

Çayırhan Linyitlerinin Temizlenme Olanaklarının İncelenmesi

Investigation of Cleaning Possibility of Çayırhan Lignites

Gülhan ÖZBAYCĞLU(*)
Neş'e ÇELEBİ(**)

ÖZET

Bu araştırma, Çayırhan linyitlerinin yıkanabilirlik özelliklerini kapsamaktadır. Özellikle kükürt ve kül atımı olasılığının incelendiği çalışmada Çayırhan linyitlerinin alt ve üst damar numuneleri üzerinde çalışılmış, ayrıca satılan kömür numunesini temsil eden tuvönan numunesinde de yüzdürme-batırma deneyleri yürütülmüştür, örneklerin tümünün yüksek kül ve kükürt içerdikleri belirlenmiştir. En temiz ürünler 1.40 yoğunlukta elde edilmiştir ki bu yoğunlukta pirit içeriğinde bir miktar azalma olmuşsa da düşük kükürtlü kömür elde etmek olanaklı olmamıştır. Çayırhan linyitlerinde kükürten arındırma olasılığının zayıf olmasına karşın, kül içeriğinde belirli bir azalma gözlenmiştir.

ABSTRACT

This study presents the result of the washability study on the Çayırhan Lignites of the Middle Anatolian Lignites Company with special emphasis on sulfur and ash reduction. In the study, as it would be inadequate to merely study the samples of the Upper and Lower seams, the composite sample R.O.M. has also been dealt with. All the samples comprised of high ash and high sulfur. The cleanest products have been obtained at 1.40 specific gravities. Although pyrite content can be reduced to some extent, none of the samples can be brought to a state of low sulfur content. Despite the lack of possibility in reduction of sulfur, ash content has served possible for significant reduction.

(*) Doç.Dr., ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, ANKARA

(**) Maden Y.Müh. öğretim Görevlisi, ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü .ANKARA

1. GİRİŞ

Ankara yakınlarındaki Orta Anadolu Linyit İşletmesine ait Çayırhan linyiti yüksek kül ve kü-kürt içermektedir. Ankara'da hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı, düşük nitelikli kömürlerin kullanımının da hava kirliliğini artırıcı nitelikte olduğu bir gerçektir. Bu nedenle oldukça büyük rezerve sahip olan Çayırhan linyitlerinin kül ve kü-kürttan arındırılması ve temiz yakıt haline dönüştürülmesi zorunludur.

Kömürlerin kül ve kükürttan arındırılabilmesi için öncelikle yıkamaya elverişli olup olmadıklarının saptanması gerekmektedir. Bu da yıkanabilirlik deneyleriyle olanaklıdır.

Bu araştırmanın amacı, yüksek kül ve kü-kürt içerikli Çayırhan linyitlerinin yıkanabilirlik özelliklerinin belirlenmesi ve safsızlıklarından arındırılabilme olasılıklarının saptanmasıdır.

2. YIKANABİLİRLİK DENEYLERİ

Yıkanabilirlik deneyleri, kömürün fiziksel özelliklerinin bir değerlendirilmesi olup, yıkama işlemi sonunda kömürün niteliğinin ne ölçüde yükseltilebileceğini gösterir. Diğer bir deyişle, kömürün kül ve piritik kü-kürt gibi safsızlıklarından temizlenmesinin kolay ya da zor olacağı, elde edilecek temiz kömürün içeriği ve yıkama verimi gibi özellikler, yıkanabilirlik verilerinden çıkarılabilir. Yıkanabilirlik verileri aynı zamanda temizleme yöntemlerinin teorik sınırlarını da belirler.

2.1. Yüzdürme-Batırma Deneyi

Yüzdürme-batırma deneyi kömür numunesinin, yoğunluğu kömür ile kömürün safsızlıkları arasında olan bir solüsyona daldırılması olup yoğunluğu ortamdaki daha az olan temiz kömürün yüzmesi ve yoğunluğu ortamdaki daha fazla olan safsızlıkların batması esasına dayanır.

Yüzdürme-batırma deneyi için numune tercihen pratikte kullanılan tane boyutlarına elendikten sonra, her bir tane boyutundaki numune değişik yoğunluklarda hazırlanan sıvılara daldırılarak yüzen ve batan kısımlar elde edilir. Kullanılan sıvı ortam organik sıvıların karışımı ya da kalsiyum klorür, çinko klorür gibi inorganik tuzların çöktiricilerinden oluşturulur. Yıkanabilirlik özellikleri bilinmeyen kömürler için özgül ağırlıklar 1.30 ve 1.60 arasında 0.05 aralıkla seçilir.

2.2. Yıkanabilirlik Eğrileri

Değişik tane boyutlarındaki kömürler, yüzdürme-batırma deneyi ile, çeşitli yoğunluk fraksiyonlarına ayrılır. Bu fraksiyonlar kurutulup, tartılır ve kül, toplam kü-kürt, piritik ve organik kü-kürt içerikleri belirlenir. Laboratuvarlarda saptanan bu özellikler bir çizelge üzerinde matematiksel olarak değerlendirilerek toplam yüzen ve toplam batan fraksiyonlar hesaplanır ve yıkanabilirlik eğrileri için gerekli veriler elde edilir. Yıkanabilirlik eğrileri genellikle şunlardan oluşur:

1) Toplam yüzen kül, 2) Toplam yüzen kü-kürt, 3) Toplam batan kül, 4) Elementer kül, 5) Yoğunluk, 6) +0.10 yoğunluk dağılımı.

Toplam yüzen kül ya da kü-kürt eğrisi, istenen verimde yıkanmış ürünün içerebileceği teorik kül ya da kü-kürt yüzdesini gösterir. Başka bir deyişle, herhangi bir kül ya da kü-kürt yüzdesinde elde edilebilecek maksimum temiz kömür verimini gösterir. Eğrinin eğiminin azalması, daha fazla külün ya da kü-kürttün daha az verim ve verim azalması ile atılabileceğinin belirtisidir.

Toplam batan kül ya da kü-kürt eğrisi, herhangi bir verimde batan kısımdan atılan teorik kül ya da kü-kürt içeriğini gösterir. Eğrinin eğiminin düşmesi, daha fazla yıkanabilirliği vurgular.

Elementer kül eğrisi, yoğunluğa göre kül içeriğinin değişme hızını, yani, değişik yoğunluklarda yüzen parçaların tek tek içerebileceği teorik -(en yüksek)- kül yüzdesini gösterir. Bu eğrinin eğimi, kömürün safsızlıklarından kolay ya da zor ayrılacağına bir göstergesidir. Dik eğim, küçük kül farkına karşı, büyük verim farklılığının, yatık eğim ise kolay ayırmanın belirtisidir.

+ 0.10 yoğunluk dağılım eğrisi, herhangi bir yoğunluğun 0.10 birim altı ve 0.10 birim üstündeki yoğunlukları arasında bulunan toplam kömür ağırlık yüzdesini verir. Kömürün yıkanabileceği en düşük yoğunluk bu eğriyle belirlenir. + 0.10 yoğunlukta bulunan madde miktarından, kömürlerin yıkanmasındaki zorluk derecesi saptanır. Ayırma yoğunluğuna yakın yoğunlukta bulunan madde miktarı arttıkça kömürün temizlenmesi zorlaşır. Çizelge 1'de ayırma yoğunluğuna yakın madde oranına göre ayırma güçlük dereceleri gösterilmiştir.

+ 0.10 yoğunluk dağılım eğrisinde, % 10 madde miktarına karşı gelen yoğunluk, bir tesisin çalışabileceği en düşük yoğunluk değerini göstermektedir.

Çizelge 1-Ayırma Yoğunluğuna Yakın Madde Miktarının Ayırmaya Etkisi (1, 2)

+ 0.10 yoğunluk derecesindeki % ağırlık	Ayırım olasılığı
0-7	Kolay
7-10	Orta zor
10-15	Zor
15-20	Çok zor
20-25	Aşırı zor
> 25	Olanaksız

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR³

Araştırmada kullanılan kömür numuneleri, Orta Anadolu Linyit İşletmesi'nin Çayırhan linyit ocağının çalışan alt ve üst damarlarından ayrı ayrı oluk numuneleri halinde alınmıştır. Laboratuvar da açıkta kurutulan numuneler 50 mm, 18 mm, 10 mm ve 0.5 mm'lik eleklerden elenmiş, her bir elek fraksiyonu tartıldıktan sonra 0.5 mm altı deneylerde kullanılan sıvıyla süspansiyona girdiğinden deneyde sokulmayarak ayrılmıştır.

Yüzdürme-batırma deneylerinde Türk standartları uygulanmıştır. Herbir elek fraksiyonu 1.40, 1.45, 1.50, 1.55 ve 1.60 yoğunluktaki çinko klorür solüsyonlarında tekrar fraksiyonlara ayrılmıştır. Her kömür numunesi önce 1.40 yoğunluklu tanka alınmış, yüzen kısım ayrıldıktan sonra "batan kısım bir üst yoğunluktaki solüsyona daldırılmış ve bu işleme, numune istenen beş yoğunluk fraksiyonuna ayrılan kadar devam edilmiştir.

Tüm fraksiyonlar 40°C'lik fırında kurutulmuş, daha sonra ASTM standartlarına uygun olarak kül ve kükürt içerikleri analiz edilmiştir.

Alt ve üst damar numuneleri günlük üretim oranlarına göre birleştirilerek satılan kömürü temsil eden tüvönan numunesi elde edilmiş ve safsızlıkların serbestleşmesinde kırmanın etkisini incelemek için 18 mm'nin altına kırıldıktan sonra bu tüvönan kömür numunesi için de alt ve üst damar numunelerine uygulanan işlem sırası izlenmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELENMESİ

4.1. Numunelerin Kimyasal Analizi

Üst damar numunesi % 30.44 kül, % 2.40 piritik kükürt, % 3.14 organik kükürt ve % 5.79 toplam kükürt içermektedir. Kimyasal analizler alt damarın daha az safsızlık içerdiğini göstermektedir.

Bu numune, % 19.45 kül, % 1.87 piritik kükürt, % 2.74 organik kükürt ve % 4.79 toplam kükürt içermektedir. Tüvönan kömür numunesinde ise % 25.09 kül, % 2.04 piritik kükürt, % 2.99 organik kükürt ve % 4.79 toplam kükürt bulunmaktadır. Geleneksel yöntemlerle atılabilir tek kükürt formu olan piritik kükürt üst damar numunesinde toplam kükürdün % 41.53'ü, alt damar numunesinde ise % 38.95'idir. İki damar da yüksek kül ve kükürdüdür.

Elek analizi sonuçları iki damarın tane boyutu dağılımlarının benzer olduğunu ve değişik tane boyutlarındaki kül ve kükürt içeriklerinin fazla farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Küllün elek fraksiyonlarındaki dağılımının düzgün oluşu, kömüre bağlı küllün yüzdesinin yüksek oluşundadır; kükürdün düzgün dağılımı ise yüksek organik kükürt ve ince dağılmış piritik kükürttten kaynaklanmaktadır.

4.2. Üst Damar

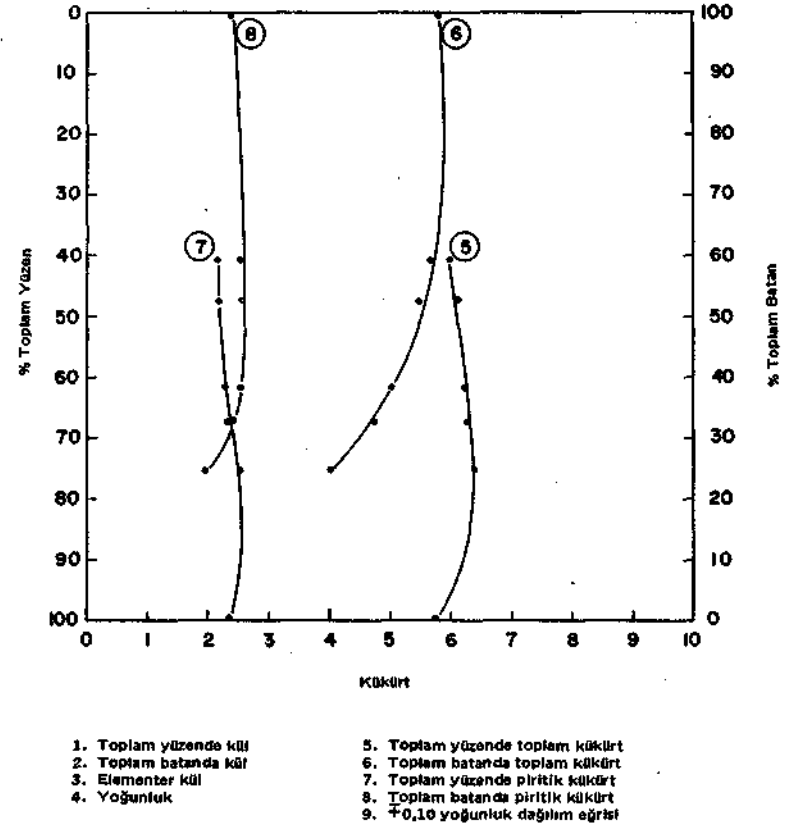
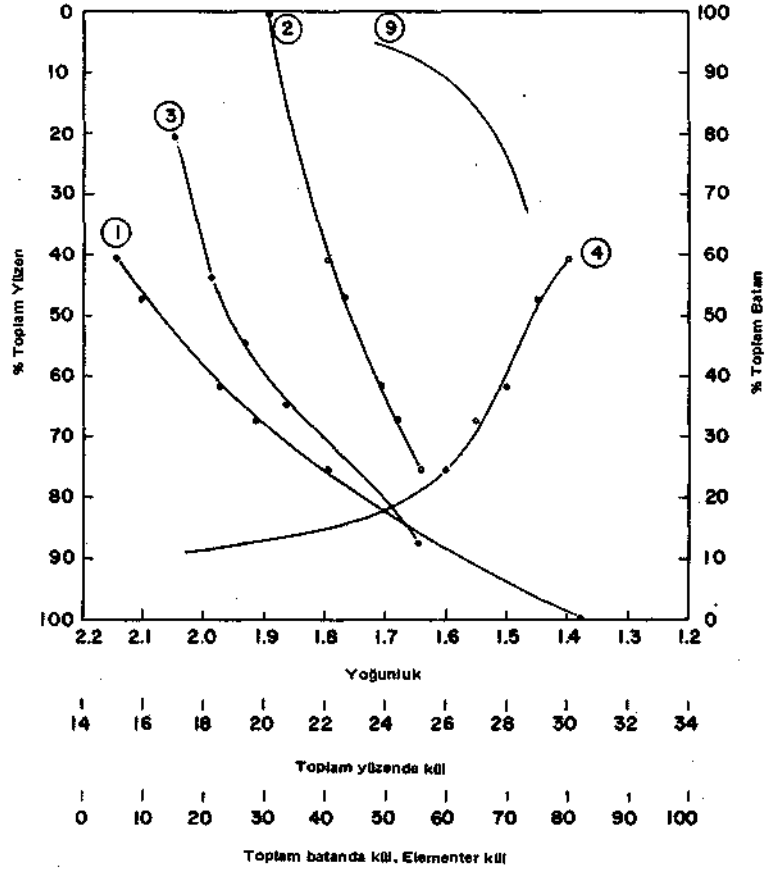
Üst damarın üç elek fraksiyonu için yapılan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda yıkanabilirlik verileri elde edilmiş olup, Şekil 1'de (-50 + 0.5) mm toplam elek fraksiyonlarının teorik yıkanabilirlik eğrisi verilmiştir. Elementer kül eğrisinin dikliği kömürün kolaylıkla yıkanabilir olmadığını göstermektedir.

Toplam yüzende kül eğrisi, kül içeriğinin artan yoğunluklarla arttığını, 1.40 yoğunlukta en düşük küllü kömürün elde edildiğini göstermektedir. Toplam yüzende piritik kükürt eğrisinin incelenmesi küllü ile aynı sonuçları vermektedir. Zira pirit atımı da külde olduğu gibi, ortamın yoğunluğu ile ilgilidir.

Buna karşın, toplam kükürt eğrilerinin incelenmesi artan yoğunluklarda, toplam batanda temiz kömürden daha az toplam kükürt olduğunu göstermektedir. Toplam kükürtteki bu düzensizlik organik kükürt içeriğinden dolayıdır. Yıkanabilirlik verileri, yüksek yoğunluklarda kömüre bağlı olan organik kükürdün azaldığını göstermektedir, zira bu yoğunluklarda kömür de azalmaktadır. Aynı zamanda, organik kükürt piritik kükürttten de fazla olmaktadır. Böylece, artan yoğunluklardaki toplam kükürt dağılımı, tamamen organik kükürt dağılımı ile orantılıdır.

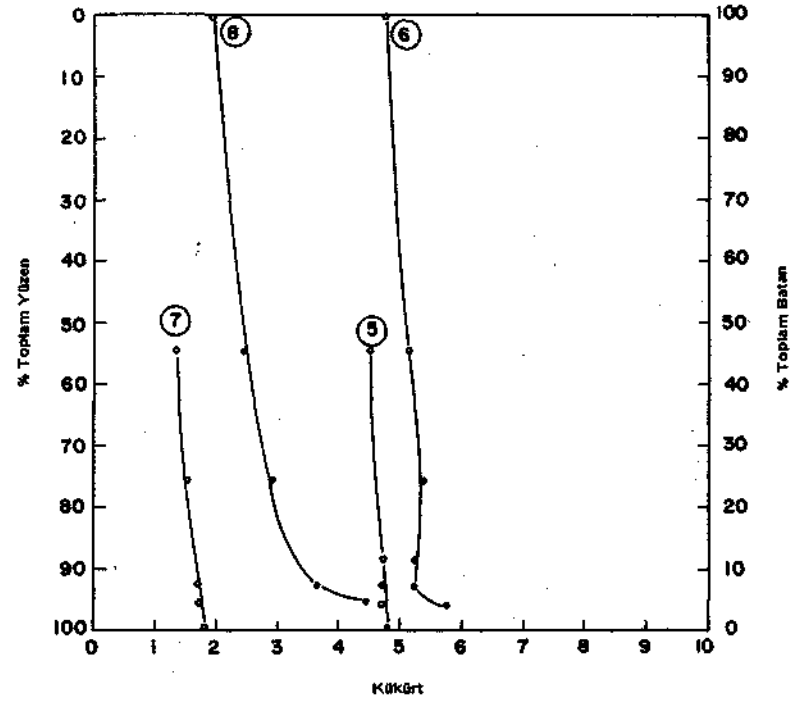
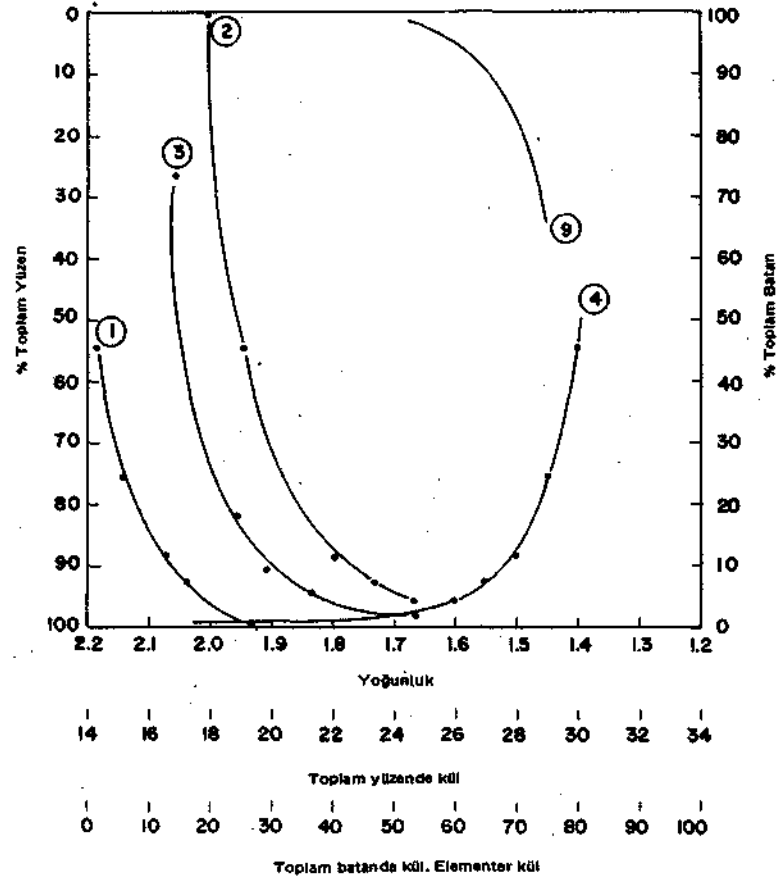
4.3. Alt Damar

Alt damarın (-50 + 0.5) mm toplam elek fraksiyonlarının teorik yıkanabilirlik eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.



1. Toplam yüzende kül
2. Toplam batanda kül
3. Elementer kül
4. Yoğunluk
5. Toplam yüzende toplam kükürt
6. Toplam batanda toplam kükürt
7. Toplam yüzende piritik kükürt
8. Toplam batanda piritik kükürt
9. +0,10 yoğunluk dağılım eğrisi

Şekil 1 - Üst Damar numunesi (- 50 +0.5) mm. elek fraksiyonunun teorik yıkanabilirlik eğrileri.



- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1. Toplam yüzende küll | 5. Toplam yüzende toplam kükürt |
| 2. Toplam batanda küll | 6. Toplam batanda toplam kükürt |
| 3. Elementer küll | 7. Toplam yüzende piritik kükürt |
| 4. Yoğunluk | 8. Toplam batanda piritik kükürt |
| | 9. 7,0,10 yoğunluk dağılım eğrisi |

Şekil 2 - Alt Damar numunesi (- 50 +0.5) mm. elek fraksiyonunun teorik yıkanabilirlik eğrileri.

Şeklin incelenmesi alt damar sonuçlarının üst damar sonuçlarına benzediğini ve bu damarın yıkanabilirliğinin daha kolay olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun nedeni de alt damarın kül ve kükürt içeriğinin üst damarinkinden daha az olmasıdır. Bu damarda da en temiz kömür 1.40 yoğunlukta elde edilmekte, eğriler üst damarla benzer şekiller göstermektedir.

4.4. Tuvönan Kömür Numunesi

Tuvönan kömür numunesinin (-50 + 0.5) mm-toplam elek fraksiyonlarının yıkanabilirlik verisi alt ve üst damar verilerinden hesaplanmış olup yıkanabilirlik eğrisi Şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekilden gözlenebileceği gibi tuvönan kömür numunesinin yıkanabilirlik özellikleri alt ve üst damar özelliklerinin bir ortalamasıdır. (-50 + 0.5) mm'deki kompozit numunenin 1.40 yoğunlukta yıkanması ile % 14.64 kül, % 1.67 piritik kükürt ve %5.08 toplam kükürt içeren % 48,32 verimli bir ürün elde edilmiştir.

Kompozit numunenin 18 mm'nin altına kırılmasından sonra yapılan deneylerden elde edilen yı-

kanabilirlik eğrisi Şekil 4'de verilmiş olup, kırılmanın safsızlıkların serbestleşmesinde etkin olduğunu göstermiştir. Kırılmadan sonra 1.40 yoğunlukta, kül % 11.27'ye, piritik kükürt % 1.30'a ve toplam kükürt % 4.87'ye inmiştir. Buna karşın, verim de azalarak % 14.26'ya düşmüştür.

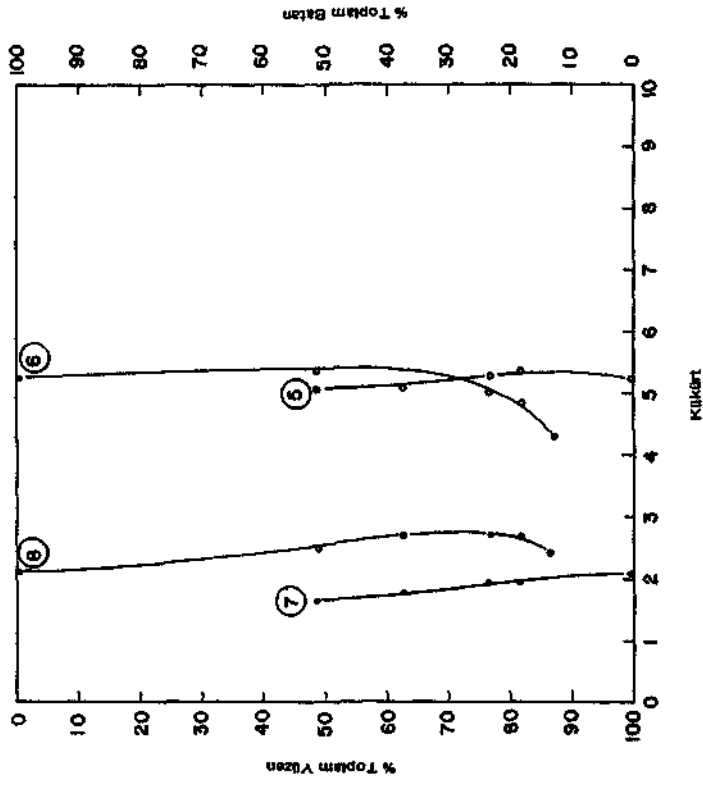
Toplam kükürtün %61.18'i organik kökenli olduğundan,yıkanma ile yüksek kükürt atımı sağlanamamış fakat kül içeriğinde büyük azalma elde edilmiştir.

4.5. Numunelerin Temizleme Kolaylığı Açısından İncelenmesi

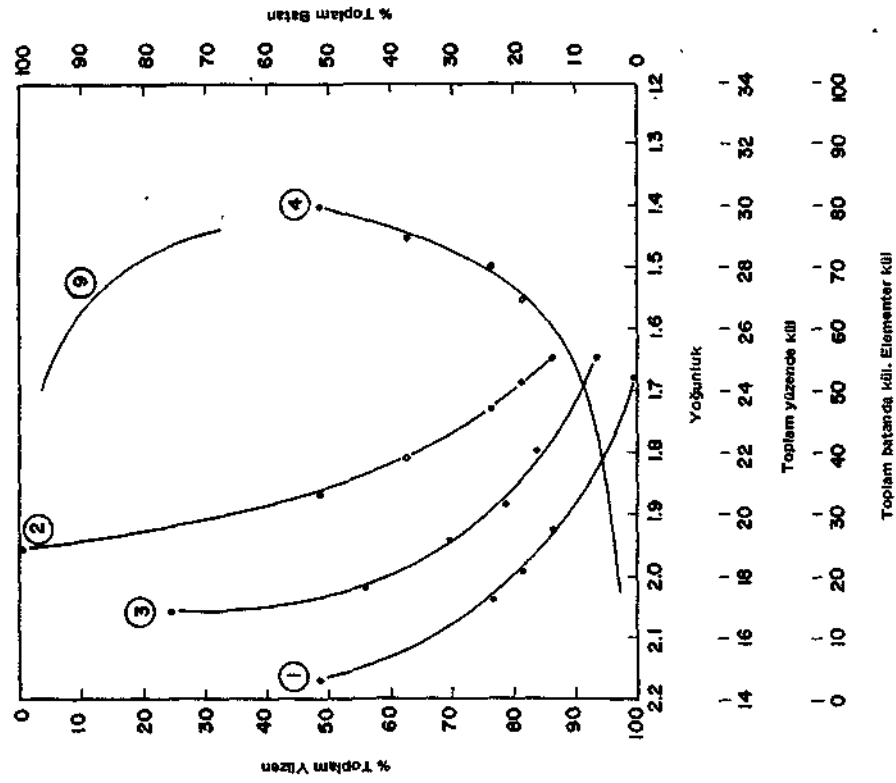
Numunelerin yıkanabilirlik verilerini tek tek inceleyerek verim, kül ve kükürt yüzdelerinin bir karşılaştırmasını yapmak zor olduğundan değişik ayırma yoğunluğuna yakın madde miktarları (a.y.y.m.m) ile ilgili yoğunluklar için yıkanabilirlik sonuçları bir çizelge halinde verilmiştir. (a.y.y.m.m.) 1.40 yoğunlukta elde edilememesine karşın, 1.40 daki yıkanabilirlik sonuçları da Çizelge 2'ye eklenmiştir.

Çizelge 2 — Numunelerin Temizleme Kolaylığı Açısından İncelenmesi

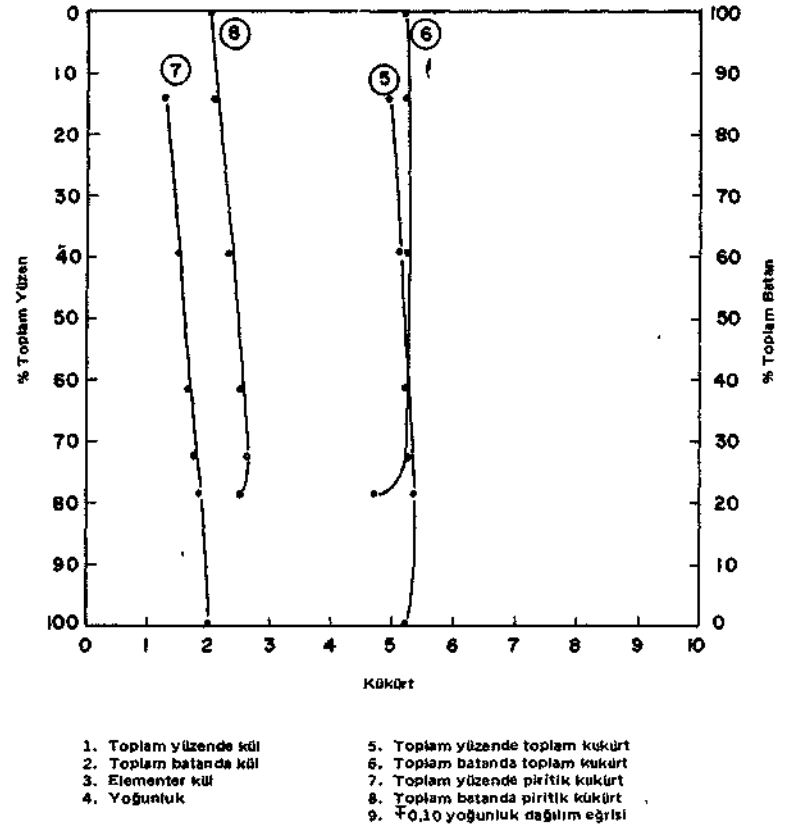
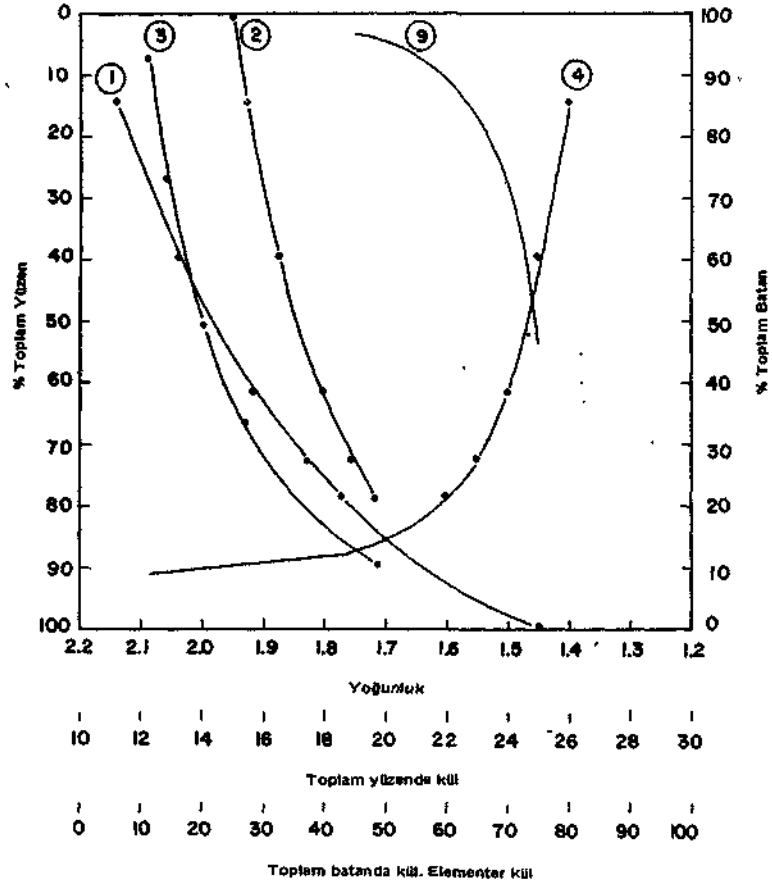
Numune	Ayrırma Yoğ.na Yakın Mad.%	Yoğ.luk	Toplam Yüzen				Toplam Batan			
			Ağırlık %	Kül %	Pirit %	Toplamı S%	Ağırlık %	Kül %	Pirit %	Toplam S%
-50+0.5 mm	10	1.40	54.54	14.31	1.35	4.53	45.46	25.45	2.49	5.11
Alt Damar	20	1.54	92.00	17.08	1.72	4.76	8.00	45.60	3.56	5.25
		1.49	85.50	16.10	1.64	4.68	14.50	38.20	3.14	5.30
		1.40	40.83	15.16	2.17	5.98	59.17	40.99	2.55	5.65
-50+0.5 mm	10	1.605								
Üst Damar	15	1.555	70.00	20.50	2.41	6.32	30.00	53.00	2.33	4.50
	20	1.52	64.50	19.25	2.35	6.28	35.50	50.50	2.50	4.85
	25	1.495	58.00	17.96	2.28	6.22	42.00	47.50	2.54	4.19
		1.40	48.32	14.64	1.67	5.08	51.68	33.52	2.52	5.39
-50 + 0.5 mm	10	1.565	83.50	18.55	2.01	5.36	16.50	52.50	2.58	4.67
Tuvönan	15	1.52	78.00	17.60	1.93	5.29	22.00	48.60	2.72	5.00
Kömür	20	1.48	71.00	16.45	1.84	5.20	29.00	43.90	2.78	5.33
		1.40	14.26	11.27	1.30	4.97	85.74	27.31	2.14	5.27
	10	1.60								
-18+0.5 mm	15	1.56	74.00	17.75	1.82	5.31	26.00	45.90	2.67	5.20
Tuvönan	20	1.53	69.00	16.85	1.78	5.29	31.00	43.00	2.54	5.22
Kömür	25	1.51	65.00	16.25	1.75	5.27	35.00	41.20	2.60	5.24
	30	1.495	60.00	15.59	1.70	5.22	40.00	38.90	2.58	5.26



1. Toplam yüzende küll
2. Toplam batanda küll
3. Elementer küll
4. Yoğunluk
5. Toplam yüzende toplam kükürt
6. Toplam batanda toplam kükürt
7. Toplam yüzende birlikt kükürt
8. Toplam batanda birlikt kükürt
9. +0,10 yoğunluk değinin eğrisi



Şekil 3 - Tuvanın kömür nümunesi (-50 +0.5) mm. elek fraksiyonunun teorik yikanabilirlik eğrileri.



Şekil 4 – Tuvönan kömür numunesi ($- 18 \pm 0,5$) mm. elek fraksiyonunun yıkanabilirlik eğrileri.

Genellikle 1.40 yoğunlukta yıkamayla en temiz ürün elde edilmiş, buna karşın yüksek verimlere daha yüksek yoğunluklarda ulaşılmıştır. % 10 (a.y.y.m.m.) de kömür temizleme orta derecede zor olup, bu aralığa karşılık gelen yoğunluk ise pratikte bir kömür temizleme tesisinde çalışılacak en düşük yoğunluk olarak kabul edilmektedir. Çizelge 2'den görülebileceği gibi % 10 (a.y.y.m.m.), alt damar için 1.54 yoğunlukta, üst damar için ise 1.60 yoğunluğun da ötesine düşmektedir. Yine de üst damar için % 15 (a.y.y.m.m) alt damarla aynı yoğunlukta. Bu sonuçlar alt damarın temizlenmesinin orta derecede zor, buna karşın üst damarın temizlenmesinin zor olduğunu göstermektedir.

Alt damarın temizlenme üstünlüğü, tuvönan kömürü oluşturmak için üst damar numunesi ile karıştırıldığında ortadan kalkmaktadır. Tuvönan kömürün temizleme gücü alt ve üst damarın ortalamasıdır. Tuvönan kömürün kırılmasıyla, daha temiz ürünler elde edilmesine karşın, verimin düşmesi yüzünden daha büyük temizleme gücüne neden olmaktadır.

Yüksek yoğunluklarda (a.y.y.m.m) azalmaktadır Tuvönan kömürün % 10 (a.y.y.m.m)'i kırmadan önce 1.565 yoğunlukta, kırıldıktan sonra ise % 10 (a.y.y.m.m.) 1.60 yoğunlukta ve %20 (a.y.y.m.m.) de 1.53 yoğunlukta.

Yoğunluk yükseldikçe verim yükselmekte fakat aynı zamanda safsızlıklar da artmaktadır. En uygun yoğunluk istenen ürünün özelliklerine göre çizelgeden seçilebilir.

5. SONUÇ

Orta Anadolu Linyit İşletmesi'ne ait Çayırhan linyitinin alt damar, üst damar ve tuvönan kömür numuneleri yüksek organik kükürt ve ince dağılmış piritik kükürt içermelerinden dolayı numunelerin hiçbirinden düşük kükürlü kömür elde etmek olanaklı olamamıştır. Buna karşın kül atımının olanaklı olduğu ortaya konulmuştur.

Çayırhan linyitlerinin piritik kükürtü yıkanmaya uygun olmadığından alışlagelmiş temizleme yöntemleriyle kükürtün atımı oldukça zordur. Fakat bu yöntemler, kimyasal yöntemlerden önceki ilk temizleme aşaması olarak kullanılabilir. Sonuç olarak Çayırhan linyitleri için kimyasal ve biyolojik kükürt atımı yöntemleri önerilebilir.

KAYNAKLAR

- 1) LEONARD, F.W., Coal preparation, 4. baskı, AIME, New York, 1979
- 2) SINCLAIR, F., Coal preparation and Powfr supply at Collieries, 1. baskı, Pitman Press, London, 1962
- 3) ÇELEBİ, N., "Investigation of Cleaning Possibility of Çayırhan Lignites", METU, M.Sc. Thesis, Febr. 1981

