

Kömürün Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlığının Belirlenmesinde Kollanılan İndeksler

Indices Used to Determine the Liability Spontaneous Combustion of Coal

Erdoğan KAYMAKÇI (*)
Vedat DİDARİ (**)

ÖZET

Bu çalışmada, "Tutuşma sıcaklığı" (crossing point) esaslı laboratuvar ölçmelerine dayalı olarak hesaplanabilecek çeşitli yangına yatkınlık indeksleri tanıtılmaktadır. Zonguldak Havzasından iki taskömür damarı ve Garp Linyitleri işletmesinden bir linyit damarı üzerinde yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar değerlendirilerek bu indekslerin pratik uygulamaları hakkında örnekler verilmektedir.

ABSTRACT

In this study, the "liability indices" which can be estimated depending upon the laboratory measurements based on the crossing point technique have been introduced. Examples about the practical applications of these indices using the results of the experiments derived from two hard coal seams of Zonguldak Basin and a lignite seam of Western Lignite Enterprises have been given.

(*) Ars. Gör., HUZMF Maden Müh.Böl., 67100 ZONGULDAK

(**) Doç.Dr., öğretim Üyesi, HUZMF Maden Müh. Böl., ZONGULDAK

1-GİRİŞ

Yeraltı kömür ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması, maden mühendisinin uğraştığı güvenlik sorunlarının başında gelmektedir.

Bu sorunla sistemli bir biçimde mücadelenin ön koşullarından biri, kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarına göre sınıflandırılmasıdır.

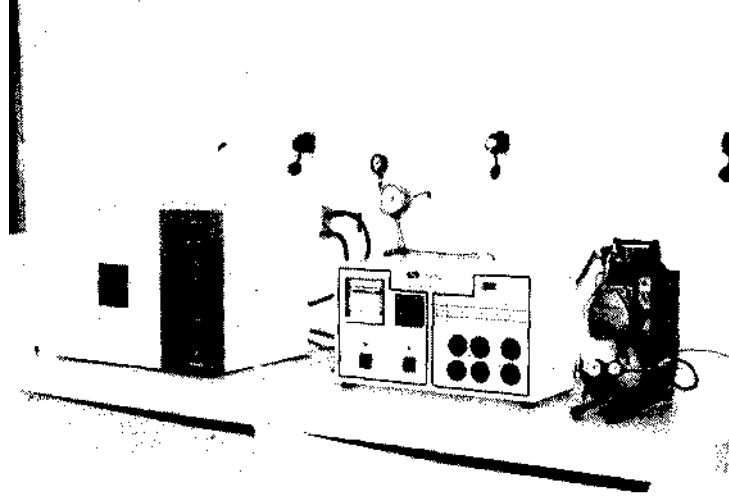
Kömür damarlarının, laboratuvar ölçmelerine dayanılarak, bu amaçla sınıflandırılmasına yönelik standart bir teknik henüz yoktur. Ancak, güvenilir bazı araştırma merkezlerinde geliştirilmiş olan çeşitli indekslerden yararlanılarak ön fikirler edinilmesi olanaklıdır.

Bu araştırmada, ülkemiz taşkömür ve linyit damarlarından örnekler kullanılarak yapılmış olan laboratuvar çalışmalarının sonuçlarından yararlanılarak bu tür indekslerin tanıtılmasına gayret edilmektedir, öncelikle, indekslerin özgün biçimlerinin tanıtımları yapılmakta, daha sonra bu çalışmada esas alınan laboratuvar tekniğinde elde edilmiş olan ölçümlerin, indekslerin hesaplanmasında nasıl kullanıldıkları gösterilmektedir.

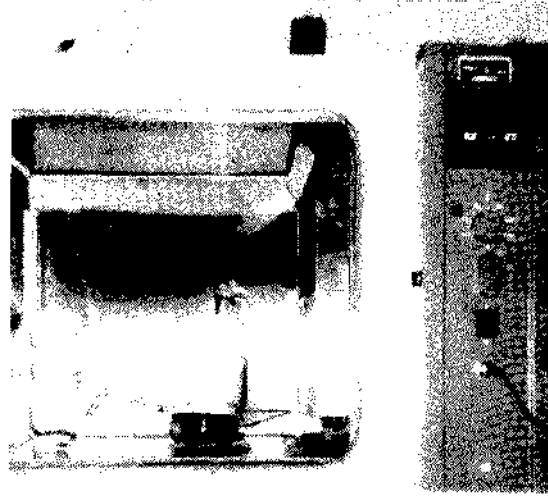
2. LABORATUVAR TEKNİĞİNİN TANITIMI

Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının incelenmesinde çeşitli laboratuvar teknikleri uygulanabilmektedir (1,2). Henüz bir standart yöntem yoktur. Ancak, "Tutuşma Noktası" olarak da bilinen "kesişme noktası (crossing point)" tekniği, uygulamasındaki basitlik nedeniyle, böyle standart bir teknik olmaya kuvvetle adaydır.

Bu araştırmada, indekslerin hesaplanmasında kullanılan ölçümler, tutuşma noktası esaslı deneylerden elde edilmiştir. Kullanılan deney seti Sekil 1'de gösterilmektedir.



(a)



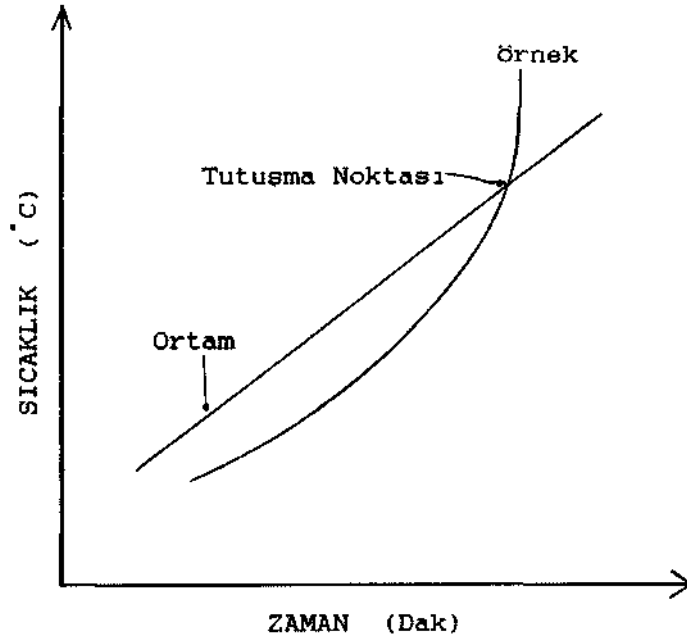
(b)

Sekil 1. (a) Deney seti. Soldan sağa fırın, kontrol düzeneği ve kompresör
(b) Fırın içine yerleştirilen örnek kapları (reaktörler)

Deneyin özü, doğrusal olarak ısıtılan bir fırın (yatak) içine yerleştirilmiş olan bir kap (reaktör) içindeki kömür örneği üzerinden hava geçirilmesi ve zaman-sıcaklık ilişkisinin izlenmesidir. Deney koşulları aşağıdaki gibi seçilmiştir.

- * Yatağın ısınma hızı 0,5 °C/dak
- * Kömürün miktarı ve boyutu 80 g ve -200 mesh
- * Geçirilen hava miktarı 200 ml/dak

Deney sırasında hem yatağın hem de kömürün sıcaklıkları kaydedilmekte ve sonuçta Şekil 2'deki gibi grafikler elde edilmektedir. Bu grafiklerde örnek sıcaklığının yatak sıcaklığını kestiği nokta "Tutuşma noktası" olarak anılmaktadır.



Şekil 2. Tipik deney sonucu (kömürün ısınma eğrisi)(3)

Tutuşma noktası deneyleri ile ilgili daha fazla bilgi başka yayınlarda yer almaktadır (3,4).

3. YATKINLIK İNDEKSLERİ HAKKINDA BİLGİ

En basit indeks, tek basma "Tutuşma noktası"dır. Kendiliğinden yanmaya yatkın kömürlerde tutuşma noktası sıcaklıkları düşüktür.

Araştırmacılar, tutuşma noktasının tek basına yeterli olamayacağında ve güvenilir bir indekste kömür örneğinin ısınma hızının da hesaba katılması gerektiğinde ortak kanıdadırlar. Feng ve ark. tarafından geliştirilen indeks (5) bu niteliği taşımaktadır. Bu indeksin ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$I(FCC) = (OSA/TN) * 1000 \dots \dots \dots [1]$$

Burada,

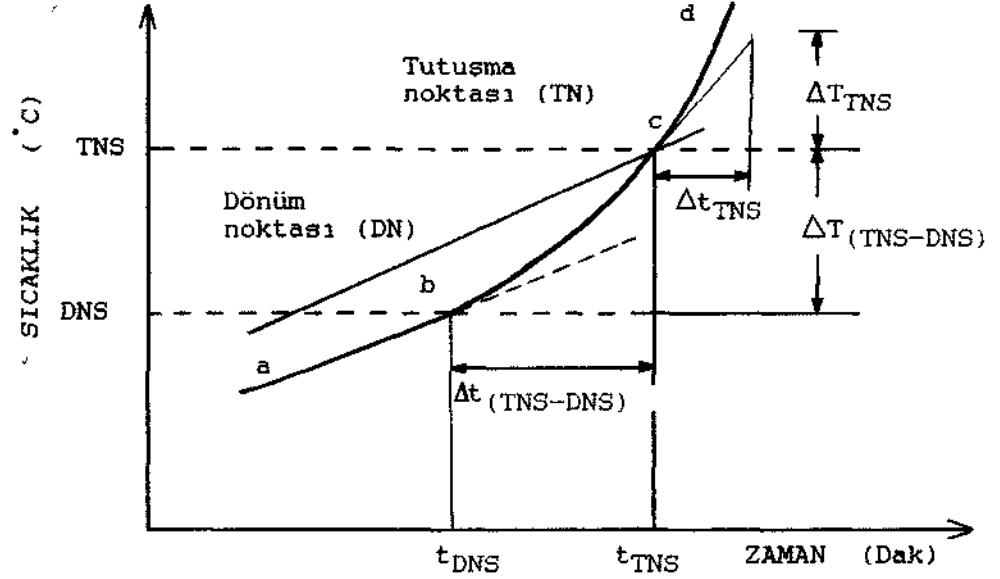
- I(FCC) : Feng, Chakravorty ve Cochrane tarafından geliştirilen indeks, 1/dak
OSA : Kömür örneğinin 110-220 °C arasındaki ortalama sıcaklık artışı, °C/dak
TN : Tutuşma noktasının 1 °C fazlası, °C olmaktadır.

Bu indekse göre yapılabilecek olan yorumlar Çizelge 1'deki gibidir.

Çizelge 1. I (FCC) indeksi (5)

indeks	kendiliğinden yanmaya yatkınlık
0 - 5	düşük
5 - 10	orta
10 <	yüksek

Mahadevan ve Ramlu (6), tutuşma noktası deneylerinin sonucunda elde edilen zaman-sıcaklık ilişkilerini gösteren grafikleri dilimlere ayırarak (Sekil 3) aşağıdaki indeksi önermişlerdir. C 2] eşitliğinde verilen MR indeksinin dege-



Sekil 3. MR indeksindeki sembollerin açıklanması (Isınma eğrisinin analizi)(7)

$$I(MR) = 10 \frac{(A\dot{T}_O / A\dot{T}_{TN}) * t_{DN}}{t_{TN} (\hat{T}_{TN-DN} / A\dot{T}_{TN-DN})} \quad [2]$$

Burada,

I(MR): Mahadevan ve Ramlu tarafından geliştirilen indeks olmaktadır (Diğer semboller Sekil 3 üzerinde açıklanmıştır).

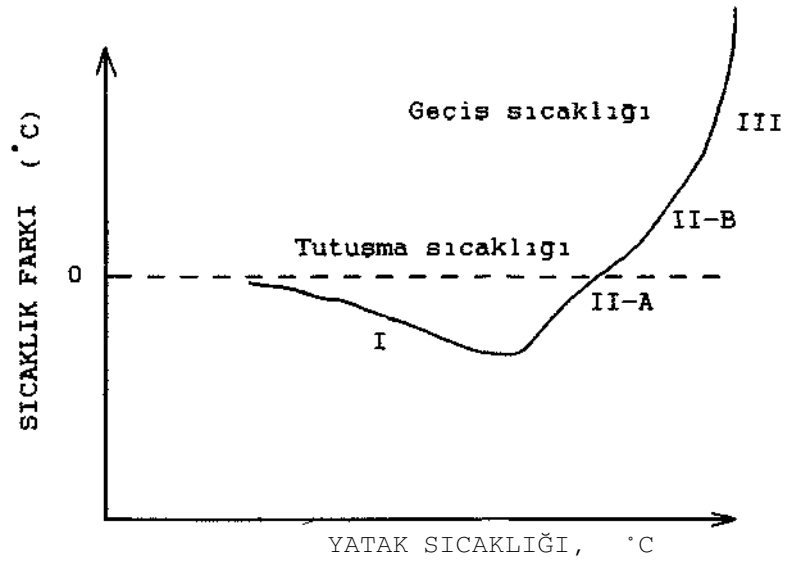
ri yükselirken yatkinlık azalmaktadır. İndeks değeri ile yatkinlığın paralellliğini sağlamak için araştırmacıların önerdiği üzere Eşitlik 2 ile hesaplanan değerlerin tersi 100 ile çarpılarak değeriendirilmektedir. Buna göre yapılacak

yorumlarda Çizelge 2'deki değerler kullanılmaktadır.

Çizelge 2. I (MR) indeksi (6)

indeks	kendiliğinden yanmaya yatkınlık
0 - 10	düşük
10 - 20	orta
20 <	yüksek

Wade ve Gouws tarafından geliştirilen WITS-EHAC indeksi (7), zaman-sıcaklık ölçümlerinden türetilen DTA (Diferential thermal analysis) grafiklerinden (Şekil 4) elde edilen değerleri kullanmaktadır.



Sekil 4. Tipik bir DTA grafiği (3)

$$I (WITS-EHAC) = (OSA/TN) * 500 \dots\dots\dots [3 3$$

Burada,

I(WITS-EHAC) : Yatkınlık indeksi,
OSA : DTA grafiğinde II. aşamanın eğimi (Sekil 4)
TN : Tutuşma noktası, (°C)

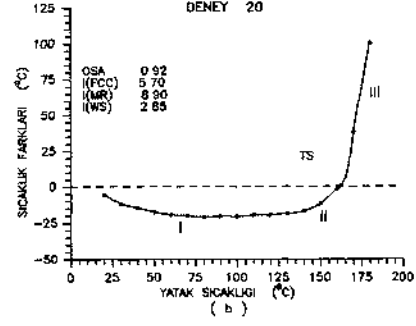
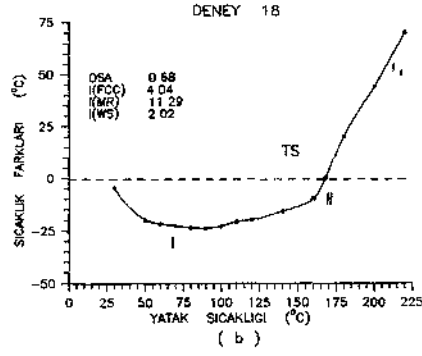
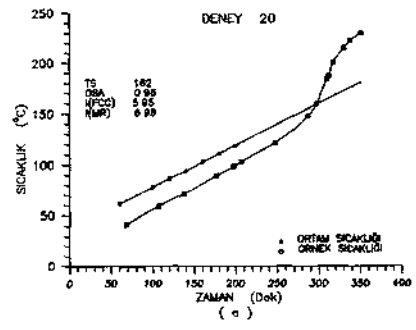
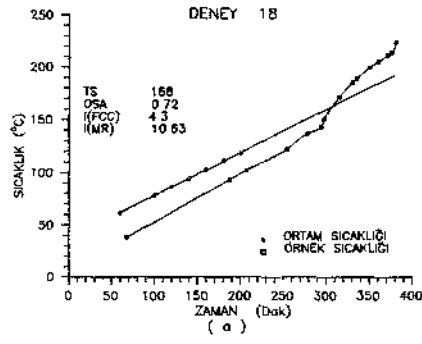
olmaktadır. İndeks değerinin büyümesiyle kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları artmaktadır.

Bu araştırmacılar. aynı zamanda daha önce tanıtımı yapılan indekslerin de, DTA grafiklerinden yararlanılarak kullanılmasını önermektedirler. Böylece, [1 1 nolu eşitlikte OSA yerine DTA grafiğindeki II. aşamanın eğimini, [2] nolu eşitlikte $(\Delta T_{TN}/\Delta t_{TN})$ yerine II-B aşamasının eğimini, $(\Delta T_{TN-DN}/\Delta t_{TN-DN})$ yerine II-A aşamasının eğimini ve t_{TN} yerine TN, t_{DN} yerine de DTA grafiğindeki negatif sıcaklık farklarının maksimum olduğu andaki yatak sıcaklığını koyarak yeni eşitlikler elde edilebilmektedir.

4. İNDEKSLERİN HESAPLANMASI VE DEĞERLENDİRME

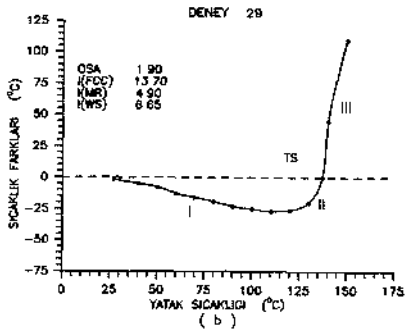
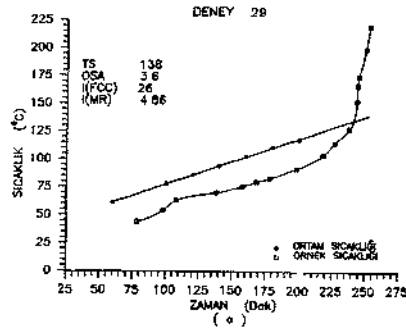
Bu çalışmada, 3. bölümde tanıtılan tüm indeks değerleri hem normal zaman-sıcaklık grafiklerinden hem de DTA grafiklerinden yararlanılarak 2 grup halinde hesaplanmıştır. Birinci grup "normal", ikinci grup "değiştirilmiş" indeksler olarak anılmıştır.

Sekil 5, 6 ve 7'de seçilen üç kömür örneği ile ilgili olarak normal zaman-sıcaklık grafikleri ile DTA grafikleri verilmektedir. Hesaplanan indeks değerleri şekiller üzerinde yer almaktadır. Bu değerler, ayrıca Çizelge 3'te topluca verilmiştir.



Şekil 5 TTK Uzulmez Müessesesi; Sulu kömür damarı örneği için
(a) Zaman-Sıcaklık grafiği;
(b) DTA grafiği;

Şekil 6 TTK Uzulmez Müessesesi; Nasıföglü kömür damarı örneği için
(a) Zaman Sıcaklık grafiği;
(b) DTA grafiği;



Şekil 7 6Li Müessesesi; Ömerler İşletmesi; kömür örneği için
(a) Zaman-Sıcaklık grafiği;
(b) DTA grafiği;

Çizelgeden görüleceği üzere MR indeksi pratikteki durum ile bir uyum göstermemektedir. Yani, taşkömürden linyite geçerken kömürlerin yatkınlığı artmakta ancak bu indekste azalma görülmektedir. Diğer taraftan tutuşma sıcaklığı linyitte en düşük değerinde iken OSA (veya II. aşama eğimi) en yüksek değeri almaktadır. Böylece, MR indeksi hariç diğer indekslerde linyit yüksek risk grubuna girmektedir.

Çizelge 3. Değişik üç kömür örneği için hesaplanan indeks değerleri.

İNDEKS	Deney 18 (Sulu)		Deney 20 (Nasıfoglul)		Deney 29 (Linyit)	
	Normal	Değiş. * #	Normal *	Değiş.	Normal	Değiş. **
Tutuşma sıcaklığı	168		162		138	
Isın.hızı (OSA veya II.as.eg.)	0.72	0.68	0.96	0.92	3.60	1.90
FCC	4.30	4.04	5.95	5.70	26.00	13.70
MR	10.63	11.29	6.98	8.90	4.86	4.90
WITS-EHAC		2.02		2.85		6.65

* Normal : Zaman-sıcaklık grafiğinden alınan değerler.

** Değiştirilmiş : DTA grafiğinden alınan değerler.

Sulu ve Nasıfoglul kömür damarları için OSA birbirine yakın olup tutuşma sıcaklığı açısından aralarındaki 6 C'lik fark değişik risk gruplarına girmelerine neden olmaktadır.

6. SONUÇLAR

Literatürde yer alan kendiliğinden yanma indeksleri ve bu indeksleri belirleyen parametrelerin incelendiği ve Türk kömürlerine uygulandığı bu araştırmada, bundan sonra yapılacak çalışmalarda oldukça pratik bir teknik olan tutuşma sıcaklığı esaslı deneylerin yeterli nitelikte aydınlatıcı sonuçlar verebileceği görülmektedir. I(FCC), uygulanabilir basit bir indeks olarak önerilebilir.

Unutulmaması gereken nokta, bu indekslerin sadece kömürün bünyesel yatkınlığını saptamakta kullanılabilecekleridir. Yeraltında oluşturulan bir panonun karşı karşıya olduğu riski belirlerken bu panoda etkili olacak çevresel koşulları (jeolojik yapı, işletmecilik parametreleri) da dikkate alan daha karmaşık indekslere gereksinim bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar kendiliğinden yanma araştırmalarında kullanılan deney düzeneklerini sağlayan NATO Science for Stability Programme Direktörlüğüne teşekkürü borç bilirler.

KAYNAKLAR

1. Banarjee, S.C., Spontaneous Combustion of Coal and Mine Fires, Central Mining Research Station, 168 p, Bihar, India,
2. Kim, A.G., Laboratory studies on spontaneous heating of coal, USBM, IC 8756, 1997.
3. Gouws, M.J. and Wade, L., The self-heating liability of coal: Predictions based on simple indices. Min. Sei. Technol., 9: p. 81-85. January, 1989.
4. Karacam, E-, Didari, V., Atalay, T., Zonguldak kömür-lerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması, Türkiye 6. Kömür Kongresi, s.91-100, Mayıs, 1988.
5. Feng, K.K., et al.. Spontaneous combustion - a coal mining hazard. CIM Bulletin, pp. 75-84, October, 1973.
6. Mahadevan, V. and Ramlu, M.A., Fire risk rating of coal mines due to spontaneous heating, J. Mines Metals Fuels, pp. 357-362, August, 1985.
7. Gouws. M.J. and Wade, L., The self-heating liability of Coal: Predictions based on composite indices. Min. Sei. Technol., 9: p. 81-85, January, 1989.