

TERMİK SANTRALLARIN KİRLLETİCİ EMİSYONLARININ AZALTILMASINDA ETKİN BİR YAKIT: BİTÜMLÜ MARN

Dr. İLKER ŞENGÜLER

Jeoloji Yüksek Mühendisi

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi 06520 Ankara

ÖZET

Enerji, sanayileşmenin temeli ve kalkınmanın bir göstergesi olup; canlıları çevreleyen, onları etkileyen ve onlardan etkilenen tüm faktörlerin toplamı olan çevre ile içiçedir. Enerji üretim tesisleri, çevreyi olumsuz etkileyen faktörler içinde yalnız bir tanesi olmasına karşın ülkemizde neredeyse çevre kirliliği ile özdeşleşmiş ve enerji-çevre çatışmasını sürekli kılmıştır.

Gerçekleştirilen bir proje kapsamında, ülkemizin enerji bütünlemede büyük paya sahip olan Seyitömer havzası linyit ve bitümlü marnlarının (yanıcı marn) akışkan yataklı yakma sistemi ile birlikte değerlendirme olanakları araştırılmıştır. Pilot santralda yapılan deneyler sonucunda en uygun karışımın % 80 linyit ve % 20 bitümlü marn olduğu belirlenmiştir. Bu karışım ile duraylı bir yanma sağlanmış ve bitümlü marnlar içerdikleri karbonat nedeniyle desülfürizasyona yardımcı olmuştur.

GİRİŞ

Günümüzde eksikliği tam olarak hissedilmemekle birlikte, yakın bir gelecekte ülkemizde enerji gereksinimine olan talep hızla artacaktır. Ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyecek olan; sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji temini, enerji politikalarının başında yer almaktadır.

Jeotermal, güneş, rüzgar, dalga gibi temiz enerji kaynakları günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin dillerinden düşürmedikleri çevre kavramı ile iyi dost olmalarına karşın kendine özgü enerji dönüşüm sistemleri ile teknolojiler gerektirdiğinden ayrıca konvansiyonel enerji kaynakları kadar büyük potansiyel sunmadıklarından gereken ilgiyi görememektedir. Bunun yanı sıra nükleer enerji konusundaki tartışmalar ve özellikle gelişmiş ülkelerde bu enerjiye karşı oluşan tepkiler, henüz bu santrallara sahip olmayan

ancak yapımını planlayan ülkeleri düşündürmektedir. Bu yüzden çevresel etkileri bakımından bazı dezavantajları bulunmasına rağmen fosil yakıtlar günümüzde ilgi odağı olmaya devam etmektedir.

Dünyada elektrik enerjisi üretiminde kullanılan sistemlere bakıldığında % 64' lük bir oranla termik santraller başta gelmektedir. Bunu % 19 ile hidrolik, % 17 ile nükleer takibetmektedir. Gelişmiş ülkelerden Hollanda' da termik santrallerin oranı % 95, İngiltere' de % 76, ABD' de % 70, Almanya' da % 68, Japonya' da ise % 64' dür. Türkiye' de enerji-çevre çatışmasını gündemde tutan termik santraller % 53' lük pay ile komşu ülkelerden İran, Irak, Yunanistan ve Bulgaristan' ın gerisindedir [1].

2010 yılına kadar, mevcut santrallara ilave olarak 6800 MW' lık yerli kömüre dayalı santral, 2500 MW' lık ithal kömüre dayalı santral, 15400 MW' lık doğal gaz santrali, 2400 MW' lık fuel-oil santrali ve 2000 MW' lık nükleer santralin yapımı planlanmaktadır. Tüm bu projeler gerçekleştiğinde 2010 yılında kurulu gücümüz 16000 MW' lık ek santral ile 65000 MW' a ulaşacaktır.

Ülkemizdeki linyite dayalı termik santrallerin pek çoğunun 1970 li yıllarda planlanmış ve yapımına başlanmış olması ve o dönemde hava kalitesinin korunması yönetmeliğinin yürürlükte bulunmaması nedeniyle yer seviyesi SO₂ konsantrasyonları dikkate alınmıştır. Bunun için baca gazlarının yayılmasını sağlayacak baca yüksekliği, baca gazı çıkış hızı ve baca gazı sıcaklığı gibi parametreler dikkate alınarak düşük SO₂ konsantrasyonunun temini sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile yer seviyesi konsantrasyonları yerine baca gazı içindeki SO₂ in dikkate alınması gereği ortaya çıkmıştır. 1986 yılından bu yana da termik santrallerin kirletici emisyonları içerisinde önemli yeri olan SO₂ hep gündemde kalmış ve enerji-çevre çatışmasında baş rolü oynamıştır.

Ülkemiz, Helsinki (1985) ve Sofya (1988) protokolleri gereği SO₂, NO_x ve diğer emisyonlar için önlem almak zorundadır. Enerji üretiminden tüketimine kadar geçen tüm süreçlerde politikaların belirlenmesi ve uygun teknolojilerin seçimi önemli bir problem oluşturmaktadır. Problemin çözümünün en zor yanı ise bu karar ve politikaların etkilerinin sadece enerji sektörü içinde kalmayıp tüm ülke ekonomisini ve çevreyi kapsamasıdır. Enerji-ekonomi-çevre etkileşimi dikkate alınarak hazırlanan senaryolar ile modellemeler yapılmış ve çözüm önerileri hazırlanmıştır [2].

Ülkemiz enerji politikaları içerisinde yer alan “enerji temininde çeşitlilik ve öz kaynaklarımızın kullanımı” ilkesinden hareket ederek gerçekleştirilen bir proje ile enerji-çevre dostluğuna yönelik önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Bu proje ile ülkemizin enerji bütünlemede büyük paya sahip olan Seyitömer havzasında yer alan linyit ve bitümlü marnlar (yanıcı marn) ele alınarak termik santralda birlikte değerlendirilme olanakları araştırılmıştır [3].

BİTÜMLÜ MARNLARIN ÖZELLİKLERİ

Bitümlü şeyl, bitümlü şist ve petrollü şeyl (oil shale) gibi terimler, ince taneli ve genellikle lamine bir yapıya sahip; organik çözücülerde çözünmeyen ve 'kerojen' adı verilen bir organik madde içeren sedimanter kayalar için kullanılmaktadır. Bitümlü marn ise tüm özellikleri ile yukarıdaki tanıma uymakta ancak lamine yapı göstermemektedir [4].

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

Dünyada ilk bitümlü şeyl 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 şeyl (oil shale) ve şeyl petrolü (shale oil) çalışmaları sinüsoidal bir eğri çizmektedir. 1800 yıllarında en üst düzeye ulaşan bitümlü şeyl çalışmaları, 1859 yılında ticari anlamda petrolün bulunmasıyla gerilemiştir. Daha sonra I.Dünya Savaşı yıllarında (1915) tekrar hız kazanan bitümlü şeyl çalışmaları, keşfedilen yeni petrol sahaları ile yeniden durmuştur. II.Dünya Savaşı yıllarında (1945) şeyl petrolü dikkatleri bir kez daha üzerinde toplamış ancak savaş sonrası petrol fiyatlarında istikrar döneminin başlamasıyla sentetik petrol eldesi çalışmalarına ara verilmiştir. Bitümlü şeyller, 1970' li yıllarda yaşanan petrol krizi ile bir kez daha gündeme gelmiş olup bu dönemde yine sentetik petrol eldesine yönelik yoğun araştırmalar yapılmıştır.

Bitümlü şeyllerden 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 şeyllerin bu amaçla yeniden incelenmesini gündeme getirmiştir.

Dünyadaki bitümlü şeyl rezervlerinin; bir araştırmaya göre sadece 50 ülkede 2000 trilyon varil petrole eşdeğer olduğu [5], diğer bir araştırmaya göre ise 500 milyar ton

olduğu [6] tahmin edilmektedir. Ülkemiz bitümlü şeyl rezervi ise 1.6 milyar ton olup bunun 122 milyon tonu işletilebilir rezerv olarak olarak Seyitömer (Kütahya) sahasında halen işletilmekte olan linyitin üzerinde yer almaktadır [7].

Neojen yaşlı gölsel birim içinde yer alan Seyitömer bitümlü marnları, genellikle gri yeşilimsi gri ve açık kahverenkli olup kilaşları 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 işletilirken dekapaj malzemesi olarak alınmaktadır. Esas damarın kalınlığı havzada 1.50-36.00 m arasında değişmektedir [8].

AKIŞKAN YATAKLI YAKMA SİSTEMİ

Akışkan yataklı sistemde yakma tekniği, özellikle düşük kaliteli yakıtların yüksek yakma verimi ve en az çevresel etki ile 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 [9, 10 11].

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 [12].

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 (%)	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 santralda yapılan deneyler, bitümlü marnların yüksek kalsiyum içeriğinin, linyitle birlikte yanma sırasında oluşan kirletici emisyonları düşürmede olumlu etki yaptığını göstermiştir.

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 ((%)	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/m³ ün altında kalmaktadır. NOx emisyonları ise bitümlü marnların yüksek karbonat içeriği nedeniyle 300-525 mg/m³ arasında kalmıştır.

4. % 50 bitümlü marn ile % 50 linyit karışımında NO_x 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 yararlanılmış olmaktadır.
7. Bitümlü marnların emici özellik göstererek desülfürizasyona yardımcı olabilmesi için gerekli yatak sıcaklığı 750oC' dir. Daha yüksek yatak sıcaklıklarında desülfürizasyon oranı düşmektedir.
8. % 20 oranına kadar bitümlü marn karışımı halinde NO_x emisyonları uygun sınırlara oldukça yakındır. Karbon monoksit emisyonu % 20 bitümlü marn ilave edildiğinde 200 mg/m³ ün altında kalmaktadır.

2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" nde emisyonlar; yakıt ve benzerlerinin yanmasıyla sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemler; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve bu gibi diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Hava Kalitesi Sınır Değerleri ise;

NO_x için 100-300 mikrogram/m³

NO için 200-600 mikrogram/m³

CO için 10000-30000 mikrogram/m³

SO₂ için 250-900 mikrogram/m³ olarak verilmektedir (1 mikrogram=0.001 mg).

Hava kalitesi için kütle konsantrasyonu; havanın birim hacminde bulunan hava kirleticinin kütlesi, emisyon için kütle konsantrasyonu ise; atık gazın birim hacmi başına yayılan hava kirleticinin kütlesidir. Gerek hava kalitesinde gerekse emisyonlarda yaygın olarak kullanılan birim mg/m³ dür.

CFBC Akışkan yataklı yakma sisteminin test sonuçları, Seyitömer bitümlü marnlarının linyit ile karıştırılarak yakılmasında duraylı bir yanmanın gerçekleştiğini göstermiştir [13]. Ayrıca kirletici emisyonlar da Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında kalmıştır.

Seyitömer' de kurulu gücü 600 MW olan 4 üniteli santral çalışmakta olup,

ülkemizde kömüre dayalı olarak çalışan termik santraller içinde önemli bir yeri vardır. 1995 yılı itibarıyla ülkemiz elektrik üretiminin % 4.6' sını karşılayan Seyitömer termik santralında yılda yaklaşık 7 milyon ton kömür tüketilmektedir. Seyitömer sahasının görünür rezervi 1989 yılı rakamlarına göre 200 milyon tondur [8].

Çan Termik Santralının (2x150 MW) akışkan yataklı yakma sistemine göre dizaynı planlanmıştır. Akışkan yatak teknolojisinde kükürt, linyitin yanması sırasında kireçtaşı ilave edilerek % 90' lık bir verimle tutulmakta olup, bu şekilde yönetmeliklerin öngördüğü sınır değerler sağlanmakta ve baca gazı desülfürizasyonu tesisine gerek kalmamaktadır.

Ülkemizde kömüre dayalı olarak çalışan termik santraller içinde Soma-A dan sonra en yüksek kapasiteye sahip olan Seyitömer termik santralının ömrü, linyit rezervi nedeniyle 25 yıldır. Daha fazla geliştirme imkanı bulunmayan kömür rezervi günümüzde yaklaşık 188 milyon ton olup yılda ortalama 7 milyon ton üretim yapıldığı düşünülürse rezervin 25 yıl sonra tükeneyeceği ortaya çıkmaktadır.

Bu gerçekler dikkate alındığında, önümüzdeki yıllarda Seyitömer' de yapımı planlanan ek ünite için, havzada kömürün hemen üzerinde bulunan [14] ve dekapaj malzemesi olarak atılan bitümlü marnlar ayrı bir önem kazanmaktadır. Bitümlü marnlar akışkan yataklı yakma sistemine sahip termik santralda verilen oranlarda karıştırılarak yakıldığında, kirletici emisyonlardan kaynaklanan çevresel etkiler en aza ineceği gibi, bugüne kadar atılan enerji hammademiz de değerlendirilerek ülke ekonomisine kazandırılmış olacaktır. Ayrıca buna bağlı olarak termik santralda kullanılan linyitten % 20 tasarruf sağlanacağından, bundan sonra rezervini artırma olanağımız bulunmayan [15] kömürün diğer sektörlerde kullanım ömrü uzayacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmalar sırasındaki desteklerinden dolayı başta kurumum MTA Genel Müdürlüğü olmak üzere Prof. Dr. N. Sonel (Ankara Üniversitesi), Dr. İ. K. Şengüler (Tübingen Üniversitesi, Almanya) ve Dr. H. Hufnagel' e (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Almanya) teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

1. Başaran, M. (1997), Kömürle Çalışan Termik Santraller, Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, 104-113, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.

2. Arıkan, Y. ve Kumbaroğlu, G. (1997), Emisyon kısıtları altında enerji politikaları ve ekonomik büyüme. Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, 243-255, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
3. Şengüler, İ. (1999), Seyitömer (Kütahya) yöresi petrolü şeyllerinin ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi (yayınlanmamış), 190, Ankara.
4. Şengüler, İ. and Sonel, N. (1997), Seyitömer (Kütahya, Turkey) Oil Shales as an Energy Resource, 3rd Pakistan Geological Congress Abstracts Book, 57, Department of Geology, University of Peshawar, Pakistan.
5. Russel, P.L. (1990), Oil Shale of the World, Their Origin, Occurrence and Exploitation, Pergamon Press, USA.
6. Burger, J. (1973), L'exploitation des Pyroschistes on Schistes Bitumineux, Rev. Int. Fr. Petr., 28, 315-372, France.
7. Şengüler, İ. (1994), Bitümlü Şeyl, Türkiye Enerji Bülteni, cilt 1, sayı 1, Ankara.
8. Türkiye Linyit Envanteri, (1993), MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
9. Ekinci, 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.
10. 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.
11. Henttonen, J., Kojo, I.V. and Kortela, U. (1992), Optimising Control of NO_x and SO₂ Emissions in the FBC Process, Journal of the Institute of Energy, 118-121.
12. Eskin, N. ve Kılıç, A. (1994), Akışkan Yataklı Kömür Yakıcılarında SO₂ Tutulması, 21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 992-1000, İstanbul.
13. Şengüler, İ. ve Sonel, N. (1999)a, Enerji hammaddesi olarak bitümlü kayaçlar: Seyitömer bitümlü marnlarının katı yakıt olarak kullanımı. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 136-142, İzmir.
14. Şengüler, İ. ve Sonel, N. (1999)b, Seyitömer (Kütahya) bitümlü marnlarının stratigrafik özellikleri ve ekonomik önemi. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 350-357, Ankara.
15. Ünver, Ö. (1996), Türkiye'nin enerji potansiyeli ve bu potansiyelden ekonomik olarak yararlanma olanakları. Türkiye Enerji Sempozyumu, 14-16 Kasım 1996, Ankara.