

# REICHERT SPİRALİNİN KULLANIMI VE TÜRK KÖMÜRLERİNE UYGULANABİLİRLİĞİ

## USE OF REICHERT SPIRAL AND ITS APPLICATION ON TURKISH COALS

**Gündüz ATEŞOK »**  
**Güven ÖNAL \*•**  
**İsmail YILDIRIM \*\*\***  
**Adnan ALTAŞ \*»»**

**Anahtar Sözcükler** Reichert Spirali, Tromp Eğrisi, Optimum Ayırma Yoğunluğu.

### ÖZET

Bu çalışmada Reichert Spiralinin Türk bitümlü ve linyit kömürlerine uygulanabilirliği tartışılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde, Reichert Spiralinin çalışma özellikleri ile teknik verilerini saptamak amacıyla pilot çapta deneyler yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, Türkiye'de mevcut 6'sı linyit l'ide bitümlü kömür olmak üzere 7 farklı bölge kömüründen alınan 9 kömür örneği üzerinde çalışmalar yapılarak "Yoğunluk Dağılım Histogramları" ile "Optimum Ayırma Yoğunlukları" tesbit edilmiştir.

### ABSTRACT

In this study, the possibility of applying Reichert Spiral to Turkish coals is discussed. In the first part of the study, a systematic study has been carried out to test the separation efficiency of the Reichert Spiral on a bituminous coal and lignite. In the second part of the study, nine coal samples, six of them are lignite and one bituminous coal, collected from seven different locations of Turkey, have been studied. Their "Density Histograms " and "Optimum Separation Densities" were investigated.

- \* Doç. Dr. I.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, Maslak / IST.  
\*\* Prof. Dr. I.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, Maslak / IST.  
\*\*\* Ar. Gör. I.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher ve Kömür Hazırlama Anabilim Dalı, Maslak / IST.

## 1. GİRİŞ

Reichert Spirali, çok dönümlü helisel bir oluk olup, özellikle Avustralya'da olmak üzere Dünya'da pek çok kömür hazırlama tesislerinde 3 mm altı kömürlerinin zenginleştirilmesinde son 5 yıl içerisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Spiral hafif fiber glass malzemenin üzerinde polyüretan kaplanarak şirketlerce pazarlanmaktadır. İşletilmesi oldukça basit ve işletme maliyeti düşüktür. Hafif oluşları ve yerleşim alanı olarak geniş yere ihtiyaç göstermemeleri nedeniyle inşaat hacimleri açısından büyük avantaja sahiptirler (Nicol ve ark., 1988). Özellikle -3+0.075 mm boyut grubunda olan kömürlerin zenginleştirilmesinde hızla kömür hazırlama tesislerine giren Reichert Spirali; flotasyona, sarsıntılı masalara ve ağır ortam siklonlarına bir alternatif oluşturmaktadır (Apodaca, 1988).

Bu çalışmada, Reichert Spiralinin Türk bitümlü ve linyit kömürlerine uygulanabilirliği tartışılmıştır. Çalışmanın birinci bölümünde, Reichert Spiralinin çalışma özellikleri ile teknik verilerini saptamak amacıyla pilot çapta deneyler yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, yurdumuzda mevcut 6'sı linyit 1'i de bitümlü kömür olmak üzere 7 farklı bölge kömüründen alınan 9 kömür örneği üzerinde çalışmalar yapılarak "Yoğunluk Dağılım Histogramları" ile "Optimum Ayırma Yoğunlukları" tesbit edilmiştir.

## 2. DENEYSEL ESASLAR

### 2.1. Spiral Konsantratör

Deneylerde kullanılan Reichert Spirali Mineral Deposits Limited Şirketi'nin Mark 10 tipi ürünüdür. Spiral polyüretan ile kaplanmış olup; 1000 mm çapında, 2380 mm boyunda ve 6 dönümlüdür. Deneyler sırasında Reichert Spiralden temiz kömür ve artık olmak üzere iki ürün alınmıştır.

## 2.2. Deneysel Malzeme

Çalışmanın birinci bölümündeki deneylerde, deney numunesi olarak % 38 kül içeren bitümlü kömür ile % 30 kül içeren linyit kullanılmıştır. Tamamı 3 mm altında bulunan deney numunelerinin çeşitli elek boyutlarında (-3 +1 mm, -1 +0.5 mm, -0.5 +0.3 mm, -0.3 +0.1 mm ve -0.1 mm) bulunan ürünlerinin kül içerikleri, gerekli olan ilavelerle aynı seviyeye getirilmiştir.

Spiralde zenginleştirme kademesinin tesbiti deneylerindeki numune ise, temizlenerek mümkün mertebe kül içeriği düşürülen bitümlü kömür ve linyitden hazırlanmıştır. % 7 kül içeren bitümlü kömür ile % 9 kül içeren temiz linyit kömürünün saf kuvars (% 98.7 S<sup>^</sup>) ve kalsit'in (% 99.2 CaCO<sub>3</sub>); % 65 kömür + % 20 kuvars + % 15 kalsit oranlarında karıştırılmasıyla deney numunesi oluşturulmuştur.

## 2.3. Deneysel Yöntem

Çalışmanın birinci bölümünde, Reichert Spiralinde çeşitli alternatiflerin ayırma yoğunluğuna etkisinin araştırıldığı deneylerde; düzenli bir çalışma ortamı oluşturulduktan sonra temiz kömür ve artık oluşu çıkışlarından iki numune alınmıştır. Deneylerde araürün alınmamıştır. Alınan temiz kömür ve artık ürünlerine ayrı ayrı çeşitli yoğunluklarda yüzdürme-batırma deneyleri uygulanarak, tromp eğrileri çizilmiş ve ayırma yoğunluğu değerlerinin değişimleri incelenmiştir.

Tane boyutu ve kömür cinsinin zenginleştirme kademe sayısına etkisinin incelendiği deneylerde ise; suni olarak oluşturulan deney numunesi, içinde bulunan artık şistin % 85-90'ı temiz kömürden ayrılincaya kadar spirale gerektiği sayıda beslenmiştir. Birinci kademede temiz bir artık alınarak deney dışı bırakılmıştır. Daha sonraki kademelerde, temiz kömür ürünü gerektiği sayıda spiralden geçirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, Türkiye'de mevcut 7 farklı bölge kömüründen alınan 9 kömür örneğinin yıkanabilme özellikleri saptandıktan sonra, yoğunluk dağılım histogramları çizilmiştir. Daha sonra Türk Kömürlerinin "Yıkanabilme Dereceleri" Sarkar tarafından geliştirilen formülle saptanmış ve "Yıkanabilme Derecesi Eğrileri" çizilerek "Optimum Ayırma Yoğunlukları" tesbit edilmiştir (Sarkar, 1974).

$$N = C \frac{t-c}{t}$$

N: Yıkanabilme derecesi, %

C: Temiz kömür miktarı, %

t: Kömürdeki kül içeriği, %

c: Temiz kömürdeki kül içeriği, %

**Optimum Ayırma Yoğunluğu:** Yıkanabilme derecesinin maksimum olduğu değere karşıt gelen yoğunluk değeri.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR

Çalışmanın birinci aşamasında, Reichert Spiralinin performansı ile ilgili olarak gerek bitümlü gerekse linyit kömürü ile yapılan deneylerde; tane boyutunun, ince malzeme miktarının (-0.1 mm) ve katı oranının zenginleştirmeye etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, her iki kömür cinsi için değişik boyut gruplarında zenginleştirme kademe sayısı tesbit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, yurdumuzda mevcut 9 farklı bölge kömürünün "Optimum Ayırma Yoğunlukları" tesbit edilmiştir.

#### 3.1. Tane Boyutunun Ayırma Yoğunluğuna Etkisi

Reichert Spiralinde, tane boyutunun ayırma yoğunluğuna olan etkisinin araştırıldığı deneyler, % 20 katı oranında ve sabit bir besleme kapasitesinde (1.2 t/h) gerçekleştirilmiştir. Tamamı 3 mm altında olan bitümlü ve linyit kömürü, -3 +1 mm, -1 +0.5 mm, -0.5 +0.3

mm, -0.3 +0.1 mm ve -0.1 mm olmak üzere 5 farklı boyut grubunda Reichert Spiraline beslenmiştir. Elde edilen neticeler Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Şekil 1 ve 2'den görüleceği üzere; gerek bitümlü gerekse linyit ile yapılan deneylerde, tane boyutu küçüldükçe Spiralde ayırma yoğunluğu artmaktadır. Bu artış bitümlü kömürden daha fazladır. Bitümlü kömür ile yapılan deneylerde ayırma yoğunlukları minimum 1.6 gr/cm<sup>3</sup> (Ep: 0.045) ve maksimum 2.1 gr/cm<sup>3</sup> (Ep: 0.4) iken, bu değerler linyit kömürü için minimum 1.5 gr/cm<sup>3</sup> (Ep: 0.045) ve maksimum 1.9 gr/cm<sup>3</sup> (Ep: 0.33) olarak saptanmıştır.

### **3.2. İnce Malzemenin Ayırma Yoğunluğuna Etkisi**

Reichert Spiralinde, ince malzeme (-0.1 mm) miktarının ayırma yoğunluğuna olan etkisinin araştırıldığı deneyler, % 20 katı oranında, sabit besleme kapasitesinde (1.2 t/h) ve -1 +0.5 mm boyutunda gerçekleştirmiştir. -1 +0.5 mm boyut grubunda bulunan bitümlü ve linyit kömür numunelerine değişik miktarlarda (% 5, 10, 20, 30 ve 50) 0.1 mm altında bulunan bitümlü ve linyit kömür incesi karıştırılarak deney numuneleri oluşturulmuştur. Elde edilen neticeler Şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

Şekil 3ve 4'den izleneceği üzere, Spiral ile zenginleştirmede ince malzeme miktarına bağlı olarak ayırma yoğunluğundaki artışlar , bitümlü kömürde linyite nazaran daha yüksek olup, iki katına yakın bir değerdir.

### **3.3. PÜLpte Katı Oranının Ayırma Yoğunluğuna Etkisi**

Reichert Spiralinde, pülpte katı oranının ayırma yoğunluğuna olan etkisinin araştırıldığı deneyler; -3 +1 mm boyutunda, sabit besleme kapasitesinde (1.2 t/h) ve bitümlü kömür ile gerçekleştirilmiştir. **Deney** numuneleri % 10, 20, 30, 40 ve 60 pülpte katı oranlarında **hazırlanarak** Spirale beslenmiştir. Elde edilen neticeler Şekil 5'de

verilmiştir. Şekil 5'den izleneceği üzere, beslemede püpte katı oranının azalması, ayırma yoğunluğunu düşürmektedir.

#### **3.4. Tane Boyutunun Zenginleştirme Kademe Sayısına Etkisi**

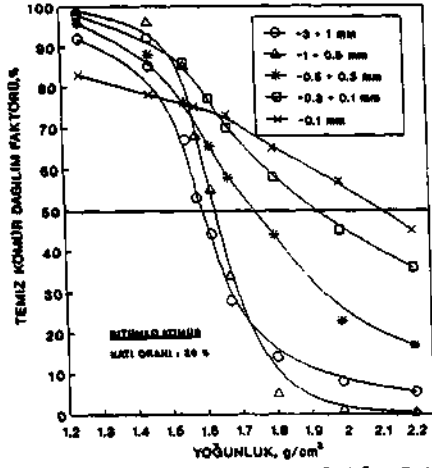
Reichert Spiralinde, tane boyutunun zenginleştirme kademe sayısına olan etkisinin araştırıldığı deneyler, % 25 katı oranında, sabit besleme kapasitesinde (1.2 t/h) ve çeşitli boyut gruplarında gerçekleştirilmiştir. Kül içeriği mümkün mertebe düşürülen temiz bitümlü kömür-ve linyit ile saf kuvars ve kalsit'den oluşturulan suni numuneler -3 +1 mm, -1 +0.5 mm, -0.5 +0.3 mm, -0.3 +0.1 mm ve -0.1 mm boyut gruplarına ayrılarak deney numuneleri oluşturulmuştur. Elde edilen neticeler Şekil 6'da verilmiştir.

Şekil 6'dan izleneceği üzere, Spiral ile zenginleştirmede -1 +0.3 mm boyut grubu en uygun boyut olarak görülmektedir. Bu boyut aralığında gerek bitümlü gerekse linyit 3 kademe zenginleştirilebilmektedir. Tane boyutunun artması veya azalması halinde zenginleştirme kademe sayısında artmaktadır. .. Linyit kömürü bitümlü kömüre nazaran daha çok sayıda zenginleştirme kademesi ile değerlendirilebilmektedir.

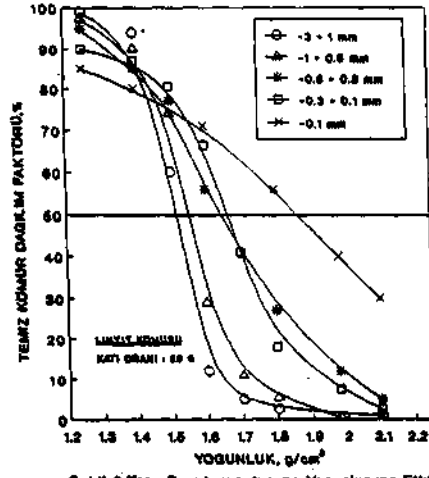
#### **3.5. Optimum Ayırma Yoğunluğu Tesbiti**

Türkiye'de mevcut 7 farklı bölge kömüründen alınan 9 kömür örneğinin yıkanabilme özellikleri saptandıktan sonra, elde edilen bilgiler çerçevesinde yoğunluk dağılım histogramları çizilmiştir. Elde edilen neticeler Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'den izleneceği üzere, Türk linyitlerinin önemli kısmında düşük ayırma yoğunluklarında (1.3 veya 1.4 g/cm<sup>3</sup>), yüzen temiz kömür önemli miktarda mevcuttur (Ünlü,1990).

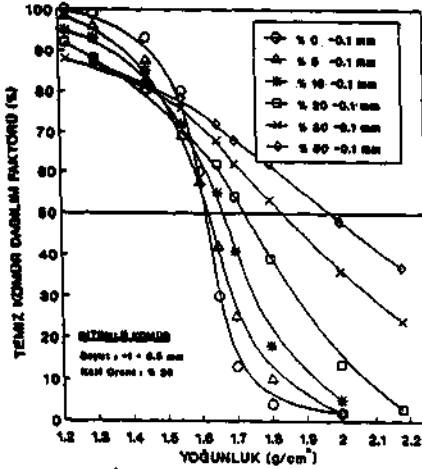
Türk Kömürlerinin "Yıkanabilme Dereceleri" herbir yoğunluk değeri için ayrı ayrı hesaplanarak "Yıkanabilme Derecesi Eğrileri" çizilmiştir. Elde edilen neticeler Şekil 8'de verilmiştir. Çizelge 1'de ise, "Optimum Yıkanabilme Derecesine" bağlı olarak elde edilen "Optimum Yıkama Yoğunluğundaki" temiz kömür miktarı ile kül içeriği gösterilmiştir. Çizelge 1'den izleneceği üzere;



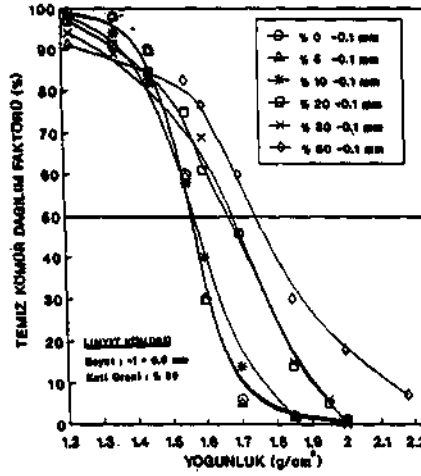
Sekil 1. Tane Boyutunun Ayırma Yoğunluğuna Etkisi



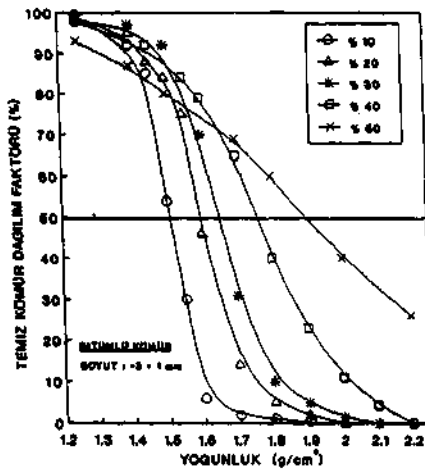
Sekil 2. Tane Boyutunun Ayırma Yoğunluğuna Etkisi



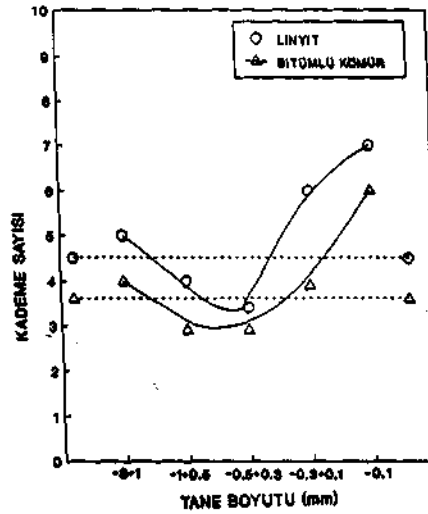
Sekil 3. İnce Malzemenin Ayırma Yoğunluğuna Etkisi



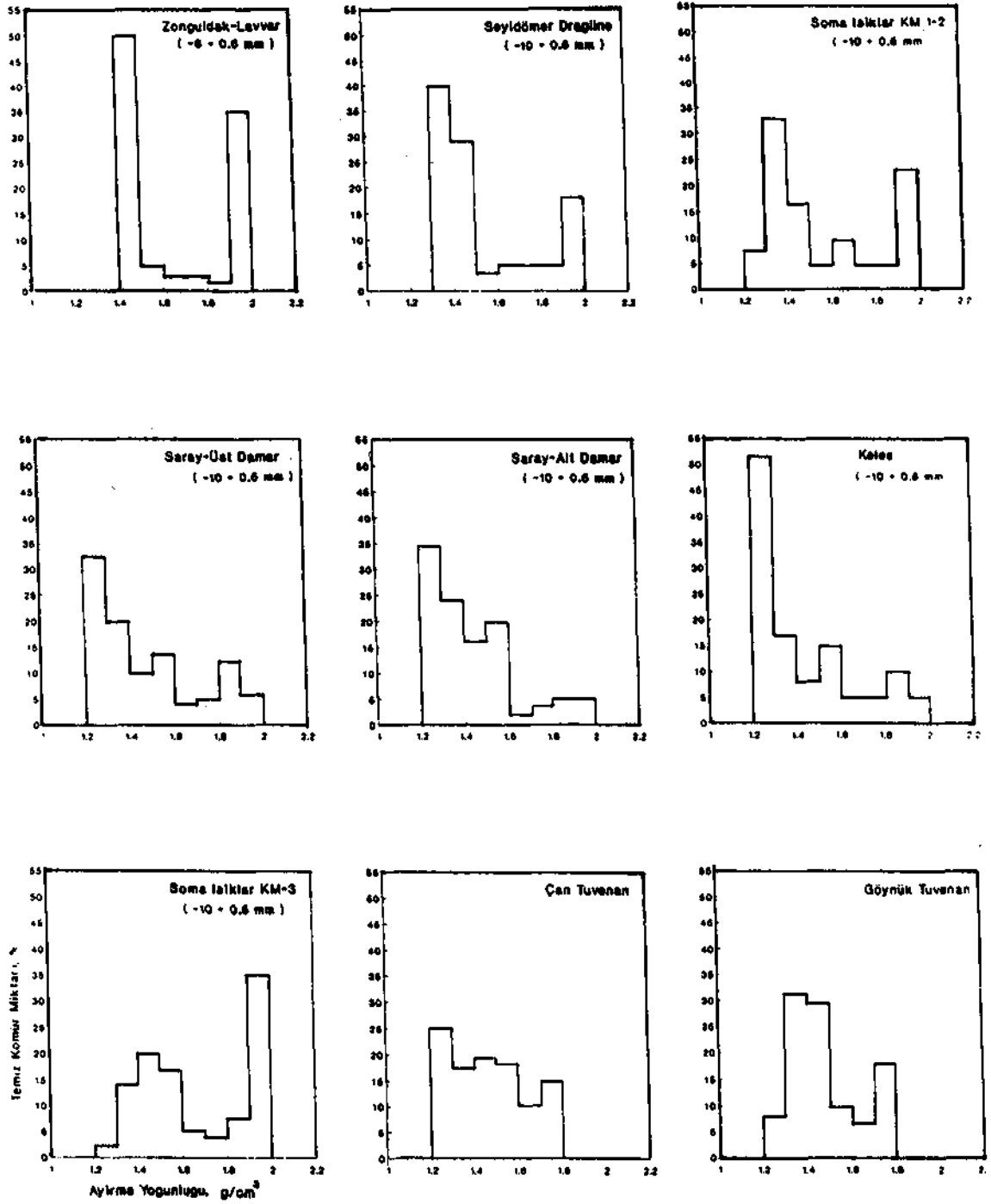
Sekil 4. İnce Malzemenin Ayırma Yoğunluğuna Etkisi



Sekil 5. Pülpü Kati Oranının Ayırma Yoğunluğuna Etkisi

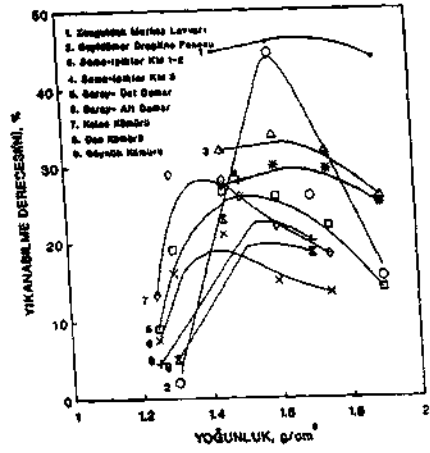


Sekil 6. Tane Boyutunun Zenginleştirme Kademe Sayısına Etkisi



Sekil 7. Bazı Türk Kömürlerinin Yoğunluk Dağılım Histogramları





Şekil 8. Bazı Türk Kömürlerinin Yıkama Yoğunluğu Eğrileri

Çizelge 1. Bazı Türk Kömürlerinin Optimum Yıkama Yoğunluğundaki Özellikleri.

Kömür Sahası ve Cinsi	Optimum Yıkama Yoğunluğu	Optimum Yıkama Yoğunluğu	Temiz Kömür Miktarı, %	Kül %
Zonguldak Merkez Lavrası (-6 +0.5 mm)	44.2	1.60	60.0	9.4
Soma İskiklar Kİ 1-2 (-10 +0.5 mm)	34.0	1.60	56.4	14.2
Soma İskiklar Kİ 3 (-10 +0.5 mm)	30.0	1.60	53.4	19.0
Seyidömer Dregline Panosu (-3 +0.1 mm)	43.0	1.60	70.5	22.1
Çan Tuvenan	28.3	1.50	50.0	14.5
Gönük Tuvenan	24.0	1.45	72.0	22.8
Saray Öst Öamar (-10 +0.5 mm)	26.6	1.45	56.0	16.0
Saray Alt Öamar (-10 +0.5 mm)	21.2	1.45	69.0	10.7
Keles Tuvenan (-10 +0.5 mm)	23.2	1.30	83.0	13.5

-Zonguldak Merkez İıkama Tesisinden alınan bitümlü kömür örneğine göre, bitümlü kömürün optimum yıkama yoğunluğu 1.60 gr/cm<sup>3</sup> olup, elde edilen temiz kömürdeki kül içeriği % 9.4'dür. Bu nedenle, Reichert Spiralinin minimum ayırma yoğunluğu göz önüne alındığında (1.50 gr/cm<sup>3</sup>), bitümlü kömürün söz konusu spiralde zenginleştirilmesi mümkündür.

-Linyitlerimizin optimum ayırma yoğunlukları 1.60 ile 1.30 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu ayırma yoğunluklarında elde edilen temiz kömürlerin kül içerikleri genelde yüksek olup, % 18 civarındadır. Daha düşük küllü ve daha yüksek ısıl değerli kömür elde etme isteminde ise, kömürlerin optimum ayırma yoğunluklarından daha düşük ayırma yoğunluklarında yıkama zorunluluğu doğmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

Özellikle ince kömürlerin (-3 +0.1 mm) değerlendirilmesinde ince boyut jigi, siklon ve flotasyon yöntemlerine bir alternatif olarak geliştirilen Reichert Spirali'nin zenginleştirilmedeki ayırma yoğunluğu normal şartlarda minimum 1.50 gr/cm<sup>3</sup> civarındadır. Bu nedenle, düşük ayırma yoğunluklarında (1.30 veya 1.40 gr/cm<sup>3</sup>) temiz kömür miktarı fazla olan veya kül içeriği nedeni ile düşük ayırma yoğunluğunda ayırma gerektiren kömürlerin Reichert Spiralinde optimum şartlarda (% 30-40 katı oranı ve 2.5-3 ton/h besleme kapasitesi) zenginleştirilmesi imkansız görülmektedir.

Türk linyitlerinin çoğunluğunda düşük ayırma yoğunluklarında (1.3 veya 1.4 gr/cm<sup>3</sup>) yüzen temiz kömür miktarı önemli derecede mevcuttur. Bu nedenle, Türk linyitlerinden düşük küllü ve yüksek ısı değerli temiz kömür elde etme isteminde, düşük yıkama yoğunluklarında yıkanmaları gereği ortaya çıkmaktadır. "Optimum Ayırma Yoğunluk" değerleri göz önüne alındığında, Türk linyitlerinin % 50'sinin Reichert Spiralinde zenginleştirilebileceği tesbit edilmiştir. Ancak daha düşük küllü ve yüksek ısı değerli temiz kömür üretimi hedefinde, Reichert Spiralinin minimum ayırma yoğunluk değeri (1.50 gr/cm<sup>3</sup>) nedeni ile, Türk linyitlerinin Reichert Spiralinde zenginleştirilmesi optimum koşullarda mümkün görülmemektedir.

Türkiye'de mevcut bitümlü kömür yıkama tesislerinde, Reichert Spirallerinin 3 mm altı bitümlü kömüre rahatlıkla uygulanabileceği saptanmıştır.

##### **5. KAYNAKLAR**

APODACA.E.L., 1988; "Applications of Spiral Concentrators in Fine Coal Processing in Industrial Practice of Fine Coal Processing", R.R. Klimpel and P.T. Luckie., Eds., SME Publ., pp. 87-90.

APODACA.L.E and WEST,T.W., 1988; "The Role of Spiral Concentrators in Improving Heavy Media Cyclone Circuits", AMC-MİNEXP0, Chicago, Illinois.

MINERAL DEPOSITS., 1983; Bulletin On Reichert Mark X Coal Spiral. Australia.

NICOL.S.K. and BENSLEY.C.N., 1988; "Recent Developments in Fine Coal Preparation in Australia in Industrial Practice of Fine Coal Processing", R.R., Klimpel and P.T. Luckine., Eds., SME Publ., pp. 147-153.

SARKAR,G.G. and DAS.H.P., 1974; "A World Pattern of the Optimum Ash Levels on Cleans From Washability Data of Typical Coal Seams", Fuel, pp. 74-84.

ÜNLÜ,M., ve ark., 1987-1992; Türk Kömürlerinin Yıkanabilirliği **Hakkında M.T.A.** Kaynaklı Çeşitli Raporlar.