

# Kosova (Yugoslavya) Linyitleri İle Yapılmış Bazı Enteresan Teknolojik Araştırmalar ve Bunların Türk Linyitlerinin Optimal Olarak Değerlendirilmesi Açısından Önemli Sonuçları

Hayri ERGUN \*

## ÖZET :

.Kosova linyitleri ile yapılan kurutma, karbonizasyon, briketleştirme denemeleri ve bunların neticeleri İzah edüerek, Türk linyitleri ile mukayes© edilmektedir. Briketleştirmede humik asidin rolü ve linyitlerin FLEISSNER metoduna göre kurutulması hakkında da malûmat verilmektedir.

## ZUSAMMENFASSUNG :

Die' mit der Braunkohle des Kosovo-Feldes (SFR. Jugoslawien) durchgeführten Versuche hinsichtlich Trocknung, Schwelung und Briketierung sowie deren Ergebnisse iverden erlaeu-tert und mit den türkischen Braunkohlen verglichen. Ferner werden die Bedeutung der Huminsaeuren bei der Briketierung und die Trocknung der Braunkohlen nach dem FLEISSNER-Verfahren behandelt.

Yugoslavya'nın bağımsız Kosova - Metohija eyaletinde herbirinin rezervi milyarlarca ton kömür olan iki büyük linyit yatağı mevcuttur. Kosovo-Polie bölgesinde yukarda bahsedilen eyaletin başşahri Pristina yakınlarındaki «Kosovo» kömür ocaklarının istih-sali, takriben on seneden beri devamlı bir artış içindedir. Araştırmalar, briketleştirme ve karbonizasyon tecrübeleri olarak Doğu Almanya'daki Freiberg Maden Akademisi Bri- ketleştirme Enstitüsünde ve yine Freiberg'-deki Almanya Yakıt Maddeleri Enstitüsü Bri- ketleştirme Bölümünde yapılmıştır. Kosovo linyitinin bazı enteresan özelliklere sahip olması ve memleketimizin ekonomik öneme ha- iz linyitlerine benzerlik göstermesi nedeniyle, bu kömürün briketleşme hassası ve fizikokim- yasal nitelikleriyle ilgili araştırma neticesi hakkında aşağıda izahat verilmiştir.

## Kosovo Linyit Kömürünün Özellikleri :

Kosovo linyiti, «Güney-Doğu Avrupa Lin- yitleri» olarak vasıflandırılan ve Yugoslavya,

Yunanistan ve Türkiye'de rastlanan linyitle- rin tipik bir örneğidir ( 1 )\*\*. Denemelere tabi tutulan kömür 200-0 mm tane ebadında, % 49-50 rutubetlidir. Bütün tane fraksiyonla- rı, bilhassa inceler, bol miktarda Xylit ihtiva etmektedir. Kömür genellikle tabaklaşmış bir strukture sahiptir. Tabaklaşmış veya küme şeklindeki kil ve kalker spat ara kesmeleri der- hal göze çarpmaktadır. Kuruma esnasında, bu şekilde yabancı madde ihtiva eden horizonlar gri ile beyaz arasında değişen bir parıltı aldık- larından, Kosovo havzası madencileri «Beyaz Kömür» tabirini kullanmışlardır.

Kosovo linyitinin hygrokopik hassası, ol- dukça yüksek kül oranı nazarı dikkate alın- mazsa, küçümsenmeyecek derecededir. Rölattrf atmosfer rutubeti e = % 75 olduğu takdir- de, desorpsiyon neticesinde kömürün rutubeti % 23'e inmektedir. % 0 rutubete kadar tama-

\* Maden Yüksek Mühendisi, TKt Etüd, Plân- Proje ve Tesis işleri Dairesi, Ankara.

\*\* Parantez içindeki sayılar makalenin sonun- daki literatüre İşaret etmektedir.

men kurutulmuş kömürde, sorpsiyon sonucu kömür rutubeti,  $e = \% 75$  için sadece  $\% 17$  ye çıkmaktadır. Bu  $\% 6$ 'lık fark, kömürün kurutma esnasında altere olduğunu göstermektedir. Yüksek hygroskopik özellik ise kalkerin sadece  $\text{CaCO}_3$  olarak değil aynı zamanda kalsiyum humat olarak da mevcudiyetine işaret etmektedir. Kalsiyum humat kuvvetli hygroskopik özelliğe sahip olması ile tanınmaktadır (2).

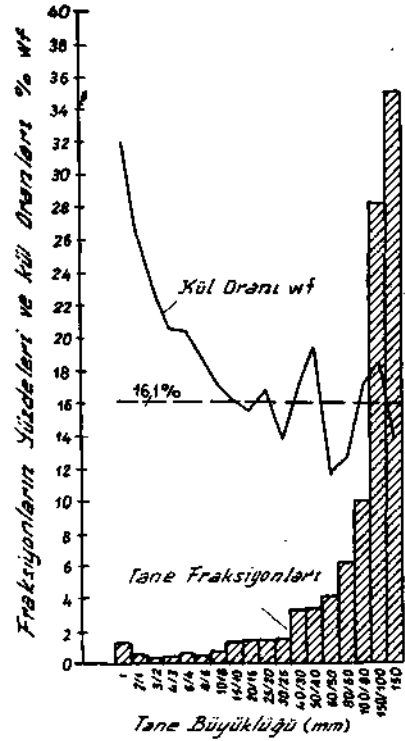
Bu düşüncelerden sonra, denemelere tabi tutulan kömürün oldukça fazla bir şişme özelliği göstereceği beklenebilir. Hakikaten  $\% 50$  su ve  $\% 50$  etil alkol ihtiva eden bir sıvı içinde kömürün hacminin 5 dakika zarfında  $\% 46$  oranında genişlediği tesbit edilmiştir.

Tüvenan kömürün rutubeti  $\% 46,8$  ilâ  $\% 50,0$  ve külü  $\% 8,7$  ilâ  $\% 11,6$  arasında değişmektedir. Analiz edilen kömürün rutubeti  $\% 50,0$  ve orijinal külü  $\% 8,7$  kuru külü ise  $\% 17,4$  (wf) dür. Tüvenan kömürün ısı değeri  $2220$  kcal/kg olup, böylece kül sayısının  $39,3$  g/ $10^3$  kcal olduğu hesaplanabilir. Kosovo kömürü briketçinin görüş açısından artık yüksek küllü bir kömürdür. Zira Doğu Almanya'da briketleştirmeye verilen kömürlerin maksimal kül oranı  $\% 15$  (susuz) dir.

Çeşitli numunelerin kül oranlarındaki değişiklik, külün muhtelif tane fraksiyonlarına müsavi dağılmadığını ve neticede numune alınırken meydana gelen kısmî klasifikasyonun bu kül oranlarındaki farklılıklara sebebiyet verdiğini göstermektedir. Bu durum Şekil 1'deki elek - kül - diyagramı'ndan da anlaşılmaktadır. Burada herbir fraksiyonun ağırlık yüzdesi ve bunun üzerinde fraksiyonların kül oranları (wf) belirtilmiştir. Kül oranı,  $1/0$  mm fraksiyonunda  $\% 32$  ile en yüksektir.  $20/15$  mm fraksiyonunda  $\% 15,5$  oluncaya kadar monoton azalmaktadır ve bundan sonra  $25/20$  ve  $-2150$  mm fraksiyonları arasında  $\% 19,5$  ile  $11,7$  arasında düzensiz olarak değişmektedir.

Kosovo kömürünün kimyasal analiz neticeleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Proksimat analizinden de anlaşılacağı üzere uçucu madde miktarı susuz ve külsüz kömürde  $\% 62$ 'dir. Kosovo kömürü hakikatte



Şekil 1: % 46.8 rutubetli Kosovo kömürünün Elek-Kül Diyagramı

oldukça az miktarda katran ihtiva etmektedir, bu yüksek değer ise sadece organik uçucu maddelerin ayrışmasından ileri gelmemekte, kalsiyum karbonattan ayrışan karbon dioksiti ve killi maddeden ayrışan hidrat suyunu da ihtiva etmektedir.

Kömürün elementar analizi, onu karbon bakımından zengin ve normal miktarda hidrojen ihtiva eden, kömürleşme derecesi düşük bir linyit olarak karakterize etmektedir. Susuz ve külsüz maddede C oranı  $67,4$  dür, ki burada karbonatlardan ileri gelen C miktarı çıkarılmıştır; Qz oranı ise  $\% 25,7$  dir. Kosovo kömürü oksijen oranı bakımından Doğu Elbe havzası linyitlerine, Türkiye'de ise Seyitömer linyitlerine benzemektedir.

Kosovo kömürünün  $2220$  kcal/kg olan ısı değeri yukardaki gözlemlere tezat teşkil etmemektedir. Bu de^er, külsüz ve susuz madde üzerinden hesaplanırsa  $6080$  kcal/kg dir. (Tablo 1 ). Kalori değerleri bakımından da Kosovo kömürü Tunçbilek ve Seyitömer kömürlerimizi andırmaktadır.

**TABLO : 1**

Kosovo kömürünün kimyasal analiz neticeleri. Freberg Maden Akademisi, Kimyasal Kömür Asilleştirme Enstitüsünde yapılmıştır. (Prof. Dr. A. LISSNER)

	Birim	Orijinal Kömür	Denemelere tabi tutulan kömür	Susuz Kömür	Susuz ve Külsüz kömür
<b>Proksimat analizi</b>					
Rutubet (Xylo metodu)	%	50,00	12,70	—	—
Kül (775°C)	%	8,71	15,20	17,41	—
Uçucu madde	%	25,60	44,70	51,20	61,99
Sabit Karbon	%	15,69	27,40	31,39	38,01
Kok randımanı	%	24,40	42,60	48,80	—
Yanıcı kısım	%	41,29	72,10	82,59	100,00
Kok kalitesi	%	—	tozlu	—	—
<b>Elementar analiz :</b>					
C (karbonattaki C hariç)	%	27,83	48,59	55,66	67,39
H	%	2,01	3,50	4,01	4,86
O (fark olarak)	%	10,61	18,53	21,23	25,70
N (Kjeldahl'a göre)	%	0,63	U I	1,27	1,54
Yanıcı C (775°C)	%	0,21	0,37	0,42	(0,51)
Kül (775°C)	%	8,71	15,20	17,41	—
Rutubet (Xylo met.)	%	50,00	12,70	—	—
<b>Isı değerleri</b>					
Yanma ısı	kcal/kg	2617	4569	5234	6337
Alt ısı değeri	kcal/kg	2219	4310	5022	6080
<b>Kükürt</b>					
Sulfid kükürtü	%	0,00	0,00	0,00	—
Sulfat kükürtü	%	0,03	0,05	0,06	—
Pirit kükürtü	%	0,11	0,18	0,21	—
Organik bağlı kükürt	%	0,54	0,95	1,08	1,32
Yanar kükürt (775°C)	%	0,21	0,37	0,42	(0,51)
Küldeki kükürt (fark)	%	0,47	0,81	0,93	—
Toplam kükürt	%	0,68	1,18	1,35	—
<b>Düşük sühnet</b>					
<b>Karbonizasyon analizi</b>					
Katran	%	3,20	5,61	6,39	7,75
Kok	%	34,63	60,81	69,26	—
Rutubet	%	50,00	12,20	—	—
Reaksiyon suyu	%	3,93	6,90	7,86	—
Gaz -f- kayıp	%	8,24	14,48	16,49	—
Gaz miktarı	NI/kg	45,19	79,35	90,38	—
<b>Humik asit</b>					
Serbest humik asit	%	1,56	2,72	3,11	3,78
Kalsiyum'a bağlı olmayan humik asit	%	3,59	6,27	7,18	8,70
Kalsiyum'a bağlı humik asit	%	9,00	15,72	18,01	21,80
Toplam humik asit	%	14,15	24,71	28,30	34,28

Denenen kömürün toplam kükürt oranı, bilhassa termik asilleştirme yönünden, oldukça müsaittir. Toplam kükürt % 1,35 ve yanıcı kükürt % 0,42 (susuz kömürde) dir. Tablo 1'den de anlaşılacağı üzere, toplam kükürtün % 1,08'i (% 80 rölaf) organik kükürt, % 0,21'i (% 15,5 rölaf) pirit kükürtü ve % 0,06 sı (% 4,5 rölaf) primer sülfat kükürtünden teşekkül etmektedir. Kömürdeki kalsiyum oranının yüksek olması nedeniyle organik kükürtün büyük bir kısmı yanma esnasında sülfat kükürtüne dönüşmektedir. Küldeki kükürt, bu sebeple toplam kükürtün % 70'i kadardır. % 0,21 olan pirit kükürtü oranı, susuz kömürde % 0,4 ve % 20 rutubet ihtiva eden bir brikette % 0,3 dür. Endüstriyel çaptaki denemelerle de teyid edildiği üzere, bu orandaki bir pirit, briket şekillendirme teçhizatının aşınması yönünden, büyük bir öneme haiz değildir.

Düşük sühnet karbonizasyon analizinden -Schwelanalyse- (Tablo 1) görüldüğü üzere Kosovo kömürü katran bakımından oldukça fakirdir. Dolayısıyla katran üretimini ön plana alan bir karbonizasyon için mevzu bahis olamaz (3). !% 7,8 (waf) olan katran miktarı, Kosovo kömürünü, 5700 + \*60 kcal/kg dan daha düşük ısı değerli kömürlerin Beynelmillel Klasifikasyon sisteminde, 00 grubuna sokmaktadır. Külsüz baz üzerinden rutubeti 50 (100-8,7) = % 55 olduğu için de, sınıf numarası olarak 14'ü almaktadır. Böylece demeye tabi tutulan kömürün Cod numarası bu klasifikasyon sisteminde 1400 dür (4).

Kül balansından hesaplanan, düşük sühnet kokunun kül oranı, takriben % 25 civarında olup, normal olarak vasıflandırılabilir. Bu oranın, tüvenan kömürün külünün oldukça yüksek olmasına rağmen, daha yüksek olmayışının nedeni, % 69 olan düşük sühnet çok randımanıdır. Bu ise, kül oranının yüksek ve katran oranının alçak olmasından ileri gelmektedir. Karbonizasyon gazının analizi, % 60,6 oranında CO<sub>2</sub> ihtiva etmesi ile dikkati çekmektedir. Bunun yanında; ,% 11,6 CO, % 6,7 H<sub>2</sub>, % 17 CH<sub>4</sub> ve % 2,9 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ile % 1,2 N<sub>2</sub> vardır.

Tablo 1'den de görüldüğü üzere, toplam humik asitin (% 34), % 22'den fazlası (rö-

latif olarak % 64'den fazlası) kalsiyuma bağlıdır. Kosovo kömürü bu haliyle bol miktarda kalsiyum humat ihtiva etmektedir. HOCK (5) ve FRITSCH (2) kalsiyum humatın briketlerin suya karşı dayanıklılığına negatif yönde tesir ettiğini isbat etmişlerdir. Kosovo kömürünün kalsiyum oranının bir kısmı da karbonata bağlı haldedir.

TABLE : 2

Kömürün 775°C'de elektrik fırınında yakılması ile elde edilen külün analizi

SiO <sub>2</sub>	% Ağırlık	20,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Ağırlık	7,99
FeA	% Ağırlık	6,77
TiO <sub>2</sub>	% Ağırlık	0,29
Mn <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	% Ağırlık	0,10
CaO	% Ağırlık	39,18
MgO	% Ağırlık	5,80
Na <sub>2</sub> O	% Ağırlık	0,40
K <sub>2</sub> O	% Ağırlık	0,40
K <sub>2</sub> O <sub>s</sub>	% Ağırlık	0,22
SO <sub>3</sub>	% Ağırlık	14,63
CO <sub>3</sub>	% Ağırlık	4,55
		100,63

Tablo 2'den Ca O'in metaloksitler arasında % 39,2 gibi önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. % 5,8 olan Mg O miktarı da dikkat çekicidir. % 6,8 olan FeaQj miktarı oldukça azdır. CaO'den sonra % 20,3 ile SiO<sub>2</sub> ve % 8 ile Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ağır basmaktadır. 775°C'deki külleşme esnasında CaCO<sub>3</sub> parçalanmakta ve sekonder sülfatlar meydana gelmektedir. Neticede sadece % 4,5'lik bir CO<sub>2</sub> miktarına mukabil % 14,6 oranında SO<sub>3</sub> tespit edilmektedir. Kül analizinden ve kömürün kül oranında,

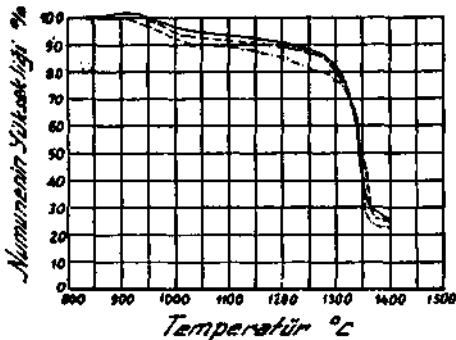
$$\text{da, küldeki kükürt } 14,63 \times \frac{32}{80} - x \frac{17,41}{100} = 1,02 \text{ olarak bulunmaktadır. Toplam kükürt ile yanıcı kükürt (Tablo 1) arasındaki fark ise } \% 0,93 \text{ dür. Bu değerler yeteri derecede birbirlerine yakındırlar.}$$

Bütün Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> m kaolinit olarak SiO<sub>2</sub>'ye ve bütün SO<sub>3</sub> ve CO<sub>2</sub>'nin CaO'e bağlı olduğu kabul edilirse, külün bileşiminin yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde olacağı hesaplanabilir :

- % 17,4 Killi madde (hydrat suyu hariç)
- % 10,9 Serbest ve si l i kaya bağılı SiO<sub>2</sub>
- % 24,9 CaSO<sub>4</sub>
- % 10,3 CaCO<sub>3</sub>
- % 23,1 Serbest ve SiO<sub>2</sub> ye bağılı CaO
- % 14,0 Diğerleri (Fe<sub>2</sub>Qs, TiQs, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Diğer ler tablo 2' ye göre)

Buradan, Kosovo kömürünün CaCO<sub>3</sub>, kalsiyum humat ve belkide kalsiyum silikata bağılı kalsiyum yanında, dikkate değer miktarda killi maddeler ihtiva ettiği görülmektedir. Bu da kömürün şişme özelliğine katkıda bulunabilir ve briketlerin hava şartlarına dayanıklılığını ters yönde etkileyebilir. Bu yakıtın ateşlenmesi neticesinde meydana gelen yanma artıkları, yüksek orandaki CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, CaO ve kalsiyum silikatlar nedeniyle çimentolaşmaya temayül göstereceklerdir. Hakikaten, Kosovo termik santrali kazanlarının kül alma tesislerinin kirli su borularında kalın ve beyaz kabukların teşekkül ettiği tespit edilmiştir.

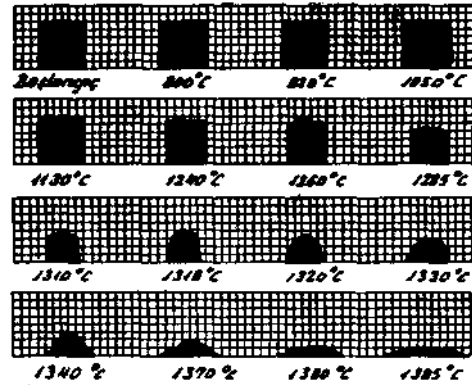
Tablo 2'den de görüldüğü gibi Kosovo kömürünün külü çok karışık bir tiptir. Bunun için, kül ergime karakteristiği emin bir netice elde etmek üzere, hem BUNTE - BAUM - REERINK aparatüründen ve hem de LEITZ ısıtma mikroskopunda incelenmiştir. Şekil 2, BUNTE-BAUM-REERINK aparatüründe yapılan 3 seri denemenin neticelerini göstermektedir. Kül silindirdeki farkedilebilir ilk yükseklik azalması 910 ilâ 950°C'de başlamaktadır. Düz ve yatan bir S-Eğrisinden sonra, numunenin yüksekliği 1275°C'ye kadar devamlı azalmaktadır.



Şekil 2: BUNTE-BAUM-REERINK Metoduyla Kül Ergime Diyagramları

Burada, önce bakiye karbondioksitin dışarı verilmesinden doğan madde kaybı, daha sonra da ZINZEN (6)'e göre CaS-CaSO<sub>4</sub> eriyiğinin teşekkülü mevzubahistir; serbest SiO<sub>2</sub> ve ?&Lh mevcut olduğu için Fayalit veya diğer Olivin'lerin meydana gelmesi de mümkündür. 1275°C esas yumuşama noktası olarak nitelendirilebilir. 1330°C 'de ergime noktası takip etmektedir. Daha yüksek bir sıcaklıkte kül, birden bire 1360- 1370°C'ye kadar tamamen eriyerek, başlangıç büyüklüğünün % 30'una inmektedir. Geriye kalan kısım daha ziyade zor eriyen komponentlerden ibaret olduğu için (meselâ artık CaO), kül ergime eğrisinin eğimi oldukça azalmaktadır ve 1400°C'de dahi meydana gelen cüruf tamamen dağılmamaktadır.

LEITZ Isıtma mikroskopunda da kül ergime karakteristiği tesbit edilmiştir (Şekil 3). Bunun BUNTE- BAUM - REERINK aparatüründen farkı, denemenin yük basıncı altında yapılmamasıdır. Buradaki ilk madde kaybı - şpuhe-



Şekil 3: Külün LEITZ Isıtma Mikroskopunda İncelenmesi

siz bakiye CaCCVın ayrışmasından ileri gelmektedir-daha 820°C'de başlamaktadır. Kül numunesinin ilk farkedilebilir deformasyonunun başladığı sıcaklık olarak tarif edilen, esas yumuşama noktasın 1260°C'de kabul edilebilir. Yarım küre noktası 1330°C'de görülmektedir. Bu sıcaklıkte, erimekte olan kül yüzey gerilim ve vikoze kuvvetleri neticesinde bir yarım küre şeklini almaktadır. 1380°C'de kül eriyerek tamamen akmıştır.

BUNTE-BAUM-REERINK metodu ile LEITZ ısıtma mikroskopu metodları, bu kömür için

oldukça birbirine yakın neticeler vermektedirler.

Taşkömürü külleri için geçerli olan TEUNE

$$\text{Katsayısının } K = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{FeO} + \text{CaO} + \text{MgO}} \cdot$$

Kosova kömüründe olduğu gibi böyle karışık küllü bir linyitte nasıl yanlış bir neticeye götüreceğini, hesaplanan  $K = 0,55$  değeri göstermektedir. Buna göre külün çok kolay erimesi gerekirdi. Fakat ne BUNTE - BAUM eğrisi ve ne de LEITZ ısıtma mikroskobunda tespit edilen kül ergime karakteristiği bunu teyid etmektedir.

Tecrübelerle göre kalkerli çok olan kömürlerde genellikle kükürt de fazla olmaktadır. PETRASCHECK (7) ve v. SZADCEZKY-KARDOSS (8) bunu tespit etmişlerdir. Sonuncusu «Karst kömürleri» tabirini kullanmıştır. Fakat Kosova kömürü burada bir istisna teşkil etmektedir. Zira oldukça yüksek CAO oranı (külde % 39,2 ve susuz kömürde % 6,8) cüzi bir toplam kükürt oranı (% 1,35) ile beraberdir. Kömürde % 6,8 oranındaki CaO'in, % 3,1'i CaCO<sub>3</sub> ve % 3,7 si kalsiyum humat veya benzeri şekilde metal-organik olarak bağlıdır.

Hülasa olarak, Kosova kömürünün özellikleri hakkında şunlar söylenebilir: Yugoslavya'nın bu yumuşak linyitleri (Weichbraunkohlen), dikkate değer Xylit muhteviyatları, elementar analizdeki C ve O oranları, düşük katran ve oldukça düşük kükürt oranları ile Orta Almanya'daki NIEDERLAUSITZ tipine benzemek ve Türkiye dahil olmak üzere Güney Doğu Avrupa linyitlerinin karakteristik bir örneğini teşkil etmektedirler. Kül oranı, dünyanın en çok linyit briketi imal eden ülkesi olan Doğu Almanya (DDR)'da briketleştirmeye verilen bütün linyitlerin kül oranını aşmaktadır. Çünkü DDR'de % 15 (wf) den fazla kül ihtiva eden kömürler hiçbir surette briketleştirilmemektedir (9).

Kosova Kömürünün Briketleşme Kabiliyeti :

Laboratuarda hidrolik bir pres ile yapılan briketleştirme tecrübelerinin gayesi, hem pi-

yasa ve hem de kok briketi elde edilmesi yönünden, Kosova kömürünün briketleşme özelliklerinin tesbiti idi. Bunun için kömür önce 6/0 mm ebadına kadar kırılmaktadır. Daha sonra elektrik ile ısıtılan bir kurutma fırınında, 130°C de, arzu edilen rutubete kadar kurutulmaktadır. Takriben kurutulmuş kömür 4/0, 3/0, 2/0 ve 1/0 mm ebadlarına öğütülmektedir. Hidrolik preste, çeşitli pres basınçları ve kömür temperatürlerinde, 50 mm çaplı ve 40 g. ağırlığında yuvarlak briketler elde edilmektedir. Herbirinden 5 adedinin bükülme, basınç ve ufalanma sağlıkları tesbit edilmektedir. (10,11).

1/0 mm ebadındaki tüvenan kömürün ortalama tane büyüklüğü 2,66 mm dir. Bundan elde edilen % 20 rutubetli kuru kömürün ortalama tane büyüklüğü ise 2,22 mm dir. Buradan hesaplanan, kurutma sırasındaki ufalanma oranı % 16,5 dir. Bu oldukça yüksek tane ufalanması, kurutmadan sonra gelen kırma prosesinin yükünü hafifletmektedir. Endüstriyel çaptaki bir tesiste bu ufalanmanın daha da fazla olması beklenebilir.

Denemeler 2/0 mm fraksiyonu ile, kg/cm<sup>2</sup> lik pres basıncında —ve 40°C lik kömür temperatüründe— muhtelif kömür rutubetlerinde yapılmıştır. Bütün mukavemet çeşitleri için —bükülme, tazyik ve ufalanma— en yüksek değerler briketlerin % 20 rutubete sahip olması halinde elde edilmiştir. Mukavemet denemelerinin presleme işleminden 1 veya 24 saat sonra yapılmasının büyük bir rolü tesbit edilememiştir (Şekil 4). Denemeler sırasında ayrıca, optimal rutubetin, kömürdeki küle bağlı olduğu da tesbit edilmiştir. Kül arttıkça, optimal rutubet azalmakta ve % 15 ilâ 14'e kadar inmektedir. Hidrolik pres veya pistonlu pres kullanılmasının da rolü vardır. Bulgaristan'ın Maritza-Ost havzasının yüksek küllü linyitlerinde müşahade edildiği gibi, pistonlu pres kullanılması halinde optimal rutubet daha düşüktür.

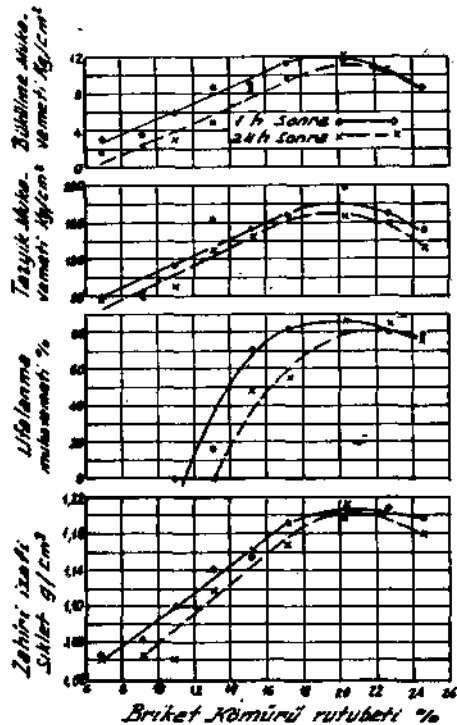
Preslemeden 1 saat sonra yapılan mukavemet testlerinde aşağıdaki en yüksek değerler bulunmuştur :

$k_b = 11,6 \text{ kg/cm}^2$  Bükülme mukavemeti  
 $k_d = 199 \text{ kg/cm}^2$  Tazyik mukavemeti  
 $M = \% 87$  Ufalanma mukavemeti  
 (4 dak. müddetle tromel içinde döndürüldükten sonra + 10 mm miktarı, %).

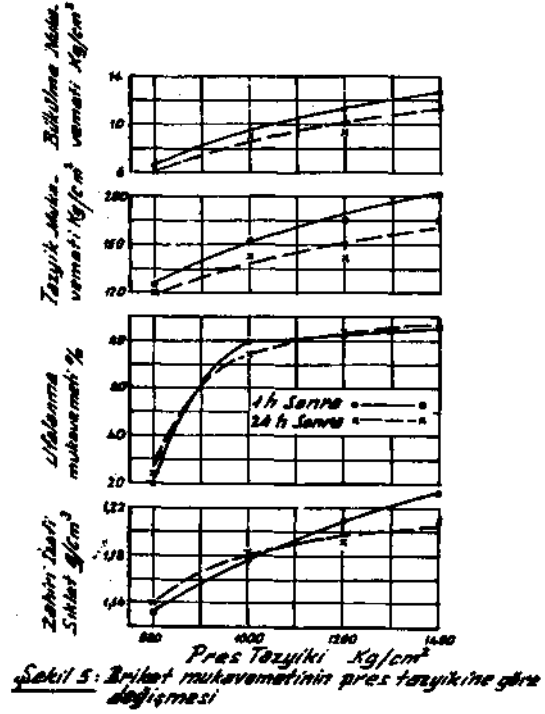
Şekil 4'den de görüldüğü üzere, presleme işleminden 24 saat sonra yapılan mukavemet testlerinde elde edilen neticeler, 1 saatliklerden biraz daha küçüktür. Herneka-dar laboratuvar çapındaki briket tecrübeleri neticelerinin, endüstriyel çapta sağlanabilmesi, kömürden kömüre değişmekte ise de (12), Kosovo kömürünün yapıştırıcı bir madde kullanmaksızın briketleşmesinin mümkün olduğu söylenebilir.

Pres tazyikinin 800 ilâ 1400  $\text{kg/cm}^2$  arasında değiştirilmesi (Şekil 5), yeteri kadar bir ufalanma mukavemeti elde etmek için en azından 1000  $\text{kg/cm}^2$  lik bir pres tazyikine ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Genel olarak bütün mukavemet değerleri 1400  $\text{kg/cm}^2$  ye kadar devamlı artmaktadır.



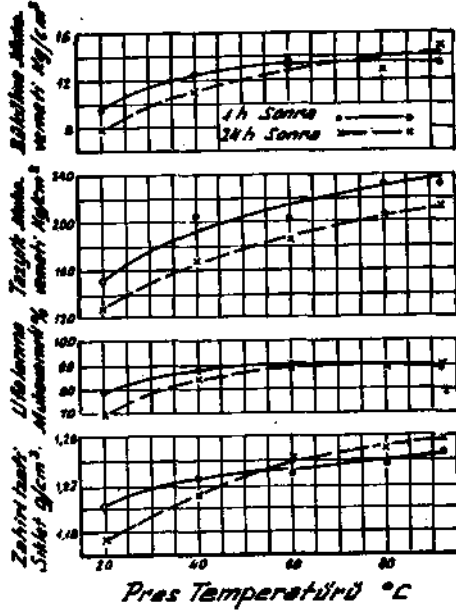
Şekil 4: Briket mukavemetinin ve izafî Sıkletinin rutubete göre değişmesi



Şekil 5: Briket mukavemetinin pres tazyikine göre değişmesi

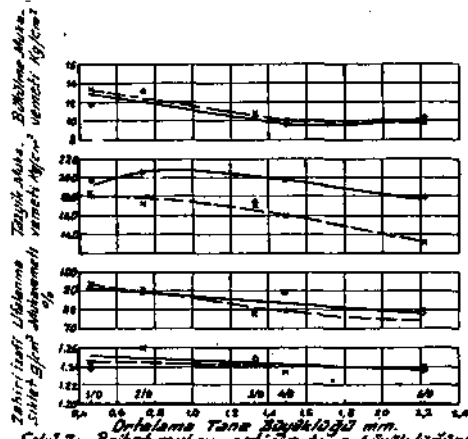
Tane büyüklüğü, rutubet ve pres basıncının sabit olması halinde, briket mukavemeti, temperaturle birlikte artarak, bir maksimuma erişmektedir (Şekil 6). En yüksek tazyik sağlamlığı, 80°C lik kömür ve pres temperaturünde 233  $\text{kg/cm}^2$  ile erişilmektedir. Netice olarak, Kosovo kömürünün bir soğutmaya tabi tutulmaksızın mümkün mertebe sıcak preslenmesinin ve soğutmanın briketleş-tirme işleminden sonraya bırakılmasının gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Buraya kadarki bütün denemeler 2/0 mm. fraksiyonundaki kömürle yapılmıştır. Tane büyüklüğünün tesirini incelemek üzere, kuru kömürün 6/0, 4/0, 3/0, 2/0, ve 1/0 mm. fraksiyonlar' teşkil edilmiş ve sabit pres tazyiki (1400  $\text{kg/cm}^2$ ), sabit pres temperaturü (60° C) ve sabit rutubette (% 20) briketleş-tirme tecrübeleri yapılmıştır. Bu fraksiyonların ortalama tane büyüklükleri 2,22, 1,49, 1,33, 0,94, 0,46 mm. ve birim hacim ağırlıkları 6/0 da 0,662, 3/0 da 0,682, 2/0 da 0,63 ve 1/10 da 0,597  $\text{gr/cm}^3$  dür. Briketlerin 1 saatlik bir durmadan sonra tesbit edilen tazyik ve bükülme sağlamlıkları, 2/0 mm. fraksiyonu civarında maksimum değerlere erişmektedirler (Şekil- 7). Ufalanma mukavemeti



**Şekil 6: Briket Mukavemetinin pres temperaturuna göre değişimi**

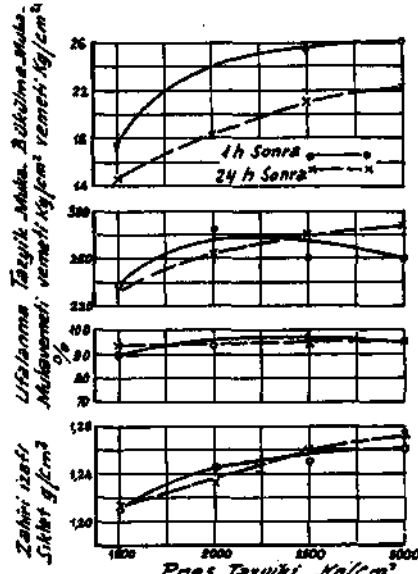
meti ise 1/0 mm. fraksiyonuna kadar devamlı artmaktadır. Piyasa briketi imali için, 2/0 mm. fraksiyonunun alınması, gerekli mukavemete sahip briketler elde edilmesi yönünden faydalıdır. Kosova briketlerinin termik muamelede çabuk parçalanması nedeniyle, kok briketleri yapımında 1/0 mm. fraksiyonu tercih edilmelidir.



**Şekil 7: Briket mukavemetinin tane büyüklüğüne göre değişimi**

Şimdiye kadar denemelerde, Kosova Kömürünün pistonlu preslerle briketleştirileceği kabul edilmişti. Fakat, parça linyit koku istihsalini hedef tutan briketlerin im-

linde, 1500-3000 kg/cm<sup>2</sup> gibi yüksek basınçları mümkün kılan ve 1/0 mm. fraksiyonundan daha ince taneleri işleyebilen merdaneli preslerde kullanılmaktadır. Bunun için ortalama tane büyüklüğü P,18 olan ve % 41'i 0,088 mm. den küçük olan 0,5/0 mm. fraksiyonu ile yukarıda bahsedilen tazyiklerde briketleştirme tecrübeleri yapılmıştır. Elde edilen briketler, presleme işleminden 1 saat sonra incelendiğinde, tazyik mukavemetinin 2000 kg/cm<sup>2</sup>'de 285 kg/cm<sup>2</sup> ile ve ufalanma mukavemetinin 2500 kg/cm<sup>2</sup>'de % 96 ile en yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 8). Briketler testten önce 24 saat durdurulduğu takdirde, husule gelen gerilim balansı neti-



**Şekil 8: Briket mukavemetinin pres tazyikine göre değişimi**

cesinde, her üç mukavemet şekli için de en yüksek değerler, pres tazyikinin 3000 kg/cm<sup>2</sup> olduğu hallerde erişilmektedir. Böylece, 0,5/0 mm. yi merdaneli preslerde muamele etmek suretiyle en yüksek briket sağlamlıkları elde edilebilmektedir.

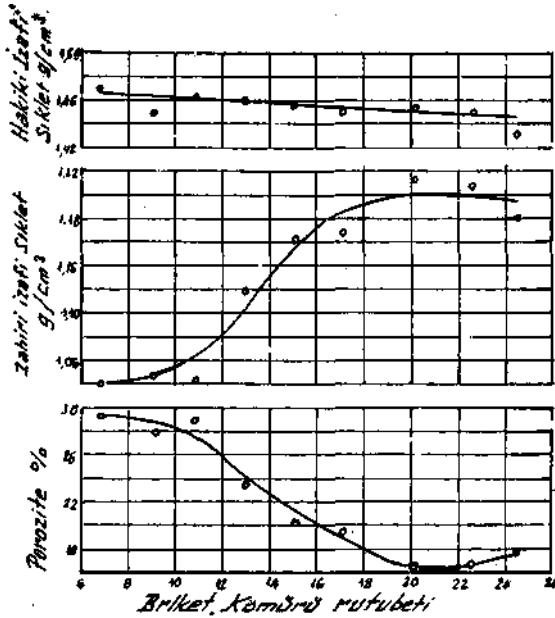
Briketleşme kabiliyetini karakterize eden özelliklerden biri de kopresyon katsayısıdır. Bu, preslemeden önceki kuru kömür yüksekliğinin basınç altındaki briket yüksekliğine oranıdır. Ayrıca, preslemeden sonraki briket yüksekliğinin basınç altındaki briket yüksekliğine oranı olarak tarif edilen ekspansiyon katsayısı da briketleşme hassası hakkında



malûmat vermektedir (14). Neticede Kosovo kömürünün elastizitesinin briketleştirme için müsait olduğu söylenebilir.

#### Briketlerin Özellikleri :

Briketler için karakteristik bir husus, bunların zahiri izafi sıkletidir. İzafi sıkletin çeşitli faktörlerin tesiri ile değişmesi, Şekil 4'den ,9'a kadar gösterilmiştir. Kosovo kömürü gerek izafi sıklet ve gerekse de porozite bakımından. Doğu Almanya'nın briketleşebilen linyitlerine benzemektedir (13).



Şekil 9: Briketin zahiri ve hakiki izafi sıkletinin Porozitesinin rutubete göre değişmesi

$if^{\wedge} < sAr // S: JBr / \hat{A} - ef / h 2sAir / ve At \hat{A} / XrS tb^* \hat{L} s / Jr / eS \hat{u} M \gg$

Diğer taraftan, piyasa briketlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, hava şartlarına ve dolayısıyla suya karşı dayanıklılıktır. Bununla ilgili olarak yapılan deneyler, Kosovo kömüründen laboratuarda hidrolik pres ile yapılan briketlerin suya karşı çok hassas olduğunu göstermiştir. Bunlar, rutubet, tane büyüklüğü, pres sıcaklığı ve pres basıncı bakımından hangi şartlarda imal edilmiş olurlarsa olsunlar, su içine bırakıldıkları zaman birkaç dakika zarfında derhal şişmekte ve tamamen dağılmaktadırlar. Dağılıp parçalanma süresi en fazla 2 dakika sürmektedir. Muhtelif cins linyitlerimiz ile XTunçbilek, Soma, Beypazarı, Alpagut-

Dodurga vb.) yapılan briketleştirme tecrübelerinde aynı husus tespit edilmiştir (15).

Endüstriyel çapta, pistonlu bir preste elde edilen briketlerin laboratuarda hidrolik bir preste elde edilenlerden suya karşı daha dayanıklı oldukları öteden beri bilinmektedir. Bunun, kuvvetli sürtünme neticesinde briketin yüzeyindeki bitümlü maddenin mobile olmasından ileri geldiği tahmin edilmektedir, böyle bir koruyucu tesirin derecesi, kömürdeki bitüm miktarına bağlıdır; fakat Kosovo kömürü bitüm bakımından fakirdir. Pilot ölçekte ve endüstriyel çapta yapılan deneyler, bu hakı katı doğrulamıştır.

Kosovo kömüründen briketlerin su içinde dağılması olayı, suyun şişme suretiyle hem briket strüktürünü parçaladığını ve hem de kömür taneciklerinin hücreli bağlarını yumuşattığını göstermektedir. Bunun sebebi, bir tarafta kömürün yabancı külünün yüksek olması (kalsiyum karbonat ve kil) ve diğer taraftan kalsiyum humat oranının küçümsenmeyecek miktarda oluşudur.

Böyle bir kömürden — iklim şartları ne kadar iyi olursa olsun — piyasa briketi imaline teşebbüs etmek, jüstifiye edilmesi imkânsız bir risktir (RAMMLER, 16). Bu, şüphesiz benzeri özellikler gösteren linyitlerimiz için de geçerlidir. Hiç değilse, bunların hava şartlarına dayanıklılığını temin etmek üzere mümkün olan ekonomik tedbirler alınmalıdır. Termik bir muamele için imal edilen briketlerde (düşük sıcaklık karbonizasyonu, yüksek sıcaklık koklaştırması vs.) suya karşı dayanıklılık her ne kadar çok mühim değilse bile, önemsiz değildir. Çünkü, karbonizasyon veya koklaştırmadan önceki kurutma esnasında, kurutucu gazların sıcaklığının briket yüzeyinde doyumluk derecesinin altına düşmesi mutlaka önlenmelidir. Bu ise ancak masraflı tedbirlerin alınması ile mümkündür.

Teshin için öngörülen briketlerin ayrıca yeterli derecede ateşe karşı mukavim (feuerstandfest) olmaları talep edilir. Bu hususu incelemek üzere, hidrolik bir laboratuvar presinde endüstriyel çaptaki briketlerin küçültülmüş bir modelini teşkil eden, 102 mm.

boyunda, 41 mm. eninde, 25 mm. kalınlığında briketler yapılmıştır. Presleme şartları ve briketlerin özellikleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Bu briketler, WERNER (17, 18) tarafından dizayn edilen ve zamanla geliştirilen (19) bir fırında 250 ve 500 g. yük altında yakılmıştır.

Tane büyüklüğüne ve deneme esnasındaki yüke bağlı olmaksızın, tutuşma süresinin 20 dakika civarında olduğu görülmektedir. Bu fevkalâde uzun bir süredir; az veya çok ince olarak dağılmış bulunan kalkerin ısıyı emdiği ve tutuşmanın briket içerisine doğru ilerlemesine engel olduğu aşikârdır. Normal briketlerde toplam mukavemet süresi 250 g. için 31 ve 500 g. için 25 dak. dır. İnce briketler ise 25 g. için 43 dak. ve 500 g. için 25 dak. sonra dağılmışlardır. Dikkati çeken diğer bir husus da, alev yüksekliği'nin çok kısa oluşudur. Bunun nedeni, karbonizasyon gazı CO<sub>2</sub> oranının yüksek ve katran muhteviyatın az olmasıdır. Hülâsa olarak, Kosovo kömüründen elde edilen briketlerin suya ve ateşe karşı mukavemetlerinin, piyasa briketi imali için kifayetsiz olduğu, tesbit edilmek-

tedir. Bu husus, pilot Ölçekte ve endüstriyel çapta yapılan tecrübelerle de teyid edilmiştir.

FLEISSNER Sistemine Göre Kurutulmuş Kosovo Kömürünün Briketleştirilmesi :

Yüksek küllü Kosovo kömüründen elde edilen briketlerin suya karşı dayanıklılıklarının yetersiz ve yanma, hızlarının az olması, piyasaya (teshin, endüstri vs.) verilecek kömürün briketleştirmekten ziyade, koruyucu bir kurutma olan FLEISSNER metoduna göre kurutulmuş, parça durumunun muhafaza edilmesinin daha uygun olacağı neticesine götürmektedir. Fakat kömürün kül oranının yüksek olması ve enterkale şistlerin mevcudiyeti, FLEISSNER kurutulmasında da büzülmeden dolayı gerilimlerin meydana geleceğini ve neticede fazla miktarda toz teşekkül edeceğini (-10 mm. veya -20 mm.) tahmin ettirmektedir. Bu husus, Yugoslavya'da Belgrad yakınlarındaki Kolukbara havzasında mevcut FLEISSNER kurutma tesislerinde de teyid edilmiştir. Ayrıca Romanya Cumhuriyetindeki FLEISSNER kurutma tesislerinde de aynı problemle karşılaşmıştır (20). Belirli

TABLO: 3.  
Briketlerin ateşe karşı mukavemetlerini ölçmek üzere yapılan testin neticeleri

Yük	g	250	500	250	500
Tane büyüklüğü	mm		6/0		2/0
Briket rutubeti	°/o		20,0		20,1
Pres tazyiki	kg/cm <sup>2</sup>		1400		1400
Pres temperaturü	°C		60		60
Bükülme mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>		12,8		11,5
Tazyik mukavemeti	kg/cm <sup>2</sup>		126,3		116,9
Ufalanma mukavemeti	°/o		«3,3		89,9
Zahiri izafi sıklet	g/cm <sup>3</sup>		1,217		1,216
Hakiki izafi sıklet	g/cm <sup>3</sup>		1,436		1,438
Porozlta	%		15,4		15,438
Tutuşma süresi	dak.	19,8'	19,4	19,8	20,6
Toplam mukavemet süresi	dak.	31,2	25,1	43,0	25,5
Tutuştuktan sonra mukavemet süresi	dak.	11,4	5,7	23,2	4,9
Max. alev yüksekliği	cm.	2...4	4...6	2...4	2...4

bir derecede ıslah edilmiş bulunan bu ince fraksiyonun, kazanlarda yakılmak yerine, briketleştirme suretiyle değerinin artırılması gereklidir.

Tecrübeler için kömür önce FLEISSNER metoduna göre (20 at basınç altında doymuş buhar ile) kurutulmakta ve —20 mm. nin altındaki kuru kömür briketleştirmeye tabi tutulmaktadır. Denemeler sonucunda yeterli basınç (157-182 kg/cm<sup>2</sup>) ve ufalanma (% 80,4-90,6) mukavemetlerine sahip briketler elde edilmiştir. Bunların alçak sühnet karbonizasyonu ve koklaştırma için elverişli oldukları görülmüştür. Ancak suya karşı dayanıklılıklarının yetersiz olmaları nedeniyle, piyasa briketleri olarak kullanılmaları mevzubahis değildir.

Kosovo linyitleri, memleketimiz linyitlerinkine benzer özellikler göstermektedirler. Güney-Doğu Avrupa linyitleri olarak vasıflandırılan bu tip kömürlerde, gerek teshinde ve gerekse endüstride kullanma açısından, karşılaşılan problemler yukarıdaki misalle açıklanmaya çalışılmıştır. Orta Avrupa'da görülen düşük küllü ve kolayca briketleşebilen linyitlere karşılık, burada yüksek küllü ve güç briketleşen linyit kömürleri mevzubahistir. Güney-Doğu Avrupa linyitlerinin ortak tarafı, bunlardan elde edilen briketlerin suya karşı dayanıklı olmayışlarıdır. Ayrıca kurutma, karbonizasyon gibi prosesler esnasında da, bu prosesler ne kadar koruyucu olursa olsun (örneğin FLEISSNER veya SPU-ELGAS) metodları), fazla miktarda ufalanma ve tozlanma meydana gelmektedir. Ne yazık ki bu ince fraksiyonlar da briketleşmeye müsait değildir.

Linyit endüstrisinin henüz gelişmekte olduğu memleketimizde, linyitlerimizin briketleştirilmesi ve karbonizasyonu mevzularının bugüne kadarkinden daha detaylı bir şekilde etüd edilmesi gerekir. Büyük ve riskli yatırımlara girmeden evvel, konunun ehemmiyetiyle incelenmesi mutlaka şarttır. Bu araştırmaları yapabilecek kapasitede, Avrupa Ülkelerinde olduğu gibi, bizde de bir Yakıt Teknoloji ve Araştırma Merkezi kurulmalıdır. Böylece, bugün için dağınık bir şekilde yürütü-

len ve ekseriya kesişen araştırma ve etüdlerin daha verimli olmaları da sağlanacaktır.

Yazarı, bu makalenin hazırlanmasında kendisine doküman temini hususunda hiç bir yardımını esimeven TORKİVE Bilimsel «e Teknik Dokümantasyon Merkezine bilhassa teşekkür etmeyi bir borç bilir.

### BİBLİOGRAFİK TANIM

1. RAMMLER, E. und V.S. KNIPP: Über die physikalischen und chemischen Eigenschaften und die Kriekung des Weichbraunkohle des Kosovo - Feldes (SFR Jugoslawien). Freiburger Forschungshefte, A. 434, 1968, 8. 7-33.
2. FRITSCHKE, K.: Ouellersoheinunieren an Braunköhle. Braunkohleinarchiv H. 52 (1939) S. 3-44.
3. RAMMLER, E., und H. J. v. ALBERTT: Zum Betriff der teer- oder koksebetonten Schwelerei. Freib. Forsch. H. A 121 (1959) S. 44-55.
4. RAMMLER, V.S. und A. LISSNER: Zur Internationalen Klassifikation der Braunkohlen für statistische und technische Zwecke. Freib. Forsch. H. A 373 (1965) S. 41 - 90.
5. HOCK, H., H. FISCHER, und O. SCHRAEDER: Fragen der Briektforschung, Ht. Mitteilung. Die verschiedenen Ursachen der Wetterunbestaendtykeit von Brieketts und ihre Beeinflussung. Braunkohle 34 (1935) S. 278-283; S. 295-298.
6. ZINZEN; A. : Brennstoffaachen In technischen Feurungen. Forsch. Ing-IWes, 14 (1943) S. 89-104.
7. PETRASCHECK, W. : Herkunft und Wanderung des Schwefels in der Kohle. Berg- u» Hüttenmaennische Monatshefte d. Montanistischen Hochschule in Leoben 92 (1947) S. 164-166.
8. V. SZADÉCKY-KARDOSS, E: KarstkoWenartem. Mitt. B. u. H. Abt. Univ. Sopron. 1939.
9. BILKENROTH, G., und E.' RAMMLER : Entwicklungsfragen der Braunkohlenverarbeitung unter Berücksichtigung der Lagerstaettenverhaeünlisse. Freib. Forsch.- H. A. 33 (1955) S. 32-59.
10. RAMMLER, E. und! A. VILLNER: Zu\* Ermittlung der Biegefestigkeit von Brieketts. Freib. Forach.- H. A 32 (1955) S. 57-80.

11. RAMMLER, E. und H. METZNER : Vergleichende Abriebbesümmungen von Braunkohlenbriketts und Braunkohlenschwelkoks mit verschiedenen Abriebtrönmeln. Freib. Forsch.. H. 32 (1955) S. 5-56.
12. MARVAN, D. : Einfluss der Verpressungsart bei der bindemittellosen Brikettierung von Braunkohlen auf die Brikettiercharakteristik und die Eigenschaften der Briketts. Dissertation, Bergakademie Freiberg, 1965.
13. SCHERER, R. : Bestmerkmale der Brikettqualitat. Freib. Forsch.- H. A. 385 (1966) S. 61-89.
14. ERGUN, H. : Reckexpansionsmessungen an Kohle/Koks Mischungen. Studienarbeit, Institut für Chemische Technologie und Brennstofftechnik, Bergakademie Clausthal, 1968.
15. ERGUN, H. : Türk Linyitlerinin Katkısı olarak Briketleřtirilmesine dair Bir Metod. MADENCİLİK, Cilt XI, Sayı 2, S. 21 Mart 1972.
- H6. RAMMLER, E., E. KNOPFE, K. BUDDE und P. DITTMANN : Untersuchungen über das Brikettierverhalten von Weichbraunkohle aus dem Revier Kostolac (Jugoslawien). Freiburger Forschungshsft, A. 491, S. 93-120.
17. WERNER, O. : Die Prüfung der Brenneigenschaften von Braunkohlenbriketts. Braunkohle 34 (1935) S. 809 - SU-
- IS. KNOPFE, E. : Untersuchungen über die Feuerstandfestigkeit von Braunkohlenbriketts. Freib. Forsch. H. A. 87 (1958) S. 100 -105.
20. RAMMLER, E., E. KNOPFE, u H. SCHOLLE : Brikettierscihi hit im FLEISSNER-Verfahren vorbehandelter Braunkohle aus dem Kolubara - Revier (Jugoslawien). Freib. Forsch.- H. A S64 (1966) S. 31-65.

## D u y u r u

TEKEI. GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TUZ İSTİHSAL İŐLERİNDE ÇALIŐTIRMAK İÇİN  
TECRÜBELİ İKİ MADEN MÜHENDİSİ ARAMAKTADIR.

İLGİLENEN ÜYELERİMİZİN ODAMIZA VEYA TEKEL GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
ÖZLÜK İŞLERİ MÜDÜRLÜĞÜNE MÜRACAATLARINI RİCA EDERİZ.

YÖNETİM KURULU