

1. GİRİŞ

Linyit kömürü, vazgeçilemeyen ve her geçen gün önemli bir konuma gelen enerji kaynaklarından birisidir. Başta elektrik üretimi ve termik santrallerde olmak üzere, ısınma amacı ile konutlarda, çeşitli enerji üretimi için de sanayide kullanılmaktadır. Linyit talebinin mümkün olduğunca yerli kaynaklardan karşılanması için, gerek kamu ve gerekse özel sektörce bilinen kaynakların en ekonomik ve maksimum faydayı sağlayacak şekilde işletilmesi, kullanımı gerekmektedir (1).

Linyit madenciliğinde, linyitlerin büyük çoğunluğunun kalitelerin düşük oluşu, ve bu düşük kaliteli linyitlerin üretimi dünya enerji piyasalarındaki gelişmelere bağlı olarak değişecektir. Bununla birlikte çevre üzerindeki olumsuz etkileri linyit madenciliğimizin bugün olduğu gibi, yakın gelecekte de en önemli sorunu olmaya devam edecektir.

Linyit rezervimiz fazla olmasına rağmen, bu linyitlerin büyük bir kısmı düşük kalorili ve yüksek kükürlüdür (2). Kömürlerdeki kükürdün; organik kükürt, sülfat kükürdü ve piritik kükürt olmak üzere üç şekilde bulunduğu bilinmektedir. Organik kükürtün cevher hazırlama yöntemleriyle uzaklaştırılması çok zordur. Ancak bu yöntemlerle kömürden piritik kükürt ve sülfat kükürdü uzaklaştırılabilir (3, 4, 5.).

Özellikle pirit, kömür içinde çok küçük taneler halinde bulunuyorsa, kömürlerden piritin ayrılması için tane boyutunun küçültülmesi gerekmektedir. Bu durum ise kömürün yakılması sırasında problem oluşturmaktadır. Doğada yapı, doku, bileşenler ve köken açısından birbirleriyle tam anlamda özdeş olan kömür oluşumuna rastlamak hemen hemen mümkün değildir. Bu nedenle kömür yataklarından birisine uygulanan hazırlama yönteminin diğer yataklara uygulanabileceği söylenemez (6,7).

Linyit madenciliğimizin öneminin artması, çevre üzerindeki olumsuz etkileri minimize edecek tedbirlerin alınması bunu sağlamaya yönelik kükürt miktarının azaltılması ve uygun yakma sistemlerinin geliştirilmesine bağlı olacaktır (8).

Katı yakıtların, dolayısıyla yerli linyitlerimizin halen olduğu gibi gelecekte de en güvenilir enerji kaynağı olma özelliğini koruyabilmesi, bunların en verimli ve temiz bir şekilde yakılabilmelerine bağlıdır. Bu nedenle bunların kullanımının artırılması ve çevreyi kirletmelerin önlenmesi amacıyla, ısınma ve endüstriyel tesislerde kullanılacak linyitlerin kalitelerinin gelişmiş kömür hazırlama ve zenginleştirme teknolojileri kullanılarak iyileştirilmesi gerekmektedir (9).

Kömür zenginleştirme tesislerinin gelişimiyle ekonomik ve teknolojik nedenlerden dolayı değerlendirilemeyen kül ve kükürt oranları yüksek olan çok sayıda kömür yatakları değerlendirme imkanı bulacaktır.

Bu araştırma, yüksek kükürt içerikli Çivril (Denizli) yöresi linyitlerinin hava kirliliğine olan etkilerini minimuma indirmek amacıyla yapılmıştır.

2. YÖRE LİNYİTLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Sülfürler, kömürleşme olayı ile eş oluşumlu (senjenetik) çökellerdir. Konkresyon halindeki senjenetik pirit ve melnekovit piritin yanında, çatlaklarda görülen artoluşumlu (epijenetik) kalkopirit, blend ve galenit şeklinde yer alır.

Pirit, kömürün oluşumu sırasında veya sonunda oluşabilir. Teorik olarak, paralik (denizel) havzalarda, sülfürlü minerallerin artması, deniz suyunun etkisine bağlanmaktadır. Hem paralik (denizel), hem de limnik (karasal) havzalarda yan kayaç bileşimi çok önemlidir. Eğer havzada yan kayaç birimleri genelde kireçtaşı ve dolomit ise, kömür damarlarındaki sülfür miktarı (pirit ve kalkopirit) önemli miktarlarda artmaktadır.

İnceleme alanında kömür içeren Tokça ve Karahacali formasyonlarında temelde Kretaseye ait serpantin ve şistlerin yanı sıra kireçtaşlarının bulunması ayrıca, Tokça köyünün batısında, Deliklitaş yöresinde en yaşlı formasyon olarak beyaz renkli, masif kristalize kireçtaşlarının geniş alanlarda yüzeylemesi, kömür havzalarındaki kükürtün yüksek olmasının nedenini açıkça göstermektedir. Kısaca şöyle de açıklanabilir; Kireçtaşlarının hümikasıtları nötrale etmesi ve dolayısıyla bakterilerin anormal şekilde gelişmesi, ortamda bakterilerin oluşturduğu sülfürlerin oranını arttırmaktadır.

Kömürlerin oluşumları ve ortamsal özellikleri itibarıyla, alüvyonel ortamlarda gelişen kömürler genellikle yanal süreksiz olup, çok az oranda kükürt içerir ve litolojik birim olarak ta, kum, kil, silt yoğun görülür. Bu havzalarda gözlenen pirit minerali genellikle ikincil kökenlidir.

Buna karşın; Tokça ve Karahacali bölgesinde olduğu gibi inceleme alanında oluşan kömürler Alt delta ortamlarında yer alır ve yaklaşık 1.5 m. yersel yanal sürekli olup, bazı örneklerde yüksek oranda sülfür içerir. Böyle ortamlarda oluşan pirit mineralleri küreseldir. İnceleme alanında da kısmen küresel yapıda pirit gözlenebilmektedir. Kömür havzasında, kum-kil-silt diziliminin görülmemesi yöre kömürlerinin alüvyoner ortamda oluşmadığının önemli delilidir. Çünkü sahada hakim litoloji, Marn ve kireçtaşıdır.

Kömürün ısı değerinin (alt ısı değeri; 4827 k.cal/kg, üst ısı değeri; 6104 k cal/kg) biraz yüksek olması, inceleme alanında gözlenen KD-GB doğrultuna fay boyunca, kömür havzasının kısmen tektonizma etkisinde kalmasıdır. Dinamik hareketler kömür kalitesini iyileştirmektedir. Fay nedeniyle yükselen blok üzerinde yer alan havza 13 km uzunlukta ve 2 km genişliktedir ve üretim bu sahada gerçekleştirilmektedir.

Yöre linyitlerin yıkanabilme durumları genelde orta ve kötü özelliktedir. Bu özelliklerinden dolayı, yoğunluğa göre zenginleştirme yöntemlerinden olumlu sonuç alınamamaktadır. Ayrıca, söz konusu yöre linyitlerinin kül oranı düşük, ısı değerinin yüksek olması iyi bir özellik olmasına rağmen, kükürt oranının yüksek olması büyük bir dezavantajdır. Bu nedenle, flotasyon ve kimyasal yöntemlerle kükürdün uzaklaştırılması gerekmektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Flotasyon deneylerinde, Denizli-Çivril yöresinden alınan yüksek piritli kömürler kullanılmıştır. Bu kömürler parlak sert linyitler sınıfında yer almaktadır. Söz konusu kömür, % 14.31 bünye nemi, % 4 toplam kükürt (% 2.83'ü piritik kükürt şeklinde) ve % 6.06 kül içermektedir. Ayrıca, alt ısı değeri 4827 kcal/kg, üst ısı değeri 6104 kcal/kg olarak saptanmıştır.

Bu çalışmada, flotasyon yöntemiyle kömürün bünyesindeki piritik kükürtün uzaklaştırılması hedeflenmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İlk aşamada yapılan ön deneylerden, verimin çok düşük olduğunun tesbit edilmesinden sonra sistematik araştırmalara ters flotasyon deneyleriyle devam edilmiştir.

Flotasyon deneylerinde, pH değişimi, bastına miktarı, toplayıcı miktarı, köpürtücü miktarı, karıştırma hızı ve katı oranı değişiminin kükürt miktarı ve verimine etkileri araştırılmıştır.

4.1. Kömür parça boyutu üzerinde yapılan deneyler

Bu deneylerde toplayıcı olarak potasyum amil ksantat, bastına olarak nişasta, köpürtücü olarak flotanöl ve pH ayarlayıcı olarakda H₂SO₄ kullanılmıştır. Pirit'in serbestleşme boyutunu tespit amacıyla 0.3 -0 18, 0.18-0.15, 0.15-0.106 ve - 0.106 mm fraksiyonlarında deneyler yapılmış ve en iyi sonuç -0.15 mm. boyutunda elde edilmiş ve deney sonuçları Şekil 1.'de verilmiştir.

Denev Koşulları:

Potasyum amil ksantat • 100 gr/ton

Nişasta • 50 gr/ton

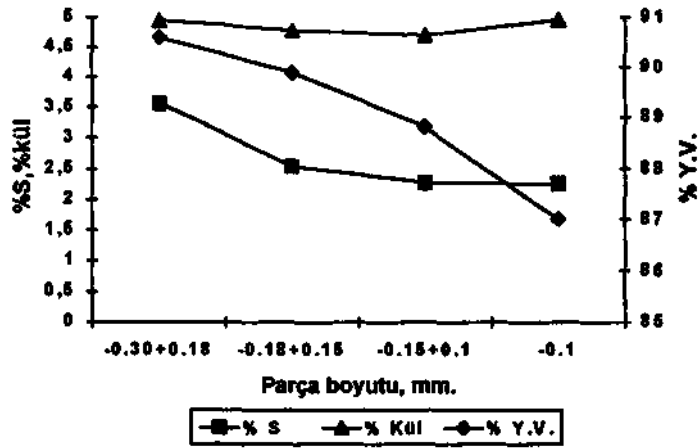
Flotanöl : 50 gr/ton

pH (H₂SO₄) : 7

Katı oranı • % 20

Kanştırma hızı :1300dv/dk

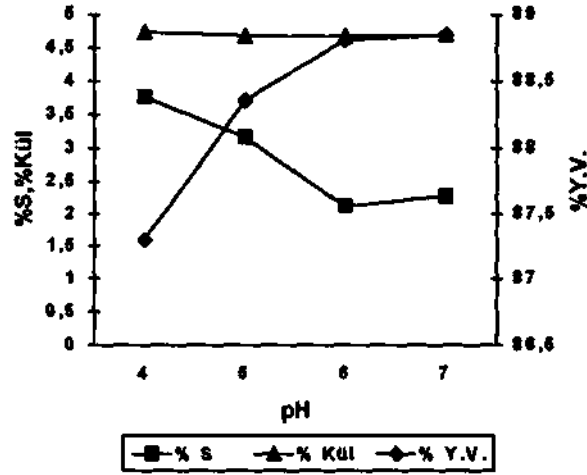
Flotasyon süresi 5dk.



Şekil 1. Parça Boyutuna Göre Kükürt, Kül ve Yanabilir Verim oranlarındaki değişim

4.2. pH'a bağlı olarak yapılan deneyler

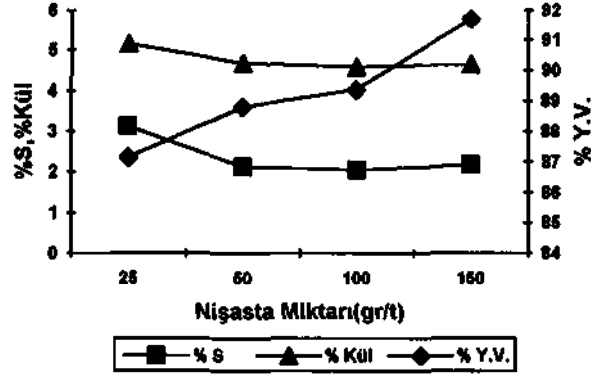
pH değişiminin kükürt tenor ve verimine etkisi pH = 4-7 aralığında araştırılmış, optimal pH=6 olarak tesbit edilmiş ve deney sonuçları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2 pH Değişiminin Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verime Etkisi

4.3. Bastına miktarı üz/erinde yapılan deneyler

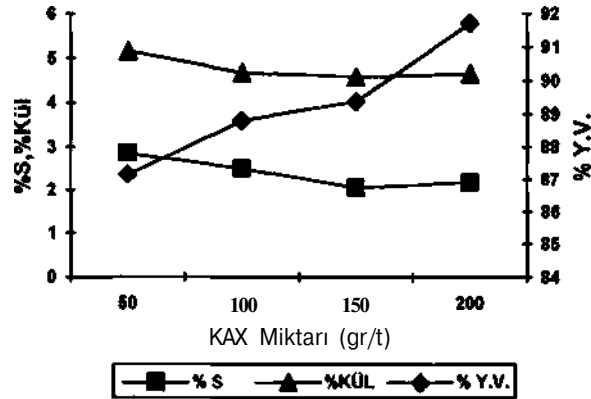
Deneylerde bastına olarak sırasıyla 30, 50, 100 ve 150 gr/ton miktarlarında nişasta kullanılmış, optimal nişasta miktarı 100 gr/ton olarak belirlenmiş ve deney sonuçları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Bastıncı Miktarının Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verimine Etkisi

4.4. Toplayıcı miktarı üzerinde yapılan deneyler

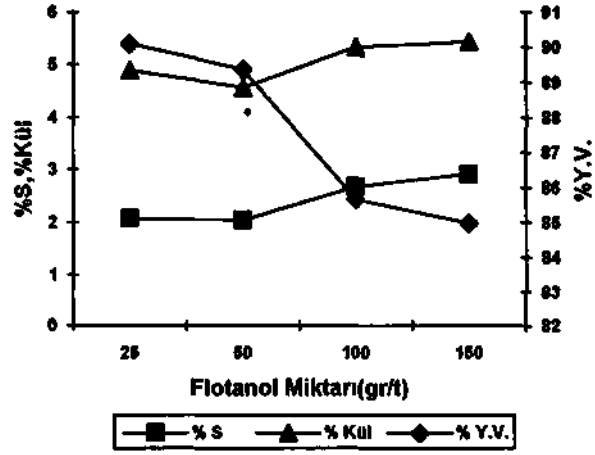
Araştırmalarda, toplayıcı olarak potasyum amil ksantat (KAX) 50, 100, 150 ve 200 gr/ton miktarlarında kullanılmış, optimal KAX miktarı 150 gr/ton olarak belirlenmiş ve deney sonuçları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Toplayıcı Miktarının Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verime Etkisi

4.5. Kopürtücü miktarına bağlı olarak yapılan deneyler

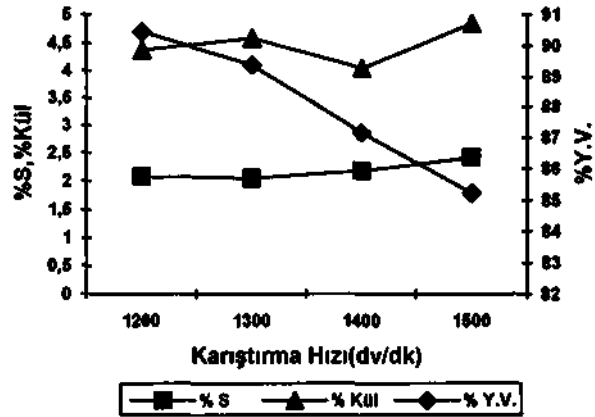
Yapılan deneylerde kopürtücü olarak flotanol (30, 50, 100 ve 150 gr/ton) kullanılmıştır. Sonuçta, optimum kopürtücü miktarı 50 g/t olarak belirlenmiş ve deney sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Köpürtücü Nfıktanmn Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verimine Etkisi

4.6. Kanştırma hızına bağlı olarak yapılan deneyler

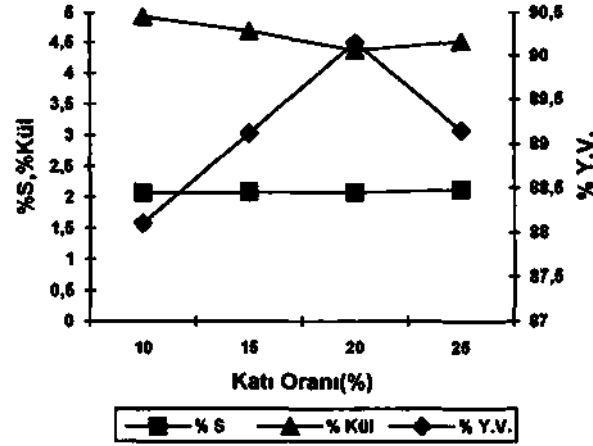
Kanştırma hızının belirlenmesi için yapılan deneylerde, kanştırma hızı; 1200, 1300, 1400 ve 1600 dev/dak. aralığında değiştirilmiş ve optimum kanştırma hızı 1200 dev/dk olarak belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Kanştırma Hızının Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verime Etkisi

4.7. Katı oranına bağlı olarak yapılan deneyler

Katı oranını tespit için yapılan deneylerde katı oranı 10, 15, 20 ve 25 olarak alınmıştır. Sonuçta optimum katı oranı olarak % 20 olarak bulunmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Katı Oranı Değişiminin Lavedeki Kükürt, Kül ve Yanabilir Verime Etkisi

4.8. Temizleme Flotasyonu

Kaba flotasyon deney sonucunda % 2.08 S'lü lave % 90.45 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Yukanda belirlenen en uygun deney sonuçları üzerine, aşağıdaki şartlarda bir kademe temizleme yapıldığında Çizelge 1.'de de görüldüğü üzere % 1.51 S'lü lave, % 81.66 yanabilir verimle elde edilmiştir.

Temizleme Deney Koşulları:

Potasyum amil ksantat	: 60 gr/ton
Nişasta	: 30 gr/ton
Flotanol	: 20 gr/ton
$pH(H_2SO_4)$: 7
Katı oranı	: % 20
Kanştırma hızı	1300dv/dk
Flotasyon süresi	5dk.

Çizelge 1 Temizleme flotasyon sonuçları

Ürünler	Miktar %	Kükürt %	Kul %	Yanabilir Verim %
Lave	80 28	1 51	4 45	81 66
Şist	19 72	14 14	12 61	18 34
Besleme	100 00	4 00	6 06	100 00

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmada, flotasyon yöntemiyle Denizli Çivnl yöresi linyit kömürünün piritik kükürdünden uzaklaştırılmasına çalışılmıştır

Flotasyon yöntemiyle yapılan deneylerde yeterli kükürt oranında ve yanabilir verimle lave elde edilmiştir Daha öncede açıklandığı gibi duz flotasyonla pirit yeterli derecede bastınlamadığından deneyler ters flotasyon yöntemiyle yapılmıştır

Bu çalışmada, tane boyutunun yanında, toplayıcı (KAX) miktan, bastncı (nişasta) miktan, kopurtucu (flotanol) miktan.kanştırma hızı, pH ve katı oranlanmn optimum şartlan tespit edilmiştir

Flotasyon deneyleri sonucunda, bir temizleme ile toplam kükürt miktan % 4'den % 1 51'e indirilerek kükürdün % 62 25'i atılmıştır

KAYNAKLAR

- 1 KÖKTURK, A, NARIN, R,(1994) "Linyit Rezervim Kullanma imkanları ve Arama politikaları", 2000'ı Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası,14-15 Kasım, ANKARA
- 2 YİĞİT, E ,(1994) "Türkiye'de Linyit Madenciligi ve Ekonomik Boyutları", 2000'ı Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası,14-15 Kasım, ANKARA
- 3 KEMAL.M (1995) "Isıtmada Kömür Kullanımı Ve Temiz Hava Sorunu" Türkiye Linyit Potansiyeli ve Ülke Ekonomisi Açısından Önemi, Seminer Bildirilen, D E U Maden Müh Bolumu, Bornova -İZMİR
- 4 KIBICIY, (1985) "Kömür Jeolojisi", Anadolu Üniversitesi Yayınlan No 73 ESKİŞEHİR
- 5 ARIOĞLU, E, KURAL, O, (1988) "Linyit ve Kullanım Alanları", Komur Editör Orhan Kural, sayfa 195-236, İSTANBUL
- 6 PIŞKİN, S, (1988) "Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Özellikler" Kömür, Editör Orhan Kural, sayfa 59-88, İSTANBUL
- 7 YAM3X, A, GÜNEŞ, N , DENİZ, V, BAYAT, O ,(1995) "Tavas (Denizli) Yöresi Linyit Kömürlerinin Zenginleştirilmesi", Geosound Yerbilimcinin Sesi Dergisi, Sayı 26, ADANA
- 8 AKALIN, M, ÖZ Z, (1979) "Hava Kırıklığını Azaltmak Amacıyla Isıtmada Kullanılan Linyitlerin Yıkanabilirliği", VI Kömür Kongresi, sayfa 245-260, ANKARA
- 9 ACARKAN N, ÖNAL, G, KAYTAZ, Z ,(1993) "Linyit Kömürlerinin Zenginleştirme Olanaktan ve endüstriyel Uygulamaları", Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri II, 7-8 Ekim TKİ Dıdım Sosyal Tesisler,Yurt Madencuğunu Geliştirme Vakfı, İSTANBUL