



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 1A0013

**ENGINEERING SCIENCES**

Received: December 2008  
Accepted: January 2009  
Series : 1A  
ISSN : 1308-7231  
© 2009 www.newwsa.com

**Asım Balbay**  
**Yahya Hişman Çelik**  
Gazi Anatolia Technical High School  
asimbabay@gmail.com  
Elazığ-Türkiye

**YARIM SİLİNDİRİK, SİLİNDİRİK VE PAKET TİPİ KATI YAKITLI KALORİFER KAZANLARIN ISIL VERİM DEĞERLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**ÖZET**

Bu çalışmada, aynı kapasiteye sahip üç tip kazan (yarım silindirik, silindirik ve paket tipi katı yakıtlı kalorifer kazanları) kullanılarak verim deneyi yapılmıştır. Deney, kazan imalatçısı özel bir firmada devreye alınmış olan ısı deney laboratuvarında TS EN 303-5'e göre yapılmıştır. Üç farklı kazan türüne göre kazana verilen ve kazandan alınan değerler kıyaslanarak kazanın ısı verimi analiz edilmiştir. Deney sonucunda kazan verim değerleri, yarım silindirik kazanda %79.4, silindirik kazanda %80.3 ve paket tipi kazanda %79.2'dir. Yapılan inceleme sonucunda silindirik kazanın veriminin yarım silindirik ve paket tipi kazana göre sırasıyla %1.1 ve %1.4 kadar yüksek olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Merkezi Isıtma, Kazan, Isıl Verim, Sıcaklık, Kömür

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SEMI-CYLINDRICAL, CYLINDRICAL AND PACKED BOILERS BY THERMAL EFFICIENCY**

**ABSTRACT**

In this study, an efficiency experiment is carried out by using three different types of the same capacity boilers (semi-cylindrical boiler, cylindrical boiler and packaged boiler). The experiment is performed according to the Turkish standards TS EN 303-5, in the test laboratory of the private company who produce boilers. For three different types of boilers, input energy and output energy is measured-calculated; and thermal efficiency of the boilers is analyzed by comparison. Experimental results showed that, the thermal efficiencies of semi-cylindrical boiler, cylindrical boiler and packed boiler are range from %79.4, %80.3 and %79.2 respectively. The analysis reports that the efficiency of cylindrical boiler is %1.1 and %1.4 higher than the others.

**Keywords:** Central Heating, Boiler, Thermal Efficiency, Temperature, Coal



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kalorifer kazanları katı, sıvı ve gaz yakıtlarının bünyesinde yakılması ile su veya diğer akışkanları ısıtarak mahal ısıtma, sıcak su elde etme vb. amacı ile tasarlanan ve üretilen ısıtma araçlarıdır. Kazanlar, saatte ürettikleri enerji miktarına ve kullanılacakları alanlara göre farklı özelliklerde tasarlanırlar. Tüketici açısından minimum kazan yatırım maliyeti ve optimum enerji performansı gerek duyulan en önemli etkidir[1]. En az enerji harcayarak en konforlu ısınmayı sağlamak için günümüzde ısıtma sistemleri üzerine sürekli araştırmalar yapılmaktadır. Enerji kaynaklarının zamanla tükenmesi, çevre kirliliğinin artması vb. nedenlerden dolayı bilimsel çalışmalar alternatif enerji kaynakları bulmak veya yakıt kaynaklarını verimli kullanılmak üzerine yoğunlaşmıştır. Ülkemizde kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %36'sı konut sektöründe binaların ısıtılmasında, %28'i sanayide, %10'u aydınlatmada, %17'si ulaşımda, %4'ü tarımda, %5'i enerji dışı sektörlerde kullanılmaktadır[2].

Dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği hakkında yapılan çalışmalar konut, ev aletleri, sanayi ve ulaştırma sektöründe alınabilecek tedbirler ve bunların enerji ekonomisi açısından faydaları enerji verimliliği açısından önemlidir. Farklı ülkelerin enerji verimliliği üzerine yapmış oldukları başarılı uygulamalardan yola çıkarak kişi başına enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu gibi temel göstergeler ışığında Türkiye'nin enerji durumu için geniş kesimli bir katılım ve sistemli bir yaklaşımla hayata geçirilebilecek bir enerji verimliliği seferberliği; Türkiye'nin enerji sorunlarına en azından bir kısmına kalıcı çözümler sağlar [3]. Ülkemiz enerji ihtiyacının büyük bir kısmını dışarıya bağlı olarak karşılamaktadır. Bundan dolayı ithal edilen yakıttan maksimum düzeyde yararlanmak hem tüketiciye hem de ülke ekonomisine yarar sağlayacaktır.

Bir kazanın ısı verimi, kazanda tüketilen yakıtın enerjisinden ne oranda faydalanabilme ölçüsüne veya kazanı terk eden gazların sıcaklıklarının düşük olmasına bağlıdır[4,5]. Bir yakıtın ısı değeri 1 kg yakıtın tam yanması ile üretilen ısı enerjisidir. Katı yakıtların ısı verimi diğerlerine (sıvı ve gaz) göre az olmasına rağmen ülkemizde müstakil ve merkezi ısıtmalarda kullanılmaktadır[6]. Yakıtların yanma reaksiyonuna katılarak ısı enerjisi üretimi sağlayan bileşenleri, genel olarak karbon, hidrojen, kükürt, karbon monoksit ve hidrokarbonlar şeklinde sıralanabilir [7]. Yanma sonucu oluşan ısı enerjisinden ne kadar yüksek oranda yararlanılırsa o oranda yakıt tüketimi düşük, atmosfere atılan atık gazlar o kadar az olacaktır. Kazanın yanma odasına giden havanın içindeki azot ( $N_2$ ) ve diğer bileşenler, yanma reaksiyonuna girmeden yanma ürünü gazlar ile birlikte baca ile dışarı atılırlar.  $NO_x$ , hava kirleticilerden azot oksitlerde insan ve çevre sağlığı açısından en az  $SO_2$  kadar önemli kirleticilerdir.  $NO_x$  emisyonlarının %90-95'i yakma sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Farklı ısı güçlerindeki kazanlarda hava katsayısının yanma ve emisyonlara olan etkisi, hava fazlalık değeri arttıkça  $NO_x$  emisyonu genellikle azalır,  $SO_2$  emisyonunu fazla değişmez; CO emisyonunu ve ısı verim azalır [2]. Katı yakıtlı kazanlarda ısı verimlilik değeri, kazanın yanma odasının şekline ve güvenlik donanımlarına göre verimliliği etkiler[8]. Bundan dolayı, ısıtma dairelerinin tasarımı, kazan kapasitelerinin doğru seçimi vb. önlemler enerji verimliliği için önemlidir[3].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Günümüzde katı yakıtlı kazanlarının verimini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların temelini; kazanların dizaynları, sitemde kullanılan yakıt türleri ve bu yakıtların kalitesi, ısı verim ve emisyon performansı (baca gazlarını sıcaklığı



ve çevreye yaydığı zararlı gazlar) oluşturmaktadır[9,10]. Hatta bazı araştırmacılar olayı daha da spesifik hale getirerek bölgesel katı yakıtlarının(kömür vb.) ısıl verimi ve emisyon performansını incelemişlerdir[1,11].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan katı yakıtlı sıcak su kazanları; yarım silindirik kazan (YS\_Kazan), tam silindirik kazan (TS\_Kazan) ve paket tipi kazan(PT\_Kazan)'lardır. Bu kazanların farklı olarak üretilmelerinin sebepleri; yatırım maliyeti, kullanılacak yakıt türü, kazanın yakılacağı bölge iklimine bağlı olarak değişir. YS\_Kazan, TS\_Kazan ve PT\_Kazanlarında kapasite ve verimin bilinmesi kritik önemdedir.

Bu amaçla farklı dizayn edilmiş ancak, aynı kapasiteye sahip saatlik yakıt tüketimi, baca gazı sıcaklığı ve verim değerleri arasında ilişki kurularak, maksimum verimliliğin hangi kazan tipinden elde edilebileceği araştırılmıştır. Yapılan deneylere bağlı olarak kazan verimini etkileyen parametreler incelenmiştir.

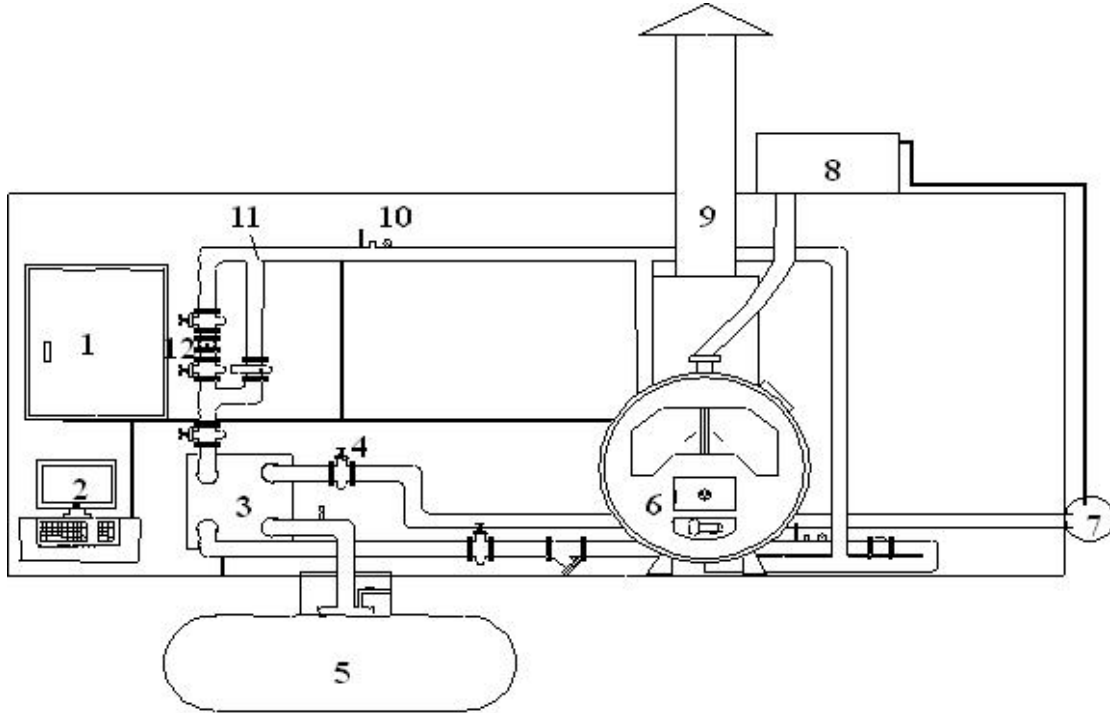
### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deney düzeneği eşanjör, devr-i daim pompası, dalgıç motor, elektronik pano, bilgisayar, termometre, manometre, debi ölçer, hidrometre, su tankı, inbisat deposu, vana, baca ve kalorifer kazanından oluşmaktadır.

Kazanlardaki suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın 20°C'de sabit olduğu düşünülerek kazandaki suyun debisi ayarlanır. Kömürün alt ısıl değeri (7643 kcal/h) ile kazana atılması gereken saatlik kömür miktarı hesaplanır. Hesaplanan bu değerler elektronik panoya girilir. Kazanlar yakıldıktan sonra rejime girmesi için yaklaşık 3 saat kadar beklenir. Kazanlar rejime girdiği zaman bir saatlik kömür yüklemesi yapılır ve devr-i daim pompası çalıştırılır. Önceden girilmiş olan değerler, kazan giriş ve çıkış sıcaklık farkında oluşabilecek bir sapma durumunda tekrar düzenlenir. 7 saat süren deney sonucunda kazanın gerçek verim değeri bulunur.

Eşanjör, devr-i daim pompası vasıtasıyla kazandan çıkan suyun soğutulmuş olarak tekrar kazana girmesini sağlar. Burada soğutma işlemi dalgıç motorun suyu tanktan alarak eşanjöre vermesi ile gerçekleştirilir. Sıcak su boruları vasıtasıyla eşanjörden atık su havuzuna boşaltılır.

Elektronik pano, termometre değerlerini okuyup bilgisayara gönderir. Bilgisayar ise bu değerleri kayıt altına alır, debi ölçer vasıtasıyla kazan çıkış suyunun debisi belirlenir. Şekil 1'de deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney Düzeneği  
(Figure 1. Testing Apparatus)

- |                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. Elektronik Pano  | 7. Kanalizasyon                   |
| 2. Bilgisayar       | 8. İmbisat deposu                 |
| 3. Eşanjör          | 9. Baca                           |
| 4. Vana             | 10. Termometre ve Manometre Çifti |
| 5. Su Tankı         | 11. Borular                       |
| 6. Kalorifer Kazanı | 12. Devr-i Daim Pompası           |

Deneyi yapılan kalorifer kazanı özel bir firma tarafından üretilmiştir. Kazanın projeye uygunluğu gerekli ölçü aletleri (metre, dijital kumpas ve ultrasonik kalınlık ölçüm cihazı) kullanılarak kontrol edilmiştir. Kazanda kullanılan temel malzemeler, sac [(2, 3, 5, 6, 7, 8)mm DKP ST37], duman borusu TS EN 10217-1 Ø76.1\*3.2 mm, izolasyon malzemesi (izocam) ve izolasyon sacı olarak (0.9mm galvanizli sac) kullanılmıştır.

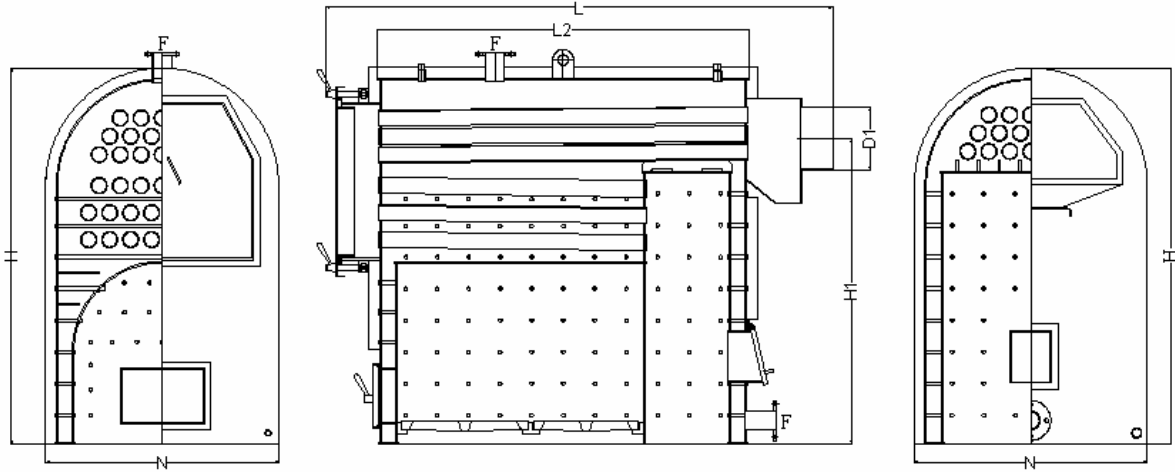
Projede bu kazanın 3 atü işletme basıncında çalışacağı ve imalat aşamasında deney basıncının 4,5 atü olacağı belirtilmiştir. Deney yapılmadan önce kontrol amaçlı olarak kazana 4,5 atü basınç sağlayacak şekilde su basılmıştır.

İmalatı yapılan kazanlardan; yarım silindirik ve tam silindirik kazanlar üç geçişli, paket kazan ise iki geçişli olarak tasarlanmıştır.

### 3.1. 360.000 kcal/h YS\_Kazanı (360.000 kcal/h Semi-Cylindrical Boiler)

Üç geçişli alt ve üst duman borulu olan bu kazanın mükemmel yalıtımı sayesinde ısı kaybı minimumdur. Özellikle işletme basıncı 5 bar'a kadar olan yerlerde en uygun kazan tipidir. Şekil 2'de 360.000 kcal/h YS katı yakıtlı kalorifer kazanının kesiti gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi külhan kısmı yarım silindirik olarak tasarlanmış ve bu bölüme ızgara konulmuştur. Izgara altı zemine paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yanma olayının gerçekleştiği bu yer 1. geçiş yeridir, 2. geçiş yeri alt duman borularıdır, 3. ise

üst duman borularıdır. 1. geçiş bölgesi ile 2. geçiş bölgesini bir birine bağlayan bölüm ise külhanın arkasındaki cehennemliktir.

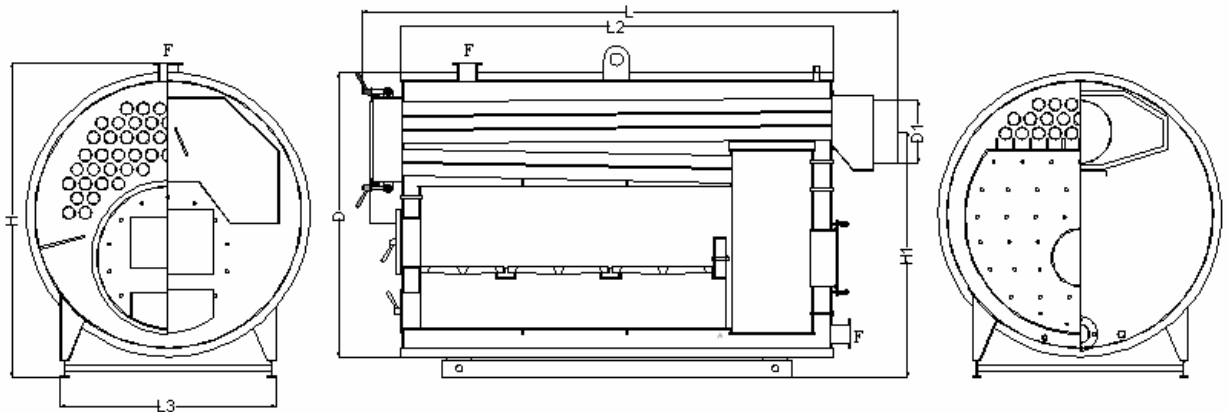


Şekil 2. 360.000 kcal/h YS\_Kazan'ının kesiti  
(Figure 2. 360.000 kcal/h semi-cylindrical boiler's section)

Kalorifer ısıtma sistemlerinde sıcak su kazanı olarak, endüstriyel tesislerde alçak ve yüksek basınçlı buhar kazanı olarak istenen basınç-kapasitede üretilmektedir[12].

### 3.2. 360.000 kcal/h TS\_Kazan (360.000 kcal/h Cylindrical Boiler)

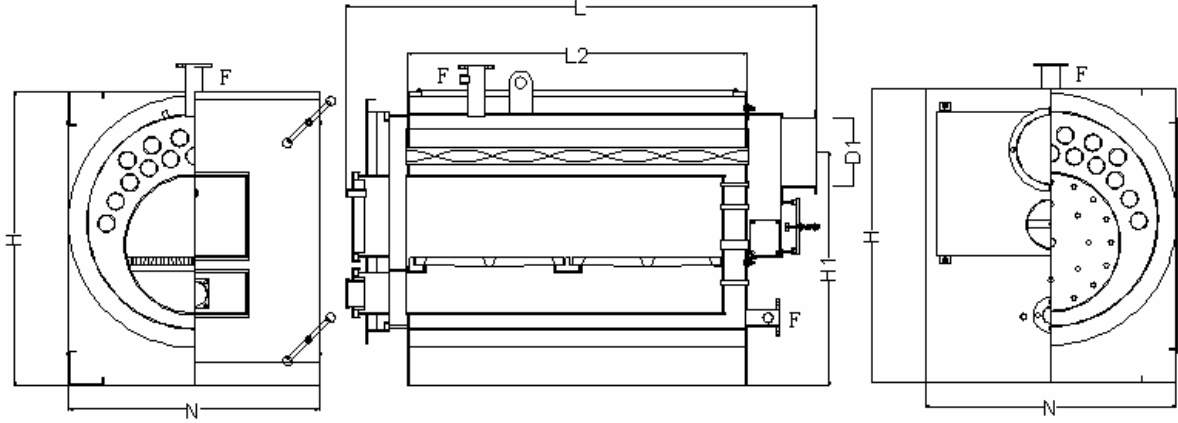
Üç geçişli, alt ve üst borulu olan TS\_Kazan'ının tasarımı sayesinde ısı transferini çok iyi sağladığı için ısıda yüksek verimli ve yakıt tüketiminde tasarrufludur. Endüstriyel tesislerde Stokerli tam otomatik elektronik kumanda ile yüklemeli olarak da tasarlanıp üretimi yapılabilmektedir [12]. Aşağıda Şekil 3'de 360.000 kcal/h TS\_Kazan'ın kesiti gösterilmiştir. Bu tip kazanın yarım silindirik kazandan farkı külhan kısmının silindirik olarak tasarlanmasıdır. Bu bölüme konulan ızgaralardan yakılan kömür ve kül doğrudan zemine değil kazana dökülmektedir. Kül ve yanmış ufak kömür parçalarının döküldüğü bu yerin altında su dolanmaktadır. Azda olsa kazan verimine katkıda bulunulması planlanmıştır.



Şekil 3. 360.000 kcal/h TS\_Kazan'ının kesiti  
(Figure 3. 360.000 kcal/h cylindrical boiler)

### 3.3. 360.000 kcal/h PT\_Kazan (360.000 kcal/h Packaged Boiler)

Kömür, odun ve muhtelif katı yakıtları en yüksek verimde yakacak şekilde dizayn edilmiştir[12]. Şekil 4'de 360.000 kcal/h PT\_Kazan'ının kesiti verilmiştir.



Şekil 4. 360.000 kcal/h PT\_Kazan'ının kesiti  
(Figure 4. 360.000 kcal/h packaged boiler's section)

Paket kazanın külhanı da silindirik kazan da olduğu gibi tasarlanmıştır. Ancak, yarım silindirik ve silindirik kazandan farkı 2 geçişli olmasıdır. 1. geçiş külhan kısmıdır, 2. geçiş ise duman borularıdır. Duman boruları alt ve üst duman borusu olarak ayrılmamaktadır.

### 3.4. Kömür (Coal)

Maden kömürleri cins ve menşelerine göre değişik karakterdedirler. Deneyde kullanılan kömüre ait özellikler Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Kömürün özellikleri  
(Table 1. Coal's properties)

| Kömür                            | Torbapak Değeri | Yasal Değerler       |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|
| Alt ısı değeri                   | 7643 Kcal/kg    | 6200 Kcal/kg         |
| Kuru bazda toplam kükürt miktarı | %0.3            | Max%0.9              |
| Kuru bazda uçucu madde           | %19-22          | %12-28(+1 tolerans)  |
| Kuru bazdaki kül miktarı         | %6              | Max %4 (+1 tolerans) |
| Orijinal nem değeri              | %5              | max%10               |
| Boyut                            | 70-120 mm       | 10-150 mm            |

360.000 kcal/h katı yakıtlı kalorifer kazanları 417 KW ısı güce sahiptir. Bu kazanlara saatlik kömür yüklemesi yapılarak verimleri araştırılmıştır. Her bir kazan 7 saatlik deneye tabii tutulmuştur.

### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Deneyler elle yüklemeli olarak yapıldığından dolayı giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı ve giriş çıkış sıcaklık farkı 10 ar dakika aralıklarla bilgisayara kaydedilmiştir. Kayıtlar göz önünde bulundurularak verim değerleri kıyaslanıp, verim hesaplamaları yapılırken aşağıdaki eşitliklerden faydalanılmıştır.



$$Q_V = B * K_B \quad (1)$$

$$Q_A = m * c * \Delta t \quad (2)$$

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_V} \quad (3)$$

$Q_V$ : Kazana yüklenen yakıtın toplam ısıl değeri (Kcal/h)

$B$ : Yakıt miktarı (kg/h),

$K_B$ : Yakıtın alt ısıl değeri (Kcal/kg)

$Q_A$ : Kalorifer kazanından alınan ısı (Kcal/h)

$m$ : Geçen suyun debisi kg/h

$c$ : Kazan rejime girdikten sonra kazanda çıkan suyun özgül ısısı (Kcal/kg.°C)

$\Delta t$ : Kazanın devir daim yaptığı sıradaki kazana giren ve kazandan çıkan giriş ve çıkış su sıcaklığı arasındaki fark (°C),

$\eta$ : Kazan verimidir (%).

YS\_Kazan, TS\_Kazan ve PT\_Kazan'a yüklenen kömür miktarı yedi saatte toplam 427 kg olup kazanların saatlik ortalama tüketimi ise sırasıyla 61 kg/h'tır. YS\_Kazan, TS\_Kazan ve PT\_Kazan için soğuk su girişi ve sıcak su çıkışı arasındaki sıcaklık farkı ölçülmüş ve yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır. Deney giriş değerleri Tablo 2'de ve deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Kazanların verim değerleri aşağıda gibi hesaplanmıştır.

YS\_Kazan:

$$Q_V = B \times K_B = 61 \times 7643 = 466.223 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_A = m \times c \times \Delta t = 18700 \times 0,971 \times 20,38 = 370053 \text{ Kcal/h}$$

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_V} = \frac{370053}{466223} = \%79,4$$

TS\_Kazan:

$$Q_V = B \times K_B = 61 \times 7643 = 466.223 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_A = m \times c \times \Delta t = 18700 \times 0,971 \times 20,63 = 374593 \text{ Kcal/h}$$

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_V} = \frac{374593}{466223} = \%80,3$$

PT\_Kazan:

$$Q_V = B \times K_B = 61 \times 7643 = 466.223 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_A = m \times c \times \Delta t = 18700 \times 0,971 \times 20,349 = 369491 \text{ Kcal/h}$$

$$\eta = \frac{Q_A}{Q_V} = \frac{369491}{466223} = \%79,2$$

Tablo 2. Giriş Değerleri  
(Table 2. Input values)

| Parametrenin adı                          | Değeri  |
|-------------------------------------------|---------|
| Kazanın kapasitesi, Kcal/h                | 360.000 |
| Kullanılan yakıtın cinsi                  | Kömür   |
| Yakıtın alt ısıl değeri, Kcal/kg          | 7643    |
| 80-90°C'deki suyun özgül ısısı, Kcal/kg°C | 0,971   |
| Yakıt miktarı, kg                         | 61      |

Tablo 3. Test sonuçları ( a)YS\_Kazan b)TS\_Kazan c) PT\_Kazan  
Table 3. Test results ( a)Semi-cylindrical boiler, b)Cylindrical boiler c)Packaged boiler)

| YS Kazan                                                            |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Deney süresi, saat                                                  | 7         |
| Deney saati süresince toplam üretilen ısı miktarı ( $Q_n$ ), Kcal/h | 2.590.371 |
| Deney sonucu bulunan kapasite, Kcal/h                               | 370.053   |
| Kazana verilen toplam ısı miktarı ( $Q_b$ ), Kcal/h                 | 466.223   |
| Deney Sonucu Elde Edilen Verim ( $\eta_k$ ), %                      | 79,4      |
| Standart İstenen Verim Değeri ( $\eta_k$ ), %                       | 69,2      |
| Kazandan çıkan suyun debisi, kg/h                                   | 18700     |
| Suyun ortalama giriş ve çıkış sıcaklığı, °C                         | 20,38     |

a)

| TS Kazan                                                            |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Deney süresi, saat                                                  | 7         |
| Deney saati süresince toplam üretilen ısı miktarı ( $Q_n$ ), Kcal/h | 2.622.151 |
| Deney sonucu bulunan kapasite, Kcal/h                               | 374.593   |
| Kazana verilen toplam ısı miktarı ( $Q_b$ ), Kcal/h                 | 466.223   |
| Deney Sonucu Elde Edilen Verim ( $\eta_k$ ), %                      | 80,3      |
| Standart İstenen Verim Değeri ( $\eta_k$ ), %                       | 69,2      |
| Kazandan çıkan suyun debisi, kg/h                                   | 18700     |
| Suyun ortalama giriş ve çıkış sıcaklığı, °C                         | 20,63     |

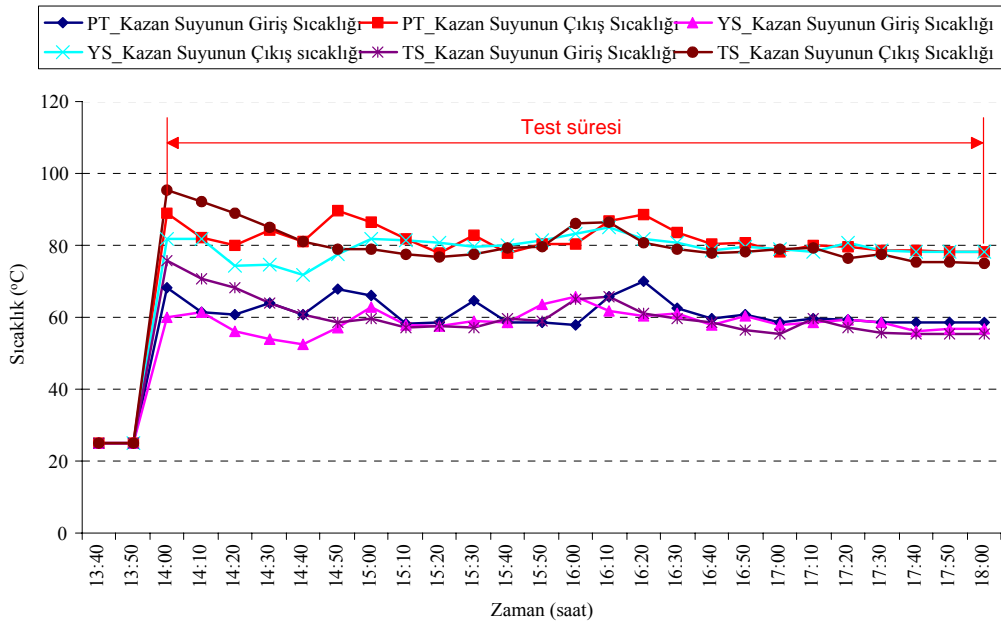
b)

| PT Kazan                                                            |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| Deney süresi, saat                                                  | 7         |
| Deney saati süresince toplam üretilen ısı miktarı ( $Q_n$ ), Kcal/h | 2.586.437 |
| Deney sonucu bulunan kapasite, Kcal/h                               | 369.491   |
| Kazana verilen toplam ısı miktarı ( $Q_b$ ), Kcal/h                 | 466.223   |
| Deney Sonucu Elde Edilen Verim ( $\eta_k$ ), %                      | 79,2      |
| Standart İstenen Verim Değeri ( $\eta_k$ ), %                       | 69        |
| Kazandan çıkan suyun debisi, kg/h                                   | 18700     |
| Suyun ortalama giriş ve çıkış sıcaklığı, °C                         | 20,349    |

c)

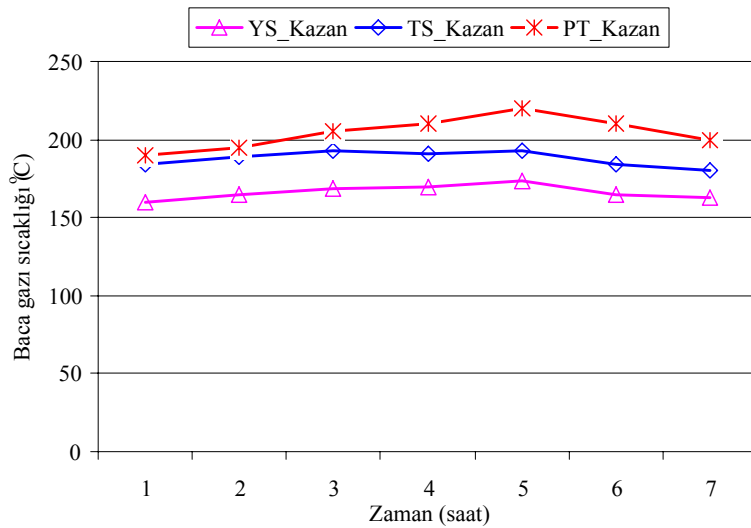
Saatlik kazana kömür yüklemesi yapılmış, kazana giren ve kazandan çıkan su sıcaklıkları, baca gazı sıcaklıkları değerleri kıyaslanmıştır.





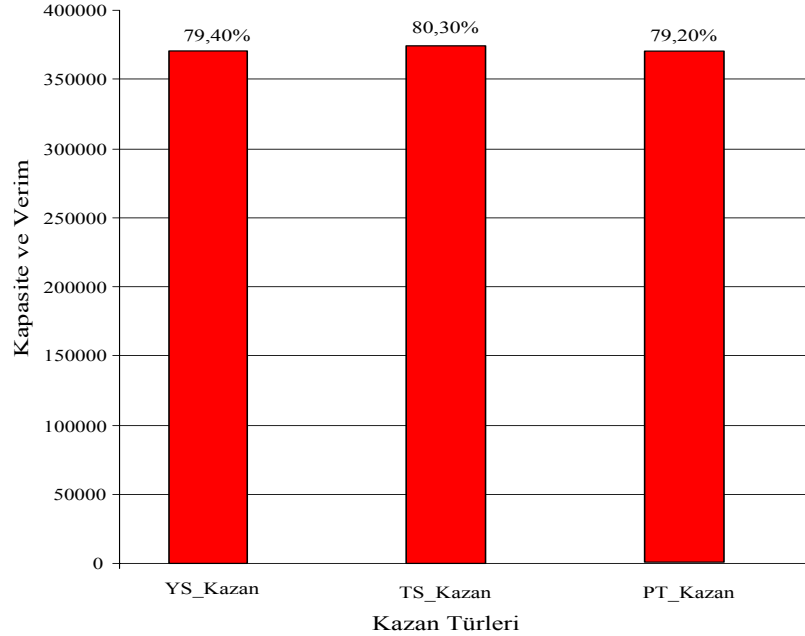
Şekil 5. Kazan giriş ve çıkış su sıcaklıkları  
(Figure 5. The input and output water temperatures for the boilers)

Şekil 5'de üç farklı kazana ait dört saat boyunca kayıt edilen su giriş ve çıkış sıcaklıkları gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere zamana bağlı olarak gerek giriş gerek de çıkış sıcaklıkları üzerinde anormal bir değişim gözlenmemiştir. Ancak kazanların dizaynına bağlı olarak kendi aralarında küçük sapmalar gözlenmiştir. Belli zaman sürelerinde meydana gelen yükselip alçalmalar kazanın elle yüklenmesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü elle yüklemeli kazanlarda yanma odasındaki kömür sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda olduğu gibi homojen olarak yanmamaktadır. Ayrıca, kazanın beslenmesi sırasında atılan kömürün yanan kömür ile kazan yanma odası cidarı arasında geçici de olsa ısı transferini kısa süreli olarak engellemesi ve bir miktar enerjinin de yeni atılan kömürün tutuşması için harcanmasından dolayı grafikteki bu iniş ve çıkışlar görülmüştür.



Şekil 6. Kazanların baca gazı sıcaklıkları  
(Figure 6. The chimney gases temperature of boilers)

Şekil 6 incelendiğinde baca gazının en yüksek olduğu kazan tipi PT\_Kazandır. Bu kazanda baca gazı sıcaklığının yüksek olmasının nedeni iki geçişli olmasından kaynaklanmaktadır. TS\_Kazan ve YS\_Kazan 3 geçişlidir. Bu nedenle baca gazının sıcaklığı, PT\_Kazana göre daha düşüktür. Ancak YS\_Kazan'ın baca gazı sıcaklığının düşük olmasının nedeni bu kazanın tasarımına bağlı olarak bir miktar ısıyı zemine geçirmesidir.



Şekil 7. Kazan tiplerine göre kapasite ve verim  
(Figure 7. According to the boiler types capacity and thermal efficiency)

Kazanın ısıl verimi, kazanın dizaynına, kullanılan yakıtın cinsine, kazanı yüklemenin sıklığına, besleme biçimine, baca çekişine, vb. bağlıdır.

Şekil 7'de kazanlara verilen ve kazanlardan alınan ısı miktarlarına bağlı olarak verim değerleri ve kapasiteleri gösterilmiştir. Bu grafik denklem 1, 2, 3 deki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Kazanların verimini etkileyen en önemli etken tasarım şeklidir. TS\_kazanın üç geçişli ve yanma odasının silindirik olarak tasarlanmasından dolayı ısı kaybı minimum düzeydedir. Böylelikle atılan kömürden maksimum olarak ısı elde edilir. Bu da en verimli kazan olmasını sağlamıştır. YS\_kazan ise TS\_kazan gibi üç geçişli olarak tasarlanmıştır. Ancak, yanma odası yarım silindirik olarak imal edildiğinden ve alt kısmının açık olmasından dolayı bir miktar ısıyı zemine vermektedir. Bundan dolayı ısıl verimi tam silindirik kazana göre düşüktür. PT\_kazanın yanma odası TS\_kazan gibi tasarlanmıştır; ancak, TS\_kazan ve YS\_kazan'dan farklı olarak iki geçişli olarak imal edilmiştir. İki geçişli(karşı basınçlı) kazanlarda yanma sonucu oluşan alev ve duman gazı kazan gövdesi içinde fazla dolaşmadığından hem kazanın verimi en düşük seviyededir hem de baca gazı sıcaklığı şekil 6'da gösterildiği gibi en yüksek seviyededir.

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Deneyi yapılan 360000 kcal/h kapasiteye sahip farklı üç kazanın verim değerleri ve bu verim değerine bağlı olarak kazanların teknik performansları hakkında temel bilgiler aşağıda belirtilen şekilde bulunmuştur.



- PT\_Kazan, 369491 kcal/h' dir.
- YS\_Kazan, 370053 kcal/h' dir.
- TS\_Kazan, 374593 kcal/h' dir.
- Kazanların verim değerleri kıyaslandığında en iyi verimin TS\_kazandan elde edildiği, bunu YS\_Kazan ve PT\_Kazanın takip ettiği görülmüştür.
- Kazan yüzde verim değerleri PT\_kazanda %79.20, TS\_kazanda %80.30 ve YS\_kazanda %79.40 olduğu hesaplanmıştır.
- Kazan verim değerlerine bağlı olarak baca gazı ortalama sıcaklıkları; PT\_kazanda 210 °C, TS\_kazanda 185 °C ve YS\_kazanda 165°C bulunmuştur. İdeal baca gazı sıcaklıkları, ön görülen koşullarda 160°C ile 220°C arasında değişir. TS\_kazanda baca gazı sıcaklığı ön görülen sıcaklıkların arasında bir sıcaklığa sahip olduğundan ne aşırı yakıt harcadığı ne de aşırı ısı kaybı olur. Bu nedenle en ideal kazanın TS\_kazan olduğu söylenebilir.
- PT\_kazan iki geçişli, TS\_kazan ve YS\_kazan üç geçişli olarak imal edilmiştir. PT\_kazanda alev, kazan içerisinde fazla dolaşmamaktadır. Böylece, hem bacanın fazla ısınması hem de veriminin düşük seviyede olması gözlemlenmiştir.
- TS\_Kazanın ilk yatırım maliyeti diğer kazanlara göre daha fazla olmasına rağmen en yüksek yakıt verimi de bu kazandan elde edilmiştir.
- Tüketici kazan alacağı zaman sadece ilk yatırım maliyetini göz önüne almamalıdır, bunun yanı sıra tüketileceği yakıt miktarını da düşünmelidir.
- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, yakılan kömürden daha da yüksek verim elde edebilmek için kazan geçiş bölümlerini çoğaltmak ve yakıt belseme yerini minimum ısı kaybı olacak şekilde tasarlamak gerekir.

Katı yakıtlı kazanlar üzerine yapılan bilimsel araştırmalar incelendiğinde bilim adamlarının kazan dizaynı, ısıl verim ve emisyon performansı üzerine yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, aynı kapasiteye sahip farklı tip kazanlar üzerine bir çalışma yapılmasının gerekliliğini doğurmuştur.

Sonuç olarak enerji sorunu olan dünyamızda, mevcut enerji kaynaklarını en yüksek performansta kullanılmasını sağlayan kazanların imal edilmesi hem ülkemiz hem de dünyamız için fayda sağlayacaktır.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. Çelik, Y.H., (2008). Farklı Yakıt Cinslerine Bağlı Olarak Katı Yakıtlı Silindirik Bir Kalorifer Kazandan Alınan Değerlerin Deneysel Olarak Araştırılması, Termodinamik Dergisi, Sayı 186.
2. İlbaş, M. ve Yılmaz, İ., (2002). Farklı Isıl Güçlerdeki Kazanlarda Yanma ve Emisyon Davranışının Araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18-27.
3. Kavak, K., (2005). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, Eylül.
4. [http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/eht535\\_kazan\\_isi\\_firin.pdf](http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/eht535_kazan_isi_firin.pdf)
5. Sinanoğlu, U., Esen, D.Ö., ve Karakaş, E., (1996). Enerji Ekonomisi açısından Geri Kazanım Sistemleri, EMO-TMMOB Türkiye I. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sayfa:101-110.
6. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi(MEGEP), (2006). Merkezi Isıtma 1 Modülü, Ankara.
7. Cengizalp, B., (2007). Sıcak Sulu Kalorifer Kazan Projesi, Isıl Verim Dördüncü Bölüm, Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Bitirme Projesi.



8. Yıldız, A., (2003). Katı Yakıtlı Kazan Tasarımı ve Isıl Verimlilik Değerlerinin İrdelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
9. Fengqi, S., Carlos E.R., Zheng Y., Eugenio, S., Zhigao, X, Robert L.M., and Barry N.L., (2008). Optimization of Coal-Fired Boiler SCRs Based on Modified Support Vector 3 Machine Models and Genetic Algorithms, Fuel, Article in Press.
10. Vladimir, I.K., (2005), Applications of a Cost-Based Method of Excess Air Optimization for the Improvement of Thermal efficiency and Environmental Performance of Steam Boilers, Renewable&Sustainable Energy Reviews, 474-498.
11. Tanetsakunvatana, V. And Kuprianov, V.I., (2007). Experimental Study on Effects of Operating Conditions and Fuel Quality on Thermal Efficiency and Emission Performance of a 300-MW Boiler Unit Firing Thai Lignite, Fuel Processing Technology, 199-206
12. <http://www.altintasisi.com.tr>