

KÖMÜR SOBALARINDA ISIL VERİM VE EMİSYON DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Mustafa İLBAŞ¹, İlhan ASİLTÜRK², Nafiz KAHRAMAN¹

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 38039 Kayseri

²Selçuk Üniversitesi, Kadınhanı Meslek Yüksek Okulu, Kadınhanı, Konya

Özet: Bu çalışmada, sobalarda soba tipi, kömür çeşidi ve kireç taşının, SO_x, NO_x, CO ve ısı verim üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. İki ayrı soba tipi, üzerinde iki ayrı kömür cinsi kullanılarak çok miktarda deneysel sonuç elde edilmiş ve sunulmuştur. Bu çalışma ile yanma esnasında yakıttan kaynaklanan SO_x emisyonlarının kireçtaşı ilavesi ile azaltılması amaçlanmıştır. Kireçtaşının turbo döküm sobada SO_x emisyonu % 43 azalttığı, NO_x emisyonunu % 17 artırdığı, ve ısı performansını % 5 düşürdüğü, kovalı sobada ise SO_x emisyonunu % 26 düşürdüğü, NO_x emisyonunu % 36 artırdığı, ve ısı performansını % 5 azalttığı tespit edilmiştir. Kömüre kireçtaşı katılmasının SO_x emisyonunun azaltılması yönünde olumlu ve soba ısı verimi üzerinde az da olsa olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl verim, soba, kireçtaşı, emisyon

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THERMAL EFFECIENCY AND EMISSION BEHAVIOUR IN COAL STOVES

Abstract: In this study, experimental investigations of the effect of the type of stove, type of coal and limestone on the SO_x, NO_x and CO emissions and also thermal efficiency of stoves have been performed. Wide range of experimental results have been obtained and presented in two different coal stoves. Experimental results have been given and discussed in terms of emission behaviour and thermal efficiency. The use of lime stone with coal, also discussed. The use of limestone with coal, decreased the SO_x emission % 43 in the turbo stove, % 26 in the other stove and thermal efficiency about % 5 in both stoves.

Keywords: Heat efficiency, stove, limestone, emission

1. Giriş

Hava kirliliği Ülkemizde şehir hayatını olumsuz yönde etkileyen başlıca faktörlerdendir. İnsan, hayvan ve bitki sağlığına olan zararlı etkilerinin yanı sıra, bakım onarım maliyetleri, iş gücü kaybı, çalışma veriminin azalması, yapı ve sanat eserlerinde korozyon etkileri nedeniyle hava kirliliği doğrudan veya dolaylı ekonomik kayıplara sebep olmaktadır [1-3].

Günümüzde ülkemizde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %35'i konut sektöründe binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. % 28'i sanayide, %10'u aydınlatmada, %18'i ulaşımda, % 4'ü tarım ve % 5'i enerji dışı sektörde kullanılmaktadır [4, 9].

Konut ısıtmasında kullanılan enerjinin büyük oranda olması dikkatleri yakma tesislerine çekmiştir. Genelde tesis bacalarından ve yakıt egzozlarından atmosfere atılan kirlenici emisyonlar, insan, hayvan, bitki, konut vb.nin bulunduğu alıcı ortamdaki havanın doğal yapısını değiştirmektedir. Hava içerisindeki doğal madde konsantrasyonlarının artması; havanın insan ve çevresi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilecek bir yapıya

dönüşmesine neden olmaktadır. Bu olgu hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır.

Isıtma sistemi olarak sobalar, ülkemizde nüfusun büyük bir kesiminde kullanılmaktadır. Sobayı büyük kentlerde gelir seviyesi düşük aileler, kırsalda da genelde yakma tekniği, bilgi ve eğitimi olmayan kişiler işletmektedirler.

Soba imalatı günümüzde değişik tip ve boyutta devam etmektedir. Büyük firmalar dışında soba üretiminin çok büyük bir bölümü çağdaş bilim ve teknolojiden uzaktır. Yanma teorisi ve yakma sistemi dikkate alınmadan imal edilen sobalar düşük verim ve yüksek emisiyona sahip oldukları için ülke için ekonomik ve çevresel bir kayıptır. Isıtma amacıyla kullanılan sobaların temiz ve verimli bir şekilde yakılabilmesi için yakıt seçimi, uygun yakma sistemi seçimi yakıtı uygun hale getirme gibi etkenler önemlidir.

Baca gazında SO₂ tutma yöntemleri içinde en ekonomik ve kolay olanı kömüre kireç veya kireçtaşı karıştırılması olayıdır. Bu işlemin emisyon ve ısı verime etkisinin tespiti önemli çalışma alanlarından birisi olmuştur [8-10].

2. Metodoloji ve Veri

Sobalarda kullanılan yakıttan, sobanın kendi yapı ve özelliklerinden kaynaklanan, yanmayı olumsuz yönde etkileyen faktörler vardır. Sobalarda verimli ve temiz bir yanmanın sağlanıp sürdürülebilmesi için bu gibi sorunlara çözüm getirilmesi gerekmektedir.

Bir yakma sistemi olarak ele alınan sobaların ekonomik ve çevresel etki boyutları dikkate alınmalıdır. Hava kirlenici emisyonlar çevresel etki boyutunu ifade ederken, ısı verim ve kapasite ise sistemin ekonomik boyutunu tanımlamaktadır. Yanma, ısı transferi ve emisyon mekanizmalarının birbiri ile bağımlı olarak aynı bölgede oluşmaları sebebiyle bunların ayrı ayrı denetlenemeleri genelde imkansızdır.

2.1 Deneyde Kullanılan kömür ve sobalar

Günümüzde konutların ısıtılmasında ticari olarak kullanılan sobalar genelde kovalı ve kovasız olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Kovasız sobaların değişik tipleri olmasına karşın ülkemizde en yaygın olarak kullanılanları klasik tuğlalı tip sobalardır. Sobaların alttan yanmalı veya üstten yanmalı durumlarına göre deneye başlanır. Üstten yanmalı sobalarda, (kovalı dahil) anma ısı gücünde 4 saat yanabilecek miktarda yükleme yapılır. Tutuşturma başlangıcından itibaren ayar kapakları tam açılıp yaklaşık olarak 15 Pa (0,15 mbar) çekişle ve yanma olayına müdahale etmeksizin soba sönünceye kadar en çok onar dakika ara ile deney ölçümleri (atık gaz analizleri (CO₂, CO, O₂, NO_x, SO_x), atık gaz sıcaklığı, deney odası sıcaklığı ve sistem ağırlığı) yapılır. Deney sonunda, yanma atıkları alınarak gerekli ölçümler (artık miktarı ve karbon oranı) yapılmalıdır [5-8].

Deney sonunu belirleyen soba sönmesi, atık gaz sıcaklığının 100°C'nin altına düştüğü an olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada ithal linyit ve soma linyiti kömürleri kullanılmış ve kömürlerin analizleri Kayseri Şeker Fabrikası laboratuvarında yapılmıştır. Soma linyitinin alt ısı değeri 3854 Kcal/Kg iken ithal linyitin alt ısı değeri 7454 Kcal/Kg dir. Karbon (C) oranı kuru halde soma linyitinde % 42 iken ithal linyitte % 68.51 olarak ölçülmüştür. Kükürt (S) oranı ise, soma linyitinde %2.12 (%2.34 yaş), ithal linyitte ise % 1.31 (%1.53 yaş) olarak ölçülmüştür.

2.2 Deneyde Kullanılan Aletler

2.2.1 Baca Gazı Ölçüm Cihazı

Deneyde kullanılan baca gazı analiz cihazı; 220 V. 50 Hz. AC Gerilimle çalışan (veya şarj olan) dijital göstergeli bir ekran, baca gazı ölçümü için gerektiğinde ısıtmalı bir prob, probu cihaza bağlayan is ve gaz hortumu ile kablo ve yazıcıdan oluşmaktadır.

2.2.2 Deneyde Kullanılan Baskül ve Terazi

Baskül soba ve sobaya bağlı sistemin yanma süresince meydana gelen ağırlık değişimlerinin ölçülmesini sağlayan dijital göstergeli, kalibreli bir cihazdır. Terazi ise yüklenen kömür ve odunun tartılması ve yanma sonucu oluşan külün tartılmasında kullanılan analog bir cihazdır.

2.2.3 Baca Çekiş Kontrol Ünitesi

Baca çekişinin çevreden ve yanmadan etkilenmemesi ve basıncın 0.15 mbarda sabit tutulması için bacaya bağlanan bir aspiratör ve onu kumanda eden devir kontrol ünitesinden oluşmaktadır.

2.3 Deneyde Kullanılan Kireç ve Katılma Oranı

Deneyde kullanılacak kirecin kimyasal yapısı, tane büyüklüğü ve Ca/S oranının tespitinde daha önceki akademik çalışmalar dikkate alınmıştır. Kireç kimyasal bakımdan % SiO₂ oranı en fazla % 10 olmalı ve % CaO oranı % 50'nin üzerinde olmalıdır [9-11].

Deneyde kullanılan kireç miktarı kömürdeki kükürtle kireçteki kalsiyumun birebir tepkimeye girdiği kabul edilerek aşağıdaki reaksiyona göre tespit edilmiştir.



Reaksiyon stokiometresine göre 1 mol SO₂ için 1 mol CaO gerekli olduğu görülür. Kömür içindeki kükürt miktarı, kömüre karıştırılacak kireç miktarı açısından önem taşımaktadır [10, 11].

Kömüre karıştırılacak olan kireç tane büyüklüğünün belirlenmesinde de daha önceki çalışmalar dikkate alınmıştır. En yüksek verim ve en düşük SO₂ emisyonunu veren tane büyüklüğü olan 1-4 mm aralığındaki kireç kullanılmıştır [8, 10-12].

3. Deneylerden elde edilen sonuçların irdelenmesi

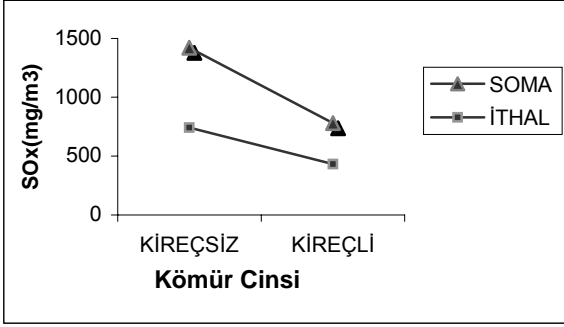
Soma linyitinin kükürt oranı ve kül oranı ithal linyite göre yüksek, karbon oranı bakımından düşük değere sahiptir.

Turbo Döküm Sobada: Kireçsiz soma linyiti yakıldığında SO_x emisyonu 1422.5 mg/m³ iken kireç karıştırıldığında bu değer 779 mg/m³'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında SO_x emisyonu 743.9 mg/m³ iken kireç karıştırıldığında bu değer 433 mg/m³ e düştüğü Şekil 1 de görülmektedir.

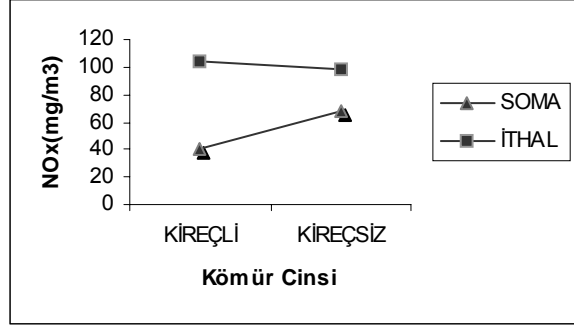
Kireçsiz soma linyiti yakıldığında NO_x emisyonu 68.8 mg/m³ iken kireç karıştırıldığında bu değer 41.57

mg/m^3 'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında NO_x emisyonu 97.96 mg/m^3 iken kireç karıştırıldığında bu değerin 104.5 mg/m^3 'e yükseldiği Şekil 2 de görülmektedir.

Kireçsiz soma linyiti yakıldığında CO emisyonu 788 ppm iken kireç karıştırıldığında bu değerin 1395 ppm'e yükseldiği ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında CO emisyonu 804 ppm iken kireç karıştırıldığında bu değerin 632 ppm'e düştüğü Şekil 3 de görülmektedir.

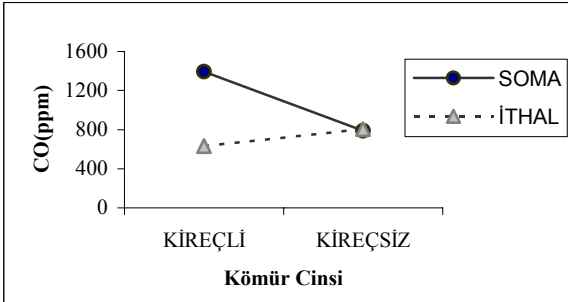


Şekil 1. Turbo döküm sobada değişik hallerde SOx emisyon mukayesesi

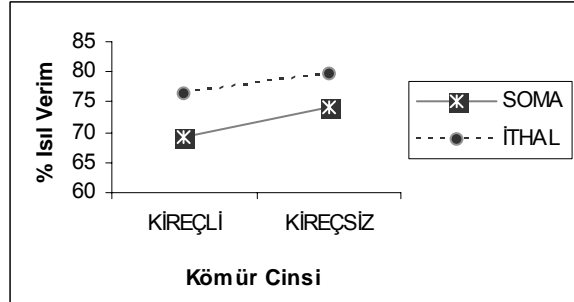


Şekil 2. Turbo döküm sobada değişik hallerde NOx emisyon mukayesesi

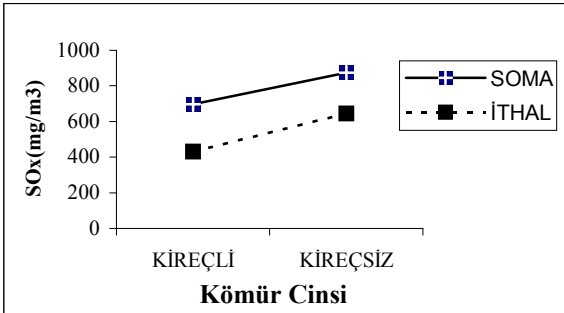
Kireçsiz soma linyiti yakıldığında soba ısıl verimi % 74.39 iken kireç karıştırıldığında bu değerin % 69.38'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında soba ısıl verimi %79.8 iken kireç karıştırıldığında bu değerin % 76.4'e düştüğü Şekil 4 de görülmektedir.



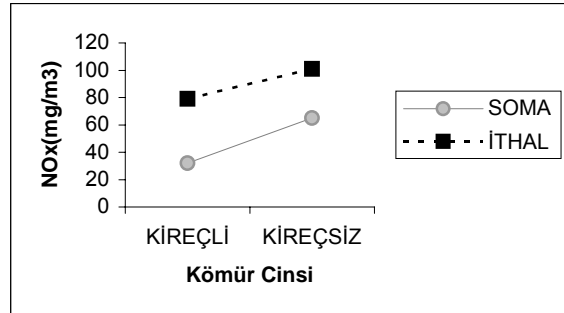
Şekil 3. Turbo döküm sobada değişik hallerde CO emisyon mukayesesi



Şekil 4. Turbo döküm sobada değişik hallerde ısıl verim mukayesesi



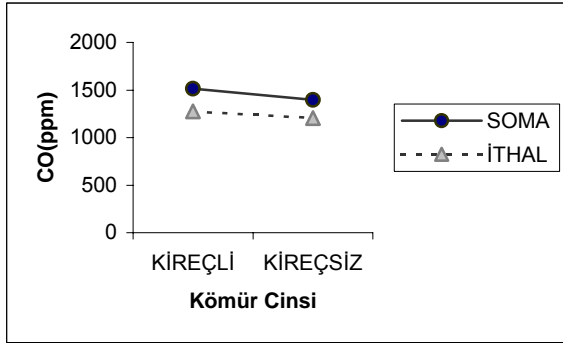
Şekil 5. Kovalı sobada değişik hallerde SOx emisyon mukayesesi



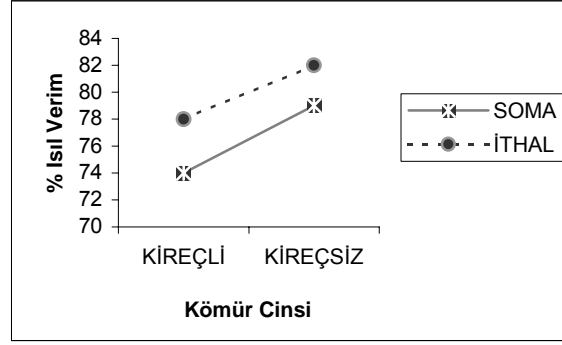
Şekil 6. Kovalı sobada değişik hallerde NOx emisyon mukayesesi

Kovalı Sobada: Kireçsiz soma linyiti yakıldığında SOx emisyonu 875 mg/m^3 iken kireç karıştırıldığında bu değer 696.5 mg/m^3 'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında SOx emisyonu 644 mg/m^3 iken kireç karıştırıldığında bu değer 431 mg/m^3 'e düştüğü Şekil 5 de görülmektedir.

Kovalı sobada: Kireçsiz soma linyiti yakıldığında NOx emisyonu 65 mg/m^3 iken kireç karıştırıldığında bu değer 31 mg/m^3 'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında NOx emisyonu 101 mg/m^3 iken kireç karıştırıldığında bu değer 79.4 mg/m^3 'e düştüğü Şekil 6 da görülmektedir.



Şekil 7. Kovalı sobada değişik hallerde CO emisyon mukayesesi



Şekil 8. Kovalı sobada değişik hallerde ısı verim mukayesesi

Kovalı sobada: Kireçsiz soma linyiti yakıldığında CO emisyonu 1398 ppm iken kireç karıştırıldığında bu değer 1516 ppm'e yükseldiği ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında CO emisyonu 1207 ppm iken kireç karıştırıldığında bu değer 1275 ppm'e çıktığı Şekil 7 de görülmektedir.

Kireçsiz soma linyiti yakıldığında soba ısı verimi % 79.8 iken kireç karıştırıldığında bu değer % 74.4'e düştüğü ve ithal linyit kireçsiz yakıldığında soba ısı verimi % 82.02 iken kireç karıştırıldığında bu değer % 78.4'e düştüğü Şekil 8 de görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, iki değişik tipteki kömür sobası, (Turbo Döküm Soba, Kovalı Soba) iki değişik linyit (Soma Linyiti, İthal Linyit) kömürü kullanılarak yakılmış sobaların performansları ve emisyon ölçümü (SOx, NOx, CO) deneysel olarak gerçekleştirilmiştir.

Kireçtaşının kömürle karıştırıldığında SOx emisyonunun düştüğü bilinmektedir. Bu bilgidен hareketle her iki kömüre de kömürdeki kükürt oranına göre kireçtaşı ilave edilerek kireç taşının SOx emisyonu ve soba ısı performansı üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Kireç taşı karıştırılmadan her iki sobada yapılan ısı performans ve emisyon ölçümlerinde soma ve ithal linyit kullanıldığında turbo döküm sobanın ısı veriminin kovalı sobaya göre daha düşük olduğu görülmüştür. Her iki linyit kullanıldığında da CO emisyonunun kovalı sobada turbo sobaya göre % 55 daha fazla olmuştur.

SOx emisyonu bakımından turbo döküm sobanın kireçsiz ithal linyit kullanıldığında kovalı sobaya göre daha yüksek emisyon değerine sahip olduğu görülmüştür. (Turbo Döküm Sobada 743 mg/m^3 , Kovalı Soba için 644 mg/m^3)

Her iki sobada da ithal kömür yakıldığında SOx emisyonlarının, soma linyiti yakıldığında emisyonlardan yaklaşık % 50 düşük olduğu görülmüştür. Bunun da nedeni ithal kömür içindeki kükürt oranının (%1.3) soma

linyiti içindeki kükürt oranından (%2.34) daha düşük olmasıdır.

Kömürdeki kükürt oranına göre kireçtaşı ilave edildiğinde her iki sobada da SO_x emisyonunun önemli ölçüde (% 51) azaldığı görülmüştür. Kireç taşı karıştırılmasının ısı verim üzerinde az da olsa olumsuz etki yaptığı tespit edilmiştir. Baca sıcaklığının ortalama olarak 30 °C düştüğü tespit edilmiştir.

NO_x emisyonu soba türü ve yakıt cinsine göre farklılıklar göstermekle beraber bunun asıl nedeni yanma odası ve baca sıcaklığındaki değişimlerdir.

NO_x emisyonu kireçtaşı ilave edildiğinde çok az oranda da olsa düşme göstermiştir, nedeni ise kireçtaşı ilave edildiğinde sıcaklıktaki düşmedir. Yakıt içindeki azot oranının NO_x emisyonu üzerindeki etkisi önemli olmakla beraber her iki yakıtta da N miktarı azdır ancak miktarları teknik imkansızlıklardan dolayı tespit edilememiştir.

5. Kaynaklar

1. Ekinci, E., Hava Kirliliği, Kaynakları, Kontrolü, Bölüm 3, Yakıt, Yanma ve Hava Kirliliği, S.49-78, 153-170, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli, 1993.
2. Kural, O., Kömür Kimyası ve Teknolojisi, Güney Grafik, İstanbul, 1988.
3. Boran, A., Katı Yakıtlı Sobaların Isıl Performans ve Emisyon Davranışlarının İncelenmesi ve Yeni Soba Geliştirilmesi, Bölüm-1, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1994.
4. TSEK, Katı Yakıt Yakan Sobalar, TS 4900, Mart 1996.
5. Durmaz, A., Ercan, Y., ve Boran, A, Yüksek Verimli ve Düşük Hava Kirlenici Emisyonlu Bir Linyit Sobasının Geliştirilmesi, S. 1-56, Uluslar arası 2. Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, Eskişehir, 27-29 Eylül, 1993.
6. Durmaz, A., Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü, S.3-71, Uluslar arası Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü sempozyumu, Ankara, 23-25 Eylül, 1987.
7. T.C. Çevre Bakanlığı, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 2 Kasım 1986.
8. Durmaz, A., Sobalarda Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği ve Azaltılması, Soba Sanayi Kongresi Bildirileri, Eskişehir, 1989.
9. S. Eroğlu, Kireç Karıştırılmış Kömür Yakılan sobaların Yanma ve Emisyon Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1995.
10. Syred, N., Short Course On Waste Energy Utilisation Technology, School of Engineering, University of Wales College of Cardiff, UK, 1994.
11. İlbaş, M., Studies of Ultra Low Nox Burners, Ph.D. Thesis, University of Wales, UK, 1997.
12. Ayçık, H., Türkseven, İ., Bulhaz, K., Direkt Yöntemle Soba Isıl Verim ve Gücü Deney Esasları Kalorimetrik Oda Deney Düzenegi, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara, Temmuz 1985.
13. Ar, İ., Doğu, G., Saraçoğlu, N., ve Doğu, T., Kireçtaşlarının Kükürtdioksit Tutma Kapasitelerinin Karakterizasyonu, S. 276-295, Uluslar arası 1. Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, Ankara, 10-12 Haziran 1991.