

Ocak Yangın Gazlarının Patlayabilirliği

Explosibility of Mine Fire Gases

Saim SARAÇ <*)

Anahtar Sözcükler: Yangın gazları, patlayabilirlik. Coward diyagramı, Ellicot diyagramı

ÖZET

Bu makalede, çeşitli yangın gazlarından oluşan bir ocak atmosferinin patlayabildik analizinde kullanılan yöntemler tanıtılmış, bu yöntemlerin üstünlük ve sakıncaları tartışılmıştır. Patlayabildik analizinin hızlı ve hassas bir şekilde yapılabilmesi için bilgisayar kullanımının gerektiği vurgulanmıştır.

ABSTRACT

In this paper, the methods which are used for explosibility analysis of mine atmosphere containing several combustible gases have been introduced. Advantages and disadvantages of these methods have been discussed. It has been emphasized that, for a rapid and a sensitive analysis, computers should be used.

* Doç.Dr., Maden Yük. Müh., O.Ü. Maden Müh. Bölümü, ESKİŞEHİR

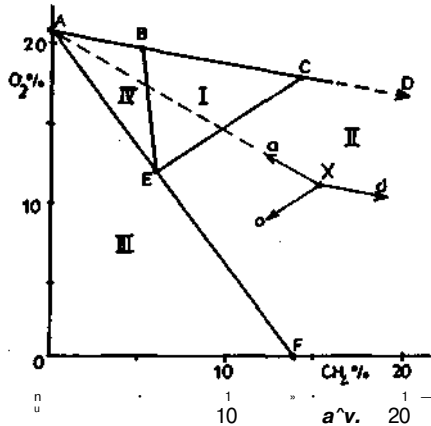
1.GİRİŞ

Yeraltı kömür madenciliğinde en önemli sorunlardan birisi gaz patlamalarıdır. Madencilik tarihinde gerek dünyada gerekse Türkiye'de facia olarak nitelenebilecek büyük can kayıplarına yol açan patlamalarla karşılaşmıştır. Bu patlamaların getirdiği büyük rezerv, malzeme ve ekipman kayıpları sorunun bir başka boyutudur. Bu nedenle, yeraltı ocaklarındaki gaz emisyonu, bunun doğurduğu sorunlar, patlama mekanizmaları ve alınabilecek önlemler üzerinde yapılan araştırmalar literatürde geniş yer bulmuştur.

2. METAN-HAVA KARIŞIMLARININ PATLAYABİLİRLİĞİ

Kömür ocaklarında ana patlayıcı gaz metandır. Kömürün oluşumu sırasında açığa çıkan bu gaz, kömür yapısındaki çatlak ve mikrogözenekler içinde basınç altında tutulur. Üretim çalışmaları ile bu basınç dengesi bozulduğunda yeraltı açıklarına doğru metan emisyonu başlar. Ocak atmosferinde hacimce % 5-14 oranlarında bulunduğunda patlayıcı özellik kazanır.

Metan-hava karışımlarının patlayabilirlik analizi, yatay eksen olarak CH₄, dikey eksen olarak O₂ oranlarının alındığı bir diyagram yardımıyla yapılır (Şekil 1). Bu diyagram ilk kez Coward (1928) tarafından önerilmiş, Coward ve Jones (1952) tarafından gerçekleştirilen bir seri deneyle geliştirilmiştir.



Şekil 1. Coward patlama diyagramı.

- A noktası % 20,93 O₂, % 79,04 N₂ içeren temiz havayı ifade eder. Metan-hava

karışımları AC • doğrusu üzerine düşer. Bu doğru, yatay eksen % 100 CH₄ değerindeki D noktasında keser.

- B noktası metanın alt patlama sınırına (% 5), C noktası ise üst patlama sınırına (% 14) karşılık gelir. ABC doğrusunun altında kalan bölge metan, hava ve fazla azot karışımlarını kapsar. Bu doğrunun üst kısmı ise teorik olarak olanaksız karışımlar bölgesidir.

- E noktası, daha düşük oksijen değerlerinde patlamanın gelişemeyeceği noktadır ve "Uç nokta" (Nose Point) olarak isimlendirilir. Bu noktanın koordinatları % 5,93 CH₄ ve % 12,24 O₂ dir.

- BCE üçgeni "Coward Üçgeni" olarak anılır ve patlayıcı bölgeyi ifade eder.

- II No'lu bölgeye düşen karışımlar patlayıcı özelliğe sahip değildirler. Fakat, ortama ilave hava gelerek seyrelmesi durumunda patlayıcı özellik kazanabilirler,

- III No'lu bölge atıl gaz içeriğinin yüksek olmasından dolayı patlayıcı olmayan karışımları tanımlar.

- IV No'lu bölgeye düşen karışımlar CH₄ içeriğinin az olmasından dolayı patlayıcı değildirler. Fakat, hava miktarının azalması veya CH₄ içeriğinin artması durumunda patlayıcı bölgeye girebilirler.

- Ortamda CO₂ nin de bulunması durumunda, bu gazın azottan daha fazla bir söndürücü etkiye sahip olmasından dolayı, Uç Nokta biraz yukarı doğru çekilir. % 15,07 O₂ ve % 6,6 CH₄ noktasına gelir. Ancak, normal ocak havasında CO₂ içeriği çok düşüktür ve patlama sınırları üzerindeki etkisi önemsizdir.

Diyagram çizilirken önce saf havaya karşılık gelen A noktası ve saf metana karşılık gelen D noktası işaretlenerek AD doğrusu çizilir. Metan-hava karışımının alt patlama sınırı olan C noktası bu doğru üzerinde işaretlenir. E Uç Noktası yerleştirildikten sonra, A ile E noktaları birleştirilerek yatay eksenin kesildiği nokta F

olarak alınır. Diyagram böylece çizildikten sonra hava numunesinin CH₄ ve O₂ yüzdelere göre numunenin konumu (X noktası) işaretlenir. Düştüğü bölgeye göre yorumlama yapılır.

Bu diyagram ocak atmosferi bileşimindeki değişmelerin patlayabilirlik üzerindeki etkisinin analizinde de faydalı bir göstergedir. II. Bölgeye düşen bir karışım ilave hava ile seyreltilirse, diyagramdaki noktası XA doğrultusu boyunca A'ya doğru hareket eder. Örneğin, % 13 O₂, % 11 CH₄ içeren bir karışım eşit hacimde hava ile seyrelirse CH₄ oranı yarıya düşerek %5,5 olur, oksijen içeriği ise %17'ye yükselir. Bu karışım %9,2 CH₄, %14,3 O₂ değerinde üst patlama sınırına ulaşır. Hava geliri devam ederse %5,1 CH₄ %17,3 O₂ koordinatlarında alt patlama sınırına varana dek patlayıcı bölgede kalır. Bu sınır değerlere ulaşmak için gerekli hava miktarları ise, üst sınır için karışım hacminin 0,1956 katı, alt patlama sınırı için 1,157 katı olarak hesaplanır.

Karışımın N₂ ve CO₂ gibi atıl gaz içeriğinin artması sözkonusu olursa, numune noktası X'den orijine doğru hareket eder. Karışımın metan içeriğinin artması ise X'den D'ye doğru bir harekete neden olur (Lama ve Vutukuri, 1986).

3. YANGIN GAZLARININ PATLAYABİLİRLİĞİ

Yeraltı kömür ocaklarında ana patlayıcı gaz metandır ve normal koşullarda ocak havasında sadece metan ölçümü yeterli görülür. Ancak, kömür yaısında daha pek çok gaz bulunabilmektedir. Çok daha önemlisi, kömürün kendiliğinden kızışması durumunda patlayıcı veya söndürücü özelliğe sahip çeşitli gazlar üretilmektedir. Bunlar CO, O₂, H₂ ve ağır hidrokarbonlar gibi yangın gazlarıdır.

Ortamda metan dışında diğer patlayıcı gazların da bulunması, metan bakımından patlayıcı sınırlar içinde olmayan gaz karışımlarına patlayıcı özellik kazandırabilir. Bu şekilde, çok az metan içeren linyit ocaklarında dahi patlayıcı atmosferler oluşabilmektedir. Özellikle ilerlemiş kızışmalarda kurtarma ve yangınla mücadele ekip-

lerinin güvenliğini sağlamak için bu husus gözönünde tutulmalı, hava numunelerinin komple analizi yapılarak patlayabilirlik konumu araştırılmalıdır.

Çok ilerleyerek denetim dışına çıkan kızışmalarda, yangın bölgesinin hava geliri kesmek için pano hava giriş ve çıkış yolları barajlanır. Baraj gerisi atmosferi zamanla büyük değişiklikler gösterir. Hava gelirinin kesilmesi ve kızışmanın sürmesi ile patlayıcı gaz oranları yükselir, oksijen oranı azalır. Kızışma sonucu ortamda yeterli ısı kaynağının da bulunmasından dolayı baraj gerisinde ardışık patlamalar oluşur. Baraj gerisinde hızlı oksijen tüketiminden dolayı zamanla oksijen oranının çok azalması patlama koşullarını ortadan kaldırır. Ancak, kaçak hava akımının sözkonusu olması veya barajın açılarak panoya yeniden girilmesi aşamasında, bu bölgeye temiz hava gelmesi durumunda ortam yeniden patlayıcı özellik kazanabilir.

Bu nedenle, baraj gerisi atmosferinin değerlendirilmesinde, barajlama işlemi sürerken veya baraj açılırken emniyetin sağlanmasında patlayabilirlik analizlerinin hızlı ve doğru şekilde yapılması daha da önem kazanır. Hava numuneleri hızlı ve hassas bir şekilde analiz edilmeli, patlayabilirlik durumu doğru bir şekilde yorumlanmalıdır.

Önceki bölümde verilen grafik yöntem sadece metan-hava karışımları için geçerlidir. Birden fazla yanıcı gazdan oluşan karışımların patlayabilirlik analizleri için çeşitli teknikler önerilmektedir.

3.1. Coward Diyagramı

Coward diyagramı birden fazla yanıcı gaz içeren karışımların patlayabilirliğinin araştırılmasında da kullanılabilir. Ancak bu durumda, yatay eksen olarak toplam yanıcı gaz yüzdesi alınır. Yanıcı gaz olarak, CH₄, CO ve H₂ gazları temel alınır, ortamda diğer hidrokarbonların da bulunması durumunda bunların oranları H₂ yüzdesine eklenir. Temel yanıcı gazlar için alt ve üst patlama sınırları ile Uç Nokta koordinatları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Yanıcı Gazların Patlama Sınırları ve Uç Nokta Koordinatları (Rabia, 1988)

Gaz	AltSınır (%)	ÜstSınır (%)	Uç Nokta Koordinatları Yanabilir (%)	O ₂ (%)
CH ₄	5	15	5,93	12,24
CO	12,5	74	13,78	6,07
H ₂	4,1	74	4,30	5,12

Coward diyagramının çizilmesinden önce Toplam Yanabilir Oranı (%C) hesaplanır.

$$\%C = CH_4 + CO + H_2 \quad (1)$$

Burada CH₄, CO ve H₂ değerleri hava numunesinde ölçülen gaz oranlarıdır. Daha sonra her bir yanıcı gazın toplam yanabilirler içindeki oranları belirlenir.

$$\%CH_4 = \frac{CH_4}{\%} \cdot \frac{CO}{\%C} \quad \%CO = \frac{CO}{\%} \cdot \frac{H_2}{\%C} \quad \%H_2 = \frac{H_2}{\%} \cdot \frac{CO}{\%C} \quad (2)$$

Karışımın alt ve üst patlama sınırları;

$$AP = \frac{100}{X(Y_i/AP_i)} \quad (3)$$

$$UP = \frac{100}{X(Y_i/UP_i)} \quad (4)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Bu ifadelerde;

AP : Karışımın alt patlama sınırı (%)
 UP : Karışımın üst patlama sınırı (%)
 AP_i : i yanıcı gaz için alt patlama sınırı (%)
 UP_i : i yanıcı gaz için üst patlama sınırı (%)
 Y_i : i yanıcı gazının toplam yanıcılar içindeki oranıdır.

AP ve UP değerleri diyagramdaki B ve C noktalarının yatay eksendeki değerleridir. Bu noktaların düşey eksendeki değerleri ise;

$$Bo = 20,93 - 0,209 * AP \quad (5)$$

$$Co = 20,93 - 0,209 * UP \quad (6)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Bo ve Co değerleri, hesaplama yerine A ve D nok-

falarını birleştiren doğru çizilerek de belirlenebilir. Bu işlemden sonra sıra Uç noktanın konumunun saptanmasına gelir. E Uç Noktasının yanabilir içeriği, yani yatay eksen değeri:

$$E_y = \frac{IM_2}{(N_2 + CO_2)} * \frac{100}{S(Y_i/K_i)} + \frac{CO_2}{(N_2 + CO_2)} * \frac{100}{I(Y_i/L_i)} \quad (7)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada;

E_y : Karışım için Uç Noktanın yanabilir içeriği (%)

N₂, CO₂ : Numunedeki gaz oranları (%)

K_i : i gazı için Uç Noktadaki yanabilir içeriği (%) (hava ve fazla N₂ içindeki; Çizelge 2'den)

L_i : i gazı için Uç Noktadaki yanabilir içeriği (%) (hava ve fazla CO₂ içindeki; Çizelge 2'den)

Uç Noktadaki O₂ içeriği, yani E noktasının dikey eksen değeri ise;

$$E_o = 0,2093 (100 - E_i - E_y) \quad (8)$$

ifadesi ile saptanır. Bu eşitlikte E_i parametresi Uç Noktadaki fazla atıl gaz yüzdesi olup, aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E_i = \frac{N_2}{(N_2 + CO_2)} * \frac{(G_i * Y_i)}{(Y_i/K_i)} + \frac{CO_2}{(N_2 + CO_2)} * \frac{(H_i * Y_i)}{(Y_i/L_i)} \quad (9)$$

G_i : Birim hacim i yanabilir gazını etkisiz hale getirmek için gerekli N₂ hacmi (Çizelge 3'den)

H_i : Birim hacim i yanabilir gazını etkisiz hale getirmek için gerekli CO₂ hacmi (Çizelge 3'den)

Çizelge 2. Uç Nokta İçerikleri (Lama ve Vutukuri, 1986).

Gaz	Yanabilir		Oksijen	
	N ₂	CO ₂	N ₂	CO ₂
CH ₄	5,93	6,66	12,24	15,07
H ₂	4,30	5,73	5,12	7,61
CO	13,78	18,00	6,07	8,80

Çizelge 3. Yanabilir Gazları Etkisizleştirmek İçin Gerekli Atıl Gaz Miktarları (Lama ve Vutukuri, 1986).

Gaz	Atıl Gaz	
	N ₂	CO ₂
CH ₄	6,00	3,20
H ₂	16,55	10,20
CO	4,15	2,16

B,C ve E noktalarının koordinatları bu eşitlikler yardımıyla hesaplandıktan sonra sıra E noktasının yerinin belirlenmesine gelir F noktasında oksijen içeriği sıfır olmakta, yanabilir içeriği ise;

$$F_y = -20,93 E_y / (E_o - 20,93) \quad (10)$$

eşitliğinden hesaplanabilmektedir. F noktası, A ile E noktalarını birleştiren doğrunun yatay eksenini kestiği yer olarak da belirlenebilir.

Tüm noktaların koordinatları böylece hesaplandıktan sonra, yatay eksen olarak toplam yanabilir yüzdesinin alındığı Coward diyagramı çizilebilir. Hava numunesini ifade eden X noktası bu diyagram üzerinde işaretlenir. X noktasının yatay eksenindeki değeri numunedeki yanıcı gazların toplam yüzdesi, dikey eksenindeki değeri ise numunenin oksijen oranıdır. Numune noktasının düştüğü bölgeye göre. Şekil 1'deki gibi yorumlama yapılır.

II. bölgeye düşen karışımlarda, bu karışımı patlayıcı bölgeye çekmek için gerekli hava miktarı da hesaplanabilir. Birim hacim karışımı, istenen bir orana seyreltmek için gerekli hava miktarı;

$$Q = OC/SC - I \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanabilir (Hughes ve Raybould, 1960).

OC: Orijinal atmosferin yanabilir yüzdesi
SC: Ulaşılabilecek atmosferin yanabilir yüzdesi.

Coward diyagramı ile patlayabildik analizini örneklemek için patlama sonrası barajlanarak kapatılan TTK Kozlu Bölgesi İncivez kuyusu yangın barajı gerisinden 15.03.1992 tarihinde alınan 201 No.lu nu-

numune analiz değerlerini gözönüne alalım.

CO ₂ : % 3,6	CH ₄ : %11,2	O ₂ : %6,4
CO :%0,255	H ₂ : %0,18	N ₂ : % 78,36

Toplam yanabilirler;

$$\%C = 11,2 + 0,255 + 0,18 = 11,635$$

Toplam yanabilirler içindeki gaz oranları;

$$\%CH_4 = 96,26 \quad \%CO = 2,19$$

$$\%H_2 = 1,55$$

Karışımın alt ve üst patlama sınırları;

$$AP = 5,05 \quad UP = 14,44$$

B ve C noktalarının oksijen içerikleri;

$$Bo = 19,87 \quad Co = 17,91$$

E Uc Noktasının yanabilir ve oksijen içerikleri;

$$Ey = 6,01 \quad Eo = 12,16$$

F noktasının yanabilir ve oksijen içerikleri;

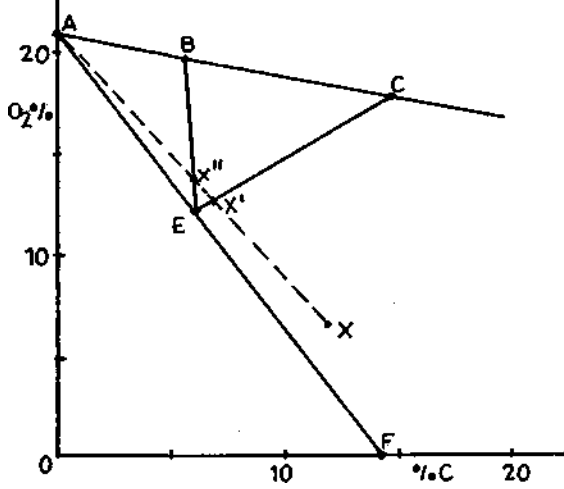
$$Fy = 14,32 \quad Fo = 0,0$$

olarak hesaplanır. Bu verilerle Coward diyagramı Şekil 2'deki gibi çizilir. Toplam yanabilir içeriği %11,635, oksijen oranı %6,4 olan numune noktası diyagram üzerinde işaretlendiğinde II. bölgeye düşer. Bunun anlamı, numune alınan atmosferin patlayıcı özelliğe sahip olmadığı ancak, ortama ilave hava gelmesi durumunda XA doğrultusu boyunca hareket ederek patlayıcı bölge içine girebileceğidir. Bu koşul gerçekleştiğinde, başka bir deyişle barajın açılıp ortama temiz hava gönderilmesi durumunda, atmosfer üst patlama sınırına XI (6,75; 12,5) koordinatlarında ulaşacak, hava gelirinin devam etmesiyle alt patlama sınırının kesildiği XI 1(5,6; 13,75) noktasına kadar patlayıcı bölgede kalacaktır. Üst ve alt patlama sınırlarına ulaşmak için gerekli hava miktarları da hesaplanabilir;

$$Ou = 11,635/6,75 - 1 = 0,724$$

$$Qa = 11,635/5,60 - 1 = 1,077$$

Bu sonuçlar, karışım atmosferinin hacimce 0,724 katı temiz hava gelmesi durumunda karışımın patlayıcı özellik kazanacağını, 1,077 katı hava gelene dek patlayıcı bölgede kalacağını, bu süre içinde patlama olasılığına karşı üst düzey önlemler alınması gerektiğini işaret etmektedir.



Şekil 2. Örnek veriler için Coward diyagramı.

3.2 Grafikselsel Yöntem

Coward diyagramı ocak atmosferinin patlayabildik analizinde kullanılan temel ve en yaygın yöntem olmakla birlikte, uzun ve karmaşık hesaplamaları gerektirir. Bu sakıncayı gidermek, karar vermeyi hızlandırmak için Hughes ve Raybould (1960) tarafından bir grafikselsel yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde noktaların koordinatlarını hesaplama yerine, verilen bir seri abaktan okuma yoluyla belirlenmektedir. Bunun dışında, Coward yöntemi aynen izlenmektedir.

Yöntemin algoritması şöyle özetlenebilir,

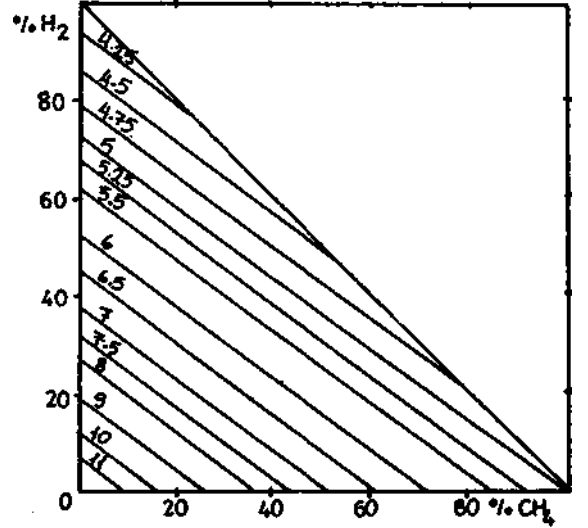
1. Adım : Toplam yanabilir oranı (1)- yanabilir gazların toplam yanabilirler içindeki yüzdeleri (2) eşitliklerinden hesaplanır.

2. Adım : Karışımın alt patlama sınırı Şekil 3'den, üst patlama sınırı Şekil 4'den, Uç Noktanın yanabilir içeriği Şekil 5'den, oksijen içeriği Şekil 6'dan okunur.

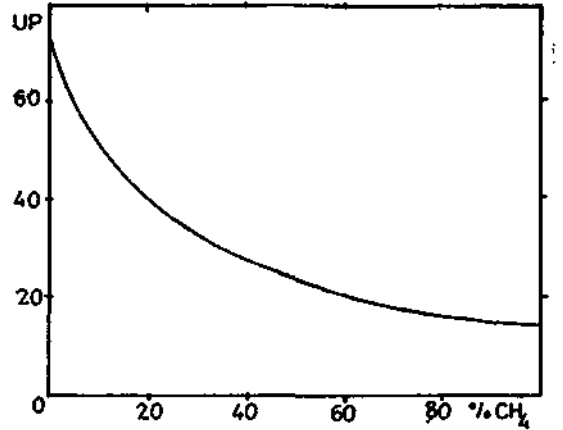
3. Adım : Temiz havaya karşılık gelen A noktası ile % 100 yanabilir gaz içeriğini ifade

eden D noktası diyagramda işaretlenip AD doğrusu çizilir. Bu doğru üzerinde B ve C noktaları ile E Uç Noktası işaretlenir. AE doğrusunun yatak eksenini kestiği nokta F olarak alınır. Böylece diyagram oluşturulmuş olur.

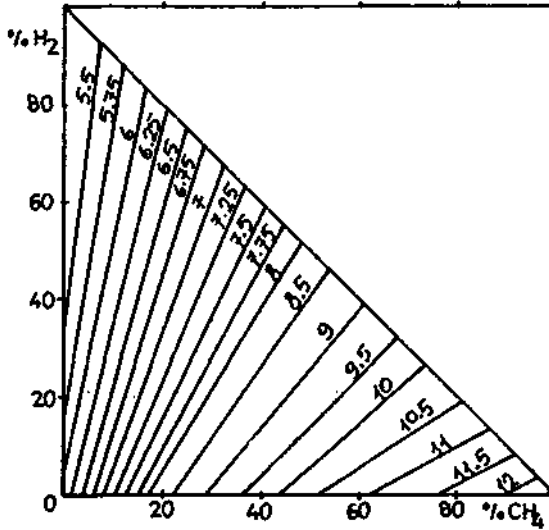
4. Adım : Numune noktası diyagramda işaretlenerek Şekil 1'deki gibi yorumlanır. II. bölgeye düşen karışımlar için, patlayıcı bölgeye girmeye neden olacak ilave temiz hava miktarı hesaplanır.



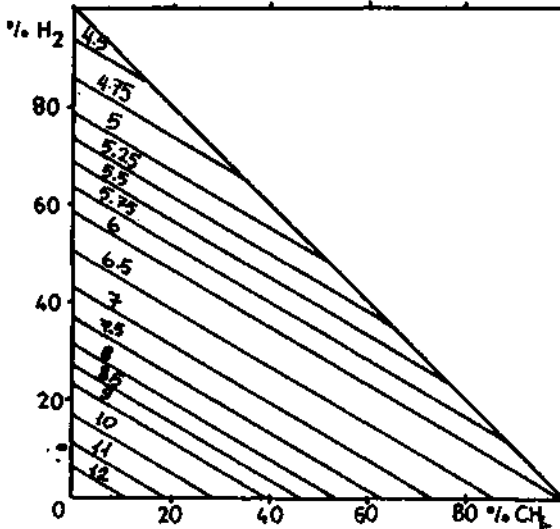
Şekil 3. Karışımın alt patlama sınırında yanabilir içeriği (Hughes ve Raybould, 1960).



Şekil 4. Karışımın üst patlama sınırında yanabilir içeriği (Hughes ve Raybould, 1960).



Şekil 5. Uç noktanın yanabilir içeriği (Hughes ve Raybould, 1969).



Şekil 6. Uç noktanın oksijen içeriği (Hughes ve Raybould, 1960).

0 20 40 60 80 %CH₄

Şekil 6. Uç noktanın oksijen içeriği (Hughes ve Raybould 1960).

Grafiksel yöntemi örneklemek için önceki bölümdeki veriler kullanılırsa şu sonuçlara ulaşılır;

Toplam yanabilirler : %C= 11,635
Yanabilirler içindeki oranlar: %CH₄= 96,26,
%CO=2,19 %H₂=1,55

Karışımın alt ve üst patlama sınırları:

AP= 5,07, UP= 14,5

Uç Noktanın yanabilir ve O₂ içerikleri:

Ey= 6,05, Eo= 12,1

Bu bilgilerle patlama diyagramı çizilirse

numune noktasının II. bölgeye düştüğü belirlenir. Sonuçlardan görülebileceği gibi, her iki yöntem birbirine oldukça yakın değerler vermektedir. Grafiksel yöntem uzun hesaplamaları ortadan kaldırıp daha hızlı sonuç vermekle birlikte, grafikten kestirimi gerektirmekte, okuma hatalarına açık olmaktadır. Bilgisayar yazılımına uygun olmaması, yöntemin bir başka sakıncasıdır.

3.3. Bureau of Mines Yöntemi

Yanıcı gazlardan oluşan bir karışımın patlayabilme özelliğinin yorumlanmasında US Bureau of Mines, atıl ve yanıcı gaz içeriklerinin hesaplanmasını gerektiren bir yöntem kullanmaktadır. Yöntem, maksimum %5 H₂ ve %3 CO içeren atmosferlerle sınırlıdır (Koenning ve Bruce, 1989).

Yangın gazlarının etkili atıl bileşenleri N₂ ve CO₂'dir. Etkili atıl gazlarının hacimce yüzdeleri (R₁);

$$R_1 = (N_2 - 3,8 * O_2) + 1,5 * CO_2 \quad (12)$$

ifadesinden hesaplanır. Etkili yanıcı gaz yüzdesi (R₂) ise;

$$R_2 = CH_4 + 1,25 * H_2 + 0,4 * CO + 1,67 * C_2H_6 + 1,75 * C_2H_4 \quad (13)$$

eşitliğiyle hesaplanabilir. Sonraki aşama, "R Faktörü"nü hesaplanmasıdır. R Faktörü, CH₄ oranının, yanabilir gazların toplam yüzdesine oranı olarak tariflenir.

$$R = \frac{CH_4}{CH_4 + H_2 + CO + C_2H_6 + C_2H_4} \quad (14)$$

Bu ifadelerdeki gaz değerleri hava numunesinde ölçülen gaz oranlarıdır. R, R₁, R₂ parametreleri hesaplandıktan sonra Şekil-7'deki diyagramda işaretlenir. X numune noktasının düştüğü bölgeye göre yorumlama yapılır. Örnek veriler için;

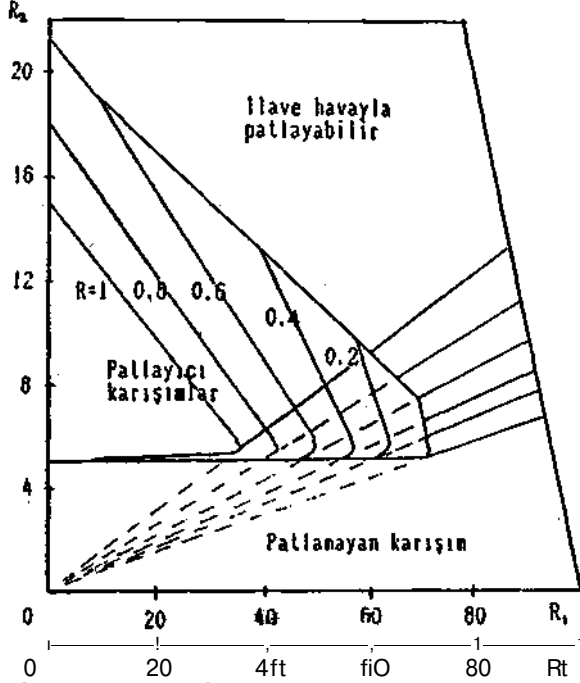
Etkili atıl gaz yüzdesi (R₁) = 59,44

Etkili yanıcı gaz yüzdesi (R₂) = 11,53

R Faktörü (R) = 0,963

olarak hesaplanır ve karışımın patlayıcı

olmadığı, fakat ilave hava geliri ile seyrelmesi durumunda patlayıcı özellik kazanabileceği belirlenir.



Şekil 7. Bureau Of Mines Patlama Diyagramı (Koenning ve Bruve, 1989)

Yöntemin temel aldığı patlama diyagramı görsel olarak karmaşıktır. Metanın yanabilir gazlara oranının değişmesiyle hızla değişir. Bilgisayar yazılımının güç oluşu yöntemin bir başka sakıncasıdır (MacKenzie-Wood ve Strang, 1990).

Bir karışımın patlayabilirlik özelliğinin zamanla gelişiminin gözlenmesinde bir patlayabilirlik indeksi önerilmektedir (Mitchell ve Bums, 1979). Hava numunesinin analiz sonuçları kullanılarak sözkonusu indeks değeri;

$$P = R1 * (O_2 / MI) \quad (15)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu ifadede;

P : Patlayabilirlik indeksi
R1 : Etkili atıl gaz yüzdesi
MI: Maksimum izin verilebilen oksijen yüzdesidir (MI= 5 + 7*R).

Patlayabilirlik indeksinin sınır değerleri farklı ocaklar için farklıdır. Sınır değerler, ele alınan ocaktaki geçmiş deneyimler gözönünde tutularak belirlenmelidir.

İndeksin zamana bağlı olarak değişimi gözlenerek daha iyi bir fikir edinilebilir.

3.4. Ellicot Diyagramı

Önceki bölümlerde verilen yöntemlerin tümü patlama diyagramlarının çizimini gerektirir. Diyagram çizimi, özellikle bir zaman süreci içinde çok sayıda numune alınması durumunda karmaşık ve sıkıcı işlemleri içerir. Kritik koşullarda olabildiğince hızlı bir değerlendirme yapılması da yaşamsal öneme sahiptir. Bu güçlüklerin üstesinden gelmek ve hızlı bir yorum olanağı sağlamak için Ellicot (1981), karmaşık diyagramların çizimini gerektirmeyen bir teknik önermiştir.

Yöntem, Coward diyagramındaki Uç Nokta'yı orijin kabul eden dört bölümlü bir kartezyen diyagramını temel almaktadır. Koordinat dönüşümü yapılarak orijin Uç Nokta'ya taşınır. B, C, F, X noktalarının koordinatları yeni orijine uyumlu hale dönüştürülür. Numune noktasının koordinatları da kartezyen koordinatlarına (Xm, Ym) çevrilerek konumuna göre yorumlama yapılır (Şekil 8).

Xm	Ym	Durum
+	+	Patlayıcı
+	-	Potansiyel patlayıcı
	+	Patlayıcı değil
		Patlayıcı değil

		+Y	
-X	Patlayıcı değil	Patlayıcı	
	Patlayıcı değil	Potansiyel patlayıcı	+X
		-Y	

Şekil 8. Ellicot Diyagramı

Hava veya atıl gaz geliri, yanabilir gaz içeriğinin artması ile koşulların değişmesi durumu da bu diyagramda değerlendirilebilir.

ilave hava ile seyrelme, numune noktasının sol üst kısma doğru hareket etmesine neden olur. Atıl gaz geliri sol alta doğru, yanabilir gaz içeriğinin artması ise sağ alta doğru bir hareket oluşturur. Seri halde alınan numune amaçları aynı diyagram üzerinde işaretlenerek atmosferin eğilimi izlenebilir.

Yöntemin avantajları, hızlı değerlendirme olanağı sağlaması ve grafiksel yöntemlerdeki yanlış yorumlama riskini azaltmasıdır. Bilgisayar programlamaya çok uygun olması yönüyle önemli bir üstünlük sağlamaktadır. Yöntemin hızlı ve güvenilir bir şekilde uygulanabilmesi ancak bilgisayar kullanımı ile olanaklıdır.

3.5. Bilgisayar Programları

Ocak veya baraj gerisi atmosferinin patlayabilirlik durumunun belirlenmesine yönelik olarak çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bir anlamda, el ile yapılan çözümlerdeki zaman kaybını azaltmak ve hata yapma olasılığını ortadan kaldırmak için bilgisayar kullanımı zorunlu olmaktadır. Seyyar hava analiz laboratuvarı ile uyumlu olarak kullanılan mikro bilgisayarlar bu soruna iyi bir çözüm alternatifidir. Bu amaçla TTK İş Güvenliği Dairesi ekiplerince bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Coward patlama diyagramını temel alan benzer bir program da, bu makalenin yazarı tarafından BASIC dilinde yazılmış, örnek analiz değerleri için işlerliği denenmiştir.

Program, hava analiz değerlerini bir kütükte depolamakta, istenen bir andaki verileri patlayabilirlik analizine sokarak patlama üçgenini oluşturmakta, veri noktasının düştüğü bölgeye göre yorum yapmaktadır. El ile yapılan çözümlere oranla büyük zaman kazancı sağlamakta, hata yapma olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Kütükte depolanan hava analiz değerlerine kısa sürede ulaşmayı olanaklı kılmakta, veri bankası işlevi de görmektedir.

Yeraltında hızlı bir değerlendirme yapma olanağı sağlamak için kartezyen koordinat tekniğini temel alan bir başka bilgisayar

programı cep bilgisayarları için geliştirilmiştir. Böylece, kritik koşullar altında, yerinde hava analizleri yapılarak analiz değerleri cep bilgisayarları yardımıyla anında yorumlanabilir (Saraç ve Yıldırım, 1991)

4. SONUÇ

Ocak havasındaki patlayıcı gazlar ocak yangınları sırasında tehlikeli boyutlara ulaşabilmekte, daha önce patlama sınırları içinde olmayan atmosfere patlayıcı özellik kazandırabilmektedir, özellikle ilerlemiş kıyımlarla mücadele sırasında veya yangın barajlarıyla kapatılmış panolara yeniden girilme aşamasında kritik koşullar oluşabilmektedir. Bu çalışmalar sırasında kurtarma ekiplerinin emniyetini sağlamak için, çevre koşullarının olabildiğince hızlı ve hassas bir şekilde değerlendirilmesi, kritik anlarda uygun önlemlerin zaman geçirmeksizin devreye sokulması gerekir. Bu değerlendirmede bilgisayarların kullanılması ocak mühendisine önemli kazançlar sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

COWARD H.F., 1928; "Explosibility of Atmospheres Behind Stoppings", Trans. Ins. Min. Engineers, 77.

COWARD H.F., JONES G.W., 1952; "Limits of Flammability of Gases and Vapours", US Bureau of Mines, 503.

LAMA R.D., VUTUKURI V.S., 1986; "Environmental Engineering in Mines", Cambridge Univ. Press, 293s.

RABIA H.H. 1988; "Mine Environmental Engineering", Atheneum Press, Newcastle Upon Tyne.

HUGHES A.J., RAYBOULD W.E., 1960; "The Rapid Determination of the Explosibility of Mine Fire Gases", Min. Eng., Oct. 1960, 120, 1, pp. 37-53.

KOENNING T., BRUCE W., 1989, "Mine Fire Indicators", 4th US Mine Ventilation Symp., Berkeley.

MITCHELL D.W., BURNS F.A., 1979; "Interpreting the State of Mine Fire", IR 1103, US Dept. Labour.

MACKENZIE-WOOD P., STRANG J., 1990; "Fire Gases and Their Interpretation", Min. Eng., June 1990, pp. 470-479.

ELLICOT C.W. 1981; "Assesment of the Explosibility of Gas Mixtures and Monitoring of Sample-Time Trends", Proc. Symp. Ignitions, Exp. and Fires, Aus IMM

SARAÇ S., YILDIRIM S. 1993; "Gaz Karışımlarının Patlayabilirliğinin Hızlı Değerlendirilmesi", C.Ü. Müh. Fak. Madencilik Bilim ve Tek. Dergisi, c.1, s.1.

CAN ŞİRKETLER GRUBU

CAN HAFRIYAT -MÜNİP ÇÖKER

CANEL MADENCİLİK A.Ş.

CANTAŞ MADENCİLİK A.Ş.

CANN AK TAŞIMACILIK A.Ş.

CAN PETROL A.Ş.

CANMER MERMER SAN A.Ş.

Gümüş Pala Mah. Zabit Sok. No: 1/1

34850 AVCILAR - İSTANBUL

Tel : 0 (212) 593 14 83 - 593 18 75 - 509 45 41 - 593 18 76

Fax .0(212)593 2199