

**SEYİTÖMER (KÜTAHYA) BİTÜMLÜ MARNLARININ TERMİK  
SANTRALDA LİNYİT İLE BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UTILIZATION OF THE SEYİTÖMER (KÜTAHYA) BITUMINOUS MARL  
WITH LIGNITE IN POWER PLANT**

**İlker ŞENGÜLER**, *MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi, 06520 Ankara*  
**Nurettin SONEL**, *A.Ü.F.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Ankara*  
**Mehmet ŞENER**, *MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi, 06520 Ankara*

**ÖZET**

Seyitömer bitümlü marnları Kütahya' nın NW sında, ENE-WSW boyunca uzanan Neojen havzası içinde linyitin üzerinde yer almaktadır. Seyitömer linyitleri açık işletme yapılarak termik santralda yakıt olarak kullanılmaktadır.

Bitümlü marn ve linyit karışımı Akışkan Yataklı Yakma Sisteminde (CFBC) duraylı bir yanma sağlamıştır. Karışım oranı geniş bir aralıkta değiştirilebilir. Kullanımda atmosfere yayılan kirletici emisyonlar çok düşüktür.

**ABSTRACT**

The Seyitömer bituminous marl deposit is located top of the lignite ENE-WSW oriented Neogene basin, NW of Kütahya. In Seyitömer lignite is mined in an open pit and utilized as fuel for thermal power plant.

The Circofluid Fluidized Bed Combustion System (CFBC) is well suited for stable firing of the Seyitömer bituminous marl and lignite. The mixture ratio can be varied in a wide range, at which moreover very low pollutant emissions are discharged into the atmosphere.

## 1. GİRİŞ

Sanayileşmenin ve buna paralel olarak kalkınmanın en önemli gereği olan enerjinin, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemi her geçen gün artmaktadır. Ekonomik ve sosyal kalkınma ancak uygun koşullarda sağlanacak enerji ile gerçekleştirilebileceğinden, alışlagelmiş enerji kaynaklarının hızla tükenmesi özellikle gelişmekte olan ülkeleri düşündürmektedir.

Dünyada elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakların dağılımı dikkate alındığında; termik santrallerin payı % 64, hidrolik santrallerin payı % 19, nükleer santrallerin payı % 17 dir. Bazı gelişmiş ülkelerdeki elektrik üretiminde termik santrallerin payı ABD' de % 70, Japonya' da % 64, Almanya' da % 68, Hollanda' da % 95, İngiltere' de % 76 dır. Komşu ülkelerde ise termik santrallerin payı Bulgaristan' da % 60, Yunanistan' da % 91, İran' da % 88, Irak' ta % 98, Suriye' de % 49 dur (Başaran, 1997).

Termik santraller hem emisyonlar hem de işletme olarak çevreye yaptıkları olumsuz etkiler nedeniyle kurulu güç kapasitelerinden daha düşük verimle çalıştıkları için son yıllarda ülkemizde nükleer enerjinin yeniden gündeme gelmesine neden olmuştur. Ancak nükleer enerjiye karşı özellikle gelişmiş ülkelerde oluşan tepkiler, henüz bu santrallara sahip olmayan bütün ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de kaygılara neden olmuştur.

Jeotermal, güneş, rüzgar, dalga gibi temiz enerji kaynakları çevre dostu olmalarına karşın kendine özgü enerji dönüşüm sistemleri ve teknolojiler gerektirdiğinden ve ayrıca üretim kapasitelerinin de düşük olması nedeniyle gereken ilgiyi görememekteyiz. Bu yüzden termik santraller yatırım maliyetlerinin diğer sistemlere göre daha az olması ve düşük kaliteli kömürlerin yakılmasına olanak sağlaması nedeniyle ülkemizde elektrik üretiminde yıllardır tercih edilmiştir.

Ülkemizdeki nüfusun yılda ortalama % 1.5-2 arttığı gözönüne alınırsa, 2000 yılında 70 milyon ve 2010 yılında 83 milyon olması beklenmektedir. Ekonominin de, geçmiş dönemlere bakıldığında mevcut istihdam oranını en azından koruyabilmek için, uzun vadede yıllık ortalama % 5-7 arasında bir büyüme göstermesi beklenmektedir (Şahin, 1995). Bu durumda artan nüfus, büyüyen ekonomi, şehirleşme, sanayileşme, turizm hareketleri ve yaşam biçimindeki değişime paralel olarak enerji ihtiyacı da hızla artmaya devam edecektir. Elektrik talebinin de aynı dönemde 4-5 kat artarak, 1990 yılında 57 milyar kWh olan değerinden 2000 yılında 120-130 milyar kWh ve 2010 yılında 240-290 milyar kWh arası değerlere yükselmesi beklenmektedir (Şahin, 1995). Elektrik tüketimi 1997 yılında 105.4 milyar kWh olmuştur. Tüketim miktarının 1998 yılında 115 milyar kWh olacağı tahmin edilmektedir.

ETKB tarafından hazırlanan raporlarda ülkemizde gerek birinci enerji kaynaklarının gerekse elektrik enerjisi taleplerinin yeterli ve güvenilir şekilde karşılanması ve üretimin artırılması amacıyla; enerji hammaddelerinin kesin rezerv ve potansiyellerinin ortaya konması için ülke çapında arama seferberliğine geçilmesi ve enerji sektöründe dışa bağımlılığın azaltılması için yerli kaynaklarımızın

geliştirilmesi ile enerji temininde çeşitlilik ilkesinin gözetilmesi gereği vurgulanmaktadır.

Çok yakın bir gelecekte termik santrallardan vazgeçemeyeceğimize göre, santralların kullanımlarını daha verimli hale getirmek ve bu arada hizmet sürelerini uzatmak amacıyla yapılacak çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Seyitömer bitümlü marnlarının, termik santralda linyit ile birlikte değerlendirilmesi araştırmaları bu amaçla yapılan çalışmalarda ilk adımı oluşturmaktadır. Burada, Seyitömer bitümlü marnları ile linyit karışımının akışkan yataklı yakma sisteminde yakılmasını İçeren bir pilot çalışmanın sonuçları verilmektedir.

## 2. BİTÜMLÜ MARNLARIN ÖZELLİKLERİ

Bitümlü şeyi, bitümlü şist ve petrollü şeyi (oil shale) gibi terimler, ince taneli ve genellikle laminalı bir yapıya sahip; organik çözücülerde çözünmeyen ve 'kerojen' adı verilen bir organik madde İçeren sedimanter kayaçlar İçin kullanılmaktadır. Bitümlü marn ise tüm özellikleri ile yukarıdaki tanıma uymakta ancak laminalı yapı göstermemektedir (Şengüler and Sonel, 1997).

Organik kayaçlar içerisinde önemli bir yeri olan bitümlü şeylerden çeşitli yararlanma olanakları vardır. Sentetik petrol ve gaz eldesi ile termik santrallarda katı yakıt olarak kullanım dışında, artık şeylerden çimento hammaddesi üretiminde ve küllerinden nadir elementlerin eldesinde yararlanılmaktadır. Ayrıca içerdği yüksek oranda organik madde ve mineral madde nedeniyle tarım sektöründe toprak düzenleyici olarak kullanılması da söz konusudur.

Dünyada ilk bitümlü şeyi araştırmaları sentetik petrol eldesi amacıyla başlamış olup, tarihi Amerika' da ticari anlamda petrolün keşfedildiği 1859 yılından önceki yıllara uzanmaktadır. Daima enerji krizi ile gündeme gelen bitümlü şeyi (oil shale) ve şeyi petrolü (shale oil) çalışmaları sinusoidal bir eğri çizmektedir. 1800 yıllarında en üst düzeye ulaşan bitümlü şeyi çalışmaları, 1859 yılında ticari anlamda petrolün bulunmasıyla gerilemiştir. Daha sonra I.Dünya Savaşı yıllarında (1915) tekrar hız kazanan bitümlü şeyi çalışmaları, keşfedilen yeni petrol sahaları ile yeniden durmuştur. H.Dünya Savaşı yıllarında (1945) şeyi petrolü dikkatleri bir kez daha üzerinde toplamış ancak savaş sonrası petrol fiyatlarında istikrar döneminin başlamasıyla sentetik petrol eldesi çalışmalarına ara verilmiştir. Bitümlü şeyler, 1970' li yıllarda yaşanan petrol krizi ile bir kez daha gündeme gelmiş olup bu dönemde yine sentetik petrol eldesine yönelik yoğun araştırmalar yapılmıştır.

Bitümlü şeylerden katı yakıt olarak yararlanma olanaklarının araştırılmasına çevre teknolojilerinin gelişmesiyle hız verilmiştir. Ayrıca, petrol fiyatlarının düşük, enerji temininin de henüz kolay olması, araştırmaların bu yöne kaymasına neden olmuştur. Çevre olgusunun ön plana çıktığı son yıllarda büyük gelişme gösteren yakma teknolojileri, ülkemizde bitümlü şeylerin bu amaçla yeniden incelenmesini gündeme getirmiştir.

Dünyadaki bitümlü şeyi rezervlerinin; bir araştırmaya göre sadece 50 ülkede 2000 trilyon varil petrole eşdeğer olduğu (Rüssel, 1990), diğer bir araştırmaya göre ise 500 milyar ton olduğu (Burger, 1973) tahmin edilmektedir. Ülkemiz bitümlü şeyi

rezervi İse 1.6 milyar ton olup bunun 122 milyon tonu İşletilebilir rezerv olarak Seyitömer (Kütahya) sahasında halen İşletilmekte olan linyitin üzerinde yer almaktadır (şengüler, 1994).

Neojen yaşlı gölsel birim içinde yer alan Seyitömer bitümlü marnlar, genellikle gri yeşilimsi gri ve açık kahverenkli olup kiltaşları ve yer yer de killi kireçtaşları ile ardalanmalı olarak bulunurlar. Ortalama 40 m kalınlık sunan bitümlü marnlar, esas linyit damarının hemen üzerinde bulunmaktadır ve linyit İşletilirken dekapaj malzemesi olarak alınmaktadır. Esas damarın kalınlığı havzada 1.50-36.00 m arasında değişmektedir (Türkiye Linyit Envanteri, 1993).

### 3. AKIşKAN YATAKLI SİSTEMDE YAKMA

Akışkan yataklı sistemde yakma tekniği, özellikle düşük kaliteli yakıtların yüksek yakma verimi ve en az çevresel etki İle yanmasını sağlamaktadır. Özellikle yüksek oranda kükürt içeren linyitlerin akışkan yataklı sistemlerde yakılması sonucu açığa çıkan kükürt dioksit ve NO x emisyonlarının kontrolü çeşitli deneysel çalışmalar ile ortaya konmuştur (Ekinci ve diğ., 1984; Ford et al., 1992; Henttonen et al., 1992).

Akışkan yataklı yakma sisteminde düşük yakma sıcaklıkları nedeniyle ısı NO x oluşumu ihmal edilebilir düzeydedir. Yüksek kok konsantrasyonuna bağlı olarak yakıttaki azottan kaynaklanan NO x önemli oranda azaltılabilmektedir (Eskin ve Kılıç, 1994).

Seyitömer bitümlü marn sahasını temsil edebilecek en uygun yerde, esas linyit damarının hemen üzerinde yer alan ve akışkan yataklı sistemde linyitle değişik oranlarda karıştırılarak yakmak üzere harmanlanan numunenin analiz sonuçları şöyledir;

Toplam su (%)	28
Nem (<y)	5.5
Kül (450° C, %)	87.0
Kül (815° C, %)	70.9
Üst Isı Değeri (kcal/kg, orijinal numune)	721
Üst Isı Değeri (kcal/kg, kuru numune)	1006
Alt Isı Değeri (kcal/kg, orijinal numune)	502
Alt Isı Değeri (kcal/kg, kuru numune)	930
Toplam kükürt (%)	0.85
C (%)	8.58
H (%)	1.40
O ve N (%)	4.39
S (% , yanabilir)	0.19

Analiz sonuçlarının Seyitömer sahasını karakterize ettiği belirlendikten sonra, aynı yerden bu defa 100 ton bitümlü marn numunesi alınmıştır. Ayrıca 50 ton da linyit, değişik oranlarda karışımı denemek üzere Vereinigte Kesselwerke (VKW) (Düsseldorf,Almanya) şirketine gönderilmiştir. Düşük ısı değerine ve yüksek nem içeriğine sahip yakıtlar için dizayn edilmiş olan VKW-Akışkan Yataklı Yakma Sistemi' nde yakma testleri yapılmıştır. Bu testler; bitümlü marnların yanma

duraylılıklarının belirlenmesi, linyitin yanma karakteristikleri ve farklı karışımların yakılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

2 MW lık bir pilot santraida (Şekil 1) yapılan deneyler, bitümlü marnların yüksek kalsiyum içeriğinin, linyitle birlikte yanma sırasında oluşan kirletici emisyonları düşürmede olumlu etki yaptığını göstermiştir.

Şekil 1' de görülen CFBC (Circofluid Fluidized Bed Combustor) test santralının üniteleri;

1 .Akışkan yatak reaktörü: Reaktör yüksek ısıya dayanıklı materyal ile kaplanmış çelik dökme silindirlere oluşmaktadır. Yüksekliği yaklaşık 23 m dir. Dikdörtgen şeklindeki reaksiyon odasının enine kesitinde, tabanda 540 x 400 mm lik bir plaka bulunur ve 3 m yukarıda 720 x 530 mm ye genişler. Alttaki plakanın yaklaşık 4.7 m yukarisında serbest dolaşım başlar. Üst reaktör bölümü 700 mm yarıçapındadır.

2.İsi değiştirici: Reaktördeki ısı dağılımını kontrol edebilen, birbiriyle bağlantılı veya ayrı ayrı çalışabilen 6 ısı değiştirici değişik yüksekliklerde bulunmaktadır.

3.Hava temin sistemi: Yakma havası (L) reaktöre değişik yollardan girebilmektedir. Birincil hava-, Birinci hava akışkan yatak içerisine doğrudan verilir.

İkincil hava; İkincil hava olarak adlandırılan yakma havasının bir kısmı reaktöre farklı seviyelerden püskürtülür.

Birincil ve ikincil hava elektrikli hava ısıtıcıları yardımıyla 400° C a kadar ısıtılır.

4.Gazla yakma: Test santralında doğal gaz kullanılmıştır.

5.Yakıt besleme sistemi: Test santralı iki farklı yakıt besleme sistemine sahiptir. Seytömer bitümlü marnları için akışkan yatak üzerindeki kanallar kullanılmıştır. Bitümlü mam depolama tankından kanallara belirli ölçüde verilmektedir.Reaktöre giriş tabanın 2.5 m üstünden gerçekleşir. Linyitler ise sifon ile reaktöre verilmiştir. Kömür depolama tankından zincirli konveyör İle taşınan linyit, yine reaktörün 2.5 m üstünden verilmiştir.

ö.Yatak külünün çıkarılması: Akışkan durumdaki malzemenin bulunduğu zonun yüksekliği ayarlanabildiğinden külün alınması mümkün olmaktadır. Bu işlem periyodik olarak yapılır.

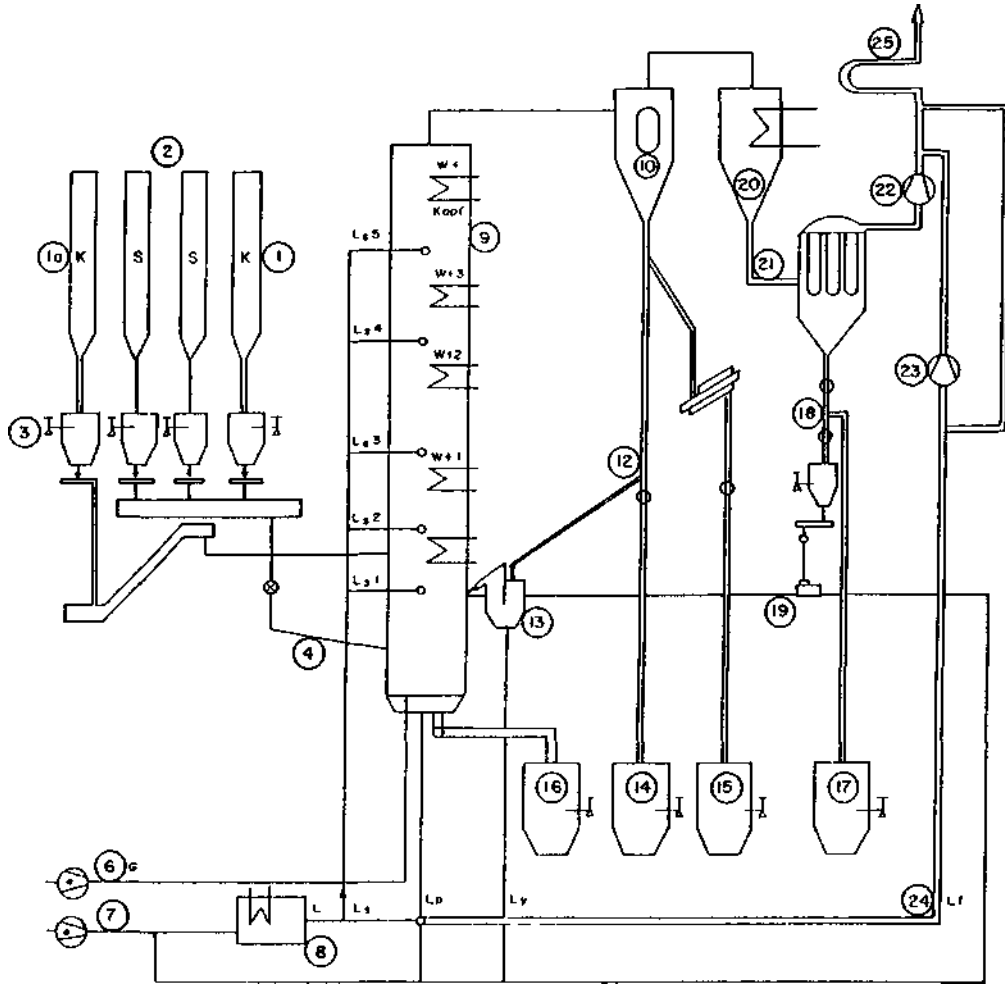
7.Külün yeniden sirkülasyonu:

Siklon külü; Baca gazı (uçucu küller ile birlikte) ısı değiştiricilerini geçtikten sonra reaktörü terk eder. Gaz kaba tanelerin ayrıldığı siklon içerisine girer ve ince taneli partiküller filtreye taşınır.

Filtre külü; Siklondan çıkan baca gazı içerisinde ince taneli küller bulunur. Sıcaklık baca gazı soğutucusunda belirli oranda soğutulularak filtrenin kabul edebileceği düzeye getirilir. Filtrede ayrılan filtre külü boşaltma kanalı yardımıyla ya dışarı atılır ya da hava basıncı ile tekrar akışkan yatağa geri verilir. Seytömer bitümlü marn ve linyit karışımının testinde filtre külü tekrar yakılmamıştır.

8.Baca gazının yeniden sirkülasyonu: Akışkan yatak içindeki gaz hızına uygun koşullarda yapılacak yükleme şartlarına bağlı olarak ayarlanır. Baca gazının sirkülasyonu akışkan yatak için soğutma düzeneği olarak da kullanılabilir.

9.Ölçme ve veri değerlendirme: Ölçülebilen değişik parametreler bilgisayara yüklenir ve değerlendirilir. Bu parametreler; kütle akışları, sıcaklık, bası iç, baca gazı analizleridir.



- |                               |   |                               |
|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 Yakıt deposu (Bitümlü marn) | 14 Kul toplama tankı                    | K- Kömür                      |
| 1a - " " (Kömür)              | 15 Siklon kulu toplama tankı            | S- Sorben                     |
| Z Sorben deposu               | 16 Yatak kulu toplama tankı             | L Hava                        |
| 3 Doz ölççeği                 | 17 Filtre kulu devridaimi               | Lp -Birincil hava             |
| 4 Kanal                       | 18 Baca gazı devridaim fanı             | Ls- İkincil hava              |
| 6 Dogaf gaz ateşleme sistemi  | 19 Fitre kulu basıncı                   | Ly- Sifon havası              |
| 7 FD Fon                      | 20 Boca gazı soğutucusu                 | Lf" Filtre kulu tasıma havası |
| 8 Hava ısıtıcı                | 21 Filtre                               | G Ooğal gaz                   |
| 9 Isı degstftrıcı             | 22 ID Fan                               |                               |
| 10 Siklon                     | 23 Baca gazı devridaim fanı             |                               |
| 1Z Siklon kulu devridaimi     | 24                                      |                               |
| 13 Sifon                      | 25 Baca gazı analizi için toplama probu |                               |

Şekil 1 Akışkan yataklı yakma sistemi test santial şeması

#### 4. SONUÇLAR

Bitümlü marn ve linyit karışımı yakma testleri santral programına uygun olarak 12 günlük bir sürede gerçekleştirilmiştir. Test sırasında kullanılan bitümlü marn ve linyitin karakteristikleri şöyledir;

	Bitümlü Marn	Linyit
Su (% , orijinal)	27.0	35.1
Kül (<y)	73.5	50.4
Uçucu madde (%)	10.0	58.2
Karbonat-C (% , orijinal)	2.16	0.23
Isı değeri (kcal/kg)	500	1750

Yakma testlerinden elde edilen sonuçlar;

1. Sadece bitümlü marn yakıldığında, yatak sıcaklığı 600° C in üzerine çıkmamalıdır.
2. % 80 bitümlü marn ile % 20 linyit (ağırlık olarak) karışımı yakıldığında duraylı bir yanma sağlanmıştır.
3. Bu oranda karışım ile yatak sıcaklığında 740° C a ulaşılabilir. Bu durumda kükürt dioksit ve karbon monoksit emisyonları 20 mg/m<sup>3</sup>' ün altında kalmaktadır. NO x emisyonları ise bitümlü marnların yüksek karbonat içeriği nedeniyle 300-525 mg/m arasında kalmıştır.
4. % 50 bitümlü marn ile % > 50 linyit karışımında NOx emisyonları daha da azalmaktadır
5. Sadece linyit yakıldığında, linyitin karbonat içeriğinin az olması nedeniyle kendi kendine sülfürü yoketme özelliği kaybolmaktadır.
6. % 80 linyit ile % 20 bitümlü marn karışımı yakıldığında ise bitümlü marnlar emici bir özellik göstermekte ve baca gazlarının desülfürizasyonuna yardımcı olmaktadır. Bu nedenle bitümlü marnlardan hem enerji temininde hem de kükürt dioksit emisyonlarının azaltılmasında yararlanmış olmaktadır.
7. Bitümlü marnların emici özellik göstererek desülfürizasyona yardımcı olabilmesi için gerekli yatak sıcaklığı 750 C dır. Daha yüksek yatak sıcaklıklarında desülfürizasyon oranı düşmektedir.
8. 9« 20 oranına kadar bitümlü marn karışımı halinde NOx emisyonları uygun sınırlara oldukça yakındır. Karbon monoksit emisyonu ise % 20 bitümlü marn ilavesinde 200 mg/m<sup>3</sup> 'ün altında kalmaktadır.

CFBC Akışkan yataklı yakma sisteminin test sonuçları, Seyitömer bitümlü marnlarının linyit ile karıştırılarak yakılmasında duraylı bir yanmanın gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca kirletici emisyonlar da çok düşük düzeyde kalmıştır.

Seyitömer' de kurulu gücü 600 MW olan 4 üniteli santral çalışmaktadır. Santralin proje üretimi 3900 GWh olup son beş yıllık üretimi ortalama olarak 3517 GWh' dir. Kapasite kullanımı % 66.9 dur. Kapasite kullanım faktörü, yapılan üretimin teorik üretim miktanna bölünmesi ile bulunur. Seyitömer termik santralında teorik üretim miktan, 600 MW X 8760 saat = 5256 GWh' dir. Dolayısı ile Seyitömer termik santralının beş yıllık ortalama kapasite kullanımı, 3517 / 5256 = % 66.9 dur. Seyitömer termik santralının, ülkemizde kömüre dayalı olarak çalışan termik santraller içinde önemli bir yeri vardır. 1995 yılı itibarıyla ülkemiz elektrik

üretiminin % 4.6' sini karşılayan Seyitömer termik santralında yılda 5 milyon tonun üzerinde kömür tüketilmektedir. Seyitömer sahasının görünür rezervi 1989 yılı rakamlarına göre 200 milyon tondur (Türkiye Linyit Envanteri. 1993).

Önümüzdeki yıllarda yapımı planlanan ek ünite dikkate alındığında, havzada kömürün üzerinde bulunan ve dekapaj malzemesi olarak alınan bitümlü marnlar ayrı bir önem kazanmaktadır. Akışkan yataklı yakma sistemi ile emisyonlardan kaynaklanan yöredeki çevresel etkiler azaltılabileceği gibi, bitümlü marn kullanımından dolayı kömürden tasarruf sağlanacaktır. Planlanan yeni üniteye yer alacak olan akışkan yataklı yakma sistemi, Seyitömer bitümlü marnlarının enerjiye dönüşmesine yeterli olacaktır.

#### **KAYNAKLAR**

- Başaran, M. (1997), Kömürle Çalışan Termik Santraller, *Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı*, 104-113, Ankara.
- Burger, J. (1973), L'exploitation des Pyroschistes on Schistes Bitumineux, *Rev. Int. Fr. Petr.*, 28, 315-372, France.
- Ekind, E., Pogson, B. and Fells, I. (1984), Sulfur Dioxide Capture by the Inorganic Matrix of a Low Grade Fuel in a FBC, *Journal of the Institute of Energy*, 368-372.
- Eskin, N. ve Kılıç, A. (1994), Akışkan Yataklı Kömür Yakıcılarında SO<sub>2</sub> Tutulması, *21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 992-1000, İstanbul.
- Ford, m., Cooke, M.J. and Pettit, M.D. (1992), The Use of a Laboratory Fixed-Grate Furnace to Simulate Industrial Stoker-Fired Plant, *Journal of the Institute of Energy*, 137-143.
- Henttonen, J., Kojo, I.V. and Kortela, U. (1992), Optimising Control of NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Emissions in the FBC Process, *Journal of the Institute of Energy*, 118-121.
- Rüssel, P.L. (1990), *Oil Shale of the World, Their Origin, Occurrence and Exploitation*, Pergamon Press, USA.
- Şahin, V. (1995), Enerji Krizi Kapıda, *Görüş*, Temmuz 1995, 50-55, Ankara.
- Şengüler, İ. (1994), Bitümlü Şeyi, *Türkiye Enerji Bülteni*, cilt 1, sayı 1, Ankara.
- Şengüler, İ and Sonel, N. (1997), Seyitömer (Kütahya, Turkey) Oil Shales as an Energy Resource, *3rd Pakistan Geological Congress Abstracts Book*, 57, Dept of Geology University of Peshawar, Pakistan.
- Türkiye Linyit Envanteri, (1993), MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.