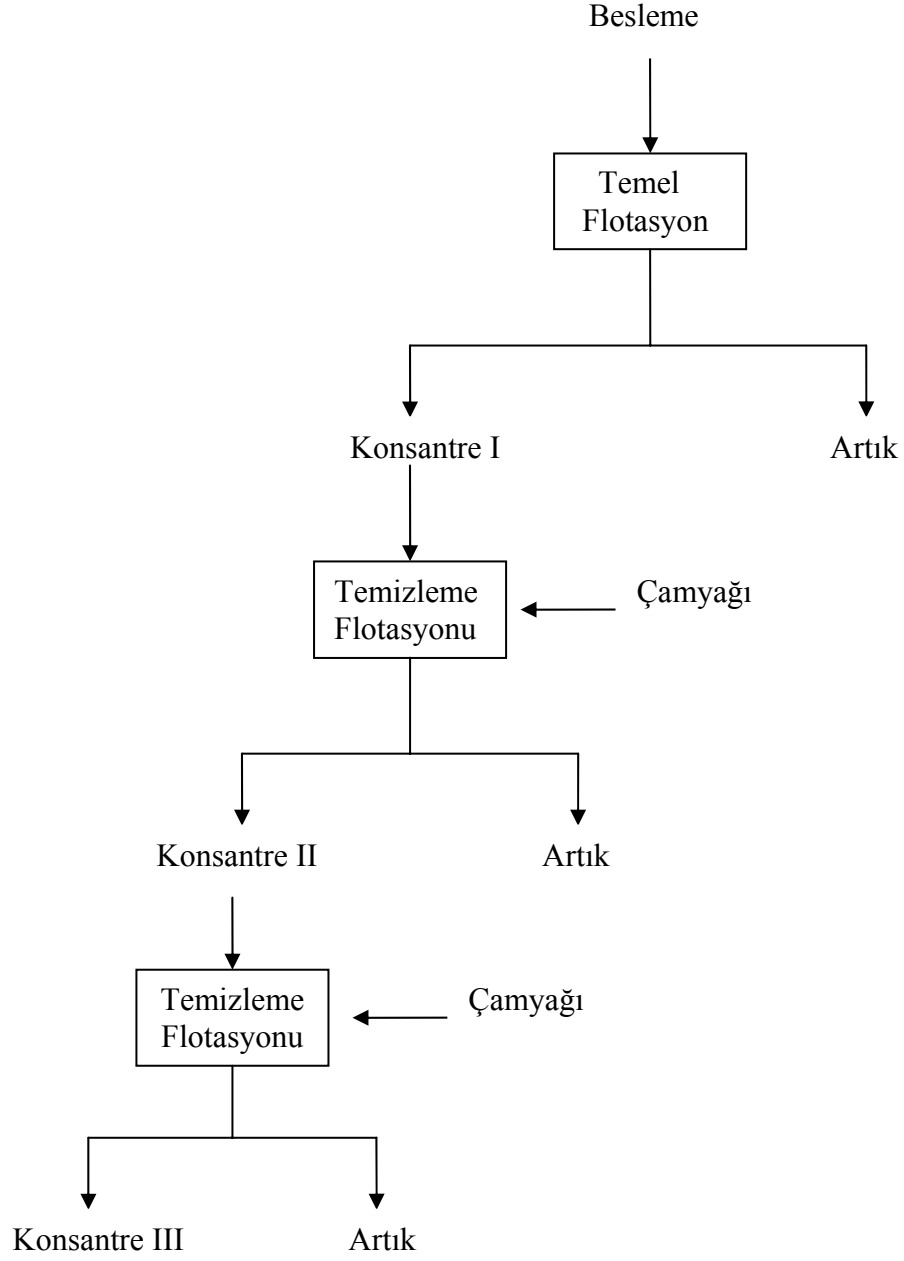
4.1.2.2.1.9. Aşamalı flotasyonun etkisi

Bu kısımda optimum koşulların uygulandığı flotasyon işlemi sonucu elde edilen konsantre II aşamalı temizlemeye tabi tutulmuştur. I. ve II. aşamada sadece 100 g/ton çamyağı ilave edilerek konsantre elde edilmiştir. Bu işleme ait akım şeması Şekil 128’de gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 119’da verilirken, farklı aşamalardan elde edilen konsantrenin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimleri ise Şekil 129 ve 130’da verilmiştir.

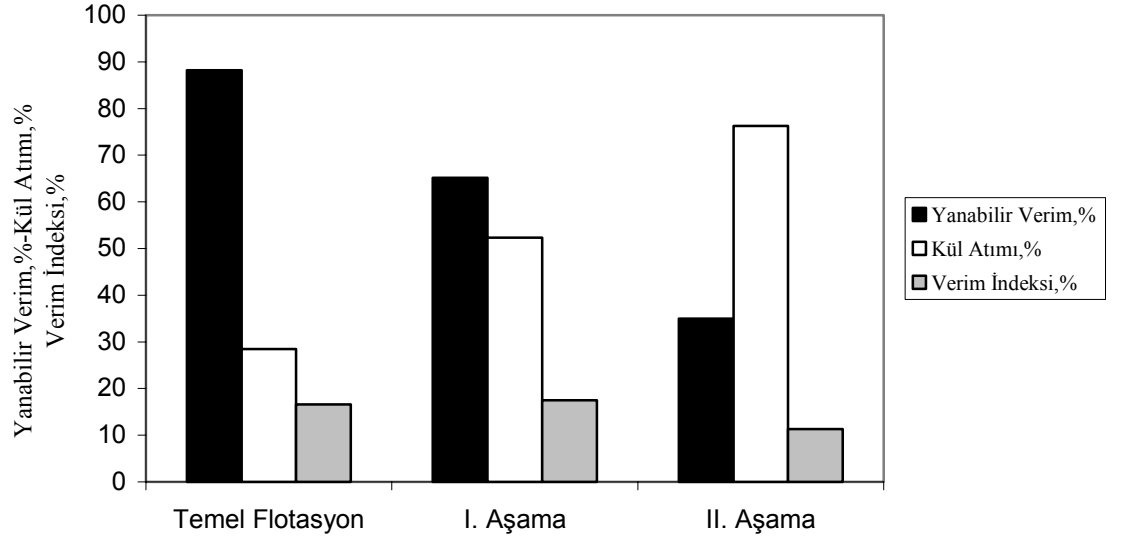
Deney sonuçlarına bakıldığında yüzen ürün miktarlarında azalma olmasına rağmen, kül miktarlarında belirgin azalmalar görülmemiştir. Aşamalı flotasyonda amaç kül düşürmek olduğu için, Soma Linyit kömüründe (kül yönünden) klasik yağlar ile istenilen amaca ulaşamamıştır.

Tablo 119. Aşamalı flotasyonun Soma Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

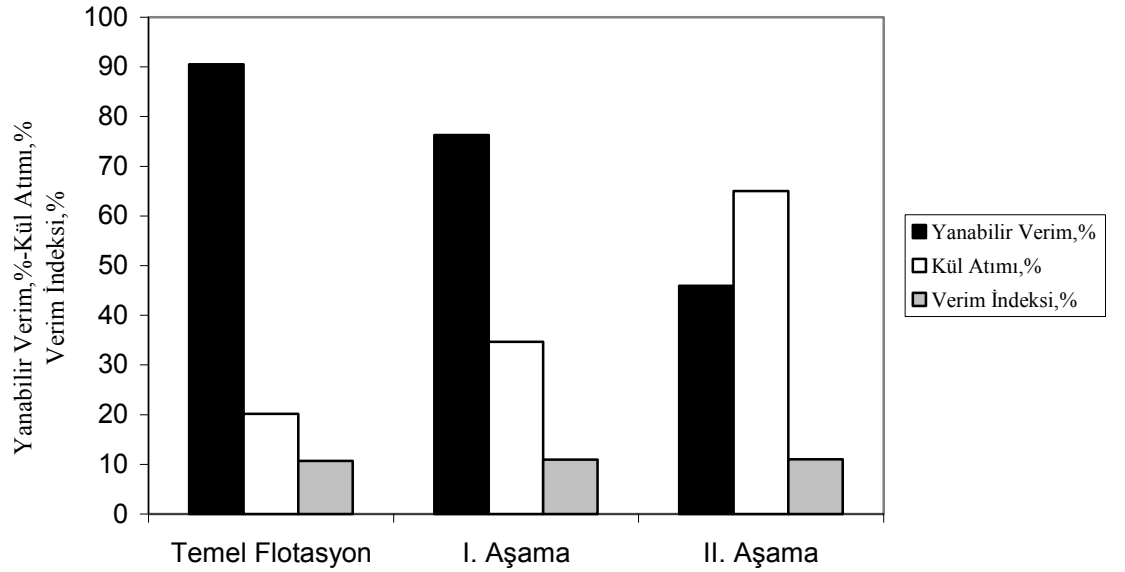
Yağ Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Gazyağı	Temel Flotasyon	85,88	11,50	88,17	28,43	16,60
	I. Aşama	62,73	10,48	65,15	52,36	17,51
	II. Aşama	33,45	9,78	35,01	76,29	11,30
Fueloil	Temel Flotasyon	89,05	12,37	90,53	20,18	10,71
	I. Aşama	74,78	12,06	76,29	34,65	10,94
	II. Aşama	44,43	10,86	45,95	65,04	10,99



Şekil 128. Soma Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması



Şekil 129. Soma Linyit flotasyonunda gazyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 130. Soma Linyit flotasyonunda fueloil ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.2.2. Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deney bulguları

Deneylelerde bitkisel yağ olarak pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı kullanılmıştır.

4.1.2.2.2.1. Toplayıcı miktarının flotasyona etkisi

İncelenen bitkisel yağ miktarları 0-5000-10000-20000-30000-40000 ve 60000 g/ton'dur. Elde edilen sonuçlar Tablo 120, 121, 122 ve 123'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak her yağ için yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 131, 132, 133 ve 134'de gösterilmiştir.

Her bir yağ için, yağ miktarı arttıkça yanabilir verimin artması nedeniyle optimum değerlere farklı miktarlarda ulaşılmaktadır. Yağ tüketiminin fazlalığı da dikkate alındığında 10000 g/ton yeterli görülmüş ve bundan sonraki deneylerde bu değer esas alınmıştır.

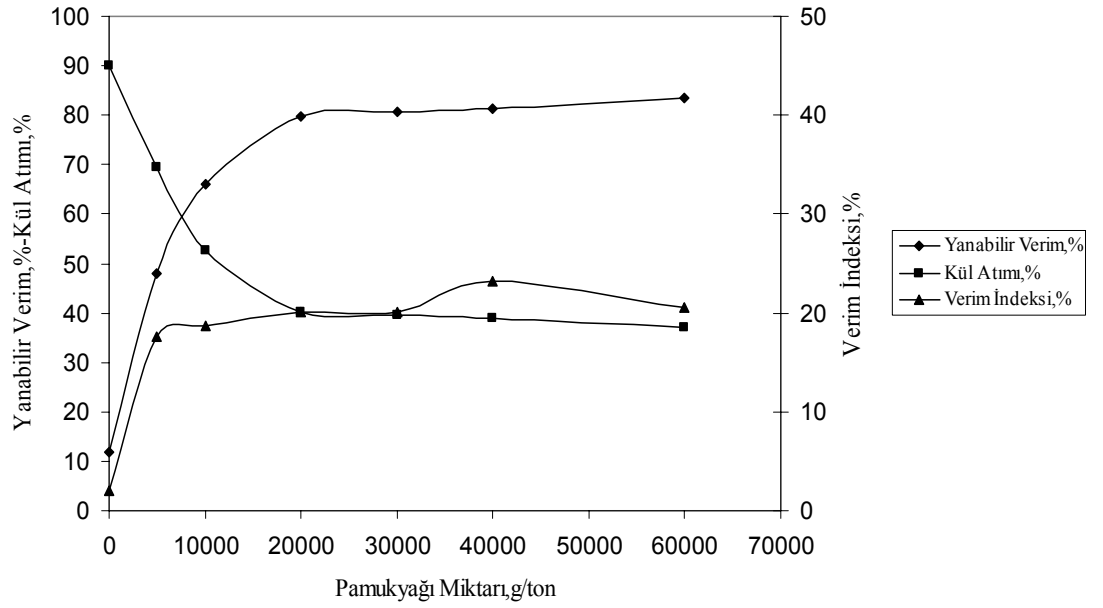
4.1.2.2.2.2. pH'ın etkisi

Soma Linyit kömürünün bitkisel yağlarla flotasyonunda, pH'ın etkisi incelenerek elde edilen bulgular Tablo 124, 125, 126 ve 127 ve Şekil 135, 136, 137 ve 138'de gösterilmiştir.

Şekil ve tabloların incelenmesinden görüldüğü gibi çalışmada kullanılan tüm yağlar ile yanabilir verim yönünden en iyi bulgular, nötr pH civarında elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yağlar pülpün pH'ında bir değişikliğe sebep olmamış, kömür + su karışımının pH'ı yaklaşık 6,30 civarında bir değer almıştır. Bu nedenle çalışmalar doğal pülp pH'ında yürütülmüştür.

Tablo 120. Pamukyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

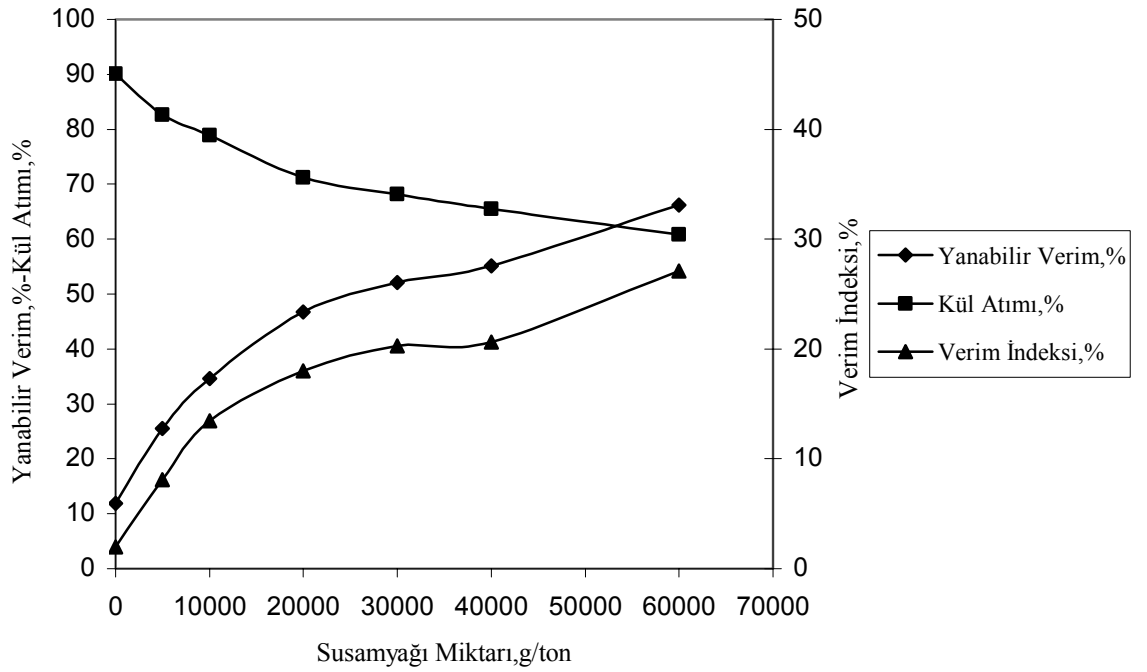
Pamukyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	45,64	9,22	48,06	69,51	17,57
10000	63,40	10,30	65,97	52,68	18,65
20000	77,00	10,70	79,77	40,30	20,07
30000	77,81	10,72	80,59	39,56	20,15
40000	78,58	10,74	81,37	38,84	23,21
60000	80,64	10,77	83,47	37,07	20,54



Şekil 131. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 121. Susamyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

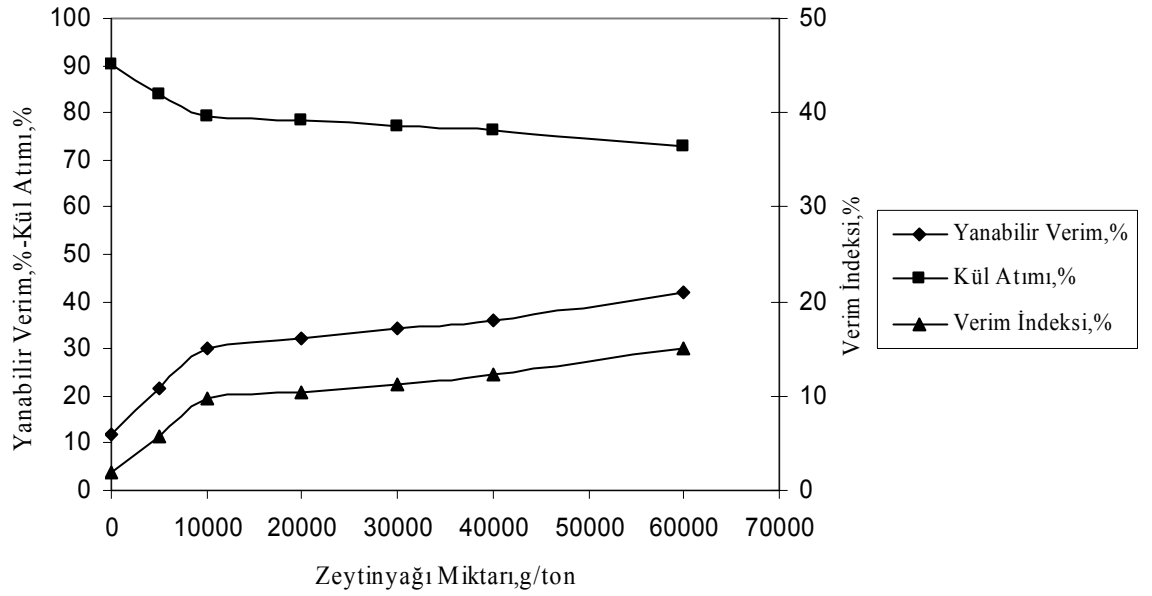
Susamyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	24,42	9,84	25,54	82,59	8,13
10000	33,01	9,67	34,59	78,87	13,46
20000	44,30	8,97	46,78	71,21	17,99
30000	49,29	8,90	52,09	68,21	20,30
40000	52,25	9,10	55,10	65,55	20,65
60000	62,48	8,64	66,22	60,88	27,10



Şekil 132. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 122. Zeytinyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

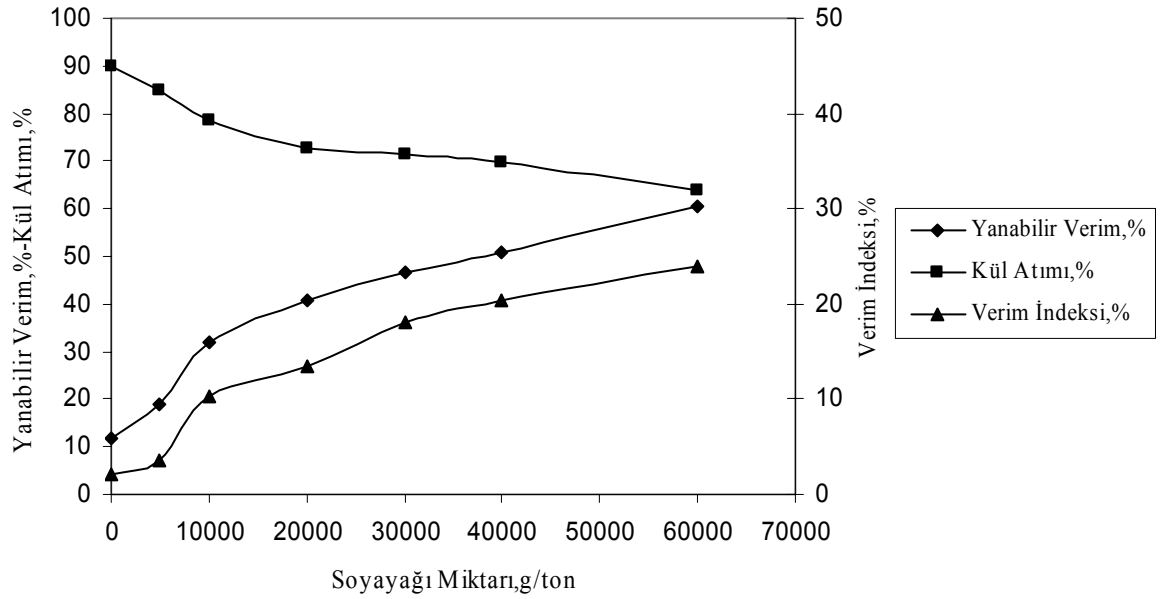
Zeytinyağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	21,00	10,60	21,78	83,87	5,65
10000	28,96	9,84	30,29	79,35	9,64
20000	30,67	9,75	32,11	78,33	10,44
30000	32,60	9,67	34,16	77,16	11,32
40000	34,20	9,54	35,89	76,36	12,25
60000	40,08	9,34	42,15	72,87	15,02



Şekil 133. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 123. Soyayağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

Soyayağı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	11,64	11,74	11,92	90,10	2,02
5000	18,23	11,48	18,72	84,83	3,55
10000	30,42	9,80	31,83	78,40	10,23
20000	39,07	9,68	40,94	72,59	13,53
30000	44,09	8,90	46,60	71,57	18,17
40000	48,01	8,73	50,83	69,63	20,46
60000	56,74	8,80	60,03	63,82	23,85

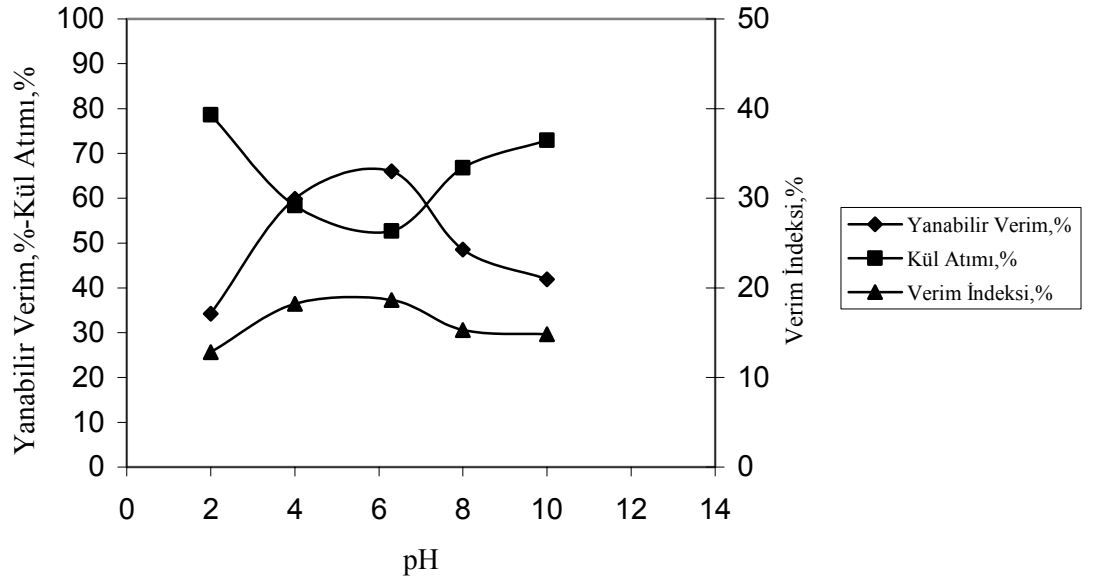


Şekil 134. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 124. Pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hız: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	32,47	9,10	34,24	78,59	12,83
4,00	57,33	10,02	59,84	58,37	18,21
6,30	63,40	10,30	65,97	52,68	18,65
8,00	46,42	9,88	48,53	66,77	15,30
10,00	39,88	9,38	41,92	72,89	14,81

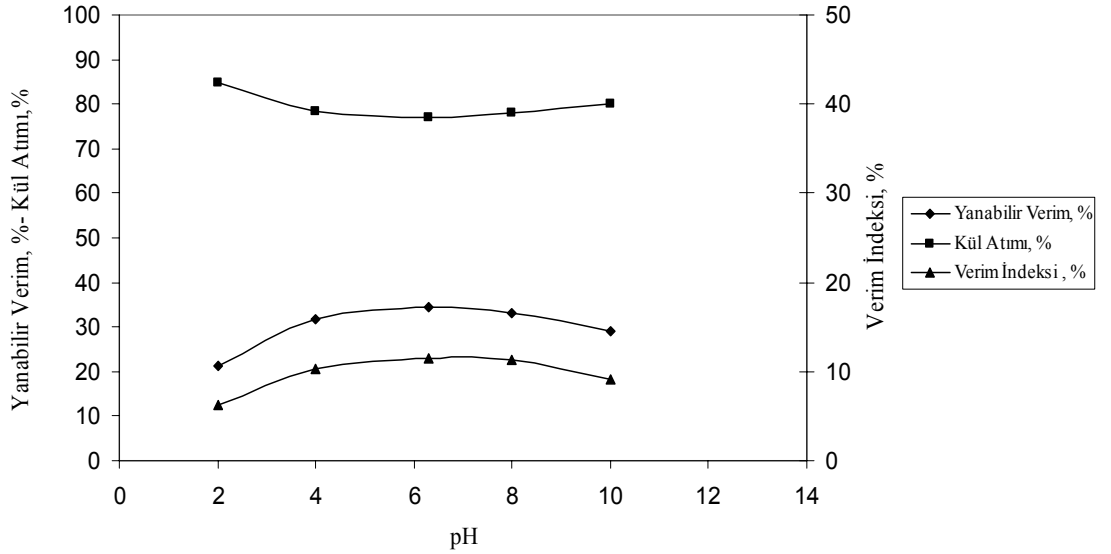


Şekil 135. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 125. Susamyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Susamyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	20,42	10,20	21,27	84,91	6,18
4,00	30,40	9,80	31,81	78,41	10,22
6,30	33,01	9,67	34,59	76,87	11,46
8,00	31,60	9,54	33,16	78,15	11,31
10,00	27,86	9,89	29,12	80,03	9,15

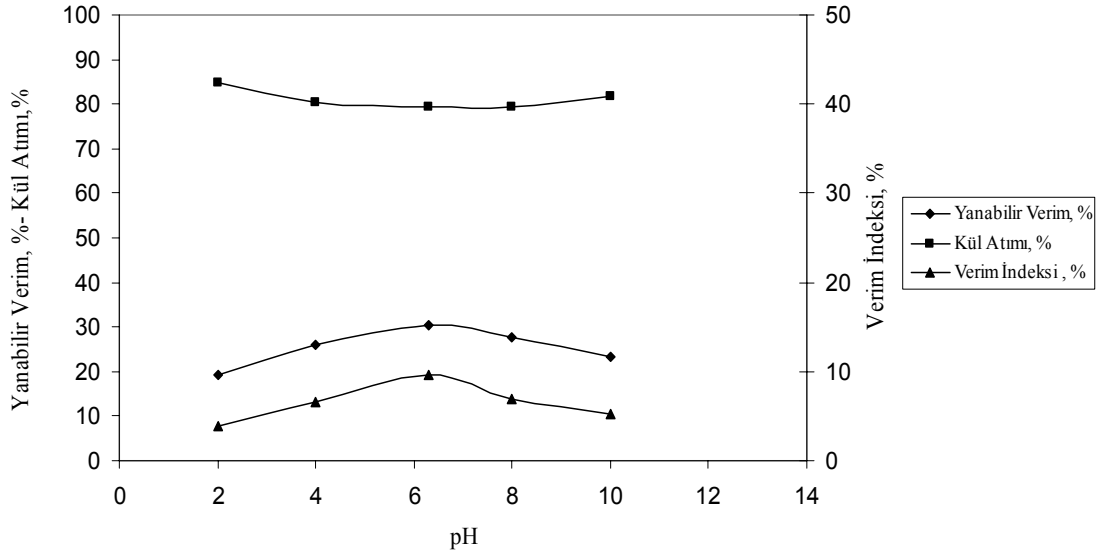


Şekil 136. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 126. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı 100 g/ton)

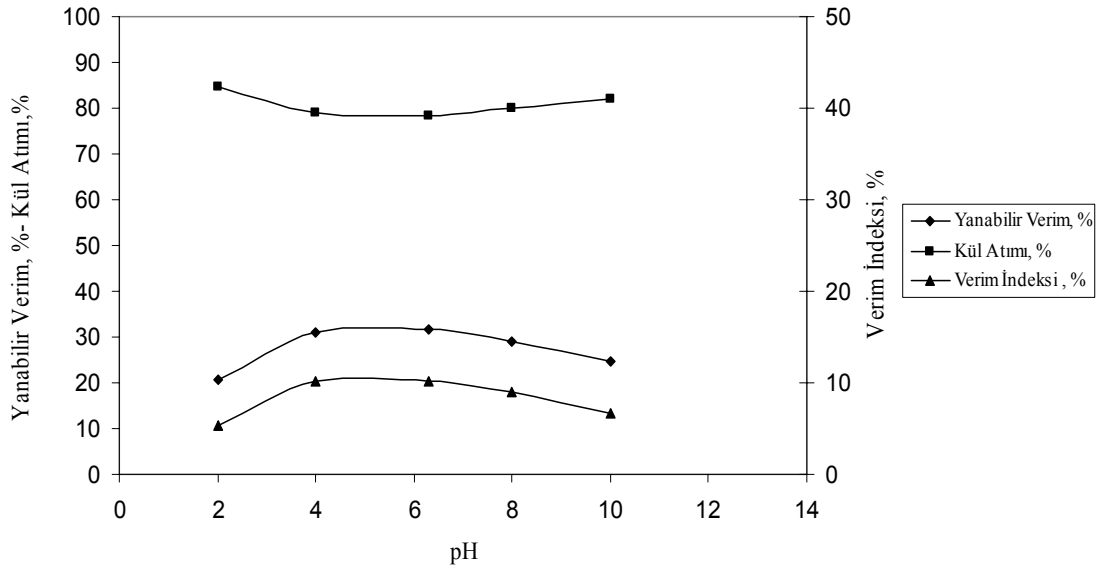
pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	18,68	11,33	19,22	84,66	3,88
4,00	25,12	10,68	26,03	80,56	6,59
6,30	28,96	9,84	30,29	79,35	9,64
8,00	26,63	10,73	27,58	79,29	6,87
10,00	22,64	11,08	23,35	81,82	5,17



Şekil 137. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

Tablo 127. Soyayağı ile yapılan deneylerde pH'ın Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(Soyayağı miktarı: 10000 g/ton; köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

pH	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,00	20,01	10,63	20,75	84,59	5,34
4,00	29,63	9,72	31,03	79,13	10,16
6,30	30,42	9,80	31,83	78,40	10,23
8,00	27,86	9,92	29,11	79,97	9,08
10,00	23,68	10,45	24,60	82,07	6,67



Şekil 138. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi

4.1.2.2.2.3. Dodesilaminin etkisi

Saf dodesilamin kullanılarak elde edilen bulgular da dikkate alınarak (Tablo 106 ve Şekil 115) bitkisel yağlarla dodesilamin birlikte kullanılmıştır.

4.1.2.2.2.3.1. Dodesilamin ile pamukyağının birlikte etkisinin incelenmesi

Dodesilamin- pamukyağının etkisinin incelendiği deneylerde, yağ ilave edilmeden 3 dak. önce pülp dodesilamin ile koşullandırılmıştır. Pamukyağı miktarı 10000 g/ton alınarak farklı dodesilamin miktarlarında deneyler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 128’de, ilave edilen dodesilamin miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 139’da verilmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi 500 g/ton dodesilamin miktarına kadar yanabilir verimde bir artış olurken, bu değerden sonra ise önemli bir artış olmamaktadır. Benzer eğilimler kül atımı ve verim indeksi değerlerinde de gözlemlenmiştir. Pamukyağında dodesilamin kullanılmadan en yüksek verim değerlerine 60000 g/ton değerinde ulaşılrken (% 83,47); 500 g/ton dodesilamin miktarında 10000 g/ton yağ kullanıldığında verim değeri % 89,73 gibi bir değer almıştır. 30000 g/ton pamukyağı ve 500 g/ton dodesilamin kullanıldığında elde edilen yanabilir verim ve kül atımı değerleri % 90,09 ve % 11,85 olarak bulunmuştur.

4.1.2.2.2.3.2. Dodesilamin ile susamyağının birlikte etkisinin incelenmesi

Dodesilamin- susamyağının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 129’da, ilave edilen dodesilamin miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 140’da verilmiştir.

Deney bulguları incelendiğinde dodesilamin miktarı arttıkça yanabilir verim artmakta; 2000 g/ton miktarından sonra önemli bir değişme olmamaktadır.

Susamyağı ile birlikte dodesilamin kullanıldığında da herhangi bir seçimlilik sağlanamamıştır.

4.1.2.2.2.3.3. Dodesilamin ile zeytinyağının birlikte etkisinin incelenmesi

Dodesilamin- zeytinyağının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 130'da, ilave edilen dodesilamin-zeytinyağı miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 141'de verilmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi zeytinyağı için 3000 g/ton dodesilamin miktarında verimde büyük bir artış gözlenmektedir. Bu nedenle 10000 g/ton zeytinyağına karşılık 3000 g/ton dodesilamin miktarının yeterli olduğu bulunmuştur.

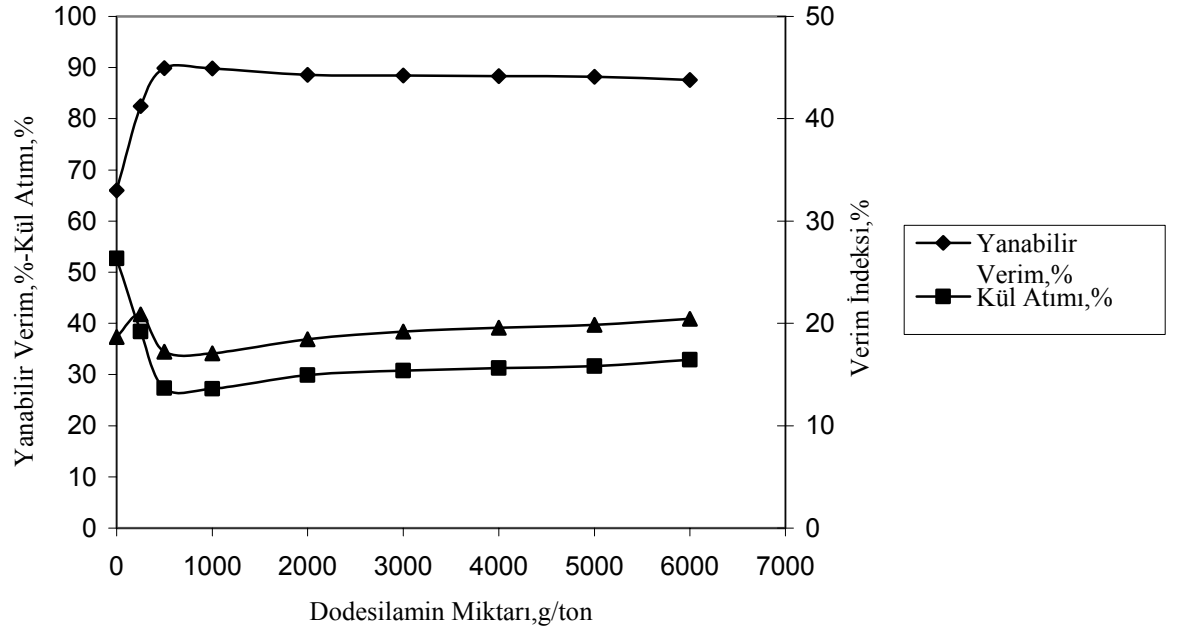
4.1.2.2.2.3.4. Dodesilamin ile soyayağının birlikte etkisinin incelenmesi

Dodesilamin- soyayağının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular Tablo 131'de, ilave edilen dodesilamin miktarına göre yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksinin değişimi ise Şekil 142'de verilmiştir.

Diğer bitkisel yağlarla gözlenen sonuçlar bu yağda da görülmüştür. Ürünlerin kül içeriğindeki artış soyayağında daha yüksek olmuştur; yani herhangi bir seçimlilik sağlanamamıştır. Yağ konsantrasyonu arttıkça kül değeri yönünden düşüş gözlemlenmiştir. Yanabilir verim yönünden en iyi bulgular 3000 g/ton dodesilamin miktarında elde edilmiştir.

Tablo 128. Dodesilamin- pamukyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: % 10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

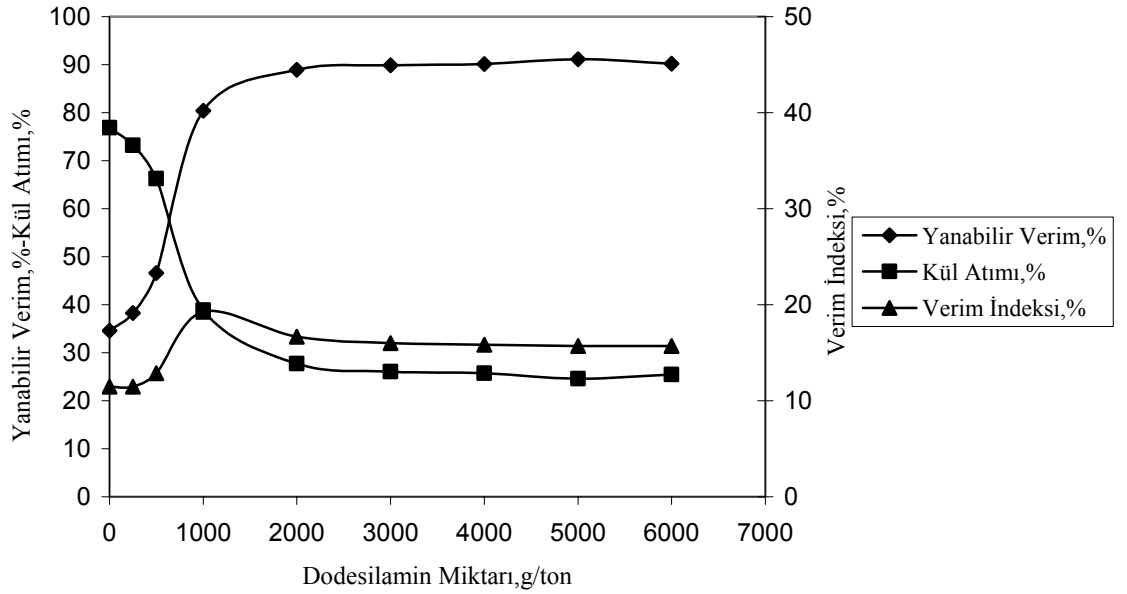
Pamukyağı Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	63,40	10,30	65,97	52,68	18,65
	250	79,58	10,68	82,46	38,41	20,87
	500	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
	1000	87,48	11,48	89,83	27,23	17,06
	2000	86,02	11,25	88,56	29,88	18,44
	3000	85,78	11,14	88,43	30,75	19,18
	4000	85,63	11,08	88,33	31,25	19,58
	5000	85,48	11,04	88,22	31,62	19,84
	6000	84,74	10,93	87,56	32,88	20,44



Şekil 139. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- pamukyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 129. Dodesilamin- susamyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: % 10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

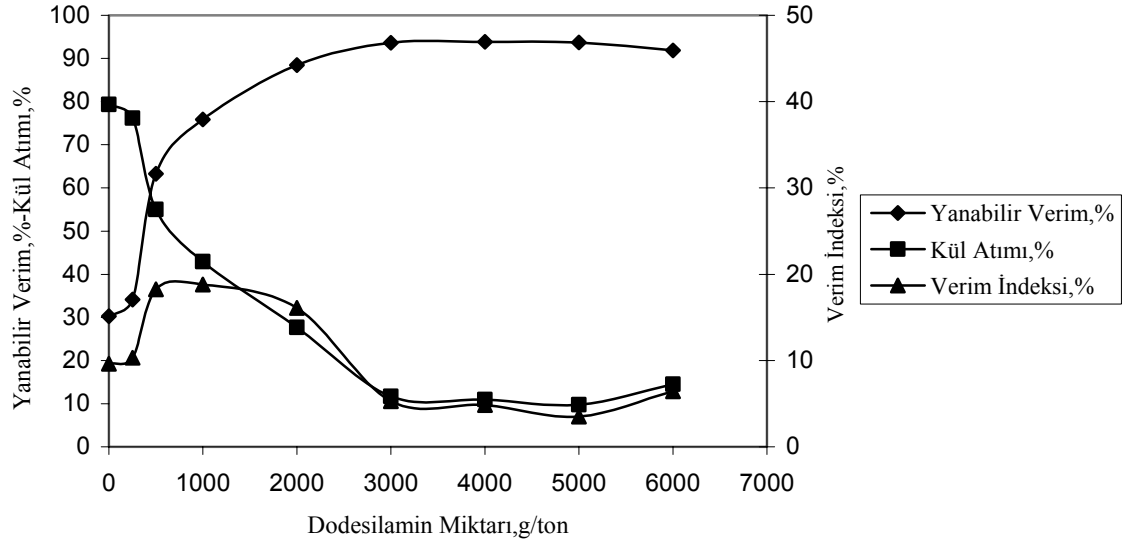
Susamyağı Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	33,01	9,67	34,59	76,87	11,46
	250	36,69	10,08	38,27	73,20	11,47
	500	44,80	10,38	46,58	66,30	12,88
	1000	77,76	10,85	80,42	38,86	19,28
	2000	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
	3000	87,69	11,63	89,90	26,10	16,00
	4000	87,93	11,66	90,11	25,71	15,82
	5000	88,96	11,70	91,13	24,58	15,71
	6000	88,03	11,68	90,20	25,49	15,69



Şekil 140. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- susamyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 130. Dodesilamin-zeytinyağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak. ; katı oranı: % 10;
karıştırma hızı: 1500 dev/dak; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

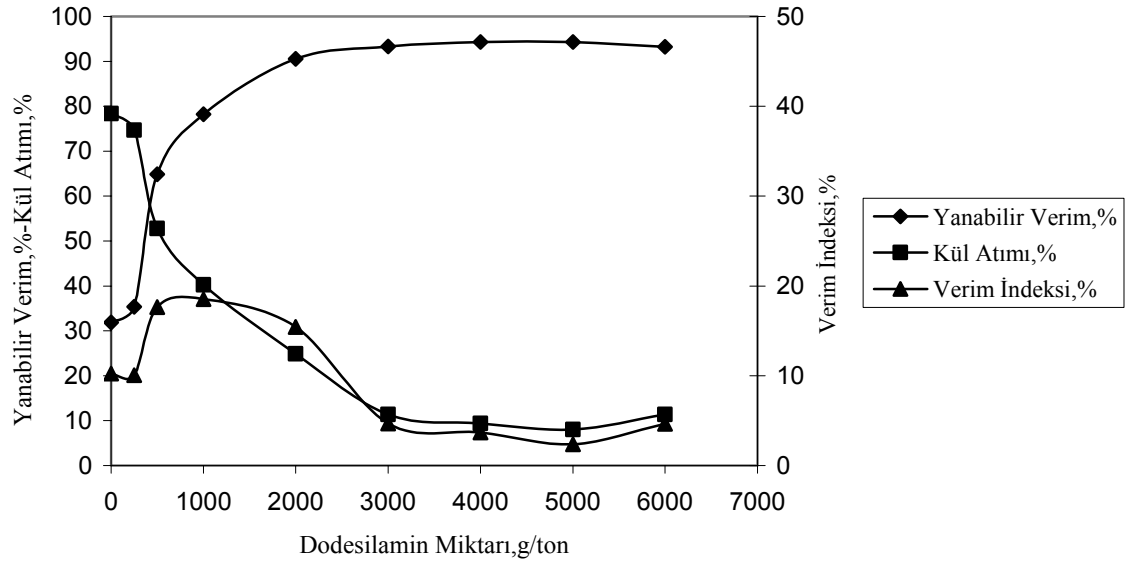
Zeytinyağı Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	28,96	9,84	30,29	79,35	9,64
	250	32,72	10,05	34,14	76,17	10,31
	500	60,76	10,23	63,28	54,96	18,24
	1000	73,30	10,75	75,89	42,90	18,79
	2000	86,20	11,58	88,42	27,67	16,09
	3000	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
	4000	93,20	13,18	93,87	10,99	4,86
	5000	93,24	13,35	93,73	9,80	3,53
	6000	91,00	12,96	91,89	14,54	6,43



Şekil 141. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- zeytinyağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 131. Dodesilamin- soyayağı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi
(pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 2 dak.; katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

Soyayağı Miktarı (g/ton)	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
10000	0	30,42	9,80	31,83	78,40	10,23
	250	33,98	10,28	35,37	74,69	10,06
	500	62,43	10,44	64,86	52,77	17,63
	1000	75,68	10,89	78,23	40,28	18,51
	2000	88,40	11,72	90,53	24,92	15,45
	3000	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
	4000	93,78	13,33	94,29	9,41	3,70
	5000	94,01	13,50	94,34	8,03	2,37
	6000	92,63	13,20	93,27	11,40	4,67



Şekil 142. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- soyayağı miktarının yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

4.1.2.2.2.4. Köpük alma süresinin etkisi

Bitkisel yağlarla yapılan flotasyon deneylerinde köpük alma süresinin etkisi (diğer parametreler sabit tutulmuştur) incelenerek optimum flotasyon süresi seçilmiştir. Bitkisel yağlar ile elde edilen bulgular Tablo 132, 133, 134 ve 135’de ve Şekil 143, 144, 145 ve 146’da verilmiştir.

Bitkisel yağlar ile yapılan deneylerin sonuçlarına bakıldığında tüm yağlar için köpük alma süresinin 0,5 dak. yeterli olduğu görülmüştür.

4.1.2.2.2.5. Katı oranının etkisi

Soma Linyit kömürünün flotasyonunda bitkisel yağlar kullanılarak; %2,50-%5,00-%10,00-%15,00 ve %20,00 katı oranlarında deneyler yapılmıştır. Pamukyağı ve susamyağı ile ilgili deney sonuçlar Tablo 136, 137 ve Şekil 147, 148’de verilirken; zeytinyağı ve soyayağı ile ilgili sonuçlar ise Tablo 138, 139 ve Şekil 149 ve 150’de verilmiştir.

Tüm bitkisel yağlar için yanabilir verim, kül atımı değerlerine bakıldığında en iyi değerler %10’luk katı oranında alınmıştır. Bu yağlar için katı oranının %10 olarak seçilmesinin, diğer parametrelerin etkisini incelerken uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Tablo 132. Dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	80,60	11,15	80,60	11,15	83,08	34,88	17,91
0,25-0,50	5,69	16,35	86,29	11,49	88,60	28,15	16,75
0,50-0,75	1,23	20,76	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
0,75-1,00	0,00	-	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
1,00-1,25	0,00	-	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
1,25-1,50	0,00	-	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
1,50-1,75	0,00	-	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
1,75-2,00	0,00	-	87,52	11,62	89,73	26,31	16,04
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-

Tablo 133. Dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); çamyacı miktarı: 100 g/ton; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	74,09	10,98	74,09	10,98	76,51	41,05	17,56
0,25-0,50	11,40	14,36	85,49	11,43	87,84	29,19	17,03
0,50-0,75	1,13	17,41	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
0,75-1,00	0,00	-	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
1,00-1,25	0,00	-	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
1,25-1,50	0,00	-	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
1,50-1,75	0,00	-	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
1,75-2,00	0,00	-	86,62	11,51	88,92	27,75	16,67
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-

Tablo 134. Dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

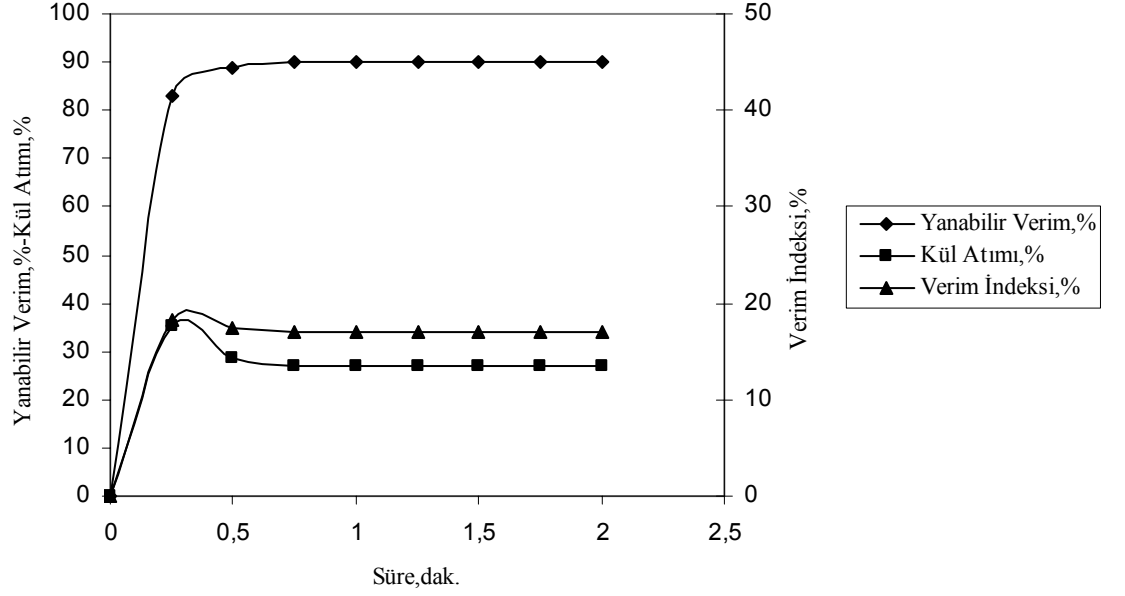
(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	79,38	12,44	79,38	12,44	80,63	28,44	9,07
0,25-0,50	11,78	17,09	91,36	13,01	92,20	13,87	6,07
0,50-0,75	1,56	19,45	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
0,75-1,00	0,00	-	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
1,00-1,25	0,00	-	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
1,25-1,50	0,00	-	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
1,50-1,75	0,00	-	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
1,75-2,00	0,00	-	92,92	13,12	93,65	11,66	5,31
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-

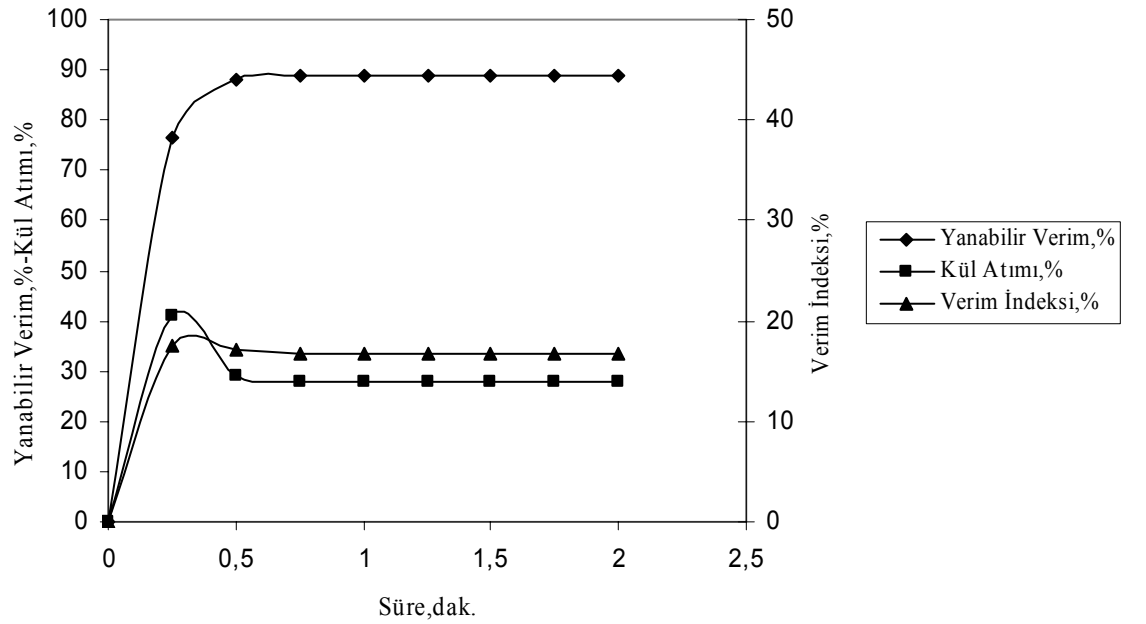
Tablo 135. Dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde köpük alma süresinin Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

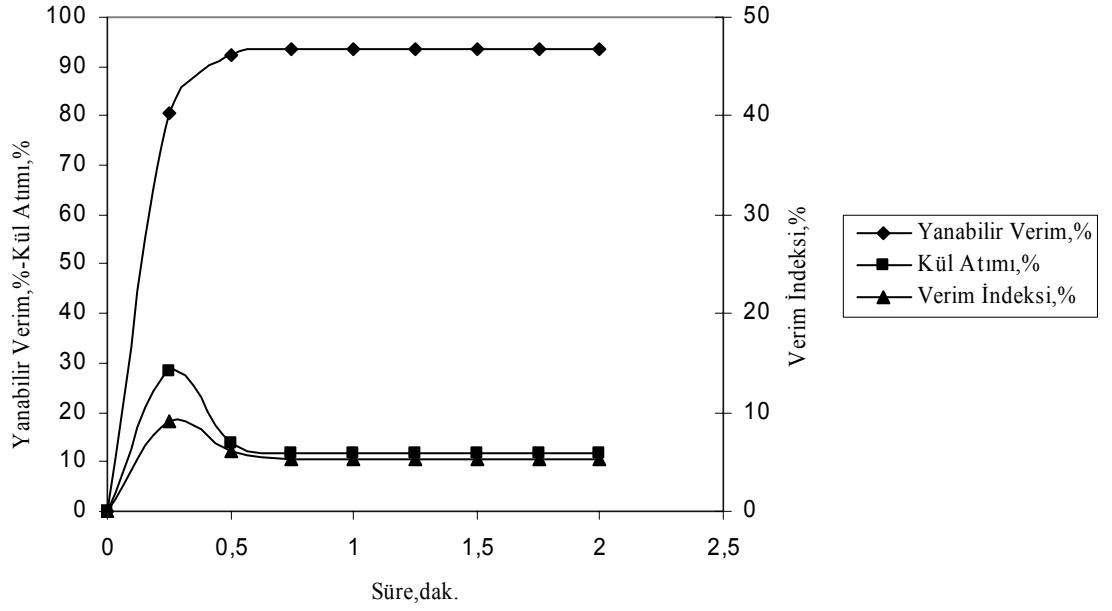
Süre (dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	ΣAğırlık (%)	Ortalama Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0,00-0,25	78,48	12,41	78,48	12,41	79,75	29,42	9,17
0,25-0,50	12,91	17,38	91,39	13,11	92,12	13,18	5,30
0,50-0,75	1,29	19,61	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
0,75-1,00	0,00	-	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
1,00-1,25	0,00	-	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
1,25-1,50	0,00	-	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
1,50-1,75	0,00	-	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
1,75-2,00	0,00	-	92,68	13,20	93,33	11,35	4,68
Besleme	100	13,80	-	-	-	-	-



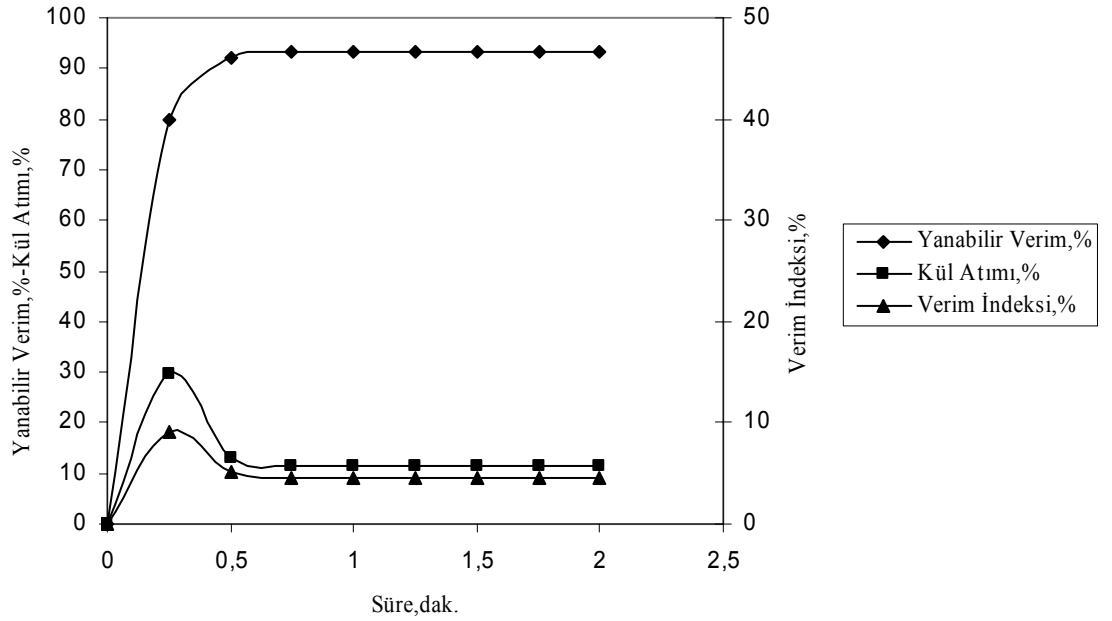
Şekil 143. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 144. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi



Şekil 145. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

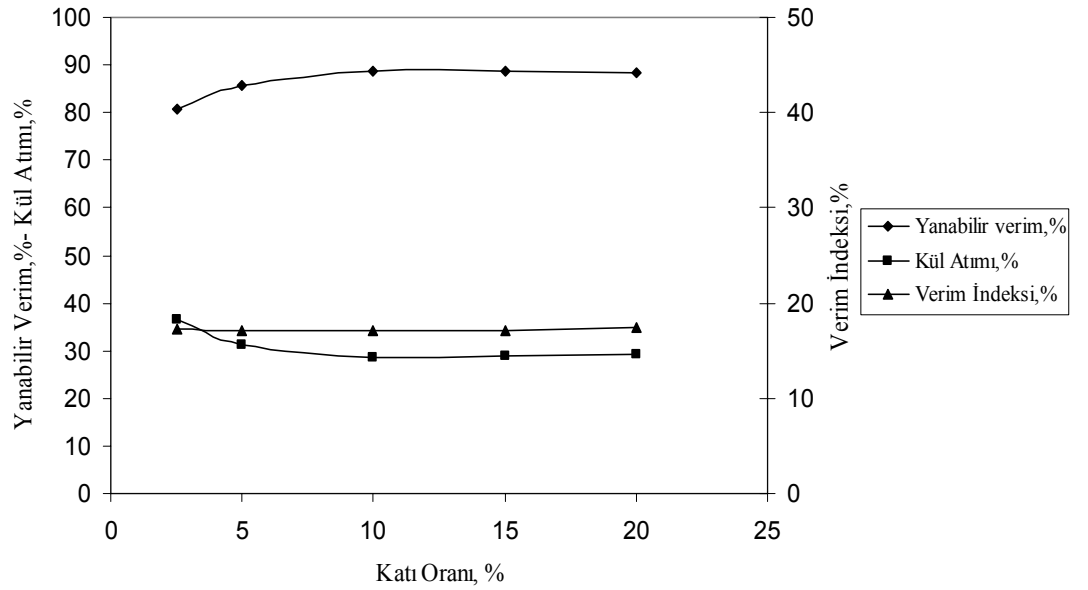


Şekil 146. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı için köpük alma süresinin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi üzerindeki etkisi

Tablo 136. Dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	78,41	11,17	80,80	36,53	17,33
5,00	83,35	11,36	85,71	31,39	17,10
10,00	86,29	11,49	88,60	28,15	16,75
15,00	86,15	11,40	88,55	28,83	17,38
20,00	85,85	11,38	88,26	29,20	17,46

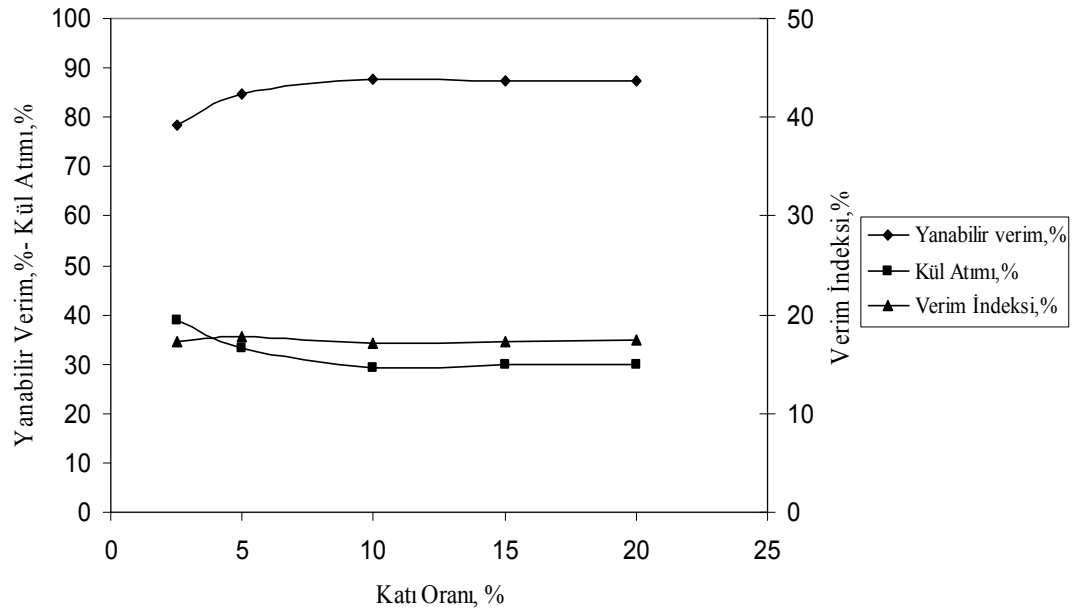


Şekil 147. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-pamukyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 137. Dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	76,12	11,09	78,51	38,83	17,34
5,00	82,11	11,23	84,56	33,18	17,74
10,00	85,49	11,43	87,84	29,19	17,03
15,00	85,03	11,38	87,42	29,88	17,30
20,00	85,00	11,37	87,40	29,97	17,37

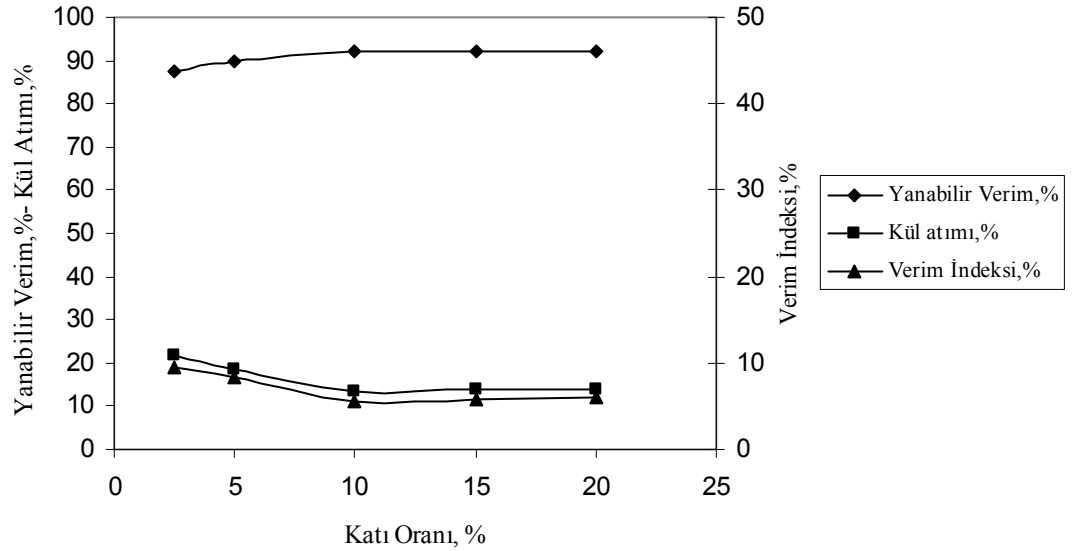


Şekil 148. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-susamyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 138. Dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	86,43	12,50	87,73	21,71	9,44
5,00	88,63	12,68	89,78	18,56	8,34
10,00	91,36	13,08	92,12	13,41	5,53
15,00	91,20	13,05	91,99	13,76	5,75
20,00	91,15	13,02	91,97	14,00	5,97

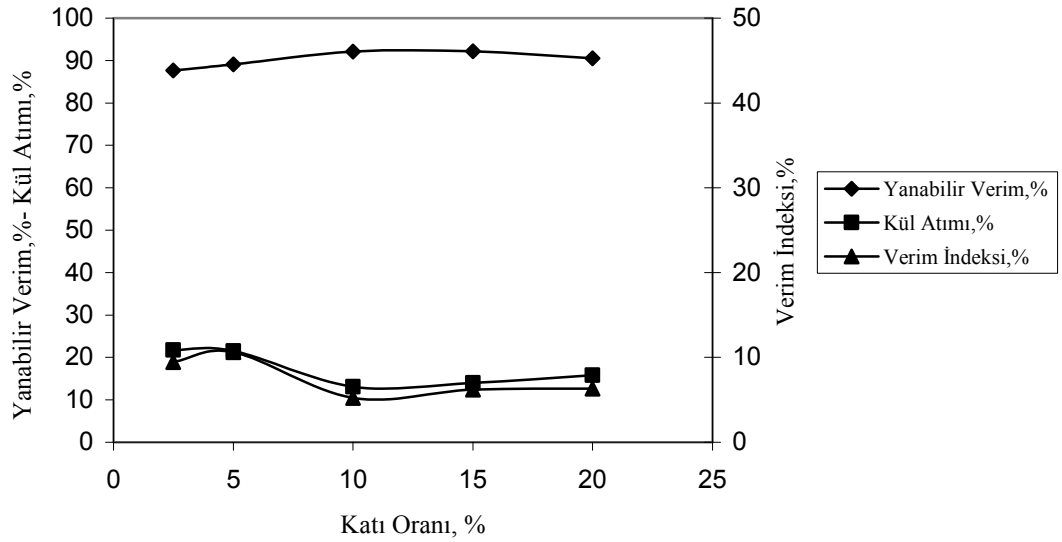


Şekil 149. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 139. Dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Katı Oranı (%)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
2,50	86,38	12,50	87,68	21,76	9,44
5,00	87,63	12,36	89,09	21,51	10,60
10,00	91,39	13,11	92,12	13,18	5,30
15,00	91,32	12,99	92,18	14,04	6,22
20,00	89,64	12,96	90,51	15,82	6,33



Şekil 150. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde katı oranına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.2.2.6. Karıştırma hızının etkisi

Karıştırma hızının etkisi 850-1050-1500 ve 2000 dev/dak.'lık hızlarda incelenmiştir. Her bir karıştırma hızında yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri belirlenerek bitkisel yağlar için en uygun karıştırma hızları seçilmiştir. Bitkisel yağlar ile ilgili deneysel bulgular Tablo 140, 141, 142 ve 143'de ve Şekil 151, 152, 153 ve 154'de verilmiştir.

Karıştırma hızı arttıkça yanabilir verim artmakta, 1500 dev/dak.'lık karıştırma hızından sonra ise önemli bir değişme görülmemektedir. Ayrıca 1500 dev/dak.'lık karıştırma hızından sonra verim indeksi ve kül atımında da önemli bir değişme olmamaktadır. Karıştırma hızına bağlı olarak kül içeriğinde düşüşler gözlemlenmiştir.

4.1.2.2.2.7. Köpürtücü miktarının etkisi

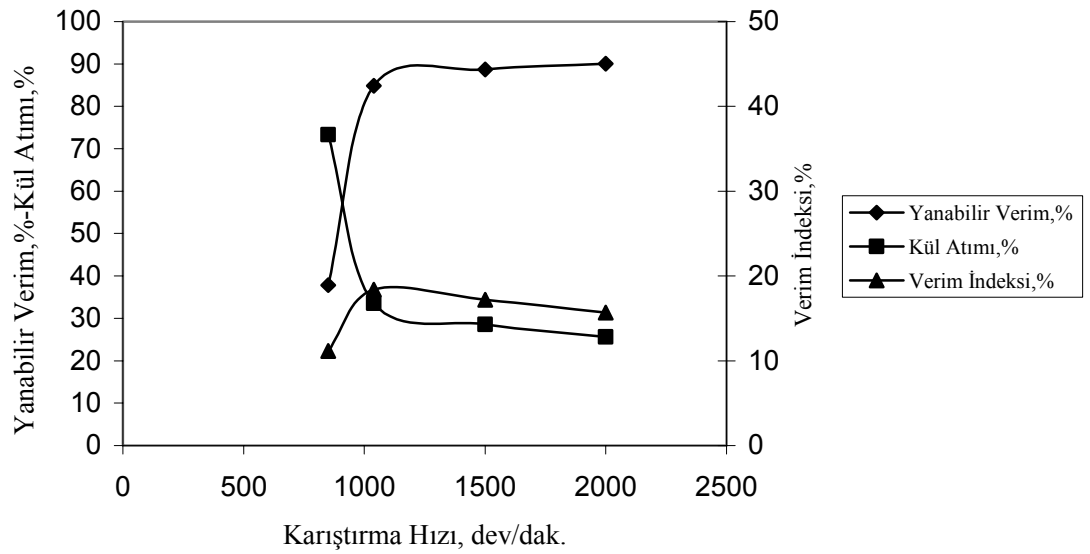
Bitkisel yağlar kullanılarak yapılan flotasyon deneylerinde, farklı köpürtücü miktarları denenerak elde edilen sonuçlar Tablo 144, 145, 146 ve 147'de ve Şekil 155, 156, 157 ve 158'de verilmiştir.

Deney bulguları incelendiğinde hem dodesilaminin köpürtücü özelliği göstermesi hem de bitkisel yağların özelliklerinden dolayı, bitkisel yağlarla yapılan deneylerde çamyacı kullanılmadan da yüksek verimler elde edilmiştir. Bu nedenle bundan sonraki deneylerde çamyacı kullanılmamıştır.

Tablo 140. Dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	36,30	10,14	37,84	73,33	11,17
1050	82,30	11,14	84,84	33,56	18,40
1500	86,29	11,49	88,60	28,15	16,75
2000	87,92	11,68	90,08	25,59	15,67

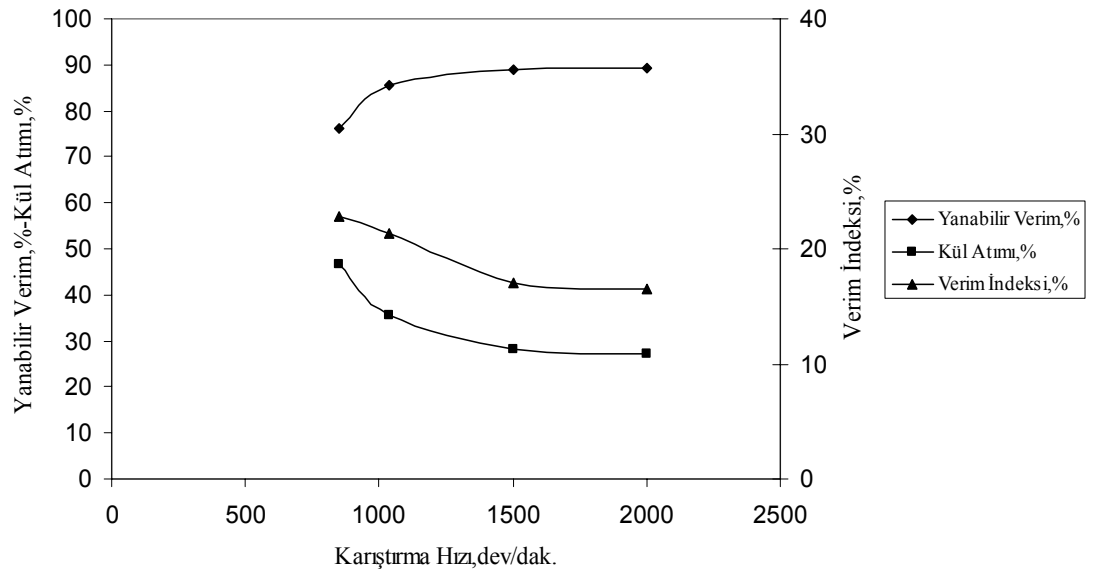


Şekil 151. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 141. Dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; çamyağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	72,93	10,08	76,08	46,73	22,81
1050	82,73	10,73	85,68	35,67	21,35
1500	85,49	11,43	87,84	29,19	17,03
2000	86,93	11,54	89,21	27,31	16,52

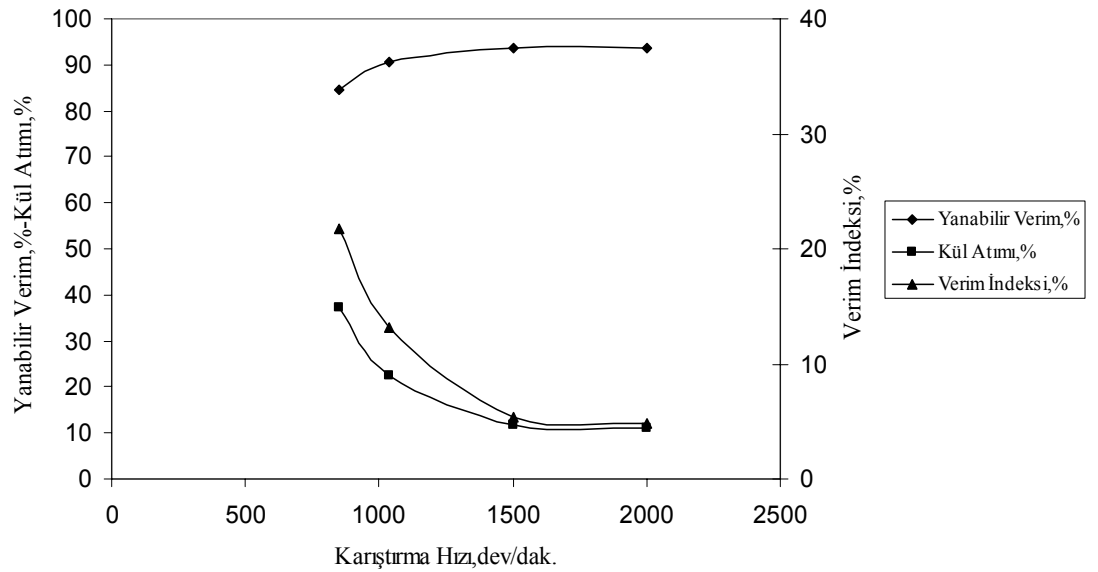


Şekil 152. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 142. Dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; çamyacı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	81,64	10,63	84,64	37,11	21,75
1050	88,73	12,09	90,49	22,26	12,75
1500	91,36	13,08	92,12	13,41	5,53
2000	93,02	13,18	93,69	11,16	4,85

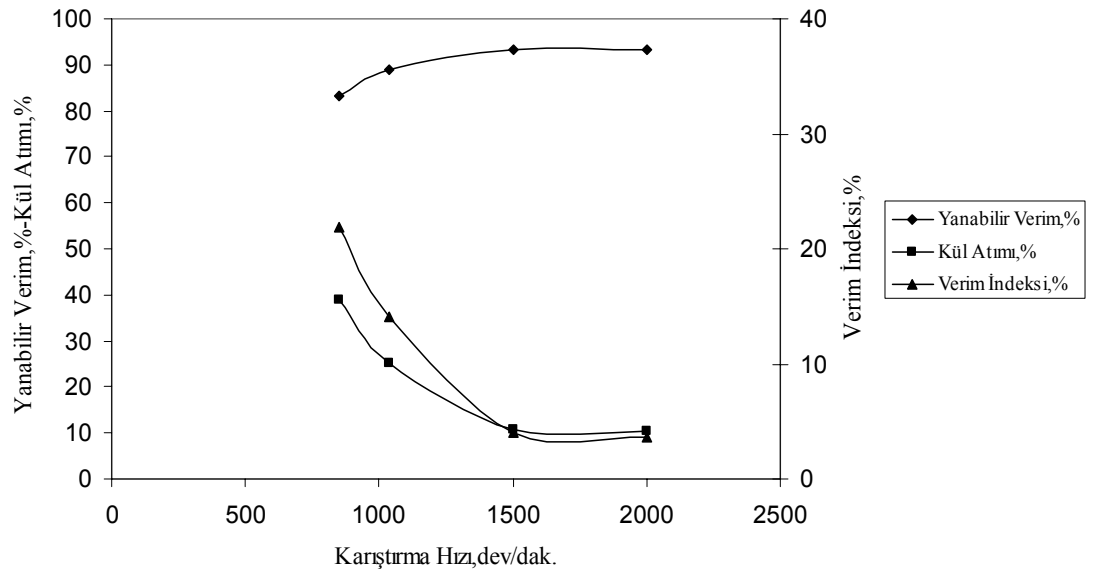


Şekil 153. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 143. Dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; çamyacağı miktarı: 100 g/ton)

Karıştırma Hızı (dev/dak.)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
850	80,06	10,54	83,09	38,85	21,94
1050	86,98	11,88	88,92	25,12	14,04
1500	91,39	13,11	92,12	13,18	5,30
2000	92,78	13,34	93,28	10,31	3,59

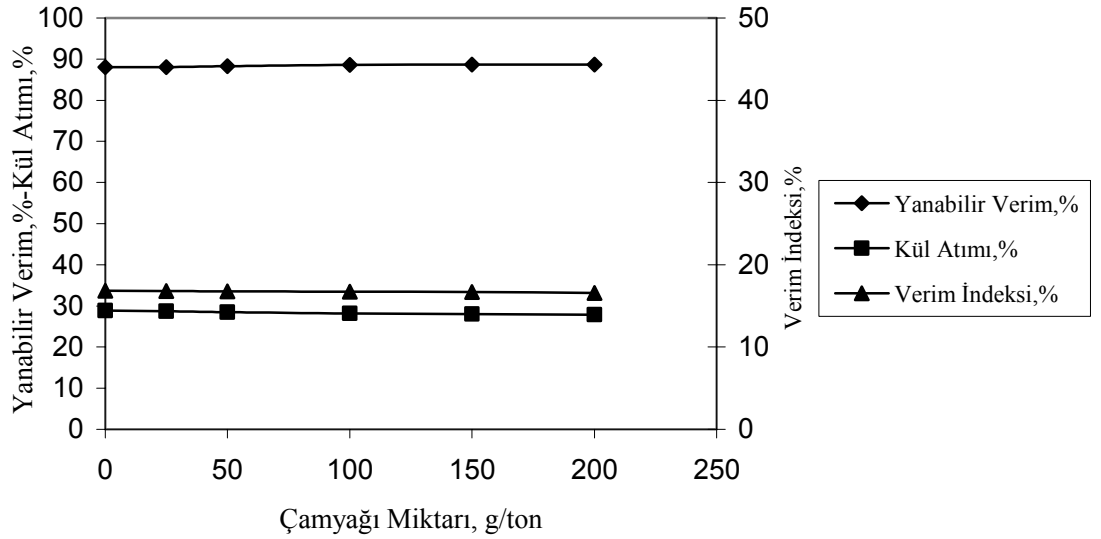


Şekil 154. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde karıştırma hızına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 144. Dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	85,68	11,46	88,01	28,85	16,86
25	85,74	11,47	88,06	28,74	16,80
50	85,96	11,48	88,27	28,49	16,76
100	86,29	11,49	88,60	28,15	16,75
150	86,35	11,50	88,65	28,04	16,69
200	86,40	11,52	88,69	27,87	16,56

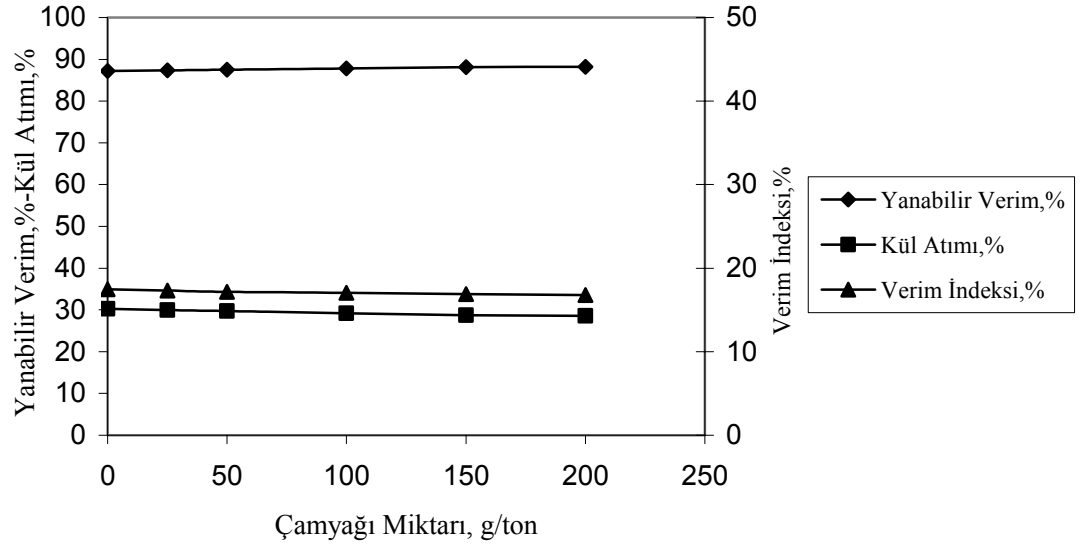


Şekil 155. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 145. Dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	84,80	11,35	87,21	30,26	17,47
25	84,96	11,38	87,35	29,94	17,29
50	85,12	11,40	87,49	29,68	17,17
100	85,49	11,43	87,84	29,19	17,03
150	85,83	11,46	88,16	28,72	16,88
200	85,90	11,48	88,21	28,54	16,75

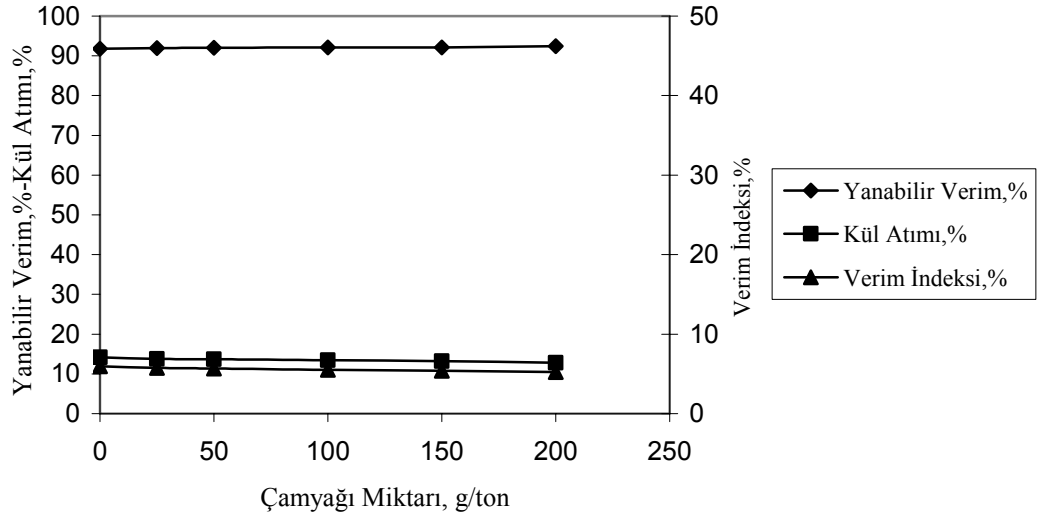


Şekil 156. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 146. Dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	90,96	13,02	91,78	14,18	5,96
25	91,16	13,05	91,95	13,79	5,74
50	91,23	13,06	92,01	13,66	5,67
100	91,36	13,08	92,12	13,41	5,53
150	91,40	13,10	92,14	13,24	5,38
200	91,74	13,12	92,46	12,78	5,24

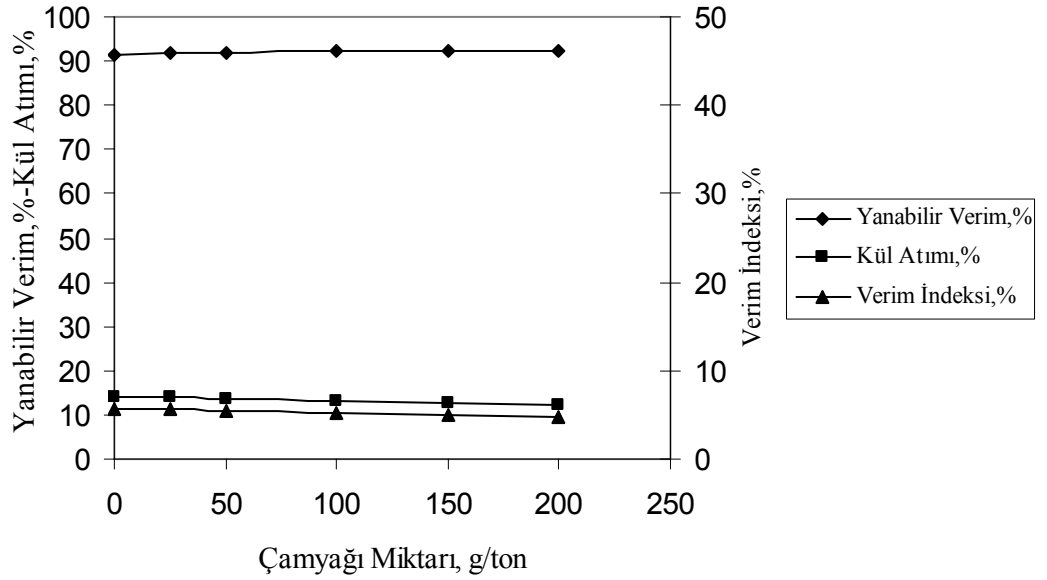


Şekil 157. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-zeytinyağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

Tablo 147. Dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; köpük alma süresi: 0,5 dak.)

Çamyacı Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	90,80	13,06	91,58	14,07	5,65
25	90,91	13,07	91,68	13,90	5,58
50	91,00	13,09	91,75	13,68	5,43
100	91,39	13,11	92,12	13,18	5,30
150	91,68	13,14	92,38	12,70	5,08
200	91,84	13,17	92,51	12,35	4,86



Şekil 158. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin-soyayağı ile yapılan deneylerde çamyacı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.2.2.8. Na₂SiO₃ miktarının etkisi

Sodyum silikatın etkisi 0-1750-3500-7000 ve 10500 g/ton miktarlarında incelenmiştir. Elde edilen bulgular yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi yönünden değerlendirilerek bitkisel yağlar için optimum miktarlar belirlenmiştir. Deneylelerden elde edilen bulgular Tablo 148, 149, 150 ve 151’de verilirken; Na₂SiO₃ miktarına bağlı olarak flotasyon parametrelerinin değişimleri ise Şekil 159, 160, 161 ve 162’de verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde Na₂SiO₃’ın kullanılmasıyla herhangi bir seçimlilik sağlanamamıştır. Bu nedenle bundan sonraki deneylerde Na₂SiO₃ kullanılmamıştır.

4.1.2.2.2.9. Aşamalı flotasyonun etkisi

Bu kısımda optimum koşulların uygulandığı flotasyon işlemi sonucu elde edilen konsantreden, daha temiz bir konsantre hedeflenmiştir. Bunun için temel flotasyondan elde edilen konsantre temizlemeye (II aşamalı) tabi tutulmuştur. Her bir aşamada toplayıcı ve köpürtücü katmadan sadece 6 dak. karıştırılarak köpük alınmıştır. Bu işleme ait akım şeması Şekil 163’de verilmiştir. Deneylelerden elde edilen bulgular Tablo 152’de verilirken, farklı aşamalardan elde edilen konsantrelerin yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri ise Şekil 164, 165, 166 ve 167’de verilmiştir.

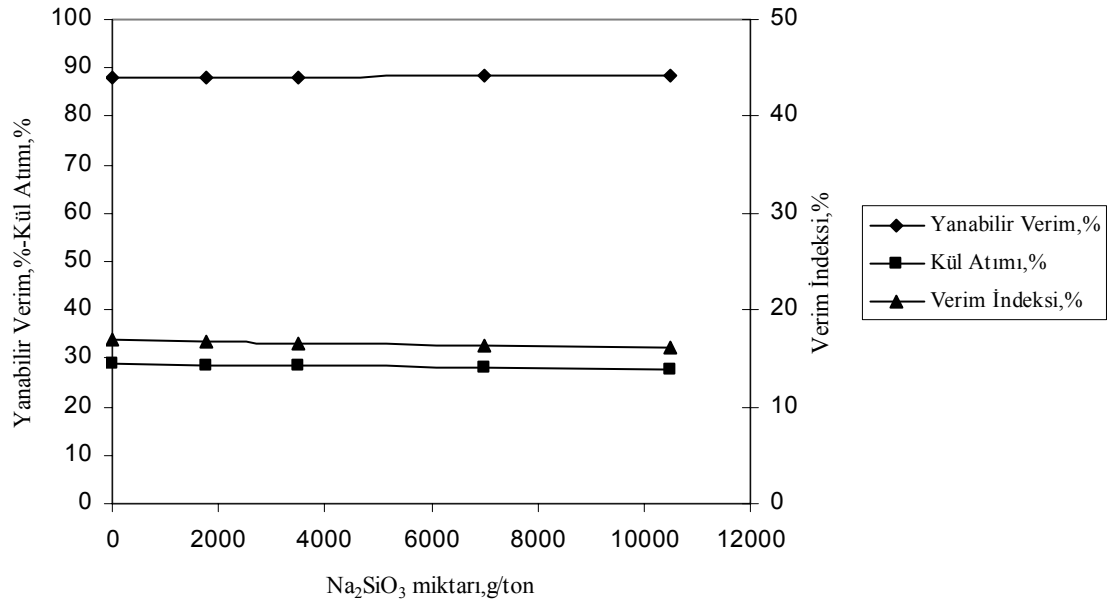
Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi temizlenmiş ürünlerde kül içeriğinde belirgin bir azalma olmamaktadır. Aşamalı (temizleme) flotasyonunda amaç kül oluşturucu mineral maddeleri uzaklaştırmak (konsantrenin kül içeriğini düşürmek) olduğundan Soma Linyit kömüründe bitkisel yağlarla istenilen seviyede başarı sağlanamamıştır.

Deneylelerde üretilen (II. aşama sonucu üretilen) en temiz küllü konsantrelerin kül, kükürt ve ısı değerleri Ek 3’de verilmiştir.

Tablo 148. Dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	85,68	11,46	88,01	28,85	16,86
1750	85,74	11,48	88,05	28,67	16,72
3500	85,86	11,50	88,15	28,45	16,60
7000	85,98	11,54	88,23	28,10	16,33
10500	86,35	11,57	88,58	27,60	16,18

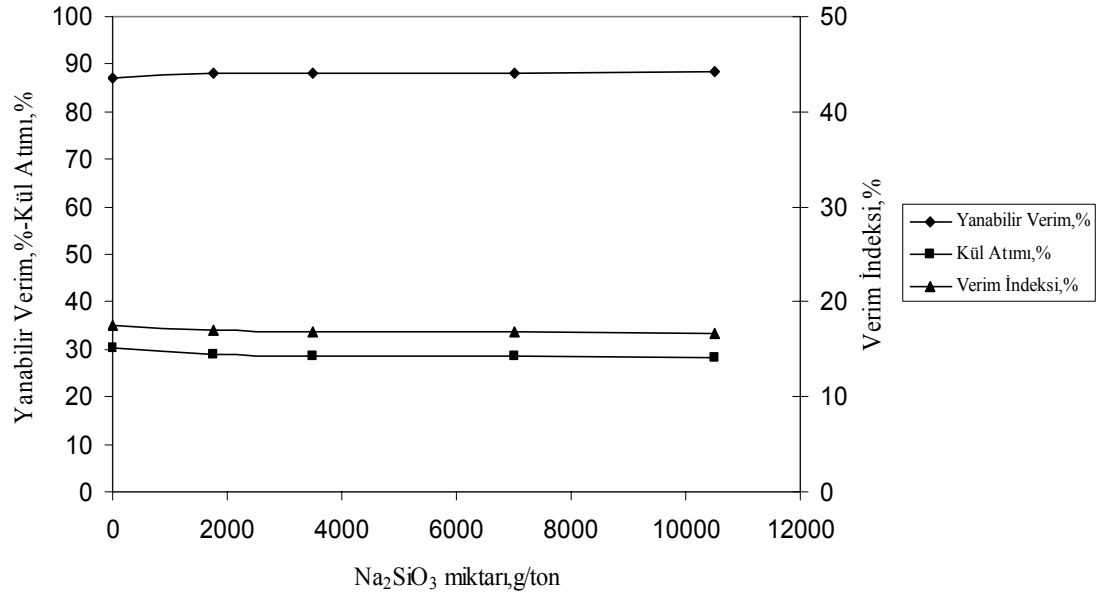


Şekil 159. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- pamukyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 149. Dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	84,80	11,35	87,21	30,26	17,47
1750	85,68	11,44	88,03	28,97	17,00
3500	85,74	11,47	88,06	28,74	16,80
7000	85,93	11,48	88,24	28,52	16,76
10500	86,02	11,50	88,32	28,32	16,64

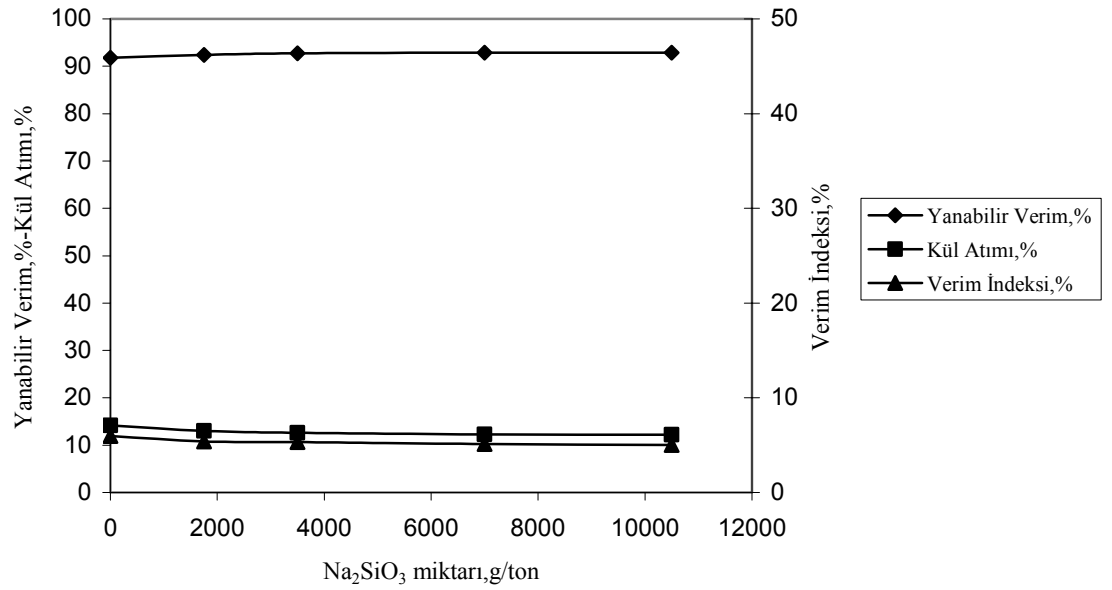


Şekil 160. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- susamyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

Tablo 150. Dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	90,96	13,02	91,78	14,18	5,96
1750	91,63	13,10	92,37	13,02	5,39
3500	92,00	13,11	92,74	12,60	5,34
7000	92,12	13,14	92,83	12,29	5,12
10500	92,15	13,15	92,84	12,19	5,03

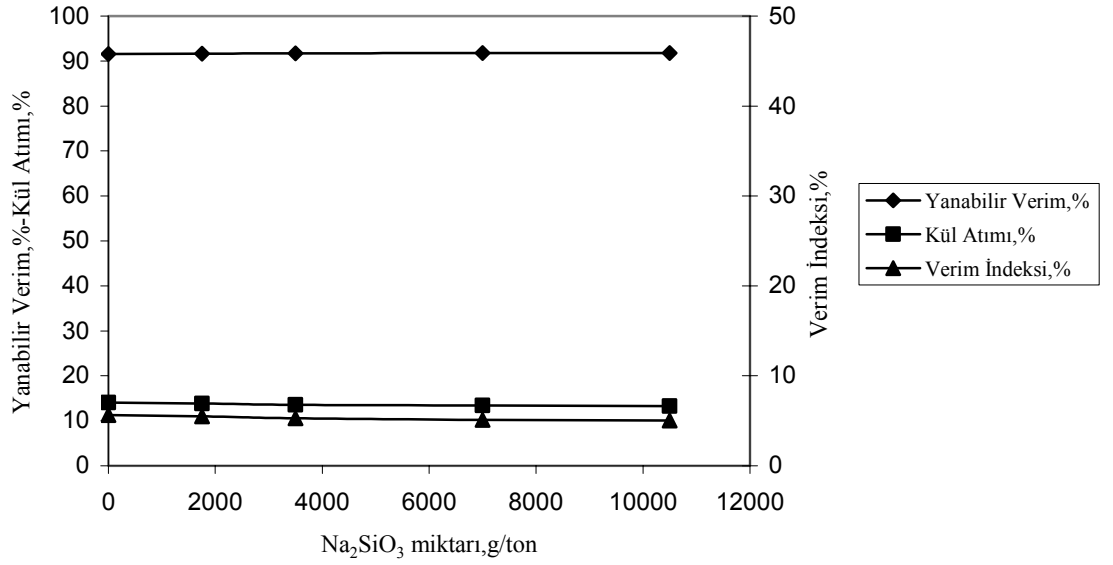


Şekil 161. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- zeytinyağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme

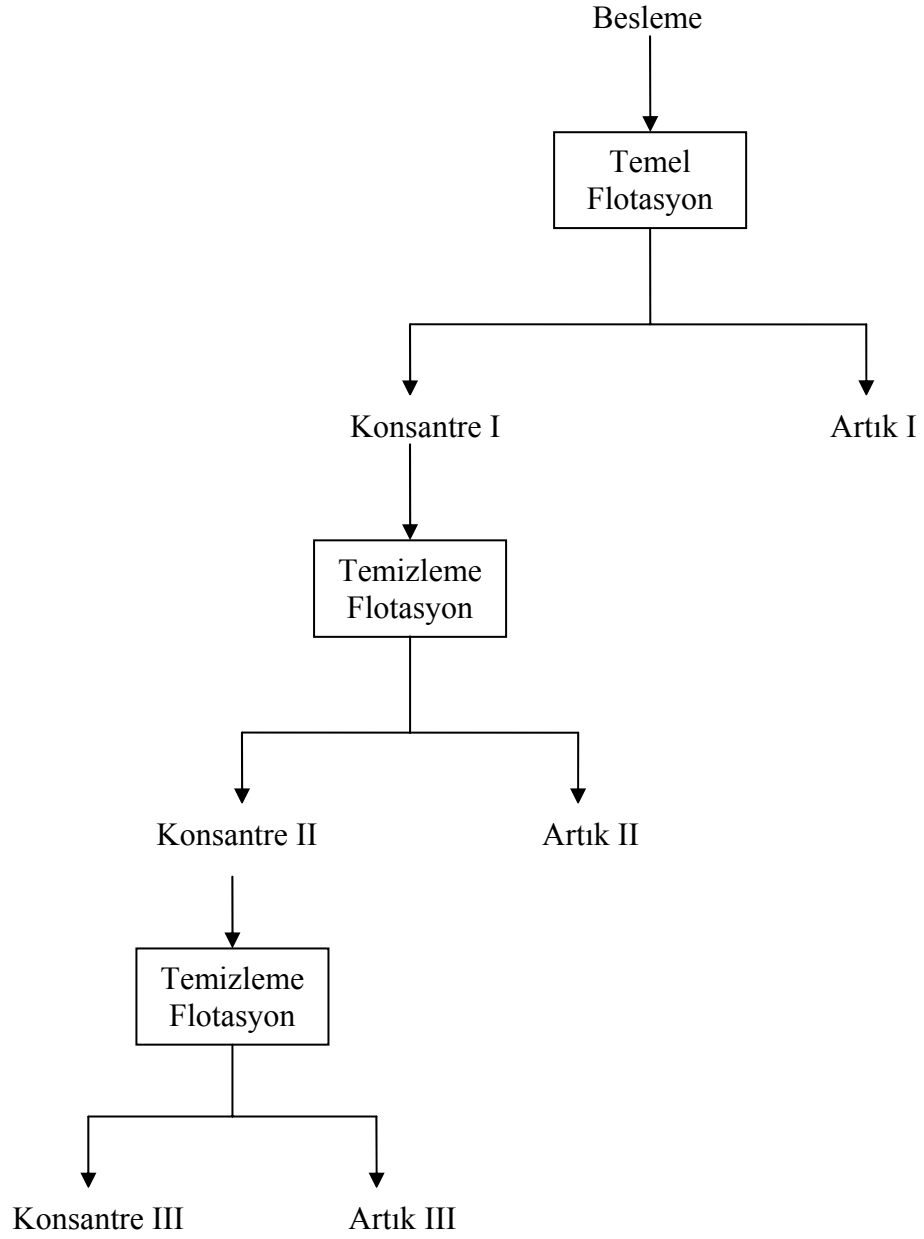
Tablo 151. Dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarının Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: % 10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Na_2SiO_3 Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
0	90,80	13,06	91,58	14,07	5,65
1750	90,87	13,08	91,63	13,87	5,50
3500	90,96	13,11	91,69	13,59	5,28
7000	91,02	13,13	91,73	13,40	5,13
10500	91,08	13,14	91,78	13,28	5,06



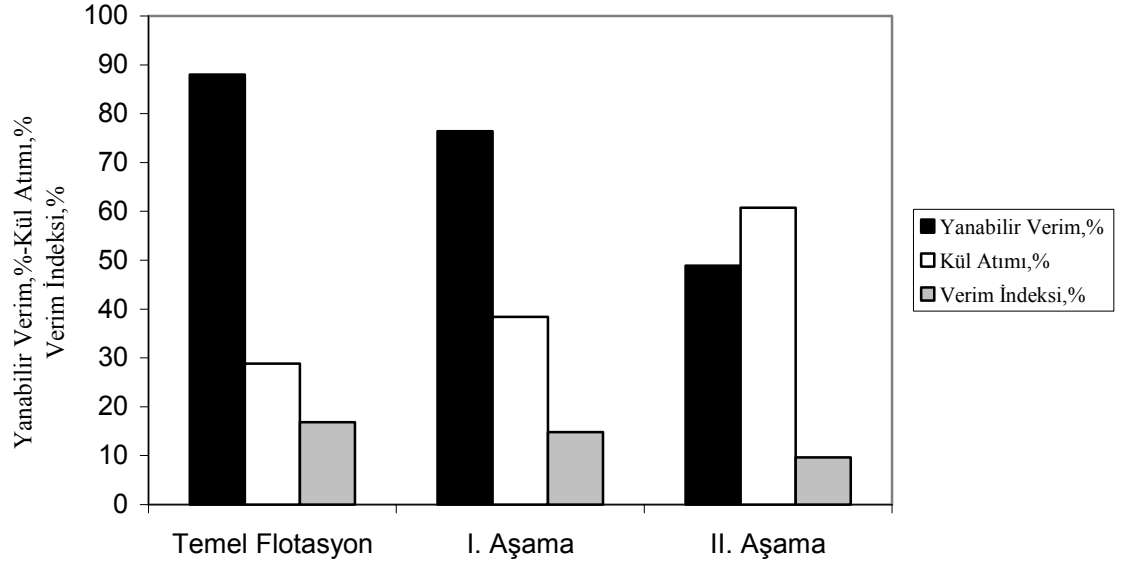
Şekil 162. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda dodesilamin- soyayağı ile yapılan deneylerde Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksindeki değişme



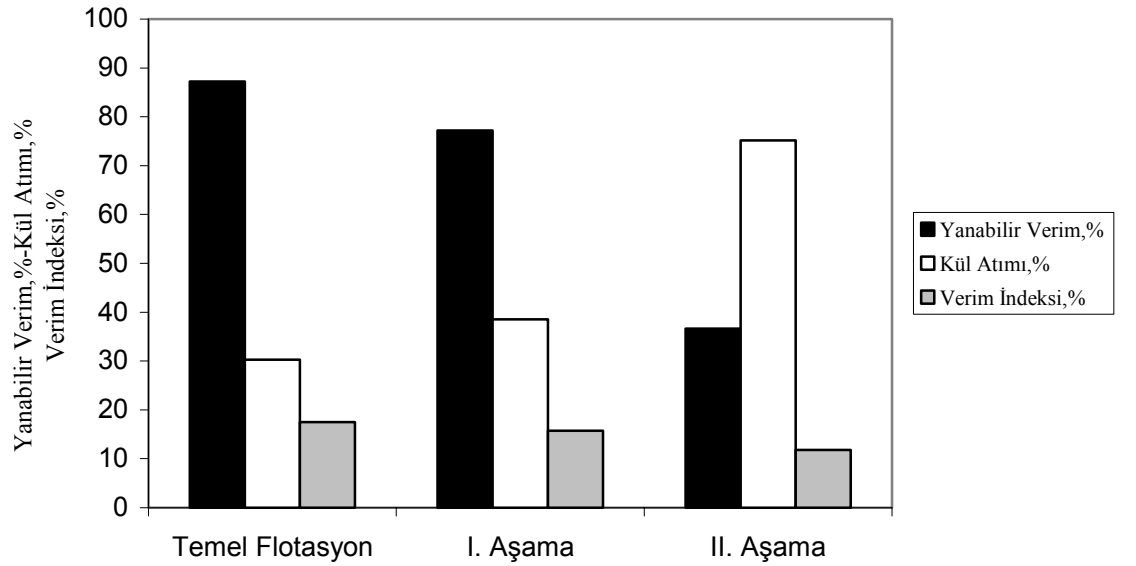
Şekil 163. Soma Linyit kömürüne uygulanan aşamalı flotasyon akım şeması

Tablo 152. Aşamalı flotasyonun Soma Linyit kömürünün yüzdürülmesine etkisi

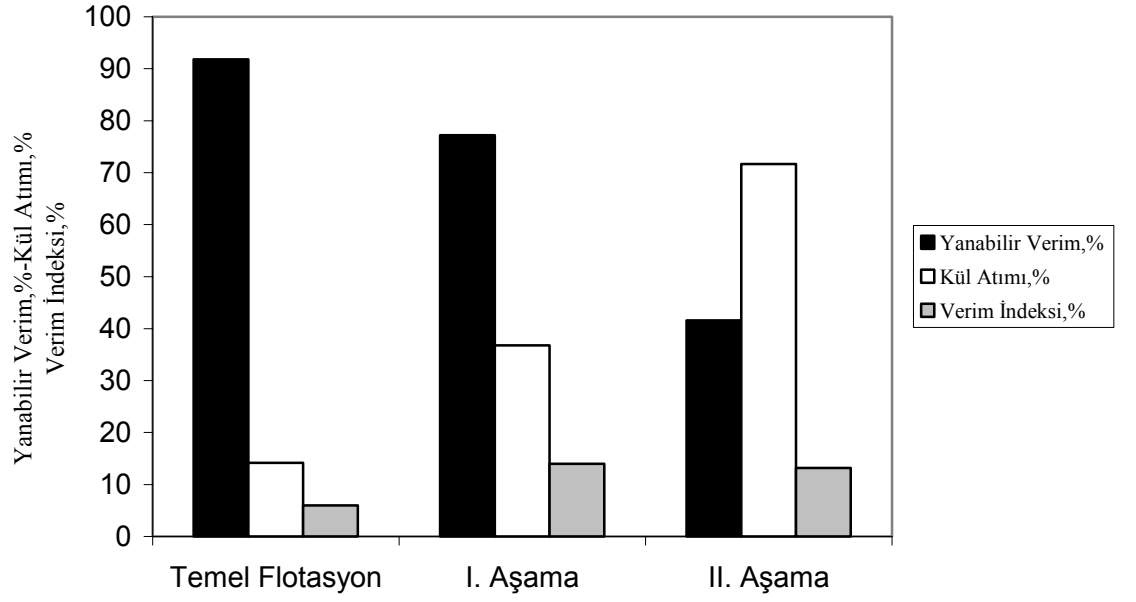
Yağ Tipi		Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	Temel Flotasyon	85,68	11,46	88,01	28,85	16,86
	I. Aşama	74,39	11,43	76,44	38,39	14,83
	II. Aşama	47,56	11,39	48,89	60,75	9,64
Susamyağı	Temel Flotasyon	84,80	11,35	87,21	30,26	17,47
	I. Aşama	75,01	10,31	77,18	38,52	15,70
	II. Aşama	35,00	9,87	36,60	74,97	11,57
Zeytinyağı	Temel Flotasyon	90,96	13,02	91,78	14,18	5,96
	I. Aşama	75,28	11,59	77,21	36,78	13,99
	II. Aşama	39,75	9,85	41,57	71,63	13,20
Soyayağı	Temel Flotasyon	90,80	13,06	91,58	14,07	5,65
	I. Aşama	74,43	11,43	76,48	38,35	14,83
	II. Aşama	37,25	9,95	38,91	73,14	12,05



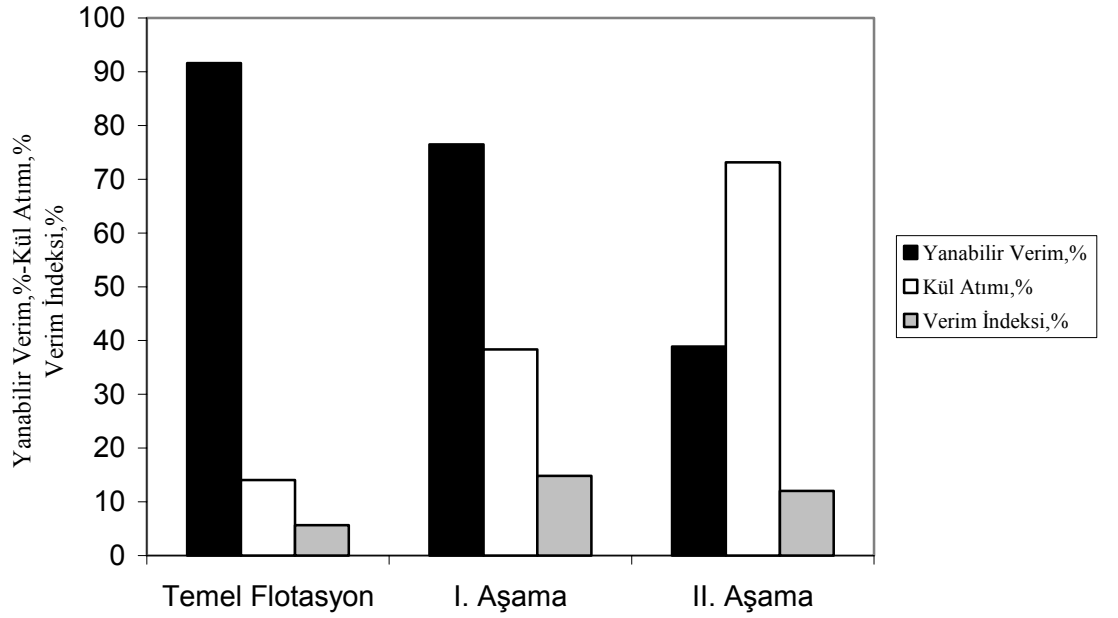
Şekil 164. Soma Linyit flotasyonunda pamukyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 165. Soma Linyit flotasyonunda susamyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 166. Soma Linyit flotasyonunda zeytinyağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi



Şekil 167. Soma Linyit flotasyonunda soyayağı ile yapılan deneylerde aşamalı flotasyona bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değişimi

4.1.2.2.2.10. Kullanılmış (atık) yağların etkisi

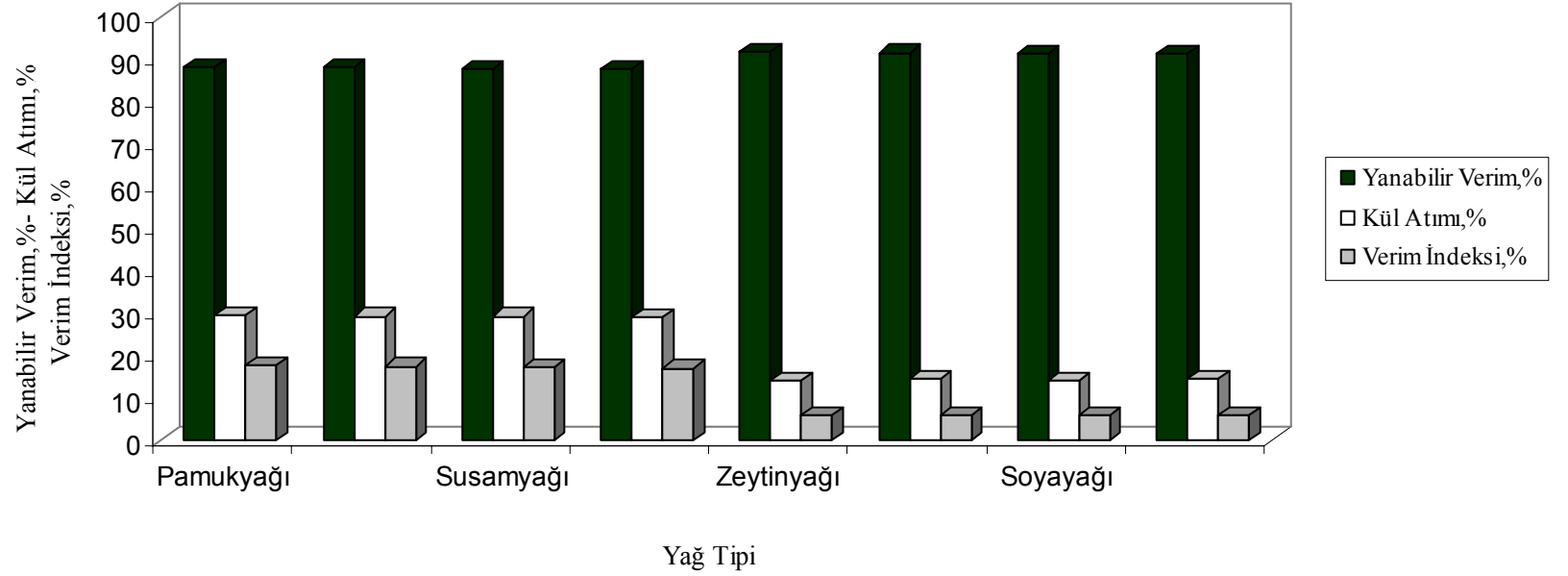
Kullanılmış (atık) yağların Soma Linyit flotasyonu üzerindeki etkilerini araştırmak için, bitkisel yağlar kullanılarak fritözde 175°C’de patates kızartması yapılmıştır. Kızartma sonucunda elde edilen atık yağlarla daha önce belirlenen optimum koşullarda deneyler yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 153 ve Şekil 168’de verilmiştir. Deneylerde köpürtücü kullanılmamıştır.

Şekil ve tabloların incelenmesinden görüleceği gibi, atık yağlar kullanılarak Soma Linyit kömürü yüzdürülebilmekte; ancak seçimlilik düşük olmaktadır.

Tablo 153. Kullanılmış yağların Soma Linyit flotasyonuna etkisi

(Yağ miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pH); köpük alma süresi: 0,5 dak.; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.)

Yağ Tipi	Dodesilamin Miktarı (g/ton)	Ağırlık (%)	Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Kül Atımı (%)	Verim İndeksi (%)
Pamukyağı	500	85,68	11,46	88,01	28,85	16,86
Atık Pamukyağı	500	85,74	11,48	88,05	28,67	16,72
Susamyağı	2000	84,80	11,35	87,21	30,26	17,47
Atık Susamyağı	2000	85,63	11,44	87,97	29,01	16,98
Zeytinyağı	3000	90,96	13,02	91,78	14,18	5,96
Atık Zeytinyağı	3000	90,85	13,00	91,69	14,42	5,96
Soyayağı	3000	90,80	13,06	91,58	14,07	5,65
Atık Soyağı	3000	90,55	13,04	91,34	14,44	5,78



Şekil 168. Kullanılmış yağların Soma Linyit kömürü flotasyonuna etkisi

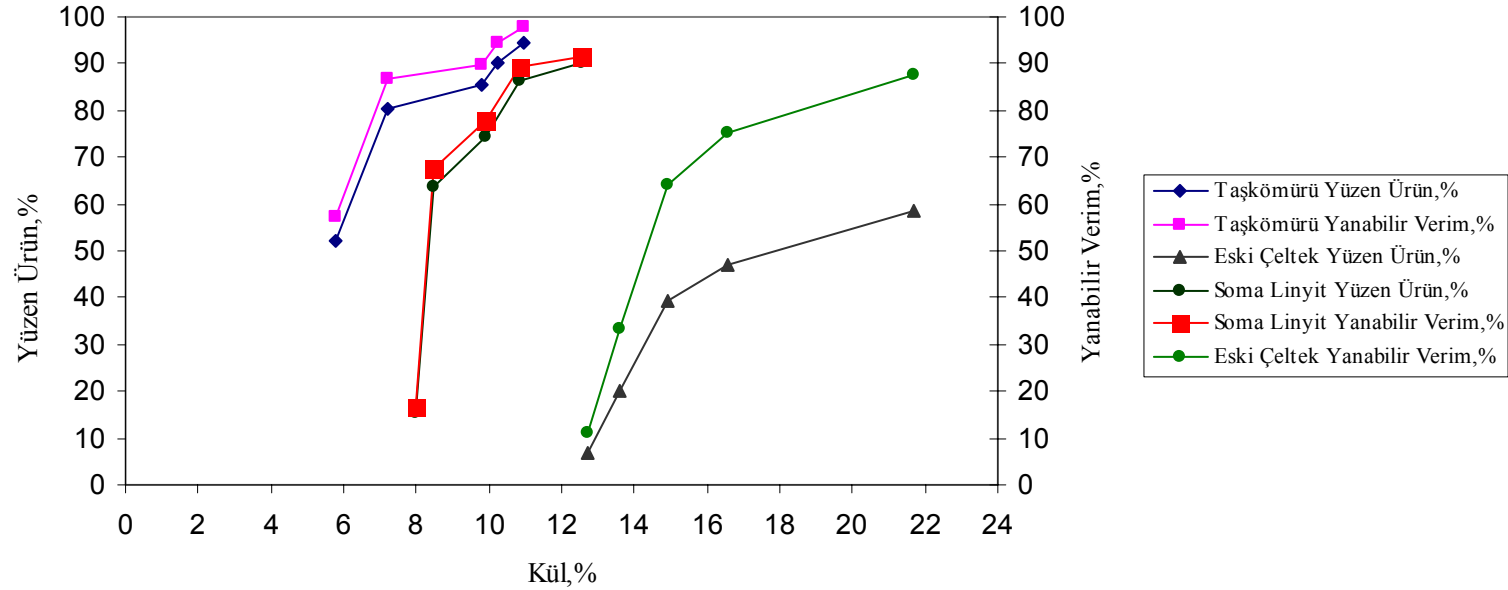
4.2. Santrifüjlü Yüzdürme-Batırma Deney Bulgularının Değerlendirilmesi

Flotasyon deneylerinde kullanılan taşkömürü, Eski Çeltek Linyit ve Soma Linyit kömürlerine santrifüjlü yüzdürme-batırma uygulanmıştır. Santrifüjlü kömür örneklerinden; taşkömürü, Eski Çeltek Linyit kömürü ve Soma Linyit Kömürü için yüzen ürünlerin miktarları ve kül içerikleri Tablo 154'de verilirken; bu üç farklı kömür için santrifüjlü yüzdürme- batırma deney sonuçlarına göre kül ile yüzen ürün ve yanabilir verimin değişimi ise Şekil 169'da gösterilmiştir.

Deney bulguları incelendiğinde, taşkömürü $1,30 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda zenginleştirildiğinde; % 5,80 kül içeriğindeki konsantrenin % 57,82 yanabilir verimle üretilebileceğini görülmektedir. Aynı yoğunluk değeri için Eski Çeltek Linyit kömüründe % 12,74 kül içeriğindeki konsantre % 11,19 yanabilir verim ile elde edilirken, Soma Linyit kömüründe ise bu değerler % 7,96 ve % 16,52 olarak bulunmuştur. Bu bulgular özellikle Eski Çeltek Linyit kömürü ile düşük küllü konsantre üretilemeyeceğini göstermektedir.

Tablo 154. Kömür örnekleri için santrifüjlü yüzdürme- batırma deney sonuçları

Yoğunluk (g/cm ³)	Taşkömürü			Eski Çelték Linyit Kömürü			Soma Linyit Kömürü		
	Yüzen Ürün (%)	Yüzen Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Yüzen Ürün (%)	Yüzen Kül (%)	Yanabilir Verim (%)	Yüzen Ürün (%)	Yüzen Kül (%)	Yanabilir Verim (%)
1,3	52,25	5,80	57,28	6,70	12,74	11,19	15,48	7,96	16,52
1,4	80,20	7,20	86,62	20,09	13,60	33,22	63,72	8,50	67,64
1,5	85,60	9,80	89,86	39,40	14,93	64,15	74,44	9,93	77,78
1,6	90,20	10,23	94,24	47,00	16,58	75,04	86,25	10,87	89,18
1,8	94,40	10,95	97,84	58,40	21,67	87,55	90,21	12,53	91,53



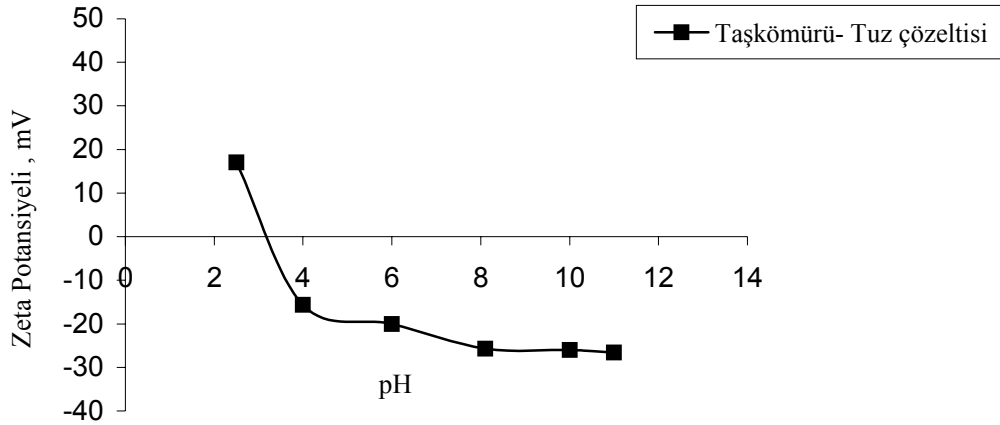
Şekil 169. Kömür örnekleri için santrifüjlü yüzdürme- batırma deney sonuçlarına göre kül, verim ve yanabilir verimin değişimi

4.3. Zeta Potansiyeli Bulgularının Değerlendirilmesi

Zonguldak Taşkömürü, Eski Çeltik Linyit ve Soma Linyit kömürlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesinde etkili olan parametrelerden pH; toplayıcı olarak kullanılan klasik yağlar (gazyağı ve fueloil) ve bitkisel yağların (pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı) miktarları ile zeta potansiyeli değişimini belirlemek amacıyla zeta potansiyeli ölçüm deneyleri yapılmıştır.

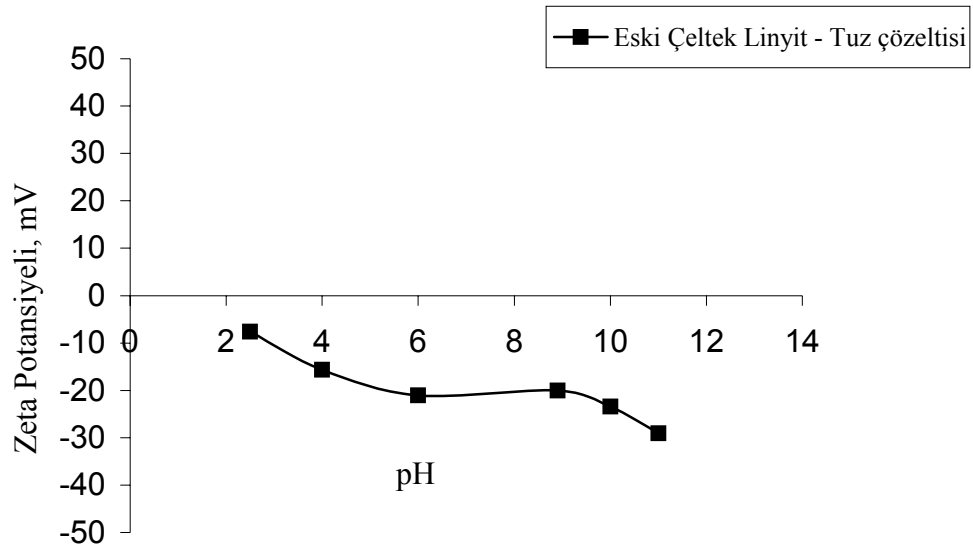
4.3.1. Kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları

Üç kömür örneğinin zeta potansiyellerinin pH'a bağlı değişimi incelenmiştir. Farklı pH'larda numuneler hazırlanmış ve bu numunelerin zeta potansiyeli değerleri 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde ölçülmüştür. Taşkömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi Şekil 170'de verilirken; Eski Çeltik ve Soma Linyit kömürlerinden elde edilen sonuçlar ise Şekil 171 ve 172'de verilmiştir.



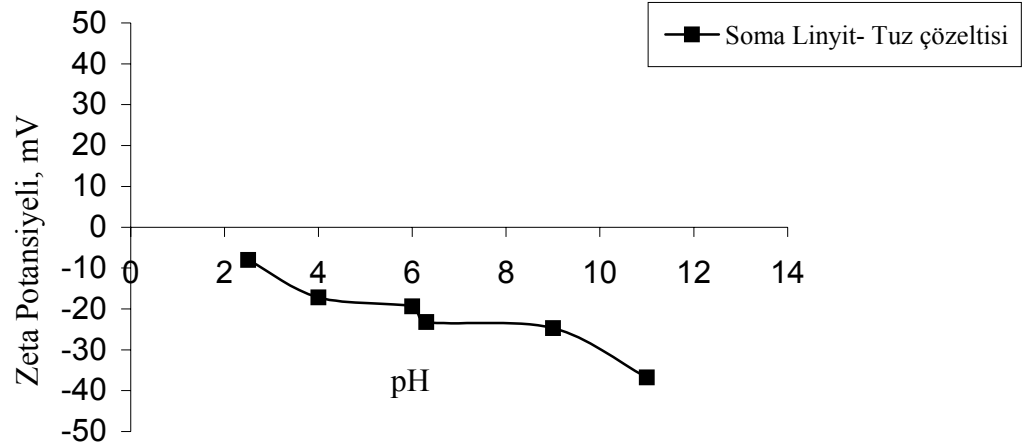
Şekil 170. Taşkömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi

Şekilden görüldüğü gibi taşkömürünün izo elektrik noktası (i.e.p) yaklaşık pH 3,5'da oluşmuştur. Altındaki pH değerlerinde kömür yüzeyinin pozitif yüklü, üzerlerindeki değerlerde ise negatif yüklü olduğu görülmektedir. Deneylein yapıldığı pH değerlerinde zeta potansiyeli -25 mV'tur. Kömür yüzeyi; düşük pH değerlerinde H^+ iyonu adsorpsiyonunu, yüksek pH'larda ise OH^- iyonu adsorpsiyonu sonucu negatif yük kazanmıştır.



Şekil 171. Eski Çeltek Linyit kömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi

Eski Çeltek Linyit kömürü incelendiğinde 10^{-3} M'luk tuz çözeltisi ile yapılan deneylerde izo elektrik noktasının (i.e.p) çok küçük pH'lara kaydığı ve çok geniş bir pH aralığında negatif yük taşıdığı görülmektedir. pH 11'de zeta potansiyeli değeri -30mV civarına ulaşmıştır.

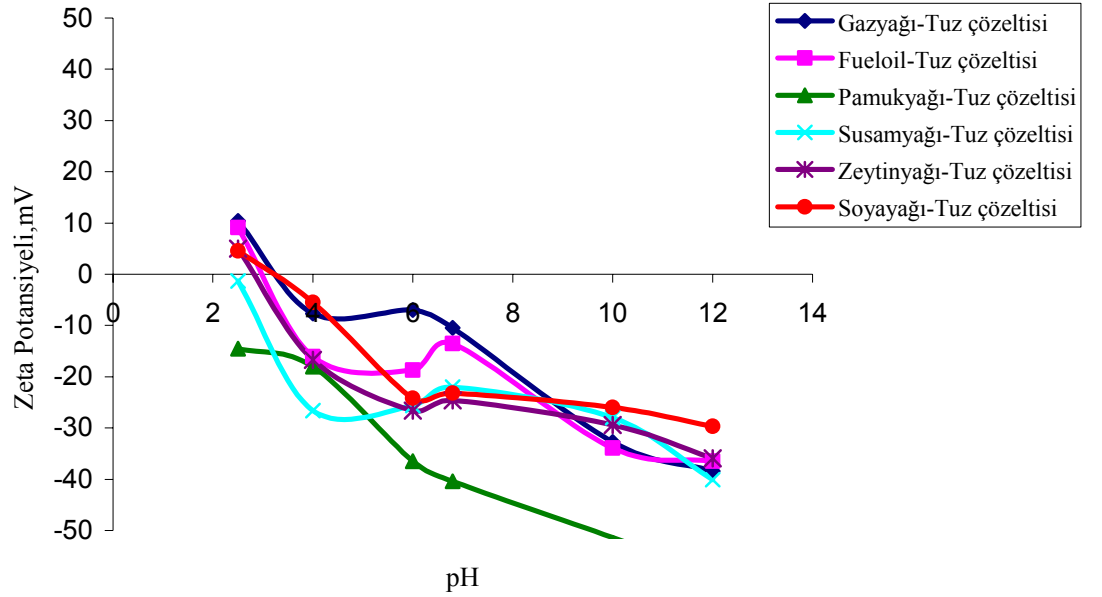


Şekil 172. Soma Linyit kömürünün 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi

Soma Linyit kömürü ile ilgili sonuçlara bakıldığında ise izo elektrik noktasının (i.e.p) yine çok küçük pH'lara kaydığını ve tüm pH değerlerinde negatif değerler aldığı görülmektedir. pH arttıkça zeta potansiyelinin negatif değeri artmaktadır.

4.3.2. Yağların zeta potansiyeli bulguları

Deneylerde kullanılan fueloil, gazyağı, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının zeta potansiyeli değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Farklı pH'larda yağlar hazırlanarak; bu yağların zeta potansiyeli değerleri 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde ölçülmüştür. Klasik ve bitkisel yağların 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi Şekil 173 'de verilmiştir.



Şekil 173. Yağların 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin pH'a bağlı değişimi

Gazyağı için deney bulguları incelendiğinde 10^{-3} M'lık tuz çözeltisi varlığında pH arttıkça zeta potansiyeli eğrisi sürekli bir düşme eğilimi göstermektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda gazyağı için bir izo elektrik (i.e.p) değeri verilmezken burada 3,2 gibi bir izo elektrik değerine ulaşılmıştır. 3,2'nin altında H^+ iyonu adsorpsiyonu sonucu gazyağı damlacıklarının pozitif bir potansiyel değerine ulaştığı söylenebilir.

Fueloil için 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki izo elektrik noktasının (i.e.p) pH 3 civarında olduğu görülmektedir. pH 3'ün altında pozitif yüklü, üzerlerindeki değerlerde ise negatif yüklü olmaktadır. Deneylerin yapıldığı nötr pH değerlerinde ise zeta potansiyeli artarak -40mV değerine ulaşmaktadır. Deneylerde kullanılan gazyağı ve fueloil ile ait zeta potansiyeli bulguları literatür bulguları ile karşılaştırıldığında farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar kullanılan yağların safsızlıklar içermesine dayandırılabilir (Laskowski ve Ralston, 1992).

Pamukyağı ile yapılan deneylerde 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde zeta potansiyelinin negatif değerinin artması OH^- iyonlarının yağ yüzeyine tercihli adsorpsiyonuna dayandırılabilir.

Susamyağının 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyeli değerleri yüksek negatif değerlere kaymıştır. Bu da pH'a bağlı olarak tuz çözeltisinde, yağların stabilitesinin arttığını göstermektedir.

Zeytinyağının zeta potansiyeli değeri 10^{-3} M tuz çözeltisinde pH'a bağlı olarak artmıştır. Bu da tuz çözeltilerinde yağların stabil olduğunu göstermektedir.

Soyayağının ise 10^{-3} M tuz çözeltisinde zeta potansiyeli değerleri daha negatif olmuştur. Bu değer pH arttıkça artmış ve pH 10'da yaklaşık -26 mV civarına ulaşmıştır. Zeta potansiyelinin negatifliğinin artması OH^- iyonlarına ilaveten Cl^- anyonlarının adsorpsiyonuna dayandırılabilir.

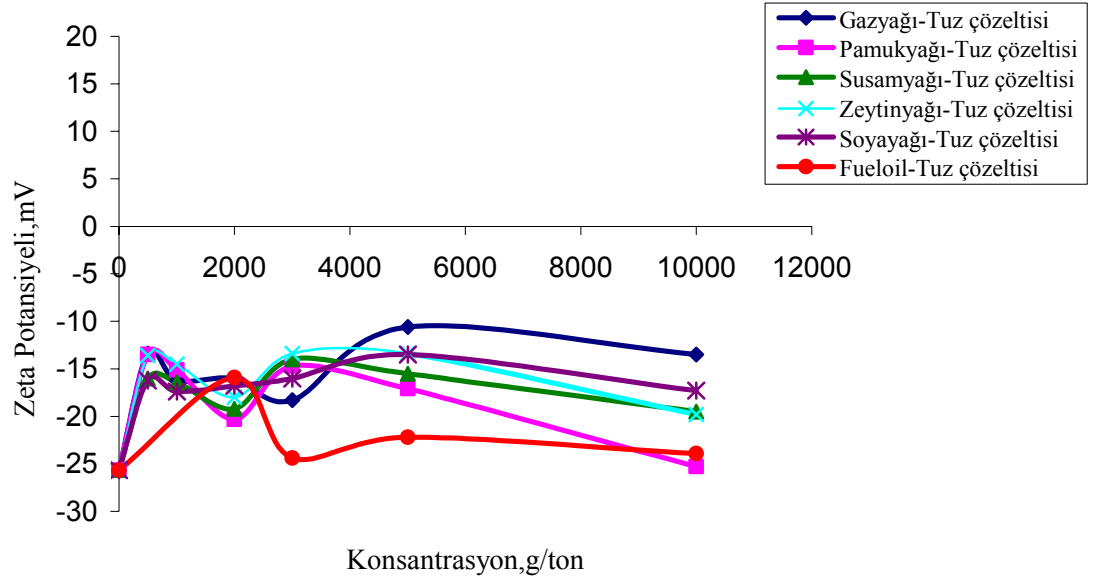
Şekillerin incelenmesinden anlaşılacağı gibi yağların; 10^{-3} M tuz çözeltisinde stabiliteleri yüksek olmaktadır. (Sawyer ve diğ., 1994; Roland ve diğ., 2003).

4.3.3. Yağlarla muamele edilmiş kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları

Üç kömür örneğinin zeta potansiyellerinin, flotasyon deney koşullarında yağ miktarının değişmesine göre değişimi incelenmiştir. Bu amaçla bu örnekler 1500 dev/dak. karıştırma hızında değişik miktarlarda yağ katılarak karıştırmaya tabi tutulmuşlardır. Flotasyon deneylerinde olduğu gibi 6 dak. karıştırma süresi verilmiş ve süre sonunda bu karışımların 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyel değerleri ölçülmüştür.

4.3.3.1. Yağlarla muamele edilmiş taşkömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları

Şekil 174'de gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyellerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 174. Yağlar ile muamele edilmiş taşkömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi

Genel olarak gazyağı ile yapılan deneylerde zeta potansiyeli değeri ortalama olarak -13 ile -18mV arasında değişmektedir. Yani gazyağının kömür yüzeyine adsorpsiyonu zeta potansiyelinde önemli bir değişime sebep olmamıştır.

Fueloil ile yapılan deneylerde 2000 g/ton'da -15,9mV olan zeta potansiyeli değeri 3000 g/ton'da -24,3 mV'a ulaşmış ve bundan sonra konsantrasyona bağlı olarak değişmemiştir.

Pamukyağı ile yapılan deneylerde zeta potansiyeli değerinde genel olarak pamukyağı adsorpsiyonuna bağlı olarak küçük artışlar gözlenmektedir.

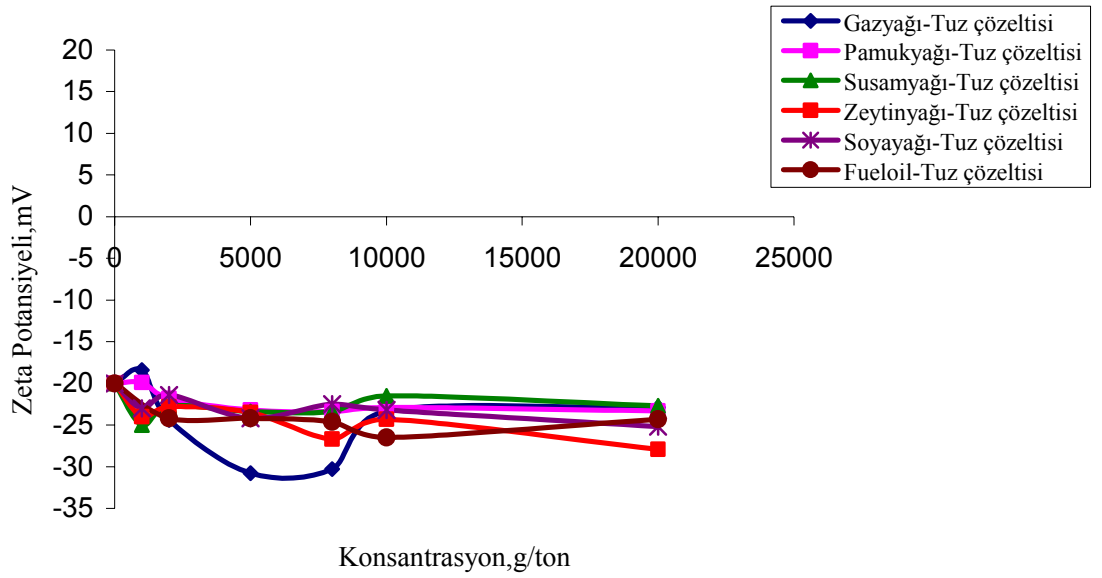
Susamyağı ile yapılan deneylerde zeta potansiyelinde konsantrasyona bağlı olarak önemli bir değişme gözlenmemiştir.

Zeytinyağı ile yapılan deneylerde ise zeta potansiyeli -13 ile -19 mV arasında bir değer almış ve yağ miktarının kömürün zeta potansiyeli üzerinde önemli bir değişime sebep olmadığı görülmüştür.

Soyayağındaki artışa bağlı olarak taşkömürünün zeta potansiyelinde önemli bir değişim görülmemektedir.

4.3.3.3.2. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çelttek Linyit kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları

Şekil 175’de gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının 10^{-3} M’lık tuz çözeltisinde yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyellerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 175. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çelttek Linyit kömürünün 10^{-3} M’lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi

Eski Çelttek kömürü ile yapılan deneylerde gazyağının adsorpsiyonu zeta potansiyelinin negatif değerini arttırmış, 10000 g/ton’den sonra ise zeta potansiyeli değerinde önemli bir değişme olmamıştır.

Fueloil ile yapılan deney sonuçları incelendiğinde zeta potansiyelinin fueloil miktarına bağlı olarak önemli bir değişme göstermediği görülmüştür.

Pamukyağı ile yapılan deney sonuçları incelendiğinde, pamukyağı konsantrasyonuna bağlı olarak zeta potansiyeli değerinin -20 ile -23mV arasında değiştiği görülmektedir.

Susamyağı kullanıldığında ise zeta potansiyeli değerinin -23 ile -27 mV arasında dar bir aralıkta değiştiği görülmektedir.

4.3.3.2.1. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürünün konsantre ve gangının zeta potansiyeli bulguları

Eski Çeltek Linyit kömürü yüksek küllü olduğundan kömürün elektrokinetik özelliklerini daha iyi yorumlamak için hem gang hem de düşük küllü konsantre üzerinde zeta potansiyeli ölçümleri yapılmıştır. Şekil 176'da sırasıyla konsantreye muamele edilmiş gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyellerinin değişimi verilirken; Şekil 177'de ise ganga muamele edilmiş yağların 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyellerinin değişimi verilmiştir

Zeta potansiyeli ölçümlerinde kullanılan Eski Çeltek kömür konsantresi örneğinin hazırlanması için, tüvenan kömür - $38\mu\text{m}$ ' a öğütülerek $1,3 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda santrifüjleme işlemine (Santrifüj süresi 15 dak. olup hızı 4500 dev/dak) tabi tutulmuştur. $1,3 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda yüzen ürün alınarak 85°C de etüvde kurutulmuş ve % 12,89 kül içerikli konsantre elde edilmiştir.

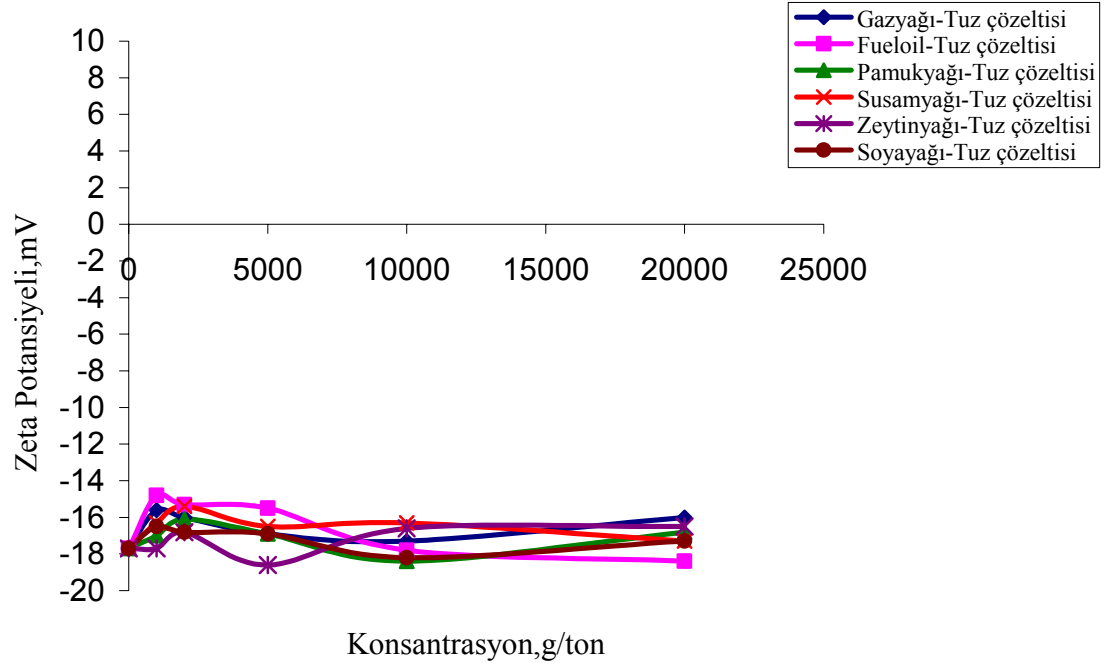
Zeta potansiyeli ölçümlerinde kullanılan gang örneği ise, tüvenan kömürden el örnekleri şeklinde alınmış olup - $38\mu\text{m}$ ' a öğütülerek hazırlanmıştır. Kullanılan örnek %78,14 kül içermektedir. Hem kömür konsantresi hem de gang örneği belirli miktarlardaki yağlar ile muamele edilerek zeta potansiyeli değerleri 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde ölçülmüştür.

Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan çalışmalarda yağ miktarının değişimi zeta potansiyeli üzerinde önemli bir etki göstermemiş olup yağ türüne bağlı olarak zeta potansiyeli değerlerinde çok küçük değişimler gözlemlenmiştir.

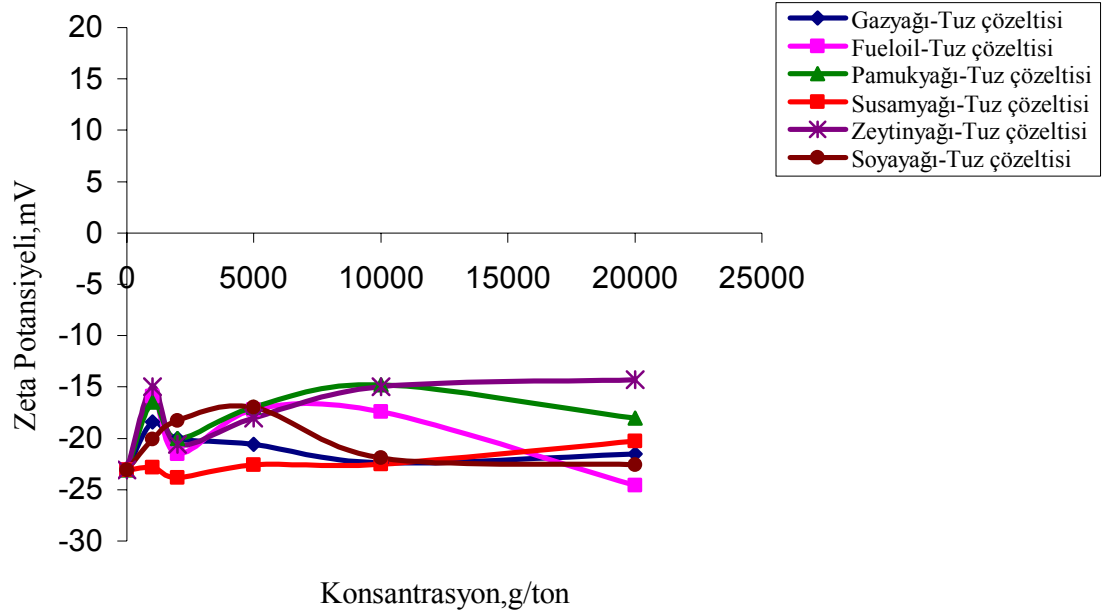
Eski Çeltek Linyit konsantresinde ise yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyelinde değişme görülmemiştir. Genel olarak bazı yağlarda konsantrasyon arttıkça zeta potansiyeli değeri daha düşük olmuştur.

Eski Çeltek Linyit gang'da ise zeta potansiyeli değerleri miktara göre gazyağı ile yapılan deneylerde -20mV, fueloilde -16 ile 23mV arasında,

pamukyağında -15 ile -16mV arasında, susamyağında -20 mV, soyayağında -20 mV, zeytinyağında ise daha düşük değerler almıştır.



Şekil 176. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit kömürü konsantrasyonunun 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi

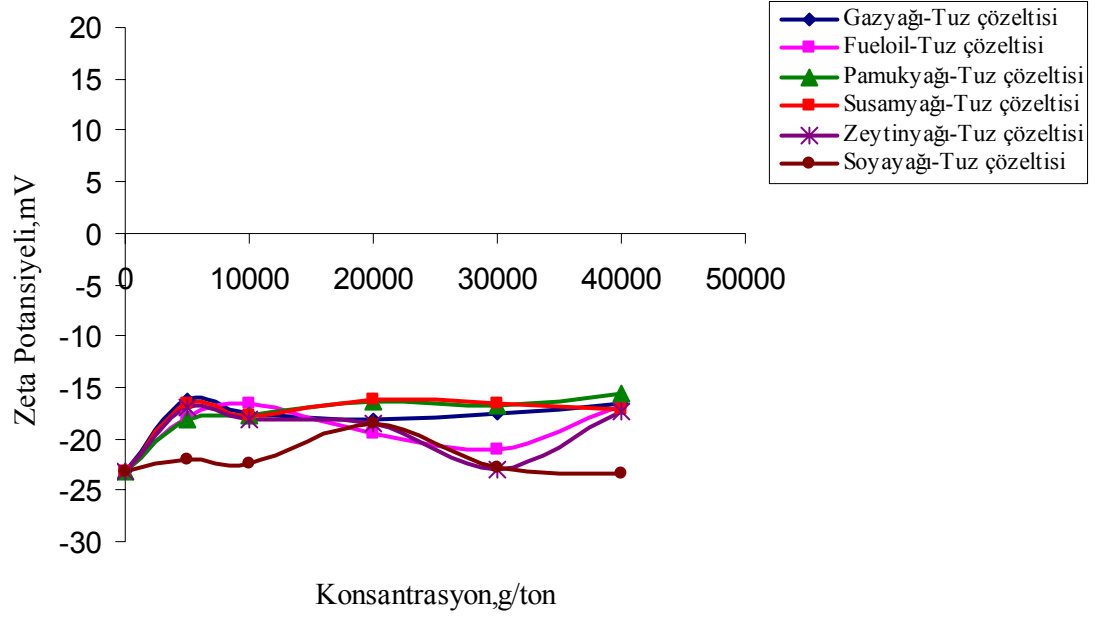


Şekil 177. Yağlar ile muamele edilmiş Eski Çeltik Linyit kömürü ganginin 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi

4.3.3.3. Yağlarla muamele edilmiş Soma Linyit kömür örneklerinin zeta potansiyeli bulguları

Şekil 178'de sırasıyla gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağının 10^{-3} M'lık tuz çözeltisinde yağ miktarına bağlı olarak zeta potansiyellerinin değişimi verilmiştir.

Deney sonuçları incelendiğinde soyayağı hariç tüm klasik ve bitkisel yağlarda zeta potansiyeli değerinin dar bir aralıkta ortalama olarak -17mV civarında olduğu görülmektedir. Soyayağında ise bu değer -22 mV civarında olmuştur. Bu durum da gösteriyor ki yağ adsorpsiyonu kömürün zeta potansiyeli değerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır.



Şekil 178. Yağlar ile muamele edilmiş Soma Linyit kömürünün 10^{-3} M'lık tuz çözeltisindeki zeta potansiyeli değişimi

4.4. Temas Açısı Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Temas açısı hava veya su için kömür yüzeyinin ilgisinin bir ölçüsüdür. Temas açısı ne kadar yüksek ise (önceden ıslatılmış kömür yüzeyinde hava kabarcığı ne kadar fazla yayılırsa) kömürün hava kabarcığına olan ilgisi o kadar yüksektir. Organik (kömür) ve pirit dışı inorganik mineraller arasındaki temas açısı farkı genellikle bir ayırımın başarıyla yapılabilmesi için yeterince yüksektir. Ayrıca piritçe zengin partiküller organik kısmın temas açısına eşit açılar verebilir. Bu durumda temas açısı farkından yararlanılarak sülfür bileşiklerini uzaklaştırmak kolay olmayabilir. Temas açısı farkları, köpük flotasyonu ile zenginleştirmenin temelidir. Burada hava kabarcıkları organik partiküllere tutunur ve onları pülpün yüzeyine kaldırır. Bu esnada inorganik mineraller ise pülpde kalmaktadır (Horsfall, 1992).

Temas açısı ölçümleri bütün deneylerin yapıldığı ananumuneler ve her kömür için flotasyonda kullanılan miktarlarda, yağ kullanılarak hazırlanan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca; Eski Çeltekin Linyit kömürü ile mikroskop altında seçilen kömür örnekleri (konsantre) ile de temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Bu konsantrenin kül içeriği % 12,74'tür.

4.4.1. Taşkömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri

Tablo 155'de taşkömürü ana örneği üzerinde elde edilen temas açısı değerleri verilirken; Tablo 158'de ise flotasyon koşullarının uygulanması ile elde edilen örnekler üzerinde ölçülen temas açısı değerleri verilmiştir.

Taşkömürü ana örneğine ait deney sonuçları incelendiğinde ana örneğin sıvı ile yaptığı denge temas açısı değeri 105,5°'dir. Gazyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile yapılan çalışmalarda açı ölçülemediği olup, gazyağının zeytinyağı ve soyayağından daha hızlı yayıldığı gözlemlenmiştir. Zeytinyağı ve soyayağı için yayılma işlemi 8 sn'de tamamlanmıştır. Susamyağında ise ancak tek taraftan açı okunması yapılabilmektedir. Fueloil ve pamukyağı ile yapılan ölçümler ise ilk 20 sn'deki okumalar olup daha sonra tamamıyla yayılmışlardır.

Tablo 155. Taşkömürü ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri

Toplayıcı Sıvı	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama (Θ)	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama (Θ)	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Su	108	106	107	106	102	104	105,50
Gazyağı	0	0	0	0	0	0	0
Fueloil	53	51	52	61	51	56	54
Pamukyağı	18	17	17,50	16	14	15	16,25
Susamyağı	8	0	4	10	0	5	4,50
Zeytinyağı	0	0	0	0	0	0	0
Soyayağı	0	0	0	0	0	0	0

4.4.2. Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri

Eski Çeltek ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri Tablo 156'da, Eski Çeltek Linyit konsantresinden elde edilen temas açıları Tablo157'de verilmiştir. Tablo 159'da ise flotasyon koşullarının uygulanması ile elde edilen örneklerden okunan temas açısı değerleri verilmiştir.

Tablo 156. Eski Çeltek Linyit ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri

Toplayıcı Sıvı	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama (Θ)	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama (Θ)	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Su	0	0	0	0	0	0	0
Gazyağı	0	0	0	0	0	0	0
Fueloil	47	49	48	48	46	47	47,50
Pamukyağı	23	19	21	25	20	22,50	21,75
Susamyağı	19	18	18,50	22	19	20,50	19,50
Zeytinyağı	16,50	18,50	17,50	18,50	15	16,75	17,13
Soyayağı	17	17	17	18	12	15	16

Eski Çelttek Linyit kömürü ana örneği deney sonuçlarından görüleceği gibi gazyağı ve su ile herhangi bir temas açısı görülememiş olup her ikisinin yaptığı açı 0° 'dir. Fueloil pelet üzerinde çok uzun süre (45sn) kaldığı için temas açısı kolaylıkla okunabilmiştir. Susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ise 20-25 sn yayılmadan kalmış ve bu süre içinde ölçülen açı değerleri Tablo 156'da verilmiştir. Pamukyağı ise diğer bitkisel yağlara göre daha uzun süre yayılmadan kalmış olup, yayılma tamamlandığında ise pelet üzerinde bir beyazlık bıraktığı görülmüştür.

Tablo 157. Eski Çelttek Konsantresinden elde edilen temas açısı değerleri

Toplayıcı Sıvı	Temas Açısı Değerleri		Ortalama (Θ)
Su	42	0	21
Gazyağı	0	0	0
Fueloil	37	44	40,50
Pamukyağı	19	21	20
Susamyağı	16	19	17,50
Zeytinyağı	16	15	15,50
Soyayağı	17	16	16,50

Eski Çelttek Linyit kömür konsantresine ait deney sonuçları incelendiğinde, su ile yapılan temas açısı okumalarında su damlacığının 15 sn içinde yayılması nedeniyle sadece bir taraftan açı okunması yapılabilmektedir. Yine gazyağı ile yapılan açı ölçümlerinde ise gazyağı kömür yüzeyine damlatılır damlatılmaz yayılmış ve bu nedenle açı okunması yapılamamıştır. Diğer yağlar için ölçülen temas açısı değerleri ise ilk 30 sn'de ölçülen açı değerleridir.

Flotasyon koşullarında hazırlanan örnekler ile yapılan temas açısı ölçümlerinde ise, su damlacıkları 15-20 sn içinde yayıldığından çoğu ölçümlerde ikinci okumalar yapılamamıştır.

Tablo 158. Yağlarla muamele edilmiş taşkömürü örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri (Su damlacığının verdiği açılar)

Toplayıcı Sıvı	Toplayıcı Miktarı (g/ton)	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Gazyağı	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	118	117	116	117	116	116,50	116,25
	2000	119	118	118,50	118	117	117,50	118
	3000	120	122	121	121	120	120,50	120,75
	5000	121	121	121	123	119	121	121
	10000	122	121	121,50	126	120	123	122,25
Fueloil	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	127	124	125,50	120	127	123,50	124,50
	2000	127	127	127	130	128	129	128
	3000	130	129	129,50	128	129	128,50	129
	5000	112	136	124	127	132	129,50	126,75
	10000	118	122	120	122	122	122	121
Pamukyağı	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	119	117	118	120	118	119	118,50
	2000	125	123	124	121	119	120	122
	3000	130	122	126	130	128	129	127,50
	5000	128	118	123	123	124	123,50	123,50
	10000	119	119	119	123	123	123	121
Susamyağı	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	117	118	117,50	119	118	118,50	118
	2000	127	125	126	124	122	123	124,50
	3000	130	131	130,50	128	125	126,50	128,50
	5000	132	130	131	130	129	129,50	130,25
	10000	132	132	132	129	129	129	130,50
Zeytinyağı	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	110	112	111	116	116	116	113,50
	2000	121	118	119,50	118	117,5	117,75	118,62
	3000	124	110	117	120	120	120	118,50
	5000	120	117	118,50	117	121	119	118,75
	10000	121	124	122,50	120	119	119,50	121
Soyayağı	0	108	106	107	106	102	104	105,50
	1000	114	113	113,50	115	114	114,50	114
	2000	119	117	118	122	119	120,50	119,25
	3000	121	119	120	121	117	119	119,50
	5000	122	122	122	121	120	120,50	121,25
	10000	122	123	122,50	122	118	120	121,25

Tablo 159. Yağlarla muamele edilmiş Eski Çeltek Linyit örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri (Su damlacığının verdiği açılar)

Toplayıcı Sıvı	Toplayıcı Miktarı (g/ton)	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Gazyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0	0	0
	2000	0	0	0	0	0	0	0
	5000	12	0	6	10	0	5	5,50
	10000	20	20	20	17	18	17,50	18,75
	20000	25	20	22,50	20	19	19,50	21
Fueloil	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	0	0	0	0	0	0	0
	2000	14	0	7	18	0	9	8
	5000	18	0	9	22	0	11	10
	10000	38	32	35	46	29	37,50	36,25
	20000	68	54	61	54	47	50,50	55,75
Pamukyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	13	0	6,50	14	0	7	6,75
	2000	17	0	8,50	20	0	10	9,25
	5000	18	0	9	22	0	11	10
	10000	18	13	15,50	21	13	17	16,25
	20000	32	18	25	27	16	21,50	23,25
Susamyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	15	0	7,50	18	0	9	8,25
	2000	21	0	10,50	19	0	9,50	10
	5000	32	0	16	20	0	10	13
	10000	35	0	17,50	30	0	15	16,25
	20000	33	0	16,50	40	0	20	18,25
Zeytinyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	20	0	10	25	0	12,50	11,25
	2000	22	0	11	24	0	12	11,5
	5000	25	0	12,50	24	0	12	12,25
	10000	31	0	15,50	30	0	15	15,25
	20000	32	0	16	37	0	18,50	17,25
Soyayağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	12	0	6	16	0	8	7
	2000	16	0	8	17	0	8,50	8,25
	5000	19	0	9,50	18	0	9	9,25
	10000	28	0	14	28	0	14	14
	20000	30	0	15	30	0	15	15

4.4.3. Soma Linyit kömürü ile yapılan temas açısı ölçümleri

Tablo 160’da Soma Linyit kömürü ana örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri verilirken; Tablo 161’de flotasyon koşullarının uygulanması ile elde edilen örneklerin temas açısı değerleri verilmiştir.

Tablo 160. Soma Linyit kömürü ana örneğinden elde edilen temas açısı değerleri

Toplayıcı Sıvı	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Su	0	0	0	0	0	0	0
Gazyağı	0	0	0	0	0	0	0
Fueloil	57	55	56	50	49	49,50	52,75
Pamukyağı	32	28	30	29	28	28,50	29,25
Susamyağı	16	15	15,50	17	11	14	14,75
Zeytinyağı	10	0	5	12	0	6	5,50
Soyayağı	15	0	7,50	13	0	6,50	7

Tablo 161’den görüldüğü gibi hem gazyağı hem de su ile 0° temas açısı değerleri elde edilmiştir. Diğer yağlarla ölçülen açı değerleri yağ damlacığı pelet yüzeyine damlatıldığında ilk 10 sn’de ölçülen açı değerleridir. Zeytinyağında ve soyayağında yayılma işlemi 10 sn’de tamamlandığından ikinci okumalar yapılamamış olup değerleri 0°’dir. Flotasyon koşullarında hazırlanan örneklerden ise gazyağı ile herhangi bir temas açısı değeri elde edilememiştir. Ölçümlerde birinci okumalar ilk 10 sn’de; ikinci okumalar ise ilk 20 sn’de okunmuştur. Bitkisel yağlarda yüksek temas açısı değerlerine pamukyağı ile ulaşılmıştır.

Tablo 161. Yağlarla muamele edilmiş Soma Linyit kömür örneklerinden elde edilen temas açısı değerleri

Toplayıcı Sıvı	Toplayıcı Miktarı (g/ton)	1. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	2. Pelet Temas Açısı Değerleri		Ortalama	1. ve 2. Pelet Ortalaması
Gazyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	0	0	0	0	0	0	0
	10000	0	0	0	0	0	0	0
	20000	0	0	0	0	0	0	0
	30000	0	0	0	0	0	0	0
	40000	0	0	0	0	0	0	0
Fueloil	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	80	59	69,50	80	64	72	70,75
	10000	82	62	72	83	63	73	72,50
	20000	105	100	102,50	115	116	115,50	109
	30000	117	115	116	118	117	117,50	116,75
	40000	127	115	121	129	120	124,50	122,75
Pamukyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	45	0	22,50	40	0	20	21,25
	10000	49	0	24,50	50	0	25	24,75
	20000	60	25	42,50	58	30	44	43,25
	30000	83	68	75,50	90	68	79	77,25
	40000	92	88	90	96	92	94	92
Susamyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	0	0	0	0	0	0	0
	10000	0	0	0	0	0	0	0
	20000	40	0	20	32	0	16	18
	30000	45	0	22,50	52	0	26	24,25
	40000	68	34	51	75	36	55,50	53,25
Zeytinyağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	28	0	14	19	0	9,50	11,75
	10000	30	0	15	31	0	15,50	15,25
	20000	39	0	19,50	40	0	20	19,75
	30000	54	0	27	52	0	26	26,50
	40000	61	0	30,50	63	0	31,50	31
Soyayağı	0	0	0	0	0	0	0	0
	5000	32	0	16	35	0	17,50	16,75
	10000	43	0	21,50	42	0	21	21,25
	20000	49	0	24,50	49	0	24,50	24,50
	30000	63	0	31,50	67	0	33,50	32,50
	40000	92	63	77,50	89	45	67	72,25

5. TARTIŞMA

5.1. pH'ın Kömür Flotasyonuna Etkisinin İncelenmesi

Bilindiği gibi kömür ve birçok oksit minerali için H^+ ve OH^- iyonları potansiyeli belirleyen iyonlardır ve kömür tanelerinin yüzey elektrik yükü pH ile tayin edilmektedir (Laskowski ve Ralston, 1992; Laskowski, 2001). Bu nedenle, kömürün yüzebilirliği/hidrofobluğu pH'a bağlı olarak değişmektedir. Flotasyonun yaygın olarak uygulandığı bitümlü kömürlerle yapılan çalışmalarda, bu kömürlerin yüzebilirliğinin pH'a bağlı olarak değiştiğini ve nötral pH civarında maksimum olduğunu göstermiştir (Zimmerman, 1948; Brown, 1962, Liu ve diğ., 1994; Laskowski, 2001).

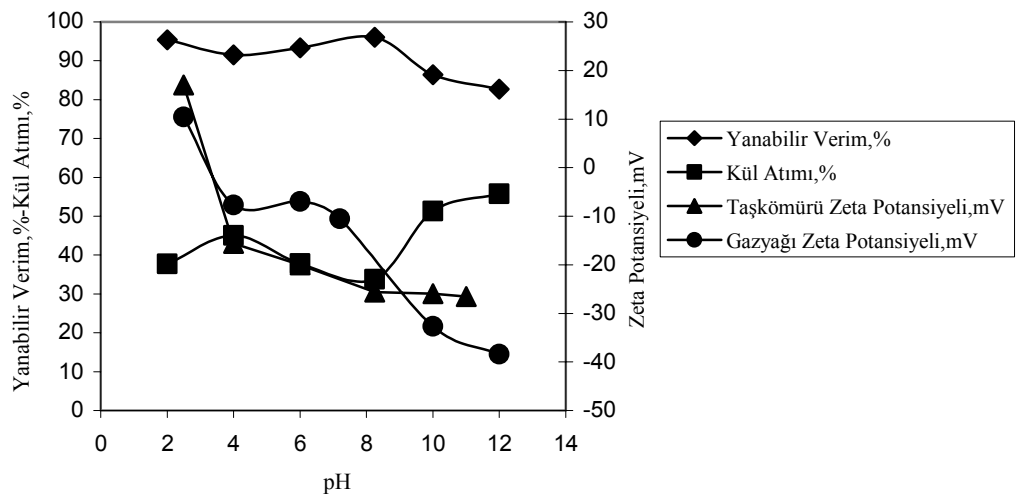
Elektrokinetik ölçümler, taneciklerin yüküne bağlı olarak kömür-su sistemlerinin özellikleriyle ilgili önemli bilgiler vermektedir. Ayrıca, taneciklerin bu yükünün kömürün tipi, ortamın pH'ı ve yüzey aktif maddelerin adsorpsiyonu gibi özelliklerle nasıl ilişkilendirileceği de elektrokinetik ölçümlerden anlaşılmaktadır. Kömür partiküllerinin ıslanabilirliği ve yüzebilirliği, kömür süspansiyonlarının stabilitesi, reolojisi ve ince kömürlerin filtre edilebilirliği gibi bir çok alanlarda elektrokinetik bulgulardan yararlanılmaktadır (Botsaris ve Glazman, 1989; Laskowski, 2001).

Kömür flotasyonunda; kömür ve kül oluşturuucu mineral maddelerin (gang minerallerinin) yüzey özelliklerindeki farklılıklardan yararlanılmaktadır. Bu nedenle, kömür ve mineral madde ayırımını, bu maddelerin yüzey özelliklerini değiştirmeye arttırmak mümkündür. Bu yüzey özellikleri ise zeta potansiyeli ile karakterize edilmektedir (Hussain ve diğ., 1996; Gürses ve diğ., 1997; Laskowski, 2001).

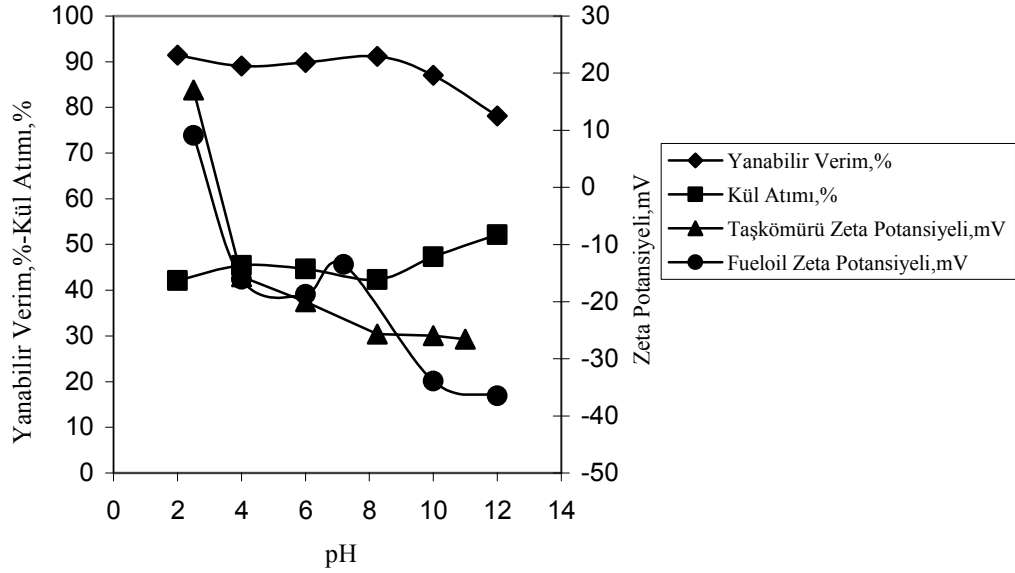
Kömür flotasyonu ile ilgili olarak yapılan çalışmaların çoğu bitümlü kömürlerle ilgilidir. Linyitlerle/oksitlenmiş kömürlerle yapılan çalışmalarda pH'ın etkisi sınırlı sayıda çalışmada incelenmiş ve genellikle çalışmalar kömür pülpünün doğal pH'ında yapılmıştır.

Laboratuvar koşullarında, oksitlenmiş bitümlü kömürler kullanılarak iyonik olmayan tetrahydrofurfuryl ester surfaktantlarla kömürlerin doğal pül pH'ında yapılan flotasyon çalışmalarında bu tip surfaktantların yağ tipi kollektör olan dodesandan daha başarılı olduğu bulunmuştur (Jia ve diğ., 2000). Linyitler ile yapılan diğer bir çalışmada ise pH 5'de sadece gazyağı kullanıldığında hem seçimlilik hem de verimde iyileşme olmazken, sadece surfaktantlar (dodesilamin, sodyum dodesil sülfat ve 2- etil hekzanol) kullanıldığında ise düşük küllü konsantreler üretilmiştir. Hem kül hem de yanabilir verim dikkate alındığında; katyonik surfaktantın asidik, iyonik olmayan surfaktantın nötr, anyonik surfaktantın ise bazik ortamda etkili olduğu görülmüştür (Vamvuka ve Agridiotis, 2001). Yüzei oksitlenmiş bir kömürle yapılan çalışmada, toplayıcı olarak gazyağı kullanılmış ve kömürün flotasyon hızı ile veriminin pH 5,5'tan 9'a çıktığında azaldığı bulunmuştur. Bunun nedeni ise oksitlenmiş kömür yüzeyinde bulunan karboksil ve hidroksil gruplarının, asidik ortamda daha az iyonlaşması ve bunun sonucunda kömürün yüzebilirliğindeki artışla açıklanmıştır (Tsai, 1985).

Koklaşmayan karakterde oksitli kömürlerle yapılan bir çalışmada kollektör olarak gazyağı kullanılmış ve kömüre alkollerle ön işlem uygulanarak kömürün pH 7-8 arasında iyi verimle yüzdüğü bulunmuştur (Biswal ve diğ., 1992).



Şekil 179. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 180. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi

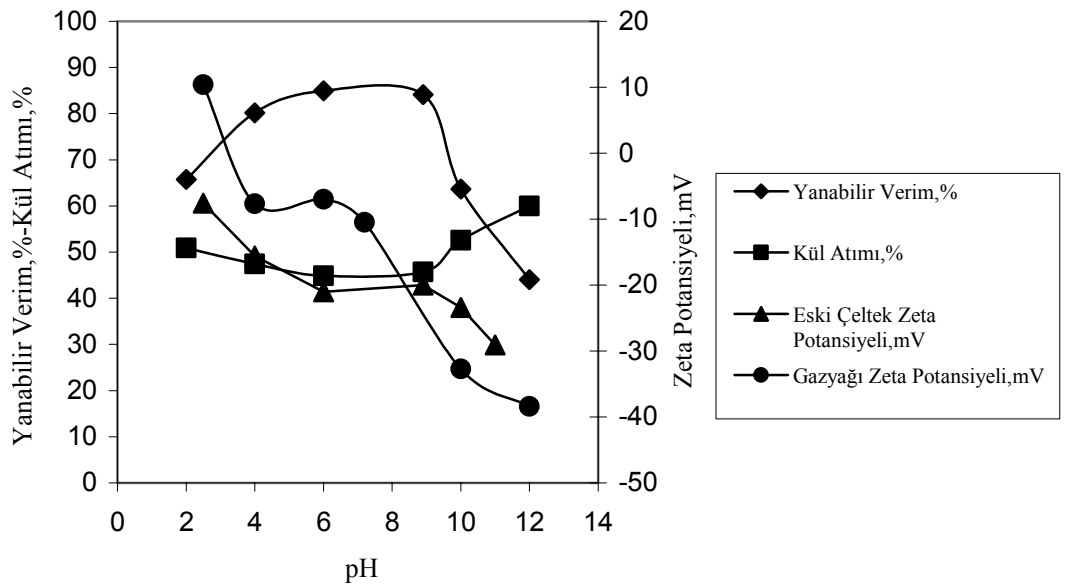
Taşkömürünün yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değerlerinin pH'a bağlı olarak gazyağı ve fueloil ile değişimleri Şekil 179 ve 180'de verilmiştir.

Şekillerin incelenmesinden görülebileceği gibi, taşkömürü pH 2-8 aralığında yaklaşık % 95 yanabilir verimle yüzmekte, 8'in üstündeki pH'larda özellikle pH 12'de yanabilir verimde kısmi düşüşler görülmektedir. Taşkömürü, gazyağı ve fueloilin zeta potansiyeli değerleri incelendiğinde pH 10 ve 12'de gerek kömürün gerekse gazyağı ve fueloilin -20 mV'dan daha negatif bir potansiyele sahip oldukları görülmektedir.

Yanabilir verimdeki kısmi düşüşler yüksek eksi yüklü gazyağı damlacıklarının aynı yüklü kömür yüzeyleriyle etkileşiminin azalmasına dayandırılabilir. Bazik pH'larda temiz kömürün külündeki kısmi düşüşler bu pH değerlerinde gang minerallerinin yüksek zeta potansiyelinden dolayı düşük yüzebilirlik eğilimine dayandırılmıştır. Ayrıca, itici kuvvetlerin daha belirgin olduğu bu aralıkta kil minerallerinin kömür yüzeyini kaplaması daha az olacaktır (Arnold ve Aplan, 1986). pH 2-8 aralığında itici kuvvetler kömür partikülleri ve yağ damlacıkları arasındaki çekici nitelikteki kuvvetlerden daha düşük (kinetik

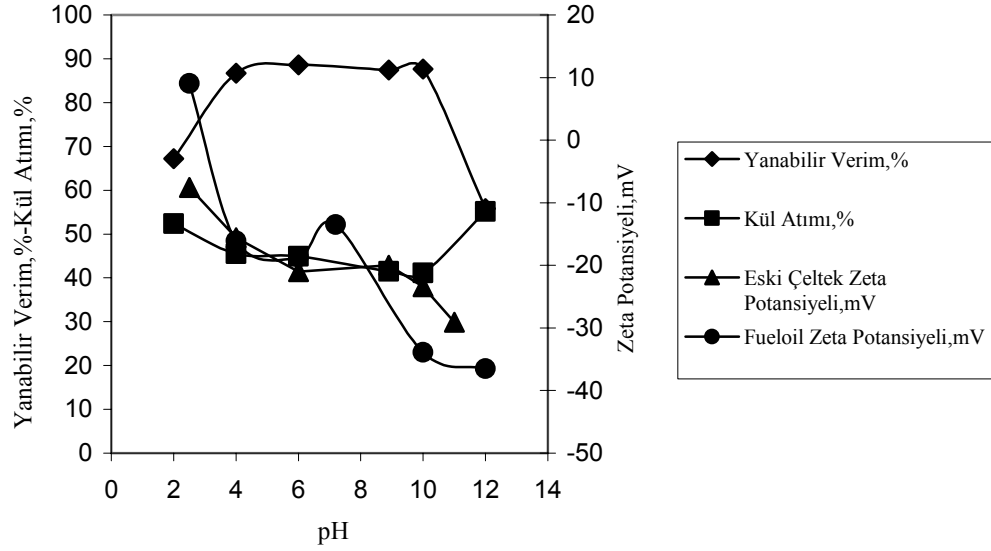
enerji itme enerjisini yenecek kadar yüksek) olduğundan yağ damlacıklarının kömür yüzeyine tutulması daha kolay olmaktadır. Bu durum da her iki yağ için yanabilir verimin artmasını sağlamaktadır.

Taşkömürü flotasyonundan elde edilen bulgular literatür bulgularıyla uyumludur (Zimmerman, 1948; Brown, 1962; Aplan, 1976; Tsai, 1985; Laskowski, 2001).



Şekil 181. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi

Eski Çeltek Linyit kömürlerinin yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değerlerinin pH'a bağlı olarak gazyağı ve fueloil ile değişimleri Şekil 181 ve 182'de verilmiştir.



Şekil 182. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltek Linyit kömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi

Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan deneylerde pH'a bağlı olarak her iki yağ için de kül içeriğinde belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Ayrıca, fueloil ile yuzdürülen kömürlerin küllerinin nispeten daha yüksek olduğu görülmektedir. Eski Çeltek Linyit kömürünün farklı pH'lardaki zeta potansiyelleri incelendiğinde, incelenen tüm pH değerlerinde zeta potansiyelinin negatif olduğu, pH arttıkça negatifliğin arttığı görülmektedir. Bu kömürün gazyağı ve fueloil ile farklı pH'larda benzer davranışlar gösterdiği şekillerden görülmektedir. En yüksek yanabilir verimler pH 5-9 aralığında elde edilirken, pH 9'un üzerindeki bazı bölgelerde yanabilir verim önemli ölçüde düşmektedir. Bu düşüş taşkömürü ve Soma Linyitine göre daha belirgindir. Bu durum yüksek negatif yüklü fueloil/gazyağı damlacıklarının yine benzer yüklü taneciklere tutunmasının azalmasıyla açıklanabilir. Bu bulgular literatürdeki bulgularla uyumludur (Ramadan ve diğ., 2000).

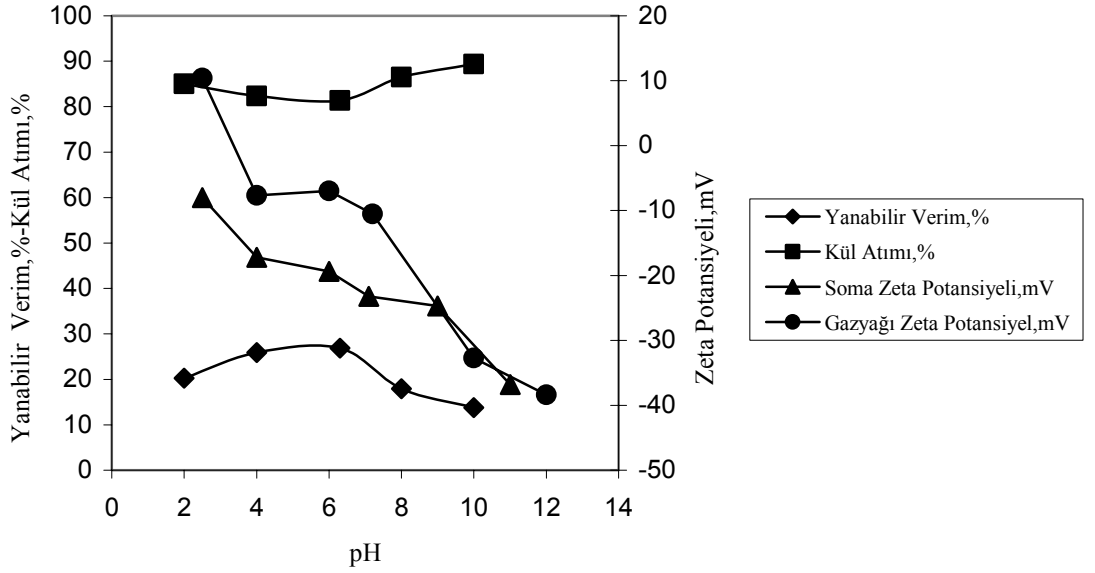
pH 2'de yanabilir verimdeki düşüş büyük bir olasılıkla pozitif yüklü yağ damlacıkları, kömür tanecikleri ve hava kabarcıkları arasındaki elektrostatik itme kuvvetleriyle açıklanabilir. Ayrıca tüm pH değerlerinde yanabilir verimlerin

düşük değerler alması ise kül oluşturu mineral maddelerin kömür taneciklerinin yüzeyini kaplayarak yağ damlacıklarıyla etkileşimini azaltmasına dayandırılabilir.

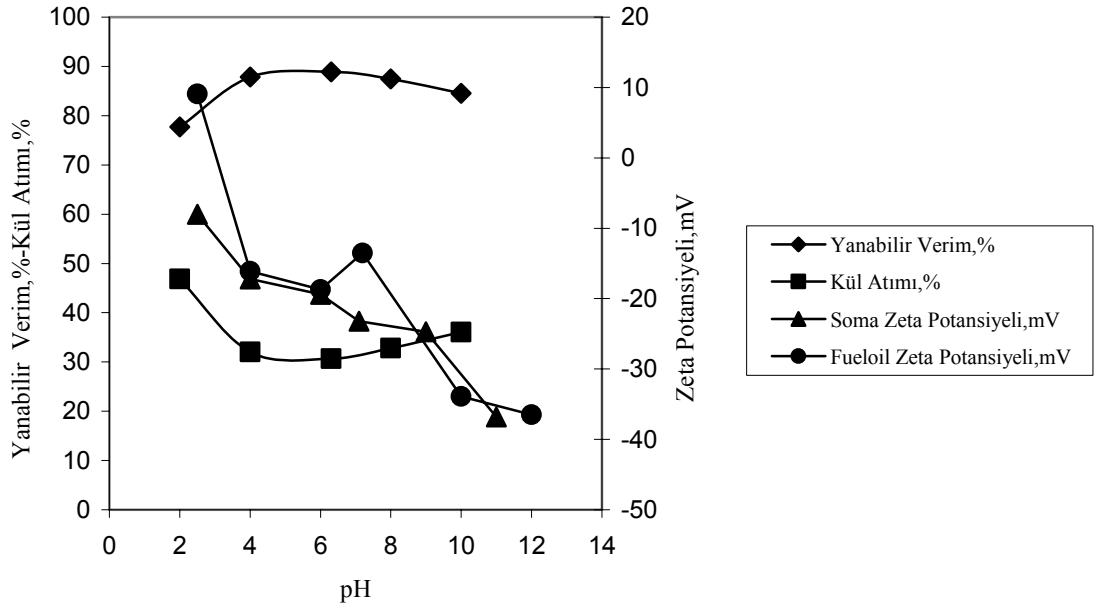
Genel olarak düşük küllü konsantreler elde edilememiştir. Yaklaşık % 48 küllü kömürden tek kademeli flotasyon sonucu konsantrenin külü % 36-40'lara düşmüştür. Bu durum, bu kömürdeki oldukça yüksek oranda bulunan kaolinitin kömür yüzeylerine kaplanıp köpükle konsantreye gelmesiyle açıklanabilir. Ayrıca, kaolinitin suyla taşınarak konsantreye alınması da düşük küllü temiz kömür üretimini engellemiştir.

Genel olarak üç farklı kömür örneğinin farklı pH'lardaki zeta potansiyelleri incelendiğinde Zonguldak Taşkömürü pH 3 civarında eş elektrik noktaya ulaşırken, diğer iki linyit kömürünün ölçüm yapılan tüm pH'larda zeta potansiyelinin negatif olduğu görülmüş ve eş elektrik noktaları (i.e.p) belirlenememiştir. Ayrıca, her üç kömür için de optimum verimler genel olarak nötr veya nötre yakın pH aralıklarında elde edilirken özellikle bazik bölgede kısmi düşüşler olmuştur. Hem taşkömürü hem de Eski Çeltek Linyit kömürü ile nötr veya nötre yakın pH değerlerinde gazyağı ve fueloil ile sırasıyla yaklaşık % 85 ve % 89'luk yanabilir verim değerlerine ulaşılmıştır. Yani bu kömürler için gazyağı ve fueloil oldukça benzer verim değerleri sağlamaktadır. Soma kömürü ile yapılan deneysel çalışmada ise fueloil ile yine yüksek yanabilir verimler elde edilirken, gazyağı ile elde edilen yanabilir verim değerleri oldukça düşüktür.

Sonuçlar seçimlilik yönünden incelendiğinde her üç kömür için her iki toplayıcı ile yüksek bir seçimlilik sağlanamamıştır. Taşkömürü ve Soma Linyiti ile değişik pH'larda % 8-10 küllü konsantreler üretilirken, Eski Çeltek kömürü ile yapılan deneylerde arzu edilen temiz kömürler elde edilememiş, konsantrelerin kül oranı yaklaşık % 36-42 arasında değişmiştir.



Şekil 183. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve gazyağının zeta potansiyelinin değişimi

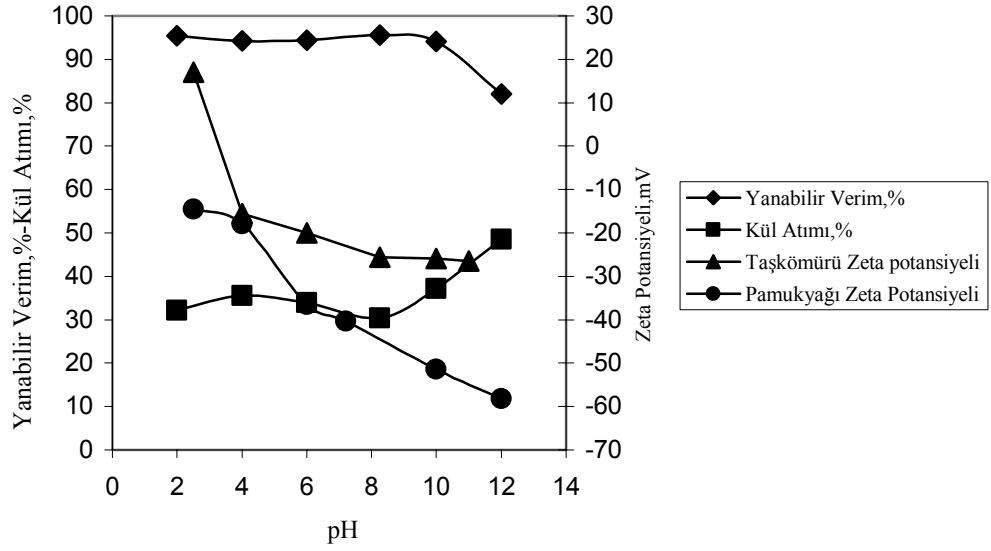


Şekil 184. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve fueloilin zeta potansiyelinin değişimi

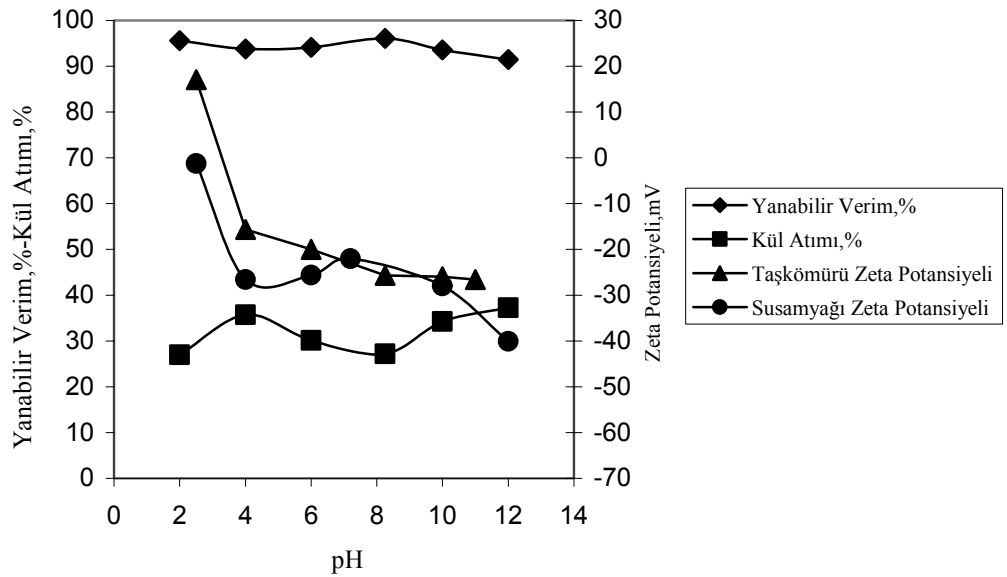
Şekil 183 ve 184’de Soma Linyit kömürünün yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değerlerinin pH’a bağlı olarak gazyağı ve fueloil ile değişimleri verilmiştir

Soma Linyit kömürünün zeta potansiyeli bulguları çok düşük pH değerlerinde bile negatif değerler almaktadır. Bu durum değişik kaynaklarda verilen zeta potansiyeli bulgularıyla uyumludur (Botsaris ve Glazman, 1989; Ghiani ve diğ., 1989; Laskowski ve Ralston, 1992; Laskowski, 2001). pH 2’de -10 mV olan zeta potansiyeli değeri pH arttıkça daha negatif olmakta, pH 11’de -40 mV’a ulaşmaktadır. Soma Linyit kömüründe fueloil kullanıldığında % 88,86’lık bir yanabilir verim değerine ulaşılırken, gazyağı ile elde edilebilen en yüksek değer % 26,85 olmuştur. Gazyağı ile düşük yanabilir verim değerlerinin elde edilmesi hem gazyağı damlacıklarının kömürün hidrofilik kısmı ile etkileşiminin yeterince olmamasına hem de düşük viskoziteleri nedeniyle kömür porlarına girme eğiliminin (nüfus etme eğilimi) yüksek olmasına dayandırılmıştır. Bu bulgular Ghiani ve diğ.’nin sonuçlarıyla uyumludur. Fueloil ile yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşma, fueloildeki polar grupların kömür yüzeyindeki polar kısımlara adsorpsiyonu sonucu hidrofobisitesinin artmasına dayandırılmıştır. Fueloil gibi yağlarda değişik polar grupların olduğu belirtilmektedir (Ghiani ve diğ., 1989; Carbini ve diğ., 1992; Laskowski ve Ralston, 1992). Ayrıca, azot, oksijen ve kükürtlü fonksiyonel grupların düşük ranklı kömürlerin nispeten hidrofilik yüzeylerine kolaylıkla adsorbe olduğu ve bu kömürlerin hidrofobisitesini arttırarak flotasyonda belirgin bir iyileşme sağladığı belirtilmektedir (Carbini ve diğ., 1986).

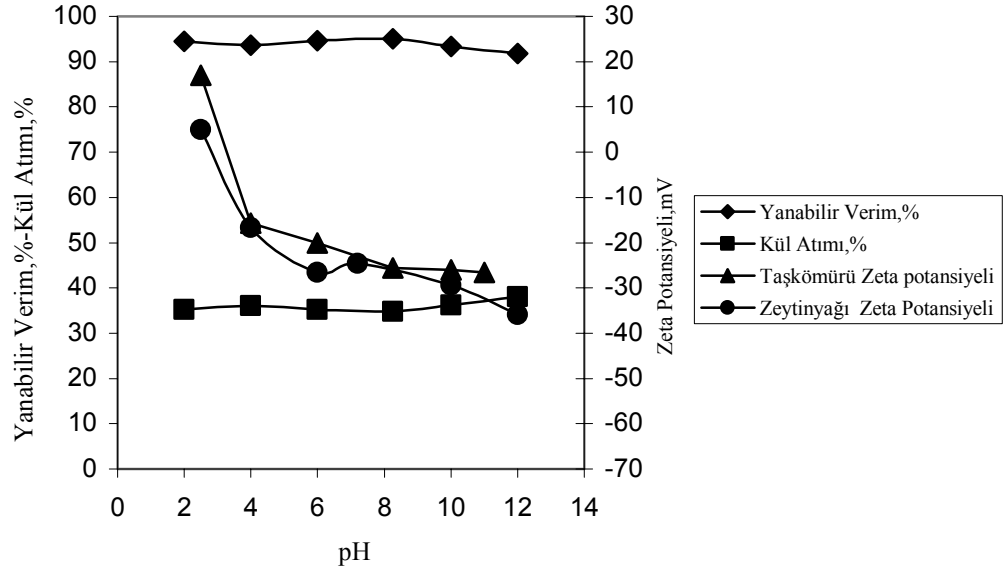
Her iki toplayıcı için optimum verimler doğal pülp pH’ında elde edilmiştir. Hem asidik hem de bazik ortamda verimlerde düşüşler görülmüştür. Bazik pH’da verimdeki azalma negatif yüklü kömür partikülleri ve yağ damlacıkları/hava kabarcıkları arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerine, asidik ortamdaki azalma ise, muhtemelen pozitif yüklü kömür tanecikleri ve fueloil/gazyağı veya hava kabarcığı arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerine dayandırılabilir (Harvey ve diğ., 2002). Harvey ve diğ. pH düştükçe hava kabarcıkların negatif değerinin azaldığını göstermişlerdir.



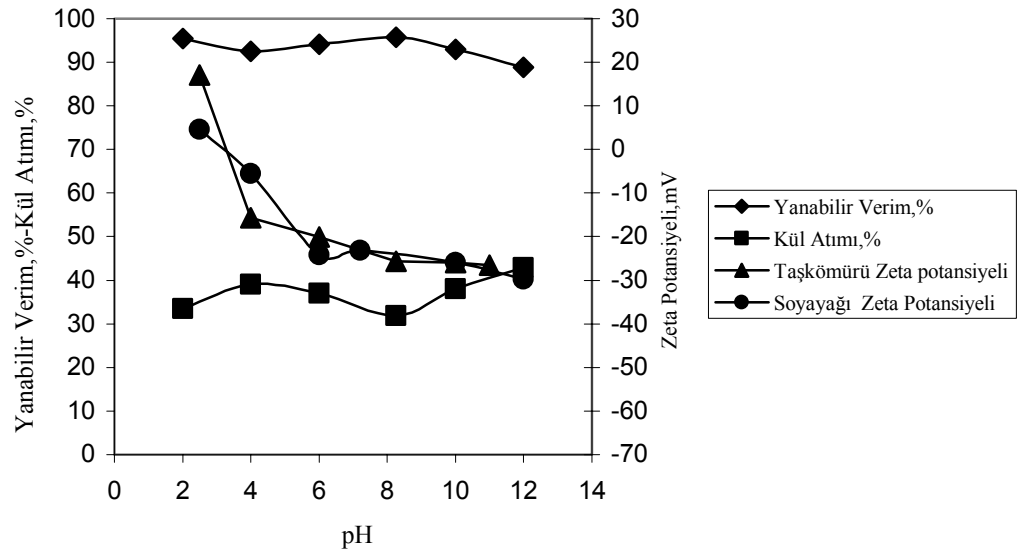
Şekil 185. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 186. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 187. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 188. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, taşkömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değişimi

Taşkömürünün yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değerlerinin pH'a bağlı olarak pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile değişimleri sırasıyla Şekil 185, 186, 187 ve 188'de verilmiştir

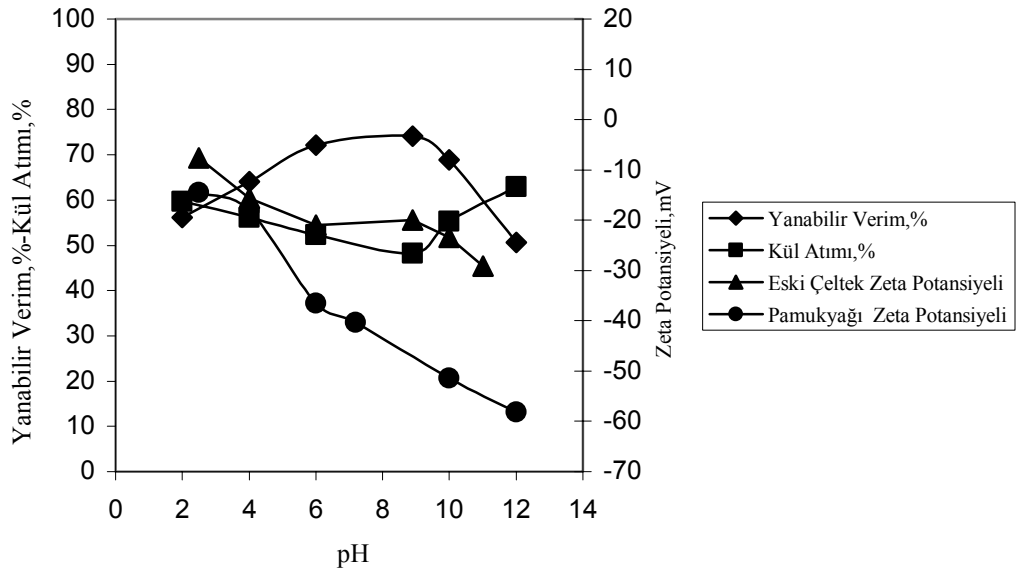
Şekillerden görülebileceği gibi taşkömürünün yanabilir verim ve kül atımı değerleri, kullanılan bütün yağlar için aynı eğilimi göstermiş ve geniş bir pH aralığında (pH 2-10) çok fazla değişmemiştir. Yanabilir verim değerleri doğal pH'ta (pH 8,25) kısmen yükselmiştir. Ancak, pH 10'dan sonra yanabilir verim değerlerinde düşüş eğilimleri görülmektedir. Konsantrelerin kül içerikleri yaklaşık %10 civarındadır. Taşkömürünün zeta potansiyeli 15 mV ile -25 mV arasında değişmiş ve i.e.p (eş elektrik noktası) değeri pH 3 civarında belirlenmiştir. Kullanılan bitkisel yağların zeta potansiyeli değerleri pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı için sırasıyla -15 mV ile -60 mV; 0 mV ile -40 mV; 5 mV ile -40 mV ve 5 mV ile -30 mV arasında değişmiş ve pH yükseldikçe zeta potansiyelinin negatif değeri de artmıştır. Alkali pH bölgesinde yağların zeta potansiyellerinin negatifliğinin artması ortamda bulunan OH⁻ iyonlarının; asidik pH bölgesinde yağların zeta potansiyellerinin negatifliğinin azalması ise ortamda bulunan H⁺ iyonlarının yağ-su arayüzeyine adsorpsiyonuna dayandırılmıştır. Bu bulgular literatürdeki bulgularla uyumludur (Ahmad ve diğ., 1996; Ho ve Ahmad, 1999; Wiacek ve Chibowski, 2002; Hsu ve Nacu, 2003).

Yüksek pH'taki (pH 12) yanabilir verimdeki azalma, taşkömürü ve yağların zeta potansiyeli değerlerindeki negatifliğin artması nedeniyle, elektriksel itme kuvvetlerinin yükselmesi sonucu yağ damlacıklarının kömür yüzeyine adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır. Genel olarak yüksek yanabilir verimlere ulaşılması, yağ damlacıklarındaki yağ asitlerinin hidrofobik kısmı ile kömür yüzeyi arasındaki hidrofobik etkileşimin yüksek olmasına dayandırılabilir.

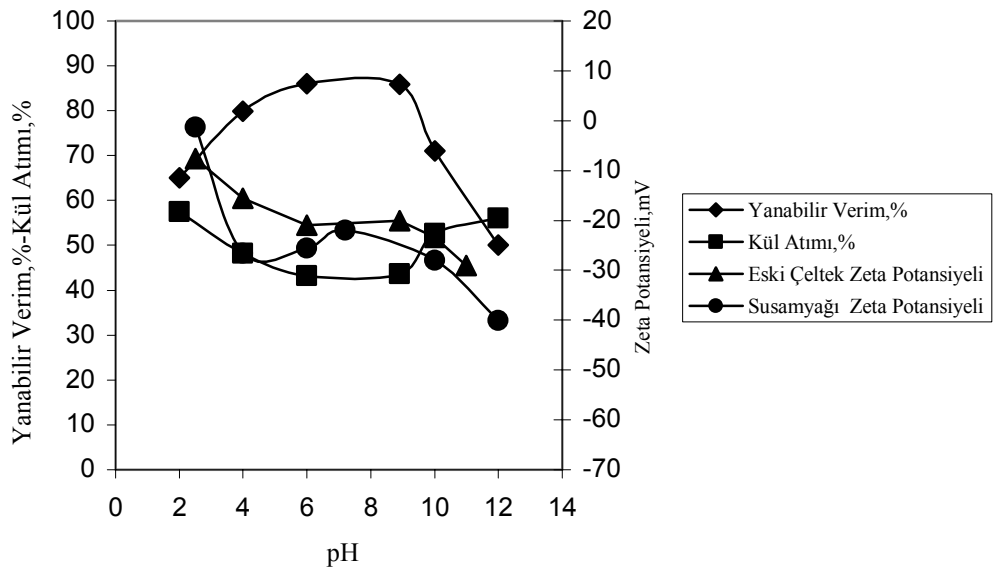
Kül atımları dar bir aralıkta değişmiştir. Yüksek kül atımı verimlerine ulaşamaması, yağ damlacıklarındaki polar grupların kül yapıcı mineral maddelere adsorpsiyonu sonucu bu minerallerin yüzmesine dayandırılmıştır.

Sonuç olarak; taşkömürü geniş bir pH aralığında yüksek verimle yüzdürülebilmektedir. Taşkömürü flotasyonunda tüm bitkisel yağların hem yanabilir verim hem de kül atımı yönünden aynı oranda başarılı olduğu görülmektedir.

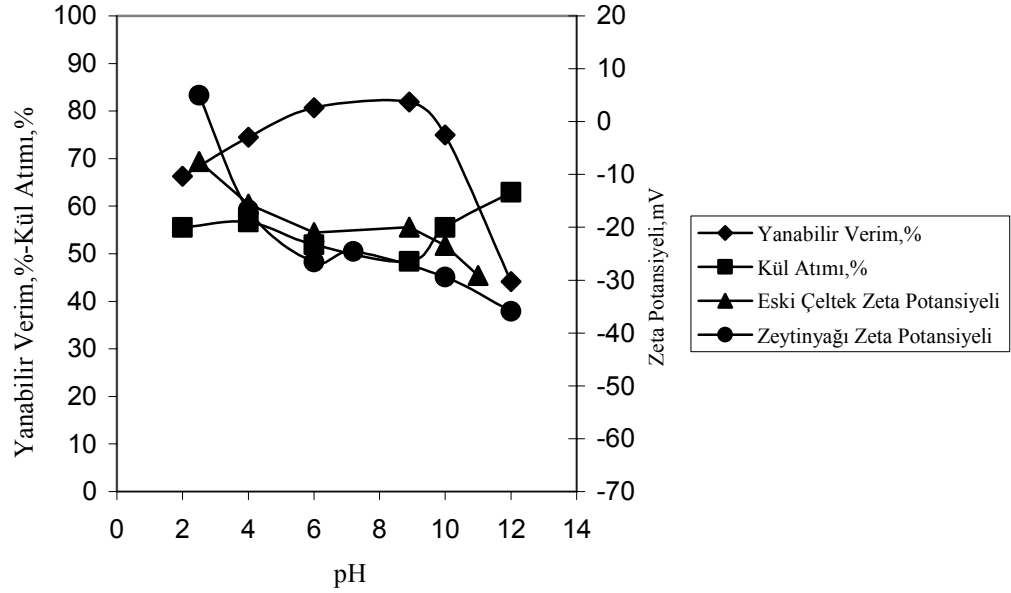
Ayrıca gazyağı ve fueloil bulgularıyla karşılaştırıldığında, bitkisel yağların bu yağlarla rekabet edebileceği, hatta bazı durumlarda daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.



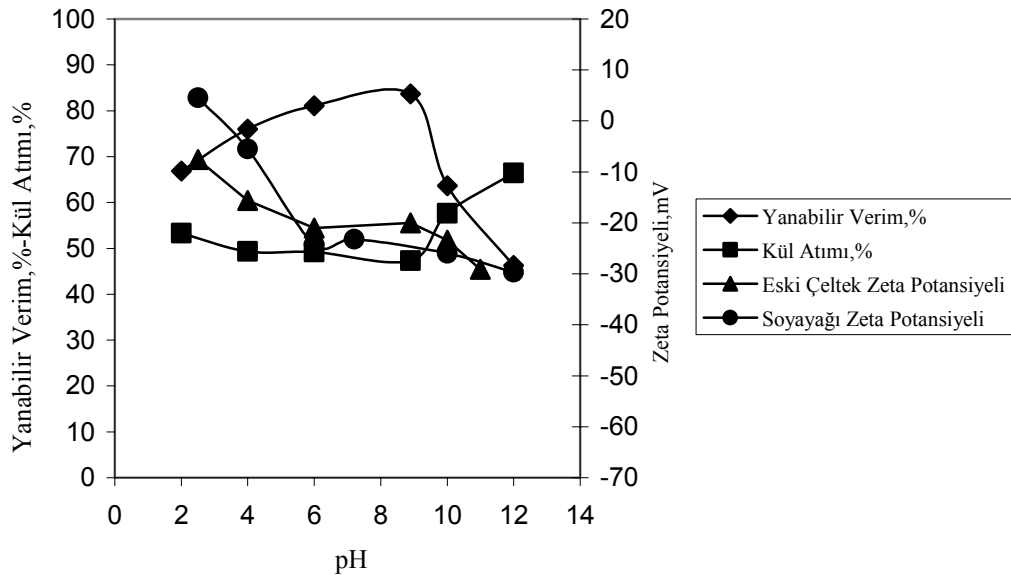
Şekil 189. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltik Linyit kömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 190. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çeltik Linyit kömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 191. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çelték Linyit kömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 192. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Eski Çelték Linyit kömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değişimi

Eski Çelték Linyit kömürünün yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değerlerinin pH'a bağlı olarak pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile değişimleri sırasıyla Şekil 189, 190, 191 ve 192'de verilmiştir.

Şekillerden de görülebileceği gibi Eski Çeltik Linyit kömürünün i.e.p değeri çok düşük pH'lara kaymaktadır. Yanabilir verim ve kül atımı değerleri kullanılan bütün yağlar için aynı eğilimi göstermiştir. En yüksek yanabilir verim ve en düşük kül atımı değerlerine doğal pH'da (pH 8,90) ulaşılmıştır. Yanabilir verim değerlerindeki değişimin pH 6-9 arasında çok fazla olmamasına rağmen, bu aralığın altındaki (pH < 6) ve üstündeki (pH > 9) pH değerlerinde hem yanabilir verim hem de seçimlilik azalmıştır. Ancak, alkali pH bölgesindeki yanabilir verim değerlerindeki azalma daha hızlı olmuştur. Grafiklerden de görülebileceği gibi en yüksek yanabilir verim değerine (% 86,09) ve en düşük kül atımına (% 43,29) susamyağında ulaşılmıştır. Bütün pH değerlerinde en iyi bulguları susamyağı vermiştir. Fakat seçimlilik yönünden aynı şey söylenemeyebilir.

Düşük pH değerlerinde yanabilir verimdeki azalma özellikle kül oluşturu mineral maddelerin kömür taneciklerinin yüzeyini kaplayarak yağ damlacıklarıyla etkileşimini azaltmasına dayandırılabilir. Yüksek pH değerlerinde yanabilir verim değerlerindeki azalma, linyit kömürü ve yağların zeta potansiyellerinin negatifliğinin artması nedeniyle, elektriksel itme kuvvetlerinin yükselmesi sonucu yağ damlacıklarının kömür yüzeyine adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

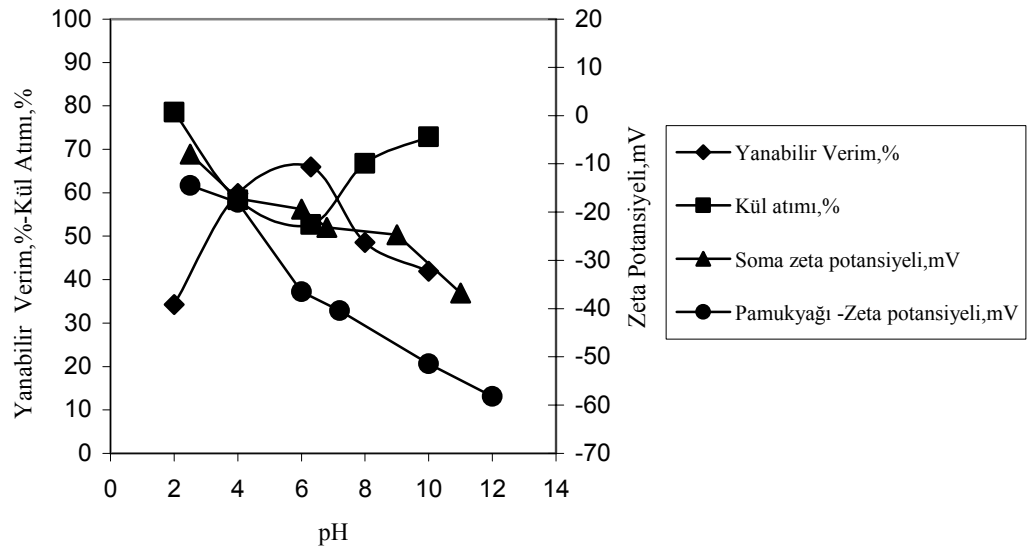
Taşkömürü bulgularıyla karşılaştırıldığında yanabilir verimler tüm pH'lar için çok düşük değerler almakta, konsantrelerin kül içerikleri çok daha yüksek olmaktadır. Taşkömürü gibi yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşamama özellikle yüksek miktarda olan kil minerallerinin suyla sürüklenerek konsantre bünyesine alınmasına dayandırılabilir. Ayrıca yağın yapısındaki polar grupların kül oluşturu mineral maddelere adsorbe olma eğiliminin yüksek olması nedeniyle kömür tanecikleri (organik kısım) ile etkileşiminin azalması da yanabilir verim düşüşlerine sebep olmuştur.

Eski Çeltik Linyiti ile de kül atımları dar bir aralıkta değişmiştir. Yüksek kül atımı verimlerine ulaşılmasına rağmen düşük küllü yüzen ürün elde edilememesi, beslenen kömürdeki kül yapıcı mineral maddelerin miktarının yüksek olması ve yağ damlacıklarındaki polar grupların kül yapıcı mineral maddelere adsorpsiyonu sonucu bu minerallerin de yüzmesine dayandırılmıştır.

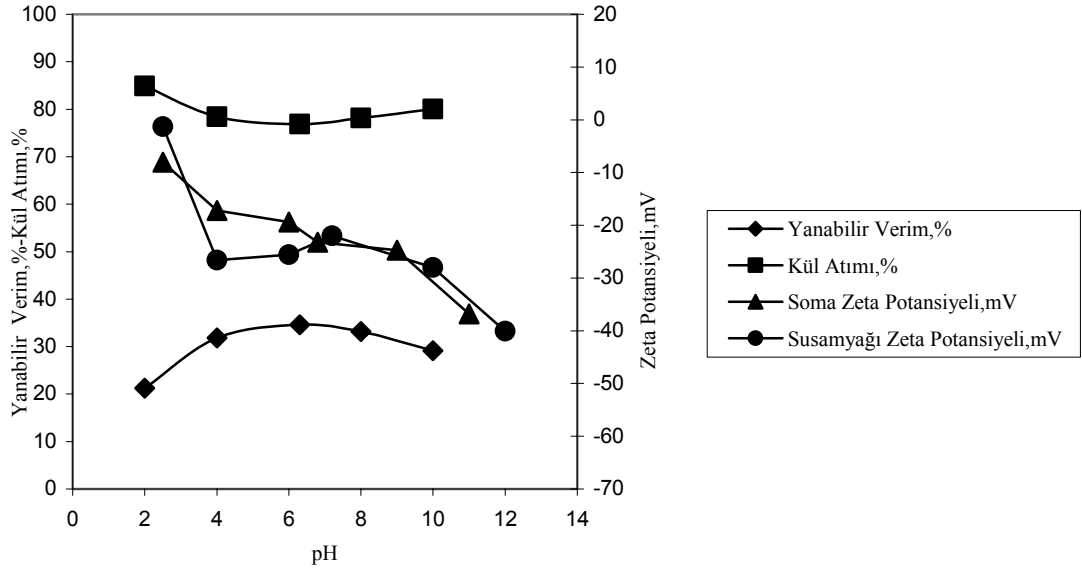
Optimum sonuçlar pH 6-9 aralığında elde edilmiş; asit ve alkali bölgede verim ve seçimlilik düşmüştür. Bitkisel yağlarla tek aşamalı flotasyonda arzu edilen nitelikte temiz kömür üretilmemiştir. Sonuçlar gazyağı ve fueloil ile başabaş ve bazen daha iyi niteliktedir.

Sonuç olarak; Eski Çeltik Linyit kömürü geniş bir pH aralığında yüksek kül atımı ve çok yüksek olmayan yanabilir verimle yüzdürülebilmektedir.

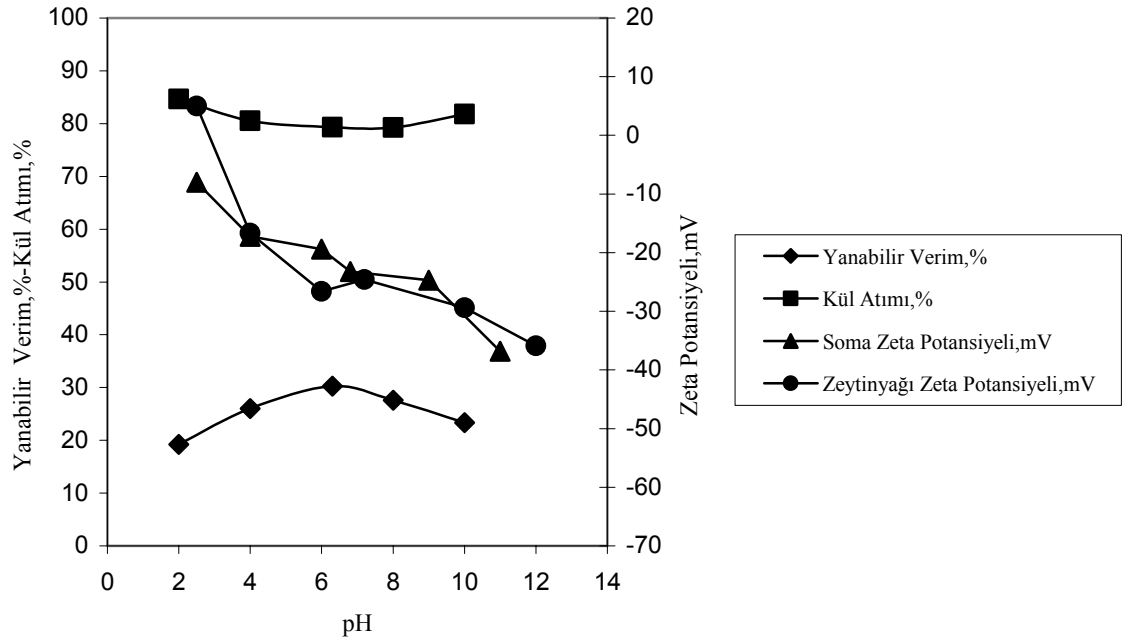
pH'ın Soma Linyit kömürünün yanabilir verim, kül atımı, zeta potansiyeli ve yağların zeta potansiyelleri üzerindeki etkisi pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı için sırasıyla Şekil 193, 194, 195 ve 196'da verilmiştir.



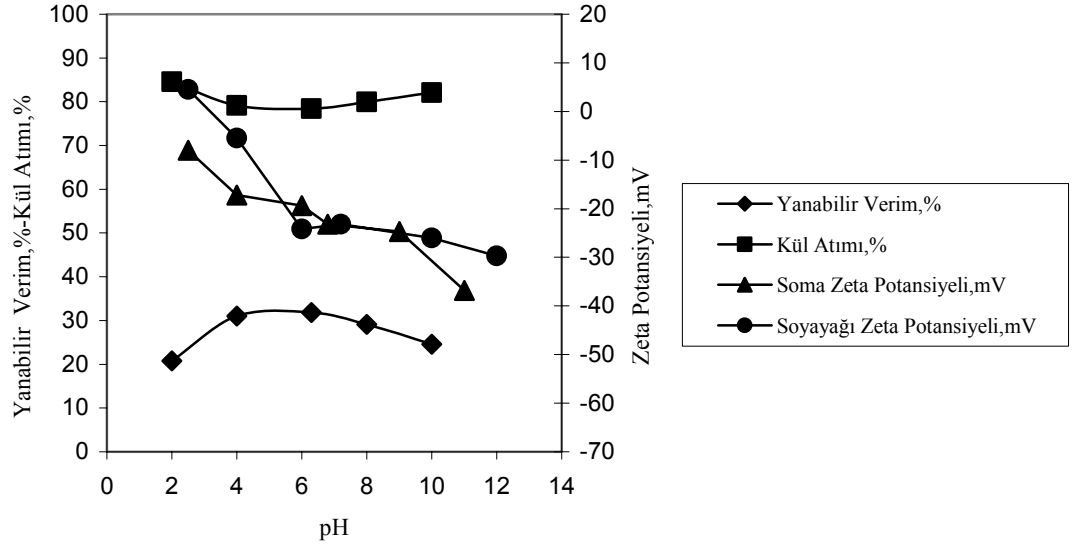
Şekil 193. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve pamukyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 194. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve susamyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 195. pH'a bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve zeytinyağının zeta potansiyelinin değişimi



Şekil 196. pH'a bağı olarak yanabilir verim, kül atımı, Soma Linyit kömürünün ve soyayağının zeta potansiyelinin değışimi

Şekillerden de görüldüğü gibi Soma Linyit kömürünün i.e.p değeri çok düşük pH'lara kaymaktadır. Yanabilir verim ve kül atımının pH'a bağı olarak değışimi kullanılan yağların hepsi için yaklaşık aynı eğilimi vermiştir. Yüksek kül atımı değerlerine ulaşılmasına rağmen yüzen ürünler çok düşük yanabilir verim değerleriyle üretilebilmiştir. Optimum sonuçlar doğal pülp pH'ında (pH 6,30) elde edilmiştir. Yüksek ve düşük pH'larda ise yanabilir verim oldukça düşük olmuştur. Doğal pülp pH'ında pamukyağıyla yaklaşık % 66 yanabilir verim elde edilirken, diğr yağlarla aynı pH'ta % 30-35 arasında yanabilir verimler sağlanmıştır. Bu pH'ta yüzdürülen temiz kömürün külü % 10-11 civarındadır. Pamukyağının bu kömürün flotasyonundaki performansı, klasik yağlardan gazyağına göre daha iyidir. Ancak, fueloil ile elde edilen yanabilir verimden daha düşüktür. Pamukyağı ile diğr yağlara oranla nispeten yüksek yanabilir verimlere ulaşılması bu yağın polaritesinin yüksek olmasına dayandırılmıştır.

Düşük pH'larda yanabilir verimlerdeki düşüşler, kömür yüzeyindeki fonksiyonel grupların iyonlaşmasının azalmasıyla, yağ damlacıklarının polar kısmıyla kömür yüzeyi arasındaki etkileşimin azalmasına dayandırılabilir. Yüksek pH değerlerinde yanabilir verim değerlerindeki azalma ise, linyit kömürü ve

yağların zeta potansiyellerinin negatifliğinin artması nedeniyle elektriksel itme kuvvetlerinin yükselmesi sonucu yağ damlacıklarının kömür yüzeyine adsorpsiyonunun azalmasına dayandırılmıştır.

Genel olarak tüm yağlarla yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşılamaması, bu kömürün hidrofilik karakterinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca, çok düşük küllü konsantreler elde edilememesi gang minerallerinin suyla taşınmasına dayandırılabilir.

Sonuç olarak; bitkisel yağlarla Soma Linyit kömürü geniş bir pH aralığında yüksek kül atımı verimlerine rağmen genel olarak düşük yanabilir verimlerle yüzdürülebilmektedir.

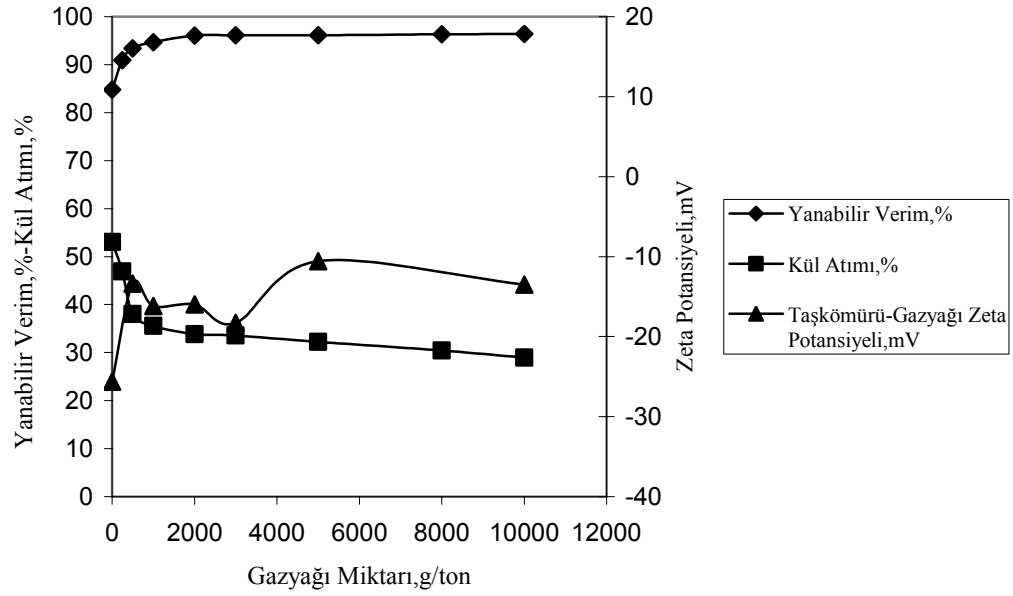
5.2. Toplayıcı Miktarının Etkisinin İncelenmesi

5.2.1. Taşkömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi

Deneyler 0-10000 g/ton yağ miktarında yapılmıştır. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 10, 11, 25, 26, 27 ve 28'de ve Şekil 6, 7, 23, 24, 25 ve 26'da verilmiştir. Gazyağı, fueloil ve bitkisel yağlarla yapılan deney bulgularından görüleceği gibi yağ miktarı arttıkça yanabilir verim artmakta ve belli bir miktardan sonra artış hızı azalmaktadır. Taşkömürünün gerek gazyağı, gerekse fueloil ile flotasyonunda optimum sonuçların 2000 g/ton mertebesinde elde edildiği söylenebilir. Benzer şekilde bitkisel yağlarla 1000-2000 g/ton mertebesinde yüksek verim değerlerine ulaşılmıştır. Genel olarak yağ miktarı arttıkça, konsantrelerin kül içeriğinde artış eğilimi görülmüştür.

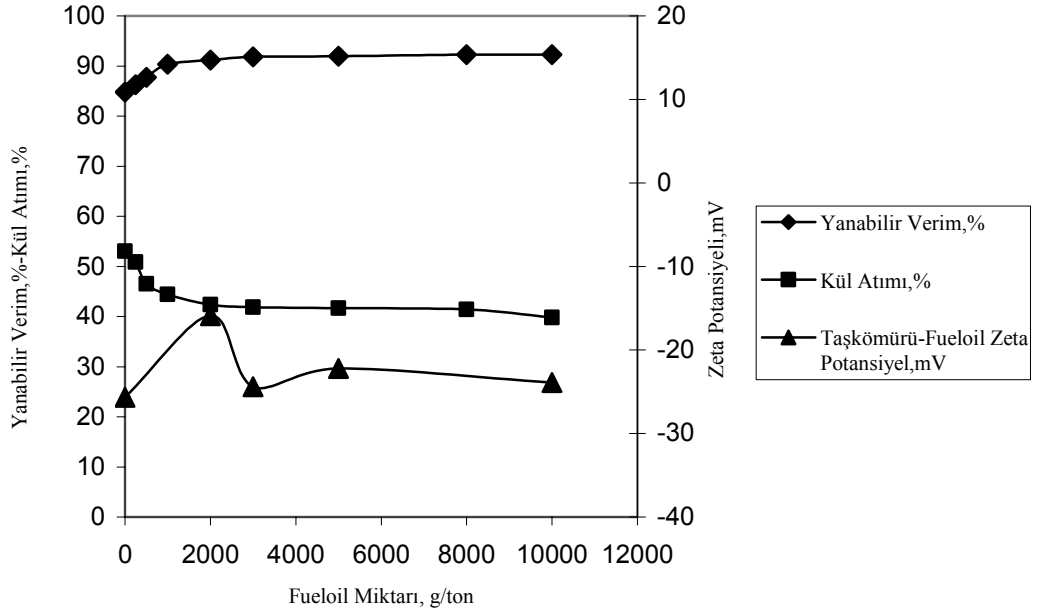
Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi yağ miktarı arttıkça kül atımı değerlerinde düşüş eğilimi görülmektedir. Verim indeksi değerleri ise kül atımına paralel eğilim izlemiştir. Taşkömürünün yüzdürülmesinde kullanılan tüm yağların yaklaşık olarak aynı derecede başarılı olduğu söylenebilir. Örneğin; yanabilir verimler dikkate alındığında 2000 g/ton yağ miktarında gazyağı, fueloil, pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile % 96,04; % 91,17; % 96,16; % 96,09; % 95,00 ve % 95,90'luk değerlere ulaşılmıştır.

Zeta potansiyelinin yağ miktarına bağlı olarak değişimleri Şekil 197, 198, 199, 200, 201 ve 202’de verilirken, yağ miktarına bağlı olarak temas açısı değişimleri sırasıyla Şekil 203, 204, 205, 206, 207 ve 208’de verilmiştir.

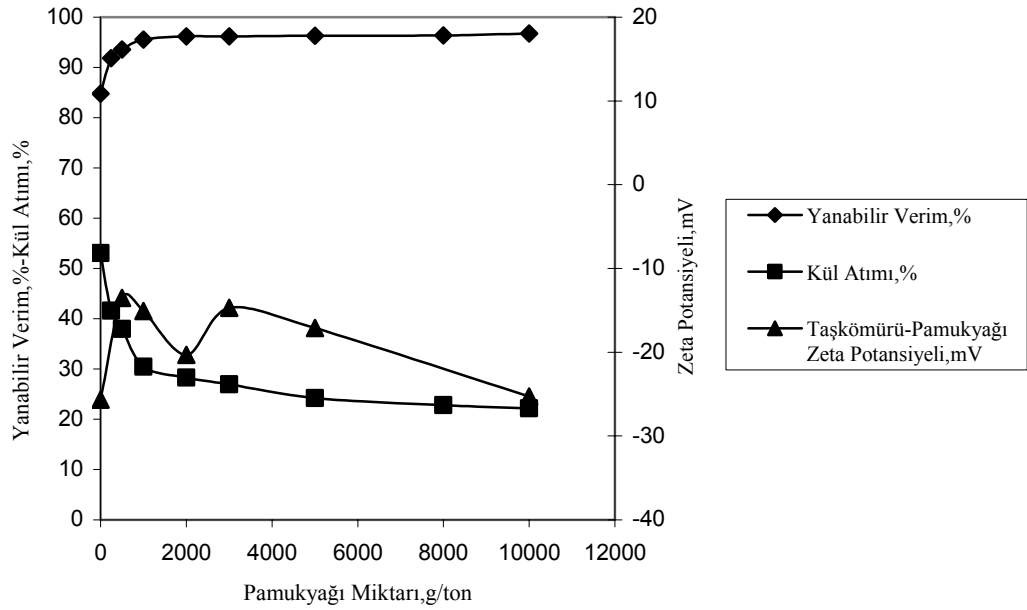


Şekil 197. Taşkömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi

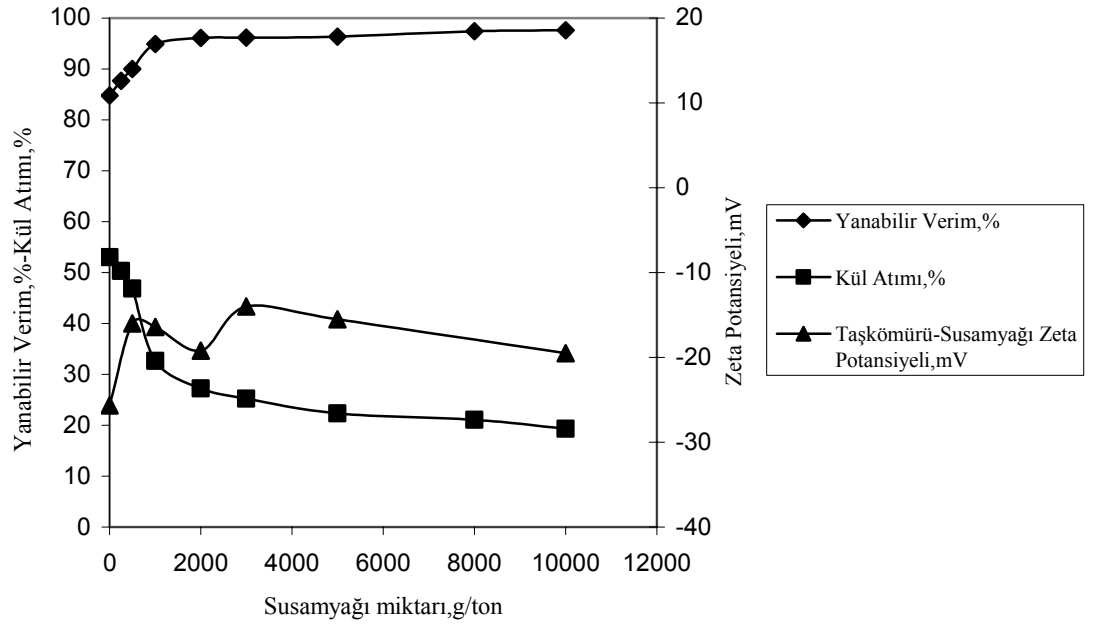
Gazyağı miktarının kömürün zeta potansiyeli üzerinde sınırlı etkisi olmuştur. Gazyağı ilave edilmeden -25,65 mV olan zeta potansiyeli değeri gazyağı ilave edildiğinde -10 ile -20 mV aralığında değişmiştir. Bu da gazyağının kısmende olsa taşkömürünün zeta potansiyelinin negatifliğini azalttığını göstermektedir. Fueloil kullanıldığında ise taşkömürünün zeta potansiyelinde belirgin bir değişme görülmemiştir. Kömür ve gazyağı etkileşiminin hidrofobik etkileşimden dolayı olabileceğini belirtmişlerdir (Mishra, 1987; Naik ve diğ., 2005).



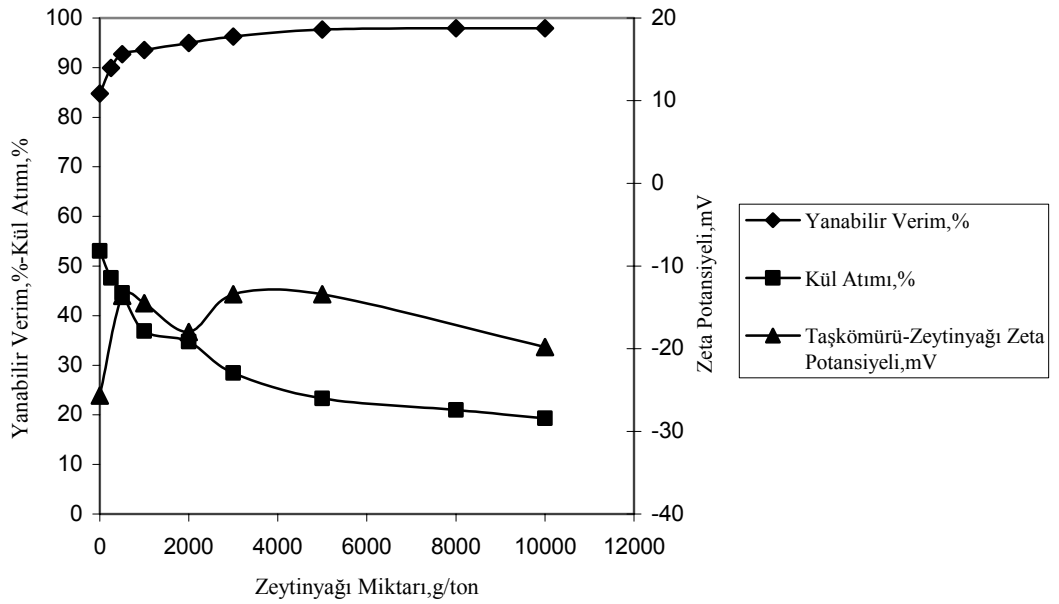
Şekil 198. Taşkömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



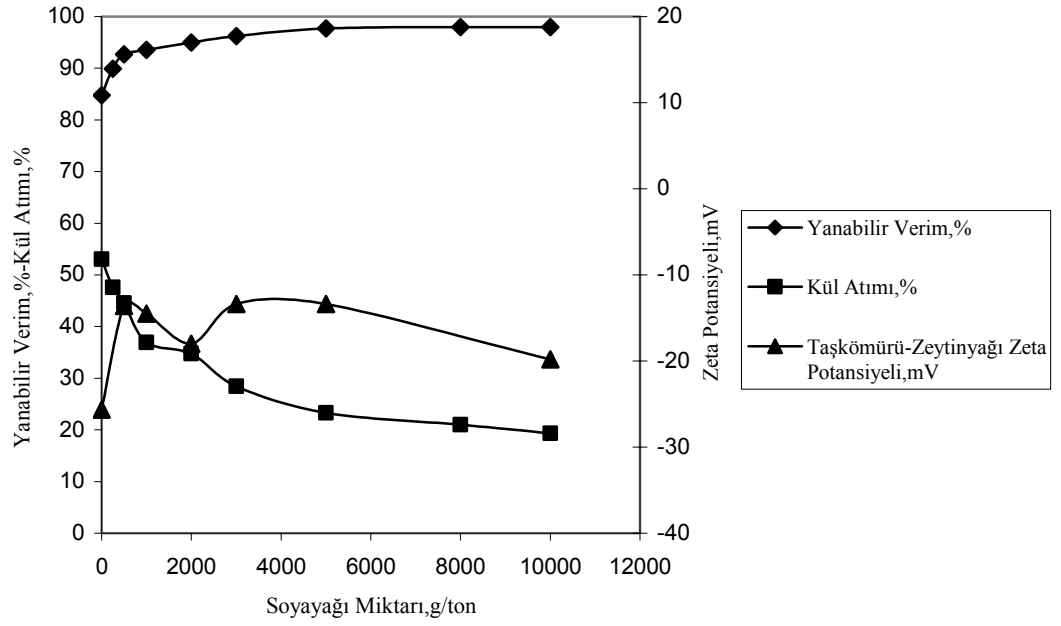
Şekil 199. Taşkömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



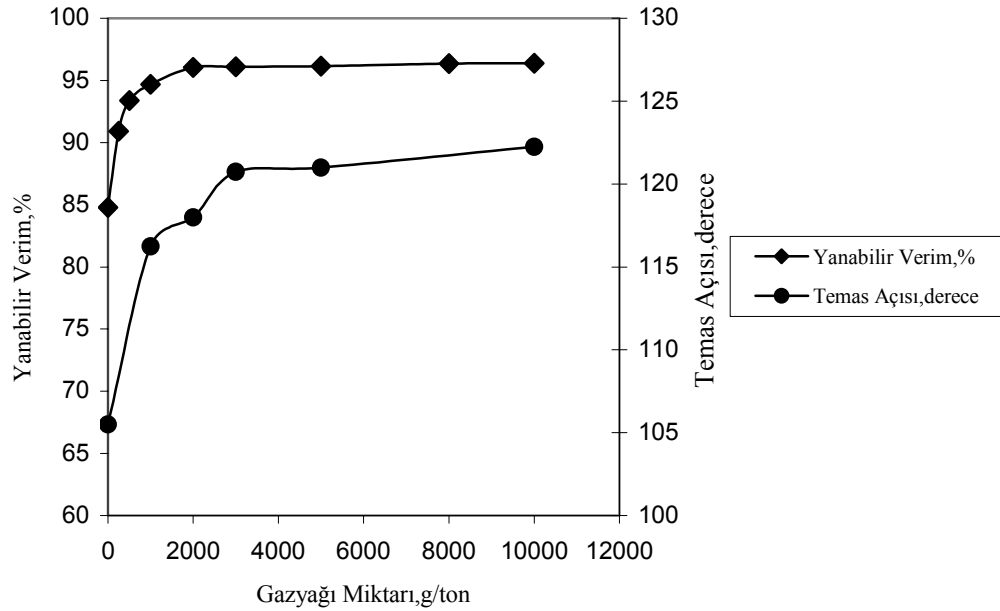
Şekil 200. Taşkömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



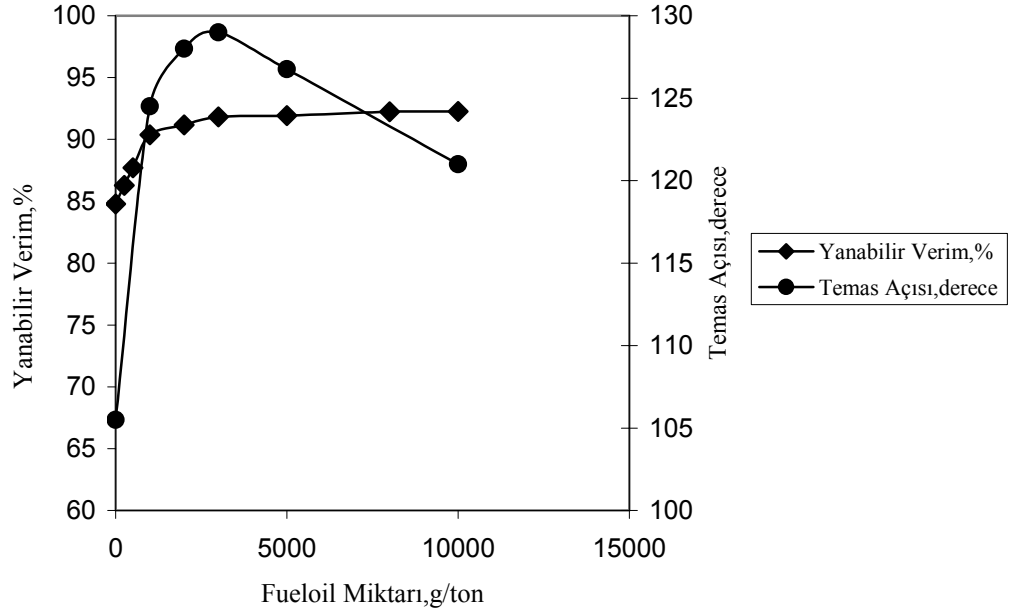
Şekil 201. Taşkömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



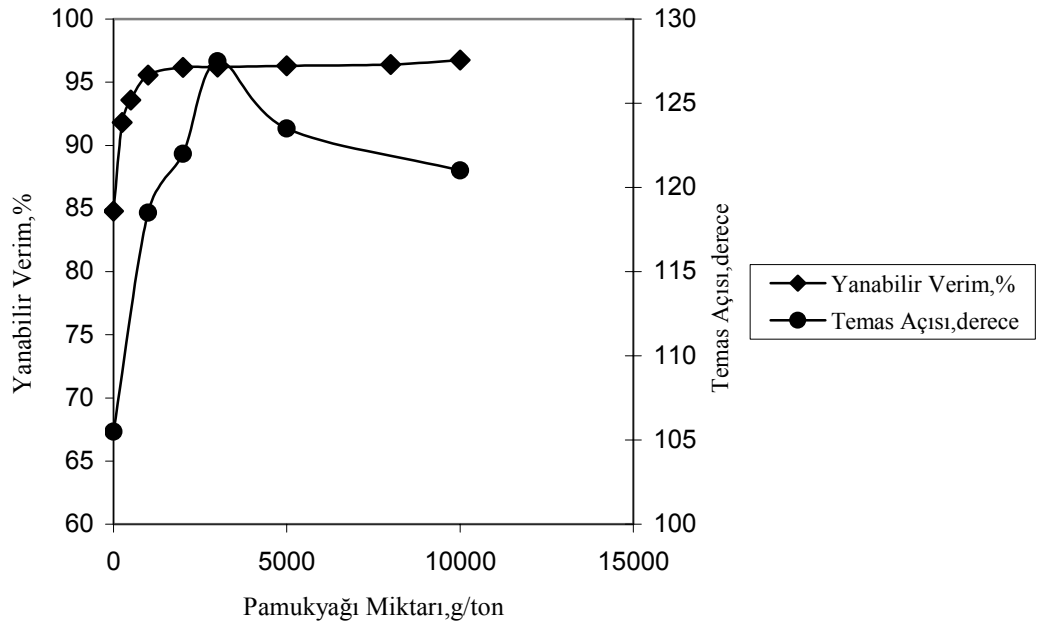
Şekil 202. Taşkömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



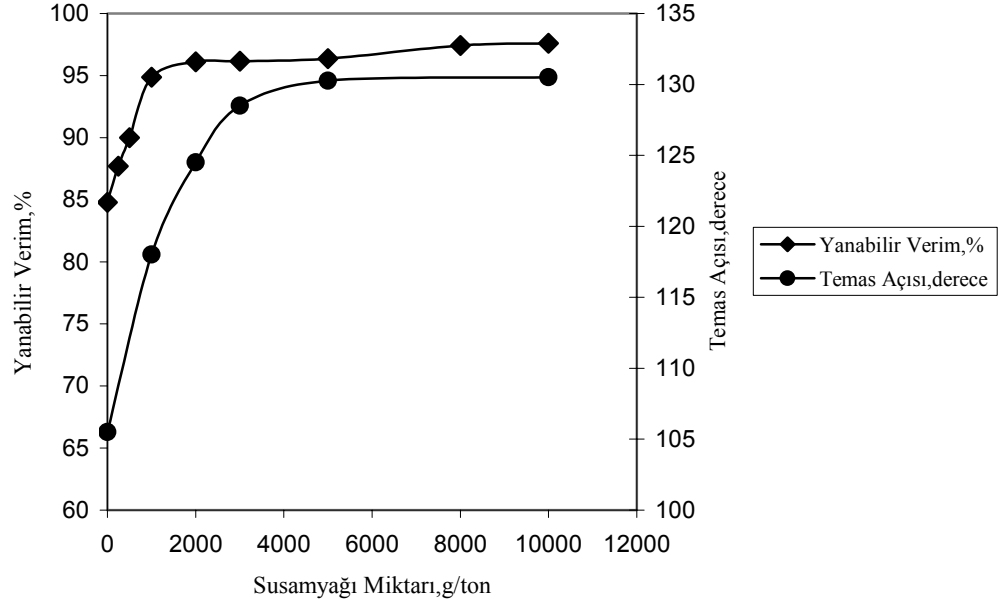
Şekil 203. Taşkömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



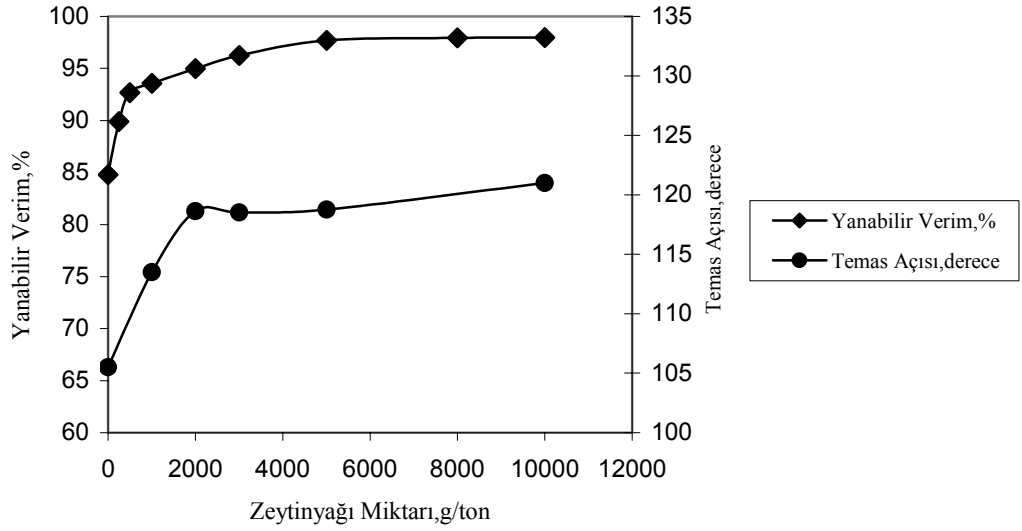
Şekil 204. Taşkömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



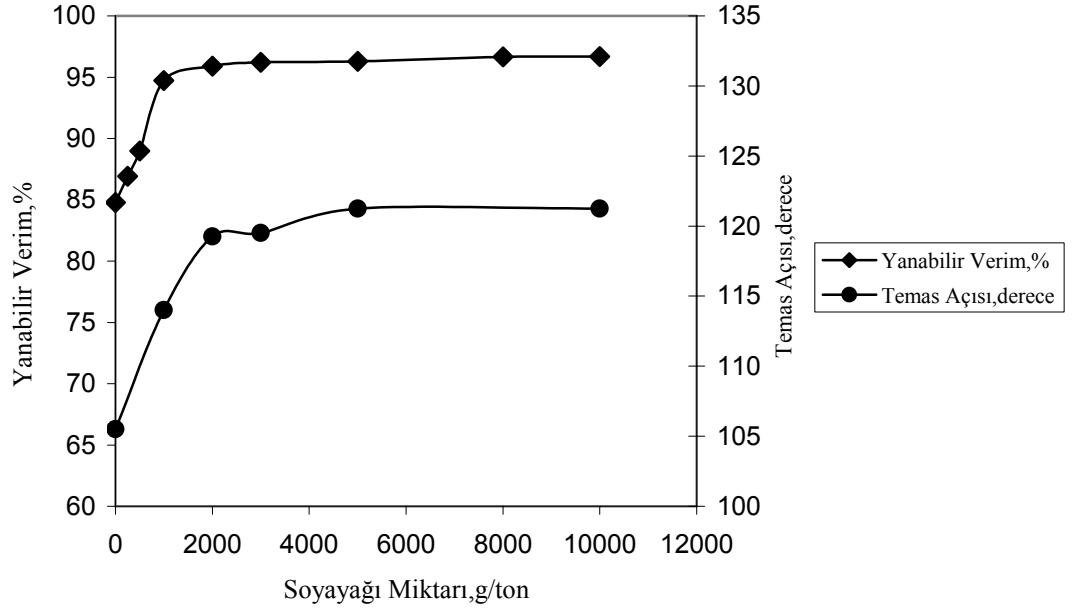
Şekil 205. Taşkömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 206. Taşkömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 207. Taşkömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 208. Taşkömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi

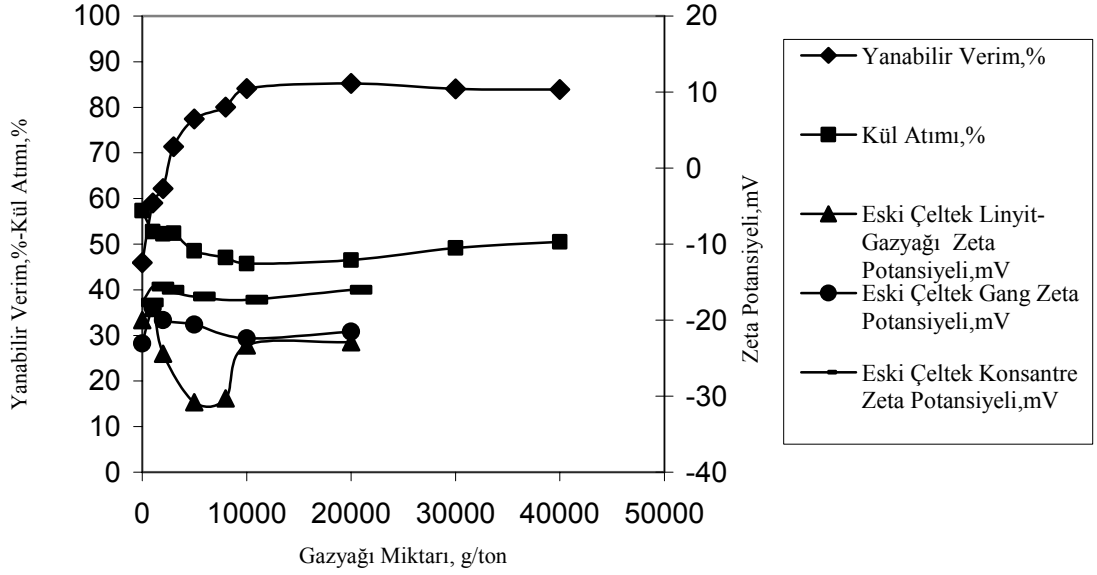
Bitkisel yağların taşkömürünün zeta potansiyelini daha az negatif yaptığı (negatif değerini azalttığı) görülmektedir. Örneğin; zeytinyağı kullanıldığında taşkömürün yağsız -25,65 mV olan zeta potansiyeli değeri 10000 g/ton zeytinyağı kullanıldığında -14,80 mV'a düşmüştür. Kullanılan tüm yağların taşkömürünün hidrofobluğunu arttırdığı görülmektedir. Toplayıcı kullanılmadığında yaklaşık 105° temas açısı (su fazı içinde ölçülen açı) veren taşkömürü 3000 g/ton gazyağı kullanıldığında 120° civarında bir açı vermiştir. Bunun üzerindeki miktarlarda ise artış hızı yavaşlamıştır. Fueloil ile 3000 g/ton'a (yaklaşık 129°) kadar temas açısı değeri artmış, 10000 g/ton civarında 120° gibi bir değere düşmüştür. Bitkisel yağlarla temas açısı artış eğilimi göstermiş, 10000 g/ton yağ miktarında pamukyağı, zeytinyağı ve soyayağı için 120° civarında, susamyağı ile 130° civarında açılar elde edilmiştir.

5.2.2 Eski Çeltek kömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi

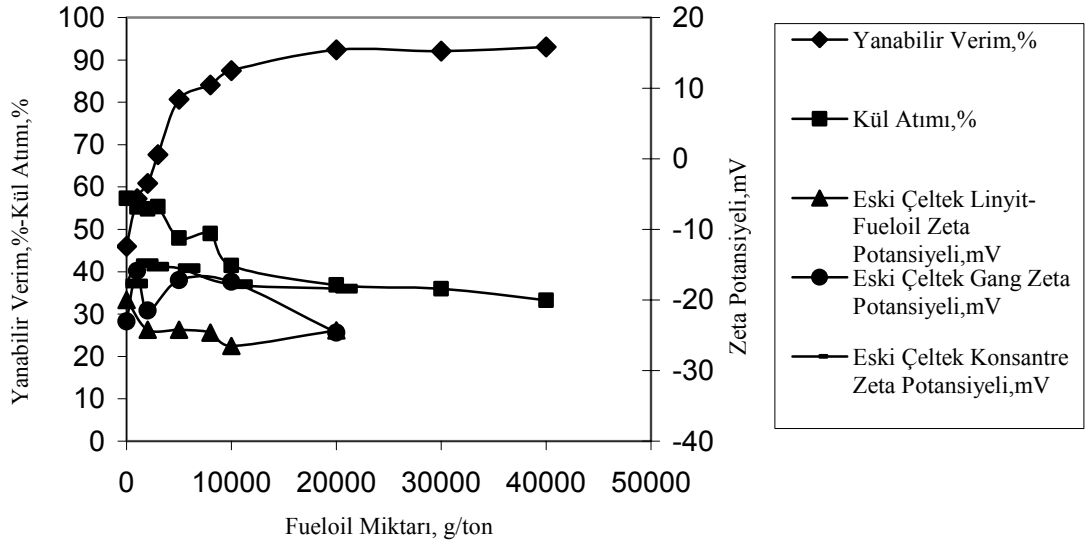
Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 55, 56, 72, 73, 74 ve 75 ile Şekil 57, 58, 77, 78, 79 ve 80’de verilmiştir. Gazyağı ve fueloile ait tablo ve şekillerden görüleceği gibi toplayıcı miktarı arttıkça yanabilir verim artmakta ve belli bir miktardan sonra artış hızı azalmaktadır. Yanabilir verim yönünden 10000-20000 g/ton mertebelerinde toplayıcı miktarlarında yüksek değerlere ulaşılmıştır. Hem gazyağı hem de fueloil ile kül içeriği yönünden benzer kalitede konsantreler üretilmiştir. Toplayıcı miktarı arttıkça, kül atımı değerlerinde azalış eğilimi görülmektedir ve verim indeksi değerleri yanabilir verime paralel eğilim izlemektedir. Her iki toplayıcı ile yüksek verimler sağlanmasına rağmen, yeterli derecede bir seçimlilik sağlanamamıştır.

Farklı bitkisel yağ miktarlarında yapılan çalışmalarda ise, özellikle yüksek yağ miktarlarında yüksek yanabilir verimler sağladığı görülmektedir. Tüm yağlar için 10000-20000 g/ton toplayıcı miktarlarında yaklaşık % 37-39 küllü konsantrelerin % 75-90’a yakın verimlere ulaşıldığı görülmektedir. Genel olarak aynı yağ miktarında pamukyağı ile elde edilen verim değerleri biraz daha düşük olmuş ve diğer üç yağ (susamyacı, zeytinyacı ve soyayağı) birbirine yakın performans göstermiştir.

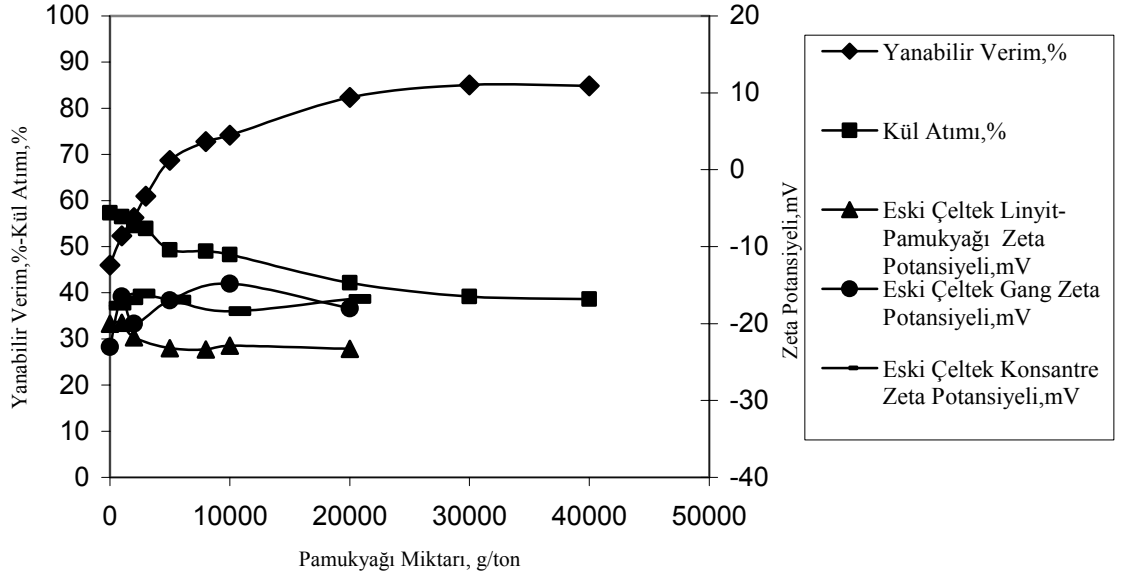
Bilindiği gibi Eski Çeltek kömürünün kül içeriği yüksektir. Bu nedenle, yağ miktarına bağlı olarak deneylerde kullanılan örnek, elle ayıklanarak nispeten düşük küllü kömür (grafiklerde konsantre olarak ifade edilmiştir) ve mineral maddece zengin ürün (grafiklerde gang olarak ifade edilmiştir) ile zeta potansiyelleri ölçülmüştür. Zeta potansiyelinin yağ miktarına göre değişimleri Şekil 209, 210, 211, 212, 213 ve 214’de verilmiştir.



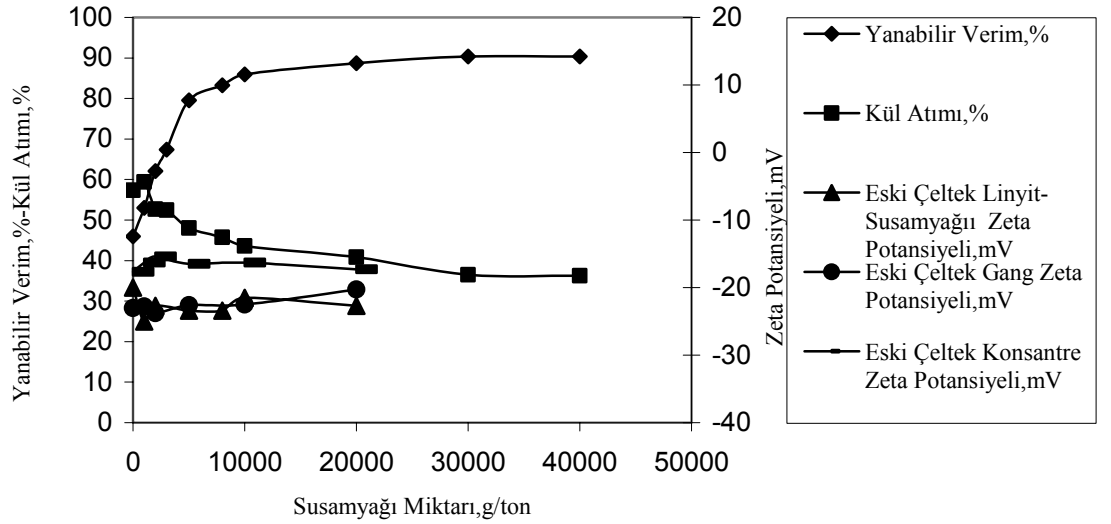
Şekil 209. Eski Çeltek Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



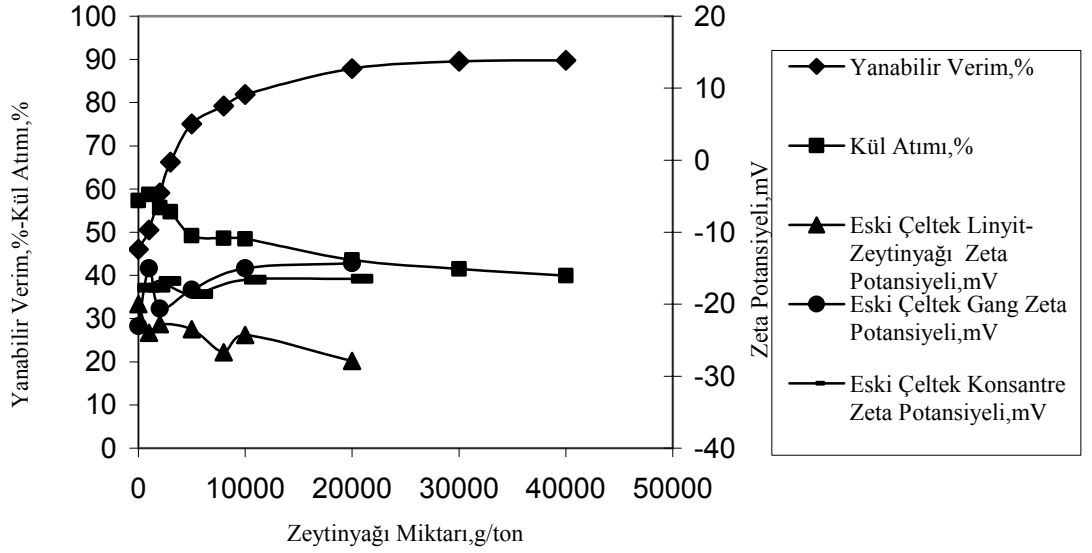
Şekil 210. Eski Çeltek Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



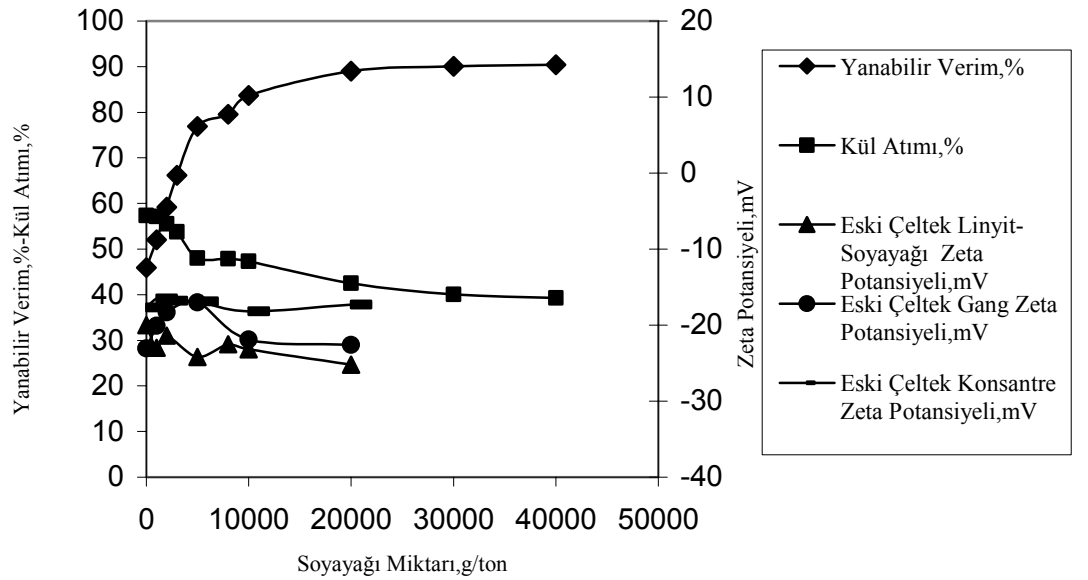
Şekil 211. Eski Çeltek Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



Şekil 212. Eski Çeltek Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



Şekil 213. Eski Çeltek Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



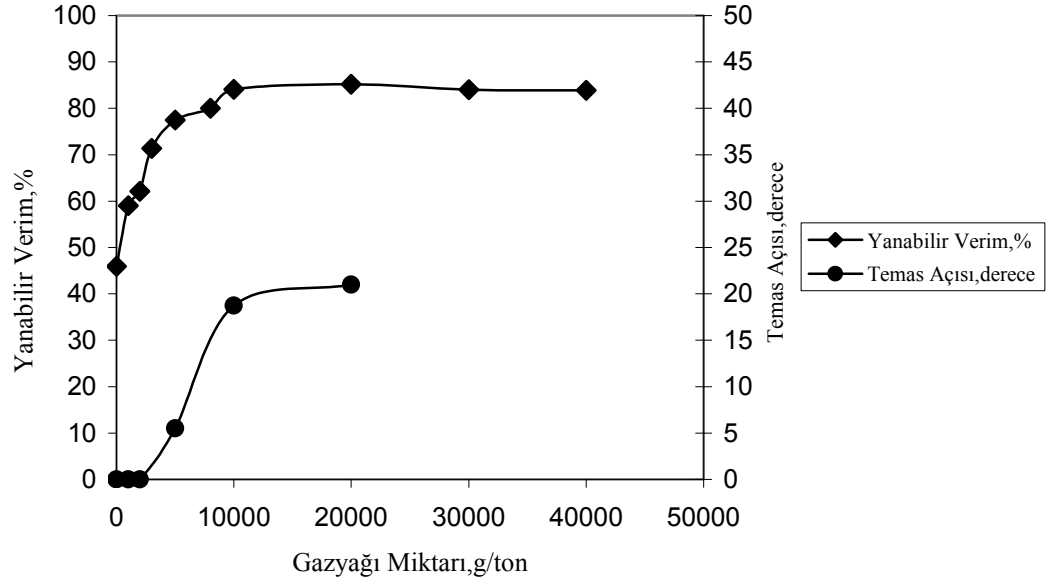
Şekil 214. Eski Çeltek Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi

Fueloil ve gazyağı ile yağ miktarındaki artışla konsantrenin zeta potansiyelinde önemli bir değişme olmazken (yaklaşık -18 mV) , gangın zeta potansiyelinde (toplayıcısız -23,05 mV) her iki toplayıcı ile düşüşler gözlemlenmiştir. Başka bir ifadeyle negatiflik azalmıştır. Örneğin; gazyağı ile -21,5 mV'a , fueloil ile -18,4 mV'a düşmüştür. Deneylerde kullanılan örneğin zeta potansiyeli değeri her iki yağ için yağ miktarına bağlı olarak biraz daha negatif değer almıştır. Gazyağı ile düşük miktarlarda negatiflik daha belirgindir. Örneğin; toplayıcı kullanılmaksızın -20 mV olan zeta potansiyeli değeri, düşük yağ miktarında yaklaşık -30 mV olmuştur.

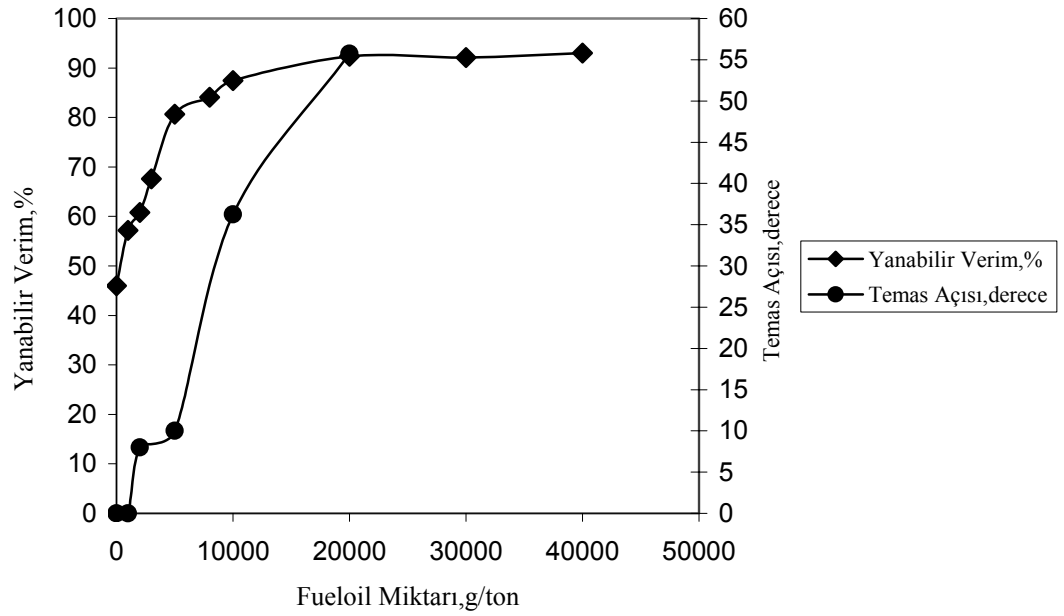
Bitkisel yağlar ile konsantrenin zeta potansiyelinde önemli bir değişme olmazken, miktar arttıkça gangın zeta potansiyelinin negatifliğinde azalma eğilimi görülmüştür. Deneylerde kullanılan örneğin zeta potansiyeli değerlerinde ise yağ miktarına bağlı olarak negatifliğinde küçük artışlar görülmüştür. Örneğin; toplayıcısız -20 mV olan zeta potansiyeli değeri 20000 g/ton yağ miktarında -27,9 mV olmuştur.

Toplayıcı miktarına bağlı olarak temas açısı değişimi Şekil 215, 216, 217, 218, 219 ve 220'de verilmektedir.

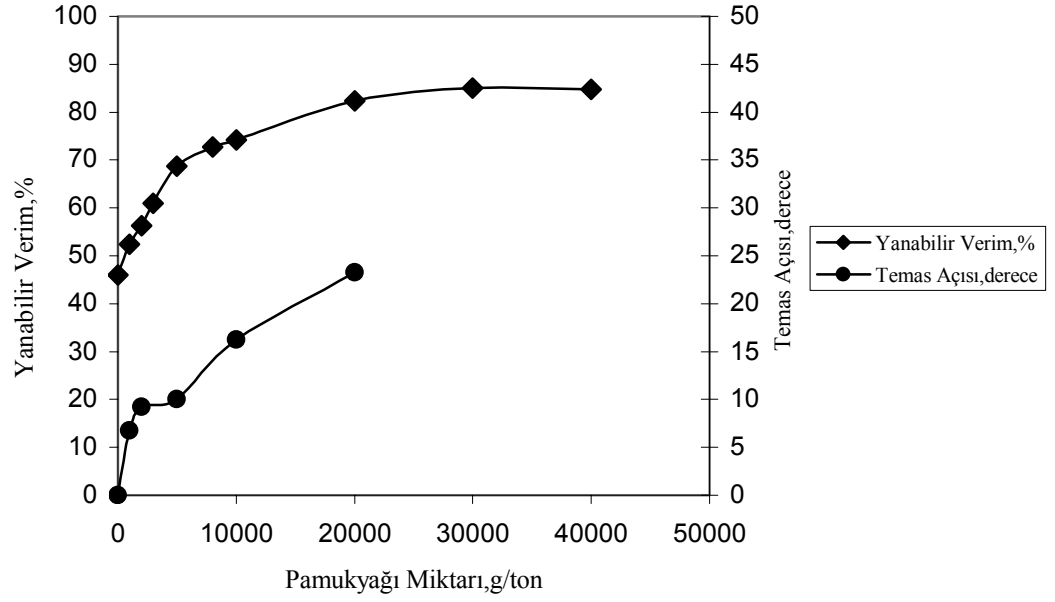
Toplayıcı kullanılmadığında 0° olarak ölçülen temas açısı değerleri, miktar arttıkça tüm yağlar için artış eğilimi göstermiştir. Temas açısındaki en büyük değer fueloil ile ölçülmüştür. 20000 g/ton yağ miktarında yaklaşık 55° lik bir açı değerine ulaşılmıştır. Aynı miktarda pamukyağı ile 23° civarında bir açı değeri elde edilmiştir.



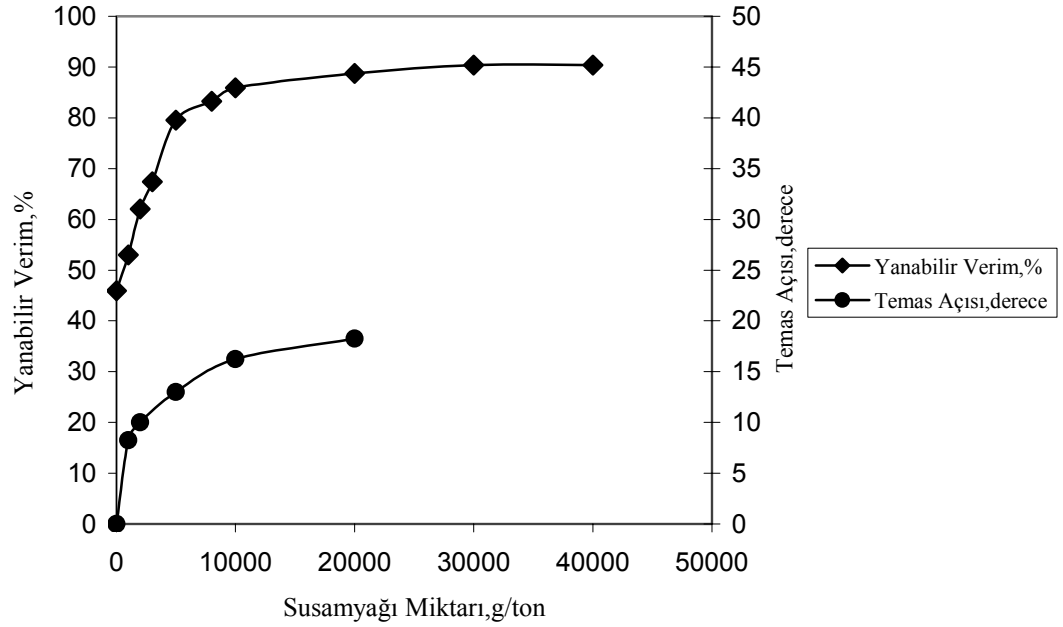
Şekil 215. Eski Çelttek Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



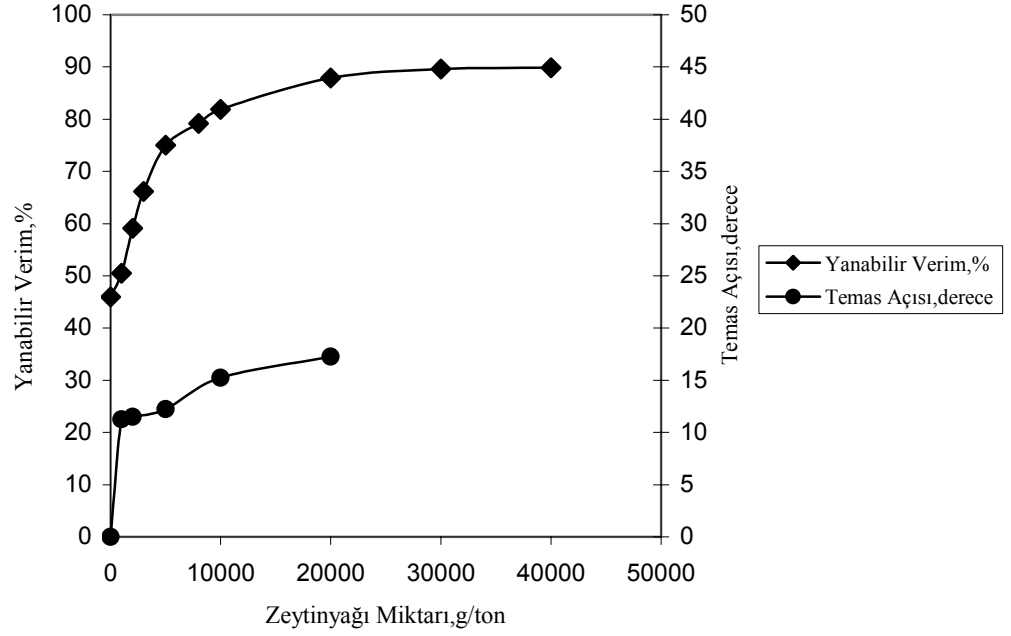
Şekil 216. Eski Çelttek Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



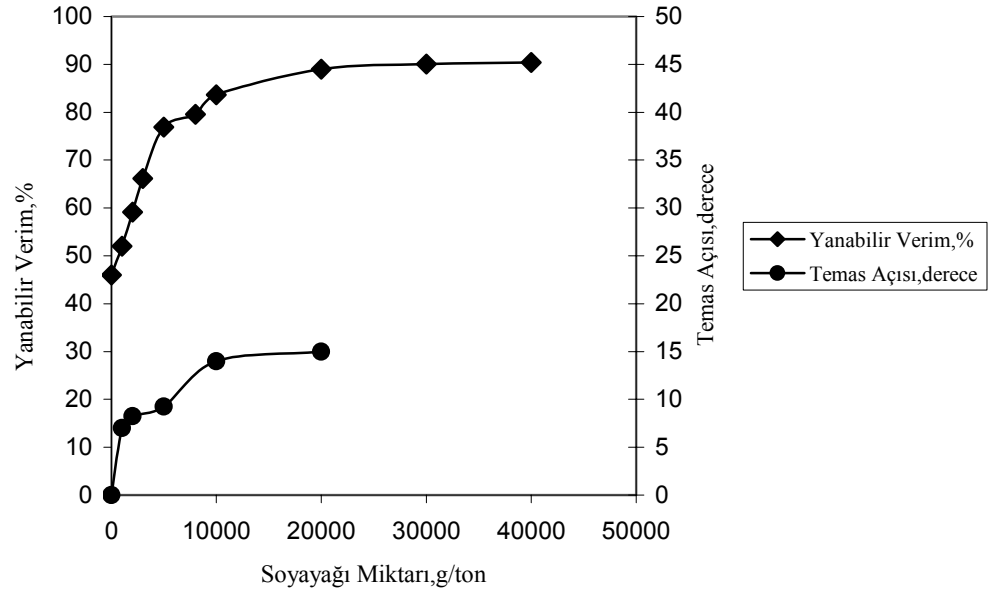
Şekil 217. Eski Çelték Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 218. Eski Çelték Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 219. Eski Çelték Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 220. Eski Çelték Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi

5.2.3. Soma Linyit kömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi

Deneylerde 0-60000g/ton yağ miktarlarında çalışılmıştır. Deneylerden elde edilen bulgular Tablo 102, 103, 120, 121, 122 ve 123 ile Şekil 111, 112, 131, 132, 133 ve 134'de verilmiştir. Klasik yağların Soma Linyit kömürünün flotasyonuna etkisi genel olarak incelendiğinde gazyağı ile elde edilen yanabilir verimlerin çok düşük olduğu (en yüksek değer % 28,46), buna karşılık 40000 g/ton fueloil kullanımıyla yanabilir verimin % 88,86'ya ulaştığı görülmektedir. Kısaca, fueloil gazyağına göre çok daha yüksek bir performans sağlamıştır.

Gazyağı ile yapılan deneylerde kül atımı değerleri 30000 g/ton gazyağı miktarına kadar düşüş eğilimi göstermiş ve daha sonra bir miktar artış eğilimi göstermiştir. Kül atımı değerlerinin %80'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum yüzdürülen kömür miktarının az olması nedeniyle flotasyon beslemesinin büyük bir kısmının artığa gitmesinden kaynaklanmaktadır. Bu bulgular Cebeci (2002)'de verilen Yozgat Ayrıdam Linyiti'nin gazyağı ile flotasyonunda elde edilen bulgularla uyumludur. Böylece, konsantre bünyesinde kazanılan mineral madde miktarı azalmış ve dolayısıyla artıka kazanılan (atılan) mineral madde miktarı ise artmıştır. Bu sonuçlar başarısız bir flotasyon işlemi göstermektedir. Fueloil ile yapılan deneylerde ise kül atımı değerleri fueloil miktarı arttıkça genel olarak azalma eğilimi göstermiştir.

Şekil 115'de sadece dodesilamine ait bulgular verilirken, klasik yağlar dodesilaminle birlikte kullanıldığında elde edilen bulgular ise Tablo 107 ve 108 ve Şekil 116 ve 117'de verilmiştir. Sadece dodesilamin ilavesiyle yapılan deneylerde 3000 g/ton dodesilamin miktarında % 11,18 küllü konsantre % 74,72 yanabilir verimle üretilmiştir. Daha yüksek dodesilamin miktarlarında yanabilir verimde önemli bir değişme olmazken üretilen konsantrelerin kül içeriğinde kayda değer bir artış olmamıştır. Gazyağı ve fueloil (10000 g/ton) farklı miktarlarda dodesilamin ile birlikte kullanıldığında, yanabilir verim değerlerinin iyileştiği görülmektedir (Şekil 116 ve Şekil 117). Ancak yanabilir verimdeki

iyileşme fueloil ile yapılan deneylerde daha belirgindir. Örneğin; 10000 g/ton yağ miktarında (gazyağı/fueloil) ve 2000 g/ton dodesilamin miktarında gazyağı ile % 89,00 olan yanabilir verim değeri, fueloil ile % 91,24'e ulaşmıştır. Ayrıca deney bulgularından görüleceği gibi fueloil ve dodesilamin birlikte kullanıldığında elde edilen konsantrelerin külü daha yüksek olmuştur.

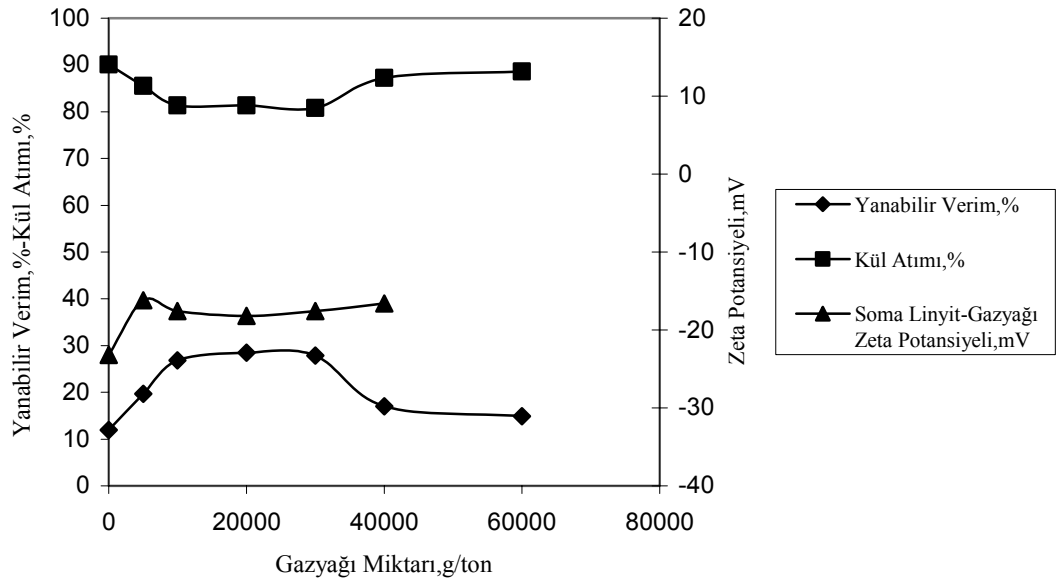
Bitkisel yağlarla yapılan deneylerde yağ miktarı 0-60000 g/ton arasında çalışılmıştır. Deney bulguları Tablo 120, 121, 122 ve 123 ile Şekil 131, 132, 133 ve 134'de verilmiştir. Şekiller ve tabloların incelenmesinden görüleceği gibi yağ miktarı arttıkça yanabilir verimde artış eğilimi görülmektedir. Yanabilir verimdeki en yüksek artış pamukyağı ile elde edilirken, en düşük artış zeytinyağı ile elde edilmiştir. Örneğin; 40000 g/ton yağ miktarında yanabilir verim değerleri pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı için sırasıyla % 81,37; % 55,10; % 35,89 ve % 50,83'tür. Pamukyağı dışındaki yağlarla nispeten daha düşük küllü konsantreler üretilmiştir. Kül atımı değerlerinde ise miktar arttıkça azalış eğilimi görülmektedir. Azalış eğilimi pamukyağı ile daha belirgindir.

Pamukyağı ve fueloilin Soma Linyit kömürünün yüzdürülmesinde performanslarının birbirine yakın olduğu söylenebilir. Pamukyağı gazyağından oldukça iyi performans göstermiştir.

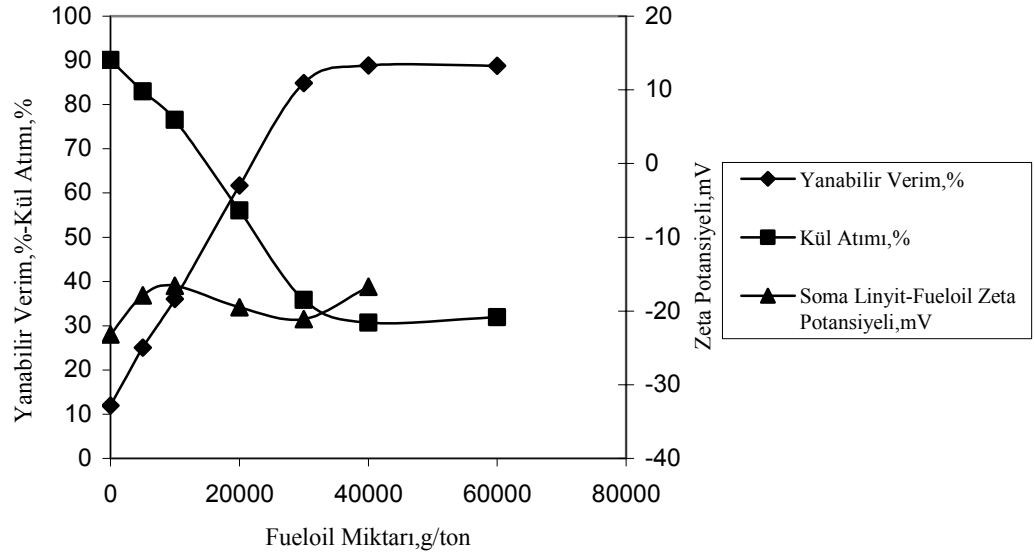
Bitkisel yağlar dodesilaminle birlikte kullanıldığında elde edilen bulgular Tablo 128, 129, 130 ve 131 ile Şekil 139, 140, 141 ve 142'de verilmiştir. Dodesilamin kullanımının yanabilir verimleri büyük ölçüde iyileştirdiği (dodesilamin miktarı arttıkça yanabilir verim genel olarak artmaktadır) ve bu iyileşmenin susamyağı, zeytinyağı ve soyayağında daha belirgin olduğu söylenebilir. Fakat, konsantrelerin kül içerikleri dodesilamin kullanılmadan elde edilen değerlerden genel olarak biraz daha yüksek değerler almıştır. Bitkisel yağlar için kül atımı değerleri dodesilamin miktarı arttıkça düşüş eğilimi göstermektedir.

Soma Linyit kömürü için zeta potansiyelinin yağ miktarına göre değişimleri Şekil 221, 222, 223, 224, 225 ve 226'da verilirken, yağ miktarına bağlı temas açısı değişimleri ise Şekil 227, 228, 229, 230, 231 ve 232'de verilmiştir.

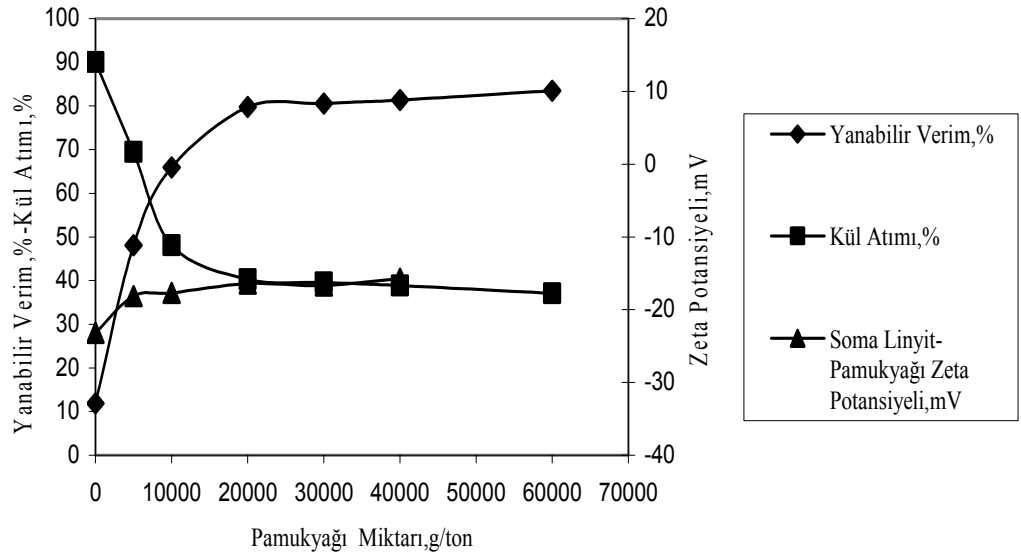
Zeta potansiyeli değerleri incelendiğinde hem gazyağı hem de fueloilin Soma Linyit kömürün zeta potansiyeli üzerinde çok az etkisinin olduğu görülmektedir. Genel olarak zeta potansiyelinin negatif değeri biraz azalmaktadır. Örneğin; 40000 g/ton gazyağı miktarında; toplayıcısız -23,20 mV olan zeta potansiyeli değeri -16,40 mV olmuştur.



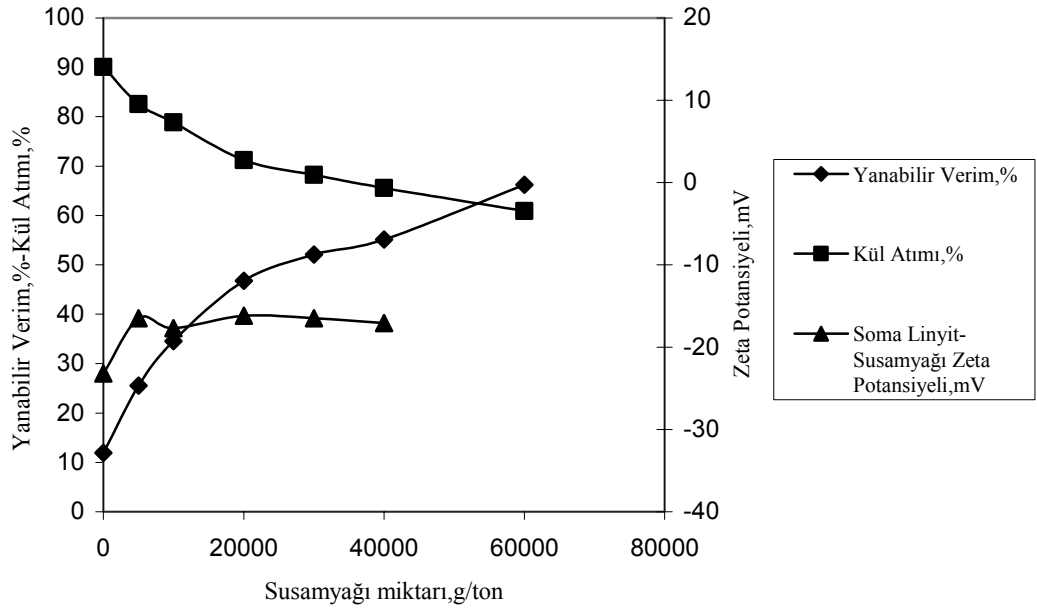
şekil 221. Soma Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kl atımı ve zeta potansiyeli değişimi



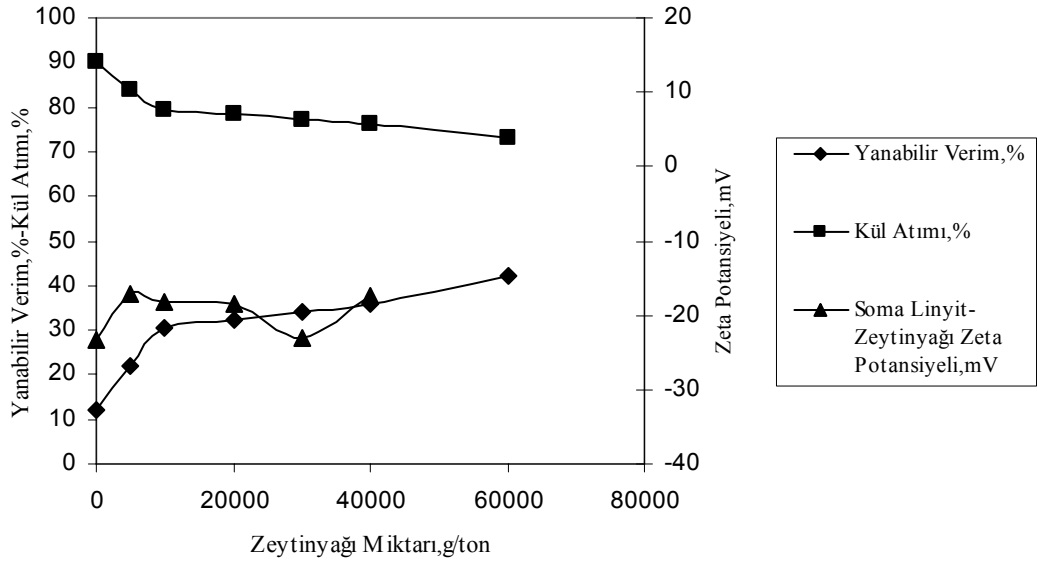
Şekil 222. Soma Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



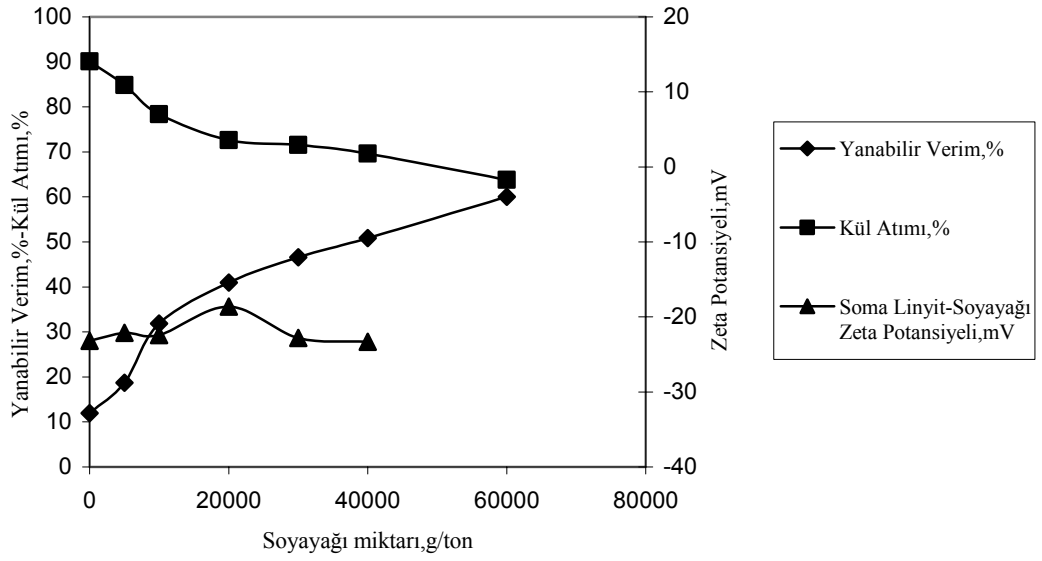
Şekil 223. Soma Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



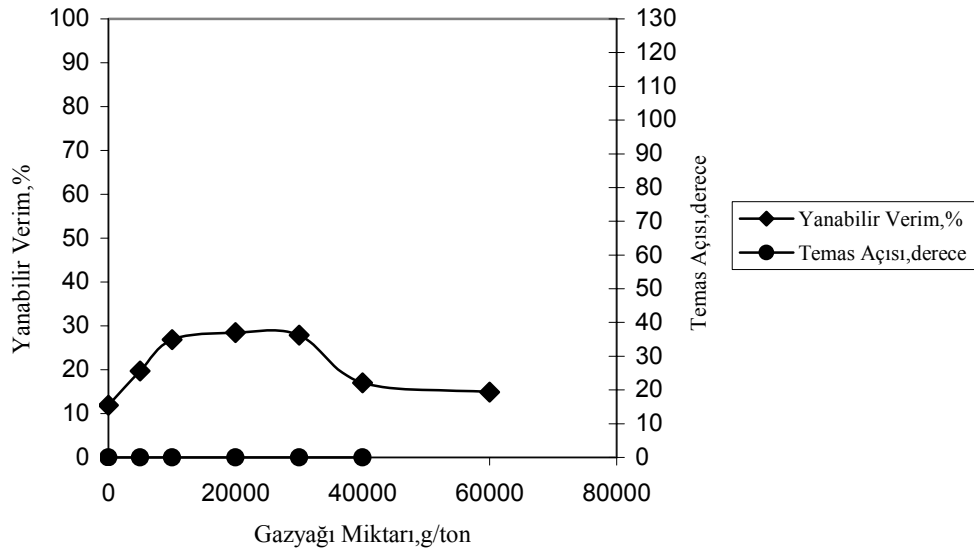
Şekil 224. Soma Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



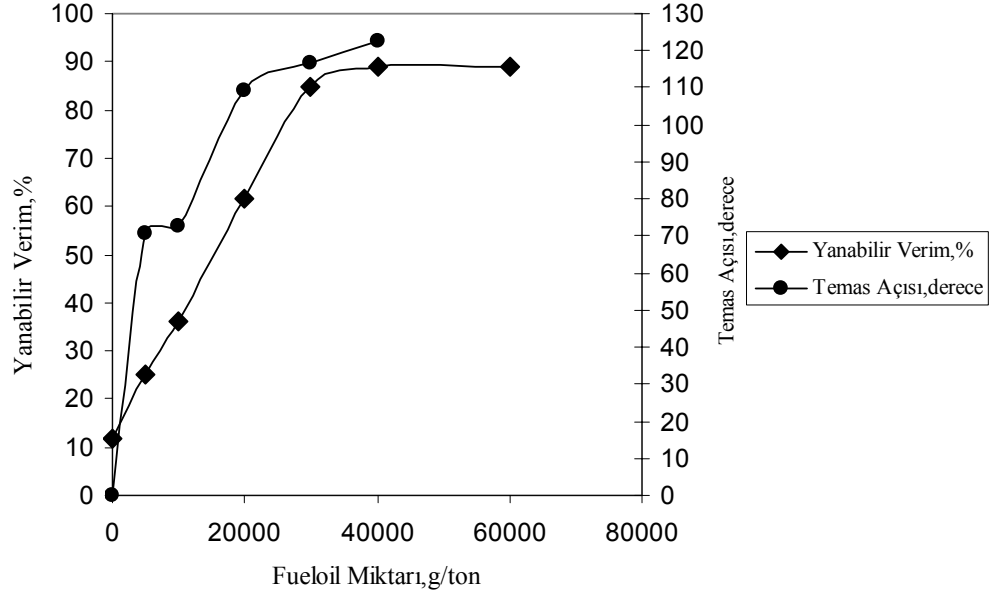
Şekil 225. Soma Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



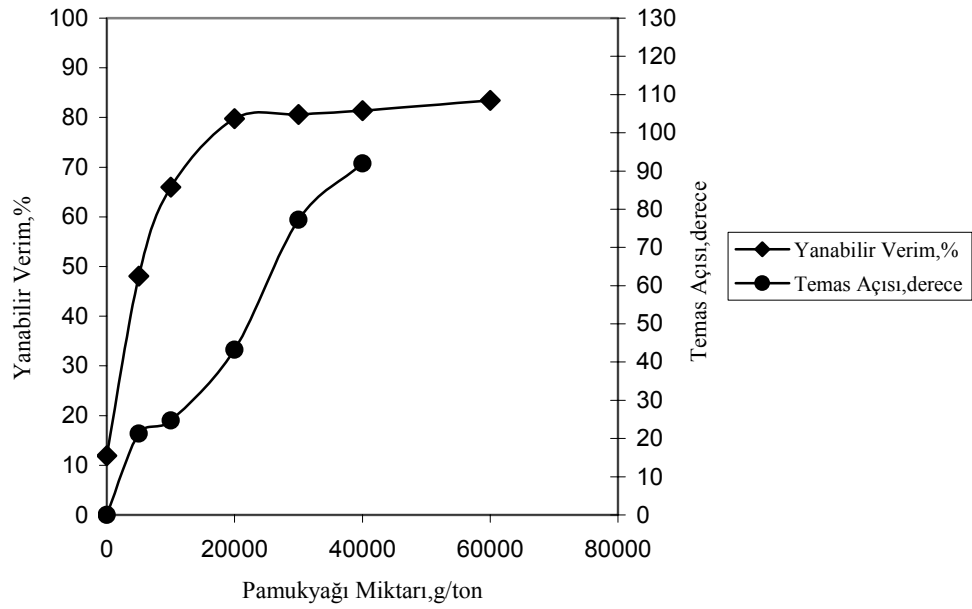
Şekil 226. Soma Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim, kül atımı ve zeta potansiyeli değişimi



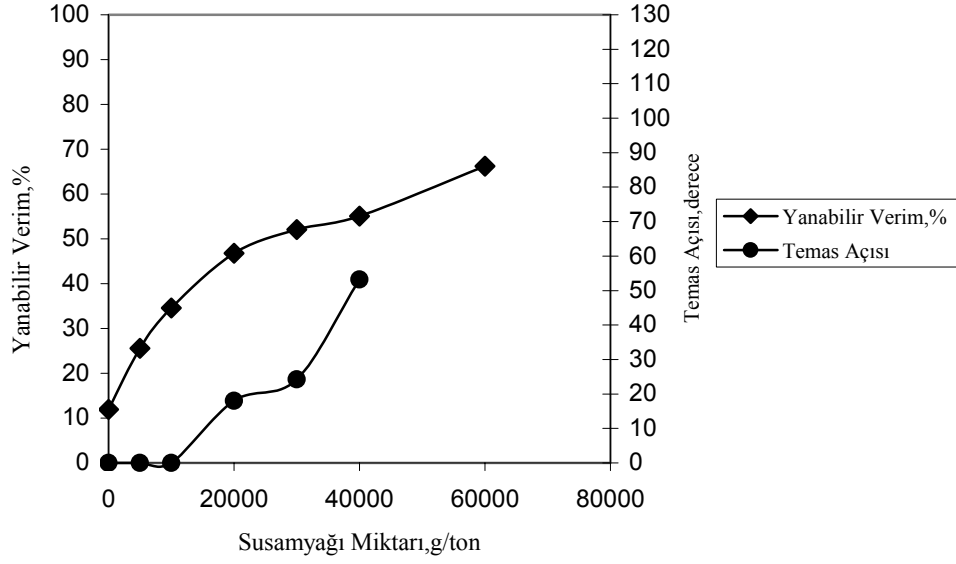
Şekil 227. Soma Linyit kömürünün gazyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



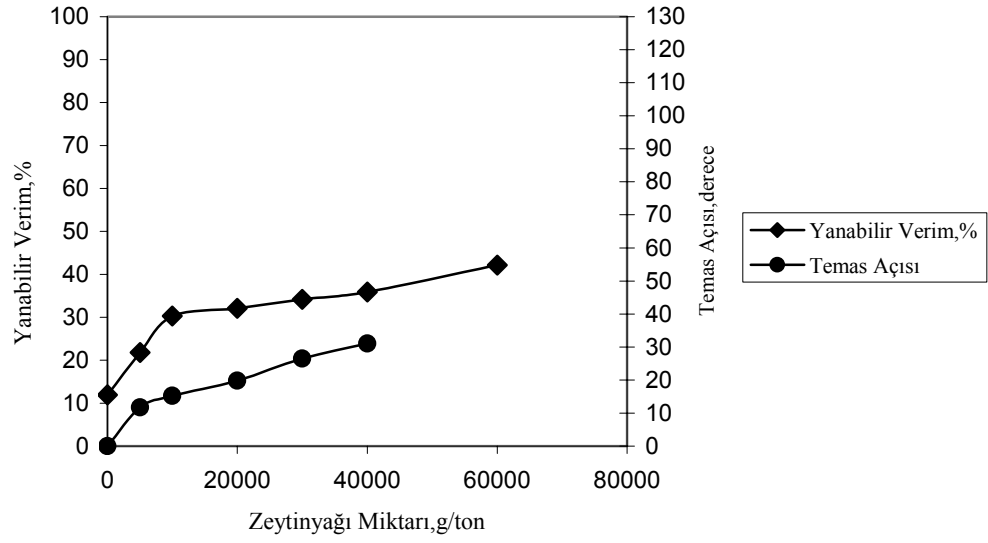
Şekil 228. Soma Linyit kömürünün fueloil miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



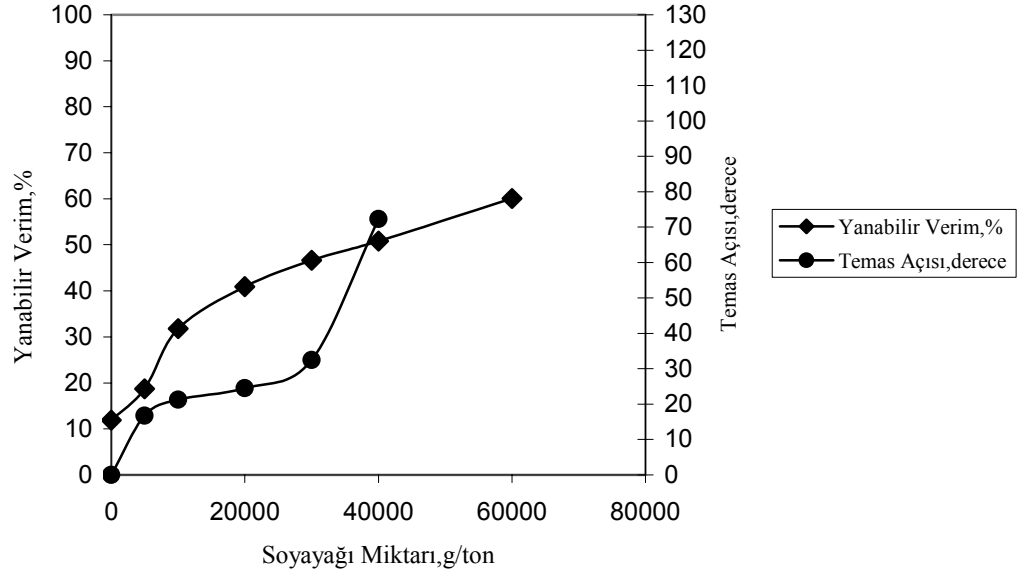
Şekil 229. Soma Linyit kömürünün pamukyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 230. Soma Linyit kömürünün susamyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 231. Soma Linyit kömürünün zeytinyağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi



Şekil 232. Soma Linyit kömürünün soyayağı miktarına bağlı olarak yanabilir verim ve temas açısı değişimi

Bitkisel yağların (Şekil 201, 202, 203 ve 204), klasik yağlarda olduğu gibi Soma Linyit kömürünün zeta potansiyeli değeri üzerinde belirgin bir etkisi olmamış ve genelde miktara bağlı olarak zeta potansiyelinin negatif değerini biraz azalttığı görülmüştür. Örneğin; 40000 g/ton soyayağı kullanıldığında zeta potansiyeli değeri -17,11 mV olmuştur.

Temas açısı ölçüm sonuçlarından görüleceği gibi, kollektörsüz 0° açı veren Soma Linyit kömürünün gazyağı miktarındaki artıştan etkilenmediği, yani gazyağı miktarı arttıkça yine sıfır derece açı verdiği görülmektedir. Ancak, fueloil miktarı arttıkça temas açısının arttığı ve 40000 g/ton fueloil miktarında 115° bir değer aldığı görülmektedir.

Kullanılan tüm bitkisel yağlarla çalışılan aralıkta, yağ miktarı arttıkça temas açısı da artmaktadır. En belirgin artış pamukyağı ile elde edilmiştir. Örneğin; 40000 g/ton yağ miktarında pamukyağı ile ölçülen açı 90° civarındayken, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile sırasıyla ölçülen açı değerleri 55°, 30° ve 70° civarında olmuştur.

Deney bulgularının değerlendirilmesinden görüleceği gibi, çalışmada kullanılan yağların tümüyle ve çalışılan üç kömür örneği için yağ miktarı arttıkça;

yanabilir verim genel olarak artış eğilimi göstermektedir. Ancak, belli bir yağ miktarından sonra artış hızı azalmaktadır. Ayrıca bu genel eğilimde bazı sapmalarda mevcuttur. Örneğin; Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan çalışmada gazyağı miktarı >20000 g/ton olduğunda yanabilir verim değerlerinde düşüş eğilimi görülmektedir. Benzer şekilde, Soma Linyit kömürüyle sadece gazyağı kullanılarak yapılan çalışmada gazyağı miktarı > 30000 g/ton olduğunda yanabilir verim değerlerinde düşüş eğilimi görülmüştür. Ayrıca, Soma kömürüyle yapılan çalışmalarda hem sadece dodesilamin hem de dodesilamin yağlarla birlikte kullanıldığında özellikle yüksek dodesilamin miktarlarında yanabilir verim değerlerinde düşüşler meydana gelmektedir. Örneğin, dodesilamin fueloil ile birlikte kullanıldığında 4000 g/ton dodesilamin miktarında % 91,40 olan yanabilir verim 6000 g/ton dodesilamin miktarında % 85,77'ye düşmüştür.

Yağ miktarı arttıkça yanabilir verimdeki artış, yağların adsorpsiyonu ile kömür taneciklerinin hidrofobluğunun (temas açısı bulgularından da görüleceği gibi) artması ve kömür tanecikleri ile hava kabarcıkları arasındaki tutunmanın daha kuvvetli olmasıyla açıklanabilir.

Hem Eski Çeltek Linyit kömürü hem de Soma Linyit kömürü ile yüksek gazyağı miktarlarında meydana gelen yanabilir verim azalışı aglomerasyon olgusuyla açıklanabilir. Kömür partiküllerinin hidrofobitesinin artmasıyla taneler arası çekim artacak ve aglomerasyon meydana gelecektir. Bu durumda kömür partiküllerinin tane iriliği artacak ve hava kabarcıklarıyla taşınamayacak kadar ağırlaşabilecektir. Benzer şekilde, yüksek dodesilamin miktarlarında yanabilir verimdeki azalma amin adsorpsiyonuyla taneciklerin hidrofobluğunun artması ve hidrokarbon zincirleri arasındaki hidrofobik etkileşimler sonucu kömür taneciklerinin bir araya gelmesi (aglomerasyon) ile açıklanabilir. Ayrıca yağların varlığında kömür taneciklerinin aglomera olma eğilimi daha yüksektir. Önceden de açıklandığı gibi aglomerasyonun meydana gelmesi yanabilir verimde düşüslere sebep olabilir. Bu bulgular, Saleh (2000) ve Naik ve diğ. (2005)'in çalışmalarından elde edilen bulgular ile uyumludur.

Üzerinde çalışılan kömürlerin tümü için yağ miktarı arttıkça (yağ türünden bağımsız olarak), kül atımı değerlerinde genel olarak düşüş eğilimi görülmektedir.

Taşkömürü ile yapılan deneylerdeki düşüş eğilimi, yağ miktarı arttıkça yağ damlacıklarının yüksek mineral madde içerikli kömür tanecikleri ve /veya mineral maddeler üzerine adsorbe olması sonucu yüzdürülen mineral madde miktarının artmasıyla açıklanabilir.

Eski Çeltek kömürüyle kül atımındaki azalma eğilimi, yağ miktarı arttıkça yağ damlacıklarının kömür partiküllerine ve/veya nispeten düşük oranlarda mineral madde içeren kömür taneciklerine tercihli olarak adsorbe olmasıyla açıklanabilir. Konsantre diye isimlendirdiğimiz kömürce (organik kısımca) zengin kısmın yağla işlem gördüğünde zeta potansiyelinin düşük olması daha kararlı kömür-hava kabarcığı agregatlarının oluşmasını sağlayabilir. Yağ miktarı arttıkça konsantrenin kül içeriğinde belirgin bir artış meydana gelmemektedir.

Soma Linyit kömürü ile yapılan çalışmada yağ miktarı arttıkça kül atımındaki azalma eğilimi, sadece yağlar (susamyağı, soyayağı ve zeytinyağı hariç) ve yağ+dodesilamin birlikte kullanıldığında yüksek mineral maddeli kömür taneciklerinin ve kül oluşturucu mineral maddelerin yüksek oranda konsantre bünyesinde kazanımının artmasıyla açıklanabilir. Hem yağ hem de dodesilamin (seçimli olmayan adsorpsiyon sonucu) miktarındaki artışla, konsantrelerin kül içeriğinde genel olarak artış eğilimi mevcuttur.

Sun (1954) oksitlenmiş veya düşük ranklı kömürler için aminlerin etkili bir kollektör olduğunu belirtmiştir. Pawlık ve Laskowski (2003a, 2003b) düşük ranklı/oksitlenmiş kömürlerin zenginleştirilmesinde gang minerallerini (ters flotasyon) yüzdürmek için yüksek miktarlarda amine ihtiyaç duyulduğunu belirtmiş ve seçimliliğin önemli ölçüde düştüğünü göstermiştir.

Bitkisel yağlardan pamukyağı dışındaki yağlarla, kül atımındaki düşüş eğilimi serbest kömür taneleri ve düşük mineral madde içeren kömür tanelerinin yüzeyindeki polar kısımlarla, yağ damlacıklarının polar kısımları arasındaki etkileşimin artması sonucu kömürün hidrofobluğunun ve yüzdürülebilen kömür miktarının artmasıyla açıklanabilir. Bu durumda yağ damlacıklarının, yüksek mineral madde içeren kömür tanecikleri veya mineral maddelerle etkileşimi azalacak ve daha düşük küllü konsantreler üretilecektir. Bilindiği gibi kömür yüzeyi doğal olarak hidrofobik kısımlarla karboksil, karbonil, fenolik ve ester

şeklinde oksijen içeren fonksiyonel kısımlardan ibarettir (Aplan, 1988; Jia ve diğ., 2000).

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi, yağ miktarı arttıkça kül atımındaki düşüş eğilimi kömür ve yağın türüne bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca, zeta potansiyelinin değişimi ile flotasyon değişkenleri arasında net bir ilişki ortaya konulamamıştır.

5.3. Köpük Alma Süresinin Etkisinin İncelenmesi

Flotasyon süresi ile ilgili deneylerden elde edilen bulgular, yanabilir kısım/kül yapıcı minerallerin konsantr ve artığa ayrılması için gerekli zamanı verir.

Flotasyon süresi tanecik boyutu ve kullanılan reaktiflere bağlıdır. Tesis kapasitesini belirlemek için flotasyon süresine ihtiyaç duyulur (Wills, 1988).

Bilindiği gibi, flotasyon kinetiği pülpte meydana gelen tanecik-kabarcık çarpışması, partikülün kabarcığa tutunması ve tanecik-kabarcık agregatlarının köpük zonuna taşınması aşamalarını içeren partikül-kabarcık etkileşimleriyle ilgilidir (Cho ve Laskowski, 2002).

Kümülatif yanabilir verimin flotasyon zamanı ile değişimi klasik 1. Dereceden Kinetik Modelin aşağıda verilen eşitliği kullanılarak incelenmiştir (Vanangamudi ve Rao, 1986)

$$R = R_{\infty} (1 - e^{-kt})$$

Burada;

R : Kümülatif yanabilir verim, (%)

R_{∞} : Sonsuz zamanda ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim, (%)

t : Flotasyon zamanı, (dak)

k : Flotasyon hız sabiti, (dak⁻¹).

DeneySEL verilerin kinetik incelemesi Quasi-Newton iterasyonu ile en küçük kareler yönteminin uygulandığı doğrusal olmayan regresyonla (non-linear

regression) yapılmış ve Statistica 5.0 programı kullanılmıştır. Flotasyon süresinin etkisi tüm kömürler için 0-2 dak aralığında incelenmiştir. Taşkömürü, Eski Çeltik ve Soma Linyitinin flotasyon kinetiği analiz sonuçları sırasıyla Tablo 162, 163 ve 164'de verilmiştir.

Tablo 162. Taşkömürü flotasyonunun kinetik analiz sonuçları

Toplayıcı	R_{∞}	k, 1/dak	R^2
Gazyağı	94,72	5,694276	0,996636053
Fueloil	88,88	4,754419	0,993945115
Pamukyağı	94,18	5,530699	0,996250132
Susamyağı	94,73	5,646451	0,996170503
Zeytinyağı	93,78	5,258664	0,996243608
Soyayağı	94,95	5,078251	0,997528759

Tablo 163. Eski Çeltik Linyiti flotasyonunun kinetik analiz sonuçları

Toplayıcı	R_{∞}	k, 1/dak	R^2
Gazyağı	83,88	6,443393	0,999834982
Fueloil	86,45	6,096028	0,998182907
Pamukyağı	73,91	7,630675	0,999753296
Susamyağı	85,57	6,766914	0,999730647
Zeytinyağı	81,59	6,564177	0,999745836
Soyayağı	83,52	6,167341	0,999939146

Tablo 164. Soma Linyiti flotasyonunun kinetik analiz sonuçları.

Toplayıcı	R_{∞}	k, 1/dak	R^2
Gazyağı	88,99	9,871213	0,999994555
Fueloil	91,24	9,873384	0,999999147
Pamukyağı	89,66	10,40094	0,999948560
Susamyağı	89,03	7,895627	0,999946095
Zeytinyağı	93,73	7,897165	0,999981677
Soyayağı	93,46	7,732745	0,999932548

Tablo 162, 163 ve 164'den görülebileceği gibi incelenen her üç kömür örneğinin flotasyon kinetiği analizinde de deneysel verilerle hesapla bulunmuş değerler arasında 0,99 olarak bulunan determinasyon katsayısı (R^2), deneysel verilerle hesapla bulunmuş değerlerin çok uyumlu olduğunu göstermektedir.

Taşkömürünün kinetik inceleme sonuçlarına bakıldığında klasik yağlardan gazyağının fueloile göre hem ulaşılabilecek maksimum verim hem de hız sabiti açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bitkisel yağların taşkömürünün flotasyon kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim açısından her dört yağın da yakın sonuçlar verdiği ve yaklaşık % 94 civarında olduğu görülmektedir. Ancak flotasyon hız sabiti açısından en iyi sonuç susamyağı ile $5,65 \text{ dak}^{-1}$ olarak; en kötü sonuç soyayağı ile $5,08 \text{ dak}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Kullanılan bütün bitkisel yağların hız sabitleri fueloilden daha iyi, gazyağından daha kötü değerler vermiştir. Bitkisel ve klasik yağlar karşılaştırıldığında en iyi sonuç gazyağı ile elde edilmiştir. En kötü sonuçlar hem maksimum yanabilir verim hem de hız sabiti dikkate alındığında fueloil ile elde edilmiştir. Taşkömürü flotasyonunda optimum flotasyon süresi gazyağı ve kullanılan bütün bitkisel yağlar için 1,0 dak., fueloil için 1,5 dak. seçilmiştir.

Eski Çeltik Linyit kömürünün kinetik inceleme sonuçlarına bakıldığında klasik yağların (gazyağı ve fueloil) hem ulaşılabilecek maksimum verim hem de hız sabiti açısından birbirine yakın sonuçlar verdikleri görülmektedir. Bitkisel yağların Eski Çeltik Linyit kömürünün flotasyon kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde hem ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim hem de hız sabitleri açısından pamukyağı dışındaki yağların birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı için ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim değerleri ve flotasyon hız sabitleri sırasıyla yaklaşık % 81-85 ve $6-7 \text{ dak}^{-1}$ aralığında değişmiştir. Ancak ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim değeri açısından en kötü sonuç % 73,91 olarak ve flotasyon hız sabiti açısından en iyi sonuç $7,63 \text{ dak}^{-1}$ olarak pamukyağı ile elde edilmiştir. Bitkisel ve klasik yağlar birlikte incelendiğinde en iyi sonuçlar yanabilir verim açısından fueloil ile; flotasyon hız sabiti açısından pamukyağı ile elde edilmiştir. Ancak genel olarak klasik ve bitkisel yağlar arasında çok belirgin bir fark görülmemektedir. Eski

Çeltek Linyit kömürünün flotasyonunda optimum flotasyon süresi gazyağı ve kullanılan bütün bitkisel yağlar için 0,75 dak., fueloil için 1,0 dak. seçilmiştir.

Soma Linyit kömürünün kinetik inceleme sonuçlarına bakıldığında klasik yağlardan fueloil ile daha yüksek yanabilir verim değerine ulaşılabildiği, flotasyon hız sabiti değerleri her iki yağ için çok yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Bitkisel yağların Soma Linyit kömürünün flotasyon kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim açısından susamyağı ile pamukyağının ve zeytinyağı ile soyayağının birbirlerine çok yakın değerler verdiği görülmektedir. Ancak flotasyon hız sabiti açısından en iyi sonuç pamukyağı ile $10,4 \text{ dak}^{-1}$ olarak; diğer bitkisel yağlar ile yaklaşık $7,8 \text{ dak}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Bitkisel ve klasik yağlar karşılaştırıldığında en iyi sonuçlar ulaşılabilecek maksimum yanabilir verim açısından zeytinyağı ve soyayağı ile elde edilmiştir. Flotasyon hız sabitleri incelendiğinde en yüksek değer pamukyağı ile elde edilmiştir. Soma Linyitinin flotasyonunda optimum flotasyon süresi kullanılan bütün yağlar için 0,50 dak. seçilmiştir.

Üç kömür örneği ile yapılan deneylerde göz çarpan en önemli husus, optimum flotasyon süresinin oldukça kısa olmasıdır. 0,5-1,5 dak. gibi flotasyon için oldukça kısa sayılabilecek sürelerde, hemen hemen optimum verime ulaşılabilmektedir. Bu durum, tüm örneklerde yüzebilirlik hızının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Tao ve diğ., 2002; Akdemir ve Sönmez, 2003).

Üzerinde çalışılan kömür örneklerinden; Soma Linyitinin flotasyon hız sabiti değerlerinin genel olarak diğer kömürlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Soma kömürünün flotasyonunda kullanılan toplayıcıların (dodesilamin+yağlar) kömürün hidrofobluğunu arttırmasıyla açıklanabilir.

Genel olarak, Eski Çeltek kömürünün flotasyon hız sabitleri kullanılan tüm yağlar için taşkömürününkinden yüksek çıkmıştır. Bu durum, yüksek kaolinit içeren bu kömürde kaolinitin suyla sürüklenmesinin yüksek olmasıyla açıklanabilir. Tablo 59, 60, 83, 84, 85 ve 86 ve Şekil 60, 61, 84, 85, 86 ve 87'nin incelenmesinden de görüldüğü gibi çok kısa sürelerde bile konsantrenin kül içeriği yüksek olmuştur. Genel olarak, tüm kömürler için klasik yağlardan gazyağı ile

yüksek hız sabiti değerleri elde edilirken, bitkisel yağlardan ise pamukyağı ile yüksek hız sabiti değerlerine ulaşılmıştır.

Ayrıca, taşkömürü ve Soma Linyiti ile yapılan flotasyon deneylerinde flotasyon süresi arttıkça konsantrenin kül oranı kullanılan bütün yağlar için fazla değişmemiş olmasına rağmen, Eski Çeltik Linyit kömürü ile yapılan deneylerde konsantrelerin kül oranı yükselme eğilimi göstermiş ve yaklaşık olarak % 30'dan % 37'lere yükselmiştir.

Her üç örnekle yapılan deneysel çalışmalar incelendiğinde bitkisel kökenli yağların klasik yağlara göre flotasyon kinetiği açısından benzer, bazen de daha yüksek hızlar sağladığı görülmektedir.

5.4. Katı Oranının Etkisinin İncelenmesi

Kömür flotasyonunda, beslemenin büyük bir kısmı konsantre olarak kazanıldığı için, optimum besleme katı konsantrasyonu cevher flotasyonunda olduğundan daha düşüktür ve genellikle % 10-15 ağırlık oranındadır. Bir kömür hazırlama tesisinde katı oranının kontrolü ekseriya zordur, geniş bir aralıkta %5-20 değişim göstermektedir. Optimum katı oranı değerinin % 10 civarında olması ve yüksek kil içeren kömürlerde daha düşük katı içeren beslemeyle çalışmanın selektiviteyi olumlu etkileyeceği belirtilmektedir (Osborne, 1988; Brown, 1962).

Birçok çalışmada belirtildiği gibi katı oranı tanelerin hava kabarcıkları ve birbirleriyle çarpışmalarını etkilediği için kömür flotasyonunda verim ve seçimliliği etkileyen bir parametredir (Klimpel, 1988; Akdemir ve Sönmez, 1999). Katı oranı aynı zamanda flotasyon hücrelerinin boyut ve sayılarını belirlemede de önemlidir.

Katı oranından elde edilen bulgular Tablo 16, 17, 37, 38, 39, 40, 61, 62, 84, 85, 86, 87, 111, 112, 136, 37, 138 ve 139 ve Şekil 11, 12, 34, 35, 36, 37, 62, 63, 88, 89, 90, 91, 119, 120, 146, 147, 148 ve 149'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kömürler için, % 2,5'den % 20'ye kadar değişen katı oranlarında deneyler yapılmış ve optimum sonuçlara % 10 katı oranında ulaşılmıştır.

Katı oranı arttıkça (% 10 katı oranına kadar) yanabilir verimdeki artış özellikle Eski Çeltek Linyit kömüründe daha belirgin olmuştur. Ayrıca, daha yüksek katı oranlarında bu kömürle yanabilir verim değerlerinde kısmi düşüşler gözlemlenmiştir. Hem taşkömürü hem de Soma kömürüyle % 10'dan daha yüksek katı oranlarında yanabilir verimde kayda değer bir değişme gözlemlenmemiştir.

Akdemir ve Sönmez'in (1999) çalışmalarında farklı konsantrasyonlarda gerçekleştirilen deneylerde; optimum sonuçlar % 10-15 katı oranlarında alınmış ve % 20 katı oranında konsantrenin külünün önemli ölçüde arttığı ve yanabilir verimin düştüğü bulunmuştur. Ramadan ve diğ. (2000) çalışmalarında katı oranının yanabilir verim ve konsantrenin kül içeriğini önemli ölçüde etkilediğini göstermişlerdir. Bu çalışmada en yüksek verime % 10 katı oranında ulaşılrken, en temiz ürün %5 katı oranında elde edilmiştir.

Katı oranı arttıkça yanabilir verimdeki artış, hava kabarcıkları ve kömür parçacıklarının yüzeyleri arasındaki temasın artmasıyla açıklanabilir. Ramadan ve diğ. (1998) yaptıkları çalışmada % 5-10 katı oranında kabarcıklı akış koşullarının baskın olduğunu bulmuşlardır.

Genel olarak % 10 katı oranına kadar her üç kömür için, kül atımı değerleri düşmektedir, bu durum kül oluşturucu mineral maddelerin, katı oranı arttıkça köpük fazında tutulmasının (mechanical entrapment) artmasıyla açıklanabilir. Özellikle Eski Çeltek Linyit kömürü ile yüksek katı oranlarında yanabilir verimdeki belirgin düşüşler, kül içeriği yüksek olan bu kömürde katı oranı arttıkça, kömür parçacıklarının/ hava kabarcıklarının kül minerali ile kaplanmasının artmasına ve bunun sonucu olarak hava kabarcığı- kömür taneciği temas alanının azalmasına dayandırılabilir. Ayrıca, kabarcıkların patlaması ve kabarcıkların bileşmesi sonucu yüzey alanındaki azalma da verimdeki düşüşe sebep olabilir.

5.5. Karıştırma Hızının Etkisinin İncelenmesi

Bilindiği gibi pervane akışkana mekanik olarak enerji verir ve bu enerji flotasyon hücresindeki akış için yürütücü kuvvettir. Flotasyonda karıştırmanın etkisi iki aşamada göz önüne alınabilir. Genel anlamda karıştırma, hücre içinde etkili hava dağılımı, tanelerin süspansiyonu ve flotasyon için uygun bir hidrodinamik çevre oluşturur. Ancak, karıştırma selül içinde kabarcığın patlaması, tanecik dağılması ve kabarcık-tanecik temasını sağlayan türbülansa sebep olmaktadır (Deglon, 2005).

Deneyimler göstermişti ki pülpü karıştırma ve havalandırma, köpük flotasyonunda önemli faktörlerdir. Pülpdeki yüksek türbülansa, aşırı karıştırma veya havalandırma veya her ikisi birden sebep olmaktadır. Bu durum özellikle iri tanelerin başarılı şekilde flotasyonunu engellemektedir. Çok düşük pervane (impeller) hızları yetersiz karıştırma, kollektör dağılımı ve kabarcık-tanecik temasına sebep olmaktadır. Buna karşın, aşırı yüksek karıştırma hızları hava dağılımını bozma, kabarcık-tanecik agregatlarını parçalama ve kararlı olmayan köpük oluşturma gibi olumsuzluklara sebep olabilir. Optimum değerler bu limitler arasındadır ve bunun üzerinde flotasyon hızının artması durur. Optimum değerden yüksek değerler enerji kaybına sebep olur (Aplan, 1976; Osborne, 1988).

Karıştırma hızı ve katı oranının, kömür flotasyonundaki dolaylı etkisi ise ince tanelerin suyla sürüklenme mekanizması ile köpükte kazanılmasıdır (Arnold ve Aplan, 1986; Klimpel ve Hansen, 1987; Gülsoy, 1999). Stonestreet ve Franzidis'in (1988) araştırmalarına göre, kül oluşturuucu mineral maddelerin yüzmesi önemli ölçüde sürüklenme mekanizması ile açıklanmaktadır. Akdemir ve Sönmez'in (1999) çalışmalarında ise, genel olarak karıştırma hızı arttıkça hem yanabilir verim, hem de konsantre külünün yükseldiği görülmüştür. Bu durum, sisteme sağlanan enerjinin gerek yanabilir verim, gerekse kül oluşturuucu mineral maddelerin köpükle temas ve yapışmasının artmasıyla açıklanmıştır.

Ramadan ve diğ. (2000) yaptıkları çalışmada pervane hızının gerek yanabilir verim gerekse konsantrenin külünü önemli ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. 1000-3000 dev/dak. arasında yaptıkları çalışmada, en düşük küllü

ürüne 1000-1500 dev/dak. hızlarında ulaşılmış, buna karşılık yanabilir verim % 78 civarında olmuştur. 2500 dev/dak. karıştırma hızında ise verim yaklaşık % 81 olurken, düşük hızlarda %18 civarında olan konsantre külü % 24'e kadar ulaşmıştır.

Bu çalışmada karıştırma hızının etkisi 850-2000 dev/dak. arasında incelenmiştir. Tablo (18, 19, 41, 42, 43, 44, 63, 64, 88, 89, 90, 91, 113, 114, 140, 141, 142, 143) ve Şekillerin (14, 15, 39, 40, 41, 42, 65, 66, 93, 94, 95, 96, 122, 123, 151, 152, 153, 154) incelenmesinden görüleceği gibi her üç kömür için karıştırma hızı arttıkça, yanabilir verim 1500 dev/dak.'ya kadar artmakta, daha yüksek karıştırma hızında önemli bir değişme meydana gelmemektedir.

Taşkömürü ve Soma Linyit ile yapılan çalışmalarda, karıştırma hızındaki artış yanabilir verimde büyük bir artışa sebep olmazken, Eski Çeltek kömürüyle yapılan çalışmalarda karıştırma hızındaki artışın, yanabilir verimde büyük bir artışa sebep olduğu görülmüştür. Bu durum çalışılan tüm yağlar için benzer eğilim göstermektedir. Örneğin; Eski Çeltek kömüründe fueloil ile yapılan çalışmada 850 dev/dak. % 28,83 olan yanabilir verim, 1500 dev/dak. karıştırma hızında % 85,57'e ulaşmıştır.

Düşük karıştırma hızında; yanabilir verimlerin genellikle düşük olması yağın dağılmasının ve kabarcık-tanecik temasının yetersiz olmasıyla açıklanabilir. Karıştırma hızı arttıkça (hava akış miktarı da artmaktadır) yanabilir verimdeki artış hava kabarcıklarının yüzey alanının artmasıyla açıklanabilir. Ramadan ve diğ. (1998) yaptıkları çalışmada pervane civarında, enerji aktarım hızının artması nedeniyle küçük kabarcıkların meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Ayrıca yanabilir verim değerlerindeki artışlarda, karıştırma hızı arttıkça kabarcık-parçacık çarpışma hızının artması da etkili olmuştur. Özellikle Eski Çeltek Linyit kömüründe yanabilir verimdeki belirgin artışta; yüksek hızlarda kömür yüzeyini kaplamış mineral maddelerin dağılması (bu kömür en yüksek kül içeriği dolayısıyla mineral madde içeriğine sahiptir) ve bunun sonucunda daha iyi kabarcık-tanecik temasının sağlanmasıyla açıklanabilir. Kül içeriğinin, çok daha düşük değerlere indirilememesi, kaolinitin suyla sürüklenerek köpüğe

karışmasıyla açıklanabilir. Bu bulgular, pervane hızının tane kabarcık ve tane tane çarpışmasını etkileyerek kömür flotasyonunda rol oynadığını göstermektedir.

Kül atımı değerleri ise tüm kömürler için benzer eğilim izlemiş ve karıştırma hızı arttıkça düşüş eğilimi göstermiştir. Verim indeksi değerleri ise taşkömürü ve Soma Linyit kömürü için kül atımına benzer eğilim gösterirken, Eski Çelteç Linyit kömüründe yanabilir verim eğrisine benzer bir eğilim göstermiştir.

Karıştırma hızı arttıkça kül atımındaki azalma eğilimi, mekanik olarak köpük fazına sürüklenen mineral madde miktarının artmasıyla açıklanabilir. Genel olarak, konsantrelerin kül içeriğinde az da olsa artış eğilimi görülmektedir.

5.6. Köpürtücü Miktarının Etkisinin İncelenmesi

Bilindiği gibi köpürtücüler bir hidrokarbon grup ve bir polar gruptan oluşan nötral moleküllerdir. Bu yapı köpürtücü moleküllerinin hem havaya hem de suya ilgi duymasını sağlar. Köpürtücülerin polar grupları genellikle alkol formundaki hidroksil gruplarıdır. Köpürtücülerin flotasyondaki rolü kollektörlerinki (kollektörler yüzdürülmesi istenen minerali hidrofobik yapmaktadır) kadar net değildir. Ancak, köpürtücünün flotasyondaki esas görevi, bir köpük oluşturacak biçimde hava/su arayüzey gerilimini azaltmaktır. (Pearse, 2005). Bilindiği gibi saf sıvılar köpürmez, fakat sıvı/gaz arayüzeyinde tercihli olarak adsorbe olan yüzey aktif moleküllerin varlığında köpük oluşur.

Flotasyon işleminde, köpürtücülerden ince kabarcıkların oluşmasını sağlamak ve köpüğü kararlı (stabil) kılmak amacıyla yararlanılmaktadır. Ayrıca, köpürtücüler tanecik-kabarcık tutunmasını da arttırmaktadır (Cho ve Laskowski, 2002; Laskowski ve diğ., 2003). Köpürtücülerin flotasyon üzerindeki en önemli etkisinin kabarcık boyutu üzerine olduğu ve bunların kabarcıkların birleşmesini önlediği belirlenmiştir (Grau ve diğ., 2005). Köpürtücülerin flotasyondaki diğer işlevleri Pearse (2005)'de verilmektedir.

Köpürtücü miktarının kömür flotasyonuna etkisi farklı çalışmalarda incelenmiştir. Aşağıda bu çalışmalardan bazılarıyla ilgili örnekler verilmiştir.

Saleh (2000) yaptığı çalışmada 2000 g/ton fueloil konsantrasyonunda ve farklı çamyacı konsantrasyonlarında (çamyacı konsantrasyonu fueloil hacminin yüzdesi olarak ifade edilmiş ve % 10 çamyacı konsantrasyonunda optimum değere ulaşılmıştır. Bu konsantrasyondan % 97,40 yanabilir verim içeren konsantre, % 6 kül içeriğiyle üretilmiştir.

Erol ve diğ. (2003) köpürtücü olarak MIBC (Methyl iso-butyl carbinol) kullanarak yaptığı çalışmada, köpürtücü miktarı arttıkça yanabilir verimin arttığını göstermişler ve 500 g/ton köpürtücü konsantrasyonunda yaklaşık % 96 yanabilir verim ve % 70'lik kül atımı değerlerini elde etmişlerdir.

Naik ve diğ. (2005) MIBC kullanarak yaptıkları çalışmada MIBC miktarı arttıkça yanabilir verim ve kül içeriğinin arttığını göstermişlerdir. Dey ve Bhattacharyya (2007) köpürtücü miktarı arttıkça kümülatif konsantre miktarı ve kül içeriğinin arttığını göstermişler ve 400 g/ton köpürtücü miktarında 90 s'lik flotasyon süresinde yaklaşık %70 ağırlık oranındaki konsantreyi %19 kül içeriği ile üretmişlerdir.

Köpürtücü miktarının etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen bulgular taşkömürü için Tablo 20, 21, 45, 46, 47 ve 48 ile Şekil 16, 17, 43, 44, 45 ve 46'da, Eski Çeltik Linyit kömürü için Tablo 65, 66, 92, 93, 94 ve 95 ile Şekil 67, 68, 97, 98, 99 ve 100'de, Soma Linyit kömürü için ise Tablo 115, 116, 144, 145, 146 ve 147 ile Şekil 124, 125, 155, 156, 157 ve 158'de verilmiştir. Tablo ve şekillerin incelenmesinden görüleceği gibi çamyacı miktarı 0-200 g/ton aralığında çalışılmıştır

Taşkömürü ile yapılan deneylerden elde edilen bulgular şöyledir; gazyağı ile yapılan deneylerde yanabilir verim ve kül içeriği artış eğilimi göstermiş ve 75 g/ton çamyacı miktarından sonra önemli bir değişme görülmemiştir. Benzer eğilim fueloil ile yapılan deneylerde de izlenmiş, 50 g/ton çamyacı miktarından sonra yanabilir verimde önemli bir artış gözlemlenmemiştir. Çamyacı miktarı arttıkça genel olarak kül atımı değerlerinde azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Verim indeksi değerleri ise kül atımına benzer eğilim göstermiştir.

Bitkisel yağların kullanıldığı deneylerde çamyacı miktarı arttıkça yanabilir verimde çok küçük artışlar gözlemlenmiştir. Ancak elde edilen değerler çamyacı kullanılmadan elde edilen değerler civarındadır. Ayrıca, konsantrelerin kül içerikleri de dar bir aralıkta değişim göstermiştir. Kül atımı değerlerinde ise genel olarak az da olsa düşüş eğilimi gözlemlenmiştir. Klasik yağlarda olduğu gibi verim indeksi değerleri ise kül atımına paralel bir değişim izlemiştir.

Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ise şöyledir. Hem gazyağı hem de fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarı arttıkça yanabilir verim artmış ve bu artış 100 g/ton çamyacı miktarına kadar belirgin olmuştur. Çamyacının etkisi gazyağı ile yapılan deneylerde daha belirgin olmuştur. Kül atımı değerlerinde her iki toplayıcı için, çamyacı miktarı arttıkça azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Verim indeksi değerleri ise çamyacı miktarı arttıkça artış eğilimi göstermiştir.

Bitkisel yağlarla yapılan deneylerde, çamyacı miktarı arttıkça yanabilir verimde çok küçük artışlar meydana gelmiştir. Elde edilen değerler taşkömürüyle yapılan deneylerde olduğu gibi çamyacı kullanılmaksızın elde edilen değerlere oldukça yakın değerlerdir. Bu nedenle, bitkisel yağların kullanıldığı deneylerde çamyacının etkisinin önemsiz olduğu söylenebilir. Kül atımı değerlerinde ise az da olsa düşüş eğilimi gözlemlenmiştir.

Soma Linyit kömürüyle yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ise şöyledir. Gazyağı ve fueloil ile yapılan deneylerde çamyacı miktarı arttıkça yanabilir verim artmakta ve bu artışlar çamyacı kullanılmaksızın yapılan deneylerden elde edilen bulgulardan çok fazla (yaklaşık 2-3 puanlık bir artış) olmamaktadır. Kül atımı değerlerinde ise çamyacı miktarındaki artışla, azalış eğilimi görülmektedir. Verim indeksi değerleri kül atımına paralel eğilim izlemektedir. Bilindiği gibi Soma Linyit kömürünü yandırmak için kullanılan dodesilaminin köpürtücü özelliği de vardır (Glembotskii, 1963) Bu nedenle, çamyacı kullanılmadan yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşma dodesilaminin köpürtücü özelliğine dayandırılabilir.

Bitkisel yağlarla yapılan çalışmalarda yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerleri diğer kömürlerde olduğu gibi çamyacı kullanılmaksızın elde

edilen değerler civarında kalmıştır. Yanabilir verim değerlerinde çok az artış ve kül atımı değerlerinde çok küçük düşüşler meydana gelmiştir. Yani, çamyacı kullanımının flotasyon değişkenleri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Zeytinyacı ve soyayacı ile %13 ve fueloil ile %12 civarında kül içeren konsantreler üretilmiştir. Bitkisel yağlarla yapılan deneylerden elde edilen bulgulardan görüleceği gibi çamyacı miktarındaki artışın flotasyon değişkenleri (yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi) üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu durum bitkisel yağların köpürtücü özelliği göstermesinden kaynaklanmaktadır. Yapısında ester (-COOR) ve karboksil (-COOH) gurubu içeren organik maddeler köpürtücü özelliği göstermektedir (Glembotskii, 1963; Fuerstenau ve Herrera- Urbina, 1989).

Aston ve diğ. (1989) MIBC ile yaptığı çalışmada, MIBC'nin kuvars yüzeyine adsorbe olduğunu ve adsorbsiyonun MIBC'deki -OH gurubu ve hidrate olmuş kuvars yüzeyi arasındaki hidrojen bağı ile olabileceğini belirtmiştir. Bu durumda MIBC'nin hidrofobik kısmı suya doğru yönelecektir. Benzer davranışlar çamyacı için de beklenebilir.

Köpürtücü konsantasyonu arttıkça kabarcıkların birleşmesinin azaldığı ve daha küçük boyutlu kabarcıkların elde edildiği belirtilmektedir (Grau ve diğ., 2005; Naik ve diğ., 2005). Yukarıdaki açıklamalar ışığında yanabilir verim artışı aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

Genel olarak çamyacı ilavesiyle yanabilir verimdeki artış (tüm yağlar için) eğilimi kabarcık oluşumdaki artışa, kabarcıkların patlamasındaki azalmaya, kabarcık-tanecik agregatlarının pülp yüzeyine ulaşmasının artmasına ve yüksek oranda mineral madde içeren kömür partiküllerinin hidrofobluğunun dolayısıyla yüzebilirliğinin artmasına dayandırılabilir. Ayrıca, çamyacının az da olsa kollektörlük özelliğinin olduğu bilinmektedir (Glembotskii, 1963).

Saleh (2000) yaptığı çalışmada, çamyacının fueloilin dispersiyon yeteneğini iyileştirdiği ve bunun sonucunda yanabilir verimin arttığını belirtmektedir. Özellikle fueloil ve gazyağı ile yapılan deneylerde çamyacının bu yağların flotasyon pülpünde küçük damlacıklar halinde dağılmasını

kolaylaştırması da bu yağlarla yapılan deneylerde verim artışına katkı sağlamış olabilir.

Çamyacı konsantrasyonu arttıkça, kül atımı değerlerindeki azalma eğilimi, hem çamyacı mineral maddelerin üzerine adsorpsiyonu sonucu yüzdürülen mineral madde miktarının artmasına hem de köpürtücü miktarı arttığında daha küçük kabarcık boyut dağılımı nedeniyle kabarcıkların daha fazla su taşınması (konsantrede su kazanımının artması) nedeniyle kül oluşturu mineral maddelerin su ile birlikte sürüklenerek konsantre bünyesinde kazanımının artmasına dayandırılabilir. Yukarıdaki açıklamalar literatürde belirtilenlerle uyumludur (Erol ve diğ., 2003; Sripriya ve diğ., 2003; Naik ve diğ., 2005).

5.7. Sodyum Silikatın Etkisinin İncelenmesi

Seçimliliği arttırmak için, yani kül oluşturu mineral maddeleri daha etkili bir biçimde uzaklaştırmak amacıyla sodyum silikat (Na_2SiO_3) kullanılmıştır. Bilindiği gibi sodyum silikat gang minerallerini bastırmak/dağıtmak için yaygın şekilde kullanılan ve en iyi bilinen bir reaktiftir (Leja, 1982; Laskowski and Ralston, 1992).

Sodyum silikat sulu çözeltide hidroliz olmakta ve hidroliz ürünleri monomerik, polimerik ve kolloidal bileşikler içermektedir (Naik and Reddy, 2006). Ayrıca, logaritmik konsantrasyon diyagramından kömür flotasyonunun yapıldığı pH değerlerinde ortamda $\text{Si}(\text{OH})_{4(\text{aq})}$ ve $\text{SiO}(\text{OH})_3^-$ bileşiklerinin baskın olduğu görülmektedir (Lagerstrom, 1959; Arbiter, 1985). Sodyum silikatın flotasyona etkisinin incelendiği bir çalışmada ise, flotasyonda bastırma işleminin için, sodyum silikat çözeltisindeki aktif bileşiklerin; polimerik silikat bileşikleri ve küçük kolloidal partiküller olduğu belirtilmektedir (Gonh ve diğ., 1993).

Deneylerde, sodyum silikat miktarı 0-10500 g/ton arasında değiştirilmiştir. Taşkömürü ile yapılan deneylerde (Tablo 22, 23, 49, 50, 51 ve 52 ve Şekil 18, 19, 47, 48, 49 ve 50) hem klasik hem de bitkisel yağlar için Na_2SiO_3 miktarına bağlı olarak yanabilir verimde önemli değişme görülmemiştir. Benzer şekilde kül atımı

ve verim indeksi değerleri de sodyum silikat miktarına bağlı olarak dar bir aralıktaki değişim göstermiştir. Ancak, gazyağı ve fueloil ile yapılan deneylerde 350 g/ton Na_2SiO_3 miktarında, kül atımı ve verim indeksi değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiştir. Konsantrelerin kül içerikleri çoğunlukla %10-11 aralığında değişim göstermiştir. Bu bulgular taşkömürünün flotasyonla zenginleştirilmesinde, sodyum silikat kullanıldığında seçimli bir zenginleştirme yapılmayacağını göstermektedir.

Bilindiği gibi taşkömürü doğal yüzebilirliği yüksek bir madde olduğu için çalışılan sodyum silikat miktarlarında, tüm yağlar için yüzebilirliğinde bir azalma meydana gelmediği söylenebilir. Bu durum, deneylerin yapıldığı pH değerinde ortamda baskın olarak bulunan yüksüz $\text{Si}(\text{OH})_4$ bileşiğinin (monomerinin) kömür yüzeyine adsorbe olmamasına dayandırılabilir (Leja, 1992). Özellikle gazyağı ve fueloil ile yapılan deneylerde 350 g/ton sodyum silikat miktarında kül atımı ve verim indeksindeki düşüşler kaolinit (silikalı gang) üzerinde sodyum silikatın aktivasyon etkisiyle açıklanabilir. Yapılan bir çalışmada sodyum metasilikatın silikat mineralleri (kuvars, kaolin) için biraz aktifleştirme sağladığı bulunmuştur (Naik and Reddy, 2006). 350 g/ton Na_2SiO_3 miktarında elde edilen bulgular yukarıda belirtilen çalışmanın bulgularıyla uyumludur.

Eski Çelttek kömürü ile yapılan çalışmada ise (Tablo 67, 68, 96, 97, 98 ve 99 ve Şekil 69, 70, 101, 102, 103 ve 104), gazyağı ve fueloil ile düşük sodyum silikat miktarında (3500 g/ton'a kadar), yanabilir verim artmakta; yüksek konsantrasyonlarda önemli bir değişme olmamaktadır. Kül atımı değerleri ise aynı konsantrasyon değerine kadar düşüş eğilimi izlemekte ve verim indeksi değerlerinde önemli bir değişme olmamaktadır. Her iki yağ ile seçimlilik sağlanamamış ve üretilen konsantrelerin kül içerikleri % 35-40 arasında değerler almıştır.

Bitkisel yağlardan pamukyağı ve susamyağı ile yapılan deneylerde yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi değerlerinde sodyum silikat miktarına bağlı olarak herhangi bir değişim gözlemlenmezken, zeytinyağı ve soyayağı ile yapılan çalışmalarda, yanabilir verimde kısmi düşüşler olmakta; kül atımı ve verim indeksi değerlerinde çok küçük değişimler görülmektedir. Bitkisel yağlarla

da düşük küllü konsantreler üretilmemiştir. Ancak zeytinyağı ve soyayağı ile yapılan deneylerden elde edilen konsantrelerin kül içeriği nispeten daha düşük olmuştur. Konsantrelerin kül içeriği yaklaşık olarak %35 civarında bir değer almıştır.

Taşkömürü flotasyonunda olduğu gibi, sodyum silikat Eski Çeltek Linyit kömürünün yüzebilirliğinde önemli bir düşüğe sebep olmamıştır. Gazyağı ve fueloil ile yapılan deneylerde düşük sodyum silikat miktarlarında yanabilir verimdeki artış, nispeten az serbestleşmiş taneciklerin (yüksek küllü kömür taneciklerinin) yüzebilirliğinin artmasıyla açıklanabilir. Kül atımındaki azalma ise, özellikle bu kömürde bol miktarda bulunan kaolinitin kısmen aktive olarak konsantre bünyesinde gelmesine dayandırılabilir.

Hem zeytinyağı hem de soyayağı ile yapılan deneylerde sodyum silikat miktarına bağlı olarak yanabilir verimdeki azalma kömür yüzeyine adsorbe olmuş yağlardaki polar kısımlarla silikat bileşikleri arasındaki etkileşim sonucu, kömür partiküllerinin hidrofobitesinin azalmasıyla açıklanabilir.

Soma Linyit kömürü ile yapılan çalışmada ise (Tablo 117, 118, 148, 149, 150 ve 151 ve Şekil 126, 127, 159, 160, 161 ve 162); gazyağı ile yapılan deneylerde, sodyum silikat miktarına bağlı olarak yanabilir verimde kısmi düşüşler gözlenirken, kül atımı ve verim indeksi dar bir aralıkta değişim göstermiştir. Yanabilir verimdeki kısmi düşüşler silikat bileşiklerinin, kısmen kömür yüzeyine adsorbe olarak, kömürün ıslanabilirliğini artırmasıyla açıklanabilir. Bu bulgular literatürde verilen Si(OH)_2^+ gibi bileşiklerin, negatif yüklü kömür yüzeyine adsorbe olarak kömürün hidrofobitesini azalttığı bulgularıyla uyumludur (Naik ve Reddy, 2006).

Fueloil ve bitkisel yağlarla her üç değişken için benzer eğilimler gözlemlenmiş olup, seçimlilik yönünden önemli bir başarı sağlanamamıştır. Konsantrelerin kül içerikleri tüm yağlar için sodyum silikat kullanılmaksızın elde edilen değerler civarında kalmıştır. Fueloil, zeytinyağı ve soyayağı ile elde edilen konsantrelerin kül içerikleri ve yanabilir verim değerleri diğer yağlara göre daha yüksek değerler almıştır. Nispeten yüksek kül içerikli konsantreler üretilmesi, bu yağların daha yüksek polaritesiyle açıklanabilir.

5.8. Aşamalı Flotasyonun Etkisinin İncelenmesi

Taşkömürünün gazyağı ve fueloil ile aşamalı flotasyon deney sonuçları incelendiğinde, beklenildiği gibi hem yanabilir verim hem de ürünün küllünün azaldığı görülmektedir. İki aşamalı (1 kaba+2 temizleme) flotasyon sonucu, gazyağı ve fueloil ile sırasıyla % 7,65 ve % 7,08 gibi oldukça temiz ürünler elde edilirken, bu deneylerdeki yanabilir verim değerleri gazyağı için % 80, fueloil için ise % 72 civarında olmuştur.

Bitkisel yağlarla yapılan çalışmalarda da benzer flotasyon davranışları elde edilmiştir. Yani kaba konsantrenin 2 kademe temizlenmesi sonucu, lave küllü değerleri daha da azalmakta, bunun yanında yanabilir verimler de düşmektedir. Ancak, bitkisel kökenli yağlarla elde edilen kül ve verim değerleri klasik yağlara göre daha yüksek olmuştur. Pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı ile, 2 kademe flotasyon sonucu % 8,45-9,68 kül içeren ürünler yaklaşık % 90 yanabilir verimlerle elde edilmiştir.

Eski Çeltik Linyit kömürünün gazyağı ve fueloil ile tek aşamalı (1 kaba+1 temizleme), temizleme aşamasındaki yağ miktarına göre, farklı küllü ürünler farklı verimlerle elde edilmiştir. Gazyağı ile kaba flotasyon sonucu yaklaşık %83 verimle elde edilen %35,83 küllü konsantre, 2000 g/ton gazyağı ilavesiyle

1 kademe temizlemeye tabi tutulduğunda, daha temiz (% 31,88 küllü) bir ürün, yaklaşık % 65 yanabilir verimle elde edilmektedir. 10000 g/ton fueloil kullanılarak, kaba devrede yüzdürülen kömürden % 85 verimle elde edilen yaklaşık % 37 küllü kaba konsantre, 1000 g/ton fueloil ilavesiyle 1 kademe temizlendiğinde ise, daha temiz (% 30,07 küllü) ürün, % 82,18 yanabilir verimle elde edilmiştir. Gazyağı ve fueloil ile 2 kademeli flotasyonda ise, beklenildiği gibi kül ve yanabilir verimler daha düşüktür. Her iki yağ ile de, yaklaşık % 26 küllü kömürler elde edilmiş; gazyağı ile yaklaşık % 55 olan verim, fueloil ile çok daha yüksek (yaklaşık % 78) olmuştur. Bu sonuçlar, temizleme sayısı arttıkça daha kaliteli, düşük küllü ürünlerin elde edilebileceğini göstermiştir.

Bitkisel yağlarla, kademeli flotasyon çalışmalarının sonuçları da, temizleme sayısı arttıkça, daha temiz lave ürünlerin elde edilebildiğini, ancak

doğal olarak verimlerin de düştüğünü göstermiştir. Bu yağlarla yaklaşık % 22-25 küllü ürünler % 62-70 nihai yanabilir verimlerle elde edilmiştir.

Soma Linyit kömürünün gazyağı ve fueloil ile 2 kademeli flotasyon deney sonuçları irdelendiğinde, temizleme sayısı arttıkça, gerek ürün külü gerekse yanabilir verim değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu azalma özellikle yanabilir verimler için) taşkömürüne göre çok daha fazladır. Gazyağı ve fueloil için, %90 civarında olan kaba flotasyon yanabilir verimi, 2 kademe temizleme sonucu önemli ölçüde azalarak, sırasıyla % 35 ve % 46'ya düşmekte, buna karşılık % 12 civarında olan kaba konsantrenin külü, kısmi bir azalma ile yaklaşık %10'a düşmüştür. Bu sonuçlar, kaba aşamada oldukça iyi olan organik kısmın yüzebilirliğinin 1. ve 2. aşamada önemli ölçüde azaldığını göstermektedir.

Bitkisel yağlarla yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Temizleme sayısı arttıkça pamukyağı dışındaki yağlarda konsantrenin kül oranı ve yanabilir verim değerleri düşerken, pamukyağında kademe sayısı arttıkça konsantrenin kül oranında önemli bir değişme olmamıştır.

5.9. Kullanılmış (Atık)Yağların Etkisinin İncelenmesi

Valdes ve Garcia (2006) atık yağlar üzerinde yaptıkları çalışmada (zeytinyağı ve 1/1 oranında karışımıyla zeytinyağı/ayçiçekyağı) atık yağların fizikokimyasal özelliklerinde orijinal yağlara göre önemli bir değişimin olmadığını göstermişlerdir. Başka bir ifadeyle ısıtmanın yağların fizikokimyasal özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Çalışmada kullanılan dört farklı bitkisel yağın (pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı) 175°C'de kızartılmasıyla elde edilen atık yağların; hem taşkömürü hem de linyit kömürlerinin flotasyonuna etkisi incelendiğinde, bu yağların da oldukça etkili olduğu ve sonuçların orijinal yağlara göre hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

Deney bulgularından da görüleceği gibi kullanılan yağlarla yüksek yanabilir verime ulaşma, yağların flotasyona ilişkin özelliklerinde önemli bir değişme olmadığını göstermektedir.

5.10. Flotasyon Deney Bulgularının Yüzdürme-Batırma Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması

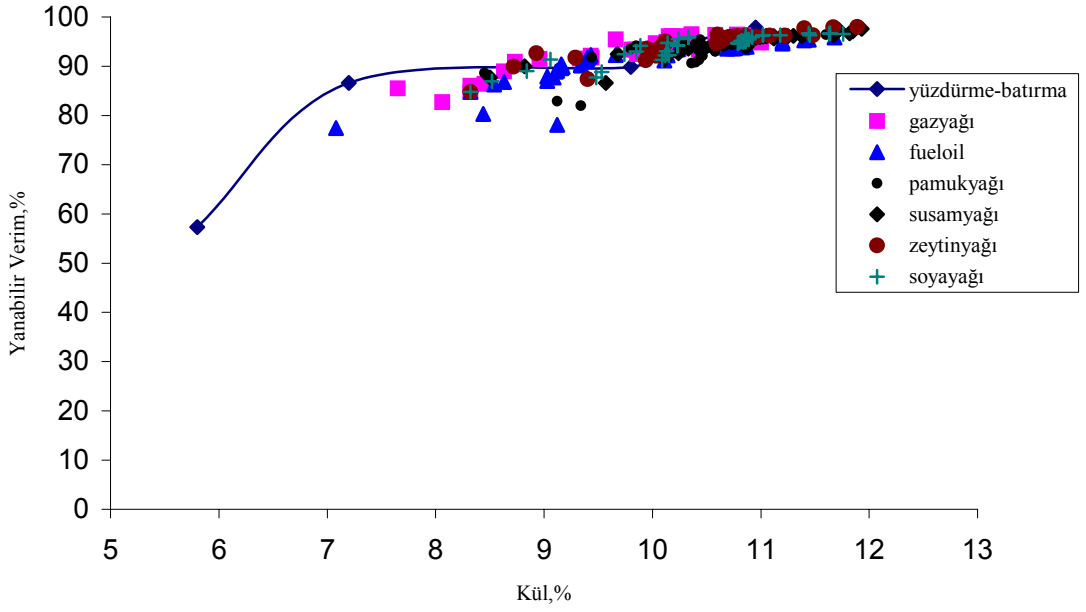
Bilindiği gibi, normal olarak kömür zenginleştirme sonuçları daima yıkanabilirlik çalışmalarından elde edilen bulgularla karşılaştırılır. Flotasyon ile zenginleştirme, yoğunluk esalı olmamasına rağmen kömür tanelerinin yüzey aktivitesi büyük ölçüde mineral içeriği ile kontrol edilmektedir. Mineral içeriği ise taneciğin yoğunluğunu etkilediği için flotasyondan elde edilen bulguların değerlendirilmesinde, yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme yapan cihazların performansını belirlemede kullanılan kriterlerin kullanılabileceği ifade edilmektedir (Horsfall, 1988; Horsfall, 1992). Yine Biswal ve diğ. (1992) flotasyon performansını değerlendirmede yüzdürme-batırma deney sonuçlarını kullanmışlardır. Buna karşın, Dey ve Bhattacharyya (2007) flotasyonun fizikokimyasal bir proses olduğunu bu nedenle flotasyon deney bulgularının yüzdürme-batırma veya yıkanabilirlik analiz sonuçları ile karşılaştırılmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise flotasyon bulgularının karşılaştırılmasında yüzdürme-batırma deney sonuçları esas alınmıştır.

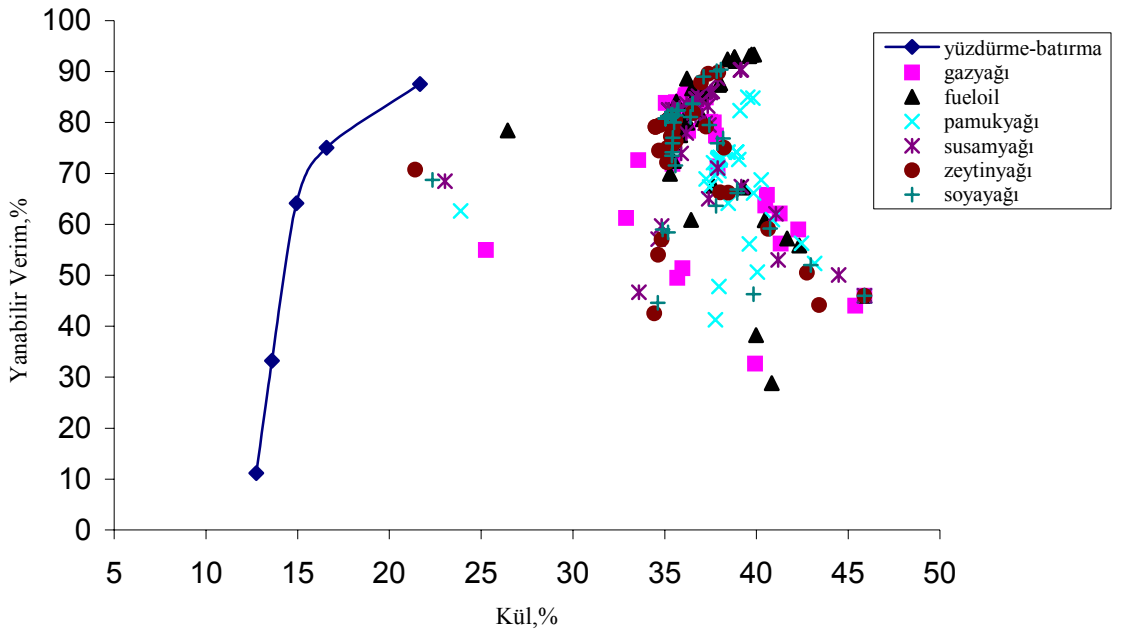
Şekil 233'de taşkömürüne ait, Şekil 234'de Eski Çeltak Linyit kömürüne ait, Şekil 235'de ise Soma Linyit kömürüne ait flotasyon deney bulgularının yüzdürme-batırma test sonuçları ile karşılaştırılması verilmiştir.

Kömürler içinde yüzebilirliği en yüksek olan kömür taşkömürüdür. Taşkömürünün flotasyonunda bazı kül içeriklerinde yüzdürme-batırma deneylerinden daha yüksek yanabilir verim değerlerinin elde edilmesi şöyle açıklanabilir; Flotasyon fizikokimyasal bir proses olduğu için, özellikle kenetli taneler çok az bir organik kısım içerse dahi yüzdürülme olasılığı yüksek olduğundan yüksek kül içerikli konsantrelerin yüksek yanabilir verim ile üretilmesi mümkün olmuştur. Eski Çeltak Linyit kömürüne ait yanabilir verim eğrisi ile flotasyon deney sonuçları arasındaki fark açık şekilde Şekil 234'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarında herhangi bir sapmayla karşılaşılmamıştır.

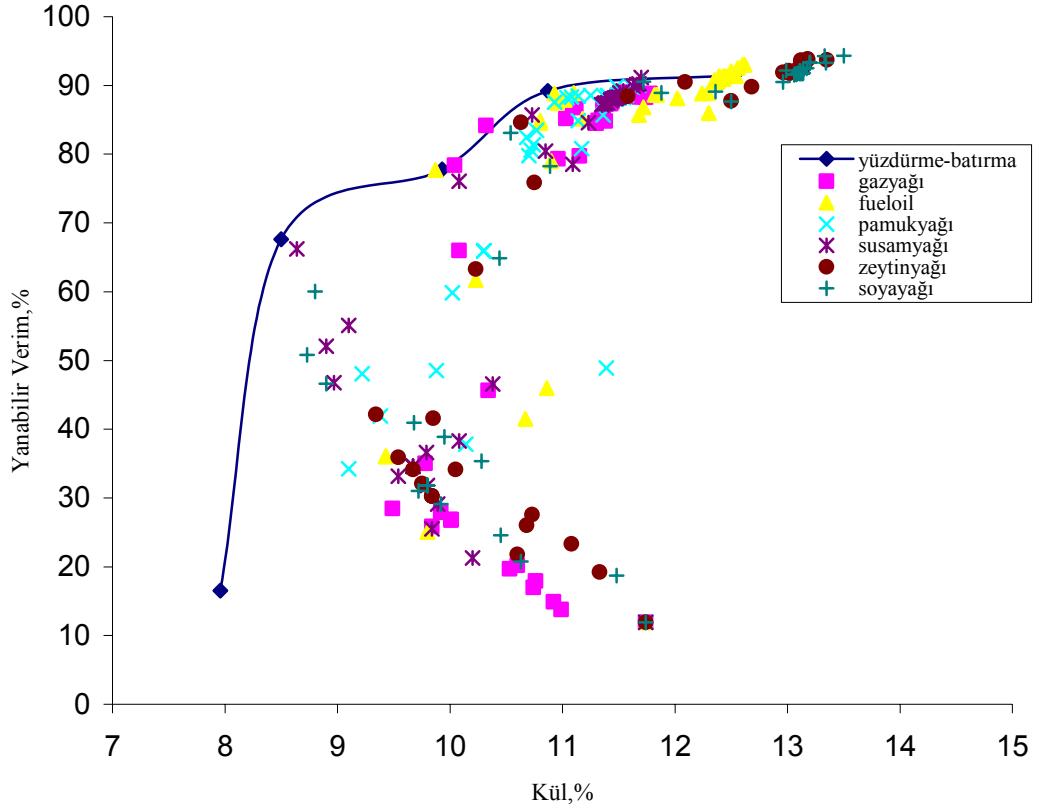
Bu durum literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Biswal ve diğ., 1992; Szymocha, 2003).



Şekil 233. Taşkömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması



Şekil 234. Eski Çeltik Linyit kömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması



Şekil 235. Soma Linyit kömürüne ait flotasyon bulgularının yüzdürme-batırma sonuçları ile karşılaştırılması

Soma linyit kömüründe ise bazı noktalarda sapmalar olmasına rağmen çoğu bulgular yüzdürme-batırma eğrisinden elde edilen bulgularla uyumludur. Sapmalardan da görüleceği gibi hidrofilik özelliği yüksek olan bu kömürde flotasyon koşullarındaki küçük bir değişme sonuçlarda büyük bir değişmeye neden olabilir. Bu durum ise, böyle özellikteki kömürlerde flotasyon sonuçları ile yüzdürme-batırma sonuçlarının karşılaştırılmasının uygun olmayacağını göstermektedir.

Biswal ve diğ. (1992) yaptıkları çalışmada yüzdürme-batırma test sonuçlarını hem klasik flotasyon hem de kolon flotasyon deney bulgularıyla karşılaştırmış, klasik flotasyon hücresinden elde edilen bulguların yüzdürme-batırma test sonuçları bulgularından oldukça uzak olduğu, kolon flotasyonu çalışmalarından elde edilen bulguların ise yüzdürme-batırma test sonuçlarına çok

yakın, hatta bazı noktalarda yüzdürme-batırma da elde edilen verim değerlerinden daha yüksek olduğunu göstermişlerdir.

5.11. FTIR Grafiklerinin Değerlendirilmesi

Kömür, gazyağı ve fueloil benzer doğal kökene sahip olduklarından IR spektrumları da benzer profile sahip olup, benzer organik yapılara ait pikler içermektedir. Taşkömürü, Eski elttek Linyit Kömürü, Soma Linyit Kömürü, gazyağı ve fueloilde tipik olarak saptanabilenler yaklaşık 2900-3100 cm^{-1} aralığında görülen ve doymuş/doymamış karbon içeren yapılardaki -C-H gerilimlerini, 1450-1650 cm^{-1} aralığında görülen 4 adet pik ise bileşikteki aromatik yapıları tanımlamaktadır. 3100-3500 cm^{-1} aralığında görülen yayvan gerilimler ise N-H ve O-H yapılarına aittir.

Taşkömürü ve linyit kömürlerine ait IR spektrumları kıyaslandığında da yukarıda tanımlanan piklere ait şiddetlerin taşkömüründe daha yüksek oluşu taşkömüründe kömürleşme derecesinin daha baskın olduğunu göstermektedir.

Ek 4A'da verilen taşkömürüne ait FTIR grafiği yukarıda tanımlanan pikleri içermektedir. Bu grafik incelendiğinde, yapının kömür içeriğine bağlı olarak söz konusu piklere ait şiddetlerinin Ek 4B'de verilen gazyağı ve Ek 5B'de verilen fueloil göre daha düşük olduğu görülmektedir. Taşkömürü+Gazyağı ile Taşkömürü+Fueloilde ait FTIR grafikleri ise sırasıyla Ek 4C ile Ek 5C'de verilmiştir. Bunlara ait spektrumlar ise ilgilenilen pikleri şiddetleri artmış olarak içermektedir. Bu ise benzer kökenlilerin kimyasal etkileşiminin; yani gazyağı ve fueloilin kömür yüzeyine adsorbe olduğunun kanıtıdır.

Eski elttek Linyit kömürüne ait FTIR grafiği Ek 10A'da verilmektedir. Ek 10C ve Ek 11C'de ise Eski elttek Linyit+Gazyağı ve Eski elttek Linyit+Fueloilde ait FTIR grafikleri verilmiştir. Bunlar incelendiğinde, gazyağının ve fueloilin kömür yüzeyine adsorbe olduğu söylenebilmektedir.

Ek 16A'da ise Soma Linyit Kömürüne ait FTIR grafiği yer almaktadır. Soma Linyit+Gazyağı ve Soma Linyit+Fueloilde ait FTIR grafikleri sırasıyla Ek

16C ve Ek 17C’de verilmektedir. Bu spektrumlar incelendiğinde yağların kömür yapısına katıldığını (adsorbe) söyleyebiliriz.

Bitkisel yağlara ait FTIR grafikleri (Ek 6B, 7B, 8B, 9B, 12B, 13B, 14B, 15B, 18B, 19B, 20B ve 21B’de) incelendiğinde 2900-3100 cm^{-1} aralığındaki pikler yine -C-H gerilimlerini tanımlamaktadır. Yaklaşık 1750 ve 1480 cm^{-1} ’de görülen şiddetli pikler tipik -C=O bağı, 1150 cm^{-1} ’deki pik ise karakteristik -C-O-C (eter) yapısını tanımlamaktadır. Kömür ve bitkisel yağlara ait FTIR grafikleri kıyaslandığında -C=O ve -C-O-C yapılarını tanımlayan piklerin kömürlerin yapısında olmadığı görülür.

Taşkömürü+Bitkisel yağlar (Ek 6C, 7C, 8C ve 9C), Eski Çelték Linyit+Bitkisel yağlar (Ek 12C, 13C, 14C ve 15C) ve Soma Linyit+Bitkisel yağlara (Ek 18C, 19C, 20C ve 21C) ait FTIR grafikleri incelendiğinde, bitkisel kökenli yağlara (pamukyağı, susamyağı, zeytinyağı ve soyayağı) ait özel piklerin varlığı görülmektedir. Bu durum ise bitkisel kökenli yağların hem taşkömürünün hem de linyit kömürlerinin yapısına adsorbe olduklarını kanıtlamaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir. Deneyle % 14,08 kül içeren Zonguldak Taşkömürü, % 47,75 kül içeren Eski Çeltik Linyit kömürü ve % 13,80 kül içeren Soma Linyit kömürü ile yapılmış ve elde edilen sonuçlar yanabilir verim, kül atımı ve verim indeksi yönünden incelenmiştir. Taşkömürü ile yapılan flotasyon deneylerinde klasik yağların kullanılmasıyla elde edilen optimum koşullar şöyledir; gazyağı ile yapılan deneylerde; gazyağı miktarı: 2000 g/ton, pH: 8,25 (Doğal pülp pH'ı), köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: % 10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak., çamyacı miktarı: 75 g/ton'dır. Gazyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 94,93 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Fueloil ile yapılan deneylerde; fueloil miktarı: 2000 g/ton, pH: 8,25, köpük alma süresi: 1,5 dak. , katı oranı: % 10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak. , çamyacı miktarı: 50 g/ton'dır. Fueloil kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde %93,45 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır.

Bitkisel yağların taşkömürü flotasyonunda kullanılmasıyla elde edilen optimum koşullar aşağıda verilmiştir. Pamukyağı ile yapılan deneylerde; pamukyağı miktarı: 1000 g/ton, pH: 8,25 (Doğal pülp pH'ı), köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Pamukyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 93,64 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Susamyağı ile yapılan deneylerde; susamyağı miktarı: 2000 g/ton, pH: 8,25, köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: % 10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Susamyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 95,68 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde; zeytinyağı miktarı: 2000 g/ton, pH: 8,25, köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Zeytinyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 94,70 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Soyayağı ile yapılan deneylerde; soyayağı miktarı: 2000 g/ton, pH: 8,25, köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Soyayağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 94,70 yanabilir verim

değerine ulaşılmıştır. Bu yağlar ile yapılan deneylerde çamyacı ve sodyum silikat miktarının flotasyon üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Taşkömürü flotasyonunda gazyağı ve fueloile alternatif olarak kullanılan bitkisel kökenli yağların sonuçlarına bakıldığında bu yağlarla klasik yağlara oranla daha düşük miktarlarda (özellikle pamukyağı ile) ve köpürtücü kullanılmadan yüksek yanabilir verimlere ulaşıldığı görülmüştür.

Daha düşük küllü konsantreler üretmek amacıyla optimum koşullarda II aşamalı temizleme flotasyonu yapılmış ve elde edilen konsantrelerin yanabilir verim değerleri ve kül içerikleri sırasıyla; gazyağı için % 85,48 ve % 7,65; fueloil için % 77,43 ve % 7,08; pamukyağı için % 88,61 ve % 8,45; susamyağı için % 92,44 ve % 9,68; zeytinyağı için % 91,77 ve % 9,29; soyayağı için % 91,36 ve % 9,06 olarak bulunmuştur.

Eski Çeltek Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneylerinde klasik ve bitkisel yağların kullanılmasıyla elde edilen optimum koşullar şöyledir. Gazyağı ile yapılan deneylerde; gazyağı miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90 (Doğal pülp pH'ı), köpük alma süresi: 0,75 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak. , çamyacı miktarı: 100 g/ton'dır. Gazyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 82,90 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Fueloil ile yapılan deneylerde; fueloil miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90 , köpük alma süresi: 1 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak. , çamyacı miktarı: 75 g/ton'dır. Fueloil kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 85,58 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Pamukyağı ile yapılan deneylerde; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90, köpük alma süresi: 0,75 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Pamukyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde %71,36 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Susamyağı ile yapılan deneylerde; susamyağı miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90, köpük alma süresi: 0,75 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Susamyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 82,47 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90 , köpük alma süresi: 0,75 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Zeytinyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde

% 79,13 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Soyayağı ile yapılan deneylerde; soyayağı miktarı: 10000 g/ton, pH: 8,90, köpük alma süresi: 0,75 dak. , katı oranı: %10, karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Soyayağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 80,80 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Taşkömürü flotasyonunda olduğu gibi Eski Çelttek Linyit kömürünün flotasyonunda da bitkisel yağlarla yapılan deneylerde çamyacağının etkisinin olmadığı görülmüştür. Ayrıca hem klasik hem de bitkisel yağlarla yapılan deneylerde sodyum silikatın seçimliliğe önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu nedenle optimum koşullarda yapılan deneylerde çamyacı ve sodyum silikat kullanılmamıştır.

Eski Çelttek Linyit kömürünü yüzdürmek için taşkömüründen çok daha fazla yağ miktarının gerekli olduğu bulunmuştur. Ayrıca fueloilin gazyağından daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Bitkisel yağlarda ise en iyi bulgular susamyağı ile elde edilmiştir. Pamukyağı ile taşkömüründe olduğu gibi başarılı sonuçlar elde edilememiştir.

Daha düşük küllü konsantreler üretmek amacıyla optimum koşullarda II aşamalı temizleme flotasyonu yapılmış ve elde edilen konsantrelerin yanabilir verim değerleri ve kül içerikleri sırasıyla; gazyağı için % 54,68 ve % 25,60; fueloil için % 78,29 ve % 26,57; pamukyağı için % 63,09 ve % 23,34; susamyağı için % 67,15 ve % 24,51; zeytinyağı için % 70,35 ve %21,82; soyayağı için % 67,36 ve % 23,88 olarak bulunmuştur.

Soma Linyit kömürü ile yapılan flotasyon deneylerinden elde edilen optimum koşullar ise şöyledir; gazyağı ile yapılan deneylerde; dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; gazyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 (Doğal pül pH'ı); köpük alma süresi: 0,5 dak. ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak. ; çamyacı miktarı: 100 g/ton'dur. Gazyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 88,17 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Fueloil ile yapılan deneylerde; dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; fueloil miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30; köpük alma süresi: 0,5 dak ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.; çamyacı miktarı: 100 g/ton'dur. Fueloil kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 90,53 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Pamukyağı ile yapılan

deneyleerde; dodesilamin miktarı: 500 g/ton; pamukyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30 ; köpük alma süresi: 0,5 dak ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Pamukyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 88,01 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Susamyağı ile yapılan deneylerde; dodesilamin miktarı: 2000 g/ton; susamyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30; köpük alma süresi: 0,5 dak ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Susamyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 87,21 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Zeytinyağı ile yapılan deneylerde; dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; zeytinyağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30; köpük alma süresi: 0,5 dak ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Zeytinyağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 91,78 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Soyayağı ile yapılan deneylerde; dodesilamin miktarı: 3000 g/ton; soyayağı miktarı: 10000 g/ton; pH: 6,30; köpük alma süresi: 0,5 dak ; katı oranı: %10; karıştırma hızı: 1500 dev/dak.'dır. Soyayağı kullanılarak optimum koşullarda yapılan deneyde % 91,58 yanabilir verim değerine ulaşılmıştır. Bu yağlar ile yapılan deneylerde çamyağı ve sodyum silikat miktarının flotasyon üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu nedenle optimum koşullarda yapılan deneylerde çamyağı ve sodyum silikat kullanılmamıştır.

Soma Linyit kömürü gazyağı ile yüzdürülemezken; fueloil miktarındaki artış ile yüzdürülen kömür miktarı artmıştır. Ayrıca bitkisel yağlardan pamukyağı ile düşük yağ miktarlarında yüksek verimlere ulaşılmıştır. Soma Linyit kömürünün flotasyonunda yağlar ile birlikte dodesilamin kullanıldığında yüksek yanabilir verim değerlerine ulaşılırken seçimlilik yönünden başarı sağlanamamıştır.

Daha düşük küllü konsantreler üretmek amacıyla optimum koşullarda II aşamalı temizleme flotasyonu yapılmış ve elde edilen konsantrelerin yanabilir verim değerleri ve kül içerikleri sırasıyla; gazyağı için % 35,01 ve % 9,78; fueloil için % 45,95 ve % 10,86; pamukyağı için % 48,89 ve % 11,39; susamyağı için %36,60 ve %9,87; zeytinyağı için % 41,57 ve % 9,85; soyayağı için % 38,91 ve % 9,95 olarak bulunmuştur.

Her üç kömür örneğinde, bitkisel yağlar için belirlenen optimum koşullarda, kullanılmış yağlarla (atık yağlar) da deneyler yapılmış ve hem kullanılmış hem de kullanılmamış yağların eşdeğer performans gösterdiği bulunmuştur. Bu bulgular ise atık yağların kömür flotasyonunda kullanılabilceğini göstermektedir.

Sonuç olarak üzerinde çalışılan kömürlerin flotasyon ile zenginleştirilmesinde, gazyağı ve fueloil gibi petrol kökenli yağlara alternatif olarak bitkisel kökenli yağların kullanılabilceği gösterilmiştir

7. KAYNAKLAR

Ahmad, K. ; Ho, C. C. ; Frong, W. K. and Toji, D. ; 1996, Properties of Palm Oil-in-Water Emulsions Stabilized by Nonionic Emulsifiers”, Journal of Colloid and Interface Science, Volume 181, pp. 595-604

Akdemir, Ü. ve Sönmez, İ. ; 1999, “ Taşkömürü Flotasyonunda Bazı Fiziksel Faktörlerin Etkisinin İncelenmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, XI. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu, 20-23 Ekim, Isparta, s. 333-341.

Akdemir, Ü. and Sönmez, İ. ; 2003, “ Investigation of Coal and Ash Recovery and Entrainment in Flotation”, Fuel Processing Technology, Volume 82, pp. 1-9.

Akpınar, N. ; Akpınar, M. A. ve Türkoğlu, T. ; 2001, “ Total Lipid Content and Fatty Acid Composition of the Seeds of Some Vicia L. Species”, Food Chemistry, Volume 74, pp. 449-453.

Alonso, M. I. ; Valdes, F. A. ; Martinez- Tarazona. R. M. and Garcia, A. B. ; 1999, “Coal Recovery from Coal Fines Cleaning Wastes by Agglomeration with Vegetable Oils: Effects of Oil Type and Concentration”, Fuel, Volume 78, Number 7, pp. 753-759.

Alonso, M. I. ; Castano, C. and Garcia, A.B. ; 2000, “Performance of Vegetable Oils as Flotation Collectors for the Recovery of Coal from Coal Fines Wastes”, Coal Preparation, Volume 21, Number 4, pp. 411-420.

Alonso, M. I. ; Valdes, F. A. ; Martinez- Tarazona. R. M. and Garcia, A. B. ; 2002, “ Coal Recovery from Fines Cleaning Wastes by Agglomeration with Colza Oil: A Contribution to the Environment and Energy Preservation”, Fuel Processing Technology, Volume 75, Number 2, pp. 85-95.

Aplan, F. F. ; 1976, “ Coal Flotation, In Flotation”, A. M. Gaudin Memorial Volume , SME- AIME, New York, Chapter 45, pp. 1235-1264.

Aplan, F. F. ; 1988, “ How the Nature of Raw Coal Influences its Cleaning”, In: Klimpel, R. R. , Luckie, P. T. (Eds.), Industrial Practice of Fine Coal Processing, SME, Littleton, CO, pp.99-111.

Aplan, F. F. and Arnold, B. J. ; 1991, “ Flotation”, In: Leonard, J. W. and Hardinge, B. C. (Eds.), Coal Preparation, SME, Littleton, CO, pp. 450-485.

Aplan, F. F. ; 1993, “Coal Properties Dictate Coal Flotation Strategies”, Mining Engineering, Volume 45, pp. 83-96.

Aras, K. ; Bağlum, S. ve Erşen, G. ; 1971, “ Tıbbi Biyokimya IV Lipidler”, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Özel Yayınları, Sevinç Matbaası, Ankara, s. 1-129.

Arbiter, N. , editor; 1985, “ Flotation”, SME Mineral Processing Handbook, Section 5, New York, AIME, Chapter 8.

Arnold, B. J. and Aplan, F. F. ; 1986, “ The Effect of Clay Slimes on Coal Flotation, Part 1: The Nature of the Clay”, International Journal of Mineral Processing, Volume 17, pp. 225-242.

Arnold, B. J. and Aplan, F. F. ; 1986, “ The Effect of Clay Slimes on Coal Flotation, Part 2: The Role of Water Quality”, International Journal of Mineral Processing, Volume 17, pp. 243-260.

Arnold, B. J. and Aplan, F. F. ; 1989, “The Hydrophobicity of Coal Macerals”, Fuel, Volume 68, p. 651-658.

Aston, J. R. ; Lane, J. E. and Healy, T. W. ; 1989, “ The Solution and Interfacial Chemistry of Nonionic Surfactants Used in Coal Flotation”, Mineral Processing and Ext. Metall. Rev. , Volume 5, pp. 229-256.

Ateşok, G. ; 2004, “ Kömür Hazırlama ve Teknolojisi”, Beril Yayıncılık Matbaacılık Ltd. Şti., İstanbul.

Bayraktar, İ. ; Ersayın, S. and Gülsoy, Ö.Y. ; 1997, “ Upgrading Titanium Bearing Na- Feldspar by Flotation Using Sulphonates, Succinamate and Soaps of Vegetable Oils”, Minerals Engineering, Volume 10, Number 12, pp. 1363-1374.

Biswal, S. K. ; Reddy, P. S. R. ; Bhaumik, S. K. ; Prakash, S. and Das, B. ; 1992, “ Improving the Floatability of Low Grade Coal” , 4th International Mineral Processing Symposium, Volume 2, Antalya, Turkey, 20-22 October, pp. 387-399.

Blom, L. ; Edelhausen, L. and Van Krevelen, D. W.; 1957,” Chemical Structure and Properties of Coal XVIII—Oxygen Groups in Coal and Related Properties, Fuel, Volume 36, pp. 135–153.

Botsaris, G. D. and Glazman, Y. M. ; 1989, “ Interfacial Phenomena in Coal Technology”, Publisher: Marcel Dekker Inc, New York.

Brandao, P. R. G. ; Caires, L. G. and Queiroz, D. S. B. ; 1994, “ Vegetable Lipid Oil- Based Collectors in the Flotation of Apatite Ores”, Minerals Engineering, Volume 7, Number 7, pp. 917-925.

Brown, D. J. ; 1962, “ Coal Flotation”, In: D. W. Fuerstenau (Editor), Froth Flotation-50 th Anniversary Volume. AIME, New York, pp. 518-538.

- Carbini, P. , Ciccu, R. , Del Fa, C. and Ghiani, M. ; 1986, “ Processing Fine Fractions of Low-Rank Coals”, Coal Preparation, CIM Bulletin, Volume 79, Number 892, pp. 88-93.
- Carbini, P. , Ciccu, R. , Ghiani, M. and Satta, F. ; 1992, “ Agglomeration of Coals of Different Rank using Mixtures of Oils”, Coal Preparation, Volume 11, pp. 11-19.
- Cebeci, Y. ; 2002, “ The Investigation of the Floatability Improvement of Yozgat Ayrıdam Lignite Using Various Collectors”, Fuel, Volume 81, pp. 281-289.
- Cho, Y. S. and Laskowski, J. S. ; 2002, “ Effect of Flotation Frothers on Bubble Size and Foam Stability”, International Journal of Mineral Processing, Volume 64, Number 2, pp. 69-80.
- Deglon, D. A. ; 2005, “ The Effect of Agitation on the Flotation of Platinum Ores”, Minerals Engineering, Volume 18, Number 8, pp. 839-844.
- Demirbaş, A. ; 2003, “ Chemical and Fuel Properties of Seventeen Vegetable Oils”, Energy Sources, Volume 25, Number 7, pp. 721-728.
- Dey, S. and Bhattacharyya, K. K. ; 2007, “ Split and Collectorless Flotation to Medium Coking Coal Fines For Multi-Product Zero Waste Concept, Fuel Processing Technology, Volume 88, pp. 585-590.
- Erol, M. ; Colduroglu, C. and Aktaş, Z. ; 2003, “ The Effect of Reagent and Reagent Mixtures on Froth Flotation of Coal Fines”, International Journal of Mineral Processing, Volume 71, pp. 131-145.
- Fuerstenau, D. W. and Herrera-Urbina, R. ; 1989, “ Advances in Coal and Mineral Processing Using Flotation”, In: S. Chander and R. R. Klimpel (Eds.), Chapter 1, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado.
- Garcia, A. B. ; Vega, J. G. and Martinez- Tarazona. M. R. ; 1995, “ Effects of Oil Concentration and Particle Size on the Cleaning of Spanish High-Rank Coals by Agglomeration with n-Heptane”, Fuel, Volume 74, pp. 1692-1697.
- Garcia, A. B. ; Martinez- Tarazona. M. R. ; Vega, J. G. and Wheelock, T. D. ; 1998, “ On the Role of Oil Wetting in the Cleaning of High Rank Coals by Agglomeration”, Fuel, Volume 77, Number 5, pp. 387-392.
- Ghiani, M. ; Carbini, P. ; Ciccu, R. and Satta, F. ; 1989, “ Oils as Collectors in Low-Rank Coal Flotation”, Advances in Coal and Mineral Processing using Flotation, Society for Mining, Metallurgy and Exp. , Inc, Florida, USA, Chapter 29, pp. 266-270.

Glembotskii, V. A. ; Klassen, V. I. and Plaksin, I. N. ; 1963, “ Flotation”, American Transl. , Primary Sources, New York.

Gonh, W. Q. ; Klauber, C. and Warren, L. J. ; 1993, “ Mechanism of Action of Sodium Silicate in the Flotation of Apatite From Hematite”, International Journal of Mineral Processing, Volume 39, pp. 251-273.

Grau, R. A. ; Laskowski, J. S. and Heiskanen, K. ; 2005, “ Effect of Frothers on Bubble Size”, International Journal of Mineral Processing, Volume 76, Number 4, pp. 225-233.

Guimarães, R. C. ; Araujo, A. C. and Peres, A. E. C. ; 2005, “ Reagents in Igneous Phosphate Ores Flotation”, Minerals Engineering, Volume 18, Number 2, pp. 199-204.

Gutierrez-Rodriguez, J. A. and Aplan, F. F. ; 1984, “ The Effect of Oxygen on the Hydrophobicity and Floatability of Coal”, Colloids and Surfaces, Volume 12, Number 1-2, pp. 27-51.

Gülsoy, Ö.; 1999, “ Flotasyonda Su ile Taşınım Modelleme Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi”, Madencilik Dergisi, Cilt 38, Sayı 1, s. 13-30.

Gürses, A. ; Doymuş, K. and Bayrakçeken, S. ; 1997, “ Evaluation of Response of Brown Coal to Selective Oil Agglomeration by Zeta Potential Measurements of the Agglomerates”, Fuel, Volume 76, No. 14/15, pp. 1439-1444.

Harvey, P. A. , Nguyen, A. V. and Evans, G. M. ; 2002, “ Influence of Electrical Double-Layer Interaction on Coal Flotation”, Journal of Colloid and Interface Science, Volume 250, Number 2, pp. 337-343.

Hatırlı, S. A. ; Demircan, V. ve Aktaş, A. R. ; 2002, “ Ayçiçek ve Soya Yağı İthalat Talebinin Analizi”, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi”, Sayı 15(2), s. 71-79.

Ho, C. C. and Ahmad, K. ; 1999, “ Electrokinetic Behavior of Palm Oil Emulsions in Dilute Electrolyte Solutions”, Journal of Colloid and Interface Science, Volume 216, Number 1, pp. 25-33.

Horsfall, D. W. ; 1988, “ Cost Effective Routes in Fine Coal”, Industrial Practice of Fine Coal Processing, Klimpel, R. R., Luckie, P. T.(Eds.), Chapter 34, September 25-28, Littleton, Colorado.

Horsfall, D. W. ; 1992, “ Coal Preparation and Usage”, Coal Publications Ltd, Johannesburg, South Africa.

- Hsu, J. P. and Nacu, A. ; 2003, “ Behavior of Soybean Oil-in-Water Emulsion Stabilized by Nonionic Surfactant”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 259, pp. 374-381.
- Hussain, S. , A. ; Demirci, S. N. and Özbayoğlu, G. ; 1996, “ Zeta Potential Measurements on Three Clays from Turkey and Effects of Clays on Coal Flotation”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 184, Number 2, pp. 535-541.
- Jia, R. ; Harris, G. H. and Fuerstenau, D. W. ; 2000, “ An Improved Class of Universal Collectors for the Flotation of Oxidized and/or Low-Rank Coal” , *International Journal of Mineral Processing*, Volume 58, Number 1, pp. 99-118.
- Karaosmanoğlu, F. ; 1999, “ Vegetable Oil Fuels: A Review”, *Energy Sources*, Volume 21, Number 3, pp. 221-231.
- Kayahan, M. ; 2002, “ Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri”, Bölüm 1, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, Ankara
- Kayahan, M. ; 2003, “ Yağ Kimyası”, Bölüm 1, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, Ankara.
- Klimpel, R. R. and Hansen, R. D. ; 1987, “ Chemistry of Fine Coal Flotation”, *Fine Coal Processing*, S. Mishra and R. R. Klimpel (Eds), Noyes Publication, pp. 78-109.
- Klimpel, R. R. ; 1988, “ The Industrial Coal Flotation System”, *Proc. of the Conference on Industrial Practise of Fine Coal Processing*, R. R. Klimpel and P. T. Luckie (Eds.), Hidden Valley, pp. 113-127.
- Kural, O. ; 1991, “ Kömür”, Kurtiş Matbaası, İstanbul.
- Lagerstrom, B. ; 1959, *Acta Chemica Scandinavica*, Volume 13, p. 722.
- Laskowski, J. , S. and Ralston, J. ; 1992, “ Colloid Chemistry in Mineral Processing”, *Developments in Mineral Processing*, D.W. Fuerstenau / Advisory Editor, Volume 12, Elsevier.
- Laskowski, J. S. ; 2001, “ Coal Flotation and Fine Coal Utilization”, D. W. Fuerstenau / Advisory Editor, Volume 14, Elsevier,
- Laskowski, J. S. ; Tlhone, T. ; Williams, P. and Ding, K. ; 2003, “ Fundamental Properties of the Polyoxypropylene Alkyl Ether Flotation Frothers”, *International Journal of Mineral Processing*, Volume 72, pp. 289-299.

Laskowski, J. S. ; 2006, “ Coal Flotation- The Future”, Proceedings of XXIII International Mineral Processing Congress, Volume 2, İstanbul/Turkey, 3-8 September, pp. 1101-1110.

Leja, J. ; 1982, “Surface Chemistry of Froth Flotation”, Plenum Pres, New York and London.

Liu, D. ; Somasundaran, P. ; Vasudevan, T. V. and Harris, C. C.; 1994, “ Role of pH and Dissolved Mineral Species in Pittsburgh No. 8 Coal Flotation System- I. Floatability of Coal”, International Journal of Mineral Processing, Volume 41, pp. 201-214.

Mishra, S. K. ; 1987, “ Improved Recovery of Fine Coal by Flotation Process”, In: Mishra, S. K. And Klimpel, R. R. (Eds.), Fine Coal Processing. Noyes Publications, USA, pp. 110-135.

Naik, P. K. ; Reddy P. S. R. and Misra, V. N. ; 2005, “ Interpretation of Interaction Effects and Optimization of Reagent Dosages for Fine Coal Flotation”, International Journal of Mineral Processing, Volume 75, pp. 83-90.

Naik, P. K. and Reddy, P. S. R. ; 2006, “ Effect of Sodium Metasilicate on Natural Flotability of Coal”, Colloid and Polymer Science, Volume 284, Number 9, pp. 1024-1030.

Osborne, D. G. ; 1988, “ Flotation, Agglomeration and Selective Flocculation” Coal Preparation Technology, Volume 1, Chapter 9, Graham and Trotman Limited Publishers, London.

Özaktaş, T. ; Cıgızoğlu, K. B. and Karaosmanoğlu, F. ; 1997, “ Alternative Diesel Fuel Study on Four Different Types of Vegetable Oils of Turkish Origin”, Energy Sources, Volume 19, Number 2, pp. 173-181.

Özbayoğlu, G. ; 1994, “ Kömür Zenginleştirme Yöntemleri”, Cevher Hazırlama El Kitabı, Ed: Önal, G. ve Ateşok, G.

Padday, J. F. ; 1968, “ The Measurement of Surface Tension Part II”, Surface and Colloidal Science, In: Matijevic, E. (Ed.), pp. 101-149, New York.

Pawlik M. and Laskowski J.S. ; 2003a, “ Coal Reverse Flotation. Part I. Adsorption of Dodecyltrimethyl Ammonium Bromide and Humic Acids onto Coal and Silica”, Coal Preparation, Volume 23, Number 3, pp. 91-112.

Pawlik M. and Laskowski J.S. ; 2003b, “ Coal Reverse Flotation. Part II. Batch Flotataion Tests”, Coal Preparation, Volume 23, Number 3, pp. 113-127.

Pearse, M. J. ; 2005, “ An Overview of the Use of Chemical Reagents in Mineral Processing”, *Minerals Engineering*, Volume 18, Number 2, pp. 139-149.

Ramadan, A. M. ; Saleh, A. M. and Moharam, M. R. ; 1998, “ Parameters Affecting Hydrodynamics of Conventional Flotation Cell”, *Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium*, 15-17 September, İstanbul, Turkey, pp. 241-244.

Ramadan, A. M. ; Saleh, A. M. and Moharam, M. R. ; 2000, “ Waste Treatment of El-Maghara Coal Washing Plant by Flotation for Beneficial Reuse of its Constituents in Industry”, *Proceedings of the 8th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, Turkey, pp. 697-701.

Roland, I. ; Piel, G. ; Delattre, L. and Evrard, B. ; 2003, “ Systematic Characterization of Oil-In-Water Emulsions for Formulation Design”, *International Journal of Pharmaceutics*, Volume 263, pp. 85-94.

Saleh, A. M. ; 2000, “ Effect of Collector Emulsification on Coal Flotation Kinetics and on Recovery of Different Particle Sizes”, *Proceedings of the 8th International Mineral Processing Symposium*, 16-18 October, Antalya, Turkey, pp. 391-395.

Sawyer, C. N. ; McCarty, P. L. and Parkin, G. F. ; 1994, “ Chemistry for Environmental Engineering”, Fourth Edition, Chapter 5, Mc Graw-Hill, Inc, New York.

Sharma, V. and Kundu, P. P. ; 2006, “ Addition Polymers from Natural Oils- A Review”, *Progress in Polymer Science*, Volume 31, pp. 983-1008.

Sis, H. ; Özbayoğlu, G. and Sarıkaya, M. ; 2004, “ Utilization of Fine Coal Tailings by Flotation Using Ionic Reagents”, *Energy Sources*, Volume 26, Number 10, pp. 941-949.

Sripriya, R. ; Rao, P. V. T. and Choudhury, B. R. ; 2003, “ Optimization of Operating Variables of Fine Coal Flotation Using a Combination of Modified Flotation Parameters and Statistical Techniques”, *International Journal of Mineral Processing*, Volume 68, pp. 109-127.

Srivastava, A. and Prasad, R. ; 2000, “ Triglycerides-Based Diesel Fuels”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Volume 4, pp. 111-133.

Stonestreet, P. and Franzidis, J. P. ; 1988, “ Reverse Flotation of Coal- A Novel Way for Benefication of Coal Fines”, *Minerals Engineering*, Volume 1, pp. 343-349.

Sun, S. C. ; 1954, “ Effects of Oxidation of Coals on Their Flotation Properties”, Trans. AIME, Volume 199, pp. 396-401.

Szymocha, K. ; 2003, “ Industrial Applications of the Agglomeration Process”, Powder Technology, Volume 130, Number 1, pp. 462-467.

Tao, D. ; Li. B. ; Johnson, S. and Parekh, B. K. ; 2002, “ A Flotation Study of Refuse Pond Coal Slurry”, Fuel Processing Technology, Volume 76, Number 3, pp. 201-210.

Taşan, M. ve Dağlıoğlu, O. ; 2005, “ Trans Yağ Asitlerinin Yapısı, Oluşumu ve Gıdalarla Alınması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, Sayı 2.

Tsai, S. C. ; 1985, “ Effects of Surface Chemistry and Particle Size and Density on Froth Flotation of Fine Coal”, Colloids and Surfaces, Volume 16, pp. 323-336.

Valdes, A. F. and Garcia, A. B. ; 2006, “ A Study of the Evolution of the Physicochemical and Structural Characteristics of Olive and Sunflower Oils After Heating at Frying Temperatures”, Food Chemistry, Volume 98, Number 2, pp. 214-219.

Vamvuka, D. and Agridiotis, V. ; 2001, “ The Effect of Chemical Reagents on Lignite Flotation”, International Journal of Mineral Processing, Volume 61, Number 3, pp. 209-224.

Vanangamudi M. and Rao, T. C. ; 1986, “ Modelling of Batch Coal Flotation Operation”, International Journal of Mineral Processing, Volume 16, pp. 231-243.

Wiacek, A. E. and Chibowski, E. ; 2002, “ Zeta Potential and Droplet Size of n-Tetradecane/Ethanol(Protein) Emulsions”, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 25, Number 1, pp. 55-67.

Wills, B. A. ; 1988, “ Mineral Processing Technology”, 2nd Edition, Pergamon Press, Oxford, UK, pp. 200-212.

Wojcik, W. ; Janczuk, B. and Bialopiotrowicz, T. ; 1990, “ The Relationship Between the Flotability of Low-Rank Coal and its Adhesion to Air Bubbles in Aqueous Diacetone Alcohol Solutions”, Sep. Sci. Technol., Volume 25, p: 689.

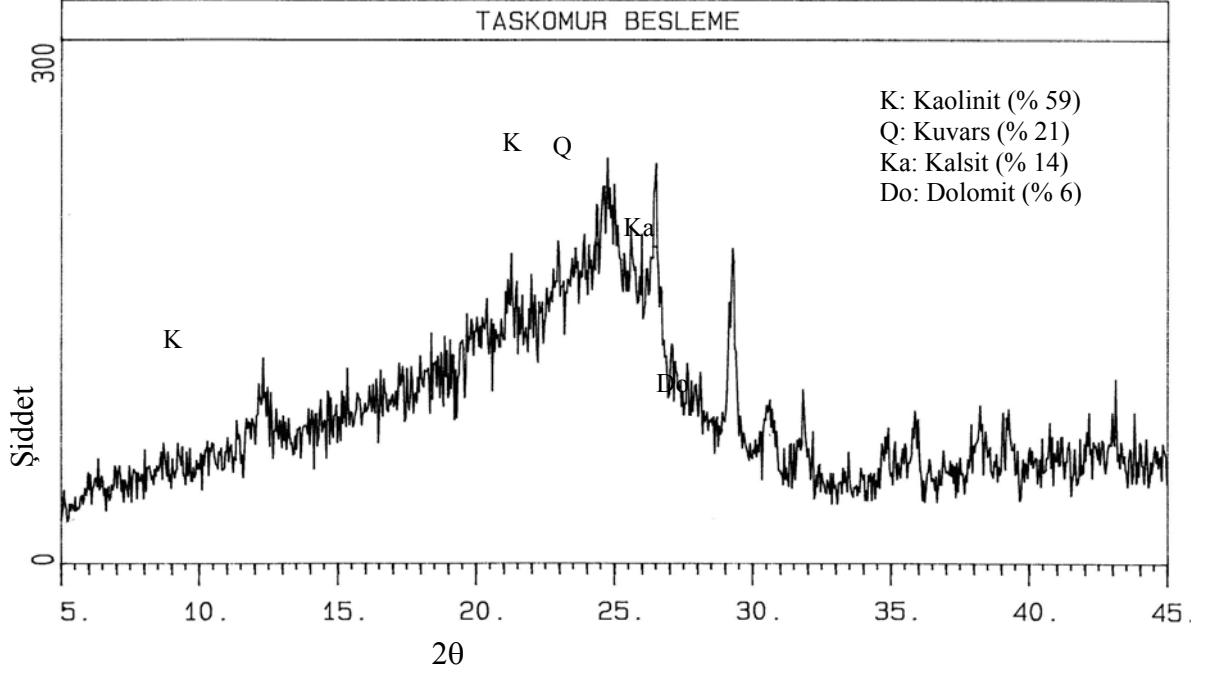
Yalçın, H. ve Bozkaya, Ö. ; 2002, “Hekimhan (Malatya) Çevresindeki ÜstKretase Yaşlı Volkaniklerin Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası: Deniz Suyu-Kayaç Etkileşimine Bir Örnek”, C.Ü.Müh. Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, 19, s. 81-98.

Zimmerman, R. E. ; 1948, “ Flotation of Bituminous Coal”, Trans. AIME, Volume 177, pp. 338-356.

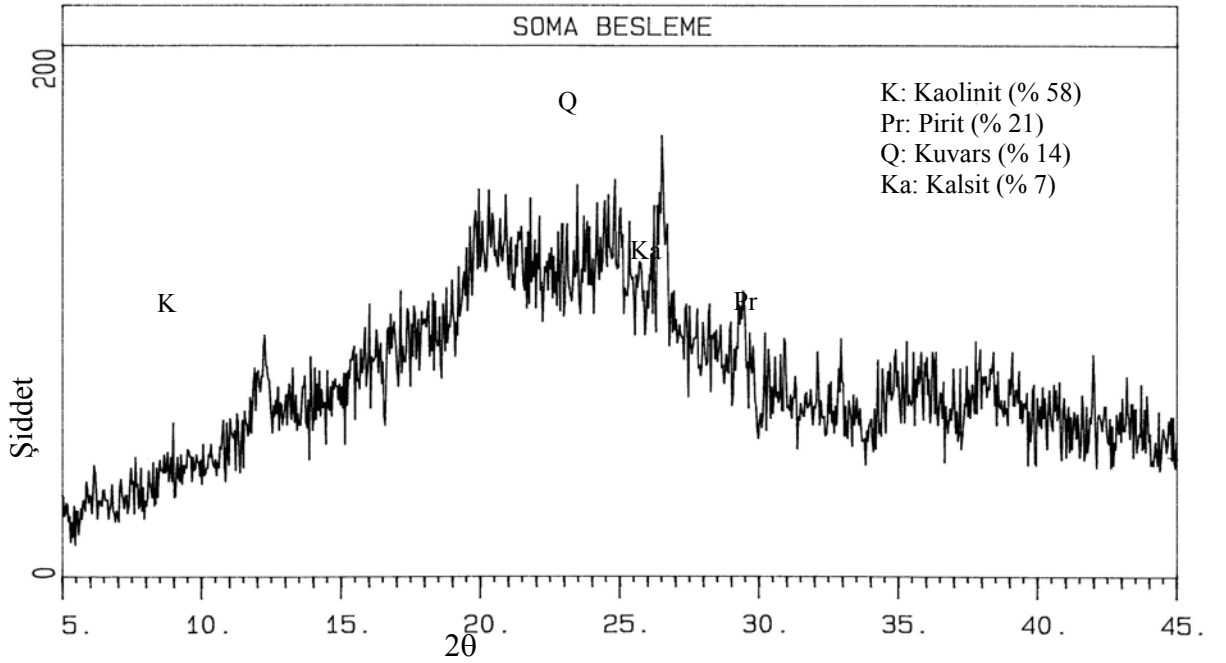
8. ÖZGEÇMİŞ

Selma ŞİMŞEK, 1974 yılında Almanya’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sivas’ta tamamladı. 1992 yılında başladığı Cumhuriyet Üniversite Maden Mühendisliği Bölümünden 1996 yılında mezun oldu. 1996-1999 tarihleri arasında C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansını “ Taşkömürünün Yağ Aglomerasyonu ile Zenginleştirilmesinde Bazı İşletme Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi” konulu tez çalışmasını sunarak tamamladı. 1998 yılında başladığı Öğretim Görevliliğine C.Ü. Sivas Meslek Yüksekokulu Maden Programında hale devam etmektedir.

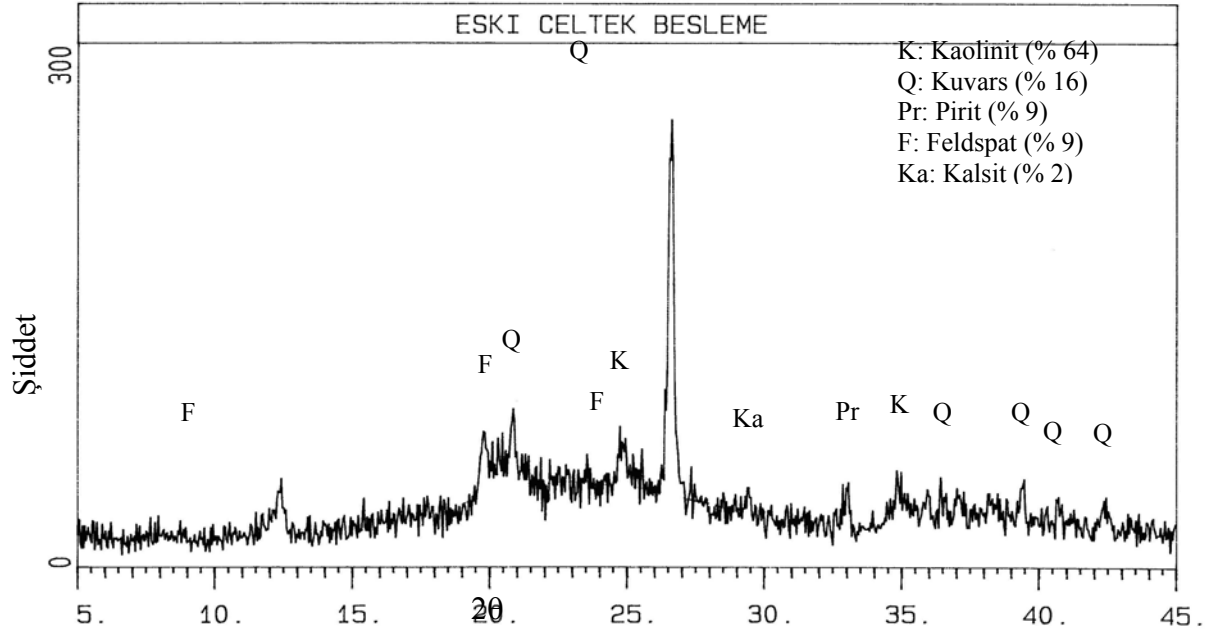
EKLER



Ek 1. Şekil 1. Taşkömürü besleme malı XRD grafiği



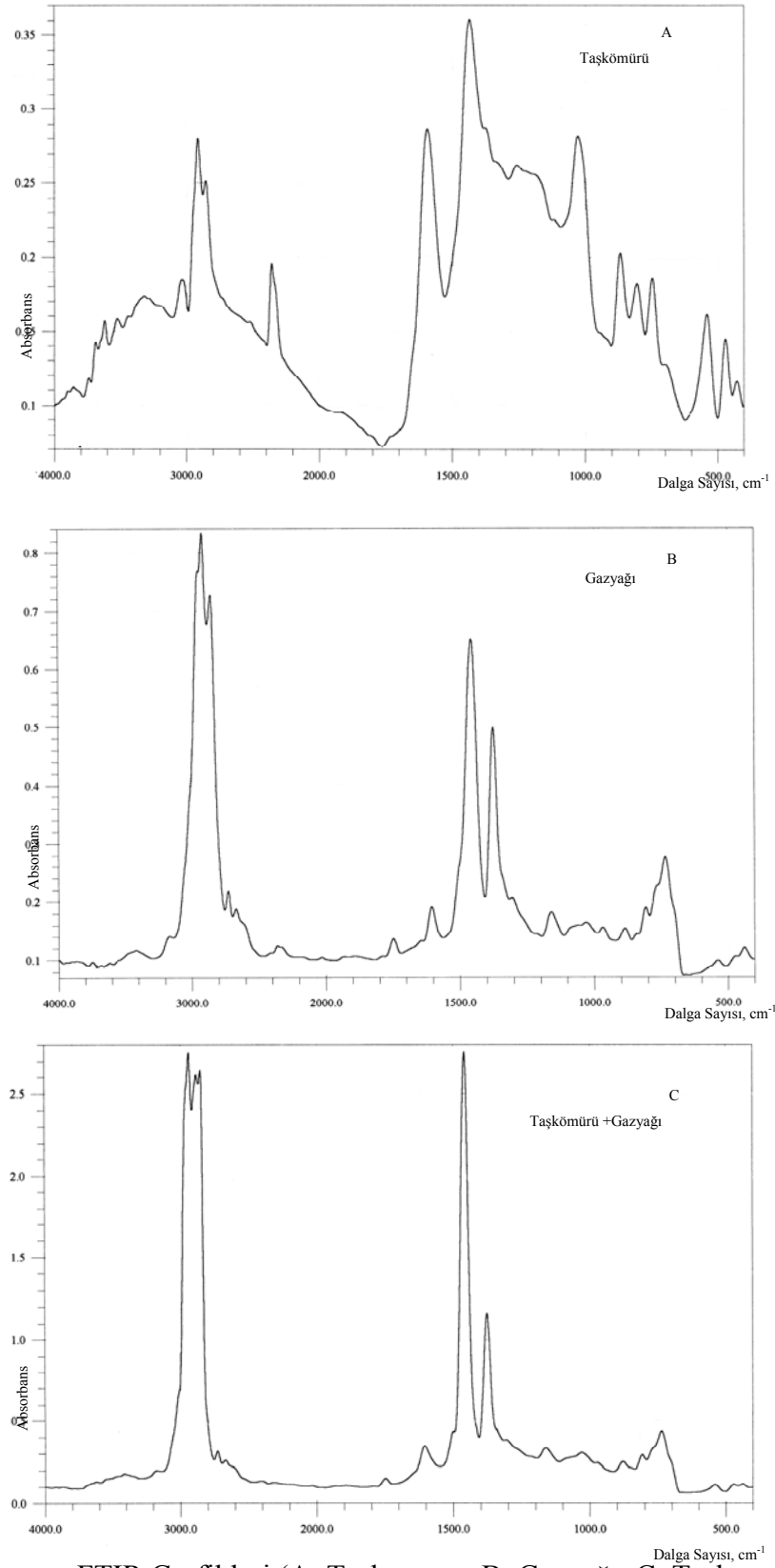
Ek 1. Şekil 2. Soma Linyit Kömürü besleme malı XRD grafiği



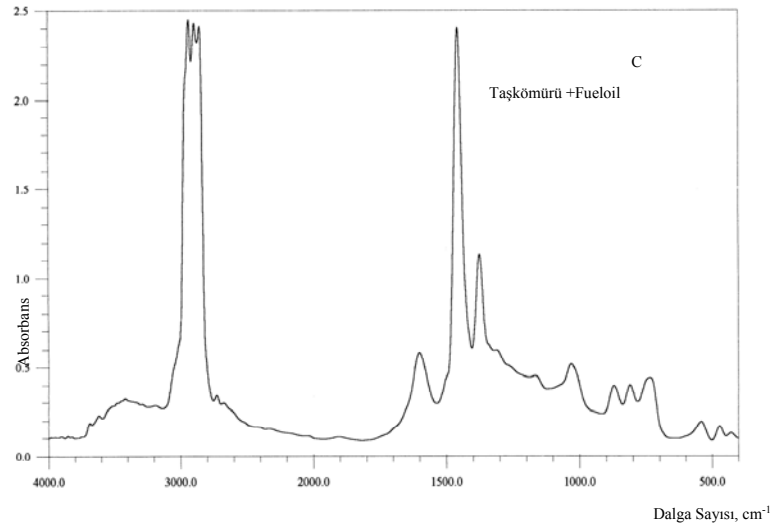
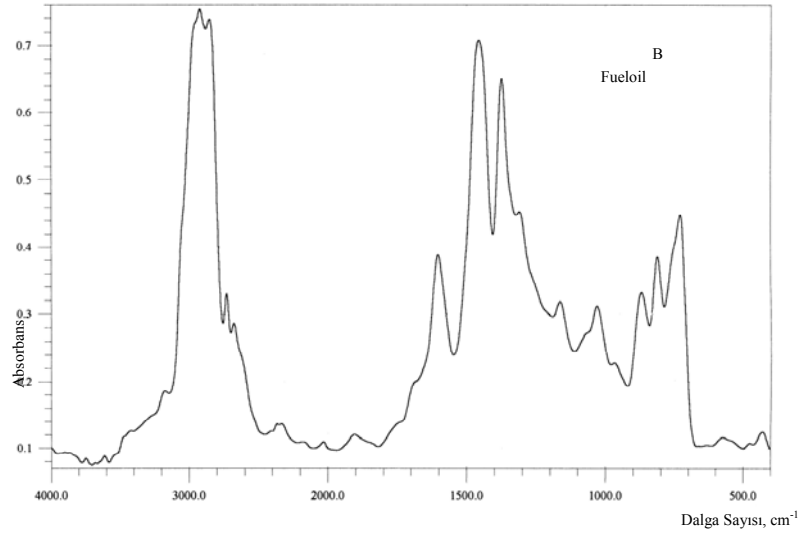
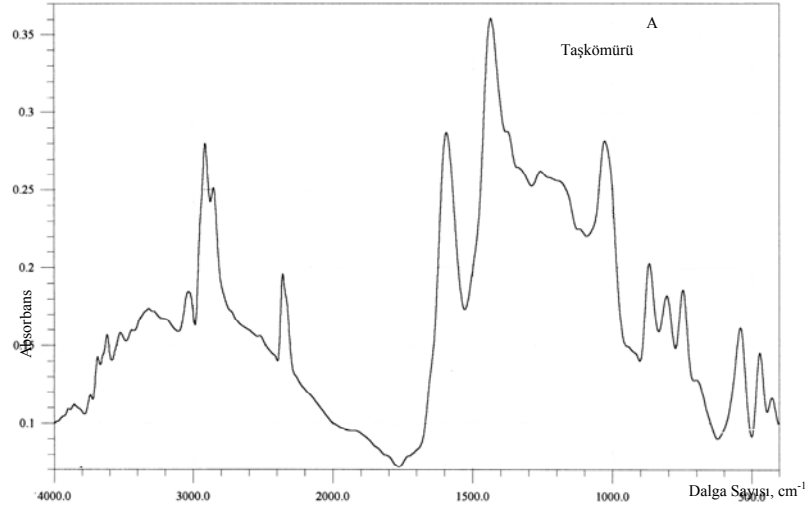
Ek 1. Şekil 3. Eski Çeltek Linyit Kömürü besleme malı XRD grafiği

Ek 3. Deneylerde kullanılan yağlarla üretilen en temiz konsantrelerin kül, kükürt ve ısı değerleri

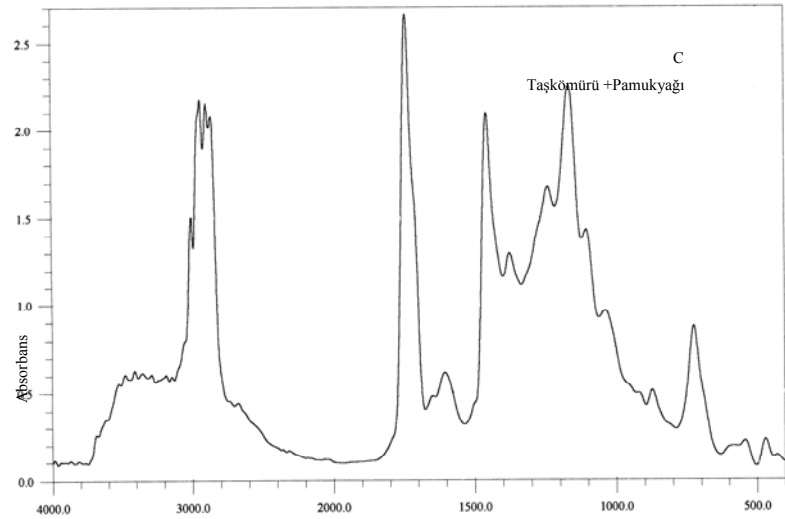
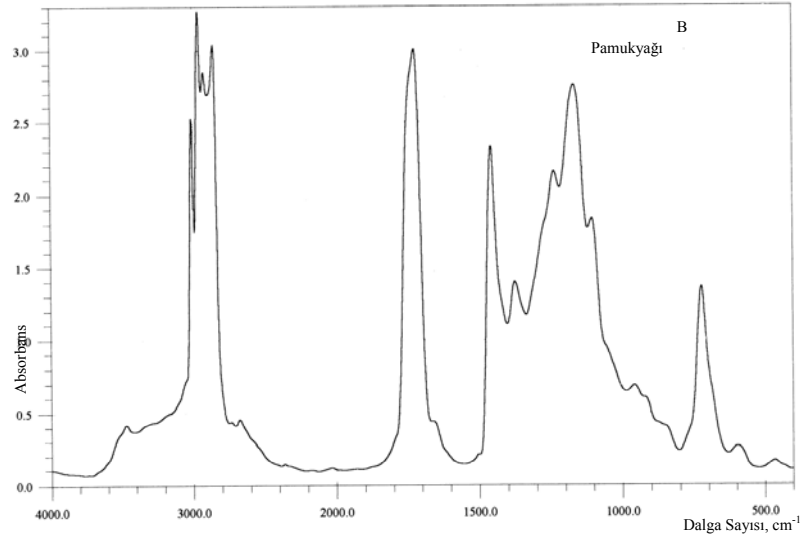
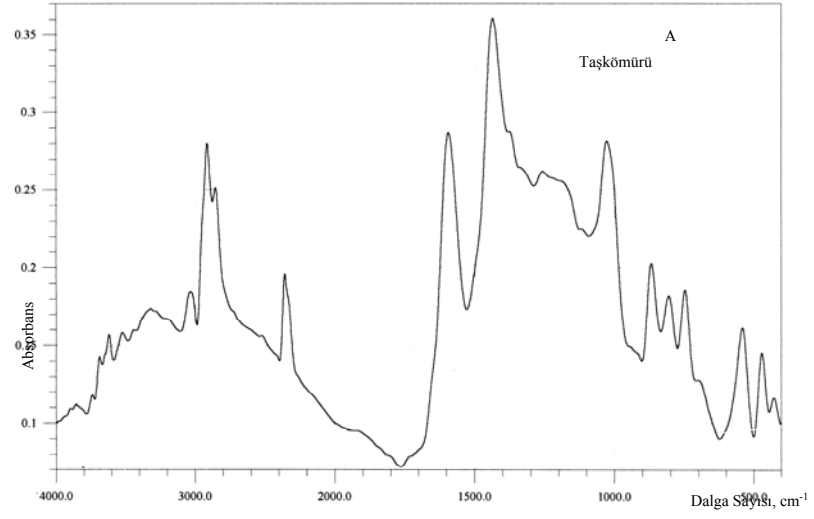
Numune Adı	Kül (%)	Kükürt (%)	Isıl Değer (kcal/kg)	
			Aşağı Kalori	Yukarı Kalori
Taşkömürü Ana Numune	14,08	0,34	6740	6988
Taşkömürü Gazyağı	7,65	0,33	7510	7777
Taşkömürü Fueloil	7,08	0,44	7760	8029
Taşkömürü Pamukyağı	8,45	0,34	7445	7710
Taşkömürü Susamyağı	9,68	0,33	7366	7628
Taşkömürü Zeytinyağı	9,29	0,34	7384	7647
Taşkömürü Soyayağı	9,06	0,33	7390	7653
Eski Çeltek Ana Numune	47,75	1,89	3444	3595
Eski Çeltek Gazyağı	25,60	2,04	5189	5404
Eski Çeltek Fueloil	26,57	2,30	5180	5393
Eski Çeltek Pamukyağı	23,34	2,17	5467	5689
Eski Çeltek Susamyağı	24,51	2,25	5301	5520
Eski Çeltek Zeytinyağı	21,82	2,30	5601	5827
Eski Çeltek Soyayağı	23,88	2,22	5383	5603
Soma Ana Numune	13,80	1,06	4966	5215
Soma Gazyağı	9,78	0,87	5519	5780
Soma Fueloil	10,86	0,95	4989	5247
Soma Pamukyağı	11,39	0,88	4982	5239
Soma Susamyağı	9,87	0,97	5232	5493
Soma Zeytinyağı	9,85	0,84	5351	5612
Soma Soyayağı	9,95	1,04	5044	5305



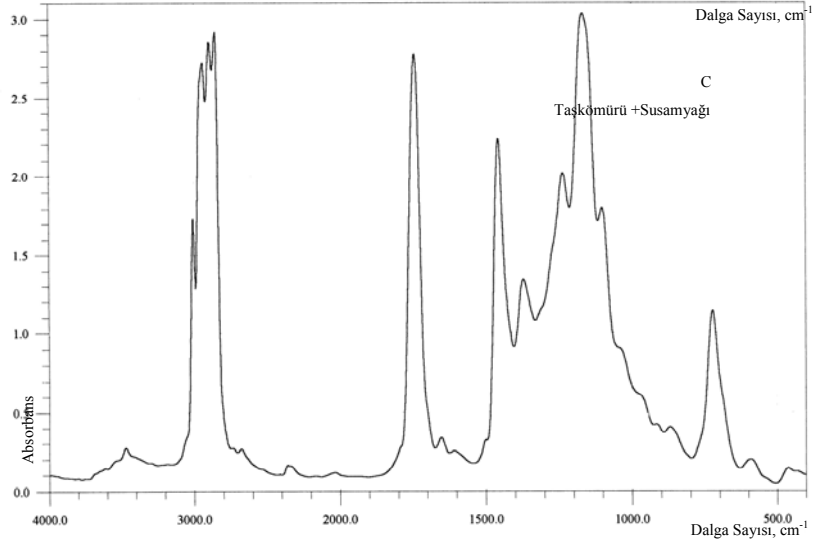
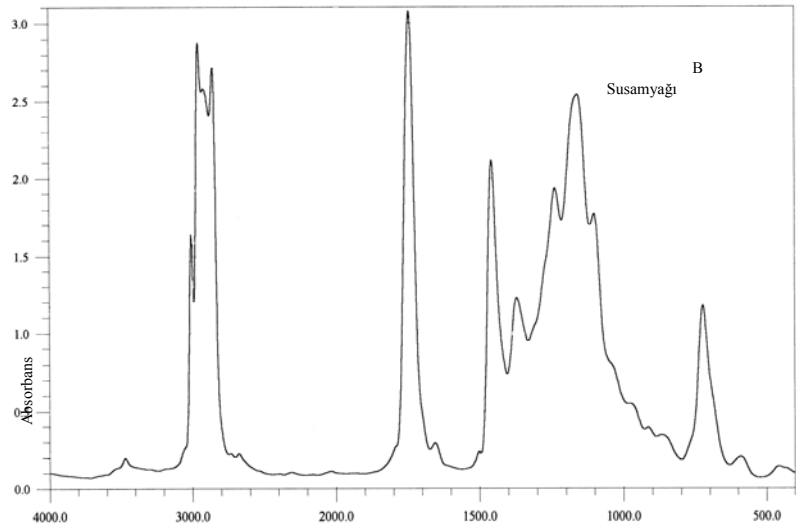
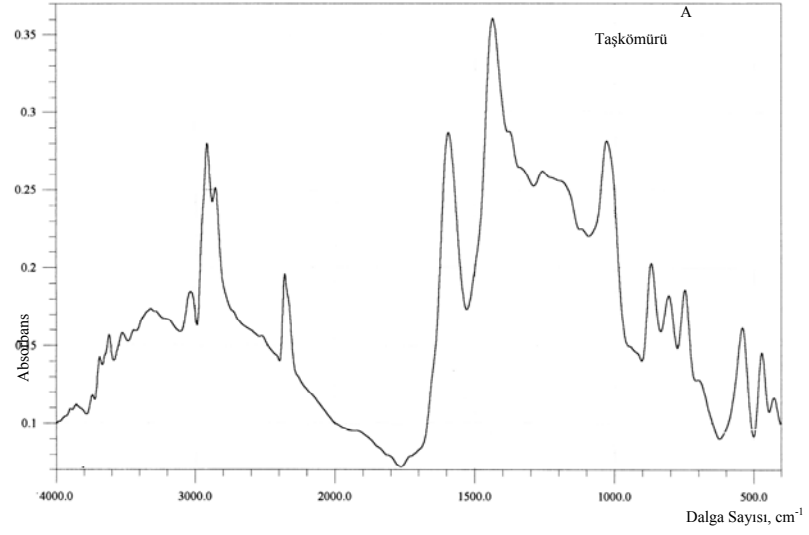
Ek 4. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Gazyağı; C: Taşkömürü + Gazyağı)



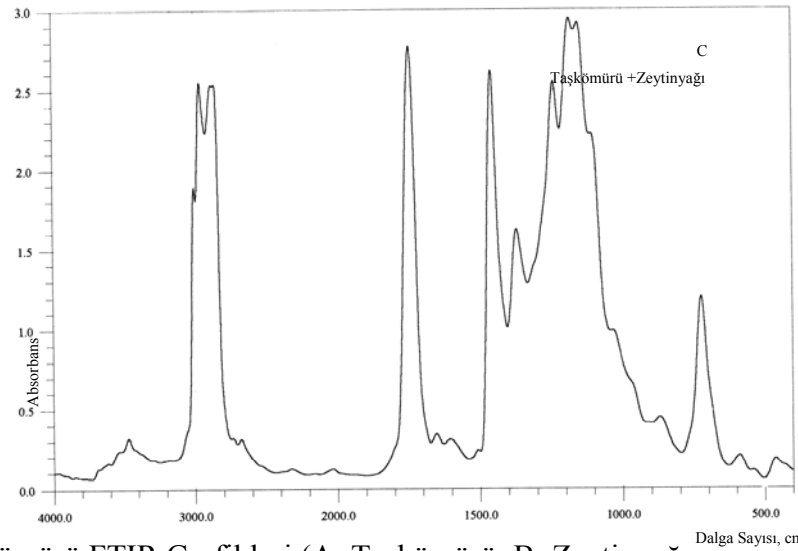
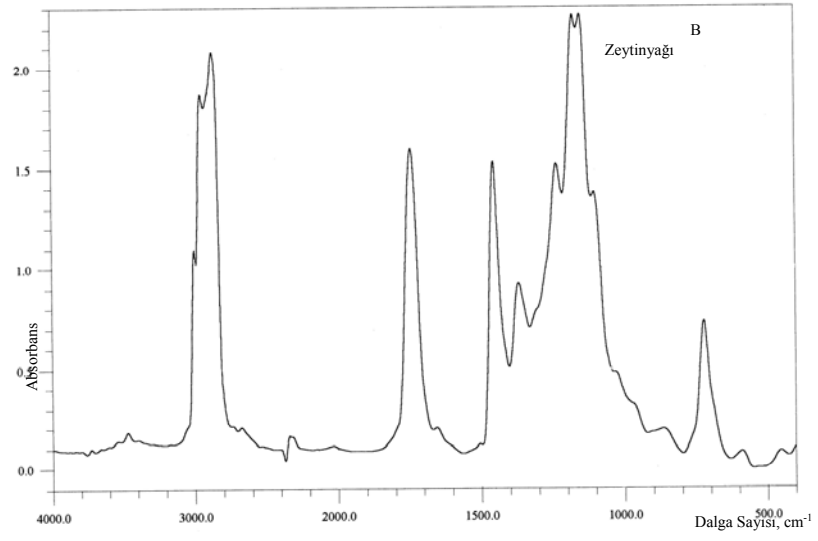
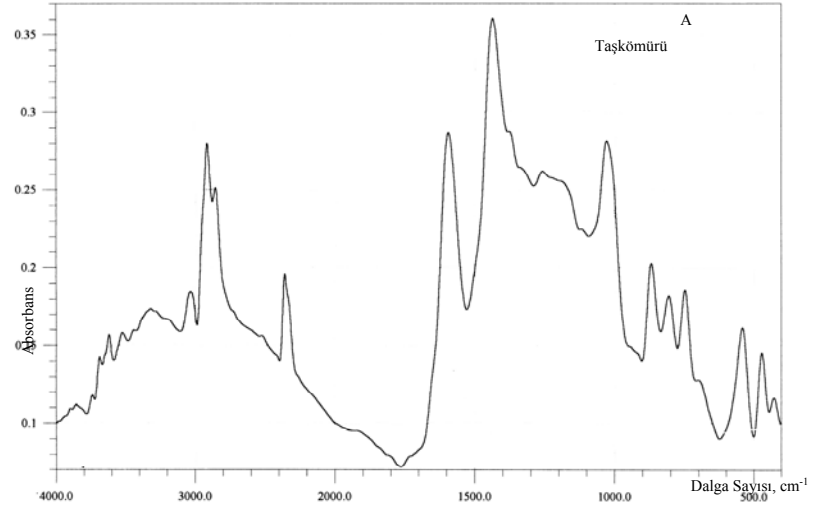
Ek 5. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Fueloil; C: Taşkömürü + Fueloil)



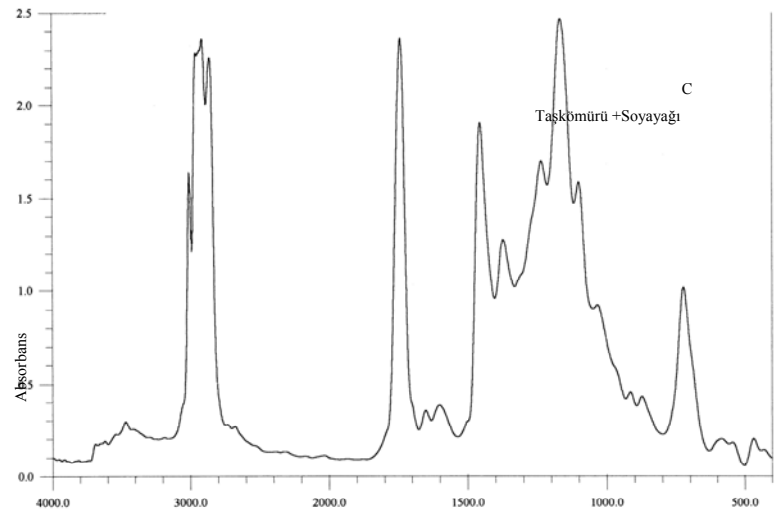
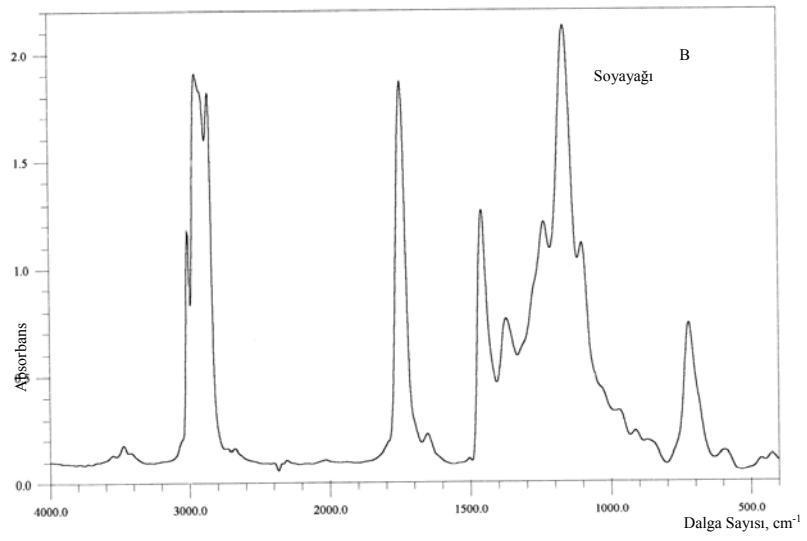
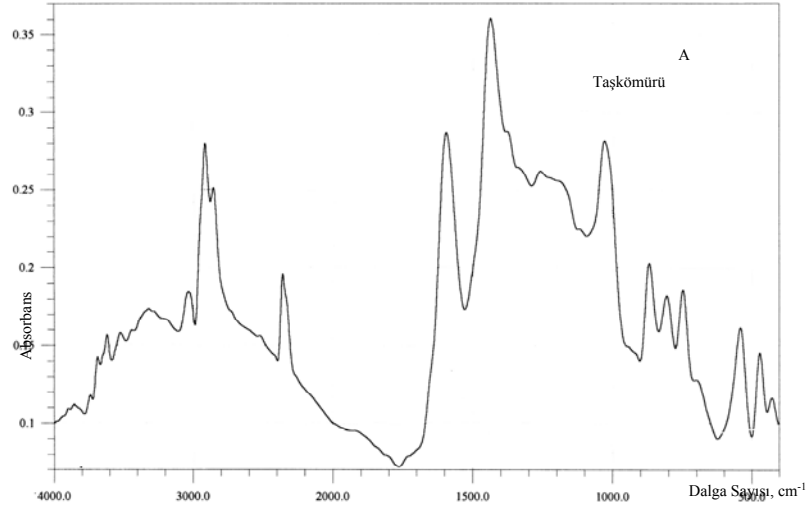
Ek 6. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Pamukyağı; C: Taşkömürü + Pamukyağı)



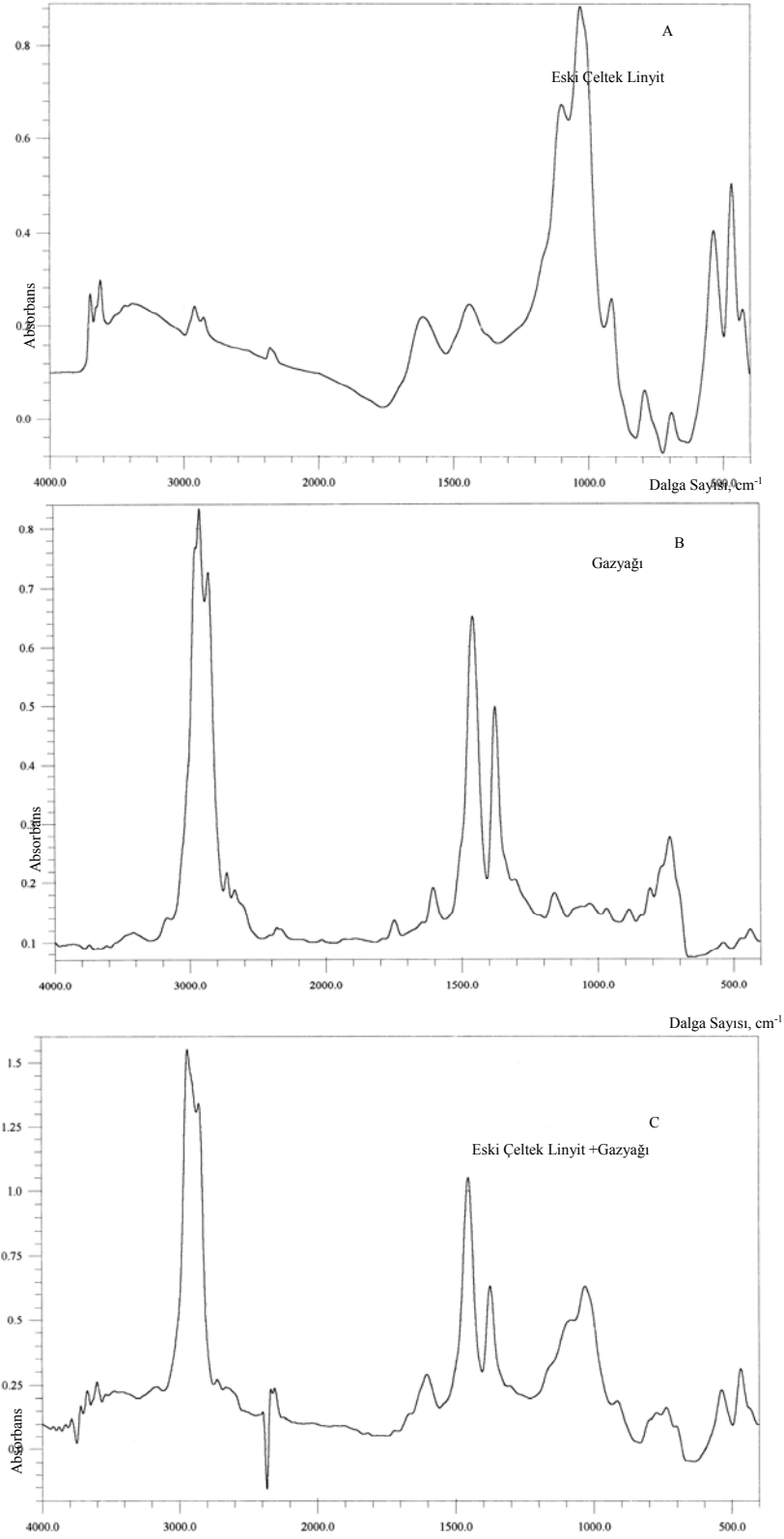
Ek 7. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Susamyağı; C: Taşkömürü + Susamyağı)



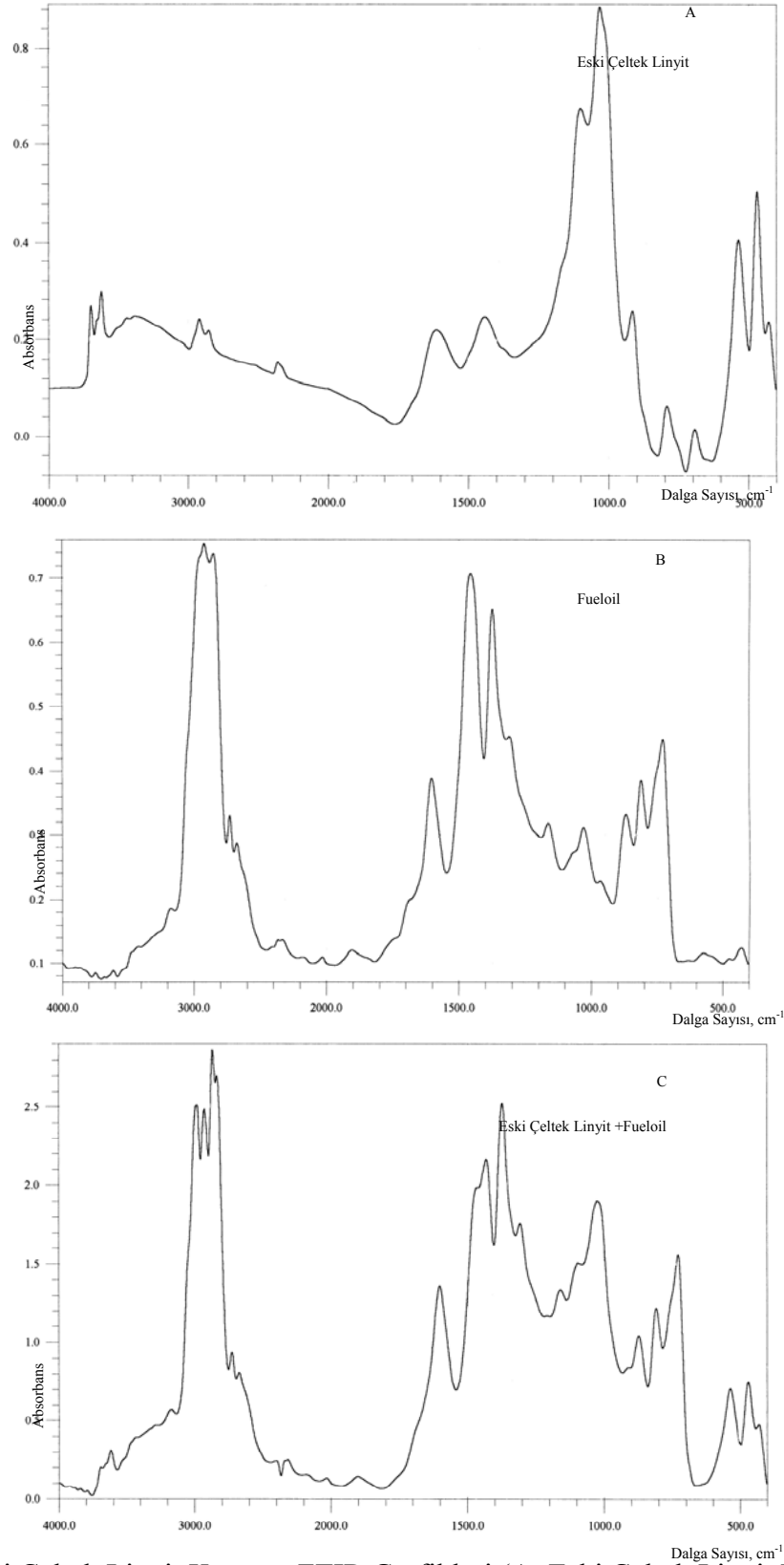
Ek 8. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Zeytinyağı; C: Taşkömürü + Zeytinyağı)



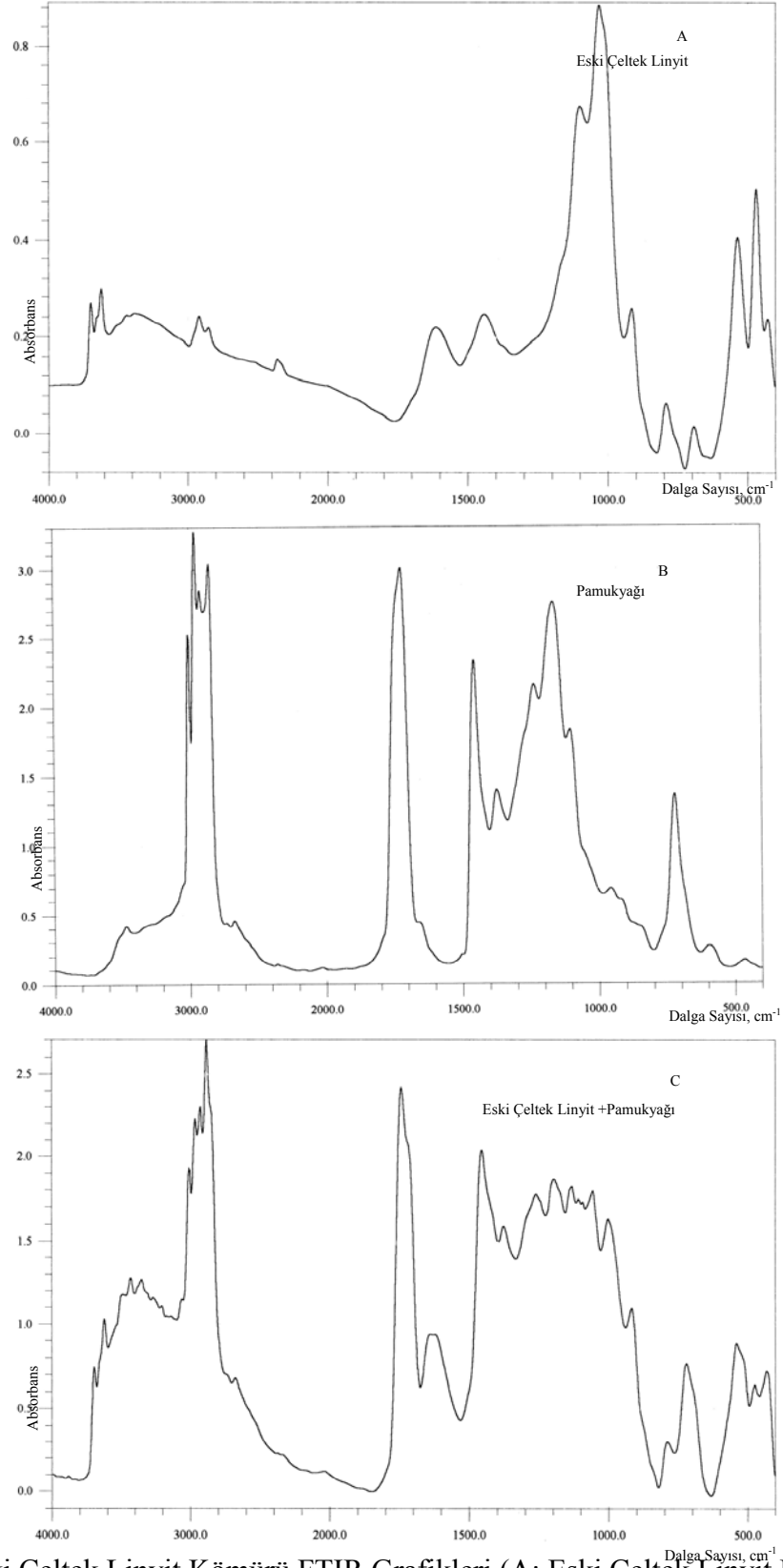
Ek 9. Taşkömürü FTIR Grafikleri (A: Taşkömürü; B: Soyayağı; C: Taşkömürü + Soyayağı)



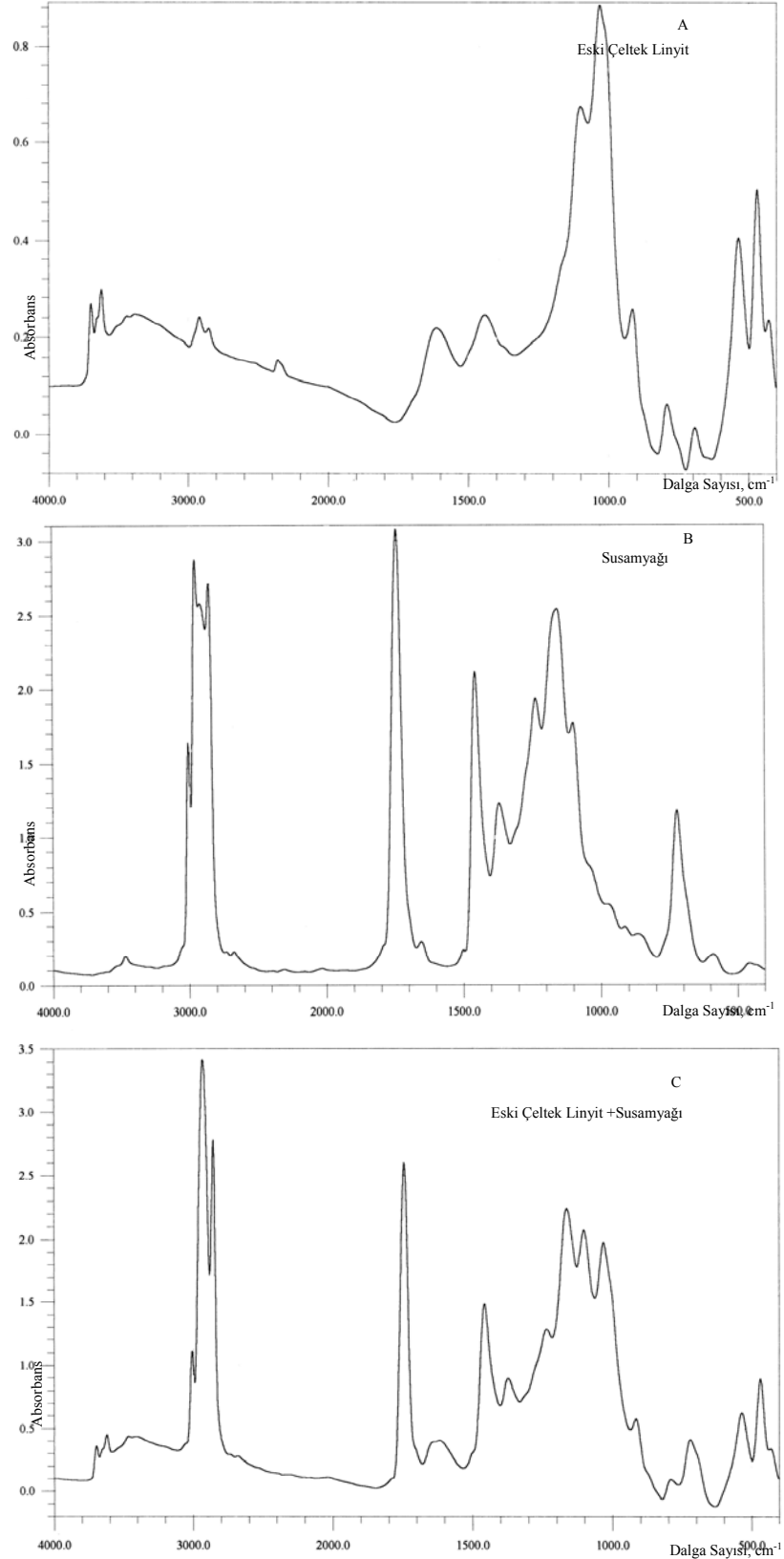
Ek 10. Eski Çeltik Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çeltik Linyit Kömürü, B: Gazyağı, C: Eski Çeltik Linyit Kömürü + Gazyağı)



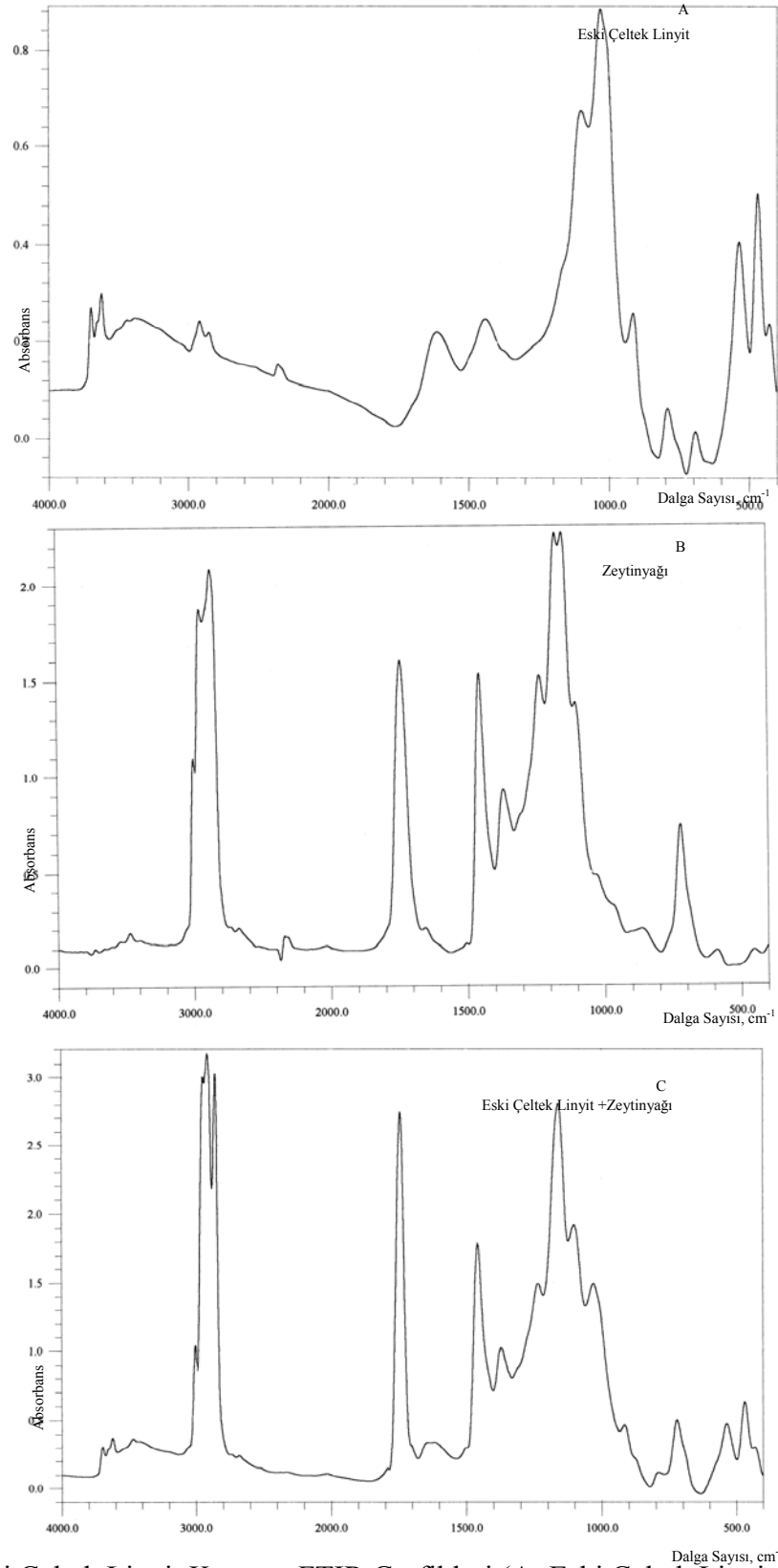
Ek 11. Eski Çelték Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çelték Linyit Kömürü, B: Fueloil, C: Eski Çelték Linyit Kömürü + Fueloil)



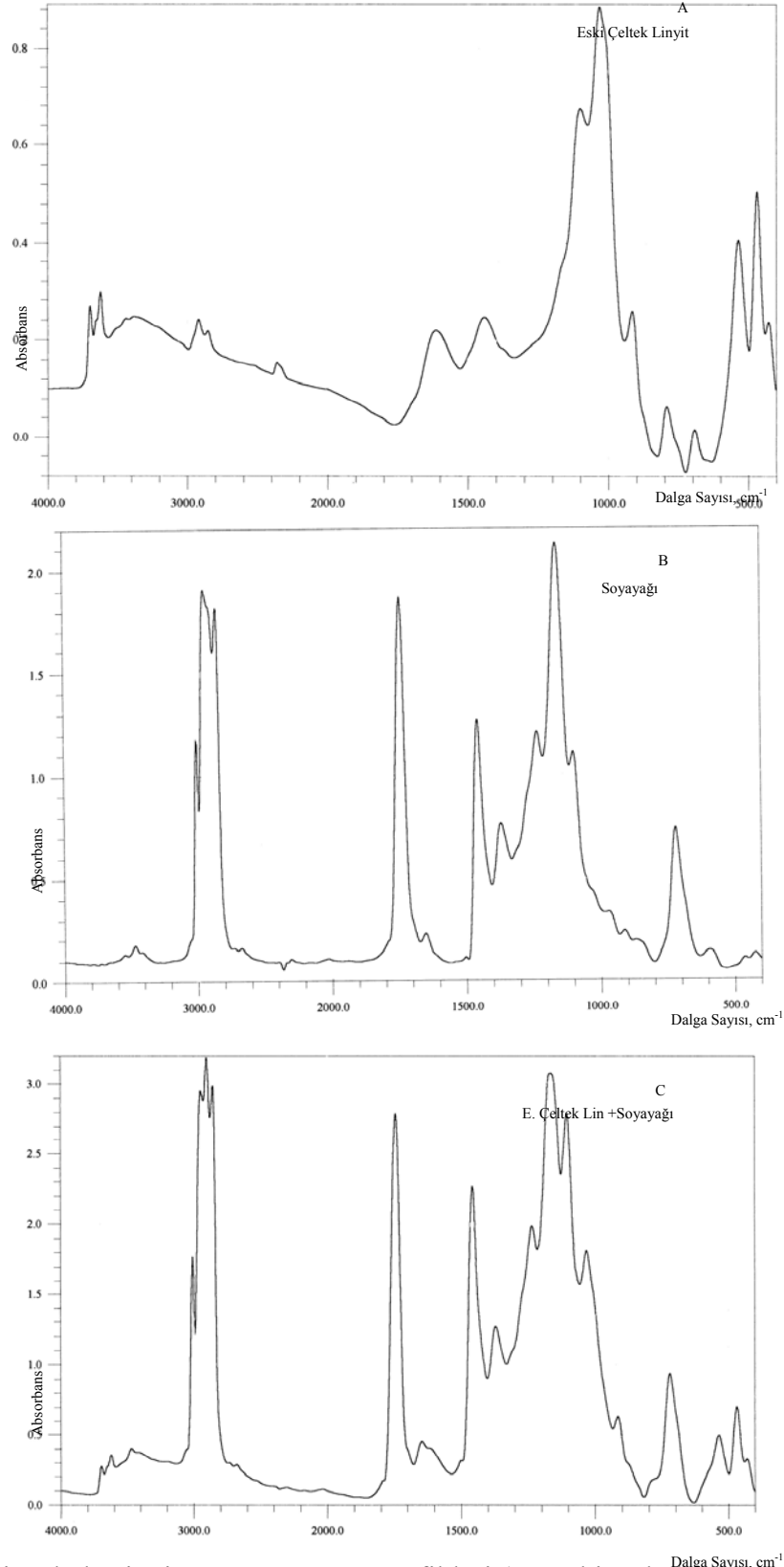
Ek 12. Eski Çelték Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çelték Linyit Kömürü, B: Pamukyağı, C: Eski Çelték Linyit Kömürü + Pamukyağı)



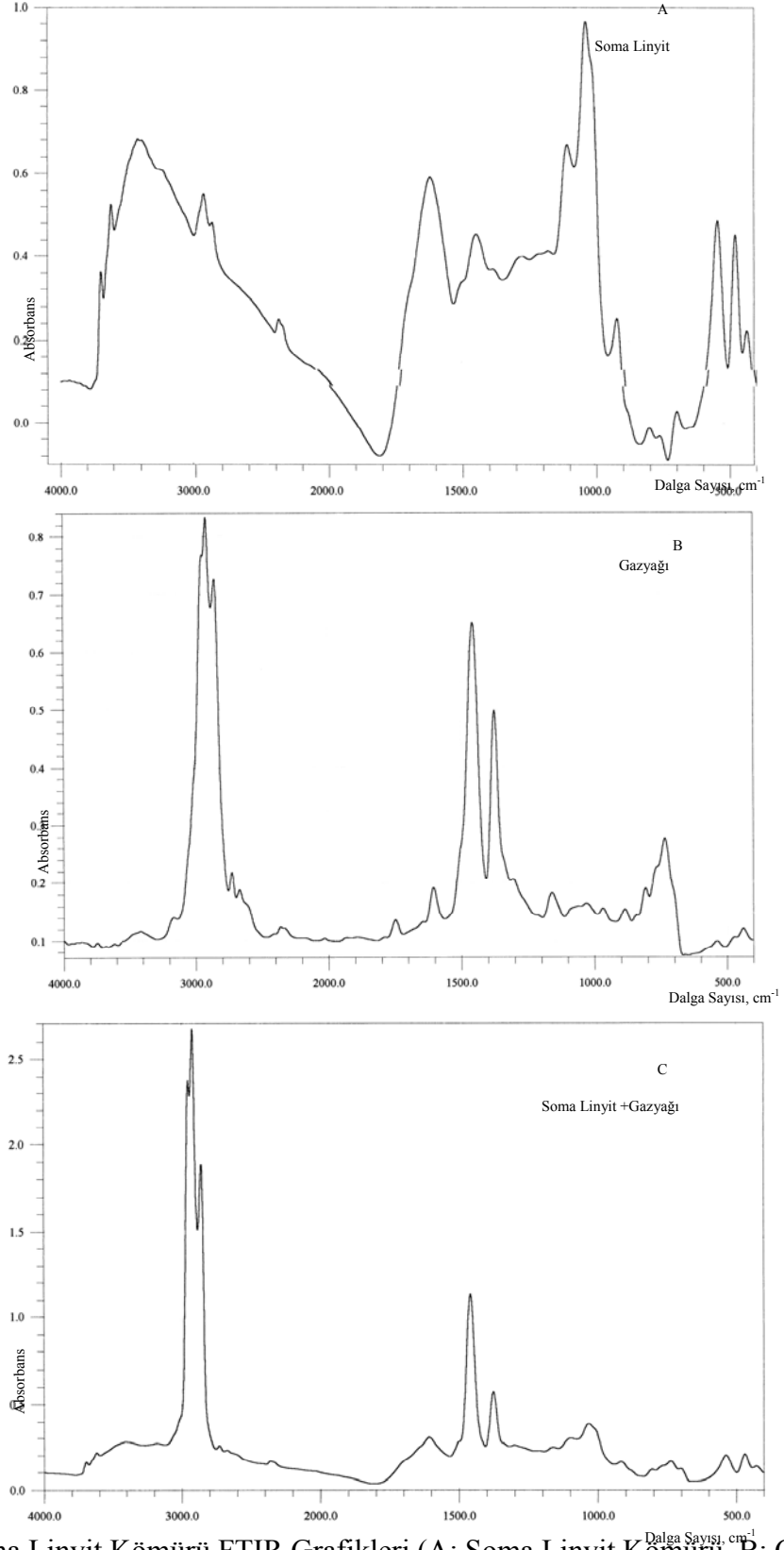
Ek 13. Eski Çelték Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çelték Linyit Kömürü, B: Susamyağı, C: Eski Çelték Linyit Kömürü + Susamyağı)



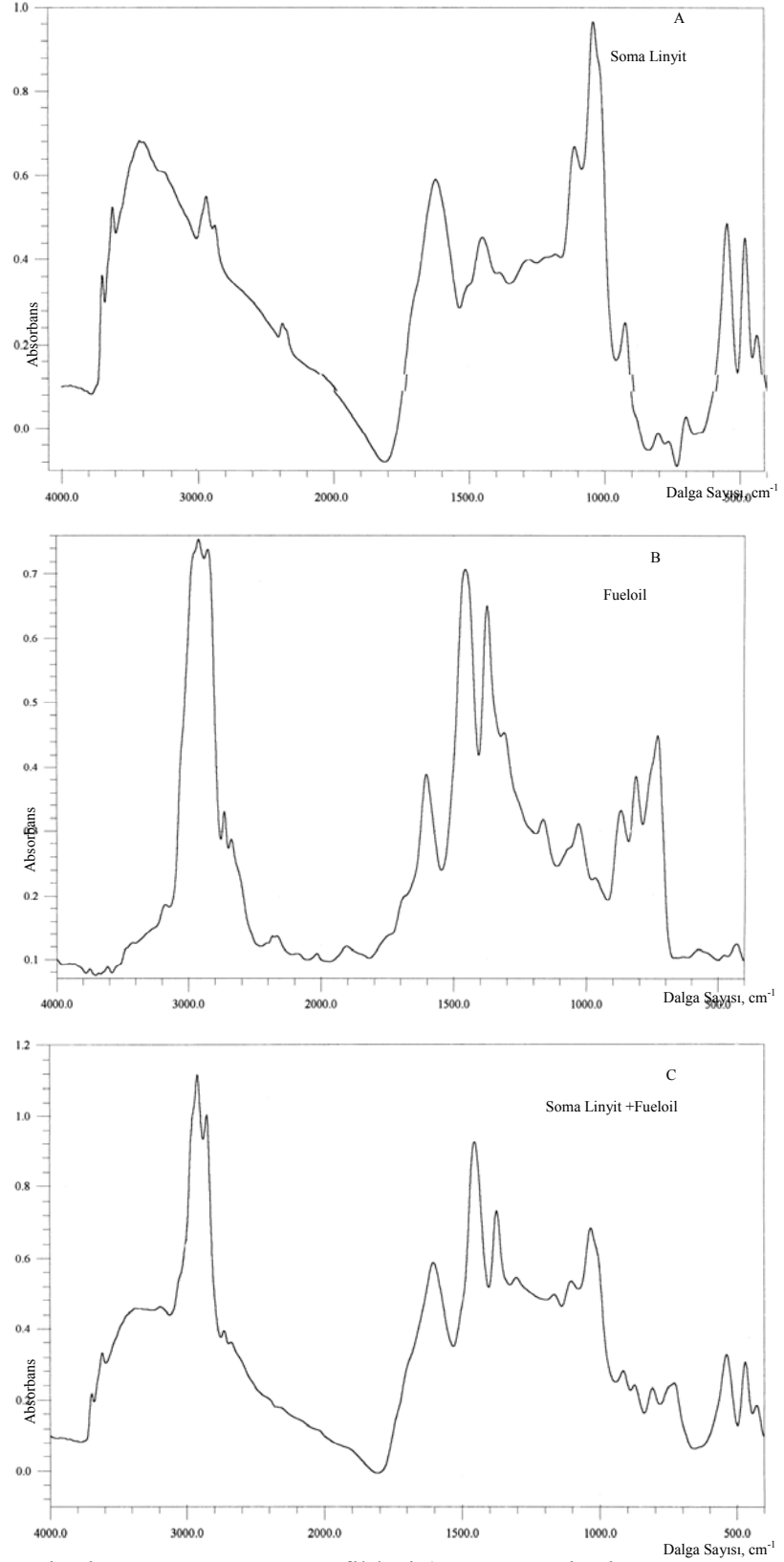
Ek 14. Eski Çelték Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çelték Linyit Kömürü, B: Zeytinyağı, C: Eski Çelték Linyit Kömürü + Zeytinyağı)



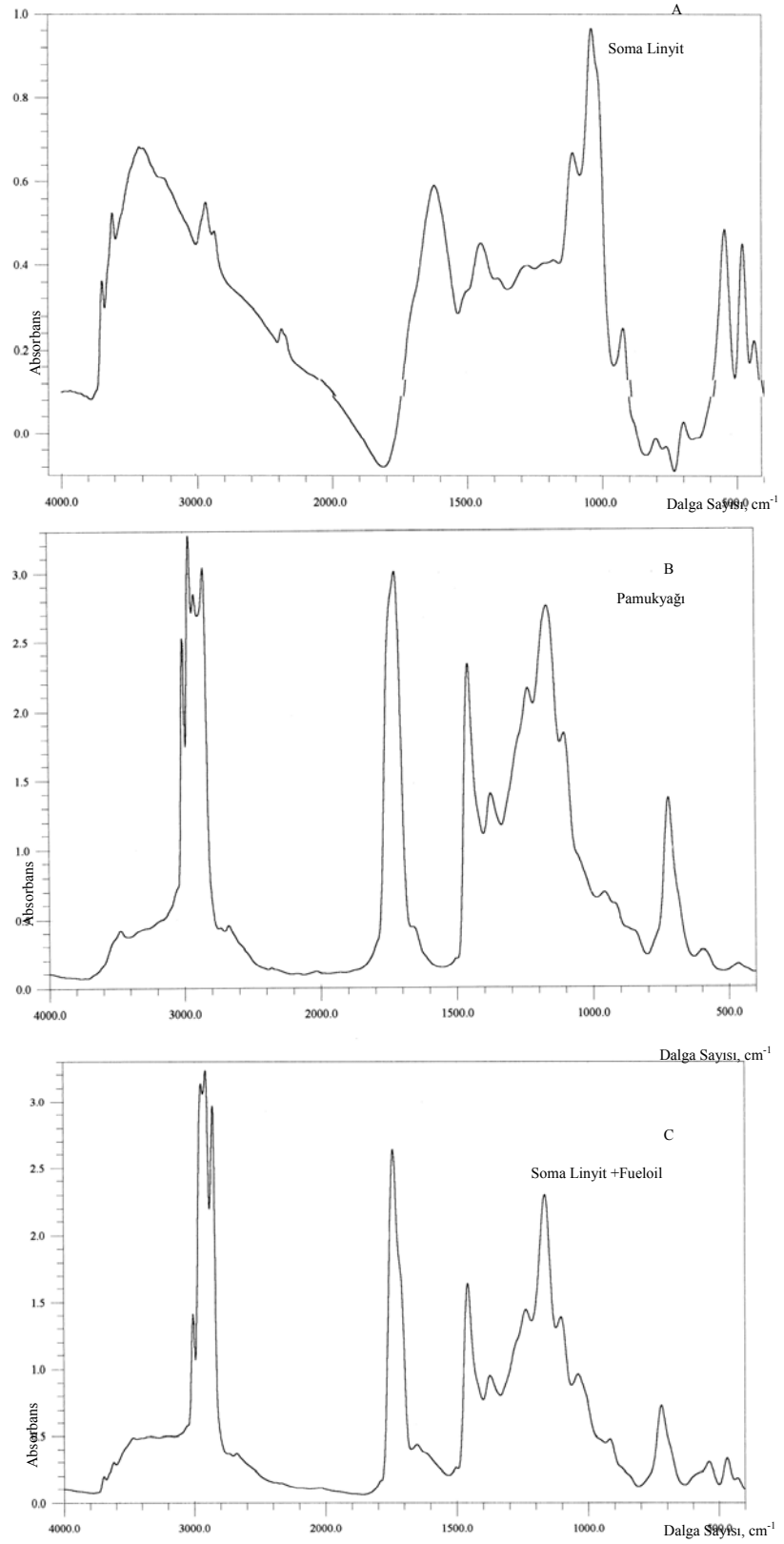
Ek 15. Eski Çelték Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Eski Çelték Linyit Kömürü, B: Soyayağı, C: Eski Çelték Linyit Kömürü + Soyayağı)



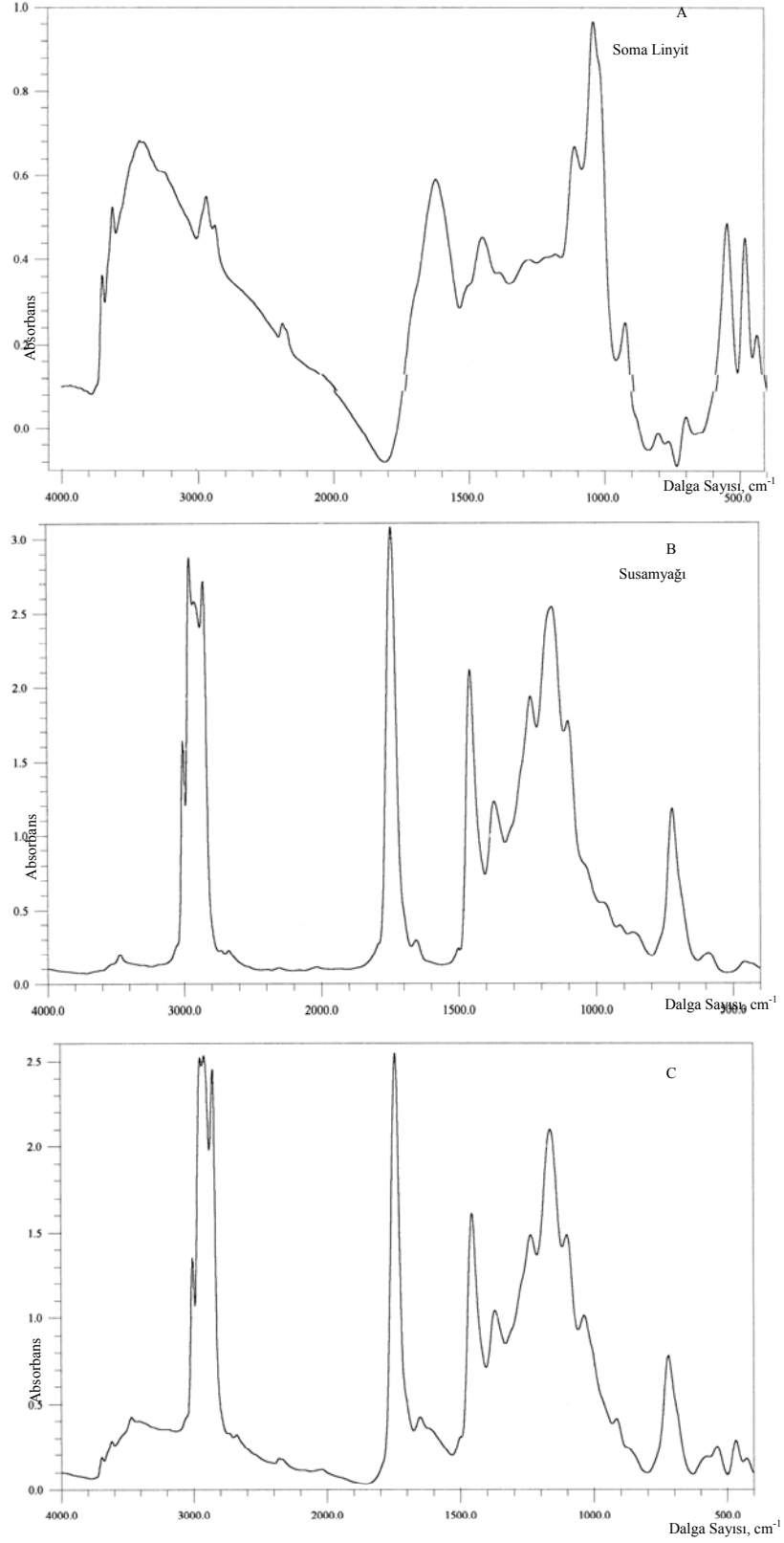
Ek 16. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Gazyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Gazyağı)



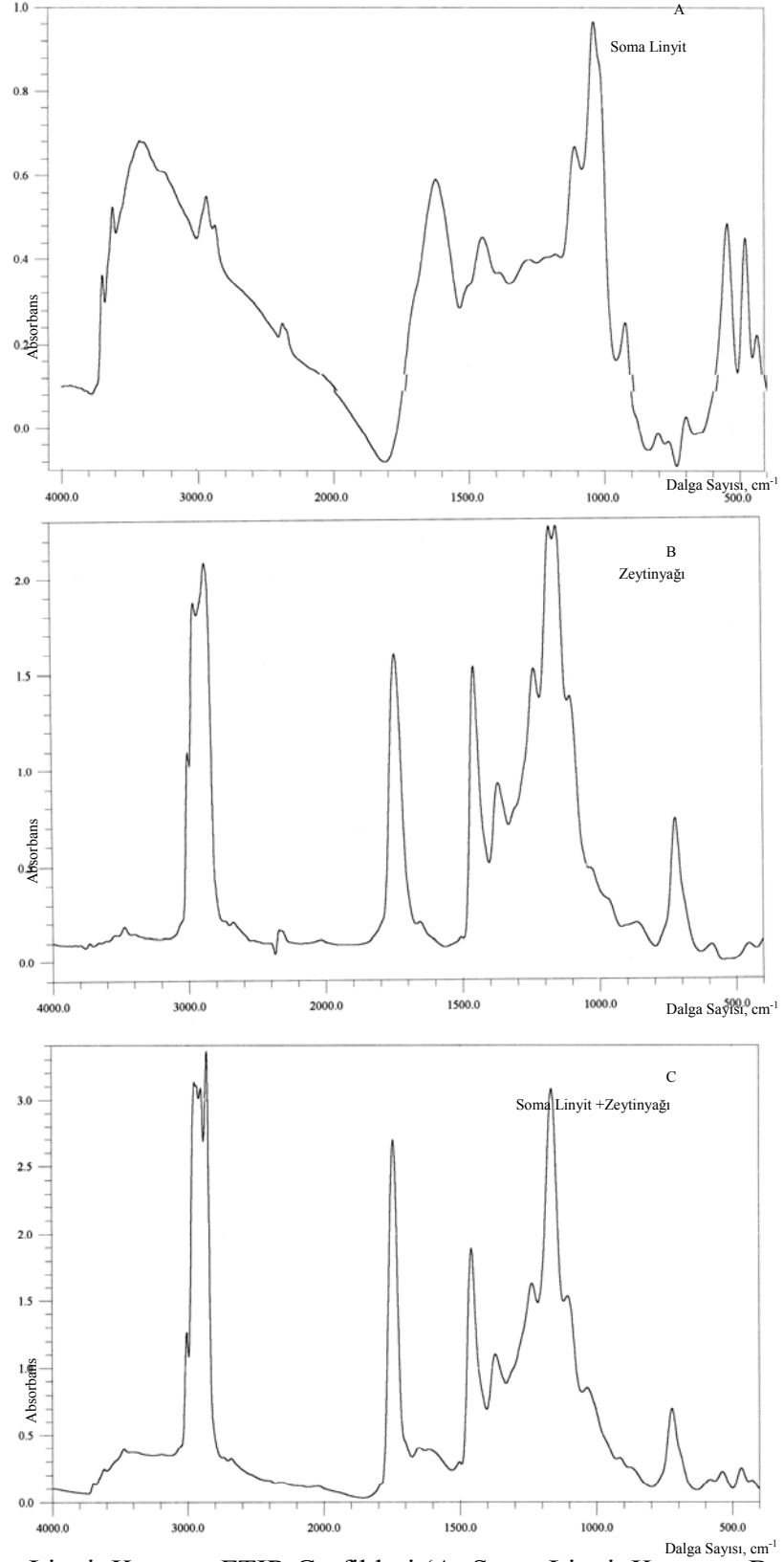
Ek 17. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B Fueleoil, C: Soma Linyit Kömürü + Fueleoil)



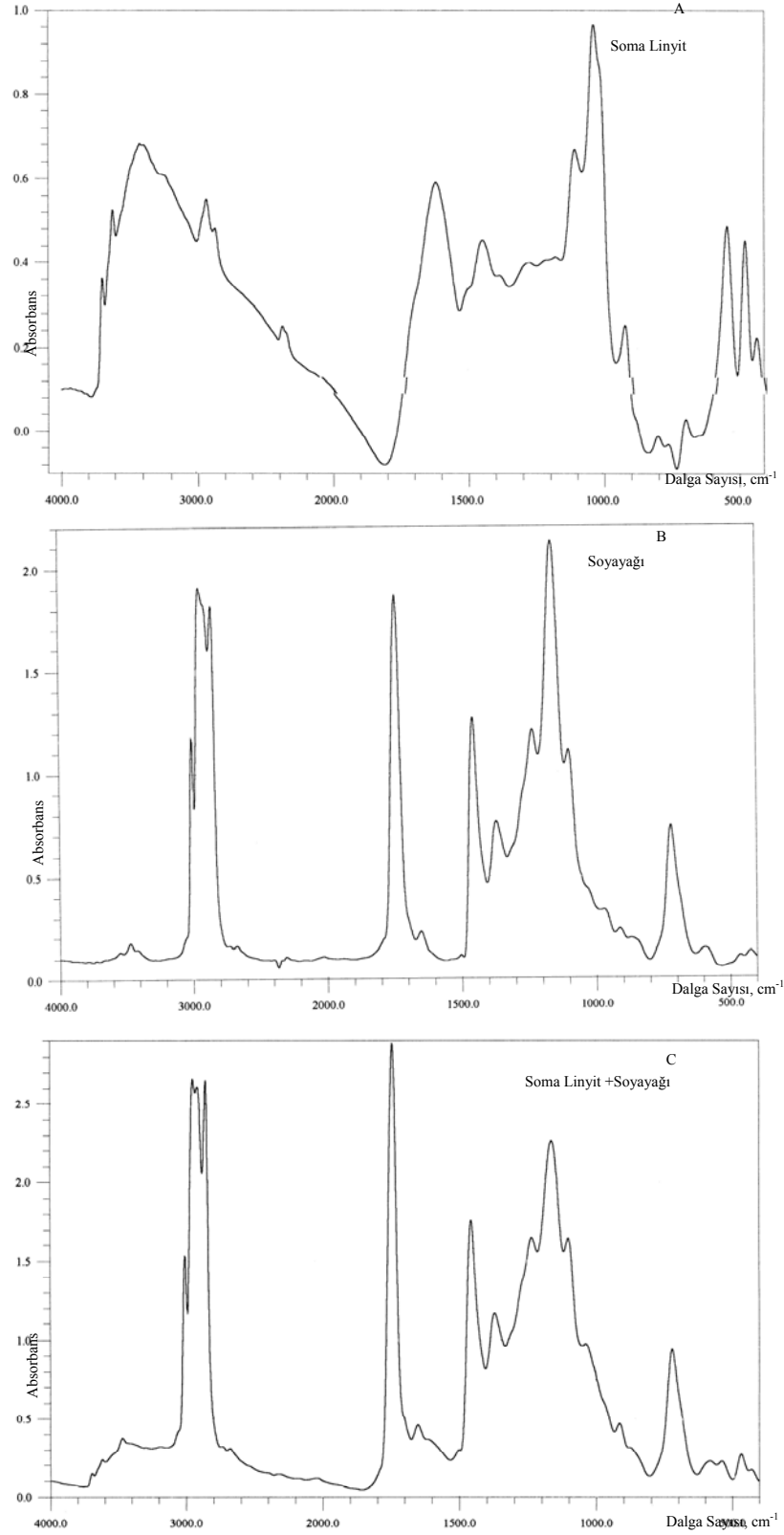
Ek 18. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Pamukyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Pamukyağı)



Ek 19. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Susamyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Susamyağı)



Ek 20. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Zeytinyağı, C: Soma Linyit Kömürü + Zeytinyağı)



Ek 21. Soma Linyit Kömürü FTIR Grafikleri (A: Soma Linyit Kömürü, B: Soyayağı, C: Soma Linyit Kömürü + Soyayağı)

