SETSCI Conference Indexing System,
Volume 3 (2018), 1025-1028

ISAS 2018-Winter
2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies
November 30 – December 2, 2018, Samsun, Turkey

Odun-Kömür Karışımlarından Üretilen Pelet Yakıtların Özelliklerinin İncelenmesi/ Investigation of Properties of Pellet Fuels Produced from Wood-Coal Mixtures

Bilal Sungur[1+] and Bahattin Topaloglu [1*]

[1]Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye
[*]Corresponding author: btopal@omu.edu.tr
[+]Speaker: bilal.sungur@omu.edu.tr
Presentation/Paper Type: Oral

Özet – Gelişen teknoloji ve artan nüfusun etkisiyle enerji tüketimi giderek artmaktadır ve bu durum tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Fosil enerji kaynakları gün geçtikçe azalmaktadır ve bu nedenle araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkili kullanılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak biyokütle, ısıtma ve enerji üretimi uygulamaları için rahatlıkla kullanılabilir. Bu çalışmada odun-kömür karışımlarından üretilen pelet yakıtlarının üretilme süreci, üretilen peletlerin yakıtsal olarak karekterizasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Pelet üretiminde, odun olarak kayın-çam, kömür olarak taş kömürü ve mangal kömürü kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler – *Pelet; Odun; Kömür; Isıl değer; Elementel analiz*

Abstract – As a result of developing technology and increasing population, energy consumption is increasing and this issue is an important problem in our country as it is in the world. Fossil energy sources are decreasing day by day and therefore researchers are working to use of renewable energy sources more efficiently. As a renewable and environmentally friendly energy source, biomass is a readily available for heating and power generation applications. In this study, the production process of pellet fuel produced from wood-coal mixtures and the fuel characterization results of these pellets are presented. In pellet production, beech-pine as a wood, bituminous coal and charcoal were used as coal.

Keywords- *Pellet; Wood; Coal; Heating value; Elemental analysis*

I. GIRIŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle ile ilgili çalışmalar büyük hız kazanmıştır. Bu büyük potansiyelin yanı sıra biyokütlenin ekonomik ve çevresel açıdan olumlu özellikleri de göz önüne alındığında, biyoenerji konusuna ilgi giderek artmaktadır. Biyokütle, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturması yönüyle önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Yakıtlar durumlarına göre katı, sıvı veya gaz olarak ve üretim yöntemlerine göre doğal veya yapay olarak sınıflandırılabilir. Doğal katı yakıtlar genellikle taş kömürü, linyit, odun gibi yanabilen kaynaklar olarak bilinmektedir. Kömür farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip heterojen içeriklerden oluşmuş, kahverengiden siyah renge kadar değişen sedimenter, yanabilir bir kayaçtır. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Yerin ısısı arttıkça önceleri "turba" olarak adlandırılan ama kömür sayılmayan bu organik madde, önce "linyit" daha sonra sırasıyla "alt bitümlü kömür", "taşkömürü", "antrasit" ve en sonunda şartlar uygun olursa "grafit"e dönüşür. Bu ilerleyen olgunlaşma sürecine "Kömürleşme" adı verilmektedir. Düşük dereceli kömürler genelde mat ve toprak görünümlü yumuşak ve kırılgan malzemelerdir. Ayrıca, yüksek nem içeriği ve düşük karbon içeriğinden dolayı düşük enerji içeriğine sahiptirler. Buna karşın, yüksek derece kömürleri genellikle siyah ve parlak, daha sert ve daha güçlü malzemelerdir. Düşük nem içeriği ve yüksek karbon içeriği ile karakterizedirler. Bu nedenle, enerji içerikleri düşük dereceli kömürlerden daha yüksektir.

Düşük dereceli kömürler karbon içeriğine bağlı olarak linyit ve alt-bitümlü kömür olarak iki gruba ayrılır. Linyit % 25-35 karbon içerirken, alt-bitümlü kömür % 35-45 karbon içermektedir. Benzer şekilde, yüksek dereceli kömürler, karbon içeriğine göre bitümlü kömür ve antrasit olarak kategorize edilir. Bitümlü kömür% 45-86 karbon içerirken, antrasit % 86-97 karbon içermektedir [1,2].

Talaş, odun yongaları, ağaç kabuğu, atık, zirai ürünler, ekin sapları, fındık, badem, ceviz kabukları, hatta atık kağıt gibi maddelerin öğütüldükten sonra yüksek basınç altında sıkıştırılması sonucu elde edilen pelet, genellikle 6-8 mm çapında, 10-11 mm arasında uzunluğunda, silindirik yapıya sahip tamamen doğal bir yakıttır.

Pelet üretiminde öncelikle ham maddenin depoya ulaştırılması gerekir. Depoya ulaştırılan ham madde ayrıştırıcı cihazından geçirilerek pislikler vs. ayrıştırılır. Daha sonra öğütücüden geçirilerek küçük parçalar haline getirilir

ve kurutma işlemi yapılır. Ham madde kurutulduktan sonra preslenir, kesilir ve soğutma işlemi uygulanarak kullanıma hazır hale getirilir.

Pelet yakıtın kimyasal ve mekanik özellikleri iyi yanma, yüksek verim, düşük emisyon ve partikül salınımı ile kül ve cüruf atığı açısından büyük önem arz etmektedir. Yüksek yanma verimi, düşük emisyon değerleri ve yakıt tasarrufu sağlaması amacıyla standartlara göre pelet üretilmeli ve kullanılmalıdır. Pelet standartları çoğu Avrupa ülkelerinde mevcuttur [3-5]. Tablo 1'de örnek olarak Almanya (DIN), Avusturya (ÖNORM) ve Avrupa Birliği (EN) standartları sunulmuştur.

Tablo 1. Odun peleti standartları [6, 7]

Parametre	Birim	DIN 51731	DIN Plus	ÖNORM 7135	ISO 17225-2		
					ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
Çap	mm	4-12	-	4-10	6±1 ya da 8±1		
Uzunluk	mm	<50	< 5xD	< 5xD	3,15<L≤40[1]		
Yoğunluk	kg/m³	1,0-1,4	>1,12	>1,12	-		
Su içeriği	%	<12	<10	<10	≤10		
Kül	%	<1,5	<0,5	<0,5	≤0,7	≤1,2	≤2,0
Alt ısıl değer	MJ/kg	17,5-19,5	>18	>18	≥16,56		
Sülfür	%	<0,08	<0,04	<0,04	≤0,04	≤0,05	
Azot	%	<0,3	<0,3	<0,3	≤0,3	≤0,5	≤1,0
Klor	%	0,03	<0,02	<0,02	≤0,02		≤0,03
Kum taşı	%	-	<2,3	<2,3	-		
Bağlayıcı madde	%	-	<2	<2	-		

Gonzalez J. ve ark. [8] çalışmalarında 11.6 kW'lık kazanda farklı atıkların yanma proseslerini optimize etmeyi amaçlamışlardır. Pelet yakıtı olarak üç adet biyokütle atığından elde edilen peletleri (domates, zeytin çekirdeği ve kenger) ve orman peletini kullanmışlardır. Atık tipi, yakıt debisi, baca çekişi ve atık karışımlarının yanma parametrelerine etkilerini çalışmışlardır. Üç atığın davranışlarının orman peletine benzediğini belirtmişlerdir. Kazan verimlerinin domates, orman, zeytin çekirdeği ve kenger peletleri için sırasıyla %91, %90.5, %89.7 ve %91.6 olduğunu belirtmişlerdir. Optimum atık karışımının domates (%75) ve orman (%25) peletlerinden elde edildiğini ve bu durumda kazan veriminin %92.4 olduğunu belirtmişlerdir. Carvalho L. ve ark. [9] çalışmalarında 15 kW'lık pelet kazanında farklı biyokütle yakıtlarından (budanmış üzüm bağı, saman, ekin sapı, miscanthus, darı, sorgum, buğday kepeği, odun + %5 çavdar unu) elde edilen peletlerin teknik ve çevresel performanslarını değerlendirmişlerdir. Kazan verimlerinin tüm pelet yakınlarında birbirlerine yakın sonuçlar verdiğini ve %90 civarında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca verim kaybını engellemek için duman borularında sık sık temizlik yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Zandeckis ve ark. [10], 15 kW'lık alttan beslemeli pelet kazanında baca gazı resirkülasyonunu ve ikincil havanın NOx emisyonlarına olan etkisini araştırmışlardır. Sadece baca gazı resirkülasyon işleminin, NOx miktarını %21 oranında düşürdüğünü belirtmişlerdir. Roy ve ark. [11], 7-32 kW'lık pelet kazanında odun peleti ve çim peletinin yanma verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ayrıca yakıt özelliklerini, gaz emisyonlarını ve ısıl verimleri birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, çim peletlerinin, uygun koşullar altında yakıldıklarında, diğer odun peletlerine benzer performans gösterdiğini ve benzer emisyonlar yaydığını belirtmişlerdir.

Literatürdeki çalışmalarda araştırmacılar genellikle farklı biyokütlelerin harmanlanması sonucu üretilen yakıtlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada ise odun-kömür karışımlarından üretilen pelet yakıtlarının üretilme süreci, üretilen peletlerin yakıtsal olarak karekterizasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Üretilen peletlerde; odun olarak kayın-çam; kömür olarak taş kömürü ve meşe odunundan elde edilmiş mangal kömürü kullanılmıştır.

II. MATERYAL VE METOD

Biyokütleden (%70 Kayın-%30 Çam) elde edilmiş pelet yakıtı, taş kömürü ve meşe odunundan elde edilmiş mangal kömürleri bir değirmende toz hale öğütülmüştür. Öğütülme işleminden sonra %80 Biyokütle-%20 Taşkömürü ve %60 Biyokütle -%40 Taşkömürü, %80 Biyokütle -%20 Mangal kömürü ve %60 Biyokütle -%40 Mangal kömürü karışımları hazırlanarak 7.5 kW motorlu, 40x90x50 cm boyutlarında, 100 kg kütleli ve saatte 150-300 kg pelet üretme kapasitesine sahip Atlas marka pelet makinesi yardımıyla (Şekil 1) pelet haline dönüştürülmüştür (Şekil 2).

Peletler üretilirken motor gücünün yanı sıra kullanılan disk ve röleler (Şekil 3) önemli bir yere sahiptir.

Şekil 1. Pelet üretim makinesi

Şekil 2. Toz karışımlar (solda) ve pelet hali (sağda)

Şekil 3. Pelet yapımında kullanılan disk ve röle

Yakıt karakteristikleri belirlenirken peletler küçük parçalara ayrılmış, daha sonra öğütülerek elenmiştir. Yakıt içeriğindeki nem miktarı belirlenirken, numune 105°C de etüvde yaklaşık 3 saat bekletilmiştir. Kül miktarının belirlenmesinde TS 1042 standartına uygun olarak numune bir kroze içerisine alınmıştır ve 815 °C sıcaklıktaki fırına yerleştirilerek yaklaşık 75 dakika bekletilmiştir. Uçucu madde miktarı ise TS 1711 standartına uygun olarak 900 °C sıcaklıkta sıcaklıktaki fırında, yaklaşık 1 g'lık numunenin üzerine 2-4 damla benzen damlatılmıştır. Tüm bu deneyler sonucunda, numuneler ısıtılmadan önceki ve sonraki kütleleri ölçülerek nem, kül ve uçucu madde miktarları belirlenmiştir. Yakıtların üst ısıl değerlerinin belirlenmesinde IKA C200 bomba kalorimetre cihazından faydalanılmıştır. Yakıtların C, H, N, S ve O gibi elementel bileşenlerinin belirlenmesinde Flash 2000 cihazından yararlanılmıştır

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Pelet-Kömür karışımlarının %40 kömür kullanımına kadar herhangi bir sorun çıkarmadığı görülmüştür. %50 Pelet-%50 Kömür karışımları motor, röle ve disk zorlanmaları sebebiyle üretilememiştir. Ayrıca toz haldeki materyaller pelet üretim makinasına doldurmadan önce yaklaşık %14 nemlendirilerek pelet üretimi gerçekleştirilmiştir. Materyallerin az nemli olması birbirlerine tutunmayı zorlaştırmakta ve pelet üretimi tam olarak gerçekleşememektedir. Fazla nem ise pelet kalitesi (yakıt ısıl değeri, kırılma direnci vs.) anlamında olumsuzluklara yol açmaktadır. Şekil 4'te Odun- Taşkömürü ve Odun-Mangal kömürü karışımlarından elde edilen yakıtların görüntüsü verilmiştir.

Şekil 4. Ham pelet-Kömür karışımlarının görüntüsü

Deneyde kullanılan pelet yakıtı piyasadan temin edilmiştir ve üretici firmanın vermiş olduğu pelet yakıt özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Pelet yakıt özellikleri

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

Ham pelet ile harmanlanan ve piyasadan temin edilen taş kömürü ve mangal kömürü yakıtlarının elementel analiz, yaklaşık analiz ve ısıl değer sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Taş kömürü ve mangal kömürünün yakıt özellik sonuçları

Analiz	Taş kömürü	Mangal kömürü
Elementel (%)		
C	77.3	75.5
H	4.9	4.6
N	1.5	0.5
S	<0.2	<0.1
O	16.1	19.4
Yaklaşık (%)		
Nem	3	4.8
Kül	6.2	7.5
Uçucu madde	20	25
Sabit karbon	70.8	62.7
ÜID (kJ/kg)	29977	28715
AID (kJ/kg)	28852	27588

Ham pelet-Mangal kömürü ve Ham pelet- Taşkömürü karışımlarından elde edilen yakıtların elementel analiz, yaklaşık analiz ve ısıl değer sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Ham pelet yakıta kömür eklenmesiyle, nem, kül, sabit karbon ve ısıl değer miktarlarının arttığı, uçucu madde miktarının ise düştüğü görülmektedir. Taşkömürü ile harmanlanan ham pelet, mangal kömürüyle harmanlanana kıyasla daha düşük nem, kül ve uçucu maddeye sahipken, daha yüksek sabit karbon ve ısıl değere sahiptir.

Tablo 4. Odun-kömür karışımlarından üretilen pelet yakıt özellik sonuçları

Analiz	HP100	HP80TK20	HP60TK40	HP80MK20	HP60MK40
Elementel (%)					
C	50.8	55.9	61.0	55.5	60.3
H	6.8	6.4	6.0	6.4	5.9
N	0.2	0.5	0.7	0.3	0.3
S	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
O	42.1	37.1	32.8	37.7	33.4
Yaklaşık (%)					
Nem	6.8	9.6	11.0	9.8	11.2
Kül	1.1	2.1	3.1	2.4	3.7
Uçucu madde	79	63.4	49.3	64.8	52.2
Sabit karbon	13.1	24.8	36.6	23.0	32.9
ÜID (kJ/kg)	18810.0	20943.2	23077.3	20691.1	22572.3
AID (kJ/kg)	17150.8	19391.0	21631.3	19138.2	21125.7

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada odun-kömür karışımlarından üretilen pelet yakıtlarının üretilme süreci, üretilen peletlerin yakıtsal olarak karekterizasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Pelet üretiminde, odun olarak kayın-çam, kömür olarak taş kömürü ve mangal kömürü kullanılmıştır. Odun-Kömür karışımlarının üretiminde %40 kömür kullanımına kadar herhangi bir sorun çıkarmadığı görülmüştür. %50 Odun-%50 Kömür karışımları motor, röle ve disk zorlanmaları sebebiyle üretilememiştir. Ham pelet yakıta kömür eklenmesiyle, nem miktarının arttığı, kül miktarının arttığı, uçucu madde miktarının düştüğü, sabit karbon miktarının arttığı, ısıl değerinin arttığı belirlenmiştir. Taşkömürü ile harmanlanan ham pelet, mangal kömürüyle harmanlanana kıyasla daha düşük nem, kül ve uçucu maddeye sahipken, daha yüksek sabit karbon ve ısıl değere sahiptir. İlerleyen dönemlerde üretilen bu yakıtların kazan gibi bir yakma sisteminde yakılması ve sonuçlarının incelenmesi amaçlanmaktadır.

REFERANSLAR

[1] TMM Odası. Enerji ve Kömür Raporu. 2015.

[2] Bayrak F. Elektrik Üretiminde Kullanılan Linyitin Madencilik Aşamasına Ait Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi [Yüksek Lisans Tezi]: Hacettepe Üniversitesi; 2014.

[3] Morán JC, Tabarés JL, Granada E, Porteiro J, González LML. Effect of Different Configurations on Small Pellet Combustion Systems. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2006;28:1135-48.

[4] Rabaçal M, Fernandes U, Costa M. Combustion and emission characteristics of a domestic boiler fired with pellets of pine, industrial wood wastes and peach stones. Renew Energ. 2013;51:220-6.

[5] Forbes EGA, Easson DL, Lyons GA, McRoberts WC. Physico-chemical characteristics of eight different biomass fuels and comparison of combustion and emission results in a small scale multi-fuel boiler. Energ Convers Manage. 2014;87:1162-9.

[6] Wiinikka H, Gebart R. Experimental investigations of the influence from different operating conditions on the particle emissions from a small-scale pellets combustor. Biomass and Bioenergy. 2004;27:645-52.

[7] Carlon E, Schwarz M, Golicza L, Verma VK, Prada A, Baratieri M, et al. Efficiency and operational behaviour of small-scale pellet boilers installed in residential buildings. Appl Energ. 2015;155:854-65.

[8] González JF, González-García CM, Ramiro A, González J, Sabio E, Gañán J, et al. Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler. Biomass and Bioenergy. 2004;27:145-54.

[9] Carvalho L, Wopienka E, Pointner C, Lundgren J, Verma VK, Haslinger W, et al. Performance of a pellet boiler fired with agricultural fuels. Appl Energ. 2013;104:286-96.

[10] Zandeckis A, Blumberga D, Rochas C, Veidenbergs I, Silins K. Methods of Nitrogen Oxide Reduction in Pellet Boilers. Scientific Journal of Riga Technical University Environmental and Climate Technologies2010. p. 123.

[11] Roy MM, Dutta A, Corscadden K. An experimental study of combustion and emissions of biomass pellets in a prototype pellet furnace. Appl Energ. 2013;108:298-307.