

EVSEL ISITMADA KULLANILAN NEME DAYANIKLI YAKIT BRİKETLERİNİN HAZIRLANMASI*

Processing Of Fuel Water Resistant Briquettes Used In Domestic Heating

Güler BAYAR
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Mehmet YILDIRIM
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma, ince boyutlu kömürlerden elde edilen briketlerin standart test sonuçlarını ve briketleme deneylerini kapsamaktadır. Deneylerde, ısı işlem sıcaklığının, briket ağırlığı, ısı işlem süresinin ve bağlayıcı miktarının, briketlerin mekanik dayanım üzerine etkileri araştırılmıştır. Briketlerin dayanımları ile ilgili bilgi elde etmek için suya, darbeye ve düşmeye karşı dayanım testleri yapılmıştır. Numunelerin yanma karakteristikleri için soba yakma testi yapılmıştır.

DeneySEL çalışmaların sonuçlarına göre briketlenen numunenin ağırlığı 22gr, optimum bağlayıcı miktarı, ısı işlem süresi ve sıcaklığı sırası ile %10, 60 dk ve 200 °C'dir.

Anahtar Kelimeler: Kömür Briketleme, Bağlayıcı Briketleme, Melas, Evsel Yakıt, Soba Yakma Testi.

ABSTRACT

This study covers briquetting experiments and the Standard test results of the briquettes obtained from a fine sized coal sample. In the experiments, effects of binder content, weight of briquettes, heat treatment period, temperature of the briquettes were investigated. Water resistance, impact resistance and shatter tests were conducted in order to find out information related to durability of the briquettes. Stove combustion tests were performed for the combustion characteristics of the samples.

The optimum binder content was 10%, weight of briquette, heat treatment period and temperature were 22gr, 60 min and 200 °C respectively.

Key Words : Coal Briquetting, Briquetting With Binder, Melasses, Domestic Fuel, Stove Combustion Test.

Giriş

Yüksek kapasitede kömür üretiminde kullanılan mekanize yöntemler nedeniyle üretilen kömürün yaklaşık %40'ı 20mm'nin altına ufalanmaktadır. Evsel ısıtmada kullanılan sobada kömür yakılırken, yanma veriminin yüksek olması için kömür taneciği-oksijen kontaklarının yeterli olması gerekmektedir. Bu ise, ancak sobaya beslenen tanelerin oluşturduğu kütlelin gaz (hava) geçirgenliği ile ilgilidir. Yeterli kömür-hava kontakları ancak parça boyutlu kömür için mümkün

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

olabilmektedir. Bu nedenle evsel ısıtma amaçlı katı yakıt için parça boyu büyütme yani briketleme işlemi gerekmektedir.

Linyit, ısı değeri düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazla olduğu için genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılan bir kömür çeşididir. Buna rağmen yerkaşuğunda bolca bulunduğu için sıklıkla kullanılan bir enerji hammaddesidir. Taşkömürü ise yüksek kalorili kömürler grubundadır. Yerli kaynak potansiyelimizin 12,4 milyar tonunu linyit, 1,33 milyar tonunu taşkömürü oluşturmaktadır (ETKB,2010). Türkiye'nin jeolojik verileri bu rezervin 2 katına çıkma olasılığı olduğunu göstermektedir (Nakoman 1997).

Türkiye linyitleri yüksek nem içerikleri nedeniyle kolaylıkla tozlanmaktadır. Bu tozlar ızgaralı soba ve kalorifer kazanlarında yakılamamaktadır. Kömür tozları değişik sanayilere düşük fiyatla satılmaktadır(Gencer, 2004).

Briketleme; toz halindeki kömürün, uygun şartlarda ısıtılarak ve/veya çeşitli katkı maddeleri ile karıştırılarak, bir kalıp içerisinde preslenmesi sonucu; küp, yastık, silindirik veya yumurta gibi şekillerde, sağlam ve kaliteli bir yakıt haline dönüştürülmesi işlemidir. Kömürün briketlenmesinde iki ana amaç söz konusudur: Birincisi, yeterli ısı değere sahip toz kömürleri değerlendirmek; ikincisi ise, yüksek su içerikleri nedeniyle tuvenan olarak yakılması güç olan kömürlerin kurutma yoluyla ısı değerlerinin artırılması ve arkasından, briketleme yöntemi ile yüksek ısı değerli sağlam bir yakıt haline dönüştürülmesidir. Böylece, kırılğan, çabuk tozlaşan, nem içeriği yüksek linyitler, ısı değeri yüksek, sağlam bir yakıt halinde; toz veya ince taneli bitümlü ve yarı bitümlü kömürler de parça yakıt halinde değerlendirilebilmektedir(Kural, 1991).

Materyal ve Metod

Materyal

Bu çalışma kapsamında kullanılan kömür cevheri Rusya kökenli olup Adana Odak Mühendislik firmasından temin edilmiştir. Kömür numunesine, cevher hazırlama prosesi Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Cevher Hazırlama Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca kullanılan bağlayıcılar Maden Mühendisliği Laboratuvarlarından temin edilmiştir. Deneylerde bağlayıcı olarak melas, ve bir nişasta çeşidi olan CHB(Carbo-hydrate Binder) (C₆H₁₀O₅)_n (H₂O)_n kullanılmıştır.

Deneyler için kullanılacak kömür numunesi için cevher hazırlama ve zenginleştirme prosesinde merdaneli kırıcı, laboratuvar standartlarına uygun elekler, etüv, kül analiz fırını, tek eksenli basma dayanımı cihazı, ve gerekli testlerin yapılması için; kömür yakma sobası, düşme testi düzeneği, tek eksenli basma dayanımı cihazlarından yararlanılmıştır.

Deneyler için kullanılacak numunelerin öncelikle karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. Bunun için öncelikle kömürün nem ve kül tayini ve

kullanılacak bağlayıcıların nem tayini yapılmıştır. Deneyleer için kullanılan numunelerin kısa analizi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneyleerde kullanılan kömürün kısa analizi

Parametre	Orijinal Bazda	Kuru Bazda
Alt Isıl Değer (kcal/kg)	7640	7915
Üst Isıl Değer (kcal/kg)	7863	8125
Toplam Nem (%)	5,24	-
Toplam Kükürt (%)	0,41	0,43
Uçucu Madde (%)	28,84	30,43
Kül (%)	13,75	14,51

Metod

Deneyleerde kullanılan kömür numunesinin ocaktan geldiği haliyle bünyesinde ki nem miktarı % 5,24 olarak bilinmektedir. Briketleme çalışmaları için oldukça önemli olan bu parametre kullanılan bağlayıcılar için de analiz edilmiş ve melasın %15, CHB'nin %50,6 nem içerdiği belirlenmiştir. Nem içeriği dikkate alınarak kömür numunesi ve bağlayıcı çözeltilerinden, briketleme için ne kadar kullanılacağı hesaplanmış ve 30 gr kömür numunesine bağlayıcı çözeltilerinden kömür-bağlayıcı karışımındaki oranı %10 olacak şekilde karıştırılmıştır. Karıştırılan numunelere CaO çözeltisi de eklendikten sonra havada kurutma yöntemi ile kurutularak nem dengesi değişmeden kapalı cam şişelere konulmuştur. Hazırlanan karışımlar presleme cihazına konulmadan önce tekrar karıştırılarak tane boyu dağılımı homojenize edilmiştir. Daha sonra tüm numuneler preslenerek ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlem süresi sonrasında, desikatörde soğutulan numunelere suya dayanım ve darbe dayanım testleri uygulanmıştır.

Bu çalışmada, kömür numunelerinin briketlenmesine etki eden faktörler olan, ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi, bağlayıcı miktarı ve briketlerin ağırlığı araştırılmıştır. Bunlara ek olarak darbe dayanım indeks değeri ve mekanik dayanım, suya dayanım ve soba yakma testleri uygulanmıştır.

Briketlemeye Isıl İşlem Sıcaklığının Etkisi

Bu deneyleerde, briketlemeye ısıl işlem sıcaklığının etkisinin belirlenebilmesi için hazırlanan -3,15mm altındaki numunelerden 30'ar gramlık kömür numunesine %10 oranında bağlayıcı katılarak karıştırılmış, yaklaşık 4 saat havada kurutma işleminden sonra %7 nemliliğe geldiğinde preslenerek, farklı günlerde Heraeus T

6060 marka etüvde 190°C, 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, 240°C, 250°C, 260°C, olmak üzere 8 ayrı sıcaklıkta deneyler yapılmıştır. Çalışmalarda tane boyutu -3,15mm, nem içeriği %7, bağlayıcı miktarı %10, presleme basıncı 450 kg/cm² ve ısıtma işlem süresi 60 dk olarak sabit tutulmuştur. Etüvden çıkarılan numuneler desikatörde bekletildikten sonra suya dayanım ve mekanik dayanım testleri uygulanmıştır.

Briketlemeye Isıl İşlem Süresinin Etkisi

Deneyler için gerekli parametrelerin sonuncusu olan ısıtma işlem süresinin briketlemeye etkisini incelemek için 5 ayrı parametrede çalışılmıştır. Deneyler süresince çalışmalarda tane boyutu -3,15mm, nem içeriği %7, bağlayıcı miktarı %10, presleme basıncı 450 kg/cm² ve ısıtma işlem sıcaklığı 200°C olarak sabit tutulmuştur. Briketleme için 30'ar gramlık numuneler %10 bağlayıcı miktarıyla havada kurutulmuştur. İstenilen %7 nem miktarına gelen numuneler preslenerek briketlenmiş ve numuneler etüvde farklı sürelerde ısıtma işlemine tabii tutulmuştur. Isıtma işlem süreleri 15dk, 45dk, 60dk, 75dk ve 90dk olarak denenmiştir.

Briketlemeye Bağlayıcı Miktarının Etkisi

Bu deneyler için kömür numuneleri %5'lik, %6'lık, %7'lik, %8'lik, %9'luk, %10'luk ve %11'lik olacak şekilde 7 farklı bağlayıcı miktarıyla karıştırılarak kömür-bağlayıcı karışımı hazırlanmıştır. Karışımlar ortalama 4 saatlik havada kurutma işlemlerinden sonra preslenmiş ve etüvde ısıtma işlemine tabii tutulduktan sonra desikatöre alınmıştır. Her bir deney numunesi 3'er adet üretilmiş ve numunelere suya dayanım ve mekanik dayanım testleri uygulanmıştır.

Briketlemeye Yoğunluğunun Etkisi

Yoğunluk deneyleri tüm deneylere ek olarak briketleme üzerinde bir etkisinin olup olmayacağını incelemek için yapılmıştır. Deneyler de 22gr, 24gr, 26gr, 28gr ve 30gr'lık kömürlere %10 bağlayıcı eklenmiş, havada kurutma ile %7 nemliliğe gelen numuneler, şişelenerek briketlemeye hazır hale getirilmiştir. Deneyler süresince çalışmalarda, tane boyutu -3,15mm, bağlayıcı miktarı %10, nem içeriği %7, presleme basıncı 450 kg/cm², ısıtma işlem süresi 60dk ve ısıtma işlem sıcaklığı 200°C olarak sabit tutulmuştur. Preslenerek briket haline gelen numuneler, etüvde ısıtma işlemine tabii tutulmuştur. Daha sonra desikatöre alınan numuneler soğuduktan sonra, yoğunluk hesaplaması için her bir numunenin yarıçap, kalınlık ve ağırlık ölçüleri belirlenmiştir. Parametreler belirlendikten sonra hacim hesaplamaları yapılmış ve yoğunlukları belirlenmiştir. Yoğunluk farklılığının briket numuneleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

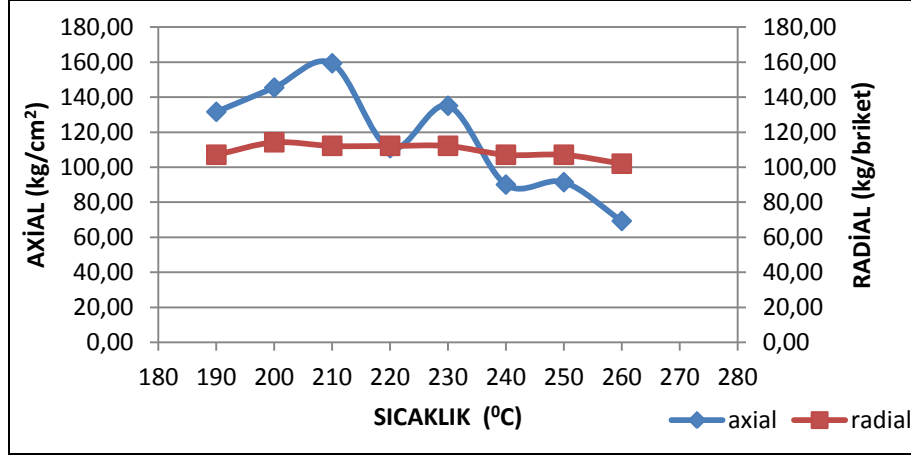
Araştırma Bulguları

Briktlemeye Isıl İşlem Sıcaklığının Etkisi

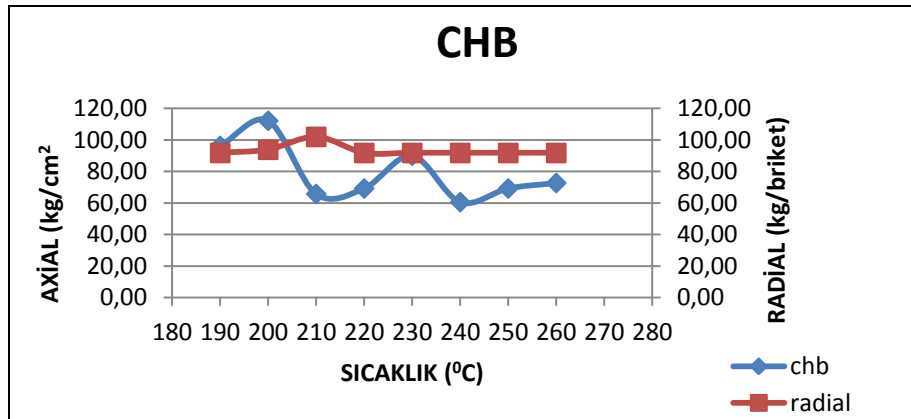
Bu çalışmalarda, 30'ar gramlık numuneler bağlayıcılarla karıştırılarak havada kurutma yapılmıştır. Havada kurutulan numuneler önce preslenmiş sonra da 8 ayrı sıcaklık değerlerinde(190°C, 200°C, 210°C, 220°C, 230°C, 240°C, 250°C ve 260°C) ısıl işleme tabii tutulmuştur. Bu deneyler sonucunda, melas-kömür karışımlarının en iyi sonucu Çizelge 2'de ve Şekil 1 ve 2'deki grafiklerde görüldüğü gibi 210°C'de verdiği fakat CHB-kömür karışım briktlerinin en iyi sonucu 200°C'de verdiği gözlenmiştir.

Çizelge 2. Briktlemeye ısıl işlem sıcaklığının etkisi

Sıcaklık °C	MELAS		CHB	
	Axial Dayanım (kg/cm ²)	Radial Dayanım (kgf/brikt)	Axial Dayanım (kg/cm ²)	Radial Dayanım (kgf/brikt)
190	131,58	107,07	96,26	91,77
200	145,43	114,21	112,19	93,81
210	159,28	112,17	65,79	101,97
220	110,80	112,17	69,25	91,77
230	135,04	112,17	90,03	91,77
240	90,03	107,07	60,59	91,77
250	91,41	107,07	69,25	91,77
260	69,25	101,97	72,71	91,77



Şekil 1. Melas-kömür karışımlarının briketlenmesinde ısı işlem sıcaklığının etkisi



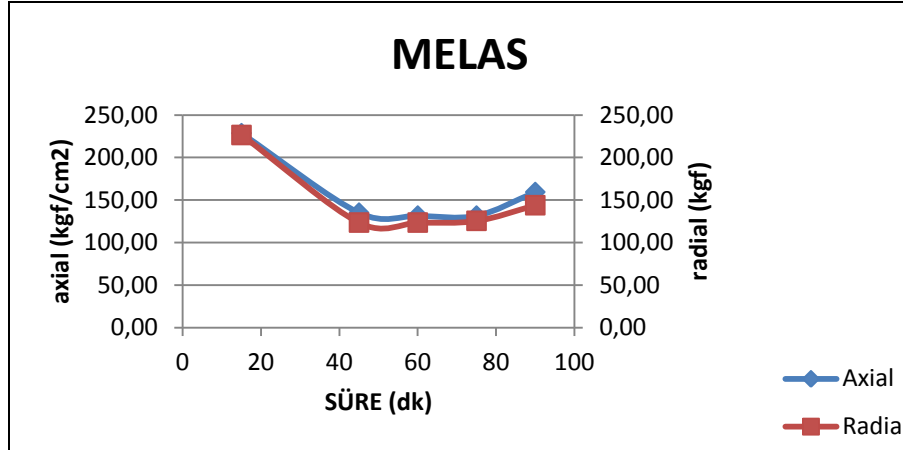
Şekil 2. CHB-kömür karışımlarının briketlenmesinde ısı işlem sıcaklığının etkisi

Briketlemeye Isıl İşlem Süresinin Etkisi

Deneylerde ısı işlem süresinin belirlenmesinde 5 ayrı parametre kullanılmıştır. Deneyler süresince çalışmalarda tane boyutu -3,15mm, nem içeriği %7, bağlayıcı miktarı %10, presleme basıncı 450 kg/cm² ve ısı işlem sıcaklığı 200°C olarak sabit tutulmuştur. Kısa süreli ısı işlemlerde axial ve radial dayanımlar iyi sonuç vermiştir. Ara değerlerde mekanik dayanım değerlerinde düşme görülsede, maksimum sürede tekrar bir iyileşme görülmüştür(Çizelge 3).

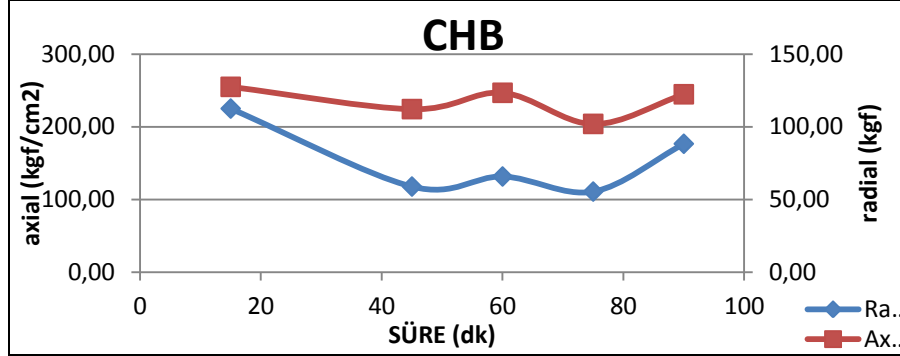
Çizelge 3. Briketlemeye ısıl işlem süresinin etkisi

MELAS			CHB	
Süre	Axial Dayanım	Radial Dayanım	Axial Dayanım	Radial Dayanım
Dk.	kg/cm ²	(kgf/briket)	kg/cm ²	(kgf/briket)
15	228,53	226,38	225,06	127,46
45	135,04	123,39	117,73	112,17
60	131,58	123,39	131,58	123,39
75	131,58	125,43	110,80	101,97
90	159,28	143,78	176,59	122,37



Şekil 3. Melas-kömür karışımlarının briketlenmesinde ısıl işlem süresinin etkisi

Isıl işlem süresi belirlenirken yapılan çalışmalarda, ısıl işlem süresi arttıkça briket dayanımı azalmaktadır. Fakat 90 dakika ısıl işlem süresi hem melaslı briketler de hem de CHB'li briketler de olumlu sonuç vermiştir. 15 dakika ve 45 dakikalık ısıl işlem süresinde elde edilen briketler, suya dayanım yönünden kötü sonuçlar verdiği için ısıl işlem süresi 60 dk olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. CHB-kömür karışımlarının briketlenmesinde ısıtıl işlem süresinin etkisi

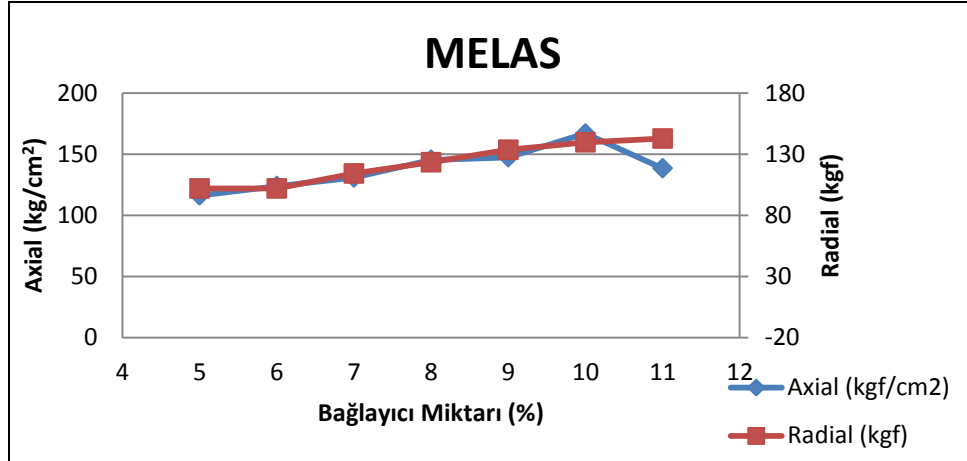
CHB'li briketler melaslı briketler kadar istikrarlı sonuç vermemiştir. Fakat 15dk, 45dk ve 90dk ısıtıl işleme tabi tutulan briketlerin suya dayanımları kötü olduğundan ısıtıl işlem süresi 60dk olarak belirlenmiştir.

Briketlemeye Bağlayıcı Miktarının Etkisi

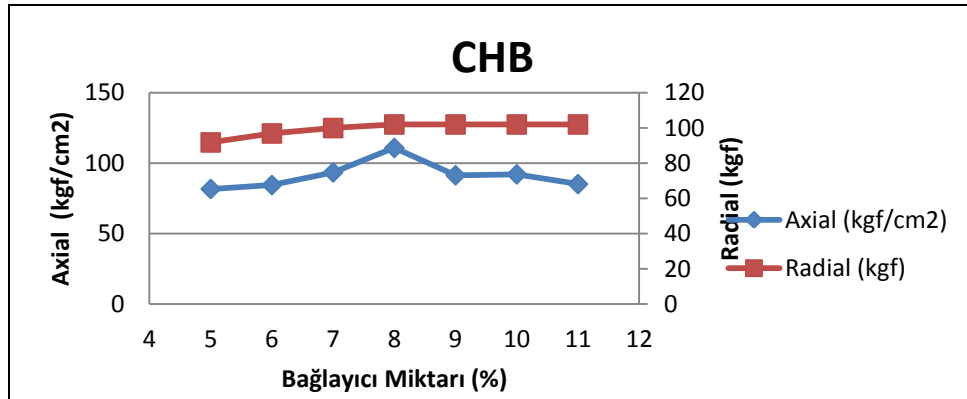
Briketleme çalışmalarında bağlayıcı miktarının etkisini incelemek için 7 ayrı parametre denenmiştir. Bu amaçla yapılan deneylerde, Çizelge 4, şekil 5 ve 6'da görüldüğü üzere melas bağlayıcılı briketlerin %10 bağlayıcı miktarında, CHB bağlayıcılı briketlerin %8 bağlayıcı miktarında maksimum mekanik dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışmalara melaslı briketler için uygun, optimum değer olan %10 ile devam edilmiştir.

Çizelge 4. Briketlemeye bağlayıcı miktarının etkisi

Miktar	MELAS		CHB	
	Axial Dayanım (kg/cm ²)	Radial Dayanım (kgf/briket)	Axial Dayanım (kg/cm ²)	Radial Dayanım (kgf/briket)
5	116,34	101,97	81,72	91,77
6	125,34	101,97	84,49	96,87
7	118,42	114,21	93,49	99,93
8	145,43	123,39	110,80	101,97
9	140,58	133,58	70,64	101,97
10	166,89	139,70	90,72	101,97
11	138,50	142,76	92,10	101,97



Şekil 5. Melas-kömür karışımlarının briketlenmesinde bağlayıcı miktarının etkisi



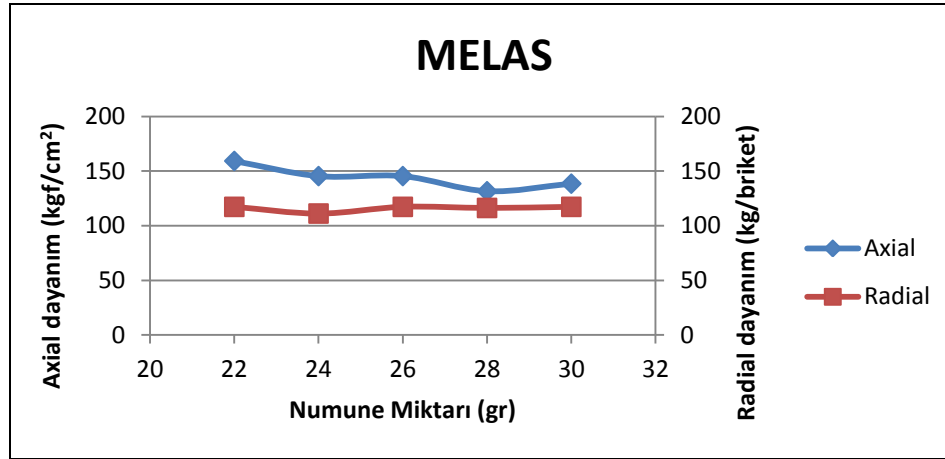
Şekil 6. CHB-kömür karışımlarının briketlenmesinde bağlayıcı miktarının etkisi

Briketlemeye Yoğunluğunun Etkisi

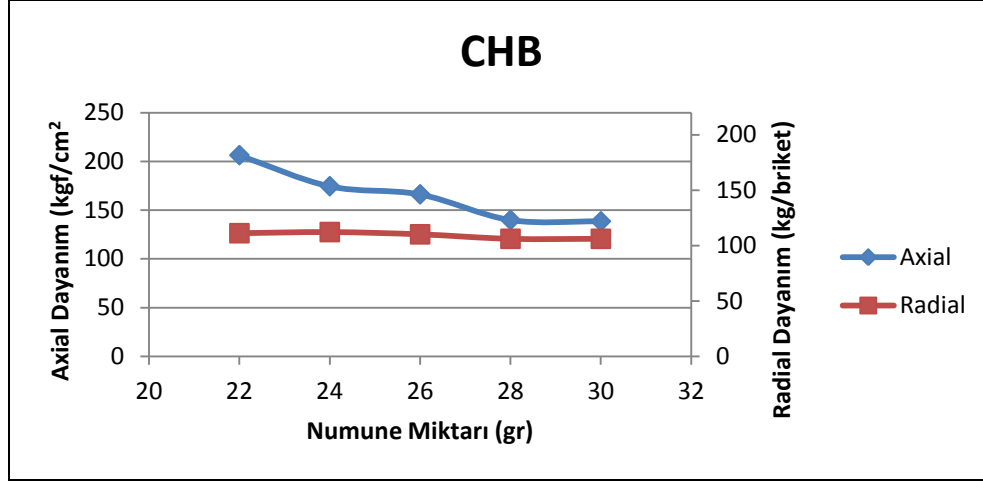
Bu çalışmada, briketlemeye yoğunluğunun etkileri araştırılmıştır. Bu deney için hazırlanan farklı ağırlıktaki kömür numunelerine farklı miktarda bağlayıcı katılmıştır. Deneyler süresince çalışmalarda, tane boyutu -3,15mm, bağlayıcı miktarı %10, nem içeriği %7, presleme basıncı 450 kg/cm², ısıtma işlem süresi 60dk ve ısıtma işlem sıcaklığı 200°C olarak sabit tutulmuştur. %10 bağlayıcı olacak şekilde hazırlanan tüm briketlerin havada kurutma süreleride farklılık göstermiştir. Kurutma işlemi bittikten sonra preslenen numunelere ısıtma işlem uygulanmış ve daha sonra da mekanik dayanım ve suya dayanım testleri yapılmıştır(Çizelge 5).

Çizelge 5. Briketlemeye yoğunluğun etkisi

MELAS			CHB	
Miktar	Axial Dayanım	Radial Dayanım	Axial Dayanım	Radial Dayanım
gr	kg/cm ²	(kgf/briket)	kg/cm ²	(kgf/briket)
22	159,28	117,27	206,37	111,15
24	145,43	111,15	174,51	112,17
26	145,43	117,27	166,20	110,13
28	131,58	116,25	139,89	106,05
30	138,50	117,27	138,50	106,05



Şekil 7. Melas-kömür karışımlarının briketlenmesinde yoğunluğun etkisi



Şekil 8. CHB -kömür karışımlarının briketlenmesinde yoğunluğun etkisi

Shatter (Düşme Sağlamlığı) Testi

Bu test, briketlerin, özellikle yüksek bir yerden boşaltılacağı durumlar için, kırılmaya karşı göstereceği direnci göreceli olarak ölçmektedir. Hazırlanan briketler, 1.8 metre yükseklikten çelik bir plaka üzerine bırakılmış ve daha sonra TSE 12055 standartlarında belirtildiği elek serisinden geçirilerek elek fraksiyonları yapılmıştır.

Çizelge 6. Shatter düşme testi elek fraksiyonları

	Melas'lı Briketler				CHB'li Briketler			
	1.Grup		2.Grup		1.Grup		2.Grup	
Elek Açıklığı (mm)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)
+31,50	-	-	19,95	16,90	-	-	15,24	12,80
+20,00	104,18	88,17	70,03	59,31	93,96	78,75	59,50	50,0
+10,00	8,63	7,30	20,32	17,21	13,56	11,36	32,09	26,96
+8,00	2,25	1,90	4,35	3,68	4,41	3,69	1,48	1,24
+5,00	3,10	2,63	3,43	2,90	7,40	6,20	10,51	9,00
Toplam	118,16	100,00	118,08	100,00	119,33	100,00	119,02	100,00

Düşme testi sonucu elde edilen elek fraksiyonlarına bakılarak yapılan hesaplamalarda melaslı kömürlerin düşme dayanımı ortalama % 88,5 olarak

belirlenirken, CHB'li briketlerin düşme dayanımı ortalama % 82 olarak belirlenmiştir.

Briketlerin Suya Dayanımı

Briketlerin suya dayanım özelliklerini saptamak için, numuneler 600 ml su dolu bir kaptan 24 saat bırakılarak, sağlıkları ve bünyelerine su alma durumları izlenir. Dağılıma gösteren numuneler 500µm'lik elekten geçirilerek suya dayanım yüzdesi bulunmaktadır. Briketlerin fazla su emmesi, yanma özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Briketlerin suya dayanıklılıkları az ise, torbalar içinde pazarlanması veya kapalı yerlerde dikkatle korunması gereklidir(Yıldırım,1995).

Soba Yakma Testi

Deneyler Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne bağlı, Maden Analizleri ve Teknolojileri Daire Başkanlığındaki Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Bölümüne yaptırılmıştır. Burada, ASTM D 5142/ D 3175, ASTM D 4239 VE ASTM D 5865 kodlu standartlardan yararlanılmıştır.

Çizelge 7. Soba yakma testi sonuçları

	Parça Kömür	Melas	CHB
Konulan Yakıt (kg)	3,00	3,02	3,01
Yanma Süresi (saat)	1,75	1,50	1,33
Yakıtın Yanma Hızı (kg/saat)	1,71	2,01	2,26
Yakıtın Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	7640,00	7640,00	7640,00
Duman Konsantrasyonu (mg/m ³)	1773,33	326,67	600,00
Duman Çıkış Süresi (saat)	0,25	0,50	0,58
Toplam Duman (mg)	19950,00	7350,00	15750,00
Duman Emisyon Miktarı (g duman/kg kömür ve briket)	46,55	7,30	11,95

Kaynaklar

ASTM D3173-73; Standart Test Method For Moisture In The Analyses Sample Of Coal And Coke

ASTM D-3174 – 04, 2010. Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal.

ASTM D3175 – 07, 2007. Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke, Annual book of ASTM Standarts.

ETKB,2010. <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=komur&bn511&hn=&nm=384&id=40692>

NAKOMAN, E., 1997, Türkiye'nin Kömür Arama Hedefleri ve Yöntemleri, IV. Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri, TKİ Çayırhan Tesisleri, 14-15 Kasım, Türkiye.

GENCER, Z., 2004. Hava Kanallı Briketleme Yöntemi ile Linyit Kömürlerimizden Dumansız Ev Yakıtı Üretimi. 50-51.

KURAL, O., 1991. Kömür, Kurtiş Matbaası, Güven Ciltevi, İstanbul, Türkiye.

YILDIRIM, M., 1995. Production Of Water Resistant Coal Briquettes By The Use Of Humic Asid As Binder, Doktora Tezi, Ankara, s.166.