

DEĞİŞKEN GAZ DEBİSİNİN RADYATÖR KAPASİTESİNE VE TERSİNMEZLİĞİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Tuğba TETİK
Ali KILIÇARSLAN

ÖZET

Modern yaşamın vazgeçilmez faktörlerinden biri olan enerji tüketimi, artan fosil yakıt tüketimine sebep olmaktadır. Büyük ölçüde dışarıya bağımlı olan enerji tüketimini azaltmak için enerjinin verimli kullanılması büyük önem taşımaktadır. Artan yakıt fiyatları ve ısıtma sistemlerinin yükselen maliyetleri, günümüzde, kullanıcıların konfor açısından sistem kontrolünü ve yakıt giderlerini bireysel olarak ayarlamalarına izin veren bireysel ısıtma sistemlerini ön plana çıkarmaktadır. Ülkemizde, artan bireysel ısıtma sistemi uygulamalarında, ısıtma ve sıcak su ihtiyacını aynı anda karşılayan ve kombi olarak isimlendirilen cihazlar tercih edilmektedir. Bireysel ısıtma sistemlerinde enerjinin verimli kullanılması için, bu sistemlerin detaylı bir şekilde enerji ve ekserji analizi yapılmalıdır ve sistemdeki tersinmezliklerin miktarı belirlenmelidir. Bu çalışmada, doğalgaz yakıtlı bireysel ısıtma sisteminde, gaz debisinin ve radyatörün ısıtma alanının, radyatörün ısıtma kapasitesinin, entropi üretimi ve tersinmezliğin üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Analizler, enerji sistemlerinin analizinde yaygın olarak kullanılan ve akışkanların termo-fiziksel özelliklerini kütüphanesinde bulunduran Engineering Equation Solver (EES-V8.901-3D) isimli ticari yazılım kullanılarak geliştirilen programla yapılmıştır. İç ortam ve dış hava sıcaklıklarının sırasıyla 19°C ve 5°C olduğu zamanlarda, sistemde dolaşan suyun kombiden çıkış sıcaklığı 60°C'de sabit tutulurken, gaz debisi de 0,23 dm³ ile 0,27 dm³ arasında değiştirilmiştir. Alınan ölçümlere göre radyatörlerin ortama verdiği ısı, entropi üretimi ve radyatörlerdeki tersinmezlikler incelenmiştir. Ayrıca, gaz debisi ve radyatör ısıtma alanının değiştirilmesiyle baca gazı sıcaklığının, CO ve NO_x miktarlarının değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Bireysel Isıtma, Gaz Debisi, Entropi Üretimi, Tersinmezlik, EES

ABSTRACT

Energy consumption, being one of the essential factors of modern life, causes the consumption of fossil fuels to increase. Using energy efficiently is of great importance to reduce energy consumption which is largely dependent on the foreign countries. Rising fuel prices and costs of heating systems feature residential heating systems that allow the people to control the system in terms of comfort and fuel costs. In our country, in the residential heating system applications continuing to rise, the heating devices that are named combi boiler and meet the heating and hot water demands simultaneously, are preferred. To use energy efficiently in the residential heating systems, energy and exergy analysis should be carried out in detail and the amount of irreversibilities in the system should be determined. In this study, the effect of gas flow rate and the surface area of the radiators on the entropy generation, irreversibility and the heating capacity of the radiator are experimentally carried out in natural gas fired residential heating system. Thermodynamic analyses are performed by a program that is developed by means of Engineering Equation Solver (EES- V8.901-3D) software, which is commonly used in energy system analysis and contains thermo-physical properties of fluids in its own library. As the indoor and outdoor air temperatures are 19°C and 5°C, respectively, the entering water temperature is kept constant at 60°C and gas flow rate is changed between 0,23 dm³ ile 0,27. According to the experimental results, the heat transfer from the radiator, entropy generation and

irreversibilities in the radiator are examined. By varying the gas flow rate and surface area of the radiator, the change of flue gas temperature, CO and NO_x emissions are investigated.

Key Words : Residential Heating , Gas Flow Rate, Entropy Generation, Irreversibility, EES

1. GİRİŞ

Ülke ekonomisine etkisi azımsanamayacak derecede büyük olan konut ısıtma sektöründe ısıtma ve sıcak su için harcanan enerjinin verimli olarak kullanılması gerekmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması fosil yakıtların tüketiminin azalmasına neden olacaktır.

İyileştirme ve verim artırımı konusunda, kütle korunumu, termodinamiğin I. ve II. kanunu ilkelerine dayanan ve enerji sistemlerinin tasarımı ve analizlerinde kullanılan bir yöntem olan ekserji analizi devreye girmektedir. Enerjinin kalitesini belirleyen ekserji analizi ile mevcut olan bir sistemde iyileştirmelere nereden başlanacağı ve hangi noktada en çok enerji kaybı olduğu bulunabilmektedir. Bireysel ısıtma sistemlerinde enerjinin verimli kullanılması için, bu sistemlerin detaylı bir şekilde enerji ve ekserji analizi yapılarak sistemdeki tersinmezliklerin miktarı belirlenmelidir.

Literatürde, genellikle ısı sistemleri üzerine yapılmış çalışmalara rastlanmasına karşın, ısıtma sistemlerinin enerji-ekserji analizleri ve çevreye olan etkileri ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

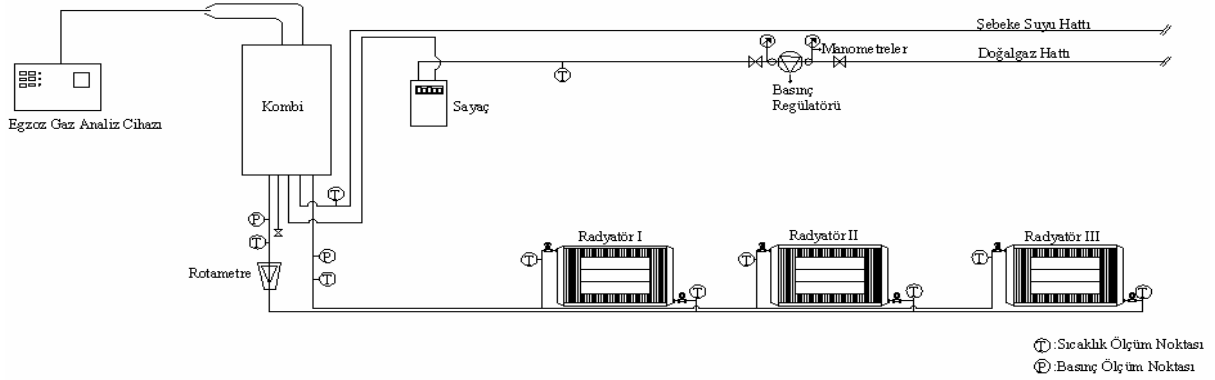
Zmeureanu ve ark. (2007), EES yazılımında geliştirdikleri program ile, mekanik havalandırmalı bireysel ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizini yapmış, ısıtma, havalandırma ve kullanım amaçlı sıcak su sistemlerinin matematiksel modelini hazırlamış ve kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak entropi üretimi, tersinmezlikler, enerji ve ekserji verimlilikleri ve emisyon değerlerini araştırmışlardır [1]. Zhentao W. ve ark. (2009), geliştirdikleri EES yazılımı ile ofislerde iklimlendirme için kullanılan değişken hava hacimli (VAV) sistemlerin ekserji analizini yaparak, enerji ve ekserji verimliliği ve sistem tarafından kullanılan elektrik üretimine bağlı olarak eşdeğer CO₂ emisyonlarını incelemişlerdir. Sistemin ekserji verimliliğinde en büyük iyileştirmenin ısı kaynağının, elektrik, güneş veya jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları olması durumunda elde edileceğini belirtmişlerdir [2].

Lijun ve ark. (2008), sıcak sulu ve mekanik havalandırmalı ısıtma sistemi ile zorlanmış havanın kullanıldığı ısıtma sisteminin çevresel etkilerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca, ekserji tüketimi, enerji ve ekserji verimlilikleri ve maliyet ömürleri de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, ekserji tüketiminin elektrik veya doğal gaz ile çalışan sıcak sulu ısıtma sistemlerinde en az olduğunu göstermiştir [3]. Yıldız ve ark. (2009), bir ofisi sıvı doğalgaz yakıtlı (LNG) geleneksel kombi, LNG yoğuşmalı kombi ve harici hava-hava ısı pompası ile ısıtmışlardır. Çalışmada, birim zamandaki enerji ve ekserji miktarı incelenmiş ve kayıplar belirlenmiştir. Enerji ve ekserji açısından en yüksek verimlilik değerleri sırasıyla, harici hava-hava ısı pompası ve LNG yoğuşmalı kombide elde edilmiştir. Çevresel yönden en iyi sistemin, en düşük enerji girişinin olduğu ısı pompalı sistemler olduğunu belirtmişlerdir. Fakat en uygun sistem için sadece çevresel faktörler değil, aynı zamanda ekonomik faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir [4].

Literatürde yapılan çalışmalardan da görüldüğü gibi sıcak sulu ısıtma sisteminde radyatör yüzey alanının, radyatörün tersinmezliği ve sistemden açığa çıkan CO, NO_x gibi emisyonlar üzerine etkisini inceleyen herhangi bir çalışma mevcut değildir. Bu çalışma, doğalgaz yakıtlı bireysel ısıtma sistemindeki kullanılan radyatörlerin enerji ve ekserji analizi yapmayı amaç edinmiştir. Bu amaç kapsamında, sistemde değiştirilen gaz debisi ve radyatör alanının radyatörün ısıtma kapasitesi ve tersinmezliği üzerine etkisi deneysel olarak incelenecektir. Ayrıca, radyatör ısıtma alanının değişmesiyle baca gazı sıcaklığının, CO ve NO_x emisyonlarının değişimi de incelenecektir.

2. MATERYAL VE METOT

Bireysel ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi üzerine yapılan deneysel çalışmada, kapalı su devresi ve açık gaz devresinden oluşan deney düzeneği kullanılmıştır. Şekil 1.'de gösterilen deney tesisatında, basınç regülatörü tarafından basıncı düşürülen doğalgaz kombi yanma odasına gönderilmektedir. Yanma sonucu meydana gelen ısı kapalı devre sistemde dolaşan suya verilmektedir. Yapılan deneylerde, önce radyatör 2 ve 3 devre dışı bırakılarak sistemdeki su sadece radyatör 1'de, daha sonra radyatör 1 ve 3 devre dışı bırakılarak radyatör 2'de dolaştırılmıştır. Kapalı su devresinde üç adet radyatör ve rotametre bulunan sistemin gaz hattında iki adet Bourdon tipi manometre, bir adet basınç regülatörü, iki adet küresel vana ve bir adet doğalgaz sayacı bulunmaktadır. Gaz ve su devresinde toplam altı noktadan sıcaklık ve dört noktadan basınç ölçümü yapılmaktadır. Gaz sayacı ile doğalgaz debisi, rotametre ile suyun debisi ölçülmektedir.



Şekil 1. Deney Tesisatının Şematik Gösterimi

Radyatörde dolaşan su sıcaklığının kombi tarafından 60°C olarak ayarlandığı çalışmada, bireysel ısıtma sistemi elemanlarından 50cmx60cmx10cm ve 100cmx60cmx10cm boyutlarındaki radyatörler kullanılarak, radyatörlerin ortama verdiği ısı, radyatörlerdeki entropi üretimi ve tersinmezlikler ile bu değerlerin radyatör yüzey alanı ile değişimi incelenmiştir. Ayrıca, sistemde gaz debisinin değişiminin yanma sonucu oluşan emisyon gazlarının değişimine etkisi araştırılmıştır.

Deneyler, dış hava sıcaklığının 5°C olduğu zamanda, iç hava sıcaklığı ortalama 19°C'de tutularak, gaz debisinin 0,24 dm³/s, 0,25 dm³/s, 0,26 dm³/s değerlerinde üçer kez ölçüm alınmış ve hesaplamalarda alınan değerlerin ortalaması kullanılmıştır.

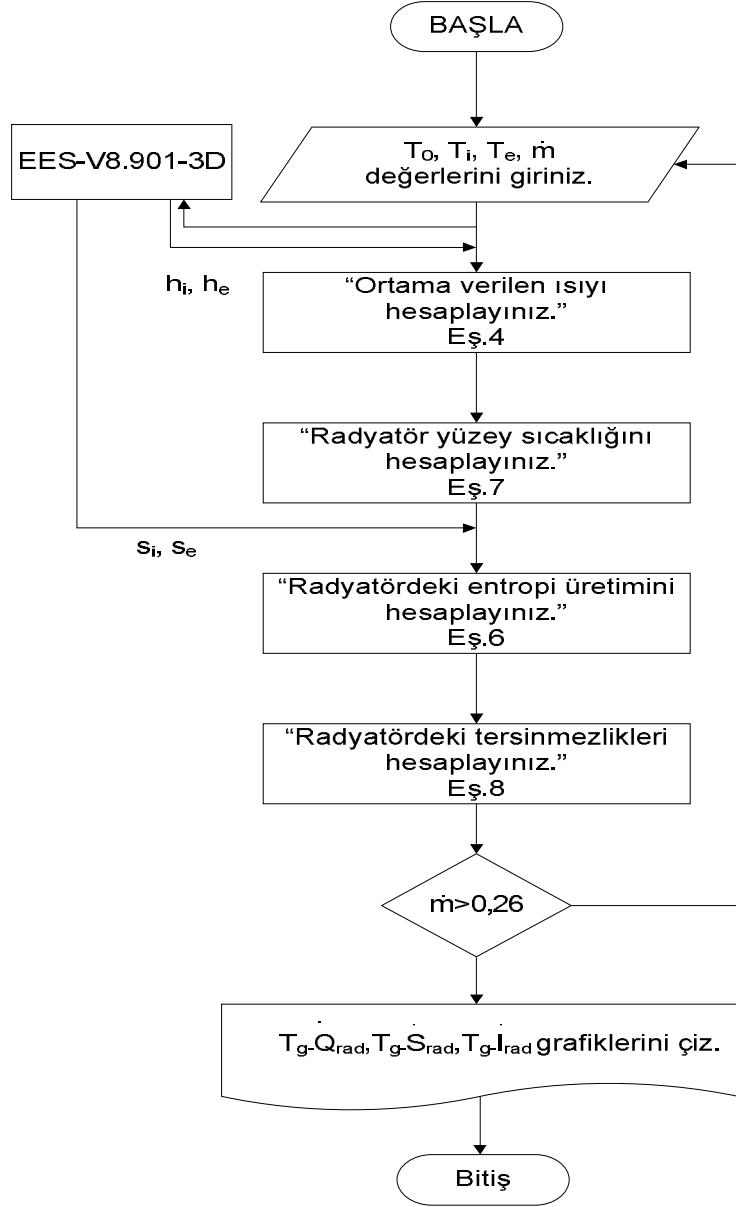
Deneylerden elde edilen sonuçlar EES yazılımı kullanılarak geliştirilen programa girilerek, radyatörün ortama verdiği ısı, radyatördeki entropi üretimi ve tersinmezliklerin değeri hesaplanmıştır. Analizlerin yapıldığı programın akış şeması şekil 2.'de verilmiştir.

3. TERMODİNAMİK ANALİZ

Termodinamik analiz Şekil 1.'de gösterilen bireysel ısıtma sisteminin enerji ve ekserji analizi üzerine dayanmaktadır.

Bireysel ısıtma sisteminin termodinamik analizinde aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır.

- Radyatörde suyun akışı sürekli açık sürekli akış (SASA) modeline göre olmaktadır.
- Suyun akışı esnasında, elemanlardaki kinetik ve potansiyel enerjilerdeki değişimler ihmal edilebilir derecededir.
- Radyatörde oluşan basınç kayıpları çok küçük olduğundan hesaplamalarda ihmal edilmiştir.



Şekil 2. Program Akış Şeması

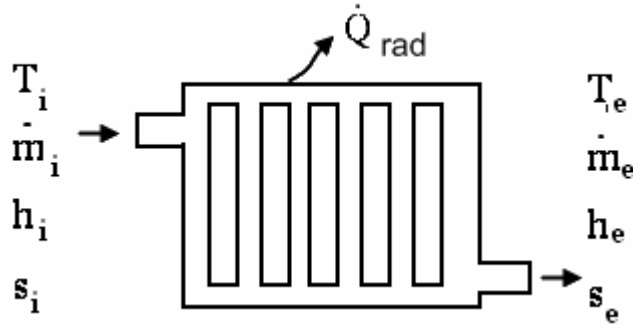
Açık sistemlerde enerji ve kütle dengesi sırasıyla eşitlik (1) ve eşitlik (2) ile ifade edilmektedir [5].

$$\frac{dE_{KH}}{dt} = \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) + \dot{Q}_{KH} - \dot{W}_{KH} \quad (1)$$

$$\frac{dm_{KH}}{dt} = \sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_e \quad (2)$$

Burada, dE_{KH}/dt ve dm_{KH}/dt , sırasıyla kontrol hacmindeki enerji ve kütle zamana göre değişimini ifade etmektedir. “i” ve “e” harflerinin sırasıyla radyatöre giren ve radyatörden çıkan akışı temsil ettiği eşitlikte \dot{m} , h , V , g ve z sırasıyla kütle debisi, özgül entalpi, hız, yerçekimi ivmesi ve yüksekliği göstermektedir. \dot{Q} ve \dot{W} sırasıyla kontrol hacmindeki ısı transferi miktarını ve kontrol hacminin yaptığı işi temsil etmektedir.

Kontrol hacmi olarak seçilen radyatör Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3. Radyatörün şematik olarak gösterimi

(2) nolu eşitlik Şekil 3'te gösterilen radyatöre uygulandığında,

$$\dot{m}_i = \dot{m}_e = \dot{m} \quad (3)$$

(1) nolu eşitlik radyatör için, yukarıda yapılan varsayımlar da dikkate alınarak uygulandığında, radyatörden ortama verilen ısı, \dot{Q}_{rad} , aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\dot{Q}_{rad} = \dot{m}(h_i - h_e) \quad (4)$$

Açık sistemlerde entropi dengesi eşitlik (5) ile tanımlanmaktadır [5].

$$\frac{dS_{KH}}{dt} = \sum \dot{m}_i s_i - \sum \dot{m}_e s_e + \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \dot{S}_{\text{üretim}} \quad (5)$$

Denklemden "s" özgül entropiyi ve "k" sistem ve çevre arasındaki sınırı ifade etmektedir.

(5) nolu eşitlik radyatöre uygulandığında, radyatörde oluşan tersinmezlik aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\dot{S}_{\text{ür,rad}} = \dot{m}(s_e - s_i) - \frac{\dot{Q}_{rad}}{T_y} \quad (6)$$

Eşitlikte, $\dot{S}_{\text{ür,rad}}$ radyatörde üretilen entropi miktarını temsil etmektedir.

Radyatörden çevreye verilen ısı miktarını önemli ölçüde etkileyen radyatör yüzey sıcaklığı (T_y) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [6].

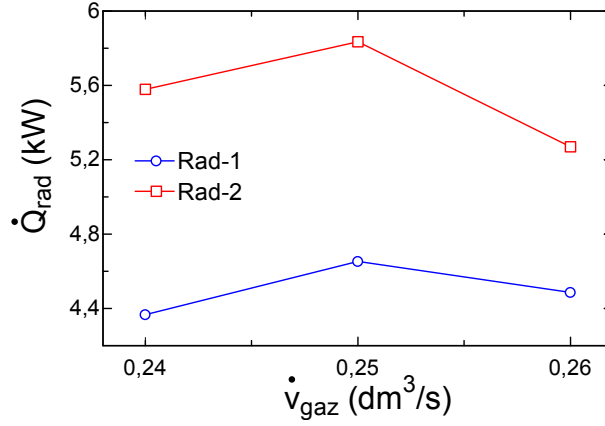
$$T_y = \frac{T_i - T_e}{2 \cdot \ln \frac{T_i - T_0}{T_e - T_0}} + T_0 \quad (7)$$

Gouy-Stadola eşitliği, radyatöre uygulandığında, radyatörde oluşan tersinmezlik miktarı aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\dot{I}_{rad} = T_0 \cdot \dot{S}_{\text{ür,rad}} \quad (8)$$

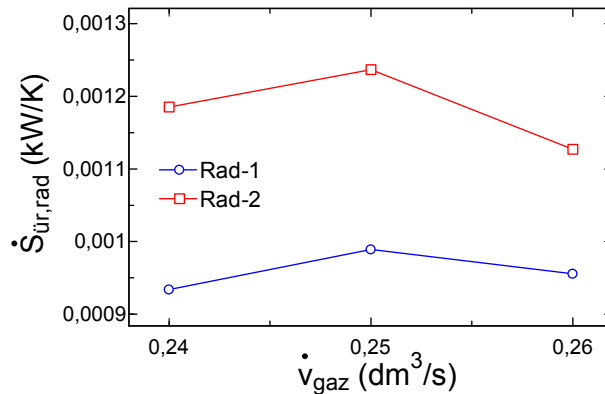
SONUÇ

50cmx60cmx10cm ve 100cmx60cmx10cm boyutlarındaki radyatörler ile yapılan deneylerde radyatörde dolaşan suyun sıcaklığı 60°C'de, sistemdeki suyun debisi 450 L/h'de sabit tutulmuştur. Analizlerde, her gaz debisi değeri için üç kez tekrarlanan deneylerden alınan ölçüm sonuçlarının ortalaması kullanılmıştır. Elde edilen değerler EES yazılımında yapılan programda kullanılarak radyatörlerden ortama verilen ısı, radyatörlerdeki entropi üretimi ve tersinmezlikler hesaplanmıştır.



Şekil 4. Gaz debisinin radyatörlerin ısı transferine etkisi

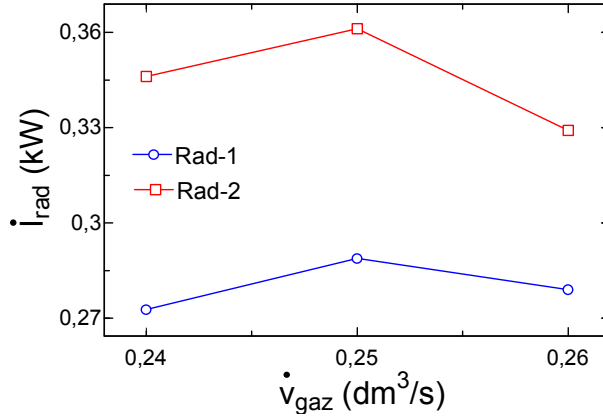
Şekil 4'te sistemde değiştirilen gaz debisinin, radyatörlerden ortama verilen ısıya etkisi görülmektedir. Gaz debisinin 0,25 dm³/s olduğu durumda her iki radyatörün de en yüksek ısı kapasiteye sahip olduğu görülen grafiklerde, gaz debisinin değiştirilmesinin radyatörün ısı kapasitesinde büyük değişikliğe sebep olmadığı görülmektedir. Gaz debisinin 0,24 dm³/s değerinde ortama 5,579 kW'lık ısı veren 2 numaralı radyatör, gaz debisi 0,25 dm³/s değerine artırıldığında %4'lük bir artış göstererek 5,836 kW değerine ulaşmıştır. Gaz debisi 0,26 dm³/s olduğunda ise ortama verilen ısı %10 azalarak en düşük değeri olan 5,27 kW'a ulaşmıştır. 1 numaralı radyatör ise gaz debisinin 0,24 dm³/s olduğu durumda ortama 4,367 kW miktarında ısı verirken, gaz debisi 0,25 dm³/s değerine yükseltildiğinde, ortama verilen ısı yaklaşık %7 civarında artış göstererek 4,653 kW değerine ulaşmıştır. Bu gaz debisi değerinde ortama en yüksek değerde ısı veren radyatör, gaz debisi 0,26 dm³/s değerine artırıldığında, ısı kapasitesinde %4 miktarında bir azalma görülmüştür ve ortama 4,487 kW değerinde ısı vermiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi radyatörün ısıtma yüzey alanı iki katına çıkarıldığında ortama verilen ısı değerindeki artış miktarı %25 civarında kalmıştır. Gaz debisinin 0,25 dm³/s olduğu durumda optimum yanma şartları sağlanmıştır, bu değerden sonra gaz debisi artmasına rağmen uygun miktarda hava sağlanamadığından yanma kötüleşmektedir.



Şekil 5. Gaz debisinin radyatörlerdeki entropi üretimine etkisi

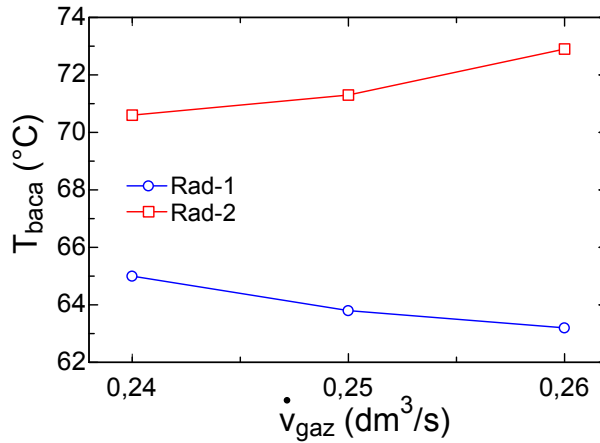
Şekil 5'te sistemde değiştirilen gaz debisinin, radyatörlerde üretilen entropiye etkisi görülmektedir. Üretilen entropi miktarı, radyatörlerden ortama verilen ısının bir sonucu olması dolayısıyla, ısı transferi ve entropi üretimi arasında paralellik göstermektedir ve ortama verilen ısının gaz debisinin 0,25 dm³/s olduğu durumda en yüksek değerine ulaşması sonucu, radyatörlerde üretilen entropi miktarı da bu

değerde en yüksek değerine ulaşmıştır. 2 numaralı radyatörde gaz debisinin $0,25 \text{ dm}^3/\text{s}$ olduğu durumda $1,123 \cdot 10^{-3} \text{ kW/K}$ ile en yüksek değere sahip olan entropi üretim miktarı, gaz debisinin $0,26 \text{ dm}^3/\text{s}$ 'e artırıldığı durumda %9 azalma göstererek $1,112 \text{ kW/K}$ değeri ile en düşük değerine sahip olmuştur. 1 numaralı radyatörde ise gaz debisi $0,24 \text{ dm}^3/\text{s}$ iken radyatörde üretilen entropi miktarı $9,33 \cdot 10^{-4} \text{ kW/K}$ değerinde olurken, gaz debisinin $0,25 \text{ dm}^3/\text{s}$ değerinde %5'lik bir artış göstererek $9,89 \cdot 10^{-4}$ değerine ulaşmıştır. Radyatör ısıtma yüzey alanının iki katına çıkarılması sonucu radyatörde üretilen entropi miktarı, ortama verilen ısı miktarı ile paralellik göstermiş ve %25 civarında bir artış göstermiştir.



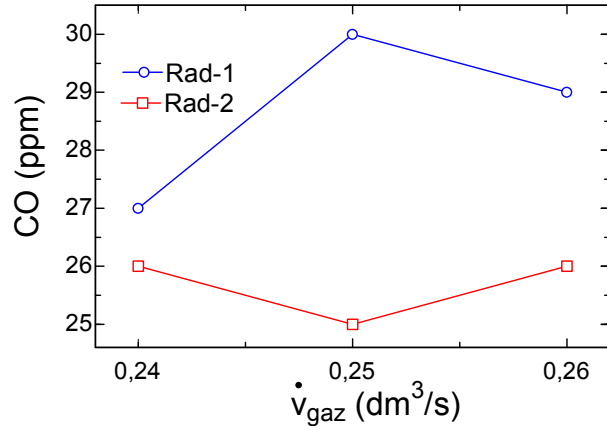
Şekil 6. Gaz debisinin radyatörlerde oluşan tersinmezliklere etkisi

Şekil 6'da sistemde değiştirilen gaz debisinin, radyatörlerde oluşan tersinmezliğe etkisi görülmektedir. Eşitlik 8'de de görüldüğü gibi tersinmezlik ifadesi, üretilen entropi miktarının sabit bir parametreyle (ortam sıcaklığı) çarpılmasından ibarettir. Yapılan deneyler süresince, iç ortam ve dış hava sıcaklıklarının sabit kalması sonucu, radyatörlerde oluşan tersinmezlik miktarı da radyatörlerde üretilen entropi miktarı ile aynı oranda değişim göstermiştir ve gaz debisinin $0,25 \text{ dm}^3/\text{s}$ olduğu durumda en yüksek değerine sahip olmuştur.



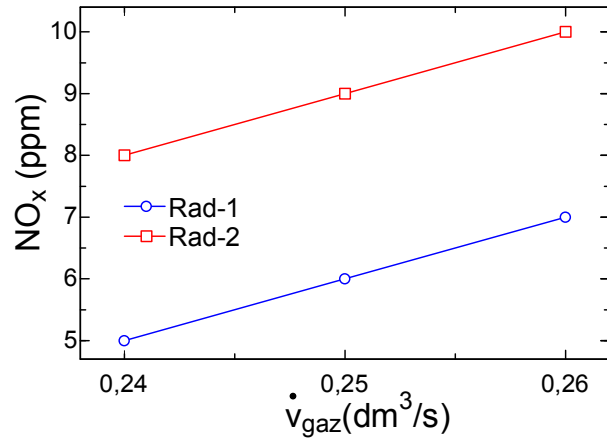
Şekil 7. Gaz debisinin baca gazı sıcaklığına etkisi

Şekil 7'de sistemde değiştirilen gaz debisinin, baca gazı sıcaklığına etkisi gösterilmiştir. Yüzey alanı büyük olan 2 no'lu radyatörde gaz debisi artarken, artan baca gazı sıcaklığı, yüzey alanı küçük olan radyatörde gaz debisinin artmasıyla azalmıştır. Gaz debisinin değiştirilmesi ile baca gazı sıcaklığında büyük bir artış ya da azalma görülmediğinden baca gazı sıcaklığındaki değişim radyatörler için ihmal edilebilir derecededir. Buna karşılık, radyatör yüzey alanının iki katına çıkarılması sonucu kombiye giren gaz debisi artırıldıkça, baca gazı sıcaklığı arasındaki fark gitgide artmıştır. Gaz debisi $0,24 \text{ dm}^3/\text{s}$ değerinde iken radyatör 1 çalıştığı durumda baca gazı sıcaklığı 65°C iken, radyatör 2 çalıştığı durumda 70°C değerine ulaşmıştır. Bu gaz debisinde radyatör ısıtma yüzey alanı iki katına çıkarıldığında baca gazı sıcaklığında, %7'lik bir fark görülmektedir. Fakat gaz debisi $0,26 \text{ dm}^3/\text{s}$ değerine çıkarıldığında bu fark %11'e ve gaz debisinin $0,27 \text{ dm}^3/\text{s}$ değerinde ise %15'e ulaşmıştır.



Şekil 8. Gaz debisinin CO emisyonuna etkisi

Şekil 8'de sistemde değiştirilen gaz debisinin, yanma sonucu dışarıya atılan gazlardaki CO miktarına oranı görülmektedir. 0,25 dm³/s değerinde 1 numaralı radyatör en yüksek değeri olan 30 ppm'e sahip olurken, 2 numaralı radyatör 25 ppm ile en düşük değerini almıştır. Fakat her iki radyatörün çalışması durumunda da çevreye atılan CO miktarındaki değişimler az olduğu için ihmal edilebilir derecededir. Gaz debisinde büyük bir değişiklik yapılamaması dolayısıyla sistemde yakıt olarak kullanılan doğalgazın yanması sonucu oluşan CO emisyonu her gaz debisi için yakın değerleri göstermiştir.



Şekil 9. Gaz debisinin NO_x emisyonuna etkisi

Şekil 9'da sistemde değiştirilen gaz debisinin, yanma sonucu dışarıya atılan gazlardaki NO_x miktarına etkisi gösterilmiştir. Gaz debisinin artmasıyla yakılan yakıtın miktarı artmış ve dolayısıyla yanma sonucu açığa çıkan NO_x miktarı da artan bir eğilim göstermiştir. Gaz debisinin değişmesi sonucu egzoz gazları içindeki NO_x oranı her iki radyatörde paralel şekilde bir değişim göstermiştir. Radyatör yüzey alanının iki katına çıkarılmasıyla çevreye atılan NO_x miktarı da ortalama %60 oranında bir değişim göstermiştir.

SONUÇ

Sistemdeki su debisi ve sıcaklığı, dış ortam ve iç hava sıcaklıklarının sabit olması durumunda, gaz debisi ve radyatör ısıtma alanının, radyatörün ısıtma kapasitesine, entropi üretimine ve tersinmezliğine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca, gaz debisinin değiştirilmesi sonucu CO, NO_x emisyon değerleri ve baca gazı sıcaklığı değişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Sisteme giren gazın debisi değiştirildiğinde, gaz debisinin 0,26 dm³/s değerinde ortama verilen ısıнын en yüksek olduğu görülmüştür. Radyatör ısıtma yüzey alanının iki katına çıkarılması

sonucu radyatörün ısıtma kapasitesi, radyatörde üretilen entropi ve oluşan tersinmezlik değerleri %25 miktarında artış göstermiştir.

- Gaz debisinin artırılması ile baca gazı sıcaklığında dikkate değer bir artış görülmektedir. Fakat, radyatörün ısıtma yüzey alanı iki katına çıkarıldığında, her iki radyatör için ölçülen baca gazı sıcaklıkları arasındaki fark sürekli artış göstermektedir.
- Gaz debisinde büyük bir artış yapılamaması dolayısıyla, ölçülen CO emisyon değerlerinde fazla bir değişiklik olmamıştır.
- Gaz debisinin artmasıyla yakılan yakıtın miktarı artmış ve dolayısıyla yanma sonucu açığa çıkan NO_x miktarı da artan bir eğilim göstermiştir. Radyatör ısıtma yüzey alanının iki katına çıkarılmasıyla, NO_x miktarında %60 civarında artış gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Hitit Üniversitesi BAP Birimi'ne MUH03.10.007 no'lu projeye verdikleri destekten dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Zmeuranu, R., Wu X., Energy and exergy performance of residential heating systems with separate mechanical ventilation. *Energy*, 32, 187-195, 2007
- [2] Zhentao W., Radu Z., Exergy analysis of variable air volume systems for an office building. *Energy Conversion and Management*, 50, 387-392, 2009
- [3] Lijun Y., Radu Z., Hugues R., "Comparison of environmental impacts of two residential heating systems", *Building And Environment*, pp. 1072-1081, 2008
- [4] Yıldız A., Güngör A., Energy and exergy analyses of space heating in buildings, *Applied Energy*, 86, 1939-1948, 2009
- [5] Çengel, Y.A., Boles M. A., "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996
- [6] Moran M. J., Shapiro H. N., "Fundamentals of Engineering Thermodynamics", New York, 1998

ÖZGEÇMİŞ

Tuğba TETİK

1986 yılı Balıkesir doğumludur. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Çorum Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden, 2011 yılına Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan mezun olmuştur. 2009 yılından beri Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Ali KILIÇARSLAN

1964 yılı Yozgat doğumludur. 1989 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Gaziantep Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Enerji programında 1994 yılında yüksek lisansını ve 2000 yılında doktorasını tamamlamıştır. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Çorum Mühendislik Fakültesinde Yrd. Doç. Dr. unvanını, 2006 yılında Hitit Üniversitesinde Doçentlik unvanını almıştır. Termodinamik, iklimlendirme, soğutucu akışkanlar, soğutma sistemleri, ısı sistemlerinin enerji ve ekserji analizi, gaz yakıtlı darbeli yanma konularında çalışmaktadır.