

AKIŞKAN YATAKTA YAKMA TEKNOLOJİSİ

ve

TÜRK LİNYİTLERİNE ADAPTASYONU

Nevin Selçuk*

ÖZET : Bu makalede akışkan yatakta yakma teknolojisi ve uygulamaları kısaca özetlenmiş ve bu teknolojinin Türk linyitlerine adaptasyonu için gerekli çalışmaları yapmak fizere kurulmuş olan 0,3 M W ısı gücündeki akışkan yataklı yakıcı test ünitesinde gerçekleştirilmiş olan yakma deneylerinden bazı örnekler sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Ülkemizin kendi öz varlığı olan enerji kaynakları arasında kuşkusuz en önemli yeri 8 milyar ton bilinen rezervleri ile linyit almaktadır. Yüksek oranda kükürt, nem ve kül içeren düşük kaliteli bu yakıtın klasik yöntemlerle yakıcı içinde temiz ve verimli yakılabilmesi olanaksızdır. Bu yöntemler kullanıldığı takdirde yanma odasında oluşan kükürt dioksit ve azot oksitlerin hava kirliliği yaratması kaçınılmazdır.

Son zamanlarda, bir taraftan hava kirliliği yaratması gereğiyle konvansiyonel termik santrallara karşı kamuoyunda oluşan büyük tepki, diğer taraftan çok yalan bir gelecekte Türkiye'nin baca gazı kirletici emisyon değerlerini Avrupa Topluluğu'na üye olan ülkelerin değerlerine indirme problemi ile karşılaşacak olması, linyitin enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmasını olumsuz yönde etkilemiştir.

Bu olumsuz etkinin sonuçlarından biri ülkemizin birincil enerji ihtiyacının linyit yerine doğal gazdan sağlanması yönündeki çalışmalardır. Nitekim, 2010 yılında elektrik enerjisi için Türkiye'nin tahmini doğal gaz ihtiyacının yaklaşık 13 milyar metreküp olduğu rapor edilmiştir [1]. Bu miktarın dörtte biri mevcut santrallar, geri kalanı ise kurulacak olan santrallar için öngörülmüştür.

Her ne kadar konut ihtiyacının karşılanması için gerekli yanma odası boyutlarında doğal gazın kullanımı mantıklı bir çözüm ise de, merkezi ısıtma, endüstriyel tesisler ve termik santrallar için gerekli yanma odası boyutlarında kendi öz varlığımız olan linyitin temiz ve verimli bir yakma teknolojisi ile kullanımı en uygun çözümdür.

Ayrıca ülkemizin enerji ihtiyacının doğal gaza dayandırılması eğilimi iki nedenle değişmek zorundadır. Bunlardan birincisi, uzun vadede doğal gaz fiyatının uluslararası

* Profesör, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

piyasadaki belirsizliği, ikicisi ise Ülkemizin sınırlı yatırım kaynaklarının, altyapı ve endüstriyel gelişme gibi ülke içi yatırımlar yerine doğal gaz ithali için kullanılmasıdır.

Alternatif çözüm son yıllarda geliştirilmiş ve daha çok gelişmiş ülkelerin sanayilerinde ve santrallerinde uygulamaya konulmuş olan akışkan yatakta yakma teknolojisidir. Bu teknolojinin özelliği, Türk linyitleri gibi düşük kalorili yakıtların da hava kirliliği yaratmaksızın verimli olarak yakılabilmesini sağlamasıdır.

Ancak, daha çok Kuzey Amerika ve Avrupa'nın yüksek kalorili kömürleri için geliştirilmiş olan akışkan yataklı yakıcı tasarımlarının ülkemiz linyitlerine olduğu gibi uygulanması, bu teknolojinin sunduğu avantajları kısıtlamaktadır.

Nitekim, 1987 yılından bu yana Türkiye'deki kazan imalatçıları bu ülkelerden proses tasarru için lisans alarak imalat yapmış ve sanayiye küçük ve orta kapasitede kazanlar sunmuştur.

Ancak bu tasarımlar Türk linyitinden çok daha kaliteli kömürler için geliştirilmiş olduğundan devreye almada değişikliklere, gecikmelere ve işletmede sık ve pahalı bakım ve onarımlara ihtiyaç göstermektedir.

Ayrıca akışkan yataklı kazanın en önemli özelliklerinden biri olan kükürdün kireçtaşı ile yanma odasında tutularak baca gazındaki kükürt dioksit emisyonunun azaltılması, şimdiye kadar kurulmuş olan kazanlarda uygulanmamıştır.

İthal edilen bu teknolojilerin linyitlerimize uyarlanamamasından kaynaklanan bu sorunlar uygulayıcıların akışkan yatakta yakma teknolojisine olan güvenini sarsmıştır.

Ancak bu teknolojinin Çin ve İspanya gibi büyük linyit rezervlerine sahip ülkelerde basan ile uygulandığı dikkate alındığında akışkan yatakta yakma teknolojisinin ülkemiz linyitlerine ivedilikle adaptasyonu gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu ihtiyaçtan hareket edilerek, 1975 yılında akışkan yataklı yakıcıların modellenmesi ile başlayan ve 1984 yılından bu yana pilot ölçekte deney ve tasarım geliştirme çalışmalarına devam eden araştırmalar [2-11] 0.3 MW akışkan yataklı yakıcı test ünitesinin kurulmasıyla devam etmiş ve böylelikle Türk linyitleri için 'know-how' geliştirmeye yönelik önemli bir adım atılmıştır.

Test ünitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından, Kanada Uluslararası Teknoloji Geliştirme Ajansı'nın (CIDA) mali desteği, Babcock & Wilcox Gama Kazan Teknolojisi A.Ş.'nin teknik desteği ve bazı kuruluşların katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

2. AKIŞKAN YATAKTA YAKMA TEKNOLOJİSİ

Akışkan yatakta yanma, kömür taneciklerinin sıcak akışkanlaştırılmış kum, kül ve/veya tutucu yatağında yanmasıdır. Dağıtıcı plakadan geçen primer hava- yatak malzemesini akışkanlaştırır ve yatağa alttan veya üstten beslenen kömürün yanmasını sağlar. Yakıt ve

tutucunun hava ile mükemmel bir şekilde karışması yüksek yanma ve kökürt tutma koşullarını hazırlar. Yatak sıcaklığı yatak içerisine yerleştirilen soğutma borularıyla kontrol edilir.

Akışkan yatakta yakma teknolojisinin avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yüksek yanma verimi (%90-99)
- Yüksek ısı transfer katsayısı (kompakt kazan)
- Mükemmel gaz-katı karışımı (düşük fazla hava koşullarında işletme)
- Yakıt hazırlama maliyetinin düşüklüğü
- Temiz yanma
 - Düşük yanma sıcaklığı ve basamaklı hava besleme (düşük NO_x emisyonu)
 - Yüksek yanma verimi (düşük CO emisyonu)
 - Yanma odasına kireçtaşı beslenmesiyle SO₂'nin yanma odasında tutulması (düşük SO₂ emisyonu)

Akışkan yataklı yakıcılar atmosferik ve basınçlı olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. İsimlerden de anlaşılabilceği gibi atmosferik akışkan yataklı yakıcılar (AAYY) atmosferik basınç civarında, basınçlı akışkan yataklı yakıcılar (BAYY) ise 5-20 atmosfer arasında basınçlandırılarak çalıştırılırlar. BAYY'lar kombine çevrim santrallerinde türbinlere basınçlı sıcak gaz sağlayarak, doğal gaz yakma ihtiyacını ortadan kaldırırlar. Akışkan yataklı yakıcılar akışkanlaştırma koşullarına bağlı olarak da kabarcıklı (KAYY) ve dolaşimli (DAYY) olmak üzere ikiye ayrılırlar. KAYY'larda parçacık büyüklüğü ve gaz hızı en az katı taşınımını verecek şekilde ayarlanır. Minimum akışkanlaştırma için gerekli olan gaz debisinden fazlası yatakta kabarcıklar halinde yükselir. Kabarcıklar taneciklerin yatak içinde dolaşımını sağlayarak mükemmel bir şekilde karışmasına olanak verir. KAYY'larda yatak yüzeyi oldukça belirgindir. Gaz tarafından yataktan taşınan tanecikler, yakıcı çıkışındaki toz tutucularda gazdan ayrılarak yatağa geri beslenir ve yanma ile kökürt tutma performanslarının artmasını sağlar. Küçük tanecik ve yüksek gaz hızlarında çalıştırılan DAYY'larda ise tanecikler gaz tarafından sürekli olarak taşındığından yatak yakıcının tüm hacmini doldurur ve dolayısıyla belirgin bir yatak yüzeyi yoktur. KAYY ve DAYY'ların tipik işletme koşulları Tablo 1'de verilmiştir [7].

Tablo 1. KAYY ve DAYY'ların tipik işletme koşulları.

İşletme Koşulları	KAYY	DAYY
Max. Besleme Boyutu, mm	50	10
Yatak Tanecik Boyutu, mm	0.1 - 4.0	0.05 - 1.0
Akışkanlaştırma Hızı, m/s	1 - 3	4 - 12
Yatak Yoğunluğu, kg/m ³	800 - 1600	30 - 300
Yanma Verimi, %	90 - 99	95 - 99

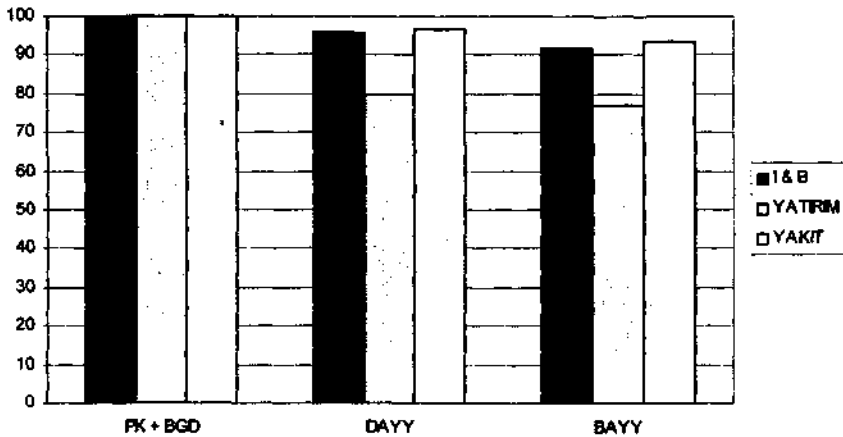
Yukarıda adı geçen tüm AYY teknolojileri santrallarda enerji eldesinde kullanılabilirler. Akışkan yataklı kazanların konfigürasyonu konvansiyonel pulverize kömür (PK) tesisininkine büyük benzerlik gösterir. Baca gazı desülfürizasyon tesisinin eliminasyonu dışında iki tesis arasında temel ekipman farkı kireçtaşı besleme sistemi ile tanecik geri döngü sisteminin ilavesidir. Temiz kömür teknolojilerini geliştirme kapsamı içinde İngiltere’de kömür araştırma enstitüsünün yürütmekte olduğu çalışmalarda [12] akışkan yataklı sistemlerin konvansiyonel sistemlere göre verim, yatırım maliyeti ve emisyon performansı değerlendirilmiş ve bu teknolojilerin üstünlüğü ortaya konmuştur.

Tablo 2. Tesis boyutu, verimi ve yatırım maliyeti özeti* [12].

Teknoloji	Nominal Boyut (MWe)	Net Verim (%)	Yatırım Değeri (\$/kWe)
PK + BGD	200	38.8	1780
DAYY	200	39.6	1490
BAYY	200	41.4	1460

*İngiltere’de kurulma Ocak 1993 fiyatlarıdır (1 Pound = 1.5 USD).

Şekil 1, Tablo 2’deki verilere dayalı olarak bulunan göreceli elektrik üretim maliyetlerini göstermektedir. Tablo 3 elektrik üretiminde kullanılmakta olan akışkan yataklı sistemlerden bazı örnekleri içermektedir.



Şekil 1. Göreceli elektrik üretim maliyetleri, % [12].

Tablo 3. İşletmeye açılmış AYY'lardan bazı örnekler.

Tip	Buhar Üretimi (lb/h)	Buhar P,psig / T,°F	Yakıt Tipi	Firma	İşletme Yeri	Start-Up Yılı
KAYY	1100300 (160MWe)	1850/1003	B	ABB	ABD	1988
KAYY	1039000	1525/1005	AB	FW	ABD	1986
KAYY	440000 (155MWt)	1218/356	K,T,P	Kvaerner Enviropower	Endonezya	1993
KAYY	485100	1450/1005	AB	FW	Pakistan	1994,95,96
DAYY	2x1025000 (150MWe)	1990/1005	L	ABB	ABD	1989,1990
DAYY	562000 (165MWt)	2160/1004	K,T,AO	Kvaerner Enviropower	İsveç	1990
DAYY	1162678 & 1024873	1854/1005 & 502/1005	K+KT	Ahlstrom	Kanada	1993
DAYY	925000	1510/1005	K+KT	Ahlstrom	ABD	1987
DAYY	4x570000 (80 MWe)	1875/1005	AB	ABB	ABD	1990
DAYY	2x679000 (80 MWe)	1970/1005	B	ABB	ABD	1989
DAYY	551155	1522/1060	K+KT	Ahlstrom	Japonya	1989
DAYY	2x547625	1305/950	K+KT	Ahlstrom	Almanya	1991
BAYY	477000 (79.5 MWe)	1349/955	L	ABB	İspanya	1989
BAYY	961000 (135 MWe)	1972/986	B	ABB	İsveç	1989
BAYY	316000 (71 MWe)	1479/1100	B	ABB	Japonya	1993

AB : Alt Bitümlü

AO : Aralık Odun

B : Bitümlü

K : Kömür

KT : Kireçtaşı

L : Linyit

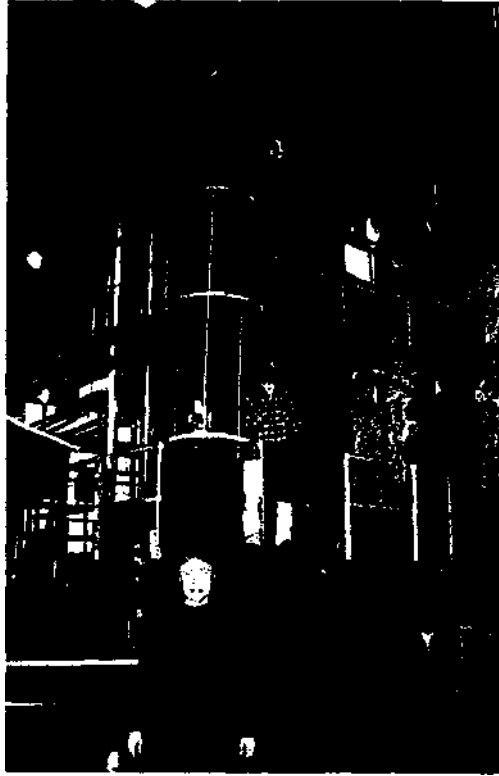
P : Petrol

T : Turb

3. ODTÜ 0.3 MW AKIŞKAN YATAKLI YAKICI

3.1 Test Ünitesi

Şekil 2.'de proses tasarımı ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nde yapılmış olan 0.3 MW akışkan yataklı test ünitesinin fotoğrafı görülmektedir. Değişik linyitlerin yakılabilmesi için modüller ve esnek bir yapıda tasarlanmış, birer metrelik beş modülden oluşmuştur. İç kesit alanı 0.45 m x 0.45 m olan bu modüllerin ilki yatak bölgesini, onu takip eden üçü serbest bölgeyi sonuncusu ise soğutucuyu temsil etmektedir. Ünitenin iç yüzeyi ateş tuğlası ile kaplı olup dış yüzeyi yalıtılmıştır. Üniteye iki soğutma yüzeyi bulunmaktadır.



Şekil 2. ODTÜ 0.3 MW akışkan yataklı test ünitesi

Bunlardan birincisi yatağı, diğeri de serbest bölgeden çıkan gazı soğutmaktadır. Yataktaki soğutma yüzeyi istenen ısı çekişine göre değiştirilebilecektir. Gerekğinde serbest bölgedeki ateş tuğlalı modüller yerine su duvarlı modüller kullanılabilecektir.

Basma fanından sağlanan akışkanlaştırma havası sırasıyla kalibre edilmiş bir vorteks akış ölçer, hava kutusu ve dağıtıcı plakadan geçtikten sonra yatağa gider. Yakıcıdan çıkan yanma gazları içerdiği uçucu külü siklonda bırakarak emme fanı aracılığı ile bacaya verilir. Kömür ve kireçtaşı, kendi silolarını altındaki hızı ayarlanabilen burgulu besleyicilerden geçerek tek bir noktadan yatağa beslenir.

Denemelere olanak verebilmesi için yatakta biri yatak seviyesi altı diğeri dağıtıcı plaka üstü olmak üzere iki besleme noktası mevcuttur. Yatak külü dağıtıcı plakaya bağlı olan drenaj borusu ile boşaltıcıya verilir. Yatak seviyesi bu boşaltıcı ile değiştirilebilir.

Siklonda toplanan uçucu kül hava kilidi ile siklondan çekilir. Sistem, siklonda toplanan külün değişik oranlarda yatağa dönmesine olanak verecek şekilde tasarlanmıştır. Devreye alma sırasında yatağın ön ısıtması LPG ile sağlanmaktadır.

Gaz konsantrasyon ve sıcaklık profillerini çıkartmak amacıyla yakıcı boyunca onar tane ısıl çift ve gaz örnekleme sondası yerleştirilmiştir. Bunlardan dörder tanesi yatakta diğerleri ise serbest bölgededir.

Tasarımı ekibimizce yapılmış olan gaz örnekleme sondalarından çekilen gazlar (CO_2 , CO , O_2 , S_2 , NO) şartlandırıldıktan sonra analizörlere gönderilmektedir. CO_2 , CO ve S_2 için infrared, O_2 için termo-manyetik, NO için ise kimyasal ışıma (chemi-luminescent) analizörleri kullanılmaktadır. Yatak ve serbest bölge serpantinlerinden çıkan suyun sıcaklıkları rezistans termometreleriyle, serpantinlere giren suyun debileri ise orifis metrelerle ölçülmektedir. Tüm ölçüm cihazlarından gelen elektrik sinyalleri Bailey İnfi 90 proses kontrol ve veri toplama sistemine iletilmekte ve gerçek değerler bilgisayardan izlenebilmektedir.

3.2 Deneysel Çalışmalar

Halen çalışmakta olan AYY'ların çoğu kaliteli kömürler için tasarlanmış olup, Türk linyiti gibi kül, uçucu madde, ve kükürt oranı yüksek yakıtların bu tasarımlarla temiz ve verimli bir şekilde yakılması olanaksızdır. Türk linyitini, kaliteli kömürlerden ayıran yüksek kül oranı kömürün kendi külü içinde yakılmasını gerektirdiğinden ön deneyler yatak malzemesi olan külü üretmek için yapılmıştır. Diğer ayırıcı unsurlardan olan yüksek uçucu oranı kömür besleme noktasının uygun yerinin belirlenmesini; ayrıca, kömür içindeki yüksek kalsiyum miktarı, kömürün kendi külünün kükürt tutmadaki payının saptanmasını gerektirmektedir. Bu amaçla yapılan kireçtaşı ilavesiz yakma deneylerinden ikisi için kömürün fiziko-kimyasal özellikleri, işletme koşulları ve bazı deney sonuçları Tablo 4 ve 5'te özetlenmiştir. Her iki deneyde de kömür besleme noktasının dağıtıcı plakadan yüksekliği 85 cm' dir. Tablo 5'ten de görülebileceği gibi kömürün külü ile tutulan kükürt miktarı Önemli ölçüde olup, verim yatak yüksekliği ile artmaktadır. Kömür besleme noktasının dağıtıcı plakadan 15 cm yüksekte olduğu durumda benzer koşullarda yapılan deney sonucunda kükürt tutma veriminin %43'e çıktığı tesbit edilmiştir. Ancak söz konusu deneyin katı analizleri henüz kesinleşmediğinden detay bulgular daha sonra sunulacaktır.

4. SONUÇ

0.3 MW akışkan yataklı yakıcı ile değişik linyit/kireçtaşı kombinasyonlarının denenmesi ve elde edilecek verilerin daha büyük kapasiteli yakıcılar 'know-how' geliştirilmesi veya kaliteli kömürler için geliştirilmiş olan tasarımların linyite adaptasyonu amaçlanmıştır.

Böylece, test ünitesi, akışkan yatakta yakma teknolojisinin Türk linyitleri için ticari boyuta geçirilmesini sağlayacaktır. Modüler ve esnek tasarımından dolayı ünite, gerek enerji sektörü için sıcak su kazam ve gerekse sanayi sektörü için sıcak gaz üretici tasarımlarına olanak verecektir.

Tablo 4. Deneylerde kullanılan kömürlerin fiziko-kimyasal özellikleri.

Deney adı: 950129						Deney adı: 950618					
Boyut Analizi		Kısa Analiz (özgün örnek)		Element Analizi (kuru örnek)		Boyut Analizi		Kısa Analiz (özgün örnek)		Element Analizi (kuru örnek)	
Boyut (mm)	Ağırlık (%)	Bileşen	Ağırlık (%)	Bileşen	Ağırlık (%)	Boyut (mm)	Ağırlık (%)	Bileşen	Ağırlık (%)	Bileşen	Ağırlık (%)
4.000-2.360	34.43	Nem	18.74	C	34.94	4.000-2.360	1.34	Nem	14.23	C	34.24
2.360-1.700	34.01	Kül	38.92	H	2.67	2.360-1.700	34.9	Kül	34.72	H	4.24
1.700-1.400	6.91	UM*	30.08	O	10.49	1.700-1.400	12.31	UM*	47.25	O	17.51
1.400-1.180	5.66	SK ^x	12.26	N	1.13	1.400-1.180	9.03	SK ^x	3.8	N	0.94
1.180-0.850	9.4	ÜİD*: 2917 cal/gr dp ort. : 1.26 mm		S (org)	0.14	1.180-0.850	19.47	ÜİD*: 3237.5 cal/gr dp ort. : 0.71 mm		S (org)	0.74
0.850-0.600	3.66			S (prt)	2.75	0.850-0.600	7.45			S (prt)	1.87
0.600-0.425	1.61			S (slf)	0.75	0.600-0.425	3.31			S (slf)	0.96
0.425-0.000	4.32			Ash	47.88	0.425-0.000	12.19			Ash	40.48

*Öst Isıl Değer

^xSabit Karbon[†]Uçucu Madde

Tablo 5. İşletme koşulları ve deney sonuçları.

Deneyin adı	950129	950618
Kömür debisi, kg/h	102	123
Ortalama kömür büyüklüğü, mm	0.71	1.26
Hava debisi, kmol/h	17	17
Ca/S raol oranı	1.35	1.21
% Hava fazlası	15	17
Akışkanlaştırma hızı, m/s	2.4	2.2
Ortalama yatak sıcaklığı, °C	851	797
Uçucu kül debisi, kg/h	34	34
Yatak çekişi, kg/h	-	4
Kükürt tutma verimi, %	15	24
Yanma verimi, %	95	95
Yatak ısı transfer katsayısı, kcal/h-m ² -°C	202	244
S. Bölge ısı transfer katsayısı, kcal/h-m ² -°C	34	33
Yatak yüksekliği, m	0.6	1

Sonuç olarak, bu teknolojinin ülkemiz linyitlerine adaptasyonu, Türkiye'nin öz kaynağı olan linyitlerin çevre sorunu yaratmaksızın enerji üretiminde değerlendirilmesini sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kanada Uluslararası Geliştirme Ajansı'nın (CIDA) mali desteği, Babcock & Wilcox Gama Kazan Teknolojisi A.Ş.'nin teknik desteği ve Bailey Controls, Selnikel, Çamlıca A.Ş., Çitosan, TEAŞ Çayırhan İşletmesi, TKİ, Işıklar Holding, EKA ve Ytong'un bağış ve katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

ODTÜ 0.3 MW akışkan yataklı test ünitesinin kurulması, işletilmesi ve sonuçlarının irdelenmesinde özveriyle çalışan Ümit Kırmızıgül, Olcay Oymak, Derya Barlas, Engin Değirmenci ve Levent Organ'dan oluşan akışkan yatak ekibine teşekkür ederim.

REFERANSLAR

1. Erksan, M., "Natural Gas Market Prospects for Turkey", Proceedings of International Symposium on Energy with all Aspects in the 21st Century, p.79, April 28-30, 1994, Istanbul
2. Selçuk, N. ve Kırmızıgül, Ü., "Characteristics of a Fluidized Bed Combustor Burning Low-Quality Lignite", J. of Inst. of Energy, vol.64, p. 151, 1991.

3. Selçuk, N. ve Tezgörcü, ö-, "Combustion Characteristics of Low-Quality Turkish Lignites in Fluidized Bed Combustors", Proceedings of 7* International Conference on Fluidization, (ed: Potter, O.E. and Niclin, D.J.) Engineering Foundation, New York, p.205, 1992.
4. Selçuk, N., Atamer, S., Eroğlu, I., önal, I. ve Kimuzgöl, 0., "2 MW Lignite Fired Atmospheric Fluidized Bed Boiler: Fundamental Process Design Philosophy", Proceedings of 12* International Conference on Fluidized bed Combustion (edRubow L.N.), ASME, New York, vol.1, p.303,1993.
5. Oymak, o., Selçuk, N. ve önal, I., "Testing of a Mathematical Model for die Combustion of Lignites in a AFBC", Fuel, vol.72, p.261, 1993.
6. Selçuk, N., Oymak, O. ve önal, I., "Simulation of Atmospheric Fluidized Bed Combustors with in-situ Desulphurization", J. of Inst, of Energy, vol.66, p.159,1993.
7. Selçuk, N., "Fluidized Bed Combustion Technologies for Existing Thermal Power Plants", Invhed Paper, Workshop on Possibilities of Refurbishing Fossil-Fired Power Stations Taking Into Account Environmental Requirements, Turkish Electricity Authority, p.241, 1993.
8. Selçuk, N., Oymak, O. ve. Barias, D., "Investigation of Sulfation Characteristics of AFBC Ashes Using SEM-EDX Technique", Proceeding of 13* International Conference on Fluidized Bed Combustion (ed. Heinschd K.J.), ASME, vol.1, p.351, 1995.
9. Barias, D., Oymak, O. ve Selçuk, N., "Sulfur Capture Behavior of Lignite Ash and Sorbent in AFBC's", Preprints of International Symposium on Coal-Fired Power Generation, The Environment and Public Acceptance, Ministry of Energy and Natural Resources and Turkish Electricity Generation-Transmission Corporation, p.259, 1995.
10. Kimuzgöl, 0., Barias, D. ve Selçuk, N., "METU 0.3 MW AFBC Test Rig", Preprints of International Symposium on Coal-Fired Power Generation, The Environment and Public Acceptance, Ministry of Energy and Natural Resources and Turkish Electricity Generation-Transmission Corporation, p.277,1995.
11. Selçuk, N., Oymak, O. ve Değirmenci E., "Basic Requirement for Modeling Fluidized Beds: Fast Computation of Particle Size Distributions (PSDs)", Powder Technology, vol.87, p.269,1996.
12. Topper, J.R., Cross, P.J.I, ve Goldthorpe, S.H., "Clean Coal Technology for Power arid Cogeneration", Fuel vol.73, no.7, p. 1056,1994.

