

## Kale (Denizli) Linyitleri ile İthal Kömür Tozlarının Briketlenme Olasılığının Araştırılması

V. Deniz & M. Kurt

Maden Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, İsparta, Türkiye

**ÖZET:** Yüksek ve orta kükürlü kömür tozlarının briketlenerek, hem parça kömür olarak değerlendirilmesi, hem de yüksek kalorili temiz yakıt olarak piyasaya sunulması çevre bilincinin gittikçe arttığı günümüzde önem taşımaktadır. Son yıllarda, linyit kömürlerimizin bir çok ilde yakılmasının yasaklanması ithal kömür kullanımının gittikçe artmasına neden olmuştur. Bu çalışmada yerli kaynaklarımızın sektörde pay bulabilmesi amacıyla Kale (Denizli) yöresi linyitlerimiz ile ithal kömür karışımının briketlenme koşulları incelenmiştir. Sonuçlar, ekonomik değeri düşük olan Kale yöresi kömürlerinin briketlenerek değerlendirilebileceğini göstermiştir.

**ABSTRACT:** It is very important to offer briquets of fine coals with the high and middle level sulphur as clean and coarse coal with high calorific value to the market. Recently, prohibition of use of Turkish lignites in many cities has led to an increase in use of the imported fine coals. In these paper, with the purpose of creating a share for Turkish lignites in the market, possibilities of briquetting Kale (Denizli Lignite) with the imported fine coals were studied. The results have shown that the Kale lignites can be evaluated by briquetting with the imported fine coals.

### 1 GİRİŞ

Yeryüzündeki fosil yakıt rezervlerinin %95'i katı, %4'ü sıvı ve geri kalanı ise gaz halindedir. Kaynakların çok çeşitli ve büyük olmasının yanı sıra diğer yakıtlara kıyasla daha ucuz olması nedeniyle kömür, uzun vadede önemli üstünlüklere sahiptir. Bugün üretilen toplam enerjinin, ABD'de %80, İngiltere'de %70, Rusya federasyonunda %50 ve Ortak Pazar ülkelerinde ise %40'ı kömürden elde edilmektedir (Beker vd. 1998).

Linyitlerimizin toplam kükürt içeriği dünya ortalamasının çok üzerindedir. Ayrıca, linyitlerimizin kırılgan karakterde olması, üretim, taşıma ve depolama esnasında %30-%40 oranında bazı durumlarda %60 kadar tozlaşmaktadır. Linyitlerimizin çevre dostu ve daha kaliteli olarak üretilmesi, ülke ekonomisi açısından da son derece önemlidir. Bu sebeple linyitlerimizin hem verimli ve çevreye daha az zarar verecek şekilde hem de tüketicinin yakma sistemine uygun bir yakıt halinde üretilmesi için briketleme yöntemi önemli bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır (Beker vd. 1998).

Briketleme, basit bir işlem olmayıp birçok faktörü içeren karmaşık bir prosestir. Bu faktörlerin tümünün, her zaman aynı ölçüde etkili olduğu söylenemez. Uygulanacak briketleme yönteminin seçimi ve tekniğinin geliştirilmesi kömürün fiziksel özelliklerine bağlıdır. Kömürün briketlenmesinde; petrografik özellikleri ve yapısı, içerdiği bitim, nem ve mineral madde miktarları ile tane boyut dağılımı önemli rol oynamaktadır. Ayrıca briketleme işleminde uygulanan presleme basıncı ve sıcaklığı ile bunların süreleri ile katkı maddenin miktarı ve özellikleri briket oluşumunu etkileyen faktörlerin arasında gelirler (Kemal 1990, Beker vd. 1998).

Briketlerde aranan özelliklerin başında Mekanik sağlamlık ve Suya karşı dayanım gelir. Briketlerin mekanik sağlamlıklarını ölçmek amacı ile değişik testler uygulanmaktadır. Bunlar arasında, Shatter testi (düşme sağlamlığı), Tek eksenli basınç testi (kırılma sağlamlığı) ve Tambur testi (aşınma sağlamlığı) bulunmaktadır. Briketlerin Suya dayanımları ise su dolu kap içerisinde dağılma ve bünyelerine su alma özellikleri incelenerek test edilir. Eğer, briketlerin suya karşı dayanımları az ise torbalanarak pazarlanmaları gerekir (Ateşok 1986; Kemal 1990; Beker vd. 1998).

Birinci sınıf ve ikinci sınıf briketlerden, sırasıyla tek eksenli basınç dayanımlarının 130 kg/cm<sup>2</sup>'den ve 100 kg/cm<sup>2</sup>'den az olmaması, Shatter İndeks değerlerinin %90'dan ve %80'den küçük olmaması ve tambur testinde ise %20'den fazla ufalanmaması istenir. Briketlerin suya karşı dayanımları için tam olarak bir standart olmamakla birlikte 1 saat süre içerisinde briket hacminin % 70'ini koruması yeterli kabul edilmiş veya torba içerisine konması istenmiştir (TSE12055.1996).

Türk linyitleri kullanılarak yapılan briketleme çalışmalarına göz atacak olursak;

Muğla civarı kömürlerinden, klasik yöntemlerle yapılan briketlerden olumlu sonuç alınamamıştır (Beker vd. 1998).

Erzurum-Hınıs bölgesi kömürleri, yumuşak linyit grubuna girdiğinden katkı maddesiz olarak 1200 kg/cm<sup>2</sup> basınç altında briketlenerek suya dayanmış fakat mekanik sağlamlığı açısından briketlenebilir bulunmuştur (Beker vd. 1998).

Çankırı-Orta, Ankara -Beypazarı, Sivas-Kangal, Saray-Vize ve Bursa-Orhaneli linyitlerinden, katkı maddesiz sağlam briketler elde edilememiştir (Beker vd. 1998).

Çanakkale-Çan linyitleri sert linyit grubuna girdikleri için katkı maddeli olarak yapılan briketlemede sağlam briketler elde edilememiştir (Beker vd. 1998).

1973 yılında, Afşin-Elbistan linyitlerinden suya dayanıklı briketler elde etmek amacı ile nem içeriğinin azaltılması ve asfalt ve zift ile kaplanması durumunda bile başarılı sonuçlar vermemiştir (Beker v.d., 1998).

Çorum Yöresi kömürleri üzerinde zenginleştirme sonrası Briketleme testlerinde % 6 Kireç ve % 16 Melas kullanılarak yeterli sağlamlıkta briketler elde edilmiş, fakat kömürün kireç kullanımı nedeniyle kül oranı artmış ve suya karşı dayanımsız oldukları tespit edilmiştir (Acarkan vd.1994).

Tunçbilek linyit tozlarından Amonyum nitrohumat bağlayıcı kullanılarak üretilen briketlere ısı işlem uygulanarak suya dayanıklı briketler üretilebileceği belirlenmiştir (Yıldırım & Özbayoğlu 1998).

Konya-Ermenek yöresi kömürleri üzerinde 1998 yılında yapılan bir çalışmada ise sülfat likörü, katran ve melas bağlayıcıları kullanılarak testler yapılmış ve -2 mm'in altındaki örnekler ile Arşimed vidası tekniği kullanılarak başarılı sonuçların alınabileceği belirtilmiştir (Buzkan vd. 1998).

Manisa-Soma yöresi linyitlerinden katkı maddeli olarak sülfat likörü kullanılarak üretilen briketlerin ekstra olarak 320 °C'de ısı işleme tabii tutulması ile iyi kalitede briket elde edilmiştir (Sağlam vd. 1984).

İstanbul-Kemerburgaz yöresi linyitlerinden bağlayıcı ve bağlayıcı olarak briketleme testleri

yapılmıştır. Katkı maddesiz briketlemede olumsuz sonuçlar alınırken, bağlayıcı olarak Melas kullanılması durumunda az bir iyileşme görülmüştür (Beker vd. 1998).

Son yıllarda, hava kirliliğine çözüm bulmak için yoğun bir şekilde ithal kömür kullanımı teşvik edilmektedir. İthal edilen bu kömürlerin toz boyutları düşük fiyatlarda pazarlanabilmektedir. Düşük kaliteli yerli kömürümüzü ve ithal toz kömürümüzü birlikte briketleme durumunu değerlendirerek ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı düşünülerek, Kale (Denizli) yöresi kömürlerin İthal kömür tozları ile birlikte değerlendirme olanağının araştırılması bu çalışmanın amacını teşkil etmektedir.

## 2 MALZEME VE YÖNTEM

Kale (Denizli) yöresi toz linyit kömürü ve ithal toz taş kömürü örnekleri birlikte değerlendirilmesi amacıyla örnekler alınmıştır. Örneklerin kimyasal analizleri Çizelge 1'de ve elek analizleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan kömürlerin kimyasal analizler.

Özellik	Kale	İthal
Toplam Nem(%)	20.95	3.04
Kül(%)	17.13	12.42
Sabit Karbon(%)	32.20	66.42
Uçucu Madde(%)	29.72	18.12
Toplam Kükürt(%)	1.74	0.39
A.I.D.(kcal/kg)	3910	7050
U.I.D.(kcal/kg)	4280	7325

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan kömürlerin elektrik analizleri

Boyut	Kak;		İthal		
	mm	%Miktar	E.A.	%Miktar	E.A.
-1.7	41.53	100.00	28.58	100.00	
-0.85	15.05	58.77	12.37	71.42	
-0.6	19.72	43.42	19.47	59.05	
-0.30	11.58	23.70	15.06	39.58	
-0.15	4.32	12.12	6.64	24.52	
-0.106	7.80	7.80	17.88	17.88	
Toplam	100.00		100.00		

Örneklerin karışım oranları, briketin toplam kükürt değerinin %1 baz olacak şekilde %45 Yerli + %55 İthal olarak seçilmiştir. Bu karışım oranlarında kömür örnekleri birer kilogram olacak şekilde hazırlanmış ve deneylerde bu birer kilogramlık numuneler kullanılmıştır.

Briketleme testlerine malzemenin hazırlanmasında öncelikle bağlayıcı olarak Melas ile % karışım oranı ayarlanmış ve mekanik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra etüv içerisinde belirli bir süre sıcaklıkta ısıtılmıştır. Daha sonra, Pres basıncı sabit olarak ayarlanabilen Briket presinde briketler oluşturulmuştur.

Her bir test grubunda 50-70 adet briket üretilmiş ve üretilen briketler üç gün bekletildikten sonra Shatter indeks ( 4 atış yapılmış ve +1.5 cm'in üzerinde kalan kısım baz alınmıştır) ve basınç dayanımını testlerine tabii tutulmuştur. Bağlayıcı olarak melas kullanım sonucu ön testlerde kötü sonuçlar çıkması nedeniyle Su emme testi diğer testlerde yapılmamıştır.

Briketleme testlerinde başta Melas oranı olmak üzere, sırasıyla pres süresi, pres basıncı, kurutma sıcaklığı, kurutma süresi ve karışım oranlarının briket sağlamlığına olan etkisi incelenmiştir.

### 3 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Bağlayıcı miktarı üzerine yapılan testler

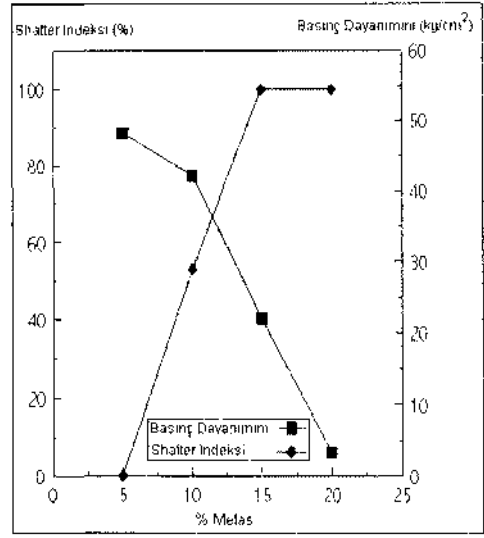
Bu test işleminde , çevre dostu ve ucuz oluşu nedeniyle bağlayıcı madde olarak Melas kullanılmıştır. Bağlayıcı miktarının etkisi % 5, %10, %15 ve %20 melas oranları için test edilmiştir. Test sonuçları Şekil 1 'de görüldüğü üzere melas oranı arttıkça Shatter indeks(SI) değerleri artarken, basınç dayanımına(BD) olumsuz etkisi görülmüştür. Bunun nedeni melas'ın fazla olması briketlerin nem içeriğini artırmış ve basınç altında briketler dayanım göstermemiştir. Bu nedenle, melas oranının % 12 olarak seçilmesi gerektiği belirlenmiştir.

#### 3.2 Pres süresinin etkisi üzerine yapılan testler

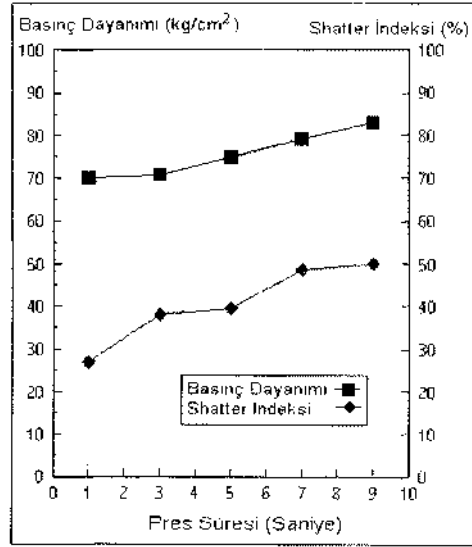
Pres süresinin etkisini incelemek için 1 sn, 3 sn, 5 sn, 7 sn ve 9 sn sürelerde sabit basınçta briketler üretilmiş ve Satter indeksi ve Basınç dayanımları ölçülmüştür. Şekil 2'de görüleceği üzere Pres süresi arttıkça hem Shatter indeksi hem de Basınç dayanımları artmıştır. Fakat endüstriyel anlamda en uygun süre olarak 3 sn seçilmiştir.

#### 3.3 Pres basıncının etkisi üzerine yapılan testler

Pres basıncı, kullanılan kömürün özellikleri ile uygulanan briketleme yöntemine bağlıdır. Basınç, kömür taneleri arasındaki mesafeyi azaltarak birbirine yaklaşmasını sağlamak ve tane yüzeylerinin temas oranının artırmaktadır. Tanelerin kırılıp yerlerinin değişmesi sonucunda boşluklar dolmaktadır. Ancak, taneler birbirleriyle daha sıkı temas ettirilirken optimum değer üzerine çıkılması durumunda, plastik deformasyonun geri dönüşlü olması ve briketlerin birden genişmesi, çatlaklar



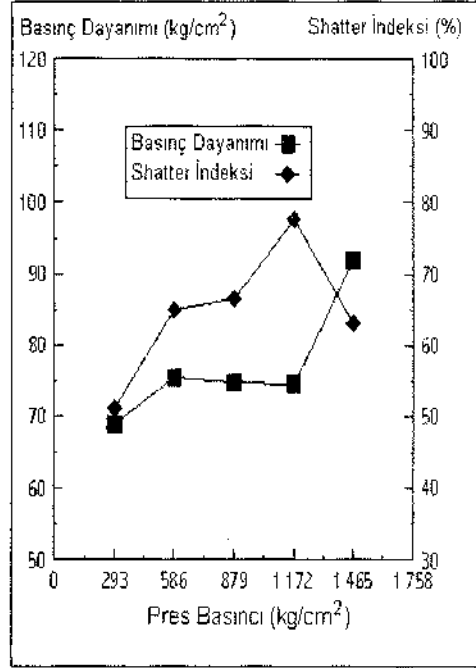
Şekil 1. Melas oranının Sf ve BD olan etkisi.



Şekil 2. Presleme süresinin SI ve BD olan etkisi.

oluşturarak sağlamlığını azaltmaktadır (Beker vd. 1998).

Pres basıncı üzerinde yapılan testlerde 293 kg/cm<sup>2</sup>, 586 kg/cm<sup>2</sup>, 879 kg/cm<sup>2</sup>, 1172 kg/cm<sup>2</sup> ve 1465 kg/cm<sup>2</sup> basınçlarda test edilmiş ve sonuçlar Şekil 3'de gösterilmiştir. Test sonuçlarından görüldüğü üzere pres basıncı arttıkça belirli bir değere kadar Shatter indeksi artmakta fakat 1172 kg/cm<sup>2</sup>lik basınç dan daha yukarıda kömür tanelerinin çatlaklar oluşturması sonucu Shatter indeks değeri düşmektedir. Bu nedenle, en uygun pres basıncı 1172 kg/em\* olarak tespit edilmiştir.



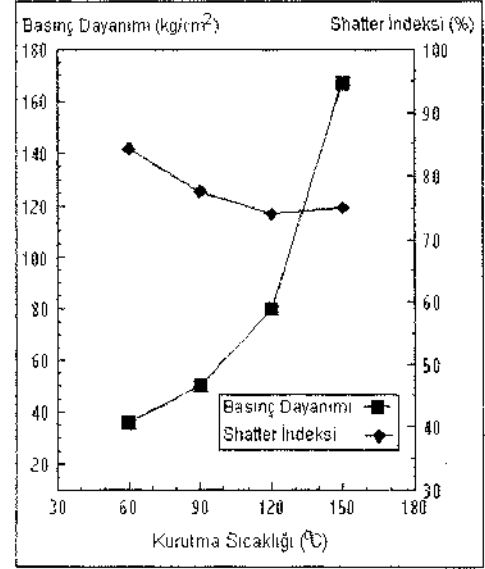
Şekil 3. Pres basıncının Sİ ve BD olan etkisi.

#### 3.4 Kurutma sıcaklığının etkisi üzerine yapılan testler

Katkı maddeli briketleme yönteminde briket sağlamlığını etkileyen en önemli parametrelerden biri, kömürün nem miktarıdır. Nem miktarı, kömür taneleri ile katkı maddesi arasında gerekli olan ıslanmayı ve yapışmayı sağlayacağı için önemlidir. Bu nedenle kurutuculara % 15'den fazla nem içeriği ile giren kömür tanelerinin nem içeriği çıkışta % 2-% 5 arasında olması istenir (Beker vd. 1998).

Kurutma sıcaklığı test işlemleri 500 °C 'ye kadar çıkabilen bir Etüvde gerçekleştirilmiştir. Testlerde, sırasıyla 60 °C, 90 °C, 120 °C ve 150 °C'lik sıcaklıklarda kömür örnekleri kurutulmuştur.

Şekil 4'de kurutma sıcaklığının Shatter indeksi ve basınç dayanımı üzerine olan etkisi gösterilmiştir. Sıcaklığın artması sonucu, bünyedeki suyu atması hızlanmış ve melas bünye suyunun yerine geçmesi nedeniyle basınç dayanımına oldukça fazla etkisi olmuştur. Sıcaklığın fazla artması sonucu kömür taneleri suyunu kaybederken mikro çatlaklar oluşturması üzerine Shatter indeks değerleri düşmüştür. Bu test grubunda, sıcaklığın özellikle basınç dayanımı üzerinde fazla etkisi olması ve endüstriyel uygulama da göz önüne alınarak en uygun kurutma sıcaklığı 150 °C olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4. Kurutma sıcaklığının Sİ ve BD olan etkisi.

#### 3.5 Kurutma süresinin etkisi üzerine yapılan testler

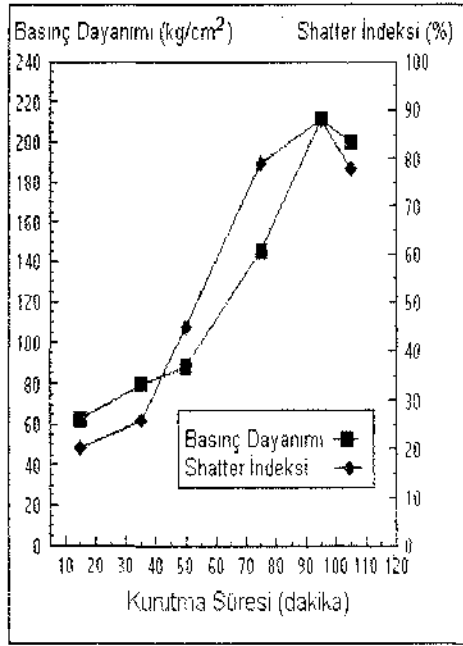
Kurutma süresi; kömürün nem içeriğini istediğimiz orana getirilmesi için kurutma sıcaklığı gibi önemli parametrelerdendir.

Bu test grubunda; Şekil 5'de gösterildiği üzere kurutma süresinin artmasıyla belirli bir kurutma süresine kadar hem Shatter indeksi hem de Basınç dayanımı değerlerinde bir artış söz konusudur. Ancak, 100 dakikalık süreden sonra ani bir düşüşü gözlenmektedir. 100 dakikalık kurutma süresi (150 °C'de) kömürün nem içeriğini tamamen kaybettiği ve kömür tanelerinin birbirini tutama ma sonucunu doğurmuştur. Bu test sonucunda en uygun kurutma süresinin 100 dakika olduğu tespit edilmiştir.

#### 3.6 Karışım oranlarının etkisi üzerine yapılan testler

Bu deneysel çalışmanın esas amacı bu iki kömürün karıştırılarak briketlenmesi amaçlandığından bu iki kömürün karışım oranlarının briket dayanımına olan etkisi incelenmiştir.

Deneysel çalışmaların başında örneklerin karışım oranları, toplam küllük değerinin %1 baz alınarak %45 Yerli+%55 İthal olarak seçilmiştir. Bu test grubunda yerli kömürü daha fazla kullanılabilirliği incelenmiş ve %45 Yerli+%55 İthal, %60 Yerli+%40 İthal, %70 Yerli+%30 İthal, %80 Yerli+%20 İthal ve %90 Yerli+%10 İthal olacak şekilde birer kilogramlık örnekler hazırlanmış ve briketlerin test sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Kurutma süresinin SI ve BD olon etkisi

Şekil 6'da da görüldüğü üzere yerli kömür miktarının artırılması briketlerin Shatter ve Basınç dayanımlarına olumsuz etkisi olmuştur. Bu nedenle, hem sınır kükürt değeri ve maksimum yerli kömür kullanımı veren oran olan %45 Yerli+%55 İthal karışım oranı en uygun olarak belirlenmiştir.

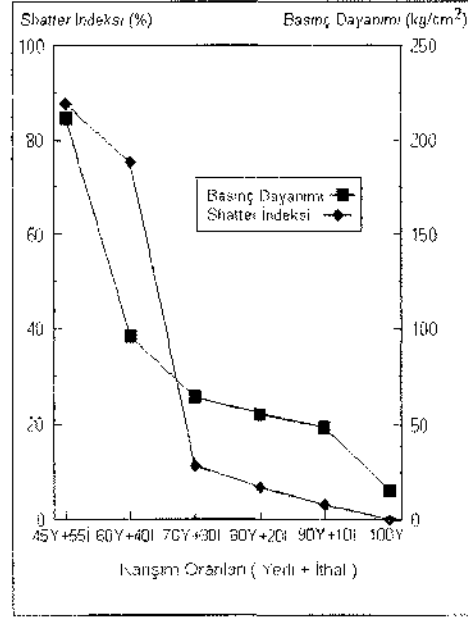
### 3.7 Bağlayıcı olarak $Na_2SiO_3$ kullanımı etkisi üzerine yapılan testler

Suya dayanımı artırmak için bağlayıcı olarak yalnız  $Na_2SiO_3$  ve Melas +  $Na_2SiO_3$  olarak denenmiş ve yapılan testlerde mekanik sağlamlığı çok düşük briketler elde edilmiştir.

Briketlerin dayanımını artırmak için, en iyi şartlarda oluşturulan briketler  $Na_2SiO_3$ 'a daldırılarak yapılan testlerde olumlu sonuçlar alınsa da bu yöntemin pratik olmadığı görülmüştür.

## 4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan testler sonucunda yerli kömürün tek başına briketlenme özelliğinin kötü olması ve kükürt oranının yüksek olması, ithal kömürle karıştırmayı zorunlu kılmaktadır. Bu karışımın bağlayıcı olarak melas kullanılarak briketlenme özelliği araştırılmıştır. Çalışma sırasında briket sağlamlığına etki eden faktörlerin; bağlayıcı miktarı, pres basıncı, pres süresi, kurutma sıcaklığı, kurutma süresi ve



Şekil 6. Kömür karışım oranlarının SI ve BD olan etkisi

kömürlerin karışım oranlarının briketlenme özelliğine etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Deneyler sonucunda en uygun briketleme şartlarının, melas oranı %12, kurutma sıcaklığı 150 °C, kurutma süresi 100 dakika, pres süresi 3 saniye, presleme basıncı 1172 kg/cm<sup>2</sup> ve karışım oranı ise %45 Yerli + %55 İthal kömür olarak belirlenmiştir.

Bu test sonuçlarından, yerli toz kömür ve ithal toz kömürlerinin katkı maddeli briketlenme yöntemi ile işlenen sağlamlıkta (Shatter İndeksi; %88 ve Basınç dayanımını 210 kg/cm<sup>2</sup>) briketler elde edilebileceği ortaya çıkmıştır.

Briketlerde bağlayıcı olarak Melas kullanılması suya karşı dayanımın düşük olmasına neden olduğundan üretilecek briketlerin torbalanma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Briketleme ile ilgili bir çok araştırmada, briketlerin mekanik sağlamlıklarını belirlemek için ya sadece basınç dayanımı veya sadece Shatter İndeksi test edilmektedir. Bu çalışma da, mekanik sağlamlık açısından Shatter İndeksi ile Basınç Dayanımı bazı durumlarda ters ilişki göstermiştir. Bu nedenle, briketlerin hem darbeye karşı ( Sobaya veya Stoğa briketleri boşaltırken) hem de basınca karşı (Briketlerin üst üste depolanması durumunda) dayanımlarının birlikte incelenmesi gereği vardır.

Bu çalışmada, briketlerin suya karşı dayanımı açısından ısıtma işlemi üzerinde ve Amonyum Nitrohumat gibi bağlayıcılar ile etkilerinin incelenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Ekonomik değeri düşük olan Kale (Denizli) yöresi linyitlerinin bu yöntemle değerlendirilmesi ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Acarkan, N., Kural, O., Önal, G., Yıldırım, İ & Tuncel, Z., 1994, Çorum bölgesi kömürlerin zenginleştirilme ve briketleme yoluyla kükürdün azaltılması, *Türkiye 9. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Zonguldak: 331-342
- Ateşok, G., 1986, Kömür hazırlama, *Güney Matbaası*, İstanbul.
- Beker, O.G., Kural, O. & Dağalp, M., 1998, Kömürün briketlenmesi, *KÖMÜR Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, Üzgün Ofset Matbaacılık*, İstanbul: 453-475

- Buzkan, İ., Arslansan, E. & Günay, Y., 1998, Ermenek kömürlerinden Türkiye'de yeni bir teknik ile pilot çapta briket üretimi, *Türkiye 11. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Amasra: 199-208 .
- Kemal, M., 1990, Aglomerasyon, *DEV. Müh.-Mim. Fak. Yayın, MM/MAD-90 EY401*, İzmir.
- Sağlam, M., Yüksel, M., Tutaş, M. & Karaduman, M., 1984, Soma linyit kömürü tozlarından hava ve suya dayanıklı briket üretimi, *Türkiye 4. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Zonguldak: 237-249.
- İSE 12055, 1996, Ev ve benzeri yerleri ısıtmada kullanılan kömür briketi.
- Yıldırım, M. & Özbayoğlu, G., 1998, Bağlayıcı olarak amonyum nitrohumat içeren linyit briketlerine ısı işleminin etkisi, *Türkiye 11. Kömür Kongresi, TMMOB Maden Müh. Odası*, Amasra: 209-214.