

# **Kömür Karışumlu Paşaların Kendiliğinden Yanma Riski Potansiyelinin Analizi**

## *Analysis of Spontaneous Combustion Risk - Potential of Minestones*

***Bahtiyar ÜNVER\****  
***SamiDEMİLEK\*\****

### ÖZET

Yeraltında ve yerüstünde yapılan üretim çalışmaları sırasında elde edilen kömür karışumlu paşalar ve kömür yıkama tesisi atıkları olarak her yıl binlerce ton kömür içerikli pasa doğaya atılmaktadır. Kömür karışumlu paşalar dolgu veya yol yapımı malzemesi olarak kullanılabilirler. Ancak, kullanılabilimleri için özellikle kendiliğinden yanmaya karşı risk potansiyelinin bilinmesi gerekir. Kömür karışumlu paşaların pasa harmanında kontrolsüz bir şekilde yanmaları oldukça ciddi çevre problemleri yaratmaktadır. Bu bildiriye, İngiltere'de dokuz değişik bölgeden alınan kömür karışumlu paşanın kendiliğinden tutuşma riski belirlenerek alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

### ABSTRACT

Thousands of tons of coal bearing minestones are obtained each year during underground and open-pit production operations and from coal washery tailings. Minestone can be successfully used as a backfill and construction material for roads and embankments. Whenever, the colliery waste is used for civil engineering constructions, it is appropriate to know the characteristics of waste, especially it's potential liability to spontaneous combustion. Very serious environmental problems are encountered by means of uncontrolled burning of colliery wastes in tips and lagoons. This paper presents the results of spontaneous combustion risk tests of minestones obtained from nine different locations in England and discusses the precautions to be taken against spontaneous combustion of minestones.

\* Yrd. Doç. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532 Ankara.  
\*\*» Doç. Dr. Yem Sanayii A.Ş. Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 8. km. 06530 Ankara

## 1. KÖMÜR KARIŞIMLI PAŞALARIN KENDİLİĞİNDEN YANMA RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Kendiliğinden yanma genel bir ifadeyle, yanabilme özelliğine sahip bir malzemenin düşük sıcaklıkta oksijen adsorpsiyonu neticesinde ısınması olarak tanımlanabilir (1). Kömür madenciliği için kendiliğinden yanma sonucu meydana gelen yangınlar daima problem olmuştur. Yeraltında ve yerüstünde yapılan üretim çalışmaları, kömürün stoklanması ve nakliyesi sırasında yangın tehlikesi ile karşılaşılabilir. Kendiliğinden yanma riskinin sadece kömürün kimyasal özelliklerine dayanılarak tayin edilebileceği teorik bir yöntem mevcut değildir. Bu nedenle, kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecesinin kimyasal analiz sonuçları ile birlikte adyabatik oksidasyon deneyleri ile belirlenerek gerekli önlemlerin bu doğrultuda alınması yoluna gidilmiştir (2). Bu amaç doğrultusunda aşağıda verilen deneyler yapılmıştır:

Kömürün ve kömür karışımı paşaların kendiliğinden yanma riskinin sadece kömürün kimyasal özelliklerine dayanılarak tayin edilebileceği teorik bir yöntem mevcut değildir. Bu nedenle, kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecesinin kimyasal analiz sonuçları ile birlikte adyabatik oksidasyon deneyleri ile belirlenerek gerekli önlemlerin bu doğrultuda alınması yoluna gidilmiştir (2). Bu amaç doğrultusunda aşağıda verilen deneyler yapılmıştır:

- Nem oranı belirlenmesi,
- Havada kuru bazda yaklaşık değer (proximate) analizi,
- Kimyasal analiz, toplam, piritik, organik ve sülfat kükürt ile toplam demir ve piritik olmayan demir oranlarının belirlenmesi.
- Değişik nem koşullarında adyabatik oksidasyon deneyleri.

## 2. LABORATUVAR DENEYLERİNİN YAPILMASI VE SONUÇLARI

### 2.1. Yaklaşık Değer ve Kimyasal Analizleri

Yaklaşık değer analizi her numune için BS 1016 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Kükürt içeriğinin bulunması için yapılan deneyler BS 1016 6. bölümüne uygun olarak bir kızıl ötesi Leco kükürt içeriği belirleyici cihazı kullanılarak yapılmıştır. Demir içeriğinin belirlenmesi için ıslak teknik yoluyla demir eriyik içine alınmış ve atomik adsorpsiyon spektrofotometri cihazının kullanılmasıyla numunelerin demir oranları tespit edilmiştir.

Çizelge 1'de yaklaşık değer analizi sonuçları, Çizelge 2'de de numuneler üzerinde yapılan kükürt ve demir analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 1. Kömür Kaşımılı Pasa Numunelerinin Havada Kuru Bazda Yaklaşık Eteğir Analizi Sonuçları.

Numune	Nem Oranı (%)	Uçucu Madde Oranı (%)	Kül Oranı (%)	Sabit Karbon Oranı (%)
Oxcroft	2.450	20.16	46.81	33.02
Glasshoughton	1.205	8.07	88.82	3.11
Donisthorpe	1.950	12.31	85.12	2.57
Etesford	2.980	17.01	69.36	13.63
Bagworth	3.260	19.79	65.34	14.86
Nailstone	1.650	10.64	85.94	3.42
Ellistown	2.360	14.77	78.93	6.30
Güney Leicester	2.040	12.48	82.09	5.44
Snibston	2.610	17.05	71.41	11.55

Çizelge 2. Kömür Kaşımılı Pasa Numunelerinin Demir ve Kükürt İçerikleri.

Numune	Demir İçeriği (%)			Kükürt İçeriği (%)		
	Pıntık Olmayan Demir	Pıntık Demir	Toplam Demir	Pıntık Kükürt	Organik ve Sulfat Kükürt	Toplam Kükürt
Oxcroft	1.41	0.57	1.98	0.65	0.302	0.952
Glasshoughton	2.04	0.01	2.05	0.01	0.026	0.036
Donisthorpe	2.20	0.00	2.20	0.00	0.328	0.328
Desford	2.15	0.10	2.25	0.11	0.700	0.810
Bagworth	1.83	0.00	1.83	0.00	1.040	1.040
Nailstone	0.99	0.03	1.02	0.03	0.180	0.210
Ellistown	2.33	0.00	2.33	0.00	0.589	0.589
Güney Leicester	1.45	0.29	1.74	0.33	0.823	0.153
Snibston	2.00	0.00	2.00	0.00	0.391	0.391

## 2.2. Adyabatik Oksidasyon Tekniği ve Deneş Sonuçları

Yöntem, adyabatik ortam içerisindeki bir kalorimetre içinde bulunan kömür numunesinin içinden, belirli bir oranda oksijen veya hava geçirilmesi sonucunda kömürün sıcaklığındaki değişmenin izlenmesi prensibine dayanmaktadır.

-210 mikron boyutuna azot gazlı ortamda öğütölen numuneden 100 gr. alınarak test tüpüne yerleştirilmiştir. Testin başlangıç sıcaklığı yeraltındaki şartlara uygunluğu dikkate alınarak 40 °C olarak seçilmiştir. Numunenin içinden 200 ml/dakikalık bir hava akımı sağlanarak oksitlenme ortamı yaratılmıştır. Test süresi boyunca numune ile çevre arasında ısı alış-verişi olmaması otomatik termostatlar sayesinde sağlanmıştır.

Değişik nem koşullarının numunenin kendiliğinden yanma riskini ne ölçüde etkilediğinin bulunabilmesi için, deneyler U seri halinde yapılmıştır. Her numune için yapılan deneyler aşağıda verilmiştir:

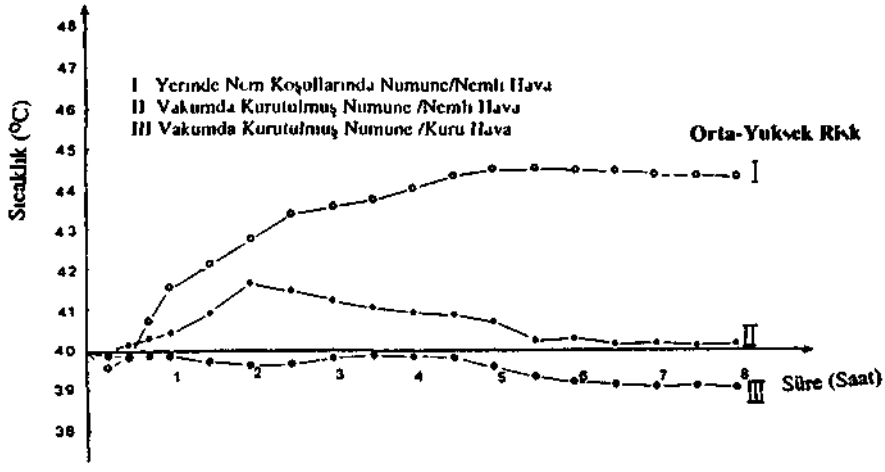
- i) Yerinde nem koşullarında numune/nemli hava.
- ii) Vakumda kurutulmuş numune/nemli hava.
- iii) Vakumda kurutulmuş numune/kuru hava.

Yöntem ve uygulanaşına ait detaylı bilgiler literatürde bulunabilir (3,4,5).

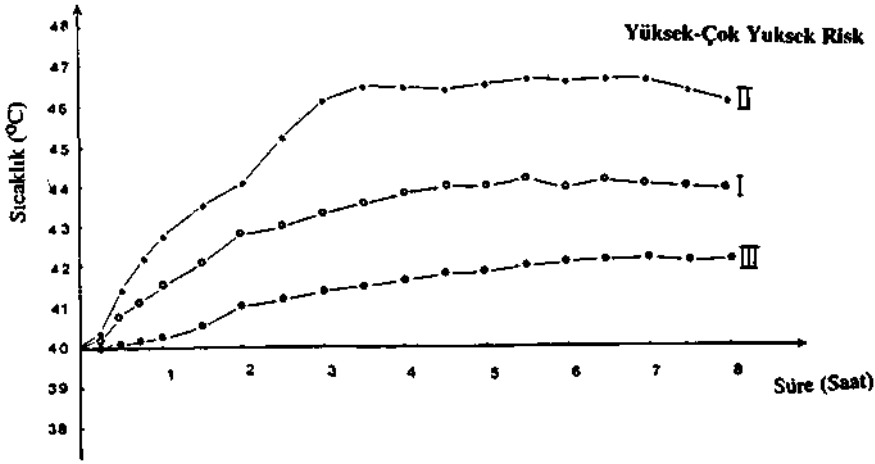
şekil 1'den 9'a kadar sırasıyla Oxcroft, Glasshoughton, Donisthorpe, Desford, Bagworth, Nailstone, Ellistown, Güney Leicester ve Snibston numuneleri üzerinde yapılan adyabatik oksidasyon deneyleri sonuçları verilmiştir.

## 3. DENEYSSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

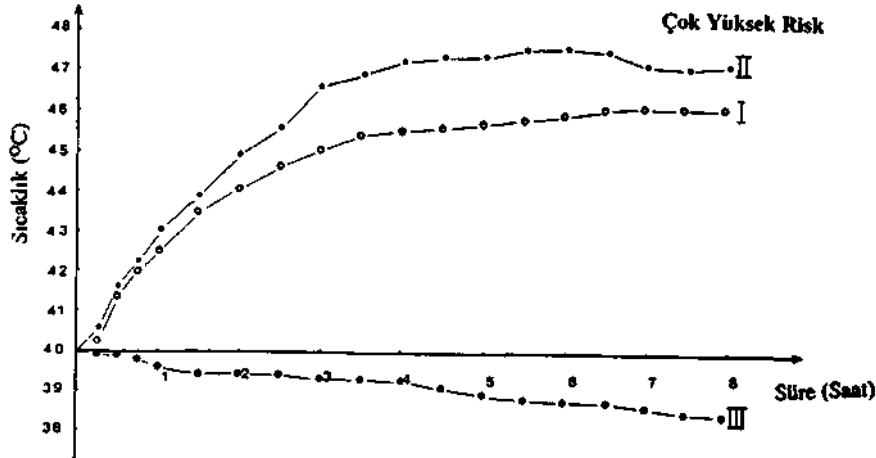
Deneylerde ilk ısınma sıcaklığı ve ulaşılan en yüksek toplam sıcaklık kömür ocağı atıklarından alınan numunelerin kendiliğinden yanma potansiyelinin göstergesi olarak alınmıştır. Deney prosedüründe başlangıç sıcaklığı, deneyin ilk safhalannda ortaya çıkan sıcaklığın kontrolünde karşılaşılan güçlükler nedeniyle 40°C olarak alınmıştır. Deneyler uzun zaman aldığından dolayı deneylerin tekrar edilebilirliği ve



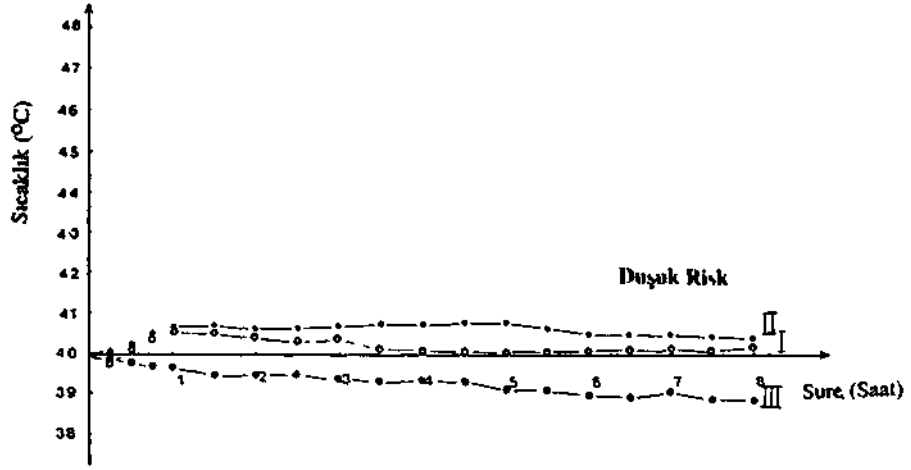
Şekil 1. Oxcroft numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



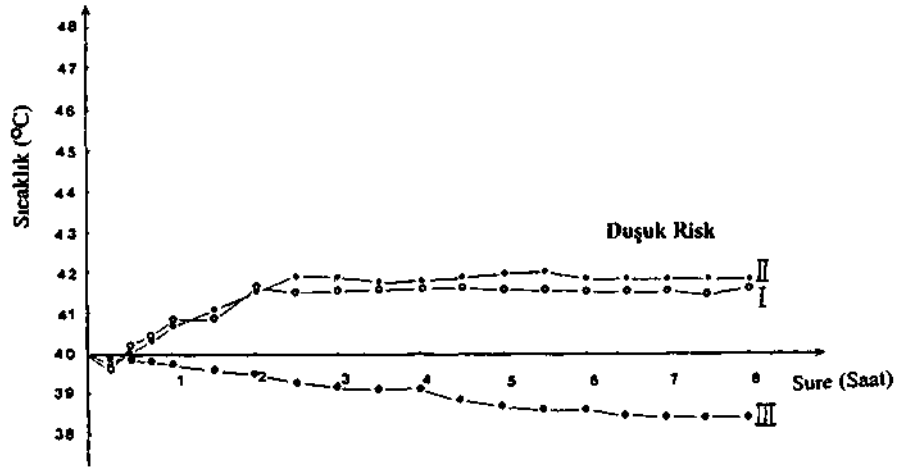
Şekil 2. Glasshoughton numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



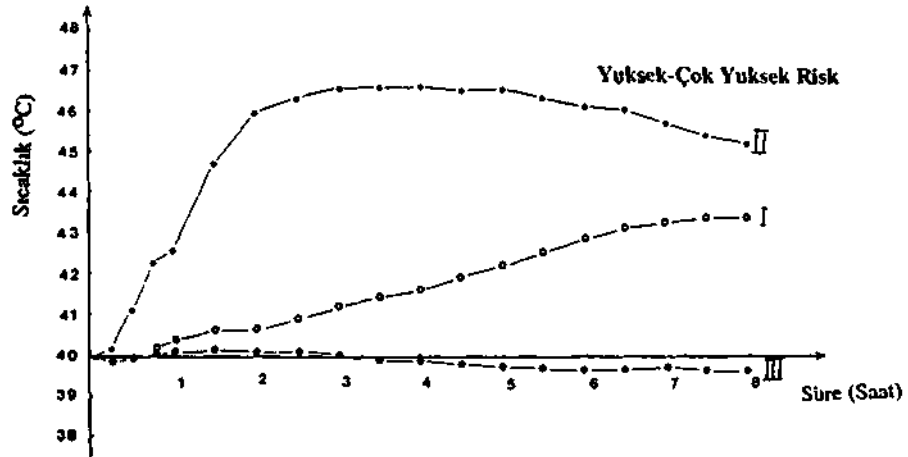
Şekil 3. Donisthorpe numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



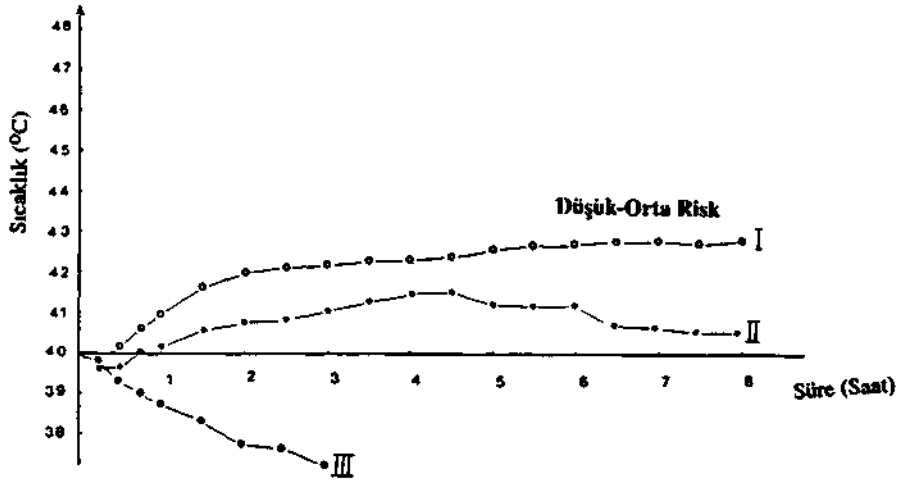
Şekil 4. Desford numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



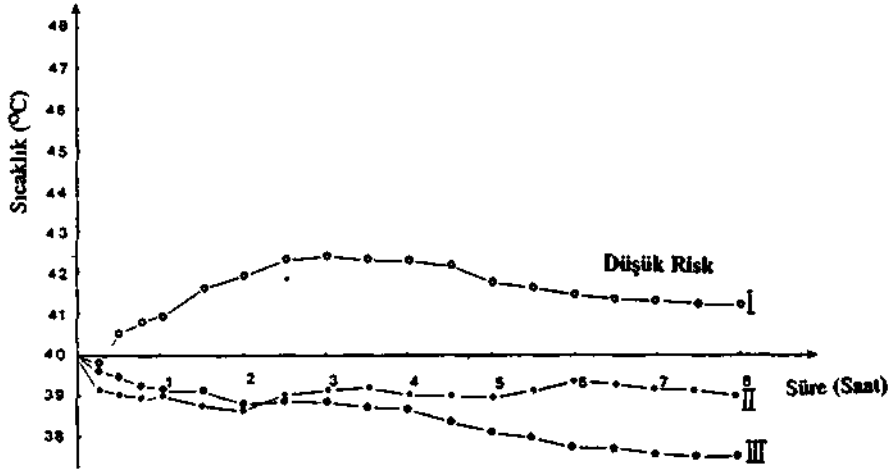
Şekil 5. Bagworth numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



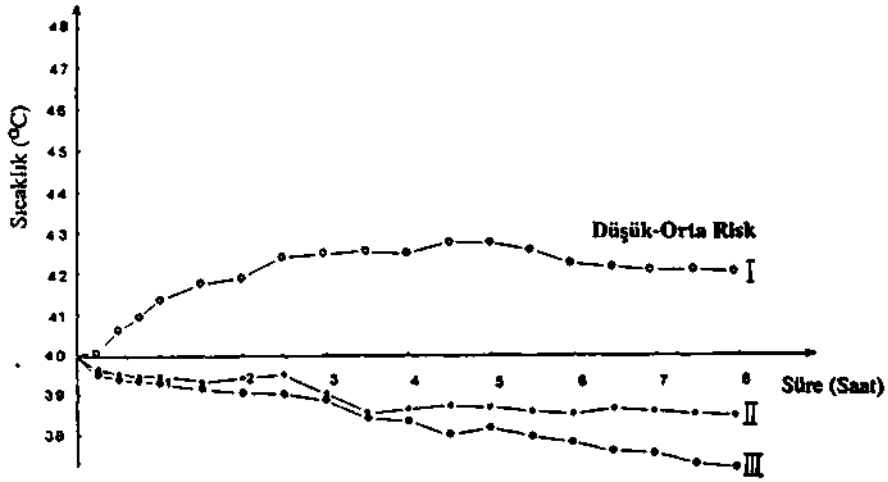
Şekil 6. Nailstone numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



Şekil 7. Ellistown numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



Şekil 8. Güney Leicester numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları.



Şekil 9. Snibston numunesinin adiyabatik oksidasyon deneyi sonuçları

deney düzeneğinin güvenilirliği test edilmemiş ve bu konular sorgulanmamıştır. Çizelge 1'de değişik yerlerden alınmış atıkların özellikleri verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden, sabit karbon oranlarının %1.2 ile %33, kül oranlarının %46 ile %88, uçucu madde oranlarının %8 ile %20, nem oranlarının % 1.6 ile %3.2 arasında geniş bir dağılım gösterdiği görülebilir. İlk bakışta deney yapılan numunelerin bu özellikleri ile kendiliğinden yanma riski arasında bir korelasyon kurmak zordur. Deneyleerde ilk dikkati çeken nokta, Oxcroft, Ellistown, South Leicester ve Snibston numunelerinde görülen orjinal nemli numune üzerinde nemli hava ile yapılan deneylerde ısınma görülüp diğer şartlarda ise açıkça soğuma görülmesidir. Yapılan adyabatik kendiliğinden yanma deneylerinde genel olarak en yüksek ısınma, ikinci test olan kuru numune/nemli hava şartlarında ortaya çıkar ki, bu da nemin kendiliğinden yanmada etkisinin bir ifadesi olarak kabul edilir (3). Bu numunelerin özellikleri incelendiğinde toplam demir, uçucu madde ve nem içeriklerinde bir uyum olduğu görülmekte, Oxcroft gözardı edildiğinde kül ve sabit karbon oranlarında da bir tutarlık ortaya çıkmaktadır. Desford ve Bagworth numunelerinde en fazla ısınma kuru numune-nemli hava şartlarında görülmekte, fakat bu ısınmanın gelişmesi tehlikeli bir boyut arz etmemektedir. Bu numunelerin toplam demir, nem, uçucu madde ve sabit karbon oranları incelendiğinde dengeli bir dağılım olduğu ve her iki numunede de değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülür. Kuru numune-nemli hava şartlarında yapılan deneyde görülen ısınmanın sebebi ise numunenin kurutulması neticesinde kaybettiği nem oranının nemli havada yeniden dengelenmesi neticesinde ortaya çıkan ısı olduğu kabul edilebilir.

Glasshoughton, Donisthorpe ve Nailstone numunelerinde kuru numune - nemli hava şartlarında yapılan testlerde çok hızlı ısınma görülmüş ve ulaşılan toplam sıcaklıklar tehlikeli olarak değerlendirilmiştir. Bu numunelerin özellikleri arasında yapılan değerlendirmede ise toplam sülfür de dahil olmak üzere büyük bir tutarlılık



görülmekte, sabit karbon, uçucu madde ve nem içeriklerinin düşüklüğü dikkati çekmektedir.

Çizelge 3'de numunelerin kendiliğinden yanma risk sınıflandırması verilmiştir. Bu durumda Leicester, Bagworth ve Desford atıkları düşük risk, Snibston ve Ellistown atıkları düşük ile orta risk, Oxcroft orta ile yüksek risk, Glasshoughton ve Nailstone atıkları yüksek ile çok yüksek risk, Donisthorpe ise çok yüksek risk şeklinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge '3. Adyabatik Oksidasyon Deneyi Sonuçlarına Göre Kendiliğinden Tutuşma Riski Sınıflaması (3).

Risk Sınıflaması	ilk Isınma Sıcaklığı Oranı »aSaat	Toplam Ulaşılan EnYüksek Sıcaklık °C	Kendiliğinden Tutuşma Süresi (Ay)
Düşük Risk	<0.6	<2.5	>18
Orta Risk	0.6-1.2	2.5-4.5	9-18
Yüksek Risk	1.2-2.0	4.5-7.0	3-9
Çok Yüksek Risk	>2.0	>7.0	0-3

#### 4. SONUÇ

Oxcroft, Ellistown, South Leicester ve Snibston atıklarının bulunduğu yerlerde ilk anlarda yavaş bir ısınma hissedilebileceği gerçeğine rağmen çok kısa sürede bu durumun kaybolacağı ve herhangi bir ısınma tehlikesinin oluşmayacağı açıktır.

Desford ve Bagworth atıklarının bulunduğu yerlerde bilhassa yaz aylarının sonunda atıkların orijinal nem oranlarında oluşan bir kayıptan sonra, yağışlı ve nemli dönemlerde hissedilebilir bir ısınma oluşabilir. Fakat bu ısınma, bu ortamlarda bulunabilecek yanıcı metaryalin tutuşma sıcaklığına ulaştırılmasına yeterli değildir.

Glasshoughton, Donisthorpe ve Nailstone atıklarının bulunduğu yerlerde sıcak atmosferik şartların sonrasında gelen nemli ve yağışlı periyotlarda hızlı bir ısınma olacağı ve ortamda sabit karbon miktarı fazla olan kömür kalıntılarını veya ortamda

olabilecek değişik yanıcı materyalleri tutuşma sıcaklığına ulaştırılabileceği olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu özelliklere sahip atıkların bulunduğu yerlerde öncelikle duman ve koku kirlenmesinin oluşma olasılığı çok yüksektir. Tutuşma sıcaklığına ulaşması durumunda lokal olarak açık yanmalar görülebilir. Bunlar kömür stoklarında oluşan yanmalar kadar tehlikeli ve ekonomik yönden zararlı olmazlar. Fakat kömür stoklarının yakınında olmaları halinde ekonomik, diğer taraftan çevresel yönden çok zararlı durumların gelişmesine sebep olabilirler.

Son söz olarak, bazı atıkların kendiliğinden yanmaya yatkın oldukları dolayısıyla ekonomik ve çevresel zararlara sebep olabilecekleri düşünülerek işlem yapılmalıdır. Bu atıkların buldukları ortamlar, bu risk göz önünde tutularak düzenlenmeli ve kontrol edilmelidir.

#### **KAYNAKLAR**

1. Sevenster P.G., Diffusion of Gases Through Coal, Fuel, Vol. 38,1959, pp. 403-418.
2. Singh R.N. ve Ünver B., Determination of Spontaneous Combustion Risk Potential of Minestones, İngiliz Kömür İşletmeleri, Pasa Bölümü İçin Hazırlanan Proje Raporu, 1987, Yayınlanmamış.
3. Demirbilek S., The Development of A Spontaneous Combustion Risk Classification System for Coal Seams, Doktora Tezi, Nottingham Üniversitesi, İngiltere, 1986.
4. Singh R.N., Demirbilek S. ve Aziz N.I., An Approach to Safe Design of Mine Workings Against the Risk of Spontaneous Combustion, 21th Int Conf. on Safety in Mines, Araştırma Enst., Ekim, 1985, Sidney, Avustralya.
5. Singh R.N., Demirbilek S. ve Turney M., Application of Spontaneous Combustion Risk Index to Mine Planning, Safe Storage and Shipment of Coal, Journal of Min. Met. and Fuels, Temmuz 1984, pp. 347-355.