

# DOLAŞIMLI AKIŞKAN YATAKTA KÖMÜR ile ARITMA ÇAMURUNUN BİRLİKTE YAKILMASI ve ÇEVRESEL ETKİLERİ

Hüseyin TOPAL\* Ö. Yusuf TORAMAN \*\*

\* Dr., Gazi Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü,  
\*\* Dr., Sanayi ve Ticaret Bakanlığı

*Bu çalışmada; evsel su arıtma tesislerinden açığa çıkan çamurun termik santral kazanlarında kömür ile birlikte yakılmasına yönelik olarak yanma ve çevresel etki sorunları deneysel olarak incelenmiştir. Yakma sistemi olarak laboratuvar ölçekli bir dolaşimli model akışkan yatak sistemi kullanılmıştır. Su arıtma tesislerinden açığa çıkan biyolojik arıtma çamuru, yanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 125 mm iç çapa ve 1,8 m yüksekliğe sahip laboratuvar ölçekli dolaşimli akışkan yataklı (DAY) bir yakıcıda kömür ile birlikte yakılmıştır. Deneysel çalışmalarda farklı çamur keki/kömür oranları (0/100, 5/95, 10/90, 20/80) denenmiş ve yatak malzemesi olarak silis kumu kullanılmıştır. Yatak boyunca sıcaklıklar ve baca gazındaki  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  ve  $C_mH_n$  konsantrasyonları sürekli olarak ölçülmüştür. Yanma verimi ve emisyon değerleri hesaplanmış ve tek başına kömür yakma ile elde edilen değerler ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar arıtma çamurunun kömür yakma için tasarlanmış bir akışkan yataklı yakıcıda kömür ile birlikte %20 oranına kadar yakılabileceğini göstermektedir.*

**Anahtar sözcükler :** Arıtma çamuru, kömür, dolaşimli akışkan yatak, yakma, emisyonlar

*In this study; a laboratory scale circulating fluidized bed (CFB) of 125 mm diameter and 1800 mm height was used to find out the combustion characteristics of wastewater sludge produced in Turkey. Sewage sludge cake+lignite coal mixtures were burned. Various sludge and lignite coal ratios (0/100, 5/95, 10/90, 20/80) were tried and silica sand was used as bed material. On-line concentrations of  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  and  $C_mH_n$  were measured in the flue gas, as well as temperature along the bed. The combustion efficiency and emissions were calculated and compared to those of burning 100% of coal. Results show that sewage sludge with up to 20% mass concentration can be co-fired with lignite coal in a fluidized bed combustor designed for coal combustion.*

**Keywords:** Sewage sludge, coal, circulating fluidized bed, combustion, emissions

## GİRİŞ

Gerek evsel gerekse endüstriyel ve karışık (evsel+endüstriyel) atıksu arıtma tesislerinden açığa çıkan arıtma çamurları depolama ve uzaklaştırma problemlerine sebep olmaktadır. Şu anda ülkemizde belediyeler tarafından çalıştırılan ve toplam nüfusun ancak %13'üne karşılık gelen 69 adet evsel atıksu arıtma tesisinde her yıl yaklaşık 500 bin ton arıtma çamuru açığa çıkmaktadır. İmalat sanayiinde ise 3,6 milyon ton/yıl arıtma çamuru açığa çıkmakta ve %8'i tarımsal alanlara yayılmakta, %12'si denize boşaltılmakta, %34'ü sahaya, %20'si özel depolama alanlarında biriktirilmekte ve yaklaşık %1'i ise yakılarak yok edilmektedir (DİE, 1999). Ayrıca, İstanbul Tuzla Deri, İzmir-Atatürk, Adana Hacı Sabancı, Bursa Merkez başta olmak üzere 11 adet Organize Sanayi Bölgesinde orta-büyük ölçekli endüstriyel ağırlıklı arıtma tesisi çalışmakta ve her yıl yaklaşık 270 bin ton çamur keki açığa çıkmaktadır. İnşaatı devam eden diğer arıtma tesisleri ile birlikte bu rakamın yakın bir gelecekte 750 bin tonu bulması beklenmektedir (STB, 2001).

Artan arıtma çamuru hacimlerinden dolayı bu atıklara uygulanacak arıtma ve uzaklaştırılma yöntemleri büyük önem kazanmaktadır. Bu tür çamurların ısı değerleri 12-18 MJ/kg katı madde arasında değişmekte ve yakılmaya uygundur. Son yıllarda büyük gelişme gösteren Akışkan Yataklı Yakma (AYY) teknolojisi, ister evsel veya endüstriyel isterse yaş veya kurutulmuş olsun bütün bu tür çamurlar için tek başına veya fosil yakıtlarla birlikte yakmada etkin bir çözüm sunmaktadır.

Uzun yanma odasında kalma süreleri, türbülanslı karışım, yüksek ısı ve kütle transfer olanağı gibi avantajlar düşük ısısal değere sahip biyoatıkların da yakılmasına imkan vermektedir (Rink vd., 1995).

Probst (1992) tarafından 0,3 MW ve 10,8 MW pilot ölçekli Dolaşimli Akışkan Yataklı yakıcıda yapılan bir çalışmada, kömürün arıtma çamuruyla birlikte yakıldığı ve çamur oranındaki artışla CO ve N<sub>2</sub>O emisyonlarında artış gözlemlendiği ancak yüksek sıcaklıkta uzun gaz tutma süresi sağlayan bir siklonla bu değerlerin düşürülebileceği belirtilmiştir.

Avrupa Birliği'nde 'Biyomasa/Arıtma Çamuru ve Kömürün Birlikte Yakılması' konusunda yürütülen proje çerçevesinde ön-kurutma çamurunun kömürle birlikte yakıldığı pilot tesis çalışmalarında 700-950°C sıcaklıkta, %30 arıtma çamuru oranına kadar birlikte yakmada yeteri kadar yüksek bir karbon yanma verimi ve düşük CO emisyonları elde edilmiştir (Hein ve Bemtgen, 1998).

Dolaşimli Akışkan Yatakta yakma boyunca NO ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının sonuçları, arıtma çamuru ile kömürün benzer NO<sub>x</sub> özellikleri göstermediğini belirtmiştir (Werther ve Ogada, 1999). Deneylerde farklı bir NO<sub>x</sub>/O<sub>2</sub> eğilimi ortaya çıkmıştır. Oksijen artışıyla NO<sub>x</sub>'in azaldığı ve yanma sıcaklığının NO<sub>x</sub> üzerinde önemli olmayan bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu makale, mekanik olarak susuzlaştırılmış biyolojik atık su arıtma çamuru (kek) ve linyit kömürünün Dolaşimli Akışkan Yatakta yakılması ile elde edilen sonuçları ele almaktadır. Baca gazı emisyonları ve yanma verimleri değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmada yanma verimi, gaz ve katı formdaki tüm kayıplar belirlenerek hesaplanmıştır. Baca gazı emisyonları ise deneyler süresince sürekli ölçüm metodu ile çalışan analizörler kullanılarak ölçülmüş ve %7 O<sub>2</sub> değeri esas alınarak hesaplanmıştır.

## DENEYSEL ALTYAPI

**Kömür** ve **Atık Çamur**  
Deneylerde, yakıt olarak kömür (0,459 mm ortalama tane boyutuna hazırlanan Tunçbilek linyit kömürü) ve atık su arıtma çamuru kullanılmıştır. Arıtma çamuru, İzmit Belediyesine ait Biyolojik Atıksu Arıtma tesisindeki susuzlaştırma (belt filtre) ünitesinden alınarak Gazi Üniversitesi Isıl Güç laboratuvarına getirilmiştir. Numunelere ait kaba ve elementer analizler Tablo 1'de verilmektedir. Buna göre, arıtma çamuru yüksek nem ve kuru bazda yüksek uçucu katı madde ve kül içerirken, kömürde yüksek kül ve düşük nem tespit edilmiştir. Sabit karbon değeri ise arıtma çamurunda oldukça düşük (%3) iken, kömürde bu değer %41 seviyelerindedir. Yine arıtma çamuru kömüre kıyasla daha düşük ısısal değere sahiptir. Kömür ve yatak malzemesinin yoğunlukları sırasıyla 1374 ve 1730 kg/m<sup>3</sup>, ortalama tane irilikleri ise 0,56 ve 0,46 mm şeklindedir. Deneyler boyunca yatak malzemesi olarak silis kumu kullanılmıştır.

*Tablo 1. Arıtma Çamuru ve Kömürün Kaba ve Elementer Analizleri*

Kaba Analiz	SK	UM	Kül	Nem	ÜİD	AİD
	(%)				kJ/kg	
Aritma Çamuru	2,53	9,87	8,32	79,28	12723	10780
Tunçbilek Kömürü	41,30	27,50	23,70	7,50	23212	22062
Elementer Analiz (Kuru Bazda)	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	S (%)	Kül (%)
Aritma Çamuru	24,71	5,82	3,18	23,60	0,36	40,15
Tunçbilek Kömürü	59,29	4,61	2,10	11,54	1,81	20,65

SK:Sabit karbon, UM: Uçucu madde, ÜİD: Üst ısıl değeri, AİD : Alt ısıl değeri

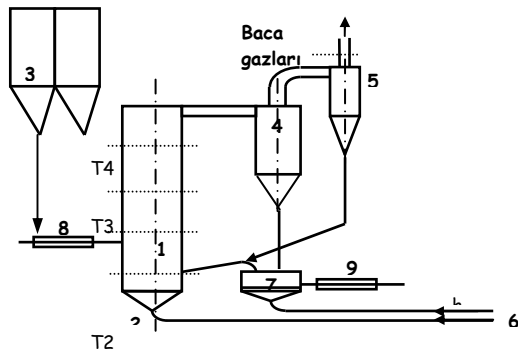
### DeneySEL

### Metot

DeneySEL çalışmaların yapıldığı DAY yakma sisteminin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir. DAY yakma sisteminin yanma kolonu 0,125 m çapında ve 1,80 m yüksekliğinde olup; gövdesi 0,31 m dış çapında, 0,006 m et kalınlığında ve 0,60 m uzunluğunda birbirine bağlanmış 3 adet standart karbon çelik çekme borudan yapılmıştır. Kolon 0,085 m et kalınlığında olup refrakter harcıyla kaplanmıştır.

Kolon birincil siklona tepe noktasından 0,08 m iç çapında refrakter malzemesi ile kaplı bir boruyla bağlanmıştır. Birincil siklona teğetsel olarak giren yanma gazları içerisindeki katı partiküller (yatak malzemesi, çamur/kömür partikülleri) bir düşüş borusu ile geri dolaşım yatak ünitesine beslenmiştir (Şekil 1).

Geri dolaşım sisteminde 0,10 x 0,14 x 0,10 m boyutlarında ikinci bir akışkan yatak mevcuttur. Burada dağıtıcı elek kullanılarak katı partiküllerin yatağa geri beslenmesi sağlanmıştır. Geri dolaşım bağlantısı yatağa dağıtıcı eleğin 0,37 m üzerinden yapılmıştır. Sistemden kül alma ise geri dolaşım yatağından devir sayısı kontrollü bir vidalı götürücü kullanılarak alınmıştır. DAY yakma sisteminin gövdesinde yatak basınç düşüşlerini, sıcaklık ve gaz konsantrasyonu profillerini detaylı bir şekilde tespit etmek için 0,20 m aralıklarla toplam 8 adet delik bulunmaktadır (Topal, 2001).



- 1- ana kolon;
- 2- hava giriş;

Şekil 1. DAY sisteminin şematik görünümü

### DeneySEL

### Yöntem

DAY ilk önce doğal gaz ile 500 °C'ye ısıtıldı. Daha sonra sıcaklık 700 °C'ye ulaşınca kadar yatağa yatak malzemesi yüklendi. Yanma için gerekli sıcaklığa ulaşıldığında ise, daha önce

hazırlanan yakıt karışımları dolaşımli akışkan yatağa beslendi. Bu arada doğal gaz kademeli olarak azaltıldı ve kendi kendine yanma başladıktan sonra tamamen kesildi. Kolon boyunca sıcaklık dağılımları ve baca gazı emisyonları sürekli olarak ölçüldü ve kaydedildi. Deneysel çalışmaya ait işletme ve hidrodinamik parametreler ve akışkan yatak özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2. Deneysel Çalışma Parametreleri**

Temel işletme parametreleri:	
Yakıt türü	Biyolojik arıtma çamuru ve Tunçbilek kömürü
Yatak malzemesi	Silis kumu+kömür külü
Ortalama partikül yoğunluğu	1360 kg/m <sup>3</sup>
Yatak ön ısıtıcısı	Doğal gaz
Yatak iç alanı	0,0123 m <sup>3</sup>
İşletme gaz hızı	1,3-2,0 m/sn
Yatak sıcaklığı	850-880°C
Yatak dolaşım oranı	10-12 kg/m <sup>2</sup> -s

Yataktaki basınç düşüşü belirli değeri aştığında geri dolaşım yatağından elde edilen fazla kül geri çekildi.

Deney boyunca toplanan bütün küller tartıldı ve yanabilir kısmın tespiti için analiz edildi. Yanabilen kısım ağırlıkça %8-11 arasında tespit edildi. Deney tamamlandıktan sonra yatak malzemesi analize gönderildi. Buradaki yanabilen kısım ise %7-8 arasında bulundu. Bu sonuçlar karbon dengesinde belirlenmesinde kullanıldı.

### Baca

### Gazı

### Analizleri

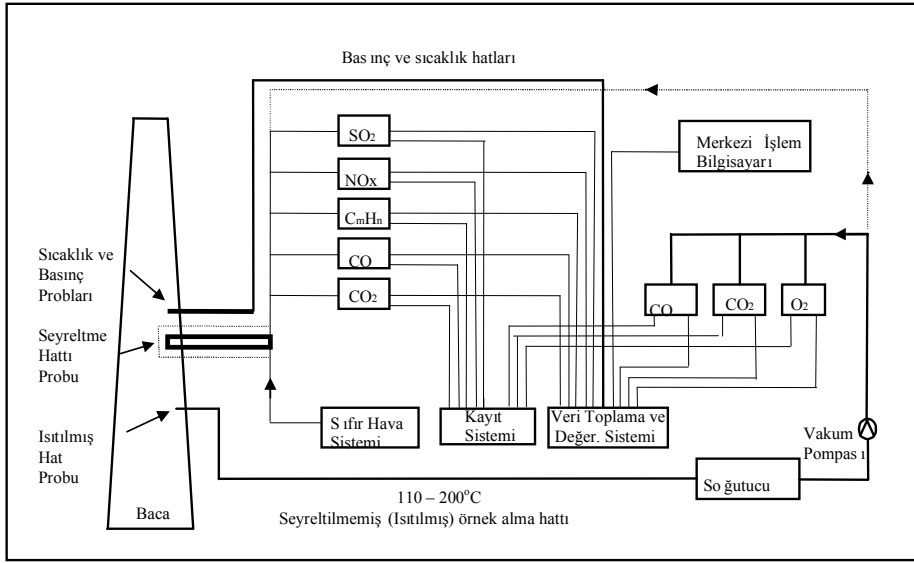
Baca gazı analizleri 2. siklondan çıkan ve sistemi terk eden gazlar üzerinde sürekli ölçüm prensibiyle yapılmıştır. Gaz, bir toz filtre sisteminden geçtikten sonra uygun cihazlar ile O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> konsantrasyonları ölçülmüştür. Kullanılan cihaz ve analiz yöntemleri Tablo 3'de gösterilmektedir.

**Tablo 3. Baca Gazı Analizlerinde Kullanılan Cihazlar**

Analizör	Ölçüm Yöntemi
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> 'nin paramanyetik özellikleri
CO - CO <sub>2</sub>	NDIR - Saçınımsız infrared
SO <sub>2</sub>	NDIR - Saçınımsız ultraviyole
NO - NO <sub>2</sub> - NO <sub>x</sub>	Chemiluminesence
C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	FID-Alev iyonizasyon dedektörü

DAY'ta baca gazı analizlerinin yapıldığı Mobil Emisyon Test Laboratuvarı (METL) bağlantı şeması Şekil 2'de verilmiştir. Bağlantı şemasında da görüldüğü gibi METL temel olarak gaz örnek alma

sistemleri (direkt ve seyreltilmiş olarak) analiz sistemleri, ( $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  ve  $C_mH_n$  Analizörleri) ve veri toplama sistemlerinden meydana gelmektedir.

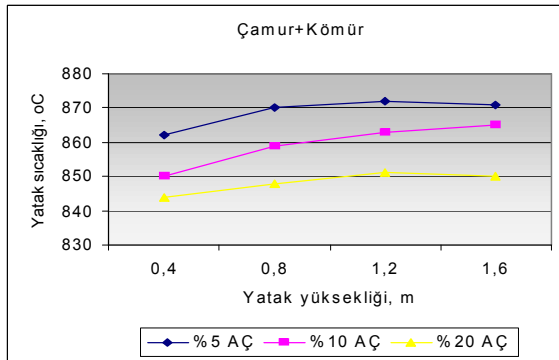


Şekil 2. Mobil Emisyon Test Laboratuvarı Bağlantı Şeması

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Ana kolon boyunca 4 farklı noktada (dağıtıcı plakadan itibaren 0,40m ( $h_1$ ), 0,80m ( $h_2$ ), 1,20m ( $h_3$ ) ve 1,60m ( $h_4$ )) sıcaklık değişimleri ölçülmüş ve sürekli kaydedilmiştir (Şekil 3).

Sıcaklık  $h_1$ 'de 844-862 °C'de iken  $h_4$ 'te 850-871°C'ye ulaşmaktadır. Çamurdaki yüksek nem dolayısıyla sıcaklık ortalama 30-35 °C azalmaktadır.



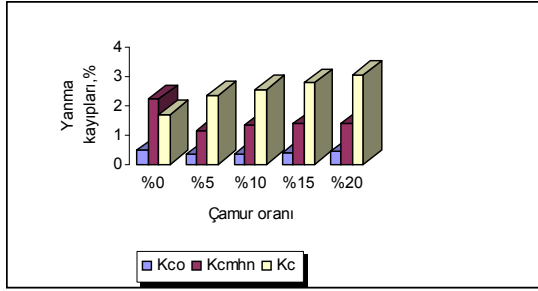
Şekil 3. Ana Kolon Boyunca Ölçülen Sıcaklık Dağılımları

**Aritma Çamuru Oranının Yanmaya Etkisi**  
Değişik kütle oranlarıdaki çamur (ağırlıkça %5-%10-%15-%20), kömür ile birlikte DAY fırında yakma işlemine tabi tutulmuştur. Yatak sıcaklığı, besleme oranları, termik kapasite gibi çeşitli işletme parametreleri ve yanma verimleri Tablo 4'de gösterilmektedir.

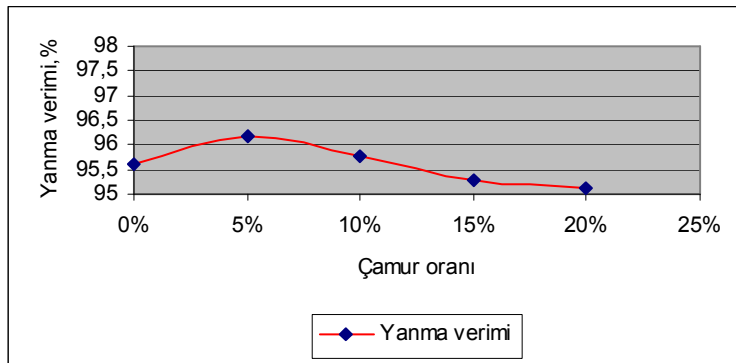
Tablo 4. Yakıt Karışımları, Besleme Oranları, Kapasite ve Yanma Verimleri

No	Yakıt Türü	Ortalama Sıcaklık	Besleme Oranı	Isıl Kapasite	Yanma Verimi
		°C	kg/saat	kW	%
1	% 100 Kömür	881	11,0	64,48	98,62
2	% 5 Arıtma Çamuru+% 95 Kömür	869	12,0	68,94	96,18
3	%10 Arıtma Çamuru+% 90 Kömür	859	12,0	66,84	95,76
4	% 15 Arıtma Çamuru+% 85 Kömür	857	12,0	64,53	95,66
5	% 20 Arıtma Çamuru+% 80 Kömür	848	12,0	62,82	95,14

Arıtma çamuru oranına bağlı olarak elde edilen ve sistemin ısıl performansını gösteren yanma kayıpları ve yanma verimleri Şekil 4'de gösterilmektedir. Buna göre elde edilen yanma verimleri çok az değişim (%0,5) göstermektedir ve yaklaşık %95 civarında bir verime ulaşılmıştır. Hein ve Bemtgen (1998) tarafından, çamurun kömürle birlikte yakıldığı pilot tesis çalışmalarında da 700-950 °C sıcaklıkta, %30 çamur oranına kadar birlikte yakmada yeteri kadar yüksek bir yanma verimi elde edilmiştir. Abbas vd., (1992) tarafından %30'a kadar birlikte yakma oranında akışkan yatak deneyleri gerçekleştirilmiş ve yanmada herhangi olumsuz bir etki gözlenmemiştir.



$K_{CO}$  : Karbon monoksit eksik yanma kaybı  
 $K_{CmHn}$  : Hidrokarbon (metan) eksik yanma kaybı  
 $K_C$  : Külde karbon eksik yanma kaybı



Şekil 4. Yanma Kayıpları ve Yanma Verimi

**CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> Emisyonları**  
 Birlikte yakma sonucu baca gazında elde edilen emisyonlar Tablo 5'te verilmektedir. Buna göre %7 O<sub>2</sub> esas alınarak emisyon değerleri sırasıyla 912-1331 mg/Nm<sup>3</sup> CO, 272-530 mg/Nm<sup>3</sup> C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, 244-273 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>, 2655-2839 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir.

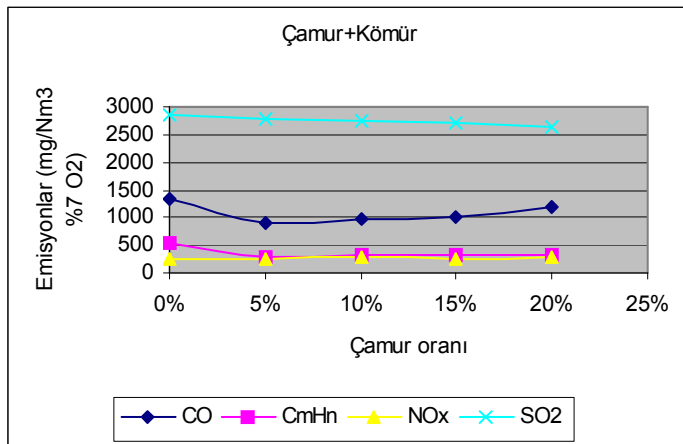
**Tablo 5. Baca Gazında Ölçülen Emisyonlar**

No	O <sub>2</sub>	Fazla Hava	CO	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
	%	%	ppm				%7 O <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>			
1	9,3	1,79	890	620	152	830	1331	530	244	2839
2	9,1	1,76	620	324	164	832	912	272	259	2798
3	9,2	1,78	654	375	172	807	970	318	273	2737
4	9,1	1,76	740	382	170	802	1088	321	268	2697
5	9,0	1,75	822	396	164	796	1199	330	256	2655

Çamur oranına bağlı olarak elde edilen emisyon değişimleri Şekil 5'te gösterilmektedir. Kömüre %5-10 çamur ilavesi ile birlikte CO emisyonları 1300 mg/Nm<sup>3</sup>'ten 900 mg/Nm<sup>3</sup> seviyesine azalmıştır. Ancak artan çamur ilavesiyle (%20) tekrar 1200 mg/Nm<sup>3</sup> seviyelerine yükselmiştir. NO<sub>x</sub>'te belirgin herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Ayrıca, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, ve SO<sub>2</sub> emisyonlarında ise bir miktar azalma tespit edilmiştir. Doorn vd. (1995) tarafından yapılan akışkan yatak yakma deneylerinde de çamur artışıyla NO<sub>x</sub>'in bir miktar arttığı ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonunda düşüş gözlemlenmiştir.

Werther vd. (1995) pilot ölçekli DAY'ta mekanik olarak susuzlaştırılmış arıtma çamuru üzerinde yaptıkları çalışmada, düşük NO<sub>x</sub> emisyonlarının elde edildiği ve çamurdaki yüksek nem içeriğinin CO emisyonları üzerinde önemli etkisinin olmadığı ve standartları karşıladığını tespit etmişlerdir. Kozinski vd. (1995) 300 kW'lık bir Dolaylı Akışkan Yatakta gerçekleştirdikleri birlikte yakma deneylerinde CO<sub>2</sub> seviyesinde artış, CO konsantrasyonunda düşüş gözlemişlerdir.

Yine Hein ve Bemtgen (1998) tarafından arıtma çamuru+kömür yakma çalışmalarının yürütüldüğü projede de %30 çamur ilavesine kadar yapılan testlerde düşük CO emisyonları tespit edilmiştir.



**Şekil 5. Emisyon Değişimleri**



## SONUÇ

Aritma çamur keki ve kömür karışımları olarak gerçekleştirilen ve farklı kütleli oranlarda (0/100, 5/95, 10/90, 20/80) yapılan birlikte yakma deneylerinde, % 95,1-96,2 arasında karbon yanma (ısı) verimleri elde edilmiştir. Aritma çamuru ilavesi yanma verimini çok fazla olumsuz etkilememiştir.

Baca gazında %7 O<sub>2</sub> oranında emisyon değerleri ise sırasıyla 912-1331 mg/Nm<sup>3</sup> CO, 272-530 mg/Nm<sup>3</sup> C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, 244-273 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> ve 2655-2839 mg/Nm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> emisyonları şeklinde elde edilmiştir. %5-10 çamur ilavesi ile birlikte CO emisyonları 1330 mg/Nm<sup>3</sup>'ten 900 mg/Nm<sup>3</sup> seviyesine azalmıştır. Ancak artan çamur ilavesiyle tekrar yükselmiştir. Bu da serbest bölge sıcaklığının (çamurdaki suyun buharlaşması ve düşük reaksiyon hızlarına dönüştürmesinden dolayı) bir miktar azalması nedeniyle. Serbest bölge sıcaklığı arttırılarak CO emisyonlarında daha fazla azalma elde edilebilir. NO<sub>x</sub>'te belirgin herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Ayrıca C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarında ise bir miktar azalma tespit edilmiştir. Sonuçlar literatürdeki çalışmalarla uyum göstermektedir.

Aritma tesisi atık çamurlarının enerji kaynağı olarak belirli oranlara kadar (%20'ye kadar) akışkan yataklı kazanlarda kömürle birlikte yakılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Ancak, %20'den daha fazla kütleli çamur oranlarında yatak sıcaklığı etkin bir yanmayı sağlayacak seviyelere ulaşmamış, özellikle yüksek nem dolayısıyla besleme problemleri yaşanmıştır. Kömür için tasarlanmış bu tür pilot ve endüstri ölçeğindeki akışkan yatak teknolojilerinde de emisyon kontrolleri, tasarım ve performans üzerinde minimum etki yaratması bakımından alternatif yakıtların ancak %10-20 ikame oranlarına kadar beslenmesi yapılabilmektedir.

Aritma çamurunun kurutma işlemine tabi tutularak daha yüksek oranlarda ve verimlerde yakılması mümkündür. Ayrıca, akışkan yatak teknolojisi ile bu tür atıkların yakılması konusunda ilave laboratuvar ve pilot çalışmaların yapılması yararlı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen MMF 06/2002-32 Kod nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Gazi Üniversitesi Rektörlük Bilimsel Araştırma Projelerine teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. **Abbas, T., Costen, P., Glaser, K., ve Ou J.**, 1992; "Combined Combustion of Biomass, Municipal Sewage Sludge and Coal in a Pulverized Fuel Plant". In Proceedings Combined Combustion of Biomass/Sewage Sludge and Coals, Final Report EC-Research Project, APAS-Contract COAL-92-0002.
2. **DİE**, 1999; İmalat Sanayi Atık Envanteri Anket Sonuçları. Haber Bülteni. Ankara.
3. **Doorn, J., Brujn, P., Kos, B., Vermeij, P., Hanse, J.**, 1992; "Combined Combustion of Biomass, Municipal Sewage Sludge and Coal in Atmospheric Fluidized Bed Installation", ECN Report No:ECN-C-95-096, 36 s.
4. **Hein K.R.G. ve Bemtgen J.M.**, 1998; "EU Clean Coal Technology-Co-Combustion of Coal and Biomass" Fuel Processing Technology ,54, s.159-169.



5. **Kozinski, J.A., Rink, K.K. ve Lighty, J.S.**, 1995;"Biosludge Incineration in FBC:Distribution of Metals and Particle Sizes", Fluidized Bed Combustion, Cilt1, ASME, s.139-147.
6. **Probst H.**, 1992; "Co-combustion of Sewage Sludge in a Coal-Fired Combustion of Biomass/Sewage Sludge and Coals" Final Reports, EC-Research Project, APAS-contract COAL-92-0002.
7. **Rink, K.K., Kozinski, J.A. ve Lighty, J.S.**, 1995; "Biosludge Incineration in FBC's: Behaviour of Ash Particles" Combustion and Flame, 100: 121-130.
8. **STB**, 2001; Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Yatırım Programı, Ankara.
9. **Topal, H.**, "Dolaşımlı Akışkan Yatakta Kömür Tane Boyutunun Yanma ve Emisyon Davranışı Üzerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, No 4, Cilt 13, Ekim 2001
10. **Wether, J., Ogada, T. ve Philippek, C.**, 1995;"Sewage Sludge Combustion in the Fluidized Bed Comparison of Stationary and Circulating Bed Techniques", 13th International Conference on Fluidized Bed Combustion, s.951-962.
11. **Werther J. ve Ogada T.**, 1999; "Sewage Sludge Combustion" Progress in Energy and Combustion Science, No.25, s.55-116.