

Elektriksel Yalıtkanlığın Kendiliğinden Yanmaya Yatkinlıktaki Yeri ve Enteraksiyon Matrisi (I)

Electrical Resistance Property in Spontaneous Combustion Tendency of Coal and Interaction Matrix (I)

O.S. YILDIRIM*
M.K.GÖKAY**
C.ŞENSÖĞÜT***

ÖZET

Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkinlıgı belirlenmesinde birçok yöntem türetilmiş olup, sözkonusu yöntemler büyük oranda kömürün içsel özelliklerine dayandırılmıştır. Bu çalışmada, kendiliğinden yanmaya yatkinlıgı belirlendiği tutuşabilirlik tekniklerinden, *Kesişim Noktası Yöntemi* ile elektriksel yalıtkanlık arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ilişkiye dayalı olarak da elektriksel yalıtkanlıgı, kendiliğinden yanmaya yatkinlıktaki faktörsel yeri enteraksiyon matrisi yardımıyla belirlenmiştir.

ABSTRACT

There have been many developments for the determination of spontaneous combustion tendency of coal. Most of the methods have been based on the internal properties of the coal itself. The relation between *Crossing Point Method* and electrical resistance has been worked in this study to define spontaneous combustion tendency. Electrical resistance property of the coal has been analyzed as a decision parameter in interaction matrix concept for the final decision on the spontaneous combustion tendency.

* **"Araş.Gör."**, Selçuk Univ.Maden Müh.Bölümü, Konya
** Yrd.Doc.Dr., Selçuk Univ.Maden Müh.Bölümü, Konya
*** Yrd.Doc.Dr., Selçuk Univ.Maden Müh.Bölümü, Konya

1. GİRİŞ

Kendiliğinden yanmanın, kömür işletmeciliğinde önemli bir sorun olduğu bilinmektedir. Değişik özellikteki kömürlerin, kendiliğinden yanmaya karşı duyarlılıkları birbirinden farklılık gösterirken, aynı kömür havzası içinde ve hatta aynı damarın ayrı bölgelerinde bu farklılık gözlenmektedir. Bu nedenle işletmeye alınmadan önce kömür damarının kendiliğinden yanmaya yatkınlığı belirlenmelidir.

Kendiliğinden yanmaya yatkınlık, birçok iç ve dış faktörün kontrolunda olup, duyarlılığın belirlenmesinde uygulanacak yöntemlerin sayısı, sözkonusu faktörlerin sayısı ile orantı göstermektedir. Bu yöntemlerde kullanılan kömürle ilgili faktörler, aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (1,2,3,4).

- | | |
|--|--|
| - Rank, | - Petrografik bileşim, |
| - Sıcaklık, | - Nem, |
| - Kükürt içeriği, | - Önceki oksidasyonun etkisi, |
| - Porozite, | - Isı iletkenliği, |
| - Özgül ısı, | -Gevreklik, |
| -Bakteriler, | - Isınma hızı, |
| - Oksidasyon öncesi
tutuşma sıcaklığı | - Oksidasyon sonrası tutuşma
sıcaklığı, |
| - Oksidasyon süreci, | |

Söz konusu faktörlerin çoğunluğu, kömürün elektriksel yalıtkanlık özelliklerine etki edebileceklerdir. Bu nedenle, kendiliğinden yanmaya yatkınlıkta, elektriksel yalıtkanlık özelliğinin incelenmesinin konuya katkı sağlayacağı açıktır.

2. ELEKTRİKSEL YALITKANLIK

Bir iletkenin elektrik akımına karşı göstermiş olduğu direnç, iletkenin boyuyla doğru, kesiti ile ters orantılı olup, iletkenin yapıldığı malzemenin cinsine de bağımlılık göstermektedir (5, 6). Katı malzemelerin elektrik akımına

gösterdiği dirençler büyüklüklerine göre üç gruba ayrılmaktadır (7).

- Küçük değerlikli dirençler : 0 - 1 Ω
- Orta değerlikli dirençler : 1 - 100.000 Ω
- Yüksek değerlikli dirençler : >100.000 Ω olup daha çok yalıtkan dirençler olarak adlandırılmaktadır.

Genel olarak metallerde, kristal yapısının mükemmelliğini değiştiren mekanik ve kimyasal etkiler öz direnci yükseltir. Böylece metallerdeki boşluklar, iyonik katılardakinin aksine öz direnci artırır. Bu iki grup malzemenin iletim mekanizmaları arasındaki farklar yapısal özelliklerinin sonucudur. Ayrıca malzemenin öz direnci, sıcaklık ve safsızlık miktarı arttıkça büyümektedir (8).

Bütün saf metallerin dirençleri sıcaklık artışı ile artış göstermektedir. Karbon ve yalıtım malzemelerinin dirençleri ise sıcaklık artışı ile azalmaktadır (5).

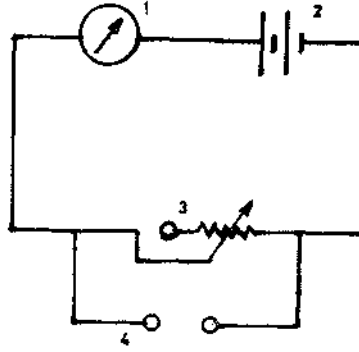
2.1. Kömürün Elektriksel Yalıtkanlığının Ölçümü

Elektriksel yalıtkanlıkla, kendiliğinden yanmaya yatkınlık arasındaki ilişkinin araştırılması için, Çizelge 1'de verilen kömür örnekleri kullanılmıştır. Söz konusu çizelgede kimyasal analiz ve yatkınlık endeksi değerleri de verilmiştir.

Çizelge 1'de verilen kendiliğinden yanmaya yatkınlık endeksi değerleri, tutuşabilirlik tekniği, kesişim noktası yöntemiyle belirlenmiştir (9). Deneysel ölçmede kullanılmak üzere, ocaktan alınmış numunelerden 1,5x1,5x2 cm³'lük prizmatik örnekler çıkarılmıştır. Prizmatik örneklerin Şekil 1'de verilen deney setinde elektriksel yalıtkanlıkları ölçülmüştür.

Deney setinde, 4 no lu uçlara prizmatik kömür örneği bağlandıktan sonra, 2 nolu güç kaynağı (Lab-volt 771) ile devreye 41,3 V doğru akım verilmiştir. Bu esnada, devreden

geçen akım, 1 nolu akım ölçer (Lab-volt 1220) ile belirlenmiştir. Sözkonusu örneklere, elektriksel dirençlerinin çok yüksek olmasından dolayı, devreye 3 nolu ayarlanabilen direnç (RS 200-1MQ) yerleştirilmiştir. Her bir Ölçümde devreden geçen akım değeri yardımıyla elektriksel yalıtkanlık belirlenmektedir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen değerler Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Elektriksel yalıtkanlık ölçme seti.

Elde edilen elektriksel yalıtkanlık değerlerinin; yatkınlık endeksi, kül, toplam kükürt ve sabit karbon değerleri ile ilişki derecesinin belirlenmesi için regresyon analizi yapılmıştır. Çizelge 1'de bulunan 4, 7, 10, ve 11 nolu örneklerden, mekanik mukavemetleri yeterince yüksek olmadığı için, sağlıklı ölçüm alınamamıştır. Bu nedenle bunlardan elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmelerde kullanılmamasına karar verilmiştir. Analiz sonucu elde edilen veriler çizelge 2, Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de görülmektedir, istatistiksel yöntemlerde kullanılan F değerleri tablosunun ($\alpha=0,05$ anlamlılık seviyesinde), regresyon analizi ile hesaplanan F_h değerinin sözkonusu tablodan alınan F_t değerinden büyük olması durumunda ilişki kabul edilmiş, aksi durumlarda ilişki reddedilmiştir

Çizelge 1. Örneklerin Kısa Analiz Sonuçları, Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık Endeksleri ve Elektriksel Yalıtkanlık Değerleri.

Örnek No	Yeri	Numune Alma Yeri	Nem (%)	Kül (#)	Uguou (%)	Sabit (%)	Toplam (%)	Yatkınlık Endeksi (dair)	Risk Grubu	Elektriksel Yalıtkanlık (Mn)
1	ELİ Soma	Darkale	20.7	34.71	45.84	19.45	4.94	9,2	Orta-Yüksek	31.638
2	ELİ Soma	Merkez	17.8	17.95	43.04	39.01	1.99	9.7	brta-Yüksek	14.331
3	OAL Çayırhan	Taban ayak	28.3	18,08	46.49	35.43	5.84	8.8	Orta	X*1f9
4	OAL Çayırhan	Tavan ayak	26.6	23.98	42.46	33.56	7.62	9.1	Orta-Yüksek	0,698
5	GLİ Tunçbilek	Tavan kömürü	9.3	29.66	32.86	28,18	1,12	12,2	Yüksek	36.398
6	GLİ Tunçbilek	A-B Kili	12.3	15.52	33.58	38.60	1.02	11.6	Yüksek	36î398
7	GLİ Tunçbilek	B-Sarı Kil	10.3	16,42	35.60	37.68	0,84	12.0	Yüksek	0.698
8	GLİ Tunçbilek	Taban kömürü	10.3	30.05	30.79	28.87	1.49	14.0	Yüksek	47.275
9	GLİ Ömerler	Tavan kömürü	14.8	18.01	35.74	31.40	1.22	15.2	Yüksek	21.994
10	GLİ Ömerler	A-B Kili	15.4	6.01	34.72	41.17	1.24	26.0	Yüksek	e?i©7i
11	GLİ Ömerler	B-Sarı Kil	15.5	24.76	28.24	31.50	3.54	17.8	Yüksek	*11Ş,10 ⁶
12	GLİ Ömerler	Sarı-C Kili	16.2	16.76	28.36	38,68	4.27	8.5	Orta	2,438
13	GLİ Ömerler	Taban kömürü	12,1	32.35	27.77	27.79	1.65	9.6	Orta-YUksek	21.994

* iletkenliği artırıcı mineralleri kapsamaktadır.

Çizelge 2. Regresyon Analizi Sonuçları.

Değişken	Katsayılar		Regresyon Katsayısı	Standart hata	Model	F_h	F_0	Yorum
	a	b						
Yatkınlık-Elektriksel Yalıtkanlık	0,114	$-8,39910^{-4}$	-0,70	0,014	$\frac{1}{y}=a+bx$	6,68	5,59	Kabul
Elektriksel Yalıtkanlık - İsk-Kül	-2,280	1,098	0,54	14,190	$Y=a+bx$	2,90	5,59	Red
Elektriksel Yalıtkanlık - İsk-Toplam S	-0,133	0,115	0,76	0,195	$\frac{1}{y}=a+bx$	9,83	5,59	Kabul
Elektriksel Yalıtkanlık - Sulfür S	61,694	-1,118	-0,49	14,643	$Y=a+bx$	2,29	5,59	Red

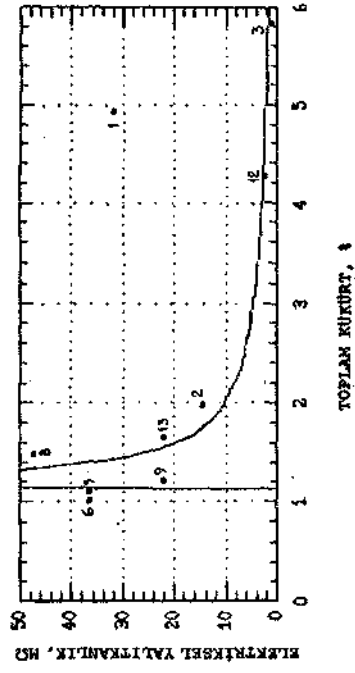
Çizelge 2, Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'ün incelenmesinden, aşağıdaki yaklaşımları yapmak olasıdır:

. Yatkınlık Endeksi - Elektriksel Yalıtkanlık:

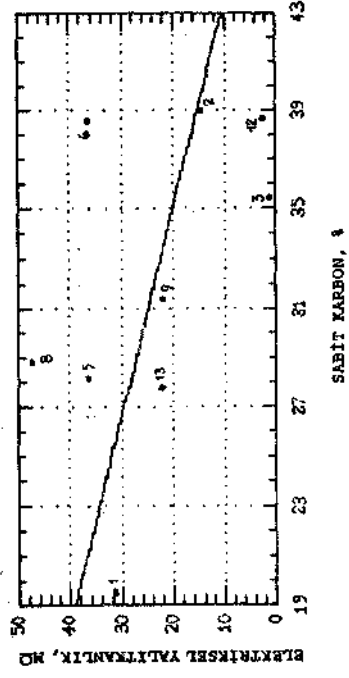
Elektriksel yalıtkanlığın artması, yatkınlık endeksinin artmasına neden olmaktadır. Bu ilişkinin kabul edilebilir olduğu ve ilişki derecesinin çizelge 2'de verilen diğer iki ilişki seviyesinden de daha yüksek olduğu görülmektedir.

. *Elektriksel Yalıtkanlık - Kül içeriği:* Kül içeriğinin artışı, elektriksel yalıtkanlık değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Ancak istatistiksel ilişki seviyesinin düşük olması, kül içeriği ile elektriksel yalıtkanlık arasında önemli bir bağlantının olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

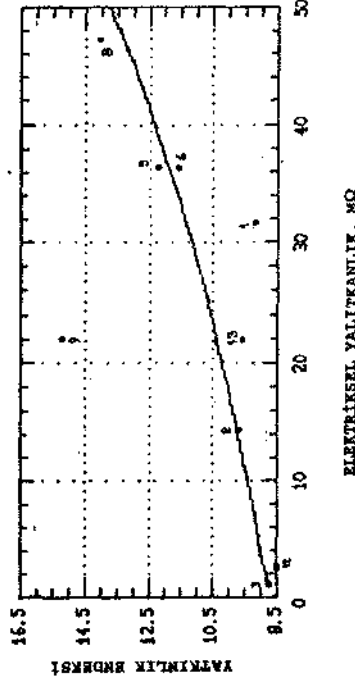
Elektriksel Yalıtkanlık - Toplam Kükürt içeriği: Toplam kükürt içeriğinin artması, elektriksel yalıtkanlıkta azalmaya neden olmaktadır. Bu ilişkinin seviyesi, diğer ikililerin ilişki seviyesinden daha yüksek olup, anlamlıdır.



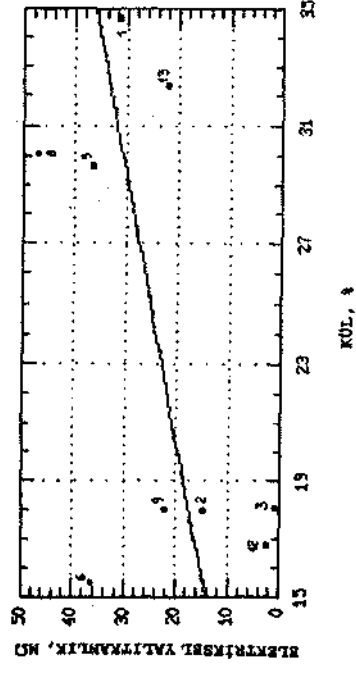
Şekil 4. Elektriksel Yalıtkanlık - Toplam Kükürt ilişkisi.



Şekil 5. Elektriksel Yalıtkanlık - Sabit Karbon ilişkisi.



Şekil 2. Yalıtkanlık Endeksi - Elektriksel Yalıtkanlık ilişkisi.



Şekil 3. Elektriksel Yalıtkanlık - % Kül ilişkisi.

. **Elektriksel Yalıtkanlık - Sabit Karbon içeriği** Bu çalışmada sözkonusu ikili arasındaki ilişki en düşük seviyede çıkmıştır. Ancak Elektrik Mühendisliğindeki araştırmalar sabit karbon içeriğinin artmasının, elektriksel yalıtkanlıkta azalmaya neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada elde edilen ilişkinin doğrultusu sözü edilen araştırmalarda belirtilen ilişkilerle aynı doğrultudadır.

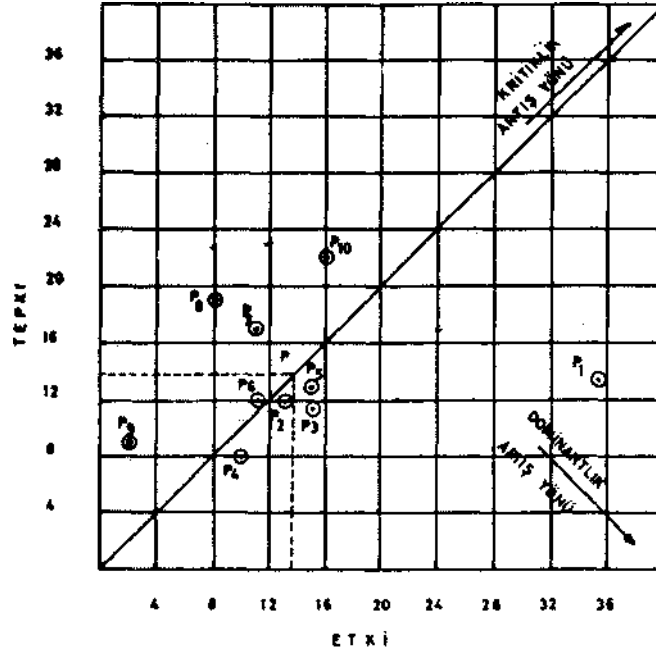
3. İNTERAKSİYON MATRİSİ VE KENDİLİSİNDEN YANMA

Hudson (1992), bir sistemi etkileyen parametrelerin, kendi aralarındaki etki-tepki ilişkilerinin, sistemi nasıl etkileyeceği üzerine karar vermek için, interaksiyon matrisi yöntemini önermiştir. Sistemde etkin olduğu düşünülen parametrelerle Şekil 6'da görülen interaksiyon matrisi, kendiliğinden yanma için oluşturulmuştur. Parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisi; kritik, orta, çok az ve yok şeklindeki değerlendirmelere, sırasıyla (4,3,2,1,0) ağırlık kod değerlerinin verilmesiyle belirlenmektedir. Değerlendirme sonrası, matriste satır ve sütun elemanlarının toplam değeri ve aritmetik ortalaması belirlenmektedir.

P1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	35	RAİÖE
1	P2	3	0	1	0	0	3	3	2	13	
3	1	P3	0	1	1	2	2	i	3	15	NEM
2	0	0	P4	3	0	1	2	0	2	10	KÜKÜRT tÇBRİtt
3	0	0	2	P5	2	3	2	0	3	15	DİĞER MİMERATIKR
0	0	1	0	1	P6	3	3	0	3	11	POROZtüs
0	3	1	0	2	1	P7	1	0	3	11	ISI tLETKEİCEÊSt
1	1	0	0	1	1	1	P8	0	3	8	GBVRSOİK
0	1	1	0	0	0	0	0	P9	0	2	BAKTSRÎISR
3	2	1	2	0	3	3	2	0	P10	16	Eİ&KTRİKSEL İAXİSKAHLXJC

13 12 11 8 13 12 17 19 9 22 P •- 13»6 (ortalama dağar)

Şekil 6. Kendiliğinden yanma için interaksiyon matrisi



Şekil 7. Etki- Tepki grafiği

Satır ve sütun toplam değerleri; kartezyen koordinant sisteminde apsis ve ordinant kabul edilerek, sözkonusu parametre değerleri yerleştirilmektedir. Satır ve sütun toplam değerlerinin aritmetik ortalaması ise kartezyen koordinant sisteminde, verilen parametrelerden oluşan sistemin kritiklik durumunu vermektedir. Ortalama değer grafikte ne kadar sağ üst köşeye yakın ise (maksimum etki ve tepki) sistem elamanları arasındaki göreceli ilişkilerin seviyesi o derece kritik ve önemlidir. interaksiyon matrisinin ayrıntısı (10) nolu çalışmada yer almaktadır.

Şekil 7'de kendiliğinden yanmaya yatkınlıkta etkin olan 10 parametre, kartezyen koordinant sisteminde görülmektedir. Bu irdelene aşağıdaki kritiklik ve domirtantlık sıralamasını vermektedir. Burada sıralamaya göre, sınırları parametrelerce çizilen sistem üzerinde hangi parametrenin daha fazla dominant (fazlaca etkin olan) olduğu ve hangi parametrenin sistemde kritik önemle ele alınması gerektiği, matrisi kodlayan uzmanın görüşleri doğrultusunda belirlenmektedir.

<u>Dominantlık Sıralaması</u>	<u>Kritiklik Sıralaması</u>
. Rank	. Rank
. Nem	. Elektriksel Yalıtkanlık
. Kükürt-Diğer Min. içeriği	. Diğer Mineraller
. Sıcaklık	. Isı iletkenliği
. Porozite	. Nem
. Elektriksel Yalıtkanlık	. Gevreklik
. Isı iletkenliği	. Sıcaklık
. Bakteriler	. Porozite
. Gevreklik	. Kükürt içeriği
	. Bakteriler

interaksiyon matrisinden elde edilen bu sonuçlara göre kritiklik sıralamasında elektriksel yalıtkanlık, rank'dan sonra ikinci derecede önem taşırken, dominantlık sıralamasında aşağılarda kalmıştır. Koordinant sisteminde, elektriksel yalıtkanlığın yeri (P10 noktası), sistemin bu parametreyi etkilediğini göstermektedir (10).

SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri sonucunda, elektriksel yalıtkanlık ile yatkinlık endeksi arasında anlamlı bir ilişkinin varolabileceği belirlenmiştir. Bu ilişki, elektriksel yalıtkanlığı artan kömürlerin, kendiliğinden yanmaya yatkinlıklarının veya risk seviyesinin yükseldiği yargısını ortaya koymaktadır. Bu yargı, genelleştirmeye açıktır.

Elektriksel yalıtkanlık ve toplam kükürt içeriği arasındaki ilişki seviyesi, bu çalışmada en yüksek değeri elde etmiştir, ilişki, kömürdeki toplam kükürt içeriğinin artması, elektriksel yalıtkanlıkta azalmaya neden olacak şekilde gelişmektedir. Bu durum, kükürtün piritte bağlı olmasından kaynaklanabilecektir, piritin de demir elementi içermesinden dolayı elektriksel yalıtkanlıkta düşüşler oluşturacağı şeklinde açıklanabilir.

Kül içeriği artışının, elektriksel yalıtkanlığın artışına neden olduğu ancak sözkonusu örneklem kütlesi için, istatistiksel açıdan bu ilişkinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bununla beraber, elektriksel açıdan safsızlıkların artışının, elektriksel yalıtkanlığı arttırdığı da bilinen bir gerçektir. Külü oluşturan bileşenler, elektriksel açıdan safsızlıklardır. Elektriksel yalıtkanlık ve sabit karbon arasındaki ilişkinin, bu çalışmadaki örneklem kütlesi için anlamlı olmadığı, bununla beraber sabit karbon içeriğinin artmasının elektriksel yalıtkanlıkta azalmaya neden olduğubelirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan parametreler arası ilişki seviyelerinin; örneklem kütlesinin artırılması; deney örneklerinin hazırlanması esnasında, yapısal çatlak ve fissürlerden en az etkilendirilmesi, durumlarında artabileceği, istatistiksel analizin sonucu olarak gözlenmektedir.

Kendiliğinden yanma olayında, etkin olan parametrelerin etkinlik değerlendirilmesi interaksiyon matrisi ile yapılmıştır. interaksiyon matrisi yöntemi, elektriksel yalıtkanlığı en kritik parametrelerden birisi olarak gösterirken, dominantlık açısından bu parametreyi ısı iletkenliği, gevreklik ve bakterilerle birlikte ikinci derecede dominant olarak vurgulamaktadır.

Bu çalışma, elektriksel yalıtkanlığın, kendiliğinden yanma olayı içinde, dikkate değer özellik gösterdiğini ve daha ayrıntılı çalışılarak genelleştirilmesi zorunluluğunu ortaya koymuştur. Ayrıntılı ve büyük örneklem kütlesi ile yapılacak çalışmadan elde edilecek kesin model, elektriksel yalıtkanlığın kendiliğinden yanmaya yatkınlığını belirlemek için güvenilir ve etkin bir yöntem olacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya katkılarından dolayı, Maden Yük. Müh. Melih Duygun (T.K.İ., G.L.İ.), Elektrik Teknikeri Taner Gezici

(Selçuk üniv.) ve Teknisyen Doğan Baldan'a (Selçuk üniv.) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. MAHDEVAN, V., RAMLÜ, A.M., Fire Risk Rating of Coal Mines due to Spontaneous Heating, *Journal of Mines, Metals and Fuels*, Sayı 8, 1985, 357-362.
2. MORRIS, R., ATKINSON, T., Seam Factor and Spontaneous Heating of Coal, *Mining Sei. and Tech.*, Sayı 7, 1988, 149-159.
3. SINGH, R.N., DEMİRBİLEK, S., TURNEY, M., Application of Spontaneous Combustion Risk Index to Mine Planning, Safe Storage and Shipment of Coal, *Journal of Mines, Metals and Fuels*, Sayı 7, 1984, 347-356.
4. DİDARİ, V., Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk indeksleri, *Madencilik*, Cilt 15, Sayı 4, 1986, 29-33.
5. HUGHES, E., *Electrical Technology*, 1988, 656.
6. TİRBEN, N., *Elektrik(Laboratuvar)*, M.E.B., 1979, 115.
7. ANASIZ, K., *Elektriksel Ölçü Aletleri ve Elektriksel Ölçmeler*, M.E.B., 1977, 396.
8. ÇETİN, R., *Malzeme Bilgisi*, Selçuk Üniv. ,1993,217.
9. SARAÇ, S., Spontaneous Combustion Tendency of Turkish Lignites, *(Geosound) Yerbilimleri*, Sayı 6, 1993, 39-43.
10. GÖKAY, M.K., Proje Parametrelerinin Değerlendirilmesi ve interaksiyon Matrisi, *Kaya Mekaniği Bülteni*, Sayı 9, 1993, 19-24.