

Pelet Yakıtlı Silindirik Kazan Tasarımı ve Performans Testleri

Ö. Timuçin TAŞCI¹, Bilal SUNGUR², Mustafa ÖZBEY^{2*} ve Bahattin TOPALOĞLU²

¹ İfşıl / Kuzey Kardelen Isı Sanayii Kavak Org. San. Böl. Kavak/Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

*(mozbey@omu.edu.tr)

Özet – Büyüyen sanayi ve artan nüfusa bağlı olarak enerji ihtiyacımız her geçen gün daha da artmaktadır. Buna paralel olarak enerjide dışa bağımlılığımız da artmaktadır. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğunca fazla yararlanmayı gerekli getirmiştir. Enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırarak enerjide dışa bağımlılığı azaltma gayretlerinin bir uzantısı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan olan biyokütle sınıfı pelet yakıtların özellikle ısınma amaçlı kullanımı için uygun sistemlerin imal edilmesiyle son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çalışmada, bireysel konutların ve binaların ısıtılmasında kullanılan pelet yakıtlı üstten beslemeli silindirik bir kazan tasarımı yapılmıştır. Kazanın tasarımında yüksek verim ve düşük emisyon değerleri hedeflenmiştir. 60 kW ısı gücünde imal edilen kazanın performans testleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Deneyler sırasında her bir durum için CO, NO_x emisyonları, baca gazı çıkış sıcaklığı ve ısı verim değerlerinin zamanla değişimleri kaydedilerek gerçek çalışma şartlarındaki durumlar incelenerek değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kazan veriminin % 93-94 ve baca gazı sıcaklıklarının 110 °C civarlarında olduğu belirlenmiştir. CO emisyonlarının 80-120 ppm arasında olduğu görülmüştür. NO_x emisyonlarının ise 100-110 ppm arasında seyrettiği belirlenmiştir. Performans testleri yapılan kazanın veriminin yüksek, emisyonlarının ise tatmin edici seviyede olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Biyoyakıtlar, Pelet, Pelet kazanları, Kazan tasarımı

Pellet Fuelled Cylindrical Boiler Design and Performance Tests

Abstract – Depending on the growing industry and population, energy needs are increasing day by day. In parallel, our external dependency on energy also increases. This issue made it necessary to use of renewable energy sources as much as possible. As an extension of efforts to reduce energy external dependency by increasing the use of renewable energy resources in energy production, pellet fuels from renewable energy sources have become widespread in recent years with the production of suitable systems, especially for heating purposes. In this study, a pellet-fueled top feed cylindrical boiler has been designed which is used for the heating of individual houses and buildings. In the design of the boiler, high efficiency and low emission are aimed. Performance tests of the pellet boiler manufactured for a thermal power of 60 kW were carried out and the results were discussed. During the experiments, changes of CO, NO_x emissions, flue gas outlet temperature and thermal efficiency values were recorded for each case and evaluated in real working conditions. As a result of the experiments, it was determined that the boiler efficiency was 93-94% and the flue gas temperatures were about 110 °C. CO emissions were about 80 and 120 ppm and NO_x emissions were between 100-110 ppm. Performance tests showed that the efficiency of the boiler is high and the emissions are at a satisfactory level.

Keywords – Biofuels, Pellet, Pellet boilers, Boiler design

I. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojinin ilerlemesi, enerjiye olan talebin artmasına neden olmaktadır. Enerji, günümüzde üretim süreçleri içinde değeri en fazla artan bir girdidir. Enerji kaynakları kullanımına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenebileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynaklar olarak tanımlanmaktadır. Yenilenemez enerji kullanımında, dünya atmosferinde emisyon değerlerinin mevcut sınırlar içinde tutulması mümkün olmamaktadır. Bunun sonucunda dünya üzerinde çevre kirliliği meydana

gelmektedir. Bu kirliliğin devam etmesi durumunda dünya sıcaklığının artacağı ve deniz seviyesinin yükseleceği vb. sonuçlar kaçınılmaz olarak görülmektedir. Hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen, biyokütle gibi enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup, güneş ışığı var olduğu sürece fotosentez yolu ile sürekli hidrokarbon depolayabilen bir kaynaktır. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyokütlenin sosyo-ekonomik açıdan olumlu etkileri göz önüne alındığında, biyoenerji konusu üzerindeki çalışmalar giderek artmaktadır. Gelişmiş ülkelerin önemli bir kısmı biyoenerjiyi geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmekte ve enerjinin gerekli olduğu

kısımlara entegre etmektedir. Örneğin; İsveç'te konutların birçoğu direkt veya su kaynaklı elektrikli ısıtma sistemleri ile ısıtılmaktadır. Elektrik talebi, elektrik üretimini aştığı için İsveç'te özellikle kış aylarında ısıtma için çözümlerden birinin de pelet yakıtlı ısıtma sistemleri olduğu değerlendirilmektedir [1]. Benzer durumun diğer AB ülkelerinde de mevcut olduğu görülmüştür. Örneğin; Avusturya ve Almanya için de 2000'li yılların başlarında pelet ısıtma sistemlerinin kurulmaya başlandığı ve kullanımının artarak yaygınlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, düşük yatırım maliyeti pelet yakıtlı ısıtma sistemlerinin cazibesini oldukça artırmaktadır. İsveç'teki vergi politikaları peleti teşvik ederek akaryakıt ve elektrikle kıyasla çok daha ucuz kılmaktadır. Avusturya ve Almanya'da ise yakıt fiyat farklılıkları daha az olmasına rağmen, peletin çevre dostu olması ve direkt devlet teşvikleri pelet yakıt teknolojinin gelişimini desteklemektedir [1].

Mevcut literatürde, peletin yakılması ve çevresel etkileri konularında çalışmalar mevcuttur. Çalışmaların hedefleri arasında yüksek hava fazlalığını azaltmak, değişken hava fazlalığı sağlamak, lambda sensörü kullanarak optimal yakıt/hava oranını gerçekleştirmek, baca gazı sıcaklıklarını mümkün olduğu kadar düşürerek ve emisyonları azaltarak verimi arttırmak sayılabilir. Bu çalışmalardan biri, İsveç piyasasında kullanılan kazanlar ağırlıklı olarak yüksek hava fazlalığı ile çalışmak üzere geliştirilmiştir. Değişken hızlı fan kullanarak hava temini sağlayan sistemler de bulunmaktadır. Bu kapsamda CO veya lambda sensörü kullanılmaktadır. Böylece emisyonların azaltılması sağlanmıştır. Almanya ve Avusturya piyasasında da bu tür kazanlar üretilmektedir [2]. Zandekis ve ark. [3] (2010), yaptıkları bu çalışmada pelet yakıt kullanılan kazanlarda NO_x miktarını azaltmak için baca gazının yeniden sirkülasyonu ve ikincil havanın etkilerini test etmişlerdir. Çalışmada 15 kW kapasiteli alttan beslemeli kazan kullanılmıştır. Yanma için gerekli hava bir santrifüj fan ile iki seviyeli olarak yanma haznesine enjekte edilmiştir. Birinci seviye yakıcının altı, ikinci seviye yakıcının üstüdür. Yakıcıya enjekte edilen hava spiral şeklinde verilmiş ve böylelikle girdap oluşturulmuştur. Sadece baca gazının yeniden sirkülasyonu NO_x miktarını düşürmüştür. En yüksek NO_x düşüş miktarı % 21 olmuştur. Roy ve ark. [4] (2011), ahşap peleti ve diğer biyokütleler ile birlikte, sobada yanma verimliliğini araştırmışlardır. Yakıt özelliği, gaz emisyonu ve soba verimliliği kıyaslanmıştır. Yakıt özellikleri, proksimet analizi, nihai analiz ve ısı değerleri ile ilgili olarak tespit edilmiş ve karbon monoksit emisyonları (CO), azot oksitler (NO_x) ve kükürtdioksit (SO₂) ölçülüp karşılaştırılmıştır. Pilot ölçekli yanma testleri, %90 ahşap pelet ile %10 biyokütleler eş yanma verimliliği ve emisyon önemli bir bozulma olmadan başarılı bir yanma sağladığını görülmüştür. Yakıt içeriğinde azot oksit (NO_x) emisyonlarının, azot (N₂) ile orantılı olduğu belirlenmiştir. SO₂ emisyonları ihmal edilebilir düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Tüzün [5] çalışmasında katı yakıtlı kazanlara uyumlu şekilde çalışan pelet yakıcı sistemini tasarlamış, imal etmiş ve test işlemini gerçekleştirmiştir. Sistemi oluşturan her bir bileşen denetlenmiş ve izlenmiştir. Bunun sonucunda, mekanizmanın otomasyonunun yapılmasıyla, termostatik kontrollü olarak katı yakıtlı kazanlarda kullanıcı müdahalesi olmadan verimli bir şekilde pelet yakılabileceği görülmüştür.

Bu çalışmada, bireysel konutların ve binaların ısıtılmasında kullanılacak yüksek verimli pelet yakıtlı üstten beslemeli silindirik bir kazan tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bununla

birlikte, tasarlanan kazan imal edilerek yapılan performans testleri ile yüksek yanma verimi, düşük emisyon değerleri, oransal çalışma sağlanarak yakıt ekonomisi ve kullanım kolaylığı sağlanması amacıyla optimum tasarımı elde etmek için deneysel çalışmalar yürütülmüştür.

II. GENEL BİLGİLER

2.1. Pelet Yakıtı

Sözlüksel olarak pelet; topak, yumak, tablet, misket gibi anlamlarına gelmektedir. Terminolojik olarak ise; küçük silindirik bir forma sahip olan genellikle 6-10 mm çapında ve 10-50 mm arasında uzunluğu olan, sıkıştırılmış; talaş, odun yongaları, ağaç kabuğu, zirai ürünler, ekinlerin sapları, fındık, badem, ceviz kabukları gibi doğal ürün ve atıklardan elde edilen bir biyokütle yakıt türüdür [6].

Peleti farklı şekillerde üretmek mümkün olduğu gibi en az maliyetle, güvenilir ve kaliteli ürünü Avrupa standartlarına uygun olarak üretmek için değişik üretim aşamaları gerekmektedir. Pelet yakıtın üretim süreci şu şekilde özetlenebilir; ağaç atık malzemelerin toplanıp ayrıştırıcıdan geçirilerek değirmen işlemi sonucunda küçük toz haline getirilir. Daha sonra bu toz halindeki ağaç atık malzemeleri fırında kurutularak nem oranı düşürülür. Kurutulan malzeme yüksek basınç altında preslenerek pelet haline getirilir. Presten çıkan mamule soğutma işlemi uygulanır ve ardından paketleme sonucunda kullanıma hazır hale getirilir [7]. Yüksek yanma verimi, düşük emisyon değerleri ve yakıt tasarrufu sağlanması amacıyla Tablo 1'de belirtilen standartlara göre pelet üretilmeli ve kullanılmalıdır.

Tablo 1. Odun peleti standartları [8]

Parametre	Birim	DIN 51731	DIN Plus	ÖNORM 7135
Çap	mm	4 - 12	-	4 - 10
Uzunluk	mm	< 50	< 5 x D	< 5 x D
Hacim Ağırlığı	kg/m ³	1,0-1,4	> 1,12	> 1,12
Su İçeriği	%	< 12	< 10	< 10
Kül	%	< 1,5	< 0,5	< 0,5
Alt Isıl Değeri	MJ/kg	17,5-19,5	> 18	> 18
Sülfür	%	< 0,08	< 0,04	< 0,04
Azot	%	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Klor	%	< 0,03	< 0,02	< 0,02
Kum taşı	%		< 2,3	< 2,3
Bağlayıcı Madde	%		< 2	< 2

Pelet yakıtının sürdürülebilir bir enerji kaynağı olması, elektrik ve ısı enerjisinde kullanılabilir olması, fosil yakıtlı yakıtlarda dışa bağımlılığın azaltılmasını sağlaması, atmosfere salınan emisyon değerlerinin düşük olması, çevre ve insan sağlığı açısından kabul edilebilir olması, depolanması ve nakliyesinin kolay olması gibi birçok avantajı vardır.

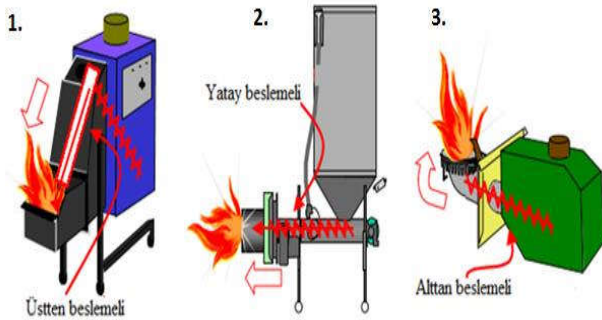
2.2. Pelet Yakıtlı Kazanlar

Kazanlar, içerisinde yanmanın gerçekleştiği ve yakıtın içerdiği kimyasal enerjiyi ısı enerjisine dönüştürebilen, oluşan ısı enerjisini bir akışkana verecek şekilde imal edilmiş ve basınç altında çalışan kapalı kaplar olarak tanımlanmaktadır. Kazanlar konutlarda ısıtma amaçlı kullanıldığı gibi enerji gereksinimi olan birçok sektörde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kazan verimliliği; yanmanın mükemmelliğine ve yanma sonucu açığa çıkan enerjinin akışkana transfer miktarına bağlıdır. Baca gazı emisyonları ise, kazanın yapısal tasarımına, brülör / yanma haznesi tasarımına, yakıt içerisindeki kirleticilerin miktarına ve işletme şartlarına bağlıdır.

Yakıtı, kullanılabilir ısı enerjisine dönüştürmek için yaygın olarak uygulanan yöntem onu doğru bir şekilde yakmaktır. Pelet yakıtın yanmasında, düşük emisyon ve düşük cüruf ile

tam yanmayı sağlamak için, yanma havasının miktarı ve temin yöntemi büyük öneme sahiptir. İdeal yanmayı elde edebilmek için ise, uygun koşullarda yakıt ile yanma havasının karışması sağlanmalıdır. Optimal yanmayı sağlamak için, yanma ortamı birincil ve ikincil yanma bölümleri olarak ikiye ayrılır. Katı yakıtların içinde saf karbon, su, uçucular ve kül bulunmaktadır. Birincil yanmada, birincil hava yardımıyla kazanda yakıtın büyük ölçüde saf karbon kısmı yakılır. Öncelikli olarak kurutma, ardından piroliz ve son olarak yanma gerçekleşir. Kurutma aşamasında, pelet yakıtın içerisinde kalan nemin buharlaşması ve pelet yakıtı terk etmesi sağlanır. Ardından ısı etkisiyle kuru peletler, piroliz ile bozunarak yanıcı ve uçucu gaz bileşenleri ve kok oluşur. İkincil yanma fazında ise, birincil hava ile alev üzerindeki uçucuları yakmak tam olarak mümkün olmadığından, birinci yanma sonucunda açığa çıkan yanıcı gaz bileşenleri hava fazlalığı ile tekrar tepkimeye girerek yanmamış bileşenlerin yanması sağlanır.

Katı yakıtlı kazanlar yükleme tiplerine göre, elle yüklemeli ve otomatik yüklemeli sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Elle yüklemeli sistemlerde, yakıt elle yanma haznesine beslendikten sonra doğal veya zorlanmış hava beslemesiyle yakılmaktadır. Otomatik yüklemeli sistemlerde ise yakıt, yanma haznesine bir redüktör motoru vasıtasıyla temin edilmektedir. Pelet otomatik yüklemeli besleme sistemleri üstten, yatay ve alttan beslemeli olmak üzere üçe ayrılır (Şekil 1). Otomatik yüklemeli besleme sistemlerinde helezon taşıyıcılar kullanılır ve bu taşıyıcılar peleti genellikle helezon borusu içinden taşır ve yanma haznesi içine iter ve burada yanma gerçekleşir. Yanma havası pelet ile beraber veya yanma haznesindeki açıklıklardan sağlanır. Kül ise, pelet ile yer değiştirir ve yanma haznesindeki açıklıklardan kül tavasına veya kül aktarma sistemine düşer. En yaygın olarak üstten beslemeli pelet taşıma sistemi kullanılır. Bu tiplerin avantajı, pelet deposunun yanma odasından ayrı olması ve böylece geri yanma tehlikesinin düşük olmasıdır.



Şekil 1. Pelet besleme yöntem ve şekilleri

2.3. Baca Gazı Bileşenleri ve Emisyonlar

Yanma, yakıtın yeterli sıcaklıkta ve yeterli miktarda oksijenle buluşması ile meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda içerisindeki enerjiyi dış ortama aktarması olarak tanımlanır. Yakıtın içerisindeki kimyasal bileşenlerden bazıları oksijen ile yeterli sıcaklık ve sürede temas etmeleri halinde, karbon (C) karbondioksit (CO_2), hidrojen (H_2) su buharına (H_2O), kükürt (S) kükürt dioksit (SO_2) dönüşmektedir.

Karbon yeterli oksijen ve şartları (yanma süresi, yanma sıcaklığı, türbülans) bulursa tam olarak yanar ve karbondioksit (CO_2) oluşarak 8113 kcal/kg enerji açığa çıkar.

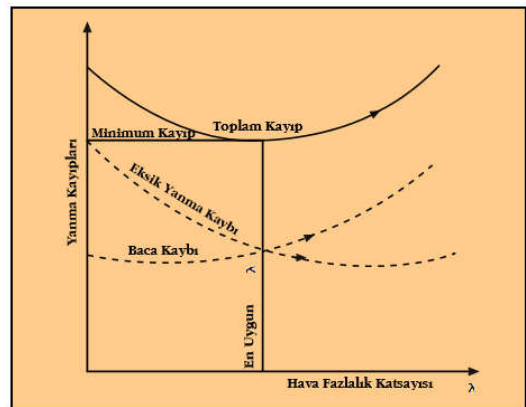
Eğer yanma için şartlar uygun değil ve yeterli oksijen bulunamazsa, eksik yanma oluşur. Yanmanın ana elementi karbonun eksik yanması; tam yanma sonucunda oluşan enerjinin % 70'i daha az enerji üretilmesine, hem de istenmeyen yanma atıklarının oluşmasına neden olur. Mükemmel yanmanın sağlanabilmesi için, genel bir kural olarak yakıtta verilen hava belirli oranda artırılmaktadır. Mükemmel yanmayı yakalayabilmek için yakıtta verilen ilave hava miktarı hava fazlalığı olarak tanımlanır. Fazla hava ile teorik havanın bölümü sonucunda elde edilen katsayıya ise, hava fazlalık katsayısı adı verilir. Hava fazlalık katsayısı yakıt cinsine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Farklı yakıtlar için belirtilen hava fazlalık katsayıları Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tipik kayıplar ve optimum yanmanın sağlanacağı yanma noktası Şekil 2'de gösterilmiştir.

Hava fazlalık katsayısının gereğinden az olması halinde karbon monoksit oluşmakta, üretilen enerji azalmakta, isilik başlamakta, yanma verimi düşmektedir. Hava fazlalık katsayısının gereğinden fazla olması halinde ise, karbon monoksit azalırken, yanmaya iştirak etmeyen hava yanma haznesinde ısıtılarak bacadan atılmakta, yanma bozulmakta, yanma verimi düşmektedir. Her iki kaybın toplamının minimum olduğu nokta, yanma kayıplarının minimum olduğu "Optimum Yanma" noktası olarak tanımlanır.

Tablo 2. Farklı yakıtlar için hava fazlalık katsayıları [9]

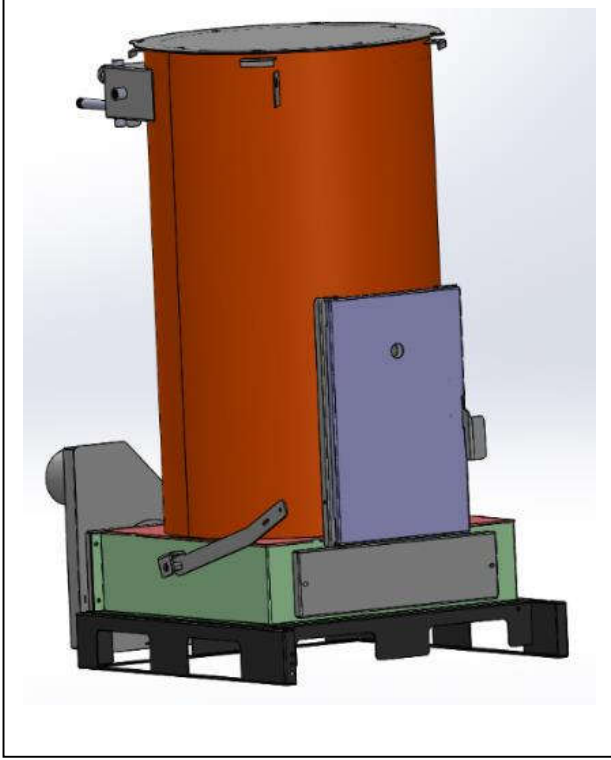
Yakıt Cinsi	Ocak Cinsi	Hava Fazlalık Katsayısı
Toz Kömür	Tamamı su soğutmalı, yaş veya kuru tip ocaklı	1,15 – 1,20
	Kısmi su soğutmalı, yaş veya kuru tip ocaklı	1,15 – 1,40
Parçalanmış Kömür	Siklon ocaklar	1,10 – 1,15
	Atmalı stokerle mekanik besleme	1,30 – 1,60
Tane Kömür	Su soğutmalı titreşimli ızgara	1,15 – 1,50
	Alttan beslemeli stokerli	1,20 – 1,50
	Elle beslemeli	1,60 – 2,00
	Soba	1,40 – 2,00
Fuel Oil	Yağ yakıcılar (Hava üflemeli)	1,05 – 1,10
	Karma (Toz kömür + sıvı) yakıt yakıcılar	1,10 – 1,20
Doğal gaz	Hava üflemeli yakıcılar	1,07 – 1,12



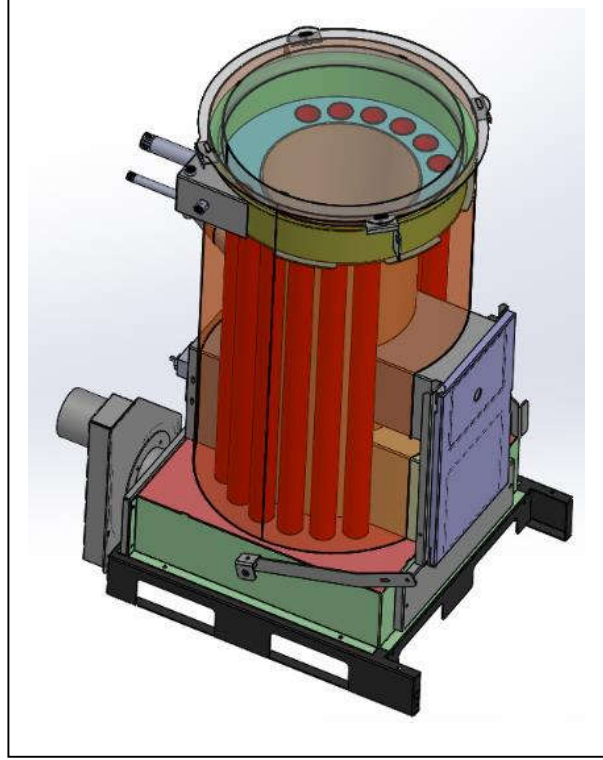
Şekil 2. Hava fazlalık katsayısı ile yanma kayıpları arasındaki bağlantı [9]

III. MATERYAL VE YÖNTEM

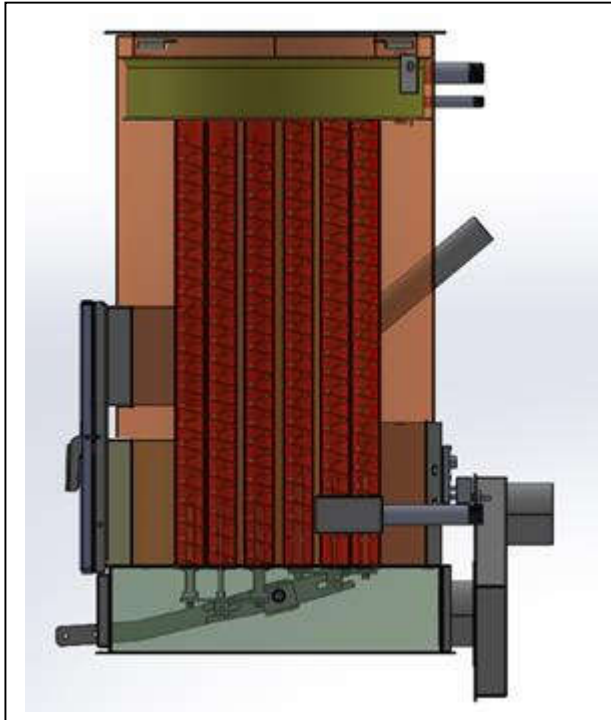
Üstten beslemeli alev/duman borulu iki geçişli olarak tasarlanan kazan Şekil 3'te görülmektedir. Pelet yakıt, belirlenen zaman içerisinde stoker helezonu vasıtasıyla depodan alınarak yanma çanağına taşınır. Yanma odasında alev oluşumu sağlanır. Yanma sonucu açığa çıkan atık gaz duman borularına doğru yönelir. Atık gaz etrafı su ile çevrili oniki duman borusundan geçerek ısı transferi yoluyla enerjisini suya aktararak bacadan dışarı atılır. Tasarlanan kazanın temel özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.



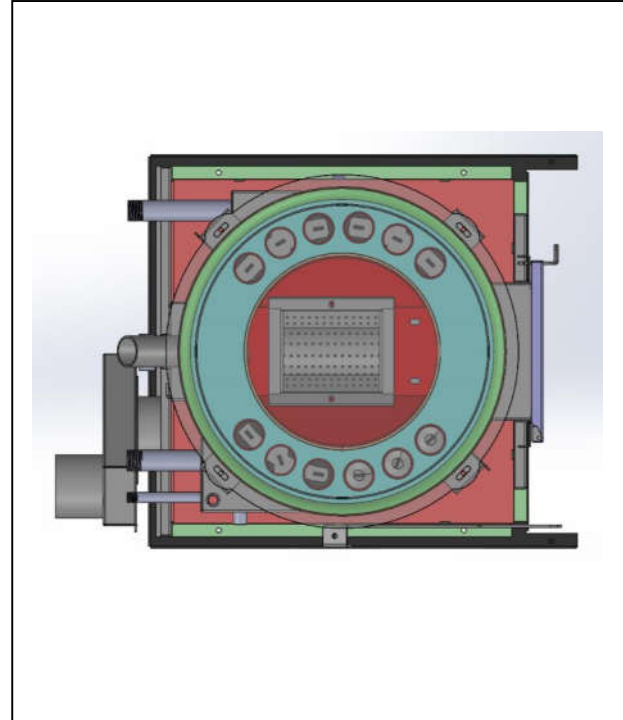
Şekil 3a. Kazanın dış görünümü



Şekil 3b. Kazanın iç görünümü



Şekil 3c. Türbülötörlerin görünümü



Şekil 3d. Kazan ve çanağın üstten görünümü

Şekil 3. Üstten beslemeli kazan görünüşleri

Tablo 3. Kazanın tasarım özellikleri

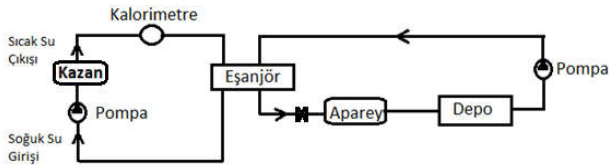
Özellikler	Üstten beslemeli kazan
Kazan Tipi	Alev/Duman Borulu Kazan
Yükleme Tipi	Otomatik Yükleme
Yakma Düzenneği	Çanak
Duman Borusu Boyu (mm)	950
Duman Boru Sayısı	12
Türbülötör Sayısı	12
Su hacmi (lt)	150
Çalışma Basıncı (bar)	3
Test Basıncı (bar)	5
Isıl Kapasite (kW)	60
Fan motor gücü (W)	40-80
Tank kapasitesi (kg)	300
Yakıt tüketimi (kg/h)	12

Deneyde kullanılan pelet yakıtı özellikleri Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. Pelet yakıt özellikleri [10]

Ölçülen Parametreler	Değerler
Malzeme (Kayın-Çam) (%)	70-30
Çap (mm)	6
Uzunluk (mm)	10-30
Nem oranı (%)	< 9
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	4200-4600
Kül oranı (%)	< 0,9
Yoğunluk (kg/m ³)	650

Tasarlanan kazanın performans analizlerinin yapıldığı deney düzeneği Şekil 4'te gösterilmiştir. Deneylere başlamadan önce kazanın deney parametreleri ayarlanır. Pelet çanağı üzerindeki otomatik ateşleyici ile ayarlanan ateşleme zamanında pelet yakıtı tutuşturulur. Güç seviyelerine göre depodan yanma çanağına pelet yakıt besleme debisi ayarlanır.



Şekil 4. Deney düzeneği

Performans ile ilgili ısı değer ölçümleri ultrasonik debimetre kullanılarak gerçekleştirilmiş, emisyon değerlerinin ölçümünde ise Ecom-J2KN pro emisyon cihazı kullanılmıştır.

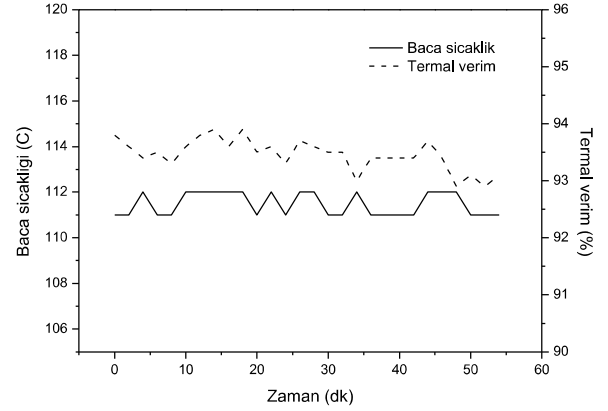
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneyde yaklaşık olarak %100 fazla hava ile yanma gerçekleştirilmiştir. Sistem yaklaşık olarak kararlı hale geldikten sonra cihaz çalıştırılarak sonuçlar kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Kalorimetre cihazında ölçülen değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kalorimetre cihazında ölçülen değerler

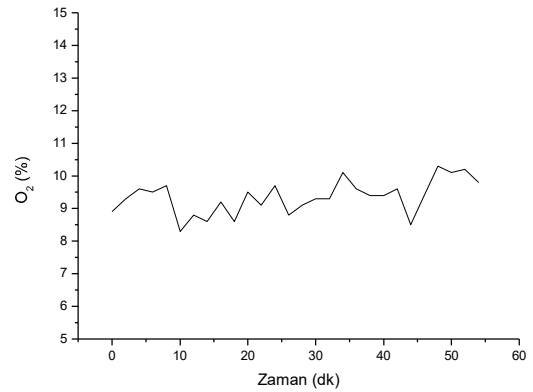
Ölçülen Parametreler	Değerler
Debi (kg/s)	0,58
Dönüş Suyu Sıcaklığı (°C)	85,1
Gidiş Suyu Sıcaklığı (°C)	62,0
Sıcaklık Farkı	23,1
Suya transfer olan ısı (kW)	56,0

Yakma sistemlerinde verim ile baca gazı sıcaklığı arasında bir ilişki vardır. Baca gazı çıkış sıcaklığı ne kadar düşük olursa yanma verimi de o derece yüksek olur. Ayrıca hava fazlalık katsayısının (λ) da verim üzerinde etkisi mevcuttur. Baca gazı sıcaklığı ve verimin zamana göre değişimi Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi üstten beslemeli kazanda baca gazı sıcaklıkları 110 °C civarlarındadır. Buna bağlı olarak kazan veriminin % 93-94 arasında olduğu görülmektedir.

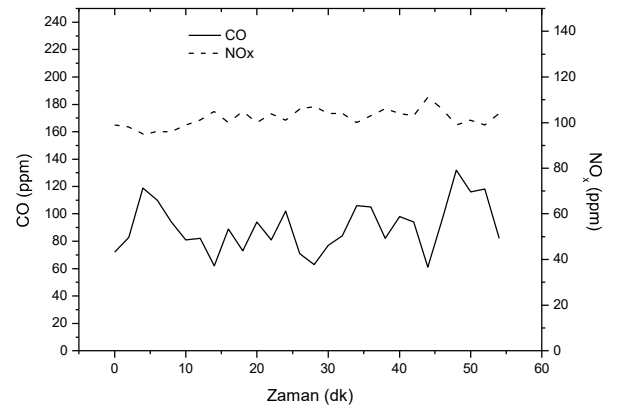


Şekil 5. Baca gazı sıcaklığı ve ısı veriminin zamana göre değişimi

Ölçümler sonucunda elde edilen O₂ konsantrasyonunun zamanla değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6. O₂ konsantrasyonunun zamana göre değişimi

CO ve NO_x konsantrasyonunun zamanla değişimi Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7. CO ve NO_x konsantrasyonlarının zamana göre değişimi

CO emisyonlarının 80 - 120 ppm arasında seyrettiği, NO_x emisyonlarının ise 100-110 ppm arasında olduğu şekilden görülmektedir.

V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 60 kW ısı gücünde tasarımı yapılan pelet yakıtlı bir kazan için deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında her bir durum için CO, NO_x emisyonları, baca gazı çıkış sıcaklığı ve ısı verim değerlerinin zamanla değişimleri kaydedilerek gerçek çalışma şartlarındaki durumlar incelenerek değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda kazan veriminin % 93-94 ve baca gazı sıcaklıklarının 110 °C civarlarında olduğu belirlenmiştir. CO emisyonlarının 80-120 ppm arasında olduğu görülmüştür. NO_x emisyonları açısından durum incelendiğinde de, NO_x emisyonlarının 100-110 ppm arasında seyrettiği belirlenmiştir. Performans testleri yapılan kazanın veriminin yüksek, emisyonlarının ise tatmin edici seviyede olduğu görülmüştür. Böylece tasarlanan sistem konutlarda kullanılan mevcut katı yakıtlı kazanların yerine kullanılabilir. Kazanlarda yanma verimine ve emisyonlara etki eden ızgara tipi, birincil ve ikincil hava miktarları, yanma odası geometrisi gibi birçok parametrenin de incelenmesi ilerideki çalışmalar açısından daha faydalı olacaktır.

REFERENCES

- [1] F. Fiedler, The state of the art of small-scale pellet-based heating systems and relevant regulations in Sweden, Austria and Germany, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 201–221, 2004.
- [2] Froeling Heizkessel- und Behälterbau Ges.m.b.H, <http://www.froeling.at/>.
- [3] A. Zandekis, D. Blumberga, C. Rochas, I. Veidenbergs, K. Silins, Methods of Nitrogen Oxide Reduction in Pellet Boilers, *Scientific Journal of Riga Technical University, Environmental and Climate Technologies*, 4, 123-129, 2010.
- [4] R. K. Roy, 2001, *Design Of Experiments Using The Taguchi Approach*. John Wiley & Sons Inc, New York, USA.
- [5] M. K. Tüzün, 2012, Katı yakıtlı kazanlara uyumlu pelet brülör tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye.
- [6] (2011).[Online].Available: <http://www.tumgazeteler.com/?a=2483086> 10.01.2011
- [7] (2016). [Online]. Available: <http://www.pelettr.com/pelet-blog/pelet-uretim-sekli-9.htm>
- [8] A. Schütte, 2006, Holzpellets Komfortabel, effizient, zukunftssicher. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Herausgeber: Fachagentur Nachhaltige Röhstoff e.V. (FNR), Gülzow.
- [9] (2016).[Online].Available:http://www.tmd.org.tr/userfiles/dergi/dergi_16.pdf
- [10] (2016).[Online].Available:http://www.maxpel.com.tr/urunler/36_pelletler