

**SUDA ÇÖZÜNMEYEN BAĞLAYICI ÜRETİMİ, BAĞLAYICI CİNS  
VE MİKTARININ KÖMÜR BRİKET ÜRETİMİNE VE  
KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

77210

**TEZİ HAZIRLAYAN  
M. Salih KESKİN**

**TEZ YÖNETİCİSİ  
Prof. Dr. Abdullah ÇOBAN**

77210

**Erciyes Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü'ne  
Kimya Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi  
olarak sunulmuştur.**




**Şubat - 1988  
KAYSERİ**

Erciyes Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma, Jürimiz tarafından KİMYA Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS  
TEZİ olarak kabul edilmiştir.

18.02/1998

Başkan : Doç. Dr. Behzat ALTURAL   
Üye : Prof. Dr. Abdullah ÇOBAN   
Üye : Yrd. Doç. Dr. Talat ÖZPOLAN 

ONAY :

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim  
üyelerine ait olduğunu onaylarım.

30 NISAN 1998  
...../...../1998

  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZGEÇMİŞ

*Adı ve Soyadı* : M.Salih KESKİN  
*Ana Adı* : Latife  
*Baba Adı* : Abdullah  
*Doğum Yeri Ve Tarihi* : Gercüş-1961

İlk ve Orta tahsilini Gercüş'te, Lise tahsilini Kayseri'de tamamladı. 1982 yılında Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Bölümünü kazandı ve 1986 yılında mezun oldu. 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans'ı kazandı. Halen Siirt Eğitim Fakültesinde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında danışmanlığımı yürüten ve hiç bir konuda benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam **Sayın Prof. Dr. Abdullah Çoban** 'a, yüksek lisans süresince emeği geçen bütün arkadaşlarıma ve en önemlisi bütün hayatım boyunca bana destek verip çalışma isteğimi artıran aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

Doğu Anadolu, Türkiye'nin en soğuk bölgesidir. Isınma amacıyla kullanılan maddelerin temelini düşük kaliteli Karlıova ve Elbistan Turbları ile Şırnak ve Cizre Asfaltitleri teşkil etmektedir. Bu kömürler hiç bir yıkama, mekanik temizleme veya briketleme gibi herhangi bir işleme tabi tutulmadan üretildikleri haliyle sobalarda kullanılırlar. Üretim, nakliye ve depolama esnasında kömür parçalarının büyük bir kısmı toz haline geldiği için değerlendirilemezler.

Bu çalışmada, kömürlerin tipleri ve tane irilikleri, melas bağlayıcının oranı, kireç ilavesi gibi faktörlerin üretilen briketlerin gerilim direnci üzerine etkileri incelendi. Her bir kömür türü ve tane iriliği için optimum bir bağlayıcı oranının olduğu tesbit edildi. Tüm durumlarda, kireç ilavesi üretilen briketlerin gerilim dirençlerini azalttığı görüldü. Melasın bağlayıcı olarak kullanıldığı briketlerin tamamı suda çözünmektedir. Kireç ilavesinin briketlerin suda çözünmesine herhangi bir etkisi de yoktur.

Briketler suda çözüldüğü için, nem, yağmur ve karın etkisini önlemek amacı ile Türkiye'de üretilen briketler 25 veya 50 kg. lık plastik torbalar halinde paketlenmek zorundadır. Bu paketleme, hem maliyeti artırmakta hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Bu problemi çözmek için B1...B4 şeklinde işaretlenmiş dört değişik kimyasal katkı maddeleri melasa ilave edildikten sonra, briketler 60 ila 170 °C arasında değişen değişik sıcaklıklarda 1 saat süre ile sertleştirme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu katkı maddelerinin ilave edilmesi, üretilen briketlerin sertliklerini artırmıştır. 120 °C nin üzerindeki sıcaklıklarda 1 saat süre ile sertleştirilen briketlerin, bu kimyasal katkı maddelerinin etkisi ile, sertliklerinin arttığı ve suda çözünmedikleri görülmüştür.

## ABSTRACT

Eastern Anatolia is the coldest part of Türkiye. The main household heating materials are very low rank Karlova and Elbistan Turbs and Şırnak and Cizre Asphaltites. These coals are used in stoves as produced, without washing, mechanical cleaning or briquetting. During production, transportation and storage most of the lumps are broken into fines which could not be utilised.

In this study, the factors affecting the quality of briquettes such as size, percentage of molasses binder, addition of lime the quality of briquettes were studied. It was found out that there is an optimum percentage of binder for each type of coal and of their size. In all cases, addition of lime reduces the tensile strength of the briquettes produced. All of the briquettes produced by using molasses as a binder dissolves in water. Addition of lime has no effect on the solubility of the briquettes.

Since the briquettes dissolves in water, the briquettes produced in Türkiye have to be packed in 25 to 50 kg plastic bags to avoid dissolving effect of the moisture in air, rain and snows. This packing increases the cost and also causes environmental pollutions.

In order to solve this problem, four different type of chemical additives marked as B1...B4 were added into molasses binder and then briquettes were cured at different temperatures ranging from 60 to 170 °C. Curing time were the same in all curing tests 1 hour. Addition of these chemicals, increased the tensile strength of the briquettes. These chemicals also made the briquettes undissolvable in water if the briquettes cured above 120 °C for 1 hour.

## İÇİNDEKİLER

	.....Sayfa
ONAY SAYFASI.....	I
ÖZGEÇMİŞ.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER VE GRAFİKLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XI

### BÖLÜM I

1.1 Giriş.....	1
----------------	---

### BÖLÜM II

2.1 Kömürün Karbonizasyonu ile Kömürün Fiziksel ve Kimyasal Yapısı Arasındaki İlişkiler.....	4
2.1.1 Kömür ve Jeolojik Zaman.....	4
2.1.2 Kömürün Oluşumu için Gereken Temel Şartlar ve Oluşumun Kaynağı.....	5
2.1.3 Kömürlerin Sınıflandırılması.....	5
2.1.4 Kömürlerin Rankı ve Kömür Sınıflandırılması.....	8
2.2 Kömür İçerisindeki Fonksiyonel Gruplar.....	10
2.3 Kömürlerin Gözenek Yapısı.....	12
2.4 Kömürlerin Molekül Yapısı ve Molekül Düzeni.....	15
2.5 Diğer Önemli Karbonlu Maddelerin Tanıtılması.....	19
2.5.1 Antrasit.....	19
2.5.2 Asfaltit.....	19
2.5.3 Türkiye'de Asfaltit Rezervleri ve Üretimi.....	20
2.6 Taşkömürü ve Kullanım Alanları.....	21
2.6.1 Dünyada Taşkömürü.....	21
2.6.2 Tüketim.....	22
2.6.2.1 Tüketim Alanları.....	22
2.6.3 Üretim.....	25

2.6.3.1 Kurulu Kapasiteler.....	25
2.6.4 Türkiye'de Taşkömürü.....	26
2.6.4.1 Bulunuş Şekilleri ve Uluslararası Spesifikasyonlara Uygunluğu.....	26
2.6.4.2 Rezervleri.....	27
2.6.4.2.1 Antalya Taşkömürü Yatakları.....	27
2.6.4.2.2 Diyarbakır Taşkömürü Yatakları.....	27
2.6.4.2.3 Zonguldak (Kuzeybatı Anadolu) Taşkömürü Havzası.....	28
2.6.4.3 Türkiye'de Üretimi ve Tüketimi.....	28
2.6.4.4 Karabük Demir Çelik Kok Fabrikası.....	29
2.6.4.5 İskenderun Demir Çelik Kok Fabrikası.....	30
2.6.4.6 Ereğli Demir Çelik Kok Fabrikası.....	30
2.6.4.7 Havagazı Fabrikalarında Kok Üretimi.....	30

### BÖLÜM III

3.1 Numune Alma.....	31
3.2 Kömürlerin Öğütülmesi ve Numune Hazırlama.....	33
3.3 Briket Üretimi.....	33
3.3.1 Kömür Tozundan Sadece Melas Bağlayıcı ile Briket Üretimi.....	33
3.3.2 Suda Çözünmeyen Bağlayıcı Üretme Çalışmaları.....	53
3.4 Deneysel Çalışmalarda İşlem Sırası ve Kullanılan Cihazlar.....	65
3.4.1 Öğütme ve Cihazı.....	65
3.4.2 Briket Üretimi ve Cihazı.....	67
3.4.3 Briketlerin Kurutulması ve Serleştirilmesi.....	68
3.4.4 Elektrik Fırını.....	69
3.4.5 Sertlik Ölçme ve Cihazı.....	70

### BÖLÜM IV

4. Sonuç ve Tartışma.....	71
4.1 Briketlemede Basıncın Etkisi.....	72
4.2 Bağlayıcının Cinsi ve Miktarı.....	73
4.3 Kirecin Etkisi.....	74
4.4 Sıcaklığın Etkisi.....	74
KAYNAKLAR.....	75

## ŞEKİLLER VE GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Şekil ve Grafik No:</u>	<u>.....Sayfa</u>
Şekil 2.1 Kömürlerin Gray-King Testine Göre Koklaşabilme Özellikleri.....	9
Şekil 2.2 Kömürdeki Oksijenli Fonksiyonel Gruplar.....	11
Şekil 2.3 Kömürdeki Boşluk Oranlarının Dağılımı.....	13
Şekil 2.4 Hirch'e Göre Kömürün Yapısı.....	14
Şekil 2.5 Karbonizasyon İşlemindeki Sıcaklık Karakteristikleri.....	18
Grafik 3.1 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile Kireçsiz Değişik Kömürlerin (180 µm) Sertlik Değerleri.....	35
Grafik 3.2 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 3 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	36
Grafik 3.3 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 5 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	37
Grafik 3.4 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile Kireçsiz Değişik Kömürlerin (355 µm) Sertlik Değerleri.....	38
Grafik 3.5 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 3 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	39
Grafik 3.6 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 5 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	40
Grafik 3.7 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile Kireçsiz Değişik Kömürlerin (710 µm) Sertlik Değerleri.....	41
Grafik 3.8 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 3 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	42
Grafik 3.9 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile % 5 Kireçli Değişik Kömürlerin Sertlik Değerleri.....	43
Grafik 3.10 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (180 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Rus Linyiti Kömürünün Sertlik Değerleri.....	44
Grafik 3.11 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Rus Linyiti Kömürünün Sertlik Değerleri.....	44
Grafik 3.12 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Rus Linyiti Kömürünün Sertlik Değerleri.....	45
Grafik 3.13 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (180 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Silopi Kömürünün Sertlik Değerleri.....	45
Grafik 3.14 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Sipoli Kömürünün Sertlik Değerleri.....	46
Grafik 3.15 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Silopi Kömürünün Sertlik Değerleri.....	46

Grafik 3.16 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (18 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 1. Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	47
Grafik 3.17 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 1. Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	47
Grafik 3.18 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 1.Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	48
Grafik 3.19 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (180 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 3.Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	48
Grafik 3.20 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 3.Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	49
Grafik 3.21 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak 3.Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	49
Grafik 3.22 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (180 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak Özel Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	50
Grafik 3.23 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak Özel Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	50
Grafik 3.24 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (355 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Yerli Kok Kömürünün Sertlik Değerleri.....	51
Grafik 3.25 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Yerli Kok Kömürünün Sertlik Değerleri.....	51
Grafik 3.26 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (710 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Şırnak Özel Ocak Kömürünün Sertlik Değerleri.....	52
Grafik 3.27 Aynı Bağlayıcı Miktarı ile (180 µm) Kireçsiz, % 3 ve % 5 Kireçli Yerli Kok Kömürünün Sertlik Değerleri.....	52
Grafik 3.3.2.1 Rus Linyiti Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B1 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	55
Grafik 3.3.2.2 Rus Linyiti Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B4 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	56
Grafik 3.3.2.3 Şırnak 1.Ocak Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B4 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik	

Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	57
Grafik 3.3.2.4 Şırnak 1.Ocak Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B1 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	58
Grafik 3.3.2.5 Yerli Kok Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B1 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	64
Grafik 3.3.2.6 Yerli Kok Kömürünün Suda Çözünmeyen Briketlerinin % 10 Melas, % 10 Melas + B4 Bağlayıcısından % 2.5 ve % 5 lik Oranlarının Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırılması.....	65
Grafik 3.3.2.7 Rus Linyiti, Şırnak 1.Ocak ve Yerli Kok Kömürlerinin % 10 Melas + % 2.5 B1 Bağlayıcısı ile Elde Edilen Suda Çözünmeyen Briketlerinin Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırması.....	66
Grafik 3.3.2.8 Rus Linyiti, Şırnak 1.Ocak ve Yerli Kok Kömürlerinin % 10 Melas + % 5 B1 Bağlayıcısı ile Elde Edilen Suda Çözünmeyen Briketlerinin Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırması.....	67
Grafik 3.3.2.9 Rus Linyiti, Şırnak 1.Ocak ve Yerli Kok Kömürlerinin % 10 Melas + % 2.5 B4 Bağlayıcısı ile Elde Edilen Suda Çözünmeyen Briketlerinin Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırması.....	68
Grafik 3.3.2.10 Rus Linyiti, Şırnak 1.Ocak ve Yerli Kok Kömürlerinin % 10 Melas + % 5 B4 Bağlayıcısı ile Elde Edilen Suda Çözünmeyen Briketlerinin Değişik Sıcaklıklardaki Sertliklerinin Karşılaştırması.....	69
Şekil 3.1 Kömür Öğütme Makinası.....	65
Şekil 3.2 Briketleme Cihazının Genel Görünüşü.....	66
Şekil 3.3 Elektrikli Termostat.....	68
Şekil 3.4 Elektrikli Fırın.....	69
Şekil 3.5 Sertlik Ölçme Cihazı.....	70
Şekil 3.6 Briket Üretme Makinası.....	71

**TABLolar LİSTESİ**

<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>.....Sayfa</u></b>
Tablo 2.1 Kahverengi Kömürlerin ISO Sınıflandırması.....	6
Tablo 2.2 Ultimate (Elementer) Analiz Sonuçlarına Göre Sınıflandırması.....	8
Tablo 2.3 Kömürün Fonksiyonel Grup Analizi.....	11
Tablo 2.4 Türkiye'de Asfaltit Rezervleri.....	20
Tablo 2.5 2000 Yıllara Doğru IEA Ülkelerinin Taşkömürü Talep ve Üretim Durumları.....	24
Tablo 2.6 Türkiye Taşkömürü Rezervi (1000 ton).....	28
Tablo 2.7 Kok Fabrikalarının Kapasiteleri.....	29
Tablo 3.1 Çalışılan Kömürlerin Analizleri.....	32
Tablo 3.2 Karlova Kömürü Karşılaştırması.....	72



## BÖLÜM I

### 1. GİRİŞ

Türkiye'nin büyük şehirlerinde özellikle kış aylarında hava kirliliği hayati tehlike arz etmektedir. Hava kirliliğinin ana kaynaklarının başında soba ve kalorifer bacalarından çıkan gazların yol açtığı kesin olarak bilinmektedir. Bunun da sebebi kullanılan kalitesiz kömürlerdir. Her ne kadar son zamanlarda hava kirliliğini azaltmak için doğal gaz gibi değişik enerji türleri kullanılıyorsa da bunların yeterli gelmediği bir gerçektir. İthal edilen kaliteli kömürler bindirme-indirme esnasında yine birçoğu toz haline geldiği için kalitesi düşmektedir. Bu yüzden fazla para verildiği halde istenilen kalitede kömür elde edilememektedir. Bunun çaresi, kaynağı memleketimizde bulunan kalitesiz linyitleri bazı işlemlerle ıslah ederek daha kaliteli hale getirerek, hem dışarıya giden paralara mani olmak hem de insanımızın sağlığını tehdit eden hava kirliliğini önlemek veya en azından azaltmaktır. Çünkü linyitler ister briket halinde ister ham madde olarak yakıldıklarında katran buharı, yanmamış gaz ve ağır metaller bakımından yapay kok'a kıyasla yaklaşık 20 kat daha yüksek olduğu bilinmektedir. İnsan sağlığına çok zararlı bu maddelerin azaltılması için ne gerekiyorsa yapılmalıdır.

Yapay kok mekanik şekillendirme ve hazırlanmış kömürün bozulma sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklıkta kısmen veya tamamen karbonize edilmiş kömür briketleridir.

Dumansız yakıtın özellikleri yapay kok'un özelliklerinden farklı olmasıyla beraber kok üretimi prosesinde yapılan bazı değişikliklerle aynı tesiste dumansız yakıt da üretilebilir.

Son zamanlarda bu konunun ehemmiyeti anlaşılmış olacak ki, bu konuda birçok çalışmalar yapılmıştır. Dumansız yakıt amacıyla Seyit Ömer'de bu bölgenin kömürlerinden dumansız yakıt üretecek bir tesis T.K.İ'nin koordinatörlüğünde Avusturya ve Alman firmaları tarafından kurulmuş, ancak tesis'te istenilen sonuç alınamamıştır. Aynı şekilde kalitesiz ve toz kömürlerin değerlendirilmesi amacıyla Kırıkkale Vize'de top kömür briket tesisi kurulmuş, bu tesisten de sonuç alınamamıştır. Ancak Türk Karbon Şirketi tarafından bu tesis petrokok'tan briket üretimi tesisi haline dönüştürülmüştür.

Türkiye'de bu konuda yapılan araştırmalar son zamanlarda konunun ehemmiyetinden dolayı daha da hız kazanmıştır. Merkezi Kayseri'de bulunan Yurttaşlar A.Ş.'ce linyit kömüründen dumansız yakıt ve metalurjik kalitede yapay kok üretimi için 1982 yılında araştırmalar yapılmış, kurulan iki adet pilot tesiste başarılı sonuçlar alınmıştır. Özellikle, elde edilen kok briketlerinin 1,5 sene su içinde kaldığı halde dağılmaması normal kok kömüründen daha sert briketler elde edilmesi birçok yerli ve yabancı uzmanların yakın ilgisini çekmiş ve hatta geliştirilen bu projenin Türkiye dışında müşterek kullanılması Bobcock-Woodall-Duckham Ltd. tarafından talep edilmiştir [1].

Linyit'den dumansız yakıt ve yapay kok üretiminin memleketimiz ekonomisine katkısı kısaca şöyle sıralanabilir [2].

1. Linyitimiz %20-40 oranında nem ihtiva etmektedir. Dumansız yakıt ve yapay kok üretimiyle, bu nemin gereksiz yere üretim ocaklarından tüketim bölgesine nakliyesi önlenmiş olacaktır.
2. Üretilen kömürün büyük bir bölümü toz olarak üretilmekte veya taşınırken toz haline gelmektedir. Bu tozlar soba veya kalorifer kazanlarında tamamen yakılmadığından dökülerek büyük bir enerji kaybına sebep olmaktadır.
3. Genellikle yanma esnasında kömürün ihtiva ettiği uçucu maddeler yanmadan bacayı terk ettiğinden bir enerji kaybına sebep olduğu gibi aynı zamanda bu gazlar ve taşıdığı

parçacıklar hava ve çevre kirliliğine sebep olmakta dolayısıyla insan sağlığını da tehdit etmektedir.

4.Kükürt miktarı yüksek olan kömürlerin hava kirliliği fazla olan şehirlerimizde yakılmasına izin verilmediği için uzak bölgelerden kükürt oranı düşük olan kömürler buralara getirilmektedir. Halbuki bu kömürlerin ihtiva ettiği kükürt miktarının büyük ölçüde azaltılması mümkündür. Sonuçta insan sağlığı için çok zararlı olan bu maddelerin havaya taşınması ve çevreyi kirletmesi de önemli ölçüde azaltılmış olacaktır.

İthal yoluyla Türkiye'ye getirilen kömürler ise uzun vadeli bir çözüm olmadığı gibi çok pahalı olduğu için de ısınma amacıyla kullanmak bir nevi israftır ve memleket ekonomisine büyük bir yükür. Bu nedenle daha ucuz ve daha pratik çözümlerin araştırılıp uygulanması gerekir. Yukarıda belirtilen olumlu faydalarının ışığı altında linyitlerin, hem demir-çelik fabrikalarının ihtiyacı olan metalurjik kalitede yapay kok üretiminde hem de hava kirliliğini önlemek için dumansız yakıt üretiminde kullanılması memleketimiz için çok büyük bir ihtiyaç olduğu görülmektedir.

İşte biz yukarıda belirtilen faydaları göz önünde bulundurarak bir adım daha ileriye gidip suda çözünmeyen bağlayıcıları elde etmek hem kaliteli briket üretmek, hem de sertliğini arttırarak metalurjik amaçlarda da kullanılmasını sağlamak, ayrıca suda çözülmediği için ambalaj maliyetini düşürerek kömürü daha ucuza mal etmek amacıyla böyle bir çalışmayı planladık. Ancak bu çalışmaya başlamadan önce kömürü tanımak,diğer enerji kaynakları arasındaki yerini öğrenmek, Türkiye'de ve dünyada rezervlerini, üretim ve tüketim miktarları hakkında bilgi sahibi olmak, hangi amaçlarla kullanıldığını bilmek gerekir. Kömür niçin briketlenir ?, briketleme nedir?, nasıl yapılır? Bunların öğrenilmesi çalışmaların daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

## BÖLÜM II

### 2-1 KÖMÜRÜN KARBONİZASYONU İLE KÖMÜRÜN FİZİKSEL VE KİMYASAL YAPISI ARASINDAKİ İLİŞKİ

Kömür, çok eski zamanlarda, bataklıklar ve benzeri çevrelerde birikerek sedimentasyon (çökülme) sonucu üzerine örtülen ve bozulmadan korunan, zaman ilerledikçe kimyasal ve jeofiziksel olarak değişen ve sıkışan fosil, bitki kalıntıları turbolardan oluşmuş, maseral ve minerallerin kimyasal ve fiziksel kompleks karışımı olan kahverengi siyah renkte karbonlu kayalardır.

Kömür esas olarak oldukça kararlı bir element olan karbondan meydana gelmiştir. Kömür aynı zamanda kükürdün yanı sıra oksijen, hidrojen ve azot gibi çok uçucu elementler ile oldukça karmaşık kimyasal bileşikler halindeki elementleri de ihtiva eder[2].

#### 2.1-1 Kömür ve jeolojik zaman:

Bitkiler ilk defa alt karbonifer (missisipian) ve üst karbonifer (pennsylvanian) çağlarında oluşmaya başlamışlardır. Kömürün oluşmasının ana kriterlerinden birisi, kara bitkilerinin meydana çıkmasıdır. Jeologlar bu çağları, bu çağ kayalarının kömür yatakları özellikleri içermeleri sebebiyle genellikle, karbon çağı ( carboniferous) olarak ifade ederler[2].

### 2.1.2. Kömürün Oluşumu İçin Gereken Temel Şartlar Ve Oluşumunun Kaynağı

Kömür, bugün için tekrarlanması mümkün olmayan çok özel şartların biraraya gelmesi sonucu meydana gelmiştir. Kömürün oluşması için herşeyden önce büyük miktarda bitkiye ihtiyaç vardır. Kömür oluşmasında, fosillerin bitki özellikleri, ilk bozulma derecesi ve jeolojik devirlerdeki ısı ve basıncın etkisiyle kömürlerin oluşmasında farklılıklar meydana gelmiştir.

Kömürün oluşmasında çok önemli kriterlerden birisi de bitkilerin bozulmadan korunması gerektiği idi. Bu ise, önce bitkilerin su içerisinde kalarak havadan korunması ve daha sonraları turba(peat)'nin üzerine biriken tortul kayaçlarını^onu iyice örtmesi ile mümkün oldu. Bazı bitkiler gömülmeden önce, kısmen bozulmaya uğramışlar, gömülme meydana geldikten sonra turbanın uzun bir zaman süresi sonunda kömüre dönüşmesinde iki proses rol oynadı. Bunlardan birincisi lithifikasyon(lithification) turbanın sert kayaçlara dönüşmesi prosesidir. Bu proses kalın tortul(sediment) tabakalarının oluşması ile gerçekleşmiştir. Tortul tabakalarının ağırlığı turbanın bünyesinde bulunan suyun sıkışarak uzaklaşmasına ve bunun sonucunda turbanın katı ve sert kayaya dönüşmesine neden olmuştur.

İkinci proses, kömürleşme (coalification) olarak adlandırılır. Turbanın kimyasal olarak kömüre dönüşmesi çok karmaşık bir prosesdir. Turba derinlere doğru gömüldükçe, ısı ve basınç karbon, oksijen, hidrojen ve diğer elementler yarı organize kömür şekline çeviren kimyasal reaksiyonlara sebebiyet verir. Kimyasal reaksiyonlar meydana geldiği zaman ağırlığının uzunluğu ile organik moleküllerin maruz kaldığı basınç ve sıcaklık, kömürleşmenin derecesini, diğer bir deyişle kömürün olgunluk derecesini belirlerler. Prosesin bu safhalardan herhangi birinde durması sonucunda; en az olgunluktan en çok olgunluğa doğru sırasıyla linyit, yarı bitümlü kömür ve antrasit kömürden meydana gelir[2].

### 2.1.3. Kömürlerin Sınıflandırılması:

Kömürlerin günümüzdeki sınıflandırma şekli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin uzun süre araştırmasının sonucu ortaya çıkmıştır. Kömürler kullanım amacına ve ülkelerin özelliklerine bağlı olarak çok çeşitli biçimlerde sınıflandırılmıştır. Kömür kullanım alanlarının gelişmesi,

uluslararası kömür ticaret hacminin büyümesi, kömürlerin sınıflandırılmasında karşılaşılan karmaşayı ortadan kaldırmaya yönelik çalışmaları hızlandırmıştır[1].

Kömürler, genellikle “kaba analiz”, “elementel analiz”, “fiziksel ve mekanik” özelliklerine veya “bunların bileşimleri” ‘ne göre sınıflandırılır. Gözetilen ortak ilke, kömürleşme derecesinin, olgunluğunun ve kullanım özelliklerinin tespitidir[3].

“Kaba analiz” yapılması kolay olduğu için kömürlerin sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmıştır[4].

Kaba analiz yöntemi, “uçucu madde”, “rutubet”, “ısı değeri” gibi bazı parametrelere dayanmaktadır. Ancak, kullanılan parametrelerin sayısı ve etkinlik dereceleri ülkelere göre değişmektedir. Bu ayrıcalığı ortadan kaldırmak için, 1949 yılında birçok ülkeden oluşan Bilimsel ve Teknik Kurul çalışmalarına başladı. Bu çalışmalarının sonunda 1953 yılında kömür çalışma grubu “sert kömürlerin sınıflandırılması” ‘na ilişkin raporu daha sonra diğer ülkelerce de desteklenince,

I.S.O( International Standarts Organization) ‘nın kömür sınıflandırılması, 1957 yılında linyitleri ve kahverengi linyitleri kapsayacak şekilde belirlenmiş oldu.

**Çizelge 2.1. Kahverengi Kömürlerin ISO Sınıflandırılması**

Grup No	Grup Parametresi Katran oranı % (kk)	Kod No					
40	25	1040	1140	1240	1340	1440	1540
30	20-25	1030	1130	1230	1330	1430	1530
20	15-20	1020	1120	1220	1320	1420	1520
10	10-15	1010	1110	1210	1310	1410	1510
00	10 ve az	1000	1100	1200	1300	1400	1500
Sınıf sayısı		10	11	12	13	14	15
Sınıf parametresi	Toplam Rutubet (Külsüz) %	<20	>20	>30	>40	>50	>60

Toplam Rutubet. Kömürün çıkarıldığı andaki rutubeti (30°C ve % 96 bağıl rutubet)  
(kk= Kuru külsüz)

“Sert kömür- kahverengi kömür sınıflandırılması” ‘nda 5700 kcal/kg kuru külsüz, üst ısı değer sıralanır. Isıl değeri 5700 kcal/kg’dan düşük olanlar kahverengi(linyit) kömür, yukarı olanlar “sert kömür” olarak adlandırılır.(Tanınan tolerans +/- 60 kcal/kg.’dır)

“ASTM sınıflandırması” kuru-mineral maddesiz sabit karbon, uçucu madde içerikleri ve ısı değerleri göz önüne alarak hesaplanır.

İngiltere de “National Coal Board” ‘un uyguladığı sınıflandırma, uçucu madde oranı ve “Gray-King” kok deneyi değerlerine bağlı olarak geliştirilmiştir.

“Seyler” sınıflandırılması oldukça karmaşık olmasına karşın bilimsel açıdan çeşitli parametrelerin göz önüne alınması açısından önemlidir.

“Seyler” kömürleri sınıflandırmasında elementel bileşimi temel almıştır. Kuru mineral maddesiz karbon oranına göre linyitik, bitümlü, karbonlu hidrojen içeriğine göre de türlere ayrılmıştır. Bu bölümlendirmede “orta”,”per”,”süb” örnekleri sırasıyla “normal”,”aşırı” ,”normal altı” anlamlarında kullanılmıştır. Ayrıca elementel bileşimde ısı değer, uçucu madde arasında ki ilişkileri de hesaplanmış ve parametreler arasındaki dönüşümleri diyagram haline getirmiştir[4] .

Çok fazla çeşitlilik gösteren kömürler belirlenen ihtiyaçlar dolayısıyla muhtelif sınıflandırmalara tabi tutulmuştur. Birbirinden çok farklı olan kömürlerin sınıflandırılması için temel alınabilecek çok sayıda değişken mevcuttur. Bu yüzden genellikle birbirine bağlı, bazen birbiriyle çakışan birçok sınıflandırma sistemi ortaya çıkmıştır. Bu sınıflandırma sistemlerinde kömürler ya,

“Ultimate(Elementel bileşenler) analizi” ya da

“Proximate (Kaba) analizleri “ veya

“Bunların karışımları” kullanılmaktadır [3].

Diğer taraftan, son zamanlarda ya “ultimate” veya “proximate analizleri” ile birlikte veya ayrı olarak kömürlerin “petrografik”özelliklerinden olan “ vitrinit yansımaları” ‘nda kullanıldığı görülmektedir.

#### 2.1.4. Kömürlerin Rankı ve Kömür Sınıflandırılması:

“Rank” bir kömürün “kömürleşme derecesi “ ya da diğer bir ifadeyle “kömürün olgunluk derecesi” ‘dir. Kömürleşme, turbanın kömüre dönüştüğü başkalaşım prosesidir. Başkalaşımın nedeni, kömürün üzerini örten kalın tortul kayaç tabakalarını, altta kalan kömürün uzun çağlar boyunca sıcaklık ve basınç etkisine maruz kalmasıdır. Kömürleşme esnasında kömürün belli fiziksel ve kimyasal özellikleri değişikliğe uğrar, bu değişiklikler son derece önemli olup, kömürün çeşitli endüstriyel prosesdeki tavrı üzerinde çok büyük etkisi vardır. Bu farklılıklar nedeniyle, kömürün sınıflandırmalarının temelini kömür rankı oluşturmaktadır. “ASTM” (American Society For Testing Materials) metoduna göre kömürün sınıflandırılması.

**Çizelge 2.2.** Ultimate (Elmetel) Analiz sonuçlarına göre sınıflandırılması

Grup No	Kömürün Karakteri	Karbon (%)	Hidrojenin (%)	Bağlı Karbon (%)	Uçucu Madde %	Kalori Değeri (MJ/kg)
I	Kuru.uzun alevli. kekleşmez	79-80	4.5-5.5	60-55	40-45	33.5-35.6
II	Yağlı. uzun alevli	80-85	5.0-5.8	68-60	32-40	35.6-36.8
III	Yağlı	84-89	5.0-5.3	74-68	26-32	36.8-39.0
IV	Yağlı. kısa alevli	88-90	4.5-5.5	82-74	18-26	39.0-40.2
V	Yağsız Semi-antrasit	90-93	4.0-5.5	70-82	10-13	38.5-40.2
VI	Antrasit	93-95	4.0-2.0	92-90	8-10	38.1-38.5

Not: Verilen bütün değerler kuru, külsüz kömür bazındadır.

“ASTM” ‘e göre, kömürlerin sınıflandırılması metodu, yüksek ranklı kömürlerde uçucu maddeye(kuru-külsüz bazda) ve düşük ranklı kömürlerde kalorifik değere (Btu/Lb) dayanır. Rankı arttıkça kalorifik değer artarken uçucu madde yüzdesi azalır. Uçucu maddenin yanı sıra, vitrinit maseralinin refleksansı da kömür rankı için önemli bir ölçüdür. Rank arttıkça vitrinit refleksansı da artar.

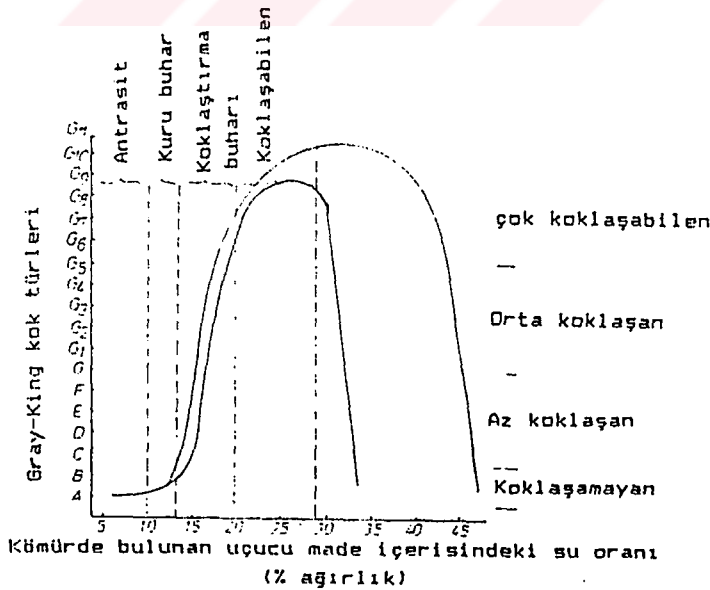
En düşük ranktaki kömürler, linyitler ve subbitümlü kömürler, kalorifik değerleri en az olan kömürlerdir. Koklaşma özelliğine sahip olmayan bu kömürler (son teknolojik yenilikler sayesinde linyitlerden de kok eldesi mümkün olmuştur.) Havasız ortamda ısıtıldıklarında yapışık kütleyi oluşturmak üzere aglomera olamazlar. Bu nedenle, bu tür kömürler genellikle yakıt amaçlı olarak kullanılırlar.

“Bitümlü kömürler” metalurjik ve koklaşabilir kömürlerdir. Bu kömürler havasız ortamda ısıtıldıkları zaman yüksek uçuculu sınıftaki “C grubu” kömürler hariç plastikleşebilme özelliğine sahiptir. Bitümlü kömürlerde rank artarken uçucu madde azalır. Bitümlü kömürlerden, düşük uçuculu kömürler ise en yüksek rank ve refleksans değerine sahiptir.

“Antrasit” en düşük uçucu madde miktarı ve en yüksek refleksans değerine sahip olan en yüksek ranklı kömürdür. Antrasitin koklaşma özelliği yoktur.

Uçucu maddelerin, kömür sınıflandırılmasında esas alınması için, kömürün davranışını karakterize eden parametrelerin pratikte kullanılır olması gerekir. Çünkü aynı kömür, ısıtıldığı zaman farklı kabarma ve şişme özelliği gösterebilir. Bu sebeple Gray ve King tarafından geliştirilen sistem istenilen gayeler için en uygun kömür seçiminde kullanılabilir. Bu metodla elde edilen kok miktarıyla birlikte uçucu maddenin de belirlenmesi sağlanır. Bu sistem şematik olarak şekil 1’de verilmiştir[6].

Bu sistem daha da geliştirilerek sonraları İngiltere Milli Kömür Kuruluşu tarafından standart kömür sınıflandırma sistemi olarak kabul edilmiş ve yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır.



Şekil 2.1. Kömürün Gray-King settine göre koklaşabilme özellikleri

Kömürün element yapısı ve teknolojik özellikleri arasındaki bağıntı çok karışık olduğundan bu durumun pratik bakımından tam anlaşılması için, kok ve gaz üretiminde hammadde veya yakıt olarak kullanılacak olan kömürün davranışı hakkında doğrudan bilgi için yapılan sınıflandırma da diğer etkili parametrelerin de dikkate alınması gerekir. Yanma teknolojisinde esas olan unsur ısı değeridir. Isıl değer tayini bomba kalorimetresiyle yaygın olarak yapılmakta olduğundan burada anlatılmayacaktır.

Mott tarafından yapılan diğer bir sınıflandırma sistemi ise kömürün gerçek ve kesin analize göre yapılmış olmasıdır [9]. Bu sistemde kömürler içerdikleri uçucu madde miktarına göre temel gruplara ayrılırlar ve herbir grup da ısı değerlerine göre alt sınıflara ayrılırlar.

Kömürün kok'a dönüştürüldüğü karbonizasyon işleminde esas konu kömürün ısıtma işlemi esnasında göstereceği davranışlardır. Çünkü bu davranış son ürün kalitesini belirler. Ayrıca karbonizasyon endüstrisinde diğer önemli bir konu da meydana gelen gaz ve katran gibi ürünlerin karakterleri ve miktarları ile ilgilidir. Bundan dolayı kömürün sınıflandırılmasında bir parametre olarak kullanılması kömürün karbonizasyonu ile çok yakın ilişkilidir. Çünkü kömürün oksijensiz bir ortamda ısıtılması durumunda açığa çıkan karbon artı gaz ürünlerinin miktar olarak kabaca değerleri tahmin etmek bu durumla yakından ilgilidir.

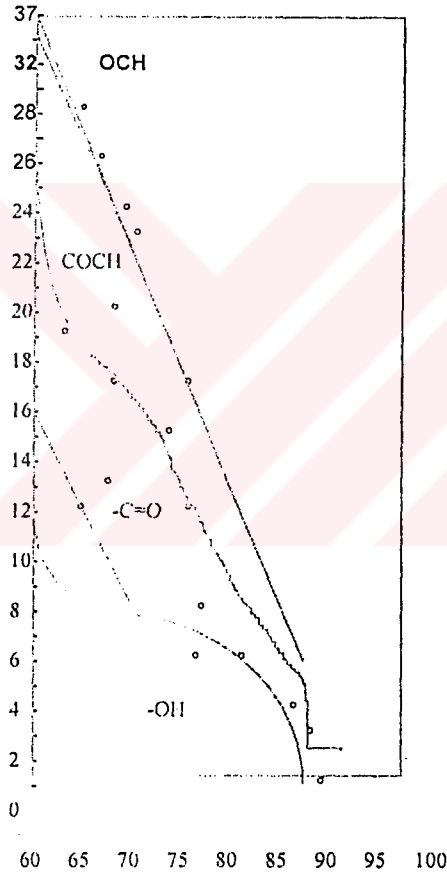
## 2.2. KÖMÜR İÇERİSİNDEKİ FONKSİYON GRUPLARI :

Oksijen içeren fonksiyon gruplarının kömürlerin koklaşma özelliklerinin belirlenmesinde çok büyük bir rol oynadığı zannedilmektedir. Siyah kömür ve linyitlerde bulunan asetilen ve metan gibi hidrojenli grupların ısıtma işlemi sırasında kömürün şişme meylini arttırdığı deneysel olarak gözlenmiştir[10]. Bunun için kömürdeki fonksiyonlu gruplarının incelenmesi, kömürün karbonizasyon kimyası bakımından önemlidir. Bu konuda en dikkate değer çalışma Blom ve arkadaşları tarafından yapılmıştır[11]. Elde edilen deneysel çalışma tablo 2.3'de görülmektedir. Burada kömürlerin derecelerine göre oksijen ve hidrojen ihtiva eden fonksiyonel gruplarının dağılımı verilmiştir.

Şekil 2-3'ten şu sonuçlar elde edilmiştir. Kahverengi kömür ve linyitlerden az bitümlü kömürlere (koklaşabilir kömürler, %70-81 C ihtiva etmektedir.) Geçişi esnasında, kömür ince metil oksil grupları kaybederek karsil gruplarının miktarı azalır. Hidroksil gruplarının %5'i ise hemen hemen sabit kalır.

Tablo- 2.3 :Kömürün Fonksiyonel grup analizi

	C	H	N	S	Otop	O <sub>C00H</sub>	O <sub>C0H3</sub>	O <sub>0H</sub>	O <sub>C=0</sub>	Σ0
KAHVERENGİ KÖMÜR	60.0	4.9	0.9	0.05	33.9	5.1	0.9	12.3	11.6	29.9
	65.5	5.1	0.9	0.2	27.8	8.0	1.1	7.2	6.5	22.7
LİNYİT	69.6	4.5	0.3	3.1	21.9	3.9	0.4	12.5	7.2	23.6
	71.7	4.9	0.8	0.4	22.6	5.1	0.3	7.8	9.3	22.6
	75.9	5.3	1.6	1.1	16.2	1.6		7.5	7.4	16.8
SERT KÖMÜR	79.5	5.5	3.2	0.8	11.1	0.3	0	6.1	4.9	11.3
	80.2	4.9	1.2	0.6	13.4	1.0	0	8.3	3.1	12.4
	85.5	5.3	0.6	0.5	7.9	0.0	0	5.6	1.6	7.2
	87.0	5.3	1.9	0.7	5.1	5.0	0	3.1	1.7	4.8
	88.6	5.0	1.3	0.8	3.0	0	0	1.9	1.8	3.7
	90.3	4.7	1.7	1.0	2.9	0	0	0.5	2.0	2.5
	90.9	4.1	1.7	0.9	2.0	0	0	0.6	1.9	2.5



Şekil 2.2. Kömürdeki oksijenli fonksiyonel gruplar

Koklaşabilir kömür grubu %84-91 karbon içermektedir. ( Bu miktarı iyi koklaşabilir kömürde %89 olur) Koklaşmanın bu safhasında karbosit grupları tamamen kaybolur. Hidroksil ve karbosit gruplarının miktarında azalma görülür. %92 'nin üstünde karbon içeren kömürlerde oksijen miktarı çok az olup reaksiyonun meydana gelmediği ve dengeli durumların hepsinde de bu durum kolaylıkla görülür.

Diğer araştırmacılar koklaşma esasında fonksiyonel reaksiyonun grupların miktarında değişmeler meydana geldiğini tesbit etmişlerdir. Burada fonksiyonel gruplarının koklaşma özelliklerine etkisi incelenmiştir. Vakum altında değişik sıcaklıklarda değişik özellikli kömürleri koklaştırarak bu grupların belirlenmesi sağlanmıştır. Bu araştırmacılar 400-600°C'de artan maksimum değerlere kadar yükseldiğini göstermişlerdir.

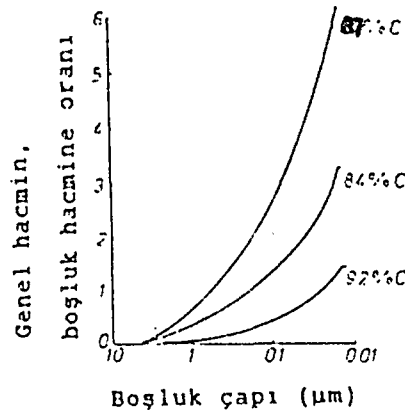
Koklaşma kabiliyeti olmayan kömürlerin , 350-420°C'deki koklaştırma işlemi esnasında, reaktif olmayan oksijen miktarı artarken reaktif olan oksijen miktarı ise azalır. Burada %77,28 C, %9,8 Oksijen, reaktif olmayan oksijen miktarı ise %6,31'dir. Koklaşabilir kömürlerde ise bu değişmeler görülmez.

### **2.3. KÖMÜRLERİN GÖZENEK YAPISI :**

Kömür yapısının gözenekli olması, tüm kömürler için önemli bir özelliktir. Bu özellik diğer parametrelerde değişiklik olsun veya olmasın kömürün koklaşmasıyla yakından ilgilidir.

Küçük molekülü akışkanların, büyük molekülü akışkanlara göre gözenekleri doldurma kabiliyeti daha yüksektir. Helyum tüm gözenekli yapılara girebildiği halde, civa hiçbir gözenekten geçemez. Bu sebeple bir malzemenin gözeneklerini tamamen Helyum doldurup, sonra civa tarafından doldurma işleminin uygulandığı bir yoğunluk ölçme usulü ile belirlenir. Yoğunluk ölçümü için diğer sıvı ve gazlar da kullanılabilir.

Gözeneklerin boyut dağılımı kömürün civa içine daldırılması ve civa üzerindeki basıncının artırılmasıyla araştırılabilir. Basıncın bir fonksiyonu olarak civanın difizyonu ölçülerek şekil 2-4'de görüldüğü gibi bir gözenek boyutu dağılımı şeması elde edilmiştir. Bu teknik kullanılarak kömürün yoğunluğu genellikle gerçek kömür yoğunluğu olarak alınmıştır[12].



Şekil 2.3. Kömürlerdeki boşluk oranlarının dağılımı

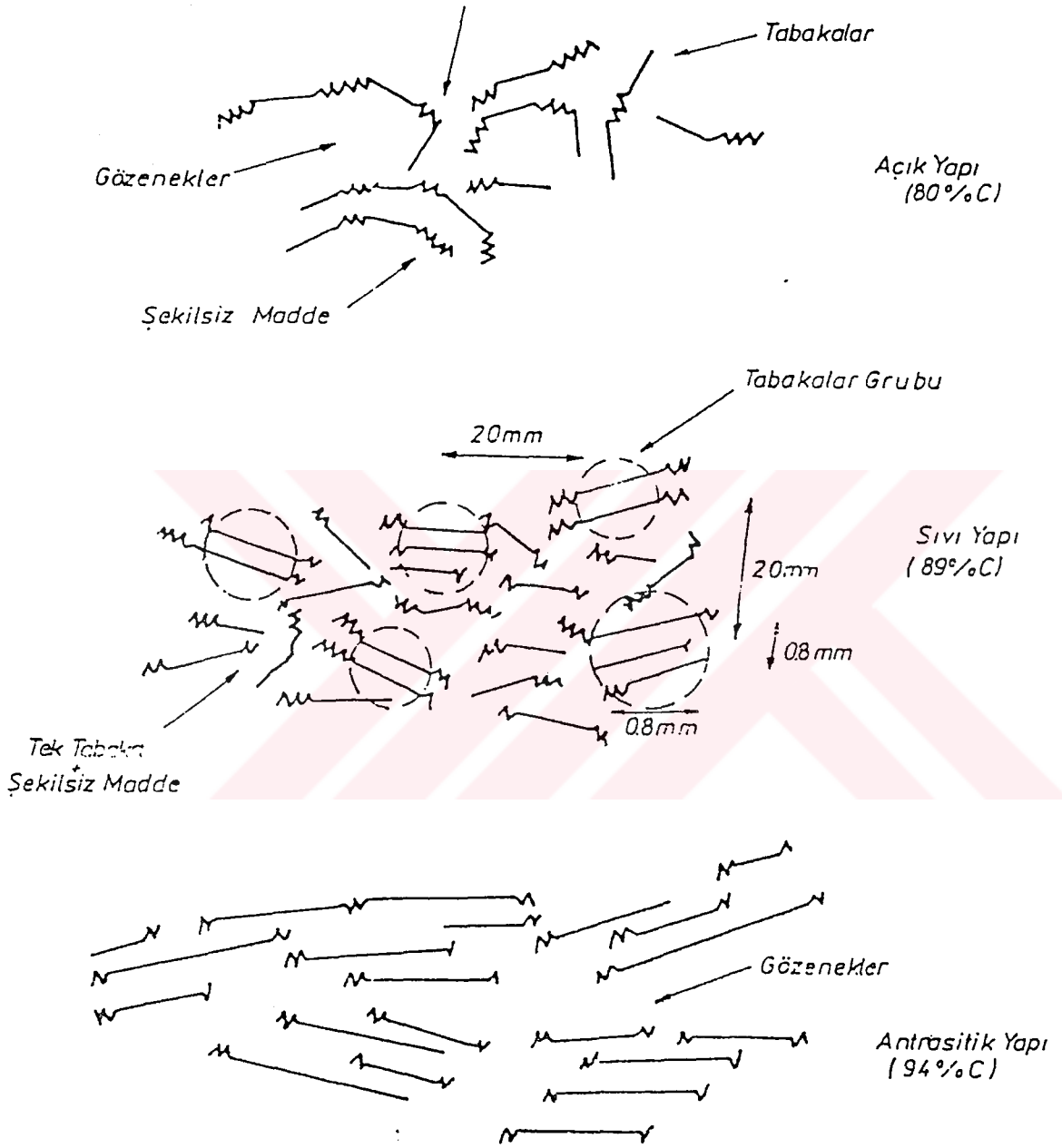
Kimyasal yapının ve aromatikliğin değişmesi nedeniyle, yoğunluk derecesi de değişmektedir. Kömürün gözenekliliği önce azalmakta ve sonra da geçiş derecesi artmaktadır. Diğer bir deyişle düşük dereceli kömürler yüksek dereceli kömürlerden daha fazla gözenekli olup koklaşabilen kömürlerin en az gözenekliğe sahip olması ortaya çıkmaktadır. Bu durum bölüm 2- 5'de gösterilmiştir[13]. Verilen bir plastik değerini sağlamak için gerekli olan enerji miktarı düşük dereceli kömürlerde koklaşan kömürlerden daha fazla olur. Bu ısıtma esnasında gerekli olan akıcılığın yetersiz olmasına sebep olan faktördür. Ancak bu düşük dereceli kömürlerden akıcı ve gözenekli yapının elde edilmemesi demek değildir.

Kömürlerde gözenek boyutları birkaç Angstrom arasında değiştiği görülmüştür[14]. Büyük gözenekli kömürlerde gözenek boyutu 100 Angstroma kadar çıkabilmektedir.

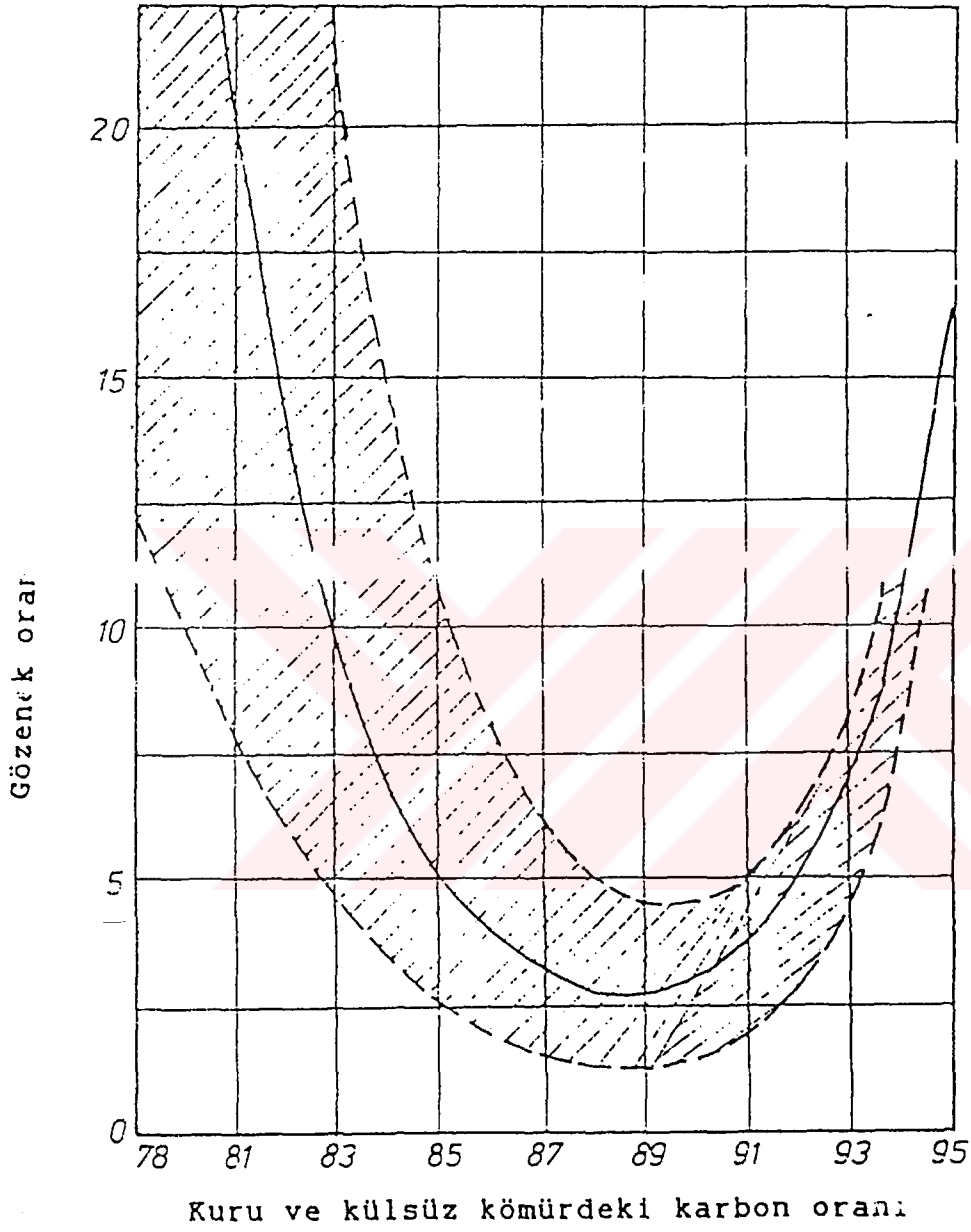
#### 2.4 .KÖMÜRLERİN MOLEKÜL YAPISI VE MOLEKÜL DÜZENİ :

Kömürlerin sadece karbon, hidrojen ve oksijen muhtevaları hakkındaki bilgiler yeterli değildir. Atomlar arasındaki düzenleme şekillerinin belirlenmesi için daha çok açıklama ve araştırma yapmak gerekir. Komşu birimler arasında oluşan bağ ve çevresinde yer alan grupların değişimi ile küçük aromatik birimler meydana gelir. Bu yapılaşmanın istatistik özellik gösterdiği kabul edilebilir[15].

Üç ana cins kömür şekil 2-4'de verildiği gibi yaklaşık üç farklı molekül yapısı gösterir[15]. Koklaşmayan veya koklama kabiliyeti zayıf olan düşük dereceli kömürler birinci tür moleküller yapıya sahiptir. Bu kömürler rast gele yönlendirilmiş ve kimyasal bağlarıyla



Şekil-2.4; Hirsch'e göre kömürün yapısı



Şekil-2.5: Kömür gözenegi karbon oranı ile değişimi

bağlı olan küçük tabakalara sahip olduklarından, bu kömürlerin yapısı çok gözenekli olur. İkinci tür molekül yapısı koklaşan kömürlerin karakteristiğini temsil eder. İkinci yapının bağ ve gözenek sayısı daha az olduğu için bu yapı bir sıvı gibi davranış göstermektedir. Üçüncü yapı, yüksek dereceli kömürlerde ve antrasitlerde görülür. Bu yapıda yönelme derecesinde belli bir artış görülmekte ve tabakalar ayrı ayrı büyümektedir.

Paralel düzenlenmiş tabakalar arasında yeni bir gözenek türü oluşması mümkündür. Böylece tüm kömür dereceleri için meydana gelecek değişimleri tesbit kolaylıkla sağlanabilecektir.

Bu sistematik kömür yapısı modeli düşük dereceli kömürlerin niçin yüksek dereceli kömürlerden daha fazla gözenekli olduğunu ve koklaşan kömürlerin niçin minimum gözeneklik gösterdiği açıklanabilir. Kömürlerin molekül yapısı hakkındaki bilgi fiziksel metodlarla elde edilebilir. Bu metodlara X ışınları örnek olarak gösterilebilir. Kızılötesi spektrometre ve nükleer manyetik rezonans usulleri verilebilir. Riley ve arkadaşları X ışını metodunu kullanarak kömür moleküllerinin ortalama boyutlarının ve yönelme derecesinin, kömürün derecesiyle arttığını ve aromatik yapıda olduğunu bulmuşlardır[16]. Paralel yönelme gösteren bu aromatik birimler, bir kristal şeklinde birleşmektedirler. Ayrıca bu araştırmacılar %80 C içeren kömürlerde aromatik yapının çok yavaş arttığını ve bu artışın %95 C'dan daha fazla C ihtiva eden kömürlerde daha ani olduğu tesbit etmişlerdir. Bunlara göre aromatik lameller 3,5 Angrostron aralıklarla paralel bir şekilde düzenlenirler ve yığılma şeklinin yükseklikleri kömür derecesiyle birlikte artar. Düzen sıklıkları koklaşan kömür bölgesinde maksimuma ulaşır. Ve kömürün zenginleştirme işlemiyle tekrar azalır. Yığılma yüksekliğindeki artış bitümlü kömürlerin karbonizasyonu esnasında da görülmüştür[17]. Yığılma yüksekliği önce artmakta sonra azalır çok yüksek sıcaklıklarda ise çok daha büyük artışlar göstermektedir. İlk iki konu, kömürün yumuşaması ve yeniden katılaşmasına, sonuncusu ise grafitleşmesine bağlanmaktadır[18].

Aynı molekül yapısı Oryten tarafından da yapılmıştır[19]. Bu araştırmaya göre kömür molekülleri salkım şeklindeki birimlerin birleşmesinden meydana gelmiştir. Buna göre bir salkım birimi bir aromatik çekirdekler, düşük dereceli kömürlerde üç hegzogonal halkadan koklaşma kabiliyeti iyi olan kömürlerde ise biraz daha fazla halkada, antrasitlerde ise 10-20 tane halkadan meydana gelirler. Bu salkım birimleri doğrudan karbon karbona oksijenle ve

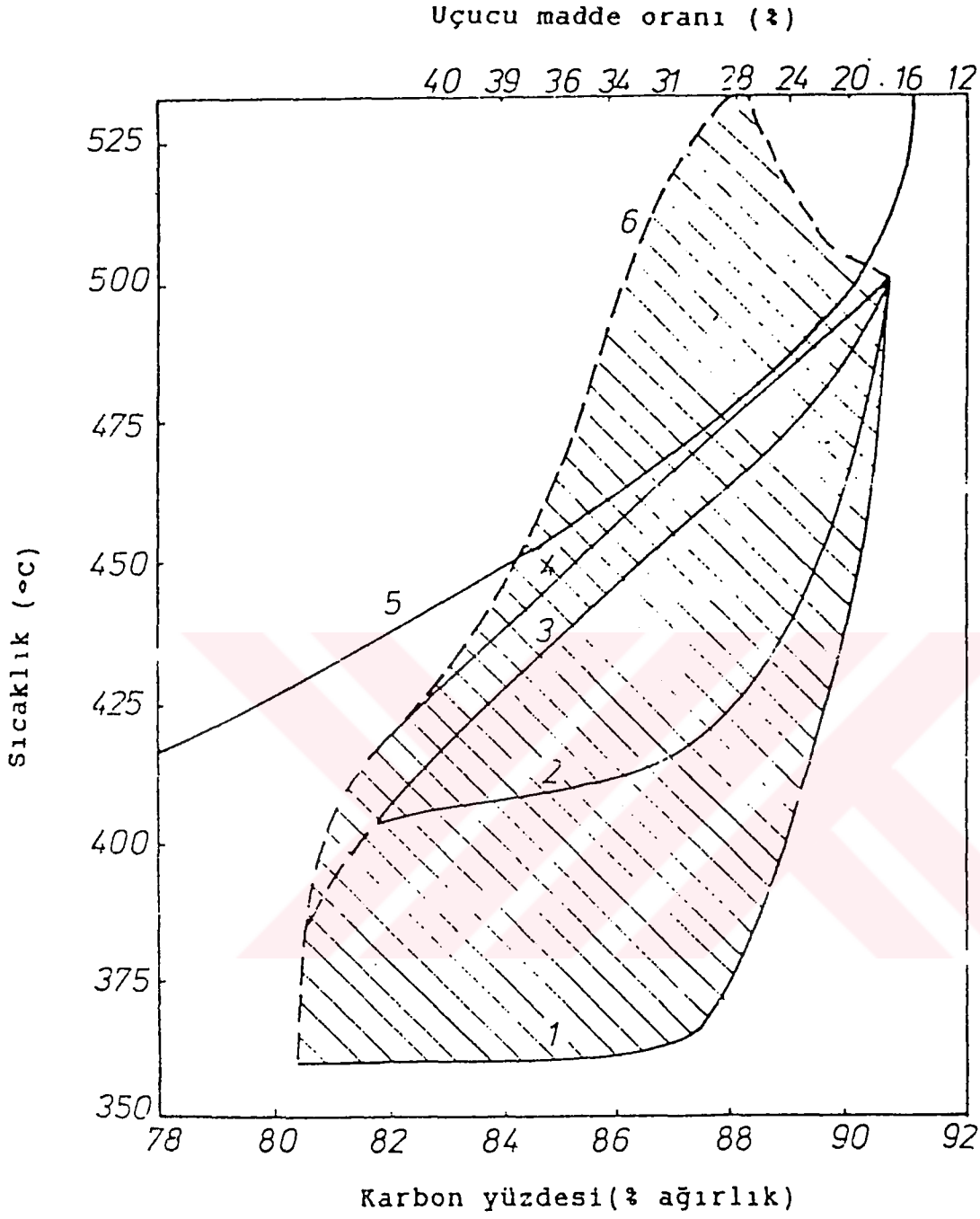
küçük alifatik köprüler ile birbirine bağlanırlar. Moleküller bu yolla birbirine bağlanan yaklaşık 10 adet salkımlardan meydana gelirler.

Kömürlerin yapısının incelenmesinde kızılötesi spektrometre kullanılması ile çok ilginç sonuçlar elde edilmiştir [20]. Burada hepsinden bahsetmek mümkün değil, ancak konuyla ilgili kısımların sonuçlarından bahsedilecektir.

Spektrum birçok farklı bandlar göstermiştir. Frekanslarına göre gruplar-OH, -CO ve -CH aromatiği olarak ayrılır. Aromatik ve alifatik karbona ait hidrojen miktarları arasında bir kıyas yapabilmek için 3030cm ve 2920 cm değerlerinde absorpsiyon bantları karşılaştırılmalıdır[21]. Aynı şekilde düşük dereceli kömürlerde alifatik hidrojen %20 olup, bu değer antrasitlerde 0` a düşmektedir.

Yapılan çalışmalarda kömürlerde çok çevrimli karbon miktarının, kömürün olgunlaşma derecesinin artmasıyla arttığı gözlenmiştir. Bu artış oranı önce çok yavaş daha sonra %88 C miktarından itibaren oldukça hızlı artmaktadır. Yani kömürün eriyerek bozulması esasındaki kademe sistemi içinde belli bir artış meydana gelmektedir. Genel olarak molekül boyutunun artması moleküller arasındaki kuvvetleri de artırır. Bu durum ise yumuşama, ergime ve ayrışan nokta sayısının artmasına sebep olarak plastik bölgesinin daralmasına sebep olur. Kömür için bu durum Şekil 2-7`de görülmektedir [21].

Şekil 2.6`da karbonizasyon işlemindeki sıcaklık karakteristikleri, alifatik karbon miktarı kömürde kabarmaya neden olan uçucu madde miktarını artırır. Bununla beraber ergime için yeterli bir sınıra ulaşarak, bir yumuşatıcılık sağlanabilir. Karbon miktarı %86-89 olan ve moleküller arası bağ kuvvetleri küçük olan koklaşabilen kömürler için bu durum plastikliğin maksimuma ulaştığı durumla mukayese edilerek belirlenebilir[22]. Ayrıca bu durum koklaşabilen kömürlerin plastiklik derecesi kuru kömürler ve antrasitlere ait değerlerden daha büyük olması kömürlerin plastometrik incelemesi ile belirlenir. Böylece niçin daha yüksek kömürlerin belli bir akıcılığa sahip bir ürüne dönüşmediğinin sebepleri anlaşılabilir. Aromatik birimli moleküllerin oldukça büyük olması ve yeteri kadar hidrojen ve oksijenin olmaması bu durumun sebeplerini teşkil eder. Fakat bu durum sağlanırsa düşük dereceli kömürlerin koklaşan kömürlerden daha çok akıcılığa sahip



- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Yumuşama            | 5. Uçucu maddenin en az olduğu bölge |
| 3. Maksimum akışkanlık | 6. Koklaştırma                       |
| 2. Büzülme başlangıcı  |                                      |
| 4. Büzülme sonu        |                                      |

Şekil 2.6. Karbonizasyon işlemindeki sıcaklık karakteristikleri

ürün elde edilebileceği beklenebilir. Bununla beraber kömür teorisi yardımıyla bu fikir açıklanabilir. Bu teoriye göre, değişim derecesi küçük olan kömürlerde iki boyutlu yapı birimleri arasında bağlar çok sıkıdır[23]. Bu kuvvetle bağlı yapı, kömürlerde plastikliğe ve yığılma kabiliyetinin yok olmasına sebep olur. Bu yapılar arasındaki zincir bağ yapısı, kömürleşme derecesindeki zincir bağ sayısı, kömürleşme derecesindeki artışla azalır. Böylece dağınık bir yapı meydana gelir. Kömürlerin yapı birimleri arasındaki bağlar dağınık olduğundan plastiklik etkisi için daha az enerji gerekir. Diğer bir deyişle aynı miktarda enerji, dağınık yapı kömürlerde daha kalın bir plastik tabaka üzerinde, daha rijit yapı kömürlerinkinden daha fazla bir plastiklik meydana getirir.

## 2.5. DİĞER ÖNEMLİ KARBONLU MADDELERİN TANITILMASI

### 2.5.1 Antrasit:

Bu kömür, Amerika'da "sert kömür" ve Galler'de "kaya kömür" şeklinde alınır. Demir siyahı rengi, yarı metalik parlaklığı ile tanınır. Bitümlü kömürler gibi eli boyamaz, kısa ve sönük mavi alevle yanar, az bir koku çıkarır ve koklaşmaz.

Antrasitin ısı değeri taş kömürü kadar fazla değildir. Çünkü yüksek sıcaklıklara hızla çıkamaz. Buna karşılık, toz ve is oluşturmadığı ve uzun süreli yandığı için ev yakıtı olarak çok kullanılır. Antrasit kömür çeşitleri arasında en sert olanıdır. Özgül ağırlığı da 1,27 ile 1,7 g/cm<sup>3</sup> arasında değişir. Çıkarıldığı ortama göre özellikleri önemli farklılıklar gösterir. Ülkemizde antrasitin varlığına rastlanmamıştır[4].

### 2.5.2 Asfaltit:

Yeraltında petrolden oluşan veya kökeni petrole dayanan çeşitli hidrokarbonlar bulunur. Bunların en başında petrol çanağının üstünün açılması sonucu veya jeolojik olaylarla petrolün çanağını terk etmesi veya hafif maddelerin uçmasıyla "asfaltit gölleri" ve "bitümlü" meydana gelir. Kayaç çatlaklarında asfalta veya asfaltit içeren kayaçlara çok rastlanır. Bunların dışında, kayaç çatlaklarını dolduran ve damar şeklinde bulunan hidrokarbonlar "asfaltit" olarak adlandırılır[4].

Asfaltit maddelerin kökeni petroldür. Metamorfizma olayının ilerleme derecesine göre petrolden değişik kimyasal ve fiziksel özellikler gösteren asfaltit maddeleri oluşur. Petrol, metamorfizma etkisinde önce koyu renkli, ısıtılınca eriyebilen, bir dereceye kadar uçucu olmayan ve karbon sülfürde fazla miktarda çözünen doğal asfaltlara çevrilir. Daha sonra koyu renkli, ısıtınca oldukça zor eriyen uçucu olmayan ve karbon sülfürde çözünen sert asfaltlarda ve uçucu olmayan asfaltit pirobitümlere dönüşür. Asfaltitler 120-315°C arasında erir ve karbon sülfürde %60-90 oranında çözünürler. Asfaltit pirobitümler yüksek sıcaklıkta sıvılaşmadan şişerek kimyasal parçalanmaya uğrarlar. karbon sülfürde ise çok az çözünür[4].

### 2.5.3 Türkiye’de Asfaltit Rezervleri Ve Üretimi :

Asfaltitlerin dünya üzerinde bilinen varlıkları oldukça sınırlıdır. Çin’de geniş yatakları bulunduğu, yine İspanya ve Arjantin’de asfaltit yataklarının varlığı bilinmektedir.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalar sonunda ülkemizde daha çok Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Şırnak, Mardin, Hakkari sınırları içinde sayıları 20’ye yaklaşan çeşitli asfaltit madde filonları tespit edilmiştir. Ancak bunlardan dördü rezerv bakımından önemli sayılabilir.

Tablo 2. 4 “Türkiye’de asfaltit rezervleri”

Saha adı	Görünür	Muhtemel	Mümkün	Toplam
Mardin(Silopi-Harput)				
U.Kardeşler	27.386	18.732	-	46.118
Şırnak	10.931	9.523	8.300	28.754
Hakkari-Uludere	-	400	-	400
Toplam	38.317	-	8.300	75.272

Türkiye’deki oluşumlarının çoğu asfaltit ile pirobitüm arasında değişen özelliklere sahip olduğunu ve farklı oranlarda mineral madde içerdikleri belirlenmiştir[4].

Dünyada ortalama %1 kül içeren asfaltit maddelerden, Türkiye’deki oluşumlar ise , %40 dolayında yüksek kül oranı ile farklılık göstermektedir. Ayrıca Güneydoğu petrolünde

olduğu gibi bitümlü maddelerin küllerinde de değişen oranlarda nikel, molibden, vanadyum ve titan gibi nadir ve değerli metallere,  $H_3O_8$  ve  $ThO_2$  gibi reaktif metaller bulunmaktadır[3].

Asfaltitlerin bulunduğu yerlerde öncelikle yöre sakinlerince ev yakıtı ihtiyacını karşılamak üzere yerel olarak kullanılan linyitlere göre yüksek ısıl değerli (2600-5536 Kcal/kg) asfaltitlerin 1965 yılında üretimine geçilmiştir. Asfaltit rezervlerinin dünya üzerinde sınırlı oluşu ve bulunduğu yerlerde yakıt olarak kullanılışı yüzünden yakın zamana kadar dünya ekonomisinde özel bir yeri olmamıştır[4].

Dünyada kömür ya da petrol kökenli, bitüm ve pirobitüm içeren oluşumların alternatif sıvı/gaz yakıt ve kimyasal hammadde üretimine yönelik kullanım imkanlarının araştırılması ile birlikte, konu Türkiye’de de gündeme gelmiş ve asfaltitlerin tanınması ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar hızlanmıştır. Bunlar gibi birçok karbonlu maddeler vardır. Fakat burada hepsini anlatmak mümkün değildir. Ancak sadece isimlerini yazmakla yetineceğiz. Bitümlü şeyl (şışt), Grafit, Leonardit, Odun kömürü, Petro koku, Katranlı kumlar, turb gibi.

## **2.6.TAŞKÖMÜRÜ VE KULLANIM ALANLARI**

### **2.6.1 Dünyada Taşkömürü**

Dünyada taşkömürü, kaynak ve rezervlerinin büyük bir bölümü Kuzey Yarımkürede toplanmıştır. Bu nedenle Rusya, A.B.D, Çin Halk Cumhuriyeti ve bazı Batı ve Doğu Avrupa ülkelerinde önemli taşkömürü yatakları vardır. Güney Yarımkürede ise yalnızca Avustralya, G. Afrika ve Rodezya’nın önemli taşkömürü rezervleri bulunmaktadır[24].

1973 yılındaki petrol bunalımı üzerine Batı ülkeleri enerji politikalarında kömürden daha fazla yararlanmaya çalışmışlardır. Doğal şartlar bakımından avantajlı olan A.B.D. gerekli üretimi sağlayarak uzun yıllar dünyanın en çok taşkömürü satan ülkesi olmuştur. Bu nedenle de kömür fiyatlarının belirlenmesinde önemli rol oynamıştır[4].

Taşkömürünün kullanım alanları arasında en büyük payı metalurji ve elektrik sanayii almaktadır. Daha sonra diğer endüstri dallarında ve ev yakıtı olarak kullanılmaktadır.

ABD elektrik enerjisi sektöründe %83 gibi çok yüksek bir oranda taşkömürü kullanılmaktadır. Bu oran İngilterede %79, Avustralyada %63 ve Rusyada %50 düzeyindedir[4].

Japonya metalurjik kok üretiminde önemli bir pazar olma konumu bugünde sürdürmektedir. Japonyanın ABD'den ithal ettiği metalurjik kok 1982 yılında 22,4 milyon ton/yıl iken, günümüzde bu alım 12 milyon ton/yıl'a düşmüştür. Bu süre içinde fiyatlarda 66,8 US\$ / tondan 55,8 US\$/ tona düşüş kaydetmiştir. Japonya'nın demir-çelik ve kok endüstrisinde geliştirdiği yeni teknolojileri uygulamaya koyması kömür tüketimini azaltmış ve fiyatları düşürmüştür.

## **2.6.2. Tüketim**

### **2.6.2.1. Tüketim Alanları:**

Taşkömürünün %90'ı üretilen ülkelerde tüketilmektedir. Üç büyük üretici ülke (Çin, ABD, Rusya) aynı zamanda en büyük tüketici ülkelerdir.

Avrupa Ekonomi Topluluğu (Batı ve Doğu Avrupa, Kuzey Amerika), AEK (ECE) bölgesinde dünya tüketiminin %66'sı tüketilmektedir. ABD ve Rusya ECE bölgesindeki toplam 1,8 milyar ton üretimin %70'ini tüketmektedir.

Asya dünya tüketiminde %35'lik paya sahiptir. Dünya tüketiminin %97'si Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya'ya aittir[3].

1980 yılında başlayan ve 1983 yılına kadar devam eden ekonomik durgunluk bütün dünya ülkelerini büyük ölçüde etkisi altına almıştır. Bu nedenle 1970'li yıllarda yapılan talep tahmininde öngörülen aksine kömüre ve diğer belli başlı üretim giderlerine olan talepte gerileme meydana gelmiştir[3].

AET ülkeleri özellikle de Almanya, Fransa ve İngiltere’de bu durgunluktan en çok etkilenen ülkelerdir. 1980-1986 döneminde AEK (ECE) bölgesinde toplam taşkömürü tüketimi %3 oranında azalırken, Almanya ve K .Amerika’da sırasıyla %5,3 ile %9,4 oranında artış kaydetmiştir[3].

1988’de dünya taşkömürü %63’ü termik santrallerde kullanılmıştır. AEK (ECE) Bölgesinde bu oran %56’dır. Termik enerji santralleri en büyük kömür tüketici sektörüdür. Elektrik üretimi için bir enerji kaynağı olarak 1988’de K .Amerika’da %85, B. Avrupa’da %56, D .Avrupa’da %30 oranında kömür kullanılmıştır[3]. Kok tesisleri ve diğer endüstri tesisleri taşkömürü tüketen diğer önemli sektörlerdir.

1985-1986 yılları arasında Batı ve Doğu Avrupa’da elektrik santrallerinde tüketilen taşkömürü %1 ile %4,5 arasında büyüme hızı göstermiştir. Kuzey Amerika’da ise %2,7’ye düşmüştür. 1988-2000 yılları arasında Kanada’nın kömüre dayalı termik santral kapasitesinin 2 katına çıkması beklenilmektedir.

Koklaşabilir taşkömürü çelik üretiminin dışında diğer sanayi sektöründe de kullanılmaktadır. Ancak dünyada 1985-1990-1995 yılları arasında sıcak maden üretiminin sırası ile 499.8,521.1-580 milyon ton olması, koklaşabilir taşkömürü tüketiminde demir-çelik önemini göstermektedir.

1983 yılından itibaren sıcak maden üretimindeki artış incelendiğinde 1983-1985 yılları arasında artış %6.6 olmuştur. 1985’ten 1995’e kadar ise artış %10 olarak öngörülmüştür. 1995 yılında tahmin edilen sıcak maden için ihtiyaç duyulacak koklaşabilir taşkömürü miktarı 464 milyon ton olacaktır. 1988’de dünyada metalurjik amaçla kullanılan taşkömürü %25 pay AEK (ECE) bölgesinde %16, Amerika’da %6, B .Avrupa’da %24 ve D .Avrupa’da %23 olmuştur. Asya ve Latin Amerika’da demir-çelik sektöründeki büyümeye paralel olarak 1988 yılında taşkömürü tüketiminde aşırı bir artma olmuş fakat gelecekte dünya kok kömürü tüketiminde %1’den fazla bir tüketim beklenmektedir[3].

Aynı zamanda yüksek fırınlarda ağır petrol kullanılması kok ve taşkömürü tüketiminde azalmalar meydana getirecektir. Taşkömürü tüketiminde yüksek fırın teknolojisinde

gelişmeler nedeniyle azalmalar izlenmektedir. Yüksek fırınlarda kok tüketimine alternatif olarak toz kömürü püskürtülmektedir.

AET'de 1985 yılında kullanılan toz kömür miktarı 0.8 milyon ton iken 1986'da 1.1 milyon ton olmuştur. Petrol fiyatlarında son yıllarda meydana gelen düşme olmamış olsaydı, kullanılacak toz kömür miktarı daha da artacaktı. Avrupa kömür tüketicilerince yapılan bir araştırmaya göre fırınlara enjekte edilecek toz kömür miktarı 6 milyon tona yükselecektir (petrol fiyatlarına bağlı olarak). Bu nedenle demir-çelik endüstrisine verilen taş kömür miktarında azalma gösterecektir. Bir ton toz(pulverize) kömür bir ton kok yerini almaktadır. Bu ise, 1.3-1.4 ton koklaşabilir taşkömürü demektir. Almanya'da (Batı) ham çelik üretimi 1987'de 36.6 milyon ton olmuştur. Gerçekleşen bu değer bir önceki yıla göre %2.3 daha azdır. Kok tüketimi her ton dökme demir için 1987 yılında 460kg. olmuştur (1986'da 487 kg). Buna karşılık fırınlarda, ince öğütülmüş kömür miktarının kullanılması artmıştır. Her ton dökme demir için 23 kg. pulverize kömür kullanılmıştır. Fuel-oil oranı ise her ton dökme demir için 1987'de 24 kg. olmuştur.

Tablo 2.5.2000 Yıllara Doğru IEA Ülkelerinin Taşkömürü Talep ve Üretim Durumları

Ülkeler	Koklaşabilir Kömür Talebi			Koklaşabilir kömür Üretimi		
	1986	1990	2000	1986	1990	2000
Kanada	6.3	7.7	9.7	21.1	23.7	27.5
ABD	32.9	33.5	54.6	83.4	91.2	120.7
Japonya	69.6	66.9	53.5	3.8	0.6	-
Avustralya	5.3	2.5	5.5	52.4	54.3	60
Avusturya	2.3	2.9	3	-	-	-
Belçika	6.9	5.8	5.3	3	1	1
Fillandiya	0	7	10.8	-	-	-
Fransa	10.5	9.3	9	2.5	2.1	1.8
Batı Almanya	28	26.2	23.7	50.7	45.4	29.1
İtalya	10.3	10.6	10.6	-	-	-
Hollanda	3.6	4.6	5.3	-	-	-
Norveç	0.4	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3
İspanya	4.4	4.9	5.3	1.1	1.9	2
İsveç	1.6	1.6	2.3	-	-	-
Türkiye	4.7	6.1	15.1	2.1	2.8	3.7
İngiltere	10.9	10.7	10	4.5	3.6	2.8
TOPLAM	198.2	203.9	229.4	224.8	227	249

KAYNAK : IEA, Coal Information 1988

(DPT, Madencilik Sektörü Enerji Hammaddeleri Özel Husus Komisyonu Raporu, 1991, S.19)

## 2.6.3 Üretim

### 2.6.3.1 Üretim miktarları:

1987 yılı sonu itibariyle dünya taşkömürü üretimi 3.315 milyon tona ulaşmıştır. 1973 yılındaki petrol krizinden sonra sürekli artış göstermiştir. Ve 1973 yılına oranla %50.7 dolayısıyla büyümüştür.

1973-1986 yılları arasında dünya taşkömürü üreten ülkeler arasında en hızlı üretim artışı %53.6 ile dünya kömür üretiminde %50.7 oranında paya sahip olan merkezi planlı ekonomi ülkeleri gerçekleştirmiştir.

Aynı dönemde, OECD ülkelerinde kömür üretimi %26 oranında artmış fakat dünya taşkömürü üretimi içindeki payları 1963'de %41.6 iken 1986'da %35.4'e düşmüştür. OECD ülkeleri içerisinde en önemli artış kaydeden ülkeler sırasıyla Kanada (%147.9), ABD (%39.4) ve Avustralya (%128.6)'dır.

AET ülkelerinde 1973-1986 yılları arasında taşkömürü üretimi %17.4 oranında gerilemiş ve söz konusu ülkelerin dünya taşkömürü üretimi içerisindeki payları %12.9'dan %7.2'ye düşmüştür. 1985-1986 yılları arasında dünya taşkömürü %2.4 oranında bir büyüme gösterirken OECD ülkeleri üretimde %1.2 ve OECD dışı ülkelere %3 oranında gelişme görülmüştür[3]. Altı büyük üretici ülke arasında (Çin, ABD, Rusya, Polonya, G. Afrika, Hindistan) oran değişmemiştir. Dünyanın diğer ülkelerinde üretim tahmin edilenin altında gerçekleşmiştir. Asya'da tahmin edilen üretim gerçekleşmiştir. Avustralya'da tahmin edilen %6.4 artış %3 oranında gerçekleşmiştir. Bu da 4 milyon ton taşkömürü demektir. Halen dünyada 3.3 milyar ton taşkömürü üretilmektedir[3].

### 2.6.3.2 Kurulu Kapasiteler:

Tablo 2.6'de OECD ülkelerinin 2000 yıllarında taş kömür üretim tahminlerini vermektedir. OECD ülkelerinin koklaşabilir kömür üretimlerinin yılda %1.3 artması beklenmektedir. Buhar kömürü için aynı oranın %3.1 olması beklenmektedir.

Kanada'nın şu andaki taş kömür üretiminin 2/3'ü koklaşabilir kömürdür. Ve hemen hepsi B .Avrupa'ya ihraç edilmektedir. Kanada'nın 1990 yılında koklaşabilir kömür üretiminin 23.6 mtce'e, 2000 yılında 26.6 mtce'e yükselmesi beklenmektedir ve bunun çoğu ihraç edilmektedir.

ABD'de 1990 yılında koklaşabilir kömür üretimi 94.3 mtce'e, 2000 yılında 107.1 mtce'e yükselmesi beklenmektedir( yıllık büyüme %0.9). İhraç edilecek miktar toplam üretimin %55'i olacaktır.

Avustralya'da da koklaşabilir kömür üretiminin önemli miktarda artması beklenmektedir(1990 yılında 66.1 mtce'e, 2000 yılında 74 mtce'e yükseltilmesi beklenmektedir). Buhar kömürü ise üç misli artarak 2000 yılında 129.9 mtce'e yükseltilmesi beklenmektedir.

Çin'de 1990'da üretim 1 milyar ton ve 2000 yılında 1.2 milyar tona yükseltilmesi beklenmektedir. İhraç edilen miktarı üretimin %1'i civarında gerçekleştirmiştir.

#### **2.6.4 Türkiye'de Taşkömürü:**

##### **2.6.4.1 Bulunuş Şekilleri Ve Uluslararası Spesifikasyonlara Uygunluğu:**

Ülkemizde taşkömürüne 18.yy.'ın sonlarına doğru ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. O zamanlar ülkemizde taşkömürünün varlığı bilinmediği için bu ihtiyacın ithalatla karşılanması yoluna gidilmiştir. İthalatın getirdiği parasal yük karşılanamaz hale gelince, taşkömürün yurt içinden sağlanması için çalışmalar hızlanmaya başlamıştır. Bahriye eri Uzun Mehmet 8 Kasım 1829'da Ereğli'nin Köseağzı mevkiinde bulmuştur. Zonguldak taşkömürü havzasında çok sayıda yerli ve yabancı şirketler 1848 yılından sonra taşkömürü üretim çalışmalarına başlamıştır.

Türkiye'nin tek taşkömürü havzası olan Zonguldak kömür havzasında bulunan kömürleri işletme hakkı "Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK)" 'dur. Türkiye Taşkömürü kimliği Tablo 2.7'de verilmiştir.

Havzada halen Armutçuk, Kozlu, Üzülme, Karadon ve Amasra müesseselerinde üretim yapılmaktadır. Batı ve Doğu kanatlarda bulunan Armutçuk ve Amasra müesseselerinde mevcut damarlardan pişme ve koklaşma özellikleri bakımından zayıf kömürler üretilmektedir. Bu kömürler ya hiç koklaşmaz veya zayıf ve orta derecede koklaşma özelliği gösterirler. Buna karşılık havzanın orta bölgeleri olan Kozlu, Üzülmez ve Karadon müesseselerindeki kömür damarlarında yapılan üretim ise sayıları az bazı damarların zayıf ve orta derecede koklaşma özelliklerine rağmen genellikle çok iyi koklaşabilme özellikleri göstermektedir. Doğu ve Batı kanat bölgelerinde üretim diğer üç bölgeye oranla düşük olduğundan, genel olarak Zonguldak havzası kömürleri uluslararası sınıflandırmaya göre çok iyi pişme ve koklaşma özellikleri gösteren kömürler olarak gösterilir. Ve VC,VD ve VB gruplarına dahil edilirler[4].

#### **2.6.4.2 Rezervler:**

Son zamanlara kadar Türkiye'nin tek taşkömürü havzası Zonguldak taş kömür havzası idi. Ancak bugün Güney Anadolu'da Antalya civarında ve Güneydoğu Anadolu'da Diyarbakır civarında da küçük rezervli iki taşkömürü yatağı bulunmuştur[4].

##### **2.6.4.2.1 Antalya Taşkömürü Yatakları:**

Bu yataklar Güney Anadolu'da Antalya'nın batısında Kemer köyüne 30 km. mesafede Bey Dağlarında, Pamucak yaylasında, Göynük deresine kadar uzanan bölgede yer yer mosra vermektedir. MTA raporlarına göre 0.90 m. kalınlığında bir kömür damarında 1.5 milyon tona yakın koklaşabilir evsafıta rezerv vardır. Ayrıca bu bölgede Toroslar boyunca yer yer taşkömürü izlerine rastlanmaktadır[3].

##### **2.6.4.2.2 Diyarbakır Taşkömürü Yatakları:**

Diyarbakır'ın Hazro ilçesi yakınlarında mevcut, takriben 400 bin ton rezervi olan küçük bir taşkömürü yatağı olup, bir özel şirket tarafından 4000-5000 ton/yıl kapasite ile işletilmektedir. Önemli bir rezerv artışı beklenmeyen çok küçük bir ocaktır.

### 2.6.4.2.3 Zonguldak (Kuzeybatı Anadolu) Taşkömürü Havzası:

Kuzeybatı Anadolu Taşkömürü havzası Zonguldak ve Kastamonu illeri içerisinde Karadeniz kıyısında Ereğli'den İnebolu yakınlarına kadar takriben 200 km.lik bir sahil şeridinde bulunur. Türkiye'nin rezerv ve üretim bakımından önemli tek taşkömürü havzasıdır. Toplam rezervi 1.3 milyar ton civarında olabileceği tahmin edilmektedir. Kömürler genellikle koklaşabilir cinstendir. Tablo 2.7'de TTK rezervleri (görünür muhtemel ve mümkün) verilmiştir.

Tablo 2.6 Türkiye Taşkömürü Rezervi(Bin Ton)

SAHA ADI	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
Armutçuk	5.200	27.867	58.575	91.632
Kozlu	24.240	828.651	225.000	227.899
Üzülmez	63.801	101.754	79.300	244.855
Karadan	50.518	79.527	344.571	474.616
Amasra	31.082	194.725	61.962	287.769
Toplam	174.849	432.514	769.408	1.376.771

TTK üretim kapasitesi 4.5 milyon ton (satılabilir)'dir. %9,7'si yarı koklaşabilir ve %14.8'i de koklaşmaz üründür.

### 2.6.4.3 Türkiye'de Üretimi Ve Tüketimi:

Türkiye'de elde edilen kok, hava fabrikalarının yan ürünü ve demir-çelik fabrikalarında bulunan kok fabrikalarında ana üründür. Havagazı fabrikasında havagazı veriminin büyük olmasına çalışılır. Bunun için uçucu maddenin yüzde miktarı 30-35 olan taşkömürü tercih edilir. Havagazı fabrikalarından elde edilen kokun, uçucu madde içeriği yüksek olan kömürlerin kullanılmasından dolayı metalürjide kullanılması pek tercih edilmez. Kok

fabrikalarında yüksek fırındaki yükün altında ezilmeden kullanılabilir derecede dayanıklı kok kömürü imal edilir. Bu tesislerde kullanılacak kömür, uçucu madde içeriği bakımından daha farklıdır ve içinde ancak %20-25 civarında uçucu madde bulunur. Kok fabrikalarının kapasiteleri büyük olduğundan dolayı, işlemler sırasında çıkan yan ürünler genellikle işlenir[4].

Ankara, İstanbul ve İzmir’de bulunan beş havagazı fabrikası ile Karabük, Ereğli ve İskenderun demir-çelik fabrikalarında bulunan kok ünitelerinde üretilen kok kömürü yurdumuzun tüketimine sunulmaktadır. Yurdumuzda üretilen kok kömürü miktarı demir-çelik, çeşitli sanayi dalları ve ısıtma amacına yönelik kullanımı karşılayamamaktadır. (Tablo Tablo 2.7. Kok Fabrikalarının Kapasiteleri.

Demir-çelik fab.	Talep		Zonguldak Arzı
Karabük	1400	1400	Demiryolu(15+107 km.)
İsdemir	2500	-	
Erdemir	1456	1320	Demiryolu
Toplam	5356	2720	

Bu sektörün ihtiyacı olan taşkömürünün bir kısmı Zonguldak yöresinden karşılanmaktadır. Bu bölgedeki kömürlerin demir-çelik fabrikalarına olan uzaklıkları ve 1988 yılı üretimi kapasitelerine göre ihtiyacı olan taşkömürü miktarları aşağıda verilmiştir.

#### 2.6.4.4. Karabük Demir-Çelik Kok Fabrikası:

Isınma amacıyla piyasaya verilen elenmemiş kok ve döküm işlerinde kullanılan metalurjik kokun dışında kalan kısımlarının demir-çelik içinde başlıca kullanım alanları metalurjik kok, yüksek fırınlar ve dökümhane, ceviz koku için çelikhane ve kireç fırınları, kok tozu için ise sinter tesisleridir. Ayrıca, Antalya ferrokrom tesislerinde ceviz kok verilmektedir.

Karabük demir-çelik fabrikalarınca DDY’ye, şeker fabrikalarına, MKE kurumuna, çeşitli maden işletmelerine, küçük sanayi tesislerine ve ısınma amacıyla piyasaya kok dağıtım yapılmaktadır. En büyük miktarını ise ısınma amacıyla piyasaya verilen bölümü oluşturmaktadır. Yaklaşık (%70-75’i) oluşturmaktadır.

#### **2.6.4.5.İskenderun Demir-Çelik Kok Fabrikası:**

Fabrikanın kuruluş çalışmaları sırasında taşkömürü ihtiyacının TTK tarafından karşılanması öngörülmüş ise de bu ihtiyacın karşılanmaması nedeniyle yurt dışından koklaşabilir kömür ithal edilmektedir.

#### **2.6.4.6.Ereğli Demir-Çelik Kok Fabrikası:**

Fabrikada kullanılabilen koklaşabilir kömürün %55-60'ı dış kaynaklardan temin edilmektedir. Yerli kaynaklardan sağlanan koklaşabilir kömür Zonguldak merkez havzası, diğer kısmı Armutçuk kömürleridir. Ereğli demir-çelik fabrikalarının kurulmasının en önemli sebeplerinden biri de tüketeceği kömür rezervlerine yakın olmasıdır. Bu sebeple yurdumuzun yegane koklaşabilir kömürü olan Zonguldak havzası kömürlerinin mümkün oldukça demir-çelik endüstrisinde kullanılması sağlanmaktadır. İSDEMİR'in tamamı ile ithal koklaşabilir kömür kullanılması için Karabük ile İskenderun arasında koklaşabilir yerli kömür ile ithal kömürün 200 bin ton civarındaki kısmının karşılıklı olarak taşınması sorununun halledilmesidir.

#### **2.6.4.7.Havagazı Fabrikalarında Kok Üretimi:**

Kok, havagazı fabrikalarından önemli bir yan ürün olarak elde edilir. Karbonizasyonun son bir iki saatlik sürede kömürün içinden buhar geçirilerek su gazı elde edildiğinden, üretilen kok metalurjik amaçlar için uygun değildir. Bu tip tesislerde yaklaşık olarak kullanılan taşkömürünün ağırlıkça %70-75'i kadar kok üretilmektedir. Üretilen kokun yaklaşık 1/3'lük kısmı jeneratör gazı üretmek amacıyla hava ve buharla tepkimeye sokulur. Üretim ocakları için gerekli olan ısı, jeneratör gazı yakılarak sağlanmaktadır. Kalan kok ise piyasada ev ve sanayi yakıtı olarak pazarlanmaktadır. Bunun pazarlanması TKİ tarafından yapılmaktadır.

## BÖLÜM III

### DENEYSEL ÇALIŞMA

Çalışmalara kömürlerden numune alma ile işe başlandı. Alınan numuneler öğütüldü eleklerden geçirildi, belli miktarlarda kömür, bağlayıcı ve kireç oranları iyice karıştırılıp briket üretme kalıbına dökülerek briketler üretildi, üretilen briketlerin sertlikleri ölçüldü.

Bu işlemler temel olarak altı safhadan oluşmaktadır.

- 1- Numune alma
- 2- Alınan numunelerin öğütülmesi
- 3- Yapıştırıcı (Bağlayıcı) hazırlama
- 4- Briket üretme
- 5- Briketleri kurutma ve sertleştirme
- 6- Briket sertliklerinin ölçülmesi

**3.1. Numune alma :** Üzerinde çalışılmak istenilen kömürlerden numune almak için bizzat Şırnak ve Silopi'ye gidilerek ASTM standartlarında belirtilen prosedürlere uygun bir şekilde numuneler alındı. Bir partideki her taneciğin toplam numunede temsil edilmesini sağlayacak biçimde önemli hassasiyet gösterildi. Numunelerin yağmur, kar, güneş, rutubet emici maddelerle temasını ve yüksek ısıya maruz kalma gibi etkenlerden korunması için kalın naylon torbalarda ağızları kapalı olarak muhafaza edildi.

## ÇALIŞILAN KÖMÜRLERİN ANALİZLERİ

**Tablo 3.1. Çalışılan Kömürlerin Analizleri**

KÖMÜR CİNSİ	ŞIRNAK 1.OCAK	ŞIRNAK 3. OCAK	ŞIRNAK ÖZEL OCAK	RUS LİNYİTİ	SİLOPİ	KARLIOVA	YERLİ KOK
Toplam Nem %	0.55	0.71	1.85	1.68	0.92	11.21	5
Kül %	43.57	41.68	43.35	16.68	42.10	36.23	12
Toplam Kükürt %	2.99	4.35	2.95	0.90	4.41	0.50	0.6
Üst Isı Değeri (Kcal/kg)	4856	5057	4762	6976	4926	3273	7100
Alt Isı Değeri (Kcal/kg)	4687	4862	4588	6723	4751	3050	6500
Uçucu Madde %	34.92	35.63	33.75	18.82	37.26	31.43	1.50

**3. 2. Kömürlerin öğütülmesi ve numune hazırlama:** Alınan numuneler ihtiyaç nispetinde miktarlar alınarak öğütme makinasında öğütüldü. Öğütülen kömürler denemelerde kullanılacak kömürün tane iriliğine göre değişik eleklerden geçirildi. Çalışmalarda üç değişik elek kullanıldı (180,355 ve 710  $\mu\text{m}$ ). Hazırlanan numuneler hava şartlarından etkilenmemeleri için kapalı şişelerde muhafaza edildi. Şişeler kömür cinsi ve tane iriliğine göre etiketlendi. Yapılacak briket sayısına göre gramajlar alınarak briketler üretildi.

**3. 3. Briket üretimi :** Başlangıçta Şırnak 1.Ocak, Şırnak 3. Ocak, Şırnak Özel ocak, Silopi, Karlıova, yerli kok, Rus linyiti,semi kok 1 ve semi kok 2 olmak üzere toplam dokuz çeşit kömür üzerinde çalışıldı. Öğütülüp 180  $\mu\text{m}$ ' lik elekten geçirilen bu kömürlerin her biri için % 7,5, % 10, % 12,5 ve % 15 melas bağlayıcı olarak kullanıldı. Her yüzdeler için beşer briket olmak üzere toplam 180 briket üretildi. Genelde 10 gram sabit kömür tozuna, değişik oranlarda bağlayıcı ile iyice karıştırılarak kalıba döküldü. Krikonun kalıba uyguladığı basınç yardımı ile kömür tozu ile yapıştırıcı preslenerek briket haline getirilmiştir.

Melas :Şeker fabrikalarında pancardan şeker elde edildikten sonra arta kalan kısımdır. Gelişmiş ülkelerde kömür tozunu bağlamada çoktan beri kullanıldığı halde bizde de son zamanlarda kullanılmaya başlandı. Ayrıca bir çok yerde hayvan yemi olarak kullanılmaktadır.

Briket üretme bölümü, iki kısımdan meydana gelmektedir.

**3. 3. 1. Kömür tozundan sadece melas bağlayıcı ile briket üretimi :** Bu bölümde yapacağımız çalışmalar, sanayide uygulanan briket üretimini etkileyen faktörlerin etki miktarlarının tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır.

Üretilen briketler bir gün 60 °C 'de elektrikli termostatta bekletilerek nemleri alındı. Sonra 105 °C' de iki saat daha durduruldu. Bu arada kömür ile bağlayıcı arasında bazı reaksiyonlar gerçekleşerek briketlerin sertleşmesi sağlanmış oldu. Bu işlemden sonra briket kırma makinası ile sertlikleri ölçüldü. Sonuçlar grafik 3.1'de görülmektedir.

Kireç miktarının briket sertliğine ve kalitesine etkisini tespit etmek için, aynı tane iriliğine ve aynı bağlayıcı miktarına % 3 ve % 5 sönmemiş kireç (CaO) ilave edilerek %3'lükden 180 adet ve % 5 'likden 180 adet olmak üzere toplam 360 briket üretildi. Kurutulup sertlikleri ölçüldü. Elde edilen neticeler grafik 3.2, 3.3, 3.10, 3.13, 3.16, 3.19, 3.22 ve 3.27'de görülmektedir.

Bundan sonra kömürün tane iriliğinin briket sertliğine ve kalitesine etkisini araştırmak için kömürün tane iriliği artırıldı. Yani öğütülen kömürler 180 µm yerine 355 µm'lik elekten geçirildi. "Semi koklar hariç " çünkü bunlar hazır ve 180 µm'likti. Yukarıda anlatıldığı gibi dört çeşit bağlayıcı miktarı (%7,5, %10, %12,5, % 15) melas bağlayıcı ile toplam 140 briket üretildi. Bunlarda 60 °C' de bir gün 105 °C' de de iki saat bekletildikten sonra kırma makinesi ile sertlikleri ölçüldü. Bu çalışmanın sonuçları grafik 3.4 'de görülmektedir.

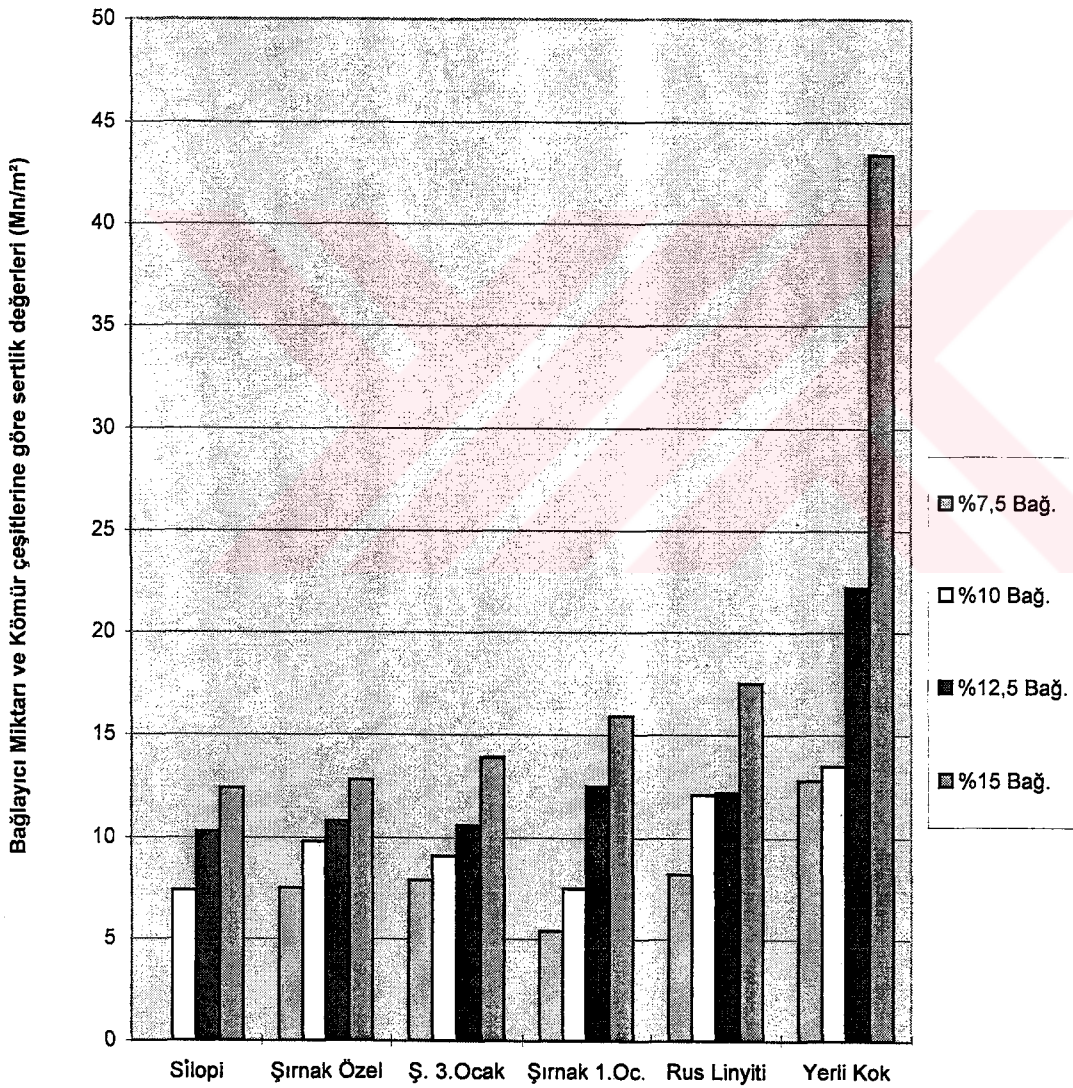
Bu tane iriliği içinde kirecin briket kalitesine etkisini tespit etmek için %3 ve % 5 oranlarında sönmemiş kireç ilave edilerek toplam 280 tane briket üretildi. Bunlarda bir gün 60 °C' de ve iki saat 105 °C' de de bekletilerek sertlikleri ölçüldü. Kireç oranlarının briket sertliğine ve kalitesine etkisini gösteren grafikler 3.5, 3.6, 3.11, 3.14, 3.17, 3.23, 3.24, 3.27 'de görülmektedir.

Elde edilen sonuçlardan emin olmak için çalışmamızı üç çeşit tane iriliği üzerinde denemek istedik. Bunun için en son öğütülen kömür 710 µm'lik elekten geçirildi. Yukarıda anlatılan işlemler aynen tekrar edildi. Yani her bir kömür cinsi için %7,5, %10, %12,5 ve % 15 'lik melas bağlayıcı ile karıştırılarak her bir kömür cinsi ve her bir bağlayıcı miktarından beşer briket yapmak üzere toplam 120 tane briket yapıldı. Bunlarda öncekilerde olduğu gibi 60 °C' de de bir gün 105 °C' de de iki saat bekletildikten sonra sertlikleri ölçüldü. Buradaki sonuçlar grafik 3.7 'de görülmektedir.

Kirecin etkisini daha iyi görmek için, burada da aynı bağlayıcı miktarına ve aynı tane iriliğine %3 ve % 5 sönmemiş kireç ilave edildi. Bu partiden de 120 tane %3 kireçli ve 120 tane %5 kireçli olmak üzere 240 adet briket üretildi. Bir önceki partilerde olduğu gibi nemleri alınarak sertlikleri ölçüldü. Burada elde edilen sonuçlar grafik 3.8, 3.9, 3.12, 3.15, 3.18, 3.21, 3.25, 3.26 'da görülmektedir.

Bağ.Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	0	7,5	7,9	5,4	8,2	12,8
Sapma De	0	1,8	1,1	1,3	0	1,8
%10 Bağ.	7,4	9,8	9,1	7,5	12,1	13,5
Sapma De	0,44	1,5	1,5	1,2	1,3	1,1
%12,5 Bağ	10,3	10,8	10,6	12,5	12,2	22,2
Sapma De	0,8	1,18	1,55	1,82	1,5	1,5
%15 Bağ.	12,4	12,8	13,9	15,9	17,5	43,4
Sapma De	1,2	1,39	1,6	1,4	1,5	1,7

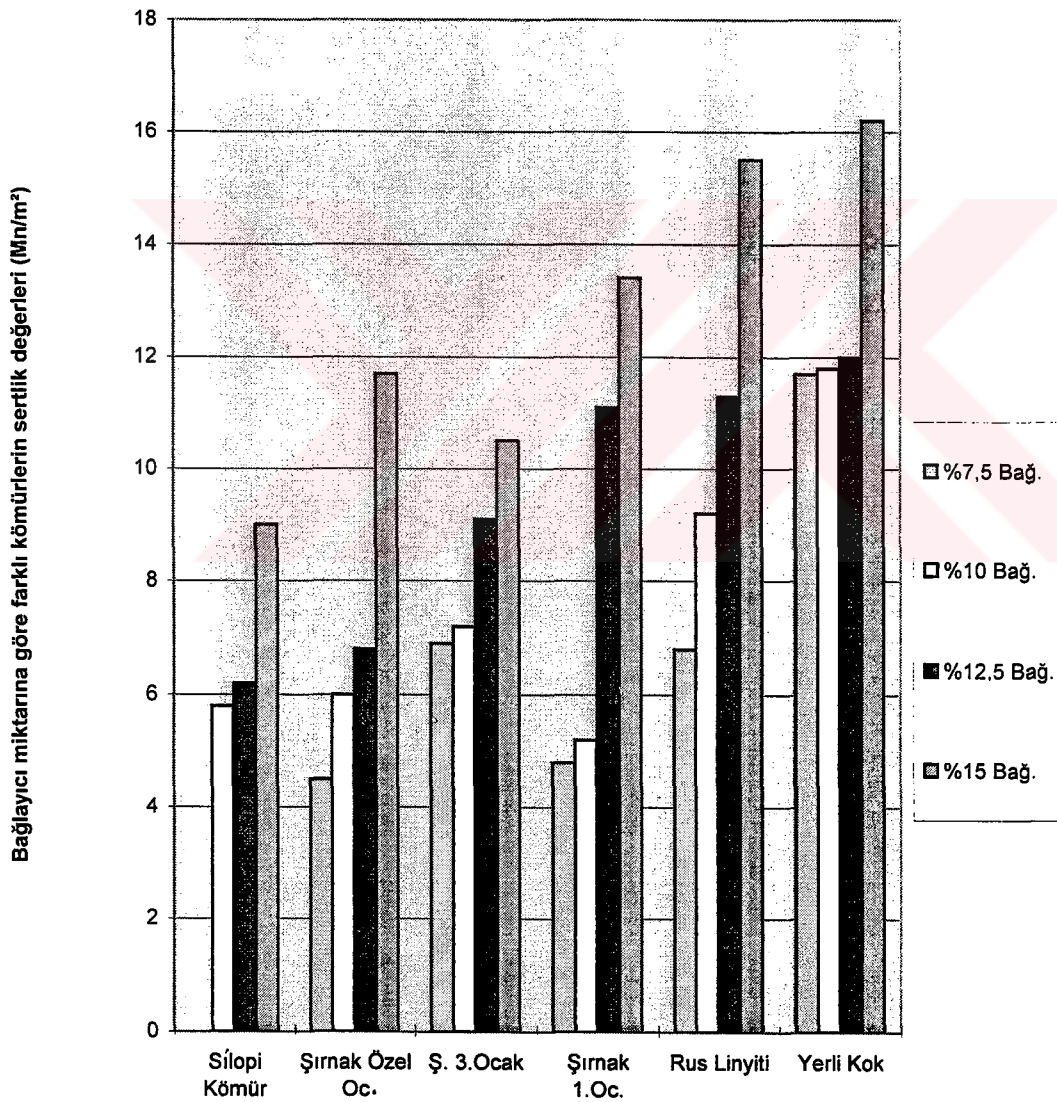
**Değişik Kireçsiz Kömürlerin aynı tane iriliği (180 µ.m) ve %7,5, %10,%12,5 , %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



**Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.1**

Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	0	4,5	6,9	4,8	6,8	11,7
Sapma De	0	0,6	0	1,4	1,5	1,3
%10 Bağ.	5,8	6	7,2	5,2	9,2	11,8
Sapma De	0,2	1,59	0,06	1,97	1,9	1,23
%12,5 Bağ	6,2	6,8	9,1	11,1	11,3	12
Sapma De	1,3	1	1,6	1,2	1,9	1,6
%15 Bağ.	9	11,7	10,5	13,4	15,5	16,2
Sapma De	1,3	1,36	0,92	0,4	1,9	2,2

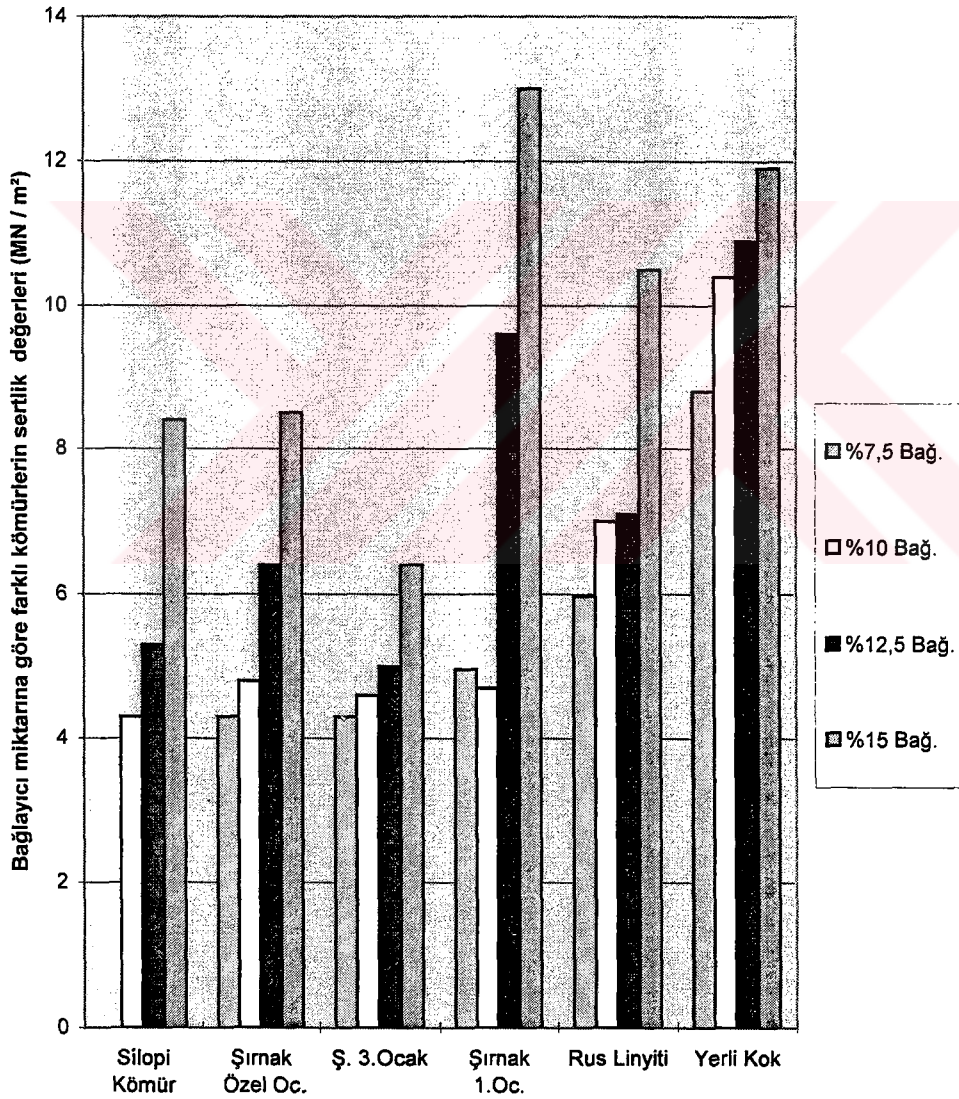
**Değişik %3 Kireçli Kömürlerin aynı tane iriliği (180 µm) %7,5 , %10 , %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



**Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.2**

Bağ. Mik	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	0	4,3	4,3	4,96	5,97	8,8
Sapma De	0	0,3	1,2	1,5	0,8	0,4
%10 Bağ.	4,3	4,8	4,6	4,7	7	10,4
Sapma De	0,69	1,2	0,8	1,5	1,2	1,9
%12,5 Bağ	5,3	6,4	5	9,6	7,1	10,9
Sapma De	1,3	1,57	1,96	1,3	1,6	1,3
%15 Bağ.	8,4	8,5	6,4	13	10,5	11,9
Sapma De	1,14	0	1,9	0,9	1,95	2

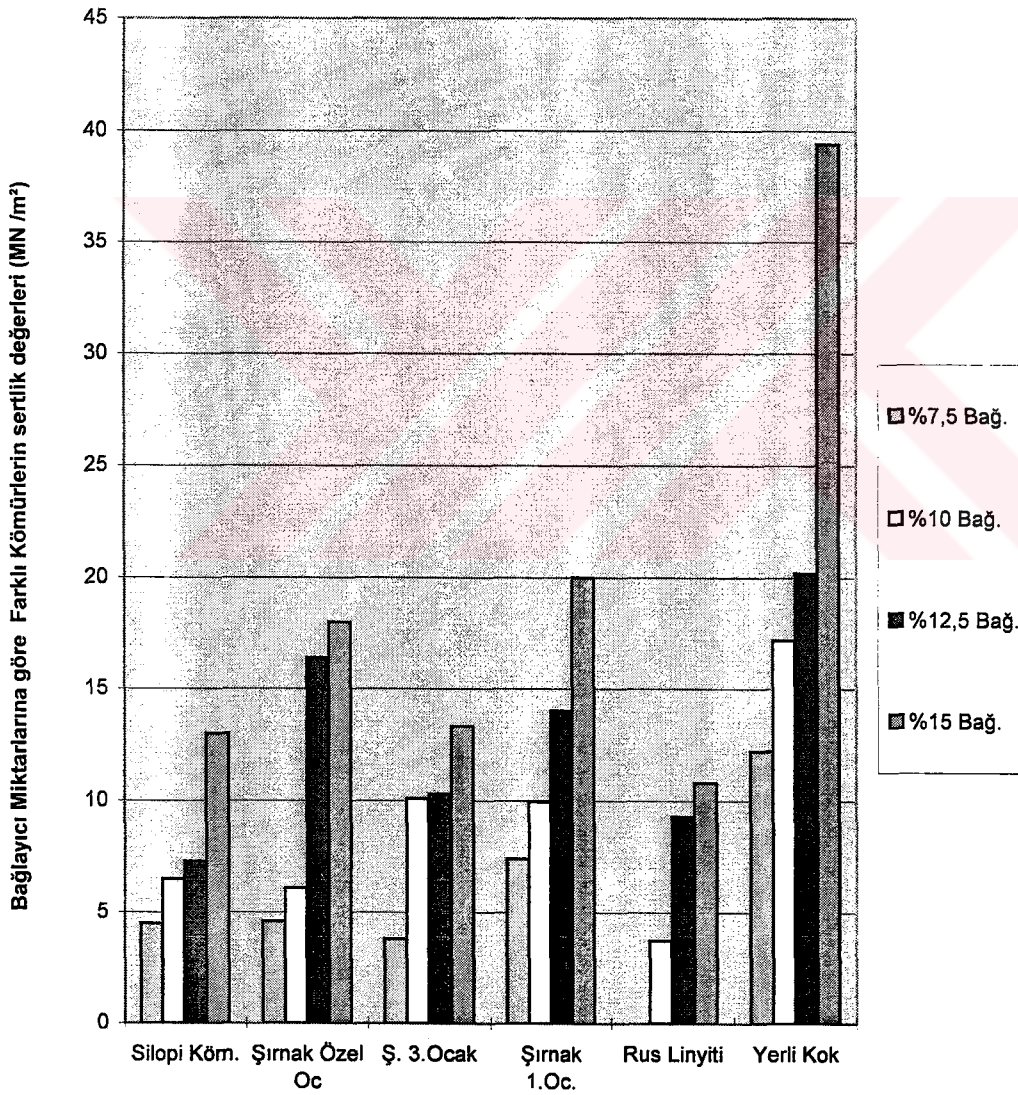
**Değişik %5 Kireçli Kömürlerin aynı tane iriliği (180 µ.m) ve % 7,5 , %10, %12,5 ve % 15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



**Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.3**

Bağ. Mik.	Silopi Köm.	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	4,5	4,6	3,8	7,4	0	12,2
Sapma De	1,3	0,2	0	0,28	0	1,2
%10 Bağ.	6,5	6,1	10,1	9,97	3,75	17,2
Sapma De	1,9	1,6	1,4	1,26	0,5	2,2
%12,5 Bağ	7,3	16,4	10,3	14	9,3	20,2
Sapma De	1,32	0,86	1,36	0,89	1,28	1,42
%15 Bağ.	12,97	18	13,3	20	10,8	39,4
Sapma De	2	0,77	1,9	1,36	1,1	2,7

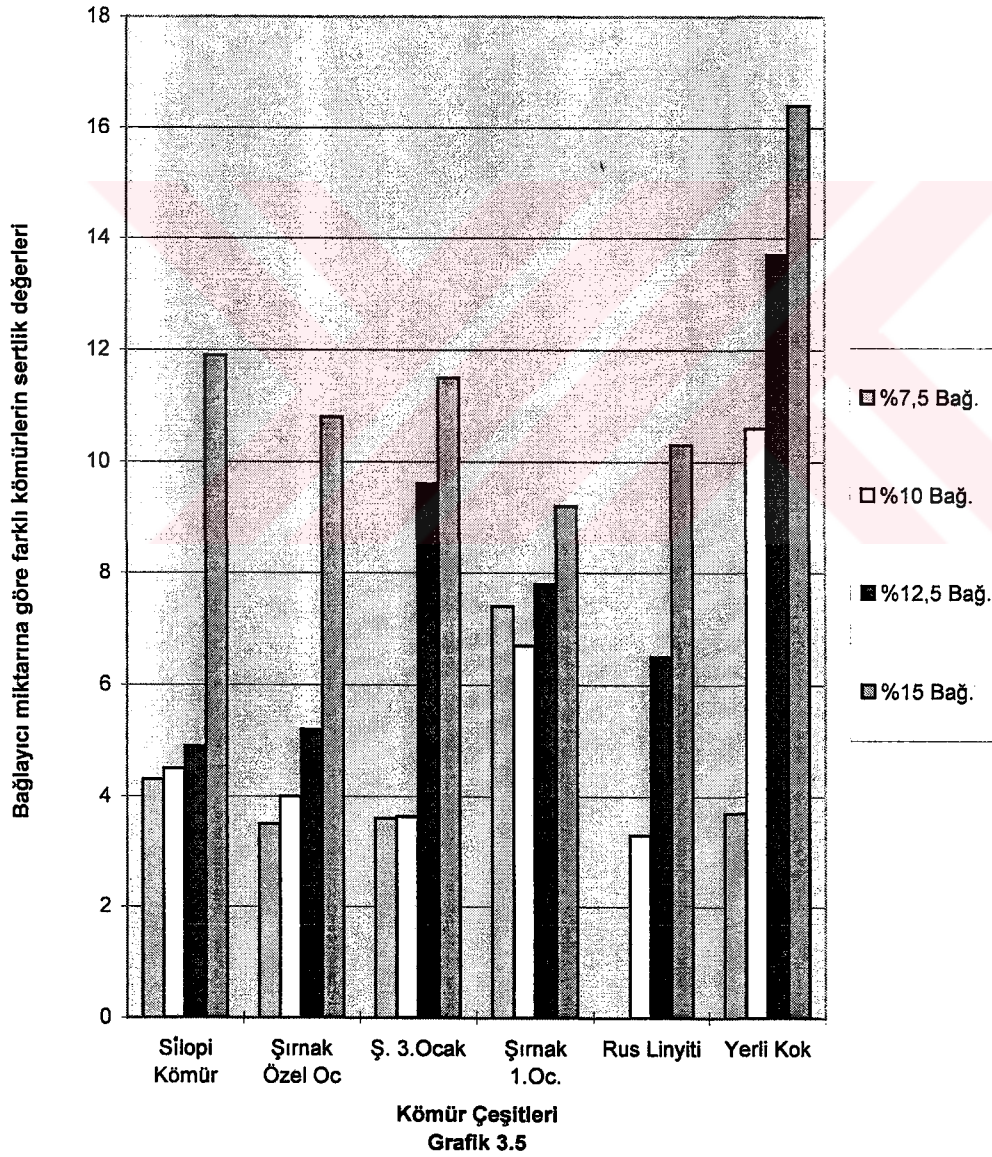
**Değişik Kireçsiz Kömürlerin aynı tane iriliği (355  $\mu$  m) % 7,5 , %10 , %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile apılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



**Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.4**

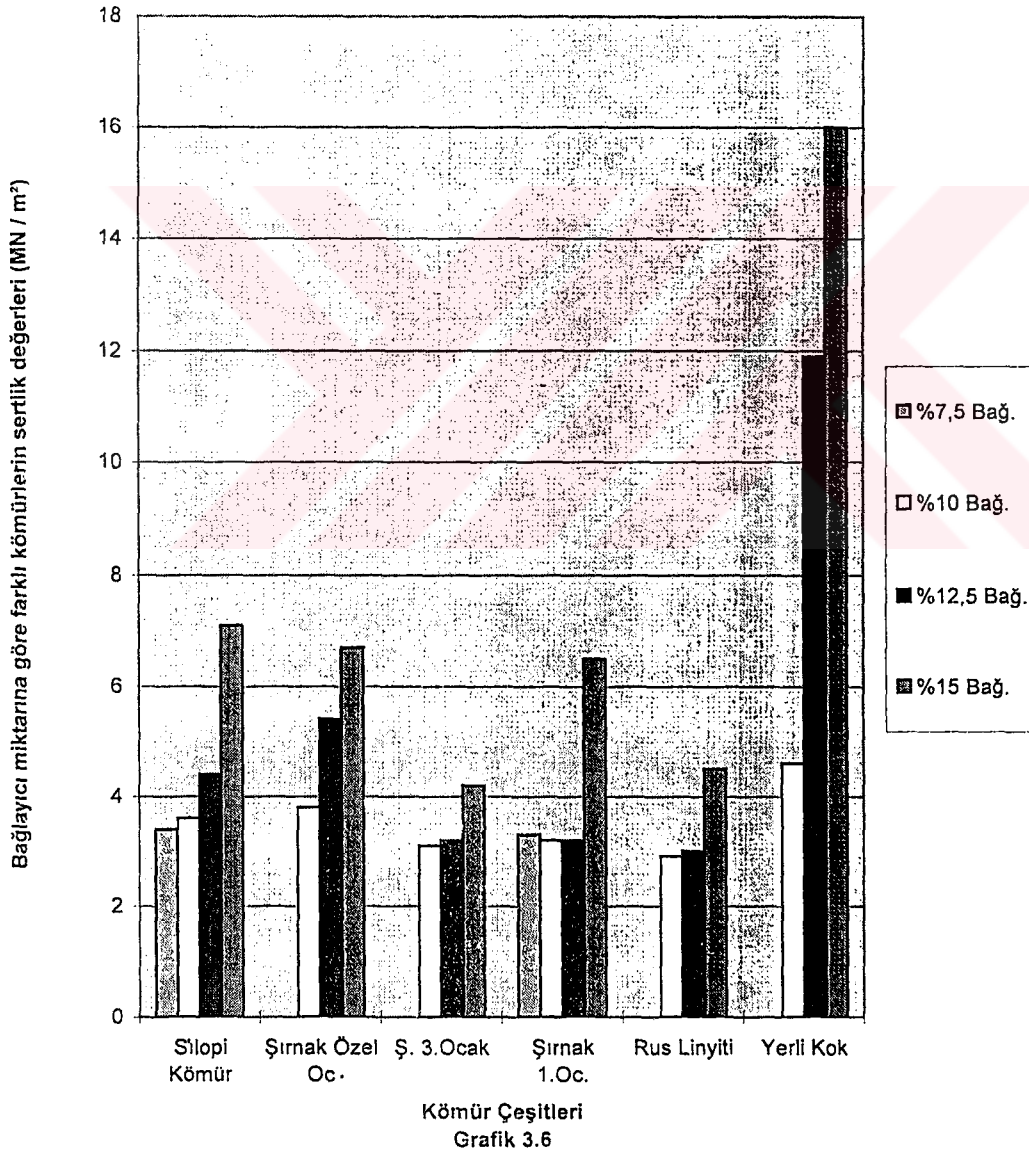
Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	4,3	3,5	3,6	7,4	0	3,7
Sapma De	1,5	0,6	0	1,19	0	0,2
%10 Bağ.	4,5	4	3,64	6,7	3,3	10,6
Sapma De	1,5	1,46	0,9	0,6	0	1,34
%12,5 Bağ	4,9	5,2	9,6	7,8	6,5	13,7
Sapma De	1,5	1,75	2,8	0,86	1,2	3,37
%15 Bağ.	11,9	10,8	11,5	9,2	10,3	16,4
Sapma De	2,2	1,7	1,6	0,9	1,5	1,53

**Değişik Kömürlerin %3 kireçli, aynı tane iriliği (355  $\mu$  m) %7,5 , %10 , %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerini karşılaştırma grafiği**



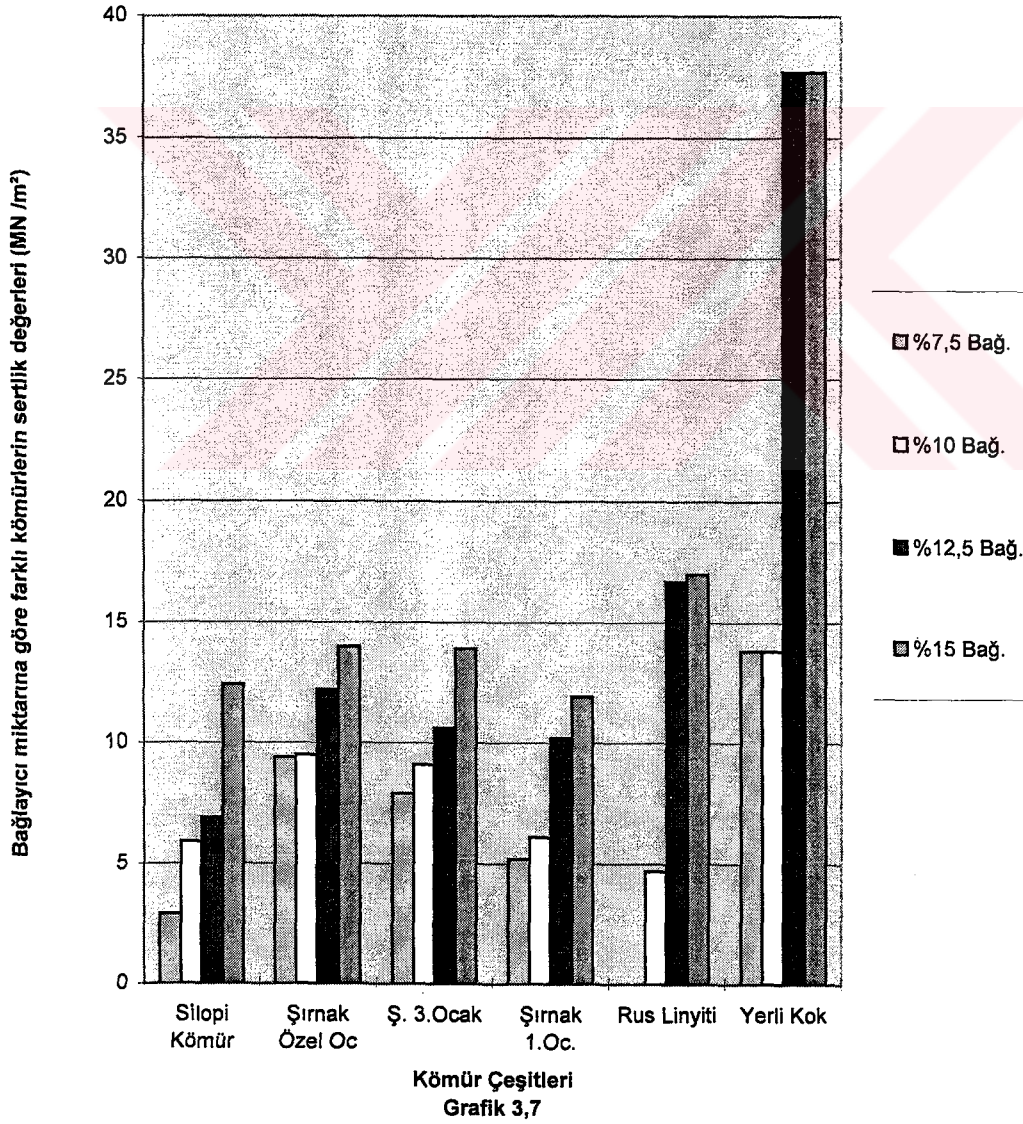
Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	3,4	0	0	3,3	0	0
Sapma De	0	0	0	1,3	0	0
%10 Bağ.	3,6	3,8	3,1	3,2	2,9	4,6
Sapma De	0,28	0	0,03	0,35	0	1,3
%12,5 Bağ	4,4	5,4	3,2	3,2	3	11,9
Sapma De	0,27	0,23	0,1	0,14	0	1,43
%15 Bağ.	7,1	6,7	4,2	6,5	4,5	16
Sapma De	0,88	0,9	1,56	0,6	1,6	1,3

Değişik Kömürlerin %5 kireçli, aynı tane iriliği (355  $\mu$ m), %7,5 , %10, %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği



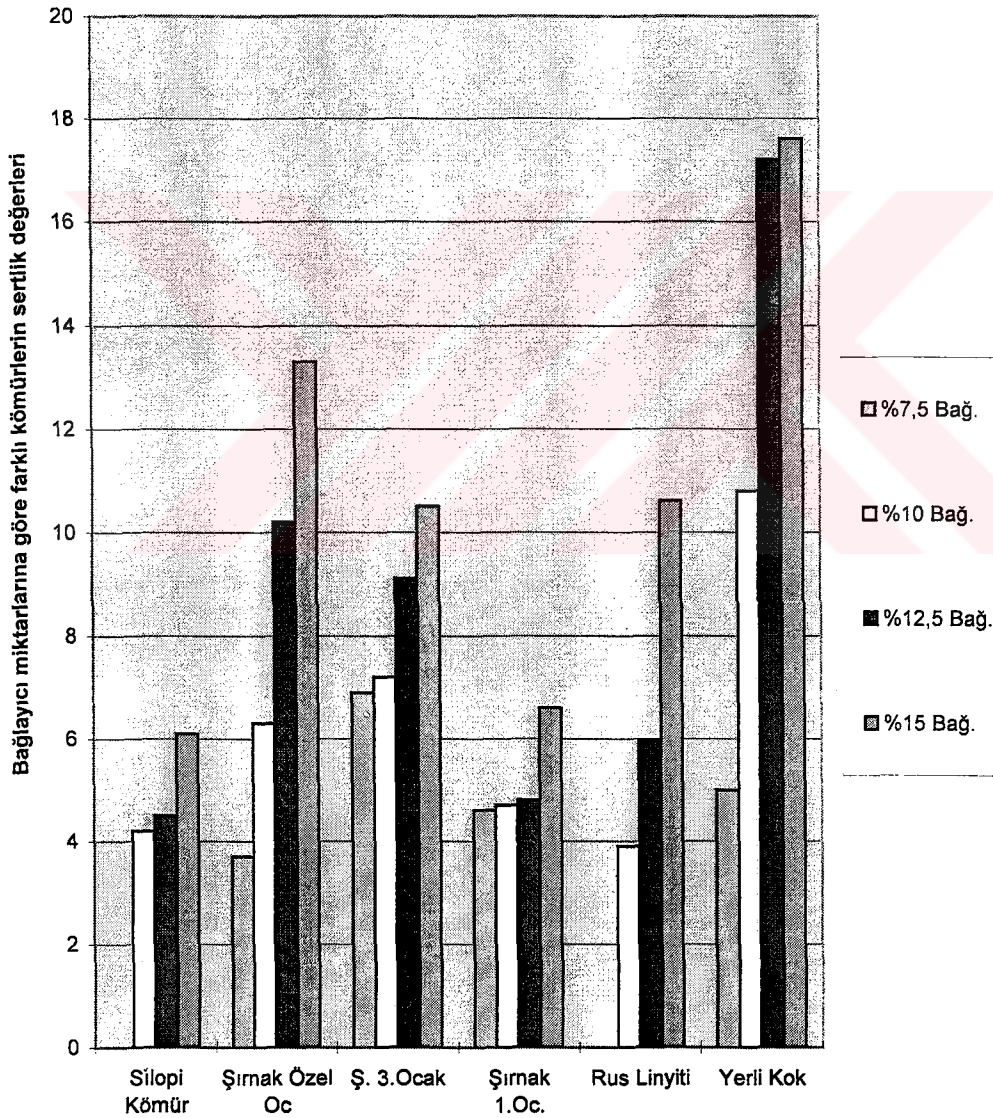
Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Özel	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	2,9	9,4	7,9	5,2	0	13,8
Sapma De:	0	1,8	1,14	1,2	0	1,45
%10 Bağ.	5,9	9,5	9,1	6,1	4,7	13,8
Sapma De:	1,7	1	1,5	0,89	1,7	1,22
%12,5 Bağ	6,9	12,2	10,6	10,2	16,7	37,7
Sapma De:	1,5	2	1,55	2,1	1,25	2,53
%15 Bağ.	12,4	13,97	13,9	11,9	17	37,7
Sapma De:	1,7	1,25	1,6	1,25	1,6	2,6

**Değişik Kömürlerin Kireçsiz, aynı tane iriliği (710 $\mu$  m), %7,5 , %10 , %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	0	3,7	6,9	4,6	0	5
Sapma De	0	0,8	0	1,9	0	1,5
%10 Bağ.	4,2	6,3	7,2	4,7	3,9	10,8
Sapma De	1,7	0	0,06	1,1	0,14	0,6
%12,5 Bağ	4,5	10,2	9,1	4,8	5,98	17,2
Sapma De	1,7	1,23	1,6	1,3	1,8	1,32
%15 Bağ.	6,1	13,3	10,5	6,6	10,6	17,6
Sapma De	0,5	1,46	0,92	1,6	1,25	1,52

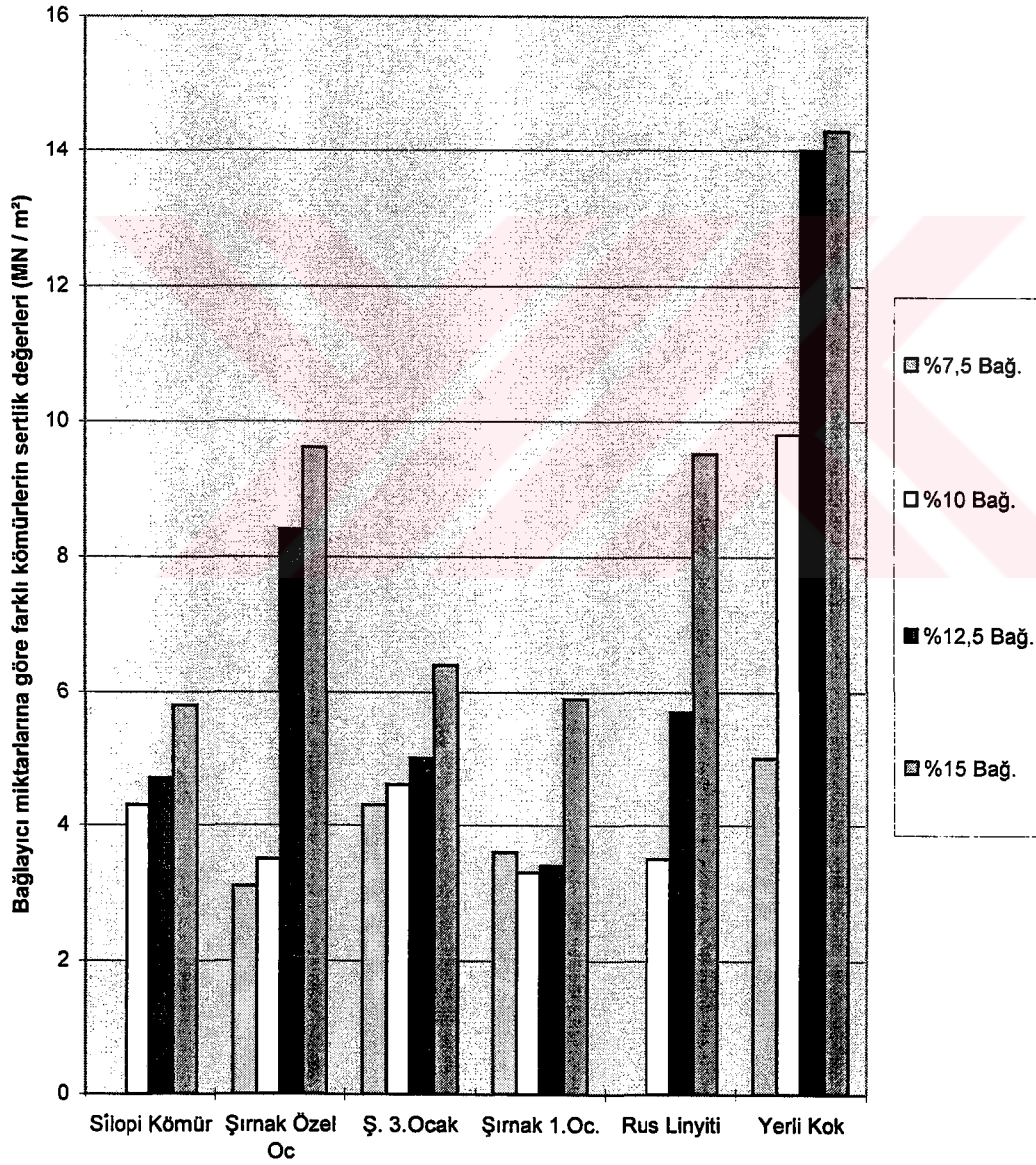
**Değişik Kömürlerin %3 Kireçli, aynı tane iriliği (710  $\mu$  m) ve %7,5 , %10, %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile apılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği**



**Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.8**

Bağ. Mik.	Silopi Köm	Şırnak Öze	Ş. 3.Ocak	Şırnak 1.O	Rus Linyiti	Yerli Kok
%7,5 Bağ.	0	3,1	4,3	3,6	0	5
Sapma De.	0	0,4	1,2	0,3	0	1,8
%10 Bağ.	4,3	3,5	4,6	3,3	3,5	9,8
Sapma De.	0,97	0,14	0,8	0,4	0,8	1,6
%12,5 Bağ.	4,7	8,4	5	3,4	5,7	14
Sapma De.	0,5	1,5	1,96	0,3	0,2	0,9
%15 Bağ.	5,8	9,6	6,4	5,9	9,5	14,3
Sapma De.	Oca.28	0,6	1,9	0,5	Oca.23	1,1

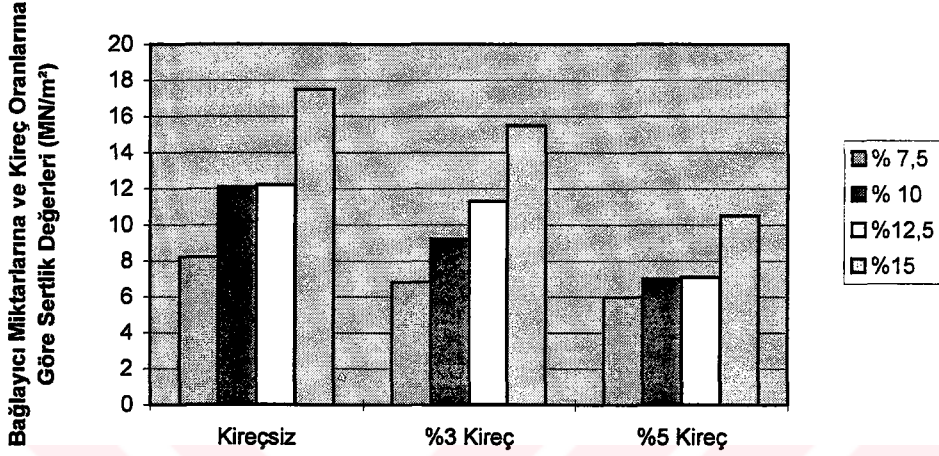
Değişik Kömürlerin %5 Kireçli, aynı tane iriliği (710 $\mu$ .m), %7,5 ,%10 , %12,5 ve %15 melas bağlayıcı ile yapılan briketlerin sertliklerinin karşılaştırma grafiği



Kömür Çeşitleri  
Grafik 3.9

Bağ. Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5	8,2	6,8	5,97
% 10	12,1	9,2	7
%12,5	12,2	11,3	7,1
%15	17,5	15,5	10,5

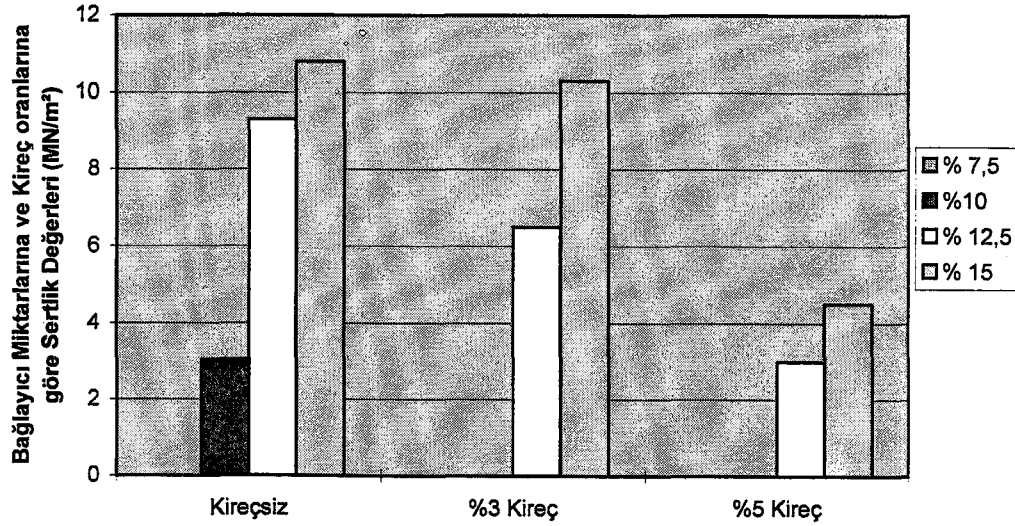
### Rus Linyiti 180 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.10. Kireç Oranları

Bağ. Mik	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5			
%10	3,05		
% 12,5	9,3	6,5	3
% 15	10,8	10,3	4,5

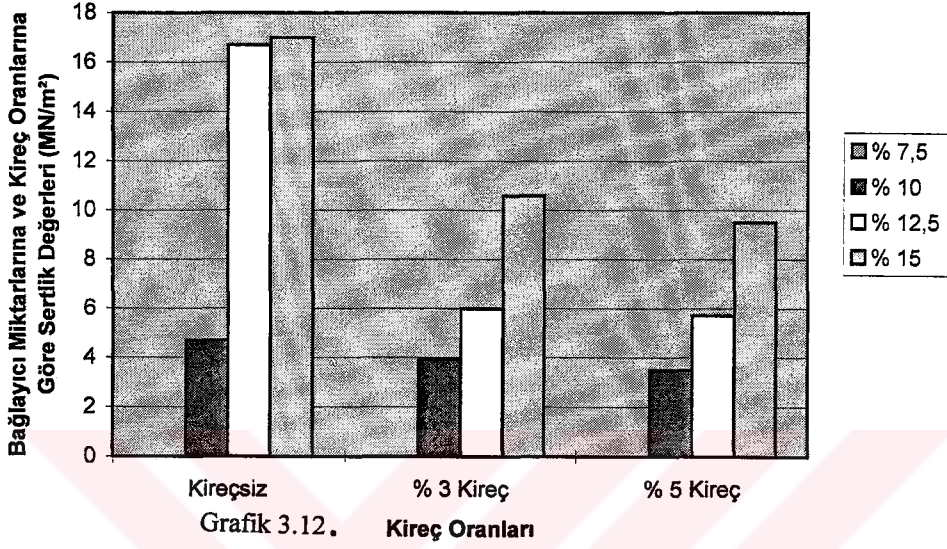
### Rus Linyiti 355 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3. .11. Kireç Oranları

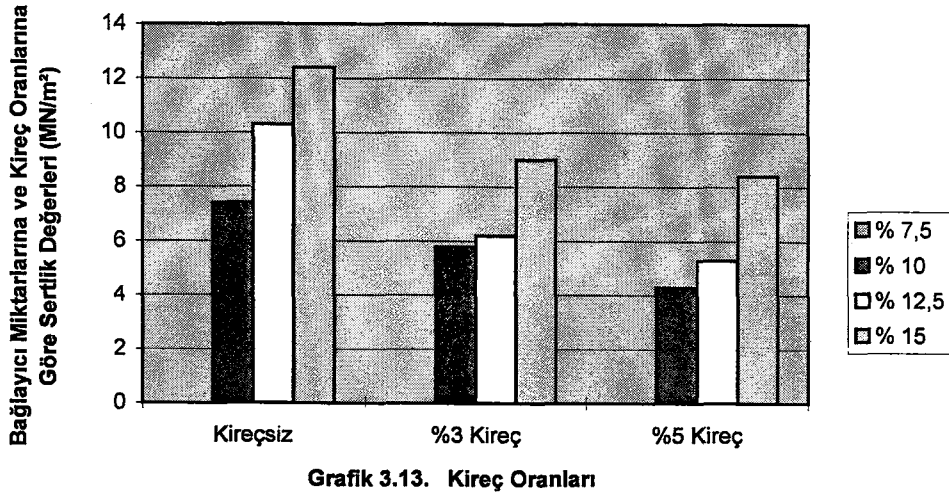
Bağ.Mik.	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5			
% 10	4,7	3,9	3,5
% 12,5	16,7	5,98	5,7
% 15	17	10,6	9,5

### Rus Linyiti 710 $\mu$ m'lik Elek



Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5			
% 10	7,4	5,8	4,3
% 12,5	10,3	6,2	5,3
% 15	12,4	9	8,4

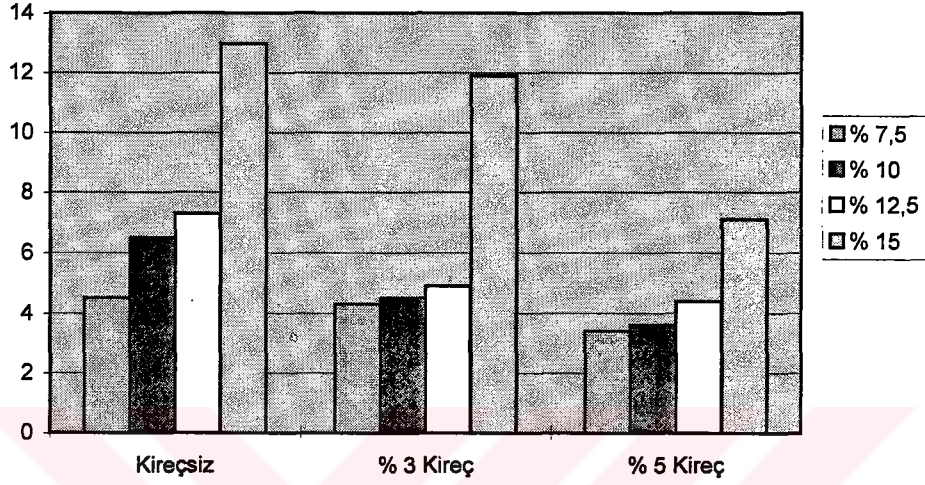
### Slopi 180 $\mu$ m'lik" Elek



Bağ.Mik.	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5	4,5	4,3	3,4
% 10	6,5	4,5	3,6
% 12,5	7,3	4,9	4,4
% 15	12,97	11,9	7,1

### Silopi Kömürü 355 $\mu$ m'lik Elek

Bağlayıcı Miktarlarına ve Sertlik Oranlarına Göre Sertlik Değerleri (MN/m<sup>2</sup>)

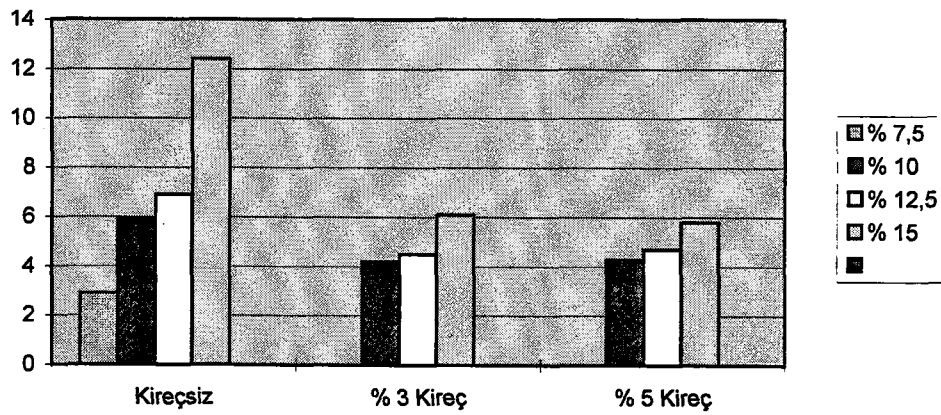


Grafik 3.14. Kireç Oranları

Bağ.Mik.	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5	2,9		
% 10	5,9	4,2	4,3
% 12,5	6,9	4,5	4,7
% 15	12,4	6,1	5,8

### Silopi Kömürü 710 $\mu$ m'lik elek

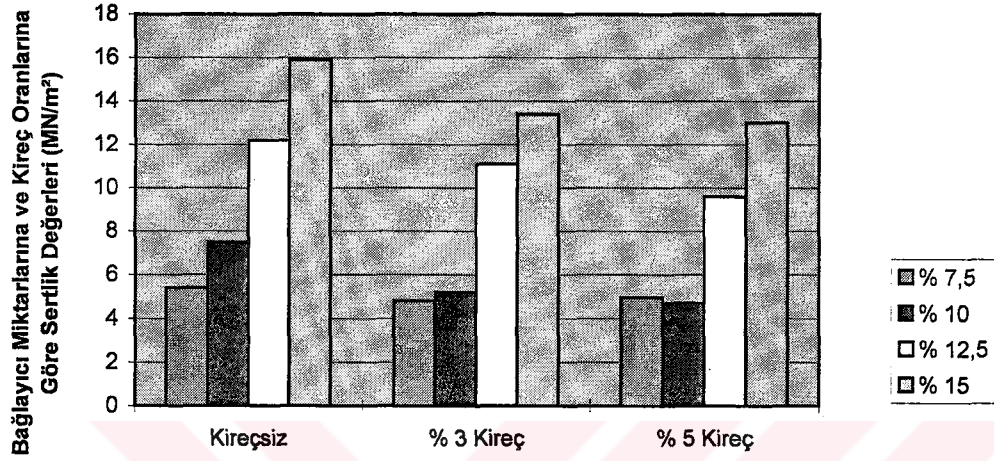
Bağlayıcı Miktarına ve Kireç Oranlarına Göre Sertlik Değerleri (MN/m<sup>2</sup>)



Grafik 3.15. Kireç Oranları

Bağ.Mik.	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5	5,4	4,8	4,96
% 10	7,5	5,2	4,7
% 12,5	12,2	11,1	9,6
% 15	15,9	13,4	13

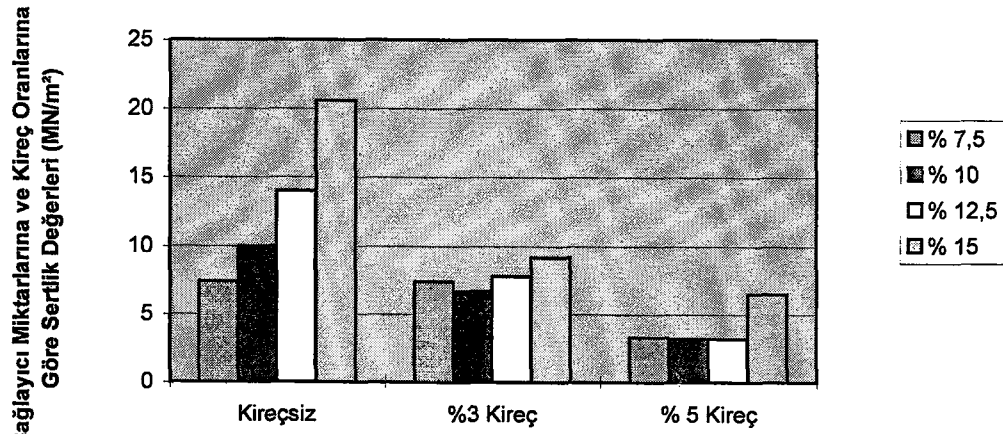
### Şırnak 1.Ocak 180 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.16. Kireç Oranları

Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5	7,4	7,4	3,3
% 10	9,97	6,7	3,2
% 12,5	14	7,8	3,2
% 15	20,6	9,2	6,5

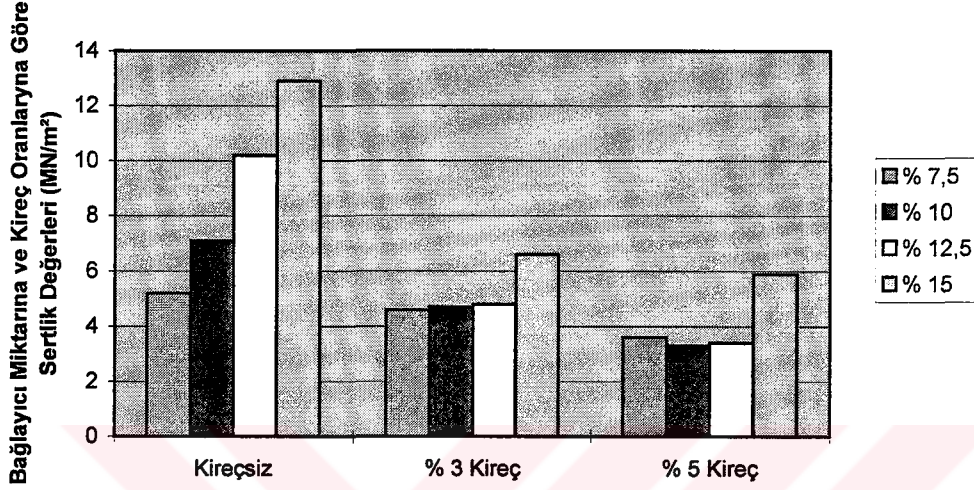
### Şırnak 1.Ocak 355 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.17. Kireç Oranları

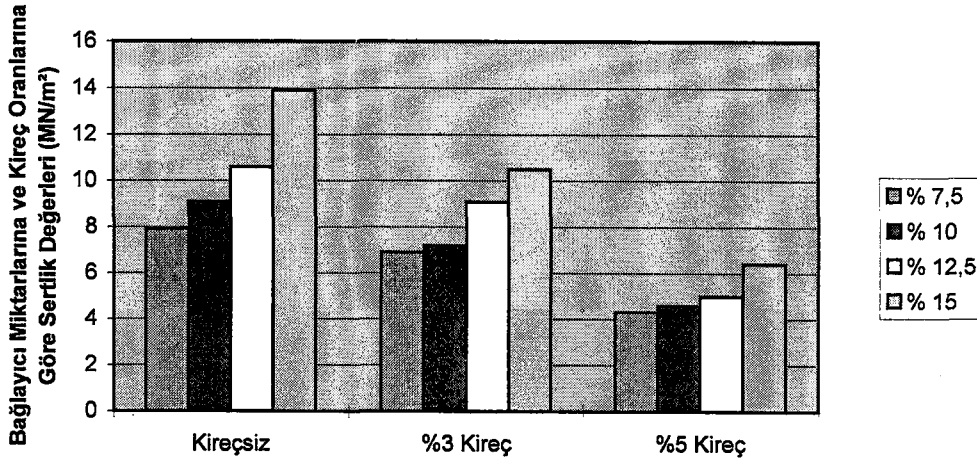
	Bağ.Mik.	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 Kireç
% 7,5		5,2	4,6	3,6
% 10		7,1	4,7	3,3
% 12,5		10,2	4,8	3,4
% 15		12,9	6,6	5,9

### Şırnak 1.Ocak 710 $\mu$ m'lik Elek



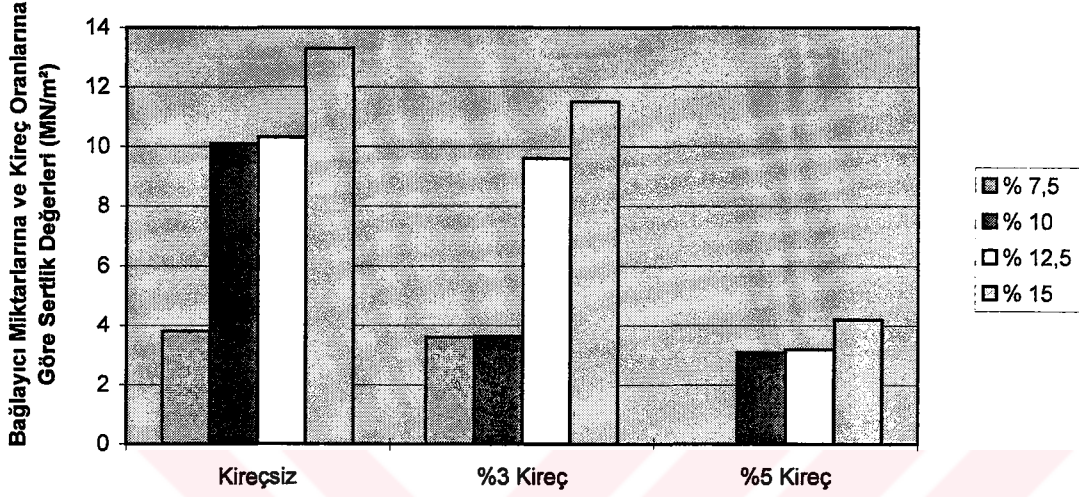
	Bağ.Mik	Kireçsiz.	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5		7,9	6,9	4,3
% 10		9,1	7,2	4,6
% 12,5		10,6	9,1	5
% 15		13,9	10,5	6,4

### Şırnak 3.Ocak 180 $\mu$ m'lik Elek



	Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	% 7,5	3,8	3,6	
	% 10	10,1	3,64	3,1
	% 12,5	10,3	9,6	3,2
	% 15	13,3	11,5	4,2

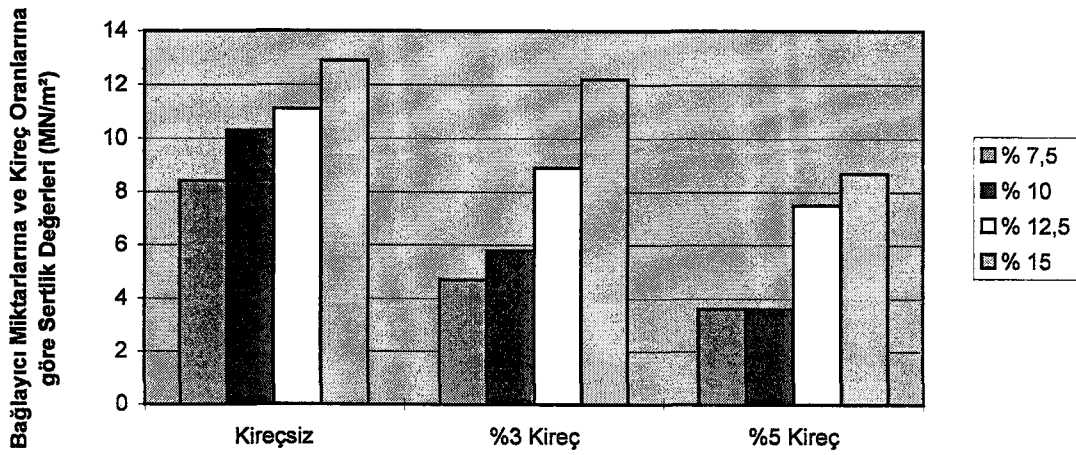
### Şırnak 3.Ocak 355 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.20. Kireç Oranları

	Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	% 7,5	8,4	4,7	3,6
	% 10	10,3	5,8	3,6
	% 12,5	11,1	8,9	7,5
	% 15	12,9	12,2	8,7

### Şırnak 3.Ocak 710 $\mu$ m'lik Elek

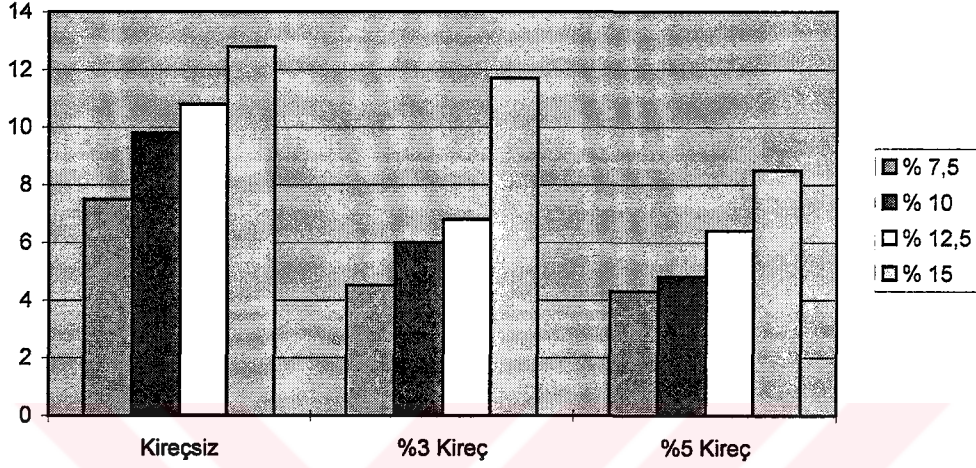


Grafik 3.21. Kireç Oranları

	Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	% 7,5	7,5	4,5	4,3
	% 10	9,8	6	4,8
	% 12,5	10,8	6,8	6,4
	% 15	12,8	11,7	8,5

### Şırnak Özel Ocak 180 $\mu$ m'lik Elek

Bağlayıcı Miktarlarına ve Kireç Oranlarına Göre Sertlik Değerleri (MN/m<sup>2</sup>)

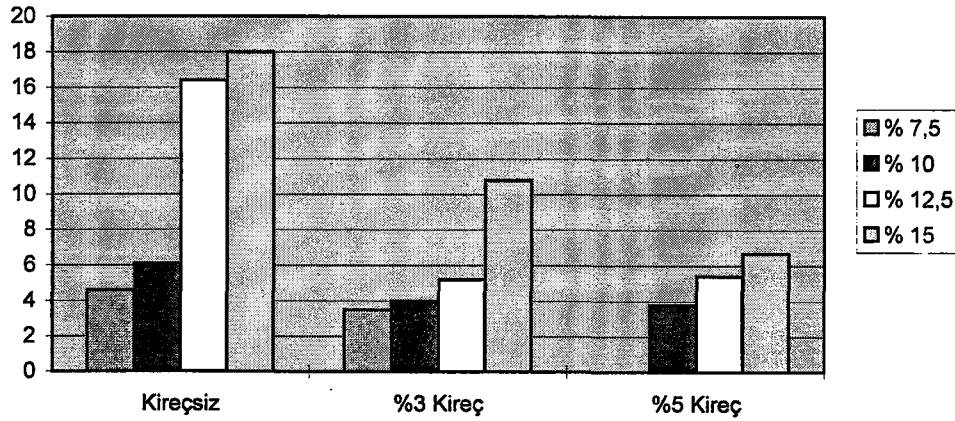


Grafik 3.22. Kireç Oranları

	Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	% 7,5	4,6	3,5	
	% 10	6,1	4	3,8
	% 12,5	16,4	5,2	5,4
	% 15	18	10,8	6,7

### Şırnak Özel Ocak 355 $\mu$ m'lik Elek

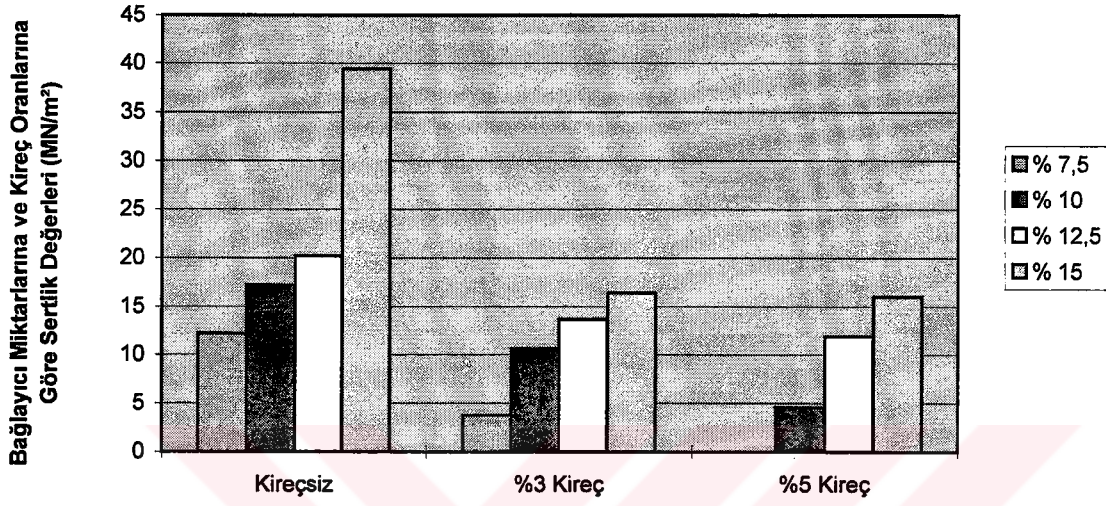
Bağlayıcı Miktarına ve Kireç Oranlarına Göre Sertlik Değerleri (MN/m<sup>2</sup>)



Grafik 3.23. Kireç Oranları

	Bağ.Mik	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	% 7,5	12,2	3,7	
	% 10	17,2	10,6	4,6
	% 12,5	20,2	13,7	11,9
	% 15	39,4	16,4	16

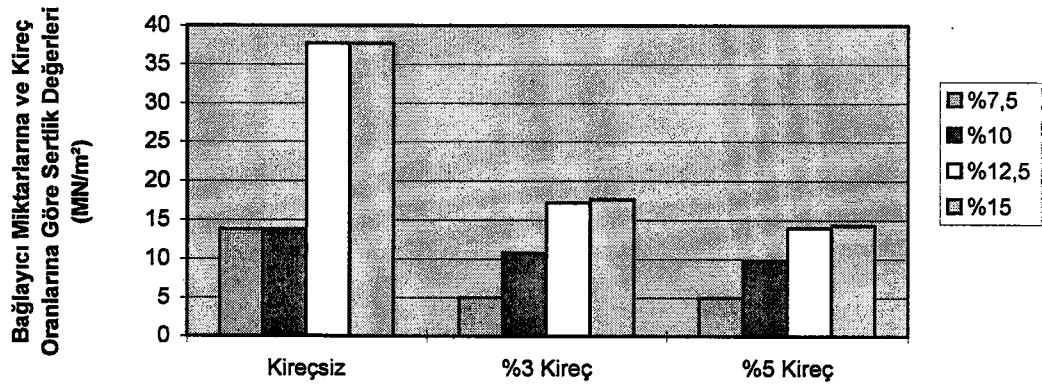
**Yerli Kok 355  $\mu$  m'lik Elek**



**Grafik 3.24. Kireç Oranları**

	Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
	%7,5	13,8	5	5
	%10	13,8	10,8	9,8
	%12,5	37,7	17,2	14
	%15	37,7	17,6	14,3

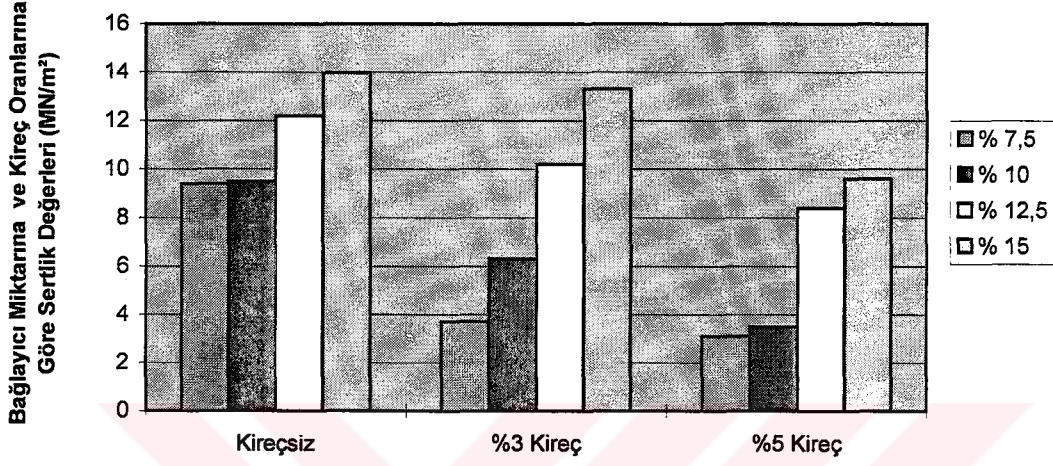
**Yerli Kok 710  $\mu$  m'lik Elek**



**Grafik 3.25. Kireç Oranları**

Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5	9,4	3,7	3,1
% 10	9,5	6,3	3,5
% 12,5	12,2	10,2	8,4
% 15	13,97	13,3	9,6

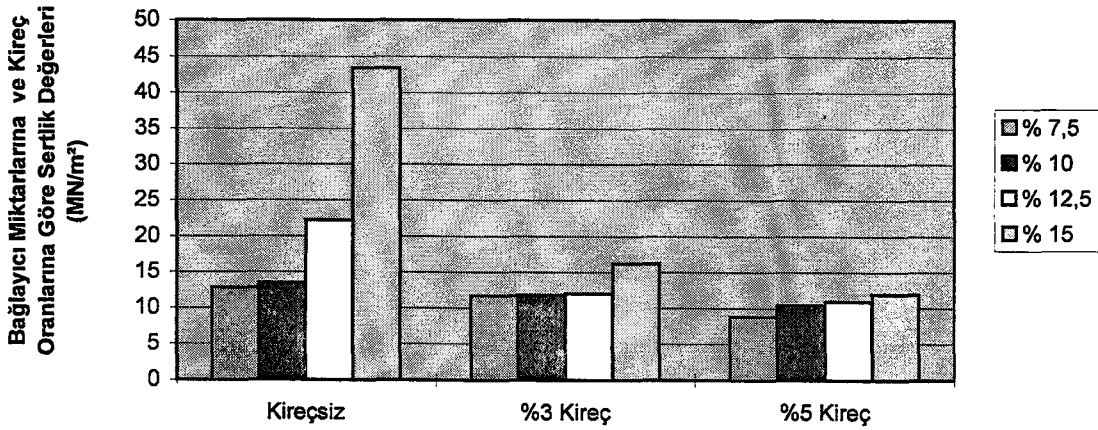
### Şırnak Özel Ocak 710 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.26. Kireç Oranları

Bağ.Mik.	Kireçsiz	%3 Kireç	%5 Kireç
% 7,5	12,8	11,7	8,8
% 10	13,5	11,8	10,4
% 12,5	22,2	12	10,9
% 15	43,4	16,2	11,9

### Yerli Kok 180 $\mu$ m'lik Elek



Grafik 3.27. Kireç Oranları

Kireç oranlarının etkisini daha iyi görmek için her bir kömür cinsinin her bir eleğine (Tane iriliğine) ilave edilen kireç oranlarının etkisi ile elde edilen değerler grafiklere geçirildi. Dolayısı ile her bir kömür cinsi için ve her bir elek için %7,5, %10, %12,5 ve %15 bağlayıcı miktarlarına ilave edilen %3 ve % 5'lik kireç miktarları karşılaştırıldı ve grafik haline getirildi. Böylece her bir kömür cinsinden 3'er ayrı grafik elde edilmiş oldu.

Karlıova kömürü ile daha önce yapılan çalışmalarda üretilen briketlerin mukavemetlerinin çok düşük olmasından dolayı 710 µm'lik elekte kullanılmadı.

Denemelerin sağlıklı sonuçlar vermesi amacıyla bazı denemeler ikişer, üçer defa tekrar edilmiştir. Çünkü en ufak bir hata ve dalgalılık değişik sonuçların meydana çıkmasına sebep olabilirdi.

**3. 3. 2 Suda çözünmeyen bağlayıcı üretme çalışmaları:** Kömür tozuna melas ile birlikte başka bağlayıcılarda kullanılarak üretilen briketlerin suda çözünmemesi amaçlandı. Bu şekilde üretilen briketlerin daha sert ve kaliteli olacağı ümit edildi. Ayrıca kar ve yağmurdan etkilenmeyeceği için ambalajdan tasarruf edilmiş olacaktır.

Melasın bağlayıcı olarak kullanıldığı briketler ister kireç ilave edilsin ister ilave edilmesin, suda çok kolay çözünmektedir. Bu ise kömürün korunması için ilave bir ambalaj maliyeti getirmekte ve dolayısı ile çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca birinci bölümdeki çalışmalarımızda kirecin briket sertliği önemli ölçüde azaldığını tespit ettiğimiz için, hem suda çözünmeyi engelleyen ve hem de sertliği daha artırmayı amaçlayan bu briket üretimi yapıldı.

Bir çok çalışma ve denemeler sonucu B1, B2, B3, B4 ve B1+B4 olmak üzere 5 tane suda çözünmeyen bağlayıcı üretilmiştir. (B) Bağlayıcı demektir. Henüz yayınlanmadıkları için isimlerini açıklamıyoruz. Elde edilen bağlayıcılar birinci bölümde çalışılan üç kömür cinsi üzerinde denendi. (Yerli Kok, Rus Linyiti ve Şırnak 1.Ocak) bunun sebebi, bu kömürlerin özelliklerinin birbirinden farklı olmasıdır.

Her bir kömür için %10 melas bağlayıcı ile 5'er tane briket yapılarak 15 briket üretildi. Her bir kömür için %10 melas + %2,5 B1, %10 melas + %2,5 B2, %10 melas + %2,5 B3, %10 melas + %2,5 B4 ve % 10 melas + %1.25 B1 + %1.25 B4 olmak üzere toplam 75 briket üretildi.

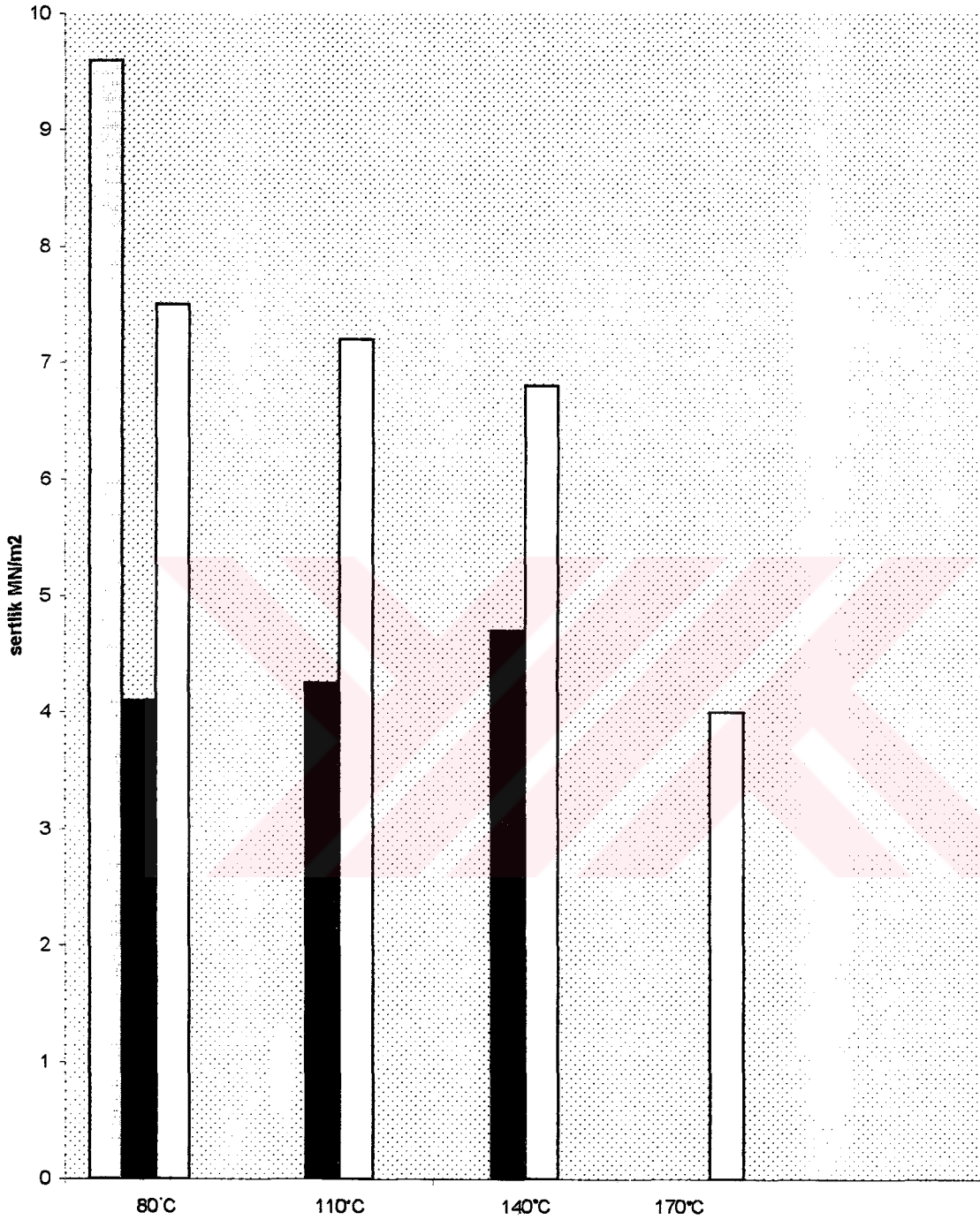
Bunlar da öncekilerde olduğu gibi 60 °C' de bir gün bekletildikten sonra her bir kömür cinsi ve bağlayıcı cinsinden birer tane olmak üzere 9 adet 80 °C' de , ikinci parti 110 °C' de, üçüncü parti 140 °C' de ve dördüncü parti 170 °C' de olmak üzere 4 ayrı sıcaklıkta birer saat bekletilerek hangi bağlayıcının hangi sıcaklıkta suda çözünüp çözünmeyeceği araştırıldı.

Bundan sonra bu işlem yine bu üç kömür ile bu sefer B1 ve B4 bağlayıcıları üzerinde tekrar edildi. Yani her bir kömür cinsi için % 10 melas+ %2,5 B1, %10 melas + %5 B1 ve %10 melas +%2,5 B4, %10 melas + %5 B4 olmak üzere toplam 360 adet briket üretildi. Bunlar da bir gün 60 °C' de kurutulduktan sonra her değişkende birer briket 80 °C' de, 110 °C' de, 140 °C' de ve 170 °C' de birer saat bekletildi. Bunlarında hangi sıcaklıkta ve hangi bağlayıcı miktar ve yüzdelerinin suda çözünüp çözünmediklerini ve elde edilen briketlerin mukavemetlerini tespit etmek için defalarca tekrar edildi. Bu çalışmalarda da elde edilen briketlerin sertliklerini etkileyen faktörlere göre değişik karşılaştırma grafikleri çizildi. Grafiklerde sıcaklık, bağlayıcı miktarı, bağlayıcı cinsi gibi farklı değişkenlere göre birçok bakımdan karşılaştırmalar yapıldı. Karşılaştırma sonuçları 3.3.2.1, 3.3.2.2,... 3.3.2.10'da grafiklerde görülmektedir.

Laboratuar çapında yaptığımız bu çalışmaların sanayide uygulanabilirliğini tespit etmek için aynı karışımların bir kısmı ile Adana'da 10 ton / saat kapasiteli briket fabrikasında da briketler üretildi. Üretilen briketlerin Laboratuar şartlarında üretilenlerden daha kaliteli olduğu tespit edildi.

Yüksek fırınlarda kullanılan en iyi kalitedeki metalurjik kokun gerilim direnci 2,5 mN/m<sup>2</sup> dir. Üretmiş olduğumuz briketlerin sertliği ile kıyaslandığı zaman briketlerimizin çok daha sağlam olduğu görülmektedir.

melas  
melas+%2,5 B1  
melas+%5 B1

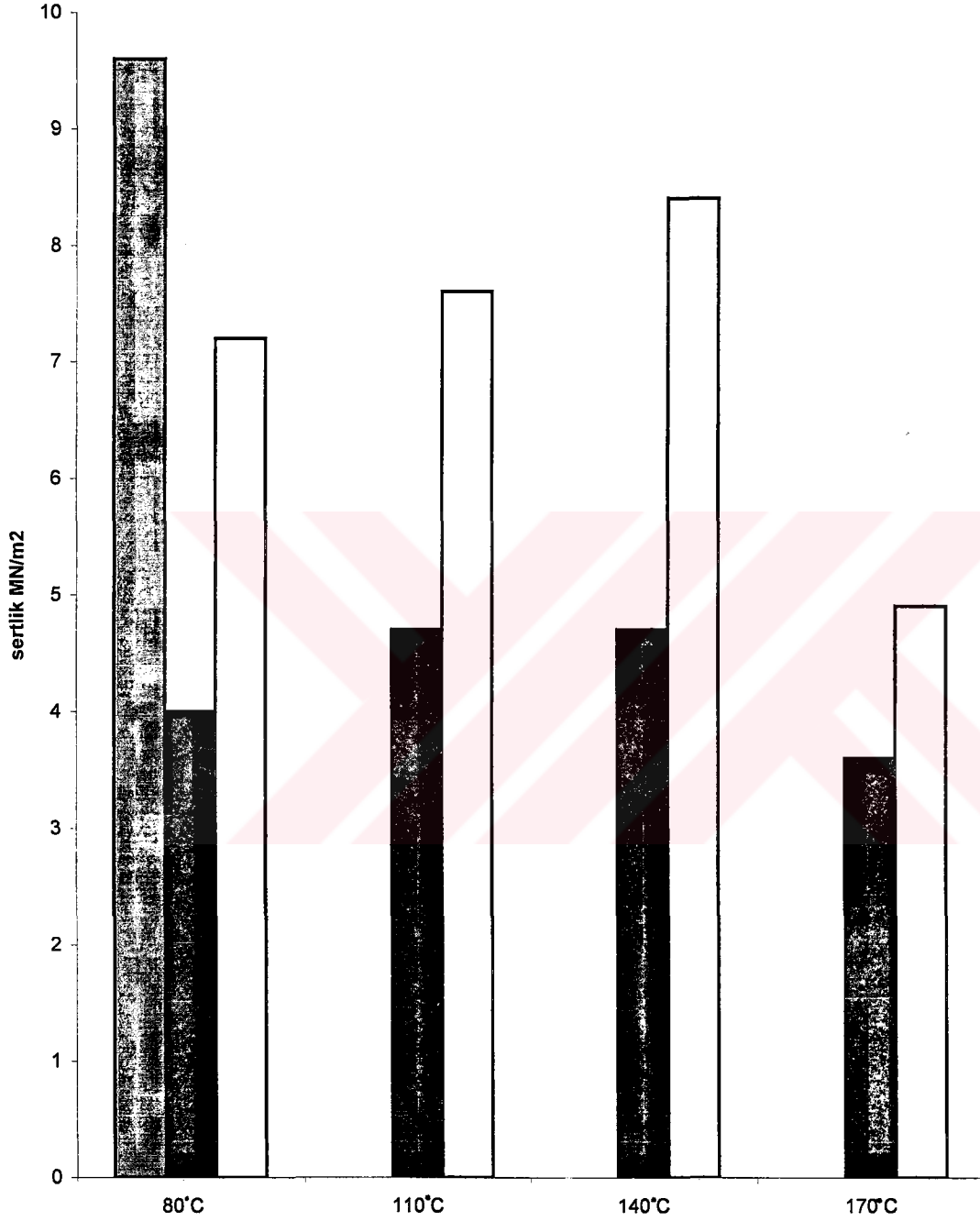


	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C
melas	9,6	1,1	0	0	0	0	0
melas+ % 2,5 B1	4,1	0,26	4,25	0,35	4,7	0,28	0
melas+ % 5 B1	7,5	1,3	7,2	1,57	6,8	0,9	4

Rus linyiti kömürünün, suda çözülmeyen briketlerinin %10 melas, %10 melas+B1 bağlayıcısından %2,5 ve %5 lik oranlarının değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.1

melas  
melas + %2,5+ B4  
melas + %5+ B4

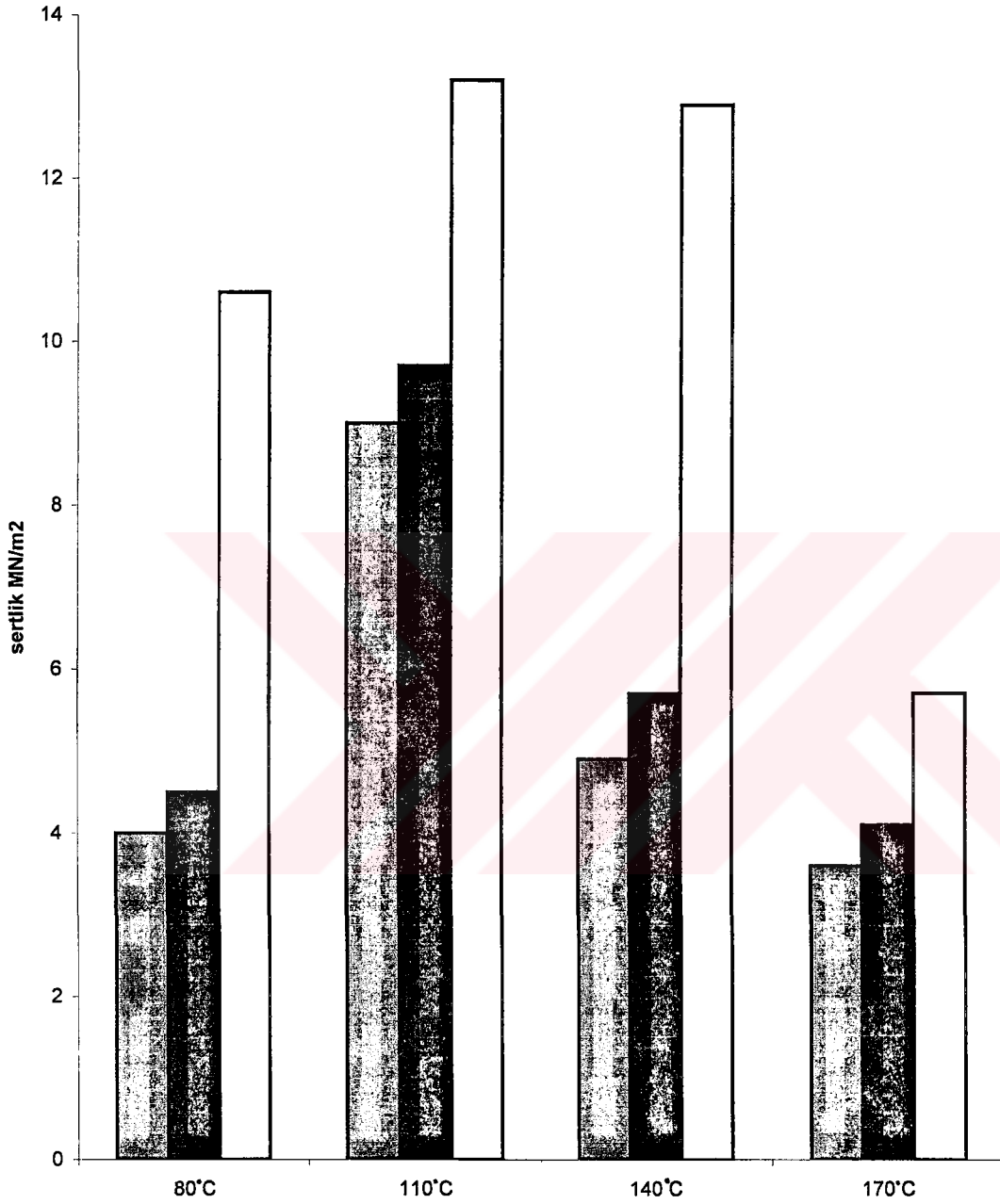


	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
melas	9,6	1,12	0	0	0	0	0	0
melas+%2	4	0	4,7	1,28	4,7	0,63	3,6	0
melas+%5	7,2	0,8	7,6	1,8	8,4	1,63	4,9	0

Rus linyiti kömürünün suda çözülme-yen brikitlerini %10 melas, %10 melas+%2,5 ve %5 B4 lük oranlarının değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.2

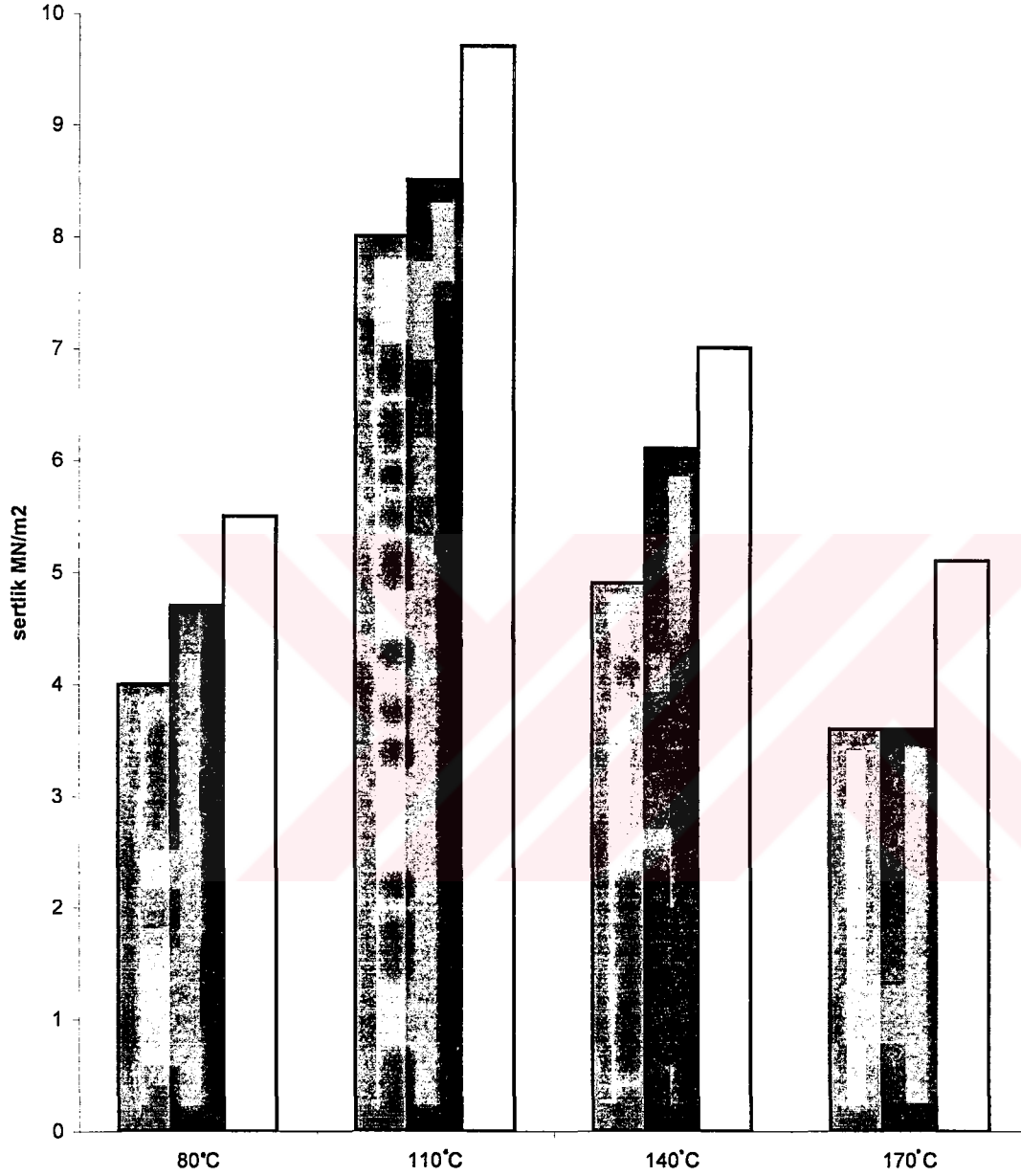
melas  
melas + %2,5 +B4  
melas + %5 +B4



	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
melas	4	0,25	9	1,24	4,9	0	3,6	0
melas+%2	4,5	0,9	9,7	1,67	5,7	1,2	4,1	1,1
melas +%	10,6	9	13,2	1,25	12,9	1,58	5,7	1,4

Şırnak 1. ocak kömürünün suda çözünmeyen %10 melas, %10 melas+ %2,5 ve %5 B4 bağlayıcısı ile değişik sıcaklıklarda sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir. Grafik 3.2.2.3  
Grafik 3.3.2.3

melas  
melas + %2,5+B1  
melas + %5+ B1

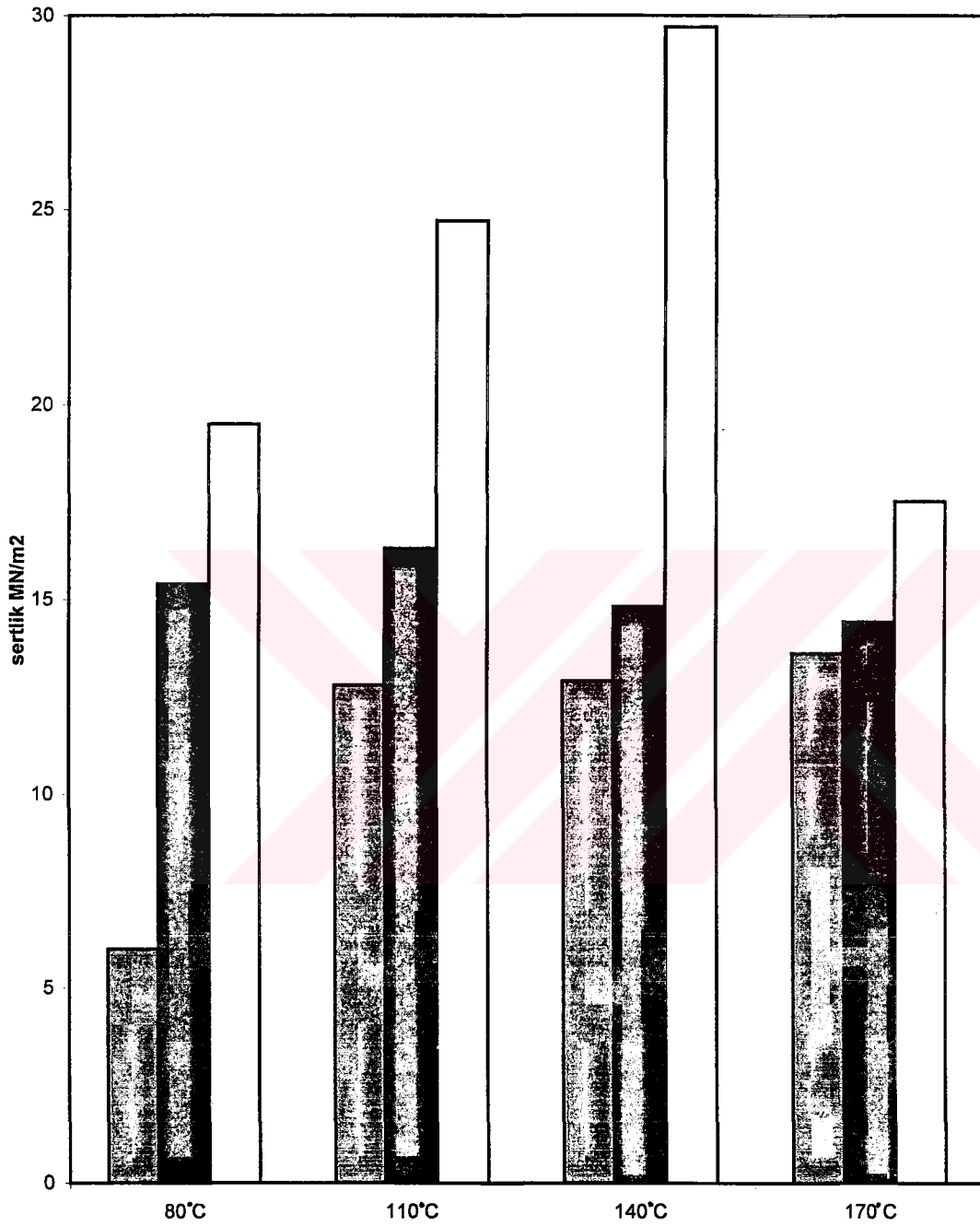


	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
melas	4	0,25	8	1,2	4,9	0	3,6	0
melas+%2	4,7	2,1	8,5	0,95	6,1	1,6	3,6	0,56
melas +%	5,5	1,1	9,7	1,3	7	0,2	5,1	1

Şırnak 1. ocak köürünün suda çözünmeyen briketlerinin %10 melas, %10 melas+%2,5 ve %5 B1 bağlayıcısı ile değişik sıcaklıklardaki sertliklerin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.4

melas  
melas + %2,5+ B1  
melas + %5 +B1

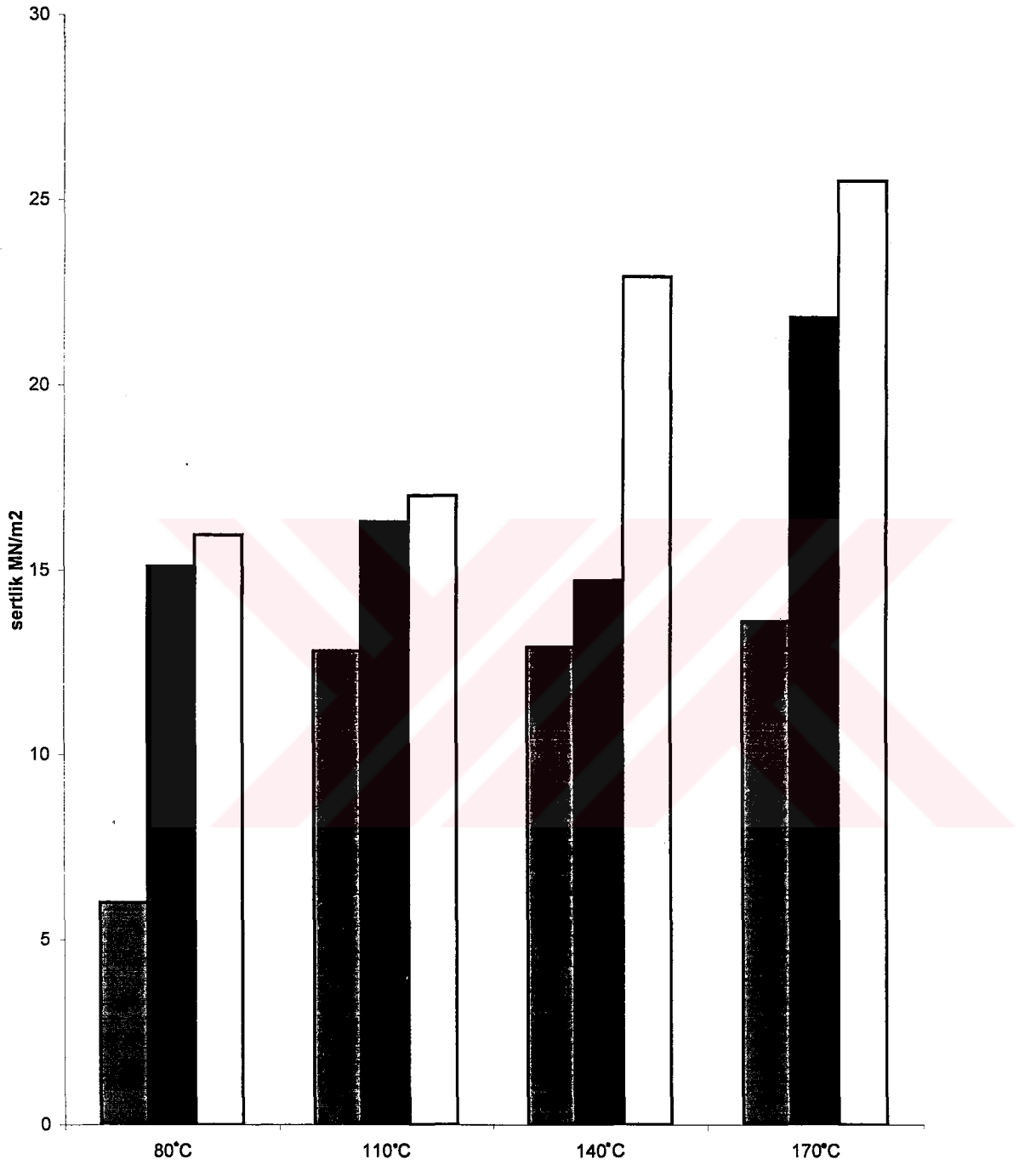


	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
melas	6	0	12,8	1,8	12,9	1,9	13,6	1,7
melas+%2	15,4	1,6	16,3	1,7	14,8	1,2	14,4	1,4
melas +%	19,5	1,4	24,7	2,3	29,7	2,2	17,5	1,98

Yerli kok kömürünün suda çözünmeyen briketlerinin %10 melas, %10 melas+%2,5 ve %5 B1 bağlayıcısı ile değişik sıcaklıklardaki sertliklerin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.5

melas  
melas + %2,5+B4  
melas + %5+B4

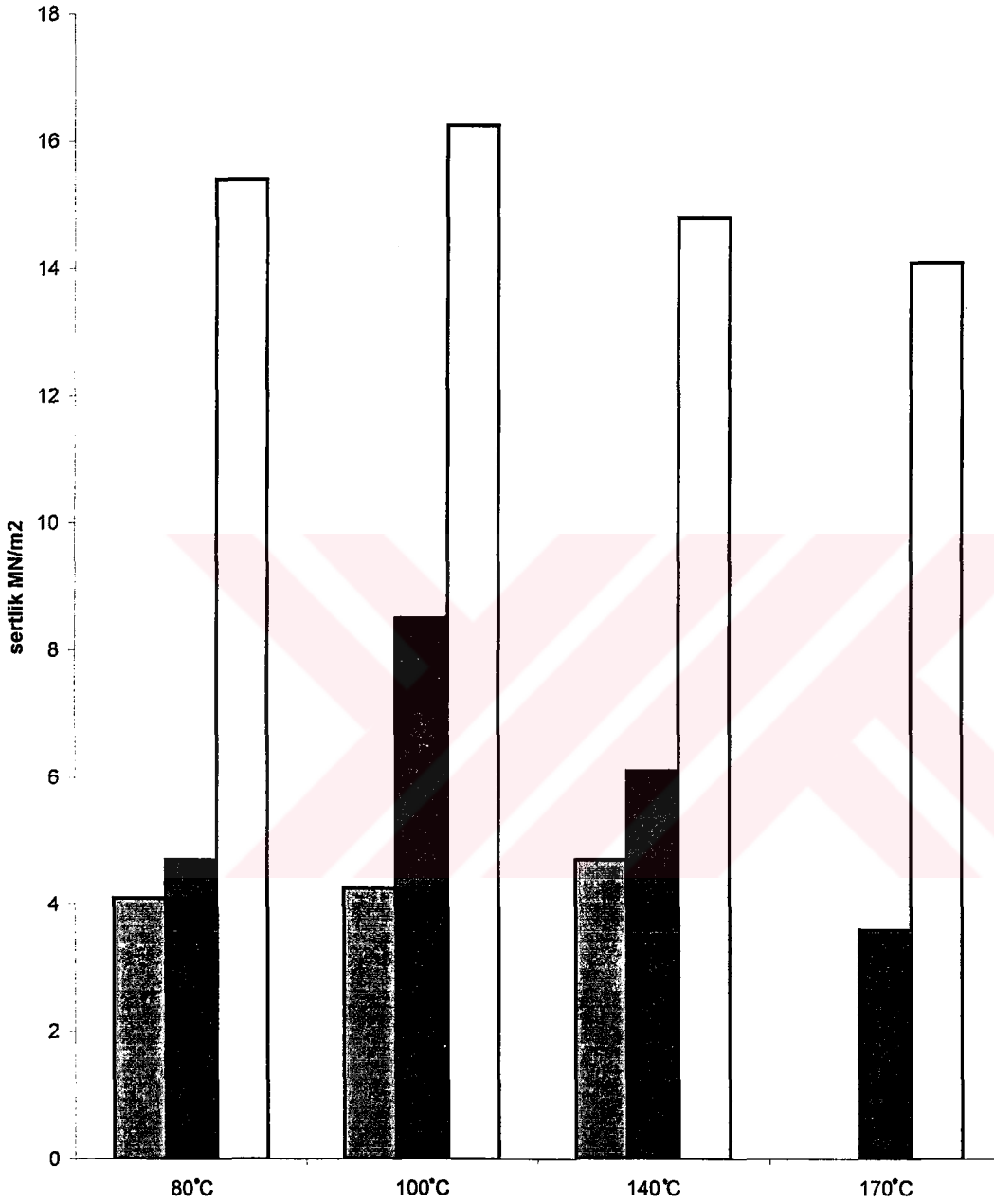


	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
melas	6	0	12,8	1,8	12,9	1,9	13,6	1,7
melas+%2	15,1	0,98	16,3	1,8	14,7	0,76	21,8	1,5
melas+%5	15,95	1,47	17	1,9	22,9	0,77	25,5	1,9

Yerli kok köürünün suda çözünmeyen briketlerinin %10 melas, %10 melas+%2,5 ve %5 B4 bağlayıcısı ile değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.6

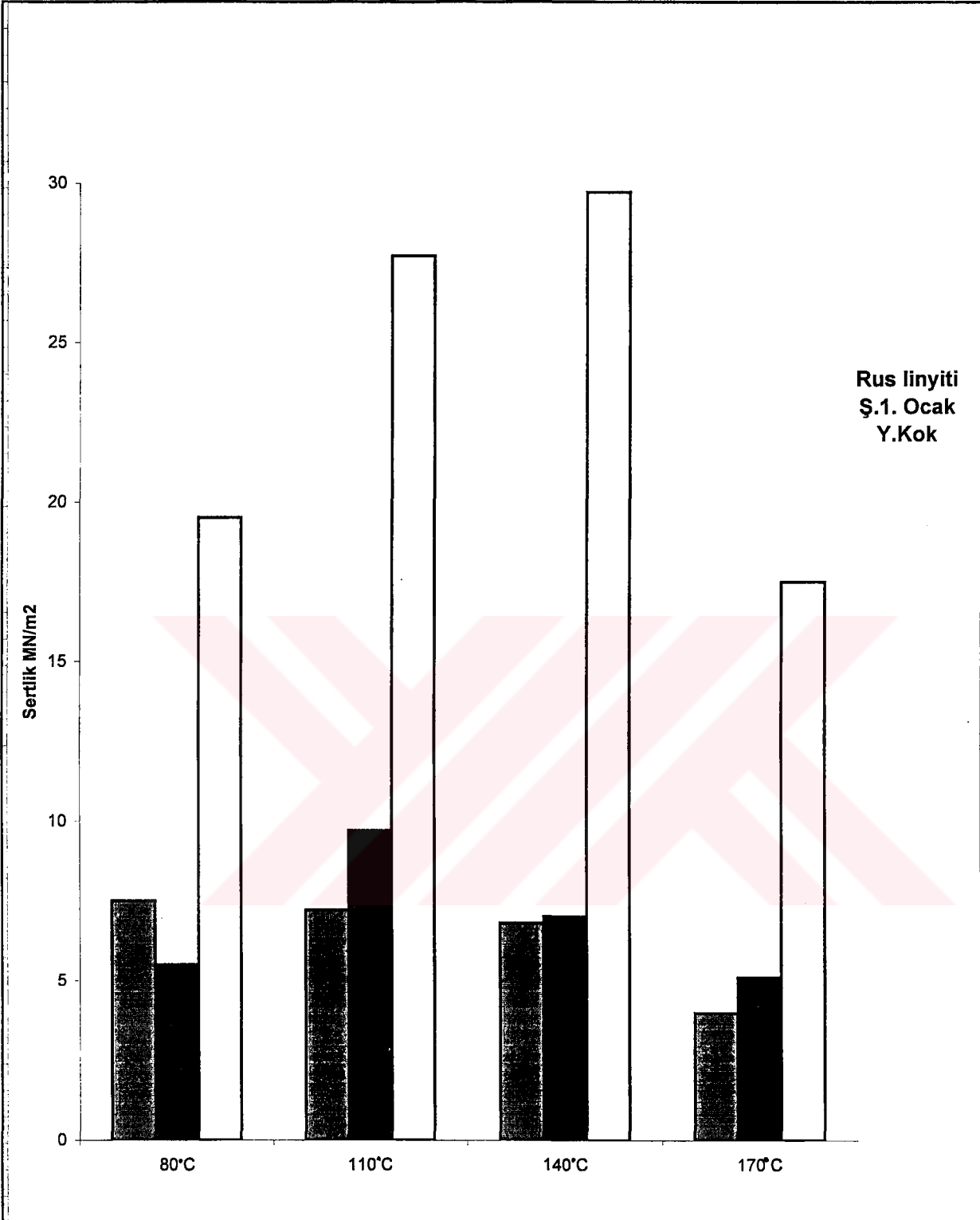
Rus linyiti  
Ş.1. Ocak  
Y.Kok



Kömür cin	80°C	sapma	100°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
Rus linyiti	4,1	0,26	4,25	0,35	4,7	0,28	0	0
Ş. 1. Ocak	4,7	0,37	8,5	0,95	6,1	1,6	3,6	0,56
Y. Kok	15,4	0,65	16,25	1,65	14,8	1,16	14,1	1,6

Rus linyiti , Şırnak 1. Ocak ve Yerli Kok kömürlerinin %10 melas+%2,5 B1 bağlaşıcısı ile elde edilen suda çözünmeyen briketlerin değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

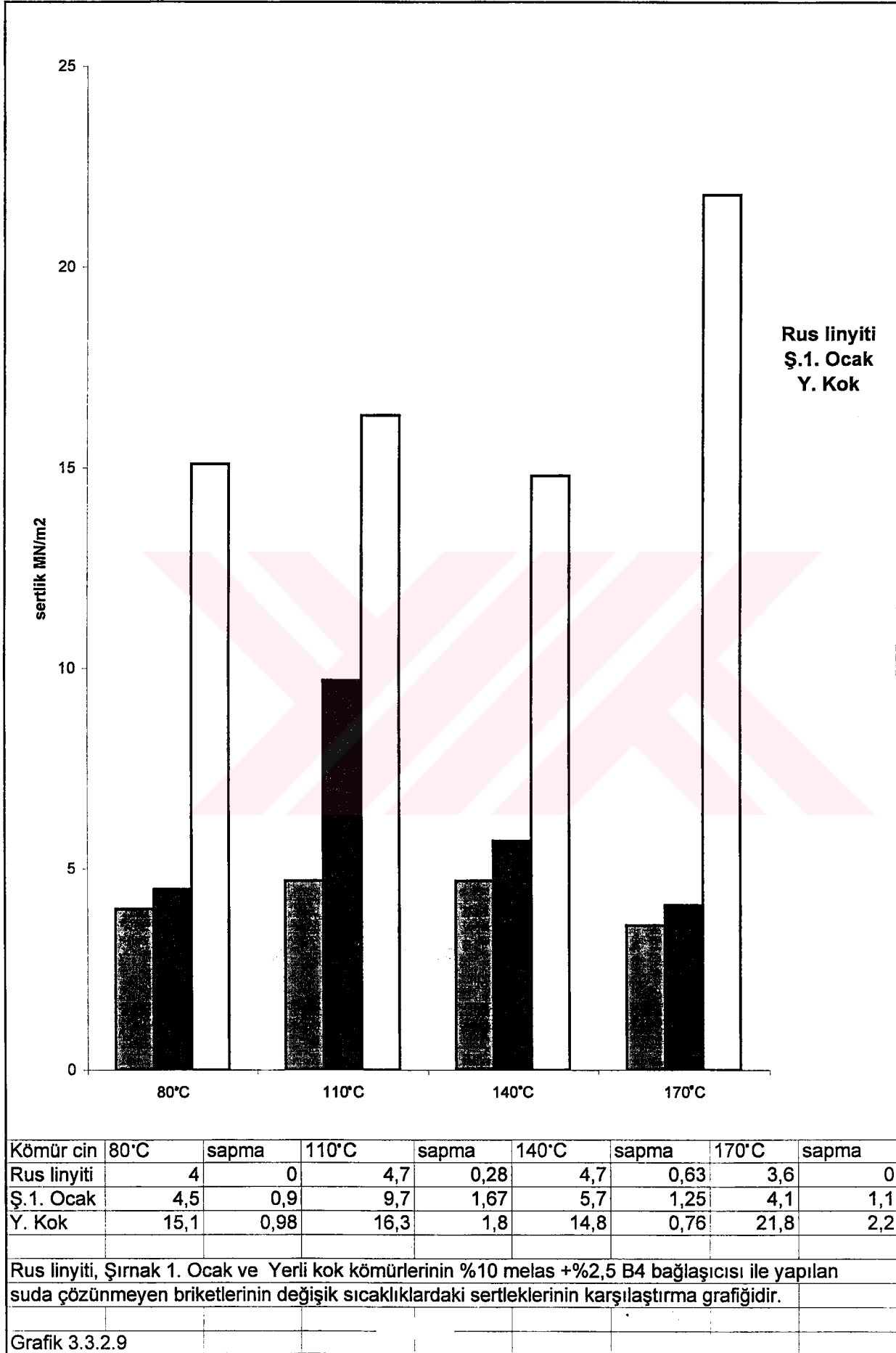
Grafik 3.3.2.7

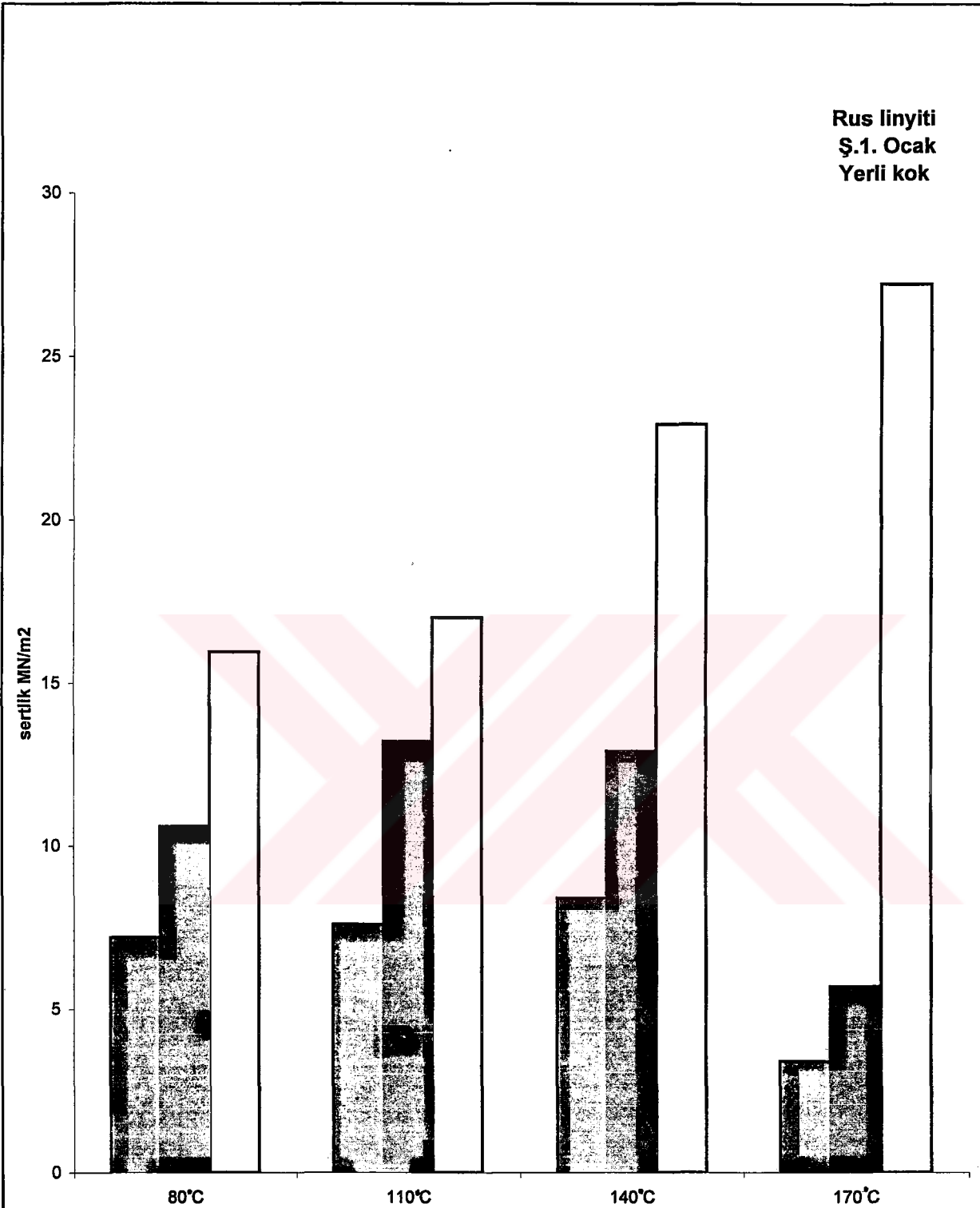


Kömürün	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
Rus Linyiti	7,5	1,3	7,2	0,5	6,8	0,9	4	1,2
Ş. 1. Ocak	5,5	1,8	9,7	1,2	7	0,2	5,1	1
Y. Kok	19,5	1,4	27,7	0,59	29,7	2,2	17,47	1,98

Rus linyiti, Şırnak 1. Ocak, Yerli Kok kömürlerinin %10 melas+ %5 B1 bağlayıcısı ile yapılan suda çözünmeyen briketlerin değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.8





Kömür cin	80°C	sapma	110°C	sapma	140°C	sapma	170°C	sapma
Rus linyiti	7,2	0,8	7,6	1,8	8,4	1,63	3,4	0
Ş.1.Ocak	10,6	0,9	13,2	25	12,9	0,58	5,7	0,2
Y.Kok	15,95	1,4	17	1,99	22,9	1,77	27,2	1,9

Rus linyiti, Şırmak 1. ocak ve Yerli kok kömürlerinin %10 melas +%5 B4 bağlaşıcısı ile yapılan suda çözünmeyen briketlerinin değişik sıcaklıklardaki sertliklerinin karşılaştırma grafiğidir.

Grafik 3.3.2.10

### 3.4. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA İŞLEM SIRASI VE KULLANILAN CİHAZLAR:

**3.4.1. Öğütme ve cihazı :** Değişik kömürlerden alınan numuneler önce tane iriliğine göre öğütme makinesi ile öğütüldü. Laboratuar çalışmalarında küçük çaptaki denemelerde kullanmak için yapılan bu makine bir defa da ancak 150 gram kömür öğütebiliyor. Hangi tane iriliği ile çalışılacaksa öğütülen kömürler o elekten geçirilir. (180, 355, 710  $\mu\text{m}$ 'lik), (mikrometre) Bu işlemler kademeli olarak yapılır. Yani belli bir süre öğütülen kömür elekten geçirilir, geri kalan kısım bir daha makinede öğütülür. Bu işleme, makineye konulan kömür bitinceye kadar devam edilir. Makinenin görünüşü aşağıda görülmektedir.



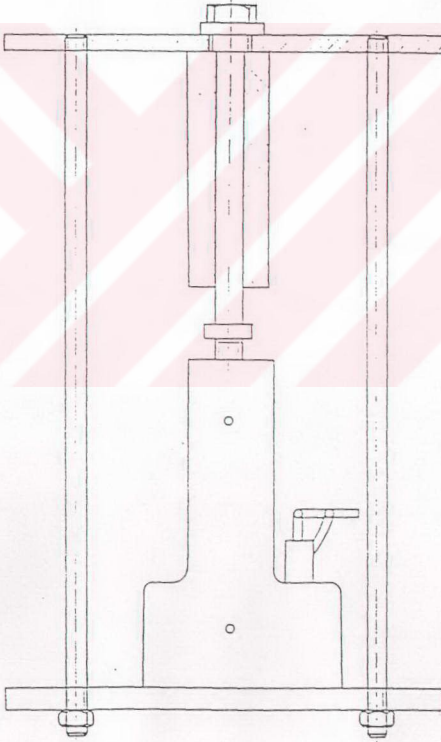
Şekil 3.1. Kömür öğütme makinesi.

**3.4.2. Briket üretimi ve cihazı :** Öğütülen kömürler tane iriliğine göre ağız kapalı etiketli şişelerde muhafaza edildi. Yapılacak denemenin durumuna göre belli gramajda kömür alınır. Belli oranda bağlayıcı ve kireç makineleri ile iyice karıştırılıp kalıba dökülür. Dökmeden duruma göre bazı kömür cinslerinin belli oranda nemlendirilmesi gerekir. Böyle yapılmadığı takdirde briket kalıptan çıkarılır çıkarılmaz dağılır. Bu durum özellikle nem oranı düşük olan kömürlerde uygulanır. Şınak kömürleri analizlerinden de görüldüğü gibi nem oranı çok düşük olan kömürlerdir. Bağlayıcı olarak önce sadece melas kullanıldı. Daha sonra melas ile suda çözünmeyi önleyici bağlayıcılar kullanıldı. Her seferinde bir briket çıkacak şekilde, aşağı yukarı 10'ar gram hazırlanmış numune kalıba dökülür. Kalıbın üst vidası kapatılır.

Aşağıdan el yardımı ile kriko ya uygulanan basınçla kömür tozu ve bağlayıcı kalıpta preslenerek briket haline gelir. Kalıbın üst vidası açılarak yapılan briket alınıp yerine konur.

Briketlerin oluşturulması için 23 mm çapında kalıp kullanılmıştır. Bu kalıpta kullanılan bütün malzemeler sert çelikten yapılmıştır.

Şekilde görüldüğü gibi briketleme işleminde pres görevini yapan kriko hidrolik bir sistemle çalışmakta ve çalışma işlemi elle temin edilmektedir. Kullanılan kriko 10 tonluk itme kuvvetine sahiptir. Kalıp şekli 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Briketleme cihazının genel görünüşü.

**3.4.3. Briketlerin kurutulması ve sertleştirilmesi** : Etiketlenmiş halde bulunan briketler bir gün 60 °C’ de termostatta bekletilerek nemleri alınır. 2 saatte 105 °C’ de bekletilerek sertleşmeleri sağlanır.

Resimde görüldüğü gibi iç ebatları 37x37 kare şeklindeki termostatin içi iki bölmelidir. En fazla 105 °C’ ye kadar çıkabilir. Turbo olduğu için fırının her tarafını eşit şekilde ısıtmaktadır. Briketlerin nemi burada alınır. İstenilen santigrat dereceye ayarlanabilir. Kurutma esnasında da briketlerin bir birine karışmaması için etiketli haliyle belli plakalar üzerine yerleştirilir. Karıştırılmadan çıkartılarak sertlikleri ölçülür.



Şekil 3.3. Elektrikli termostat .

**3.4.4. Elektrik fırını :** Lenton markalı bu fırın, iç ebatları 20x17 cm.dir. Fırının iç kısmı ateş tuğlasından yapılmış kareye çok yakın bir dikdörtgen şeklindedir. Fırının en önemli özellikleri :

- 1- 1200 °C' ye kadar çıkabilmesi
- 2- Sıcaklığı istenilen değerlerde sabit tutulması ve çok kısa zamanda istenilen sıcaklığa gelmesidir.

Fırının iç kısmı ateş tuğlaları ile dış kısmı sac ile kaplanarak ısı kaybı yok denecek kadar azaltılmıştır. Fırın 220 voltluk şehir elektriği ile beslenmektedir. 8.000 Cal'lık ısı kapasitelidir. Bu fırın briketleme çalışmalarının ikinci bölümünde kullanılmıştır. Çünkü bu çalışmalarda üretilen briketler 4 ayrı sıcaklıkta birer saat bekletilerek denemeler yapılmış. (80°C,110 °C.140 °C ve 170 °C 'ye) Termostatın ısıyı en çok 105 °C"ye kadar çıkabiliyordu. Bunun için çalışmanın bu bölümünde bu fırından yararlanılmıştır. Fırının şekli fotoğrafta görüldüğü gibidir.



Şekil 3.4. Elektrikli fırın.

**3.4.5. Sertlik ölçme ve cihazı :** Tensile strength sertlik cihazı 63 cm boyunda 30x32 cm ebatlarındadır. Bu cihazın üstüne 150 kg' a kadar yükü ölçebilen hidrolik saat takılmış. Alta da 15 tonluk basınç uygulayabilen hidrolik kriko vardır. Krikonun üstüne 17 cm çapında ve 5 cm kalınlığında sert çelikten yapılmış bir plaka yerleştirilmiş; aynı ebatlarda bir plaka da cihazın üst kısmına vidalanmış. Sertlikleri ölçmek istenilen briketleri duruma göre "**Yatık veya dik** " iki plaka arasına konularak el yardımı ile kriko kaldırıldığı zaman krikonun uyguladığı kuvvet üst göstergede okunur. Okunan kuvvet tensile strength'ı veren bu formüle uygulanarak sertlikleri bulunur. Çok zayıf briketler dik olarak kırılır ve crushing strengthleri (kırılma dirençleri)  $P=2 \times w / \pi r^2$  formülü ile hesaplanır.

Yatık kırılan briketlerin sertlikleri ise  $P=2 \times w / \pi \times D \times t$  formülü ile  $\text{Kg/cm}^2$  olarak bulunur.

Çıkan sonucu 9.81 ile çarparak sertlik  $\text{MN/m}^2$  olarak elde edilir. (MegaNevton / metrekare) elde edilir. Bütün sonuçlar beş briketin sertliklerinin ortalamasıdır. Burada ;

- w : Tatbik edilen kuvvet (kg)
- D : Briket çapı (cm)
- t : Briketin boyu (cm)
- P : Briketin sertliği ( $\text{kg/cm}^2$ )
- M : Mega
- N : Newton



Şekil 3.5. Sertlik ölçme cihazı.

Fotoğrafta görülen laboratuardaki briket makinesi, sanayide kullanılan briket makinelerinin 3 ton/saat kapasiteli pilot bir örneğidir. Hazırlanan numuneler otomatik olarak karıştırılır ve iki merdane arasına geçirilerek merdane üzerindeki şekillere uygun ebatlarda briketler seri olarak üretilir. Bunlar "**Double - roll**" briket makineleri olarak bilinir.



Şekil 3.6. Briket üretme makinası

## BÖLÜM IV

### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA :

Yapılan bütün çalışmalarda her seferinde bir değişken değiştirilerek araştırmalar yapıldı. (Bağlayıcı cins ve miktarı, kireç oranı kömür cinsi gibi)

**4.1. Briketlemede basıncın etkisinde :** Yapılan çalışmalarda karıştırılan bağlayıcı ile kömür tozunu preslemek için krikoyardımlı ile kalıba uygulanan basıncın önemli bir etkisi olmadığı kanaatine varıldı. Çünkü fazla basıncın uygulandığı briketin sertliği ile normal basınç uygulanan briketin sertliği arasında bir fark görülmedi.

**4.2. Bağlayıcının cinsi ve miktarı :** Yapılan çalışmalarda bağlayıcının cinsi ve miktarının briket sertliğine çok büyük etkisi olduğu tespit edildi. Çalışılan kömür cinsleri üzerinde yapılan denemelerde, %7,5, % 10, %12,5 ve %15 oranlarında aynı cins bağlayıcı (melas) kullanıldı. Bütün kömürlerin sertlik değerleri grafiklendirildi. Kömürlerde istisnasız bağlayıcı miktarın artışı ile briket sertlikleri doğru orantılı olarak arttığı grafikler 3.1, 3.2, 3.3, ...3.9'da görülmüyor. Yani %7,5'dan %15'e doğru briketlerin sertlikleri arttığı tespit edilmiştir. Çalışma esnasında bazı kömürler %7,5, bağlayıcı ile briket vermediği görüldü. Elde edilen briketler kalıptan çıkarılırken dağılmıştır. Bu bağlayıcı miktarının bu kömür cinsine yeterli olmadığını göstermektedir. Karlıova kömüründe ise %10 bağlayıcı bile yeterli gelmemiştir. Kalıptan çıkarılan briketlerde çatlama meydana geldiği görülmüştür. %12,5 ve %15 bağlayıcı ile her ne kadar briket vermiş ise de mukavemetleri çok düşüktür. Onun için briketleri dik olarak kırdık. Tablo 4.1'de görülmektedir.

Karlıova kömürü, 355 µm elek için kireçsiz, %3 ve % 5 kireç ilavesi ile yapılan briketlerin sertlik değerlerinin karşılaştırılması.

**Tablo 4.1.** Karlıova kömürü ile yapılan briketlerin sertlikleri

Bağlayıcı miktarı	Sertlik Değerleri		
	Kireçsiz	% 3 Kireç	% 5 kireç
% 7,5 Bağlayıcı	-	-	-
% 10 Bağlayıcı	17.77	-	-
% 12,5 Bağlayıcı	58.36	-	-
% 15 Bağlayıcı	67.66	31.74	-

NOT : 180 µm'lik elek ile yapılan briketler hiç bir sertlik değeri vermedi.

Briketler dik kırıldı ve kırılma dirençleri hesaplandı.

Ayrıca çalışmanın suda çözünmeyen bölümünde de sadece melas bağlayıcı ile yapılan briketler (80,110,140 ve 170) °C lerde birer saat bekletilen briketlerin hepsinde suda çözünürken melasa diğer bağlayıcıların %2,5 ve %5'lik kısmının ilave edilmesiyle 140 ve 170 °C'lerde birer saat bekletilen briketlerin suda çözünmedikleri görülmüştür. Bu da bağlayıcı cinsinin briket üretmede çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Melas +%2,5 B1 ve B4 suda çözünmeyi engellediğine göre bunların %5'likleri ile briket yapmak doğal olarak maliyeti yükseltir. Onun için melas + %2,5 (B1 ve B4) ile çalışmak briket üretmek için yeterlidir.

**4.3. kirecin etkisi :** Sanayide melas bağlayıcı kullanılarak üretilen briketleri sertleştirmek için kireç kullanılmaktadır. Ancak kirecin üretilen briketin sertliğine yapmış olduğu etki araştırılmamıştır. Bu nedenle aynı cins bağlayıcı ve aynı cins kömür ile %3 ve % 5 kireç ilave edilerek elde edilen briketlerin sertlikleri araştırıldı. kireç miktarı arttıkça briketlerin sertliklerinin düştüğü tespit edildi. Yani Kireçsiz, %3 kireçten, %3 kireçte %5 kireçten daha sert olduğu tespit edildi. **3.10, 3.11, 3.12, 3.13, .....3.27'**ye kadar ki bütün grafikler yapılanların sonucunu göstermektedir. Böylece kireç kömürün hem sertliğini düşürüyor hem de ilave edilen kireç kül olacağı için kalitesini de düşürüyor.

**4.4. Sıcaklığın etkisi :** Özellikle suda çözünmeyen bağlayıcı üretimi bölümünde sıcaklık etkisinin büyük olduğu görüldü. Bu bölümdeki çalışmalarda dört değişik sıcaklık denendi. (80 °C, 110 °C , 140 °C ve 170°C ) Aynı cins kömür ve aynı bağlayıcı miktarı ile yapılan denemelerde 80 °C 'de bir saat bekletilenlerin kısa bir sürede çözündüğü, 110 °C 'de bir saatte bekletilenlerin daha geç çözündüğü, 140 ve 170 °C'lerde birer saat bekletilenlerin suda günlerce bekletildikleri halde çözünmedikleri görüldü. Burada sıcaklığın dışında kalan bütün şartlar aynı idi. Bu da sıcaklık etkisinin ne kadar önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

Briket sertliklerini, bağlayıcı miktarı, cinsi, kireç oranı ve sıcaklığın yanında kömürün kalitesi de çok önemli bir faktördür. Yapılan çalışmalarda elde edilen grafiklere bakıldığı zaman bütün faktörler aynı olduğu halde bazı kömür cinslerinin, bazı kömür cinslerinden daha sert briketler verdiği görülmektedir. Buda kömür kalitesinin yapılan briketlerin sertliğini önemli ölçüde etkilediğini gösterir. Örneğin yerli kok her zaman için diğer kömürlerden daha sert briketler verdiği yapılan grafiklerde görülmektedir.

Ayrıca her kömür cinsi değişik bağlayıcılarla aynı sıcaklıklarda, aynı sertliği gösteremiyor. Örneğin Rus linyiti grafik 4.1 ve 4.2 'de sadece 80 °C' de melasla bir değer verirken diğer sıcaklıklarda hiç bir değer vermemektedir. Aynı kömüre B1 den %2,5, ilave edildiği zaman 110°C' de , B4 'ten % 5 ilave edildiği zaman da 140°C 'de sertliği daha büyüktür. Şırnak 1.Ocak kömürü aynı oranlarda bağlayıcılarla bağlandığı zaman da 110 °C 'de sertlik en yüksek değerine çıkıyor, ondan sonra düşmeye başlıyor. Grafik 3.3.3, 3.3.4 Yerli koka, B1 bağlayıcının ilavesinde 140 °C 'de, B4 bağlayıcı ile de 170 °C 'de sertliği daha yüksektir.

Bu da bazı bağlayıcıların, düşük sıcaklıklarda reaksiyon verip daha yüksek sıcaklıklarda bozulduğunu ; bazı bağlayıcılarda belli bir sıcaklıktan sonra kömürle reaksiyona girdiğini gösterir.

Çalışılan kömürlerin analizlerinde de görüldüğü gibi, Karlova'nın nemi yüksek kükürdü ve kalorisi düşüktür. Şırnak 1. Ocak kömürünün ise nemi düşük kükürt ve kalorisi daha yüksektir. İleri ki bir çalışmada bu iki kömürü belli oranlarda karıştırmak suretiyle standartlara uygun bir kükürt değeri ile daha kaliteli bir kömür elde edilebilir.

Sonuç olarak çalışmalarımızda kaynağı memleketimizde bulunan kömürleri bazı işlemlerle ıslah ederek, kömürün sertliği ve kalitesi artırılarak, kömürlerin kalitesi de yükseltilebilir. Üretilen briketlerin şekillerini en iyi yanma verimi sağlayacak şekilde dizayn edildiği içinde, soba ve kalorifer kazanlarında daha iyi yanmayı sağlayarak enerjiden tasarruf edilebilir.

Böylece kömür kaynaklarımızı değerlendirerek memleket ekonomisine katkıda bulunacağı gibi hava kirliliği de önemli ölçüde azaltılmış olacaktır.



## KAYNAKLAR

- [1]. A. Çoban, " Türk Linyitlerinden Metalurjik Kok ve Dumansız Yakıt Üretimi Araştırma Raporu", Yuttaşlar İnşaat Ticaret A.Ş., Kayseri.
- [2]. Erdemir, Kömür kok ve kömür petrografisi. s7.
- [3]. DPT. Madencilik Sektörü Enerji Hammaddeleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 1991.
- [4]. O. Kural, Kömür, İ.T.Ü. Maden Fak., 1998.
- [5]. A. Çoban, " Effect of the Coking Cool Quality on the Cust of Steel Produced in Turkey" Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 7,2,1309-1323, Kayseri, 1991.
- [6]. S. Josieko, "The Nature of Coking Cools", Fuel, Volume 57, p.136,F,9.15.
- [7]. G.J. Pitt and G.R. Millard, Coal and Modern Coal Processing an Itroudction, Academic Press, London, New York, p. 13. Fig 8., 1929.
- [8]. C.A.Seyler, Proc. S. Walej Inst. Engr., Volume 21, 483-526, 1889, Quoted by Lowry, H.H. , See Ref.2.,p.29.
- [9]. R.A. Moot, Fuel Research Survey Paper, No.44, 1994, No.57, 1946.
- [10]. H.R. Brown, "Assessment of Cool For Industrial Use." Journal of the Institute of Fuel, Volume 30, No.194, p. 137-159,1957.
- [11]. I. Blom, Ph.D. Thesis, University, Delft, 1960.
- [12]. D.W. Van Krevelen, Coal, Elsevier Publ.Co., Amterdam, p.172, Table-Ix2., 1961.
- [13]. J.G.King and E.T.Wilkins, Proc.Conf. on Ultrafine Structure of Coals and Cokes, Beura, London, PP. 176, 1944.
- [14]. H.H.Loury, Chemistry of Coal Utilization, Supplementary Volume, PP. 232-237 1963.
- [15]. P.B.Hirsch, Proc.Roy.Soc.(London) A226, 143-69, See also Ref. 16, P.255, Fig.6. 1954.
- [16]. H.E. Blyden, J. Gibson, and H.L. Riley, Proc. Conf. Ultrafine Structure of Coals and Cokes, Druce, London, P.176, 1944.
- [17]. D.W. Van Krevelen, Coal, Elsevier Publ.Co., Amterdam, P.327. 1961.
- [18]. D.W. Van Krevelen, Coal, Elsevier Publ.Co., Amterdam, P.463, fig XXVI, 1961.

- [19]. I.G.C. Dryden, "Chemical Interpretation of X-Ray Studies of the Ultrafine Structure of Coal", Fuel, Volume 32, PP. 394-396, 1953.
- [20]. D.W. Van Krevelen, Coal, Elsevier Publ.Co., Amsterdam, P.367-371, 1961.
- [21]. J. Gibson, "The Robens Science Lecture: The Constitution of Coal and its Relevance to Coal Conversion Processes", Journal of the Institute of Fuel, PP.67-81, 1979.
- [22]. J. Nadziakiewicz, Paper of the Main Institute of Mining No. 162, P.6 (quoted by heilpern, S., Seeref. 11, P.73) 1954.
- [23]. J. Nadziakiewicz and R. Pampuch, Paper of The Institute of Metallurgy, No.8, P.3 (quoted by heilpern, S., Seeref. 11, P.74) 1954.
- [24]. MTA Enstitüsü Raporları 1976.
- [25]. A. Çoban, "Factors Affecting The strength of Formed Coke Made From Lignite Char" Fuel, Vol 66, PP.1274-1280, September, 1987.
- [26]. Ü. Gürbüz Beker, S.Küçükbayrak, Briquetting of Istanbul-Kemerburgaz lignite of Turkey, Fuel Process. Technol.47,P.111-118, 1996.