

## MERDANELİ BRİKET PRESLERİNDE GEREKLİ SIKIŞTIRMA KUVVETLERİ

İsmet ÇELİK<sup>1</sup>, M.Alper DEMİRAL<sup>2</sup>

### ÖZET

Linyitlerin kırılğan karakterde olması, üretim, taşıma ve depolama esnasında tozlaşmaya neden olmaktadır. Kömürün briketlenmesinde başlıca amaç toz kömürün çeşitli biyokütle ve bağlayıcı malzemelerle karıştırılıp daha uniform yakıt elde etmektir. Bu çalışmada, öncelikle günümüzde kullanılan briket makinelerinin çalışma prensipleri ve teknolojileri incelenmiştir. Deneysel çalışma aşamasında Tunçbilek toz kömürü ve şlamı, kireç ve melas ile belli karışım oranlarında karıştırılarak hidrolik preste briket numuneleri elde edilmiştir. Standartlara uygun briket üretebilmek için gerekli kuvvet ve basınç tespit edildi. Daha sonra endüstride yaygın kullanılan merdaneli preslerin briketleme kuvveti belirlenerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Briket yakıt, pres, enerji, merdaneli pres

### ABSTRACT

The fact that lignites are fragile causes pollination during production, transportation and storage. The main purpose of briquetting coal is to mix powdered coal with various biomass and binder materials to obtain more uniform fuel. In this study, firstly the working principles and technologies of the briquette machines used today are examined. During the experimental study, briquette samples were obtained by mixing Tunçbilek powder coal and slim, lime and molasses with certain mixing ratios. The force and pressure required to produce briquettes in accordance with the standards were determined. Then, the briquetting force of roller presses commonly used in the industry was determined and evaluated.

**Keywords:** Briquette fuel, press, energy, roller press

### 1. GİRİŞ

Briketleme genellikle hidrolik veya mekanik presler kullanılarak yapılır. Bu presler bağlayıcı ilavesi olmadan veya daha düşük miktarda bağlayıcı ile daha büyük boyutlarda ki granül haldeki hammaddeyi ve daha fazla miktarda nem içeriğine sahip karışımları briketleyebilir [1]. Briketleme ile nakliye özellikleri, kalorifik değeri, yanma özellikleri daha iyi olan ayrıca zararlı yanma emisyonları daha iyi ve daha uniform formda yakıt elde edilir. Türkiye'nin sahip olduğu biyokütle kaynakları ile düşük kalorili linyit kömürlerinin karıştırılarak, briketleme işlemi ile ısı değeri ve dayanıklılığı daha yüksek, alternatif bir katkı

<sup>1</sup> Prof.Dr., Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 43270, Kütahya, e-mail: ismet.celik@dpu.edu.tr

<sup>2</sup> Makine Mühendisliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kütahya, e-mail: demiralper26@hotmail.com

yakıt haline dönüştürülebileceği belirlenmiştir [2]. Linyite biyokütle numunelerinin ilave edilmesi, briketlerin düşme dayanımını olumlu yönde, suya dayanıklılığını ise olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır [3].

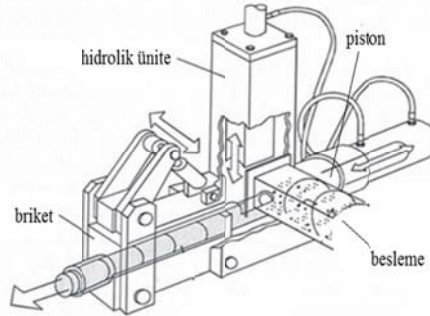
Kömürün briketlenmesinde başlıca iki amaç söz konusudur. Bunlardan birincisi yeterli ısı değerine sahip olan kömürün çeşitli maddelerle karıştırıp daha kaliteli bir yakıtta dönüştürülmesidir. İkincisi ise kömürün yeterli ısı değere sahip olmaması ve yüksek nem oranı dolayısıyla doğrudan evsel yakıt olarak yakılması sıkıntılı olan kömürün kurutma yolu ile ısı değerini arttırmaktır. Briketleme sonunda kırılğan, çabuk tozlaşan, nem içeriği yüksek linyitler daha yüksek ısı değere, daha yüksek dayanım gücüne sahip olabilmektedir [4].

### 1.1. Briketleme Makinelerinin Teknolojisi

Briketleme, basit bir işlem olmayıp birçok faktörü içeren karmaşık bir prosestir. Biyokütle ve kömürün briketlenmesinde; petrografik özellikleri ve yapısı, nem ve mineral madde miktarları ile tane boyut dağılımı önemli rol oynamaktadır. Ayrıca briketleme işleminde uygulanan presleme basıncı ve süresi, malzeme karışımının sıcaklığı, biyokütle ve bağlayıcı maddelerinin miktarı ve özellikleri briket oluşumunu etkileyen faktörlerdir [5]. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan briketleme makineleri açıklanmaktadır.

#### Hidrolik Pistonlu Presler

Briketleme yöntemlerinde en eski kullanılan teknoloji Şekil 1’de görüldüğü gibi hidrolik pistonlu prestir. Silindirin hareketi daha yavaş ve strok şeklinde olduğu için çıkan ürün miktarı düşüktür. Briketleme sınırlı basınç nedeniyle numune yoğunlukları  $1000 \text{ kg/m}^3$  değerinin altındadır. Bu makinelerin tipik üretim kapasiteleri 50-400 kg/h aralığındadır. Bununla birlikte, bu makineler % 15'ten daha yüksek nem içeriğini tolere edebilir [6]. Hidrolik briketleme makinaları kullanımlarının kolay olması, bakım masraflarının ve enerji tüketimlerinin düşük olması nedeniyle avantajlı olmalarına rağmen briket yoğunluğunun ve üretim kapasitesinin düşük olması ile üretilen briketlerin kırılğan yapıda olmaları dezavantajları olarak görülür [7].



Şekil 1. Mekanik Pistonlu Presin şematik gösterimi

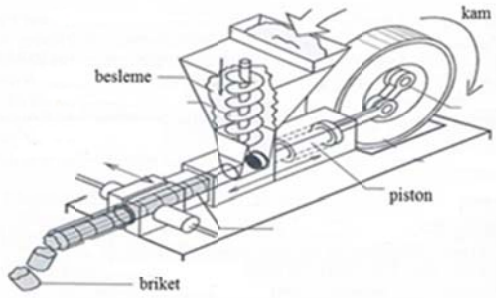
#### Mekanik pistonlu presler:

Mekanik pistonlu pres, Şekil 2’de görüldüğü gibi piston, besleme yolu ve piston hareketini sağlayan eksantrik kamdan oluşur. Mekanik pistonlu pres, yüksek yoğunluğa sahip ( $>1000 \text{ kg/m}^3$ ) ve bağlayıcı ilavesi olmaksızın yüksek kaliteli briket elde etmek için tercih

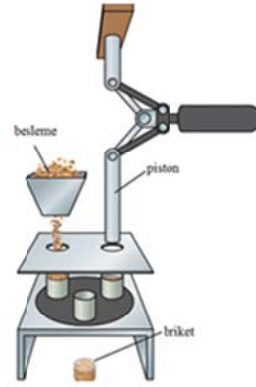
edilir. Yaklaşık  $2000 \text{ kg/cm}^2$ lik bir sıkıştırma basıncı ile şekillendirme yapılabilir. Mekanik pistonlu presler genellikle  $200\text{-}2500 \text{ kg/h}$  aralığında büyük ölçekli üretim için kullanılır. Mekanik bir presin çalışma ömrü hidrolik preslerden çok daha uzundur [6].

### Tabletleme presi:

Tabletleme, hidrolik motorla veya elle biyokütleyi sıkıca bastırarak  $10,16 \text{ cm}$  ile  $15,24 \text{ cm}$  çapında bir silindirik kalıp içinde yaklaşık  $25,4$  ila  $5,08 \text{ cm}$ 'lik (çoğu biyokütle briketinden daha küçük) miktara yoğunlaştırır (Şekil 3). Kalıpta  $1379 \text{ bar}$  basınç oluşması, malzemenin bağlayıcı eklemeksizin birbirine yapışması için yeterlidir. Uzun, iri kesimli hammaddelerin birbirine daha kolay yapışmaları, işlem sürecini elverişli kılar. Tablet yoğunlukları,  $160,18 \text{ kg/m}^3$ lük balya ve  $720,8 \text{ kg/m}^3$ lük peletlere kıyasla ortalama  $881 \text{ kg/m}^3$ tür. Bununla birlikte, tabletleme işleminde pelet haline getirme işleminden daha fazla enerji kullanılır [8].



Şekil 2. Mekanik Pistonlu Presin şematik gösterimi



Şekil 3. Tabletleme makinesinin şematik gösterimi

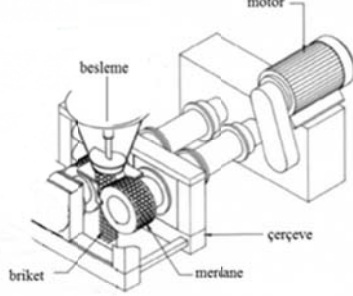
### Merdaneli presler:

Endüstride en yaygın kullanılan briketleme teknolojisidir. Merdaneli presler Şekil 4' de görüldüğü gibi birbirine paralel eksenleri üzerinde zıt yönde dönen, aynı çapa sahip iki silindirden oluşmaktadır. İki merdane arasındaki boşluk merdanelerin dönüşü sırasında malzemeyi daralan hacme doğru sürükler. Malzeme merdaneler üzerinde bulunan küçük boşluklarda sıkıştırılarak ve şekillendirilir. Briketleme prosesi iki merdane arasındaki mesafe (boşluk), biyokütle türü, partikül boyutu, nem içeriği ve bağlayıcı ilavesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Yoğunlaştırılmış ürünün kalitesi üzerinde büyük rol oynayan tasarım parametreleri, merdanelerin çapı, boşluk aralığı, merdane kuvveti ve kalıp şeklidir. Briket numunelerinin yoğunlukları  $450$  ile  $550 \text{ kg/m}^3$  arasında değişir [9].

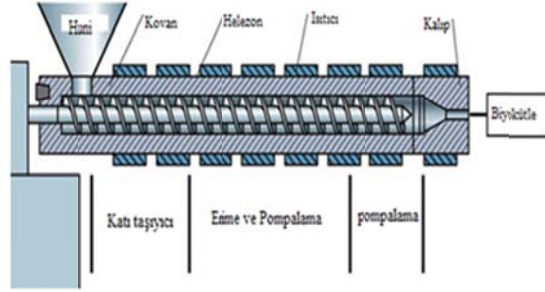
### Vidalı Briketleme:

Vidalı briketleme, Şekil 5'te görüldüğü gibi, besleme, helezon, ısıtıcı, kalıp ve kovandan oluşmaktadır. Bu ekstrüzyon makinalarında, silindir içerisinde sıcaklık yükselmesi nedeniyle biyokütledeki mevcut lignin akma noktasına gelerek bir yapıştırıcı görevi görmekte ve malzeme, kalıbın şeklini alarak bağlayıcı kullanmaksızın briketlenmektedir. Vidalı briketleme

makinalarında bulunan ısıtma sistemi, yatırım maliyetini arttırmaktadır. Materyal çıkışı sürekli olduğundan briket büyüklüğü üniformdur. Briketlerin dış yüzeyi kısmen kömürleştiğinden tutuşma ve yanması kolaydır. Briketlerin ortasındaki boşluk yeterli hava sirkülasyonu sağladığından yanmayı kolaylaştırır. Makina şok yükler olmaksızın düzgün çalışır. Pistonlu tipte olduğu gibi doğrusal çalışan parçalar ve volan olmadığından hafiftir. Makinanın güç ihtiyacı pistonlu tipe göre daha yüksektir [7].



Şekil 4. Merdaneli pres makinası şematik gösterimi



Şekil 5. Vidalı briketleme makinesinin şematik gösterimi

## 2. METARYAL VE METOD

Endüstride briketleme için en sık kullanılan teknoloji merdaneli pres makineleridir. Merdaneli pres makineleri üretim kapasitesinin fazla olması ve ilk yatırım ve bakım maliyetinin düşük olması nedeniyle tercih edilirler. Ancak literatürde merdaneli preslerin briketleme basınçları ile ilgili olarak bir kaynağa ulaşamadı. Bu noktadan hareket ederek merdaneli presin briketleme basıncı belirlenmeye çalışıldı.

Basınç bir yüzeye uygulanan dik kuvvetin yüzeyin birim alanına oranıdır. Katı basıncından bahsederken katı bir cismin ağırlığının, cismin oturduğu yüzeye uyguladığı basınç kastedilir. Ama cismin üstüne bastırılabilir ya da cisme yukarı doğru bir miktar kuvvet uygulanabilir; bu durumlarda cismin ağırlığıyla aynı yönde uygulanan kuvvetleri de hesaba katmak gerekir. Hidrolik presin basıncını hesaplamak için malzemeyi sıkıştırma anında, manometreden okunan basınç ile malzemeyi sıkıştırdığımız dairesel kalıbın çapı yeterli olacaktır (Denklemler 1).

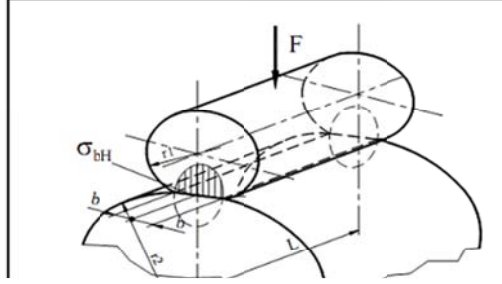
$$p = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Merdaneli preste malzeme davranışının silindirler arasında simetrik olduğu varsayılır ve alanın sadece yarısı dikkate alınır. Merdaneli pres makinalarında iki adet silindirin birbirine en yakın bölgesinde oluşan yüzey basıncı briketlenen malzemenin sıkışmasını sağlar. Silindirik yüzeyli iki cisim birbirine kuvvet altında dıştan temas ediyorlarsa, temas bölgelerinde basınç oluşur. Bu temas bölgelerindeki basma gerilmeleri "Hertz yüzey basıncı" olarak tanımlanır ve Şekil 6' da görülmektedir. Malzeme homojen ve izotropdur, Hooke kanunu geçerlidir ve küçük bir alan olarak düşünülen çizgisel temas bölgesinde sadece normal kuvvet varsayılır. Temas anındaki deformasyon parçanın diğer boyutlarına oranla çok küçük varsayılır. Kuvvetin bütün

temas alanına eşit olarak dağıldığı var sayılır [10]. Merdaneler arasında silindirlerin birbirlerine temas sırasında oluşan Hertz Basıncı ve silindirlerin çevresel teğetindeki temas uzunluğu eninin yarısı şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_b = -\sqrt{\frac{FE}{2\pi r L(1-\nu^2)}} \dots\dots(2)$$

$$b = \sqrt{\frac{8Fr(1-\nu^2)}{\pi EL}} \dots\dots\dots(3)$$

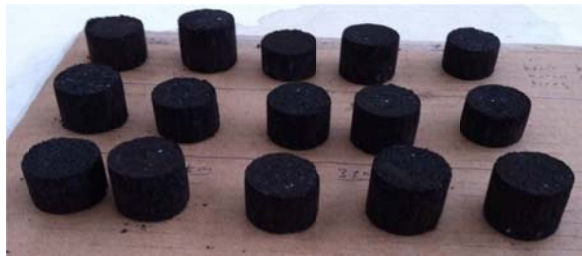


Bu denklemlerde F radyal yöndeki sıkıştırma kuvveti, r silindirlerin yarıçapı, L silindirlerin eksenleri yönündeki temas uzunluğu, E Elastikiyet modülü ve nu Poisson oranıdır.

**Briket presleme basıncının belirlenmesi:**

Hidrolik pres ile briketleme yapılarak farklı karışım oranlarında, uygun briketlerin presleme basıncı ve süresi tespit edildi. Preslenme süresi ve basıncı, briketin basınç dayanımı ve düşme sağlamlığıyla doğru orantılı olarak değiştiğinden önemli parametrelerdendir. Eğer briket yeterli basınçta gerekli süre kadar sıkıştırılmazsa standartlara ulaşamayacaktır. Çalışmada 15 ton kuvvet uygulayabilme kapasitesine sahip bir hidrolik pres kullanıldı. Pres, 27.2 mm çaplı bir silindir kalıp içerisindeki karışımı sıkıştırması ile briketler elde edildi.

Birçok araştırmacı, yeterli mekanik dayanıklılığa sahip briket elde edebilmek için optimum briketleme basıncının seçilmesi gerekliliği vurgulamıştır [11-14]. Tunçbilek linyit kömür tozları kullanılarak 2, 3 ve 4 ton'luk kuvvetler 3 saniye süreyle uygulanarak Tablo 1' de belirtilen 6 farklı karışım oranlarında, Şekil 7'te görüldüğü gibi, briket numuneleri elde edilmiştir.



Şekil 7. Hidrolik Preste Briketlenen Numuneler

Tunçbilek linyitleri bağlayıcı madde kullanılmadan briketlenememiştir ve bağlayıcı madde olarak melas kullanılmıştır. Buravchuk ve Guryanova [11], yakıt briketleri üretmek için melası bağlayıcı madde olarak kullanmışlar ve üretilen briketlerin düşme, aşınma ve kırılma sağlamlığı açısından tüketici ihtiyaçlarını sağladıklarını belirtmişlerdir. Deneysel çalışmanın ilk aşamasında Multi Siklon Ünitesi (MSÜ) öncesi, MSÜ sonrası lavvar atığı olan ve hiçbir yerde kullanılmayan şlam alınarak, belirli oranlarda kireç ve bağlayıcı kullanılarak briketleme yapılmıştır. Yer altından çıkarılan ham halde olan materyalin suyun içine belirli oranda demir tozu katılarak yoğunluğunun ayarlanması sonucu elenmesiyle saf kömür elde edilmesini sağlayan sisteme Lavvar tesisi denir. Kömürün yıkanması olarak da tabir edilen süreç sonrası ortaya çıkan sulu çamura ise şlam denir. Melas malzemesi ise Kütahya Şeker Fabrika'sından pancar atığı olarak temin edilmiştir. Daha sonra üretilen briketlerin TS12055'e göre dayanıklılık analizleri yapılmıştır [15].

Tablo 1. Kömür Briketi Karışım Oranları

Numune Kodu	MELAS (%)	KİREÇ (%)	MSÜ ÖNCESİ (%)	ŞLAM (%)	MSÜ SONRASI (%)
B1	5	5	-	-	90
B2	10	5	-	-	85
B3	15	5	-	-	80
B4	20	5	-	-	75
B5	15	5	-	80	-
B6	15	5	80	-	-
B7	-	-	100	-	-
B8	-	-	-	100	-
B9	-	-	-	-	100

Tunçbilek Linyit kömürünün ısı değerleri Türkiye'deki diğer Linyitlere oranla yüksektir. MSÜ öncesi Tunçbilek Linyit kömürü için 1887 kcal/kg ısı değerine, şlam için 1665 kcal/kg ısı değerine ve MSÜ sonrası Tunçbilek Linyit kömürü için 5564 kcal/kg ısı değerine sahiptir. MSÜ sonrası Tunçbilek Linyit kömürüne kireç ve melas maddeleri katılmasıyla briket numunelerinde ısı değeri azalmakta olup, MSÜ öncesi Tunçbilek Linyiti kömürüne ve Şlam' a kireç ve melas maddeleri katılmasıyla briket numunelerinde ki ısı değerleri artmaktadır [15].

MSÜ öncesi ve MSÜ sonrası Tunçbilek linyiti ve Şlam belli toz kireç ve melas oranlarıyla bir araya getirerek elde edilen briketlerin dayanıklılık testleri Kömür Briketi-Ev ısınmasında kullanılan TS12055'e göre yapılmıştır. Dayanıklılık analizleri için Düşme Dayanımı ve Suya Dayanım testleri uygulanmıştır. Yapılan çalışmada persleme için 4 ton'luk kuvvetin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca %10 ve %15 melas ile %5 kireç karışımı içeren numunelerin (B1, B2, B3, B5 ve B6) düşme dayanımı testinden geçebildiği tespit edilmiştir. Su dayanım testinden de aynı numunelerin geçebildiği tespit edilmiştir.

Dayanıklılık testlerinde uygun olan bu numunelerin hidrolik preste ki sıkıştırma kuvvetinden yola çıkarak merdaneli preslerde oluşturulması gereken briketleme basıncı elde edildi. Deneysel olarak yapılan testlerde hidrolik preste Ø27.2mm çapındaki kalıba 4 ton'luk

kuvvet uyguladığında elde edilen kömür briketi numunelerinin TS12055'e uygun olduğu görüldü. Hidrolik preste yapılan briketlemede malzemeye uygulanması gereken sıkıştırma basıncı (p), Denklem 1 ile hesaplanarak 67.56 MPa olması gerektiği tespit edildi.

#### **Merdaneli presin presleme basıncı:**

Hidrolik presteki briketleme basıncı ile merdaneli presin sıkıştırma basıncının birbirine eşit olması gerekliliğinden yola çıkılmıştır. Hertz basıncı yaklaşımına göre Denklem 1'den,  $\varnothing 500$  mm çapa (2r) ve 300 mm uzunluğa (L) sahip bir merdaneli presin, merdane malzemesinin elastiklik modülü ve Poisson oranı biliniyorsa, Hertz basıncının oluşturduğu kuvvet (F) hesaplanabilir. Merdaneli pres teknolojisinde briket sıkıştırması Hertz basınç teorisiyle tasarlandığında, Denklem 1'de bulunan basınç (67.56 MPa) Hertz basıncına denk olduğu varsayılır. Denklem 2'de bu değerler yerine yazıldığında merdaneli presin sıkıştırma kuvveti 94520,86 N olarak hesaplanır. Silindirlerin birbirlerine temas bölgesinde oluşan Hertz basıncının temas uzunluğu (b) Denklem 3'den 0.59 mm olarak hesaplandı. Biriket boyutları dikkate alındığında esas sıkışan bölgenin çok küçük, öz bir çekirdek şeklinde olduğu ve etki eden sıkıştırma kuvveti etkisinin sınırlı bir bölgede odaklandığı tespit edildi.

Tunçbilek kömürünün merdaneli pres ile briketlenmesi ile ilgili benzer çalışmalar yapılmıştır. Yapılan benzer bir çalışmada merdaneli pres kullanılarak briket numuneleri elde edilmiştir. Merdaneli preslerde briketlenen kömür numunelerine yapılan deneyler sonucunda düşme ve aşınma sağlamlığı değerleri TS 12055 Kömür Briketi Standartları değerlerine göre oldukça düşük çıkmıştır. Bunun nedeninin ise merdaneli pres makinesinin briket numunelerine yeterli sıkıştırma uygulayamaması olarak değerlendirilmiştir [16].

Yabancı menşeli merdaneli pres makinası [17] Tunçbilek kömürünün Briketlenmesi çalışmasındaki merdaneli pres ile aynı teknik özelliklere sahiptir. Söz konusu merdaneli pres  $\varnothing 500$  mm silindir çapı ve 300 mm silindir genişliğinde tasarlanarak yaklaşık 98100N'luk kuvvetle briket numunesini sıkıştırdığı teknik dökümantasyondan [17] anlaşılabilir olup aynı teknik veriler Denklem 2 ile hesaplandığında 9450 N'luk sıkıştırma kuvvetinin olduğu belirlenmiştir. Bu durumda gerçek sıkıştırma kuvvetinin, olması gereken kuvvet değerinden oldukça düşük değerlerde gerçekleştiği değerlendirilmiştir.

### **3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR**

Linyit kömürünün yakılmasından dolayı karşılaşılan çevresel ve ısı sorunlarının çözülmesi için yapılacak en uygun çalışmalardan birisi de kömürün briketlenmesidir. Linyit kömürünün briketlenmesi ile ayrıca kömür tozunun ve atıl olan şlamın değerlendirilmesi sağlanır. Bu çalışma toz kömürün briketlenmesini gerçekleştiren briket makinelerinin tasarımı konusunda literatüre katkı sağlama amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

İki aşama olarak yapılan bu çalışmanın birinci aşamasında amaç standartlara uygun briket elde etmektir. Bunu gerçekleştirmek için ise uygun nem ve bağlayıcı oranları, sıkıştırma kuvveti ve süresi araştırılmıştır. Tunçbilek linyit kömürü tozlarının briketlenmesi esnasında % 10 ila 15 arasında melas, % 5 kireç ilave edilmesi ile %5 nem ile elde edilen karışım 4 ton presleme kuvvetinin 3 sn uygulanması ile standartlara uygun briketler elde edilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise presleme basıncının 67,5 MPa olması gerektiği belirlenip, buradan hareketle Merdaneli briket makinelerinde oluşturulması gereken sıkıştırma kuvveti tespit edilmiştir. Endüstride yaygın bir şekilde kullanılan ve silindirlerin birbirine karşılıklı olarak çalışan Ø500 mm çaplı 300 mm genişliğindeki merdaneli preslerin tasarımlarının iyileştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Mevcut merdaneli preslerin yaygın olarak kullanılmamasının en büyük sebebi ise yeterli sıkıştırma bölgesinin oluşturulmadığı ve yeterli sıkıştırma kuvvetine ulaşılamadığı sonucuna varılmıştır. Hertz basınçları dikkate alındığında sıkıştırılan bölge çevresel doğrultudaki sıkıştırma uzunluğunun sadece 0.59 mm' de odaklandığı görülmüştür. Bu durumda oluşan briketin altında sadece öz kısmı sıkışmakta ve kenarlara doğru ise gevşemektedir. Sıkıştırma uzunluğunun artmasına yönelik yeni tasarımlar yapılmalıdır.

Mevcut briketleme makineleri ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılmamaktadır. Endüstriyel alandaki briketleme uygulamaları ise büyük oranda deneme yanılma yöntemi ile yapılamaya çalışmakta bunun sonucunda ise başarılı sonuçlar elde edilememektedir. Yapılan çalışmadaki amaç briketleme makinelerinin tasarımlarına katkı sağlayabilmek ve uygun kalitede briketler elde edebilmek için presleme basınç ve kuvvetini tespiti edebilmektedir. Ayrıca Merdaneli pres makinalarının geliştirilerek verimlerinin artmasını sağlayabilmektedir.

#### 4. KAYNAKÇA

- [1]. Tumulu J. S., Wright C. T., Hess J. R. and Kenney K. L., 2011, Biofuels, Bioprod, Bioref, July, s. 683-707
- [2]. Yılmaz S., Coşkun. T., 2016, Alternatif Katı Yakıt Üretimi., İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, ISSN:2147-3455, 5(1): 129-139
- [3]. Özyuğuran A., Açma H. H., 2016, Afşin-Elbistan Linyitinin Biyokütle ve Bağlayıcı Katkısıyla Briketlenmesi., Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Tasarım ve Teknoloji GU J Sci Part:C, 4(3): 103-113
- [4]. Çiçinçin Ö., Anıl M., ve Kılıç Ö., 2004, İthal ve Yerli Kömür Karışımı ile Farklı Bağlayıcı Maddeler Kullanılarak Üretilen Pres Kömürler, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 239-251, Zonguldak.
- [5]. Beker, O.G., Kural, O. & Dağalp, M., 1998, Kömürün briketlenmesi, KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, Üzgün Ofset Matbaacılık, İstanbul: 453-475
- [6]. C.F. Nielsen A/S, 2011, Briquetting presses and total solutions. [Online]. Available at: <http://www.cfnielsen.com>
- [7]. Kürklü, A., ve Bilgin, S., 2005. Biyokütle Briketleme Makinaları ve Uygulamaları: Literatür Taraması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Semp. ve Sergisi, s. 252-256, 19-21 Ekim, Mersin.
- [8]. Gibson L, 2011, Energy tablets. [Online]. Available at: <http://www.biomass-magazine.com/articles/5086/energy-tablets>



- [9]. Kaliyan N, Morey RV, White MD and Doering A, 2009, Roll press briquetting and pelleting of corn stover and switchgrass. Transactions of the ASABE 52(2), s.543–555.
- [10]. Kutay. M. G., 2009, Mukavemet Değerleri, Gerilmeler, Parçalardaki gerilmeler, 1.13, Kasım.
- [11]. Buravchuk, N.I. and Guryanova, O.V., “Production of fuel briquettes from anthracite fines”, Solid Fuel Chemistry, Vol. 48, No. 4, 260-264, 2014.
- [12]. Tumuluru, J.S., Tabil, L.G., Song, Y., Iroba, K.L. and Meda, V., “Impact of process conditions on the density and durability of wheat, oat, canola, and barley straw briquettes”, Bioenergy Resource, Vol. 8, 388-401, 2015.
- [13]. Zanjani, N.G., Moghaddam, A.Z. and Dorosti, S., “Physical and chemical properties of beet pulp/Mezino bituminous coal briquettes”, Energy Sources Part A, Vol. 35, 2173-2180, 2013.
- [14]. Zhang, J.and Guo, Y., “Physical properties of solid fuel briquettes made from Caragana korshinskii Kom”, Powder Technology, Vol. 256, 293-299, 2014.
- [15]. TS 12055, 1996, Kömür Briketi – Ev ve Benzeri Yerleri Isıtmada Kullanılan, Nisan. 12.02.2018- 08.04.1996
- [16]. Parlak A., 2010, Tunçbilek Linyitlerinin Briketlenmesi ve Yanma Esnasında Kükürdün Külde Tutulması, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Ocak, Ankara.
- [17]. Sente Sawdust / Wood / Charcoal Briquette Making Machine [Online]. Available at <http://www.wood-pelletsmachine.com/sale-7638198-sawdust-wood-charcoal-briquette-making-machine-1-2-ton-capacity.html>