

Katı Yakıtların Kimyasal ve Petrografik Sınıflandırma İlke ve Yönetmeliği^{1,2}

A. REZZAN DOĞRU Hacettepe Üniversitesi Kimya Fakültesi Beytepe Ankara
AIEC F. GAINES Çukurova Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesi Adana
SUNGU L. GÖKÇEN Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü Beytepe Ankara

ÖZET

Genellikle lityit/eksinit, vitrinit/hüminit ve inertinit adlı organik maseral gruplarının oluşturduğu katı yakıtlar grubundan linyitler giderek önem kazanmaktadır. Ülkemiz bu katı yakıt türünden oldukça büyük, bilinen rezervlere sahiptir. Türkiye linyitlerinin kömürleşme derecesi ve jeokimyasal parametrelerine göre sınıflandırılması, ağır sanayimiz ve sıvı yakıt üretimi açılarından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Türkiye linyitlerinden seçilmiş örnekler üzerinde petrografik ve jeokimyasal yöntemlerle, bu yakıtların ayrıntılı inceleme ve parametrelerine göre sınıflandırma/gruplandırma amaçlayan uzun süreli bir proje başlatılmıştır.



Şekil 1: Örnekleme Haritası

- 1 Bu konuyla ilgili bir ön çalışma, aynı yazarlar tarafından V. TBTAK Bilim Kongresi Yerbilimleri Sektöründe verilmiştir (Doğru ve diğerleri, 1975).
- 2 Araştırmanın, Türkiye linyitleri ile ilgili bölümü, NATO tarafından desteklenmektedir.

Araştırmanın ilk ürünü olan makalede özellikle kullanılan kimyasal-jeokimyasal ve petrografik yöntemlerle, tanımlama ve sınıflamalara ağırlık verilmiştir. Projenin, Türkiye linyitlerinin maseral analizleri ile bunların ekonomik potansiyel açısından incelenme sonuçları daha sonraki makalelerde verilecektir.

GİRİŞ ve AMAÇ

Fosil katı yakıtlar ısıtma işlemlerinde, elektrik, özellikle çelik sanayii için metalurjik kok, havagazı, sentez gazı olan hidrojen ve kimyasal maddelerden benzin, naftalin ve fenol üretiminde kullanılır. Türkiyedeki katı yakıt sanayii bir bütün olarak ele alındığında tarımdan sonra ikinci derecede geldiği görülmüştür. Katı yakıt sanayiinin karmaşıklığı giderek artmaktadır. Dumansız yakıt olarak kullanılan briketler linyitten yapılmaktadır ve aynı zamanda linyitlerden metalurjik kok ve sıvı yakıt yapımına da çalışılmaktadır (Given ve diğerleri, 1975; Schafer 1977). Petrolün giderek azaldığı dünyamızda, linyitler 21. yüzyıl için öngörülen en önemli enerji kaynaklarından biridir. Ayrıca, linyitler kimya ve plastik sanayiinin hammaddesi olarak da ileride kullanılabilir.

Türkiye'de büyük katı yakıt rezervleri bulunmaktadır. Bu rezervlerin 1.276.000.000 tonu taş kömürü, 5.950.213.000 tonu ise linyittir (e.g. Kimya Mühendisliği Dergisi-Şubat 1976; Nakoman 1971). Bilindiği gibi ülkemizde bulunan taş kömürleri metalurjik kok, havagazı üretiminde ve bazı diğer sanayii dallarında kullanılmakta, ancak tüketimi karşılayamamaktadır.

Bu nedenle zengin linyit rezervlerinden yararlanmak gelecek için zorunludur. Dolayısıyla ülkemizde linyitlerinin fiziksel, jeolojik ve kimyasal özelliklerinin saptanması gerekmektedir.

Linyitlerin bu özellikleri bölgeden bölgeye değişebilir, hatta bir damar içinde de farklılık gösterebilir (Mackowsky, 1973). Hammadde olarak kullanılan katı yakıtlardaki kimyasal açıdan farklılık kömürleşme sırasında biyokimyasal ve jeolojik koşullar altında incelendikleri zaman bunların üç büyük maseral grubuyla (liptinit/eksinit, vitrinit/huminit ve inertinit) bazı minerallerden oluştukları görülmüştür. Bilindiği gibi maseraller, kendine özgü dokusal özellikleri ile petrografik ve kimyasal farklılıkları olan organik kökenli katı yakıt bileşenleridir. Bu açıdan bakıldığında maseraller, genel anlamda kayaçları oluşturan mineraller ile diğer komponentlere analogtur (Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie: Cilt I 1963; Cilt II/1971; Stach ve diğerleri, 1975)

Bu çalışma, Türkiye'nin dokuz farklı yöresinde özel yöntemle alınmış on yedi linyit örneği (Şekil-1) üzerinde yürütülmekte olan "Türkiye Linyitlerinin kömürleşme derecesi ve jeokimyasal parametrelere göre sınıflandırılması" konulu bir projenin ilk ürünüdür.

Bu araştırmanın ekonomik ve teknolojik açıdan önemi ise, ülkemiz linyitleri arasındaki sıvı yakıt, metalurjik kok, gübre ve kimyasal madde üretimine uygun katı yakıt gruplarının saptanmasıdır. Araştırmanın; maseral analizi ve sınıflandırma/ekonomik potansiyel konulu ikinci ve üçüncü bölümleri de ayrı makaleler halinde yakın bir gelecekte yayınlanacaktır. Bu nedenlerden, makale öncelikle konuyu ve bir ölçüde de araştırma profesini tanıtmak amacıyla gütülmektedir.

KÖMÜRLEŞME EVRELERİ

Günümüzde katı yakıt ve bunlardan elde edilen ürünler çok önem taşımaktadır. Son yıllarda ortaya çıkan petrol krizi ve buna karşılık katıyakıt rezervlerinin 6.10¹² ton civarında olmasından dolayı katı yakıtlar daha yakından incelenmeye başlanmıştır (Van Krevelen, 1961). Kömürleşme olayı altta sıralanmış evreleri takibederek oluşur.

1) Biyokimyasal evre :

Katı yakıtlar genellikle bataklıklarda oluşan turbalardan orijinlerini alırlar (Stach ve diğerleri, 1975). Bitki örtüsü, iklim, bölgenin coğrafi ve yapısal durumuna göre turbalar oluşur. Turbalarda ortamın pH değerine bağlı olarak biyokimyasal ve kimyasal kömürleşme başlar (Jacob 1961, Stach ve diğerleri, 1975 Teichmüller, 1968).

Burada katı yakıtların selüloz, hemiselüloz, şeker, lignin, plasma proteini, yapı proteini, bitkisel ve hayvansal yağlar, reçine ve mumlar gibi bütün başlangıç maddeleri vardır. Hümsü yapıcı maddeler olarak selüloz ve lignin önemlidir. Reçine ve mumlarsa protobituminadır. Diğer maddeler tamamen bozunup azot, kükürt ve fosfor açığa çıkarırlar. Biyokimyasal evrede, iklimin tropik veya subtropik, turba fasiyesinin aşırı sulu, telmatik veya terrestrik olmasına ve bölgesel baz miktarına bağlı olarak örtüsü oluşur (Jacob, 1961).

12 Bu çalışmadaki maseral sınıflama ve adlandırılması "Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie" Cilt I, 1963 ve Cilt II, 1971 ile Stach ve diğerleri, Stach's Textbook of Coal Petrology, 1975, adlı yayınlara göre yapılmıştır.

2) Birincil Oksidasyon Süreci

Bu süreçte hümfikasyon oluşur. Bütün kömür türlerinin özgül kimyasal ve fiziksel özellikleri bu evredeki değişmelerle yakından ilişkilidir. Hümsü asitleri, aromatik çekirdek ve alifatik yan zincirlerin kondenzasyonu ve polimerizasyonu sonucunda oluşan doğal asit ve tuzlardır. Renkleri sarı-kahverengi olan hümsü asitlerinin çözünürlüğü kondenzasyon arttıkça azalır.

Ortamdaki aerob ve anaerob bakteriler ve sıcaklığın etkisiyle hümfikasyon sürecinde kimyasal ve biyokimyasal bozunma oluşabilir. Bölgesel baz miktarı, pH-değeri, biyokimyasal olarak hümsü özelliklerini etkiler. Yüksek pH değerlerinde en fazla biyokimyasal bozunma oluşur (Jacob, 1961).

3) İndirgeme Süreci

Hümsü maddelerin hızlı indirgendiği bir süreçtir. Yumuşak kahverengi kömürlerin oluşumunda biyokimyasal süreç önemli bir rol oynar. Buna karşılık sert kahverengi kömürlerin oluşumunda jeokimyasal olaylar etkindir (Jacob, 1961; Teichmüller, 1958).

4) Jeolojik Evre

Yumuşak kahverengi kömürler 10 ile 80 kg/cm² arasındaki basınç etkisiyle sıkılaşır (=compaction). Turbanın indirgenme süreci birkaç sene olmasına rağmen yumuşak kahverengi kömür ancak 30-60 milyon sene sonra oluşur. Hümsü kimyasal değişmeye uğrarken, fiziksel kuvvetler kömürleşmede etkindir. Yer kabuğundaki epijenetik ve orojenik kökenli tektonik hareketlerden doğan statik ve dinamik basınçlarla, sekonder oksidasyon süreci başlar ve oksihümodiller oluşur.

Sert kahverengi kömürlerin oluşumunda jeokimyasal etkenler önemlidir. Kömürleşme başlangıcı, epigenetik/diyajenetik bir olaydır. Jeokimyasal etkenlerin (=sıcaklık, basınç ve zaman) yanısıra, jeotermik sıcaklık ve magmatik entrüsf aktivite de kömürleşmeyi artırır. Bu sırada sıcaklık 250-450°C kadar yükselir.

Taş kömürleri için kömürleşmede etkin olan etkenler sert kahverengi kömürlerinkinin aynısıdır. Kömürleşmeğe bağlı olarak artan kimyasal değişme önemlidir ve bu durumun saptanmasında parametre olarak karbon ve uçucu madde miktarı kullanılır. Kahverengi kömürden taş kömürüne geçişte hümsü asitlerden nötral hümsüler oluşur. Daha sonra kömürleşmeğe bağlı olarak halka kondenzasyonu artar, antrasit ve grafit oluşumu başlar (Jacob, 1961).

KATI YAKITLARIN SINIFLANDIRILMASI

Katı yakıtlar, yansıttıkları ışık miktarı, karbon yüzdesi, kalorifik değer ve uçucu madde miktarı gibi parametrelere bağlı olarak bazı büyük gruplara ayrılır. Çizelge-1 de Alman (DIN) ve Amerikan (ASTM) sınıflandırılmaları verilmiştir (Stach ve diğerleri, 1975). Tablodan da görüldüğü gibi Al-

man ekolünde beş Amerikan ekolünde dokuz katı yakıt türü vardır.

Maseraller

Katı yakıtlar, çeşitli bileşenlerden oluşmuş homojen olmayan maddelerdir. Mağmatik ve sedimanter kayalardaki minerallere benzer şekilde, katı yakıtlarda da maseraller vardır. Ancak maserallerin kimyasal yapıları bilinmediği gibi, belirli bir kristal yapıları da yoktur.

Katı yakıtların heterojen yapıları mikroskop yardımıyla gözlemlenebilir. Bu yöntemde renk, şekil, rölyef ve reflektans gibi parametrelerden yararlanılır. Maseraller, oluştukları bitki fosillerine, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre liptinit/eksinit, vitrinit/hüminit ve inertinit adı altında üç büyük grupta toplanırlar (Çizelge - 2) Liptinit/eksinit, vitrinit/hüminit ve inertinit sıralamasında karbon ve oksijen yüzdeleri artarken, hidrojen yüzdesi azalır.

Maserallerin kömürleşme dereceleri arttıkça fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri değişir. Katı yakıt petrografları ve kimyacılarına göre maserallerin refleksiyonları ile karbon ve uçucu madde miktarları arasında bir ilişki vardır. Aynı grubun maseralleri arasında refleksiyon farkı yoktur, ancak morfolojik ve mikroyapısal farklılık vardır (Stach ve diğerleri, 1975).

Liptinit/Eksinit

Bu gruba ait maseraller sporin, kutin, suberin, reçine mum, hayvansal ve bitkisel yağlar içerirler. Düşük kömürleşme derecesi gösteren katı yakıtlarda liptinit grubu vitrinit grubundan yüksek hidrojen miktarıyla ayrılır. Özellikle taş kömürlerinin liptinit grubu belirli bir kömürleşme derecesinden sonra, ani bir değişime gösterirler, buna "atlama" adı verilir ve bu noktadan sonra iki grubu bir diğerinden ayırt etmek zorlaşır (Stach ve diğerleri, 1975).

Vitrinit/Hüminit

Bu maseral grubu katı yakıtta yüksek oranda bulunur, bu nedenle bilimsel ve teknolojik açıdan çok büyük önem taşır. Düşük kömürleşme derecelerinde bitkilerin hücre yapıları mikroskopta gözlemlenebilir. Hücre duvarları telinit/hümotellinit, hücre ise kollinit/hümokollinit ile doludur (Stach ve diğerleri, 1975).

Kahverengi kömür ve turbaların vitrinit gruplarına hüminit adı verilmiştir (Internationales Lexikon für Petrologie Cilt II, 1975).

Inertinit

Reaksiyon gücü olmayan katı yakıt bileşenlerine inertinit denir. Bu grup koklaşma sürecine katılmaz. Özellikle fusinit maserali karbonca zengin olup odun kömürüne benzer özellikler gösterir. Inertinit grubu maserallerinin büyük bir kısmı belirgin hücre yapısı gösterirler (Stach ve diğerleri, 1975).

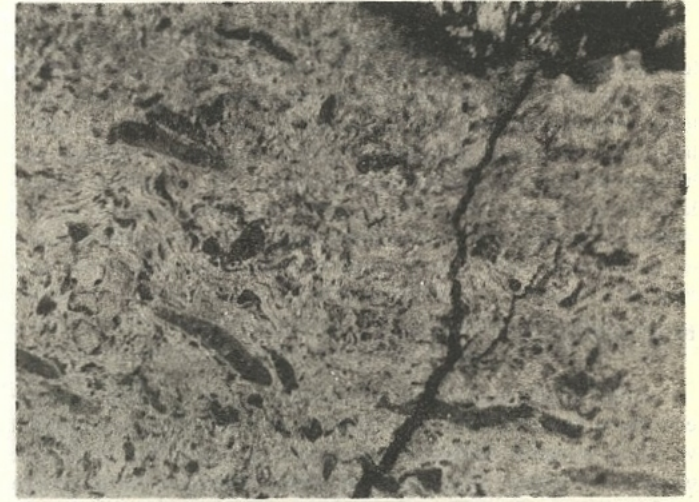
Maden Mikroskopunda Maseral Analizi

Parlatma örnekleri üzerinde mikroskopta yapılan araştırmalarda Çizelge - 2'de verilen maseral grupları ve maseraller saptanabilir (Şekil - 2, 3, 4). Parlatma örnekleri hazırlanırken katı yakıt önce 1 mm tane büyüklüğünün altına kadar öğütülür, daha sonra uygun bir polimerle kalıplanır.

Polimer tamamen sertleştikten sonra kromoksit, alumina, parlatma bezleri ve damıtık suyla ıslatılmış parlatma keçeleri kullanılır (Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie Cilt I, 1963)



Şekil -2 Fusinit ve pirit yağ immersiyon 600 x



Şekil -3 Hüminit ve resinit yağ immersiyon 260 x



Şekil -4 Hüminit, suberin ve sklerotinit yağ immersiyon 260 x

KATI YAKITLARIN SINIFLANDIRMASI

Alman (DIN)	USA (ASTM)	Refleksiyon % R ₀ (yağ im.)	Uçucu mad. % Vitrinit	% k.k karbon
Turba	Turba	0.2	68	
			64	~ 60
Yumuşak	Linyit	0.3	60	
			56	
Mat	Alt bitümlü kömür	0.4	52	~ 71
	C		48	
Sert	B	0.5	44	~ 77
	A	0.6	40	
Alevli	Yüksek uçucu maddeli bitümlü kömür	0.7	36	
	B	0.8	32	
Uzun alevli	A	0.9	28	~ 87
		1.0	24	
Gazlı - yağlı	Orta uçucu maddeli bitümlü kömür	1.2	20	
		1.4	16	
Yağlı	Düşük uçucu maddeli bitümlü kömür	1.6	12	
Az yağlı	Semi Antrasit	1.8	8	~ 91
Yağsız	Antrasit	2.0	4	
Antrasit	Antrasit	3.0		
Meta Antrasit	Meta Antrasit	4.0		

Çizelge 1: Katı Yakıtların Sınıflandırması

Yöntem

Bilindiği gibi maseral grupları reflektanslarına göre birbirlerinden ayrılırlar. Değişik kömür damarları, hazırlanan parlatma örnekleriyle kolaylıkla karşılaştırılabilir. Genetik sorunların yanısıra teknolojik sorunlar da maseral analizi yardımıyla incelenebilir. Değişik özgül ağırlık aralıklarındaki katı yakıt fraksiyonlarının incelenmesi için maseral analizi uygun bir yöntemdir. Öğütülmüş yakıt 1.9g/ml lık ağır sıvıda ayrılır. Ancak analizler hem üst hem de alt fazla yapılır. (ayrıntılar için bkz. Doğru ve diğerleri, 1975, Doğru ve Gökçen, 1978) Analiz yapılacak parlatma yüzeyi 4 cm² olmalıdır.

Maseral analizi, 25 ile 50 x arasındaki yağ immersiyon objektifi ve 8 ile 10 x okülerli binoküler maden mikroskopunda yapılır. Toplam yüzey üzerinde 500 nokta, özel sayısı (point counter) yardımıyla sayılır (Internationales Lexikon für Kohlen petrologie Cilt I, 1963).

Burada dikkat edilmesi gereken nokta, katı yakıt içindeki mineraller toplu bir grup olarak alınır, ancak özel araştırmalar için mineraller ayrı ayrı sayılır.

Aynı araştırmacının aynı katı yakıtın parlatma örneğindeki maseral analizlerinin duyarlılıkları 500 nokta için \pm % 2 dir. Hata sınırını \pm % 1'e düşürebilmek için 3000-5000 nokta saymayı gerektirmektedir.

Maseral analizinden, maseral gruplarının hacimce yüzdeleri elde edilir, fakat ağırlıkça yüzdelere geçmek zorunluysa aşağıdaki çevirme faktörleri kullanılabilir. Liptinit 1.2 g/ml, Vitrinit 1.3g/ml ve inertinit 1.4g/ml (Stach ve diğerleri 1975).

Katı Yakıtların Flüoresans Özellikleri

İlk olarak 1963 yılında Schocharđt tarafından flüoresans ışık tekniği kömür mikroskopisine uygulanmıştır. Son senelerde çok gelişmiş olan bu yöntemde özellikle eksinit (liptinit) maseral grubunu uyarmak için uzun dalga boylu UV veya mavi ışık kullanılır. Turba ve kahverengi kömürlerde liptinit flüoresans özelliği çok yüksektir. Ancak linyit ve turbalarda hüminit grubu da zayıf flüoresans özelliği gösterebilir. Ottejann ve diğerleri, 1974) tarafından katı yakıtların flüoresans özelliği kömürleşme derecelerinin saptanmasında kullanılmaktadır. (Ottenjann ve diğerleri 1974, Stach ve diğerleri, 1975).

Flüoresans analizi yapılırken maden mikroskopunda ışık kaynağı olarak mavi ve UV ışığı yayınlayan lamba kullanılır. ($\lambda = 400-700$ nm). Koyu turuncu ile açık sarı arasında flüoresans yapan maddeler liptinit grubu maseralleridir. Kahverengi flüoresans yapan maseraller ise hüminit grubuna aittir.

Flüoresans mikroskopisinde iki yöntem uygulanır.

a) Yalnız mavi ışık ile flüoresans yapan maseral grubu ve diğer bütün maddeler ayrı olarak bulunur. Daha sonra görünür bölge ışığında yapılan maseral analizi değerleriyle karşılaştırma yapıp, gerekli düzeltme yapılır.

b) Maseral analizi yapılırken çift ışık kaynakla mikroskop kullanılır. Bu durumda görünür bölge ışık kaynağından UV bölgesi ışık kaynağına kolaylıkla geçirilebilir.

Taş kömürü		Kahverengi kömür-turba	
Maseral grubu	Maseral	Maseral grubu	Maseral
Vitrinit	Tellinit Kollinit Vitrodetrinit	Hüminit	Hümo Tellinit Hümokollinit Hümodetrinit
Liptinit	Sporinit Kütinit		Sporinit Kütinit
(Eksinit)	Resinit Alginit Liptodetrinit	Liptinit (Eksinit)	Resinit Alginit Liptodetrinit Süberinit Fluorinit Eksudatinit
Inertinit	Mikrinit Makrinit Semifüsinit Füsinit Inertodetrinit	Inertinit	Mikrinit Makrinit Semifüsinit Füsinit Sklerotinit Inertodetrinit

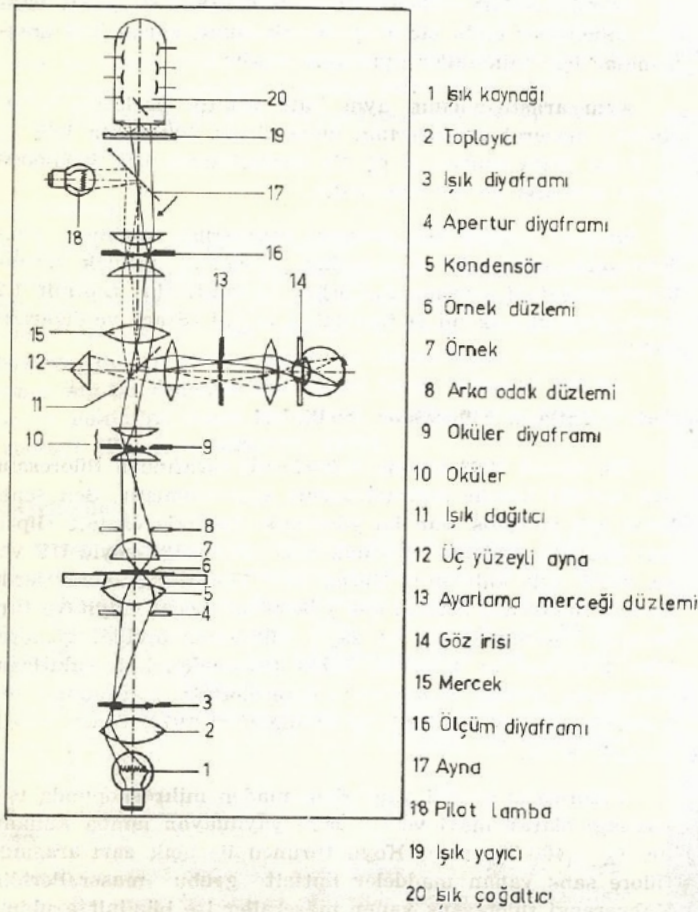
Çizelge-2 Katı yakıtların maseral grupları ve maseral dağılımları (Stach ve diğerleri, 1975).

Vitrinit/Hüminit Maseral Grubunun Refleksiyon Ölçümü

Bitkilerin çürümesiyle başlayıp grafitte biten değişim sürecinin değişik basamaklarında kömürleşme dereceleri farklı olan katı yakıtlar bulunmaktadır. Bunlardan vitrinit/hüminit gruplarının reflekte ettikleri ışık miktarı kömürleşme derecelerine bağlıdır. Dolayısıyla refleksiyon ölçümü yalnız vitrinit/hüminit grubu üzerinde yapılır. Bir fotometre yardımıyla reflekte olan ışık miktarının ölçümleri bilinen standartlara göre yapılır. Bu ölçümlerden elde edilen değerlerin ortalaması katı yakıt için kömürleşme derecesini verir (Internationales Lexikon für Kohlen petrologie Cilt I, 1963; Stach ve diğerleri, 1975; Stach & Michels, 1955).

Yöntem

Şekil-5 ve 6 da refleksiyon ölçümünde kullanılan mikroskopun optik ve elektronik şemaları verilmiştir. Refleksiyon ölçümü, önce standart örnekler için kalibrasyon yapıldıktan sonra yapılır. Bu işlemden sonra, aşağıdaki denkleme uygun şekilde incelenen katı yakıtın refleksiyon miktarı saptanır.



Şekil 5: Refleksiyonun fotoelektrik ölçümdeki ışık yolu

$$R_{VI} = \left(\frac{\sin \delta_{VI}}{\sin \delta_0} \right)^2 \cdot R_0$$

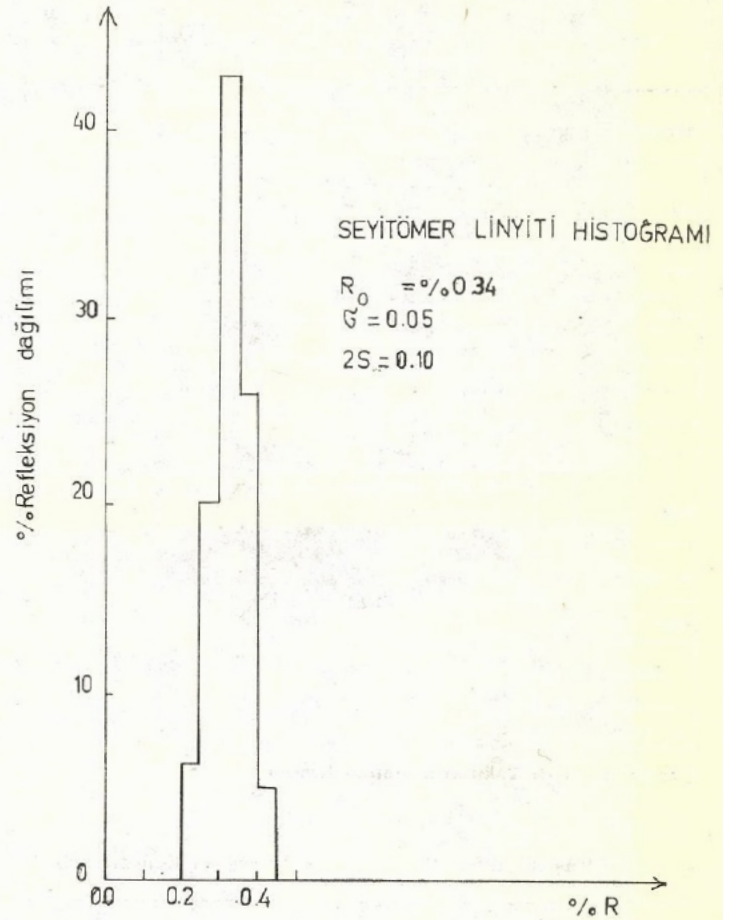
R_{VI} = vitrinitin refleksiyonu

R_0 = standart refleksiyonu

δ_{VI} = fotometrede vitrinit için kaydedilen değer

δ_0 = fotometrede standart için kaydedilen değer

Katı yakıtların refleksiyon miktarını bulmak için, tüm nü-mune üzerinde 100 noktada yapılan ölçümlerden elde edilen değerlerden histogram ve/veya Gauss eğrisi elde edilir (Şekil-7).



Şekil 7: Seyitömer Linyiti refleksiyon dağılımı

SONUÇLAR

Uzun süreli bir araştırma projesinin ilk ürünü olan bu ilk makalede :

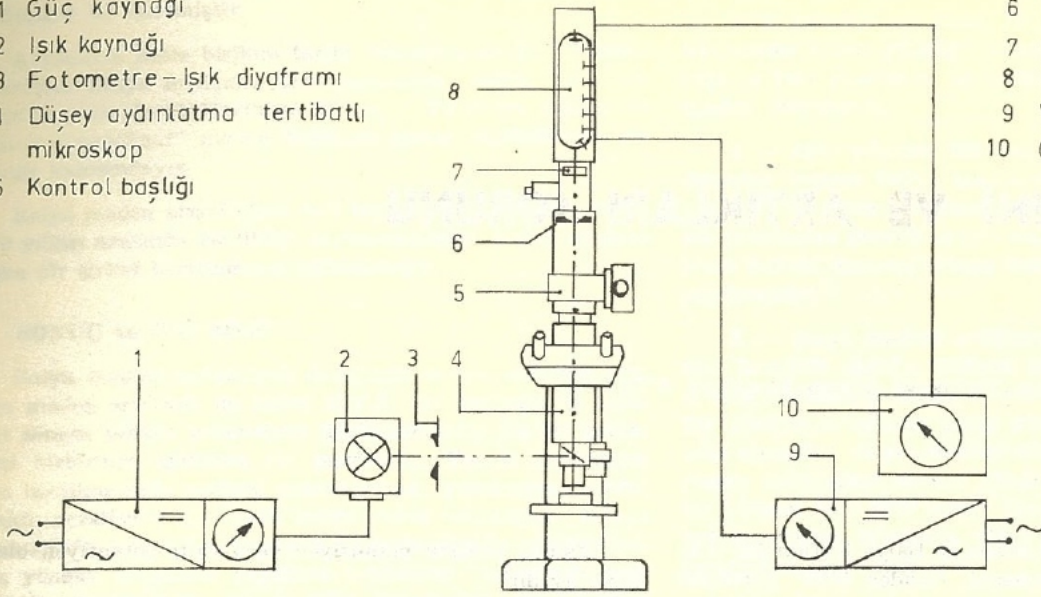
- katı yakıtların petrografik yapıları,
- bunların kimyasal ve jeokimyasal yöntemlerle incelenmesi,
- bunların kömürleşme derecelerinin bağlı olduğu parametreler ve
- bu parametrelere göre yakıtların sınıflandırılması tanımlanmıştır.

Teşekkür :

Bu makale içinde verilmiş olan fotoğraflar, A. Rezzan Doğru tarafından Dr. H. Jacob (BGR-Hanover), Prof. Dr. M. Th. Mackowsky (Bergbanforschung GmbH-Essen) ve Dr. M. Teichmüller'in (Geologisches Landesamt NW-Krefeld) laboratuvarlarında çekilmiştir. İgi ve rehberliklerinden dolayı yazarlar, yukarıda adı geçen otoritelere sonsuz şükranlarını sunarlar.

- 1 Güç kaynağı
- 2 Işık kaynağı
- 3 Fotometre - Işık diyaframı
- 4 Düşey aydınlatma tertibatlı mikroskop
- 5 Kontrol başlığı

- 6 Ölçüm diyaframı
- 7 Skalalı ölçüm
- 8 Işık çoğaltıcı
- 9 Yüksek gerilim güç kaynağı
- 10 Gösterge



MIKROSKOP - FOTOMETRE

Şekil 6: Refleksiyon ölçümünde kullanılan mikroskop fotometre

A. Rezzan Doğru verilen burs için DAAD (Almanya) kuruluşuna müteşekkirdir.

Bu makalenin ilk tasarımlarını düzelterek, çalışmalarımıza ışık tutan Sayın Prof. Dr. S. Artüz'e yazarlar en derin teşekkürlerini sunarlar.

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan nünunelerin sağlanmasında yardımcı olan Sayın Doç. Dr. A. Nakcman'a teşekkürü bir borç bilirler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Doğru, A.R., Gaines, A.F. ve Gökçen S.L., 1975, Türkiye Linyitlerinin Maseral Analizleri; Ön sonuçlar: V.TBTAK Bilim Kongresi Yerbilimleri Sektörünü, tebliğleri, 239-250.
- Doğru, A.R. and Gökçen, S.L., 1978, Separation of dominant macerals from some turkish tertiary lignites by means of heavy liquids (Hazırlanmakta).
- Given, P.H., Gronauer, D.C., Spackman, W., Lowell, H.L., Davis, A. and Biswas, B., 1975, Dependence of coal liquefaction behaviour on coal characteristics. 2. Role of petrographic composition: *Fuel*, 54, 40-49.
- Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie; I, 1963, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie; II, 1971, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

- İacob, H., 1961, Bildung der Kohlen unter besonderer Berücksichtigung der biochemischen Phase, *Geol. Jb.*, 78, 103-122.
- Mackowsky, M.Th., 1973, Comparative Petrography of Gondwana and Northern Hemisphere Coal Related to their Origin; III. Int. Gondwana symp. Canberra.
- Nakoman, E., 1971, Kömür: M.T.A. Enstitüsü yayını Ankara.
- Ottejann, K., Teichmüller, M. und Wolf, M., 1974, Spektrale Fluoreszenzmessungen an Sporiniten mit Aufsicht-Anregung, eine mikroskopische Methode zur Bestimmung des Inkohlungsgrades gering inkohlter Kohlen: *Fortschr. Geo. Rheinl. und Westf.*, 24, 1-36.
- Schafer, H.N.S., 1977, Organically bound iron in brown coals: *Fuel*, 56, 45-46.
- Stach, E., Mackowsky, M.-Th., Teichmüller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., and Teichmüller, R., 1975, Stach's Textbook of Coal Petrology: 2. nd ed., Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- Stach, E. ve Michels, H.C., 1955, Reflexionsmessungen an Kohlenanschliffen mit dem Berek Mikrophotometer, insbesondere am Exinit der Ruhrkohlenflöze: *Geol. Jb.*, 71, 113-143.
- Teichmüller, M., 1968, Zur Petrographie und Diagenese eines fast 200 m mächtigen Torfpräfls (mit Übergängen zur Weich-Braunkohle?) in Quartär von Philippi (Mazedonien): *Geol. Mitt.*, 8, 65-110
- Teichmüller, M. und Teichmüller, R., 1958, Inkohlungsuntersuchungen und ihre Nutzenwendung: *Geologie en Mijnouw*, 20/2, 41-66
- Van Krevelen, D.W., 1961, Coal: Elsevier Publishing Company, Gouda.