



PRİNANIN YÜKSEK-KÜKÜRTLÜ KÖMÜRLE BİRLİKTE DOLAŞIMLI AKIŞKAN YATAKTA YAKILMASI, BİYOKÜTLE-KÜKÜRT ETKİLEŞİMİNİN TOPAKLAŞMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Murat Varol, Aysel T. Atımtay

**6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu
7-9 Ekim 2015 İzmir**

GİRİŞ

- **Akışkan yatak teknolojisinin en önemli avantajlarından biri farklı yakıtların birlikte yakılmasıdır.**
- **Bu avantajından dolayı, dünyanın birçok bölgesinde kurulan akışkan yatak yakıcılar farklı yakıtlarla çalışabilecek şekilde tasarlanmaktadır.**

GİRİŞ

- **Çeşitli biyokütlelerin güç üretiminde kömürler ile birlikte yakılmasının çevre ve ekonomi yönetimi açısından birçok faydası vardır.**
 - **Düşük CO₂ emisyonları**
 - **Biyokütlenin kömür ile yer değiştirmesi nedeniyle kömür üretiminin azalması.**

GİRİŞ

- **Fakat, farklı yakıtların bir yakıcıda yakılması bazı işletme problemlerine neden olabilir (yatak malzemesinin topaklaşması gibi).**
- **Topaklaşma, alkali metal içeriği yüksek prina gibi biyokütleler için daha da önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.**

GİRİŞ

- **Yatak malzemesinin topaklaşması biyokütlenin yüksek kükürt içeren kömürlerle birlikte yakılmasıyla kısmen önlenabilir (alkali metal içeriğinin seyreltilmesi).**
- **Kömürdeki kükürt, biyokütleden gelen alkaliler ile tepkimeye girer ve erime sıcaklığı düşük bileşiklerin oluşmasını önleyebilir.**

KAPSAM VE AMAÇ

- Çalışmada, prina (yüksek K) ve Bursa-Orhaneli linyiti (yüksek kükürtlü) laboratuvar ölçekli bir dolaşimli akışkan yatakta birlikte yakılmıştır.
- Kükürt içeriğinin ve kireçtaşı ilavesinin kül kompozisyonuna etkisi incelenmiştir.
- Baca gazı emisyonları, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ndeki (HKKY, 2009) limitler ile karşılaştırılmıştır.

MATERYAL VE METOD

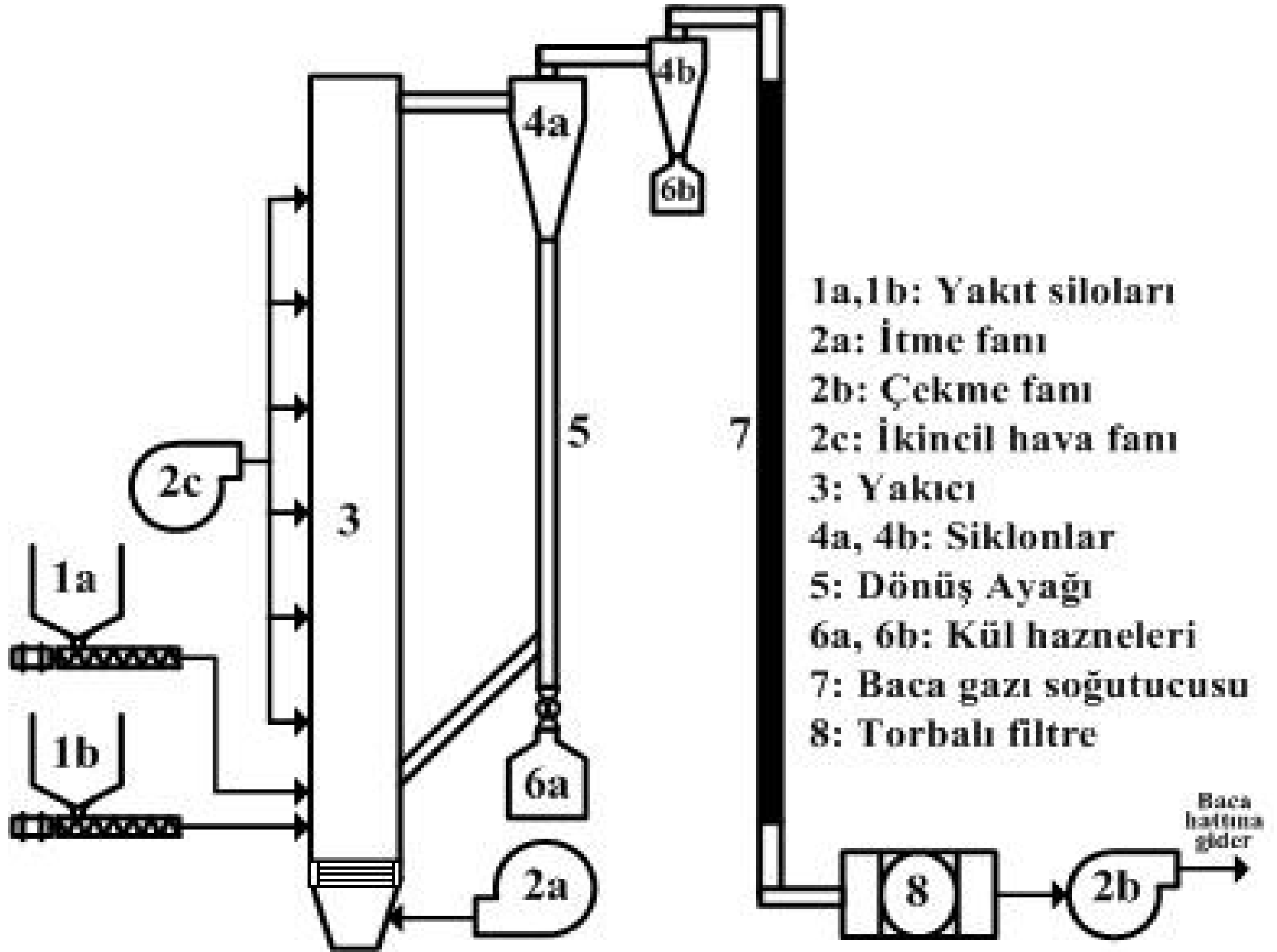
- Dolaşımli akışkan yatak; İç cap: 10 cm, Y: 6 m
- Kömür: Bursa-Orhaneli; Biyokütle: Prina
- CO, NO, SO₂, CO₂, and O₂ emisyonları ABB-AO 2000 ve GASMET-DX 4000 baca gazı ölçüm cihazları ile ölçülmüştür. N₂O, NO₂, NH₃, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, C₃H₈, C₆H₁₄, CHOH, HCl, HF, HCN ve H₂O gazları GASMET ile ölçülmüştür.
- Sistemde depozit oluşumun incelenmesi amacıyla bir de depozit toplama sondası kullanılmıştır.

YAKIT KARAKTERİZASYONU

Yaklaşık Analiz	SK	UM	Kül	Nem	ÜİD	AİD
	%, ağırlıkça				kcal/kg	
Bursa-Orhaneli	32,18	34,50	9,69	23,63	4469	4161
Prina	16,31	67,25	7,00	9,44	4592	4269

SK: Sabit Karbon, UM: Uçucu Madde, ÜİD: Üst Isıl Değer, AİD: Alt Isıl Değer

Tam Analiz	C	H	N	O	S _{toplam}	Kül
	%, ağırlıkça (kuru bazda)					
Bursa-Orhaneli	68,48	4,56	1,51	11,53	2,52	12,69
Prina	54,23	5,46	1,38	30,59	0,78	7,73





DENEYLER

#	Kömür	Biyokütle	Biyokütle Yakıt Karışımındaki Biyokütle Oranı, % ağırlıkça	Ca/S Oranı
1	Bursa-Orhaneli	Prina	50	-
2	Bursa-Orhaneli	Prina	50	2

KÜL ANALİZLERİ

- Yanma testleri sonunda dip külü (DK), siklonda (UK-S) ve torbalı filtrede (UK-TF) toplanan uçucu küller toplanmış ve numuneler alınmıştır.
- Kül numuneleri XRF ve XRD analizlerine tabi tutulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

- **Kül Analizlerinin Değerlendirilmesi**
 - XRF Analizleri
 - XRD Analizleri

XRF Analizi

	Prina külü* (%ağırlıkça)	Bursa-Orhaneli linyiti+%50 prina				Bursa-Orhaneli linyiti+%50 prina (kireçtaşı ilaveli)			
		Bursa-Orhaneli külü*	DK	UK-S	UK-TF	Bursa-Orhaneli külü*	DK	UK-S	UK-TF
		(% ağırlıkça)				(%ağırlıkça)			
Al₂O₃	3,04	10,14	2,73	7,33	7,15	6,80	1,73	6,51	6,05
CaO	20,38	19,73	10,47	22,63	24,53	16,83	35,48	29,99	31,95
Cl	2,19	0,00	0,00	0,13	0,24	0,00	0,02	0,28	0,88
Cr₂O₃	0,12	0,06	0,17	0,06	0,02	0,11	0,18	0,04	0,02
CuO	0,08	0,22	0,07	0,08	0,09	0,01	0,05	0,11	0,09
Fe₂O₃	5,16	9,97	5,88	9,43	10,16	10,11	3,43	10,56	9,60
K₂O	49,26	0,58	4,44	5,15	9,72	0,28	4,23	5,86	9,89
MgO	2,95	7,87	11,20	4,68	5,28	9,72	5,46	4,84	4,81
MnO₂	0,16	0,15	0,10	0,20	0,30	0,15	0,08	0,16	0,24
Na₂O	0,49	0,27	0,11	0,18	0,35	0,13	0,07	0,15	0,36
P₂O₅	3,57	0,22	0,30	1,75	1,27	0,16	0,30	1,53	1,33
SO₃	4,34	29,33	8,12	13,60	24,93	29,59	26,37	17,99	23,33
SiO₂	7,48	20,82	55,96	34,21	15,27	25,66	22,35	21,37	10,89

DK: Dip Külü, UK-S: Uçucu Kül-Siklon, UK-TF: Uçucu Kül-Torbalı Filtre

*yakıtlardan (ASTM standartlarına göre) elde edilen küllerin XRF analiz sonuçlarını temsil eder.



XRD Analizi

	Prina külü	Bursa- Orhaneli külü	DK	UK-S	UK-TF	DK	UK-S	UK-TF
	(% ağırlıkça)		(% ağırlıkça)			(% ağırlıkça)		
Kuvars (Quartz), SiO ₂	2,7	24,1	√	73,7	23,6	24,5	47,6	8,1
Kalsit (Calcite), CaCO ₃	9,9	2,2				3,3	9,1	6,2
Kireç (Lime), CaO			√	4,4	5,4	18,4	7,9	12,1
Anhidrit (Anhydrite), CaSO ₄		61,3	√	4	16	18,7	10,6	17,3
Hematit (Hematite), Fe ₂ O ₃		12,4		17,9	21,9		12,4	21,2
Arkanit (Arcanite), K ₂ SO ₄	9,3		√		17,5			12,1
Potasyum Kalsiyum Sülfat (Potassium Calcium Sulfate), K ₂ Ca ₂ (SO ₄) ₃					15,6	21,8	12,4	23
Fairçildit (Fairchildite), K ₂ Ca(CO ₃) ₂	35,8							
Potasyum Karbonat Hidrat (Potassium Carbonate Hydrate), K ₂ CO ₃ .1,5H ₂ O	28							
Sylvite, KCl	4,4							
Forsterit (Forsterite), Mg ₂ (SiO ₄)			√			13,4		

DK: Dip Külü, UK-S: Uçucu Kül-Siklon, UK-TF: Uçucu Kül-Torbalı Filtre

√: Fazın tespit edildiğini fakat miktarının belirlenemediğini ifade eder.



BULGULAR VE TARTIŞMA

- Emisyonların Değerlendirilmesi

Test	CO (mg/Nm ³)		NO (mg/Nm ³)		SO _x as SO ₂ (mg/Nm ³)	
	ölçülen	limit	ölçülen	limit	ölçülen	limit
K-B-1	298±53	334	399±7	458	1507±24	1070
K-B-2	331±8	337	508±9	457	307±56	1051

SONUÇLAR

- **Prina yüksek K içeriği nedeniyle uzun süreli yanma testlerinde yatak malzemesinin topaklaşmasına neden olabilir. Fakat, deneyler süresince topaklaşma görülmemiştir.**
- **XRD analizleri, dip külünde erime sıcaklığı düşük potasyum silikatların oluşmadığını göstermiştir.**
- **Bu durum, kömür bünyesindeki kükürt içeriğinden kaynaklanmış olabilir.**

SONUÇLAR

- Kireçtaşının kullanılmasıyla birlikte yakılma testinde potasyum elementinin dip külünde Arkanit (K_2SO_4) formunda olduğu görülmüştür.
- Bu durum, topaklaşmanın başlıca nedeni olan potasyum silikat oluşumunu engellemiştir.
- Yakıt karışımına kireçtaşı ilavesi potasyum elementinin dip külünde Arkanit fazından Potasyum Kalsiyum Sülfat ($K_2Ca_2(SO_4)_3$) fazına geçmesine neden olmuştur.

SONUÇLAR

- **CO emisyonları limit değerin altındadır.**
- **CO emisyonunun en düşük olduğu şartlarda NO emisyonu kireçtaşının kullanıldığı yakma testinde limit değerin üzerindedir.**
- **NO emisyonunu limit değerin altına düşürmek için sisteme ikincil hava ilavesi gerekmektedir.**
- **Yakıt karışımına kireçtaşı ilavesiyle SO₂ emisyonu limit değerin altına çekilmiştir.**



Teşekkürler..

