

Katı Yakıtlı Kazan Tasarımı ve Kazan Isıl Kapasite Verimlilik Değerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi

Abdullah YILDIZ*
Hüseyin GÜNERHAN*

Özet

Bu çalışmada, katı yakıtlı kazan tasarımı yapılmış, kazan ısı kapasite ve ısı verimlilik değeri deneysel olarak belirlenmiştir. Kazan yanma odası ve güvenlik donanımları düşünülerek, TS EN 303-5 standardı - na uygun kazan tasarlanmıştır. Deneylerde, alt ısı değeri 28402 kJ/kg olan ithal kömür kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kazan ısı kapasitesi 46.51 kW ve kazan ısı verimi %77.11 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalorifer Kazanı, Kazan tasarımı, Kazan ısı kapasitesi, Kazan verimi

1. GİRİŞ

Türkiye’de linyit, maliyetlerinin düşük olması nedeni ile konut ısıtılmasında özellikle düşük ve orta gelirli kesimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük kaliteli linyitlerin genelde bu yakıtlar için uygun olmayan yakma sistemlerinde yakılarak binaların ısıtılmasında kullanılması hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden birisidir. Hızlı ve plansız kentleşme nedeni ile Türkiye’de bölgesel ısıtma yaygınlaşmamakta ayrıca konut ısıtılmasında verimsiz ve kontrolü zor olan küçük kapasiteli bireysel ısıtma sistemleri (sıcak su kazanları, sobalar) kullanılmaktadır [1].

Türkiye’ye yüksek verimli kazanlar 1965 yılın - da girmiştir [2]. Ayçık [3] yarım silindirik kazan -

da yaptığı çalışmada, kazan ısı veriminin, yükleme zamanı aralığı azaldıkça arttığını gözlemiştir. Yarım saatlik yükleme zamanı ile yapılan deneylerde %76.1 olan verim, yükleme zamanının bir saat, bir buçuk saat, iki ve iki buçuk saate çıkmasıyla, verimdeki düşüşler sı - rasıyla; %3.5, %12.7, %16.9 ve %23 olmuştur. Çalışma sonunda kazan yükleme zaman ara - lığının iki saat olmasının gerektiğini önermiş - tir. Yıldırım [4] yarım silindirik kazanda Tunçbi - lek linyiti kullanmış, deneyde toplam 60 kg lin - yit yakılmış ve deney sonunda kazan ısı veri - mini %71.46 olarak hesaplamıştır. Atalay [5], yarım silindirik alev duman borulu kazanda it - hal kömür yakmıştır. Yaptığı çalışmada, ka - zana 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 ve 21 kg kömür

* Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü. abyildiz@aku.edu.tr, hgunerhan@bornava.ege.edu.tr

yanımada yapılmış ve en düşük kazan veriminin %76.37, %79.75, %80.25, %79.87, %81.50, %79.01, %71.77 ve %73.97 olarak saptamıştır. Burada yapılan tam yüklemde kazan verimi %73.97 olarak bulunmuştur.

Türkiye’de, son yıllarda genelde, konutlarda ısıtma amaçlı yarım silindirik alev duman borulu kazanlar kullanılmaktadır. Bu kazanların konstrüksiyonun iyi yapılamaması, ocak gazlarının tam yanma yapmamasına ve sonuç olarak da baca gazı çıkış gazlarındaki CO miktarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, duman borularındaki is ve kurumun fazla birikmesinden dolayı yanma ve verimde kayıplar meydana gelmektedir. Böke ve diğerleri [6] otomatik yüklemeli ithal kazanda yaptığı çalışmada, değişik tipte kömür kullanmış ve kurutulmuş kömürlerle yaptığı deneylerde maksimum kazan verimini %76 olarak saptamıştır.

Yapılardaki kalorifer kazanlarından, ısıl santallerdeki kazanlara kadar çeşitli kazan ve ocaklarda kömür kullanılmaktadır. Yakıtların daha iyi yakılabilmesi amacıyla değişik tipte yakma sistemleri geliştirilmiştir. Kawai ve diğerleri [7] Japonya’daki kanunların yeni yüzyılda endüstri proseslerinde ve ısıtma sistemlerinde enerji sağlamak için düşük çevre emisyonu ve yüksek ısıl verime sahip yeni kazan tasarımlarının geliştirilmesinin istendiğini belirtmiştir. Yoshikawa ve diğerleri [8], Iwahashi ve diğerleri [9], yüksek sıcaklığa sahip hava yanmalı yeni bir kazan geliştirmişler ve Tokyo Teknoloji Enstitüsünde test etmişlerdir. Test sonunda düşük ısıl değere sahip gazların verimli ve çevre emisyonu kanunlara uygun olarak yakıldığını belirlemişlerdir. Rusinowski ve diğerleri [10] stokerli bir kazanın kontrol sitesinde geliştirdiği yöntemle kazan ısıl verimini %7 artırarak %85 değerine ulaşmasını sağlamışlardır.

Kazanda yapılacak değişiklikler ve geliştirme yöntemleriyle çevre emisyonlarının incelenmesi üzerine de bir çok araştırma yapılmıştır. Abdallah ve Ismail [11] buhar kazanlarının optimum yalıtım kalınlığını 3 cm olarak hesaplamışlardır. Çevreye atılan emisyon gazlarını, tam yanma durumunda CO₂ için 6 ton/yıl, ek yanma durumunda CO₂ için 35 ton/yıl ve

CO için 10.2 ton/yıl olarak bulmuşlardır. Kopyanov ve Tanetsakunvatana [12] fazla hava miktarına bağlı ısıl kayıplar ve gaz emisyon değerlerini bulmak için ısıl kayıplar yöntemini ve maliyet-taban metodunu kullanarak optimal fazla hava değerini bulmuşlardır. Fazla hava oranı, ısıl kayıplar metodunda 1.11-1.12, maliyet-taban yönteminde ise 1.09-1.10 olarak saptamışlardır.

Linyitlerin mevcut kazan ve sobalarda yakılması hava kirliliğine büyük ölçüde etki etmesine rağmen, ısıtma alanında hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de ki hava kirliliğinin önlenmesi için mevcut kazan ve sobaların yerine bu kömürleri daha yüksek verimle yakacak kazan ve sobaların tasarlanarak ekonominin ve tüketicinin hizmetine sunulması gerekmektedir [1].

Yakıtların daha yüksek ısıl verimliliğe sahip kazanlarda yakılması, yakıt tüketimindeki azalmaya ve dolayısıyla yanma ürünlerinden meydana gelen çevre kirliliğinin de azalmasına neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada, katı yakıtlı yeni bir kazan tasarımı yapılmış, kazan ısıl kapasite ve kazan ısıl verim değeri deneysel olarak belirlenmiştir.

2. KAZAN TASARIMI VE İŞLETME ŞEKLİ

Kazanlarda aranan en önemli özellik, yanma odasında oluşan ısının mümkün olduğu kadar en verimli şekilde kazan içindeki suya aktarılmasıdır [13]. Bu ısı transferi taşınım ve ışı nım şeklinde olmaktadır [14].

Yakıtların daha verimli yakılabilmesi ve yoğun hava kirliliğini azaltmak amacıyla Şekil 1 ile verilen kömürlü kalorifer kazanı tasarlanmıştır. Kazan tasarımında, TS EN 303-5 standart kriterleri göz önüne alınmıştır.

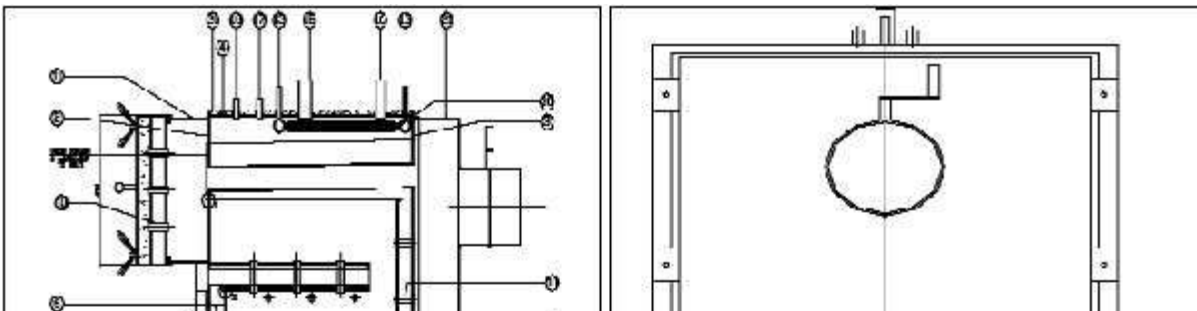
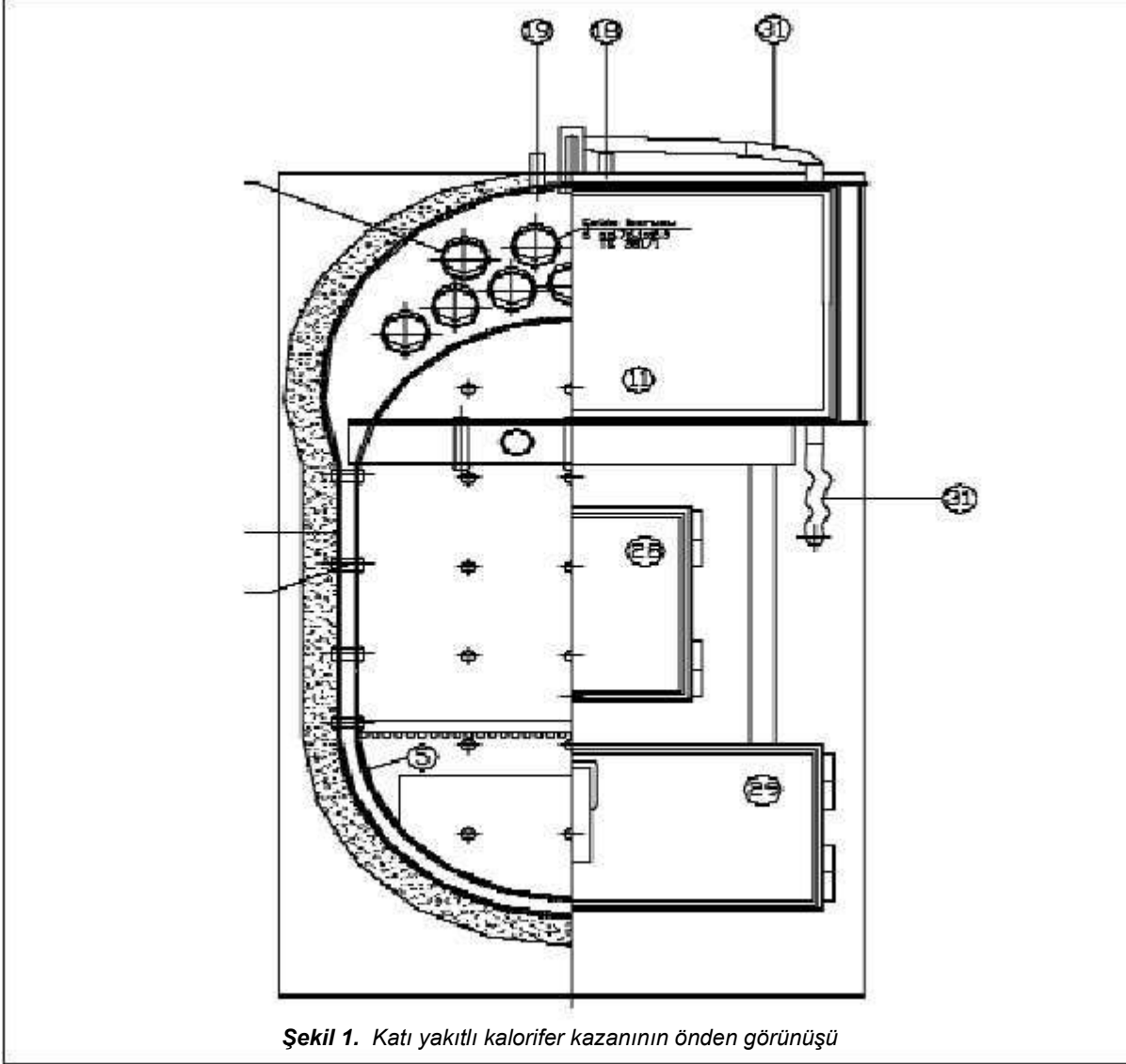
Yarım silindirik kazan formundan faydalanılarak, çeşitli koşulları iyileştirmek ve geliştirmek amacıyla bu kazan tasarlanmıştır. Kazan ısıl verimini artırmak amacıyla, sandık kısmında sıcak su dolaştırarak kazan ısıtma yüzeyi artırılmış ve böylece kazan boyutları azaltılıp maliyet faktörü azaltılmıştır. Ara perdenin eklenmesi ile ısının uzun süre kazan içinde dolaşımı sağlanmış, yanma sonucu oluşan du

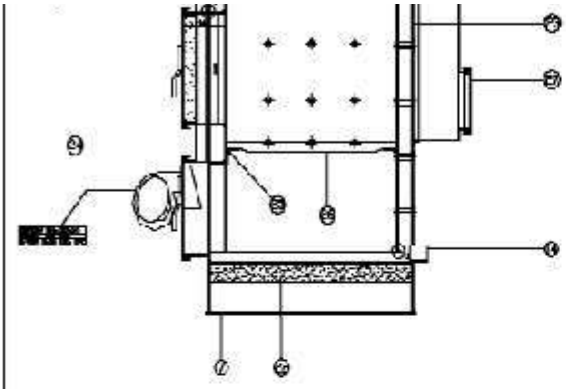
man gazlarının bacayı erken terk etmesini önlenmiş ve yarım silindirik duman borulu kazanlarda sıkça rastlanılan, duman borularının is ve kurum tutma özelliği, bu kazanda nispeten azaltılmıştır.

tat ve ısı değiştiricisi bulunmaktadır. Tablo 1’de Şekil 1., 2 ve 3’de numaralandırılmış parçaların adı, adeti ve malzemesi verilmiştir.

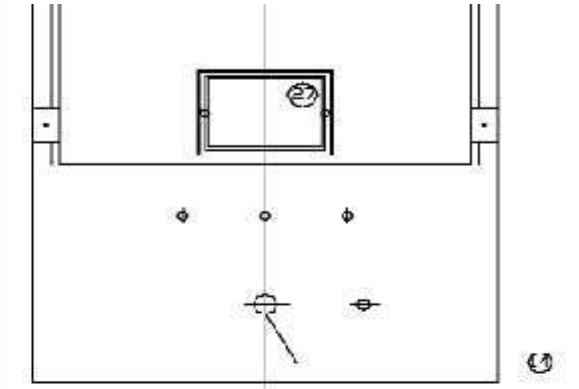
Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de sırasıyla katı ya - kıtlı kalorifer kazanının önden, yandan ve arkadan görünüşü verilmiştir. Kazanda yanma, zorlanmış olarak bir fan tarafından sağlanmakta ve güvenlik donanımı olarak bir termos-

Kazanın en üst kısmında, fan açma-kapama butonu, termostat ayar düğmesi ve kazan su sıcaklığını gösteren termometrenin bulunduğu kontrol paneli bulunmaktadır (Şekil 4). Şekil 4 ile verilen kontrol panosunda;





Şekil 2. Katı yakıtlı kalorifer kazanının yandan görünüşü



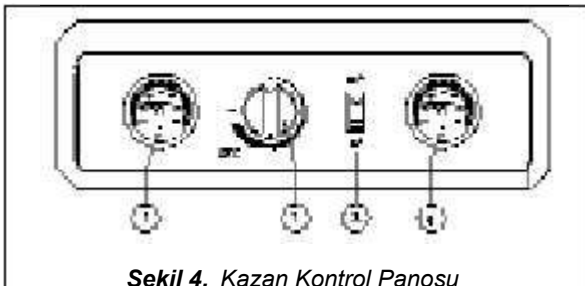
Şekil 3. Katı yakıtlı kalorifer kazanının arkadan görünüşü

Tablo 1. Katı yakıtlı kazan parçalarının adı, adeti ve malzemesi [15]

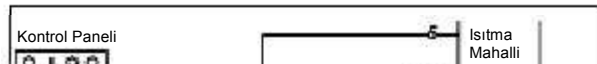
Sıra	Adlandırma	Adet	Malzeme	Standart
1	Duman borusu	11	S185	Avrupa
2	Ön ayna	1	S235JRG2	DIN EN 10025
3	Arka ayna	1	S235JRG2	DIN EN 10025
4	Dış silindirik zarf	1	S235JRG2	DIN EN 10025
5	Ocak silindirik tabanı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
6	Ocak iç ve yan yüzeyi	1	S235JRG2	DIN EN 10025
7	Kazan dış taban levhası		S235JRG2	DIN EN 10025
8	Dış düzlemsel yan yüzey		S235JRG2	DIN EN 10025
9	Kısa antrtuazlar ()	6	S235JRG2	DIN EN 10025
10	Uzun antrtuazlar ()	27	S235JRG2	DIN EN 10025
11	Ön duman sandığı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
12	Isı değiştirici girişi	1	S235JRG2	DIN EN 10025
13	Isı değiştirici çıkışı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
14	Su dönüş borusu	1	S235JRG2	DIN EN 10025
15	Sıcak su çıkış borusu	1	S235JRG2	DIN EN 10025
16	Emniyet çıkış borusu	1	S235JRG2	DIN EN 10025
17	Termostat bağlantısı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
18	Termometre bağlantısı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
19	Hidrometre bağlantısı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
20	Tecrit muhafaza saçı		1 mm galvanizli saç	
21	Arka duman sandığı	1	S35JRG2	DIN EN 10025-94
22	Cam pamuğu tecrit (65 kg/m ³)		Rabirtz tell.	
23	Ateş kutusu arka dış yüzeyi	1	S235JRG2	DIN EN 10025
24	Ateş kutusu ön dış yüzeyi	1	S235JRG2	DIN EN 10025
25	Izgara mesnedi		S235JRG2	DIN EN 10025
26	Izgara çubuğu		GG 12	DIN 1691
27	Temizleme kapağı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
28	Ateş kapağı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
29	Kül alma kapağı	1	S235JRG2	DIN EN 10025
30	Isı değiştirici		S235JRG2	DIN EN 10025
31	Yüksek sıcaklığa maruz esnek boru		S235JRG2	DIN EN 10025
32	Fan			
33	Kazan kontrol panosu			
34	Ara perde			

- 1) Termometre: Kazan su sıcaklığını (°C) gösteren göstergedir.
- 2) Termostat: Yanma havasını veren fanın çalışma sıcaklığı aralığını belirleyen göster

liği 95°C değerine çıktığı anda otomatik olarak termostatik vana açılmakta ve ısı değiştiricisi - ne su deposundaki 10 ile 20°C arasındaki şebeke suyu dolmaktadır (Şekil 5). Böylece ısı değiştiricisi tarafından, 95°C sıcaklığındaki yüksek ısı soğurular ve kazan su sıcaklığı oluşan ısı transferi sonucu düşer.

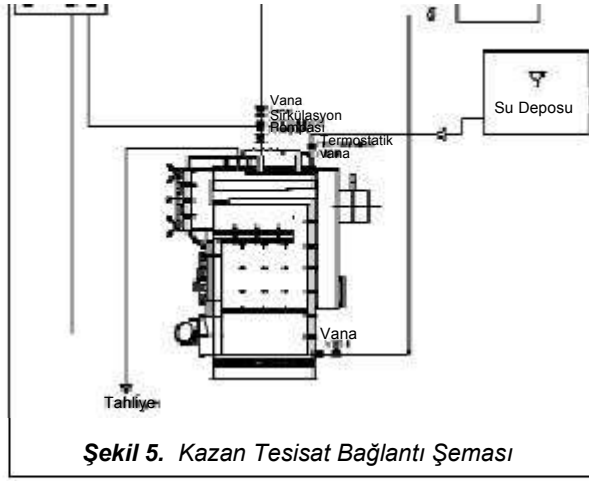


Şekil 4. Kazan Kontrol Panosu



gedir. Dış hava sıcaklığına göre kazan su -
yu sıcaklığı istenilen değere kurulur. Yanma
havasını üfleyen fan, kazan su sıcaklığı set
edilen değere gelince otomatik olarak yan -
masını durdurur.

- 3) Aç/kapa butonu: Elektrikle çalışan yanma
havası fanı ve dolaşım pompasının çalış -
ma ve durmasını sağlar.
- 4) Termometre: Kazan suyu soğukken sirkülas -
yon pompasının çalışmamasını ve böylece
elektrik sarfiyatını ve borulardaki korozyonu
önlemek için kullanılır.



Şekil 5. Kazan Tesisat Bağlantı Şeması

Termostat ayar düğmesi ile kazan su sıcaklığı
istenilen sıcaklığa ayarlanır. Şimdiye kadar ge -
nelde sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda kullanılan
bu sistemin katı yakıtlı kazanlarda kullanılma -
sıyla mahalde bulunulmayan zamanlarda ka -
zan su sıcaklığı düşük sıcaklıklarda tutulabil -
mekte ve dolayısıyla yakıt ve enerjiden büyük
tasarruf sağlanmaktadır. Kazan su sıcaklığı is -
tenilen sıcaklıklar dışına çıktığında güvenlik
donanımı olarak termostat devreye girmekte ve
o anda fanın çalışmasını durdurmak suretiyle
alevli yanma kor haline dönüşmektedir. Sıcak
sulu ısıtma sistemleri genelde, kazan giriş su -
yu sıcaklığı 90°C, kazan çıkış suyu sıcaklığı
70°C çalışan sistemlerdir. Bu nedenle katı ya -
kıtlı kazanlarda çok sık rastlanılan ve patlama
lara yol açan faktörlerden birisi kazan su sıcak -
lığının çok yüksek değerlere çıkmasıdır. Fanın
arızalanması durumunda sıcaklık, ayarlanan
sıcaklık seviyesinin üstüne çıkacağından dola -
yı bu sistemde önlem olarak kazan suyu sıcak -

3. DENEYDE KULLANILAN YAKIT

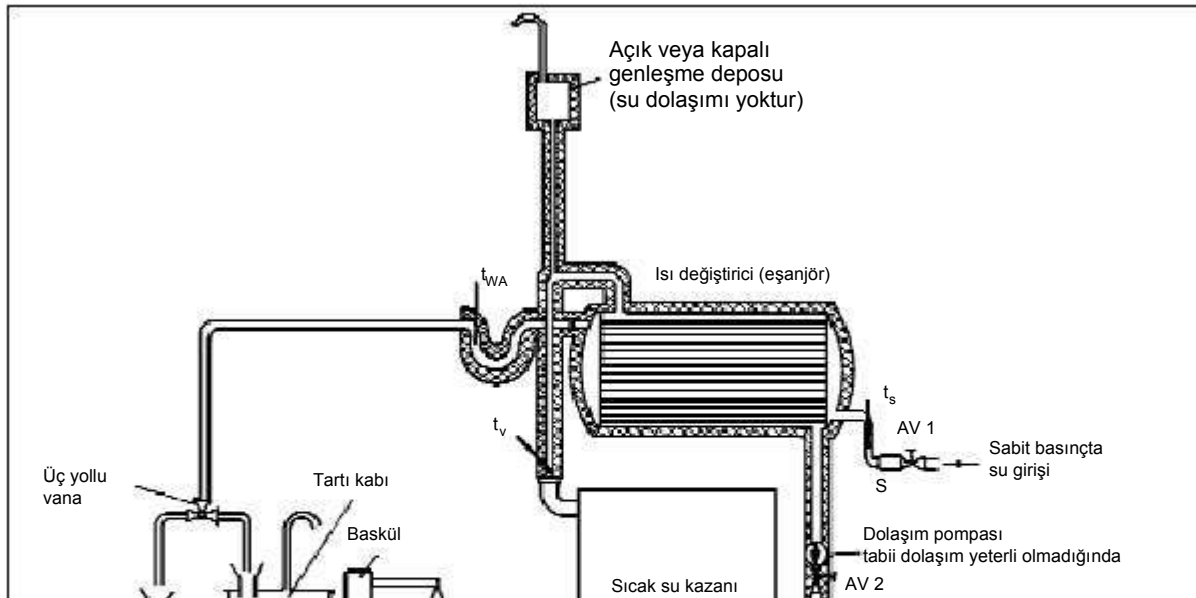
Deneylerde, MTA Genel Müdürlüğünde analizi
yapılmış olan ithal kömür kullanılmıştır. Tablo
2, kömürün, analiz sonuçları ve ısıl değerlerini
göstermektedir.

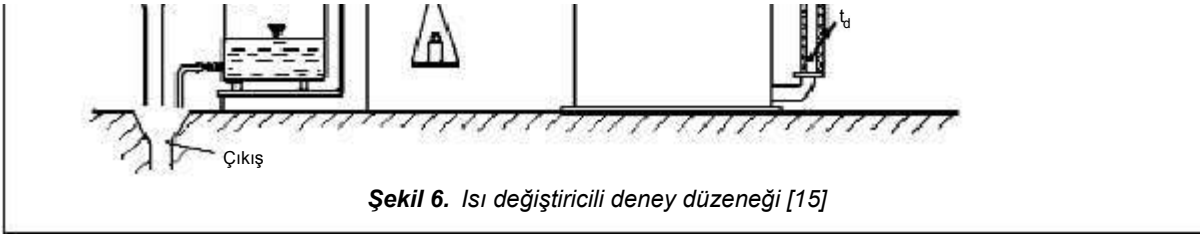
Tablo 2. Deneyde Kullanılan Yakıtın Analiz Sonuç -
ları vesil Değeri

	Analiz Tipleri	Orijinal Numunede	Havada Kuru Numunede	Kuru Numunede
Kısa Analiz	Su (%)	2.49	0.54	-
	Kül (%)	10.20	10.40	10.46
Isıl Değeri	Hu (kJ/kg)	28402	29017	29189
	Ho (kJ/kg)	29420	30010	30172

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyler, Ankara'da bulunan "TSE Isıl Labora -
tuarları"nda, TS EN 303-5 Standart kriterleri
doğrultusunda Şekil 4'de gösterilen ısı değış -
tiricili deney düzeneğinde yapılmıştır.
Deneyler boyunca ortam sıcaklığı 15 ile 30°C





Şekil 6. Isı değiştiricili deney düzeneği [15]

sıcaklıklar arasında tutulmuştur. Kazana başlangıçta 5 kg yakıt yüklenerek yanma yastığı meydana getirilmiş ve kazan su sıcaklığının 80°C değerine gelmesi için bir süre beklenmiştir. Daha sonra kazana tam kapasite yükleme yapılmış ve 31.2 kg ithal kömür yüklenmiştir. Bu yakıt 4 saat süreyle kesintisiz yanmıştır ve yakıtın yanmasıyla beraber ikinci 31.2 kg kömür yüklemesi yapılmıştır. Deneyde, kazan giriş suyu sıcaklığı 60°C, çıkış suyu sıcaklığı 80°C arasında tutulmuştur ve toplam 8 saat deney yapılmıştır. Deney boyunca her 5 dakika bir alınan ısı miktarı bulunmuştur. Deney bitiminde bulunan ısı miktarlarının toplanmasıyla, kazandan alınan toplam ısı miktarı bulunmuştur. Deney sırasında kazan, işletme talimatlarına uygun olarak çalıştırılmış, kazan ısıl kapasite tayininde termostatın otomatik kesmesi önlenmiştir.

5. KAZAN ISIL KAPASİTE VE ISIL VERİMİNİN TAYİNİ

Kazan ısıl kapasitesi, kazanın birim zamanda verdiği ısı miktarıdır ve birimi kW (kcal/h)'dir. Kazan ısıl verimi, kazan ısıtma yüzeylerinden iş akışkanına verilen toplam ısının, yakıtın

yakılması süreci ile elde edilen toplam ısıtma ısısına oranıdır.

Kazan ısıl kapasite ve ısıl veriminin tayininde, dolaylı ve dolaysız olmak üzere 2 yöntem kullanılır. Dolaysız yöntemde, iş akışkanının özellikleri incelenerek kazan verimi hesaplanırken, dolaylı yöntemde yanma, ısı transfer mekanizmaları ve bu mekanizmaların işleyişi sırasında ortaya çıkan kayıplardan kazan ısıl verimi ifadesine geçilir. Dolaysız yöntem, ölçme kolaylıkları nedeniyle dolaylı yöntemden daha güvenilir olmakla beraber yanmanın ve kazan davranışlarının incelenmesi açısından dolaylı yöntem daha açıklayıcıdır [16,17].

Deneylerde, dolaysız yöntem kullanılmıştır. Baca gazı sıcaklığı deney boyunca 183°C sabit sıcaklıkta kalmıştır. Ayarlama vanası yardımıyla (Şekil 6), giriş suyu sıcaklığı ortalama 60°C, çıkış suyu sıcaklığı ortalama 80°C'de tutulmuştur. 8 saatlik deney sırasında, geçen suyun lt/sn cinsinden akış hızı dijital debimetre vasıtasıyla okunmuştur. Tablo 3'de, saatte üretilen toplam ısı miktarı ve toplam ısı miktarı verilmiştir.

Tablo 3. Saatte üretilen ısı miktarı ve toplam ısı miktarı

H (saat)	m (m ³)	C (kJ/kg°C)	DT (°C)	Q (kJ)
1	2.003	4.113	20.0322	165005.59
2	2.019	4.110	20.1056	166864.59
3	2.007	4.114	20.3429	167933.57
4	2.012	4.114	20.5027	169708.52
5	2.002	4.112	20.2142	166396.35
6	1.998	4.112	20.2071	165962.76
7	1.998	4.112	20.2418	166247.66
8	2.011	4.112	20.8762	172591.87
QT (kJ)				
1340710.91				

$Q = m.C.^{\circ}T$ ifadesiyle saatte üretilen ısı miktarları kcal cinsinden bulunmuştur. Buradan, toplam üretilen ısı 1340710.91 kJ olarak bulunur.

Kazan ısıl kapasitesi, Eşitlik (1) ifadesi ile bulunur.

mi, aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanacak değerleri sağlamalıdır. Aşağıda verilen hesaplamalar sonucunda bulunan değerlere göre kazanların sınıflandırılması yapılır.

- 3. sınıf kazanlar için $h_k = 67 + \log Q_T$
- 2. sınıf kazanlar için $h_k = 57 + \log Q_T$
- 1. sınıf kazanlar için $h_k = 47 + \log Q_T$

Yukarıda 3.sınıf kazanlar için verilen eşitlikten, kazan veriminin en yüksek olduğu değer hesaplanır [15].

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'nin konut ısıtılmasında, özellikle düşük ve orta gelirli kesimlerde enerji ihtiyacının düşük kaliteli linyitlerle ve alışılmış yakma sistemleri ile karşılanması, hem çevre kirliliği hem de ekonomik maliyet açısından büyük zararlar vermektedir.

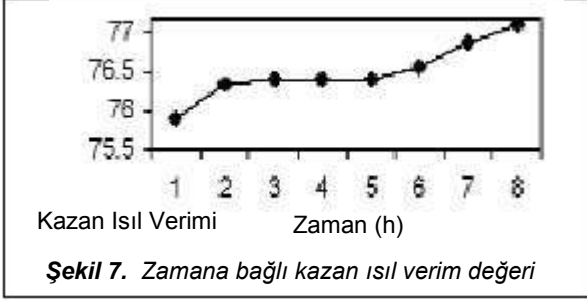
Türkiye'de en büyük eksiklerden birisi kazan test merkezlerinin uygun olarak bulunmaması

$$Q = \frac{Q_T}{h} \quad (1)$$

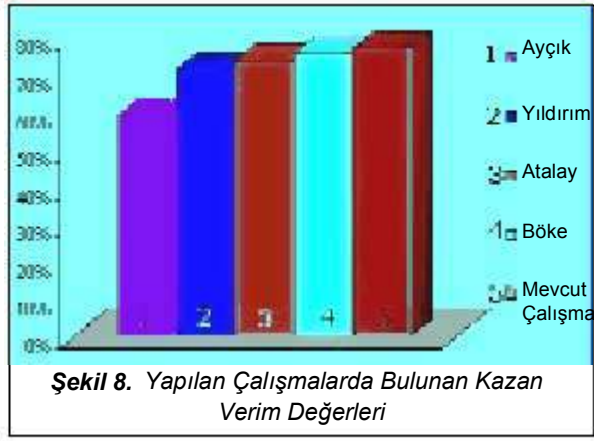
Kazan ısı verimi, Eşitlik (2) ile ifade edilir.

$$h_k = \frac{Q_T}{Q_B} \cdot 100 \quad (2)$$

$$Q_B = B \cdot H_u \quad (3)$$



Şekil 7.'de, kazanın zamana bağlı olarak hesaplanan verim değeri ve kazan ısı verimi gösterilmiştir. TSE tarafından yapılan deneylerde kazan veri-



ve üretilen çeşitli kazan tasarımlarının verimlerinin saptanamamasıdır. Şekil 8'de yarım silindirik kazanlarla yapılan çeşitli deney sonuçları ve katı yakıtlı kazan tasarımının verim değerleri görülmektedir.

Bu çalışmada, doğal kaynakların değerlendirilmesi ve çevre ekonomisi yönünden katı yakıtlı kazan tasarımı yapılmış ve kazan tasarımının ısı kapasite ve ısı verimliliği değerleri saptanmıştır. Ayrıca şimdiye kadar kullanılan yarım silindirik kazanlarla verimi mukayesesi yapılmış ve tasarımın verime olan etkisi incelen-

miştir. Deneyde, ithal kömür kullanılmıştır. Kazan tasarımının ısı kapasitesi 46.51 kW, ısı verim değeri %77.11 olarak belirlenmiş ve TS EN standardına göre en yüksek verim değeri sağlanmıştır.

Kazan ısı veriminin, alışılmış yakma sistemlerinin ısı veriminden yüksek çıktığı görülmüştür. Kazan tasarımının ısı veriminin yüksek olması, yanmanın daha iyi olmasına ve dolayısıyla çevre emisyonu ve ekonomik maliyet kriterlerinin düşmesine neden olacaktır.

Kullanılan Semboller ve İndisler

- H_u : Kömürün alt ısı değeri (kJ/h)
- H_o : Kömürün üst ısı değeri (kJ/h)
- h : Toplam deney saati (saat)
- m : Su sayacından geçen toplam su miktarı (m³)
- c : Ortalama su yoğunluğu (kJ/kg°C)
- ΔT : Ortalama sıcaklık farkı (°C)
- Q : Üretilen Isı (kJ)
- Q_T : Üretilen Toplam Isı Miktarı (kJ)
- Q : Kazan ısı kapasitesi(kW)
- h_k : Kazan ısı verimini (%)
- Q_B : Kazana verilen toplan ısı miktarını (kJ/h)
- B : Kazana verilen toplam yakıt miktarı (kg)

yonlarına ve Verime Etkisinin İncelenmesi", 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Sankarya, 602-607, 2000.

- [7] Kawai, K., Yoshikawa, K., Kobayashi, H., Tsai, J., Matsuo, M., Katsushima, H., "High temperature air combustion boiler for low BTU gas", Energy Conversion and Management, 43:1363-1375, 2002.
- [8] Yoshikawa K., Ootsuka T., Katsushima H., Hasegawa T., Tanaka R., Kiga T., et al, "High Temperature air coal combustion utilizing multi-staged enthalpy extraction technology", In: Proceedings of International Power Generation Conference, Denver, 279-285, 1997.
- [9] Iwahashi T., Kosaka H., Yoshida N., Tsuji K., Yoshikawa K., Mochida S., et al, "High efficiency power generation from coal and wastes utilizing high temperature air combustion technology" (Part 2: Thermal performance of compact high temperature air preheater and meet boiler) In: Proceedings of International Joint Power Generation Conference, Baltimore, 489-494, 1998.
- [10] Rusinowski H., Szega Marcin, Szlek A., Ryszard W., "Methods of choosing the optimal parameters for solid fuel combustion in stoker-fired boilers", Energy Conversion and Management, 43: 1363-1375, 2002.
- [11] Abdallah A. and Ismail A.L., "Saving energy lost from steam boiler vessels", Renewable Energy, 2005, 30: 227-233.

KAYNAKLAR

- [1] Yıldız A., "Katı Yakıtlı Kazan Tasarımı ve Isıl Verimlilik Değerinin İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 2003.
- [2] Açar, T., "Yüksek verimli çelik kazanlar-Gelişme yönleri", Mühendis ve Makina, 13 (146): 4-8, 1969.
- [3] Ayçık, H., "Elle Yüklenebilir Kömürlü Kazanlarda Isıl Verimin Yükleme Zaman Aralığı ile Değişimi", MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Daire Başkanlığı, 859-867, 1986.
- [4] Yıldırım K., "Kömürlü Kalorifer Kazanlarında Yanma, Isıl Verim, Kapasite ve Emisyon Testlerinin Yapılabileceği Bir Kazan Test Merkezi Tasarımı ve Kurulması", Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1989.
- [5] Atalay, Y., "Tasarım Standartlarının Oluşturulmasına Yönelik Olarak Katı Yakıt Yakan Kazanların İncelenmesi", Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1995.
- [6] Böke E., Erdöl N., Öztürk A., Arısoy A., Ekinci E., Okutan H., "Kömür Nem İçeriğinin Emisyonları", Energy, 23: 537-550, 2001.
- [12] Koupryanov V.I., Tanetsakunvatana V., "Optimization of excess air for the improvement of environmental performance of a 150 MW boiler fired with Thai lignite", Applied Energy, 74: 445-453, 2003.
- [13] Dehnel, P., D., "Fundamentals of Boiler House Technique", Hutchinson & CO (Publishers) LTD, London, 1967.
- [14] Kakaç, S., "Isı Transferine Giriş I", Teknik & Tıp Yayıncılık, Ankara, 1998.
- [15] TS EN 303-5 Standardı, "Kazanlar-Katı Yakıtlı Kazanlar, Elle ve Otomatik Yüklenebilir Anma Isı Gücü 300 kW'a kadar terim ve tarifler, Özellikler, Deneyler ve İşaretleme", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-42, 2001.
- [16] TS 4040 Standardı, "Kazanlar-Isı Tekniği ve Ekonomisi Açısından Aranacak Özellikler", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1983.
- [17] TS 4041 Standardı, "Kazanlar-Anma Isı Gücü ve Verim Deney Esasları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1983.