

T.C. YÜKSEK LİSANS
DOKÜMANİASYON MÜHÜRÜ

STRİPA AĞIR ORTAM AYGITI

İLE KÖMÜRÜN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. İsmail YILDIRIM

39215

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Haziran 1993

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Temmuz 1993

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Gündüz ATEŞOK

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Güven ÖNAL

: Doç.Dr. Neşet ACARKAN

ÖNSÖZ

Gerek ülkemizde, gerekse tüm dünyada hızlı tüketimden dolayı iyi nitelikli kömür rezervleri hızla azalmaktadır. Nitelikleri bozulan bu kömürlerin en uygun yöntemlerle zenginleştirilerek, uygun tüketim yerlerine ulaştırılmaları gereği ortadadır.

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Cevher Hazırlama Programına Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan bu çalışmada; yüksek kapasitesi, küçük alanlara ihtiyaç göstermesi, ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, kolay çalıştırılması bakımından halen kullanılan diğer aygıtlara alternatif olabilecek Sürüpa Ağır Ortam Aygıtının kömür zenginleştirilmesinde kullanılma olanakları araştırılmıştır.

Bu çalışmama olanak sağlayan Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof.Dr. Güven ÖNAL'a, çalışmalarım sırasında bilgileri ile bana her zaman destek olan danışmanım Sayın Doç.Dr. Gündüz ATEŞOK'a ve Doç.Dr. Mehmet S.ÇELİK'e, mineralojik çalışmalarımda bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Dr. Vecihi GÜRKAN'a deneysel çalışmalarımda yardımlarını gördüğüm bütün Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı elemanlarına ve öğrenim yaşantım boyunca maddi ve manevi destek olan aileme teşekkürü borç bilirim.

HAZİRAN, 1993

Müh. İsmail YILDIRIM

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2. KÖMÜR HAZIRLAMANIN ÖNEMİ VE GEREĞİ.....	2
BÖLÜM 3. KÖMÜR HAZIRLAMADA YARARLANILAN MİNERAL ÖZELLİKLERİ.....	5
3.1. Kömürdeki Mineral Maddeler ve Uzak- laştırılmaları.....	5
3.2. Kömür ve Safsızlıkları Arasındaki Farklılıklar.....	6
BÖLÜM 4. KÖMÜRÜN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ.....	10
4.1. İri Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi....	10
4.1.1. Ağır Ortam Ayırması.....	10
4.1.1.1. Ağır Ortam Ayırmasının Uygulanması	11
4.1.1.2. Ağır Ortam Yıkayıcı Tipleri.....	16
4.1.1.2.1. Konik Tipte Yıkayıcılar.....	17
4.1.1.2.2. Tambur Tipi Yıkayıcılar.....	24
4.1.1.2.3. Tekne Tipi Yıkayıcılar.....	27
4.1.1.3. Larcodems.....	30
4.1.1.4. Ağır Ortam Ayırıcılarının Perfor- mansı.....	32
4.1.2. Jigler.....	34
4.1.2.1. Jig İle Zenginleştirmenin Genel Esasları.....	34
4.1.2.2. Jig Çeşitleri.....	36
4.2. İnce Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi...	40
4.2.1. Ağır Ortam Ayırması.....	40
4.2.2. Sarsıntılı Masalar.....	46
4.2.3. Oluklar.....	48
4.2.4. Feldspatlı Jigler.....	49
4.3. Toz Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi....	50
4.4. Kömürün Kuru Zenginleştirilmesi.....	53

BÖLÜM 5. STRİPA AĞIR ORTAM AYGITI.....	56
5.1. Stripa Ağır Ortam Ayırması İle İlgili Uygulamalar.....	59
BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	65
6.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Stripa Ağır Ortam Aygıtının Özellikleri	65
6.2. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Elemanları	68
6.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Numuneler.....	73
6.3.1. Keles Bölgesi Kömürü.....	73
6.3.1.1. Keles Kömürünün Yapısal Özellikleri	73
6.3.1.2. Keles Kömürünün Fiziksel Özellikleri	74
6.3.1.3. Keles Kömürünün Kimyasal Özellikleri	74
6.3.1.4. Keles Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri.....	78
6.3.2. Saray Bölgesi Kömürü.....	88
6.3.2.1. Saray Kömürünün Yapısal Özellikleri	88
6.3.2.2. Saray Kömürünün Fiziksel Özellikleri	88
6.3.2.3. Saray Kömürünün Kimyasal Özellikleri	92
6.3.2.4. Saray Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri.....	92
6.3.3. Soma Bölgesi Kömürü.....	102
6.3.3.1. Soma Kömürünün Yapısal Özellikleri..	102
6.3.3.2. Soma Kömürünün Fiziksel Özellikleri.	104
6.3.3.3. Soma Kömürünün Kimyasal Özellikleri.	105
6.3.3.4. Soma Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri.....	105
6.3.4. Zonguldak Bölgesi Kömürü(Taşkömürü)...	115
6.3.4.1. Kömürün Yapısal Özellikleri.....	115
6.3.4.2. Fiziksel Özellikleri.....	117
6.3.4.3. Kimyasal Özellikleri.....	118
6.3.4.4. Yıkanabilme Özellikleri.....	118
6.4. Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirme Deneyleri.....	129
6.4.1. Keles Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi.....	129
6.4.1.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi..	129
6.4.1.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi.....	136

6.4.1.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi...	143
6.4.2. Saray Kömürün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi.....	152
6.4.2.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi.....	152
6.4.2.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi.....	158
6.4.2.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi...	164
6.4.3. Soma Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi.....	172
6.4.3.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi	172
6.4.3.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi.....	178
6.4.3.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi...	185
6.4.4. Zonguldak Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi	192
6.4.4.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi	192
6.4.4.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi.....	198
6.4.4.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi....	205
6.5. Zenginleştirme Kademe Sayısı.....	212
6.5.1. Keles Kömürünün Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti.....	212
6.5.2. Saray Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti.....	214
6.5.3. Soma Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti.....	216
6.5.4. Zonguldak Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti.....	217
6.6. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Ayırma Performansının İncelenmesi.....	220
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	225
KAYNAKLAR.....	231
ÖZGEÇMİŞ.....	233

ÖZET

Bu çalışmada, stripa ağır ortam aygıtının kömür zenginleştirmesinde uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Deneysel çalışmalarda Keles, Saray ve Soma bölgelerinden alınan linyit kömür numuneleri ile Zonguldak'tan alınan taşkömürü numunesi kullanılmıştır. Yapılan araştırmanın birinci bölümünde, numunelerin yapısal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanısıra yıkanabilme özellikleri saptanmıştır. 4 ayrı numune ile yapılan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda, kabul edilebilir içerikte düşük kül-lü temiz kömür ürünlerinin üretilebileceği belirlenmiştir.

Araştırmanın ikinci bölümünde; stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneylerinde ortam yoğunluğunun, kaldırma suyu miktarının ve parça boyutunun ayırmaya etkisi incelenmiştir. -50+10mm boyut grubunda, ortam yoğunluğunun ayırma üzerindeki etkisi incelenirken, 1.0, 1.30 ve 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluklarında yapılan deneylerde, optimum sonuçların 1.30 gr/cm³'de elde edildiği görülmüştür. -50+10mm boyut grubunda kaldırma suyunun etkisinin incelendiği deneylerde 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda; 0, 10, 20 ve 40 lt/dk kaldırma suyu verilerek deneyler yapılmış ve en uygun sonuçların 20 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde elde edildiği belirlenmiştir.

Tane boyutu dağılımının ayırmaya etkisinin incelendiği deneylerde; -50+10mm boyut grubu değişik fraksiyonlara ayrılarak (-50+30, -30+10 ve -19+10mm) deneyler yapılmıştır. Ayrıca, -50+10mm boyut grubu hiç bir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak da zenginleştirilmiştir. Sonuçta numunenin homojen olarak beslenmesi durumunda daha iyi sonuçların alındığı tesbit edilmiştir. Ayrıca hazırlanan yapay karışımlarla; -50+30, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarında gerek linyit, gerekse bitümlü kömürler için zenginleştirme kademe sayıları saptanmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise stripa ağır ortam aygıtının ayırma performansı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, stripa ağır ortam aygıtının Ep değerleri, Keles kömürü için 0.040-0.203, Saray kömürü için 0.055-0.200, Soma kömürü için 0.025-0.150, Zonguldak kömürü içinse 0.040-0.140 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre, stripa ağır ortam aygıtının iri kömürlerin zenginleştirilmesinde jiglere alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

APPLICABILITY OF STRIPA HEAVY MEDIUM SEPERATOR FOR PROCESSING COAL

SUMMARY

In this study, the applicability of stripa heavy medium process is investigated for the beneficiation of coal.

The stripa method for sink-float separation, differs in two respects from now used methods, namely, as to the medium used and as to the type of the separator. In other methods, the content of the solid relocked by volume can't be higher than about 40% because in thicker suspensions the viscosity is too high for a good separation. According to the Stripa method the separation takes place in a bed -that is, a layer of settled sand-sized particles filled with water- instead of in a suspension. Such a bed contains usually about 60% of solids relocked by volume. The medium forming the bed and the crude ore to be separated are continuously supplied at one end of the trough and the trough is shaken in such a way that a very mobile bed is formed which moves rapidly from the feed end to the discharge end of the trough. During the passage through the trough, the crude ore is separated so that particles having a higher density than the specific gravity prevailing in the bed collect at the bottom of the trough, whereas particles having a lower density float on the bed. At the discharge end of the trough there is a plate at a suitable level above the bottom of the trough which divides the bed in an upper and a lower layer. As the depth of the bed is kept low and the viscosity in the mobile bed also is low, due to the coarse-sized particles, the time necessary for carrying out the separation is short. Ample time is provided as the trough is rather long.

In order to facilitate the separation, a small flow of water is usually pressed from the bottom of the trough through the bed. The flow of water can be, and kept so low that the solid fraction in the bed is not appreciably decreased. The water can then be looked upon as a lubricant for the particles and the bottom of the trough, so that the bed becomes more mobile. With the water, it is possible to control the mobility and also the height of the bed flows faster forward in the trough than a more immobile bed. As the height of the bed above separating plate to some small extent determine the specific gravity of the separation -a higher bed gives a

somewhat higher specific gravity- the flow of water is also a means of controlling that quality.

The Stripa device used in the experimental studies consists of a cone thickener in which the bed medium is thickened and stored, a washing screen by which the medium is separated from the sink and float, and a pump which pumps the bed medium back to the cone thickener.

The shaking trough consists of a rectangular box with a length of 200 cm, a width of 16 cm and a height of 20 cm. The box is supported by three flexible rods which are inclined backward from the vertical at an angle of about 3° or 4° . The trough is shaken with a eccentric head motion. The effect of this motion is to make the trough approach its reversing point and recede from it much greater speed at the forward end than at the backward end of the stroke. This motion is the best as it gives a very mobile bed and a quick forward movement of the load in the trough. The length of stroke is 15 mm and the speed is 370 stroke per minute.

Inserted at the discharge end of the trough is the separating plate by which the stream of material in the trough is divided in an upper and a lower layer. The height of the separating plate above the bottom of the trough can be changed, but provided that the maximum particle size in the feed does not exceed 50 mm; the maximum height is 60 mm.

The bottom of the trough is perforated so that water can be pressed through the bed. The water is controlled so that the mobility in the bed slowly decreases from the feed to the discharge end.

The bed medium is discharged from the apex of the cone thickener through a valve by which the flow is regulated. The water or air is used to stir the settled medium in the cone before starting to flow.

There is also a control panel to start moving the stripa trough, medium pump and washing screen.

In the experimental studies, three types of lignitic coals from Keles, Saray and Soma regions and one bituminous coal from Zonguldak are used.

The mineralogical, physical, chemical and washability properties of coal samples have been determined with the aim of identifying the conditions for the stripa heavy-medium process.

In the first part of this investigation a series of sink and float experiments has been performed in the size range of -50 +10 mm coal samples. A summary of the results is given below:

* Keles coal; a clean coal with an ash content of 13.77% and 78.3% combustible recovery at a medium density of 1.30 g/cm^3 was obtained,

* Saray coal; a clean coal with an ash content of 13.61% and 83.5% combustible recovery at a medium density of 1.30 g/cm^3 was obtained,

* Soma coal; a clean coal with an ash content of 7.89% and 74.4% combustible recovery at a medium density of 1.30 g/cm^3 was produced,

* Zonguldak coal; a clean coal with an ash content of 9.58% and 71.2% combustible recovery at a medium density of 1.30 g/cm^3 was produced,

The second part of this investigation encompasses the effect of medium density, buoyancy force and particle size on the separation performance of stripa process.

The investigation on the effect of medium density, the experiments were conducted at 1.0, 1.30, 1.45 specific gravities. It was shown that the optimum results are obtained at 1.30 g/cm^3 while 1.0 g/cm^3 density medium is not sufficient to float the coal particles. At specific gravities higher than 1.30 g/cm^3 , the pump pressure was not maintained at the same level; the latter caused medium to behave as if at a lower specific gravity.

The effect of buoyancy force was investigated at four levels of flow rate; 0, 10, 20 and 40 l/min. at a medium density of 1.30 g/cm^3 . For example, cleaning of -50 +10 mm Keles coal at 1.30 g/cm^3 medium density in the absence of buoyancy force yielded a clean coal with 16.96% ash and 51.1% combustible recovery. At 20 l/min. flow rate the ash content decreased to 14.37% whereas the combustible recovery increased to 60.9%. This is because the buoyancy force of the water raises the relative density of

the medium throughout the suspension. But at excessive flow rates, the buoyancy force causes turbulence and hinders the uniformity of the medium density.

The effect of particle size range was investigated in the -50 +10 mm size range with the individual size fractions, i.e. -50 +30, -30 +19, -19 +10 mm. The comparison of feeding the coal samples with the individual size fractions and the whole size range indicates that the narrower size fraction gives the better results.

The number of concentration stages was also studied using a synthetic mixture composed of clean coal and quartz. The experiments performed in different size fractions reveal the following:

* -50 +30 mm Keles and Saray coals required only two concentration stages to achieve approximately 100% recovery, while the -30 +19 mm fraction attained 95% recovery. The -19 +10 mm Keles and Saray coals required three concentration stages to obtain 80-85% recovery.

* -50 +30 mm Soma and Zonguldak coals required only two concentration stages to obtain approximately 100% recovery, whereas the -30 +19 mm fraction attained 95-100% recovery. The -19 +10 mm required three concentration stages to obtain 85-90% recovery.

The above results show that as the coal quality increases, the number of concentration stages generally decreases.

The separation performance of stripa process has been determined under various conditions. The separation performance was evaluated by probable error factor (Eckart probable number, E_p). The E_p values were calculated for the tests using -50 +10 mm size fraction and under the optimum conditions. The following E_p values were found:

- For Keles coal;
 $E_p = 0.040-0.203$

- For Saray coal;
 $E_p = 0.055-0.200$

- For Soma coal;
 $E_p = 0.025-0.150$
- For Zonguldak coal;
 $E_p = 0.040-0.140$

The above results and the calculated E_p values show that the stripa process can be an alternative to Baum jigs particularly in the size range of -50 +20 mm. The stripa device used in our experiments is not suitable for sizes larger than 50 mm due to the dimensions of the trough and the splitter height. It is believed that particle sizes larger than 50 mm can be easily treated by stripa; because higher efficiencies were obtained in the size range of -50 +19 mm than -19 +10 mm. This demonstrates that processing of coal by stripa can be a good alternative to Baum jigs in the size range of -100 +19 mm.

BÖLÜM 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ülkemizde, enerji gereksinimimizin büyük bir bölümünü başta kömür olmak üzere diğer fosil yakıtlar karşılamaktadır. Ancak üretilen kömürler gerek üretim şekline, gerekse kömür damarında bulunan safsızlıklardan dolayı istenmeyen artık maddeleri de içermekte; bu nedenle mevcut kömür rezervlerimizin büyük kısmı yüksek kül içerikli olmaktadır.

Kömürdeki artık maddeler hem kömürün ısı değerini düşürmekte hem de yakma sırasında büyük sorunlar çıkmasına neden olmaktadır. Kömürü artık maddelerinden ayırmak günümüzde zorunluluk haline gelmiştir. Ancak, kömürü zenginleştirirken kullanılan aygıtların uygun özellikte, istenen ayırmaı gerçekleştirebilecek nitelikte olması gerekir. İşte bu çalışmada yüksek kapasitesi, düşük yatırım ve işletme maliyetleri gerektirmesi düşük alanlara ihtiyaç göstermesi ve bakımının kolay olması dolayısıyla bugün kullanılan diğer aygıtlara seçene olarak stripa ağır ortam aygıtı ile kömür zenginleştirilmesi olanakları araştırılmış ve bu aygıtın kömür endüstrisinde uygulanabilirlik esasları belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Ülkemizde bulunan değişik nitelikteki kömürlerin stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneyleri yapılmış ve sonuçta temiz kömür kül içeriğinin düşürülebileceği saptanmıştır.

BÖLÜM 2. KÖMÜR HAZIRLAMANIN ÖNEMİ VE GEREĞİ

Ocaktan Üretilen kömür; gerek tavan ve taban taşları, gerekse arakesmelerden dolayı kömürde istenmeyen malzemeleri de içerir. Bunun gibi odun, değişik demir ve lastik parçaları da yine üretim ve taşıma sırasında kömüre karışabilir, bunların uzaklaştırılması gerekir. Kömür damarında, kaliteyi düşüren ve kömür satışını engelleyen ya da çok düşük fiyatlarla satılmasına neden olan inorganik maddeler bulunabilir. Bu, çok değişik artık maddeler yanında; üretim yönteminden dolayı, özellikle açık işletme yönteminden yer yer 1.5 m.büyükliğinde teneler ocaktan çıkabilir. Bundan dolayı tuvenan kömürün zenginleştirme ve diğer işlemler için uygun boyuta getirilmesi ve değişik boyut gruplarına sınıflandırılması gerekir.

Tuvenan kömür çok heterojen bir yapıda olabilir. Kömür damarının üst zonu ile alt zonu arasında kalite farklılıkları olabileceği gibi damar boyunca da kömürün niteliği değişebilir. Böyle bir değişiklik; kömür üreticisini tüketiciye karşı her an isteği nitelikte kömür verememesinden dolayı zor durumlara sokar.

Şeyl, şist, taş gibi safsızlıklar kömürün ısı değerinin düşmesine ve kül içeriğinin yükselmesine neden olur. Ülkemizde üretilen linyit kömürlerinin büyük kısmı yüksek kül içeriklidir. Mevcut rezervlerimiz; % 5'i 0-10, % 65'i 10-20; % 24'ü 20-30; % 6'sı 30-40 arasında kül içermektedir. Yıkama ile kömürün kül içeriği rahatlıkla düşürülebilir.

Kumtaşı ve pirit gibi maddeler kömürün aşındırıcılığının artmasına ve atmosfere asit buharları karışmasına neden olurlar. Özellikle, termik santrallarda kullanılan kömürde kumtaşı bulunuyorsa, öğütücü astarlarının kısa sürede aşınmasına neden olur. Öğütücü astarlarının sık sık değiştirilmesi pahalı bir işlemdir. Yanma sırasında pirit SO_2 olarak havaya karışır ve asit yağmurlarının oluşmasına neden olur. Bugün, birçok ülkede çıkarılan "çevre" yi koruyucu yasalarla yakılacak kömürlerin içerdikleri max S içerikleri sınırlandırılmıştır. Örneğin, ABD' de 1970 yılında çıkarılan "Temiz Kömür Yasası" gereğince kömürlerin içerebileceği max. kükürt oranı % 0.6-0.8 arasında olacaktır. Ülkemiz linyit rezervlerinin % 5.3'ü 0-1; % 52.7'si 1-2, % 24.5'i 2-3, % 5,6'sı 3-4, % 11.9'u 4'ten fazla kükürt içermektedir. Görüldüğü gibi linyitlerimizin çoğunun kükürt içeriği de yüksektir [1].

Genellikle, yıkanmış bir kömürde piritten kaynaklanan kükürdün % 50'ye yakın kısmı uzaklaştırılabilir. Yine pirit'in aşındırıcı özelliğinden dolayı öğütücülere verilebileceği zarar da önlenmiş olur.

Safeizliklerin kömürden uzaklaştırılması, kömür kalitesinin yükseltilmesi ve satılabilir hale getirilmesi yalnızca kömürün yıkanmasıyla gerçekleştirilebilecek bir işlemdir. Kömür endüstrisi, mekanik kömür hazırlama yöntemlerini ve ekipmanlarını iki amaçla kullanır:

- I- Ürünün tonu başına net gelirini arttırmak,
- II- Ürün için sürekli bir pazar sağlamak.

Bir kömür madeninden elde edilen net gelir veya kâr ya üretim maliyetlerini düşürerek veya üretilen üründen gelecek girdiyi yükselterek arttırılabilir. Kömür hazırlama, madencilikten ve üretimden kaynaklanan maliyeti arttırıcı faktörleri karşılayabilecek ve mümkün olan en

yüksek parasal girdiyi sağlayarak, elde edilecek nihai ürünün değerini arttıracak son üretim aşamasıdır [2].

Kömür hazırlama teknolojisi ile; her tüketim pazarına boyutu, ısı değeri ve kül içeriği itibarıyla uygun nitelikte ürün hazırlamak ve sunmak mümkündür.



BÖLÜM 3. KÖMÜR HAZIRLAMADA YARARLANILAN MİNERAL ÖZELLİKLERİ

Kömürün zenginleştirilmesinde, artık maddelerinin uzaklaştırılması ancak serbestleşme sağlanması ile başarılı olur. Kullanılacak zenginleştirme yöntemi, kömürle birlikte var olan mineral maddenin oluşumuna ve organik madde(kömür) ile inorganik madde(artık) arasındaki fiziksel özellik farklılıklarına bağlıdır. Kömür hazırlamada, ayırmayı sağlamak amacıyla yararlanılan yaklaşık 8-9 farklı özellik söz konusudur. Bu özelliklerden bugün için en geçerli olanı ve en yaygın olarak kullanılanı kömürle, mineral maddeler arasındaki özgül ağırlık farkıdır.

3.1. Kömürdeki Mineral Maddeler ve Uzaklaştırılmaları

Kömürle birlikte bulunan inorganik maddeler, ya kömürün oluşumu sırasında veya daha sonra, ortam koşullarının (sıcaklık, basınç, pH vb.) değişmesi sonucu kömür cemaatine girerek oluşmuşlardır. İnorganik madde, kömürün yakılması sırasında "kül" bırakan kısımdır. Kömürde bulunan en önemli inorganik maddeler şeyl ve kildir; bunların başka kuvars, dolomit, kalsit gibi karbonatlı mineraller ve pirit inorganik yapıyı oluşturan diğer maddelerdir.

Bu maddelerin kömürden uzaklaştırılmalarının sağlanması ancak yeterli derecede serbestleşmeye bağlıdır. Serbestleşme sağlanmışsa uygun zenginleştirme yöntemiyle kömürden artık maddelerinin uzaklaştırılması ve temiz kömür elde edilmesi mümkündür [3].

3.2. Kömür ve Safsızlıkları Arasındaki Farklılıklar

Strüktür ve Kırılma

Kömür, artık maddelerine oranla daha çok kırılğandır. Özellikle döner kırıcılarda kömürün, şiste göre daha kolay kırılması önemli bir özelliktir. Böylece döner kırıcıların elek üzerinden iri şistlerin atılması mümkündür. Kırma ile kömürün artıktan ayrılması ve serbest hale gelmesi kolaylıkla sağlanabilmektedir.

Renk

Kömürle, artık maddeleri arasındaki renk farkı da kömürün zenginleştirilmesinde yararlanılan bir özelliktir. Büyük ölçüde terk edilmesini rağmen günümüzde, elle ayıklama yöntemiyle temiz kömürden şistin ayrıldığı tesisler mevcuttur. Yine iri parça piritler elle ayıklamayla kömürden ayrılıp, temiz kömürce işlendiği düşünülebilmektedir.

Yansıtma

Genellikle kömür ve inorganik malzemelerin yüzeyleri ışığı farklı yansıtırlar. Işığı farklı yansıtma özelliklerine dayanan fotometrik ayırıcılar İngiltere'de kullanılmaktadır.

Manyetik Duyarlılık

Kömürle piriti aralarındaki manyetik özellik farklılıklarından yararlanarak birbirinden ayırmak için son yıllarda, özellikle Amerika'da çalışmalar yapılmaktadır. Kömürün diamanyetik, piritin ise paramanyetik

olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı sülfür içeren bileşiklerin bu yöntemle kömürden uzaklaştırılmaları ekonomik olarak gerçekleştirilebilir.

Dielektrik Sabiti

Kömürün yüksek gerilimli bir elektriksel alandan geçirildiğinde, inorganik maddelere göre farklı davranış gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Elektrostatik ayırma yöntemiyle de sülfür içeren bileşiklerin kömürden ayrılmaları mümkündür.

Şekil

Kömür kübik kırılma eğilimindedir, şeyl ise daha çok dilimlenir halinde kırılır. Bu nedenle, eğimli bir plaka üzerinde kaymaya bırakılırsa, kömür şeyle göre daha hızlı yuvarlanacaktır. Bu sistem hem kuru hem yaş olarak uygulanabilmektedir. Yeterince selektif bir ayırmayı gerçekleştirilemediğinden, kömür zenginleştirmeye uygun değildir.

Sürtünme Direnci (Düz Yüzeylere)

Karbonun parlatıcı olarak kullanılışı bilinmektedir. Kömür, düzgün bir yüzeyde şeylden daha hızlı bir şekilde aşağı doğru akar. Piritse, kömürle şeyl arasında bir akma hızına sahiptir. Bu prensibe dayanak, kuru ayırma plakaları geliştirilmiştir. Fakat, kömürün selektifliğinin (nem içeriğinin) sürtünme farklılıklarını azaltmasından ötürü bu yöntem uygulanamamaktadır.

Temas Açısı

Temas açısı, kömür yüzeyinin havaya veya suya olan ilgisini gösteren bir ölçüdür. Organik kısım (kömür)

ile inorganik maddeler arasındaki temas açısı, genellikle flotasyonla ayırmanın başarılı olabileceği ölçüde büyüktür. Piritin temas açısı ise hemen hemen organik maddelerle aynıdır. Bundan dolayı, sülfürlü bileşikler temas açısı farklılıklarıyla uzaklaştırmak oldukça zordur. Ancak, bazı önlemlerde sülfürlü minerallerin temas açısını düşürmek ve kömürden ayırmak mümkün olabilir. Minerallerin temas açılarındaki farklılık flotasyonun temelini oluşturur. Organik kısım (kömür taneleri) hava kabarcıklarına yapışarak yüze taşınır; inorganik taneler ise su içinde ıslanarak batanlar (kabarcığa yapışmazlar). Bu şekilde ayırma sağlanmış olur [4].

Özgül Ağırlık

Ocaklardan çıkarılan tuvenan kömürler farklı özgül ağırlıktaki parçaların karışımı halindedir. Tuvenan kömürdeki herhangi bir parçanın özgül ağırlığı, bu parçanın külüne, nemine, sabit karbon ve uçucu madde oranına bağlıdır. Kömürün külü arttıkça, özgül ağırlığı da artar, ancak bu artışlar birbirleriyle doğru orantılı değildir. Külün özgül ağırlığı da kül yapıcı maddelerin cinsine göre değişmektedir.

Saf kömürün özgül ağırlığı, kömürün ait olduğu sınıfa göre değişir ve aşağıda görüldüğü gibi linyitten antresite doğru gittikçe artar.

	<u>Özgül Ağırlık(gr/cm³)</u>
Linyit	0.50-1.30
Bitümlü kömür	1.15-1.50
Antresit	1.40-1.70

Aynı sınıftaki kömürlerin özgül ağırlıkları arasındaki fark, esas olarak, bunların içerdikleri farklı bünye küllerinden kaynaklanmaktadır.

Kömürlerdeki kül yapıcı ve kükürt taşıyıcı maddelerin (artık) özgül ağırlıkları kömürlerinden daha yüksektir. Bu maddelerden başlıcalarının özgül ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

	<u>Özgül Ağırlık(gr/cm³)</u>
Pirit	5.0
Şeyl,kil, kumtaşı	2.6
Jips	2.3
Kaolen	2.6
Kalsit	2.7

Tuvenan kömürlerde, temiz kömür ve artık maddeleri arasındaki özgül ağırlık farkı büyük önem taşır. Çünkü, flotasyon dışında bugün kömür zenginleştirmede kullanılan yöntemlerin tamamı gravite ayırmalarına, yani özgül ağırlık farkına göre yapılan ayırmalara dayanır.

BÖLÜM 4. KÖMÜRÜN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

4.1. İri Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi

100-150 mm ile 18-6 mm arasında boyut gruplarındaki kömür iri kömür olarak adlandırılmaktadır. İri kömürün zenginleştirilmesinde kullanılan yöntemler aşağıda kısaca verilmektedir.

4.1.1. Ağır Ortam Ayırması

Son yıllarda hem ince kömürün, hem de iri kömürün yıkanmasında ağır ortam ayırması çok önem kazanmıştır. Bugün dünyada, yıkanan kömürlerin yaklaşık % 30-35'i ağır ortam yöntemleriyle zenginleştirilmektedir.

Ağır ortam ayırması; temiz kömürle artık maddelerin yoğunluk değerleri dikkate alınarak oluşturulan bir ağır ortamda ortam yoğunluğundan daha düşük olan temiz kömürün yüzen, daha büyük olan artık maddelerinin ise batan ürün olarak alınması prensibine dayanan bir kömür zenginleştirme yöntemidir. Kül içeriği ile özgül ağırlık arasında genel bir ilişki bulunduğundan, uygun ayırma yoğunluğunda kömürden kül içeren safsızlıkların uzaklaştırılması mümkündür. Kullanılan ağır ortam sisteminin yoğunluğu pratikte 2.0'den büyük olamaz.

Ağır ortam ayırması diğer kömür yıkama yöntemleriyle karşılaştırıldığında şu avantajlara sahiptir : [2].

1- ± 0.1 yoğunluk aralığındaki malzeme miktarına bakılarak, hangi yoğunlukta ayırma yapılması gerekliliği saptanabilir,

2- Herhangi bir yoğunlukta ayırma yapılması durumunda, ± 0.005 yoğunluk aralığında, ortam yoğunluğunu kontrol etmek mümkündür,

3- Geniş bir boyut aralığında uygulanabilir (150 mm-0.5mm),

4- Yüksek kapasitesi ve küçük alanlara ihtiyaç göstermesi bakımından, yatırım ve işletme maliyetleri daha düşük olmaktadır,

5- Değişen pazar koşullarına karşı, ortamın ayırma koşulları da değiştirilebilir,

6- Hem miktar hem de kalite yönünden beslemeye meydana gelecek değişmelere uyarlatabilir.

4.1.1.1. Ağır Ortam Ayırmasının Uygulanması

Ağır ortam ayırmasının endüstriyel uygulamaları laboratuvar ölçeğinde yapılan yüzdürme-batırma deneyleri prensibine dayanarak geliştirilmiştir. Ancak endüstriyel uygulamalarda; nihai sonucu etkileyen bazı toxic parametreleri nedeniyle laboratuvarda elde edilen sonuçlara ulaşamaz.

Ağır ortam ayırması 150-0.5mm boyut grubundaki kömürlere uygulanabilir. 9 mm'den daha iri kömürler genellikle statik ağır-ortam ayırıcılarında, 9-0.5mm boyut grubundaki kömürler ise santrifüj kuvvet etkisiyle ayırmanın yapıldığı ayırıcılarda zenginleştirilebilirler (ağır ortam siklonları) [2].

Bir ağır ortam ayırmasında kullanılacak ağır ortam malzemesi ucuz olmalı, fiziksel olarak özelliklerini kaybedip bozuşmaya uğramamalı, kimyasal bakımdan inert olup kömürle reaksiyona girmemeli, üründen rahatlıkla ayrılabilmeli, gerekli herhangi bir ayırma yoğunluğu için viskozitesi düşük olmalı, yeniden kullanılabilmesidir.

Ağır ortam malzemesi olarak başlıca Üç çeşit ortam kullanılmaktadır.

- 1- Organik sıvılar,
- 2- İnorganik tuzların sudaki çözeltileri,
- 3- Süspansiyon halinde kullanılan katı maddeler.

Ağır sıvının seçimi, zenginleştirmenin yapılacağı tane boyutuna, ortam yoğunluğuna ve deneyin amacına göre yapılır.

1)- Organik Sıvılar

Kömür hazırlamada kullanılan organik sıvılar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Ortamın özgül ağırlığının 1.6 ve daha düşük olması istendiğinde karbontetraklorür ve petrol eteri karışımı kullanılır. Özgül ağırlık 1.6'dan fazla olması gerektiğinde ise bromoform veya tetraBrom etan karbontetraklorür ile karıştırılarak kullanılır. Organik sıvılarla; daha çok laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Fena olmaları nedeniyle endüstriyel uygulamaları yoktur.

Tablo 4.1. Yüzdürme-Batırma Deneylerinde Kullanılan Organik Sıvılar

Organik Sıvı	Formül	Özg.Ağırlık (gr/cm ³)	Karıştırıcı Sıvı
Petrol Eteri	--	0.70	--
Alkol	C ₂ H ₅ OH	0.79	--
Aseton	CH ₃ COOCH ₃	0.79	--
Toluen	C ₆ H ₅ CH ₃	0.86	--
Metileniyodür	CH ₂ I ₂	3.31	CCl ₄
Tetrabrom Etan	C ₂ H ₂ Br ₄	2.96	Alkol,CCl ₄ , Kloroform
Bromoform	CHBr ₃	2.89	Alkol,CCl ₄
Metilenbromür	CH ₂ Br ₂	2.48	--
Karbontetraklorür	CCl ₄	1.49	Bütün Org. Sıvılar

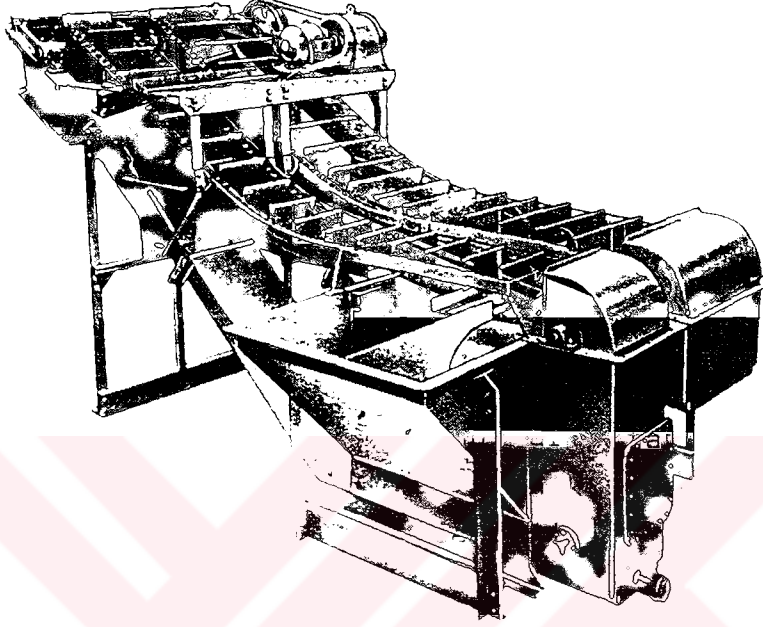
2)- İnorganik Tuzların Sudaki Çözeltileri

Kalsiyum klorür veya çinko klorür gibi suda çözünen tuzlar, kömür ayırmada kullanılmaktadır. Özellikle, iri kömür yıkama işleminde ucuz olmaları nedeniyle kullanılabilmektedir. Ulaşılabilecek max. ortam yoğunluğu 1.92 olmaktadır.

İnorganik tuzlar ucuz olmalarına karşın, viskozitelerinin yüksek olması nedeniyle batmayı engellemekte ve ayrımı zorlaştırmaktadır. İnorganik tuzların çözeltilerinin kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta da zenginleştirme işleminden çıkan ürünlerin suyla iyice yıkanması gereğidir. Aksi halde kömürün gözeneklerini dolduran çözelti hatalı sonuçlara neden olur.

Belknap klorür prosesi, ağır ortam malzemesi olarak kalsiyum klorürünün sudaki çözeltisinin kullanıldığı endüstriyel çapta tek uygulamadır. Bu proseste

kalsiyum klorür çözeltisi ile 1.40-1.60 arasında yoğunluk elde edilmekte ve temiz kömür artıktan ayrılmaktadır. Şekil 4.1'de Belknap kalsiyum klorür prosesinin uygulandığı yıkayıcı görülmektedir [2].



Şekil 4.1. Belknap Kalsiyum Klorürlü Ağır Ortam Ayırıcısı

3)- Süspansiyon Halindeki Katı Taneler

Süspansiyon, ince tanelerin sıvı içinde dağılmasıyla oluşturduğu karışımdır.

Kömür yıkamada kullanılan ayırma yoğunlukları 1.30 ile 1.90 arasında değişmektedir. İstenilen ayırma yoğunluğunu sabit tutabilmek ve ayırma aygıtı içinde her noktada aynı yoğunluğu sağlamak için kullanılan katının uygun özellikte olması gerekir. Gereken ayırma yoğunluğuna ulaşmak ve yoğunluğu stabil tutmak için genellikle kabul edilen katı oranları % 25 ile % 45 arasında değişmekte, ancak katı oranının % 30'dan fazla olmaması tavsiye edilmektedir. Süspansiyonda kullanılan katı tanelerin boyutu büyüdükçe, çökme hızı artar, ortam viskozitesi düşer ve ağır ortam malzemesini geri kazanmak

kolaylaşır. Katı tanelerin boyutu küçüldükçe çökme hızı düşer(bu şekilde daha büyük ortam stabilitesine ulaşılır); viskozite yükselir ve ortam malzemesini geri kazanmak zorlaşır. Süspansiyon katısının özgül ağırlığı ne kadar büyükse, arzulanan yoğunluğa ulaşmak için kullanılacak katı miktarı o derecede azalır [2,5].

İdeal bir süspansiyonun özellikleri şunlardır:

a)- Viskozitesinin düşük, stabilitesinin yüksek olması gerekir, bütün taneler ortam içinde rahatlıkla hareket edebilmelidir,

b) 1.3-1.9 arasındaki geniş yoğunluk aralığında çalışmaya imkân vermeli ve hızlı yoğunluk ayarlamalarına uygun olmalıdır,

c)- Geri kazanılması kolay olmalıdır.

d)- Ucuz ve kolaylıkla bulunabilir olmalıdır,

e)- Kömürle reaksiyona girmemeli ve kimyasal bakımdan stabil olmalıdır.

Ağır ortamı oluşturmak ve istenilen ayırma yoğunluğunu elde etmek için kullanılacak katının miktarı, boyutu ve özgül ağırlığı belirlenerek; optimum performansı ve ekonomikliği sağlayacak ağır ortam karakteristiklerine ulaşmak mümkündür.

Aşağıdaki eşitlikte bir süspansiyonun yoğunluğu hesaplanabilir [2].

$$D = \frac{100}{(100-C) + \frac{C}{d}}$$

Burada;

- D: Süspansiyonun yoğunluğu (gr/cm^3)
d: Kullanılan katının yoğunluğu (gr/cm^3),
C: Süspansiyonda ağırlıkça katı oranı (%)

Eşitlikten görüldüğü gibi, süspansiyon yoğunluğu kullanılan katının özgül ağırlığına ve katı oranına bağlı olarak değişmektedir. Pülpte katı oranı ve kullanılan katının özgül ağırlığı arttıkça, süspansiyon yoğunluğu da artmaktadır.

Ağır ortam süspansiyonlarında kullanılan başlıca katı maddeler Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2. Ağır Ortam Süspansiyonlarında Kullanılan Başlıca Katı Maddeler

Madde	Özgü Ağırlık	Süspansiyon Özg. Ağırl.		Geri Kazanılması
		Maksimum	Ortalama	
Ferrosilikon (FeSi)	6.3-6.7	3.5	2.5-3.2	Yaş man. ayır
Manyetit (Fe_3O_4)	5.0-5.2	2.5	2.5'den az	Yaş man. ayır
Galen (PbS)	7.5	4.3	3.3	Flotasyon
Kuvars (SiO_2)	2.6	1.8	1.4-1.7	Sedimentasyon

Bunların yanında Barit(BaSO_4), Pirit(FeS_2), Hematit (Fe_2O_3) kullanılabilir.

4.1.1.2. Ağır Ortam Yıkayıcı Tipleri

Ağır ortam ayırıcıları, kömür zenginleştirme tesislerine girmesinden itibaren bir çok aşama geçirmiş ve geliştirilmiştir. Yalnızca yerçekimi kuvvetinin etkin olduğu ayırıcılarda, çeşitli mekanik tasarımlar

geliştirilmiş, bugün kullanılan çok değişik tipte aygıtlar bulunmaktadır. Bu ayırıcılar genellikle konik, tambur ve tekne tiplidir [5].

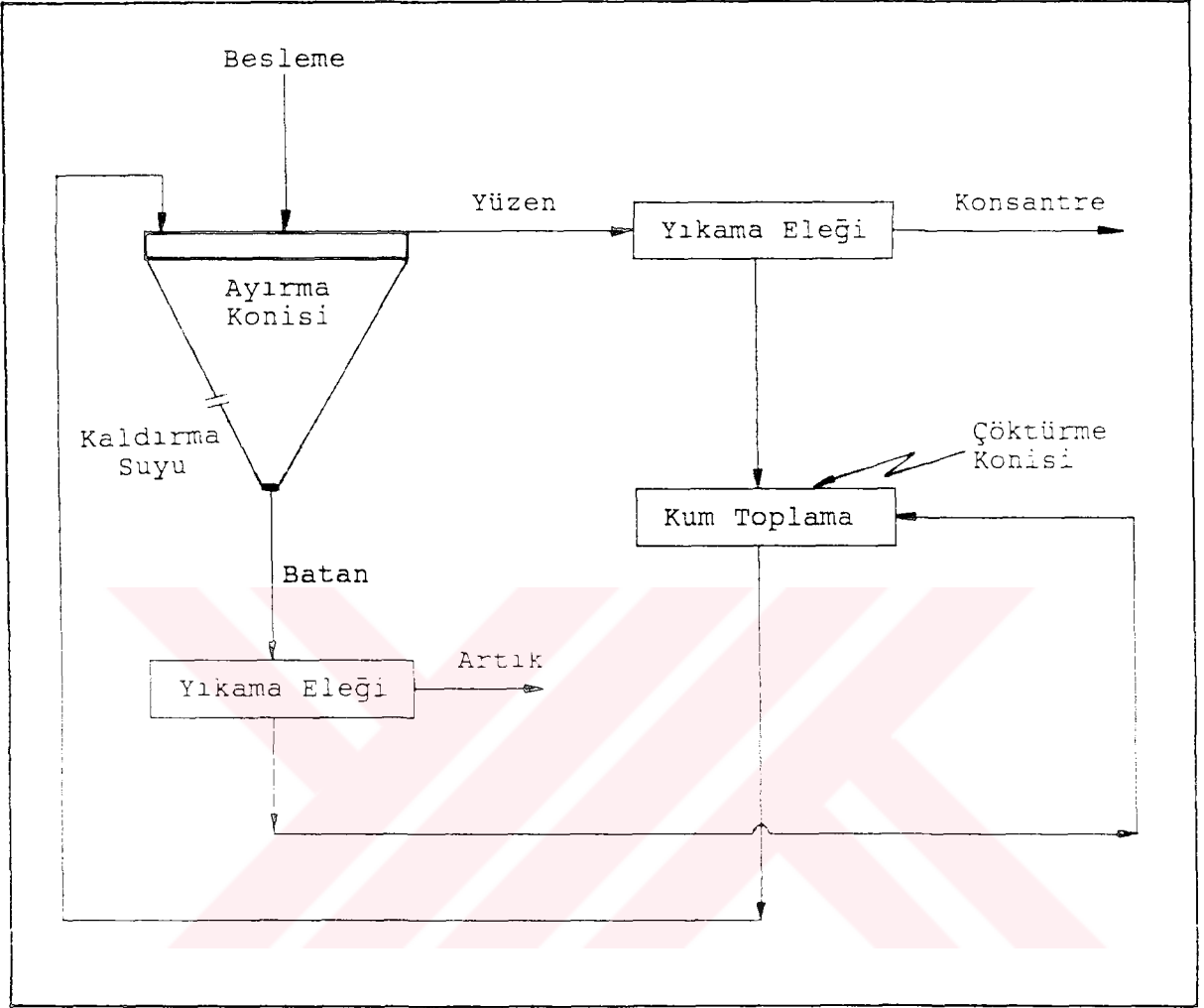
4.1.1.2.1. Konik Tipte Ayırıcılar

Süspansiyon halindeki katıların ağır ortam malzemesi olarak kullanıldığı bilinen ilk proses 1912'de, Amerika'da Chance tarafından geliştirilmiştir. Ağır ortam malzemesi olarak kuvars kumunun kullanıldığı Chance prosesi olarak da bilinen bu sistem, yaklaşık 25 yıl süreyle endüstride kömür yıkamak amacıyla kullanılan tek işlemdi .

Chance prosesinde konik bir ağır ortam aparatı kullanılmaktadır. Ağır ortam konisinin alt ve yan kısımlarından verilen kaldırma suyu ile askıda tutulan kuvars kumu ağır ortamı oluşturmaktadır. Ortam özgül ağırlığı 1.4 ile 1.7 arasına rahatlıkla ayarlanabilir. Chance prosesinde kullanılan kuvars kumunun boyutları aşağıdaki sınırlardadır.

Boyut	Limit
0.420 mm üstü	max %5
0.250 mm üstü	max %40
0.180 mm üstü	min %85
0.149 mm üstü	min %95
0.149 mm altı	max %5

Proses sırasında kuvars kumu kaybı, yıkanmış kömürün tonu başına 1 kg'ı geçmez. Zenginleştirme ve kumu geri kazanma devrelerinin dikkatli kontrolü ile bu kayıp daha da azaltılabilir. Chance prosesi, günümüzde hâlâ kömür hazırlamada kullanılmaktadır. Chance prosesi akım şeması Şekil 4.2'de, bu proses ile ilgili American Bureau of Mines'ın yapmış olduğu performans incelemeleri de Tablo 4.3'de görülmektedir [2].



Şekil 4.2. Chance Prosesi Akım Şeması

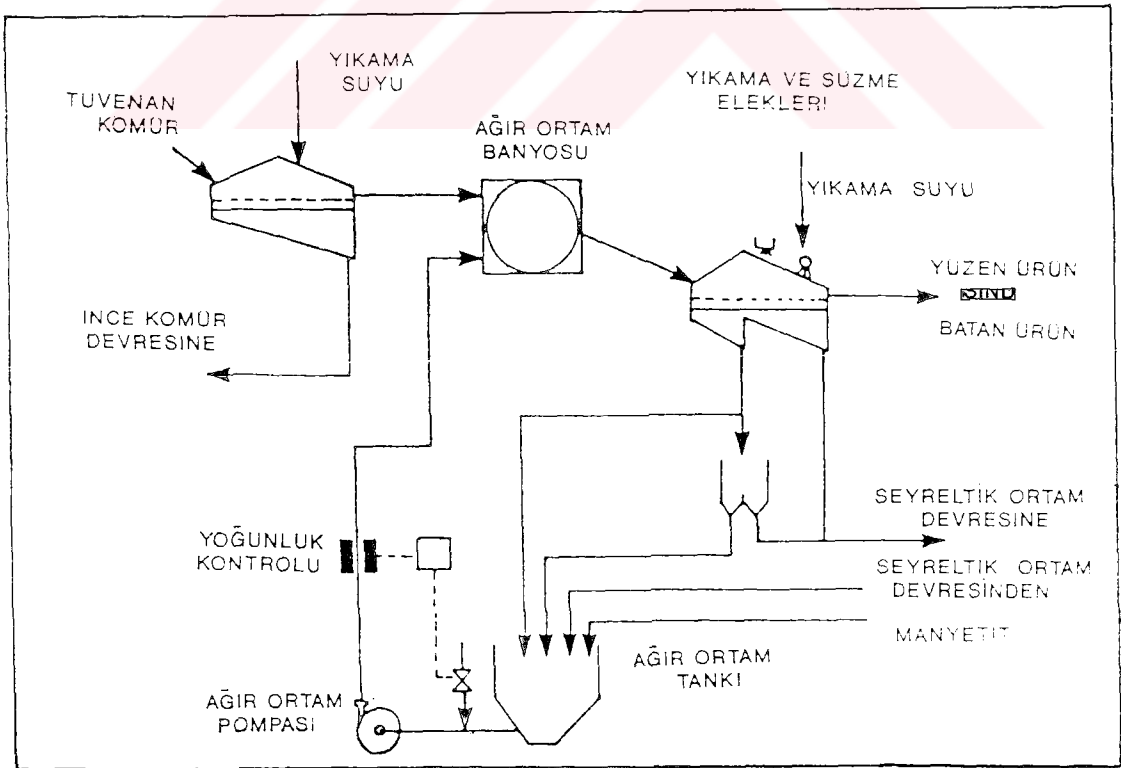
Günümüzde, kömür hazırlama tesislerinin çoğunda manyetit süspansiyonuyla ağır ortamın oluşturulduğu ayırıcılar kullanılmaktadır.

Tablo 4.3. Amerika'da Chance Prosesinin Uygulandığı Üç Farklı Tesis-
te Yapılan Performans İncelemelerinin Sonuçları [2].

T E S İ S L E R			
	A	B	C
Boyut (mm)	-100+6	-100+6	-100+6
Kül, % :			
Beslenen	31.6	19.7	17.9
Temiz Kömür.....	8.0	8.6	3.6
Artık	67.9	55.9	43.3
Tesis Verimi, %	60.6	76.6	65.0
Teorik Verim, %	60.7	77.0	66.6
Randıman Hatası	1.2	0.5	2.4
Kül Hatası	0.0	0.1	0.2
Artıkta Yüzen, %	1.3	7.0	2.8
Temiz Kömürde Batan, %	0.9	2.0	2.1
Ayırma Yoğunluğu	1.54	1.53	1.37
Hata Faktörü (Ep)	0.032	0.033	0.024
Hassasiyet Faktörü (İmp.)	0.021	0.022	0.018
Temiz Kömür Dağılım Faktörü:			
Yoğunluk			
-1.30	100.0	100.0	99.0
+1.30-1.35	100.0	100.0	93.4
+1.35-1.40	100.0	100.0	40.4
+1.40-1.45	100.0	99.1	11.9
+1.45-1.50	94.7	89.2	2.8
+1.50-1.60	41.2	30.2	2.4
+1.60-1.70	9.1	4.0	0.0
+1.70-1.80	0.0	1.7	0.0
+1.80	0.0	0.8	0.0

Manyetitinin tercih edilmesinin nedeni, yüksek özgül ağırlığı dolayısıyla yüksek yoğunluklu süspansiyonlar oluşturmak için çok az miktarda kullanılmasının yeterli oluşu ve rahatlıkla geri kazanılabilesidir. Gerek manyetik oluşu dolayısıyla manyetik ayırma yöntemiyle, gerekse çökmesinin hızlı oluşu dolayısıyla gravite yöntemiyle geri kazılması kolaydır.

Ağır ortam malzemesi olarak manyetitinin kullanıldığı sistemlerde standart bir akım şeması yoktur. Her tesis, yıkama karakteristikleri farklı olan tuvenan kömürden ne özellikle ürün istiyorsa (elde edilecek) temiz kömür miktarı ve külü hangi düzeyde olacaksa), ona göre bir sistem belirler. Şekil 4.3'de ağır ortam banyosunun kullanıldığı bir iri kömür yıkama devresinin akım şeması görülmektedir.



Şekil 4.3. Ağır Ortam Ayırmasının Uygulandığı Bir İri Kömür Yıkama Devresi Akım Şeması.

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi proses aşağıdaki 4 işlem kademesini içermektedir.

- 1- Tuvenan kömürün hazırlanması(ön hazırlama),
- 2- Tuvenan kömürün yıkanması (zenginleştirme),
- 3- Ürünlerin alınması(temiz kömür, artık)
- 4- Manyetit kazanılması.

1- Tuvenan Kömürün Hazırlanması:Ağır ortam devreleri tuvenan kömürü olduğu gibi zenginleştirmezler. Bu nedenle tesise gelen tuvenan kömürü, ağır ortam devresine vermeden önce boyutlandırmak gerekir. Bu da, kırma ve eleme ile sağlanır. iri kömür yıkama devresine (ağır ortam devresi) verilebilecek maksimum, parça boyutu 150 mm'dir.

Ayrıca, kömür yıkama devresine verilmeden önce mutlak ıslatılmalıdır. Bu da ya elek üzerine yerleştirilen spraylarla verilen su ile veya su dolu bir kaba kömürün konulmasıyla sağlanabilir. Bunun nedeni de, önceden kömürün porlarının su ile dolmasını sağlayarak, ayırıcı da ağır ortam malzemesiyle dolmasına ve görünür özgül ağırlığının yükselmesine engel olmaktadır.

2- Yıkama: Ayırıcının fonksiyonu, beslenen kömürden artık maddeleri ile temiz kömürün ayırımını sağlamaktır. Ayrıca bazı ayırıcılarda ara ürün de alınabilmektedir.

Yıkayıcının; performansı, kapasitesi, işletimi bakımından istenilen özelliklerde olması gereklidir.

3- Ürünlerin Ayrılması: Ayırıcıdan çıkan ürünlerin ağır ortamdaki ayrılması gereklidir. Sonraki aşamada da ağır ortam kazanılmalıdır. Bu genellikle;

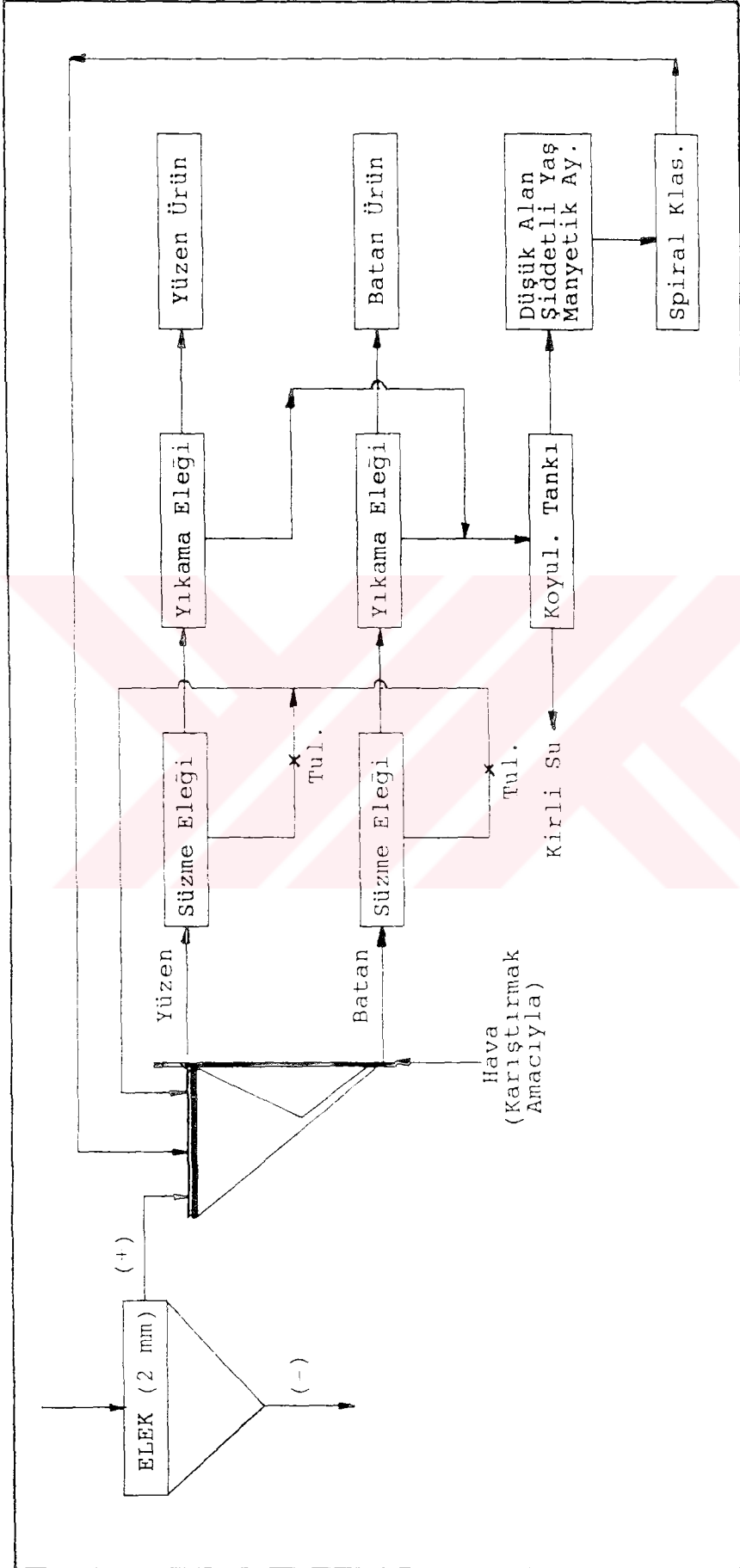
yıkama ve süzme elekleriyle gerçekleştirilen bir işlemdir.

4- Manyetitin Geri Kazanılması: Ağır ortamın geri kazanılmasının amaçları şunlardır.

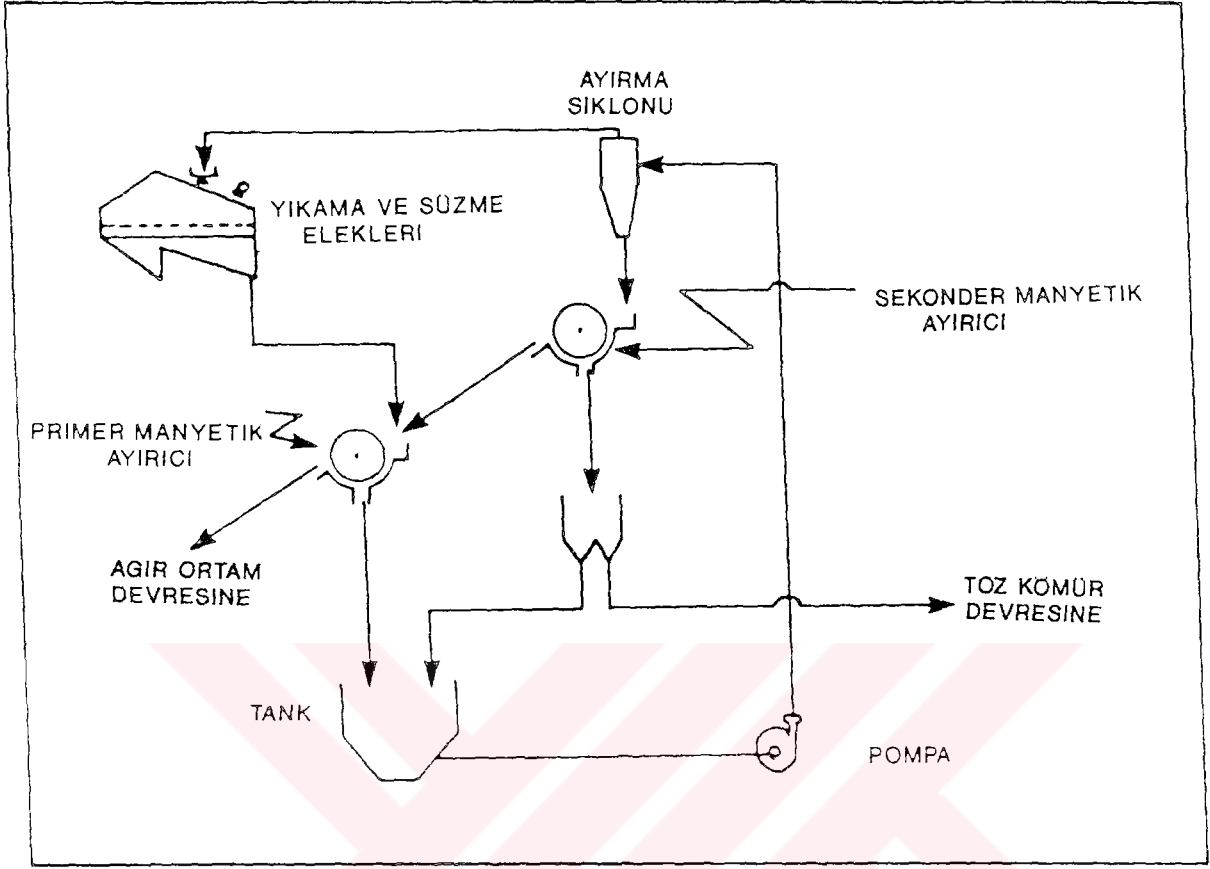
- * Ortamın relatif yoğunluğunu istenen değerde tutmak.
- * Ortamın stabil olmasını sağlamak.
- * Ürünlerden ortamı geri kazanmak ve prosesteki kayıpları en aza indirmek.

Manyetitin geri kazanılma yöntemleri çeşitlidir. Bilinen, manyetitin ilk kullanıldığı proses Amerikan Cyanamid Firması'nın geliştirdiği "ağır ortam ayırması" adı verilen prosestir. Bu proseste manyetitin geri kazanılma prensibi Şekil 4.4'de görülmektedir.

Bu proseste, yüzen ve batan ürünler ayrı ayrı süzme eleklerine verilir. Manyetitin büyük kısmı burada kazanılır. Ürünler daha sonra yıkama eleklerinden geçirilir. Manyetitin tümü yıkama eleklerinde su spreyleriyle yıkanır ve ürünlerden ayrılmış olur. Yıkama elekleri altından alınan seyreltik ortam; koyulaştırma tankına verilir. Koyulaştırma tankının üstünden kirli su atılır. Koyulaştırma tankı alt akımı ise düşük alan şiddetli yap manyetik ayırıcıya verilir. Manyetik ayırıcıdan alınan, konsantre, yoğunlaştırmak amacıyla Akins spiral klasifikatöre verilir. Klasifikatör taşıyı koyulaştırma tankına verilir. Alt akımdan elde edilen konsantre manyetik ise ağır ortam devresine geri gönderilir. Şekil 4.5'te seyreltik ortam devresinden manyetitin geri kazanılmasının akım şeması görülmektedir.



Şekil 4.4. Cyanamid Prosesi Akım Şeması

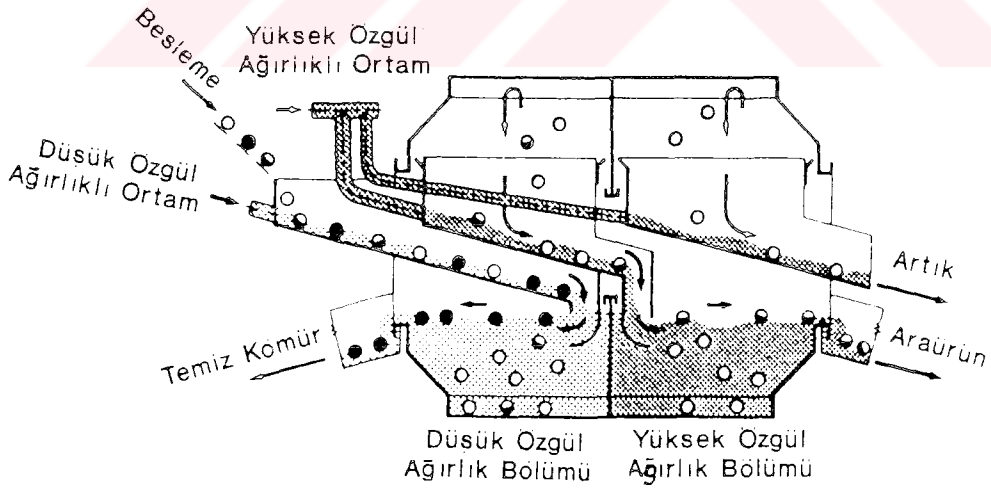
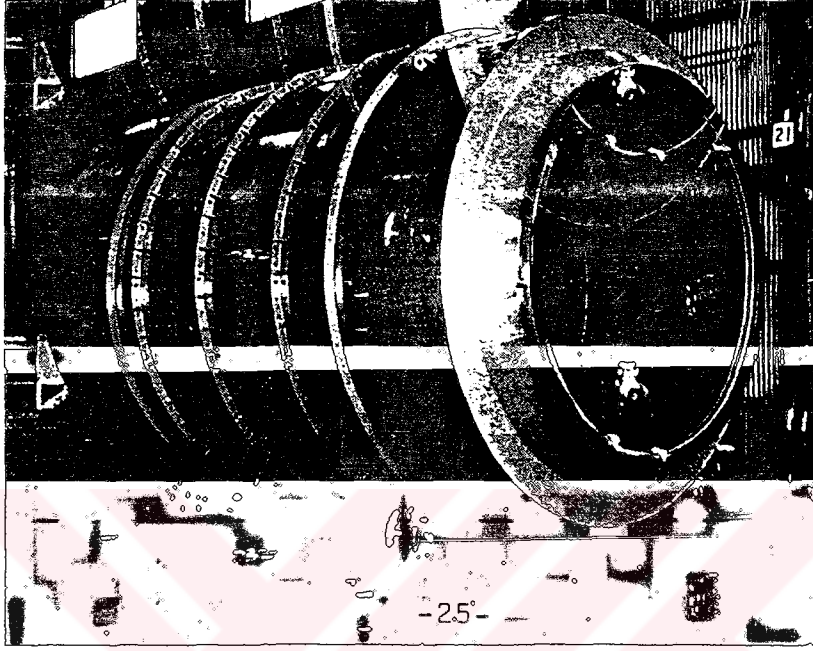


Şekil 4.5. Ağır Ortamın (Manyetit) Geri Kazanıldığı Genel Akım Şeması.

4.1.1.2.2. Tambur Tipi Yıkayıcılar

WEMCO aygıtı tambur tipi ayırıcılara bir örnektir. Bu ayırıcıda, tek bir yoğunlukla iki ürün alınabileceği gibi iki farklı yoğunlukla üç üründe almak mümkündür. Aygıt silindir biçimindedir ve içinde batan ürünleri almak için yapılmış sabit lifter'lar vardır.

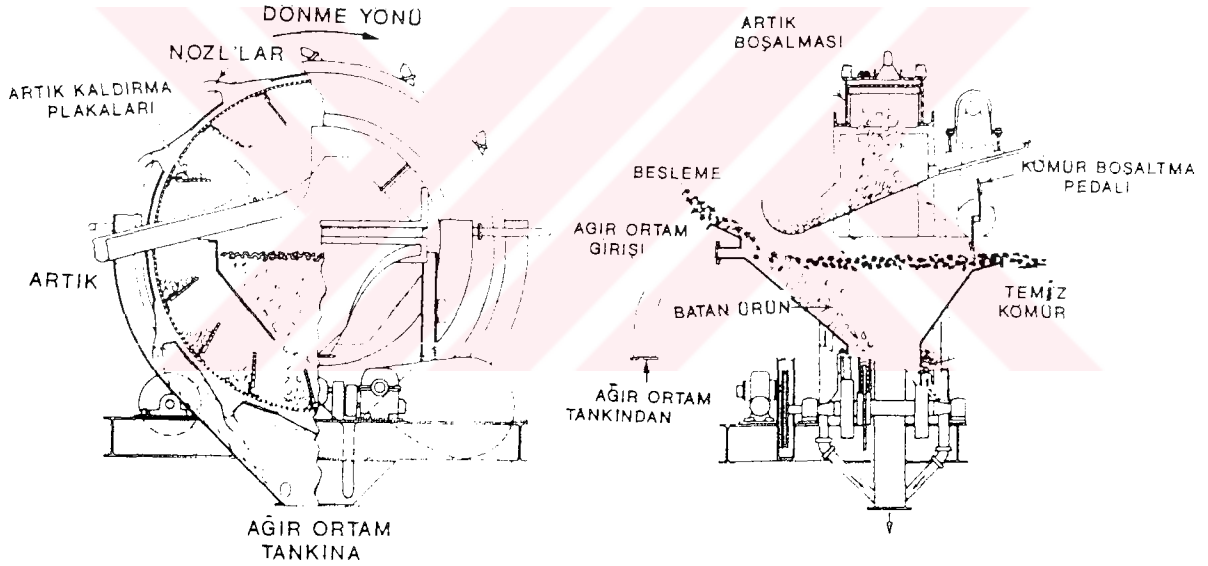
Şekil 4.6'da iki farklı yoğunluk ve üç ürün alınabilen WEMCO tambur ayırıcı görülmektedir. Bir olukla, tuvenan kömür düşük yoğunluklu kompartımana beslenmektedir. Bu kompartımanın üst kısmından yüzen ürün olarak alınan temiz kömür bir olukla alınmaktadır. Batan ürün ise lifter'larla yüksek yoğunluklu kompartıman besleme oluğuna verilmektedir. Bu kompartımanda



Şekil 4.6. WEMCO Ağır Ortam Tamburu.

yüzen ürünler, ara ürün oluşuyla alınmakta batan artık ise lifter'larla kaldırılarak batan oluşuna verilmektedir. Kapasiteleri 900 t/h'e kadar ulaşabilir. Tambur çapı 125-470 cm, tambur boyu da 125-720 cm arasında olabilir (Şekil 4.6).

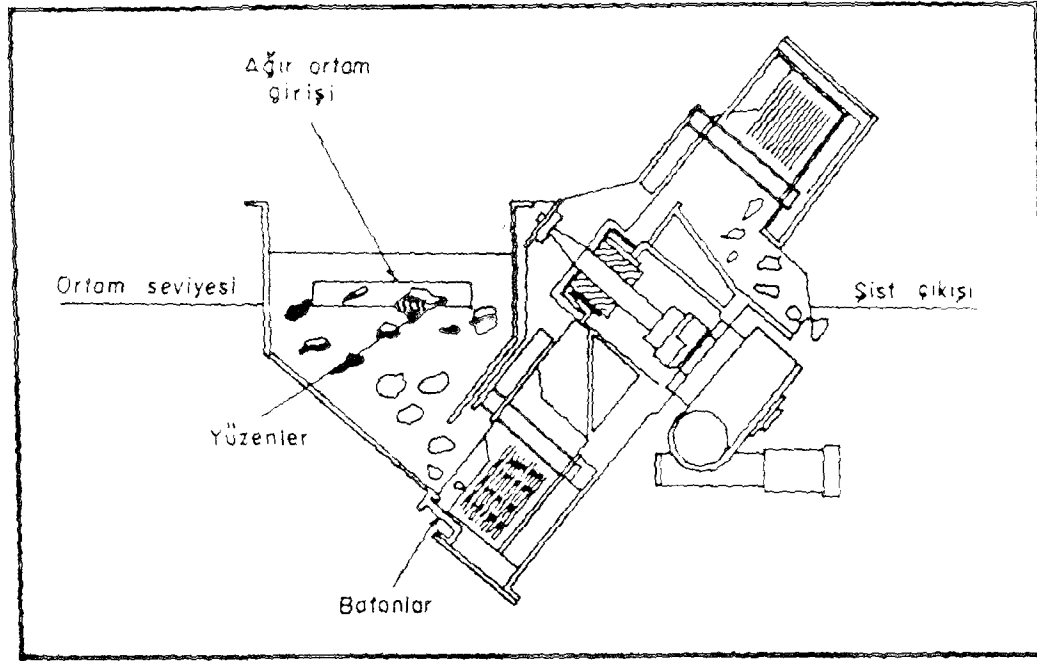
Şekil 4.7'de Link-Belt firması tarafından geliştirilmiş Teska tambur tipi ayırıcı görülmektedir. Teska tipi tambur ayırıcıda da, tıpkı WEMCO'da olduğu gibi lifter larla batan ürün, batan ürün oluşuna alınmaktadır. Tuvenan kömür tambura fan şekilli bir nozl'la beslenmektedir. Gerek yüzen ürün,g erekse batan ürün yıkama ve süzme eleklerinde yıkalanarak manyetit geri kazanılmaktadır.



Şekil 4.7. Teska Tambur Tipi Ağır Ortam Ayırıcısı.

Teska ayırıcısının en önemli özelliklerinden biri, tamburun her kısmında uniform bir ortam yoğunluğunun elde edilebilmesidir. Sirküle eden ortamın yaklaşık % 20'si, tambur çevresinde bulunan nozl'lar vasıtasıyla ağıta verilmekte ve tekrar kullanılmak üzere ağır ortam tankına geri döndürülmektedir.

Şekil 4.8'de ise Drevboj tipi tambur yıkayıcı görülmektedir.

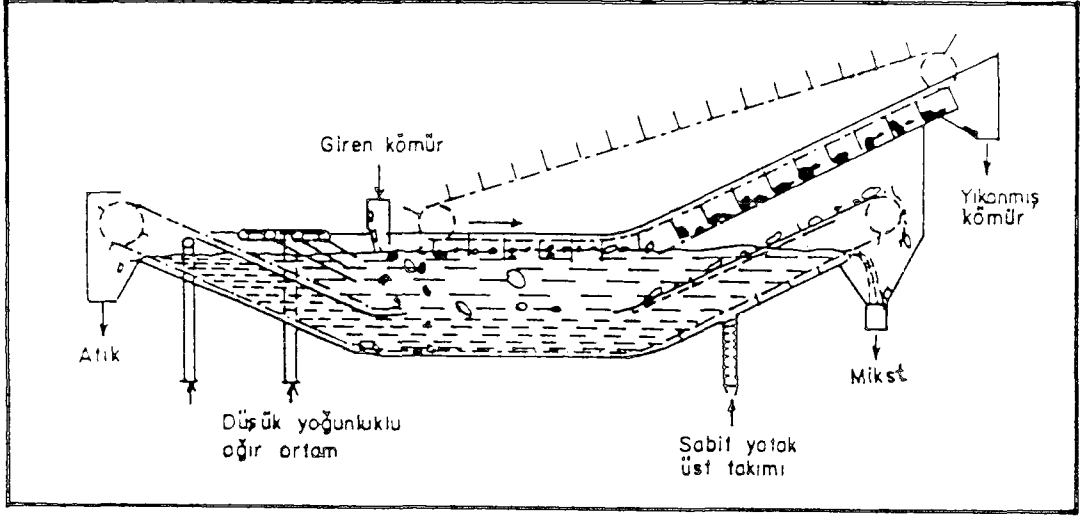


Şekil 4.8. Drewboy Tambur Tipi Yıkayıcı.

4.1.1.2.3. Tekne Tipli Yıkayıcılar

Tromp ayırıcısı, Hollanda'da K.Tromp tarafından geliştirilmiş, ağır ortam malzemesi olarak manyetit kullanıldığı ilk uygulamadır. Tromp ayırıcısında manyetitten başka, pirit, kuvars kumu ve şeyl de ağır ortam malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Tromp ayırıcısında ortam yoğunluğu, üstten alta doğru kademeli olarak artmaktadır. Diğer sistemlerde ise; mümkün olduğunca Uniform bir ortam yoğunluğu elde etmek esastır. Kontrollü bir yoğunluk değişimiyle, farklı yoğunluklarda ürünlerin Tromp ayırıcıdan alınmaları mümkündür. Bugün farklı iki yoğunlukta ayırmanın yapıldığı Tromp ayırıcısı da geliştirilmiştir ve endüstriyel amaçlı olarak kullanılmaktadır. Şekil 4.9 da iki yoğunluklu Tromp ayırıcısı görülmektedir.

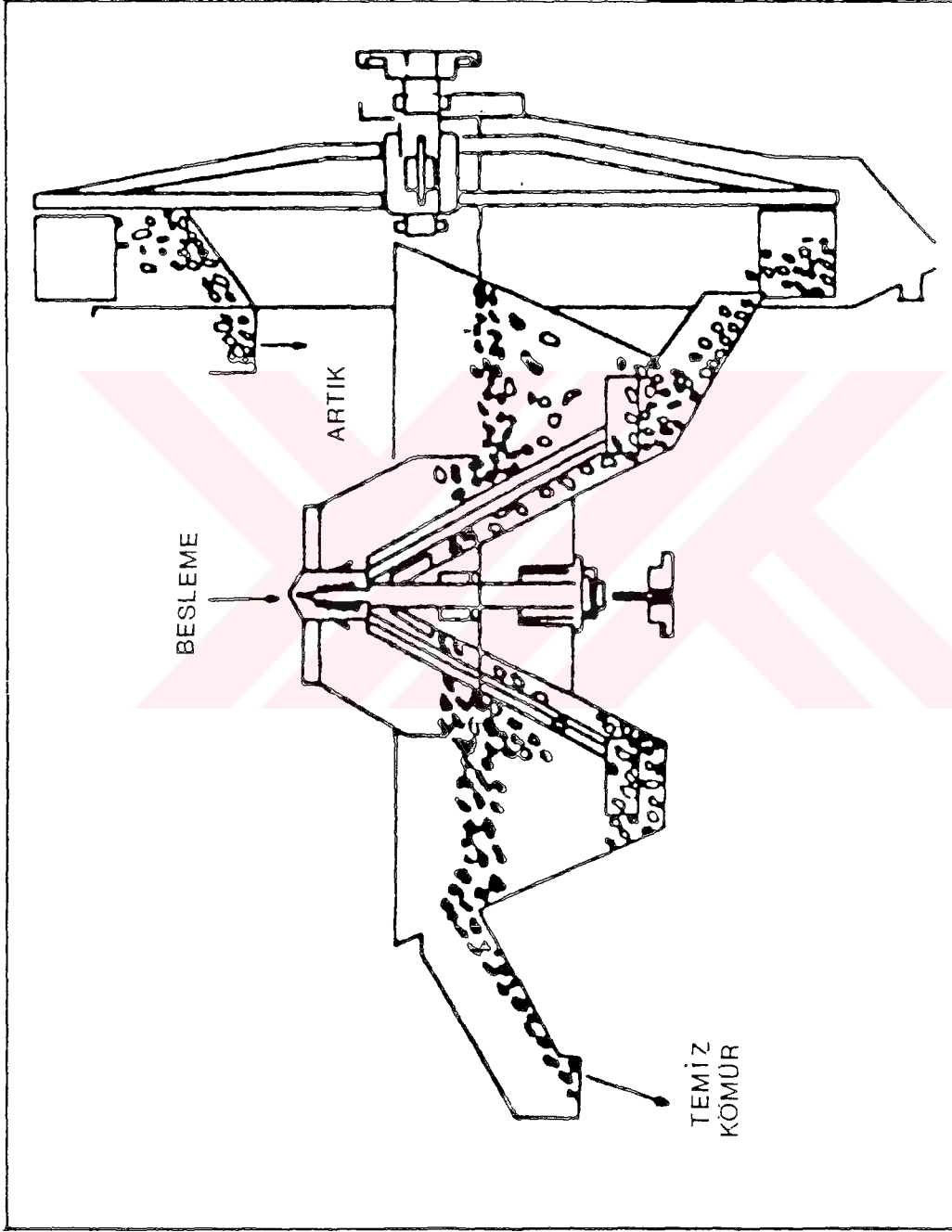


Şekil 4.9. Tromp Ayırıcısı.

Tuvenan kömür, bir olukla ayırıcının üst kısmından beslenir. Yüzen temiz kömür ayırıcının içinde bulunan bir konveyör aracılığıyla banyodan alınır. Bir elekten elenir ve ağır ortam sisteme geri döndürülür. Ara ürünse, düşük yoğunluk ve yüksek yoğunluk arasında bir arayüzeyde askıda kalır. Askıda kalan araüründe yine bir konveyörle ayırıcıdan çıkarılır. Ağır ürünler ise banyonun alt kısmında bulunan konveyöre düşer; buradan ayırıcının dışına aktarılır. Araürün ve artık da yine yıkama ve süzme eleklerine beslenir ve ağır ortam ürünlerinden ayrılır.

Norwalt ayırıcısı da bugün endüstriyel çapta kullanılan bir diğer tekne tipi ayırıcıdır.

Norwalt ayırıcısının şematik görünüşü ise; Şekil 4.10'da verilmiştir. Bu ayırıcı da Dutch State Mines tarafından geliştirilmiş ve endüstride kullanılan bir yıkayıcıdır. Yüzen ve batan ürünlerin tekne- den çıkarılmaları için zincirli konveyörler kullanılmaktadır. Saatte 360 ton kömürü zenginleştirebilmektedir.

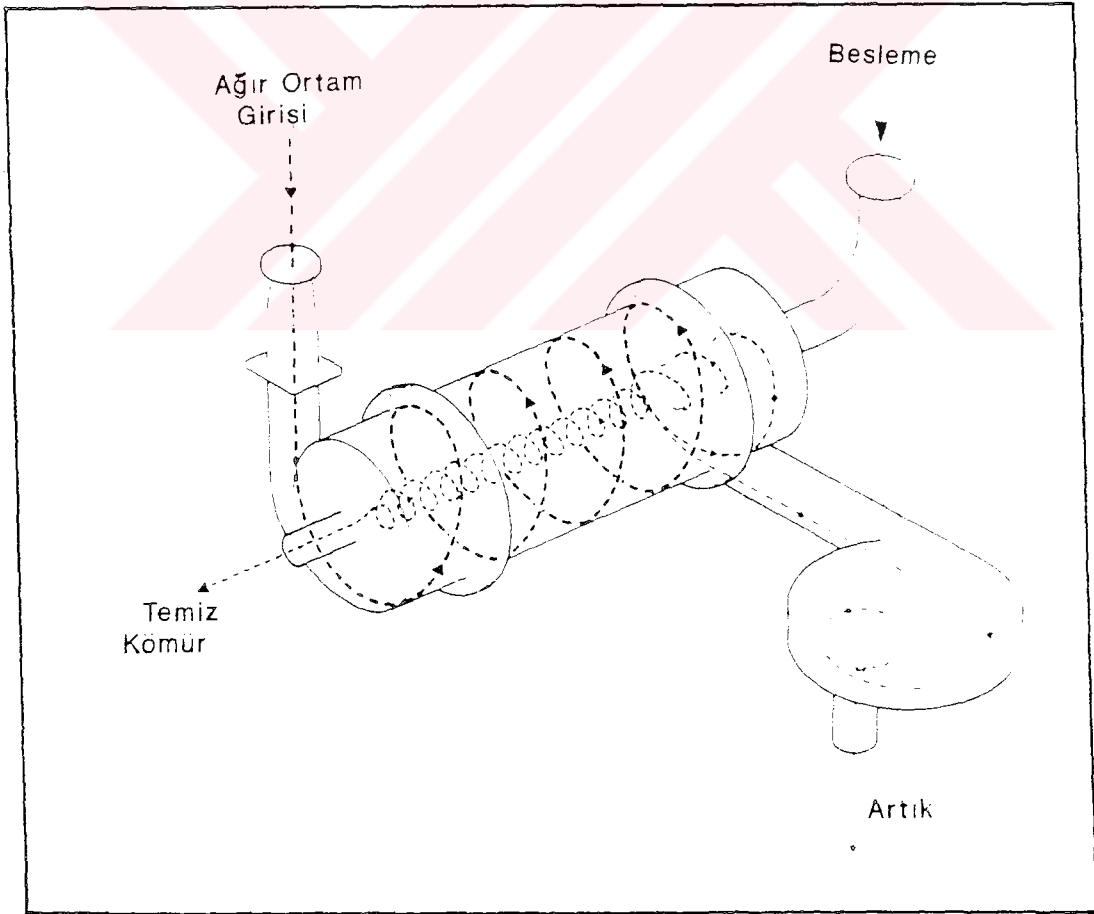


Şekil 4.10. Norwalt Ağır Ortam Ayırıcısı.

4.1.1.3. Larcodems

Larcodems; 1981 yılında geliştirilmiş bir kömür zenginleştirme tekniğidir.

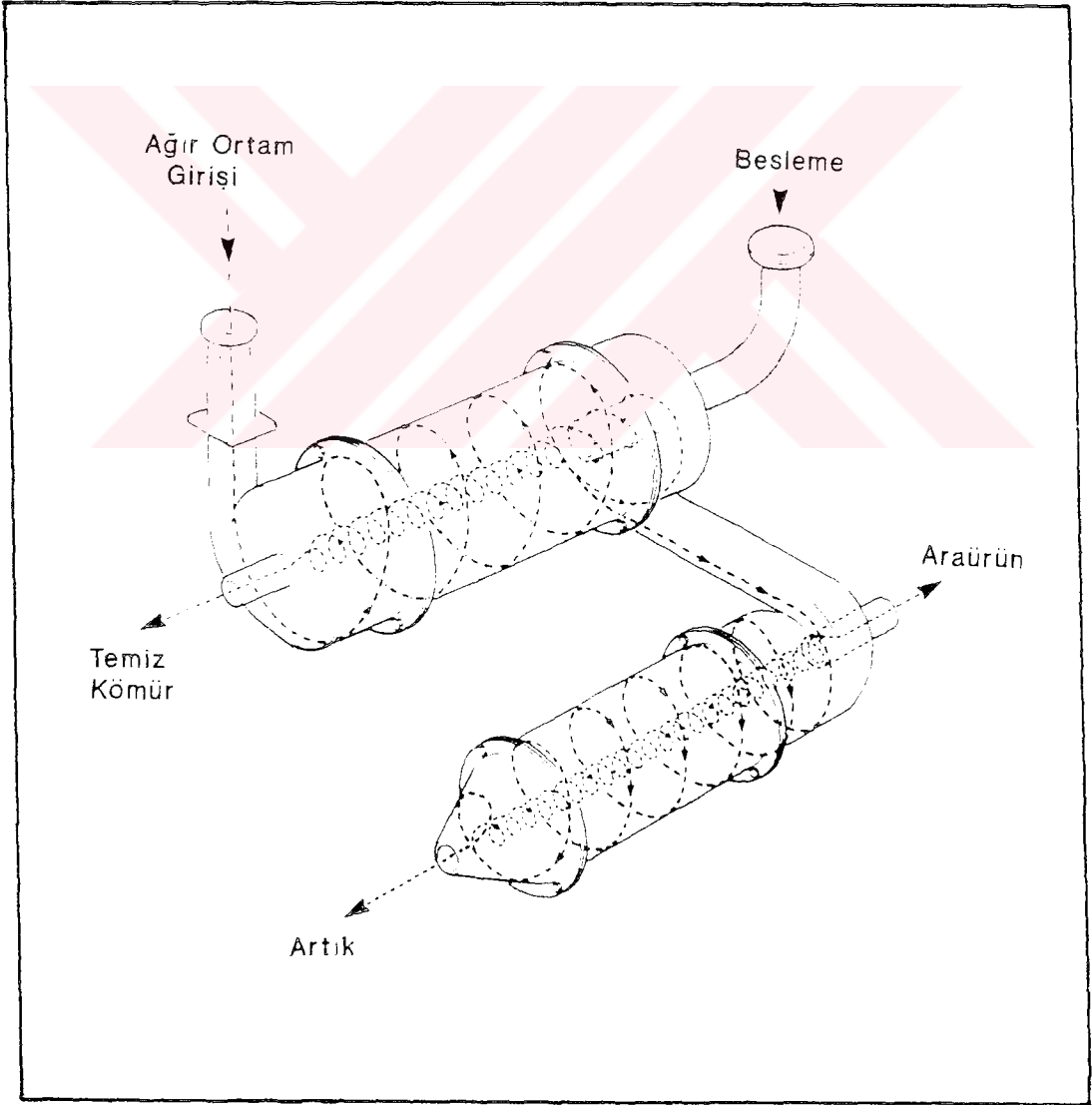
Bu ağır ortam olarak manyetitinin kullanıldığı, santrifüj kuvvet etkisiyle ayırma yapan; jiglere alternatif olarak geliştirilmiş bir ayırıcıdır. Geniş boyut aralıklarında kömürün zenginleştirilmesine uygun olduğu gibi; jiglerle karşılaştırıldığında kontrol olanakları çok daha kolay ve performansı da daha iyidir. Şekil 4.11'de iki ürün alınan Larcodems ayırıcısının şematik görünümü sunulmaktadır.



Şekil 4.11. İki Ürün Alınan Larcodems Ayırıcısı.

Larcodems; saatte 250 ton, 100-0.5mm boyut grubundaki kömürü zenginleştirmek amacıyla kurulmasına rağmen, Golthrope Colliery'de kurulu bulunan tesiste 9 saatte 350 ton kömürü değerlendirebilmektedir [6]. Bugün, İngiltere'de çalışan 6 Larcodems ünitesi bulunmaktadır.

Bunun yanısıra, yine tek ortam yoğunluğu kullanarak 3 ürün alınabilen (temiz kömür, araürün artık) Larcodems sistemi de geliştirilmiştir. 3 ürünlü Larcodems in şematik görünümü ise Şekil 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.12. Üç Ürün Alınan Larcodems Ayırıcısı.

Bu sistemde, birinci hücreden alınan artık, ikinci bir hücreye teğetsel olarak beslenmekte ve meydana getirilen ikinci bir Vorteksle yoğunluğu düşük olan taneler üst akımdan araürün olarak, yoğunluğu büyük olan taneler ise alt akımdan artık olarak elde edilmektedir.

Tablo 4.4'de; Larcodems sisteminin uygulandığı Point of Ayr kömür hazırlama tesisinde yapılan performans incelemelerinin sonuçları görülmektedir [6].

Tablo 4.4. Point of Ayr Kömür Hazırlama Tesisinde Larcodems Sisteminin Performans İncelemesi Sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	100-0.5	100-25	25-8	8-2	2-0.5
Beslenen Miktar (%)	100.00	41.99	36.01	16.64	5.36
Temiz Kömür Miktarı (%)	75.03	72.86	80.39	70.45	70.17
Temiz Kömür Külü (%)	5.27	4.95	5.09	5.15	9.60
Temiz Kömür Kükürdü (%)	1.53	1.57	1.54	1.49	1.39
Artık Miktarı (%)	24.97	27.14	19.61	29.55	29.83
Artık Külü (%)	81.27	81.94	81.45	80.02	79.39
Artık Kükürdü (%)	1.05	0.75	1.17	1.35	1.65
Ayırma Yoğunluğu (gr/cm ³)	1.660	1.655	1.658	1.675	1.852
Hata Faktörü (Ep)	0.030	0.023	0.034	0.048	0.139
Hassasiyet Faktörü (Imp.)	0.045	0.035	0.051	0.071	0.163

4.1.1.4. Ağır Ortam Ayırıcılarının Performansı

Bütün ayırıcı tipleri birbirinden farklı prensiplerden yararlanmaktadır. Böylece, yıkama verimleri, aygıtlardan elde edilen performans değerleri birbirinden farklı olmaktadır. Tablo 4.5'de bugün endüstride kullanılan değişik tipte yıkayıcıların sınıflandırılmaları görülmektedir.

Tablo 4.5. Değişik Tipte Ağır Ortam Ayırıcılarının Sınıflandırılması

Ayırıcının Adı	Tipi	Tanımı
WEMCO	Düşük akış hızlı ağır ortam	Tambur şeklinde, her iki uçta silindirik baffle'li, besleme kiaminde baffle açıklıkları besleme kiaminden daha küçük. Yüzenler bir perde aracılığıyla merkezde tutuluyor; batanlar lifterlerle kaldırılıp artık oluguna besleniyor.
TROMP	Ortam statik (akış yok)	Derin olmayan, uzun bir tekne şeklindedir. Yüzenler konveyörle devreden çıkarılmaktadır; batanlar elevatörle tekne altından yukarıya kaldırılmaktadır.
TESKA, DREWBOY	Düşük akış hızlı ağır ortam	Yüzen ürün; aygıt boyunca yerleştirilmiş bulunan döner pedallar veya ayırıcılarla alınır; batan ürün ise aygıtın altından elevatörle çıkarılır.
NORWALT, CHANCE	Orta akış hızlı ağır ortam	Kömür merkezden girer, spiral şeklinde bir hareket söz konusudur, çevreden beslenir. Batanları beslemek için ayırıcılar kullanılır; elevatörle yukarı kaldırılır.

Bir ayırıcıda, yüzen ürünlerin ayırıcıdan çıkarılması için, ortamın hareketli (akış halinde) olması gerekiyorsa akış hızına bağlı olarak, ayırıcıdan farklı E_p değerlerine ulaşılır. Tablo 4.6'da bazı ayırıcıların, boyuta bağlı olarak E_p değerleri görülmektedir. [4].

Tablo 4.6. Bazı Ağır Ortam Ayırıcılarının Boyuta Bağlı Olarak Hassasiyet Faktörü Değerleri

Boyut Aralığı (mm)	$\diamond 60$	$- 60 \diamond 30$	$- 30 \diamond 12$	$- 12 \diamond 0.5$
Tip	Hassasiyet Faktörü			
Norwalt	0.011	0.020	0.036	0.056
Wemco	0.019	0.025	0.045	0.089
Drewboy	--	0.018	0.035	0.056
Teska	0.007	0.042	0.067	0.082
Chance	0.020	0.030	0.030	0.037
Tromp	--	0.020	0.021	0.022

Tablodan görüldüğü gibi bütün ayırıcılarda iri boyuttan ince boyuta doğru gidildiğinde hata faktörü, değerleri de artmaktadır. Tablo 4.7'de ise, yeni geliştirilmiş ağır ortam ayırıcılarından Larcodems ayırıcısının, diğer ağır ortam sistemleri ve Baum Jigiyle karşılaştırılması durumunda elde edilen Ep değerleri görülmektedir [6].

Bir ayırmada, hata faktörü (Ep değeri) ne kadar düşüğe, ayırma hassasiyeti o kadar yüksek demektir. Ep değeri, dağılım eğrisinde, % 25 ile % 75 dağılım faktörlerine karşılık gelen yoğunluklar farkının yarısıdır.

$$(E_p = \frac{d_{25} - d_{75}}{2})$$

İyi bir ayırmada, elde edilen temiz kömürün külünün düşük, yıkama ve yanabilir verimlerinin yüksek, art ıkta temiz kömür kaybının ise düşük olması istenir.

4.1.2. Jigler

1848 yılından beri kömürlerin yıkanmasında kullanılan, jigler kömürle artık maddeleri arasındaki özgül-ağırlık farkına göre ayırma yapan aygıtlardır.

4.1.2.1. Jig İle Zenginleştirmenin Genel Esasları

Jiglerde, akışkan bir ortam içinde ve elek üzerinde bulunan mineral taneleri, akışkan ortama verilen aşağıdan yukarı(basma) ve yukarıdan aşağı(emme) hareketleri etk iyle, farklı tabakalar oluştururlar. En ağır mineraller en alt tabakada, en hafif mineraller ise en üst tabakada yar alırlar. Bu tabakalar ayrı ürünler halinde jigden alınır.

Tablo 4.7. Larcodems, Baum Jigi ve Ağır Ortamın Ep Değerleri Bakımından Karşılaş-
tırılması [6].

BOYUT ARALIĞI -mm-	LARCODEMS Ep	AYIRICI	BAUM Ep	JİGİ Ep	AĞIR ORTAM Ep
- 100 + 25	0.019 - 0.027		0.055 - 0.100		0.015 - 0.020
- 25 + 8	0.023 - 0.034		0.070 - 0.105		0.020 - 0.030
- 8 + 2	0.027 - 0.048		0.100 - 0.140		0.030 - 0.050
- 2 + 0.5	0.070 - 0.117		0.160 - 0.200		0.060 - 0.120

$$(2.4-1.0)/(1.3/1.0) = 1.4/0.3 = 4.7 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi saf minerallerin gravite konsant-rasyon yöntemleriyle ve jiglerle ayrılmaları son dere-ce kolaydır. Oysa ki, tamamen saf olmayan bir kömürde (1.35 yoğunluklu); düşük kaliteli bir kömürün birbir-lerinden gravite yöntemleriyle ayrılması durumunda kon-santre kriteri;

$(1.45-1.0)/(1.35-1.0)=0.45/0.35=1.3$ olarak bulunur. Böyle bir durumda su kullanan bir cihazda ayırma yapmak güçleşir ve verimsizleşir.

4.1.2.2. Jig Çeşitleri

Kömür zenginleştirmede en çok kullanılan jig tipi Baum Jigi'dir. Jeffrey, Acco ve Norton tipi baum jig-leri endüstride en fazla kullanılan hava odalı jigler-dir. Alman Baum tarafından yaklaşık 100 yıl önce keş-fedilmiştir. Pulsasyon hava vasıtasıyla yaratılır. Verilen basınçlı hava yaklaşık 0.1-0.2 kg/cm² kadardır. Baum jiglerinde, döner bir vana ile kısa aralıklarla verilen basınçlı hava jig içindeki suyu hareketlendi-rerek basma etkisi doğurur. Bu jiglerde emme etkisi bulunmamaktadır. Pulsasyon hızı dakikada 350 kadardır. Genellikle Baum jiginde lave, mikst ve şist olmak üze-re üç ürün alınabilmektedir. Üretilen miktarlar ge-nellikle ya hiçbir işlem görmeden devreye iade edilir veya boyutları küçültülerek diğer ünitelere yıkanmak üzere gönderilir. Şekil 4.13'de Baum jigi görülmek-tedir.

Özgülağırlıkları birbirinden farklı olan tanelerin Taggart konsantrasyon kriteri kullanılarak; birbirlerinden ayrılmalarının zor mu kolaymı olacağı bulunabilir. Bu kriterle; özgül ağırlık farkı ile zenginleştirmesin hangi boyutlarda ve hangi yöntemle uygulanabileceğı saptanır [3,7].

$$K = \frac{\sigma_{A-P}}{\sigma_{H-P}}$$

Burada;

K : Taggart konsantrasyon kriteri,

σ_A : Ağır mineralin özgül ağırlığı (gr/cm³)

σ_H : Hafif mineralin özgül ağırlığı (gr/cm³)

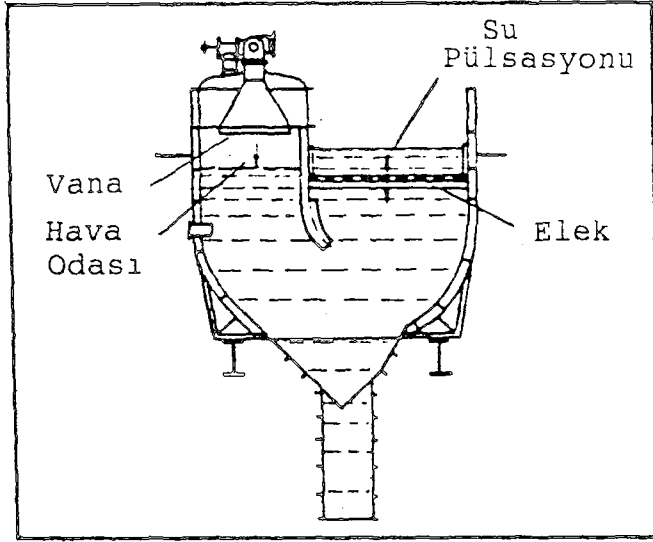
P : Ağır mineralin özgül ağırlığı (gr/cm³)

$K > 2.5$ ise ayırma küçük boyutlara kadar kolayca uygulanabilir. Bütün gravite yöntemleri kullanılabilir.

$2.5 > K > 1.75$ ise ayırma yine kolaydır. 0.1 mm'ye kadar uygulanabilir. Bütün gravite yöntemleri geçerlidir. $1.75 > K > 1.50$ ise ayırma güçleşir. alt uygulama boyutu 1 mm'dir. Jig ve ağır-ortam kullanılabilir. $1.50 > K > 1.25$ ise ayırma oldukça güçtür, ancak çakıl büyüklüğünde tanelere uygulanabilir. Ağır ortam ve jig kullanılabilir.

$K < 1.25$ ise, ekonomik bir ayırma mümkün değildir. Ancak akışkan özgül ağırlığı (P) arttırılarak ayırma yapılır.

Saf kömürün özgül ağırlığının 1.3; saf şeyl'in özgül ağırlığının 2.4 olduğu kabul edilirse, bu durumda akışkan ortam olarak su içinde konsantrasyon kriteri,



Şekil 4.13. Baum Jigi

1950'li yılların başından itibaren iri kömürün zenginleştirilmesinde Batac Jigleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu jigler gerek performansları gerekse kapasiteleri yönünden Baum jiglerinin geliştirilmiş şeklidir. Kömürün beslenmesi ve yaratılan pülsasyon Baum jigleriyle aynı olmakla birlikte bu jiglerde hava odası bulunmamakta; hava, çalışan elekt yüzeyinin altında bulunan hava deliklerinden enjekte edilmektedir. Bu şekilde havanın su içinde homojen dağılması sağlanır. Jigdeki hava vanaları otomatik kontrollü olup, hava giriş ve çıkışı otomatik olarak kesilir (Şekil 4.13).

Batac jig altı hücre ve üç kompartımandan oluşur. Ağır olan malzeme (şist) ilk kompartıman altından, alınan Mikst ikinci kompartımanın altından alınır. Lave ise yüzen ürün olarak alınmaktadır. Endüstriyel çapta çalıştırılan en büyük Batac jiginin kapasitesi saatte 540 ton'dur (Boy:6.2 m, En:5m.).

Jiglerin kömür zenginleştirmek amacıyla kullanılabilmesi için yantaşla arasında yeterli serbestleşmenin sağlanabilmesi gerekir. Bu durumda jiglerden iyi performans beklenebilir ve jigler diğer yöntemlere göre daha ekonomiktir. Bununla birlikte özgül ağırlığı

Tablo 4.8. Baum Jiginin Ep Değerleri Bakımından
Ağır Ortamla Karşılaştırılması [6].

BOYUT (mm)	AGIR ORTAM Ep	BAUM JIGI Ep
-100 + 50	0.015 -0.020	0.048
- 50 + 20	0.018 -0.028	0.043
- 20 + 10	0.020 -0.030	0.090
- 10 + 6	0.030 -0.040	0.148
- 6 + 2	0.040 -0.050	0.169

4.2. İnce Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi

12-6 mm ile 0.5 mm boyut aralığındaki kömür "ince kömür" olarak adlandırılmaktadır. İnce kömürlerin, zenginleştirilmesi için kullanılan yöntemlerde aşağıda sırasıyla belirtilmektedir.

4.2.1. Ağır Ortam Ayırması

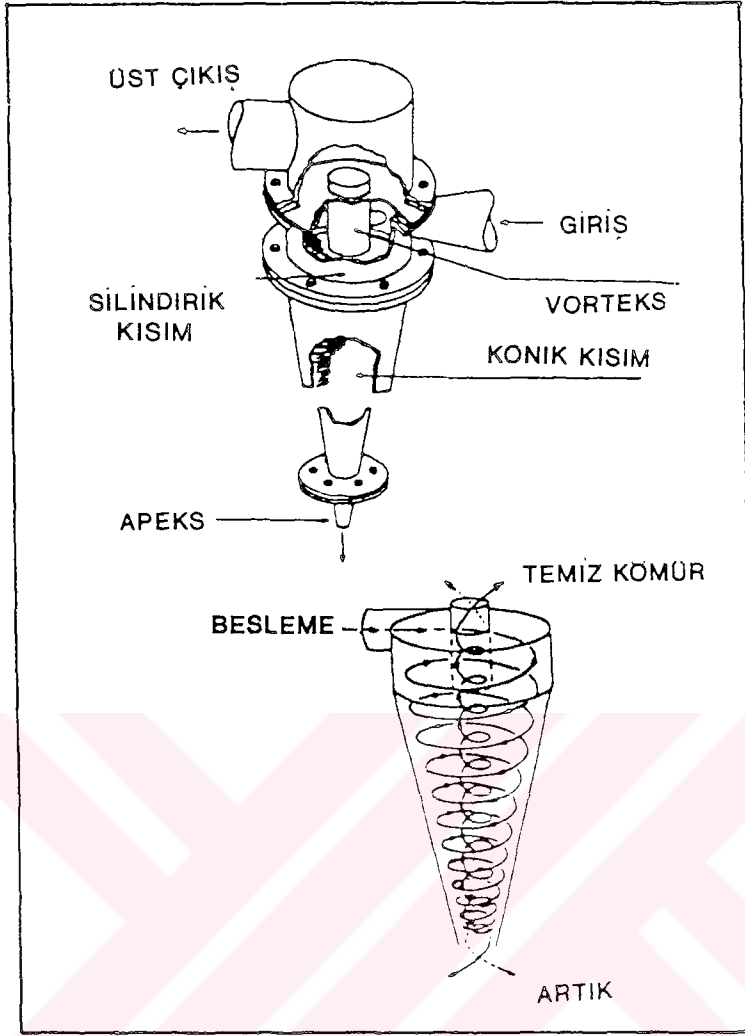
İnce kömürü zenginleştirmek için kullanılan ağır ortam aygıtları veya siklona benzer ünitelerdir. Ağır ortam ayırıcılarında, yerçekimi ve hidrodinamik basınçın yanı sıra, merkezkaç kuvvetinde ayırmaya etkisi vardır. Santrifüj kuvvetinin uygulandığı bu ayırıcılarda ortam akışkanlığı düşürebildiği için statik ayırıcılara nazaran daha küçük boyuttaki malzeme yıkanabilmektedir.

Çökme teorisine göre, çökme hızı yerçekimi kuvvetiyle doğru orantılıdır. Eğer belli bir basınç altında bir ağıta beslenirse, bu taneler bir santrifüj kuvvete maruz kalırlar. Özgül ağırlığı, akışkan ortamın özgül ağırlığından büyük olan taneler yerçekimi kuvvetinin etkisi altında kalarak ağıtın alt kısmından, yoğunluğu düşük olan taneler ise akışkan ile birlikte üst kısmından alınacaklardır.

Şekil 4.15'de bir siklonun genel yapısı görülmektedir. Akışkan ortamın teğetsel, olarak siklona girişi bu ortamın hızlı bir şekilde dönmesine neden olur. Bir hava sütunu oluşturan böyle bir hızlı dönüş sonunda; ağıtın merkezinde bir "vorteks" oluşturur. Vorteks finder olarak adlandırılan bir boru sayesinde ortamın, ağıtın merkezinden geçmesi sağlanır. Yoğunluğu fazla olan taneler siklonun dış çeperine doğru hareket ederek; siklon alt çıkışından alınır.

Bir siklon içinde ağır ortam malzemesi olarak kullanılan manyetit hem siklon üst akımından hem de siklon alt akımından alınabilir. Örneğin ortam yoğunluğu 1.5 ise, üst akım yoğunluğu yaklaşık 1.45 alt akım yoğunluğu 1.53 olacaktır [5]. Ağır ortam malzemesi iri ise ($>45 \mu\text{m}$ ise) bu fark fazla; ağır ortam malzemesi ince ise ($<45 \mu\text{m}$ ise) bu fark azdır. Böylece, manyetit ne kadar ince öğütülmüşse d_{50} ayırma yoğunluğu o kadar stabil kalır; ancak bu durumda ağır ortam kaybı artar.

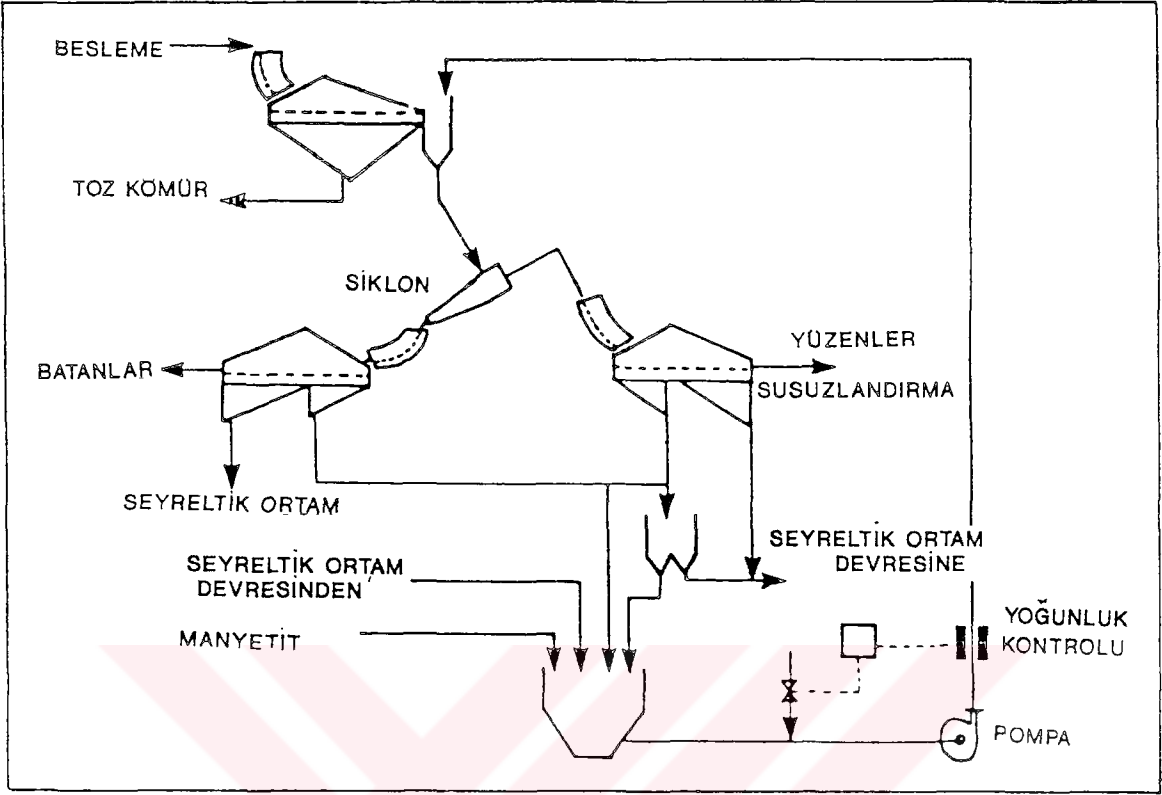
Siklona beslenebilecek maksimum tane boyutu 50mm ye kadar çıkabilir. Minimum boyut ise günümüzde 0.4-0.5 mm'ye kadar inmiştir. Ülkemizde T.T.K. Amasra Lavvarı, Merkez ve Çatalağzı Lavvarları ile Funçbilek Lavvarında -18+0.5 mm boyut grubu kömürler ağır ortam siklonları ile zenginleştirilmektedir.



Şekil 4.15. Bir Siklonun Genel Görünüsü

Şekil 4.16'da ince kömür zenginleştirme Ünitesi olarak ağır ortam siklonunun kullanıldığı bir devrenin akım şeması görülmektedir.

Ağır ortam siklonlarında malzemenin siklona giriş basıncı ampirik bir formülle hesaplanabilmektedir. Eğer siklon çapı D ile gösterilirse; siklona giriş basıncı $9 \times D$ formülü gereğince hesaplanabilir. Örnek olarak 600 mm'lik bir siklon 5.4 metre'ye eşdeğer bir basınca ihtiyaç gösterir. Bu basınç değeri de ya kömür ve ağır ortamın bir tanka beslenip oradan siklona basılmasıyla veya doğrudan doğruya siklona Ünitesine basılmasıyla elde edilebilir.



Sekil 4.16. Ağır Ortam Siklonunun Kullanıldığı Bir İnce Kömür Yıkama Devresi Akım Şeması.

Ağır ortam siklonlarında boyut küçüldükçe gerek d_{50} gerekse E_p değerlerinde çok küçük azalmalar söz konusudur (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Boyuta Bağlı Olarak Ağır Ortam Siklonlarında d_{50} ve E_p Değerlerinin Değişimi.

BOYUT ARALIĞI -mm-	d_{50}	E_p	d_{50}	E_p
- 3.0 + 1.0	1.31	0.02	1.29	0.01
- 1.0 + 0.5	1.38	0.03	1.30	0.02
- 0.5 + 0.15	1.425	0.06	1.33	0.04

➤--- Ağır ortam malzemesi incelidikçe ---➤

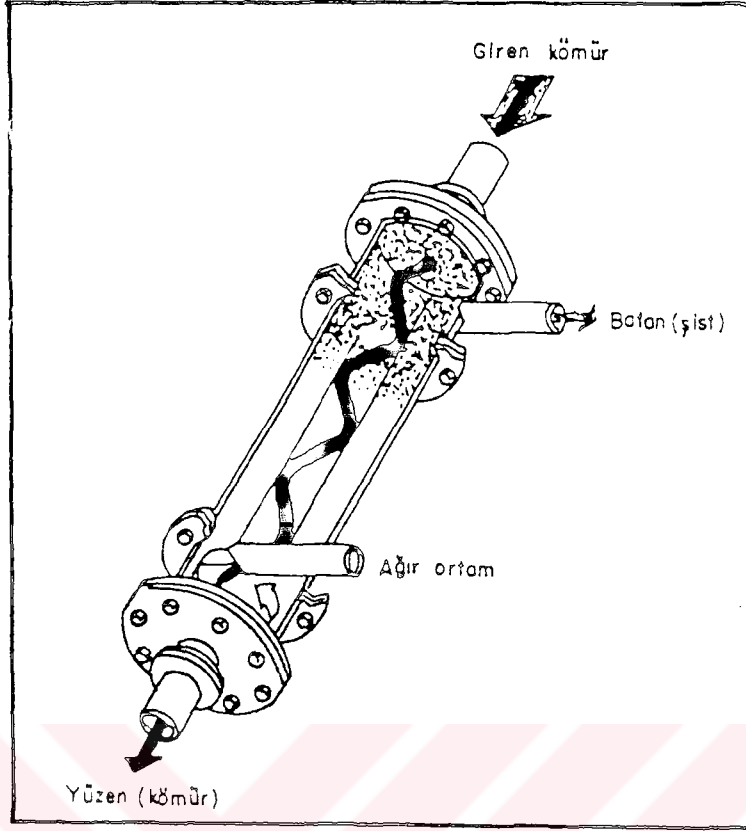
Diğer Santrifüj Ayırıcılar:

Dynawhirpool Ayırıcı: Bu ayırıcı, Amerika'da geliştirilmiştir. Siklondan farkı, tamamıyla silindirik bir gövdeye sahip olması ve ağır ortam girişinin kömürden ayrı yapılmasıdır. Ayrıca yüzen ürünler (hafif ürün) aygıtın alt kısmından; batan ürünler (ağır ürün) ise üst kısmından alınır ki bu durum tamamıyla siklon prensibinin tersidir. Aygıt eğik vaziyette çalıştırılır. Bu aygıtın başlıca avantajı, tuvenan kömürün belli bir basınç altında aygıtı beslenmesi geçeceğinin ortadan kalkmasıdır. Çünkü vorteks, aygıtın alt ucundan beslenen ağır ortam aracılığıyla yaratılmaktadır. Bu aygıtın tek dezavantajı, ağır ortam siklonu kadar keskin bir ayırma yapamayışı dolayısıyla E_p değerinin yüksek olmasıdır. Tablo 4.10'da Dynawhirpool ayırıcı ile ağır ortam siklonunun birbirleriyle karşılaştırılması görülmektedir. Tablo'dan görüldüğü gibi farklı boyutlarda yapıların performansı ölçümlerinde elde edilen E_p değerleri bakımından siklonlar; Dynawhirpool aygıtına göre daha iyi sonuç vermektedir.

Tablo 4.10. Ağır Ortam Siklonu ile Dynawhirpool Ayırıcısının Karşılaştırılması.

	Boyut Aralığı, mm				
	-9.5+6.3	-6.3+2.4	-2.4+1.2	-1.2+0.6	-0.6
Tip	Hata Faktörü (E_p)				
Ağır Ortam Siklonu	0.018	0.018	0.020	0.031	0.018
Dynawhirpool	0.025	0.035	0.044	0.058	0.035

Bu ayırıcının kapasitesi saatte 100 ton'a ulaşabilmekte ve 100 mm'ye varan boyuttaki kömürü temizleyebilmektedir. Şekil 4.17'de Dynawhirpool ayırıcısının görünüşü verilmektedir.



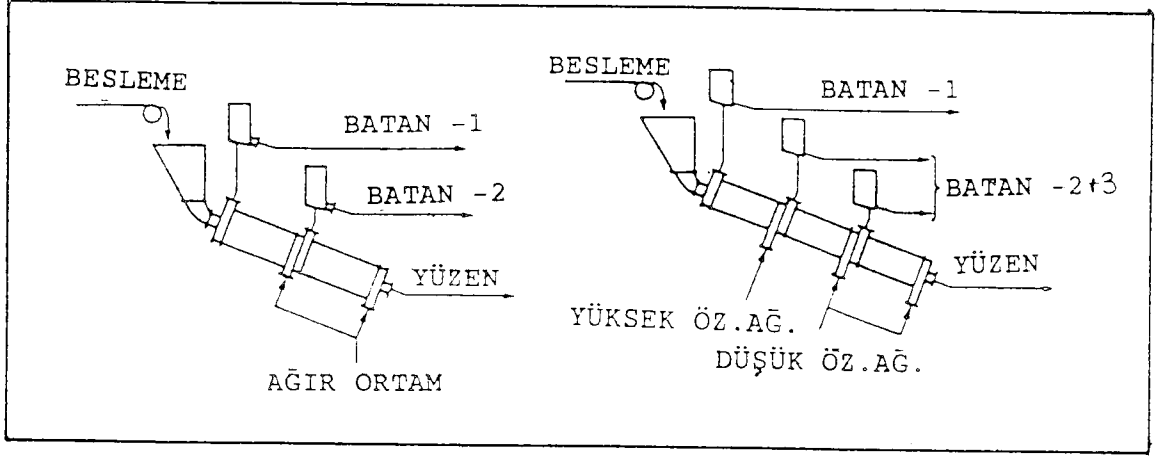
Şekil 4.17. Dynawhirlpool Ayırıcısı.

Tri-Flo Ayırıcı: Bu ayırıcı da tıpkı Dynawhirlpool gibi silindirik gövdeye sahiptir. Ancak, burada tek ayırma cihazında iki kademe veya üç kademede ürün almak mümkündür. Çok kademeli ağır ortam ayırmasıyla hata faktörü(E_p) değeri daha da düşürülmüştür. [8]. İki veya daha fazla yoğunlukta ayırma yaparak değişik ürün nitelikleri, proses verimi ve tesis ekonomisi elde etmek kömür hazırlamada oldukça önemlidir.

Çok düşük küllü kömür elde edilmesi istendiğinde iki farklı yoğunlukta ayırma yapmanın ve bu şekilde kömür kaçaklarını önlemenin gerekliliği açıktır. Daha yüksek yoğunlukta bir ara ürün elde etmek mümkündür.

Tri-Flo ayırıcı, yüksek kapasitede ve tek bir ayırma cihazında üç farklı ürün elde etme imkânı

sağlamıştır. Şekil 4.18'de iki ve üç kademeli Tri-Flo ayırıcısı görülmektedir.



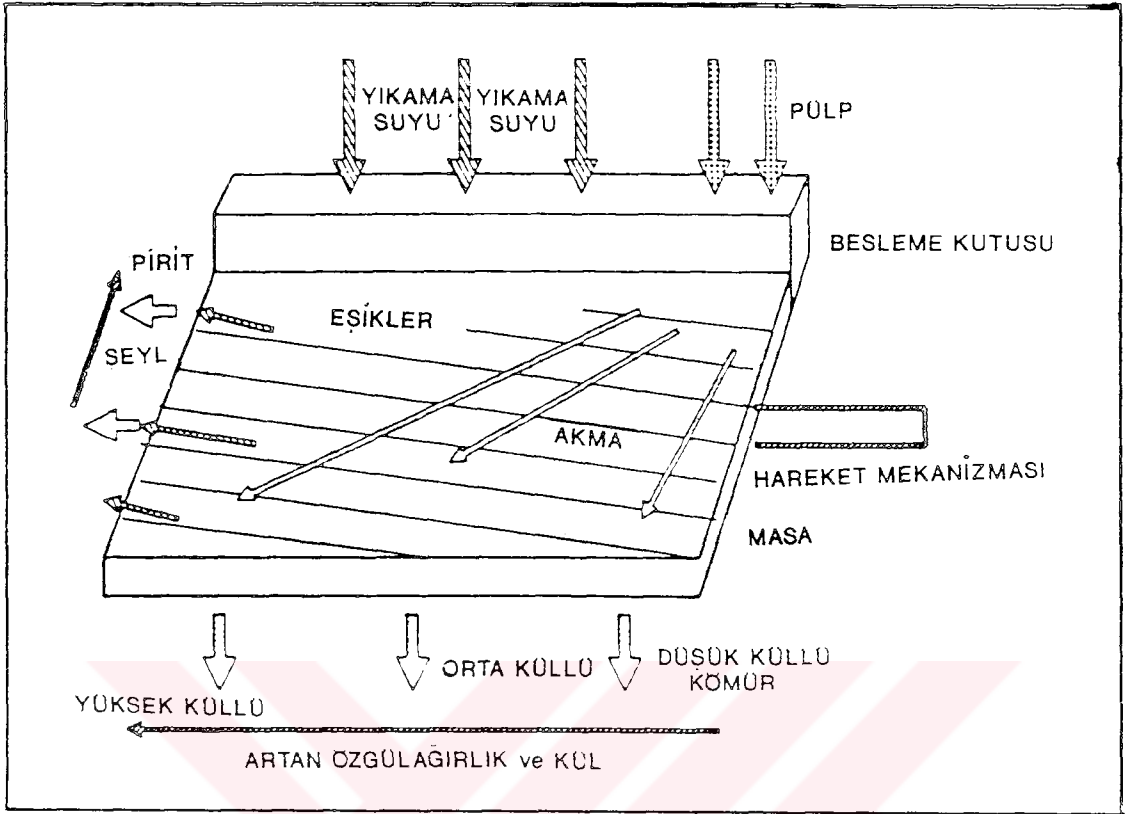
Şekil 4.18. İki ve Üç Kademeli Tri-Flo Ayırıcı

4.2.2. Sarsıntılı Masalar

Uzun yıllardan beri kullanılmakta olan sarsıntılı masalar; çigler gibi kömür hazırlama, önemli ölçüde girriş ve geliştirilmiştir. Kömür hazırlamada kullanılan sarsıntılı masalara, DEISTER masası denilmektedir. Bu masalarda max tane boyutu 12.5 mm olan ince kömür zenginleştirilebilir. Alt boyut ise 0 mm'ye kadar inebilir. Deister masalarının 2-3 katlı olanlarına CONCENTO denir. Şekil 4.19'da bir sarsıntılı masanın şematik görünümü verilmiştir.

Kapasiteleri 10-12 t/h kadardır. İki katlı olanlarının kapasiteleri 24 t/h'e kadar çıkabilir. Böylece, çift katlı masalarda, aynı hacimde daha fazla çalışma kapasitesi elde edilmektedir. Miksti az olan kömürler için uygun bir ince kömür zenginleştirme yöntemidir.

Ayırma performansı, ayırma parça boyutu düştükçe; d_{50} ve Er değerlerindeki artışla karakterize edilir. Tablo 4.11'de parça boyutuna bağlı olarak ayırma verimleri görülmektedir.



Sekil 4.19. Sarsıntılı Masanın Şematik Görünümü.

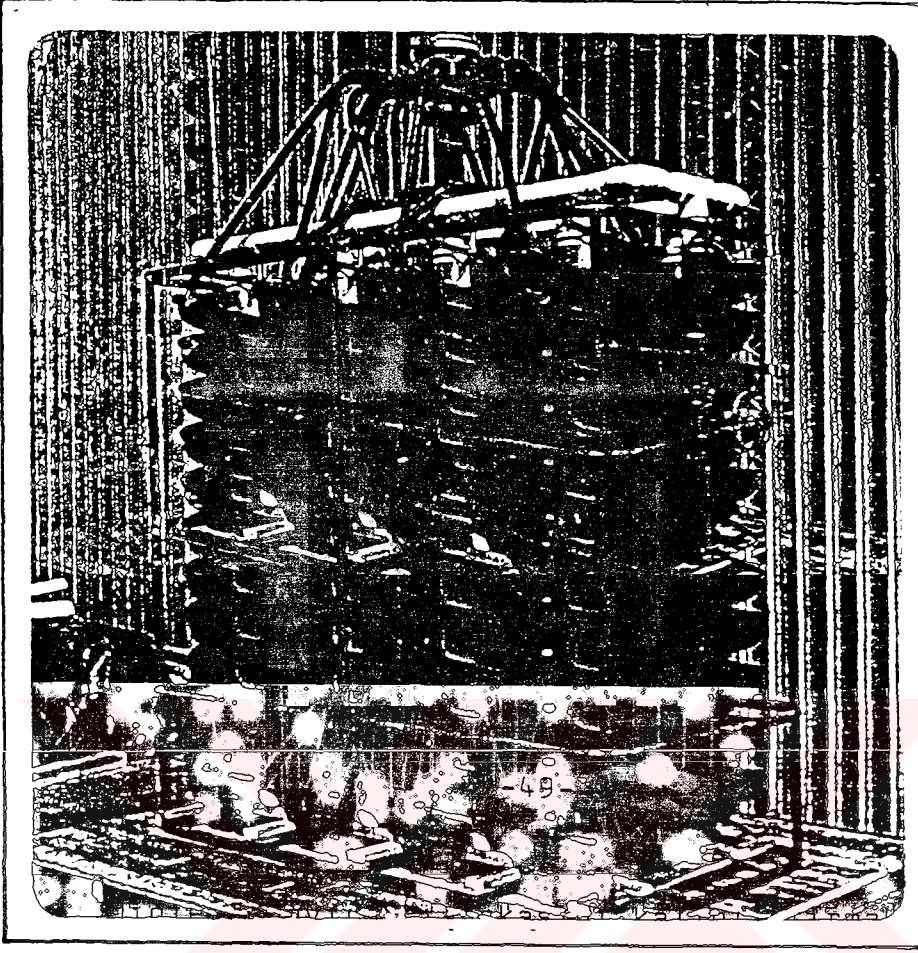
Tablo 4.11. Sarsıntılı Masada Boyuta Bağlı Olarak Ayırma Veriminin Değişimi.

Boyut Aralığı -mm-	d_{50}	E_p
-9.5 +6.35	1.50	0.06
-6.35 +2.40	1.51	0.07
-2.40 +1.20	1.52	0.08
-1.20 +0.60	1.54	0.11
-0.60 +0.30	1.58	0.14
-0.30 +0.15	1.71	0.17
-0.15 +0.075	1.88	0.36

4.2.3. Oluklar

Özellikle $-3+0.1$ mm. boyut grubundaki ince kömürün zenginleştirilmesinde jiglere, siklonlara ve flotasyona alternatif olarak geliştirilen Reichert spirali dairesel bir oluktur. Kömür hazırlamada kullanılan oluklar düz (Rheolaveur) de olabilir. Kömür için özel profilli olarak poliüretandan imal edilen 10-12 dönümlü spiraller 6-16 adetlik bataryalar halinde çalıştırılabilirler.

3 mm altındaki ince kömürlerin değerlendirilmesi, düşük proses verimleri, yüksek reaktif, ağır ortam ve enerji maliyetleri, ayrıca nihai ürünlerdeki yüksek nem oranları nedeniyle oldukça zordur. Spiraller özellikle yüksek kullu kömürlerin zenginleştirilmesi amacıyla geliştirilmelerine rağmen [9], birçok alanda kullanılmaya başlanmışlardır. Reichert spirali gerek verim gerekse ekonomiklik bakımından linyitlerin zenginleştirilmesi için çok daha uygundur [8]. Spiral ayrıca santrifüj kuvvet etkisinden yararlanılmaktadır. Basınç altında, spirale basılan tuvenan kömürden hafif olan taneler (temiz kömür) merkezkaç kuvvet etkisiyle oluğun dış çeperlerine doğru yönelir ve oluğun dış kısmından temiz kömür alınır. Oluğun merkezinden ise özgül ağırlığı yüksek olan taneler (artık) alınır. Reichert spiralinde ayrıca ara ürün alma imkânı da vardır. Spiral ile yapılan zenginleştirme deneylerinde elde edilen sonuçlara göre; taşkömürü için ortalama ayırma yoğunlukları $1.65-1.90 \text{ gr/cm}^3$ ($E_p=0.075-0.38$) olarak, linyit içinse $1.55-1.70 \text{ gr/cm}^3$ ($E_p=0.065-0.1$) olarak bulunmuştur [10]. Şekil 4.20'de Reichert spirali görülmektedir.



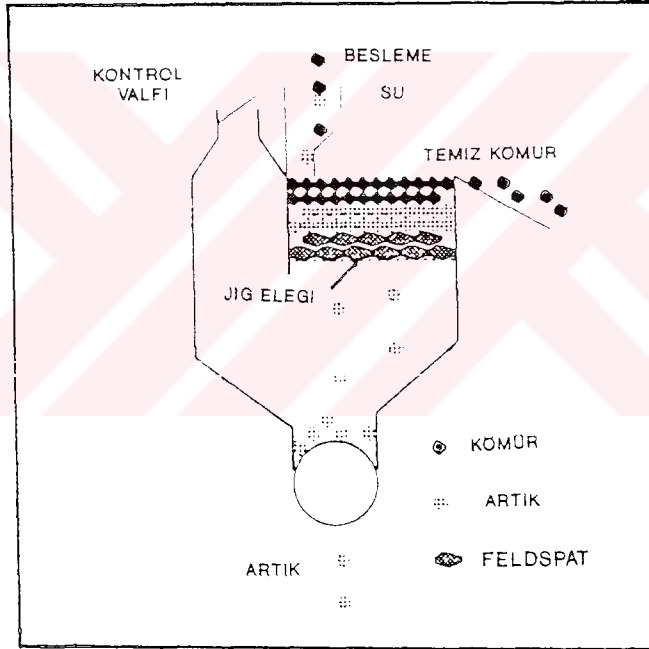
ŞEKİL: 4.20. Reichert Spirali

4.2.4. Feldspatlı Jigler

Jiglerde ayırma tabakasını kalınlaştırmak ve ayırma veriminin arttırmak amacıyla özgül ağırlığı çevrelerdeki ağır mineralekinden fazla olan bir malzemeyle yapay yatak oluşturarak ayırma yapılabilmektedir[3].

Şekil 4.21'de görülen feldspatlı jigde en altta bulunan tabakanın (şist tabakası) boşaltılması düşey kesitle olmaktadır. Normalde; en altta bulunan şist tabakasının jig eleğinden alınması durumunda; diğer bütün tanelerin de bu geniş açıklıklı eleğin altına geçerek artıkla birlikte alınması söz konusudur.

Feldspatlı jiglerde bu durum yapay bir yatakla önlenmiştir. Bu jiglerde kullanılan yatak malzemesi jig eleğinin açıklığından daha büyük boyutludur. Dolayısıyla elek altına geçmez. Suyun basma etkisi sırasında feldspat yatağı da bir miktar yükselir ve en alt tabakada yer alan özgül ağırlığı yüksek olan tanelerin jig eleği altına geçmesi sağlanır. Emme anında ise feldspat yatağı elek yüzeyini kapatarak tanelerin elek altına geçmesini önler. Yatak malzemesinin boyutu; yıkanacak kömürün boyutuna bağlı olarak seçilecek önemli bir faktördür. Feldspatın burada kullanılmasının nedeni, yüksek özgül ağırlığı ve aşınmaya karşı olan direncidir.



Sekil 4.21. Feldspatlı Jig.

4.3. Toz Kömürün Yaş Zenginleştirilmesi

0.5 mm altındaki kömürler genellikle çok ince veya toz kömür olarak adlandırılmaktadır. Toz kömür, piral, masa vb. gibi ayırıcılarla da zenginleştirilmesine karşın, 0.5 mm altındaki kömür özellikle flotasyon ve flokülasyon yöntemleriyle zenginleştirilerek gerek kül içeriğine gerekse kükürt içeriği düşürülebilmektedir.

Kömür Flotasyonu ve Flokülasyonu:

Kömür flotasyonu ilk olarak 1920 yılında Hollanda'da yapılmıştır. Kullanım kolaylıkları ve nakliye kolaylıkları bakımından kömürün iri boyutta mekanik yöntemlerle zenginleştirilmesi tercih edilmektedir. Kömür madenciliğinde mekanizasyonun artması ve bunun sonucunda ince kömür oranının artması, ekonomik bir takım nedenlerle; lavvarda yıkanan ürün içindeki -0.5mm boyutlu kömür flotasyon ve flokülasyon yöntemleriyle zenginleştirilmektedir.

Flotasyon kömürlere aşağıda görülen dört amaçla uygulanır.

- Yıkama suyu içinde kalan tor kömürü katarlamak,
- Lavvardan atılan ve siyah su (black water) denilen proses suyunu temizleyerek, çevre kirliliğini önlemek,
- Kömürde bulunan kükürdüy gidermek.
- Kömürde bulunan geçitli masebelleri ayırarak koklaşabilir karışımlar hazırlamak.

Bunlardan özellikle 3. madde bugün üzerinde çok durulan ve ileri flotasyon teknikleriyle kükürdün kömürden uzaklaştırılması için özellikle Amerika'da yoğun araştırmalar yapılan bir konudur. Atmosfere karışan SO_2 emisyonunu azaltmak için çok geçitli flotasyon ve aglomerasyon teknikleri geliştirilmiştir. Bugün Amerika'da çok ince öğütölmüş (-350 μm) kömürler üzerinde flotasyonun uygulandığı ve aşağıdaki hedeflere yönelik olarak dizayn edilmiş pilot çapta bir tesis bulunmaktadır [11].

- Piritik kükürdün en az % 35'inin giderilmesi
- En az % 35 yanabilir verim,
- Nihai temiz kömürde en fazla % 6 oranında kül içeriği
- Nihai temiz kömür ve artıktaki max. % 35 nem içeriği.

Pilot çaplı bu tesiste Upper Freeport kömürleri için kolon tipi hücreler kullanılmış ve sonuçta piritik kükürdün % 61.2'si giderilmiş ve % 90.2 yanabilir verimle kömür elde edilmiştir. Burada, girenin toplam kükürdü % 2.3; piritik kükürdü % 1.87 iken ağırlıkça % 24.74 oranında atılan artıktaki piritik S içeriği % 6.19 olmuştur.

Dizel ve heptan kullanılarak yapılan selektif aglomerasyon deneylerinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Upper Freeport kömürüyle dizel ile selektif aglomerasyon deneylerinde, artıktaki atılan piritik kükürt miktarı, girenin % 53.9'u oranındadır. Yanabilir verim ise % 75.6 olarak bulunmuştur [11]. Bu deneylerde kullanılan numune boyutu 100 µm'ün altındadır.

Kömür flotasyonunda genellikle nötr hidrokarbonlar kerosen tipi yağlar ve fuel oil kollektör olarak kullanılır. Taşkömürü flotasyonunda kullanılan kollektör miktarı 300-1500 gr/l mertebesinde dir. Linyitlerde ise daha yüksek miktarlarda kullanılması gerekebilir. Köpürtücü olarak metil izobütil karbinol(MIBC) ve izooktonal gibi kısa zincirli alkoller kullanılmaktadır [12].

Buğün özellikle kolon flotasyonundaki gelişmelerde 0.045 mm altına öğütülmüş kömürlerle süper düşük kül(% 4'ün altında) temiz kömürler üretmek mümkündür. Tablo 4.12'de flotasyon ile ağır artam siklonlarının karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 4.12. Flotasyonla Ağır Ortam Siklonunun Karşılaştırılması.

Boyut Aralığı -mm-	Ağır Ortam Sikl.		Flotasyon	
	d ₅₀	Ep	d ₅₀	Ep
-0.60 +0.15	1.37	0.06	1.45	0.12
-0.15 +0.075	1.44	0.10	1.60	0.18
-0.075+0.045	1.60	0.21	1.73	0.28

Tablo'dan görüldüğü gibi ağır ortam siklonları 0.075 mm'ye kadar flotasyona oranla daha iyi performans göstermektedirler. Bu boyutun altında ise özgül ağırlık farkı ile ayırmanın zorlaşması nedeniyle flotasyon aynı verimliliğe sahip olmaktadır.

4.4. Kömürün Kuru Zenginleştirilmesi

Susuz kömür zenginleştirme yönteminin yaş işlemlere göre bazı üstünlükleri vardır. Kuru sistemlerde su ve çam problemi yoktur. Fakat, kuru zenginleştirme, yaş zenginleştirmeye oranla daha verimsizdir.

Bölüm 3.2'de değinilen mineral özelliklerinden renk ve yansıtma özgül ağırlık farkı gibi özelliklerden yararlanarak kömürün kuru olarak zenginleştirilme uygulamaları bugün mevcuttur. Şistlerin kömürden olan renk farklılıklarından dolayı el ile ayıklama bu zenginleştirmeye bir örnektir. Bugün ülkemizde el ile ayıklamanın uygulandığı kömür hazırlama tesisleri vardır. El ile ayıklamada genel olarak en düşük boyut 100 mm. dir. Daha düşük boyutlarda el ile ayıklama yapan tesisler olmasına rağmen 100 mm. boyutu altında bu iş başarılı olamamaktadır.

Günümüzde, kuru temizlemede kullanılan kuru zenginleştirme yöntemleri arasında tabaka temizleyicisi (Berrisford temizleyici), havalı ağır ortam ayırıcısı, havalı masa, jigler ve elektronik kömür seçiciler bulunmaktadır.

Havalı masalar yağ masalara benzer prensipte çalışmaktadır. Havanın girebilmesi için masada delikli veya elek şeklinde bir plaka mevcuttur. Basıncılı hava masa yüzeyinde akışkan kuru tabakayı oluşturur. Uygulandığı tane boyutları 8-3 mm arasındadır.

Pnömatik havalı jiglerin ayırma prensibi de su ile çalışan jiglerin aynısıdır. Havalı jiglerde akışkan ortamın viskozitesi düşük olduğundan, viskoz direnç kuvvetinin taneler üzerindeki etkisi sulu ortamlara göre çok azdır. Bu nedenle, havalı jiglerde 0.1mm boyutunakadar tanelerin zenginleştirilmesi mümkündür.

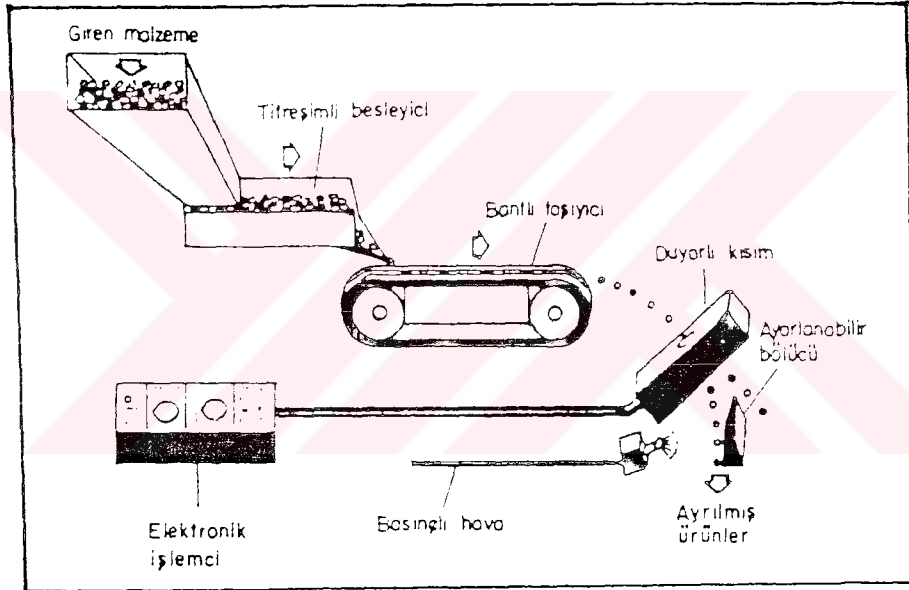
Özellikle son yıllarda bazı modern kömür hazırlama tesislerinde görülen elektronik kömür seçiciler güncelelmeye başlamıştır.

50mm'in üstündeki iri kömürlere uygulanmakta olan bu seçicilerde bilgisayarlı lazer tarama ve video-kamera sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bu seçiciler, malzemenin ışığı farklı yansıtmaya özelliğine dayanarak ayırma yaparlar. Genellikle kömür ve inorganik malzemelerin yüzeyleri ışığı farklı yansıtır.

Şekil 4.22'de bir fotometrik ayırıcı görülmektedir. Elektronik olarak ayrılan malzemeler ortamdaki bir hava üfleme vasıtasıyla uzaklaştırılır [13].

Macaristan'da Orasjlany Tesisinde 80-40mm. boyut aralığındaki kömürlerin temizlenmesinde fotometrik seçiciler kullanılmaktadır. Tesiste mevcut 4 fotometrik seçicinin toplam kapasitesi saatte 160 ton'dur.

Ayrıca, özellikle kömürden kükürdün uzaklaştırılması amacıyla kullanılan elektrostatik ve manyetik ayırıcılar da mevcuttur [14].



Şekil 4.22. Fotometrik Ayırıcı.

BÖLÜM 5. STRİPA AĞIR ORTAM AYGITI

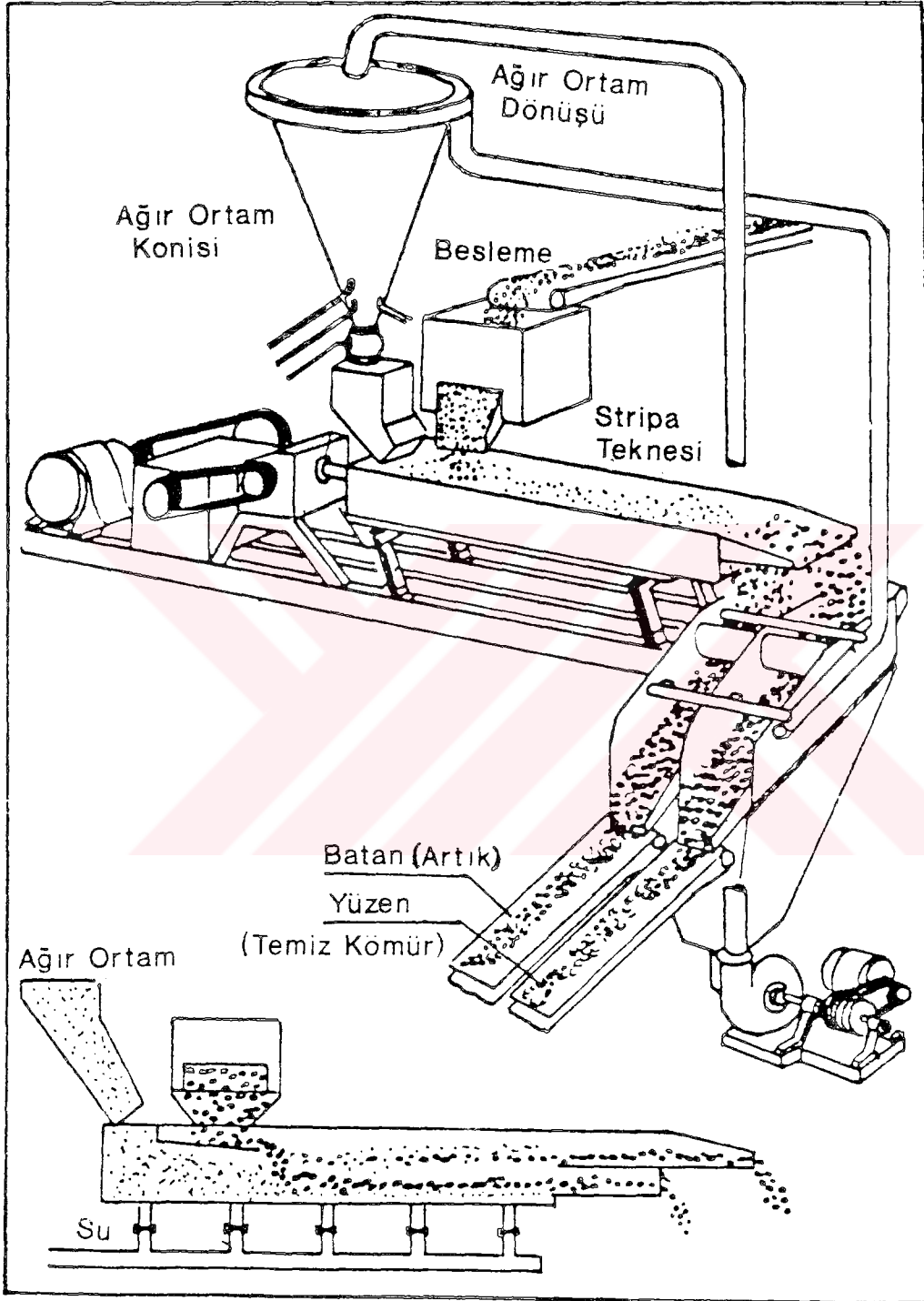
İsveç'te 1953 yılında, Jonas Svensson tarafından geliştirilen stripa prosesi gerek kullanılan ağır ortam itibariyle, gerekse ayırıcının şekli itibariyle bugün kullanılan diğer ayırıcılardan farklıdır.

Bilindiği gibi, diğer ağır ortam yöntemlerinde; ayırma çok ince boyutlu (genellikle $-45 \mu\text{m}$) tanelerin meydana getirdiği, oldukça seyreltik bir süspansiyonla gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerde süspansiyonu oluşturmak için kullanılan katının hacimce % 40'ı geçmemesi gerekmektedir. Çünkü, dana yoğun süspansiyonlarda yüksek viskozite nedeniyle iyi bir ayırma sağlanamaz. Stripa yönteminde ise; ayırma kum büyüklüğünde göken tanelerin suda meydana getirdiği bir yatakta meydana gelmektedir [15,16]. Bir süspansiyonla oluşturulan bir ağır ortam ayırmasında ulaşabilecek en yüksek yoğunluk, yaklaşık 2,6 iken; stripa teknesinde kullanılan manyetit yatağıyla 3.4 yoğunluğu elde etmek mümkündür. Bununla birlikte, çok yoğun bir yatakta plastisite nedeniyle ağır ortam ayırması yapmak oldukça zordur. Bu problem de aygıta bir sersıntı (ileri-geri hareket) verilerek çözülmüştür. Böylece, tekne içinde hareket eden bir ayırıcı yatak elde etmek mümkün olmaktadır. Stripa teknesine beslenen cevher özgül ağırlığı, ağır ortamı oluşturan yatağın özgül ağırlığından daha büyük olan taneler alt kısımdan; özgül ağırlığı küçük olan tekneler ise yatağın üzerinden yüzen ürün olarak alınmaktadır. Teknenin boşalma ucunda, ayarlanabilen bir ayırma plakası vardır. Bu plaka ağır ortam yatağını ikiye böler. Ayırma plakasının üzerinden yoğunluğu

düşük olan taneler, alt kısmından ise yüksek yoğunluklu taneler alınır. Yatak derinliği azaldıkça hareketli yatakta iri boyutlu parçacıklar nedeniyle viskozite de düşmekte ve ayırmayı sağlamak için gerekli zaman kısalmaktadır. Stripaya beslenebilecek, tane boyutları(cevher için), üst ve alt boyut çok az değişebilmekle birlikte genellikle -50+ 10 mm arasında olmaktadır.

Ayırmayı kolaylaştırmak için, stripa teknesinin altından genellikle yatağa doğru az miktarda su basılır. Buradan verilen su, yatak içinde katı oranını sonucu etkileyecek şekilde düşürmez ve ağır ortam yoğunluğunu değiştirmez [15]. Bu kaldırma suyu, stripa teknesinin alt kısım ve tekne içindeki taneler için bir kaygınlaştırıcı rolü üstlenmektedir; bundan dolayı yatak çok daha hareketli olur. Böyle olmakla birlikte, eğer ağır ortam malzemesi tekneye uygun kıvamda (yoğunlukta) besleniyorsa; yani alttan kaldırma suyu vermeksizin istenen ayırma sağlanıyorsa bu suyu vermek gereksizdir. Kaldırma suyunun en önemli yararı, yatak-yüksekliğini kontrol etme imkânı vermesi ve yatağa hareketlilik kazandırmasıdır. Kaldırma suyu aracılığıyla çok dana hareketli ayırma yatağı oluşturmak mümkündür. Stripa teknesinde yatak kalınlığı ne kadar büyük olursa olsun, ayırma yoğunluğu yatağın her kısmında hemen hemen aynı kalmaktadır. Bu ayırma için önemli bir avantajdır.

Şekil 5.1 'de stripa ağır ortam ayırıcısının genel görünüşü ve ayırıcı teknenin yan kesiti görülmektedir.



Şekil 5.1. Stripa Ağır Ortam Aygıtı.

5.1. Stripa Ağır Ortam Ayırması İle İlgili Uygulamalar

Stripa prosesi esas itibarıyla ağır minerallerin (krom, demir cevherleri gibi) zenginleştirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu nedenle, bugüne kadar kömür zenginleştirmek amacıyla stripa prosesi kullanan bir tesis mevcut değildir.

İsveç'te demir cevherlerinin zenginleştirildiği, stripa uygulamaları vardır. Ülkemizde de stripa ile zenginleştirme uygulamaları vardır.

Stripa prosesinin endüstriyel çapta kullanıldığı ilk tesis, İsveç'te Norberg'da 1954 yılında demir cevheri zenginleştiren tesistir. Bunun gibi, İsveç'te demir cevheri zenginleştiren 3 tane daha stripa sistemi mevcuttur. Diğer tesislerde de demir cevheri zenginleştirilmektedir. Bu tesislerde kullanılan stripa teknesinin genişlikleri 50-125 cm arasında değişmektedir. Bugün kullanılan en büyük stripa teknesinin genişliği 1.25 m, uzunluğu ise 6 m.dir. Saatte 100-150 ton demir cevheri zenginleştirilebilmektedir [16].

Tablo 5.1'te İsveç'teki değişik tesislerde kullanılan stripa teknesinden elde edilen sonuçlar görülmektedir [17].

Norberg tesisinde daha önce değişik yöntemlerle elde edilen konsantre'de Fe tenörü % 43'ken, stripa kullanılarak Fe tenörü % 48'e kadar çıkarılabilmektedir. Ayrıca artıktaki Fe tenörü de % 17'den % 11'e kadar düşürülebilmektedir. 50 cm. genişliğindeki stripa teknesinde, -50+10 mm boyut aralığındaki cevherden saatte 40 ton malzeme zenginleştirilebilmektedir. Söz konusu tesiste; stripa sisteminden önce elle ayıklama ve jig ile zenginleştirme uygulanmıştır. Aynı miktarda cevheri

zenginleştirmek için 16 tane işçi ve 3 adet jig kullanılmıştır [15].

Tablo 5.1. Stripa, Strassa ve Grangesberg'de Stripa Ağır Ortam Aygıtından Elde Edilen Sonuçlar.

Tesis Adı	Ayırma Yoğunluğu	Ürünler	Miktar %	Fe Tenörü, %	Fe Dağılımı, %
STRİPA	3.20	Beslenen	100.0	42.8	100.0
		Batan Ürün	81.0	51.2	96.8
		Yüzen Ürün	19.0	7.1	3.2
STRASSA	3.07	Beslenen	100.0	22.6	100.0
		Batan Ürün	60.0	31.8	85.3
		Yüzen Ürün	39.4	8.4	14.7
GRANGES-BERG	3.68	Beslenen	100.0	19.9	100.0
		Batan Ürün	23.6	57.8	68.5
		Yüzen Ürün	76.4	8.2	31.5

Bu tesiste, zenginleştirilen cevherin ton başına yaklaşık 1800 gr (4 libre) ağır ortam malzemesi kaybı söz konusudur. Ortamın yoğunluğunu sabit tutabilmek için, ton başına bu miktar kadar (yaklaşık 1800 gr) ağır ortam malzemesinin devreye ilave edilmesi gerekmektedir. Bu, az miktardaki ağır ortam kaybının nedeni ağır ortam malzemesinin prosesi terkeden bölümlere yığılmasıdır. Ayrıca az miktarda ağır ortam malzemesi de stripa konisinin üst akımından taşan su ile beraber kaybolmaktadır. Koni üstünden taşan suda kaybolan ağır ortam malzemesi, bir tikinerde çöktürülerek veya bir hidrosiklonla tekrar devreye geri verilebilir. Böylece ağır ortam kaybı ton başına 500 gr'a kadar indirilebilir.

Vine İsveç'te ağır ortam malzemesi olarak ferro-silikon'un kullanıldığı bir zenginleştirme tesisinden alınan konsantre ve artıklar üzerinde stripa ile pilot

çapta deneysel çalışmalar yapılmış; bu deneylerin sonuçları da Tablo 5.2'de verilmiştir.

Burada; % 48.2 oranında Fe içeriği olan 1000 kg konsantre (tesis konsantresi) ile % 7.2 oranında Fe içeren artık stripanın ayırma performansını incelemek üzere kullanılmıştır. Tablo'dan da görüldüğü gibi stripa yöntemiyle % 49 içerikli Fe konsantresi % 90 verimle kazanmak mümkündür. Cevher boyutu 63.5-6.35(2 1/2"-1/4") mm arasındadır.

Tablo 5.2. Ferrosilikonun Kullanıldığı Bir Tesisten Alınan Ürünlerle Yapılan Stripa Deneyleri Sonuçları [16].

Numune No	Ürünler	Miktar (kg)	Numune Alma Süresi (sn)	Fe Tenörü, %	Hesaplanan Kapasite, t/h	Fe Dağılımı, %
1	Batan Yüzen	63.5 44.0	30	49.0 7.6	12.9	90.3 9.7
2	Batan Yüzen	71.0 52.5	30	48.7 7.6	14.8	89.7 10.3
3	Batan Yüzen	75.0 58.5	30	48.2 7.4	16.0	89.3 10.7
4	Batan Yüzen	94.0 64.0	30	49.2 8.0	19.0	90.0 10.0
5	Batan Yüzen	98.5 77.0	30	49.4 8.3	21.1	88.4 11.6
6	Batan Yüzen	70.5 50.0	15	48.7 9.1	28.9	88.3 11.7

Stripa sistemivle test çalışmasının yapıldığı diğer bir uygulama da yine İsveç'te Grängesberg'teki madenden alınan numune ile yapılandır [15]. Cevher manyetit, hematit ve gang minerallerinden meydana gelmiştir.

Grängesberg'te kurulu bulunan tesiste manvetik ayırmayla manyetit, jiglerle de hematit zenginleştirilmektedir. Manyetik ayırıcılardan ve jiglerden elde

edilen konsantrelerin birleştirilmeleri durumunda Fe içerikleri % 59-60; artıkların Fe içerikleri ise yaklaşık % 12.5 düzeyinde olmaktadır. Tablo 5.3'de aynı tesisten alınan tuvenan cevher üzerinde, stripa ile yapılan deneysel çalışma sonuçları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, stripa ile tesiste elde edilen konsantrenin Fe tenörüne rahatlıkla ulaşılabilirken, artıktaki Fe içeriği azalmaktadır.

Tablo 5.3. Grangesberg'deki Demir Madeninden Alınan Cevher Üzerinde Stripa ile Yapılan Deney Sonuçları [16].

Numune No	Ürünler	Miktar (kg)	Numune Alma Süresi (sn)	Fe Tenörü, %	Hesaplanan Kapasite, t/h	Fe Dağılımı, %
1	Batan Yüzen	62.5 79.0	15	61.3 7.1	34.0	87.2 12.8
2	Batan Yüzen	69.5 65.5	15	59.4 6.1	32.4	91.2 8.8
3	Batan Yüzen	67.5 63.5	15	60.5 5.8	31.9	91.7 8.3
4	Batan Yüzen	67.0 72.0	15	60.0 7.1	33.3	88.7 11.3
5	Batan Yüzen	57.5 45.0	15	60.2 7.8	24.7	90.6 9.2
6	Batan Yüzen	67.0 50.0	15	60.4 7.3	28.4	91.7 8.3
7	Batan Yüzen	43.0 40.0	15	60.1 8.5	19.9	88.4 11.6

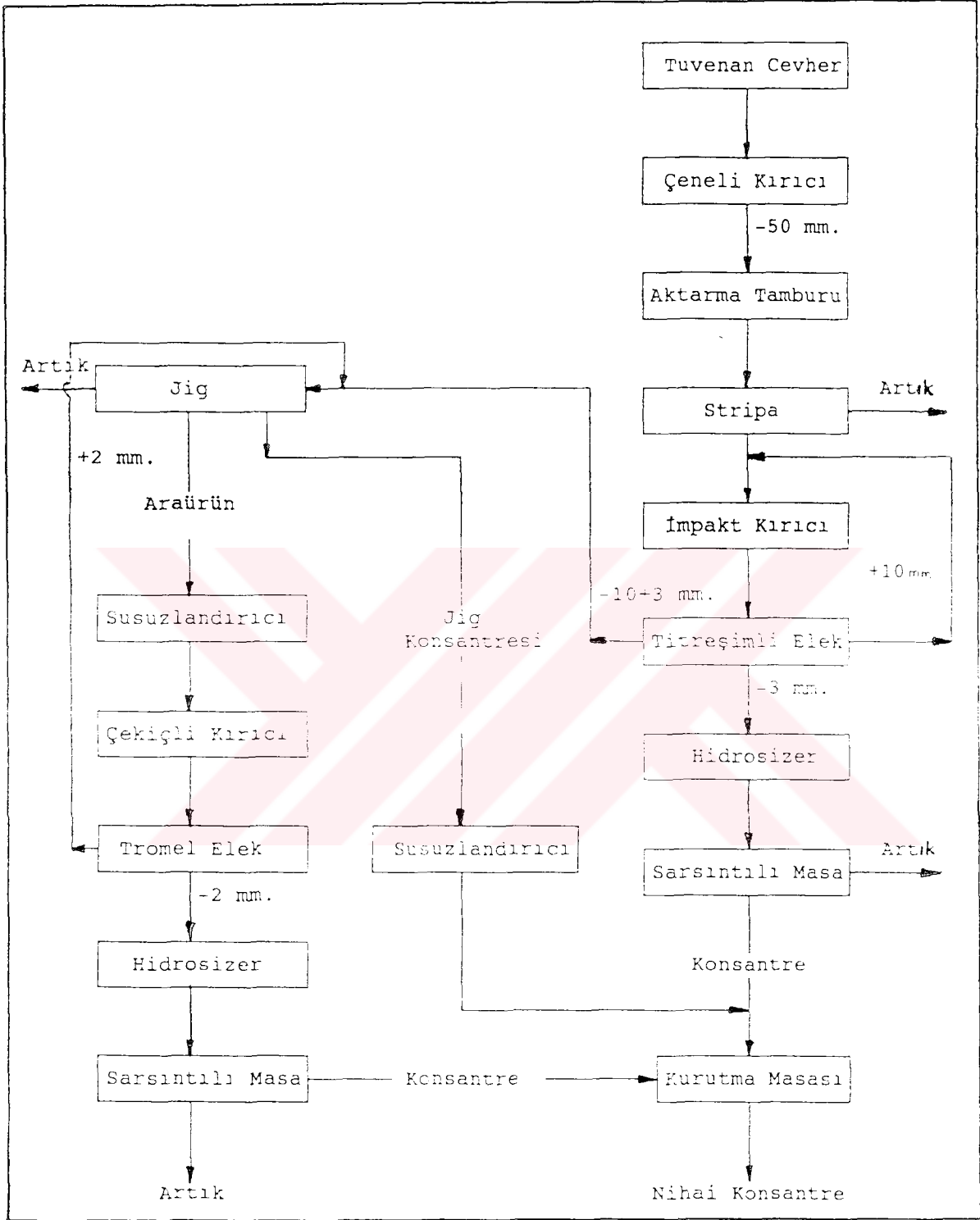
İsveç'in yanısıra, Angola, Çin, Hindistan ve Malezya'da da stripa prosesi kullanılarak demir cevherleri zenginleştirilmektedir. Norveç'te kalkopirit zenginleştirmesi amacıyla yaklaşık 20 yıldır çalışan bir tesis bulunmaktadır.

Ülkemizde ise kromitin zenginleştirilmesinde stripa prosesinin kullanıldığı iki tesis mevcuttur. Bunlardan biri Türk Maadin Şirketi'nin Eskişehir, Kavak'taki

kromit'in zenginleştirilmesi amacıyla kurulmuştur. Diğeri ise Göcek'te yine kromit zenginleştirmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca Orhaneli'nde yine kromit zenginleştirmek amacıyla stripa Ünitesi vardır [17].

Bunlardan başka Barit Maden Türk A.Ş.'nin selestit zenginleştirme tesisinde, cevherin önzenginleştirilmesi amacıyla stripa prosesi kullanılmaktadır. Bu tesiste günde 500-700 ton cevher zenginleştirilmekte ve yılda yaklaşık 50000 ton selestit konsantrasi üretilmektedir. Şekil 5.2'de bu tesisin zenginleştirme akım şeması görülmektedir [17].

Burada çeneli kırıcı ile 50 mm altına kırılan tuvenan cevher, aktarma tamburuna verilmekte, aktarma tamburundan çıkan ürün 15 mm'lik elekten eklenerek -50+15 mm boyut grubu stripa Ünitesinde zenginleştirilmektedir. Stripa Ünitesinde % 97 verimle, SrSO_4 tenörü % 67'den % 77'ye çıkarılmaktadır (ön konsantrede). Stripa artığı ise yaklaşık % 13 SrSO_4 içeriğiyle atılmaktadır. Stripa konsantrasi daha sonra 10 mm'lik titreşimli eleklerle kapalı devre halinde geliştirilen bir impekt kırıcıya verilerek tamamı 10 mm altına indirilmektedir. -10+3 mm boyut aralığında jig ile, -3 m fraksiyonunda ise sarsıntılı masa ile zenginleştirme yapılmaktadır. Jig ve sarsıntılı masadan elde edilen konsantreler kurutulmak amacıyla bir titreşimli (vibrating) masaya verilmekte ve buradan nihai konsantrde elde edilmektedir.



Şekil 5.2. Barit Maden Türk A.Ş. Selestit Cevheri Zenginleştirme Akım Şeması.

BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda stripa aygıtında; numune boyutu, ortam yoğunluğu, besleme hızı, ayırma plakası yüksekliği gibi değişkenlerin ayırmaya olan etkisi incelenmiş ve stripa ağır ortam aygıtının kömür zenginleştirmeye uygulama imkânları araştırılmıştır.

Deneylerde Keles , Saray , Soma bölgelerine ait linyit kömürleri ile Zonguldak taşkömürü numuneleri zenginleştirilmek amacıyla kullanılmıştır.

6.1. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Stripa Ağır Ortam Aygıtının Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan stripa aygıtı 16 cm genişliğinde, 200 cm uzunluğunda ve 20 cm yüksekliğinde yaklaşık 2,5 (t/h) kapasitelidir.

Stripa teknesi, teknenin her iki tarafına 6 8 cm aralıklarla 3 sıra yerleştirilmiş, 1,5 cm kalınlığında (herbiri 3 mm kalınlığındaki 5 adet) ahşap çubukla desteklenmiştir. Bu ahşap çubuklar stripaya ileri geri hareket imkânı vermektedir. Bu çubuklar; stripa teknesine tamamen dik değil malzemenin ilerlemesi yönünde 1° - 2° yatık olarak monte edilmiştir.

Tekneye tıpkı sarsıntılı masaya verilen hareket mekanizmasına benzer bir mekanizmayla ekzantrik sarsıntı hareketi verilmekte, bu şekilde tekne ileri-geri hareket ettirilmektedir. Bu hareketin etkisiyle, stripa

teknesinin ileri doğru gidişi esnasında strok boyu (genliği); teknenin geri geldiği andaki strok boyundan daha büyüktür. Deneysel çalışmalarda stripa teknesinde, genlik mesafesi 15 mm olarak ölçülmüştür. Dakikada devir sayısı ise takometre ile ölçülmüş ve 370 dev/dak. olarak bulunmuştur.

Gerek yatak malzemesi, gerekse cevherin yeterli hızda ileri doğru hareketini sağlamak için stripa teknesi, malzemenin akışı yönünde 3° - 4° eğimle dizayn edilmiştir.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi, malzeme beslenmesi ağır ortamın tekneye girdiği yerden değil biraz önden yapılmıştır.

Stripa aygıtının boşalma ucunda ayarlanabilir bir avırma plakası mevcuttur. Bu plakayla malzeme üst ve alt akır olmak üzere ikiye bölünür. Deneysel çalışmalarda bu plakanın stripa teknesi tabanından olan yüksekliği beslenen kömürün boyutuna bağlı olarak 60 mm ile 25 mm arasında değiştirilmiştir.

Stripa teknesinin tabanına alttan kaldırma suyunun geçmesini sağlamak için delikli bir plaka (elek) yerleştirilmiştir. Delik çapları 1 mm dir. Kaldırma suyunun stripa teknesine girmesi için tekne boyunca 68 cm aralıkla yerleştirilmiş 3 adet musluk bulunmaktadır. Ayrıca ağır ortamın, aygıta girdiği bölmeye de bir muslukla su verilebilmektedir. Kaldırma suyu, aygıta bir pompa aracılığıyla basılmaktadır. Su miktarı değiştirilebilmektedir.

Ağır ortam malzemesinin stripa aygıtına sürekli bir biçimde beslenebilmesi için ağır ortam konisi kullanılmaktadır. Bu koni vasıtasıyla, ağır ortam düzenli

bir şekilde stripaya verilmekte ve ortam yoğunluğu bozulmamaktadır.

Deneyisel çalışmalarda ağır ortam malzemesi olarak 5.0 gr/cm^3 özgül ağırlıklı manyetit kullanılmıştır. Manyetitle oluşturulan süspansiyonla ortam yoğunluğu $1.30'$ a ayarlanmış ve bu yoğunlukta zenginleştirme deneyleri yapılmıştır. 1.30 yoğunlukta çalışmanın nedeniyse, deneyisel çalışmaların yapıldığı Saray ve Keles kömürleri üzerinde yapılan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda 1.30 yoğunluğunda, istenilen nitelikte düşük küllü kömürlerin üretilmesi nedeniyledir. Bundan daha büyük yoğunluklarda elde edilecek temiz kömürlerin küllü yüksek olmaktadır [18].

Kullanılan manyetitin boyutu -75μ dur. -75μ boyutlu manyetitin suyla belli oranda karıştırılarak elde edilen süspansiyonların yoğunluklarını veren bir acaak oluşturulmuştur. Tablo 6.1'de pülte katı oranına bağlı olarak manyetit-su karışımının yoğunluk değişimi görülmektedir. Deneyisel çalışmalarda, ağırlıkça % 30 oranında manyetit kullanılarak elde edilen 1.30 yoğunluğunda ayırma yapılmıştır.

Stripa ayırıcısında, ayırma plakasının üstünden alınan yüzen ürünle (temiz kömür), batan ürün (artık) ikiye bölünmekte ve ayrı ayrı süzme eleğine verilmektedir. Delik açıklığı 1 mm olan bu elekte yüzen ve batan ürünler, elek üzerine 3 sıra halinde yerleştirilmiş fıskiyelelerden verilen su ile yıkanmakta; ağır ortam malzemesi bu ürünlerden ayrılmakta ve elek altında bulunan ağır ortam toplama tankında biriktirilmektedir. Bu tanktan malzeme bir pompa aracılığıyla koniye basılmaktadır. Bu pompa ile dakikada 233 litre pülp basılabilmektedir.

Tablo 6.1. Pülpte Katı Oranına Bağlı
Olarak Manyetit-Su Karışı-
mının Yoğunluk Değişimi.

Pülpte Katı Oranı, %	Süspansiyon Özgül Ağırlığı, gr/cm ³
5	1.04
10	1.09
15	1.14
20	1.19
25	1.25
30	1.32
35	1.39
40	1.47
45	1.56
50	1.67
60	1.92
70	2.27

6.2. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Elemanları

Stripa ağır ortam aygıtı su elemanlarından meydana gelmektedir.

- 1- Ağır ortam konisi,
- 2- Stripa teknesi (tahrik mekanizmasıyla),
- 3- Süzme eleği ve yıkama duşu,
- 4- Ağır ortam toplama haznesi,
- 5- Ağır ortam pompası,
- 6- Ortam suyu pompası,
- 7- Kumanda panosu.

- 1- Ağır Ortam Konisi;

Ağır ortam konisi, stripa teknesine ağır ortam mal-
zemesini düzenli bir şekilde vermek amacıyla kullanılır.
Deneysel çalışmalarda kullanılan stripa aygıtı ağır

ortam konisinin görünüşü Şekil 6.1'de verilmiştir.

Ağır ortam konisinin boyutları:

Koninin yerden yüksekliği : 4 m (toplam yükseklik)
Koni çapı : 1.5 m
Koni yüksekliği : 1.5 m
Hacim : 850 lt

2- Stripa Teknesi;

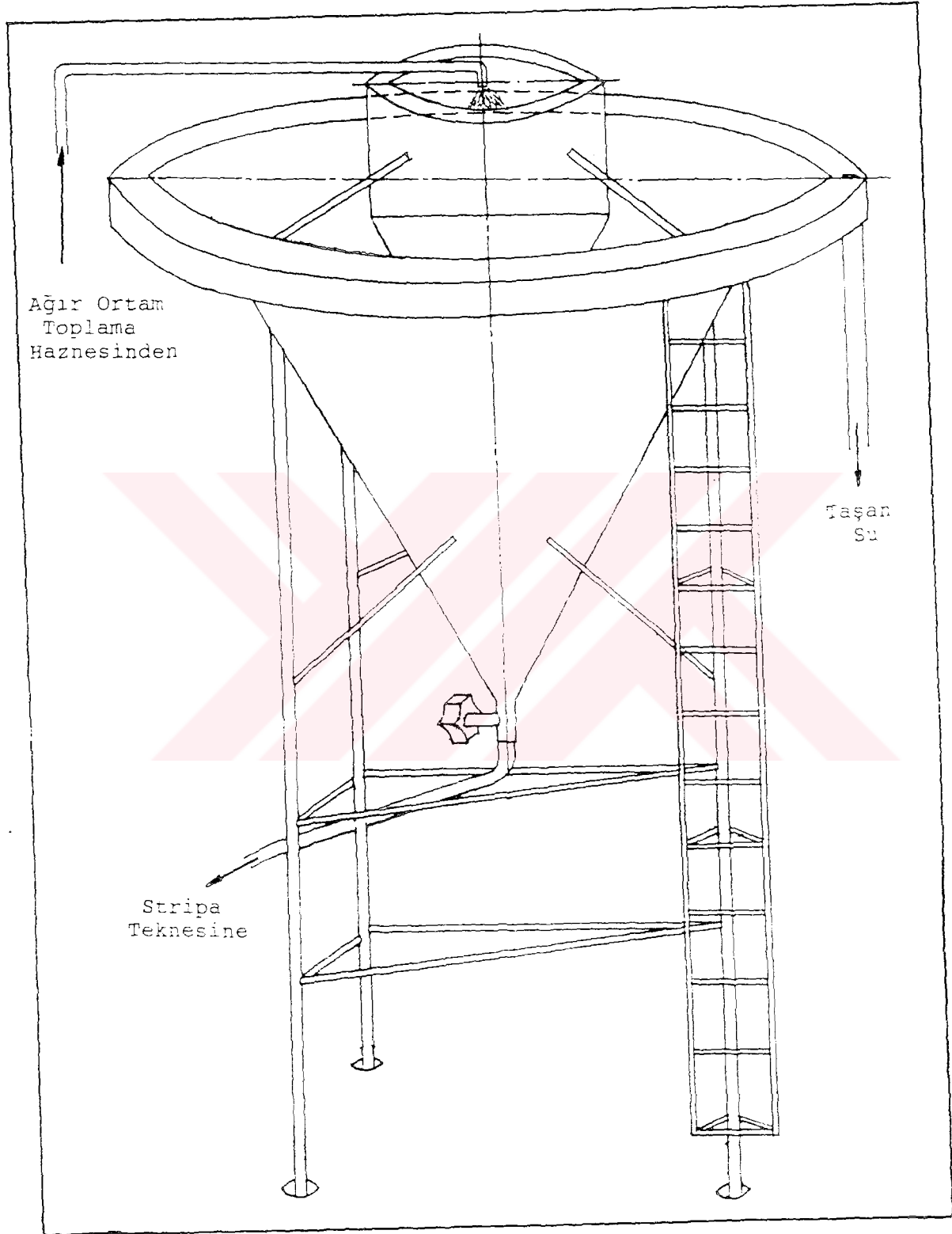
Stripa teknesi; özgül ağırlık farkına göre ayırmanın yapıldığı birimdir. İleri doğru sarsıntı hareketi veren bir ekzantrik tahrik mekanizması vardır. Stripa teknesinin boyutları şunlardır.

Eni : 16 cm
Boyuna : 200 cm
Yükseklik: 20 cm.

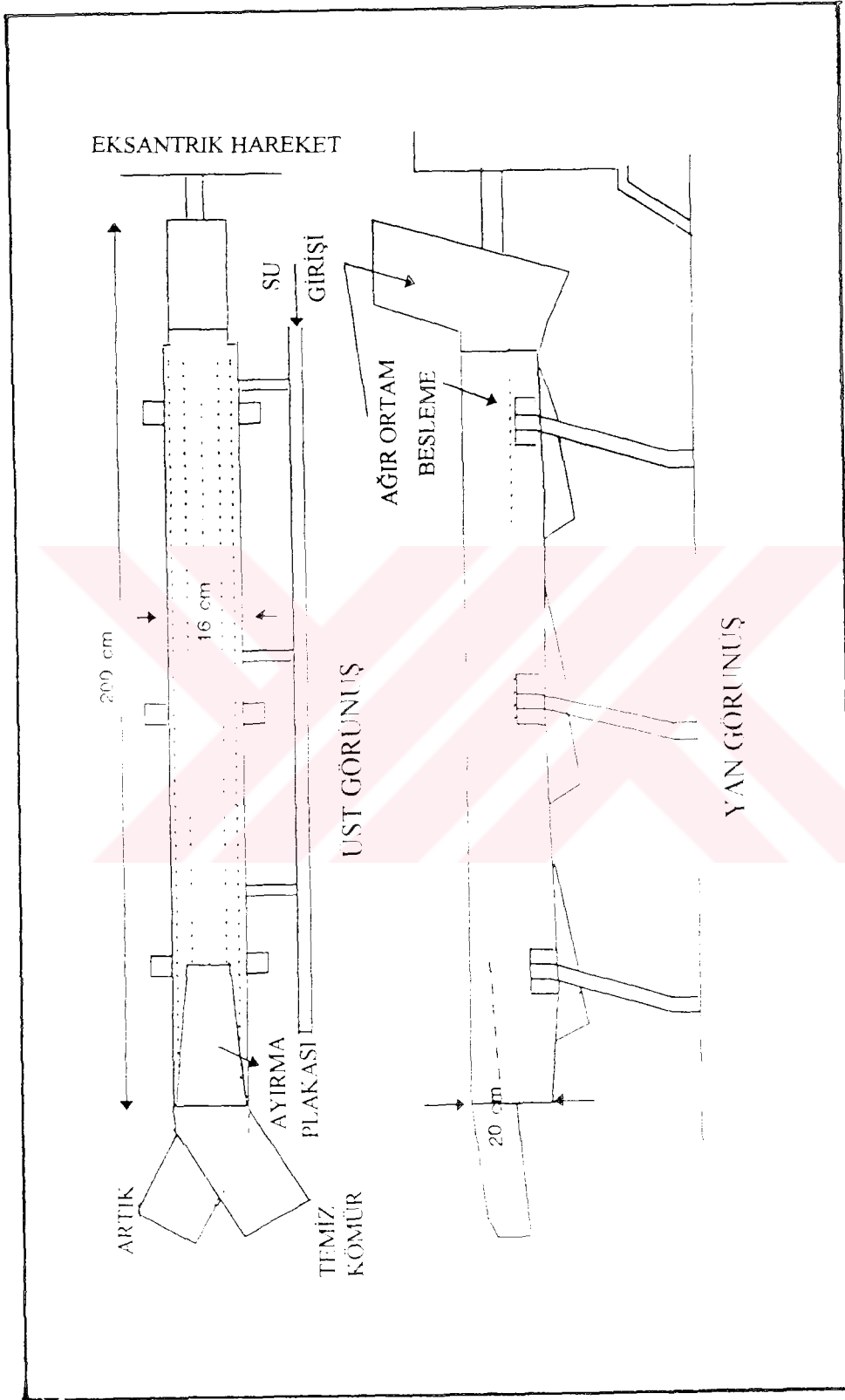
Stripa teknesinde ayrıca 68 cm aralıklarla yerleştirilmiş 3 sıra ahşap tahta çubuk ve yine 68 cm aralıklarla yerleştirilmiş 3 adet musluk bulunmaktadır. Stripa teknesinin üst ve yan görünüşleri Şekil 6.2'de görülmektedir.

3 - Süzme Eleği;

Stripa aygıtında, tekneyi terkeden yüzen ve batan ürünlerden, ağır ortam malzemesini uzaklaştırmak için boyu 1 m, genişliği 60 cm olan iki bölmeli, 1 mm delik açıklıklı süzme eleği kullanılmıştır. Ayrıca elek üstünde de her iki bölmede 3 sıra fiskeye suyu bağlantısı vardır.



Şeki' 6.1. Stripa-Ağır Ortam Konisi.



Şekil 6.2. Stripa Teknesinin Üst ve Yan Görünüşü.

4- Ağır Ortam Toplama Haznesi;

Süzme eleğinin altında ağır ortam malzemesini biriktirmek ve tekrar stripa teknesinde kullanılmak üzere ağır ortam konisine vermek üzere bir toplama kabı mevcuttur. Bu kabın boyutları aşağıdadır.

- * Çap : 75 cm
- * Yükseklik:75 cm
- * Hacim : 105 lt

5- Ağır ortam Pompası;

Ağır ortam toplama heznesinden, ağır ortam konisine malzeme basmak üzere bir pompa kullanılmaktadır. Bu pompanın boyutları aşağıda verilmiştir.

- * Güç : 4 Kw
- * Giriş ve çıkış çapı: 1"
- * Kapasite : 20 m³/h pülp
- * Gövde : Çelik

6- Ortam Suyu pompası;

Stripa teknesi altından, tekne içindeki ağır ortam malzemesini askıda tutmak için su verilmektedir. Bir pompa ile bu su stripa teknesine basılmaktadır. Bu pompanın özellikleri şöyledir:

- * Güç : 1.5 Kw
- * Giriş ve çıkış çapı : 1"
- * Kapasite : 7 m³/h

7- Kumanda Panosu;

Stripa aygıtında geliştirilmesi istenen birimlere kumanda edebilmek için bir kumanda panosu vardır. Bu panoyla, stripa teknesi, elek, ağır ortam pompası ve ortam suyu pompası kumanda edilebilmektedir.

6.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Numuneler

Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneylerinde 4 değişik kömür numunesi kullanılmıştır. Bunlardan Üçü Keles, Saray ve Soma bölgelerine ait linyit kömürleri diğeri ise Zonguldak Merkez Lavvarına beslenen tuvenan kömürden alınan taşkömürüdür. Keles ve Saray bölgesi kömürleri kül ve kükürt içeriği ile sahip oldukları ısı değerleri ışığında orta kaliteli, Soma bölgesi kömürleri ise iyi kaliteli linyit kömürü sınıfına dahil edilebilir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan 4 numunenin öncelikle yapısal, kimyasal ve fiziksel özellikleri yanında yakabilme özellikleri saptanmıştır. Daha sonra stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

6.3.1. Keles Bölgesi Kömürü

6.3.1.1. Keles Kömürünün Yapısal Özellikleri

Keles kömürlerini karakterize edecek biçimde dış görünüşlerine göre seçilen kömür ve arka katkılı parçalarından 20 adet parlak ve ince kesit yapılmıştır.

Kömürlerin rengi, mat grimsi siyahtan kahverengimsi, siyaha kadar değişmektedir. Kömür rengi, içerisindeki yabancı katkı miktarına ve kömürün içerdiği nem oranına bağlı olarak değişmektedir. Kömürlerin genellikle sert,

kırılğan ve yer yer eklemlı bir yapıda oldukları ve yüzey nemlerini kaybetmeleri durumunda kolaylıkla ufalanabildikleri saptanmıştır.

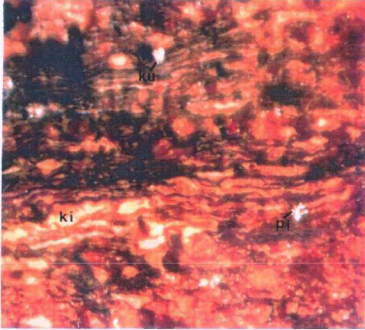
Kömür örneklerinden yapılan kesitlerin mikroskobik incelemeleri sonucunda kil grubu mineralleri serijit, kuvars, kalsit, jips, feldspat, pirit, melnikovit ve limonit gözlenmiştir [18]. Şekil 6.3, 4,5,6,7,8,9 ve 10'da Keles kömürlerinden hazırlanan parlatma ve ince kesitlerle çekilen ve mineralojik yapıyı gösteren resimler görülmektedir.

6.3.1.2. Keles Kömürünün Fiziksel Özellikleri

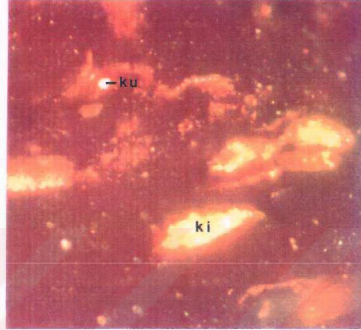
Tamamı 200 mm altında olan Keles kömür numunesi üzerinde boyut ve boyuta göre kül, kükürt dağılımları, saptanmış ve sonuçlar Tablo 6.2'de verilmiştir. Tablo 6.2'den görüleceği üzere, kömürün iri boyuttan ince boyuta doğru gidildikçe kül içeriğinde bir artışın olduğu, kükürt içeriğinde ise belirgin bir değişikliğin olmadığı gözlenmektedir.

6.3.1.3. Keles Kömürünün Kimyasal Özellikleri

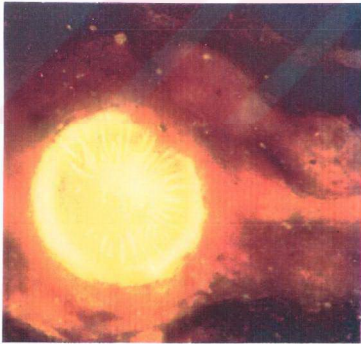
Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneylerine esas teşkil eden Keles kömür numunesinin standart kömür analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.3'de verilmiştir. Tablo 6.3'den görüldüğü üzere tuvenan kömür numunesi kuru bazda % 29.63 kül, % 2.00 toplam kükürt içermekte ve üst ısıl değeri 4500 Kcal/kg olmaktadır.



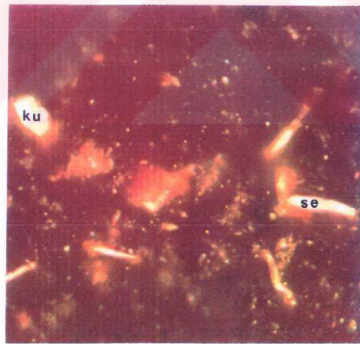
ŞEKİL: 6.3. Tabakalaşmaya Uyumlu
Kil Bantları, Kuvars
ve Pirit (1 cm=50 μ m)



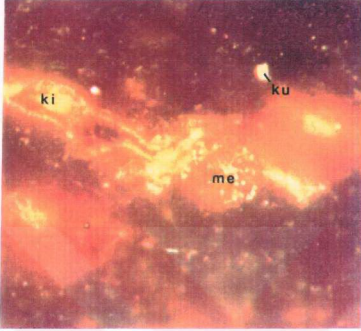
ŞEKİL: 6.4. Kömür İçinde Paralel
Mercıklar Halinde Kil
Mineralleri (1 cm= 10 μ m)



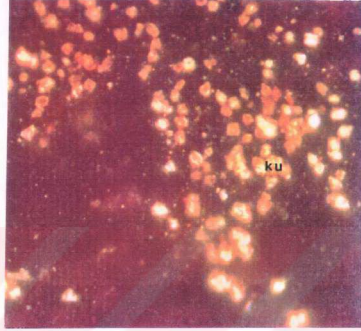
ŞEKİL: 6.5. Kil Mercıklar İçinde
Sfereoitler Halinde
Mikroorganizma Kalın-
tıları (1 cm= 10 μ m)



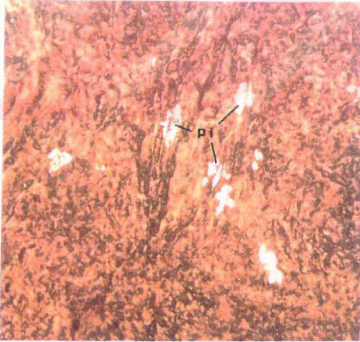
ŞEKİL: 6.6. Kömür İçinde İzlenen
Kuvars ve Serizit
Pulcukları (1 cm= 10 μ m)



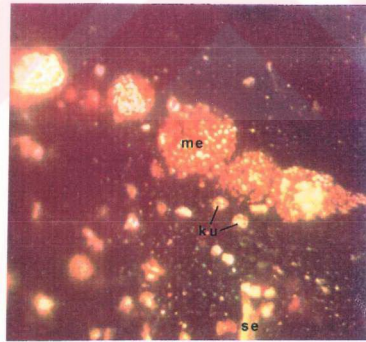
ŞEKİL: 6.7. Kıl Merccekleri İçinde İzlenen Melnikovit
(1 cm = 10 μ m)



ŞEKİL: 6.8. Kömür İçinde Yaygın Şekilde İzlenen Kuvarts Taneleri (1 cm= 10 μ m)



ŞEKİL: 6.9. Kömür İçinde Tabakalaşmaya Uyumlu Pirit Taneleri (1 cm= 50 μ m)



ŞEKİL: 6.10. Melnikovit Kümeleri, Kuvarts ve Serizit Pulcukları (1 cm= 10 μ m)

Tablo 6.2. Keles Kömürünün Boyut ve Boyuta Göre Kül ve Kükürt Dağılımı Sonuçları.

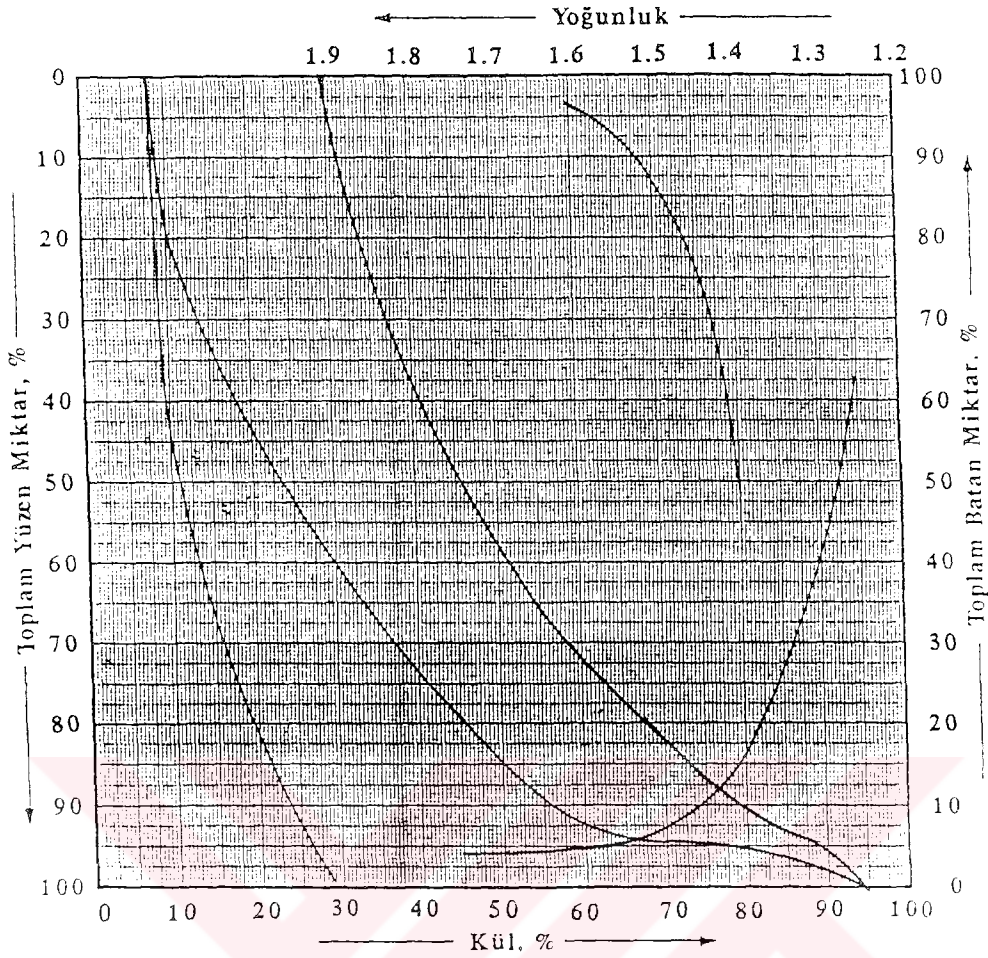
Boyut Aralığı (mm)	Miktar %	Kül %	Kükürt %	Yanabilir Verim, %
-200 +100	20.1	22.95	1.20	22.00
-100 + 50	29.8	29.09	1.94	30.04
- 50 + 30	9.2	25.79	2.16	9.78
- 30 + 19	8.8	27.91	2.25	9.05
- 19 + 10	11.1	26.38	2.48	11.50
- 10 + 6	3.5	27.14	2.36	3.61
- 6 + 3.36	4.1	27.24	2.20	4.22
-3.36+ 1	5.6	31.45	2.24	5.44
- 1 + 0.5	2.0	38.50	1.99	1.79
- 0.5 + 0.1	3.0	70.70	4.34	1.25
- 0.1	2.8	66.71	1.54	1.32
T O P L A M	100.0	29.63	2.00	100.00

Tablo 6.3. Keles Kömürünün Standart Analiz Sonuçları.

Eleman	Orijinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem, %	45.10	26.80	---
Kül, %	16.21	21.61	29.63
Uçucu Madde, %	21.86	29.15	39.82
Sabit Karbon, %	16.83	22.44	30.55
Toplam Kükürt, %	1.10	1.46	2.00
Alt Isıl D., Kcal/Kg	2086	3065	4422
Üst Isıl D., Kcal/Kg	2514	3353	4580

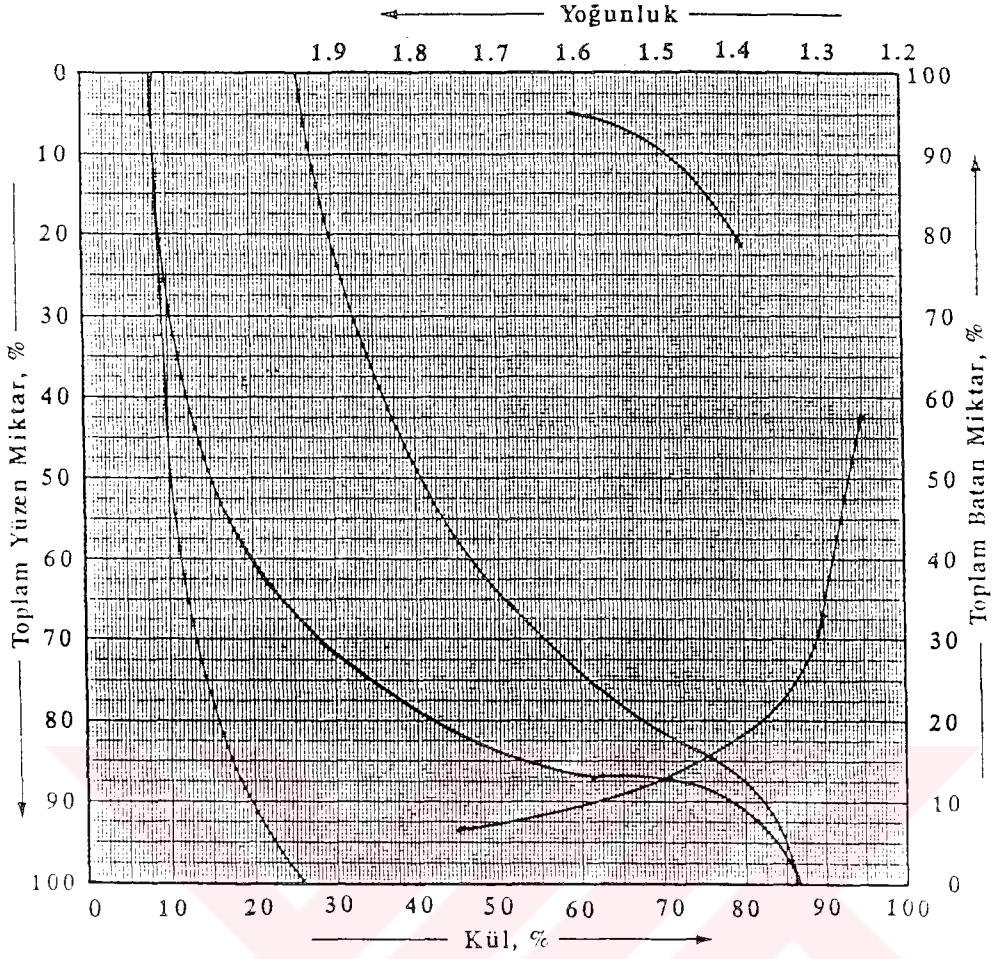
6.3.1.4. Keles Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri

Tamamı 200 mm altındaki Keles kömür numunesinin -100 + 50, -50 + 30, -30 + 19, -19+10, -10+6, -6+3.36, -3.36+1 ve -1+0.5 mm boyut gruplarında yüzdürme batırma deneyleri yapılmış ve bu deneylere ait sonuçlar Şekil 6.11,12,13,14,15,16,17 ve 18'de yüzdürme-batırma eğrileri halinde verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi Keles kömüründen 1.35 gr/cm³ yoğunluğunda, % 12-14 kül içerikli temiz kömür elde edilebilmektedir. Ayrıca, Keles kömürünün -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş yüzdürme batırma deney sonuçları da Şekil 6.19'da sunulmuştur.



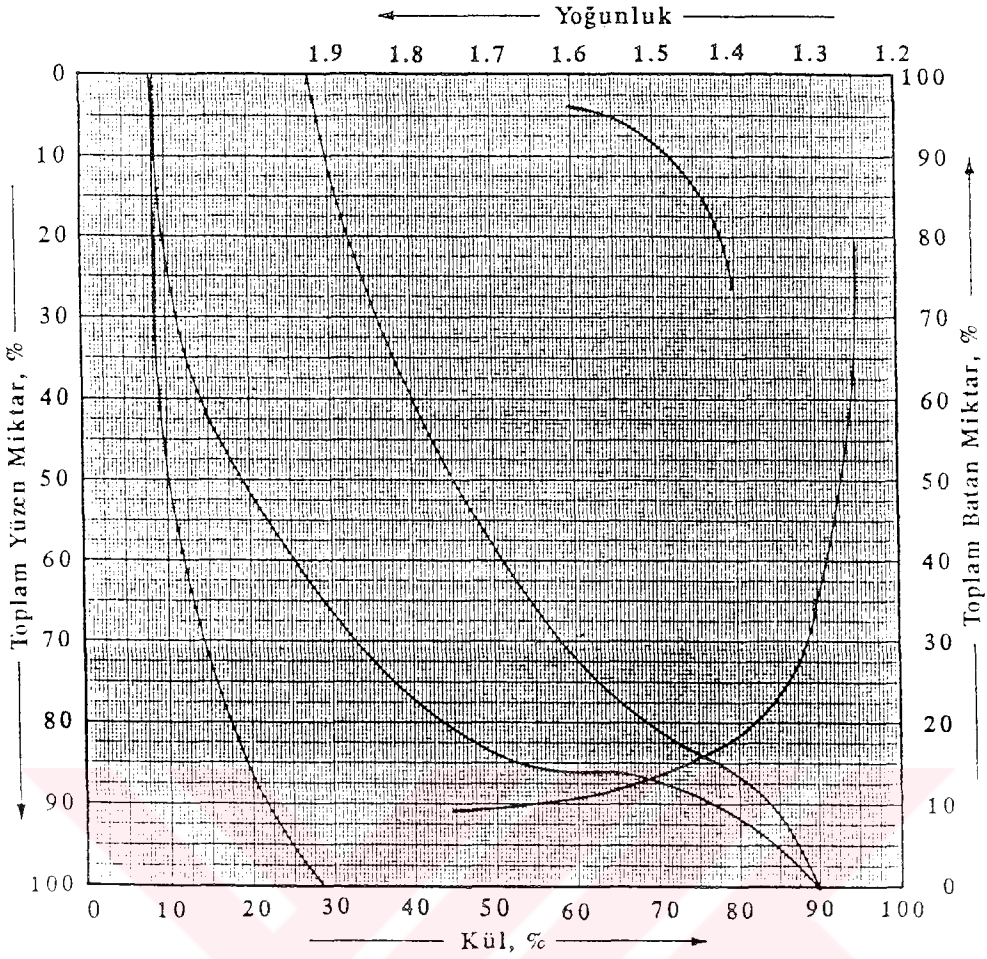
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % - M -	Kül % - K -	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM
-1.25	36.8	9.57	352.2	36.8	352.2	9.57	100.0	2908.9	29.09
+1.25 -1.30	16.4	20.69	339.3	53.2	691.5	13.00	63.2	2556.8	40.45
+1.30 -1.45	40.0	41.60	1664.0	93.2	2355.5	25.27	46.8	2217.4	47.38
+1.45 -1.60	1.8	59.35	106.8	95.0	2462.3	25.92	6.8	553.4	81.39
+1.60 -1.75	0.7	82.77	57.9	95.7	2520.3	26.34	5.0	446.6	89.32
+1.75	4.3	90.38	388.6	100.0	2908.9	29.09	4.3	388.6	90.38
TOPLAM	100.0	29.09							

ŞEKİL: 6.11. Keles kömürünün -100+50 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



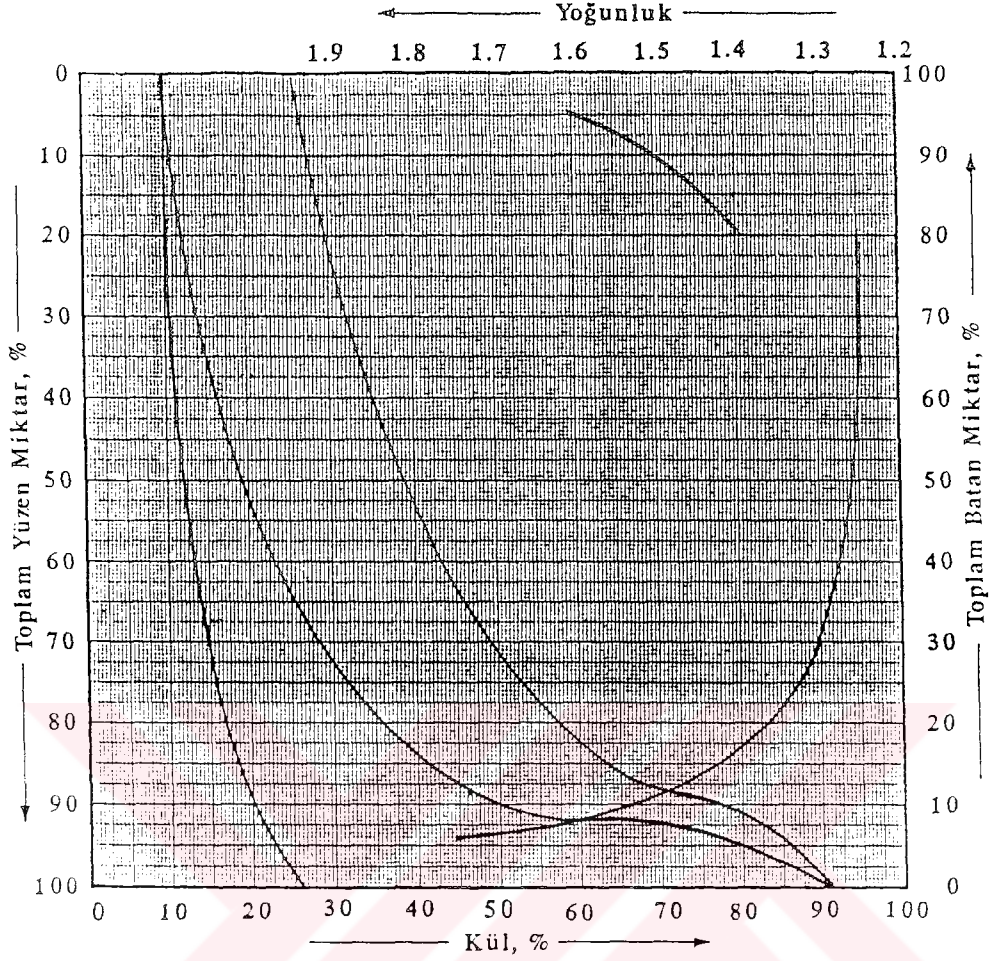
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % - M -	Kül % - K -	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM
-1.25	42.7	10.41	444.5	42.7	444.5	10.41	100.0	2578.8	25.79
+1.25 -1.30	24.5	16.10	394.5	67.2	839.0	12.48	57.3	2134.3	37.25
-1.30 -1.45	18.3	35.32	646.4	85.5	1485.3	17.37	32.8	1739.8	53.04
-1.45 -1.60	5.1	60.91	310.6	90.6	1796.0	19.82	14.5	1093.5	75.41
+1.60 -1.75	2.7	82.63	223.1	93.3	2019.1	21.64	9.4	782.8	83.28
+1.75	6.7	83.54	559.7	100.0	2578.8	25.79	6.7	559.7	83.54
TOPLAM	100.0	25.79							

ŞEKİL: 6.12. Keles Kömürünün -50+30 mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



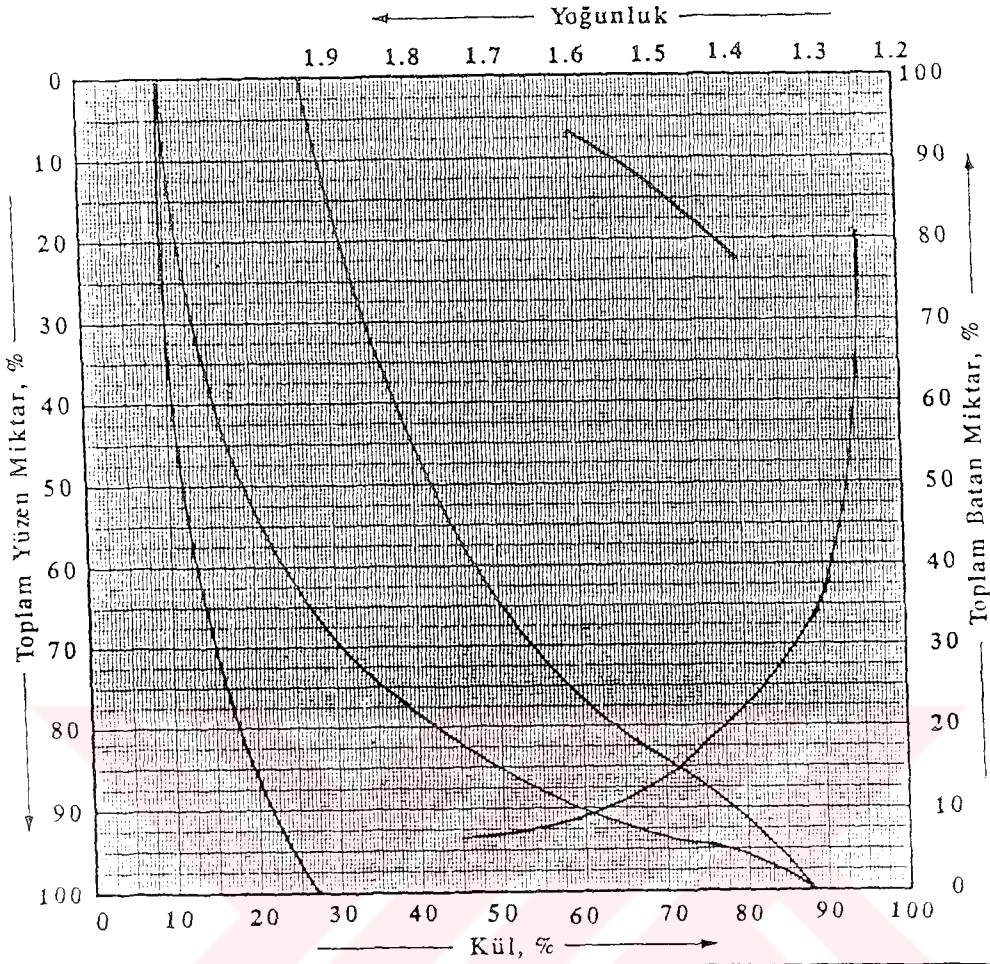
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %		Kül %	Miktar %		Kül %
	- M -	- K -		ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	20.3	9.91	201.2	20.3	201.2	9.91	100.0	2790.8	27.91
-1.25 -1.30	44.2	14.82	655.0	64.5	856.2	13.27	79.7	2589.6	32.49
+1.30 -1.45	19.1	36.60	699.1	83.6	1555.3	18.60	35.5	1934.6	54.49
+1.45 -1.60	5.9	60.15	354.9	89.5	1910.2	21.34	16.4	1235.5	75.54
+1.60 -1.75	1.7	78.85	134.0	91.2	2044.2	22.41	10.5	880.6	83.87
+1.75	8.8	84.84	746.6	100.0	2790.8	27.91	8.8	746.6	84.84
TOPLAM	100.0	27.91							

ŞEKİL: 6.13. Keles Kömürünün -30+19 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



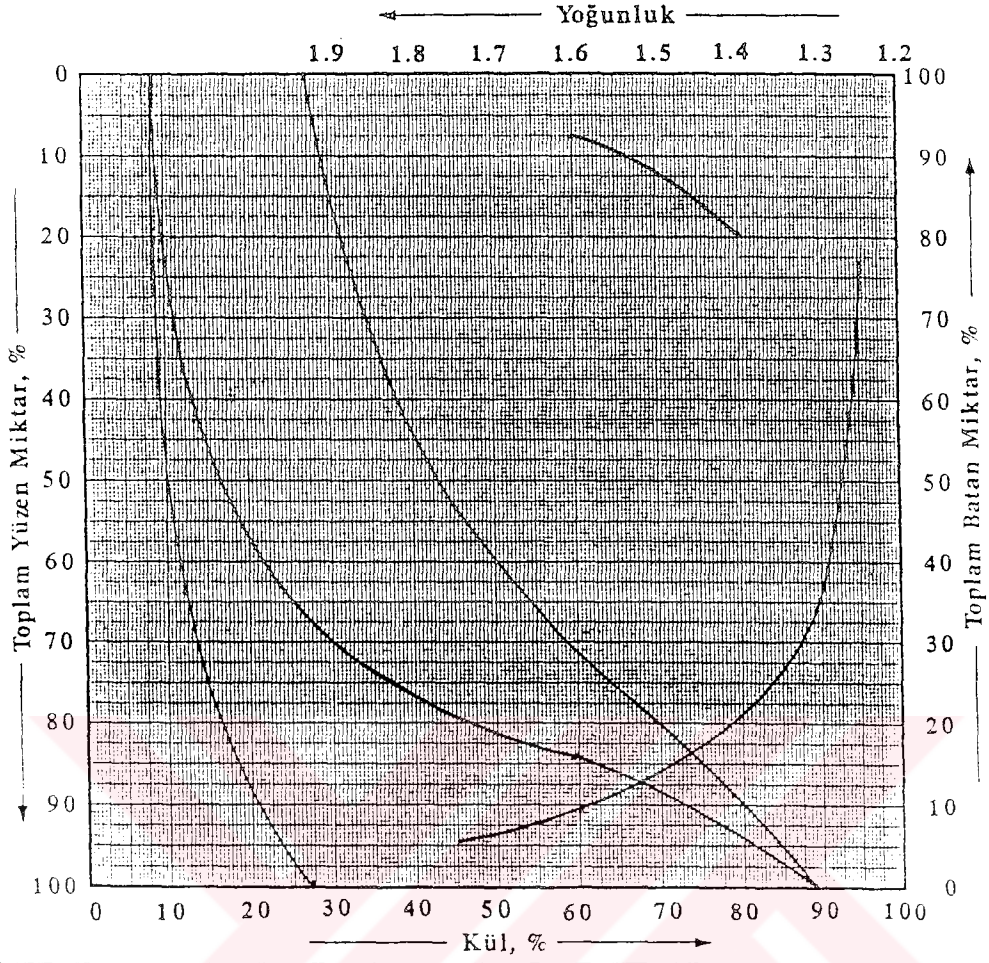
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	18.2	10.41	189.5	18.2	189.5	10.41	100.0	2638.2	26.38
+1.25 -1.30	49.5	16.98	840.5	67.7	1030.0	15.21	81.8	2448.7	29.94
+1.30 -1.45	17.8	37.09	660.2	85.5	1690.2	19.77	32.3	1608.2	49.79
+1.45 -1.60	6.8	46.01	312.9	92.3	2003.0	21.70	14.5	948.0	65.38
+1.60 -1.75	1.4	73.42	102.8	93.7	2105.8	22.47	7.7	635.1	82.49
+1.75	6.3	84.50	532.4	100.0	2638.2	26.38	6.3	532.4	84.50
TOPLAM	100.0	26.38							

ŞEKİL: 6.14. Keles Kömürünün -19+10 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



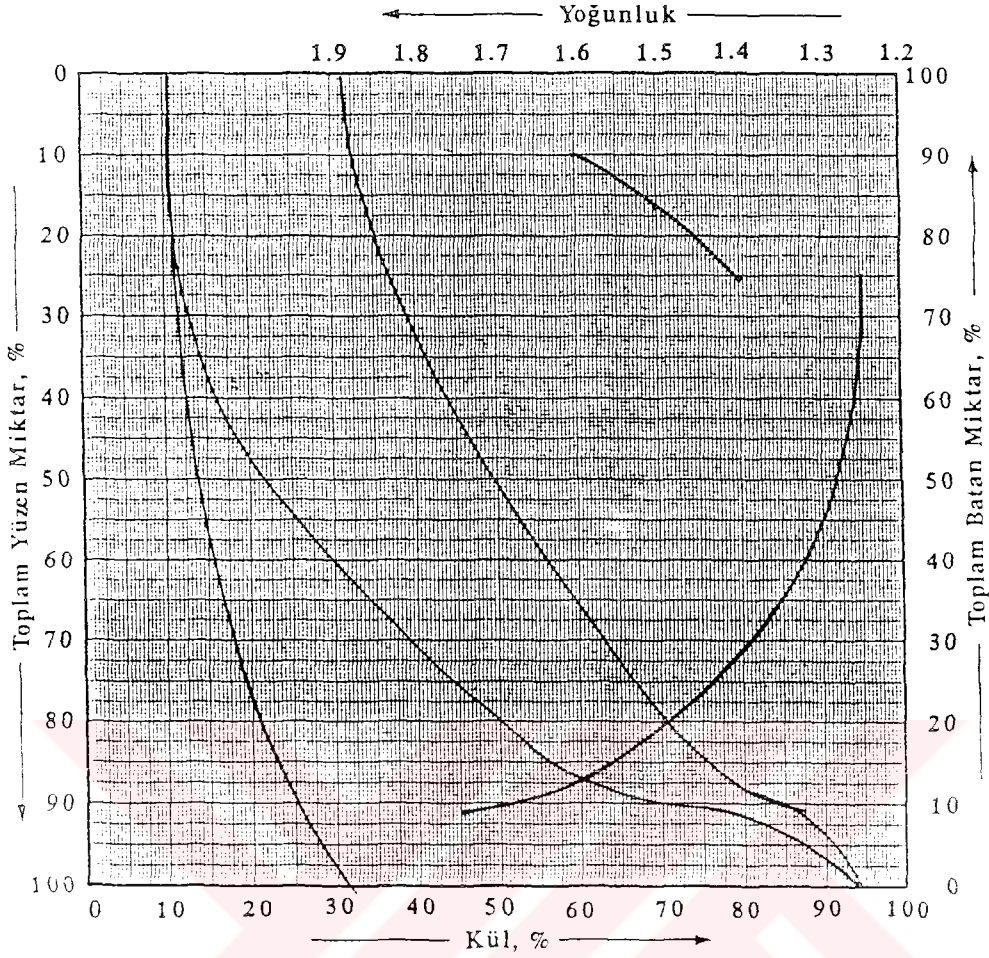
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % - M -	Kül % - K -	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM
-1.25	19.4	9.82	190.5	19.4	190.5	9.82	100.0	2713.5	27.14
+1.25 -1.30	46.0	16.36	752.6	65.4	943.1	14.42	80.6	2523.0	31.30
+1.30 -1.45	16.5	34.33	566.4	81.9	1509.5	18.43	34.6	1770.4	51.17
+1.45 -1.60	9.7	55.62	539.5	91.6	2049.0	22.37	18.1	1204.0	66.52
+1.60 -1.75	2.1	66.53	139.7	93.7	2188.7	23.36	8.4	664.5	79.10
+1.75	6.3	83.30	524.8	100.0	2713.5	27.14	6.3	524.8	83.30
TOPLAM	100.0	27.14							

ŞEKİL: 6.15. Keles Kömürünün -10+6 mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



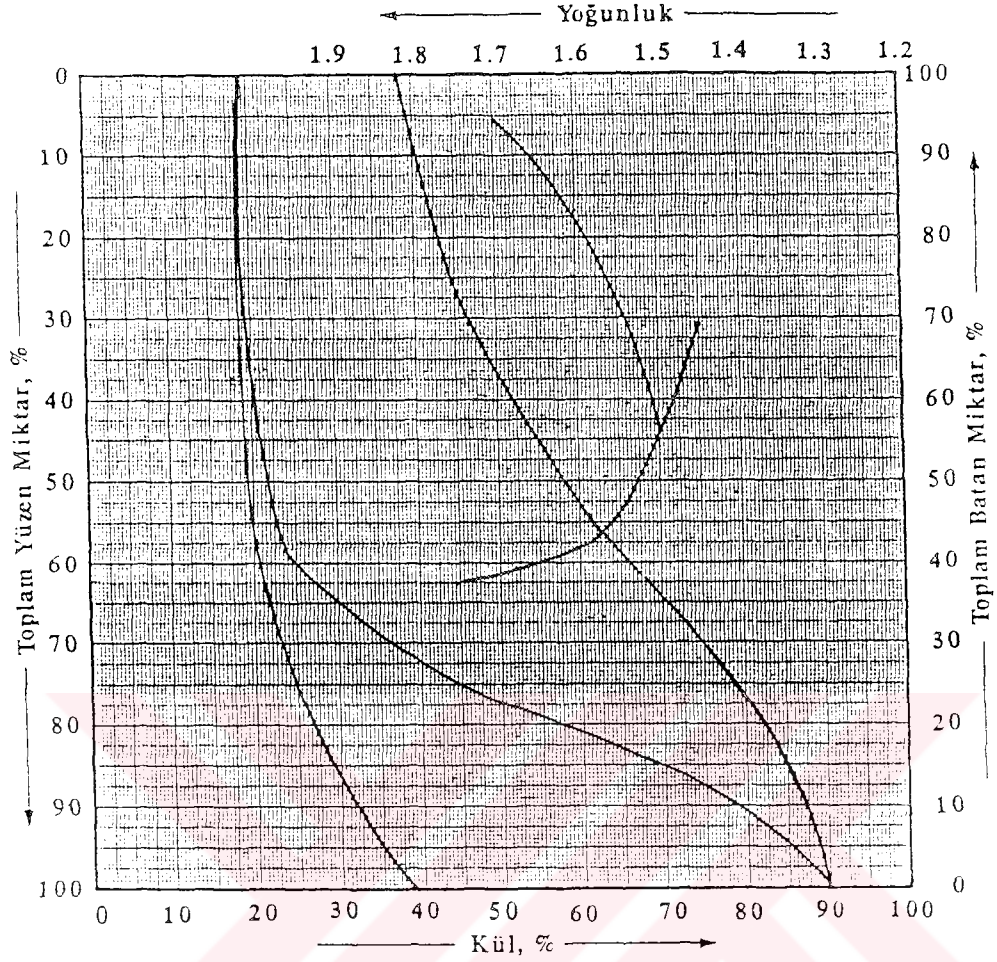
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % - M -	Kül % - K -	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM
-1.25	23.0	9.59	220.6	23.0	220.6	9.59	100.0	2724.2	27.24
+1.25 -1.30	40.8	13.56	553.2	63.8	773.8	12.13	77.0	2503.7	32.51
+1.30 -1.45	13.6	31.41	427.2	77.4	1201.0	15.52	36.2	1950.4	53.88
+1.45 -1.60	13.7	59.85	819.9	91.1	2020.9	22.18	22.6	1523.2	67.40
+1.60 -1.75	2.6	67.12	174.5	93.7	2195.5	23.43	8.9	703.3	79.02
+1.75	6.3	83.93	528.8	100.0	2724.2	27.24	6.3	528.8	83.93
TOPLAM	100.0	27.24							

ŞEKİL: 6.16. Keles Kömürünün -6+3.36 mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



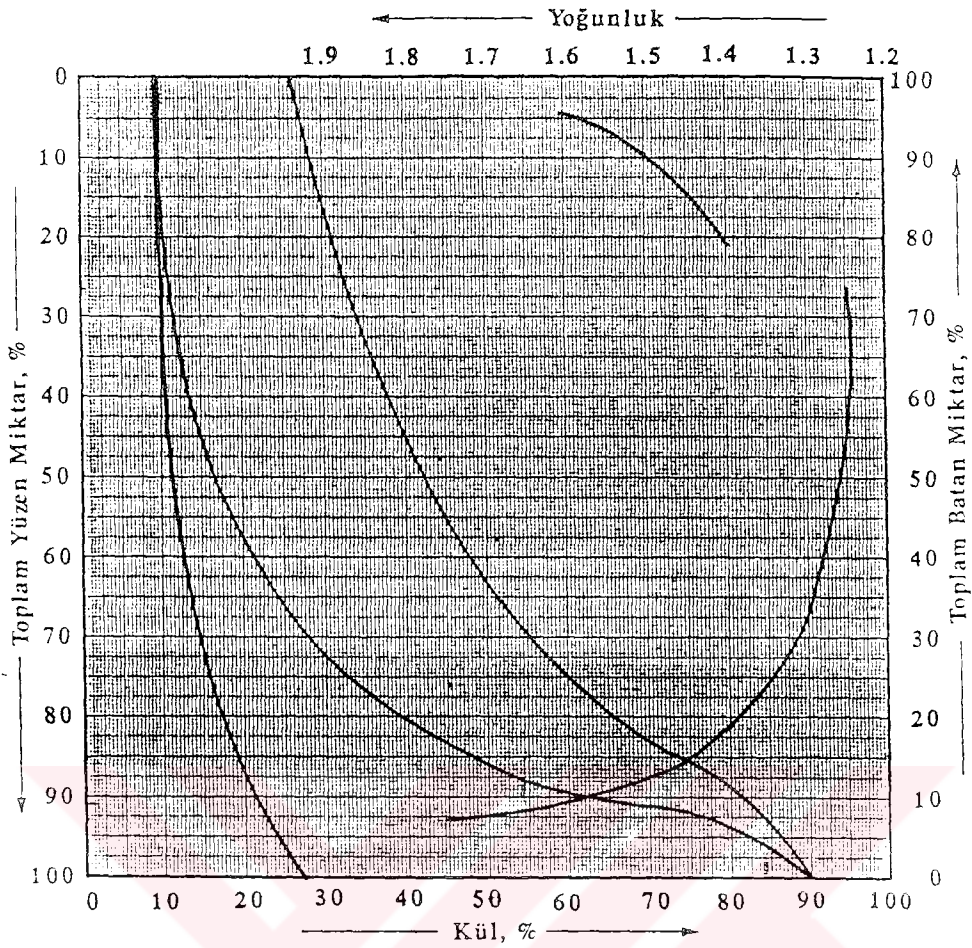
Yoğunluk Aralığı: g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %		Kül %	Miktar %		Kül %
	- M -	- K -		ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	24.8	12.01	297.8	24.8	297.8	12.01	100.0	3144.6	31.45
+1.25 -1.30	30.7	15.72	482.6	55.5	780.5	14.06	75.2	2846.7	37.86
+1.30 -1.45	17.1	33.84	578.7	72.6	1359.1	18.72	44.5	2364.1	53.13
+1.45 -1.60	14.9	54.55	812.8	87.5	2171.9	24.82	27.4	1785.4	65.16
+1.60 -1.75	3.5	61.52	215.3	91.0	2387.2	26.23	12.5	972.7	77.81
+1.75	9.0	84.15	757.3	100.0	3144.6	31.45	9.0	757.3	84.15
TOPLAM	100.0	31.45							

ŞEKİL: 6.17. Keles Kömürünün -3.36+1 mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	--	--	--	--	--	--	--	--	--
+1.25 -1.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--
+1.30 -1.45	30.7	19.46	597.3	30.7	597.3	19.46	100.0	3849.6	38.50
+1.45 -1.60	26.7	20.87	557.9	57.4	1155.2	20.12	69.3	3252.3	46.93
+1.60 -1.75	4.5	24.42	108.8	61.9	1264.0	20.43	42.6	2694.4	63.29
+1.75	38.1	67.83	2585.6	100.0	3849.6	38.50	38.1	2585.6	67.83
TOPLAM	100.0	38.50							

ŞEKİL: 6.18. Keles kömürünün -1+0.5 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar % - M -	Kül % - K -	MxK	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM	Miktar % ΣM	ΣMxK	Kül % ΣMxK / ΣM
-1.25	26.6	10.29	273.7	26.6	273.7	10.29	100.0	2665.8	26.66
+1.25 -1.30	40.0	16.09	643.6	66.6	917.3	13.77	73.4	2392.1	32.59
+1.30 -1.45	18.3	36.38	665.8	84.9	1583.1	18.65	33.4	1748.5	52.35
+1.45 -1.60	6.0	54.23	325.4	90.9	1908.4	21.00	15.1	1082.8	71.71
+1.60 -1.75	1.9	79.02	150.1	92.8	2058.6	22.18	9.1	757.4	83.23
+1.75	7.2	84.34	607.2	100.0	2665.8	26.66	7.2	607.2	84.34
TOPLAM	100.0	26.66	-	-	-	-	-	-	-

ŞEKİL: 6.19. Keles Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubu Hesaben Birleştirilmiş Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.

6.3.2. Saray Bölgesi Kömürü

6.3.2.1. Saray Kömürünün Yapısal Özellikleri

Kömür numunesinden dış görünüşlerine göre seçilen kömür arakesme ve pirit parçalarından 15 adet parlak ve ince kesit yapılmıştır [18].

Kömürlerin genellikle sert bir yapıda oldukları ve renklerinin birleşimlerinde bulunan yabancı madde miktarına bağlı olarak mat siyahtan kahverengimsi siyaha kadar değiştiği gözlenmiştir.

Seçilen örneklerden yapılan kesitlerin mikroskopik incelemeleri sonucunda, kil grubu mineralleri, jips, anhidrit, serizit, kuvars, pirit, melnikovit, markasit, limonit ve nabit gümüş mineralleri gözlenmiştir. Kesitlerden çekilen resimler Şekil 6.20,21,22,23,24,25,26,26 ve 27'de görülmektedir.

6.3.2.2. Saray Kömürünün Fiziksel Özellikleri

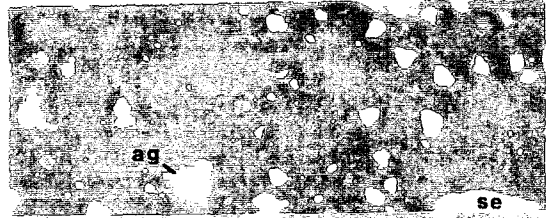
Tamamı 200 mm altında bulunan Saray kömür numunesi üzerinde elek analizi yapılmış ve boyuta göre kül ve kükürt dağılımları saptanmıştır. Tablo 6.4'te görüldüğü üzere, 1 mm'ye kadar olan boyut aralıklarında kül içeriğinin birbirine yakın olduğu; 1 mm'nin altında ise kül içeriğinin arttığı gözlenmektedir. Boyut aralıklarında yapılan kükürt analizlerinde ise önemli bir değişikliğin olmadığı; ancak iri boyutlarda (10 mm'nin üzeri) kükürt içeriğinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.



ŞEKİL: 6.20. Kömür İçinde Resinit Bantları, Kil ve Serizit (1 cm= 10 µm)



ŞEKİL: 6.20. Kömür İçinde Resinit Bantları, Kil ve Serizit (1 cm= 10 µm)



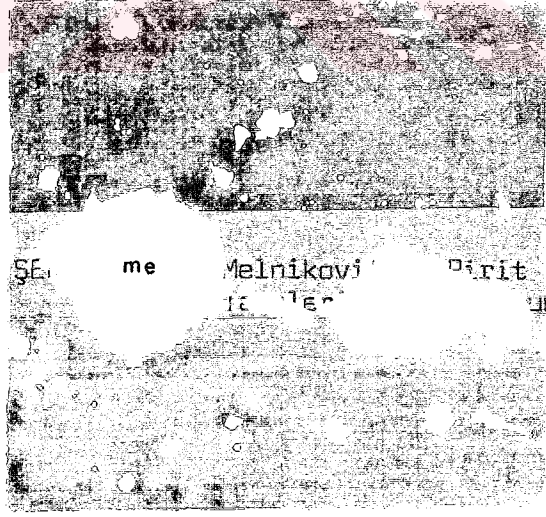
ŞEKİL: 6.21 Kömür İçinde Kuvars, Serizit Taneleri, Nabit Gümüş Tanesi (1 cm= 10 µm)



ŞEKİL: 6.21 Kömür İçinde Kuvars, Serizit Taneleri, Nabit Gümüş Tanesi (1 cm= 10 µm)



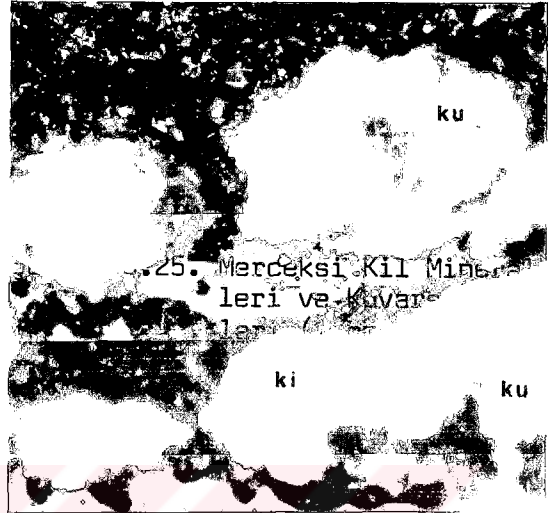
ŞEKİL: 6.22. Kil Bantları ve Pirit (1 cm= 50 µm)



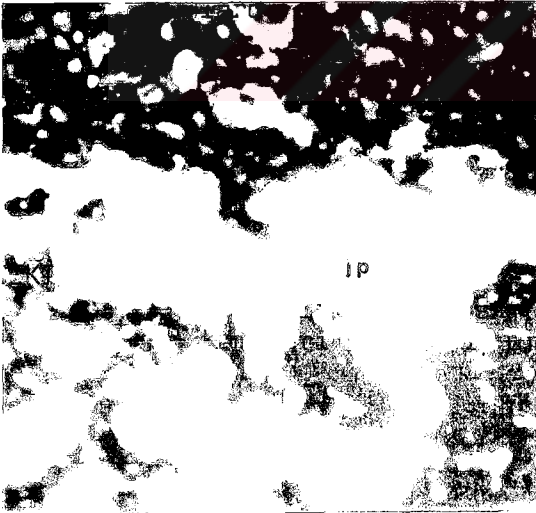
ŞEKİL: 6.23. Melnikovit ve Pirit Taneleri (1 cm= 10 µm)



ŞEKİL: 6.24. Tabakalaşmaya Uyumlu
Kil Mineralleri
(1 cm = 100 μ m)



ŞEKİL: 6.25. Merceksi Kil Mineral-
leri ve Kuvars Yumru-
ları (1 cm = 100 μ m)



ŞEKİL: 6.26. Kömür İçinde Çatlak-
larda İzlenen Jips
Kümeleri (1 cm = 50 μ m)



ŞEKİL: 6.27. Kömür Çatlaklarında
Kil Mineralleri İle
Birlikte Jips ve
Melnikovitler
(1 cm = 50 μ m)

Tablo 6.4. Saray Kömürünün Boyut ve Boyuta Göre Kül ve Kükürt Dağılımı Sonuçları.

Boyut Aralığı (mm)	Miktar %	Kül %	Kükürt %	Yanabilir Verim %
-200 +100	9.8	23.25	7.00	10.96
-100 + 50	19.6	24.72	6.10	21.50
- 50 + 30	10.5	23.53	6.98	11.70
- 30 + 19	9.1	25.55	6.64	9.87
- 19 + 10	13.5	26.06	5.77	14.55
- 10 + 6	4.3	27.65	3.87	4.53
- 6 + 3.36	4.9	26.92	4.44	5.22
- 3.36 + 1	10.3	28.83	4.11	10.68
- 1 + 0.5	3.6	38.08	4.26	3.25
- 0.5 +0.1	4.7	51.73	3.95	3.31
- 0.1	9.7	68.70	4.17	4.43
T O P L A M	100.0	31.38	5.55	100.00

6.3.2.3. Saray Kömürünün Kimyasal Özellikleri

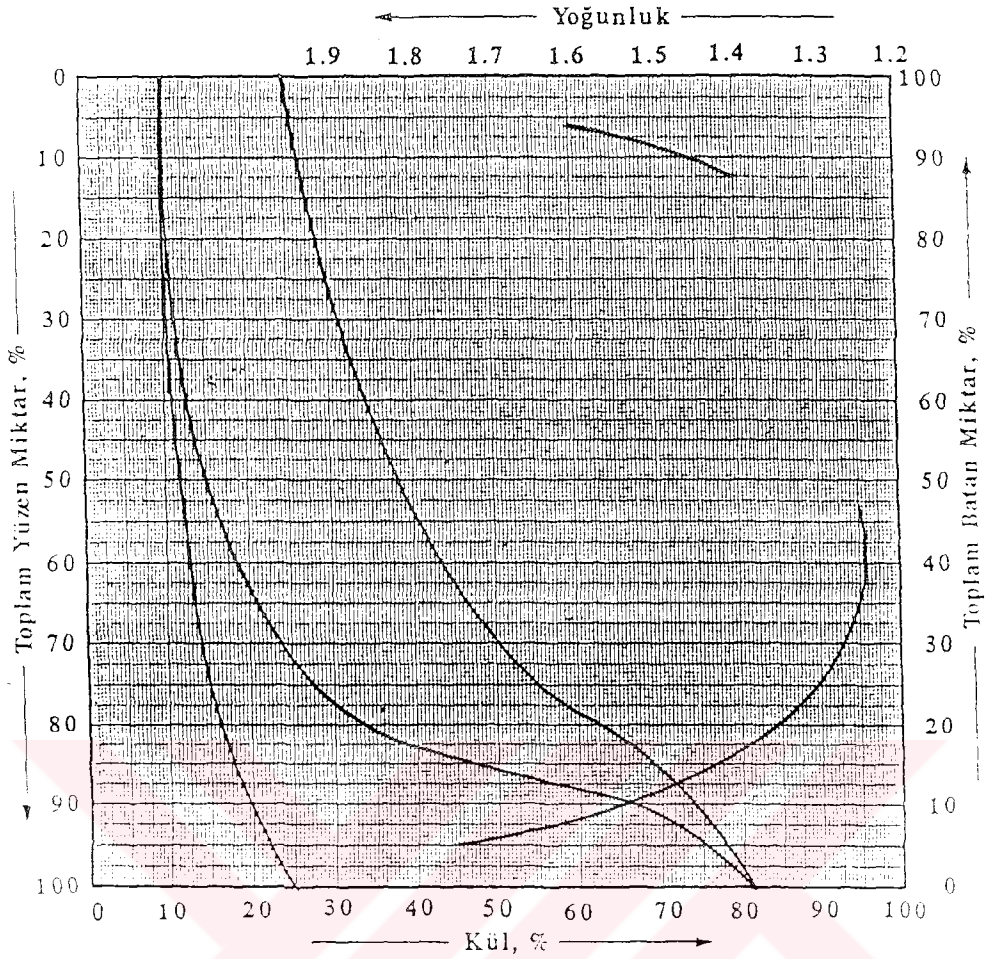
Deneyssel çalışmalara esas teşkil eden Saray kömür numunesinin standart kömür analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.5'de verilmiştir. Tablo 6.5'den görüldüğü gibi tuvenan kömür numunesi kuru bazca % 31.38 kül, %5.55 toplam kükürt içermekte ve kuru bazda üst ısıl değeri 4045 Kcal/kg olmaktadır.

TABLO: 6.5. Saray kömürünün Standart Analiz Sonuçları

Eleman	Orijinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem, %	44.60	25.40	---
Kül, %	17.38	23.41	31.38
Uçucu Madde, %	20.93	28.18	37.78
Sabit Karbon, %	17.09	23.01	30.84
Toplam Kükürt, %	3.07	4.14	5.55
Alt Isıl D., Kcal/Kg	1815	2708	3887
Üst Isıl D., Kcal/Kg	2241	3018	4045

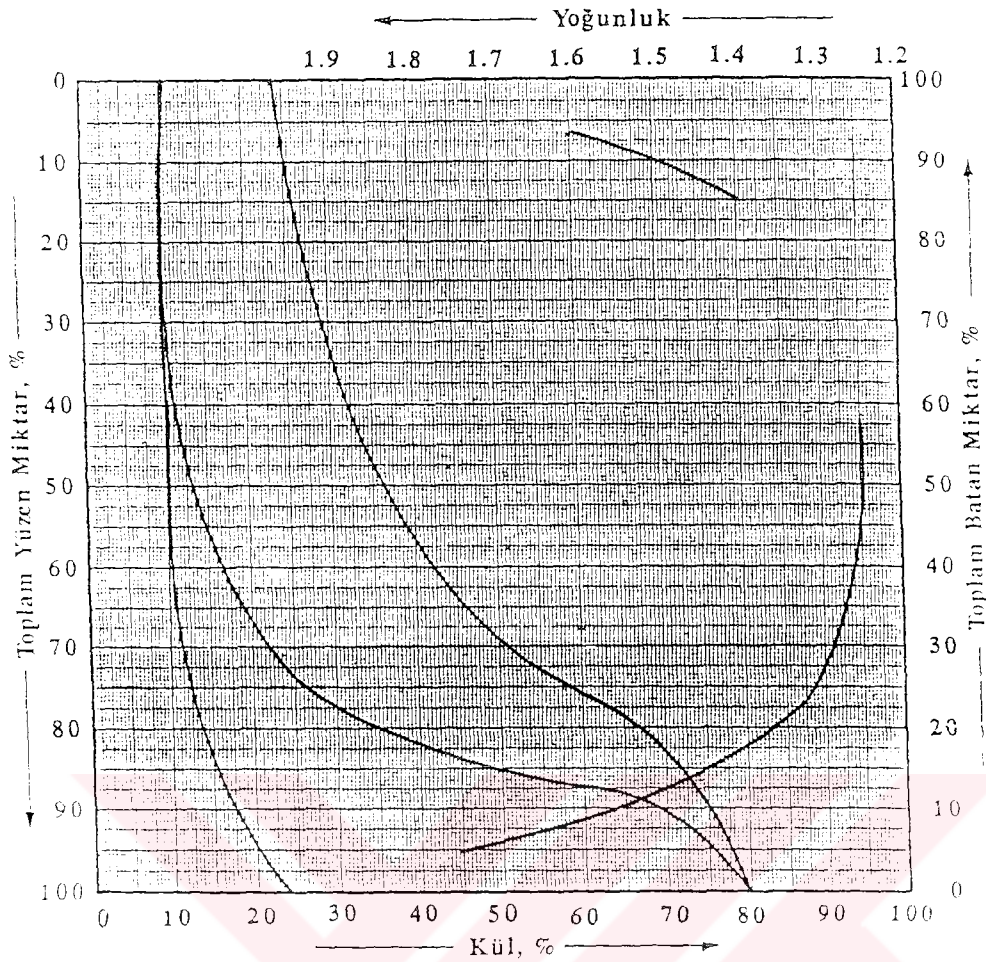
6.3.2.4. Saray Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri

Tamamı 200 mm altındaki Saray kömür numunerinin -100+50, -50+30, -30+19, -19+10, -10+6, -6+3.36, -3.36+1 ve -1+0.5 mm boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmış ve bu deneylere ait sonuçlar Şekil 6.28,29,30, 31,32,33,34 ve 35'de yüzdürme-batırma eğrileri halinde sunulmuştur. Şekillerden görüldüğü üzere Saray kömüründen 1.30 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda, % 14-15 kül içerikli temiz kömür elde edilebilmektedir. Ayrıca, Saray kömürünün -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçları Şekil 6.36'da görülmektedir.



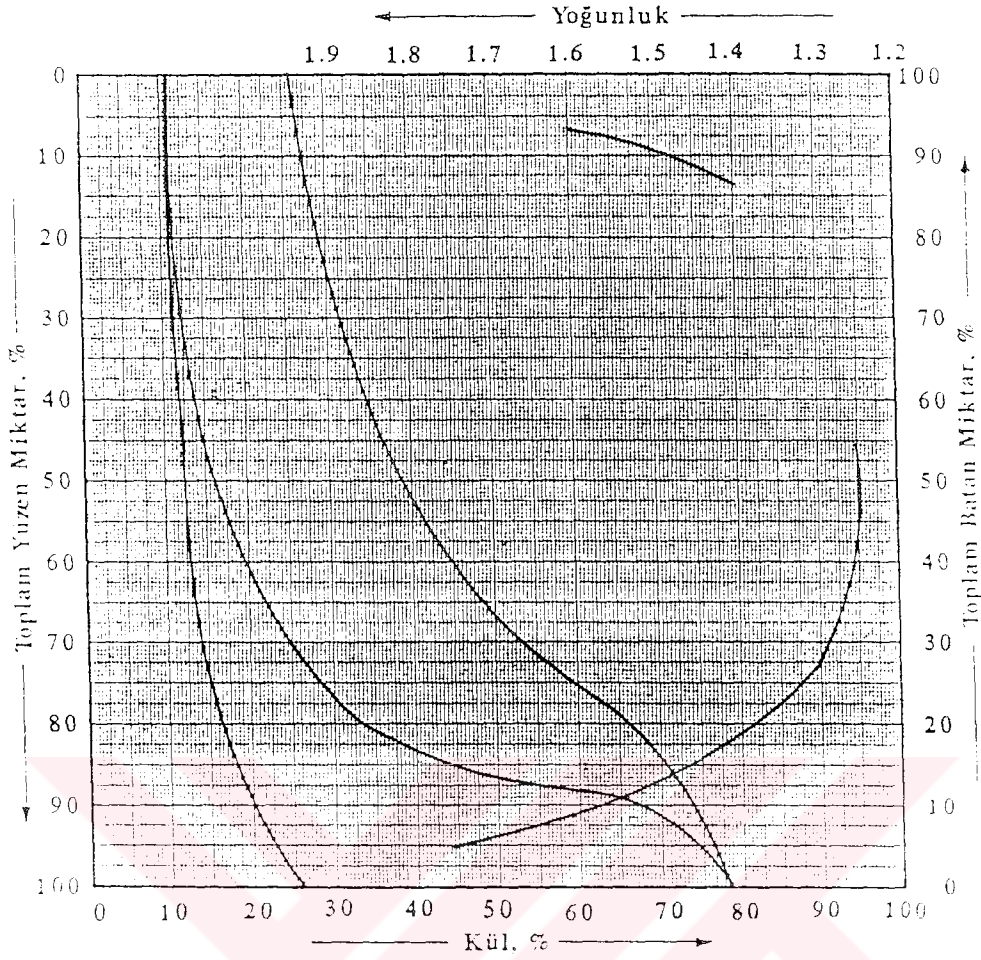
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	Kül %	MxK
	- M -	- K -		ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM	ΣMxK	$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	53.4	12.28	655.8	53.4	655.8	12.28	100.0	2471.6	24.72
+1.25 -1.30	23.7	21.29	504.6	77.1	1160.3	15.05	46.6	1815.8	38.97
+1.30 -1.45	8.9	35.89	319.4	86.0	1479.7	17.21	22.9	1311.3	57.26
+1.45 -1.60	4.4	62.63	275.6	90.4	1755.3	19.42	14.0	991.8	70.85
+1.60 -1.75	5.0	71.44	357.2	95.4	2112.5	22.14	9.6	716.3	74.63
+1.75	4.6	78.06	359.1	100.0	2471.6	24.72	4.6	359.1	78.06
TOPLAM	100.0	24.72							

ŞEKİL: 6.28. Saray Kömürünün -100+50mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



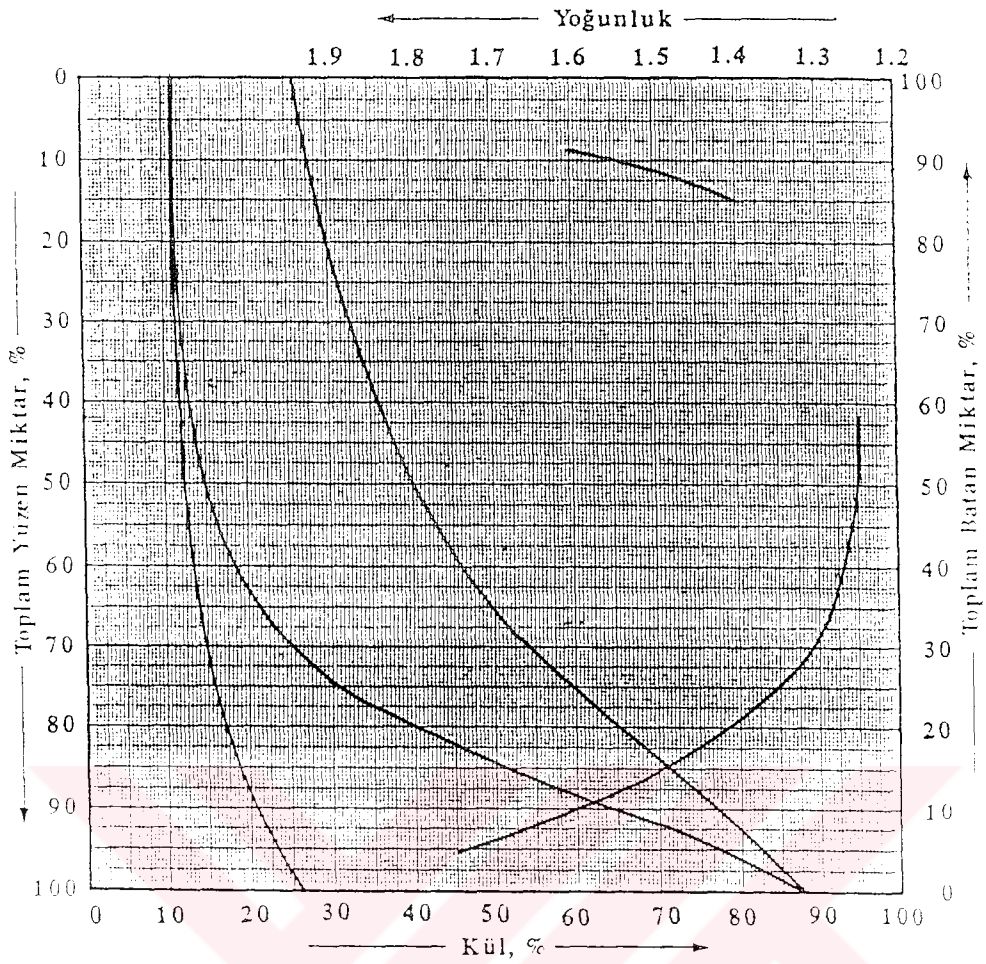
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	Kül %	Miktar %	Miktar %	Kül %	Miktar %
	- M -	- K -		Σ M	Σ MxK	Σ MxK / Σ M	Σ M	Σ MxK	Σ MxK / Σ M
-1.25	41.9	10.73	449.6	41.9	449.6	10.73	100.0	2352.8	23.53
-1.25 -1.30	33.0	13.74	453.4	74.9	903.0	12.06	58.1	1903.3	32.76
-1.30 -1.45	10.2	37.53	380.8	85.1	1283.8	15.09	25.1	1449.8	57.76
-1.45 -1.60	4.8	61.90	297.1	89.9	1580.9	17.59	14.9	1069.1	71.75
-1.60 -1.75	5.7	75.05	427.8	95.6	2008.7	21.01	10.1	772.0	76.43
-1.75	4.4	78.22	344.2	100.0	2352.8	23.53	4.4	344.2	78.22
TOPLAM	100.0	23.53							

ŞEKİL: 6.29. Saray Kömürünün -50+30 mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



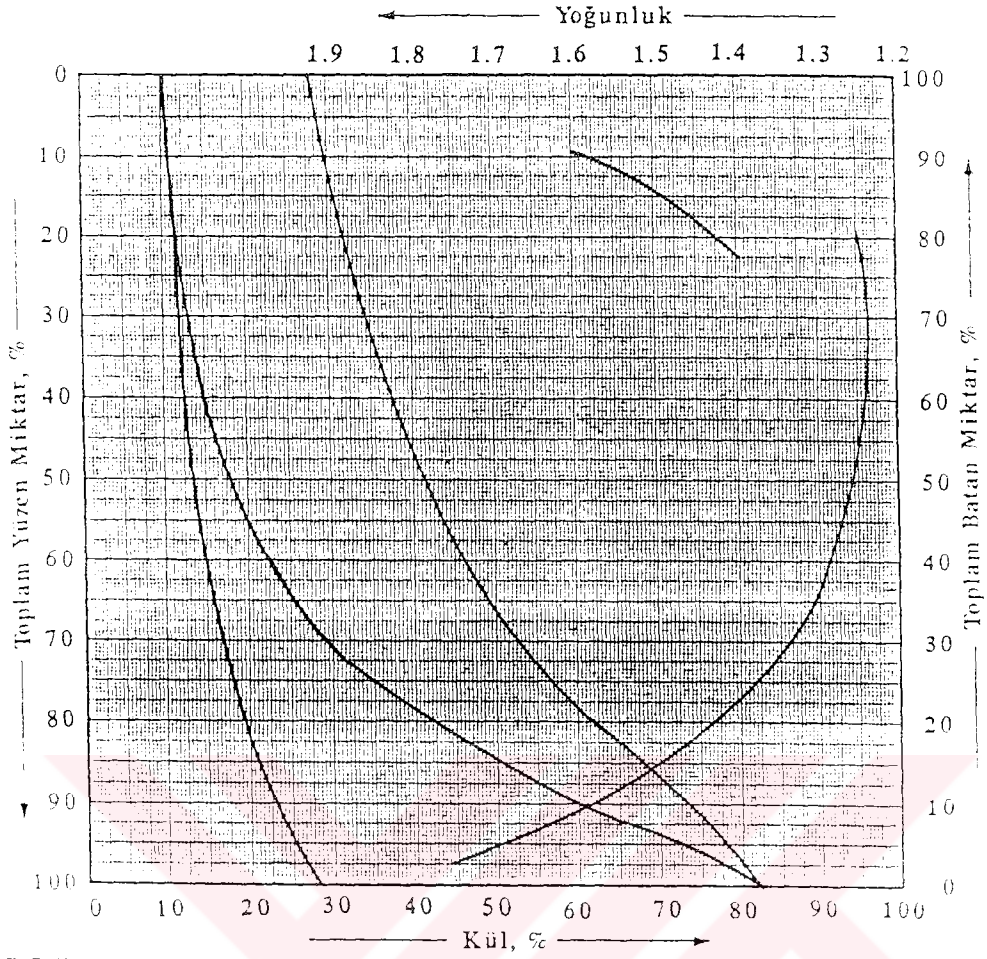
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM	Miktar %	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM
	- M -	- K -		ΣM			ΣM		
-1.25	45.2	12.43	561.8	45.2	561.8	12.43	100.0	2555.0	25.55
-1.25 -1.30	27.6	18.14	500.7	72.8	1062.5	14.59	54.8	1993.2	36.37
-1.30 -1.45	11.6	34.56	400.9	84.4	1463.4	17.34	27.2	1492.5	54.87
-1.45 -1.60	5.1	60.85	310.3	89.5	1773.7	19.82	15.6	1091.6	64.67
-1.60 -1.75	5.6	72.39	405.4	95.1	2179.1	22.91	10.5	781.3	74.41
+1.75	4.9	76.71	375.9	100.0	2555.0	25.55	4.9	375.9	76.71
TOPLAM	100.0	25.55							

ŞEKİL: 6.30. Saray Kömürünün -30+19 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



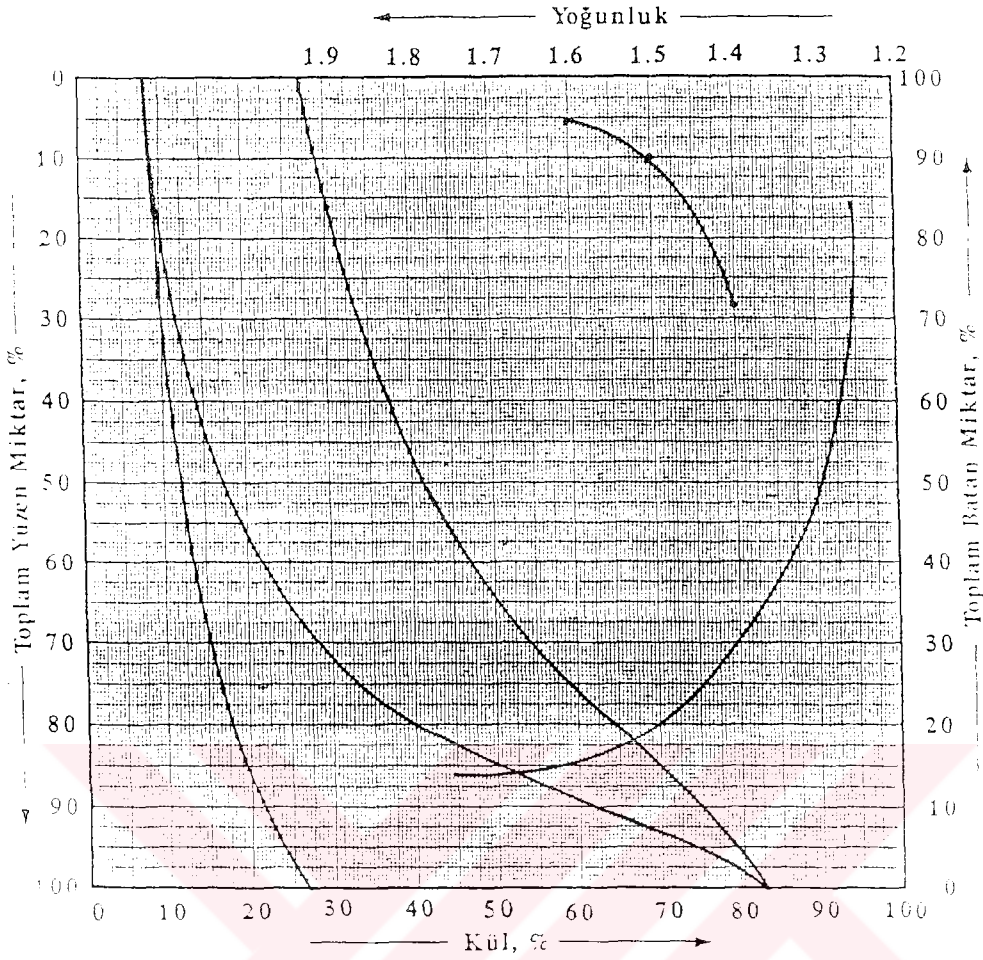
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	41.5	11.57	480.2	41.5	480.2	11.57	100.0	2606.1	26.06
-1.25 -1.30	28.6	18.04	515.9	70.1	996.1	14.21	58.5	2126.0	36.34
+1.30 -1.45	13.2	34.77	459.0	83.3	1455.1	17.47	29.9	1610.0	53.85
+1.45 -1.60	6.2	57.83	358.5	89.5	1813.6	20.26	16.7	1131.1	68.99
+1.60 -1.75	5.8	69.13	401.0	95.3	2214.6	23.24	10.5	792.5	75.48
+1.75	4.7	83.31	391.6	100.0	2606.1	26.06	4.7	391.6	83.31
TOPLAM	100.0	26.06							

ŞEKİL: 6.31. Saray Kömürünün -19+10mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



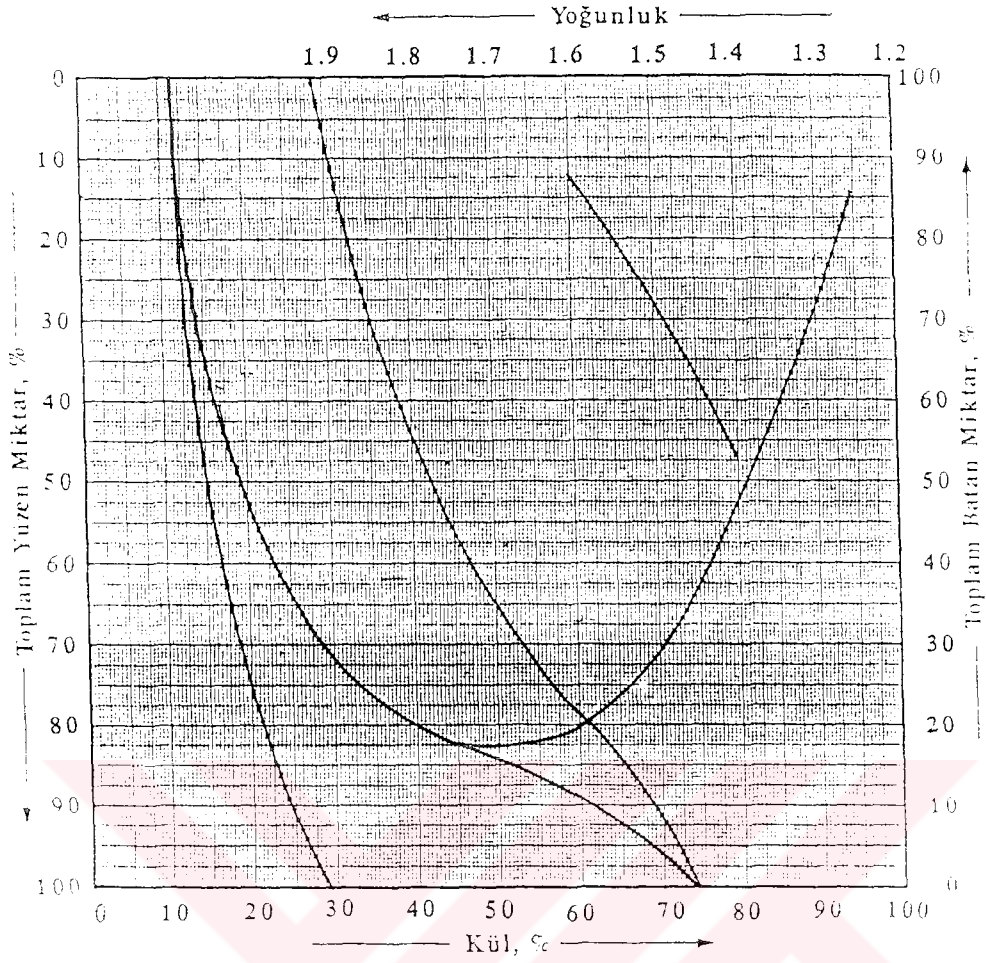
Yoğunluk Aralığı g cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	19.0	11.84	225.0	19.0	225.0	11.84	100.0	2765.0	27.65
-1.25 -1.30	44.5	17.81	792.5	63.5	1017.5	16.02	81.0	2540.0	31.37
-1.30 -1.45	17.1	31.25	534.4	80.6	1551.9	19.25	36.5	1747.5	47.88
-1.45 -1.60	10.2	52.11	531.5	90.8	2083.4	22.94	19.4	1213.1	62.53
-1.60 -1.75	6.9	72.13	497.7	97.7	2581.1	26.42	9.2	681.6	74.09
+1.75	2.3	79.97	183.9	100.0	2765.0	27.65	2.3	183.9	79.97
TOPLAM	100.0	27.65							

ŞEKİL: 6.32. Saray Kömürünün -10+6 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



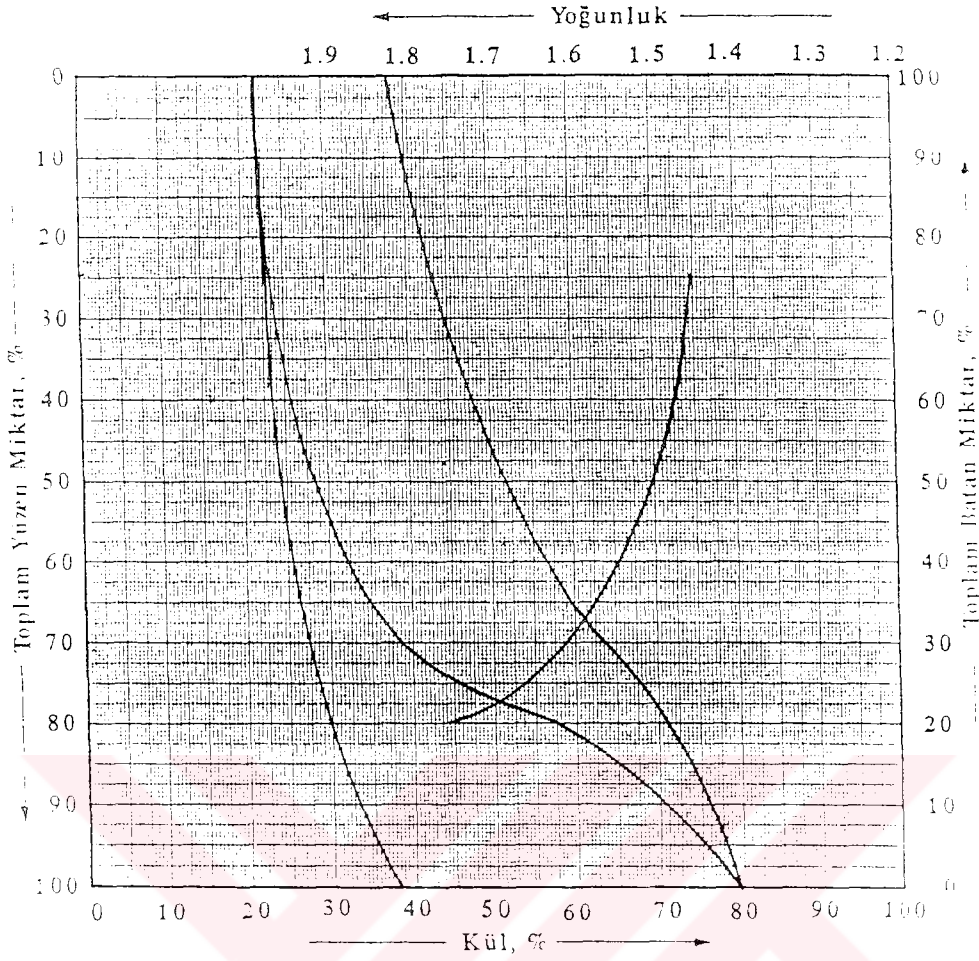
Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.25	16.7	9.38	156.6	16.7	156.6	9.38	100.0	2692.0	26.92
-1.25 -1.30	34.8	13.84	481.6	51.5	638.3	12.39	83.3	2535.3	30.44
-1.30 -1.45	24.0	24.98	599.5	75.5	1237.8	16.39	48.5	2053.7	42.34
-1.45 -1.60	9.0	41.74	375.7	84.5	1613.5	19.09	24.5	1454.2	59.35
-1.60 -1.75	1.4	50.88	71.2	85.9	1684.7	19.61	13.5	1078.5	69.58
-1.75	14.1	71.44	1007.3	100.0	2692.0	26.92	14.1	1007.3	71.44
TOPLAM	100.0	26.92							

ŞEKİL: 6.33. Saray kömürünün -6+3.36mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



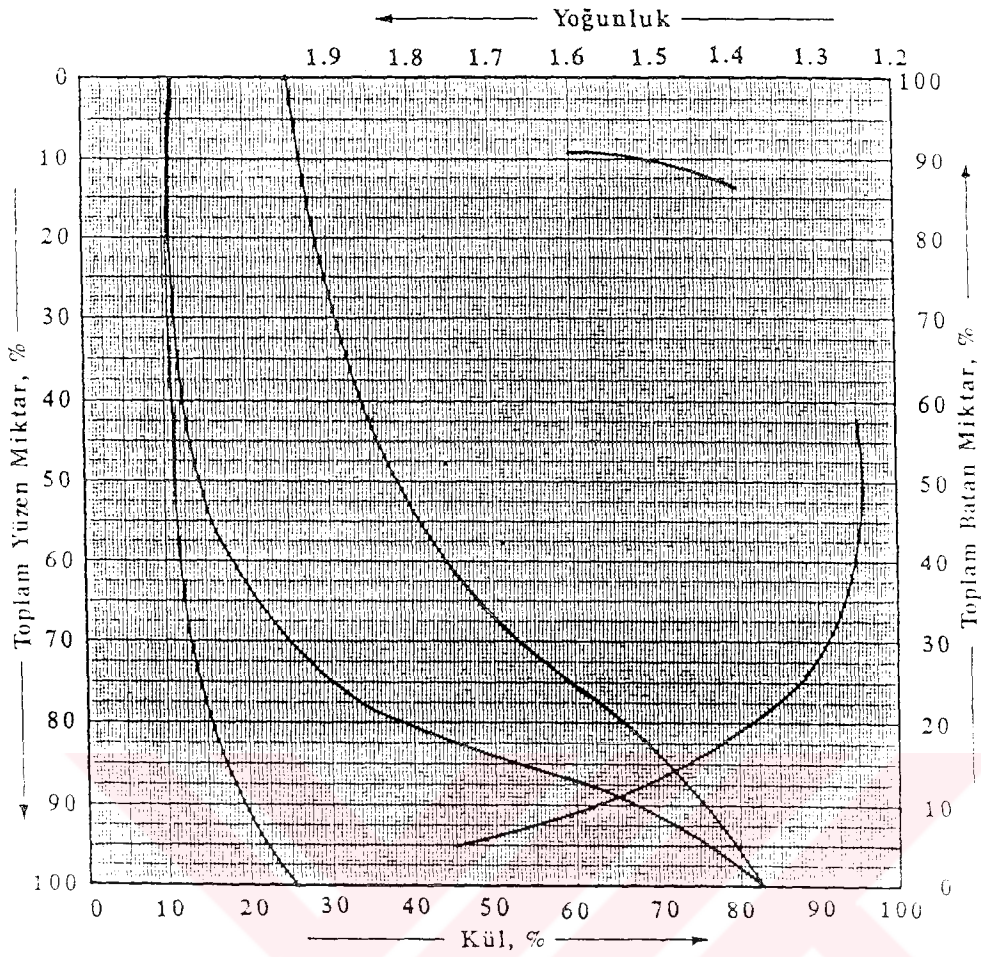
Yoğunluk Aralığı	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	Kül %	Miktar %	Miktar %	Kül %	Miktar %
g/cm ³	- M -	- K -		ΣM	ΣMxK	ΣMxK / ΣM	ΣM	ΣMxK	ΣMxK / ΣM
-1.25	14.6	11.98	174.9	14.6	174.9	11.98	100.0	2883.0	28.83
-1.25 -1.30	8.0	14.52	116.2	22.6	291.1	12.88	85.4	2706.1	31.71
-1.30 -1.45	39.2	19.63	769.5	61.8	1060.6	17.16	77.4	2591.9	33.49
-1.45 -1.60	15.4	33.53	617.0	80.2	1677.5	20.92	38.2	1622.4	42.71
-1.60 -1.75	2.2	40.09	88.2	82.4	1765.7	21.43	19.8	1205.4	60.88
-1.75	17.6	63.48	1117.2	100.0	2883.0	28.83	17.6	1117.2	63.49
TOPLAM	100.0	28.83							

ŞEKİL: 6.34. Saray Kömürünün -3.36+1mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	$\Sigma M \times K$	Kül % $\frac{\Sigma M \times K}{\Sigma M}$	Miktar %	$\Sigma M \times K$	Kül % $\frac{\Sigma M \times K}{\Sigma M}$
	- M -	- K -		ΣM			ΣM		
-1.25	--	--	--	--	--	--	--	--	--
-1.25 -1.30	--	--	--	--	--	--	--	--	--
-1.30 -1.45	24.8	22.80	565.4	24.8	565.4	22.80	100.0	3508.0	35.08
-1.45 -1.60	43.5	29.77	1295.0	68.3	1860.4	27.24	75.2	3242.6	43.12
-1.60 -1.75	11.2	42.03	470.7	79.5	2331.2	29.32	31.7	1947.6	61.44
-1.75	20.5	72.04	1476.8	100.0	3508.0	35.08	20.5	1476.8	72.04
TOPLAM	100.0	38.08							

ŞEKİL: 6.35. Saray Kömürünün -1+0.5mm Boyut Grubu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM	Miktar %	ΣMxK	Kül % ΣMxK ΣM
	- M -	- K -		ΣM			ΣM		
-1.25	42.6	11.56	492.5	42.6	492.5	11.56	100.0	2515.6	25.16
-1.25 -1.30	29.7	16.55	491.5	72.3	984.0	13.61	57.4	2023.1	25.25
-1.30 -1.45	11.8	35.41	417.8	84.1	1401.8	16.67	27.7	1531.6	55.29
-1.45 -1.60	5.5	59.74	329.6	89.6	1730.4	19.31	15.9	1113.7	70.65
-1.60 -1.75	5.7	71.89	409.8	95.3	2140.2	22.46	10.4	785.2	75.50
+1.75	4.7	79.87	375.4	100.0	2515.6	25.16	4.7	375.4	79.67
TOPLAM	100.0	25.16	-						

ŞEKİL: 6.36. Saray Kömürünün -50+10 mm Soyut Grubu Hesaben Birleştirilmiş Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.

6.3.3. Soma Bölgesi Kömürü

Soma bölgesinde T.K.İ.'ye ait ocaklardan üretilen kömürden alınan tuvenan kömür numunesi üzerinde de stripa ile zenginleştirme deneyleri öncesinde numunenin yapısal fiziksel ve kimyasal özellikleriyle kömürün yakabilme özellikleri saptanmıştır.

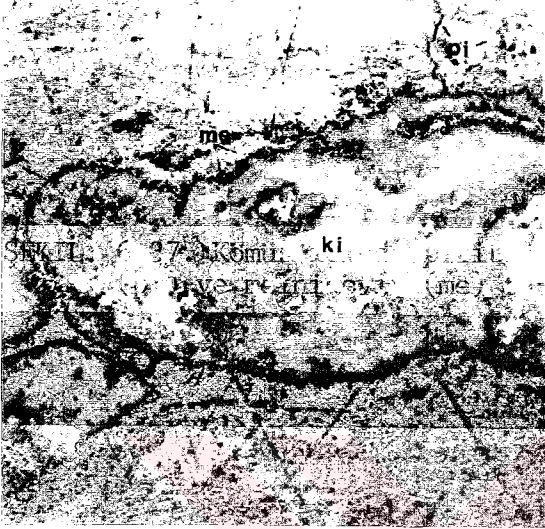
6.3.3.1. Soma Kömürünün Yapısal Özellikleri

Soma kömürlerini karakterize edecek biçimde dış görünüşlerine göre seçilen kömür ve arakatkılı parçalardan 5 adet parlak ve ince kesit yapılmıştır.

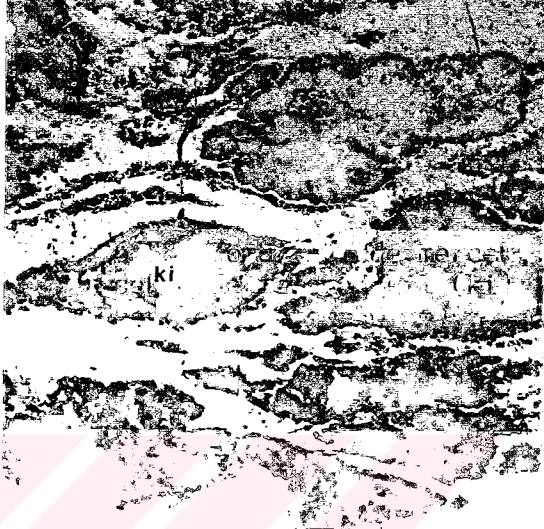
Sert, parlak renkli ve dilinimleri belirgin kömürlerin rengi parlak siyahtan mat siyaha kadar değişim göstermektedir. Kömür rengi içerisindeki yabancı katkı miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Kömür örneklerinden yapılan kesitlerin mikroskopik incelemeleri sonucunda, genellikle tabakalanmaya uyumlu bentli ve mercekli yapıda kil grubu mineralleri izlenmektedir. (Şekil 6.37 ve 6.38). Kömür içinde yer yer saçılım halinde pirit, melnikovit ve kuvars taneleri izlenmektedir (Şekil 6.39).

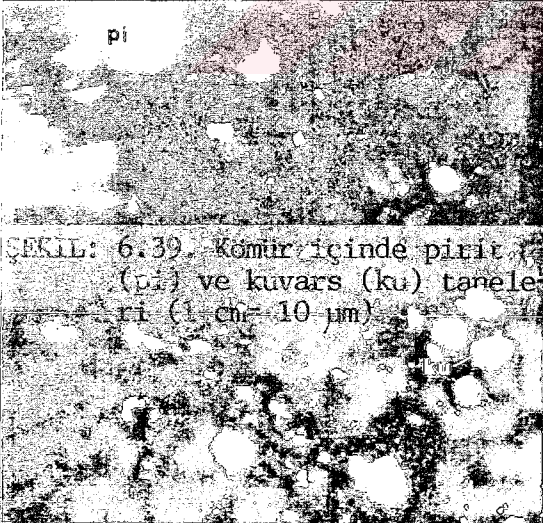
Yapılan mikroskopik incelemeler sonucunda kömür damarlarının genellikle marn ile arakatkılı olduğu saptanmıştır (Şekil 6.40).



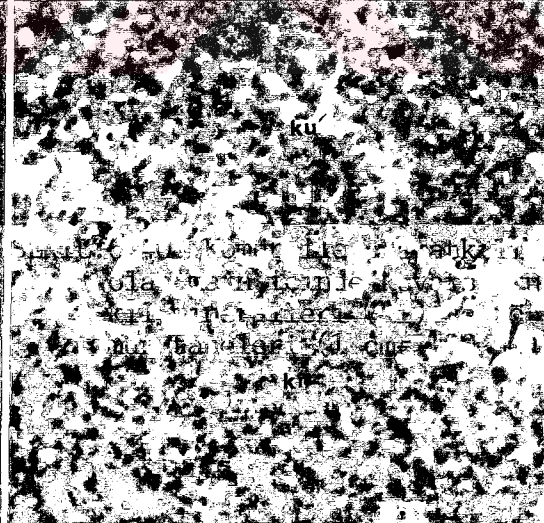
ŞEKİL: 6.37. Kömür içinde pirit (pi) ve melnikovit (me) taneleri ile kil (ki) bantları (1 cm= 50 µm)



ŞEKİL: 6.38. Kömür içinde mercak şeklinde izlenen kil (ki) bantları (1 cm=50 µm)



ŞEKİL: 6.39. Kömür içinde pirit (pi) ve kuvars (ku) taneleri (1 cm= 10 µm)



ŞEKİL: 6.39. Kömür içinde pirit (pi) ve kuvars (ku) taneleri (1 cm= 10 µm)

ŞEKİL: 6.40. Kömür ile arakatkılı olan marn içinde kuvars (ku), kil mineralleri (ki) ve kömür taneleri (1 cm= 100 µm)

6.3.3.2. Soma Kömürünün Fiziksel Özellikleri

Tamamı 100 mm altınca olan Soma kömür numunesi üzerinde bout ve boyuta göre kül, kükürt dağılımları saptanmış ve sonuçlar Tablo 6.6.'da verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi numunenin % 66.2'si 10 mm(nin) üzerindedir. İri (-100 + 30 mm) ve ince (-1 mm) kül içerikleri yüksekten ara boyutlarda kül içerikleri düşük ve birbirine yakın olmaktadır. Ayrıca boyuta bağlı olarak kükürt içeriğinde bir değişiklik gözlenmemektedir.

TABLO: 6.6. Soma Kömür Numunesinin Boyut ve Boyuta Göre Kül ve Kükürt Dağılımı Sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	Miktar %	Kül %	Kükürt %	Yanabilir Verim %
-100 + 50	22.5	32.67	1.08	20.70
- 50 + 30	13.5	26.58	1.20	13.60
- 30 + 19	11.2	23.97	1.26	11.60
- 19 + 10	19.0	22.35	1.28	20.20
- 10 + 6	7.3	23.00	1.15	7.70
- 6 + 3.36	6.9	23.06	1.12	7.30
- 3.36 + 1	8.3	21.97	1.26	8.90
- 1 + 0.5	4.2	26.76	1.32	4.20
- 0.5 +0.1	4.3	29.45	1.25	4.20
- 0.1	2.8	55.34	1.44	1.70
T O P L A M	100.0	26.90	1.20	100.00

6.3.3.3. Soma Kömürünün Kimyasal Özellikleri

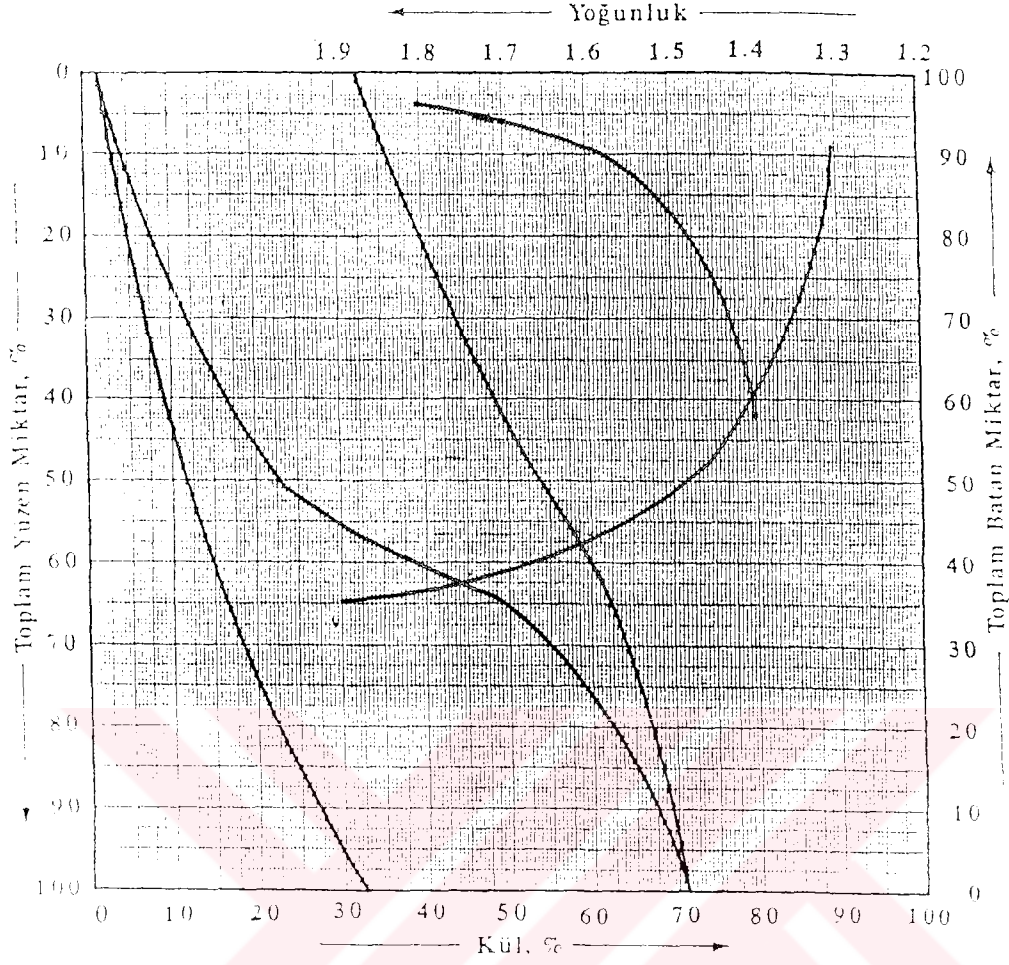
Deneyisel çalışmalarda kullanılan Soma bölgesine ait tuvanan kömür numunesinin standart analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.7'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi tuvanan kömür numunesi kuru bazda % 26.90 kül, % 1.20 toplam kükürt içermektedir. Kuru bazda üst ısı değeri ise 4310 kcal/kg'dır.

TABLO: 6.7. Soma Kömürünün Standart Analiz Sonuçları

Eleman	Orijinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem, %	18.65	7.86	---
Kül, %	21.88	24.79	26.90
Uçucu Madde, %	32.14	36.40	39.51
Sabit Karbon, %	27.33	30.95	33.59
Toplam Kükürt, %	0.98	1.11	1.20
Alt Isıl D., Kcal/Kg	3236	3766	4152
Üst Isıl D., Kcal/Kg	3506	3971	4310

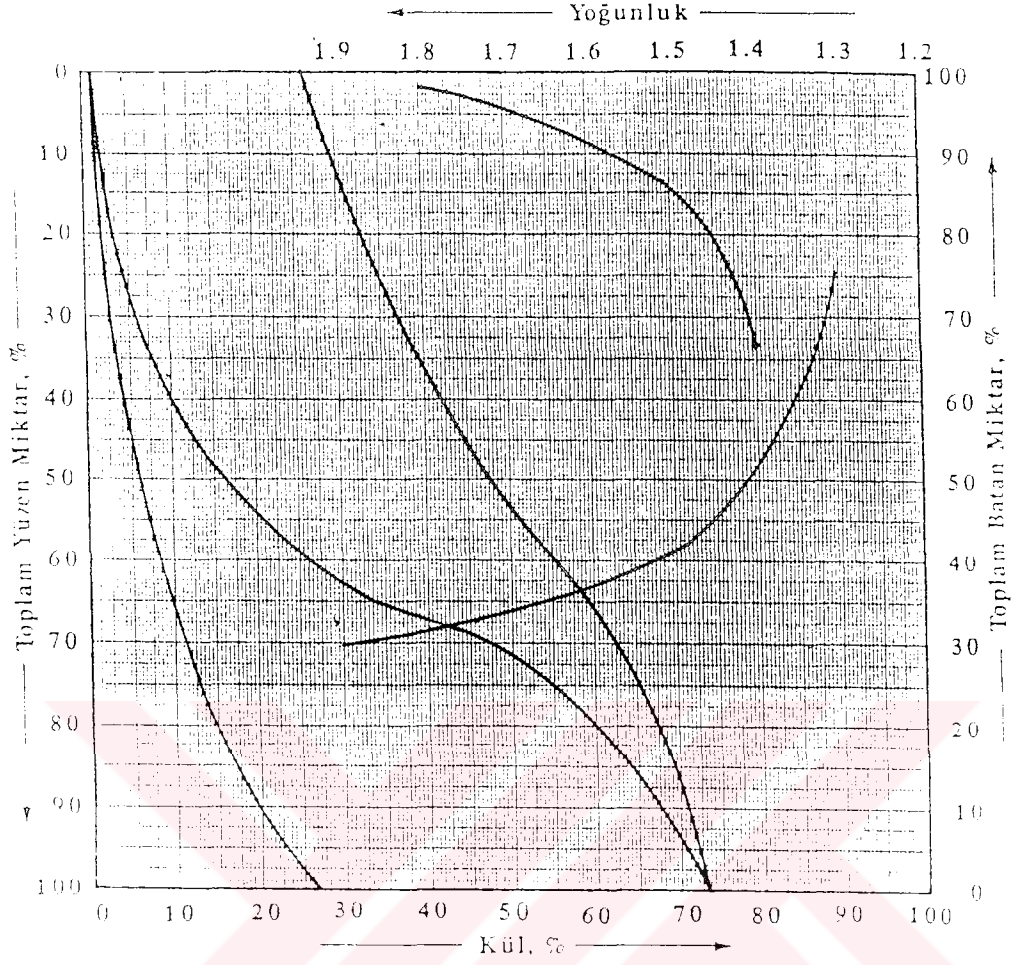
6.3.3.4. Soma Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri

Tamamı 100 mm altında olan Soma kömür numunesinin -100+50, -50+30, -30+19, -19+10, -10+6, -6+3.36, -3.36+1 ve -1+0.5 mm boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmış ve bu deneylere ait sonuçlar Şekil 6.41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 ve 48'de yüzdürme-batırma eğrileri halinde sunulmuştur. Şekillerden görüldüğü gibi Soma kömüründen 1.45 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda elde edilecek temiz kömürlerin kül içerikleri % 7-8 civarında olmaktadır. Ayrıca Soma kömürünün -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş yüzdürme - batırma deneyi sonuçları Şekil 49'da görülmektedir.



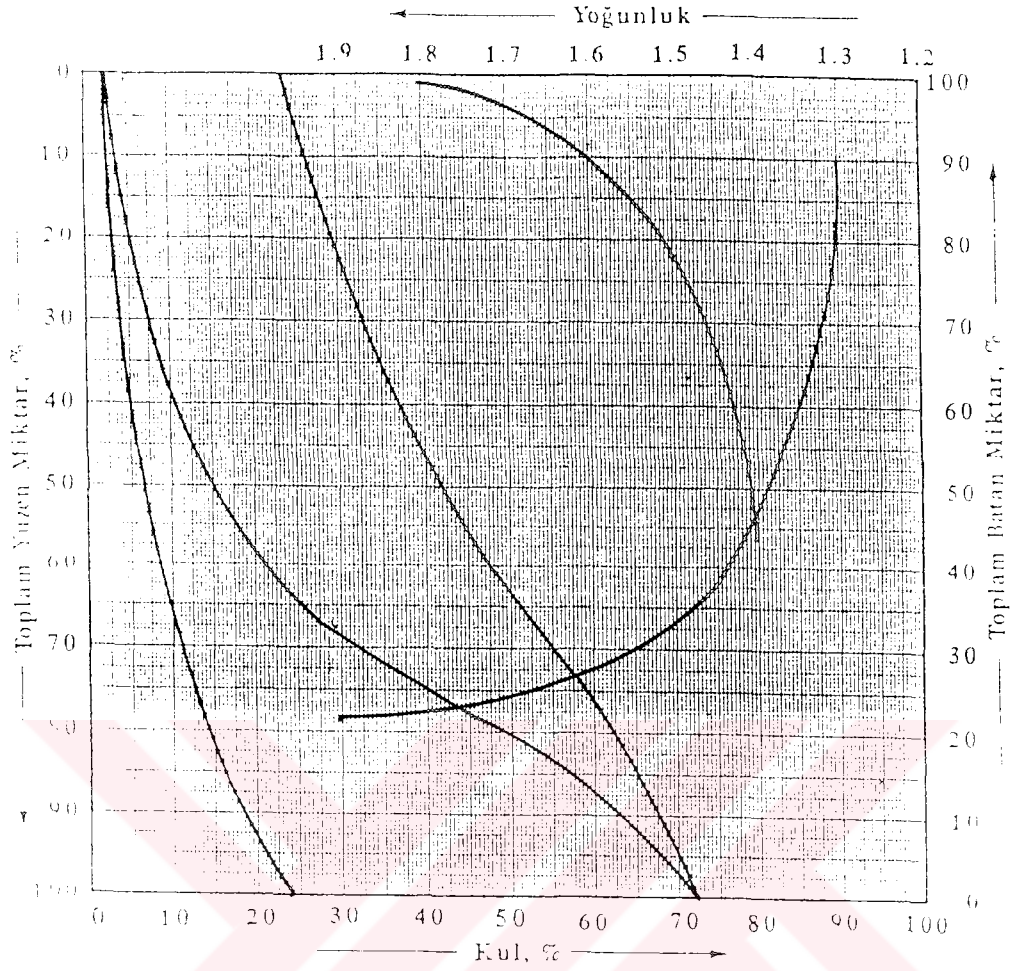
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen Malzeme			Toplamı Batan Malzeme		
	Miktar	Kül	M*K	Miktar	M*K	Kül	Miktar	M*K	Kül
	(%)	(%)		(%)		(%)	(%)		(%)
	-M-	-K-							
1.30	9.2	2.98	27.4	9.2	27.4	2.98	100.0	3267.3	32.67
1.35 - 1.45	38.1	12.67	494.2	47.3	521.6	11.03	90.8	3239.8	35.68
1.45 - 1.60	9.4	26.01	244.5	56.7	766.1	13.51	52.7	2745.7	52.10
1.60 - 1.75	4.6	35.11	162.0	61.6	938.1	15.23	43.3	2501.2	57.76
1.75 - 1.90	3.3	47.52	156.8	64.9	1094.9	16.87	38.4	2329.2	60.66
1.90	35.1	61.89	2172.3	100.0	3267.3	32.67	35.1	2172.3	61.89
TOPLAM	100.0	32.67	3267.3						

ŞEKİL: 6.41. Soma KÜMÜRÜNÜN -100 + 50 mm Boyut Grubu
Yüzüürme-Batırma Deneyi Sonuçları



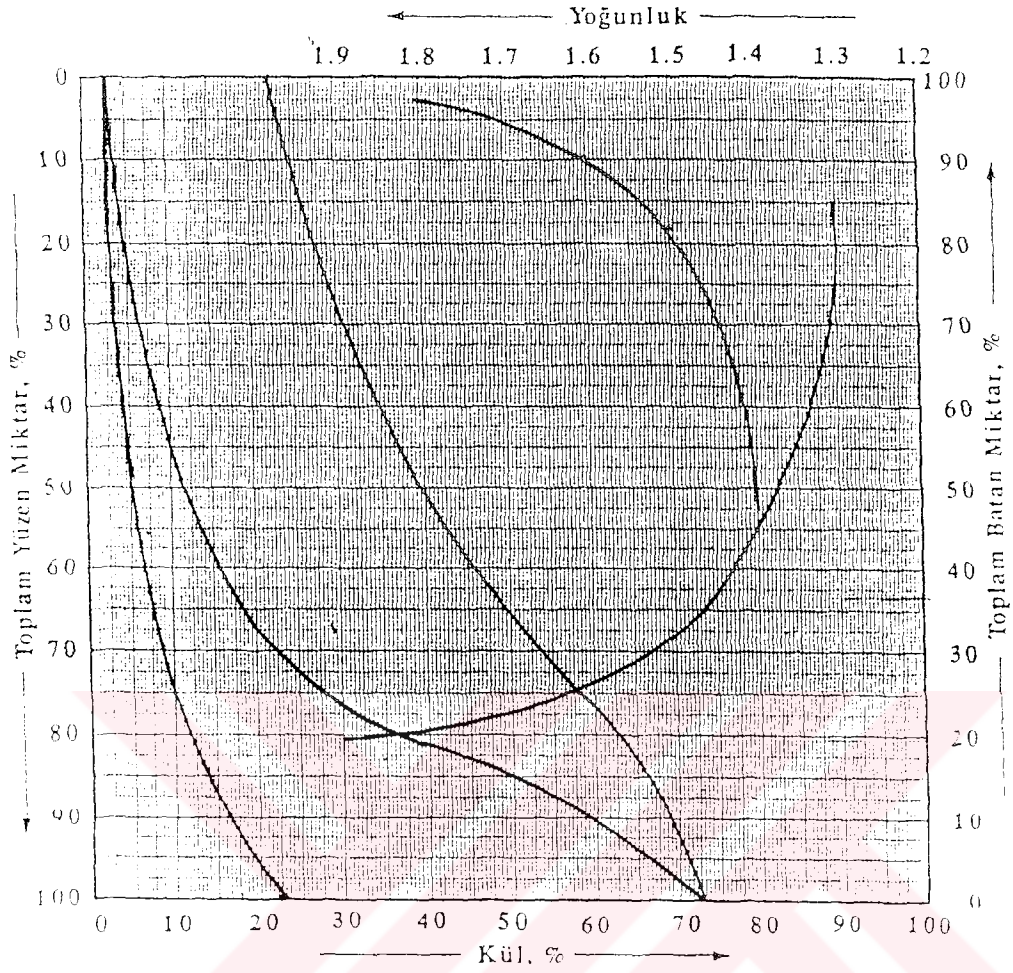
YOĞUNLUK ARALIĞI g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül
	-M-	-K-							
-1.30	24.8	2.54	63.0	24.8	63.0	2.54	100.0	2651.9	26.58
-1.40 -1.45	32.5	10.03	326.0	57.3	389.0	6.79	75.2	2594.0	34.51
-1.45 -1.50	5.9	25.67	151.5	63.2	540.4	8.55	42.7	2268.9	53.14
-1.50 -1.75	4.7	34.24	160.9	67.9	701.3	10.33	36.8	2117.5	57.54
-1.75 -1.90	2.1	45.26	95.0	70.0	796.4	11.38	32.1	1956.5	60.95
-1.90	30.0	62.05	1861.5	100.0	2657.9	26.58	33.0	1861.5	60.95
TOPLAM	100.0	26.58	2657.9						

ŞEKİL: 6.42. Soma Kömürünün -50+30 mm Boyut Grubu
Yüzölçüm-Batırma Deneyi Sonuçları



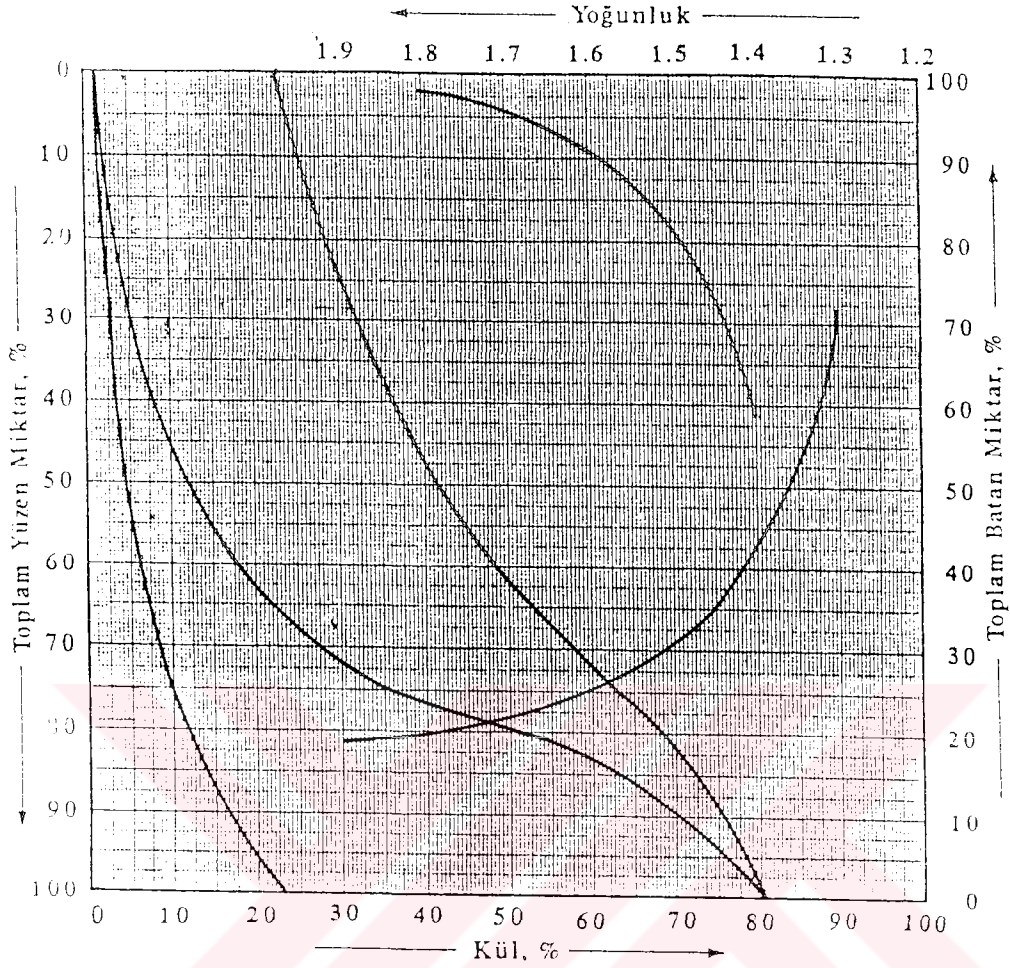
YOĞUNLUK ARALIĞI g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar	Kul	M*K	Miktar	M*K	Kul	Miktar	M*K	Kul
	(%)	(%)		(%)		(%)	(%)		(%)
	-M-	-K-							
-1.30	10.0	3.20	32.0	10.0	32.0	3.20	100.0	2396.9	23.97
-1.30 -1.45	51.1	9.52	486.5	61.1	518.5	8.49	90.0	2364.0	26.29
-1.45 -1.60	12.1	28.93	350.1	73.2	808.5	11.87	38.9	1878.5	48.29
-1.60 -1.75	3.3	33.68	111.1	76.5	979.7	12.81	26.8	1528.4	57.03
-1.75 -1.90	1.5	42.56	63.8	78.0	1043.5	13.38	23.5	1417.3	60.31
-1.90	22.0	61.52	1353.4	100.0	2396.9	23.97	22.0	1353.4	61.52
TOPLAM	100.0	23.97	2396.9						

ŞEHİR: 6.43. Soma Kömürünün -30+19 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



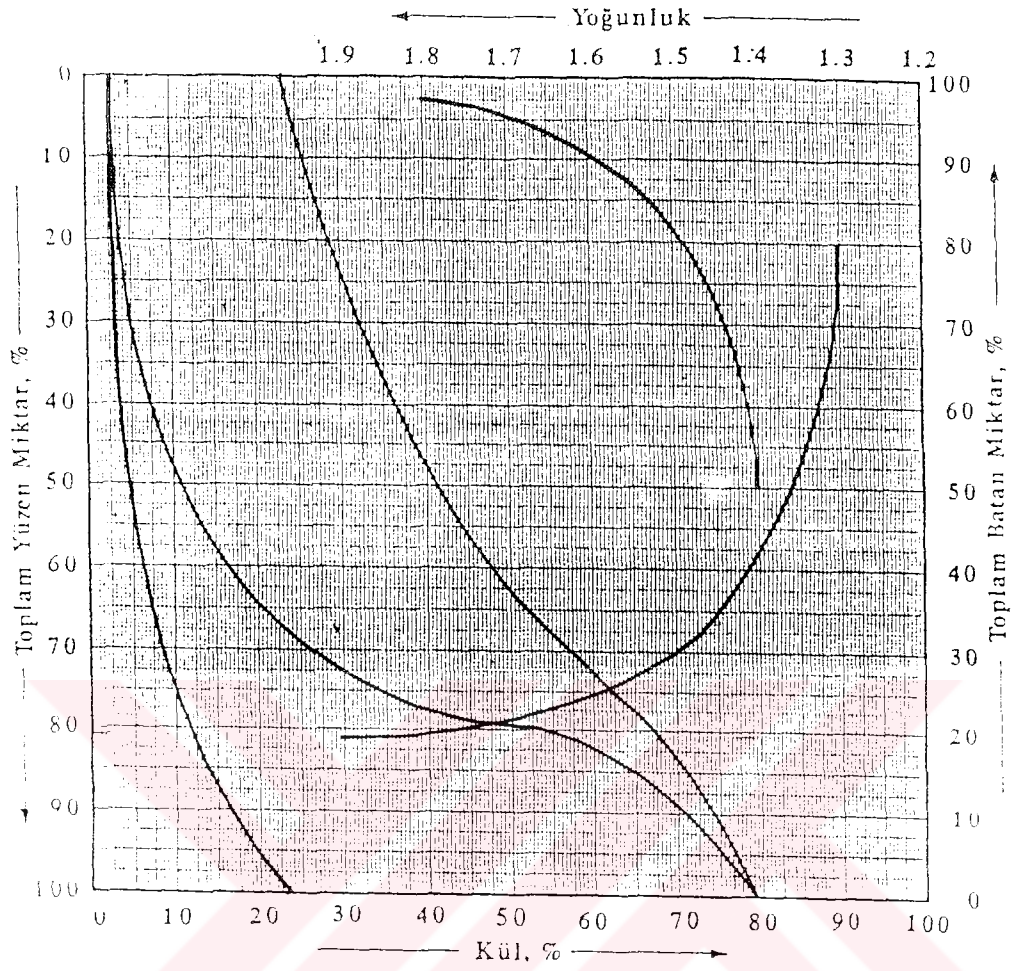
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	15.4	3.66	56.4	15.4	56.4	3.66	100.0	2235.4	22.35
-1.30 -1.45	48.5	8.86	429.7	63.9	486.1	7.61	84.6	2179.0	25.76
+1.45 -1.60	9.3	26.83	249.5	73.2	735.6	10.05	36.1	1749.3	48.46
+1.60 -1.75	5.4	32.45	175.2	78.6	910.8	11.59	26.8	1499.8	55.96
+1.75 -1.90	1.8	47.25	85.1	80.4	995.9	12.39	21.4	1324.6	61.90
-1.90	19.6	63.24	1239.5	100.0	2235.4	22.35	19.6	1239.5	63.24
TOPLAM	100.0	22.35	2235.4						

ŞEKİL: 6.44. Soma Kömürünün -19+10 mm Elyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



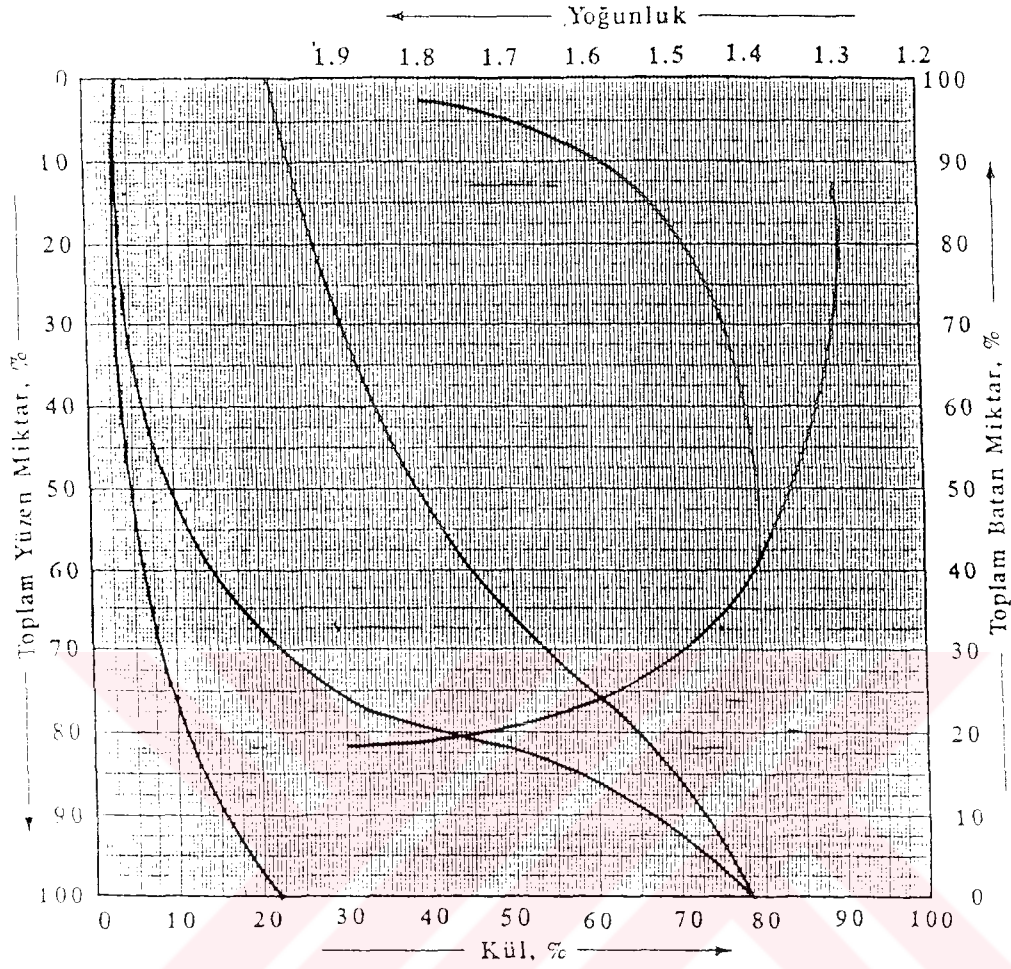
YOĞUNLUK ARALIĞI gr/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplamı Batan Malzeme		
	Miktar	Kül	M*K	Miktar	M*K	Kül	Miktar	M*K	Kül
	(%)	(%)		(%)			(%)		
	-M-	-K-							
-1.30	28.7	2.76	79.2	28.7	79.2	2.76	100.0	2300.4	23.00
-1.30 -1.45	36.7	9.75	357.8	65.4	437.0	6.68	71.3	2221.2	31.15
-1.45 -1.60	9.7	30.22	293.1	75.1	730.2	9.72	34.6	1863.3	53.85
-1.60 -1.75	3.9	36.48	142.3	79.0	872.4	11.04	24.9	1570.2	63.06
-1.75 -1.90	2.3	52.12	119.9	81.3	992.3	12.21	21.0	1427.9	68.00
-1.90	18.7	69.95	1308.1	100.0	2300.4	23.00	18.7	1308.1	69.95
TOPLAM	100.0	23.00	2300.4						

ŞEKİL: 6.45. Soma Kömürünün - 10+0 Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



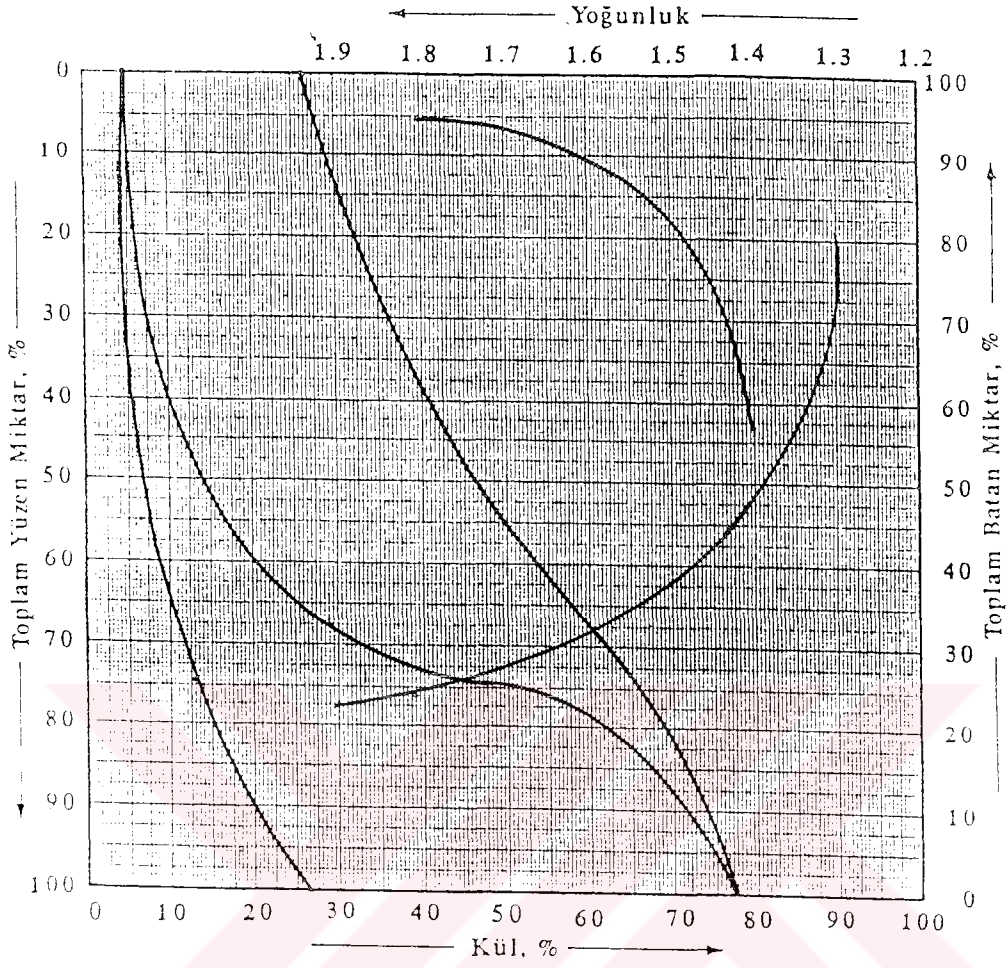
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.36	20.4	3.42	69.8	20.4	69.8	3.42	100.0	2306.3	23.06
-1.30 -1.45	46.1	9.46	436.1	66.5	505.9	7.61	79.6	2236.5	28.10
-1.45 -1.60	9.4	30.14	283.3	75.9	789.2	10.40	33.5	1800.4	53.74
-1.60 -1.75	2.8	36.02	100.9	78.7	890.0	11.31	24.1	1517.1	62.95
-1.75 -1.90	1.9	53.62	101.9	80.6	991.9	12.31	21.3	1416.2	66.49
-1.90	19.4	67.75	1314.4	100.0	2306.3	23.06	19.4	1314.4	67.75
TOPLAM	100.0	23.06	2306.3						

ŞEKİL: 6.46. Soma Kâsmürünün -6+3.36 mm Boyut Grubu
Yüzölçme-Batırma Deneyi Sonuçları



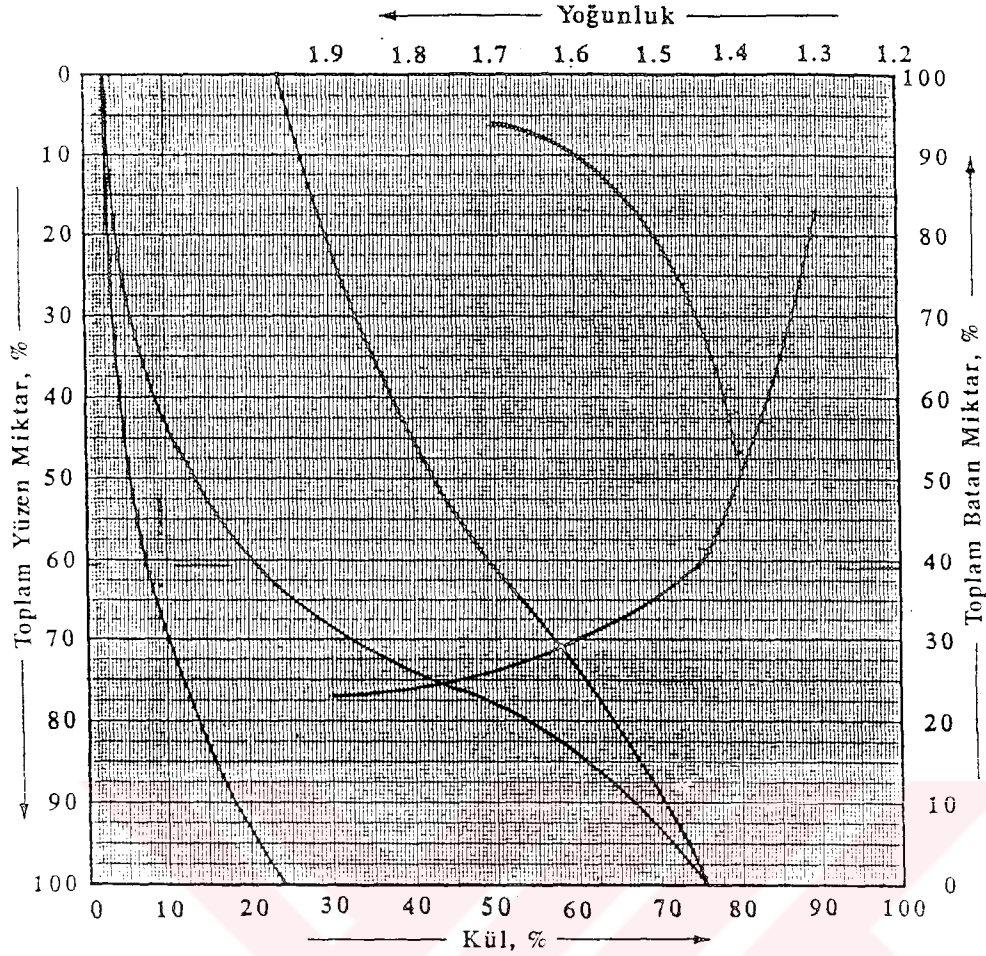
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar	Kül	M*K	Miktar	M*K	Kül	Miktar	M*K	Kül
	(%)	(%)		(%)		(%)	(%)		(%)
-1.30	13.6	3.34	45.4	13.6	45.4	3.34	100.0	2197.0	21.97
-1.30 -1.45	53.8	9.02	485.3	67.4	530.7	7.87	86.4	2151.6	24.90
-1.45 -1.60	8.8	26.66	234.6	76.2	765.3	10.04	32.6	1666.3	51.11
-1.60 -1.75	3.5	31.16	109.1	79.7	874.4	10.97	23.8	1431.7	60.15
-1.75 -1.90	2.0	49.26	98.5	81.7	972.9	11.91	20.3	1322.6	65.15
-1.90	18.3	66.89	1224.1	100.0	2197.0	21.97	18.3	1224.1	66.89
TOPLAM	100.0	21.97	2197.0						

ŞEKİL: 6.47. Soma Kömürünün -3.36+1mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	19.0	4.76	90.4	19.0	90.4	4.76	100.0	2675.9	26.76
-1.30 -1.45	39.2	9.89	387.7	58.2	478.1	8.22	81.0	2585.5	31.92
-1.45 -1.60	9.5	28.24	268.3	67.7	746.4	11.03	41.8	2197.8	52.58
-1.60 -1.75	6.3	33.56	211.4	74.0	957.8	12.94	32.3	1929.5	59.74
-1.75 -1.90	3.2	54.46	174.3	77.2	1132.1	14.66	26.0	1718.1	66.08
-1.90	22.8	67.71	1543.8	100.0	2675.9	26.76	22.8	1543.8	67.71
TOPLAM	100.0	26.76	2675.9						

ŞEKİL: 6.48. Soma Kömürünün -1+0.5 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



Yoğunluk Aralığı g/cm ³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma MxK}{\Sigma M}$
-1.30	16.9	3.08	52.1	16.9	52.1	3.08	100.0	2407.3	24.07
+1.30-1.45	44.2	9.32	411.9	61.1	464.0	7.59	83.1	2355.2	28.34
+1.45-1.60	9.0	27.32	245.9	70.1	709.9	10.13	38.9	1943.3	49.96
+1.60-1.75	4.7	33.23	156.2	74.8	866.1	11.58	29.9	1697.4	56.77
+1.75-1.90	1.8	45.55	82.0	76.6	948.0	12.38	25.2	1541.2	61.16
+1.90	23.4	62.36	1459.2	100.0	2407.3	24.07	23.4	1459.2	62.36
TOPLAM	100.0	24.07							

ŞEKİL: 6.49. Some Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubu Hesaben Birleştirilmiş Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları

6.3.4. Zonguldak Kömürü (Taş kömürü)

T.T.K. Genel Müdürlüğüne ait Zonguldak merkez lavvarına beslenen tuvenan kömürden alınan yaklaşık 2 tonluk kömür numunesi üzerinde stripa ile zenginleştirme deneyleri öncesinde numunenin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle kömürün yıkanabilme özellikleri saptanmıştır.

6.3.4.1. Kömürün Yapısal Özellikleri

Zonguldak kömürlerini karakterize edecek şekilde dış görünüşlerine göre seçilen kömür ve arakesmeli parçalardan 5 adet parlak ve ince kesit yapılmıştır.

Sert, koyu siyah ve parlak renkli bu kömürlerin renkleri, içerdikleri masşval gruplarına bağlı olarak değişmektedir.

Çeşitli kömür örneklerinin mikroskopik incelemeleri sonucunda, kesitlerde farklı masşval gruplarına değişik oranlarda rastlanmıştır.

Özellikle, siyah parlak renkli kömür bantlarının deformasyon sonucu yer yer kırıklı bir yapı kazandıkları ve bu bantların daha sonra kuvara tarafından çimentolandıkları gözlenmiştir (Şekil 6.50 ve 6.51). Ayrıca kömür içinde gelişen kırık ve çatlaklara bağlı olarak da kuvara izlenmektedir (Şekil 6.52).

Kömür damarları içerisinde bulunan siyah renkli arakesmelerin yapılan mikroskopik incelemeler sonucunda siltli kumtaşı oldukları saptanmıştır (Şekil 6.53).



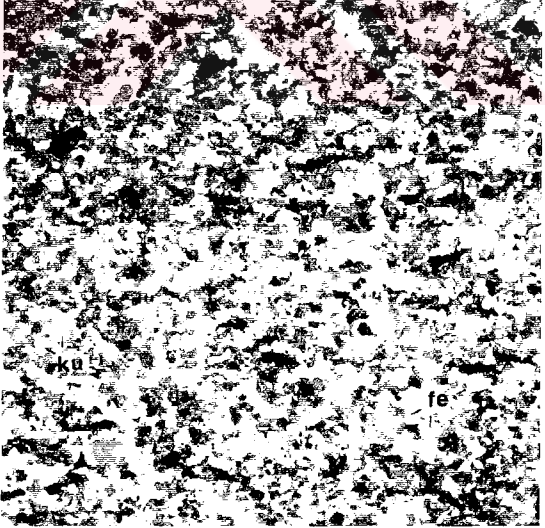
ŞEKİL: 6.50. Kataklastik yapı gösteren kömür bantları, kuvars (ku) ve pirit (pi) (1 cm= 50 µm)



ŞEKİL: 6.51. Kuvars (ku) ve kil grubu (ki) mineralleri ile çimentolanmış kömür bantları (1 cm= 50 µm)



ŞEKİL: 6.52. Kömür içindeki kırık ve çatlaklarda izlenen kuvars (ku) damarları (1 cm= 50 µm)



ŞEKİL: 6.53. Kömür damarında ara kesme olarak izlenen siltli kumtaşı: kuvars (ku) ve feldispat (fe) taneleri (1 cm= 100 µm)

6.3.4.2. Kömürün Fiziksel Özellikleri

Tamamı 100 mm altına kırılan Zonguldak kömür numunesi üzerinde boyut ve boyuta göre kül, kükürt dağılımları saptanmış ve sonuçlar Tablo 6.8'de verilmiştir. Tablo 6.6'da görüldüğü üzere çeşitli boyut aralıklarında kül içerikleri birbirine yakın olmakla birlikte, -10+1 mm boyut grubunun kül içeriği diğer boyut gruplarına oranla daha düşük olmaktadır. -10+1 mm boyut grubunun kül içeriği yaklaşık % 45 iken, -100+10 ve -1 mm boyut gruplarında kül içerikleri % 52-60 oranında olmaktadır. Ayrıca boyuta göre kükürt içeriğinde bir değişiklik görülmemektedir.

TABLO: 6.8. Zonguldak Kömür Numunesinin Boyut ve Boyuta Göre Kül ve Kükürt Dağılımı Sonuçları

Boyut Aralığı (mm)	Miktar %	Kül %	Kükürt %	Yanabilir Verim %
-100 + 50	22.9	59.29	0.84	20.80
- 50 + 30	15.8	60.07	1.08	14.00
- 30 + 19	12.0	58.22	0.55	11.20
- 19 + 10	12.8	55.53	0.57	12.70
- 10 + 6	5.2	48.86	0.50	5.90
- 6 + 3.36	4.6	43.48	0.55	5.80
- 3.36 + 1	11.1	44.58	1.03	13.70
- 1 + 0.5	5.7	51.19	0.69	6.20
- 0.5 +0.1	4.4	53.48	0.70	4.60
- 0.1	5.5	57.50	0.88	5.20
T O P L A M	100.0	55.08	0.79	100.00

6.3.4.3. Zonguldak Kömürünün Kimyasal Özellikleri

Deneyssel çalışmalara esas teşkil eden Zonguldak Merkez lavarına beslenen kömürden alınan numunenin öncelikle standart analizleri yapılmış ve sonuçlar 6.9'da verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi tuvanan kömür numunesi kuru bazda % 55.08 kül, % 0.79 toplam kükürt içermekte ve üst ısı değeri 2985 Kcal/kg olmaktadır.

TABLO: 6.9. Zonguldak Kömürünün Standart Analiz Sonuçları

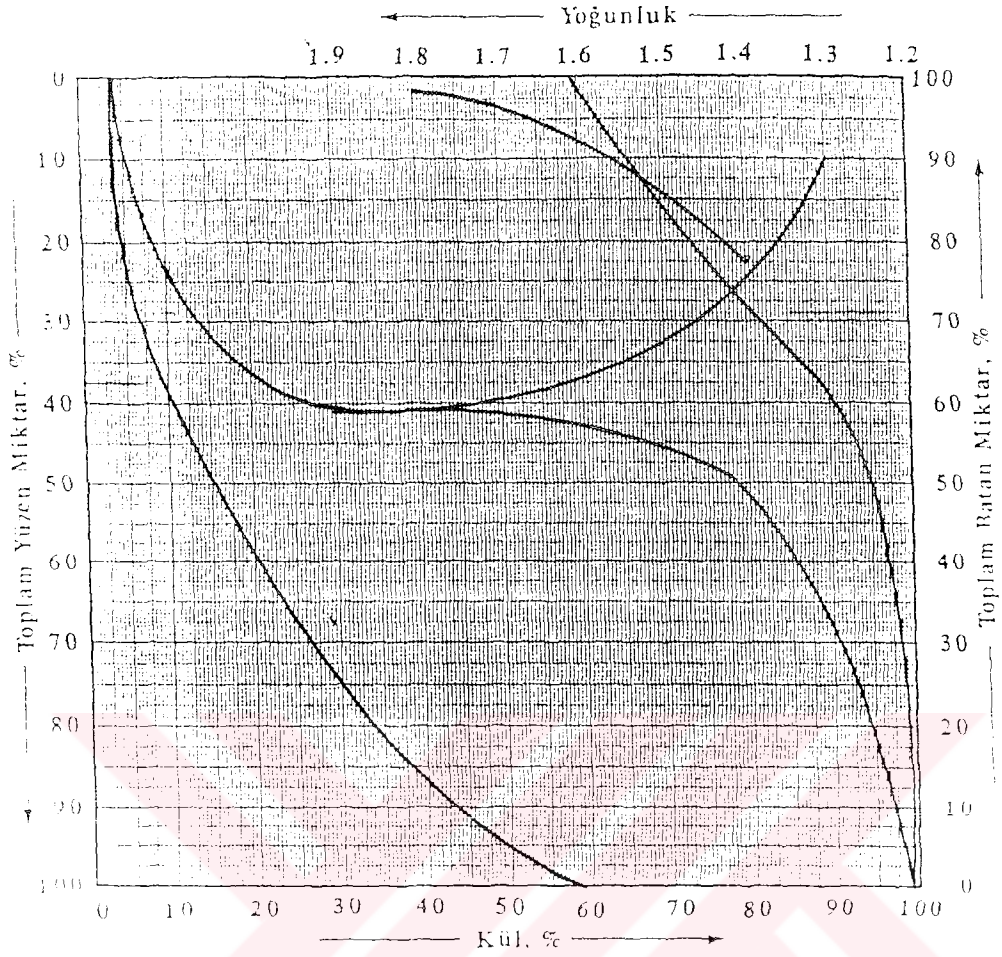
Eleman	Orijinal Kömür	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür
Nem, %	3.16	2.06	---
Kül, %	53.34	53.95	55.08
Uçucu Madde, %	16.11	16.30	16.64
Sabit Karbon, %	27.39	27.69	28.28
Toplam Kükürt, %	0.76	0.77	0.79
Alt Isıl D., Kcal/Kg	2714	2754	2827
Üst Isıl D., Kcal/Kg	2891	2924	2985

6.3.4.4. Zonguldak Kömürünün Yıkanabilme Özellikleri

Tamamı 100 mm altına kırılan Zonguldak kömür numunesinin -100+50, -50+30, -30+19, -19+10, -10+6, -6+3.35, -3.35+1 ve -1+0.5 mm boyut gruplarında yüzdürme-batırma deneyleri yapılmış ve bu deneylere ait sonuçlar Şekil 6.54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 ve 61'de yüzdürme-batırma eğrileri halinde sunulmuştur. Şekillerden görüldüğü gibi Zonguldak kömüründen 1.45 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda bir temiz kömür elde edilebilmektedir.

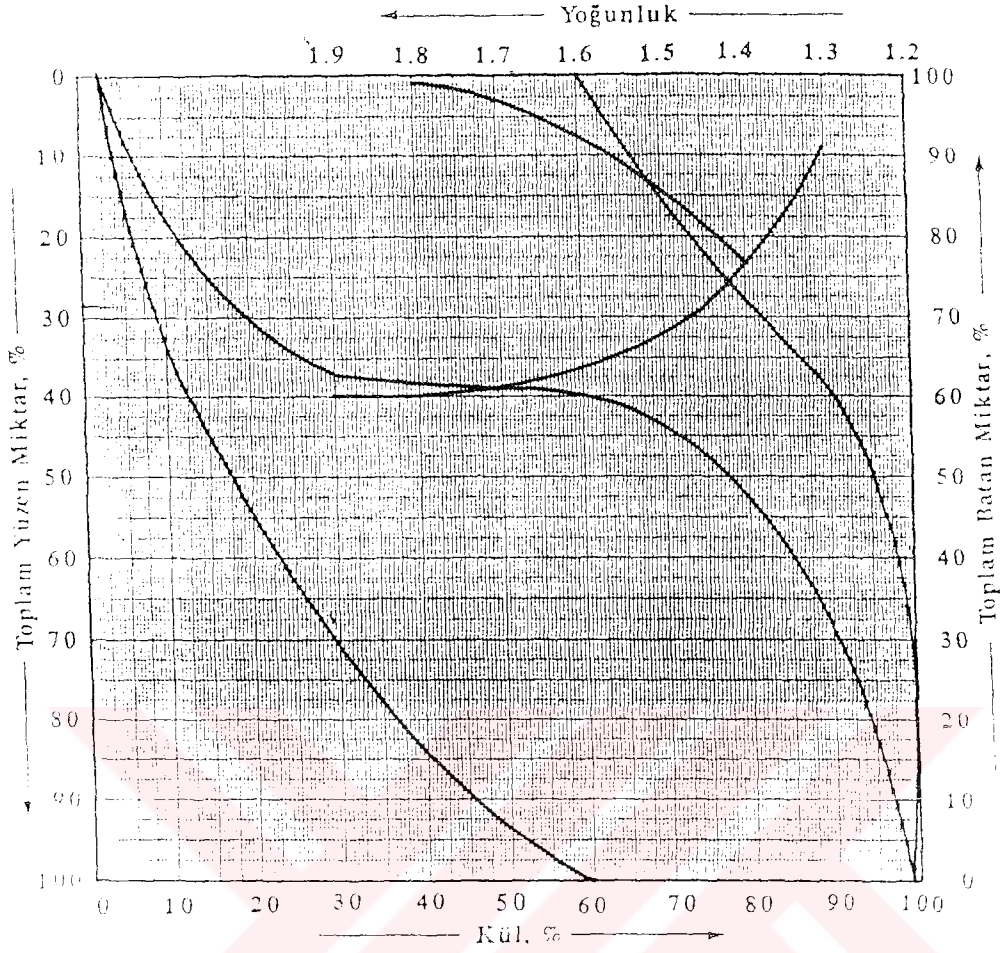
1.45 gr/cm³ yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda alınacak temiz kömürlerin kül içerikleri % 7-8 civarında olmaktadır. Ayrıca Zonguldak taşkömürünün -50+10 mm boyut grubu hesaben birleştirilmiş yüzdürme-batırma sonuçları da Şekil 6.62'de verilmiştir.





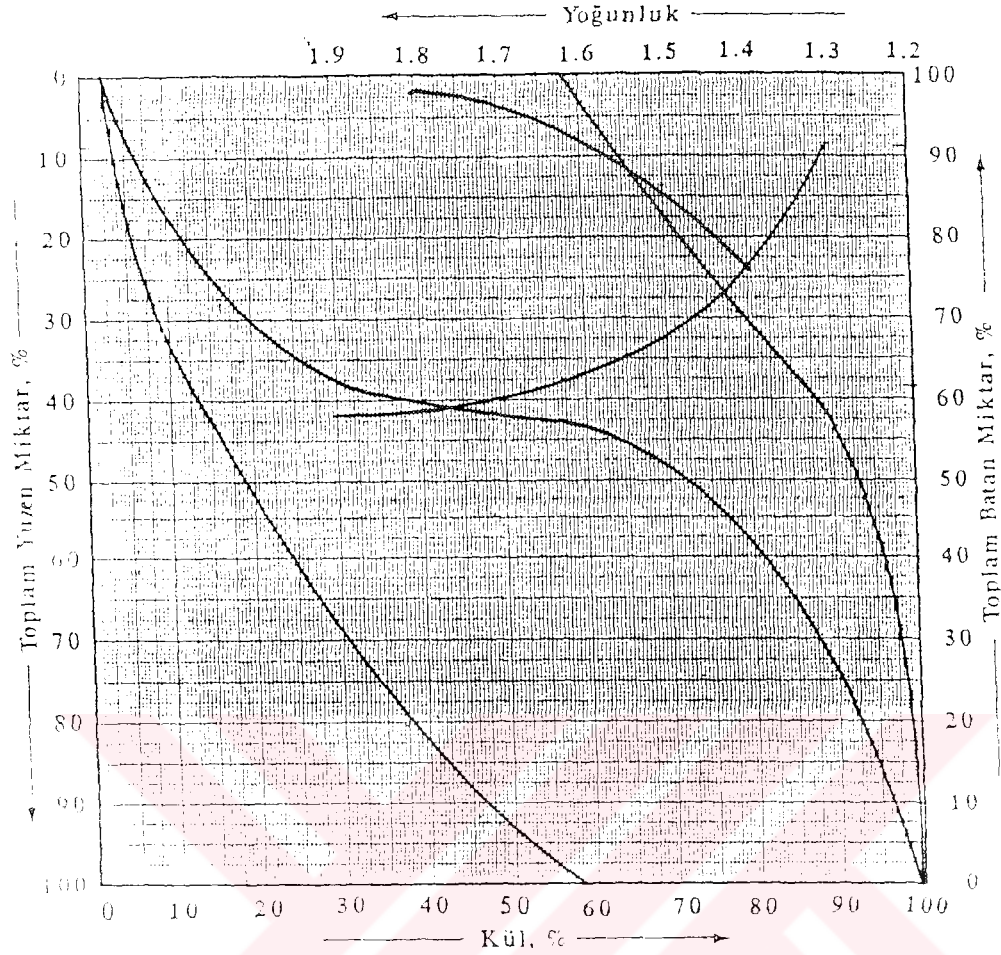
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yuzeu Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar	Kül	M*K	Miktar	M*K	Kül	Miktar	M*K	Kül
	(%)	(%)		(%)			(%)		
-1.30	9.9	4.01	39.7	9.9	39.7	4.01	100.0	5929.4	59.29
+1.30 -1.45	19.0	7.89	149.9	28.9	189.6	6.56	90.1	5889.7	65.37
+1.45 -1.60	8.8	18.80	165.4	37.7	355.0	9.42	71.1	5739.8	80.73
+1.60 -1.75	1.8	23.14	41.7	39.5	396.7	10.04	62.3	5574.4	89.48
+1.75 -1.90	0.9	43.12	38.8	40.4	435.5	10.78	60.5	5532.7	91.45
+1.90	59.6	92.18	5493.9	100.0	5929.4	59.29	59.6	5493.9	92.18
TOPLAM	100.0	59.29	5929.4						

ŞEKİL: 6.54. Zonguldak Kömürünün -100+50 mm Boyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



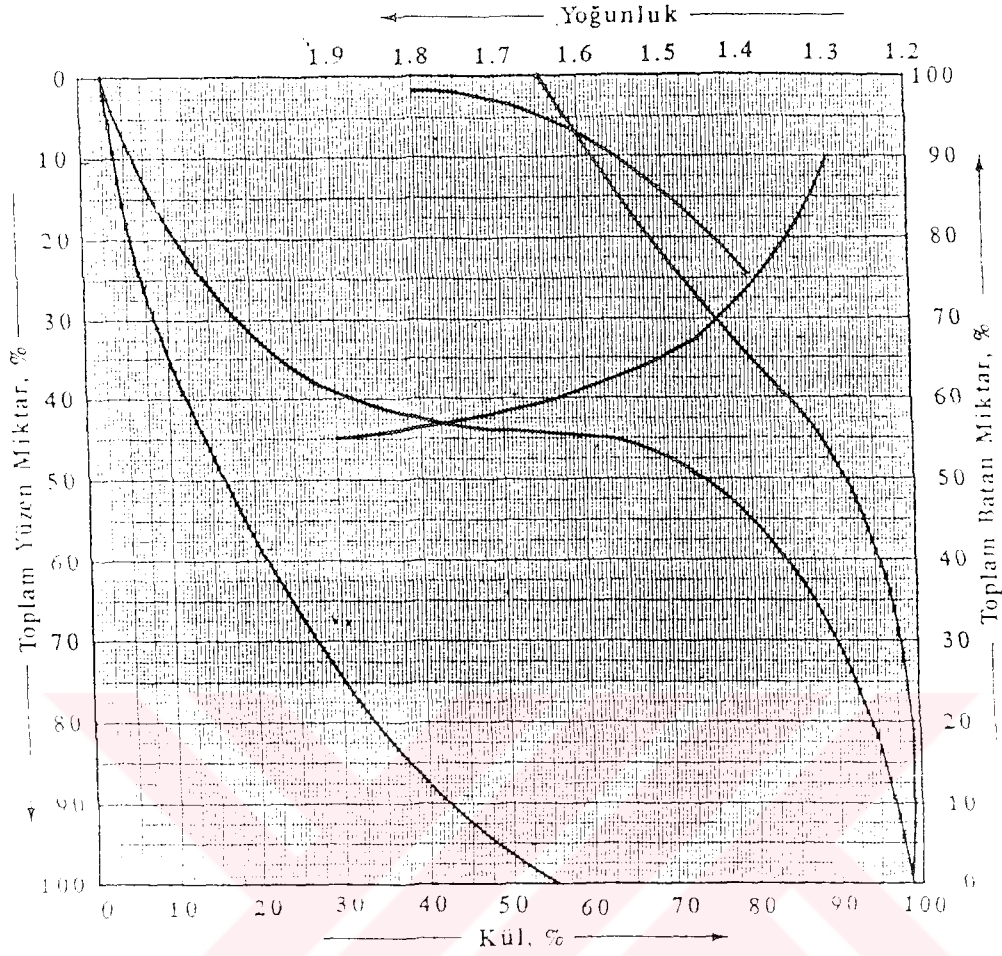
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	9.3	4.19	39.0	9.3	39.0	4.19	100.0	6007.4	60.07
+1.30 -1.45	19.1	10.64	203.2	28.4	242.2	8.53	90.7	5968.4	65.80
-1.45 -1.60	8.4	20.26	170.2	36.8	412.4	11.21	71.6	5765.2	80.52
-1.60 -1.75	2.1	30.12	63.3	38.9	475.6	12.23	63.2	5595.0	88.53
-1.75 -1.90	0.8	49.53	39.6	39.7	515.3	12.98	61.1	5531.7	90.54
-1.90	60.3	91.08	5492.1	100.0	6007.4	60.07	60.3	5492.1	91.08
TOPLAM	100.0	60.07	6007.4						

ŞEKİL: 6.55. Zonguldak Kömürünün -50+30 mm Boyut Grub-
Yüzölçme-Batırma Deneyi Sonuçları



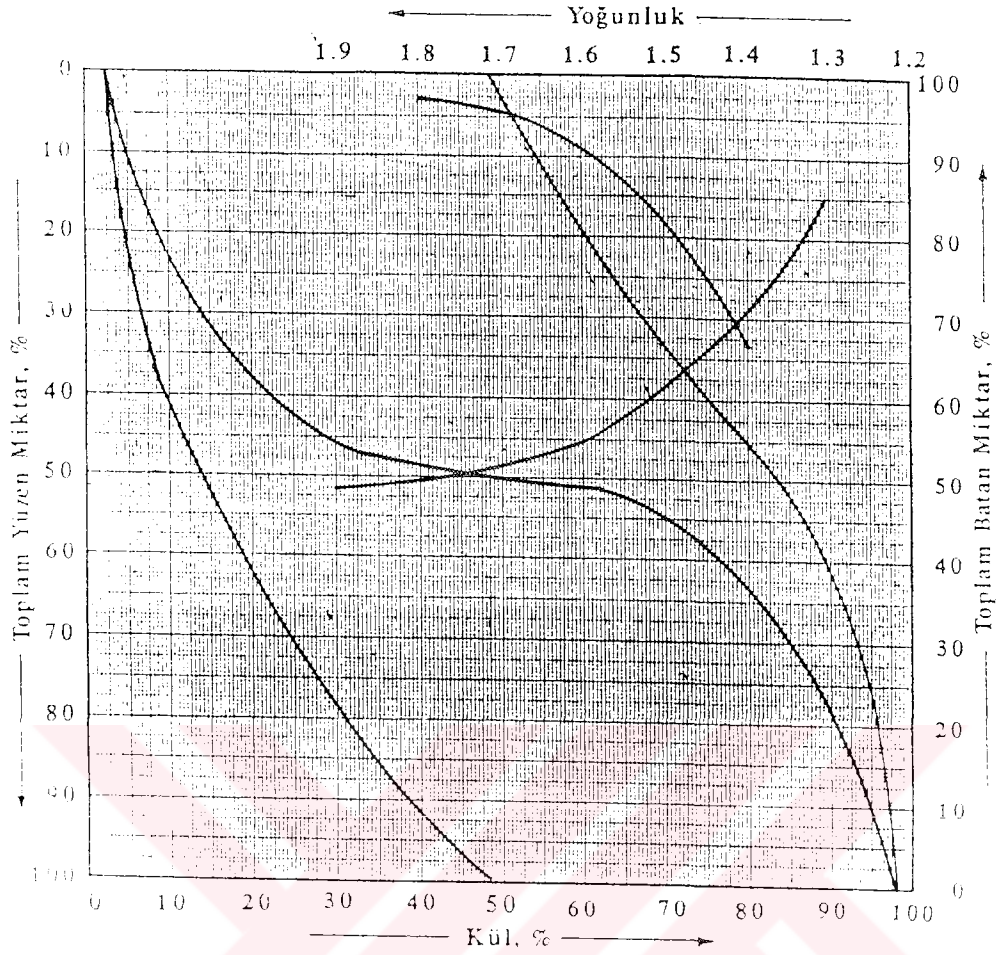
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	8.4	3.96	33.3	8.4	33.3	3.96	100.0	5821.8	58.22
+1.30 -1.45	20.8	9.68	201.3	29.2	234.6	8.03	91.6	5788.5	63.19
+1.45 -1.60	9.0	26.36	237.2	38.2	471.8	12.35	70.8	5587.2	78.91
-1.60 -1.75	2.3	33.75	77.6	40.5	549.5	13.57	61.8	5349.9	86.57
+1.75 -1.90	1.1	45.62	50.2	41.6	599.7	14.41	59.5	5272.3	88.61
+1.90	58.4	89.42	5222.1	100.0	5821.8	58.22	58.4	5222.1	89.42
TOPLAM	100.0	58.22	5821.8						

ŞEHİR: S.Ş. Zonguldak Kömürünün -33+19 no Boyut Grubu
Yüzürme-Batırma Deneyi Sonuçları



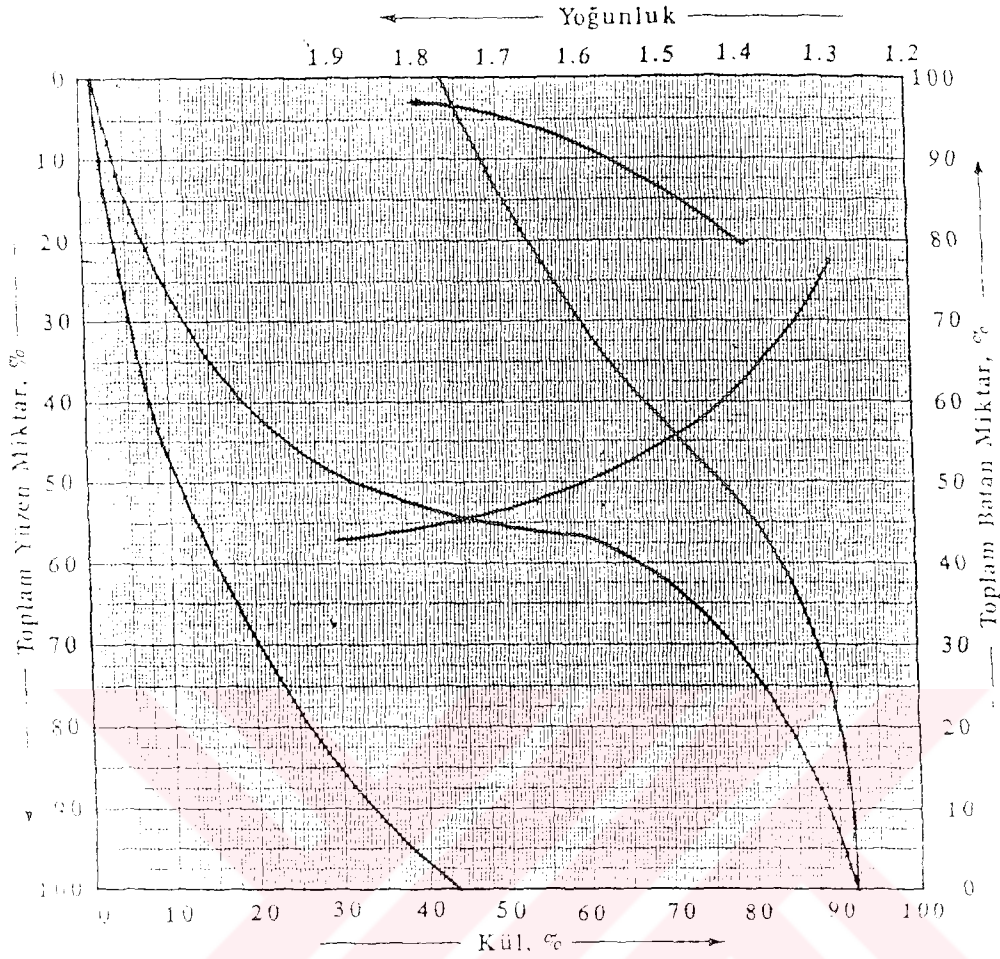
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
1.30	10.6	4.03	42.7	10.6	42.7	4.03	100.0	5552.8	53
-1.30 -1.45	21.2	10.86	230.2	31.8	273.0	8.58	89.4	5510.1	53
+1.45 -1.60	8.2	23.93	196.2	40.0	469.2	11.73	68.2	5279.9	77.42
-1.60 -1.75	2.8	35.12	98.3	42.8	567.5	13.26	60.0	5083.7	84.73
+1.75 -1.90	1.8	48.25	86.9	44.6	654.4	14.67	57.2	4985.3	87.16
+1.90	55.4	88.42	4898.5	100.0	5552.8	55.53	55.4	4898.5	88.42
TOPLAM	100.0	55.53	5552.8						

ŞEKİL: 6.57. Zonguldak Kömürünün -15+10 mm Boyut Grubu
Yüzölçüm-Batırma Deneyi Sonuçları



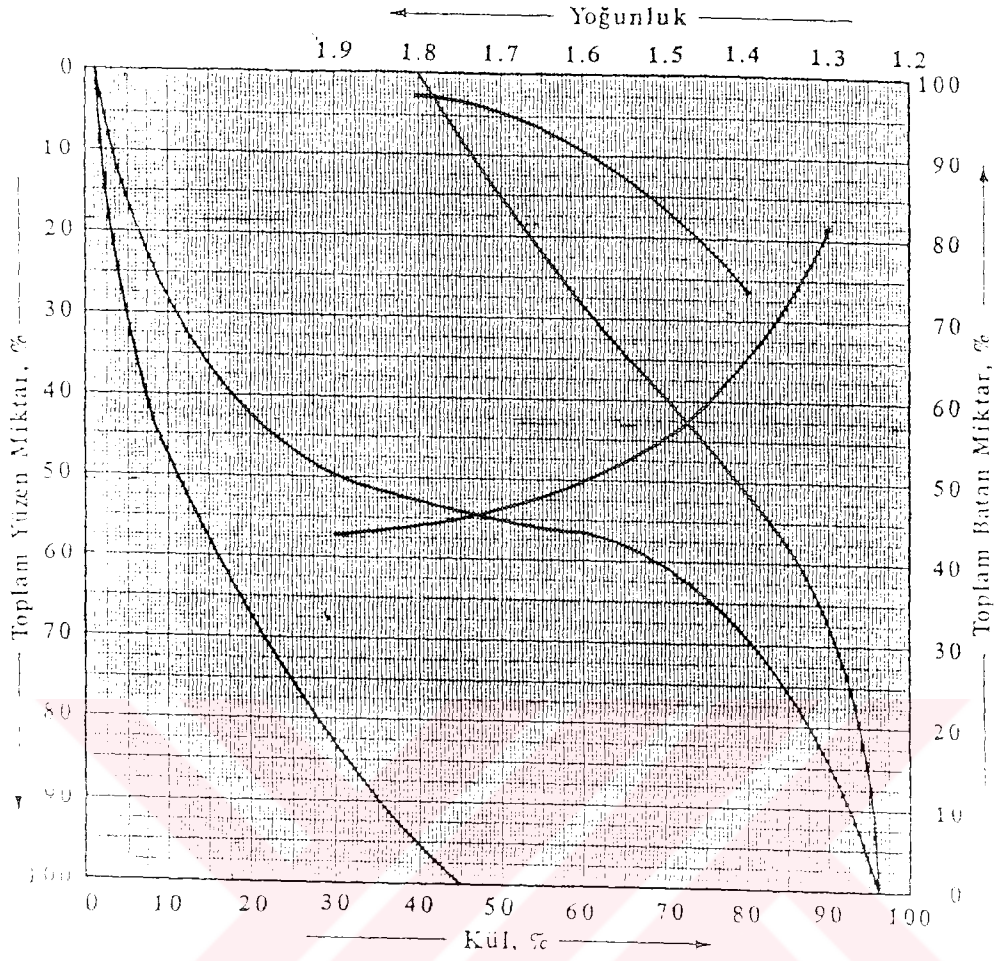
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	15.4	4.15	63.9	15.4	63.9	4.15	100.0	4885.7	48.86
-1.30 -1.45	21.2	10.79	228.7	36.6	292.7	8.00	84.6	4821.8	57.00
-1.45 -1.60	9.0	26.54	238.9	45.6	531.5	11.66	63.4	4593.1	72.45
-1.60 -1.75	3.7	32.61	120.7	49.3	652.2	13.23	54.4	4354.2	80.04
-1.75 -1.90	2.0	53.12	106.2	51.3	758.4	14.78	50.7	4233.6	83.50
-1.90	48.7	84.75	4127.3	100.0	4885.7	48.86	48.7	4127.3	84.75
TOPLAM	100.0	48.86	4885.7						

ŞEHİR: 6.58. Zonguldak Kömürünün -10+6 Soyut Grubu
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



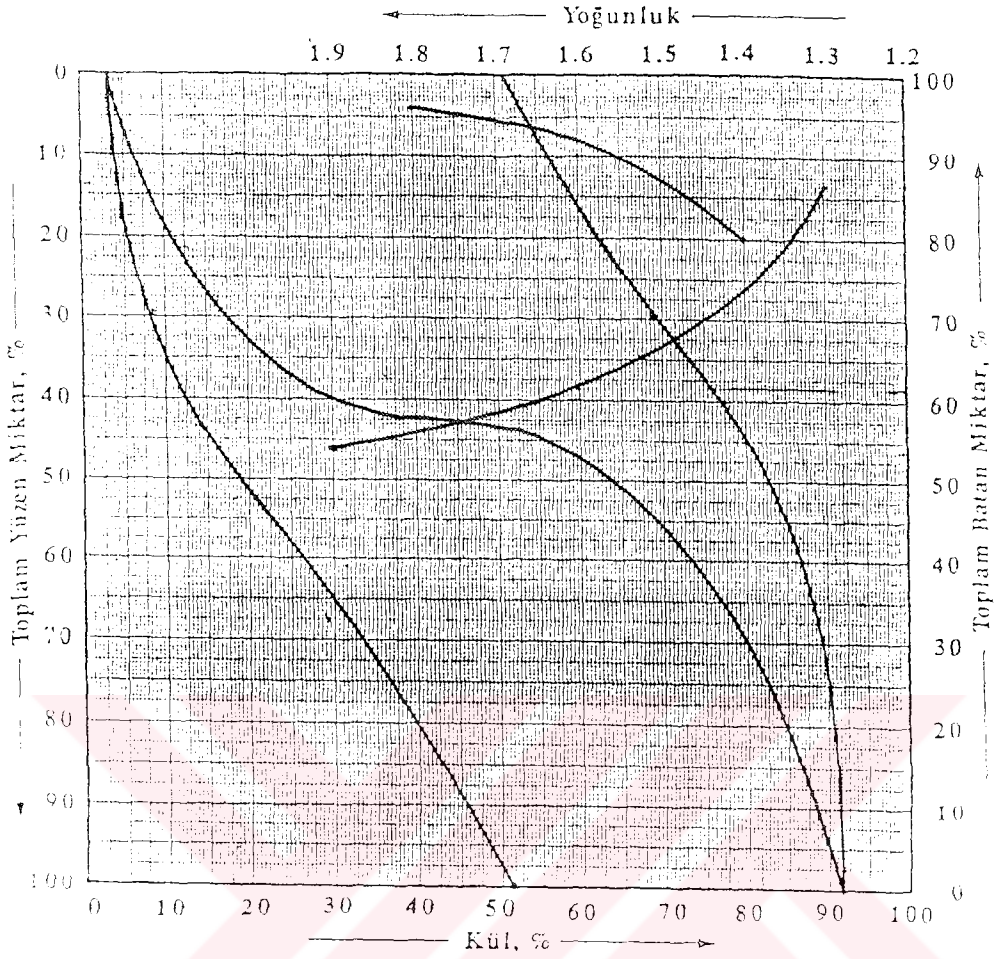
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	22.2	3.96	87.9	22.2	87.9	3.96	100.0	4347.8	43.48
+1.30 -1.45	19.4	11.47	222.5	41.6	310.4	7.46	77.8	4259.9	54.75
-1.45 -1.60	8.8	26.85	236.3	50.4	546.7	10.85	58.4	4037.4	69.13
-1.60 -1.75	4.0	35.41	141.6	54.4	688.4	12.65	49.6	3801.1	76.63
-1.75 -1.90	2.3	58.62	134.8	56.7	823.2	14.52	45.6	3659.4	80.25
-1.90	43.3	81.40	3524.6	100.0	4347.8	43.48	43.3	3524.6	81.40
TOPLAM	100.0	43.48	4347.8						

ŞEKİL: 6.89. Zongundak kömürünün -6+3.35 Boyutlu Çubuk
Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



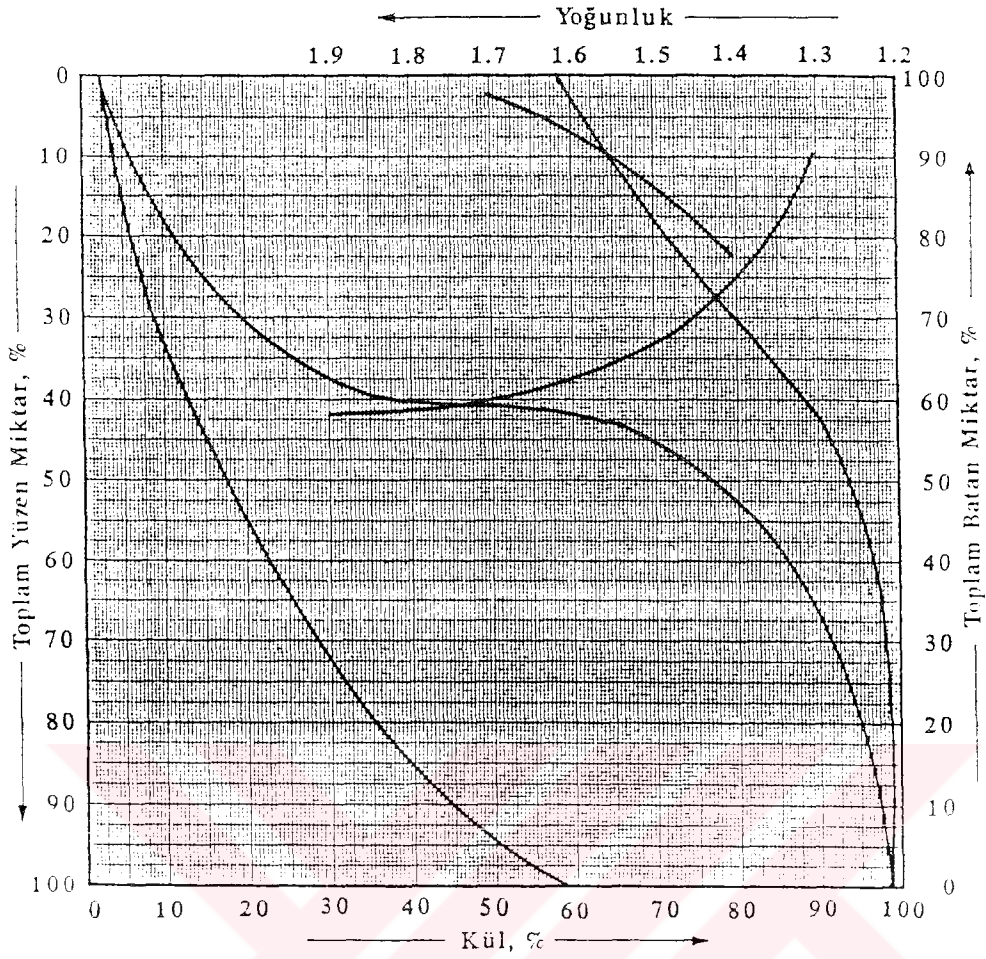
YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	18.6	2.65	49.3	18.6	49.3	2.65	100.0	4457.6	44.58
+1.30 -1.45	24.5	11.98	293.5	43.1	342.8	7.95	81.4	4408.4	54.16
+1.45 -1.60	7.5	26.44	198.3	50.6	541.1	10.69	56.9	4114.8	72.32
+1.60 -1.75	3.8	36.02	136.9	54.4	678.0	12.46	49.4	3916.5	79.28
+1.75 -1.90	2.6	57.21	148.7	57.0	826.7	14.50	45.6	3779.7	82.89
+1.90	43.0	84.44	3630.9	100.0	4457.6	44.58	43.0	3630.9	84.44
TOPLAM	100.0	44.58	4457.6						

ŞEKİL: 5.80. Zonguldak kömürünün -3.36+1 mm Boyut
Gruplu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları.



YOĞUNLUK ARALIĞI (gr/cm ³)	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen Malzeme			Toplam Batan Malzeme		
	Miktar (%)	Kül (%)	M*K	Miktar (%)	M*K	Kül (%)	Miktar (%)	M*K	Kül (%)
	-M-	-K-							
-1.30	13.7	3.99	54.7	13.7	54.7	3.99	100.0	5118.9	51.19
-1.30 -1.45	15.8	12.69	200.5	29.5	255.2	8.65	86.3	5064.2	58.68
+1.45 -1.60	9.2	21.31	196.1	38.7	451.2	11.66	70.5	4863.7	68.99
-1.60 -1.75	4.9	32.42	158.9	43.6	610.1	13.99	61.3	4667.6	76.14
+1.75 -1.90	2.9	55.46	160.8	46.5	770.9	16.58	56.4	4508.8	79.94
+1.90	53.5	81.27	4347.9	100.0	5118.9	51.19	53.5	4347.9	81.27
TOPLAM	100.0	51.19	5118.9						

ŞEKİL: 5.51. Zonguldak Kömürünün -1- 06mm Boyutunu Yüzdürme-Batırma Deneyi Sonuçları



Yoğunluk Aralığı g/cm³	Yoğunluk Aralığındaki Malzeme			Toplam Yüzen			Toplam Batan		
	Miktar %	Kül %	MxK	Miktar %	ΣMxK	Kül %	Miktar %	ΣMxK	Kül %
	- M -	- K -		ΣM		$\frac{\Sigma M \times K}{\Sigma M}$	ΣM		$\frac{\Sigma M \times K}{\Sigma M}$
-1.30	9.4	4.07	38.3	9.4	38.3	4.07	100.0	5810.1	58.10
-1.30-1.45	20.3	10.42	211.5	29.7	249.8	8.41	90.6	5771.9	63.71
-1.45-1.60	8.5	23.28	197.9	38.2	477.7	11.72	70.3	5560.3	79.29
-1.60-1.75	2.4	33.01	79.2	40.6	526.9	12.98	61.8	5362.4	86.77
-1.75-1.90	1.2	47.87	57.4	41.8	584.3	13.98	59.4	5283.2	88.94
+1.90	58.1	89.79	5225.8	100.0	5810.1	58.10	58.2	5225.8	89.79
TOPLAM	100.0	58.10							

ŞERH: 6.52. Zonguldak Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubu
Hesaben Birleştirilmiş Yüzdürme-Betirme
Deneyi Sonuçları

6.4. Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirme Deneyleri

Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deneylerinde Keles, Saray ve Soma bölgelerinden alınan linyit ve Zonguldak taşkömürü numuneleri kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerde aynı sistematik deneyler gerçekleştirilmiştir. Ağır ortamı elde etmek için 5 gr/cm^3 özgül ağırlıklı, tamamı 75 μm altına öğütülmüş olan manyetit kullanılmıştır.

6.4.1. Keles Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi

6.4.1.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi

Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmede sonucu etkileyen en önemli parametrelerden biri olan ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisi incelenirken aşağıdaki koşullar sabit tutulmuştur:

Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dk
Besleme miktarı : 40 lt/dk
Derinlik : 15 mm
Hız : 370 dev/dak

Ayırma plakası yüksekliği:

50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)

30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)

20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Keles kömürünün zenginleştirilmesi amacıyla ortam yoğunlukları 1 gr/cm^3 (su ile ayırma), 1.30 gr/cm^3 ve 1.45 gr/cm^3 'e ayarlanmış; değişik boyut gruplarında nazırlanan numuneler ayrı ayrı stripa aygıtına beslenerek çeşitli ürünler alınmıştır. Tablo 6.10'da 1 gr/cm^3 6.11'de 1.30 gr/cm^3 , 6.12'de ise 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları sunulmuştur.

TAEL0: 6.10. 1.9gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan
Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	40.8	16.47	45.9
	Araürün	42.6	24.41	43.4
	Artık	16.6	52.24	10.7
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	40.2	17.06	46.3
	Araürün	38.9	28.10	38.8
	Artık	20.9	48.43	14.9
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	36.6	18.79	40.4
	Araürün	35.6	23.42	37.0
	Artık	27.8	40.16	22.6
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştiri- lmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	38.6	17.48	43.5
	Araürün	39.2	25.10	40.0
	Artık	22.2	45.38	16.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda sadece ağır ortam konisinden beslenen su ve stripa aygıtına alttan verilen kalcırma suyu aracılığıyla ayırma yapılmıştır. Tablo 6.10'da görüldüğü üzere, -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10 mm boyut gruplarının ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesi durumunda bu boyut gruplarının hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, -50+10 mm boyut grubunda, girenin % 38.6'sı oranında % 17.48 kül içeren bir temiz kömürün % 43.5 yanabilir verimle elde edilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca girenin % 22.2'si oranında % 45.38 küllü bir artık % 16.5 yanabilir verimle atılabilmektedir.

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğu elde etmek için 5 gr/cm³ özgül ağırlıklı manyetit kullanılmıştır. Çok ince öğütülmüş (tamamı 75 µm altı) manyetit in suaki süspansiyonuyla ağır ortam oluşturulmuştur. 100 kg manyetit 200 lt su ile karıştırılarak 1:30 pülte katı oranı elde edilmiş ve ağır ortam konisinde bu ağır ortam malzemesi biriktirilmiştir. Bu durumda süspansiyon yoğunluğu 1.30 gr/cm³ olarak ölçülmüş ve deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmuştur. Tablo 6.11 de Keles kömürünün -50+30 mm, -30+19 mm, -19+10 mm boyut gruplarının 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zenginleştirilmesi durumunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarından görüleceği üzere, girenin % 52.2'si oranında bir temiz kömür % 14.37 kül içeriği ve % 60.6 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 18.3 yanabilir verimi % 9.5 ve kül içeriği % 61.92 olmaktadır.

TABLO: 6.11. 1.35 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	56.4	13.46	65.8
	Araürün	30.0	26.91	29.5
	Artık	13.6	74.46	4.7
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	53.7	14.12	64.0
	Araürün	28.6	27.09	28.9
	Artık	17.7	71.07	7.1
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	47.4	16.95	53.5
	Araürün	30.0	23.82	31.0
	Artık	22.6	49.56	15.5
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiştir Sonuçlar)	Temiz Kömür	52.2	14.37	60.9
	Araürün	29.5	26.53	29.6
	Artık	18.3	61.92	9.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

Keles kömürünün zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisini incelemek amacıyla yapılan bir diğer deney ise 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir. Bu ortam yoğunluğunu elde etmek için 100 kg manyetit 150 lt su ile karıştırılarak ağır ortam konisinde biriktirilmiştir. Bu süspansiyonun yoğunluğu 1.45 gr/cm^3 olarak ölçülmüştür. Deneyisel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmaya çalışılmıştır. -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10 mm boyut gruplarında hazırlanan Keles bölgesi kömür numunesi ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtında 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda zenginleştirmeye tabi tutulmuş ve bu deney- sel çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 6.12'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi -50+10 mm boyut grubunun nesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 69.1'i oranında, % 19.46 külü bir temiz kömür % 75.8 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Yineye- den elde edilen artığın miktarı % 11.4 külü ise % 68.93 ve yanabilir verimi % 4.8 olmaktadır.

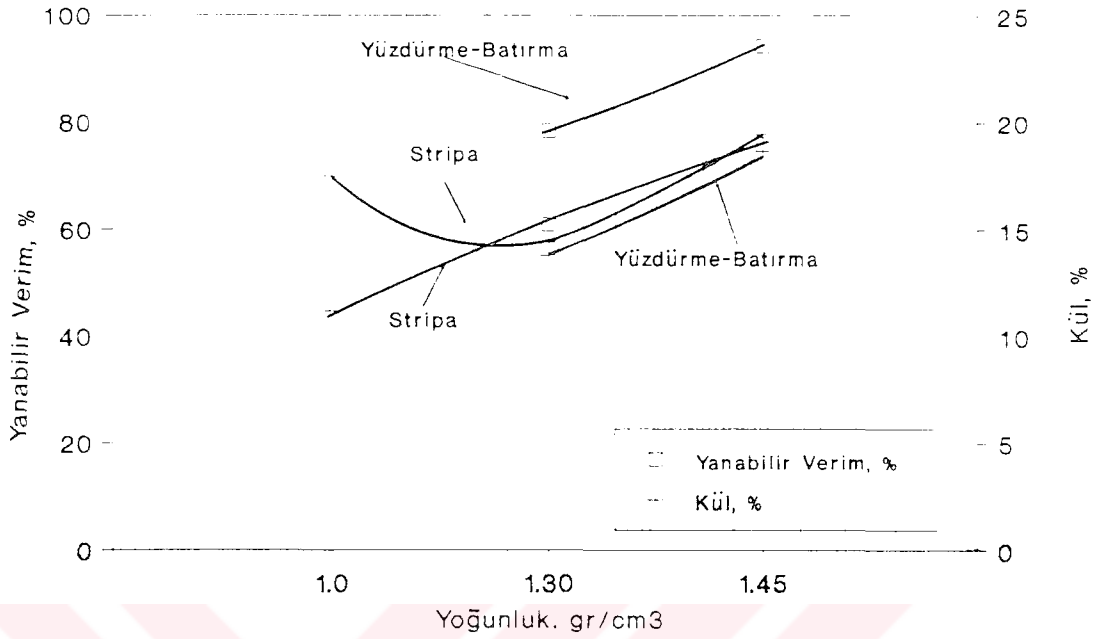
Keles kömürünün stripa ağır ortama aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya olan etkisinin incelendiği deneyler sonucunda kömürün ayırma ortamı olarak sadece suyun kullanıldığı (1 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda) durumda bile zenginleştirilebildiği anlaşılmıştır. Bunun nedeni ise gerek alttan verilen kaldırma suyunun ortamın görünür yoğunluğunu arttırması, gerekse özgül ağırlığı yüksek olan şistlerin teknenin alt kısmında, düşük olan temiz kömürün ise üst kısmında yer alarak boşalma ucuna doğru ilerlemesi ve ayırma plakasının üstünden ve altından aynı ürünler halinde alınarak zenginleştirilmesidir. Ancak, 1 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda stripa ile zenginleştirilme deneylerinden elde edilen sonuçlar, yüzdürme-betirme deneylerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında gerek miktar gerek kül

TABLO: 6.12. 1.45 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	75.4	18.75	82.5
	Araürün	14.8	26.52	14.7
	Artık	9.8	78.86	2.8
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	72.2	19.16	81.0
	Araürün	16.5	32.36	15.4
	Artık	11.3	77.32	3.6
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	61.4	20.46	66.3
	Araürün	25.8	25.40	26.2
	Artık	12.8	56.76	7.5
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	69.1	19.46	75.8
	Araürün	19.5	27.45	19.4
	Artık	11.4	68.93	4.8
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

gerekse yanabilir verim bakımından gereken düzeylere ulaşamacağı anlaşılmıştır (Şekil 6.63).

Şekil 6.63'de görüleceği üzeri, 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 14.37, yanabilir verimi ise % 60.9'dur. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen (teorik) sonuçlara göre ise (Şekil 6.19) 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 13.77 yanabilir verimi ise % 76.3 olmaktadır. Ortam yoğunluğunun 1.45 gr/cm^3 olarak seçilmesi durumunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen temiz kömürün külü % 13.46, yanabilir verimi ise % 75.8'dir. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlarına göre 1.45 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması halinde elde edilen temiz kömürün külü % 13.65, yanabilir verimi ise % 94.1 olmaktadır. Stripa ağır ortam aygıtında, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında zenginleştirilmeleri sonucunda, optimum sonuçların 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda alınabileceği septenmiştir. Bundan sonraki deneyler 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir.



Şekil: 6.65. Keleş kömürünün -50+10 mm Boyut Ürününün Stripa Ağır Ortam Aygıtı ile Zenginleştirmesinde Ortam Yoğunluğunun Kül ve Yanabilir verim Bakımından Yüzdürme-Batırma Deneyleriyle Karşılaştırılması.

6.4.1.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi

Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmede en önemli parametrelerden biri kaldırma suyudur. Stripa teknesinin altından verilen bu suyun miktarı çok önemlidir. Kaldırma suyu, stripa teknesine ağır ortam konisinden süspansiyon halinde verilen malzemede süspansiyonu oluşturan tanelerin askıda tutulmalarını sağlamak ve yatağın her yerinde aynı yoğunluğu elde etmektir. Ayrıca kaldırma suyu hem ağır ortam malzemesi, hem de ayrılması istenen taneler için bir kayganlaştırıcı rolü üstlenmektedir. Yukarıda açıklanan nedenlerle kaldırma suyunun ayırmaya olan etkisi bir seçi deney ile incelenmiştir.

Keles kömürünün stripa ile zenginleştirilmesi deneylerinde kaldırma suyunun etkisi incelenirken; kaldırma suyu miktarı 0 lt/dk, 10 lt/dk, 20 lt/dk ve 40 lt/dk olarak değiştirilmiştir. Deneyler sırasında aşağıdaki değerler sabit tutulmuştur.

- * Ayırma yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- * Besleme miktarı : 40 kg/dk
- * Genlik : 15 mm
- * Hız : 370 d/d
- * Ayırma plakası yüksekliği
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve kaldırma suyu verilmeksizin yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları Tablo 6.13'te verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, kaldırma suyu verilmeksizin girenin % 45.1'i oranında % 16.96 küllü bir temiz kömür % 51.1 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 21.3, küllü % 54.32 yanabilir verimi ise % 13.3 olmaktadır.

10 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde elde edilen deneysel sonuçlar ise Tablo 6.14'de verilmektedir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, girenin % 48.3'ü oranında bir temiz kömür % 16.12 kül ve % 55.2 yanabilir verimle elde edilmektedir. Deneyden alınan artığın miktarı % 19.5 külü % 57.31 yanabilir verimi ise % 11.5 olmaktadır.

TABLO: 6.13. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Malcırma Suyu Verilmeksizin Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	48.7	15.96	55.2
	Araürün	34.6	21.27	36.7
	Artık	16.7	63.82	8.1
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	46.8	16.45	54.2
	Araürün	33.4	22.50	35.9
	Artık	19.8	64.12	9.9
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	40.7	18.43	45.1
	Araürün	32.9	22.47	34.6
	Artık	26.4	43.51	20.3
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştiril- miş Sonuçlar	Temiz Kömür	45.1	16.96	51.1
	Araürün	33.6	22.15	35.6
	Artık	21.3	54.32	13.3
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

TABLO: 6.14. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 10 lt/ok Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	52.3	14.84	60.0
	Araürün	33.0	24.68	33.5
	Artık	14.7	67.24	6.5
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	49.7	15.93	58.0
	Araürün	31.4	23.37	33.3
	Artık	18.9	66.95	8.7
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.9	17.56	49.2
	Araürün	31.8	23.75	32.9
	Artık	24.3	45.76	17.9
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10	Temiz Kömür	48.3	16.12	55.2
(Birleştirilmiş Sonuçlar	Araürün	32.1	23.99	33.3
	Artık	19.6	57.01	11.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve 20 lt/dk'lık kaldırma suyu verilerek yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 6.11'de sunulmuştur. Tablodan görüldüğü gibi 20 lt/dk kaldırma suyu ilavesinde elde edilen temiz kömürün miktarı % 52.2, külü % 14.37, yanabilir verimi ise % 60.9 olmaktadır.

40 lt/dk kaldırma suyu verilerek, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda stripa ağır ortam aygıtında yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları da Tablo 6.15'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, -50+40 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 50'si oranında, % 15.28 küllü bir temiz kömür % 57.6 yanabilir verimle kazanılmaktadır.

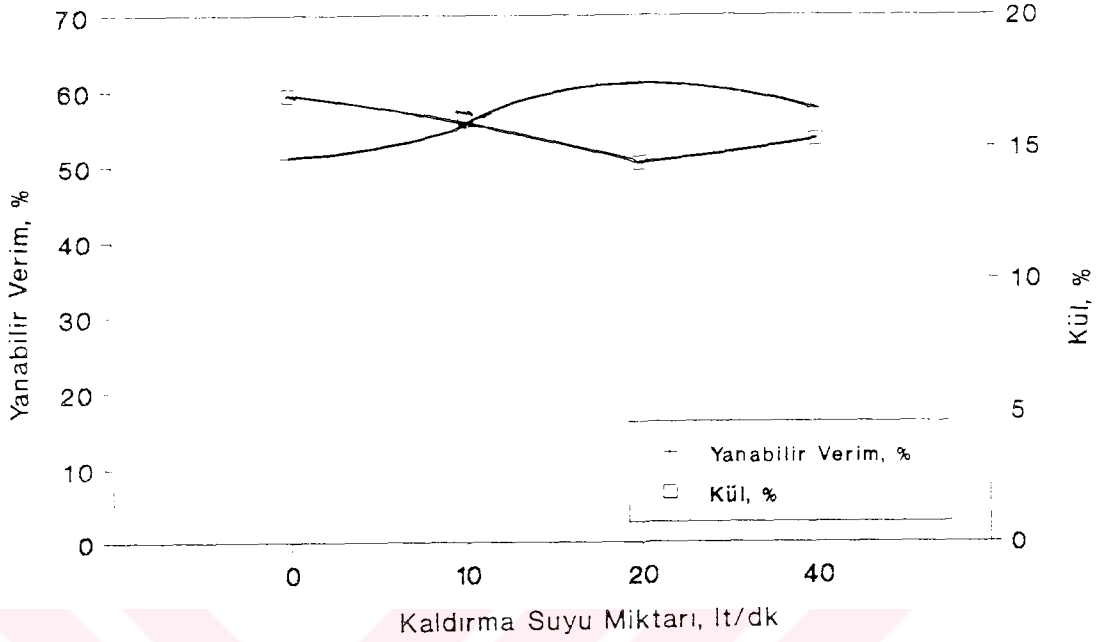
Malaz kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmesinde kaldırma suyunun etkisinin karşılaştırılması olarak gösterimi de Tablo 6.16'da sunulmuştur. Ayrıca, kaldırma suyu değişimine bağlı olarak, -50+40 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre elde edilen temiz kömürlerin kül ve yanabilir verim ilişkisi de Şekil 6.64'de görülmektedir. Tablo 6.16 ve Şekil 6.64'den izleneceği üzere, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 20 lt/dk'lık kaldırma suyunun en uygun sonuçları verdiği gözlenmektedir. 20 lt/dk, bundan sonraki deneylerde optimum kaldırma suyu olarak seçilmiştir.

TABLO: 6.15. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 40 lt/dk
Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleş-
tirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	53.6	13.85	62.2
	Araürün	31.7	24.86	32.1
	Artık	14.7	71.34	5.7
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	51.3	14.53	60.8
	Araürün	30.3	25.35	31.4
	Artık	18.4	69.43	7.8
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	45.8	17.32	51.4
	Araürün	29.9	22.96	31.3
	Artık	24.3	47.67	17.3
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştiril- miş Sonuçlar	Temiz Kömür	49.9	15.28	57.6
	Araürün	30.6	24.27	31.6
	Artık	19.5	59.53	10.8
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

TABLO: 6.16. -50+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyu Miktarına Bağlı Olarak Sonuçların Karşılaştırılması

KALDIRMA SUYU MİKTARI (lt/dk)	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
0	Temiz Kömür	45.1	16.96	51.1
	Araürün	33.6	22.15	35.6
	Artık	21.3	54.32	13.3
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0
10	Temiz Kömür	48.3	16.12	55.2
	Araürün	32.1	23.99	33.3
	Artık	19.6	57.01	11.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0
20	Temiz Kömür	52.2	14.37	60.9
	Araürün	29.5	26.53	29.6
	Artık	18.3	61.92	9.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0
40	Temiz Kömür	49.9	15.28	57.6
	Araürün	30.6	24.27	31.6
	Artık	19.5	59.53	10.8
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0



ŞEHİL: 6.64. Heles Kömürünün -50+10 mm Boyut Sınıfının Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyunun Ayırmaya Etkisi

6.4.1.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi

Stripa ağır ortam aygıtı ile yapılan zenginleştirme deneylerinde, aygıtta ortam yoğunluğu ve kaldırma suyunun ayırma üzerindeki etkileri saptandıktan sonra numunenin tane boyut dağılımının etkisi ayırmaya etkisi araştırılmıştır. Bu deneyler çerçevesinde elde edilen optimum şartlar sabit tutularak, deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyssel çalışmalarında sabit tutulan parametreler:

- Ağır ortam yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Baslama miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 dev/dak
- Ayırma plakası yüksekliği

- 50 mm (-50 + 30 mm boyut grubu için)
- 30 mm (-30 + 10 mm boyut grubu için)
- 20 mm (-19 + 10 mm boyut grubu için)

Kalee kömür numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirse -50+10 mm boyut grubundaki numune, -50+30, -50+19 ve -19+10 mm boyut gruplarına ayrılarak üç farklı boyutta deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 6.17'de sunulmuştur. Tablo 6.17'den görüleceği üzere: -50+10 mm boyut grubunun hesaba birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 52.2'si oranında bir temiz kömür % 14.37 kül içeriği ve % 60.9 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Ayrıca -50+10 mm boyut grubu hiçbir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak strüpa aygıtına beslenmiştir. Burada ayırma plakası yüksekliği 50 mm'de sabit tutulmuştur. Bu deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 6.18'de verilmiştir. Tablo 6.18'den inceleneceği üzere girenin % 45.7'si oranında % 16 küllü bir temiz kömür % 53.5 yanabilir verimle elde edilmektedir. Tablo 6.17 ile 6.18 karşılaştırıldığında kömür numunesinin sık boyut gruplarında strüpa ağır ortam aygıtına beslenmesi durumunda elde edilecek sonuçlar teorik değerlere daha çok yaklaşmaktadır. Deneyisel çalışmalar sırasında -50+10 mm boyut grubunun olduğu gibi aygıtı verilmesi durumunda ayırma plakası yüksekliği 50 mm'de sabit tutulduğundan iri kömürlerin ayırma plakası üzerinden alınmasına rağmen özellikle 20 mm altındaki kömürlerin ayırma plakası altından şistle birlikte alındıkları gözlenmiştir. Numunenin sık boyut aralıklarının aygıtı verilmesi sırasında ayırma plakası her boyut grubu için ayrı ayrı ayarlanabildiğinden bu sakınca büyük ölçüde bertaraf edilmekte ve elde edilen sonuçlar daha iyi olmaktadır.

TABLO: 6.17. -50+10 mm Boyut Grubunun Boyut Gruplarını Ayrılması Durumunda Elde Edilen Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	56.4	13.46	65.8
	Araürün	30.0	26.91	29.5
	Artık	13.6	74.46	4.7
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	53.7	14.12	64.0
	Araürün	28.6	27.09	28.9
	Artık	17.7	71.07	7.1
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	47.4	16.95	53.5
	Araürün	30.0	23.82	31.0
	Artık	22.6	49.56	15.5
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	52.2	14.37	60.9
	Araürün	29.5	26.53	29.6
	Artık	18.3	61.92	9.5
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

TABLO: 9.19. -50+10 mm Boyut Grubunun Boyutlandırmaya Tabi Tutulmadan Direkt Olarak Zenginleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Sonuçlar

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +10	Temiz Kömür	45.7	15.96	53.5
	Araürün	31.0	25.76	31.4
	Artık	22.3	50.32	15.1
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0

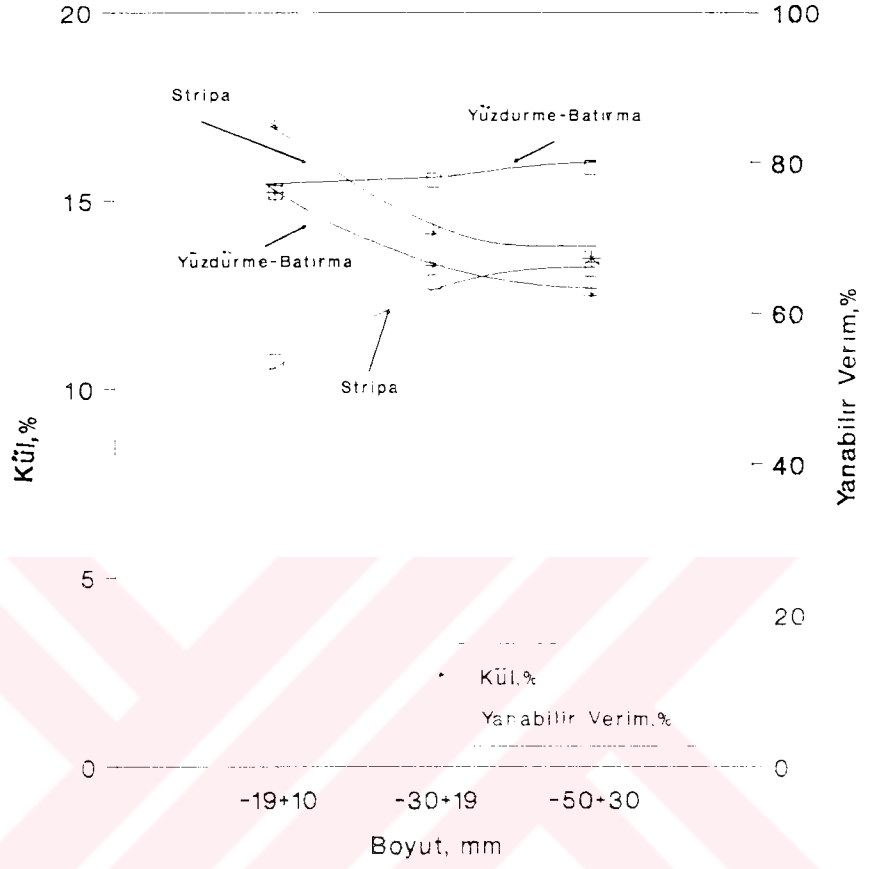
Stripa ağır ortam aygıtında -100+50 mm boyut grubu da zenginleştirilmeye çalışılmış, ancak laboratuvar-
da bulunan aygıtın gerek boyutları itibarıyla, gerekse ayırma plakasının yüksekliği 50-55 mm'den daha iri taneleri avıramadığından başarılı olunamamıştır. Ancak diğer boyut gruplarından elde edilen veriler ışığında -100+50 mm boyut grubunun da stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilebileceği düşünülmektedir.

Ayrıca -10+1 mm boyut grubundaki Keles kömür numunesi, stripa ağır ortam aygıtına beslenmiş 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluklarında zenginleştirilmeye tabi tutulmuş, ancak olumlu bir sonuca ulaşılamamıştır. Serek aygıtın teknik özellikleri, gerekse ayırıcı ortamın hareketliliği ve ayırma sırasında oluşan türbülans ve yüksek ortam viskozitesi nedeniyle -10 mm'nin altında hafif ve ağır ürünlerin oluşturduğu iki zonen elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Literatürde ise stripa ağır ortam aygıtına beslenebildiği minimum boyut 6.5mm civarında olmaktadır. Bundan daha küçük boyutların stripa ağır ortam aygıtına beslenebildiğine dair bir bulguya ise rastlanmamıştır [15].

Tablo 6.19'da -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma ve stripa deneylerinin karşılaştırmalı gösterimi sunulmaktadır. Tablodan görüldüğü üzere, -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda elde edilen temiz kömürün miktarı % 66.6, külü % 13.77 yanabilir verimi ise % 78.3 olmaktadır. Aynı boyut grubunun stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilmesi durumunda en uygun koşullarda alınan kömürün miktarı % 52.3 külü % 14.37 yanabilir verimi ise % 60.9 olmaktadır. Şekil 6.65'de ise tane boyutuna bağlı olarak yüzdürme-batırma ve stripadan elde edilen temiz kömürlerin kül-yanabilir verim ilişkisi görülmektedir.

Tablo: 6.19. -50+10 mm Boyut Grubunda Yüzdürme-Batırma ve Stripadan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

BOYUT -mm-	YÜZDÜRME BATIRMA					STRİPA			
	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)	ÜRÜNLER	(%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)	
-50 +30	Temiz Kömür	67.2	12.48	79.3	Temiz Kömür	56.4	13.46	69.7	
	Araürün	23.4	40.92	18.6	Ara Ürün	30.0	26.91	19.3	
	Artık	9.4	83.28	2.1	Artık	13.6	74.46	11.0	
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0	TOPLAM	100.0	25.79	100.0	
-30 +19	Temiz Kömür	64.5	13.27	77.6	Temiz Kömür	53.7	14.12	61.9	
	Araürün	25.0	42.18	20.1	Ara Ürün	26.6	27.09	21.0	
	Artık	10.5	63.87	2.3	Artık	17.7	71.07	17.1	
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0	TOPLAM	100.0	27.91	100.0	
-19 +10	Temiz Kömür	67.7	15.21	78.0	Temiz kömür	47.4	16.95	53.5	
	Araürün	24.6	39.56	20.2	Ara Ürün	30.0	23.82	31.0	
	Artık	7.7	82.49	1.8	Artık	22.6	49.50	15.5	
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0	TOPLAM	100.0	26.38	100.0	
-50 +10 (Birleştirilmiştir Sonuçlar)	Temiz Kömür	66.6	13.77	78.3	Temiz Kömür	52.2	14.37	60.9	
	Araürün	24.3	40.80	19.6	Ara Ürün	29.5	26.53	29.6	
	Artık	9.1	83.22	2.1	Artık	18.3	61.92	9.5	
	TOPLAM	100.0	26.66	100.0	TOPLAM	100.0	26.66	100.0	



ŞEKİL: 5.66. Boyut Gruplarında Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçlarının Kül ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme-Batırma Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Ayrıca aşağıda Parker tarafından geliştirilen formül uyarınca köles kömür numunesinin boyuta bağlı olarak yıkanabilme dereceleri e tanımlanmış ve Şekil 5.66'da alınmıştır [19].

$$N = 0. \frac{t-c}{t}$$

Burada :

N = Yıkanabilme derecesi, %

C = Elde edilen temiz kömür miktarı, %

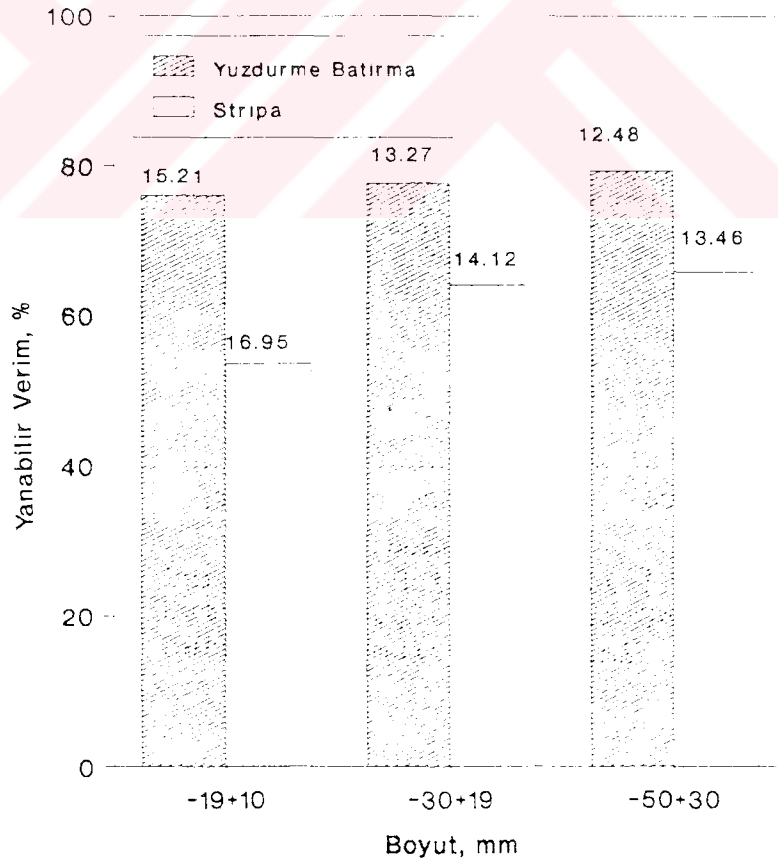
t = Beslenen kömürün külü, %

c = Temiz kömür külü, %

Şekil 6.66'dan görüleceği üzere, Keles kömür numunesinin stripa ağır ortam aygıtında yıkanabildiği en uygun boyut aralıkları -50+30 mm ve -30+19 mm olmaktadır. Çünkü yıkanabilme dereceleri bu boyut gruplarında birbirine yakındır. Ayrıca, stripadan elde edilen sonuçlar, yüzdürme-batırma değerleri ile karşılaştırıldığında yıkanabilme derecesi itibarıyla teorik değerlere en çok yaklaşan değerlerin de -50+30 ve -30+19 mm boyut gruplarında bulunmuştur. Şekil 6.67'de ise boyut aralıklarında yapılan yüzdürme-batırma ve stripa ile zenginleştirme deneylerinden elde edilen sonuçların bir şekilde gösterimi verilmiştir. Şekil 6.67'den de görüleceği üzere -50+30 mm ve -30+19 mm boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtında elde edilen temiz kömürler gerek kül, gerekse yanabilir verim değerleri bakımından yüzdürme-batırma değerlerine yaklaşmakla birlikte, -19+10 mm boyut grubunda bir sapma söz konusudur.



ŞEKİL: 6.66. Boyuta Bağlı Olarak Yıkabilme Dereceleri



ŞEKİL: 6.67. Stripa Ağır Ortam Aygıtı ile Yüzdürme Batırma Sonuçlarının Bar Şeklinde Karşılaştırmalı Gösterimi

6.4.2. Saray Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi

6.4.2.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi

Saray kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisi incelenirken aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dt
- Besleme miktarı : 40 lt/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız: 370 dev/dak
- Ayırma plakası yüksekliği
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Saray kömürünün zenginleştirilmesi amacıyla ortam yoğunlukları 1 gr/cm³(su ile ayırma), 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³'e ayarlanmış ve değişik boyut gruplarında hazırlanan numuneler ayrı ayrı stripa aygıtına beslenerek ürünler alınmıştır. Tablo 6.20'de 1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 6.21'de 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda, 6.22'de ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları sunulmuştur.

1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda sadece ağır ortam konisinden beslenen su ve stripa aygıtına alttan verilen kaldırma suyu aracılığıyla ayırma yapılmıştır. Tablo 6.20'de görüldüğü gibi -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarının ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesi durumunda bu boyut gruplarının nesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, -50+10 mm boyut grubunda, girenin % 44'ü oranında % 16.69 kül içeren bir temiz kömürün % 49.0 yanabilir verimle elde

edilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca girenin % 20.9'u oranında % 42.75 küllü bir artık % 16.0 yanabilir verimle atılabilmektedir.

TABLO: 6.20. 1 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	48.0	15.35	53.1
	Araürün	34.1	23.75	34.0
	Artık	17.9	45.04	12.9
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	45.2	17.45	50.1
	Araürün	37.1	25.94	36.9
	Artık	17.7	45.43	13.0
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	40.2	17.36	44.9
	Araürün	34.5	25.82	34.5
	Artık	25.3	40.23	20.5
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	44.0	16.69	49.0
	Araürün	35.1	25.30	35.0
	Artık	20.9	42.75	16.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğu elde etmek için 5 gr/cm³ yoğunlukla manyetit kullanılmıştır. Çok ince öğütülmüş (tamamı 75 µm altı) manyetit in sudaki süspansiyonuyla ağır ortam oluşturulmuştur. 100 kg manyetit 200 lt su ile karıştırılarak % 30 pülp te katı oranı elde edilmiş ve ağır ortam konisinde bu ağır ortam malzemesi biriktirilmiştir. Bu durumda süspansiyon yoğunluğu 1.30 gr/cm³ olarak ölçülmüş ve deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmuştur. Tablo 6.21'de Saray kömürünün -50+30 mm, -30+19 mm, -19+10mm boyut gruplarının 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zenginleştirilmesi durumunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarından görüleceği üzere, girenin % 56.3'ü oranında bir temiz kömür % 14.56 kül içeriği ve % 64.2 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 16.1 yanabilir verimi % 9.0 ve kül içeriği % 56.05 olmaktadır.

Saray kömürünün zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir diğer deney ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğundan gerçekleştirilmiştir. Bu ortam yoğunluğunu elde etmek için 100 kg manyetit 150 lt su ile karıştırılarak ağır ortam konisinde biriktirilmiştir. Bu süspansiyonun yoğunluğu 1.45 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmaya çalışılmıştır. -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarında hazırlanan Keles bölgesi kömür numunesi ayrı ayrı stripe ağır ortam aygıtında 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zenginleştirmeye tabi tutulmuş ve bu deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 6.22'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 69.1'i oranında, % 18.23 küllü bir temiz kömür % 75.4 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 13.1 külü % 63.18 ve yanabilir verimi % 6.4 olmaktadır.

TABLO: 6.21. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

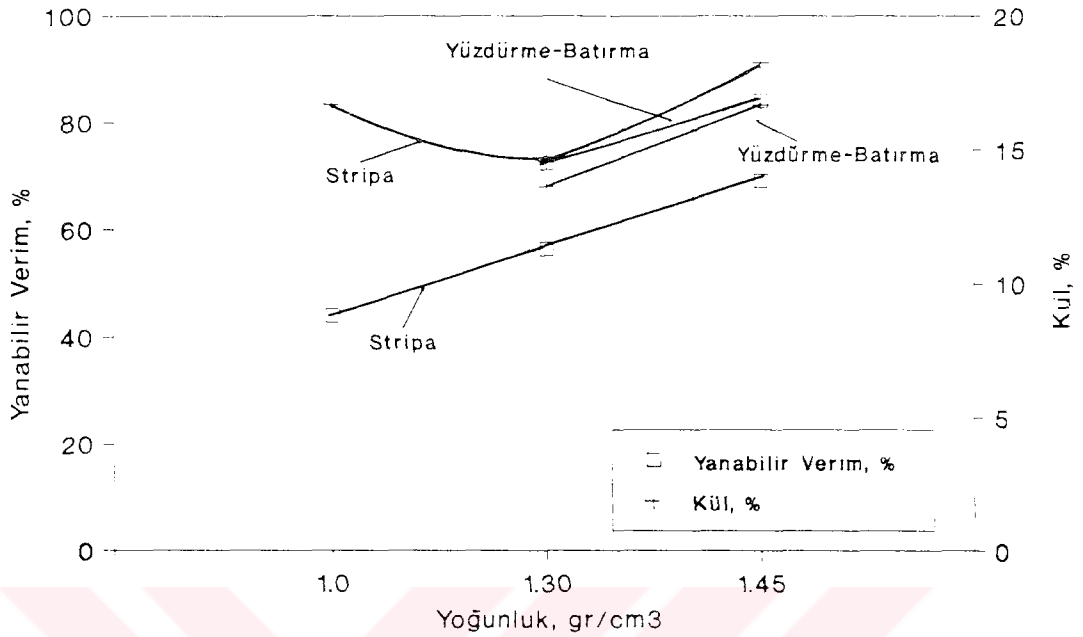
BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	61.3	13.21	69.6
	Araürün	25.0	24.23	24.8
	Artık	13.7	68.45	5.7
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	60.0	15.32	68.3
	Araürün	26.8	28.96	25.6
	Artık	13.2	65.24	6.2
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	49.9	15.24	57.2
	Araürün	30.2	28.65	29.1
	Artık	19.9	49.27	13.7
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
(Birleştirilmiş Sonuçlar	-50 +10 Temiz Kömür	56.3	14.56	64.2
	Araürün	27.6	27.60	25.8
	Artık	16.1	58.05	9.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

TABLO: 6.22. 1.45 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	72.8	16.96	79.1
	Araürün	16.1	20.83	16.7
	Artık	11.1	70.56	4.3
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	73.5	19.02	80.0
	Araürün	14.3	22.28	14.9
	Artık	12.2	68.76	5.1
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	63.2	18.75	69.5
	Araürün	21.6	26.43	21.5
	Artık	15.2	55.96	9.1
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	69.1	18.23	75.4
	Araürün	17.8	24.08	18.1
	Artık	13.1	63.18	6.4
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

Saray kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya olan etkisinin incelendiği deneyler sonucunda, kömürün ayırma ortamı olarak sadece suyun kullanıldığı (1 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda) durumda bile zenginleştirilebildiği anlaşılmıştır. Bunun nedeni ise gerek alttan verilen kaldırma suyunun ortamın görünür yoğunluğunu arttırması, gerekse özgül ağırlığı yüksek olan şistlerin teknenin alt kısmında, düşük olan temiz kömürün ise üst yer alarak boşalma ucuna doğru ilerlemesi ve ayırma plakasının üstünden ve altından ayrı ürünler halinde alınarak zenginleştirilmesidir. Ancak, stripa ile zenginleştirilme deneylerinden elde edilen sonuçlar yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, gerek miktar, gerek kül gerekse yanabilir verim bakımından gereken düzeylere ulaşılmadığı anlaşılmıştır (Şekil 6.68).

Şekil 6.68'de görüleceği üzere, 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 14.56 yanabilir verimi ise % 64.2'dir. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre ise (Şekil 6.36), 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 13.61, yanabilir verimi ise % 83.5 olmaktadır. Ortam yoğunluğunun 1.45 gr/cm^3 olarak seçilmesi durumunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen kömürün külü % 18.23, yanabilir verimi ise % 74.5'tir. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre 1.45 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması halinde elde edilen temiz kömürün külü % 16.67, yanabilir verimi ise % 93.6 olmaktadır. Stripa ağır ortam aygıtında, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında zenginleştirilmeleri sonucunda, düşük küllü bir kömürün ancak 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda alınabileceği saptanmıştır. Bundan sonraki deneyler 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir.



ŞEKİL: 6.69. Saray Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubunun Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesinde Ortam Yoğunluğunun KÜL ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme Batırma Deneyleriyle Karşılaştırılması.

6.4.2.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi

Saray kömürünün stripa ile zenginleştirilmesi deneylerinde kaldırma suyunun etkisi incelenirken, kaldırma suyu miktarı 0 lt/dk. , 10 lt/dk, 20 lt/dk ve 90lt/dk olarak değiştirilmiştir. Deneyler sırasında aşağıdaki değerler sabit tutulmuştur.

- Ayırma yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 d/d
- Ayırma plakası yüksekliği: 50 mm(-50+30mm boyut grubu için)
30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve kaldırma suyu verilmeksizin yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları Tablo 6.23'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, kaldırma suyu verilmeksizin girenin % 48.6' sı oranında % 16.30 küllü bir temiz kömür % 54.3 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 18.6 külü % 52.37, yanabilir verimi ise % 54.3 olmaktadır.

TABLO: 6.23. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Kaldırma Suyu Verilmeksizin Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	52.7	14.85	58.7
	Araürün	32.1	20.64	33.3
	Artık	15.2	59.85	8.0
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	51.7	17.03	57.6
	Araürün	32.4	22.34	33.8
	Artık	15.9	59.79	8.6
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.2	17.09	48.4
	Araürün	33.7	24.52	34.4
	Artık	23.1	45.09	17.2
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar)	Temiz Kömür	48.6	16.30	54.3
	Araürün	32.8	22.86	33.9
	Artık	18.6	52.37	11.8
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

10 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde elde edilen deneysel sonuçlar ise Tablo 6.24'de verilmektedir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, girenin % 51.1'i oranında bir temiz kömür % 15.89 kül ve % 57.4 yanabilir verimle elde edilmektedir. Deneyden alınan artığın miktarı % 17.9 külü % 54.06 yanabilir verimi ise % 11.0 olmaktadır.

TABLO: 6.24. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 10 lt/dk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyinin Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	57.3	14.26	64.2
	Araürün	28.6	22.24	29.1
	Artık	14.1	63.85	6.7
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	55.8	16.45	62.6
	Araürün	29.5	23.54	30.3
	Artık	14.7	64.15	7.1
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.2	17.09	48.4
	Araürün	33.7	24.52	34.4
	Artık	23.1	45.09	17.2
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	51.1	15.89	57.4
	Araürün	30.9	23.83	31.6
	Artık	17.9	54.06	11.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve 20 lt/dk'lık kaldırma suyu verilerek yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 6.21'de sunulmuştur. Tablodan görüldüğü gibi 20 lt/dk kaldırma suyu ilavesinde elde edilen temiz kömür miktarı % 56.3 kül % 14.56 yanabilir verimi ise % 64.2 olmaktadır.

40 lt/dk kaldırma suyu verilerek, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda stripa ağır ortam aygıtında yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları da Tablo 6.25'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 54.5'i oranında, % 15.27 küllü bir temiz kömür % 61.7 yanabilir verimle kazanılmaktadır.

Saray kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmesinde kaldırma suyunun etkisinin karşılaştırılması olarak gösterimi de Tablo 6.26'da sunulmuştur. Ayrıca; kaldırma suyu değişimine bağlı olarak, -50+10mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre elde edilen temiz kömürlerin kül ve yanabilir verim ilişkisi de Şekil 6.69'da görülmektedir. Tablo 6.26 ve Şekil 6.69'tan izleneceği üzere, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 20 lt/dt'lik kaldırma suyunun en uygun sonuçları verdiği gözlenmektedir. 20 lt/dk. bundan sonraki deneylerde optimum kaldırma suyu olarak seçilmiştir.

TABLO: 6.25. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 40 lt/sk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	59.8	13.86	67.4
	Araürün	26.5	23.60	26.5
	Artık	13.7	65.58	6.2
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	57.9	15.94	65.4
	Araürün	28.0	25.19	28.1
	Artık	14.1	65.75	6.5
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	48.2	16.08	54.7
	Araürün	31.0	27.16	30.5
	Artık	20.8	47.56	14.8
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	54.5	15.27	61.7
	Araürün	28.7	25.81	28.6
	Artık	16.7	56.47	9.7
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

TABLO: 6.26. -50+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyu Miktarına Bağlı Olarak Sonuçların Karşılaştırılması.

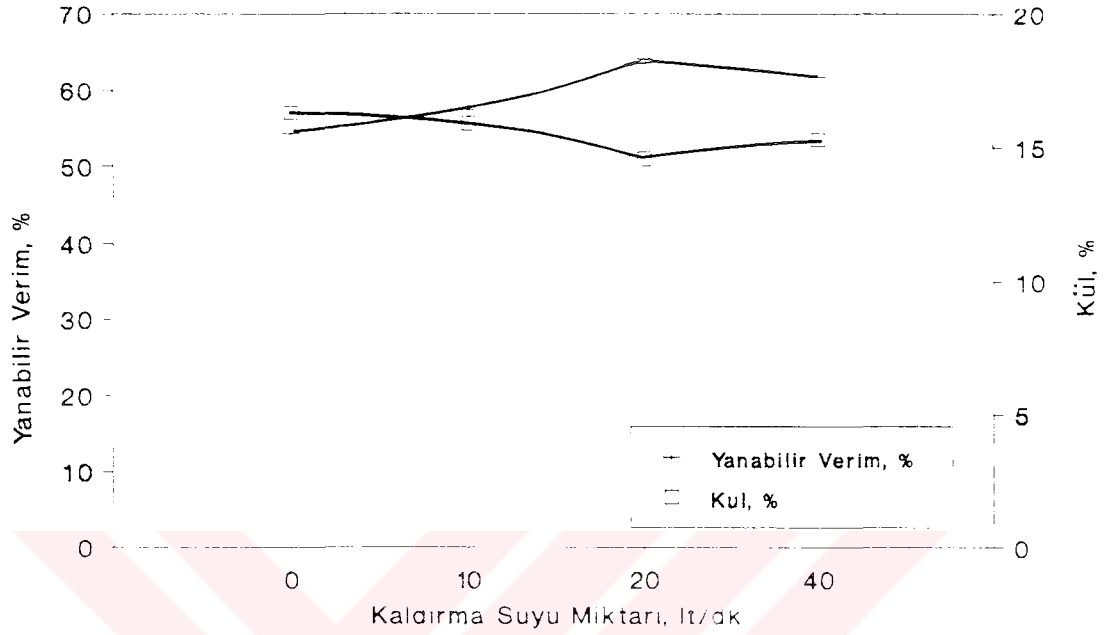
KALDIRMA SUYU MİKTARI (lt/dk)	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
0	Temiz Kömür	48.6	16.30	54.3
	Araürün	32.8	22.86	33.9
	Artık	18.6	52.37	11.8
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0
10	Temiz Kömür	51.1	15.89	57.4
	Araürün	30.9	23.83	31.6
	Artık	17.9	54.06	11.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0
20	Temiz Kömür	56.3	14.56	64.2
	Araürün	27.6	27.60	26.8
	Artık	16.1	58.05	9.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0
40	Temiz Kömür	54.5	15.27	61.7
	Araürün	28.7	25.81	28.6
	Artık	16.7	56.47	9.7
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

6.4.2.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi

Saray kömür numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken aygıtın en uygun çalışma koşulları belirlenmiş ve bu koşullar sabit tutularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda sabit tutulan parametreler:

- Ortam yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dk
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 dev/dk
- Ayırma plakası yüksekliği:
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Saray kömür numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken, -50+10 mm boyut grubundaki numune, -60+130, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarına ayrılarak üç farklı boyutta deneyler yapılmıştır. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 6.27'de sunulmuştur. Tablodan görüleceği üzere, - 50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 56.3'ü oranında bir temiz kömür % 14.56 kül içeriği ve % 64.2 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Ayrıca -50+10 mm boyut grubu hiç bir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak stripa ağır ortam aygıtına beslenmiştir. Bu deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 6.28'de görülmektedir. Tablo 6.28'den izleneceği üzere girenin % 48.4'ü oranında % 16.08 küllü bir temiz kömür % 54.3 yanabilir verimle elde edilmektedir. Tablo 6.27 ile 6.28 karşılaştırıldığında kömür numunesinin sık boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtına beslenmesi durumunda elde edilecek sonuçlar teorik değerlere daha çok yaklaşmaktadır.



ŞEKİL: 8.69. Keles Kömürünün -80+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyunun Ayırmaya Etkisi

Stripe ağır ortam aygıtında -100+50 mm boyut grubu da zenginleştirilmeyi çalışılmış, ancak laboratuvarda bulunan aygıtın gerek boyutları itibarıyla, gerekse ayırma plakasının yüksekliği 50-55 mm'den daha iri taneleri ayıramadığından başarılı olunamamıştır. Ancak diğer boyut gruplarından elde edilen verilerin ışığında -100+50 mm boyut grubunun da stripe ağır ortam aygıtında zenginleştirilebileceği düşÜnÜlmektedir.

Ayrıca -10+1 mm boyut grubundaki Keles kömür numunesi, stripe ağır ortam aygıtına beslenmiş 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluklarında zenginleştirmeye tabi tutulmuş, ancak olumlu bir sonuca ulaşılamamıştır. Gerek aygıtın teknik özellikleri, gerekse ayırıcı ortamın hareketliliği ve ayırma sırasında oluşan türbÜlans ve yüksek ortam viskozitesi nedeniyle -10 mm'nin altında hafif ve ağır Ürünlerin oluşturduğu iki zonu elde edilmesi mümkün olmamaktadır.

TABLO: 6.27. -50+10 mm Boyut Grubunun Boyut Gruplarına Ayrılması Durumunda Elde Edilen Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	61.3	13.21	69.6
	Araürün	25.0	24.23	24.8
	Artık	13.7	68.45	5.7
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	60.0	15.32	68.3
	Araürün	26.8	28.96	25.6
	Artık	13.2	65.24	6.2
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	49.9	15.24	57.2
	Araürün	30.2	28.65	29.1
	Artık	19.9	49.27	13.7
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	56.3	14.56	64.2
	Araürün	27.6	27.60	26.8
	Artık	16.1	58.05	9.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

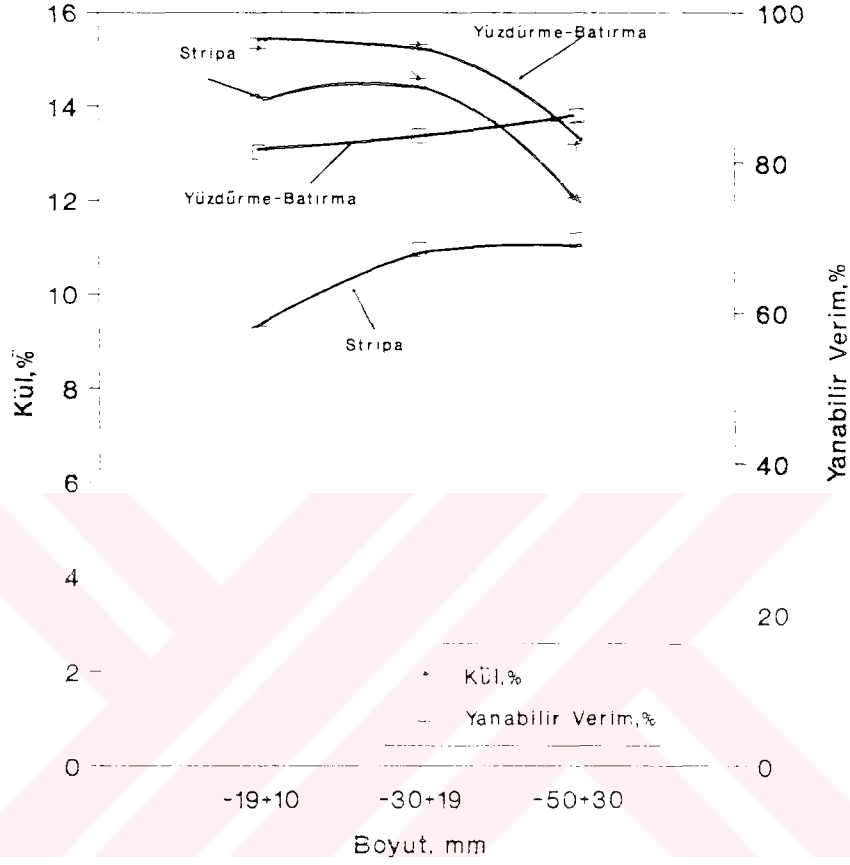
TABLO:6.28.-50+10mm Boyut Grubunun boyutlandırmaya Tabi Tutulmadan Direkt Olarak Zenginleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Sonuçlar.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +10	Temiz Kömür	48.4	16.08	54.3
	Araürün	31.2	23.95	31.7
	Artık	20.4	48.56	14.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0

Tablo 6.29'da -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma ve stripa deneylerinin karşılaştırmalı gösterimi sunulmaktadır. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda elde edilen temiz kömürün miktarı % 72.3, küllü % 13.61 yanabilir verimi ise % 83.5 olmaktadır. Aynı boyut grubunun stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilmesi durumunda en uygun koşullarda alınan kömürün miktarı % 56.3 küllü 14.56, yanabilir verimi ise % 64.2 olmaktadır. Şekil 6.70'de ise tane boyutuna bağlı olarak yüzdürme-batırma ve stripadan elde edilen temiz kömürlerin kül-yanabilir verim ilişkisi görülmektedir.

TABLO: 6.29. -50+10 mm Boyut Grubunda Yüzdürme-Batırma ve Stripadan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

BOYUT -mm-	YÜZDÜRME BATIRMA				STRİPA			
	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	74.9	12.06	86.1	Temiz Kömür	61.3	13.21	69.6
	Araürün	15.0	45.18	10.8	Araürün	25.0	24.23	24.8
	Artık	10.1	76.43	3.1	Artık	13.7	68.45	5.7
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0	TOPLAM	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	72.8	14.59	83.5	Temiz Kömür	60.0	15.32	68.3
	Araürün	16.7	42.70	12.9	Araürün	26.8	28.96	25.6
	Artık	10.5	74.27	3.6	Artık	13.2	65.24	6.2
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0	TOPLAM	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	70.1	14.21	81.3	Temiz Kömür	49.9	15.24	57.2
	Araürün	19.4	42.13	15.2	Araürün	30.2	28.65	29.1
	Artık	10.5	75.48	3.5	Artık	19.9	49.27	13.7
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0	TOPLAM	100.0	26.06	100.0
-50 +10 (Birleştiri- lmis Sonuçlar)	Temiz Kömür	72.3	13.61	83.5	Temiz Kömür	56.3	14.56	64.2
	Araürün	17.3	43.20	13.1	Araürün	27.6	27.60	26.8
	Artık	10.4	75.44	3.4	Artık	16.1	58.05	9.0
	TOPLAM	100.0	25.16	100.0	TOPLAM	100.0	25.16	100.0



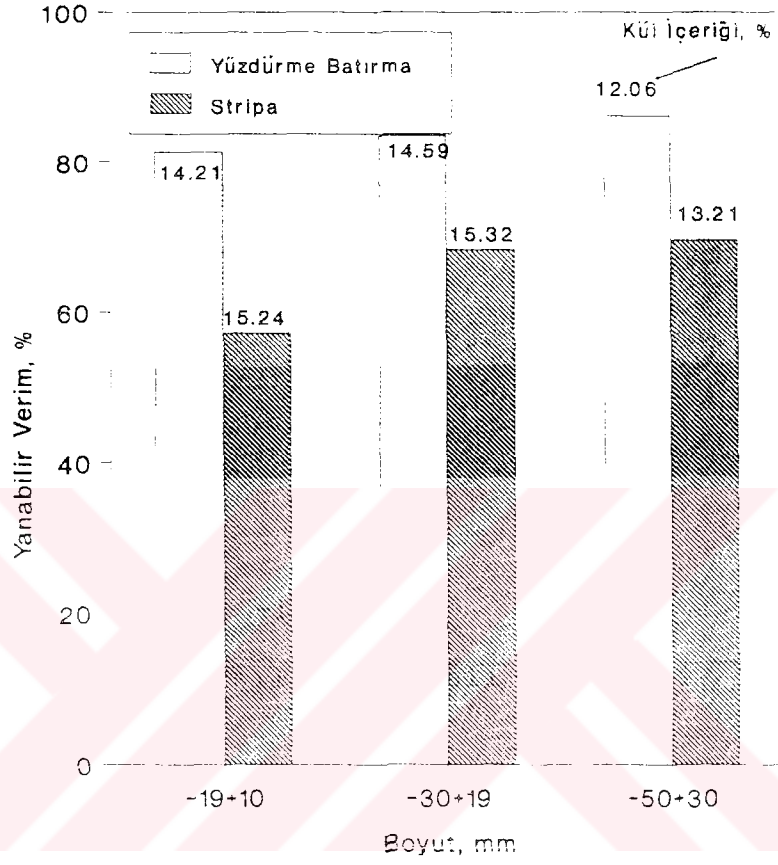
ŞEKİL: 6.70. Boyut Gruplarında Yapılan zenginleştirme Deneyi Sonuçlarının kül ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme-Batırma Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Ayrıca Sarkar tarafından geliştirilen formül uyarınca Saray kömür numunesinin boyute bağlı olarak yıkanebilme dereceleri saptanmış ve Şekil 6.71'de sunulmuştur.



ŞEKİL: 6.71. Boyut Bağılı Olarak Yıkabilme Derece-
leri.

Şekil 6.71.'den görüleceği üzere, Saray kömür numunesinin stripa ağır ortam aygıtında yıkanabildiği en uygun boyut aralıkları -50+30 ve -30+19 mm olmaktadır. Çünkü yıkanabilme dereceleri bu boyut gruplarında birbirine yakındır. Ayrıca stripadan elde edilen sonuçlar, yüzdürme-batırma değerleri ile karşılaştırıldığında yıkanabilme derecesi itibarıyla teorik değerlere en çok yaklaşan boyut grupları da -50+30 ve -30+19 mm'dir. Şekil 6.72'de ise boyut aralıklarında yapılan yüzdürme-batırma ve stripa ile zenginleştirme deneylerinden elde edilen sonuçların bar şeklinde gösterimi verilmiştir. Şekil 6.64'ten de görüleceği üzere -50+30 mm ve -30+19 mm boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtında elde edilen temiz kömürler gerek kül, gerekse yanabilir verim değerleri bakımından yüzdürme-batırma değerlerine yaklaşmakla birlikte, -19+10 mm boyut grubunda ise bir sapma söz konusudur.



ŞEKİL: 6.72. Stripa Ağır Ortam Aygıtı ile Yüzdürme Batırma Sonuçlarının Bar Şeklinde Karşılaştırılması Gösterimi

6.4.3 Soma Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi

6.4.3.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi

Soma kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisi incelenirken aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dt
- Besleme miktarı : 40 lt/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız: 370 dev/dak
- Ayırma plakası yüksekliği
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm -19-10 mm boyut grubu için)

Soma kömürünün zenginleştirilmesi amacıyla ortam yoğunlukları 1 gr/cm³(su ile ayırma), 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³'e ayarlanmış ve değişik boyut gruplarında hazırlanan numuneler ayrı ayrı stripa aygıtına beslenerek ürünler alınmıştır. Tablo 6.30'da 1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 6.31'de 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda, 6.32'de ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları sunulmuştur.

1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda sadece ağır ortam konisinden beslenen su ve stripa aygıtına alttan verilen kaldırma suyu aracılığıyla ayırma yapılmıştır. Tablo 6.30'da görüldüğü gibi -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarının ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesi durumunda bu boyut gruplarının hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, -50+10 mm boyut grubunda, girenin % 38.54 oranında % 11.23 kül içeren bir temiz kömürün % 45 yanabilir verimle elde

edilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca girenin % 32.9'ünde oranında % 40.74 küllü bir artık % 25.7 yanabilir verimle atılabilmektedir.

TABLO: 6.35. 1 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	39.1	11.86	46.9
	Araürün	30.7	25.58	31.1
	Artık	30.2	46.65	21.9
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	41.2	12.12	47.6
	Araürün	32.4	22.11	33.2
	Artık	26.4	44.76	19.2
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	36.2	10.02	41.9
	Araürün	24.4	19.56	25.3
	Artık	39.4	35.41	32.8
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar)	Temiz Kömür	38.5	11.23	45.0
	Araürün	28.6	22.18	29.3
	Artık	32.9	40.74	25.7
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğu elde etmek için 5 gr/cm³ yoğunluklu manyetit kullanılmıştır. Çok ince öğütülmüş (tamamı 75 µm altı) manyetitin sudaki süspansiyonuyla ağır ortam oluşturulmuştur. 100 kg manyetit 200 lt su ile karıştırılarak % 30 pülpde katı oranı elde edilmiş ve ağır ortam konisinde bu ağır ortam malzemesi biriktirilmiştir. Bu durumda süspansiyon yoğunluğu 1.30 gr/cm³ olarak ölçülmüş ve deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmuştur. Tablo 6.31'de Soma kömürünün -50+30 mm, -30+19 mm, -19+10mm boyut gruplarının 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zenginleştirilmesi durumunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarından görüleceği üzere, girenin %47.5' i oranında bir temiz kömür, % 8.19 kül içeriği ve % 57.5 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Deneyden elde edilen artığın miktarı %31.1, yanabilir verimi %27.1 ve kül içeriği % 41.71 olmaktadır.

Soma kömürünün zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir diğer deney ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir. Bu ortam yoğunluğunu elde etmek için 100 kg manyetit 150 lt su ile karıştırılarak ağır ortam konisinde biriktirilmiştir. Bu süspansiyonun yoğunluğu 1.45 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmaya çalışılmıştır. -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarında hazırlanan Soma bölgesi kömür numunesi ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtında 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zenginleştirmeye tabi tutulmuş ve bu deneysel çalışmalarca elde edilen sonuçlar Tablo 6.32'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 52.4'ü oranında, % 10.41 küllü bir temiz kömür % 61.6 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 27.3 külü % 55.81 ve yanabilir verimi % 16.5 olmaktadır.

TABLO: 6.31. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

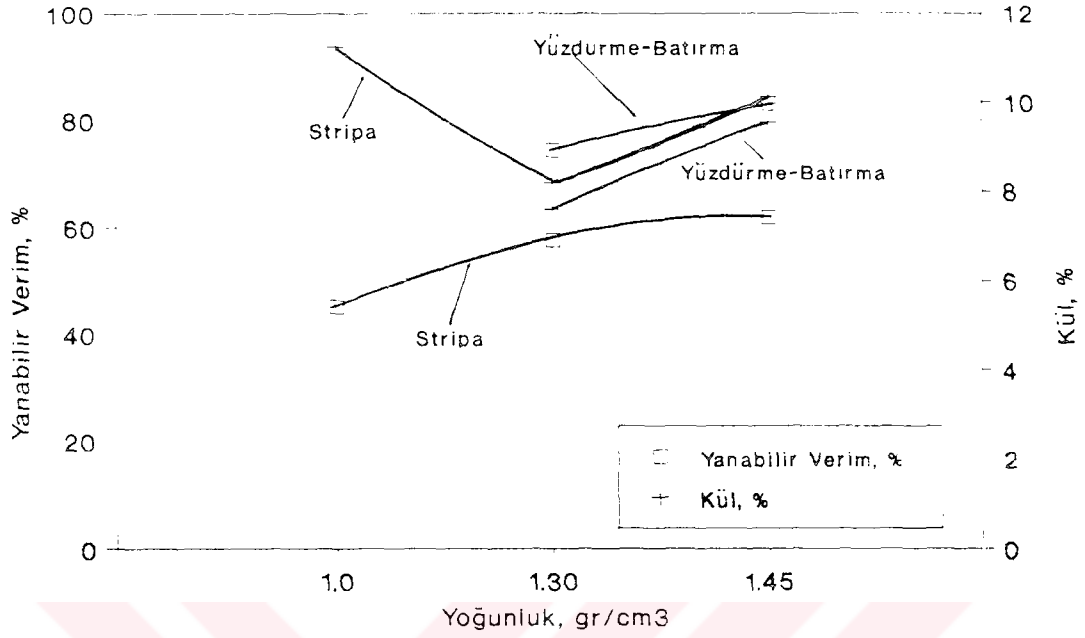
BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	49.1	7.28	62.0
	Araürün	21.8	27.25	21.6
	Artık	29.1	58.65	16.4
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	51.0	9.44	60.7
	Araürün	26.0	25.28	25.6
	Artık	23.0	54.69	13.7
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.9	8.01	52.0
	Araürün	20.1	22.32	20.1
	Artık	36.0	39.86	27.9
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	47.5	8.19	57.5
	Araürün	22.3	24.54	22.1
	Artık	30.2	48.70	20.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

TABLO: 6.32. 1.45 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm.-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	55.4	9.56	68.2
	Araürün	14.4	219.36	15.8
	Artık	30.2	61.26	15.9
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	54.2	9.56	68.2
	Araürün	23.7	21.98	24.3
	Artık	22.1	58.03	12.2
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	48.9	10.75	56.2
	Araürün	22.5	18.06	23.7
	Artık	28.6	45.56	20.1
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	52.4	10.41	61.8
	Araürün	20.3	19.30	21.6
	Artık	27.3	53.84	16.6
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

Sona kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya olan etkisinin incelendiği deneyler sonucunda, kömürün ayırma ortamı olarak sadece suyun kullanıldığı (1 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda) durumda bile zenginleştirilebildiği anlaşılmıştır. Bunun nedeni ise gerek alttan verilen kaldırma suyunun ortamın görünür yoğunluğunu arttırması, gerekse özgül ağırlığı yüksek olan şistlerin teknenin alt kısmında, düşük olan temiz kömürün ise üst yer alarak boşalma ucuna doğru ilerlemesi ve ayırma plakasının üstünden ve altından ayrı ürünler halinde alınarak zenginleştirilmesidir. Ancak, stripa ile zenginleştirilme deneylerinden elde edilen sonuçlar yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, gerek miktar, gerek kül gerekse yanabilir verim bakımından gereken düzeylere ulaşılmadığı anlaşılmıştır (Şekil 6.71).

Şekil 6.73'de görüleceği üzere, 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda, $-50+10\text{mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 8.19 , yanabilir verimi ise % 57.5 'dir. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre ise (Şekil 6.49), 1.45 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 7.59 , yanabilir verimi ise % 70.3 olmaktadır. Ortam yoğunluğunun 1.45 gr/cm^3 olarak seçilmesi durumunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen kömürün külü % 10.41 , yanabilir verimi ise % 61.9'dir . Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması halinde elde edilen temiz kömürün külü % 11.13 , yanabilir verimi ise % 53.1 olmaktadır. Stripa ağır ortam aygıtında, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında zenginleştirilmeleri sonucunda, düşük küllü bir kömürün ancak 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda alınabileceği saptanmıştır. Bundan sonraki deneyler 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir.



ŞEKİL: 6.73 Soma Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubunun Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirmesinde Ortam Yoğunluğunun Kül ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme Batırma Deneyleriyle Karşılaştırılması.

6.4.3.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi

Soma kömürünün stripa ile zenginleştirilmesi deneylerinde kaldırma suyunun etkisi incelenirken, kaldırma suyu miktarı 0 lt/dk. , 10 lt/dk, 20 lt/dk ve 90lt/dk olarak değiştirilmiştir. Deneyler sırasında aşağıdaki değerler sabit tutulmuştur.

- Ayırma yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 d/d
- Ayırma plakası yüksekliği: 50 mm(-50+30mm boyut grubu için)
30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve kaldırma suyu verilmeksizin yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları Tablo 6.33'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, kaldırma suyu verilmeksizin girenin % 33.6'ında % 9.82 küllü bir temiz kömür, % 46.2 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 33.6 küllü % 43.95 , yanabilir verimi ise % 24.8 olmaktadır.

TABLO: 6.33 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Kaldırma Suyu Verilmeksizin Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	41.2	8.96	51.1
	Araürün	27.6	21.60	29.5
	Artık	31.2	54.26	19.4
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	39.9	11.02	46.7
	Araürün	32.7	18.66	35.0
	Artık	27.4	49.16	18.3
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	36.6	9.68	42.6
	Araürün	23.8	20.43	24.4
	Artık	39.6	35.21	33.0
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	39.0	9.82	46.2
	Araürün	27.5	19.90	29.0
	Artık	33.6	43.95	24.8
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

10 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde elde edilen deneysel sonuçlar ise Tablo 6.34'de verilmektedir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, girenin % 42.8'i oranında bir temiz kömür % 9.20 kül ve % 51.2 yanabilir verimle elde edilmektedir. Deneyden alınan artığın miktarı % 31.9 külü %46.31 yanabilir verimi ise % 22.5 olmaktadır.

TABLO: 6.34. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 10 lt/dk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyinin Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	44.8	8.16	56.0
	Araürün	25.1	24.30	25.9
	Artık	30.1	55.91	18.1
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	45.5	10.58	53.5
	Araürün	29.4	20.68	30.7
	Artık	25.1	52.11	15.8
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	39.5	9.05	46.3
	Araürün	22.7	19.03	23.7
	Artık	37.8	38.25	30.1
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	42.8	9.20	51.2
	Araürün	25.3	20.89	26.3
	Artık	31.9	46.54	22.5
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve 20 lt/dk'lık kaldırma suyu verilerek yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 6.31'de sunulmuştur. Tablodan görüldüğü gibi 20 lt/dk kaldırma suyu ilavesinde elde edilen temiz kömür miktarı % 47.4, külü % 8.19, yanabilir verimi ise % 57.5 olmaktadır.

40 lt/dk kaldırma suyu verilerek, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda stripa ağır ortam aygıtında yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları da Tablo 6.35'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 44.9'u oranında, % 8.78 küllü bir temiz kömür % 53.9 yanabilir verimle kazanılmaktadır.

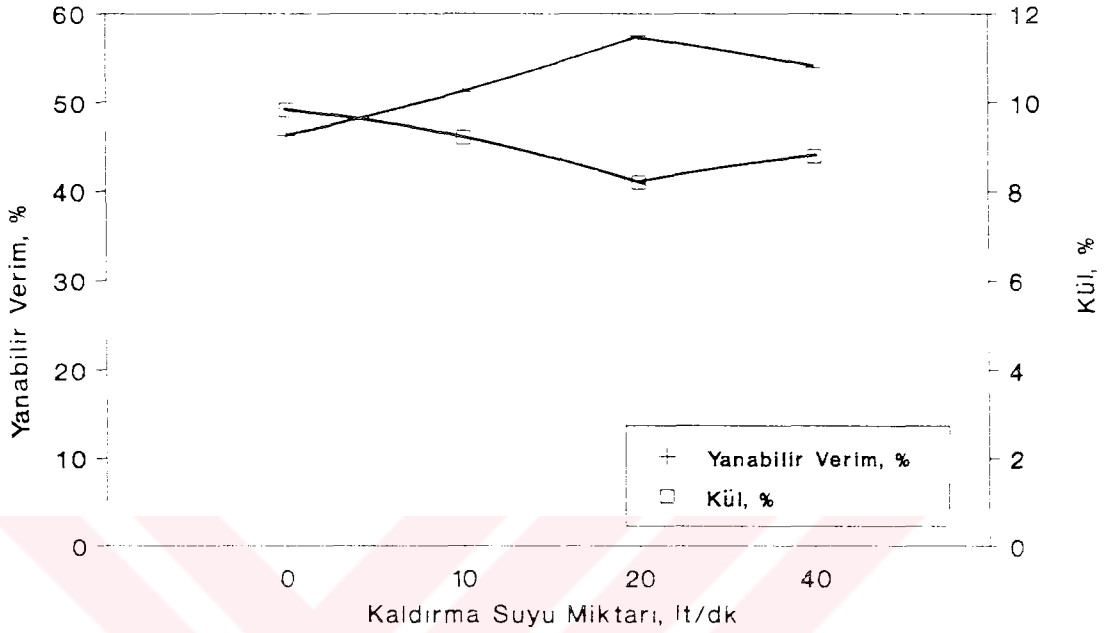
Bora kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmesinde kaldırma suyunun etkisinin karşılaştırılması olarak gösterimi de Tablo 6.36'da sunulmuştur. Ayrıca: kaldırma suyu değişimine bağlı olarak, -50+10mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre elde edilen temiz kömürlerin kül ve yanabilir verim ilişkisi de Şekil 6.74'de görülmektedir. Tablo 6.36 ve Şekil 6.74'den izleneceği üzere, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 20 lt/dt'lik kaldırma suyunun en uygun sonuçları verdiği gözlenmektedir. 20 lt/dk, bundan sonraki deneylerde optimum kaldırma suyu olarak seçilmiştir.

TABLO: 6.35. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 40 lt/dk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	47.9	7.82	60.1
	Araürün	22.5	25.38	22.9
	Artık	29.6	57.85	17.0
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	47.2	9.95	55.9
	Araürün	29.0	22.88	29.4
	Artık	23.8	53.12	14.7
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	41.1	8.75	48.3
	Araürün	22.0	19.95	22.7
	Artık	36.9	38.94	29.0
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştiri- lmis Sonuçlar	Temiz Kömür	44.9	8.78	53.9
	Araürün	24.1	22.20	24.7
	Artık	31.0	47.67	21.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

TABLO: 6.36 . -50+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyu Miktarına Bağlı Olarak Sonuçların Karşılaştırılması.

KALDIRMA SUYU MİKTARI lt/dk	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
0	Temiz Kömür	39.0	9.82	46.2
	Araürün	27.5	19.90	29.0
	Artık	33.6	43.95	24.8
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0
10	Temiz Kömür	42.8	9.20	51.2
	Araürün	25.3	20.89	26.3
	Artık	31.9	46.54	22.5
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0
20	Temiz Kömür	47.5	8.19	57.5
	Araürün	22.3	24.54	22.1
	Artık	30.2	48.70	20.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0
40	Temiz Kömür	44.9	8.78	53.9
	Araürün	24.1	22.20	24.7
	Artık	31.0	47.67	21.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0



ŞEKİL: 6.74. Soma Kömürünün -50+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyunun Ayırmaya Etkisi

Stripa ağır ortam aygıtında -100+50 mm boyut grubu da zenginleştirilmeyi çalışılmış, ancak laboratuvarda bulunan aygıtın gerek boyutları itibarıyla, gerekse ayırma plakasının yüksekliği 50-55 mm'den daha iri taneleri ayıramadığından başarılı olunamamıştır. Ancak diğer boyut gruplarından elde edilen verilen ışığında -100+50 mm boyut grubunun da stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilebileceği düşünölmektedir.

Ayrıca -10+1 mm boyut grubundaki Soma kömür numunesi, stripa ağır ortam aygıtına beslenmiş 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluklarıda zenginleştirmeye tabi tutulmuş, ancak olumlu bir sonuca ulaşılamamıştır. Gerek aygıtın teknik özellikleri, gerekse ayırıcı ortamın hareketliliği ve ayırma sırasında oluşan türbölans ve yüksek ortam viskozitesi nedeniyle -10 mm'nin altında hafif ve ağır ürünlerin oluşturduğu iki zonun elde edilmesi mümkün olmamaktadır.

6.4.3.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi

Sera kömür numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken aygıtın en uygun çalışma koşulları belirlenmiş ve bu koşullar sabit tutularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda sabit tutulan parametreler:

- Ortam yoğunluğu : 1.30 gr/cm^3
- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dk
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 dev/dk
- Ayırma plakası yüksekliği:
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Sera kömür numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken, -50+10 mm boyut grubundaki numune, -50+130, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarına ayrılarak üç farklı boyutta deneyler yapılmıştır. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 6.37'de sunulmuştur. Tablodan görüleceği üzere, - 50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 17.41 oranında bir temiz kömür, % 8.14 kül içeriği ve % 57.6 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Ayrıca -50+10 mm boyut grubu hiç bir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak stripa ağır ortam aygıtına beslenmiştir. Bu deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 6.38'de görülmektedir. Tablo 6.38'den izleneceği üzere girenin % 40.71'isi oranında %10.86 küllü bir temiz kömür % 50.1 yanabilir verimle elde edilmektedir. Tablo 6.37 ile 6.38 karşılaştırıldığında kömür numunesinin sık boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtına beslenmesi durumunda elde edilecek sonuçlar teorik değerlere daha çok yaklaşmaktadır.

TABLO: 6.37. -50+10 mm Boyut Grubunun Boyut Gruplarına Ayrılması Durumunda Elde Edilen Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	49.1	7.28	62.0
	Araürün	21.8	27.25	21.6
	Artık	29.1	58.65	16.4
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	51.0	9.44	60.7
	Araürün	26.0	25.28	25.6
	Artık	23.0	54.69	13.7
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.9	8.01	52.0
	Araürün	20.1	22.32	20.1
	Artık	36.0	39.86	27.9
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	47.5	8.19	57.5
	Araürün	22.3	24.54	22.1
	Artık	30.2	48.70	20.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

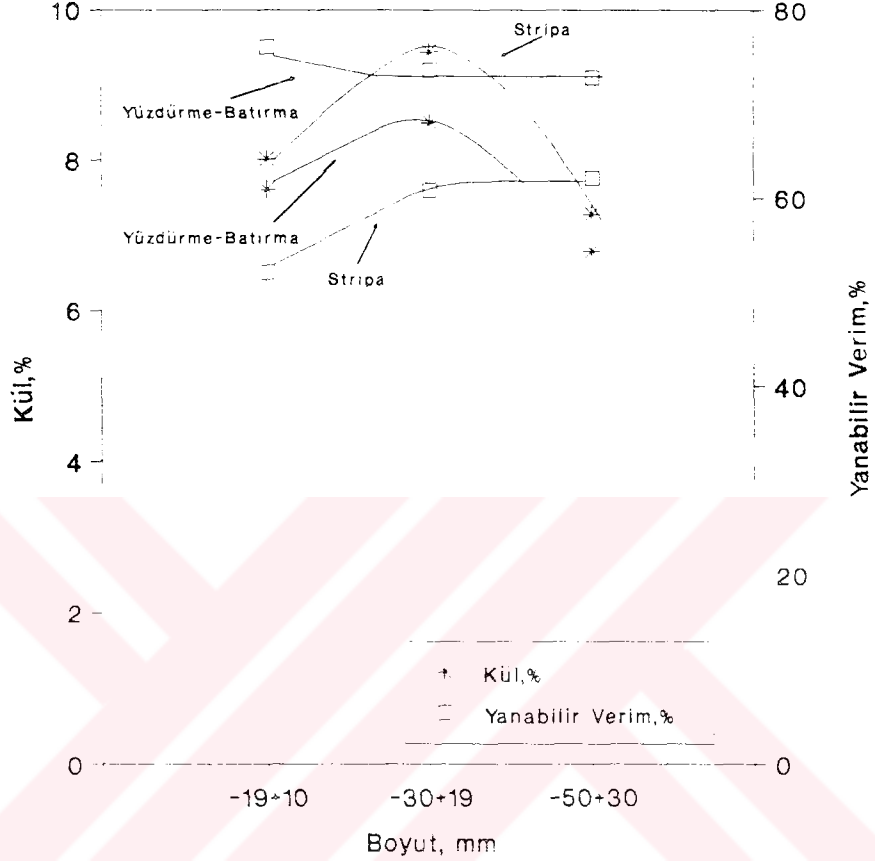
TABLO:6. 38.-50+10mm Boyut Grubunun boyutlandırmaya Tabi Tutulmadan Direkt Olarak Zenginleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Sonuçlar.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MIKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +10	Temiz Kömür	42.7	10.85	50.1
	Araürün	24.9	22.68	25.4
	Artık	32.4	42.56	24.5
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0

Tablo 6.38'da -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma ve stripa deneylerinin karşılaştırmalı gösterimi sunulmaktadır. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda elde edilen temiz kömürün miktarı % 51.1, külü % 7.59 yanabilir verimi ise % 74.4 olmaktadır. Aynı boyut grubunun stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilmesi durumunda en uygun koşullarda alınan kömürün miktarı % 47.5 külü 8.18 yanabilir verimi ise % 67.5 olmaktadır. Şekil 6.38'te ise tane boyutuna bağlı olarak yüzdürme-batırma ve stripadan elde edilen temiz kömürlerin kül-yanabilir verim ilişkisi görülmektedir.

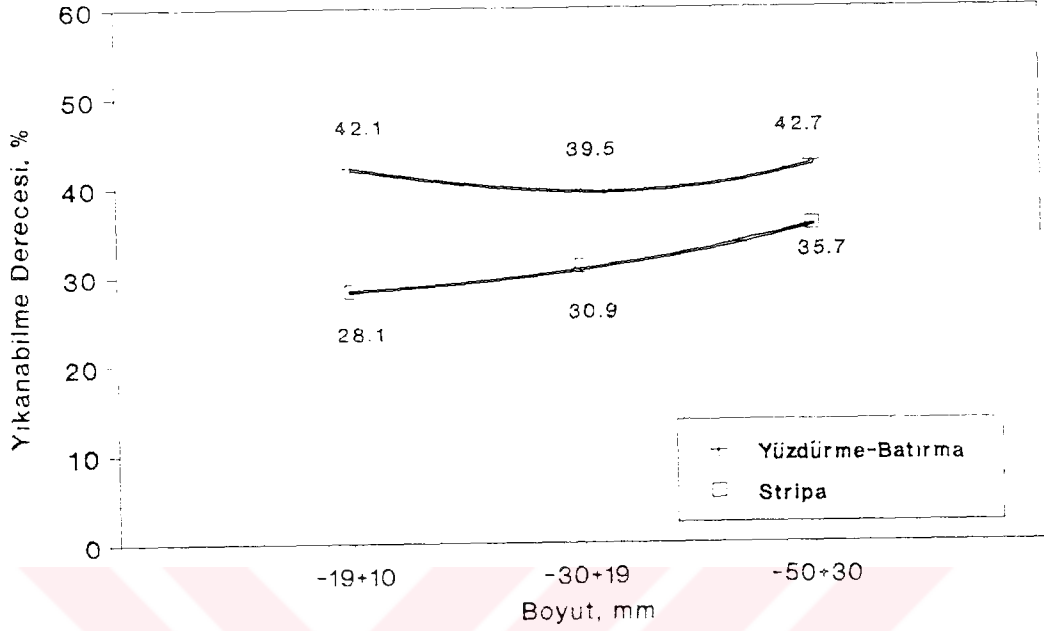
TABLO: 6.34. -50+10 mm Boyut Grubunda Yüzdürme-Batırma ve Stripadan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

BOYUT -mm-	YÜZDÜRME BATIRMA					STRİPA		
	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	57.3	6.79	72.7	Temiz Kömür	49.1	7.28	62.0
	Araürün	12.7	32.08	11.8	Araürün	21.8	27.25	21.6
	Artık	30.0	62.05	15.5	Artık	29.1	58.65	16.4
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0	TOPLAM	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	61.1	8.49	73.5	Temiz Kömür	51.0	9.44	60.7
	Araürün	16.9	31.05	15.4	Araürün	26.0	25.28	25.6
	Artık	22.0	61.52	11.1	Artık	23.0	54.69	13.7
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0	TOPLAM	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	63.9	7.61	76.0	Temiz Kömür	43.9	8.01	52.0
	Araürün	16.5	30.86	14.7	Araürün	20.1	22.32	20.1
	Artık	19.6	63.24	9.3	Artık	36.0	39.86	27.9
	TOPLAM	100.0	22.35	100.0	TOPLAM	100.0	22.35	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiştir Sonuçlar)	Temiz Kömür	61.1	7.59	74.4	Temiz Kömür	47.5	8.19	57.5
	Araürün	15.5	31.23	14.0	Araürün	22.3	24.54	22.1
	Artık	23.4	62.36	11.6	Artık	30.2	48.70	20.4
	TOPLAM	100.0	24.07	100.0	TOPLAM	100.0	24.07	100.0



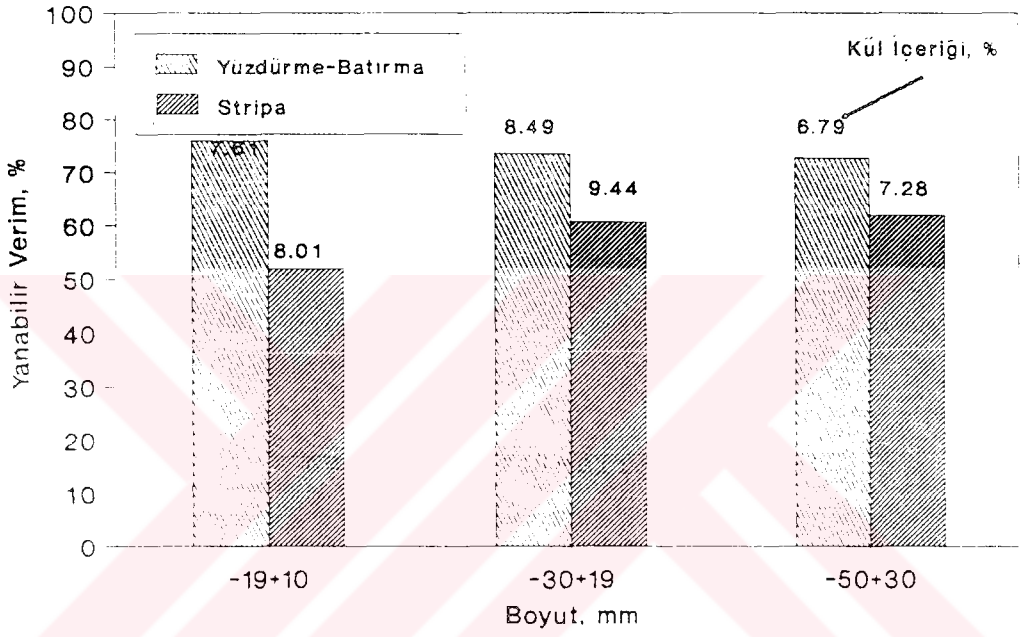
ŞEKİL: 6.75. Boyut Gruplarında Yapılan zenginleştirme Deneyi Sonuçlarının kül ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme-Batırma Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Ayrıca Sarkar tarafından geliştirilen formül uyarınca Soma kömür numunesinin boyuta bağlı olarak yıkanebilme dereceleri saptanmış ve Şekil 6.76'ya sunulmuştur.



ŞEKİL: 6.76. Boyuta Bağlı Olarak Yıkabilme Derece-
leri.

Şekil 6.76'da görüleceği üzere, 6.06 kömür numunesinin stripa ağır ortam aygıtında yıkanabildiği en uygun boyut aralıkları -50+30 ve -30+19 mm olmaktadır. Çünkü yıkanabilme dereceleri bu boyut gruplarında birbirine yakındır. Ayrıca stripadan elde edilen sonuçlar, yüzdürme-batırma değerleri ile karşılaştırıldığında yıkanabilme derecesi itibarıyla teorik değerlere en çok yaklaşan boyut grupları da -50+30 ve -30+19 mm'dir. Şekil 6.77'de ise boyut aralıklarında yapılan yüzdürme-batırma ve stripa ile zenginleştirme deneylerinden elde edilen sonuçların bar şeklinde gösterimi verilmiştir. Şekil 6.78'den de görüleceği üzere -50+30 mm ve -30+19 mm boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtında elde edilen temiz kömürler gerek kül, gerekse yanabilir verim değerleri bakımından yüzdürme-batırma değerlerine yaklaşmakla birlikte, -19+10 mm boyut grubunda ise bir sapma söz konusudur.



ŞEKİL: 6.77. Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Yüzdürme Batırma Sonuçlarının Bar Şeklinde Karşılaştırılmalı Gösterimi

6.4.4. Zonguldak Kömürünün Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirilmesi

6.4.4.1. Ortam Yoğunluğunun Ayırmaya Etkisi

Zonguldak kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya etkisi incelenirken aşağıdaki şartlar sabit tutulmuştur.

- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dt
- Besleme miktarı : 40 lt/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız: 370 dev/dak
- Ayırma plakası yüksekliği
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Zonguldak kömürünün zenginleştirilmesi amacıyla ortam yoğunlukları 1 gr/cm³(su ile ayırma), 1.30 gr/cm³ ve 1.45 gr/cm³'e ayarlanmış ve değişik boyut gruplarında hazırlanan numuneler ayrı ayrı stripa aygıtına beslenerek ürünler alınmıştır. Tablo 6.40'da 1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 6.41'de 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda, 6.42'de ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğunda yapılan zenginleştirme deneylerinin sonuçları sunulmuştur.

1 gr/cm³ ortam yoğunluğunda sadece ağır ortam konisinden beslenen su ve stripa aygıtına alttan verilen kaldırma suyu aracılığıyla ayırma yapılmıştır. Tablo 6.41'de görüldüğü gibi -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarının ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesi durumunda bu boyut gruplarının hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, -50+10 mm boyut grubunda, girenin % 21.6' oranında % 16.93 kül içeren bir temiz kömürün % 42.8 yanabilir verimle elde

edilebileceği anlaşılmıştır. Ayrıca girenin % 57'si oranında % 78.55 küllü bir artık % 29.2 yanabilir verimle atılabilmektedir.

TABLO: 6.42. 1 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	23.2	18.76	47.2
	Araürün	18.2	47.56	23.9
	Artık	58.6	80.31	28.9
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	22.8	16.45	45.6
	Araürün	20.4	45.86	26.4
	Artık	56.8	79.42	28.0
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	18.6	14.68	35.7
	Araürün	26.1	42.26	33.9
	Artık	55.3	75.54	30.4
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	21.6	16.93	42.8
	Araürün	21.3	45.04	27.9
	Artık	57.1	78.55	29.2
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğu elde etmek için 5 gr/cm³ yoğunluklu manyetit kullanılmıştır. Çok ince öğütülmüş (tamamı 75 um altı) manyetit in sudaki süspan-siyonuyla ağır ortam oluşturulmuştur. 100 kg manyetit 200 lt su ile karıştırılarak % 30 pülp te katı oranı elde edilmiş ve ağır ortam konisinde bu ağır ortam mal-zemesi biriktirilmiştir. Bu durumda süspan-siyon yoğun-luğu 1.30 gr/cm³ olarak ölçülmüş ve deneysel çalışmalar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmuştur. Tablo 6.41'de Zonguldak kömürünün -50+30 mm, -30+19 mm, -19+10mm boyut gruplarının 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda zengin-leştirilmesi durumunda elde edilen sonuçlar verilmiştir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuç-larından görüleceği üzere, girenin % 28.4'ü oranında bir temiz kömür % 10.22 kül içeriği ve % 60.9 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 50.6 yanabilir verimi % 16.3 ve kül içeriği % 33.55 olmaktadır.

Zonguldak kömürünün zenginleştirilmesinde ortam yoğun-luğunun ayırmaya etkisini araştırmak amacıyla yapılan bir diğer deney ise 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluğundan ger-çekleştirilmiştir. Bu ortam yoğunluğunu elde etmek için 100 kg manyetit 150 lt su ile karıştırılarak ağır ortam konisinde biriktirilmiştir. Bu süspan-siyonun yo-ğunluğu 1.45 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Deneysel çalış-malar sırasında bu yoğunluk değeri sabit tutulmaya ça-lışılmıştır. -50+30 mm, -30+19 mm ve -19+10mm boyut gruplarında hazırlanan Zonguldak kömür numunesi ayrı ayrı stripa ağır ortam aygıtında 1.45 gr/cm³ ortam yo-ğunluğunda zenginleştirmeye tabi tutulmuş ve bu deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 6.42'de veril-miştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubu-nun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 32.2'si oranında, % 13.07 küllü bir temiz kömür % 66.8 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 49.3 küllü % 37.65 ve yanabilir verimi % 14.5 olmaktadır.

TABLO: 6.41. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

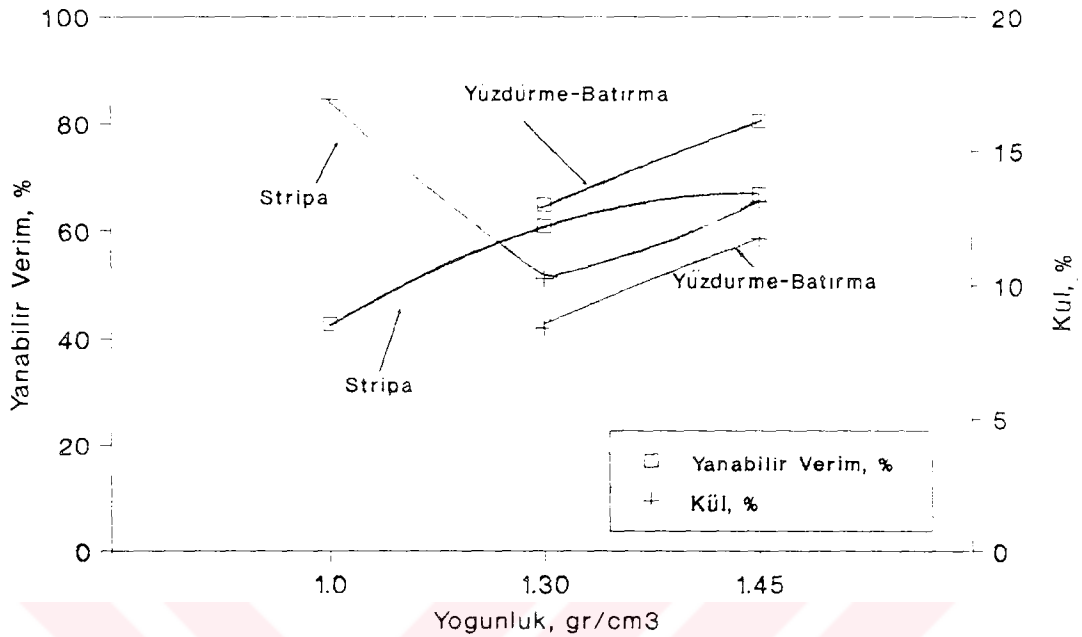
BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MIKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	31.2	10.74	69.7
	Araürün	23.4	67.09	19.3
	Artık	45.4	90.35	11.0
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	29.1	11.08	61.9
	Araürün	16.8	47.84	21.0
	Artık	54.1	86.80	17.1
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	24.2	8.42	49.8
	Araürün	21.5	40.86	28.6
	Artık	54.3	82.33	21.6
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	28.4	10.22	60.9
	Araürün	20.8	53.98	22.8
	Artık	50.8	86.55	16.3
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

TABLO: 6.42. 1.45 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MIKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	34.2	13.34	74.2
	Araürün	20.3	70.44	15.0
	Artık	45.5	90.56	10.8
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	32.1	13.76	66.3
	Araürün	15.6	48.92	19.1
	Artık	52.3	88.28	14.7
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	29.9	11.98	59.2
	Araürün	19.0	47.38	22.5
	Artık	51.1	84.05	18.3
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	32.2	13.07	66.8
	Araürün	18.5	57.61	18.7
	Artık	49.3	87.69	14.5
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

Zonguldak kömürünün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirilmesinde ortam yoğunluğunun ayırmaya olan etkisinin incelendiği deneyler sonucunda, kömürün ayırma ortamı olarak sadece suyun kullanıldığı (1 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda) durumda bile zenginleştirilebildiği anlaşılmıştır. Bunun nedeni ise gerek alttan verilen kaldırma suyunun ortamın görünür yoğunluğunu arttırması, gerekse özgül ağırlığı yüksek olan şistlerin teknenin alt kısmında, düşük olan temiz kömürün ise üst yer alarak boşalma ucuna doğru ilerlemesi ve ayırma plakasının üstünden ve altından ayrı ürünler halinde alınarak zenginleştirilmesidir. Ancak, stripa ile zenginleştirilme deneylerinden elde edilen sonuçlar yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, gerek miktar, gerek kül gerekse yanabilir verim bakımından gereken düzeylere ulaşılmadığı anlaşılmıştır (Şekil 6.78).

Şekil 6.78'den görüleceği üzere, 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda, $-50+10\text{mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 10.22 yanabilir verimi ise % 60.9'dur. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre ise (Şekil 6.62), 1.45 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması durumunda elde edilen temiz kömürün külü % 8.65, yanabilir verimi ise % 61.3 olmaktadır. Ortam yoğunluğunun 1.45 gr/cm^3 olarak seçilmesi durumunda, $-50+10 \text{ mm}$ boyut grubunun stripa ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen kömürün külü % 13.07, yanabilir verimi ise % 66.8'dir. Aynı boyut grubunun yüzdürme-batırma deneylerinden elde edilen sonuçlara göre 1.60 gr/cm^3 yoğunluğunda ayırma yapılması halinde elde edilen temiz kömürün külü % 11.72, yanabilir verimi ise % 60.4 olmaktadır. Stripa ağır ortam aygıtında, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında zenginleştirilmeleri sonucunda, düşük küllü bir kömürün ancak 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda alınabileceği saptanmıştır. Bundan sonraki deneyler 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir.



ŞEKİL: 6.78. Zonguldak Kömürü -50+10 mm Boyut Grubunun Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Zenginleştirmesinde Ortam Yoğunluğunun KÜL ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme Batırma Deneyleriyle Karşılaştırılması.

6.4.4.2. Kaldırma Suyu Miktarının Ayırmaya Etkisi

Numunenin stripa ile zenginleştirilmesi deneylerinde kaldırma suyunun etkisi incelenirken, kaldırma suyu miktarı 0 lt/dk. , 10 lt/dk, 20 lt/dk ve 90lt/dk olarak değiştirilmiştir. Deneyler sırasında aşağıdaki değerler sabit tutulmuştur.

- Ayırma yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 a/d
- Ayırma plakası yüksekliği: 50 mm(-50+30mm boyut grubu için)
30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve kaldırma suyu verilmeksizin yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları Tablo 6.43 'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi, -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, kaldırma suyu verilmeksizin girenin % 24.5' i oranında % 12.99 küllü bir temiz kömür % 50.9 yanabilir verimle kazanılabilmektedir. Deneyden elde edilen artığın miktarı % 51.6 külü % 83.99 , yanabilir verimi ise % 19.7 olmaktadır.

TABLO: 6.43. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda Kaldırma Suyu Verilmeksizin Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	27.5	12.84	60.0
	Araürün	25.0	58.79	25.8
	Artık	47.5	88.09	14.2
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	24.8	13.25	51.5
	Araürün	20.0	44.36	26.6
	Artık	55.2	83.45	21.9
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	20.4	12.95	39.9
	Araürün	26.1	39.21	35.7
	Artık	53.5	79.72	24.4
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	24.5	12.99	50.9
	Araürün	23.9	48.47	29.4
	Artık	51.6	83.98	19.7
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

10 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde elde edilen deneysel sonuçlar ise Tablo 6.44'de verilmektedir. -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre, girenin % 26'sı oranında bir temiz kömür % 11,93 kül ve % 54,7 yanabilir verimle elde edilmektedir. Deneyden alınan artığın miktarı % 51,4 külü % 85,37 yanabilir verimi ise % 17,9 olmaktadır.

TABLO: 6.44. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 10 lt/dk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyinin Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	29.4	12.03	64.8
	Araürün	23.8	60.89	23.3
	Artık	46.8	89.84	11.9
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	25.9	12.57	54.2
	Araürün	19.3	41.29	27.1
	Artık	54.8	85.75	18.7
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	21.8	11.05	43.6
	Araürün	24.4	40.95	32.4
	Artık	53.8	80.16	24.0
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar)	Temiz Kömür	26.0	11.93	54.7
	Araürün	22.6	49.19	27.4
	Artık	51.4	85.37	17.9
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda ve 20 lt/dk'lık kaldırma suyu verilerek yapılan deneylere ait sonuçlar Tablo 6.44'de sunulmuştur. Tablodan görüldüğü gibi 20 lt/dk kaldırma suyu ilavesinde elde edilen temiz kömür miktarı % 28.4, külü % 10.22 yanabilir verimi ise % 60.9 olmaktadır.

40 lt/dk kaldırma suyu verilerek, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda stripa ağır ortam aygıtında yapılan zenginleştirme deneyinin sonuçları da Tablo 6.45'de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 27.2'si oranında, % 11.13 küllü bir temiz kömür % 57.7 yanabilir verimle kazanılmaktadır.

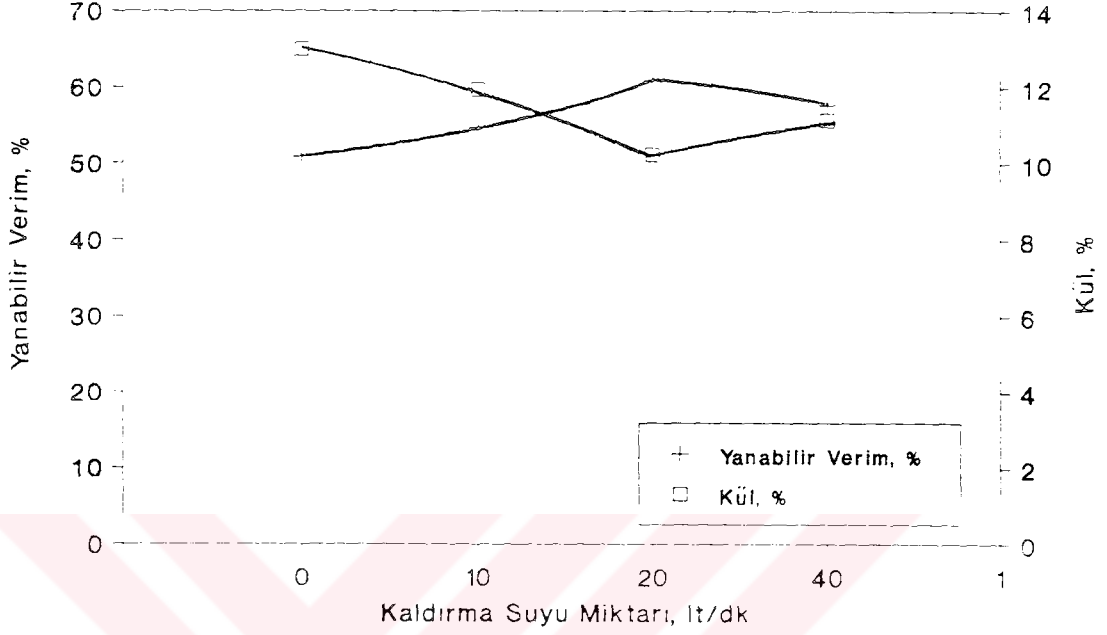
Zorullardaki kömürün stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmesinde kaldırma suyunun etkisinin karşılaştırılması olarak gösterimi de Tablo 6.46'da sunulmuştur. Ayrıca: kaldırma suyu değişimine bağlı olarak, -50+10mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre elde edilen temiz kömürlerin kül ve yanabilir verim ilişkisi de Şekil 6.79'da görülmektedir. Tablo 6.46 ve Şekil 6.79'dan izleneceği üzere, 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda 20 lt/dt'lik kaldırma suyunun en uygun sonuçları verdiği gözlenmektedir. 20 lt/dk, bundan sonraki deneylerde optimum kaldırma suyu olarak seçilmiştir.

TABLO: 6.45. 1.30 gr/cm³ Ortam Yoğunluğunda 40 lt/dk Kaldırma Suyu Verilerek Yapılan Zenginleştirme Deneyi Sonuçları.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	30.5	11.54	67.6
	Araürün	24.6	65.12	21.5
	Artık	44.9	90.26	11.0
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	27.2	11.98	57.3
	Araürün	19.2	46.12	24.8
	Artık	53.6	86.02	17.9
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	23.1	9.51	47.0
	Araürün	22.7	40.52	30.4
	Artık	54.2	81.43	22.6
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	27.2	11.13	57.7
	Araürün	22.4	52.52	25.4
	Artık	50.4	85.93	16.9
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

TABLO: 6.46. -50+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyu Miktarına Bağlı Olarak Sonuçların Karşılaştırılması.

KALDIRMA SUYU MIKTARI (lt/dk)	ÜRÜNLER	MIKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
0	Temiz Kömür	24.5	12.99	50.9
	Araürün	23.9	48.47	29.4
	Artık	51.6	83.98	19.7
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0
10	Temiz Kömür	26.0	11.93	54.7
	Araürün	22.6	49.19	27.4
	Artık	51.4	85.37	17.9
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0
20	Temiz Kömür	28.4	10.22	60.9
	Araürün	20.8	53.98	22.8
	Artık	50.8	86.55	16.3
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0
40	Temiz Kömür	27.2	11.13	57.7
	Araürün	22.4	52.52	25.4
	Artık	50.4	85.93	16.9
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0



ŞEKİL: 6.79. Zonguldak Kömürü'nün -80+10 mm Boyut Grubunun Zenginleştirilmesinde Kaldırma Suyunun Ayırmaya Etkisi

Stripa ağır ortam aygıtında -100+50 mm boyut grubu da zenginleştirilmeyi çalışılmış, ancak laboratuvarda bulunan aygıtın gerek boyutları itibarıyla, gerekse ayırma plakasının yüksekliği 50-55 mm'den daha iri taneleri ayıramadığından başarılı olunamamıştır. Ancak diğer boyut gruplarından elde edilen verilerin ışığında -100+50 mm boyut grubunun da stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilebileceği düşünülmektedir.

Ayrıca -10+1 mm boyut grubundaki Zonguldak Kömürü'nün stripa ağır ortam aygıtına beslenmiş 1.30 gr/cm^3 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunlukları ile zenginleştirmeye tabi tutulmuş, ancak olumlu bir sonuca ulaşılamamıştır. Gerek aygıtın teknik özellikleri, gerekse ayırıcı ortamın hareketliliği ve ayırma sırasında oluşan türbülans ve yüksek ortam viskozitesi nedeniyle -10 mm'nin altında hafif ve ağır ürünlerin oluşturduğu iki zonu elde edilmesi mümkün olmamaktadır.

6.4.4.3. Tane Boyutunun Ayırmaya Etkisi

Zonguldak kömüründe tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken aygıtın en uygun çalışma koşulları belirlenmiş ve bu koşullar sabit tutularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda sabit tutulan parametreler:

- Ortam yoğunluğu : 1.30 gr/cm^3
- Kaldırma suyu miktarı : 20 lt/dk
- Besleme miktarı : 40 kg/dk
- Genlik : 15 mm
- Hız : 370 dev/dk
- Ayırma plakası yüksekliği:
 - 50 mm(-50+30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30+19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19+10 mm boyut grubu için)

Zonguldak numunesinde tane boyutunun ayırmaya etkisi incelenirken, -50+10 mm boyut grubundaki numune, -50+130, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarına ayrılarak üç farklı boyutta deneyler yapılmıştır. Bu deneylere ait sonuçlar Tablo 6.47'de sunulmuştur. Tablodan görüleceği üzere, - 50+10 mm boyut grubunun hesaben birleştirilmiş sonuçlarına göre girenin % 25.4'ü oranında bir temiz kömür % 10.22 kül içeriği ve % 50.9 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Ayrıca -50+10 mm boyut grubu hiç bir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak stripa ağır ortam aygıtına beslenmiştir. Bu deneyden elde edilen sonuçlar Tablo 6.48'de görülmektedir. Tablo 6.48'den izleneceği üzere girenin % 25.3'ü oranında % 24.31 küllü bir temiz kömür % 45.6 yanabilir verimle elde edilmektedir. Tablo 6.47 ile 6.48 karşılaştırıldığında kömür numunesinin sık boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtına beslenmesi durumunda elde edilecek sonuçlar teorik değerlere daha çok yaklaşmaktadır.

TABLO: 6.47. -50+10 mm Boyut Grubunun Boyut Gruplarına Ayrılması Durumunda Elde Edilen Zenginleştirme Deneyi Sonuçları

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	31.2	10.74	69.7
	Araürün	23.4	67.09	19.3
	Artık	45.4	90.35	11.0
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	29.1	11.08	61.9
	Araürün	16.8	47.84	21.0
	Artık	54.1	86.80	17.1
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	24.2	8.42	49.8
	Araürün	21.5	40.86	28.6
	Artık	54.3	82.33	21.6
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiş Sonuçlar	Temiz Kömür	28.4	10.22	60.9
	Araürün	20.8	53.98	22.8
	Artık	50.8	86.55	16.3
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

TABLO:6.48.-50+10mm Boyut Grubunun boyutlandırmaya Tabi Tutulmadan Direkt Olarak Zenginleştirilmesi Durumunda Elde Edilen Sonuçlar.

BOYUT -mm-	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +10	Temiz Kömür	25.3	24.51	45.6
	Araürün	30.9	61.35	28.5
	Artık	43.8	75.21	25.9
	TOPLAM	100.0	58.10	100.0

Tablo 6.49'da -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma ve stripa deneylerinin karşılaştırmalı gösterimi sunulmaktadır. Tablodan görüldüğü üzere -50+10 mm boyut grubunun yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda elde edilen temiz kömürün miktarı % 25.3, külü % 24.51, yanabilir verimi ise % 45.6 olmaktadır. Aynı boyut grubunun stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilmesi durumunda en uygun koşullarda alınan kömürün miktarı % 25.3, külü 24.51, yanabilir verimi ise % 45.6 olmaktadır. Şekil 6.50'de ise tane boyutuna bağlı olarak yüzdürme-batırma ve stripadan elde edilen temiz kömürlerin kül-yanabilir verim ilişkisi görülmektedir.

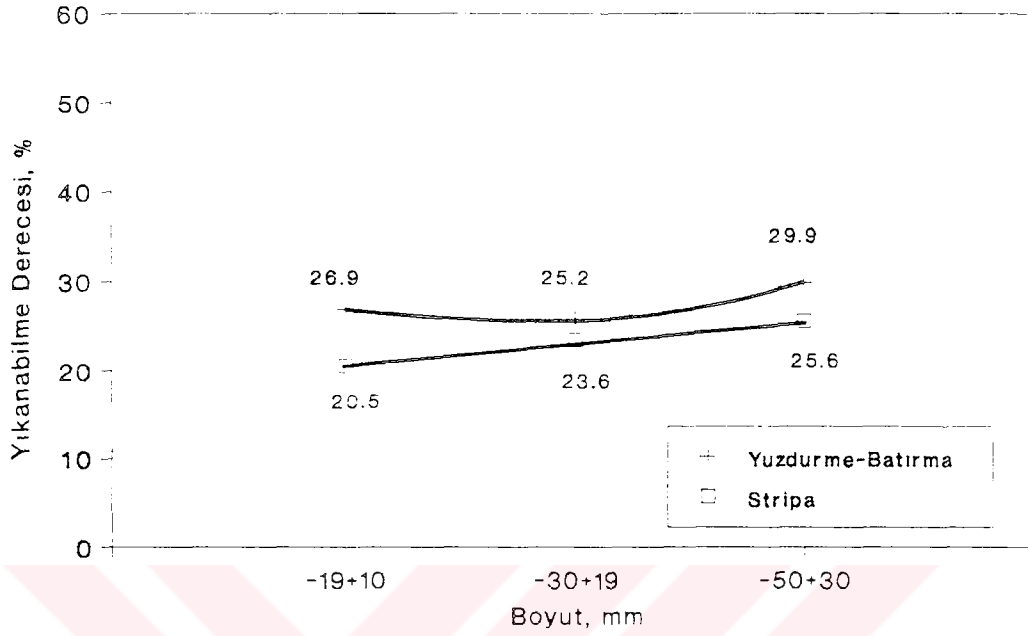
TABLO: 6.49. -50+10 mm Boyut Grubunda Yüzdürme-Batırma ve Stripadan Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

BOYUT -mm -	YÜZDÜRME BATIRMA					STRİPA		
	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)	ÜRÜNLER	MİKTAR (%)	KÜL (%)	YANABİLİR VERİM (%)
-50 +30	Temiz Kömür	36.8	11.21	81.8	Temiz Kömür	31.2	10.74	69.7
	Araürün	2.9	35.29	4.7	Araürün	23.4	67.09	19.3
	Artık	60.3	91.08	13.5	Artık	45.4	90.35	11.0
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0	TOPLAM	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	29.2	8.03	64.3	Temiz Kömür	29.1	11.08	61.9
	Araürün	12.4	29.47	20.9	Araürün	16.8	47.84	21.0
	Artık	58.4	89.42	14.8	Artık	54.1	86.80	17.1
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0	TOPLAM	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	31.8	8.58	65.4	Temiz Kömür	24.2	8.42	49.8
	Araürün	12.8	29.82	20.2	Araürün	21.5	40.86	28.6
	Artık	55.4	88.42	14.4	Artık	54.3	82.33	21.6
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0	TOPLAM	100.0	55.53	100.0
-50 +10 (Birleştirilmiştir Sonuçlar)	Temiz Kömür	33.0	9.58	71.2	Temiz Kömür	28.4	10.22	60.9
	Araürün	8.8	30.37	14.6	Araürün	20.8	53.98	22.8
	Artık	58.2	89.79	14.2	Artık	50.8	86.55	16.3
	TOPLAM	100.0	58.09	100.0	TOPLAM	100.0	58.10	100.0



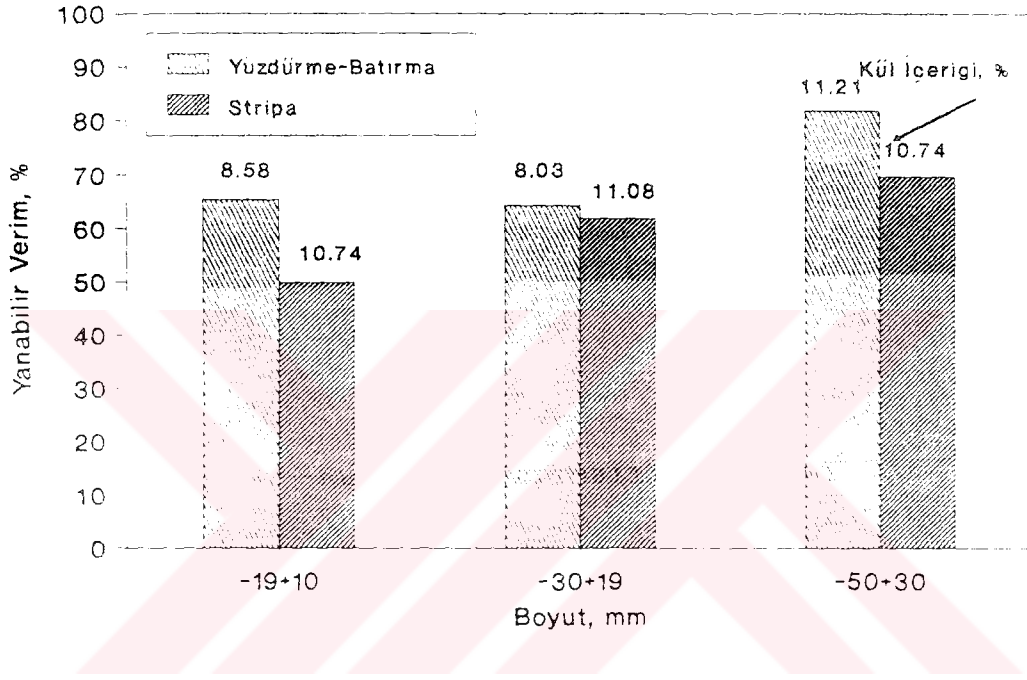
ŞEKİL: 6.80. Boyut Gruplarında Yapılan zenginleştirme Deneyi Sonuçlarının kül ve Yanabilir Verim Bakımından Yüzdürme-Batırma Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Ayrıca Sarkar tarafından geliştirilen formül uyarınca Zonguldak kömürünün boyuta bağlı olarak yıkanabilme dereceleri saptanmış ve Şekil 6.81'de sunulmuştur.



ŞEKİL: 6.81. Boyuta Bağlı Olarak Yıkabilme Derece-leri.

Şekil 6.81'den görüleceği üzere longitudinal kömür-ün stripa ağır ortam aygıtında yıkanabildiği en uygun boyut aralıkları -50+30 ve -30+19 mm olmaktadır. Çünkü yıkanabilme dereceleri bu boyut gruplarında birbirine yakındır. Ayrıca stripadan elde edilen sonuçlar, yüzdürme-batırma değerleri ile karşılaştırıldığında yıkanabilme derecesi itibarıyla teorik değerlere en çok yaklaşan boyut grupları da -50+30 ve -30+19 mm'dir. Şekil 6.82'de ise boyut aralıklarında yapılan yüzdürme-batırma ve stripa ile zenginleştirme deneylerinden elde edilen sonuçların bar şeklinde gösterimi verilmiştir. Şekil 6.82'den de görüleceği üzere -50+30 mm ve -30+19 mm boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtında elde edilen temiz kömürler gerek kül, gerekse yanabilir verim değerleri bakımından yüzdürme-batırma değerlerine yaklaşmakla birlikte, -19+10 mm boyut grubunda ise bir sapma söz konusudur.



ŞEKİL: 6.92. Stripa Ağır Ortam Aygıtı İle Yüzdürme Batırma Sonuçlarının Bar Şeklinde Karşılaştırılmalı Gösterimi

6.5. Zenginleştirme Kademe Sayısı

Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmeye tabi tutulan Keles, Saray ve Soma bölgesi linyit kömürleri ile Zonguldak Taşkömürü numunelerinde tane boyutuna bağlı olarak zenginleştirme kademe sayıları da saptanmıştır.

Zenginleştirme kademe sayısı tesbitinde aşağıdaki çalışma koşulları sabit tutulmuştur:

- Ortam Yoğunluğu : 1.30 gr/cm³
- Kaldırma Suyu Miktarı : 20 lt/dk
- Besleme Miktarı : 40 kg/dk
- Genlik 15 mm
- Hız 370 d/d
- Ayırma plakası yüksekliği:
 - 50 mm(-50 + 30 mm boyut grubu için)
 - 30 mm(-30 + 19 mm boyut grubu için)
 - 20 mm(-19 + 10 mm boyut grubu için)

6.5.1. Keles Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti

Keles kömürünün -50 + 30 mm, -30+19mm, ve -19 + 10 mm boyut gruplarında zenginleştirme kademe sayısı tesbit edilmiştir.

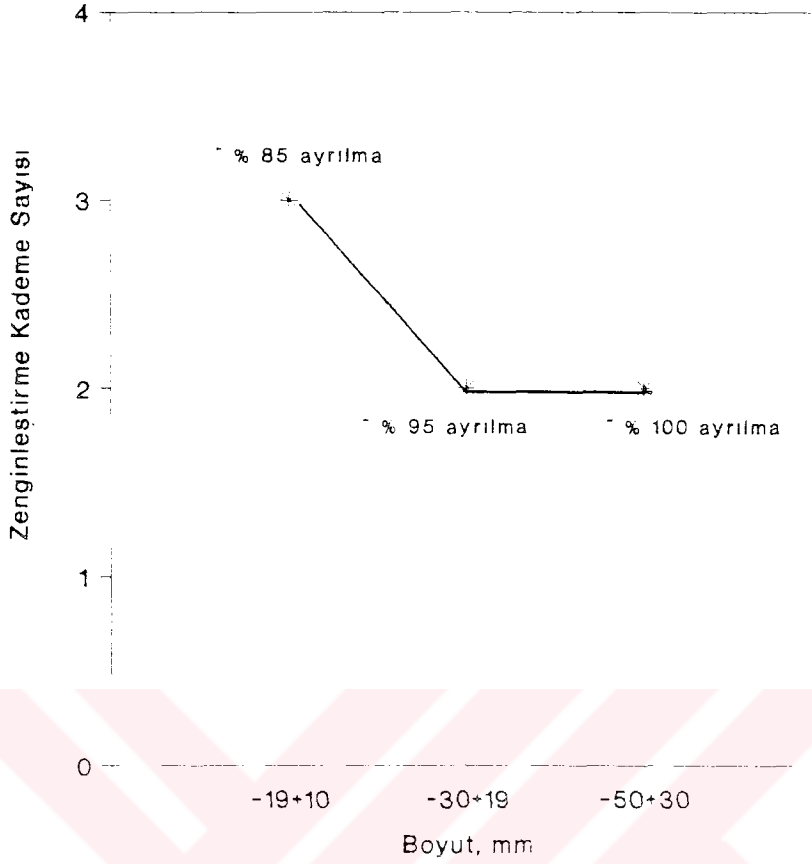
Zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için Keles kömürünün - 50+30mm boyut grubunun 1.30 gr/cm³ yoğunlukta yüzen % 12.48 küllü ve 1.270 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömürüyle, tane boyutu, -50+30 mm arasında olan % 91.08 küllü ve 2.64 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile hazırlanan yapay karışım kullanılmıştır. Deney numunesi % 60 temiz kömür ve % 40 kumtaşı oranlarında karıştırılarak stripaya beslenmiştir. Deney sırasında ilk kademede temiz kömür alınarak

ayrılmış ve daha sonraki kademelerde temiz kömürün yaklaşık % 80-85' i artıktan ayrılınca kadar; artık malzemesi stripaya beslenmiştir. Bu boyut grubunda 2. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömürün tamamına yakınının artıktan ayrıldığı tesbit edilmiştir.

- 30 + 19 mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için Keles kömürünün 1.30 gr/cm³ yoğunlukta yüzen %13.27 küllü ve 1.275 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömür % 89.42 küllü, 2.63 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60+ % 40 oranlarında karıştırılmış ve stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. - 30 + 19 mm boyut grubunda da iki kademe zenginleştirme sonucunda temiz kömür ve artık yaklaşık % 95 oranında birbirinden ayrılmıştır.

- 19 + 10 mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısı tesbiti için 1.30 gr/cm³ yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyinden elde edilen % 15.21 küllü ve 1.28 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömür, % 88.42 küllü ve 2.62 özgül ağırlıklı kumtaşı ile yine % 60+ % 40 oranında karıştırılmış ve aygıtta ayırmaya tabi tutulmuştur. Ayırma plakası üzerinden alınan ürüne iki kez daha zenginleştirme uygulanmış ve % 80-85 oranında ayırma sağlanmıştır.

Şekil 6.83'de Keles kömüründe boyuta bağlı olarak zenginleştirme kademe sayıları verilmektedir.



ŞEKİL: 6.83. Keles Kömüründen Boyuta Bağlı Olarak Zenginleştirme Kademe Sayısı

6.5.2. Saray Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti

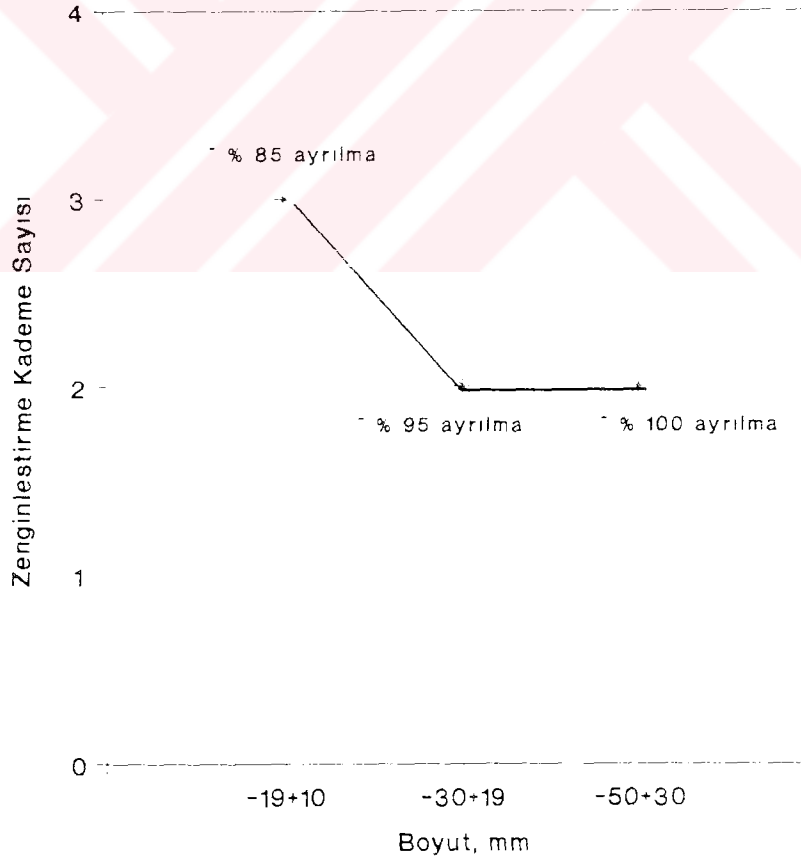
Saray kömürünün -50+30 mm boyut grubunun 1.30 gr/cm^3 yoğunlukta yüzen % 13.74 küllü ve 1.270 gr/cm^3 özgül ağırlıklı temiz kömürüyle, tane boyutu -50+30 mm arasında olan % 91.08 küllü ve 2.64 gr/cm^3 özgül ağırlıklı kumtaşı ile hazırlanan yapay karışım kullanılmıştır. Deney numunesi % 60 temiz kömür ve 40 kumtaşı oranlarında karıştırılarak stripaya beslenmiştir. Bu boyut grubunda 2. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömürün tamamına yakınının artıktan ayrıldığı tesbit edilmiştir.

-30 + 19 mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için Saray kömürünün 1.30 gr/cm^3 yoğunlukta yüzen % 18.14 küllü ve 1.275 özgül ağırlıklı

temiz kömür % 89.42 kül içerikli ve 2.63 gr/cm^3 özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60 + % 40 oranlarında karıştırılmış ve stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirilmeye tabi tutulmuştur. bu boyut grubunda temiz kömür ile artık yaklaşık % 95 oranında birbirinden ayrılmıştır.

- 19 + 10 mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısı tesbiti için: 1.30 gr/cm^3 yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyinden elde edilen % 18.04 kül içerikli ve 1.275 gr/cm^3 özgül ağırlıklı temiz kömür % 88.42 küllü ve 2.62 gr/cm^3 özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60+%40 oranlarında karıştırılmış ve 3. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömür artıktan % 80-85 oranında ayrılmıştır.

Şekil 6.84'de Saray Kömüründe boyuta bağlı olarak zenginleştirme kademe sayıları verilmektedir.



ŞEKİL: 6.84. Saray Kömüründe Boyuta Bağlı Olarak Zenginleştirme Kademe Sayısı

6.5.3. Soma Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti

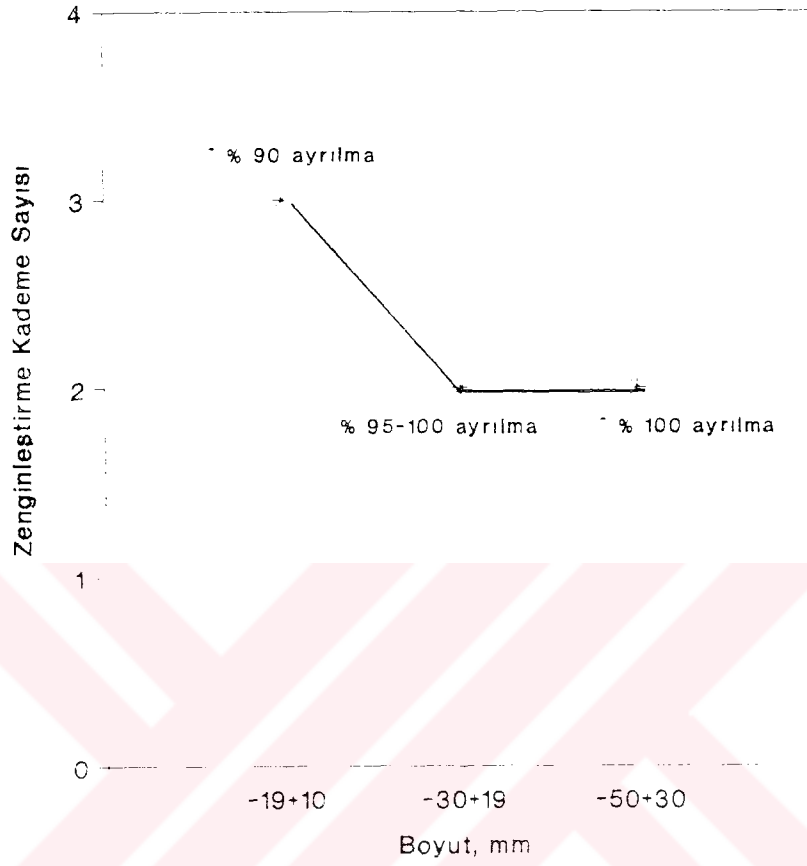
Soma kömürünün -50+30mm , -30+10mm ve -19+10mm boyut gruplarında zenginleştirme kademe sayısı saptanmıştır.

Soma kömürünün -50+30mm boyut grubunun 1.45 gr/cm³ yoğunlukta yüzen % 6.79 küllü ve 1.35 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömürüyle, tane boyutu -50+30mm arasında olan % 91.08 küllü ve 2.64 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile hazırlanan yapay karışım kullanılmıştır. Deney numunesi % 60 temiz kömür ve % 40 kumtaşı oranlarında karıştırılarak stripaya beslenmiştir. Bu boyut grubunda 2. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömürün tamamına yakınının artıktan ayrıldığı tesbit edilmiştir.

-30+19mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için Soma kömürünün 1.45 gr/cm³ yoğunlukta yüzen % 8.49 küllü ve 1.36 özgül ağırlıklı temiz kömür, % 89.42 kül içerikli ve 2.63 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60+%40 oranlarında karıştırılmış ve stripe ağır ortam aygıtında zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Bu boyut grubunda temiz kömür ile artık yaklaşık % 95-100 oranında birbirinden ayrılmıştır.

-19+10mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısı tesbiti için:1.45 gr/cm³ yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyinden elde edilen % 7.61 kül içerikli ve 1.355 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömür, %88.42 küllü ve 2.62 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60+% 40 oranlarında karıştırılmış ve 3. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömür artıktan % 85-90 oranında ayrılmıştır.

Şekil 6.85'de Soma kömüründe boyuta bağlı olarak zenginleştirme kademe sayıları verilmektedir.



ŞEKİL: 6.85. Soma Kömüründe Boyuta Bağlı Olarak Zenginleştirme Kademe Sayısı

6.5.4. Zonguldak Kömüründe Zenginleştirme Kademe Sayısı Tesbiti

Zonguldak kömürünün -50+30mm , -30+19mm ve -19+10mm boyut gruplarında zenginleştirme kademe sayısı saptanmıştır.

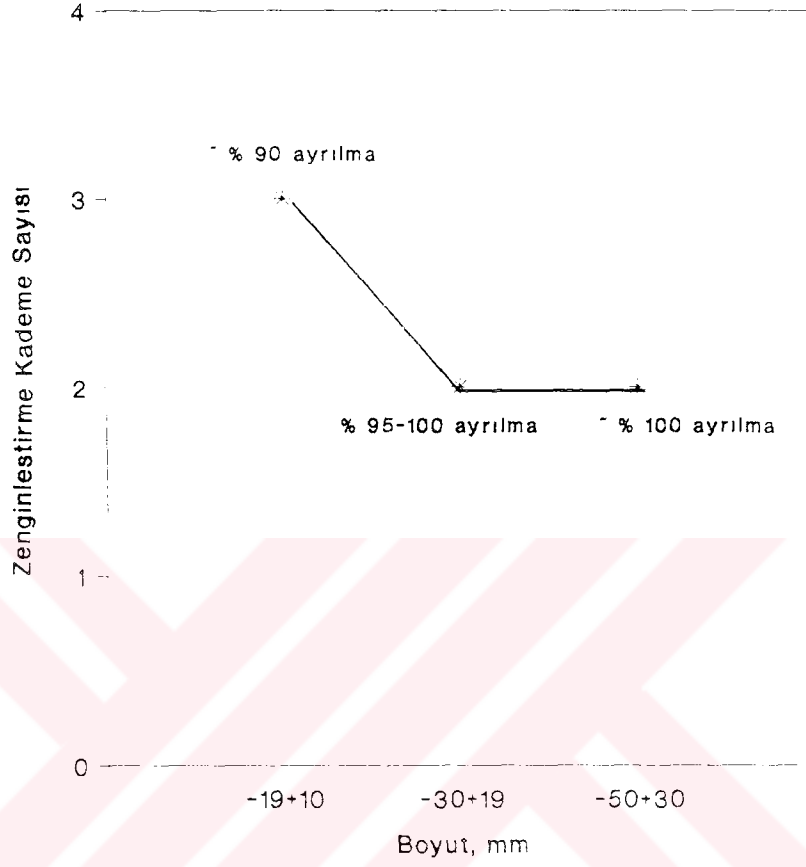
Zonguldak kömürünün -50+30mm boyut grubunun 1.45 gr/cm³ yoğunlukta yüzen 8.53 küllü ve 1.36 gr/cm³ özgül ağırlıklı temiz kömürüyle, tane boyutu -50+30mm arasında olan % 91.08 küllü ve 2.64 gr/cm³ özgül ağırlıklı kumtaşı ile hazırlanan yapay karışım kullanılmıştır.

Deney numunesi % 60 temiz kömür ve % 40 kumtaşı oranlarında karıştırılarak stripaya beslenmiştir. Bu boyut grubunda 2. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömürün tamamına yakınının artıktan ayrıldığı tesbit edilmiştir.

-30+19mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için Zonguldak kömürünün 1.45 gr/cm^3 yoğunlukta yüzen % 8.03 küllü ve $1.38 \text{ özgül ağırlıklı}$ temiz kömür, % 89.42 kül içerikli ve 2.63 gr/cm^3 özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60 + % 40 oranlarında karıştırılmış ve stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirmeye tabi tutulmuştur. Bu boyut grubunda temiz kömür ile artık yaklaşık % 95-100 oranında birbirinden ayrılmıştır.

-19+10mm boyut grubunda zenginleştirme kademe sayısı tesbiti için 1.45 gr/cm^3 yoğunluğunda yapılan yüzdürme-batırma deneyinden elde edilen % 8.59 kül içerikli ve 1.36 gr/cm^3 özgül ağırlıklı temiz kömür, % 86.42 küllü ve 2.62 gr/cm^3 özgül ağırlıklı kumtaşı ile % 60+%40 oranlarında karıştırılmış ve 3. kademe zenginleştirme sonucu temiz kömür artıktan % 85-90 oranında ayrılmıştır.

Şekil 6.86'da Zonguldak kömüründe boyuta bağlı olarak zenginleştirme kademe sayıları verilmektedir.



ŞEKİL: 6.86. Zonguldak Kömüründe Boyuta Bağlı Olarak Zenginleştirme Kademe Sayısı

6.6. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Ayırma Performansının İncelenmesi

Deneyssel çalışmaların gerçekleştirildiği stripa ağır ortam aygıtının ayırma performansı bu bölümde incelenmiştir.

Çalışmalarda kullanılan Keles, Saray, Soma bölgelerine ait linyit ile Zonguldak taşkömürü numunelerinin -50+30, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarında yapılan zenginleştirme deneylerinde en uygun koşullarda elde edilen temiz kömür ve artık ürünlerine uygulanan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda çizilen Tromp eğrileriyle hata faktörü değerleri (E_p) hesaplanmıştır. Aygıt ile zenginleştirme sırasında elde edilen araürünler ise temiz kömüre ve artığa katılarak iki ayrı E_p değeri elde edilmiştir ($E_{p_{min}}$ ve $E_{p_{max}}$). Ayrıca bulunan bu E_p değerlerine karşılık, d_{50} ayırma yoğunlukları da saptanmıştır.

Tablo 6.50'de Keles, 6.51'de Saray, 6.52'de Soma ve 6.53'de ise Zonguldak kömürlerinin stripa ağır ortam aygıtı ile -50+30, -30+19 ve -19+10 mm boyut gruplarında yapılan zenginleştirme sonucu elde edilen araürünlerin temiz kömüre ve artığa katılmaları durumunda bulunan (tablolardan izleneceği üzere) deneyssel veriler verilmektedir. Keles, Saray ve Soma kömürlerinden elde edilen araürünlerin kül içerikleri temiz kömür kül içeriğine daha yakın olduğundan, araürünlerin temiz kömüre katılması durumunda elde edilen E_p değerleri daha düşük olmaktadır. Zonguldak taşkömüründe ise elde edilen araürünlerin kül içerikleri artık kül içeriğine daha yakın olduğundan, araürünün temiz kömüre katılması durumunda E_p değerleri yükselmektedir.

TABLO: 6.50. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Performansının İncelenmesi Amacıyla Hazırlanan Keles Kömürünün Analiz Sonuçları

BOYUT (mm)	ÜRÜNLER	Araürünün Artığa Katılması			Araürünün Temiz Kömüre Katılması		
		Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%	Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%
-50 +30	Temiz Kömür	56.4	13.46	65.8	86.4	18.13	95.3
	Artık	43.6	41.74	34.2	13.6	74.46	4.7
	TOPLAM	100.0	25.79	100.0	100.0	25.79	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	53.7	14.12	64.0	82.3	18.63	92.9
	Artık	46.3	43.90	36.0	17.7	71.07	7.1
	TOPLAM	100.0	27.91	100.0	100.0	27.91	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	47.4	14.37	53.5	81.7	18.42	90.5
	Artık	52.6	37.20	46.5	18.3	61.92	9.5
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0	100.0	26.38	100.0

TABLO: 6.51. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Performansının İncelenmesi Amacıyla Hazırlanan Saray Kömürünün Analiz Sonuçları

BOYUT (mm)	ÜRÜNLER	Araürünün Artığa Katılması			Araürünün Temiz Kömüre Katılması		
		Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%	Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%
-50 +30	Temiz Kömür	61.3	13.21	69.6	86.3	16.40	94.3
	Artık	38.7	39.88	30.4	13.7	68.45	5.7
	TOPLAM	100.0	23.53	100.0	100.0	23.53	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	60.0	15.30	68.3	86.8	19.51	93.8
	Artık	40.0	40.93	31.7	13.2	65.24	6.2
	TOPLAM	100.0	25.55	100.0	100.0	25.55	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	49.9	15.24	57.2	80.1	20.29	86.3
	Artık	50.1	36.84	42.8	19.9	49.27	13.7
	TOPLAM	100.0	26.06	100.0	100.0	26.06	100.0

TABLO: 6.52. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Performansının İncelenmesi Amacıyla Hazırlanan Soma Kömürünün Analiz Sonuçları

BOYUT (mm)	ÜRÜNLER	Araürünün Artığa Katılması			Araürünün Temiz Kömüre Katılması		
		Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%	Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%
-50 +30	Temiz Kömür	49.1	7.28	62.0	70.9	13.42	83.6
	Artık	50.9	45.20	38.0	29.1	58.65	16.4
	TOPLAM	100.0	26.58	100.0	100.0	26.58	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	51.0	9.44	60.7	77.0	14.79	86.3
	Artık	49.0	39.09	39.3	23.0	54.69	13.7
	TOPLAM	100.0	23.97	100.0	100.0	23.97	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	43.9	8.01	52.0	64.0	12.50	72.1
	Artık	56.1	33.57	48.0	36.0	39.86	27.9
	TOPLAM	100.0	26.38	100.0	100.0	26.38	100.0

TABLO: 6.53. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Performansının İncelenmesi Amacıyla Hazırlanan Zonguldak Taşkömürünün Analiz Sonuçları

BOYUT (mm)	ÜRÜNLER	Araürünün Artığa Katılması			Araürünün Temiz Kömüre Katılması		
		Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%	Miktar (%)	Kül (%)	Yanab. Verim,%
-50 +30	Temiz Kömür	31.2	10.74	69.7	54.6	34.89	89.0
	Artık	68.8	82.44	30.3	45.4	90.35	11.0
	TOPLAM	100.0	60.07	100.0	100.0	60.07	100.0
-30 +19	Temiz Kömür	29.1	11.08	61.9	45.9	24.53	82.9
	Artık	70.9	77.57	38.1	54.1	86.80	17.1
	TOPLAM	100.0	58.22	100.0	100.0	58.22	100.0
-19 +10	Temiz Kömür	24.2	8.42	49.8	45.7	23.69	78.4
	Artık	75.8	70.57	50.2	54.3	82.33	21.6
	TOPLAM	100.0	55.53	100.0	100.0	55.53	100.0

Tablo 6.54'te deneysel çalışmalarda kullanılan değişik kömürlerde boyuta bağlı olarak hesaplanmış Ep değerleri görülmektedir. Tablodan izleneceği üzere, stripa ağır ortam aygıtında elde edilen Ep değerleri:

- * Keles kömürü için : 0.040 - 0.203
- * Saray kömürü için : 0.055 - 0.200
- * Soma kömürü için : 0.025 - 0.150
- * Zonguldak kömürü için: 0.040-0.140 arasında değişmektedir.

Bu değerler ışığında stripa ağır ortam aygıtında en uygun zenginleştirme boyutunun -50+19 mm boyut aralığı olduğu tesbit edilmiştir. Zira, bu boyut grubunda en düşük Ep değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, Zonguldak taşkömürü ile Soma bölgesinden alınan linyit kömürünün bu aygıtta zenginleştirmeye; Keles ve Saray linyit kömürlerine oranla çok daha uygun oldukları da bu tabloda verilen Ep değerlerinden anlaşılmaktadır.

Tablo 6.55'te ise stripa ağır ortam aygıtının boyuta bağlı olarak bulunan Ep değerleri ile Baum jiplerinin literatürden elde edilen Ep değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir [20]. Tablodan izleneceği üzere, -50+20 mm ve -20+10mm boyut gruplarında stripa ağır ortam aygıtı için bulunan Ep değerleri Baum jigine yakın görülmektedir. Bu durumda, stripa ağır ortam aygıtının -50+19 mm boyut grubunda jige alternatif bir aygıt olarak endüstride kullanılabileceği saptanmıştır.

TABLO: 6.54. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Boyuta Bağlı Olarak Hesaplanan d_{50} ve d_{50} Değerleri

BOYUT (mm)	Keles Kömürü				Saray Kömürü			
	d_{50} Min.	d_{50} Max.	Ep Min.	Ep Max.	d_{50} Min.	d_{50} Max.	Ep Min.	Ep Max.
-50 +30	1.28	1.55	0.085	0.135	1.67	1.30	0.055	0.115
-30 +19	1.32	1.53	0.060	0.130	1.65	1.27	0.092	0.125
-19 +10	1.29	1.72	0.040	0.203	1.73	1.27	0.110	0.200

Soma Kömürü				Zonguldak Kömürü			
d_{50} Min.	d_{50} Max.	Ep Min.	Ep Max.	d_{50} Min.	d_{50} Max.	Ep Min.	Ep Max.
1.87	1.44	0.025	0.090	1.88	1.65	0.040	0.075
1.83	1.46	0.042	0.150	1.87	1.58	0.045	0.110
1.81	1.40	0.082	0.120	1.84	1.41	0.080	0.140

TABLO: 6.55. Stripa Ağır Ortam Aygıtının Ep Değerleri Bakımından Baum Jigi İle Karşılaştırılması

BOYUT (mm)	Stripa Ep	Baum Jigi Ep
-100 + 50	---	0.048
- 50 + 20	0.025 - 0.150	0.043
- 20 + 10	0.050 - 0.203	0.090

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1)- Stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirmeye tabi tutulan 4 ayrı deney numunesinin yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda;

a)- Keles kömürü: -50+10mm boyut grubu ile 1.30 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda yapılan deneyde; deneye girenin % 66.6'sı oranında % 13.77 küllü temiz kömür % 78.3 yanabilir verimle kazanılabilmektedir.

b)- Saray kömürü: -50+10mm boyut grubu ile 1.30 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda yapılan deneyde; deneye girenin % 72.3'ü oranında % 13.61 küllü temiz kömür % 63.5 yanabilir verimle elde edilmektedir.

c)- Soma kömürü: -50+10mm boyut grubu ile 1.45gr/cm³ ayırma yoğunluğunda yapılan deneyde; deneye girenin % 61.1'i oranında % 7.59 küllü temiz kömür % 74.4 yanabilir verimle alınabilmektedir.

d)- Zonguldak kömürü: -50+10mm boyut grubu ile 1.45 gr/cm³ ayırma yoğunluğunda yapılan deneyde; deneye girenin % 33.0'ü oranında % 9.50 küllü temiz kömür % 71.2 yanabilir verimle kazanılabilmektedir.

2)- Ortam yoğunluğunun, stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deney sonuçları üzerindeki etkisinin araştırıldığı deneylerde;

a)- Keles kömürünün, -50+10mm boyut grubu ile 1.0, 1.30 ve 1.45 gr/cm³ ortam yoğunluklarında yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda kül ve yanabilir verim

değerleri bakımından teorik değerlere (yüzdürme-batırma değerleri) en çok yaklaştığı yoğunluk değeri 1.30 gr/cm^3 olarak bulunmuştur.

b)- Saray kömürünün -50+10mm boyut grubu ile 1.0, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında yapılan zenginleştirme deneyi sonucunda yüzdürme batırma değerlerine en çok yaklaşılan yoğunluk değeri 1.30 gr/cm^3 olarak bulunmuştur.

c)- Soma kömürünün -50+10mm boyut grubu ile 1.0, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında yapılan zenginleştirme deneyi sonucunda kül ve yanabilir verim bakımından teorik değerlere 1.30 gr/cm^3 ortam yoğunluğunda yaklaşılmıştır.

d)- Zonguldak kömürünün -50+10mm boyut grubu ile 1.0, 1.30 ve 1.45 gr/cm^3 ortam yoğunluklarında yapılan zenginleştirme deneyleri sonucunda 1.30 gr/cm^3 'de elde edilen sonuçlar kül ve yanabilir verim değerleri bakımından yüzdürme-batırma sonuçlarına daha çok yaklaşmaktadır. Stripa ağır ortam aygıtı ile yapılan deneylerde 1.30 'dan daha yüksek değerlerde, ağır ortam malzemesi olarak kullanılan manyetit düzenli bir şekilde basılmaması ve askıda tutulmaması nedenleriyle teorik değerlerden uzaklaştırılmıştır.

3)- Kaldırma suyunun, stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deney sonuçları üzerindeki etkisinin araştırıldığı deneylerde;

4 Farklı kömür numunesinin -50+10mm boyut grubunda 0 lt/dk , 10 lt/dk , 20 lt/dk ve 40 lt/dk kaldırma suyu verilerek zenginleştirme deneyleri uygulanmış ve en iyi sonuçların 20 lt/dk kaldırma suyu ilavesinde elde edildiği saptanmıştır. Örneğın, Keles kömürünün

-50+10mm boyut grubunda 1.30 gr/cm³ ortam yoğunluğunda kaldırma suyu verilmeksizin elde edilen temiz kömürün külü % 16.96 yanabilir verim % 51.1 düzeyindeyken 20 lt/dk kaldırma suyu verildiğinde kül içeriği % 14.37 yanabilir verimi ise % 60.9 olmaktadır. Zira kaldırma suyu hem ortamın görünür yoğunluğunu arttırmıştır, hem de süspansiyonun her noktasına homojen bir yoğunluk değeri elde edilmesini sağlamaktadır. Kaldırma suyu miktarı arttıkça, türbülansa ve ortam yoğunluğunun bozulmasına neden olmaktadır.

4)- Tane boyut dağılımının stripa ağır ortam aygıtı ile zenginleştirme deney sonuçları üzerindeki etkisinin araştırıldığı deneylerde;

a)- Keles kömürünün -50+10mm boyut grubunun -50+30, -30+19 ve -19+10mm boyut gruplarına ayrılarak zenginleştirilmesi durumunda girenin % 52.2'si oranında % 14.37 kül içerikli temiz kömür % 60.9 yanabilir verimle kazanılmaktadır. Aynı boyut grubunun hiçbir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak zenginleştirilmesi durumunda girenin % 45.7'si oranında % 16 küllü bir temiz kömür % 53.5 yanabilir verimle elde edilebilmektedir.

b)- Saray kömürünün -50+10mm boyut grubunun -50+30, -30+19 ve -19+10mm boyut gruplarına ayrılarak zenginleştirilmesi durumunda girenin % 56.3'ü oranında % 14.56 küllü temiz kömür % 64.2 yanabilir verimli elde edilmekte; aynı boyut grubunun hiçbir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak zenginleştirilmesi durumunda ise girenin % 48.4'ü oranında % 16.38 küllü bir temiz kömür % 54.3 yanabilir verimle alınabilmektedir.

c)- Soma kömürünün -50+10mm boyut grubunun -50+30 -30+19mm ve -19+10 mm boyut gruplarına ayrılarak zenginleştirilmesi durumunda elde edilen temiz kömürün miktarı % 47.5, külü % 8.19 ve yanabilir verimi % 57.5 olmakta; aynı boyut grubunun hiçbir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak ağıta beslenmesi durumunda alınan temiz kömürün miktarı % 42.7, külü % 10.85, yanabilir verimi ise % 50.1 olmaktadır.

d)- Zonguldak kömürünün -50+10mm boyut grubu, -50+30, -30+19 ve -19+10mm boyut gruplarına ayrılarak zenginleştirilmesi durumunda girenin 28.4'ü oranında temiz kömür % 10.22 kül içeriği ve % 60.9 yanabilir verimle kazanılmakta; aynı boyut grubunun hiç bir boyutlandırmaya tabi tutulmadan direkt olarak zenginleştirilmesi durumunda girenin % 25.3'ü oranında % 24.51 külü bir temiz kömür % 45.6 yanabilir verimle alınabilmektedir. Stripa ağır ortam ağıtına homojen malzeme beslenmesi durumunda daha iyi sonuçların alındığı saptanmıştır.

5)- Stripa ağır ortam ağıtında zenginleştirme kademe sayısının tesbiti için yapay olarak hazırlanan 4 farklı kömür numunesi ile -50+30, -30+19 ve -19+10mm boyut gruplarında yapılan deneylerde;

a)- Keles ve Seray kömürlerinde; -50+30 mm boyut grubunda 2 kademe zenginleştirme sonrasında temiz kömür yaklaşık % 100 oranında, -30+19 mm boyut grubunda yapılan zenginleştirme sonucunda yaklaşık % 95 oranında, -19+10mm boyut grubunda ise 3 kademe zenginleştirme sonucunda % 80-85 oranında artık malzemesinden ayrılmaktadır.

b)- Soma ve Zonguldak kömürlerinde; -50+30 mm boyut grubunda 2. kademe zenginleştirme sonucunda temiz kömür yaklaşık % 100 oranında, -30+19mm boyut grubunda

yapılan zenginleştirme sonucunda % 95-100 oranında -19+10mm boyut grubunda ise 3 kademe zenginleştirme sonucunda % 85-90 oranında artıktan ayrılmaktadır. Kömür cinsi iyileştikçe stripa ağır ortam aygıtında zenginleştirme kademe sayısının azaldığı saptanmıştır.

6)- Deneysel çalışmalarda kullanılan Keles, Saray, Soma bölgelerine ait linyit ile Zonguldak taşkömürü numunelerinin -50+10mm boyut grubunda yapılan zenginleştirme deneylerinde en uygun koşullarda elde edilen temiz kömür ve artık ürünlerine uygulanan yüzdürme-batırma deneyleri sonucunda hata faktörü değerleri (E_p) hesaplanmıştır. Buna göre;

* Keles kömürü için;

$$E_p = 0.040 - 0.203$$

* Saray kömürü için;

$$E_p = 0.055 - 0.200$$

* Soma kömürü için;

$$E_p = 0.025 - 0.150$$

* Zonguldak Kömürü için;

$$E_p = 0.040 - 0.140 \text{ arasında değişmektedir.}$$

7)- Stripa ağır ortam aygıtında yapılan zenginleştirme deneyleri sonucu bulunan E_p değerleri, Baum jiglerinden elde edilen E_p değerleri ile karşılaştırıldığında, -50+20mm boyut grubundaki kömürlerin zenginleştirilmesi için stripa ağır ortam aygıtının Baum jiglerine alternatif olabileceği saptanmıştır. Ayrıca deneysel çalışmalarda kullanılan stripa ağır ortam aygıtının gerek boyutlarının uygun olmaması, gerekse ayırma plakasının daha fazla yükseltilememesi nedeniyle 50 mm'den daha büyük boyutlardaki kömürler üzerinde deneyler gerçekleştirilememiştir. Fakat sözkonusu aygıtın uygun hacma getirildiği takdirde, 50 mm'den daha büyük boyutlardaki kömürlerin de stripa ağır ortam aygıtında

zenginleştirebileceği bir gerçektir. Zira, yapılan deneylerde tane boyutu arttıkça daha müsbet sonuçların alındığı tesbit edilmiştir. Bu durumda, iri kömürlerin (-100 + 18 mm boyut grubu) zenginleştirilmesi için stripa ağır ortam aygıtının jiglere alternatif olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] ATEŞOK, G., "Kömür Hazırlama", Kurtiş Matbaası, 1986.
- [2] LEONARD, J.W., MITCHELL, D.R., "Coal Preparation", The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York 1968.
- [3] ÖNAL, G., "Cevher Hazırlamada Flotasyon Dışındaki Zenginleştirme Yöntemleri", İTÜ Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, Maçka, 1985.
- [4] ATAK, S., "Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması", İTÜ Maden Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, 1982.
- [5] HORSFALL, D.W., "Coal Preparation and Usage", Coal Publication (pty) Ltd, 1992.
- [6] LAROCHEMS, British Coal Corporation, Technical Services and Research Executive, 1992.
- [7] TAGGART, A.F., "Handbook of Mineral Dressing", John Wiley, 1960.
- [8] FERRARA, G. et.al, "New Developments in Multi-Stage and Multi-Density Dynamic Dense Medium Separation Circuits" 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu, 20-22 Ekim 1992, Antalya, Türkiye.
- [9] Mineral Deposits, 1983, Bulletin on Coal Beneficiation Using Hydrocyclones and Spiral Concentrators, Australia.
- [10] ATEŞOK, G., YILDIRIM, İ., ÇELİK, M.S., "Applicability of Reichert Spiral for Cleaning Lignite Coals: A Pilot Plant Scale" (Henüz yayınlanmamış bildiri).
- [11] BARNETT, W.P., FEELY, T.J., "Status of Advanced Coal Cleaning as a Compliance Technology" Mining Engineering, A Publication of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., October, 1992.

- [12] KURAL, O., (Editör), "Kömür", Kurtiş Matbaası, Şubat 1991.
- [13] ATEŞOK, G., "Kömür Hazırlama ve Teknolojisindeki Yenilikler", İTÜ Maden Fakültesi Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı ve Yurt Madencilliğini Geliştirme Vakfı, Meslek İçi Eğitim Semineri, 10-14 Haziran 1991, İstanbul.
- [14] ÖNAL, G., DOĞAN, Z., ATAK, S., ATEŞOK, G., "Kömürün Zenginleştirilmesi ve Lavvar Tesislerinin Çalıştırılması", İTÜ VBYK Uyg-Ar Merkezi, 1986.
- [15] SVENSSON, J., "The Stripa Method for Sink-Float-Separation", Symposium on Chrome Ore, Ankara September 1960.
- [16] SVENSSON, J., "The Stripa Process of Dense Medium Separation", Mining Magazine, November, 1980.
- [17] ÖNAL, G., DOĞAN, M.Z., "Celestite Ore With Stripa Application From Turkey", Turkey's Industrial Minerals-Production Potential Instruments, Instruments, Trade Meeting Hilton Hotel, İstanbul, 20-22 September, 1987.
- [18] Saray ve Keles Kömürleri Teknolojik Araştırma Projesi, Ara Rapor, İTÜ Yer Bilimleri ve Yeraltı Kaynakları Uygulama-Araştırma Merkezi, Temmuz 1992.
- [19] SARKAR, G.G. and DAS, H.P., "A World Pattern of the Optimum Ash Levels and Cleans From Washability Data of Typical Coal Seams", Fuel, (1974).
- [20] GOTTFRIED, B.S., and JACOBSEN, P.S., Generalized Distribution Curve for Characterizing the Performance of Coal-Cleaning Equipment USPM RI 8238 (1977).

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Erzincan'da doğan İsmail YILDIRIM 1983 yılında Erzincan Çağlayan Lisesi'ni birincilikle bitirmiştir. Aynı yıl İ.T.Ü. Maden Fakültesi'ne girmiş, 1987 yılında aynı Fakülteden Maden Mühendisi olarak mezun olmuştur. 1989 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans programına başlayan ve 1990 yılında İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak giren İsmail YILDIRIM, hâlen aynı görevini sürdürmektedir.

1990. 8. 19. 11
4. 19. 11