

MADENCİLİK

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI DERGİSİ

THE JOURNAL OF THE CHAMBER OF MINING ENGINEERS OF TURKEY

HAZİRAN

CİLT

SAYI

JUNE

VOLUME

NUMBER

2015

54

2

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Vedat Didari Mehmet Oskan Kemal Barış	3	TTK ARMUTÇUK MÜESSESESİ BÜYÜK DAMAR GAZ İÇERİĞİNİN DOĞRUDAN ÖLÇME YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ <i>Determination of the Gas Content of Büyük Seam of TTK Armutçuk Colliery by Direct Measurement Meth</i>
Ali Kemal ÇAKIR Nazmi ÇETİN	13	KUVARS İŞLETMESİNDE TOZLU ORTAM HAVA KALİTESİNİN PNÖMATİK TAŞIMA SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ <i>Improvement of Air Quality With Pneumatic Conveying System in Dusty Environment in Quartz Plant</i>
Yusuf Aydın Kemal Barış	19	YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA GAZ İZLEME AĞLARI SENSÖR ÖLÇÜMLERİNİN VE KONUMLARININ DOĞRULUĞUNUN ANALİZİ: TTK KOZLU MÜESSESESİ <i>Analysis of Accuracy of Sensor Readings And Locations in Gas Monitoring Networks in Underground Coal Mines: TTK Kozlu Colliery</i>
Serdar Yaşar, Serkan İnal, Özüm Yaşar, Serkan Kaya	33	GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE BÜYÜK MADEN KAZALARI <i>Big Mining Disasters From Past to Present</i>

MADENCİLİK dergisi yazı dizin ve özetlerinin yer aldığı veri tabanları / INDEXED in IMM Abstracts, GeoRef, Aluminium Industry Abstracts, Cambridge Scientific Abstracts, PASCAL, Chemical Abstracts, ENCOMPLIT, ENCOMPLIT2, ENERGY, Compendex

Abone Koşulları:

Yıllık abone bedeli 100,00 TL'dir.

Subscription

Annual subscription rate is 100,00 TL. All subscription inquiries should be made to the correspondence address.

Banka Hesap No:

Türkiye İş Bankası Meşrutiyet Şubesi:
IBAN: TR43 0006 4000 0014 2130 008120

T.C. Ziraat Bankası Kızılay Şubesi:
IBAN: TR19 0001 0006 8539 0090 315001
Posta Çeki Hesap No: 86665

By bank transfer to (USD account)

Türkiye İş Bankası Meşrutiyet Branch,
Kızılay - Ankara
Swift Code : ISBKTRISXXX
IBAN- TR860006400000242130774805

By bank transfer to (EURO account)

Türkiye İş Bankası Meşrutiyet Branch,
Kızılay - Ankara
Swift Code : ISBKTRISXXX
IBAN- TR190006400000242130784644

ISSN: 0024-9416



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ

VIII. DELME-PATLATMA SEMPOZYUMU

www.delpatsempozyumu.org

19-20 Kasım 2015, İstanbul

Steigenberger Maslak Hotel

ÖNEMLİ TARİHLER:

- 15 Haziran 2015: Özetlerin Gönderilmesi
- 30 Haziran 2015: Özetlerin Kabul/Flar Sonuçlarının Yazılması
- 31 Ağustos 2015: Bakın Tüm Metinlerin Sempozyum Sekreterliğine Ulaştırılması
- 30 Eylül 2015: Bildirilerin Kabul Edilip Edilmediğinin İlgili Yazara Bildirilmesi
- 20 Ekim 2015: Dizaytlı ve Birlikte Metinlerin Sempozyum Sekreterliğine Ulaştırılması
- 30 Ekim 2015: Bildiriler Akademinin Baskısına Sunulması

İletişim:

Büyükdere Cad. Çınar Apt. No:95 K:8 D:31 Mecidiyeköy İstanbul
Tel: 0212 356 7410, delpat@delpatsempozyumu.org, istanbul@maden.org.tr



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

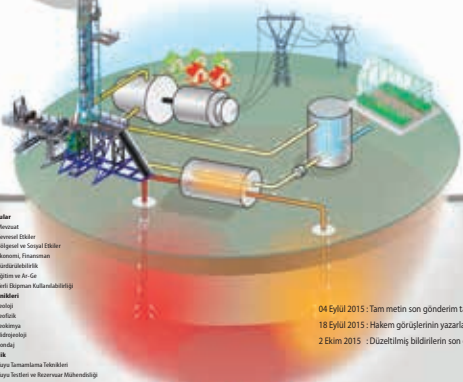


V. MADENCİLİK VE ÇEVRE SEMPOZYUMU

26 - 27 KASIM 2015 / ANTALYA

Madencilik ve
ÇEVRE
sempozyumu 2015

tmmob 3. JEOTERMAL KONGRESİ ve SERGİSİ



Genel Kurul

- Mevcut
- Genel Kurul
- Bilgi ve Sorular
- Ekonomi, Finansman
- Sosyal Sorunlar
- Öğretim ve Araştırma
- Yeni Başarımların Kültürünü

Arma Kurumları

- Jeoloji
- Jeofizik
- Jeotermik
- Hidrojeolojik
- Sivil

Mühendislik

- Kaya Tanımlama Mühendisliği
- Kaya Sıfır ve Betonarme Mühendisliği
- Jeolojik
- Sulu Sistemler
- Karstik ve Jeotermik Sistemler
- Geoteknik ve Jeotermik Sistemler (EGS)
- Su Kaynakları Mühendisliği
- Jeo-pompa

Kullanılan Alanlar

- Elektrik Enerjisi
- Doğal Kaynaklar
- Yeni Başarımlar
- Su Kaynakları ve Enerji
- Sistemler
- Jeotermik
- Jeotermik Kaynaklar

04 Eylül 2015 - Tam metin son gönderim tarihi
18 Eylül 2015 - Hakem görüşlerinin yazara bildirimi
2 Ekim 2015 - Dizaytlı ve birleştirilmiş bildirilerin son gönderim tarihi

14-15 Ekim 2015
Bilkent Otel
ANKARA



bildiri@jeotermalkongresi.org
www.jeotermalkongresi.org

Sekreteryas: Maden Mühendisleri Odası

Selânik Caddesi No:194 Kızılay/Ankara Tel: (+90) 312 425 10 80 Faks:(+90) 312 417 30 90

TTK ARMUTÇUK MÜESSESESİ BÜYÜK DAMAR GAZ İÇERİĞİNİN DOĞRUDAN ÖLÇME YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

DETERMINATION of the GAS CONTENT of BUYUK SEAM of TTK ARMUTCUK COLLIERY BY DIRECT MEASUREMENT METHOD

Vedat Didari*
Mehmet Oskan**
Kemal Barış***

ÖZET

Bu çalışmanın amacı TTK Armutçuk Müessesesindeki Büyük damarda gaz içeriğinin doğrudan yöntemlerden biriyle ölçülmesidir. Kömürde gaz içeriğinin belirlenmesinde kullanılan doğrudan gaz ölçme yöntemleri incelenmiş ve uygun bir yöntem olarak Avustralya Standardı seçilmiştir. Büyük damar 4. Blok kısmında (-540 kotu) yapılan bu çalışmada 12 adet sondaj deliğinden farklı derinliklerden alınan kömür örneklerinde (sondaj kırıntıları) “hızlı ve yavaş çözülme” prosedürlerine göre gaz içerikleri belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Büyük Damar’a ait bu bakir kesimden alınan örneklerin gaz içerikleri hızlı çözülmede 8,5-14,7 m³/t, yavaş çözülmede ise 9,0-17,4 m³/t olarak saptanmıştır. Gaz içeriklerinin aritmetik ortalama değerleri Büyük damarın bu kısmındaki çalışmalarda 10-12 m³/t gaz içeriğinin kabul edilebileceğini göstermektedir. Keza, kayıp gaz hesaplamasında alışılacağı lineer yayılım kabulünün yanı sıra logaritmik yayılım da dikkate alınmış ve iki yaklaşımın toplam gaz içeriği üzerinde önemli bir fark yaratmadığı gözlenmiştir. Avustralya Standartının, bu çalışmada enstrümantasyonu yapılmış olan teçhizat ve düzeneğin iyileştirilmesiyle ve kırıntı örnekler kullanılarak Havza’da yaygın olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

ABSTRACT

The goal of this study is to determine the gas content of Buyuk seam at TTK's Armutcuk Colliery by applying one of the direct methods. The direct gas measurement methods used to determine the gas contents of the coal seams were studied and Australian Standard was selected as suitable. In this study, using the cuttings obtained from 12 core drillings done in a virgin section of Buyuk Seam (-540 level) of Armutcuk Colliery of TTK, where a panel development is readily conducted gas content of the samples were determined according to “fast and slow desorption” procedures. The results obtained from the study revealed that gas contents of coal samples are in the range of 8,5-14,7 m³/t, and 9,0-17.4 m³/t by fast and slow desorption method, respectively. Arithmetic averages of the gas contents at this part of the Buyuk seam shows that the gas content can be accepted as 10-12 m³/t. Also, the initial desorption of a sample is accepted first as linear then as logarithmic and only slight differences have been observed between two approaches regarding the total gas contents. The Australian Standard method can easily be used on borehole cuttings in TTK collieries adapting the instrumentation achieved and experience gained in this study.

Anahtar Kelimeler: Gaz içeriği, Avustralya standardı, hızlı desorpsiyon, yavaş desorpsiyon.

Keywords: Gas content, Australian Standard, fast desorption, slow desorption.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesinde (ARTİM) çalışılan Büyük damarın gaz içeriğinin doğrudan yöntemlerle belirlenmesidir. Böylece, gaz yayılımı sorunlarının öngörülmesini sağlayarak alınabilecek önlemlere ışık tutmak hedeflenmektedir.

* Bülent Ecevit Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., ZONGULDAK, vedatdidari@hotmail.com

** TTK Armutçuk Müessesesi, ZONGULDAK

*** Bülent Ecevit Üniversitesi ZMYO, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, ZONGULDAK

GİRİŞ

Ülkemizde taşkömürünün üretildiği tek havza olan Zonguldak Taşkömürü Havzası'nın tarihinde metan gazının yol açtığı çok sayıda iş kazasının yaşandığı bilinmektedir. Havza'da metan gazına bağlı sorunların çokluğu ve yaşanan ciddi iş kazalarına karşın işletilebilir damarların gaz içeriklerine dair yapılan çalışmalar sınırlı kalmış ve sistematik bir veri birikimi sağlanamamıştır.

Bu çalışmanın amacı; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesinde (ARTİM) çalışılan Büyük damarın gaz içeriğinin doğrudan yöntemlerle belirlenmesidir. Böylece, gaz yayılımı sorunlarının öngörülmesini sağlayarak alınabilecek önlemlere ışık tutmak hedeflenmektedir.

1. GAZ ÖLÇME YÖNTEMİNİN SEÇİMİ

Damarların gaz içeriklerinin tespitinde en pratik ve en çok kullanılan yöntemler doğrudan yöntemlerdir. Yöntemlerin özü kömür damarından en az gaz kaybı ile örnekler alınması ve bu örneklerden çözülen gaz miktarının ölçülmesidir. Bugün pek çok ülkede gaz içeriklerinin ölçümünde birbirine benzer doğrudan yöntemler uygulanmaktadır. Dolaylı yöntemlerin özünü; kömür damarının yerinde gaz basıncının ölçülmesi, ortam sıcaklığının belirlenmesi ve laboratuvarda o damar için çıkarılmış olan eş sıcaklık eğrilerinden (izoterm) yararlanılarak yerinde basınç değeri için içerebileceği gaz miktarının saptanması oluşturmaktadır (Didari ve Ökten, 1989). Görgül yöntemler ise; gaz içeriklerinin belirlenmesi için kömür analizlerinden yararlanılarak gerekli ölçümleri en az sayıya indirmeyi amaçlamaktadır (Didari, 1988).

Bu çalışmada, literatürde yer alan aşağıdaki doğrudan yöntemler incelenmiştir: CERCHAR Yöntemi (Didari ve Ökten, 1989). USBM Yöntemi (Kissell et al., 1973), NIOSH Değiştirilmiş USBM Yöntemi (Diamond et al., 2001), Smith ve Williams Yöntemi (Diamond and Schatzel, 1998), Düşüş Eğrisi (Decline Curve) Yöntemi (Diamond and Schatzel, 1998), GRI Yöntemi (Diamond and Schatzel, 1998), Avustralya Standardı Yöntemi (Australian Standard, 1999), CSIRO-CET Yöntemi (Saghafi ve ark., 1998)

Yeraltında gerçekleştirilecek örnek alma işine uygun olarak USBM ve Avustralya Standartı yöntemleri üzerinde durulmuş ve ilk örneklerin alınması sırasında çalışmanın Avustralya Standartı yöntemiyle sürdürülmesinin daha pratik

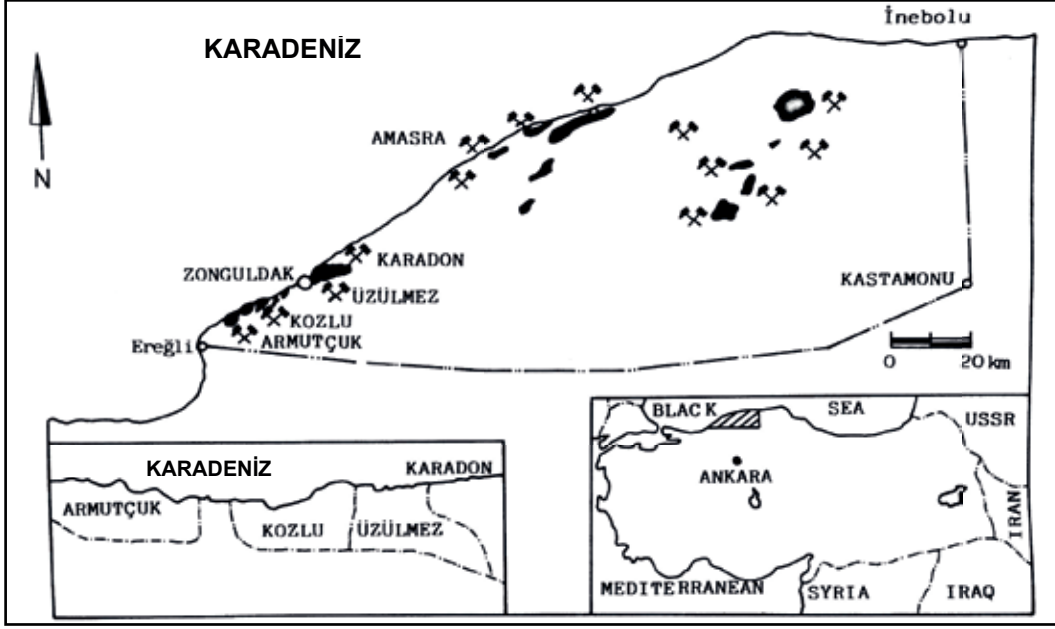
olacağına karar verilmiştir. Yöntemin orijinal uygulamasında 500 g lık karot örnekler üzerinde çalışılması önerilmektedir. Büyük damardaki çeşitli denemelerde kuru ve sulu sondajlardan karot örneği alınması başarısız olduğundan orijinal uygulamadan ayrılarak kırıntılar üzerinde çalışmaya karar verilmiştir.

2. ARMUTÇUK MÜESSESESİ VE BÜYÜK DAMARI

Armutçuk Müessesesi Zonguldak ilinin 35 km batısında Kandilli Beldesi'nde (Zonguldak Taşkömürü Havzası'nın batı sınırı) yer almaktadır (Şekil 1). Müessese faaliyetlerini 22,2 milyon ton rezerv içeren bir sahada sürdürmektedir. Ayrıca, sahadaki 11,7 milyon ton civarında rezerv rödevansla işletilmektedir. Toplam rezervin ~ % 76'sını Büyük damarı oluşturmaktadır. Müessesenin üretim çalışmalarının tamamı Westfaliyen A yaşlı Kozlu formasyonu ile Namuriyen yaşlı Alacaağzı formasyonunun sınırını teşkil eden kalınlığı 3 ile 25 m arasında değişen (ortalama 6 m) Büyük damarında yer almaktadır (TTK, 2014).

Damar üretim planlaması amacıyla 5 Bloğa bölünmüştür. Hazırlanmakta olan 4. blokta 1 500 000 ton görünür rezerv bulunmaktadır. Bu çalışma, üretim çalışmalarının yakın zamanda yoğunlaşacağı bu blokta yürütülmüştür. Büyük damarın gaz içeriğini ölçüm amacıyla daha önceki sistematik olmayan çalışmalar şu şekildedir:

- 1988 yılında yürütülen bir çalışmada Büyük damarın gaz içeriği görgül yöntemlerle
- 5³/ton olarak hesaplanmıştır (Öztürk, 2014).
- 1989'da yürütülen bir çalışmada gaz içerikleri USBM yöntemi ile ~ 4 m³/ton olarak ölçülmüştür (Teknomad, 1989).
- 2005 yılında TTK laboratuvarlarında yapılan çalışmada Büyük damarın -421 kotunda çalışılan bölümünden alınan örneklerin gaz içeriği USBM yöntemi ile ~7 m³/ton olarak ölçülmüştür (Öztürk, 2014).



Şekil 1. Zonguldak Taşkömürü Havzası ve Armutçuk Müessesesi.

3. ÖRNEKLERİN ALINMASI VE ÖLÇÜMLER

Bu çalışmada; Avustralya Standartı yönteminde tanımlanan yavaş ve hızlı çözülme prosedürleri kullanılarak Armutçuk müessesesi Büyük Damar'ından alınan örneklerin (sondaj kırıntıları) metan gazı içerikleri saptanmıştır.

Örnekler Büyük damarda 2 no'lu ve 3 no'lu faylar arasında kalan 4. blokta 105 no.lu panoda sürülen hazırlık bacasından taşınabilir bir sondaj makinası ile deliğin 7. ve 20. metreleri arasında alınmıştır. Toplam örnek sayısı 2x12'dir (hızlı ve yavaş çözülmeye 1'er olmak üzere her noktadan 2 örnekte ölçüm yapılmıştır).

Her bir sondaj deliğinden kırıntı halinde gelen kömür örnekleri eş zamanlı olarak aynı koşullarda 2 ayrı sızdırmaz kaba konularak kayıp gaz belirlenmesi için ters çevrilmiş ölçekli silindirik bir mezür (su ölçeği) yardımıyla kaplardan çıkan gaz zamana bağlı olarak ölçülmüştür. Örneğin alındığı noktada sürdürülen ilk ölçümler, gaz çıkışına bağlı olarak, 1-10 dak. aralıklarla, 20 - 60 dakika kadar bir sürede yapılmaktadır. Böylece, zamanın kareköküne bağlı olarak yayılan gaz grafiği çizilerek kayıp gaz miktarı saptanabilmektedir. Hızlı çözülme yöntemine tabi tutulacak örneklerin konulacağı sızdırmaz kaplar içerisinde önceden HERBİRİ 33,5 cm³ hacminde 16 adet bilya yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan sızdırmaz kap ve örnek bir bilya Şekil 2' de gösterilmektedir. Ayrıca örneğin alındığı anda

ortamın basıncı, ortamdaki metan yüzdesi, ortamın sıcaklığı, kabın hacmi ve sondaj derinliği gibi değerler ölçülerek kaydedilmiştir (Çizelge 1). Basınç ve sıcaklık ölçümünde barometre ve psikrometre kullanılmıştır. İlk ölçümlerden sonra örnek kapları yerüstüne çıkarılmaktadır.

Hızlı çözülmeye tabi tutulan örnekler yerüstüne çıkarıldıktan hemen sonra yine bir su ölçeği yardımıyla ilk gaz ölçümleri yapılmakta (Şekil 3) ve bu ilk ölçümün ardından Şekil 4'de gösterildiği üzere 67 devir/dk hızla döndürülen kap içerisindeki bilyalar vasıtasıyla (en az % 95'i -150 mikron boyutuna inecek şekilde) öğütülmektedir. 45-60 dak. aralıklarla kaplar ölçüm düzeneğine bağlanıp gaz geliri sonlanana kadar ölçümler yapılmaktadır.

Yavaş çözülmeye tabi tutulan örneklerde yerüstüne çıkarılmış olan kaplardan yapılan ölçüm gaz geliri sonlanana kadar devam etmektedir (bu çalışmada 3-13 gün sürmüştür). Gaz geliri bittikten sonra kaplar öğütmeye alınmaktadır. Hızlı çözülmeye tabi tutulan örneklerde gaz gelirinin sonlandığı ana kadar devam etmektedir. Gaz ölçümleri yapıldıktan sonra kaplar içerisindeki örneklerin kül ve nem içerikleri saptanmaktadır (Çizelge 2). Her bir aşamada ölçülen gaz miktarları Çizelge 3'te topluca verilmiştir.

Çizelge 1. Ortam ve Örnek ile İlgili Ölçümler.

Örnek No	m_H (g)	m_Y (g)	V_H (cm ³)	V_{HLog} (cm ³)	V_Y (cm ³)	V_{YLog} (cm ³)	X_o (%)	P_f (kPa)	T_f (°C)	Sondaj Derinliği (m)
1	101	83	1256	1367	1125	1236	0,49	108,7	25	10
2	91	114	841	974	833	966	0,49	108,7	25	8
3	110	104	1218	1333	1184	1279	0,5	108,7	24	10
4	106	113	1115	1177	1400	1550	0,5	108,7	24	10
5	101	116	1154	1246	1137	1224	0,5	108,7	25	14
6	122	105	1160	1238	1324	1402	0,4	109,5	24,5	14
7	116	121	1457	1558	1844	1955	0,4	109,5	24,5	15
8	258	304	2279	2390	2482	2580	0,48	108,7	25	7
9	93	148	877	954	1347	1460	0,54	108,4	25	17
10	108	116	986	1076	1317	1366	0,54	108,4	25	20
11	210	87	1793	2005	1236	1329	0,54	108,4	25	17
12	220	204	1540	1760	2016	2160	1,1	108,4	24,5	20

m_H : Hızlı çöz.örnek ağı., m_Y :Yavaş çöz.örnek ağı., V_H : Hızlı çöz. toplam hacim, V_Y : Yavaş çöz. toplam hacim

X_o : Örnek alma sırasında metan P_f : örnek alma sırasında basınç, T_f : örnek alma sırasında sıcaklık



Şekil 2. Sızdırmaz Kap ve Kap İçindeki Bilyalar



Şekil 3. Su ölçüğü.



Şekil 4. Öğütme Düzeneği.

Çizelge 2. Örneklerin Kül ve Nem İçerikleri

Örnek No	K (Kül) (%)	N (Nem) (%)
1	6,80	1
2	5,14	1
3	9,88	1,5
4	6,07	1
5	8,80	1
6	4,98	1,5
7	5,72	1,5
8	5,71	1
9	4,83	1
10	5,55	1
11	5,63	1
12	4,94	1

Çizelge 3'te verilen değerlerde gaz hacimlerinin 20 °C'de ve 1 atmosfer (101,3 kPa) basıncı koşullarında açıklanması amacıyla düzeltmeler yapılmalıdır. Eğer sızdırmaz kaptan çıkan esnek hortum mezüre alttan beslenerek gaz hacmi ölçümü yapılıyorsa aşağıdaki eşitlik geçerlidir (Australian Standard, 1999):

$$(1) V_{20^{\circ}\text{C}, 101,3 \text{ kPa}} = \frac{(V_{\text{bomb}} + V_{\text{tube}}) \times P_A \times (T_{20^{\circ}\text{C}} + 273,1)}{(T_t + 273,1) \times P_{101,3}}$$

Altan besleme işlemi sadece 8 nolu örnek için

söz konusu olmuştur. Diğer örneklerin hepsinde gaz hacimleri mezüre üstten besleme yapılarak ölçülmüştür. Bu durumda aşağıdaki eşitlik geçerlidir (Australian Standard, 1999).

$$(2) V_{20^{\circ}\text{C}, 101,3 \text{ kPa}} = \frac{(V_{\text{bomb}} + V_{\text{tube}} + V_t) \times P_t \times (T_{20^{\circ}\text{C}} + 273,1)}{(T_t + 273,1) \times P_{101,3}}$$

Diğer eşitlikler aşağıdaki gibidir:

$$(3) P_t = P_A - \frac{(V_{\text{CT}} - V_t)}{V_{\text{CT}}} (h) (9,79 \text{ kPa})$$

V_t : t okuma zamanında mezürdeki hacim (ml)

V_{CT} : Mezürün kaptaki su seviyesine kadar olan toplam hacmi (ml)

h : Mezürün sıfır ölçüsünün kaptaki su seviyesinden yüksekliği (m)

T_t : t anında sıcaklık

$T_{20^{\circ}\text{C}}$: 20 °C

$P_{101,3}$: 101,3 kPa

V_{bomb} : Sızdırmaz kabın hacmi

V_{tube} : Bağlantı hortumu iç hacmi

P_A : Okuma anındaki ortamdaki basınç

$V_{20^{\circ}\text{C}, 101,3 \text{ kPa}}$: Ölçüm sistemindeki gaz ve havanın hacmi

P_t : t zamanındaki düzeltilmiş basınç

Ölçümden önce mezürde okunan ilk hacim kaydedilir (t-1 zamanda). Ardından sızdırmaz kaptaki vana açılır ve ölçülen gaz hacmi kaydedilir (t zamanda). Yukarıda belirtilen eşitlikler kullanılarak her iki mezürdeki okuma için düzeltmeler yapılır ve aşağıdaki eşitlikten artan gaz hacmi

(kap içinden yayılan /çözülen gaz hacmi) bulunmuş olur.

$$(5) V_{\text{artan}} = V_{20^{\circ}\text{C}, 101,3\text{kPa t'de}} - V_{20^{\circ}\text{C}, 101,3\text{kPa t-1'de}}$$

4. GAZ İÇERİKLERİNİN HESAPLANMASI

Ek 1 ve 2'de 6 no.lu örnek üzerinde iki prosedüre uygun olarak yapılan ölçüm ve hesaplamalar Çizelge ve grafikler halinde verilmiştir. Burada, ölçüm ve hesaplamalar 6 no.lu örnek üzerinden kısaca anlatılmaktadır.

4.1 Hızlı Çözülmede Gaz İçerikleri

Bu hesaplama, kayıp gaz (Q_1) ve çözülen gaz (Q_2+Q_3) ölçümlerine dayanır. Bu çalışmada kayıp gazın belirlenmesinde hem doğrusal hem de logaritmik çözülme kabullerine göre grafik oluşturulmuştur.

Ek 1'deki şekil üzerinde görüldüğü üzere lineer ve logaritmik kabulüyle sırasıyla 68 cm^3 ve 146 cm^3 olan çözülen kayıp gaz miktarları Çizelge 1'deki örnek miktarına ($m_H = 122 \text{ g}$) bölündüğünde kayıp gaz içerikleri sırasıyla 0,6 cm^3/g ve

1,2 cm^3/g olmaktadır. Bu fark toplam gaz içeriğine daha az olarak yansiyacaktır.

Çözülen gaz miktarının hesaplanması için Ek 1'deki Çizelgedeki değer (1092 cm^3) ve m_H

(122g) kullanılarak çözülen gaz

$$(Q_2 + Q_3) = 9 \text{ cm}^3/\text{g} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Kayıp gaz miktarı iki şekilde hesaplandığından dolayı 2 farklı toplam gaz miktarı söz konusu olmaktadır.

$$Q_y = Q_1 + (Q_2 + Q_3) = 0,6 + 9 = 9,6 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{y\text{Log}} = Q_{1\text{Log}} + (Q_2 + Q_3) = 1,2 + 9 = 10,2 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Bu veriler kömürün yerinde gaz içeriğini ifade etmektedir. Temiz (kuru-külsüz) kömürün gaz içeriğinin belirlenmesi için nem ve kül düzeltmelerinin yapılması gerekmektedir.

4.2 Yavaş Çözülmede Gaz İçerikleri

Bu hesaplama kayıp gaz (Q_1), çözülen gaz (Q_2) ve kalıntı gaz (Q_3) ölçümlerine dayanır.

Düzeltilme işleminde; sızdırmaz kap içerisinde hızlı çözülmede olduğu gibi kömür numunesi

bilyalarla birlikte bulunmadığından dolayı; Eşitlik (3)'de V_{bomb} yerine $V_{Q_1Q_2\text{bomb}}$ kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ek 2'deki Şekil üzerinde görüldüğü üzere lineer ve logaritmik kabulüyle sırasıyla 63 cm^3 ve 141 cm^3 olan çözülen kayıp gaz miktarları Çizelge 1'deki örnek miktarına ($m_y = 105 \text{ g}$) bölündüğünde kayıp gaz içerikleri sırasıyla 0,6 cm^3/g ve 1,3 cm^3/g olmaktadır.

Çözülen gaz miktarının (Q_2) hesaplanmasına yönelik olarak yerüstüne çıkarılan örnekteki yayılım gaz geliri sonlanana kadar her gün periyodik olarak ölçülmüştür. Ölçülen gaz hacmi 973 cm^3 'tür. Çizelge 1'den örnek ağırlığı ($m_y = 105 \text{ g}$) alınarak gaz miktarı;

$$Q_2 = 973/105 = 9,3 \text{ cm}^3/\text{g} \text{ olarak bulunur.}$$

Çözülen gazın ölçümünün bitimini takiben sızdırmaz kabın içerisine bilyalar yerleştirilerek örneğin öğütme işlemine geçilir. Kalıntı gaz ölçümlerinin düzeltme işleminde sızdırmaz kap içerisine bilyalar yerleştirildiğinden dolayı Eşitlik (2)'de V_{bomb} yerine $V_{Q_3\text{bomb}}$ kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre kalıntı gaz (Q_3);

$$288/105 = 2,7 \text{ cm}^3/\text{g} \text{ olmaktadır.}$$

Kayıp gaz miktarı iki farklı şekilde hesaplandığından bu durumda 2 farklı toplam gaz miktarı söz konusu olacaktır:

$$Q_y = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0,6 + 9,3 + 2,7 = 12,6 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{y\text{Log}} = Q_{1\text{Log}} + (Q_2 + Q_3) = 1,3 + 9,3 + 2,7 = 13,3 \text{ cm}^3/\text{g}$$

Bu veriler kömürün yerinde gaz içeriğini ifade etmektedir. Temiz (kuru-külsüz) kömürün gaz içeriğinin belirlenmesi için nem ve kül düzeltmelerinin yapılması gerekmektedir.

SONUÇLAR

Çalışmada saptanan gaz içerikleri Çizelge 4'de topluca gösterilmektedir. Hızlı çözülmeye 8,5-14,7 m³/t, yavaş çözülmeye ise 9,0-17,4 m³/t gaz içerikleri söz konusudur. Gaz içeriklerinin aritmetik ortalama değerleri Büyük damarın bu kısmın-

daki çalışmalarda 10-12 m³/t gaz içeriğinin kabul edilebileceğini göstermektedir.

Kayıp gaz miktarının farklı olarak (lineer ve logaritmik dağılım kabulleriyle) tespit edilmesinden dolayı çözülen gaz miktarlarında oluşan farklar ~ 1 cm³/g civarında kalmaktadır. Yavaş ve hızlı çö-

Çizelge 3. Ölçülen Gaz Değerlerinin Topluca Gösterimi.

Örnek No	Hızlı Çözülme					Yavaş Çözülme					
	Kayıp Gaz Yayılımı (cm ³)		Çözülen Gaz Yayılımı (cm ³)	Toplam Gaz Yayılımı (cm ³)		Kayıp Gaz Yayılımı (cm ³)		Çözülen Gaz Yayılımı (cm ³)	Kalıntı Gaz Yayılımı (cm ³)	Toplam Gaz Yayılımı (cm ³)	
	V ₁	V _{1Log}		V _H	V _{HLog}	V ₁	V _{1Log}			V _Y	V _{YLog}
1	109	220	1147	1256	1367	112	223	867	146	1125	1236
2	128	261	713	841	974	128	261	575	130	833	966
3	156	271	1062	1218	1333	134	229	896	154	1184	1279
4	83	145	1032	1115	1177	199	349	940	261	1400	1550
5	85	177	1069	1154	1246	88	175	650	399	1137	1224
6	68	146	1092	1160	1238	63	141	973	288	1324	1402
7	111	212	1346	1457	1558	119	230	1297	428	1844	1955
8	234	345	2045	2279	2390	270	368	1773	439	2482	2580
9	64	141	813	877	954	98	211	933	316	1347	1460
10	142	232	844	986	1076	75	124	902	340	1317	1366
11	253	465	1540	1793	2005	98	191	917	221	1236	1329
12	230	450	1310	1540	1760	150	294	1564	302	2016	2160

Çizelge 4. Toplu Sonuçlar.

Örnek No	Hızlı Çözülme				Yavaş Çözülme			
	Q _y (cm ³ /g)	Q _{yLog} (cm ³ /g)	Q _T (cm ³ /g)	Q _{TLog} (cm ³ /g)	Q _y (cm ³ /g)	Q _{yLog} (cm ³ /g)	Q _T (cm ³ /g)	Q _{TLog} (cm ³ /g)
1	12,5	13,6	13,5	14,7	13,5	14,9	14,7	16,2
2	9,2	10,7	9,8	11,4	7,2	8,4	7,8	9
3	11,1	12,2	12,5	13,7	11,4	12,3	12,8	13,9
4	10,5	11,1	11,3	11,9	12,4	13,7	13,3	14,8
5	11,4	12,4	12,7	13,7	9,8	10,5	10,9	11,7
6	9,6	10,2	10,2	10,9	12,6	13,3	13,5	14,3
7	12,6	13,4	13,5	14,5	15,2	16,1	16,4	17,4
8	8,8	9,2	9,5	9,9	8,1	8,4	8,8	9,1
9	9,4	10,2	10	10,9	9,1	9,8	9,7	10,5
10	9,1	9,9	9,8	10,7	11,3	11,8	12,1	12,6
11	8,5	9,5	9,1	10,2	14,1	15,2	15,2	16,4
12	7	8	7,4	8,5	9,9	10,6	10,5	11,3

Q_y : toplam çözülen gaz (kayıp gaz lineer)

Q_{yLog} : toplam çözülen gaz (kayıp gaz logaritmik)

Q_T : kuru-külsüz bazda gaz içeriği (kayıp gaz lineer) Q_{TLog} : kuru-külsüz bazda gaz içeriği (kayıp gaz logaritmik)

zülme ile hesaplanmış olan temiz kömürün gaz içerikleri arasındaki farklar 11 nolu örnek hariç 0,1-3,1 cm³/g'dir. 11 nolu örnek için bu fark 6,1 cm³/g olmaktadır. Bu örneği dışta tutarak; yavaş çözülmeye ölçülen gaz içeriklerinin genelde daha yüksek olduğu ve yavaş çözülmeye ile hızlı çözülmeye elde edilen sonuçlar arasındaki farkların çok yüksek olmadığı söylenebilir.

Avustralya Standartı Yöntemi, bu çalışmada sondaj kırıntılarına uygulanacak şekilde değiştirilmiş hâliyle ve bu çalışma amacıyla enstrümantasyonu yapılmış olan teçhizat ve düzeneğin iyileştirilmesiyle Havza'da yaygın olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Australian Standard (1999), *Guide to the determination of gas content of coal – Direct desorption method*. AS 3980-1999, Standards Association of Australia.

Diamond, W. P., Schatzel, S. J., Garcia F., and Ulery J. P., (2001) The Modified Direct Method - A Solution for Obtaining Accurate Coal Desorption Measurements, *Proceedings of International Coalbed Methane Symposium*, Tuscaloosa, Alabama, May 14–18, 2001: University of Alabama, Paper 0128, p. 331–342.

Diamond, W.P. and Schatzel, S.J. (1998) Measuring the Gas Content of Coal: A Review, *International Journal of Coal Geology*, R.M. Flores, ed., V. 35, Nos. 1-4, p. 311-331.

Didari, V. (1988) *Metan Denetimi Gereksinimlerinin Ampirik Tekniklerle Belirlenmesi*, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, 6.Kömür Kongresi Kitabı, Zonguldak, s.115-133.

Didari, V., Ökten, G. (1989) *Taşkömürün İçerdiği Gaz Miktarının Ölçülmesinde Uygulanan Yöntemler*, Madencilik Cilt XXVII, Sayı 1, Zonguldak, s.17-23.

Kissell, F.N., C.M. McCulloch, and C.H. Elder, (1973) *The Direct Method of Determining Methane Content of Coalbeds for Ventilation Design*, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 7767, 17 p.

Öztürk, M. (2014) *Taşkömürü Havzası Damar Gaz İçerikleri Tespit Çalışmaları*, TTK. İş Sağlığı, Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı Yayın no:71, Zonguldak,

75 s.Saghafi A, Williams D.J. and Battino S. (1998) Accuracy of measurement of gas content of coal using rapid crushing techniques, In: *Proceedings of the 1st Australian Coal Operators Conference COAL'98*, Wollongong, 18-20 February 1998, Australia, pp. 551-559.

TEKNOMAD, CDFI., (1989) TTK. Kandilli İşletmesi

Rehabilitasyonu Projesi (Nihai Rapor), Zonguldak, s. 87-88

TTK Resmi Sitesi, www.taskomuru.gov.tr, Nisan, Zonguldak.

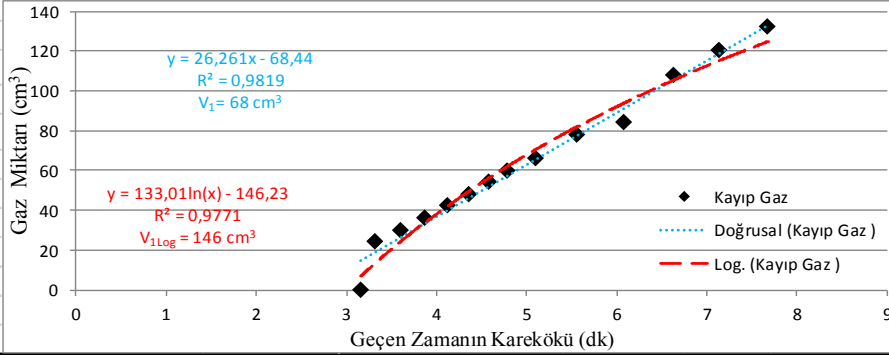
Bu Makale 14 – 17 Nisan 2015 tarihinde düzenlenen IMCET 2015-Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

ÖRNEK 6 (HIZLI ÇÖZÜLME YÖNTEMİ)

Test Günü	26.02.2014	$V_{\text{bomb}} (\text{cm}^3)$	2530,58
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{\text{tube}} (\text{cm}^3)$	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	$V_{\text{CT}} (\text{cm}^3)$	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P_A) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm ³)	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	$V_{\text{Toplambilya}} (\text{cm}^3)$	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39		
Ortam Metanı (%)	0.4		
Örnek Miktarı (g)	122		
Sondaj Derinliği (m)	14		

Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q_1)

Saat	Zaman dk	Süre (t)	\sqrt{t}	Sıcaklık °C	Çözülen Gaz Okumaları cm^3	İlk Okuma cm^3	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı	Formül Sonucu Elde Edilen
10:39	0	10	3,16	24,5	110	110	0	2772
10:40	1	11	3,32	24,5	130	110	24	2796
10:42	3	13	3,61	24,5	135	110	30	2802
10:44	5	15	3,87	24,5	140	110	36	2808
10:46	7	17	4,12	24,5	145	110	42	2814
10:48	9	19	4,36	24,5	150	110	48	2820
10:50	11	21	4,58	24,5	155	110	54	2826
10:52	13	23	4,80	24,5	160	110	60	2832
10:55	16	26	5,10	24,5	165	110	66	2838
11:00	21	31	5,57	24,5	175	110	78	2850
11:06	27	37	6,08	24,5	180	110	84	2856
11:13	34	44	6,63	24,5	200	110	108	2880
11:20	41	51	7,14	24,5	210	110	120	2892
11:28	49	59	7,68	24,5	220	110	132	2904

 **$Q_1 (\text{cm}^3/\text{g})$ 0,6** **$Q_{1,\text{Log}} (\text{cm}^3/\text{g})$ 1,2****Çözülen Gaz ($Q_2 + Q_3$)**

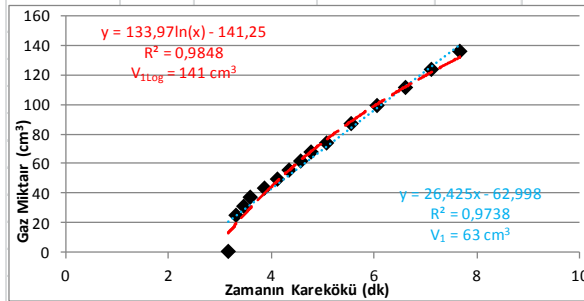
Tarih	Saat	Sıcaklık °C	Basınc kPa	Çözülen Gaz cm^3	İlk Okuma cm^3	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı	Gaz Yayılımı cm^3/g	
26.02.2014	Kayıp gaz belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz							132	1,1
26.02.2014	13:30	14	100,4	220	0	252	384	3,1	
26.02.2014	14:30	14	100,4	400	0	463	847	6,9	
26.02.2014	15:00	14	100,4	90	0	102	949	7,8	
26.02.2014	15:30	14	100,4	70	0	80	1029	8,4	
27.02.2014	08:00	15	100,5	85	50	40	1069	8,8	
27.02.2014	08:55	15	100,5	70	50	23	1092	8,9	

ÖRNEK 6 (YAVAŞ ÇÖZÜLME YÖNTEMİ)

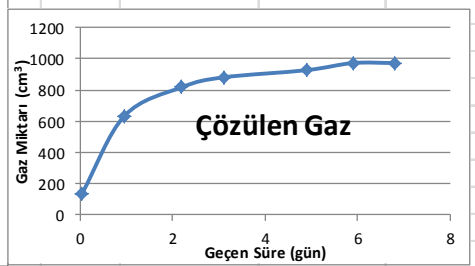
Test Günü	26.02.2014	V _{Q1Q2bomb} (ml)	3079,45
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V _{tube} (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	V _{CT} (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P _A) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm ³)	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V _{Toplambilya} (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39	V _{Q3bomb} (ml)	2543,45
Ortam Metanı (%)	0,4		
Örnek Miktarı (g)	105		
Sondaj Derinliği (m)	14		

Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q₁)

Saat	Zaman dk	Süre (t)	\sqrt{t}	Sıcaklık °C	Çözülen Gaz Okumaları cm ³	İlk Okuma cm ³	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı	Formül Sonucu Elde Edilen
10:39	0	10	3,16	24,5	120	120	0	3357
10:40	1	11	3,32	24,5	140	120	25	3381
10:41	2	12	3,46	24,5	145	120	31	3387
10:42	3	13	3,61	24,5	150	120	37	3393
10:44	5	15	3,87	24,5	155	120	43	3400
10:46	7	17	4,12	24,5	160	120	49	3406
10:48	9	19	4,36	24,5	165	120	55	3412
10:50	11	21	4,58	24,5	170	120	61	3418
10:52	13	23	4,80	24,5	175	120	68	3424
10:55	16	26	5,10	24,5	180	120	74	3430
11:00	21	31	5,57	24,5	190	120	86	3443
11:06	27	37	6,08	24,5	200	120	99	3455
11:13	34	44	6,63	24,5	210	120	111	3467
11:20	41	51	7,14	24,5	220	120	123	3480
11:28	49	59	7,68	24,5	230	120	136	3492



Q₁(cm³/g) 0,6 Q_{1Log}(cm³/g) 1,3

**Ölçülen Gaz (Q₂)**

Tarih	Saat	Geçen Süre gün	Sıcaklık °C	Basınc kPa	Çözülen Gaz cm ³	İlk Okuma cm ³	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı	Gaz Yayılımı cm ³ /g	
26.02.2014		0,04	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						136	1,3
27.02.2014	08:55	0,96	15	100,5	420	0	499	634	6,0	
28.02.2014	13:30	2,2	20	100,1	160	0	184	818	7,8	
01.03.2014	10:00	3,1	18	99,8	55	0	63	881	8,4	
03.03.2014	08:30	4,9	16	98,9	90	50	46	927	8,8	
04.03.2014	08:00	5,9	18	98,5	90	50	46	973	9,3	
05.03.2014	08:30	6,8	17	99,3	0	0	0	973	9,3	

Kalıntı Gaz (Q₃)

05.03.2014	13:00		22	99	260	50	233	233	2,2
05.03.2014	14:10		22	99	90	50	44	277	2,6
05.03.2014	14:50		22	99	60	50	11	288	2,7

KUVARS İŞLETMESİ'NDE TOZLU ORTAM HAVA KALİTESİNİN PNÖMATİK TAŞIMA SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

IMPROVEMENT of AIR QUALITY WITH PNEUMATIC CONVEYING SYSTEM in DUSTY ENVIRONMENT in QUARTZ PLANT

Ali Kemal ÇAKIR*

Nazmi ÇETİN**

ÖZET

Çalışmamızda açık ocakta üretilen ve mikronize tesisinde işlenen malzemelerin önemli bir bölümü, tesiste kurulan pnömatik taşıma sistemi ile minimize edilerek, kuvars tozlarından kaynaklanabilecek olası çevre sorunlarının ve sağlık etkilerinin asgari düzeye indirilmesi amaç edinilmiştir.

Çalışma öncesinde yapılan ölçümde 1961,50 µg/ Nm³ ölçülen değere karşılık, çalışma sonrası aynı yerde yapılan ölçümde, bu değer 833 µg/ Nm³'e düştüğü görülebilmektedir.

Çalışma alanında günde 7,5 saat çalışan personellerimizin toza maruz kalma olasılığı minimize edilerek, silikozis tarzı meslek hastalıklarına yakalanma olasılığı azalmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kuvars, Toz, Pnömatik Taşıma, Slikozis.

ABSTRACT

It is aimed to eliminate dusty due to quartz mineral with pneumatic transport in this study. In this context, Minimized an important part of the dust in the micronizing plant being used to transfer with the pneumatic conveying system.

It can be seen to reduce the values in after project when we compare before project (the measured value is 1961,50 µg/ Nm³) and after project value is that the measured value is 833 µg/ Nm³data.

It is decreased possibility of developing occupational diseases that is silicosis style for our staff that working 7,5 hours per day.

Key Words: Quartz, Dust, Pneumatic Conveying, Silicosis.

* Dr. Mak. Müh., İş Güvenliği Uzmanı, Mikroman Maden A.Ş., Yatağan/MUĞLA, alikemalcan@hotmail.com

** Maden Mühendisi, İş Güvenliği Uzmanı, Mikroman Maden A.Ş., Yatağan/MUĞLA

GİRİŞ

Mikroman Maden San. ve Tic. A.Ş. firması, Hissarardı Mah. Yazkır Mevkii Yatağan/Muğla adresinde faaliyet göstermekte olup, tesiste kırma - eleme ve mikronize öğütme yapılmaktadır. Tesisin yıllık üretim kapasitesi açık ocaktan üretim, kırma - eleme tesis kapasitesi 450.000 ton/yıl ve Mikronize öğütme kapasitesi ise, 90.000 ton/yıldır.

Mikroman Maden Kuvars İşletme Tesisinin 1993 yılında işletmeye açılmasıyla, üretilen kuvars ürünlerinin çeşitli sanayi dallarında ham madde olarak kullanılması (Cam, kimya, çimento, inşaat vb.) ile ülkemiz sanayisine önemli derecede katkı sunmuştur. Kuvars vb. işletmelerde üretimin her kademesinde önemli miktarda çıkan tozlar çalışma ortamını ve dolayısıyla çalışan sağlığını tehdit etmektedir. Çıkan tozları minimize etmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri olan denskonveyör (pnömatik) sistemi, tozları kapalı sistemle taşımaktadır. Bu sayede, taşınan malzeme kaybolmadan, kirlenmeden, fiziksel ve kimyasal herhangi bir yapıya dönüşmeden sessiz bir çalışma ile taşınmaktadır.

Kapalı bir çevrim olan pnömatik taşıma sistemlerinde, dökme malzemeler (katı parçacıklar) gazın etkisiyle boru ve kanal içerisinde hareket ettirilerek istenilen yere ulaştırılmaktadır. Pnömatik taşıma sistemleri, ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, çok fazla bakım ve kontrol gerektirmemesi, taşınan malzemenin çevre etkilerinden korunmuş olması ve çevre sağlığı için temiz bir yöntem olması açısından diğer taşıma yöntemlerine göre avantajlıdır. Ancak, enerji kullanımlarının yüksek olması, borularda aşınmalara neden olması (özellikle yön değiştirici dirseklerde), parçacık-boru ve parçacık-parçacık çarpışmalarından dolayı parçacıkların aşınmaya uğraması sistemin dezavantajlarından (Karakuş ve Akıllı, 2002).

Yüksek enerji maliyetini ve parçacık boru aşınmasını azaltmak için katı parçacıkların yatay boruda pnömatik olarak taşınması sırasında borudan geçen gaz hızının (taşıma hızı) olabildiği kadar düşük olması gerekmektedir. Taşıma hızının yüksek olması, basınç düşümünü arttırdığı gibi taşıma işlemi esnasında daha fazla enerji kullanılmasına ve parçacıkların yüksek hızda hareket etmeleri nedeniyle boru sisteminin ve parçacıkların aşınmasına da neden olmaktadır. Ancak, taşıma hızının çok düşük olması; yatay boru içerisinde taşınan parçacıkların yer çekimi-

nin etkisiyle boru tabanına toplanarak kalıcı bir tabaka oluşturmaya, yatay boruda veya kanalda tıkanmalara ve basınç düşümünün artmasına neden olmaktadır (Walton, I.C., 1995).

Pnömatik taşıma sistemlerinin ekonomik olabilmesi için yatay boru boyunca parçacık çökmesinin oluşmaması gerekmektedir. Bununla birlikte; Pnömatik taşıma yöntemiyle taşınan dökme malzeme için kabul edilebilir optimum taşıma hızının belirlenmesi genellikle deneysel sonuçlara ve tasarımcının deneyimlerine dayanmaktadır. Birçok araştırmacı, belirli bir malzeme için optimum taşıma hızının ve basınç düşümünün hesaplanması konusunda en iyi yöntemin; taşıma sisteminin bir prototipi üzerinde çalışılması gerektiğini belirtmişlerdir (Cobrejós and KUnzing, 1994).

Bu çalışmanın temel amacı, Mikroman Maden A.Ş., işletmesinde kuvars madeninden kaynaklanan tozlu ortamı, Pnömatik Taşıma ile bertaraf etmektir. Bu kapsamda, açık ocakta üretilen ve Mikroman Maden Mikronize Tesis'inde işlenen malzemelerin önemli bir bölümü, bu tesiste kurulan Pnömatik Taşıma Sistemi ile minimize edilerek, kuvars tozlarından kaynaklanabilecek olası çevre sorunlarının ve sağlık etkilerinin asgari düzeye indirilmesinin araştırılmasıdır.

1. MATERYAL ve METOD

Kuvars vb. işletmelerdeki ortam hava kalitesini etkileyen en önemli faktör ortamda bulunan tozdur. Bu tarz işletmelerde toz, genellikle kuru tip öğütme ve seperasyon proseslerinde aktarma, boşaltma, transfer noktalarında ve silo altlarından ürün, ara ürün ve atıkların paketlenmesi boşaltılması, taşınması ve depolanması sürecinde çıkan tozlardan kaynaklanmaktadır.

Mikroman Maden üretim tesislerinde çeşitli zamanlarda periyodik ölçümler yapılmaktadır. 02.07.2012 tarihinde, iç ortam havasında, belirlenen bölümde, beş personel üzerinde yapılan sekiz saat süreli solunabilir toplam toz ölçüm sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçümler; OSHA (Occupational Safety and Health Administration) PEL (Permissible Exposure Limit) çerçevesinde GILIAN 3500 Model cihaz kullanılarak yapılmıştır.

Tesiste beş personel üzerinde yapılan sekiz saatlik maruziyet solunabilir toz ölçümleri sonucu elde edilen değerler, OSHA'da belirtilen sınır değer ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri (Çevtest, 2012).

Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçümü Yapılan	Bölüm	Parametre	Ölçülen Değer	OSHA Sınır
					(µg/Nm ³)	Değeri (µg/Nm ³)
1	2.7.2012	Çalışan-1	Triyaj Kumanda	S.abilir Toz	1961,5	5000
2	2.7.2012	Çalışan-2	Optik-1	S.abilir Toz	300,7	5000
3	2.7.2012	Çalışan-3	Triyaj Ayıklama	S.abilir Toz	833,3	5000
4	2.7.2012	Çalışan-4	Değirmen Kule 1-2	S.abilir Toz	673,7	5000
5	2.7.2012	Çalışan-5	Mikronize Tesis İçi (Değirme Kolu)	S.abilir Toz	1400	5000

Yapılan maruziyet solunabilir toz ölçümlerinde ölçüm yapılan personellerin maruz kaldığı toz değerlerinin OSHA sınır değerlerini sağladığı tespit edilmiştir.

Ortamdaki toz miktarını minimize etmede kullanılan çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Mikroman Maden Kuvars İşletme Tesisinde, ortamdaki toz miktarını minimize etmede kullanılacak sistem Yoğun faz Pnömatik Taşıma Sistemi olarak belirlenmiştir.

1.1. Pnömatik Taşıma Sistemi

Pnömatik taşıma, endüstride değişik ebatlardaki katı parçacıkların kanal veya boru içerisinde taşınmasında kullanılan yaygın yöntemlerden biridir. Pnömatik taşıma sistemleri genellikle inşaatlarda, vagon ve gemilerin boşaltılmasında, kuru, kolay akabilen çimento, kömür tozu, kül, talaş, tahıl, alümina, döküm kumu v.s. gibi toz ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılmakta olup iletim kapasiteleri çok geniş sınırlar arasında değişmektedir. (Tuç vd., 2000). Diğer bir ifade ile pnömatik taşıma sistemleri, toz ve granül malzemelerin basınçlı hava ile borular içerisinde gönderilmesi için tasarlanmış olan taşıma kaplarıdır. Pnömatik taşıma sistemleri temel olarak ikiye ayrılmaktadır:

a) Vakumlu sistem

Vakumlu sistemlerde, hava ve katı parçacıklar boru hattı içine emilir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması bir siklon veya filt-

re aracılığıyla gerçekleştirilir. Yer çekiminin etkisiyle katı parçacıklar düşerken, hava akışı vakum pompasının olduğu yöne doğru çekilir.

b) Basınçlı sistem:

Basınçlı sistemde atmosferik hava, fan aracılığıyla sürekli olarak taşınır. Fanın arkasında ise katı parçacıklar hava akışının içine enjekte edilmektedir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması siklon veya filtre aracılığı ile gerçekleştirilir. Yer çekiminin etkisiyle katı parçacıkları düşerken, hava fazı atmosfere geri dönerek yukarı doğru akar. Çoklu besleme noktalarından tek bir boşalma mümkündür. Tek bir besleme noktasından çoklu boşaltma noktalarına ulaşmak mümkündür. (Anon, 2014). Sistemin çeşitli modelleri mevcuttur. Bunlar;

D Modeli-Standart, DF Modeli-Dolum Filtreli, DP Modeli-Çıkış Vanalı, DW Modeli-Tartımlı, DBC Modeli-E-Kompakt, DMS -Çoklu Dens Taşıma (Optima Mühendislik, 2014). Bu modellerden D Modeli (Standart) projemizde kullanılmıştır. D Modelinin özellikleri belirtilmiş olup, resmi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Pnömatik Taşıyıcı Modül (Optima Müh., 2014).



1.1.1. D Modelinin Özellikleri

Özel tasarım giriş vanası, 50 m³/sa. taşıma kapasiteli, 500 m taşıma mesafeli, 6 barg'ye kadar basınç dayanımlı, PLC tabanlı elektro-pnömatik kontrol merkezi kumanda sistemi ile haberleşebilme izleme ve kontrol için dokunmatik ekranlı ara yüz (Opsiyonel) özelliklerine sahiptir. (Optima Mühendislik, 2014).

Pnömatik taşıma sisteminin çalışma prensibi 4 ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Aşama (Dolum):

İlk olarak giriş vanası şişme contası indirilir ve basınç şalterinden contanın indiği bilgisi ($p < 4$ bar) gelmesi beklenir. Daha sonra üst vana ve havalandırma vanası açılır. Vanaların açıldığı bilgisini ilgili sensörlerden alır. Bu vanalar, kontrol panosu üzerinden zaman ya da seviye seçilerek, belirli bir süre (20 sn) ya da seviye sensöründen sinyal gelene kadar açık tutulur.

2. Aşama (Basınçlandırma):

Giriş vanası kapatıldıktan sonra conta şişirilerek sızdırmazlık sağlanır. Vanaların kapalı konum bilgisi geldiğinde tesisattan hava verilerek iç basınç yükseltilmeye başlanır.

3. Aşama (Taşıma):

Kap basıncı yeteri kadar yükseltildiğinde kap içerisindeki malzeme sevk hattına doğru hareketlenir ve taşıma işlemi başlar.

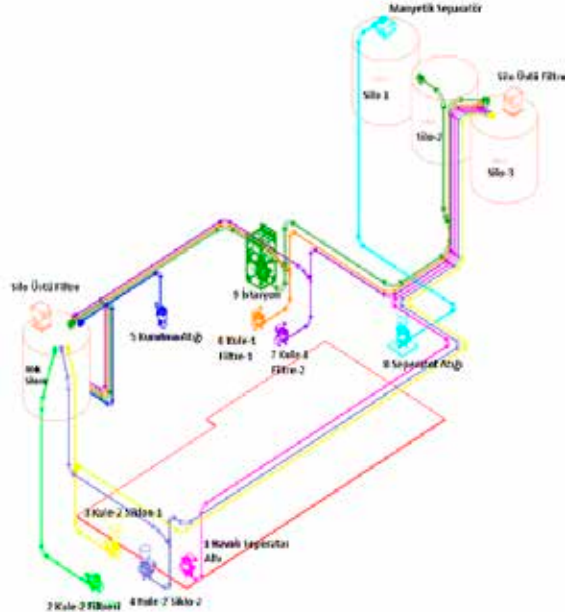
4. Aşama (Döngü Sonu):

Kap basıncının 0.25 barın altına düştüğü bilgisi geldikten sonra boruda kalan malzemeyi temizlemek amacı ile 5 saniye daha temizleme havası verilir ve gönderme işlemi sonlanmış olur.

2. Mikroman Maden Tozsuzlaştırma Projesi

Proje kapsamında tozun en çok görüldüğü, siklon, kurutma ve filtre birimlerini kapsayacak şekilde pnömatik taşıma sisteminin kurulmasına karar verildi. Sistem, Mikronize Tesis, ürün, ara ürün ve atıkların silodan bigbaglere boşaltılması, forklifte taşınması, besleme bunker veya siloya beslenmesi, boşaltılması, elavatorle değirmen besleme silosuna (Atıkların silo altından boşaltılması ve transferi ve tekrar boşaltılması ve nakledilmesi) transfer edilmesini kapsayacak şekilde tasarlandı. Sisteme ait iş akış şeması ise, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2'de gösterilen iş akış şemasını kısaca özetlenecek olursak; 1 numara ile kodlanan havali seperatörden çıkan -100μ (100μ altı malzeme) boyutlu malzeme doğrudan değirmen besleme silolarına (Silo-1, Silo-2, Silo-3) gönderilecektir. 3 ve 4 numaralar ile kodlanan Siklon 1, Siklon 2 ile 6 ve 7 numaralar ile kodlanan Tesis Filtresi 1 ve 2'den çıkan malzeme ise, istenirse değirmen besleme silolarına, istenirse atık toplama silosuna gönderilecektir. 5 numara ile gösterilen kurutucudan çıkan atık malzeme ise, direkt atık toplama silosuna gönderilecektir. Sistemden bigbagler olarak alınmış olan ara ürün veya atık



Şekil 2. Proje Sahası Detay Görünümü (Mikroman, 2014).

malzeme, 9 numaradaki merkezi konumdaki istasyon ile ister atık toplama silosuna istenirse ise değirmen besleme silosuna gönderilebilecektir. Tesisten çıkan manyetik seperatör atıkları ise, değirmen besleme silosu üzerinde bulunan manyetik seperatör ile taşınabilmektedir. Bu sayede atık malzemeler toz oluşturmadan tamamen kapalı bir sistemle atık olarak veya geri değerlendirilebilir ürün olarak değirmen ünitesinde değerlendirilebilmektedir.

Pnömatik taşıma sisteminin kurulması sonrasında sistemi oluşturan her bölüm devreye girilmemiş olup, kademe kademe devreye konulması tasarlanmıştır. Bu kapsamda, devreye alınan Mikronize Ünitesi ve Değirmen Ünitesinde kişisel toz maruziyet ölçümleri yapılmıştır.

Tesiste yapılan maruziyet toz ölçümleri NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) 0500 ve MDHS 14/3 metoduna göre yapılmıştır. Kişisel dozimetrik toz ölçümünde GILIAN 5000/GILIAN Gilair Plus Model cihaz/cihazlar kullanılmıştır. Cihazın doğruluk değerleri; (Hava akışı) : +/- 5 % Sabit Akış Kontrolü: ayarlanmış akışın $< +/- 3\%$ 'ü şeklindedir. Cihazın son 6 aylık kalibrasyonu ilgili firmaca yaptırılmıştır. Ölçüm sonuçlarını gösterir değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Ortamın hava kalitesini bozan diğer bir etken olan forklift ile taşınmada da bir dizi önlem düşünüldü. Paketleme ve istiflemeye – sevkiyatta kullanılan dizel forklift yerine, hız sınırı limitlen-

dirilen (10 km/sa) elektrikli forklift kullanılmaya başlandı. Böylece, ortam hava kalitesine olumlu etki etmiştir.

Çizelge 2. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri (Çevtest, 2014).

Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Yapılan	Bölüm	Parametre	Ölçülen Değer (µg/ Nm ³)	OSHA Sınır Değeri (µg/ Nm ³)
1	28.11.2014	Çalışan-1	Mikronize Tesis İçi	S.bilir Toz	833	5000
2	28.11.2014	Çalışan-2	Mikronize İşletme Sahası	S.bilir Toz	833	5000
3	28.11.2014	Çalışan-3	Mikronize Değirmen Ün	S.bilir Toz	833	5000
4	28.11.2014	Çalışan-4	İnce Kıрма Ünitesi	S.bilir Toz	833	5000
5	28.11.2014	Çalışan-5	İş Makinesi (Logar)	S.bilir Toz	833	5000

SONUÇLAR

Tozsuzlaştırma faaliyetleri sonucunda ortam hava kalitesinde gözle görülür iyileşmeler oldu. Yukarıdaki çizelgeler incelendiğinde çalışma yapılan mikronize ve değirmen ünitelerinde, bir önceki ölçüm değerleri ile bir sonraki ölçüm değerleri kıyaslandığında toz ölçümlerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Örneğin, proje öncesi yapılan ölçümde gösterilen Mikronize Tesis ve Değirmen Ünitesi arasında yapılan ölçümde 1400µg/ Nm³ ölçülen değere karşılık, proje sonrası çalışma kapsamında yapılan ölçümde bu değer 833 µg/ Nm³'e kadar düştüğü görülmektedir. Bu da sistemin amacı doğrultusunda ve hava kalitesine olumlu seyredeceği fikrini desteklemiştir.

Pnömatik sistem tozsuzlaştırmanın yanında işletmeye başka faydalar da sağlamıştır. Bunlar;

- Kapalı bir sistem olması
- Fazla yer kaplamaması
- Bigbag kullanma ve yıpranma maliyetinin olmaması
- Forklift taşıma maliyetlerinin olmaması
- İşçilik gerektirmemesi

- Ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi
- Minimum bakım gerektirmesi
- Sinyalizasyon ve otomasyona müsait olması.

Tozun en çok görüldüğü mikronize tesis, ürün, ara ürün ve atıkların silodan bigbaglere boşaltılması, bigbaglerin forkliftle taşınması, bigbagden siloya boşaltılması, elevatorle değirmen besleme silosuna transfer edilmesi aşamaları harfiyen uygulanarak (Atıkların silo altından boşaltılması ve transferi ve tekrar boşaltılması ve nakledilmesi) çalışma ortamında gözle görülür bir hava kalitesi oluşmuştur. Bu sayede, çalışma alanında günde 7,5 saat çalışan personellerimizin toza maruz kalma olasılığı minimize edilerek, silikozis tarzı meslek hastalıklarına yakalanma olasılığı azalmıştır. Günümüzde ülkemizde özellikle maden sahalarında yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları göz önüne alındığında, çalışmanın maden işletmecilerine referans olacağı ve ülkeye itibar getireceği muhakkaktır.

KAYNAKLAR

Anon, 2014. "Değirmencilikte Pnömatik Taşıma"http://tr.millermagazine.com/?p=1031.

Cobresos, E.J. and KUning, G.E., 1994. "Pickup and Saltation Mechanism of Solid Particles in Horizontal Pneumatic Transport", Powder Technology, Vol.79, pp.173-186.

Çevtest, 2012. Mikroman Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. Emisyon Ölçüm Raporu, Ek-4, Rapor Nu:2012/103,Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı, Bornova, İzmir.

Çevtest, 2014. Mikroman Maden San. ve Tic. A.Ş., Emisyon Ölçüm Raporu, Ek, Rapor Nu:2012/103,Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı, Bornova, İzmir.

Karakuş C. ve Akıllı H., 2002. "Pnömatik Taşıma Sistemlerinde İki Fazlı Katı-Gaz Akışında Optimum Taşıma Hızının Belirlenmesi", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 43, Sayı 514.

Mikroman, 2014. Mikroman Maden A.Ş. Tozsuzlaştırma Projesi.

Optima Mühendislik, 2014. Denskonveyör Taşıma Sistemi, Katalog Hazırlama, Sincan.

Tuç, B.,Gemalmayan, N., Özdemir, K., 2000. "Pnömatik Taşıma Sistemlerinin Dökme Malzeme Taşımadaki Rolü", Mühendis ve Makina, sayı:490, s.41-47.

Walton, I.C. , 1995. "Eddy Diffusivity of Solid Particles in a Turbulent Liquid Flow in a Horizontal Pipe", AIChE Journal, Vol.41, No.7, pp.1815-1820.

MADEN İŞLETMELERİNDE İŞÇİ SAĞLIĞI VE İŞ GÜVENLİĞİ SEMPOZYUMU'2015



TMMOB Maden Mühendisleri Odası
Adana Şubesi



Çukurova Üniversitesi
Maden Mühendisliği Bölümü



22-23 EKİM 2015

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MİTHAT ÖZSAN AMFİSİ
ADANA

İLETİŞİM

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Adana Şubesi
web : www.madenisg.org
e-posta : isg@madenisg.org
Tel. : 0 322 459 97 60 - 0.546 425 10 76
Faks : 0 322 459 97 61



9 ULUSLARARASI ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER SEMPOZYUMU



14 - 15 MAYIS 2015

İZMİR ENTERNASYONEL FUAR ALANI



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ

www.irdmin.org



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

TÜRKİYE 5. ULUSLARARASI MADEN MAKİNALARI SEMPOZYUMU VE SERGİSİ



1-2 EKİM 2015
ESKİŞEHİR - TÜRKİYE



YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA GAZ İZLEME AĞLARI SENSÖR ÖLÇÜMLERİNİN VE KONUMLARININ DOĞRULUĞUNUN ANALİZİ: TTK KOZLU MÜESSESİ

ANALYSIS of ACCURACY of SENSOR READINGS and LOCATIONS in GAS MONITORING NETWORKS in UNDERGROUND COAL MINES: TTK KOZLU COLLIERY

Yusuf Aydın*
Kemal Barış**

ÖZET

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeraltı taşkömürü ve linyit ocaklarının zararlı gaz konsantrasyonları ile hava hızı gibi fiziksel özellikler sensörler ile izlenmekte ocağın durumu ile ilgili değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu kapsamda bu çalışma; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessese Müdürlüğü yeraltı kömür ocaklarında sensör değerlerinin ve konumlarının doğruluğunun belirlenmesine yönelik olarak başlatılan bir çalışmanın ön değerlendirme sonuçlarını kapsamaktadır. Çalışma kapsamında, yeraltında çeşitli noktalarda metan (CH₄) konsantrasyonu ve hava hızları manuel olarak ölçülmüş ve sonuçlar sensör verileriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ocak içerisinde hava yoğunluğundaki değişimleri gözlemek amacıyla bağıl nem, sıcaklık ve basınç ölçümleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, ölçüm yapılan noktalarda hava yoğunluğu değerlerinin 1,232-1,312 kg/m³ arasında değişim gösterdiğini, metan sensörlerinin manuel ölçümlerden %5-10 yüksek değerlerde olduğunu ve anemometre ile ölçülen hava hızı değerlerinin sensör değerlerinden ortalama %50 fazla olduğunu göstermiştir.

ABSTRACT

Harmful gas concentrations in underground lignite and hardcoal mines in Turkey, as in the world, are monitored via sensors and evaluations can be made for the mine. In this context, this study covers the preliminary results of a study initiated to determine the accuracy of the sensors and their locations in the mines of the Kozlu Colliery of Turkish Hardcoal Enterprise (TTK). In the study, methane (CH₄) concentrations and air velocity measurements were manually done in certain locations in the underground and compared to sensor readings. Moreover, in order to observe the changes in the air density, relative humidity, wet and dry bulb temperatures and barometric pressures were measured. The results of the study showed that air velocity values range from 1.232 to 1.312 kg/m³, methane sensors recorded values 5 to 10% more than manual readings and manual readings for air velocity were 50%, on an average, more than sensor readings.

Anahtar Kelimeler: Gaz izleme ağı, sensör, hava yoğunluğu, hava hızı

Keywords: Gas monitoring network, Sensor, air density, air velocity.

* Türkiye Taşkömürü Kurumu, Kozlu Müessesesi Müdürlüğü, ZONGULDAK, yusuf_aydin198@mynet.com
** Bülent Ecevit Üniversitesi, ZMYO Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, ZONGULDAK

GİRİŞ

Yeraltı kömür ocakları çoğunlukla zor çalışma koşulları ve tehlikeli çalışma ortamlarının varlığı ile karakterize edilmektedir. Dünya madencilik tarihine bakıldığında yeraltı kömür ocaklarında çoğunluğu ölüm ve büyük maddi kayıplarla sonuçlanan çok sayıda kaza olduğu görülmektedir. Bu kazaların çok çeşitli sebepleri olmakla beraber, sebeplerin önemli bir çoğunluğunun metan (CH_4) ya da grizu ve karbon monoksit (CO) gibi patlayıcı ve zehirli gazların konsantrasyonlarındaki ani artışlardan ya da çalışanlar için gerekli oksijenin (O_2) yetersiz konsantrasyonlara düşmesinden kaynaklandığı bilinmektedir.

Bu kapsamda, yeraltı kömür ocaklarındaki atmosferi güvenli koşullarda tutabilmek için öncelikli gereksinim, ocak havasındaki O_2 , CO, CO_2 ve CH_4 gibi gazların konsantrasyonlarının sürekli ve düzenli olarak izlenmesidir. Böylece, elde edilen verilerden ocak havasına ait kısa ve uzun vadeli değişimler izlenebilmekte ve bu da madencilerin bulunduğu tüm ocak kesimlerinde oluşabilecek patlayıcı ve zehirli atmosferlere karşı erken uyarı imkanı sağlamaktadır.

Yeraltı kömür ocaklarında zararlı gazların tespiti ve izlenmesi ile uygun gaz izleme alet/sistemlerinin tasarımı yeraltı kömür madenciliğinin temel araştırma alanlarından biri olmuştur (Micko, 1981; Farmer, 1982; Nakatani ve Sakai, 1996; McFadden, 2000). Günümüzde, yeraltı kömür ocaklarında ocak atmosferinin uzaktan izlenmesi amacıyla yeraltı ocaklarının çeşitli kesimlerine yerleştirilen elektronik sensörlerin oluşturduğu sensör ağları kullanılmaktadır (Chou, 1999). Bu tür sistemler sayesinde ocak içindeki zararlı gaz konsantrasyonları ile hava hızı ve sıcaklık gibi parametreler sensörler ile izlenmekte, elde edilen veriler anlık olarak merkezi gaz izleme istasyonuna iletilmekte ve ocağın durumu ile ilgili değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra, taşınabilir gaz detektörleri ve gaz kromatografi gibi çeşitli yöntemlerle de ocak içinde ve dışında anlık ölçümler yapılmakta ve elde edilen ölçüm değerleri sensör ağından elde edilen verilerle karşılaştırılabilmektedir.

Yeraltı kömür ocaklarında gazların izlenmesinde esas olan, sensörlerin ocak içinde doğru noktalarda ve sensörlerin bulunduğu kesit alanı içinde doğru şekilde konumlandırılmalarıdır. Ayrıca, sensörlerin kalibrasyonu ve sensör ölçümlerinin doğruluklarının kontrolü de önem arz etmektedir. İzlenecek gazların fiziksel ve kimyasal özellikle-

rinin iyi bilinmesi kullanılacak sensörlerin seçimi ve doğru konumlandırma açısından oldukça önemlidir.

Bu kapsamda bu çalışma; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Kozlu Müessese Müdürlüğü yeraltı kömür ocaklarında sensör değerlerinin ve konumlarının doğruluğunun belirlenmesine yönelik olarak başlatılan bir çalışmanın ön değerlendirme sonuçlarını kapsamaktadır. Çalışma kapsamında, yeraltında çeşitli noktalarda metan (CH_4) konsantrasyonu ve hava hızını ölçmeye yönelik olarak manuel ölçümler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar sensör verileriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ocak içerisinde çeşitli noktalardaki hava yoğunluğundaki değişimleri gözlemek amacıyla bağıl nem, sıcaklık ve basınç ölçümleri yapılmış ve hava yoğunlukları hesaplanmıştır. Başlatılan çalışmanın nihai amacı ise yeraltı kömür işletmelerinde kurulacak gaz izleme ağları için esas teşkil edecek bir modelin oluşturulmasıdır.

1. OCAK GAZLARI

Yeraltı ocaklarında görev yapan bir havalandırma mühendisi sadece ocak havalandırmasındaki hava miktarı ile değil aynı zamanda havanın kimyasal kompozisyonu ile de ilgilenmek zorundadır.

Yeraltı ocakları için bir havalandırma sistemi tasarlanırken ya da o sistemde çalışırken ocak havasının kalitesinin kontrolü oldukça önemli problemlerden biridir. Kirlenici kaynakların yerel olduğu ve havalandırma sisteminin bu yerel kirlenici kaynakları izole etmek üzere tasarlandığı diğer endüstriyel ortamların aksine, tüm yeraltı madencilik çalışmaları tabakalardan yayılan gaz, toz, patlatma kaynaklı gazlar ve dizel egzozları gibi hava kirlenicilerin yayıldığı ortamlardır.

Yeraltı kömür ocaklarında çoğunlukla ciddi can ve mal kayıplarına neden olabilecek patlayıcı, zehirli ya da boğucu özellikte gaz yayımları mevcuttur. Bu nedenle yeraltı kömür ocaklarında özellikle metan (CH_4), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2) ve oksijen (O_2) konsantrasyonlarının sürekli olarak izlenmesi kritik öneme sahiptir. Bunun yanı sıra, sıcaklık ve hava hızı gibi havalandırma açısından önem arz eden parametrelerin izlenebilmekte, ayrıca belirli ocaklarda tehlike yaratabilecek diğer spesifik gazların da sürekli izlenmesine ihtiyaç duyulabilmektedir.

Bu noktada “gaz izleme” ile “anlık gaz tespiti” arasındaki farkı ortaya koymak gerekmektedir.

Bu iki terimin birbirini tamamlar nitelikte olmasına karşın; gaz izleme ocaktaki tehlikeli gaz yayılımlarının sürekli olarak izlenmesi anlamına gelmekte, *anlık gaz tespiti* ise ocakta taşınabilir ölçüm aletleriyle zaman zaman yapılan anlık gaz konsantrasyon ölçümlerini kapsamaktadır.

2. GAZ SENSÖRLERİ

Gaz sensörleri belirli bir alanda mevcut çeşitli gazların varlığını saptamak için kullanılır. Sensörler algılanacak gazın konsantrasyonuna bağlı olarak orantılı bir elektriksel tepki verirler. Eğer izlenen gazın ortamdaki konsantrasyonu önceden belirlenmiş limit değerleri aşarsa sensör/sensörlerin kullanıldığı alet ya yakındaki personele alarm vermekte ya da ekipmanın güç kaynağını kapatma gibi acil eylemleri harekete geçirebilmektedir. Yeraltı kömür ocaklarında karşılaşılan gazların tespitinde kullanılan sensörler Çizelge 1’de ve bu sensörlerin çalışma prensiplerine göre sınıflandırılması Çizelge 2’de verilmektedir.

2.1. Katalitik Sensörler

Yeraltı kömür ocaklarında kullanılan temel sensör çeşitlerinden biri katalitik ya da pelistör tip sensörlerdir. Bu tip sensörler bir seramik içine gömülü platin bir telin direncindeki değişim vasıtasıyla ölçüm yapmaktadır (Eggins, 2002). Bu tip sensörler %0-5 arasındaki metan konsantrasyonlarını ölçebilmekte ve organosülfür, organofosfor bileşikler, etan, propan, hidrojen ve diğer yanıcı gazların varlığından etkilenebilmektedir (sensör zehirlenmesi).

Katalitik sensörler yüksek konsantrasyonda gaza maruz kaldıklarında, sensör yüzeyinde oluşabilecek yüksek ısı ve diğer oksidasyon işlemleri nedeniyle sensör performansı bozulabilmektedir. Bu tip sensörler oksidasyon prensibine göre çalıştığından genellikle %12’nin üzerinde bir oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır (Valoski, 2010).

2.2. Optik Sensörler

Gazların tespiti için kullanılan optik sensörler; Kızılötesi, lazer ve fiber optik sensörler olmak üzere üç çeşittir.

2.2.1. Kızılötesi (Infrared) Sensörler

Gaz molekülleri birbirine bağlı atomlardan oluşmaktadır. Atomları birbirine bağlayan bağlar

sabit bir frekansta salınım yapmakta ve bu da doğal frekans olarak adlandırılmaktadır. Kızılötesi radyasyon gaz molekülleriyle etkileşime geçtiğinde enerjinin bir kısmı gaz moleküllerinin doğal frekanslarıyla eşit olmakta ve adsorbe edilmektedir. Gaz molekülleri bu enerjiyi adsorbe ederken moleküller enerji kazanmakta ve daha aktif bir şekilde titreşmektedir. Bu titreşim sonucunda gaz moleküllerinin sıcaklığı artmakta ve sıcaklıktaki bu artış sensör tarafından tespit edilmektedir (Kumar vd, 2013). Ocak atmosferinin bir filtreden difüze olması gerektiğinden kızılötesi sensörlerin tepki süreleri katalitik sensörlerden daha yüksektir. Ayrıca, kızılötesi sensörler nenden olumsuz olarak etkilenmektedir. Ancak, bu tip sensörler katalitik ve elektrokimyasal sensörlerin aksine oksijenden yoksun doğru ölçümler yapabilmektedir.

Çizelge 1. Yeraltı Ocaklarında Kullanılan Gaz Tespit Sensörleri.

Gaz	Tespit Yöntemi
CH ₄	Katalitik oksidasyon, ısı iletkenlik, optik, akustik
O ₂	Elektrokimyasal, paramanyetik
CO	Elektrokimyasal, katalitik oksidasyon, yarıiletken, kızılötesi
CO ₂	Optik, kızılötesi
SO ₂	Elektrokimyasal, kızılötesi
NO _x	Elektrokimyasal
H ₂ S	Elektrokimyasal, yarı iletken
H ₂	Katalitik oksidasyon

Çizelge 2. Çalışma Prensiplerine Göre Sensörlerin Sınıflandırılması.

Sensör Tipi	Fiziksel Değişim	Sinyal Kaynağı
Katalitik (pelistör)	Sıcaklık ya da ısı	Wheatstone köprüsü
Optik (kızılötesi, lazer, fiber optik)	Absorbans, Lüminesans, Kırılma indisi, Saçılım	Gaz ya da bazı indikatörlerle reaksiyon, kimyasal reaksiyon sonucu yayılım, örnekteki belirli boyuttaki taneler
Yarı iletken	Elektriksel	Çalışma fonksiyonundaki değişimler
Elektro kimyasal	Voltametrik	Elektrotlar arasındaki akımın değişimi

2.2.2. Lazer Sensörler

Bu sınıf gaz sensörleri ayarlanabilir diyot lazer absorpsiyon spektroskopisi (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy –TDLAS) ve ayrışık absorpsiyon ışın tespiti ve ölçme (Differential Absorption Light Detection and Ranging-LIDAR) olmak üzere iki çeşittir.

Çoğu gaz, özellikle orta-kızılötesi (2-25 μm) bandında karakteristik optik absorpsiyonlar sergilemektedir. Farklı gazların optik parmak izleri spektral absorpsiyonu gaz analizinde eşsiz bir konuma getirmektedir (Zhang vd., 2006). TDLAS tekniğinde bir diyot lazer, lazer demetinin yolu üzerinde bulunan hedef gazın karakteristik absorpsiyon doğruları üzerinde iyi-tanımlanmış ancak ayarlanabilir bir dalga boyunda ışın yaymaktadır. Bu da fotodiyot tarafından saptanabilen ölçülebilir sinyal yoğunluğunda bir azalmaya yol açmakta ve daha sonra gaz konsantrasyonunu tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu teknikte, bir gaz karışımı içindeki gazların (metan, su buharı vb.) konsantrasyonlarını ölçmek mümkündür.

Ayrışık absorpsiyon ışın tespiti ölçme tekniğinde ise lazer kaynağı hedef gazın moleküler absorpsiyon doğrusu ile uyumlu bir lazer demeti yaymakta olup hedef gazın atmosferde gaz absorpsiyonuyla etkilenmiş sinyalin yansımaları algılanmaktadır (Prasad vd., 2011). Ölçülecek gazın optimum dalga boyu yakınında, iletilen ışının absorpsiyon miktarı her bir molekülün dalga boyu ile önemli ölçüde değiştiğinden (bu da gazlara ait özel moleküler imzalar yaratmaktadır) ayrışık absorpsiyon LIDAR (DIAL) olarak adlandırılan yöntem konsantrasyonları belirlemek için kullanılmaktadır.

2.2.3. Fiber Optik Sensörler

Fiber optik sensörler bir ışın modülasyonu (analit varlığına göre ışın parametrelerinden birinin değişimi) kullanılmaktadır. Polipriol, polianilin ya da politiyofen gibi iletken organik polimerler bazı gazlara maruz kaldığında dirençlerinde tersinir bir değişim göstermektedir (Agbor vd., 1995). İletkenlikteki değişim, kırılma indisinde değişime yol açan elektriksel geçirgenlikte değişime neden olur. Analitler kırılma indisi, absorpsiyon ve flüoresans gibi fiber optik boyunca iletim özelliklerinin değişiminin temeli olan optik özellikleri değiştirmek üzere kaplama ile reaksiyona girerler.

Fiber optik sensörler, elektromanyetik etkilere dayanıklılık, küçük ve kompakt boyutlar, hassasiyet, uzaktan algılama ve çeşitli tekstil yapılara

gömülebilme gibi özellikleri nedeniyle geleneksel sensörlere üstünlük sağlamaktadır (El-Sherif, 2003).

2.3. Yarı İletken Sensörler

İki elektrot arasındaki yalıtkan bir tabakaya yarı iletken bir madde uygulanması ile elde edilen ve katı hal (solid state) sensörleri olarak da adlandırılan bu sensörler temel olarak zehirli gazların sınırlı olarak da yanabilir hidrokarbonların tespitinde, kullanılmaktadır. Tabaka, izlenecek gazın yarı-iletken materyalin iletkenliğinde tersinir bir değişime neden olabilecek bir sıcaklığa ısıtılmakta, hedef gaz metal oksit filmin yüzeyi ile etkileşmekte ve bu etkileşim materyalin taşıyıcı konsantrasyonunda değişime yol açmaktadır

2.4. Elektrokimyasal Gaz Sensörleri

Elektrokimyasal sensörler, bir anot, katot ve elektrolit ihtiva eden, yakıt hücresine benzer sensörlerdir. Hücre içerisine difüze olan gaz bir kimyasal reaksiyona neden olmakta ve sonucunda bir akım üretmektedir. Tipik olarak CO, O₂, H₂ ve NOx gibi gazları tespit etmek için kullanılmakta ve düzgün çalışabilmeleri için belirli miktarda oksijen konsantrasyonuna ihtiyaç duymaktadırlar. Elektrokimyasal sensörler oldukça yüksek doğrulukta ölçümler yapabilmekte ve kolay zehirlenmemektedirler. Ancak, elektrokimyasal CO sensörleri H₂ ve H₂S'den, O₂ sensörleri CO'dan ve H₂ sensörleri ise CO ve H₂S'den etkilenebilmektedir. Bunun yanı sıra, elektrokimyasal gaz sensörleri dar sıcaklık aralıklarında faaliyet göstermekte, kuru ve sıcak ortamlarda raf ömürleri kısalmaktadır (Kumar vd., 2013).

3. TTK KOZLU MÜESSESİ VE MERKEZİ GAZ İZLEME SİSTEMİ

3.1. TTK Kozlu Müessesesi Hakkında Genel Bilgi

TTK Kozlu Müessesesi, Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun beş müessesesinden biri olup Zonguldak şehir merkezinden 6 km uzakta yer almaktadır. Türkiye'de bazı panolarında denizaltı madenciliği uygulanan tek ocaktır (Şekil 1).

TTK Kozlu Müessesesi'ne bağlı ocaklar havzanın en gazlı damarlarına sahip ocaklardandır. Her ne kadar damar gaz içerikleri ve desorpsiyon karakteristiklerini gösteren sistematik ölçüm verileri bulunmasa da müesseseye bağlı ocaklarda havza tarihi boyunca yaşanan patlama ve

ani gaz-kömür püskürmesi vakaları ocakların oldukça gazlı olduğunun net bir göstergesidir.



Şekil 1. Zonguldak Taşkömürü Havzası ve TTK Kozlu Müessesesi Yer Bulduru Haritası.

TTK Kozlu Müessesesi'ne bağlı ocaklarda üretim, Westfaliyen A yaşlı Kozlu formasyonunda yer alan ve kalınlıkları 0,8-8.0m arasında değişen toplam 22 damarda -200, -300, -425, -485, -560 ve -630 katlarında sürdürülmektedir. 2014 yılı itibariyle TTK Kozlu Müessesesi toplam (görünür, muhtemel, mümkün) rezervi 156.551.317 tondur.

Müessesede kömür, halihazırda çalışır durumdaki 11 panoda; pnömatik patlatma-tumba baca, ilerletimli-göçertmeli uzun ayak ve dönümlü-göçertmeli uzun ayak yöntemleriyle üretilmektedir. Müessese'nin 2014 yılı Kasım ayı itibariyle toplam tüvenan kömür üretimi 470,184 ton ve satılabilir kömür üretimi ise 269,166 ton olarak gerçekleşmiştir (TTK, 2014).

TTK Kozlu Müessesesi ocaklarında aktif olarak yedi kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular, havalandırma amacı dışında kömür, insan ve malzeme taşımada da kullanılmaktadır. Bu kuyulardan Uzun Mehmet 1 ve 2 no'lu kuyular ile Yeni ve İncirharmanı kuyuları hava giriş kuyuları olarak görev yapmaktadır.

3.2. Merkezi Gaz İzleme Sistemi

TTK Kozlu Müessesesi'ne ait ocaklarda ocak atmosferinin sürekli olarak izlenmesi ve olası tehlikelerin önüne geçmek amacıyla bir merkezi gaz izleme ağı tesis edilmiştir. Bu amaçla müessesede kurulan merkezi gaz izleme servisinde 14 operatör görev yapmaktadır.

Müesseseye ait ocaklarda ocak atmosferinin izlenmesi amacıyla ocak içinde konumlandırılmış, Tevel marka ve alev sızdırmaz özellikte, 87 adet metan (MPS-11D-NG), 12 adet karbon monoksit (MPS-06-NG), 7 adet hava hızı (MPS-02-NG), 6 adet basınç (MPS-08-NG) ve 3 adet de sıcaklık sensörü (MPS-03-NG) olmak üzere toplam 115 sensör mevcuttur. Bu sensörlerden metan sensörleri kızılötesi diğer sensörler ise elektrokimyasaldır. Sensörlerin elektronik kısımları paslanmaz bir çelik ile muhafaza edilmekte ve üzerinde bulunan askı sayesinde ocak içerisinde çeşitli yerlere/seviyelere asılmaya uygundur. Şekil 2'de bir metan sensörü örnek olarak gösterilmektedir. Ocakta kullanılan sensörlere ait teknik bilgiler Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 2. TTK Kozlu Müessese'sinde Kullanılan Tevel Marka MPS-11D-NG Metan Sensörü.

Müesseseye ait Merkezi gaz izleme istasyonunda ocak atmosferi ilgili personel tarafından sürekli olarak izlenmekte ve beklenmeyen herhangi bir durumda ocakta çalışan personel ve yetkili amir bilgilendirilmektedir. Ayrıca, sensörlerde anormal/tutsuz ölçümler kaydedildiğinde sensörler bir başka gaz ölçüm cihazı ile manuel olarak kontrol edilmekte ve herhangi bir sensör arızalıysa arızalanan sensörlerin bakım ve onarımları yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, ocaktaki tüm sensörler belirli aralıklarla kalibre edilmekte ve sensörlerin düzgün çalışmaları sağlan-

Çizelge 3. TTK Kozlu Müessesesi'nde Kullanılan Sensörlere Ait Teknik Bilgiler.

Sensör Tipi ve Modeli	Temel Fonksiyonlar	Çalışma Sıcaklığı Aralığı (°C)	Ölçüm Aralığı
Metan (MPS-11D-NG)	- Ölçüm	-20 / +50	0-100 %
Karbon monoksit (MPS-06-NG)	- Sonuçları dijital	-20 / +50	0-50 ppm
Hava Hızı (MPS-02-NG)	ekranda gösterme	-20 / +50	0-20 m/s
Basınç (MPS-08-NG)	- Alarm	-20 / +50	100-1100 mbar
Sıcaklık (MPS-03-NG)	- Komünikasyon	-20 / +50	-20 / +100°C

maktadır. TTK'ya bağlı müesseselerde bulunan merkezi gaz izleme sistemleri, TTK İş Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı'nca hazırlanan, 24.08.2010 tarih ve 242 sayılı "Merkezi Gaz İzleme Yönergesi" ile yürütülmektedir. Bu yönerge ile ilgili değerlendirmeler çalışmanın Bölüm 5'te ele alınacaktır.

4. MERKEZİ GAZ İZLEME SİSTEMİNDE GÖZLENEN MEVCUT SORUNLAR

TTK Kozlu Müessesesi'ne bağlı ocaklar her ne kadar sensörlerle donatılmış ve merkezi gaz izleme sistemi ile sürekli olarak izlense de uygulamada problemler olduğu gözlenmiştir.

Bu sorunlardan öncelikli olanı yeraltı kömür madenciliğine yönelik ve havalandırma işlerini kapsayan mevzuattaki açıklardan kaynaklanan sorunlardır. Konuya yönelik olarak Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca 19.09.2013 tarih ve 28770 sayılı (değişik 24.09.2014 tarih 29129 sayı) Resmi Gazete'de yayımlanan "Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetmeliği" grizulu yeraltı ocaklarında havalandırma ile ilgili temel bilgiler sağlasa da yönetmelik detaydan yoksundur. Bu yönetmelikte "üretim ünitelerinden dönüş havası içinde ve üretim yerlerindeki gazların birikebileceği yerlerde metan gazı seviyesi sürekli olarak izlenir" ifadesi ile sadece metan gazının izlenmesine yönelik bir değerlendirme yapılmakta, ancak izlenmesi gerekli diğer gazlar ve fiziksel özelliklerle (özellikle, CO, O₂) ilgili herhangi bir detay verilmemektedir. Bu da ocak içinde sensör yerlerinin seçiminde bir standardın uygulanmamasını ve sensör yeri seçiminin ocak personeline bırakılmış olduğunu göstermektedir.

Bunun yanı sıra, özellikle 2014 yılında madencilik endüstrisinde yaşanan facialardan sonra Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından "Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında

Yönetmelik" taslağı Madde 16'da, yürürlükteki yönetmeliğin EK-3'ünün 10.3'üncü bendinin sonuna "Merkezi izleme sistemine bağlı sensörler, oksijen, metan, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, sıcaklık ve hava hızı değerlerini ölçecek şekilde, sayıları ve yerleri sağlık ve güvenlik dokümanında belirlenecek şekilde yerleştirilir. Ancak, bu sensörler asgari olarak, ocağın ana hava girişi yolunda, üretim bölgelerinin her birinin temiz hava girişi ve dönüş yollarında, hazırlık çalışması yapılan bölgelerin hava dönüş yollarında ve ocağın kirliliğinin havasının ocak dışına çıktığı nefesliklerde bulunacaktır ibaresi eklenmiştir" denilmektedir. Her ne kadar anılan yönetmelik taslağında sensör yerlerine atıfta bulunulsa da sensörlerin kesit içinde nerelere konumlandırılması gerektiği belirtilmemektedir. Ayrıca, yayımlarının takip edilmesi beklenen gazlar ile hava hızı gibi fiziksel parametrelerin ölçülmesinde pratikte yaşanan problemlerin de göz ardı edilmiş olduğu görülmektedir. Örneğin, yeraltı ocaklarında hava hızı ölçümlerinin yeraltı açıklığının kesiti içerisinde tek bir noktada konumlandırılmış tek bir sensörle yapılması oldukça hatalı sonuçlara yol açmaktadır.

TTK ise bünyesindeki yeraltı kömür ocaklarındaki ocak atmosferinin izlenmesine yönelik olarak "Merkezi Gaz İzleme Sistemi Yönergesi" adı altında bir yönerge yayımlamıştır (TTK, 2014). Bu yönergede ocağa konumlandırılacak sensörlerin korunması, alarm seviyeleri ve sensör yerleri hakkında genel bilgiler vermekte ve buna yönelik olarak "metan, CO vb. sensörler galeri veya taban arınında kesinlikle basınçlı veya tali havalandırma akımına maruz kalmayacak şekilde yan cidarda, en az ağız-burun seviyesinin üstünde tavana yakın olarak yerleştirilecektir" denmektedir. Ancak, yeraltı kömür ocaklarında yayılım gösterebilecek gazların özellikle yoğunluk gibi fiziksel özelliklerinin farklı olması nedeniyle bu yönergede belirtilen esaslara göre

seçilecek sensör yerlerinin uygun olamayabileceği ve hatalı ölçümlere neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, ocağa sağlanan havanın yoğunluğundaki değişimlerin özellikle derinleşen ocak koşullarında sensör yeri seçiminde etkili olabileceği de düşünülmektedir.

Gaz izleme sistemi ile ilgili olarak TTK Kozlu Müessesesi'nde karşılaşılan sorunlardan bir diğeri de lağım ateşlemelerindeki ölçümlerde yaşanmaktadır. Ateşleme ile yapılan lağım ilerlemelerinde olası fiziksel zararların önüne geçmek amacıyla sensörler arından uzak bir noktaya konumlandırılmakta ve bu da açığa çıkan gazların ölçümlerinde hatalara neden olmaktadır.

5. OCAKTA YAPILAN ÖLÇÜMLER

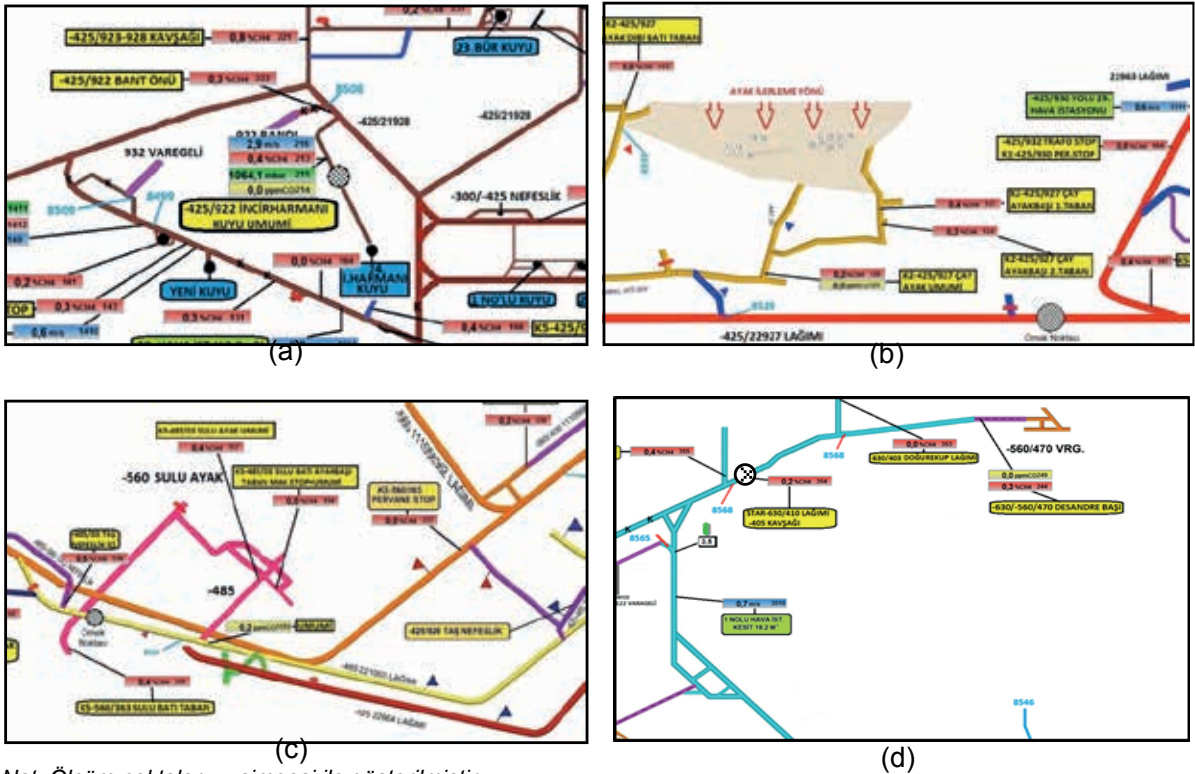
Bir önceki bölümde bahsedilen problemlerin ve TTK Kozlu Müessesesi'ne ait ocaklarda sensör verilerinin doğruluğunun araştırılması amacıyla çeşitli ocak kesimlerinde metan konsantrasyonuna yönelik olarak, -425 katı İncirharmanı Kuyu bağlantı lağımı (İncirharmanı), -425 katı Kartiye 2 umumi lağımı (Kartiye 2) ve -485 katı Kartiye 5 umumi lağımında (Kartiye 5) ve -630 katı Doğu


Lağımı olmak üzere dört farklı noktada çeşitli tarihlerde manuel ölçümler yapılmış ve ölçüm değerleri merkezi gaz izleme sisteminden alınan verilerle karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra, anılan noktalarda hava yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla barometrik basınç, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri yapılmıştır. Bu sayede ocağa sağlanan havanın ocak içindeki farklı noktalarda yoğunluğundaki değişim gözlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, ocakta bulunan hava hızı sensörleri değerlerinin doğruluklarını test etmek amacıyla bu noktalarda hava hızı ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te ölçüm yapılan ocak kesimlerinin planları ve ölçüm noktaları verilmektedir.

5.1. Metan Konsantrasyonu Ölçümleri

Şekil 3'te belirtilen yerlerde çeşitli tarihlerde ocak içerisinde manuel metan konsantrasyonu ölçümleri yapılmış ve ölçülen değerler sensörler tarafından ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Manuel ölçüm değerleri ile sensör ölçümleri değerleri Çizelge 4'te sunulmuştur.

Ölçüm sonuçları incelendiğinde birkaç ölçüm dışında sensör ölçümlerinin daha yüksek değerler



Not: Ölçüm noktaları  simgesi ile gösterilmiştir.

Şekil 3. Ocak Kesimlerinin Planları ve Ölçüm Noktaları: (a) -425 Katı İncirharmanı Kuyu Bağlantı Lağımı, (b) -425 Katı Kartiye 2 Umumi Lağımı ve (c) -485 Katı Kartiye 5 Umumi Lağımı (d) -630 Katı Doğu Lağımı.

verdiği görülmektedir. Sağlıklı değerlendirme yapabilmek için daha çok ölçüm sonucuna ihtiyaç bulunmakla beraber bu sonucun ocak güvenliği için tehlike yaratmayacağı düşünülmektedir. Ancak, Avrupa Birliği standartlarında yer alan ve yeraltı kömür ocaklarından atmosfere yayılan metan miktarının kayıt altına alınması gerektiği düşünüldüğünde, sensörlerle ölçülen değerlerin yüksek olmasının atmosfere yayılan toplam metan miktarının raporlanmasında önemli etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Sensör yerinin metan konsantrasyonu ölçümlerine olan etkisini araştırmak amacıyla -425/923 Ana yol ve -485/03 Domuzcu Batı taban yolunda, biri yan cidarda ve biri de tavana asılı olmak üzere iki adet sensörü ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucunda her iki ölçüm noktasında tavana asılan sensörün, beklendiği üzere, yan cidarda olandan daha yüksek ölçümler yaptığı görülmüştür. Domuzcu Batı taban yolunda yapılan ölçümlerde, tavanda asılı sensör %4,69 CH₄ ölçerken yan cidarda bulunan ancak %2,85 ölçmüştür. Bu durumda, patlama bölgesinde bulunan bir metan konsantrasyonunun yan cidardaki sensör tarafında algılanmadığı net bir şekilde görülmüştür. Bu ölçüm sonucu, metan sensörlerinin mutlaka tavana mümkün olan en yakın yere konmasının gerekliliğini bir kere daha göstermiştir.

5.2. Hava Yoğunluğuna Yönelik Ölçümler

Çalışma kapsamında, hava yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla daha önce belirtilen noktalarda barometrik basınç, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Hava yoğunluğu hesaplamaları Davis (1992) ve Picard vd. (2008) tarafından belirtildiği üzere 1-5 eşitlikleri yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\rho_a = \frac{pM_a}{ZRT} \left[1 - x_v \left(1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right] \quad (1)$$

Burada; ρ_a nemli havanın yoğunluğunu, p barometrik basıncı (Pa), t hava sıcaklığını (°C), T termodinamik sıcaklığı (°K) ($273+t$), x_v su buharının molar fraksiyonunu, M_a kuru havanın molar kütlelerini (gmol^{-1}), M_v suyun molar kütlelerini (gmol^{-1}), Z sıkıştırılabilirlik faktörünü ve R molar gaz sabitini ($\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) göstermektedir.

Eşitlik 1'de kullanılan M_a değeri genellikle sabit

olarak kabul edilmektedir. Bunun yanı sıra, suyun mol fraksiyonu (x_v) doğrudan ölçülmekte, ya bağıl nemin (h) ya da yoğuşma noktası sıcaklığının ölçülmesi ile hesaplanmaktadır. Her iki durumda da nemli havanın doymuş buhar basıncının ($p_{sv}(t)$) bilinmesi gereklidir. Bu hesaplama Eşitlik 2 kullanılarak yapılmaktadır.

$$p_{sv} = 1 \text{ Pa} \times \exp(AT^2 + BT + C + \frac{D}{T}) \quad (2)$$

x_v 'nin hesaplanması için ayrıca, Eşitlik 3'te verilen geliştirme faktörü (f) de gereklidir.

$$f = a + b p + g t^2 \quad (3)$$

Bu eşitlikte α , β ve γ sabit parametreleri, t ise sıcaklığı temsil etmektedir (°C).

p_{sv} ve f hesaplandıktan sonra eşitlik 2 ve 3 kullanılarak eşitlik 4 kullanılarak x_v hesaplanır.

$$x_v = hf(p, t) \cdot \frac{p_{sv}(t)}{p} \quad (4)$$

Burada, h bağıl nemi temsil etmektedir. Formülde kullanılan bağıl nem $0 \leq h \leq 1$ aralığındadır. Dolayısıyla, %42'lik bir enstrümental değer $h=0.53$ olarak ifade edilmektedir.

Son olarak, sıkıştırılabilirlik faktörü, Z , ise Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$Z = 1 - \frac{p}{T} [a_0 + a_1 + a_2 t^2 + (b_0 + b_1 t)x_v + (c_0 c_1 t)x_v^2] + \frac{p^2}{T^2} (d + ex_v^2) \quad (5)$$

Eşitlik 2, 3 ve 5'te kullanılan sabit parametrelerin ($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, c_0, c_1, d$ ve e) değerleri Giacomo (1982)'nin çalışmasında verilmektedir.

Ocakta gerçekleştirilen ölçümler sonucunda hesaplanan hava yoğunluğu değerleri Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir.

Çizelge 4. Manuel Metan Konsantrasyonu Ölçümleri Ve Sensör Ölçümlerinin Karşılaştırılması.

Tarih	İncirharmanı		Kartiyeye 2		Kartiyeye 5		Doğu Lağımı*	
	Manuel (%)	Sensör (%)	Manuel (%)	Sensör (%)	Manuel (%)	Sensör (%)	Manuel (%)	Sensör (%)
10.10.2014	0,40	0,60	-	-	-	-	-	-
13.10.2014	-	-	0,10	0,20	-	-	-	-
15.10.2014	-	-	-	-	0,80	0,90	-	-
20.11.2014	0,48	0,50	-	-	-	-	-	-
21.11.2014	-	-	0,15	0,10	-	-	-	-
22.11.2014	-	-	-	-	1,00	1,10	-	-
25.11.2014	-	-	-	-	0,80	1,00	-	-
28.11.2014	-	-	0,10	0,20	-	-	-	-
29.11.2014	0,48	0,40	-	-	-	-	-	-
08.12.2014	-	-	-	-	1,10	0,90	-	-
09.12.2014	-	-	0,15	0,20	-	-	-	-
10.12.2014	0,58	0,50	-	-	-	-	-	-
31.12.2014	0,46	0,40	0,25	0,20	1,00	0,90	-	-
15.01.2015	0,35	0,38	-	-	-	-	-	-
20.01.2015	-	-	0,25	0,30	-	-	0,10	0,10
22.01.2015	0,33	0,38	0,20	0,30	-	-	-	-
24.01.2015	0,46	0,80	0,27	0,38	-	-	-	-
27.01.2015	0,60	0,60	0,30	0,40	-	-	0,10	0,10
28.01.2015	0,30	0,38	0,50	0,62	-	-	-	-
21.02.2015	-	-	-	-	-	-	0,10	0,10
23.02.2015	0,46	0,75	0,25	0,70	-	-	-	-
24.02.2015	-	-	0,25	0,70	-	-	0,10	0,10
25.02.2015	0,40	0,50	0,20	0,60	-	-	0,10	0,10
26.02.2015	-	-	-	-	-	-	0,10	0,10
28.02.2015	0,62	0,35	0,23	0,70	-	-	-	-
04.03.2015	-	-	0,20	0,70	-	-	0,10	0,10
07.03.2015	0,40	0,50	0,20	0,60	-	-	-	-
09.03.2015	-	-	-	-	-	-	0,10	0,10
11.03.2015	-	-	-	-	-	-	0,10	0,10

*Ölçüm yapılan tarihlerde üretim olmaması nedeniyle sensör ve ölçüm değerlerinde farklılık gözlenmemiştir.

Çizelge 5. İncirharmanı ve Kartiye 2'de Ölçülen Sıcaklık (t), Barometrik Basınç (p) ve Bağıl Nem Değerleri (h) ile Hesaplanan Hava Yoğunlukları (ρ_a).

	Tarih	t (°C)	p (mmHg)	h (%)	ρ_a (kg/m ³)	
İncirharmanı	10.10.2014	22,9	798,14	94,2	1,241	
	20.11.2014	21,5	791,84	88,9	1,238	
	29.11.2014	22,4	800,39	93,1	1,247	
	10.12.2014	22,3	793,34	92,5	1,236	
	15.01.2015	21,0	795,81	89,0	1,247	
	22.01.2015	21,9	800,32	88,4	1,250	
	24.01.2015	20,7	795,81	90,5	1,238	
	27.01.2015	21,7	795,07	90,4	1,242	
	28.01.2015	21,9	793,57	90,8	1,239	
	23.02.2015	20,0	794,32	86,7	1,250	
	25.02.2015	20,2	790,57	86,9	1,243	
	28.02.2015	20,1	791,32	88,0	1,244	
	07.03.2015	19,8	799,87	88,2	1,260	
	19.03.2015	20,1	824,32	91,0	1,290	
	10.04.2015	20,0	801,07	90,0	1,260	
	Kartiye 2	13.10.2014	22,2	797,02	94,6	1,242
		21.11.2014	21,9	799,94	95,0	1,248
28.11.2014		21,2	807,67	89,2	1,265	
09.12.2014		22,5	791,17	93,7	1,232	
20.01.2015		20,2	802,57	89,0	1,261	
22.01.2015		21,0	806,32	90,1	1,263	
24.01.2015		21,6	795,07	91,6	1,243	
27.01.2015		21,3	801,07	91,4	1,253	
28.01.2015		21,2	798,82	91,2	1,250	
23.02.2015		19,2	799,57	90,4	1,261	
24.02.2015		20,4	795,97	89,8	1,250	
25.02.2015		20,3	796,57	88,5	1,252	
28.02.2015		20,0	797,32	90,1	1,254	
04.03.2015		21,0	810,82	87,3	1,271	
07.03.2015		20,2	805,57	88,8	1,266	
19.03.2015		20,4	805,57	95,0	1,266	
10.04.2015		19,0	806,62	90,0	1,270	

Çizelge 6. -485 Kartiye 5 ve -630 Doğu Lağımında Ölçülen Sıcaklık (t), Barometrik Basınç (p) ve Bağıl Nem Değerleri (h) ile Hesaplanan Hava Yoğunlukları (ρ_a).

	Tarih	t (°C)	p (mmHg)	h (%)	ρ_a (kg/m ³)
Kartiye 5	04.03.2015	23,1	793,34	81,2	1,234
	07.03.2015	21,5	797,09	80,5	1,248
	25.11.2014	22,0	797,39	89,2	1,245
	08.12.2014	21,3	791,92	79,4	1,241
	31.12.2014	21,5	794,32	79,6	1,243
	20.01.2015	18,3	826,80	64,0	1,312
	26.01.2015	21,8	821,32	74,1	1,284
-630 Doğu Lağımı	27.01.2015	19,4	827,47	63,2	1,308
	21.02.2015	18,4	826,57	63,2	1,311
	24.02.2015	19,5	821,32	65,0	1,297
	25.02.2015	18,6	826,72	66,0	1,310
	26.02.2015	20,7	823,57	61,3	1,295
	04.03.2015	20,0	827,32	66,0	1,304
	09.03.2015	19,8	826,72	64,1	1,304
	11.03.2015	23,3	822,37	64,9	1,280
	19.03.2015	18,2	825,22	79,0	1,310
	10.04.2015	17,5	826,05	67,0	1,310

Çizelge 5 ve 6 incelendiğinde, ocağın farklı kesimlerinde ölçülen sıcaklık, barometrik basınç ve bağıl nem değerleri kullanılarak hesaplanan hava yoğunluk değerlerinin 1,232 kg/m³ ile 1,312 kg/m³ arasında değiştiği görülmektedir. Bu bağlamda, hava yoğunluğunun ocak içerisinde, özellikle derin kotlara inildiğinde, değişiklik göstermesinin sensörler tarafından ölçülecek gazın kesit içindeki yeri (tavanda/tabanda birikme ya da hava ile benzer yoğunluğa sahip olma vb.) açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu durumda, hava yoğunluğundaki değişimlerin sensör yerini etkilemesi olasıdır.

5.3. Hava Hızı Ölçümleri

Hava hızı sensörlerinin doğru ölçümler yapmasının sağlanması yeraltı kömür ocaklarında havalandırma ve havalandırma ile atılan metanın izlenmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, hava hızı değerleri doğru ölçüldüğünde ocaktaki hava dağılımının durumu ile ilgili sürekli bilgiler vermektedir. Hız sensörleri hava akımındaki herhangi bir yavaşlama, ya da bir havalandırma arızası durumlarında erken uyarı sağlamakta ve herhangi bir gaz birikmesinden önce zamanında önlemler alınabilmektedir.

Çalışma kapsamında daha önce belirtilen noktalarda NAS 4 (Polonya) marka dijital ve pervaneli bir anemometre yardımıyla hava hızı ölçümleri yapılmış ve ölçülen değerler sensör değerleri ile karşılaştırılmıştır. Anemometre ile hava hızı ölçümleri kesit içerisinde dolaştırma yöntemi uygulanarak ölçülmüştür. Çizelge 7’de çalışma kapsamında anemometre ile ölçülen hava hızı değerleriyle ilgili sensör değerleri verilmektedir. Ancak, -485 Kartiye 5 Umumi lağımında hava hızı sensörü bulunmadığından bu ölçüm noktasına ait sensör değerleri çizelgede verilememiştir.

Çizelge 7 incelendiğinde sensörler tarafından ölçülen hava hızı değerlerinin anemometre ile ölçülen değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, sensör ölçümleri ile anemometre ile ölçülen hava hızı değerleri arasındaki farkın ortalama %50 civarında olduğu gözlenmiştir. Hava hızı değerlerindeki böylesi büyük farkların kabul edilebilir düzeylerde olmadığı aşıkardır. Sensör ölçümlerindeki bu hatanın büyük bir oranda hava hızını ölçen sensörün ölçüm yapılan açıklığın kesiti içerisinde sadece belirli bir noktada konumlandırılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu düşünceden hareketle ocakta kullanılan bir hava hızı sensörü ile 14m² kesitli bir galeride, sensörün yeri değiştirilerek ölçümler gerçekleştirilmiş ve sensörün optimum yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçümler sonucunda, sensörün tavandan yaklaşık 50cm mesafe uzaklığa asılması durumunda en gerçekçi ölçümü yaptığı tespit edilmiştir (Şekil 4).

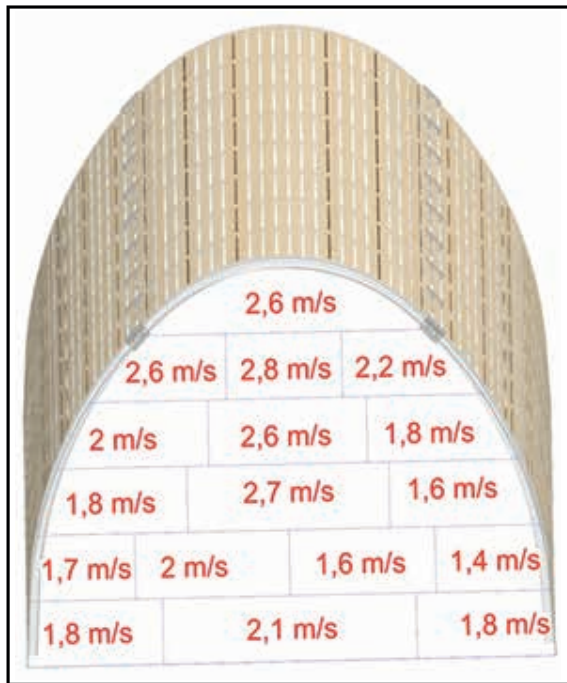
Çizelge 7. Çalışma Kapsamında Anemometre İle Olarak Ölçülen Hava Hızı Değerleri ve İlgili Sensör Değerleri.

	Tarih	Hava Hızı (m/sn)		
		Manuel	Sensör	Fark (%)
İncirharmanı	10.10.2014	7,33	3,21	56,2
	20.11.2014	7,33	2,76	62,3
	29.11.2014	7,23	3,10	57,1
	10.12.2014	7,08	2,76	61,0
	31.12.2014	7,00	5,80	17,1
Kartiye 2	13.10.2014	1,13	0,56	50,4
	21.11.2014	1,20	0,47	60,7
	28.11.2014	1,13	0,38	66,4
	09.12.2014	1,24	0,69	44,3
	31.12.2014	1,22	0,8	34,4
Kartiye 5	15.10.2014	0,86	--	--
	22.11.2014	0,83	--	--
	25.11.2014	0,88	--	--
	08.12.2014	0,88	--	--
	31.12.2014	0,94	--	--

Hava hızı sensörünün optimum yeri belirlendikten sonra -425 katında 927, 930 ve 929 galerilerinde ölçümlere devam edilmiş ve sensör ölçümleri ile manuel ölçümler karşılaştırılmıştır. Ölçümler sonucunda hava hızı sensörünün kesit içerisinde optimum yere asılması durumunda dahi manuel ölçümlerden yine de daha az değerler verdiği tespit edilmiştir. Ancak, sensör ölçüm değerlerinin 1,15 ile 1,25 arasında bir katsayı ile çarpılması sonucunda manuel ölçüm değerlerine oldukça yakın değerler elde edildiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, -425 katı 927, 929 ve 930 galerilerinde sensör ile ve manuel olarak ölçülen hava hızı değerleri ve sensör değerlerinin 1,15, 1,20 ve 1,25 katlarıyla ile çarpıldıktan sonra elde edilen hava hızı değerleri Çizelge 8, 9 ve 10’da verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde, birkaç ölçüm hariç, anılan katsayılarla çarpıldığında neredeyse tüm sensör ölçüm değerlerinin manuel ölçüm değerlerine oldukça yaklaştığı hatta aynı değerlerin elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 8. -425/930 Galerisinde Hava Hızı Ölçüm Sonuçları.

-425/927 Galerisi					
Tarih	Hava Hızı (m/s)		Katsayı		
	Manuel	Sensör	1,15	1,20	1,25
20.01.2015	1,15	0,90	1,04	1,08	1,13
22.01.2015	1,10	0,90	1,04	1,08	1,13
26.01.2015	1,00	0,80	0,92	0,96	1,00
23.02.2015	1,15	0,90	1,04	1,08	1,13
24.02.2015	1,21	0,90	1,04	1,08	1,13
25.02.2015	1,18	0,80	0,92	0,96	1,00
28.02.2015	0,97	0,80	0,92	0,96	1,00
04.03.2015	1,25	0,90	1,04	1,08	1,13
07.03.2015	1,21	0,90	1,04	1,08	1,13
01.04.2015	0,96	0,80	0,92	0,96	1,00
03.04.2015	1,12	0,90	1,04	1,08	1,13
06.04.2015	1,16	0,80	0,92	0,96	1,00
09.04.2015	0,93	0,80	0,92	0,96	1,00



Şekil 4. 14m² Kesitli Galeri İçerisinde Hava Hızı Sensörü ile Ölçülen Değerler.

Çizelge 9. -425/930 Galerisinde Hava Hızı Ölçüm Sonuçları.

-425/929 Galerisi					
Tarih	Hava Hızı (m/s)		Katsayı		
	Manuel	Sensör	1,15	1,20	1,25
25.03.2015	4,20	3,40	3,91	4,08	4,25
28.03.2015	4,30	3,70	4,25	4,44	4,60
01.04.2015	4,10	3,40	3,91	4,08	4,25
06.04.2015	4,80	3,90	4,50	4,68	4,87
08.04.2015	4,90	3,90	4,50	4,68	4,87

Çizelge 10. -425/930 Galerisinde Hava Hızı Ölçüm Sonuçları.

-425/930 Galerisi					
Tarih	Hava Hızı (m/s)		Katsayı		
	Manuel	Sensör	1,15	1,20	1,25
23.02.2015	0,82	0,70	0,81	0,84	0,88
24.02.2015	0,90	0,70	0,81	0,84	0,88
25.02.2015	0,70	0,60	0,69	0,72	0,75
28.02.2015	0,80	0,60	0,69	0,72	0,75
04.03.2015	0,92	0,80	0,92	0,96	1,00
07.03.2015	0,80	0,70	0,81	0,84	0,88
17.03.2015	0,80	0,70	0,81	0,84	0,88
19.03.2015	0,85	0,70	0,81	0,84	0,88
23.03.2015	0,92	0,80	0,92	0,96	1,00
25.03.2015	0,94	0,80	0,92	0,96	1,00
27.03.2015	0,88	0,70	0,81	0,84	0,88
01.04.2015	0,78	0,60	0,69	0,72	0,75
07.04.2015	0,82	0,70	0,81	0,84	0,88

SONUÇLAR

Bir yeraltı açıklığında hava hızı, yaş sıcaklık, kuru sıcaklık, CH₄, CO ve barometrik basınç değerleri önemli maden kazalarının, ilgili risklerin ve bu tür olaylara karşı alınacak tedbirlerin anlaşılmasında temel parametrelerdir. Bu nedenle, bu parametrelerin doğru bir şekilde ölçülmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda, bu çalışmada TTK Kozlu Müessese Müdürlüğü'ne bağlı yeraltı ocaklarında metan (CH₄) konsantrasyonu ve hava hızını ölçmeye yönelik olarak manuel ölçümler gerçekleştirilmiş ve elde edi-

len sonuçlar sensör verileriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, ocak içerisinde çeşitli noktalardaki hava yoğunluğundaki değişimleri gözlemek amacıyla bağıl nem, sıcaklık ve basınç ölçümleri yapılmış ve hava yoğunlukları hesaplanmıştır.

Metan konsantrasyonuna yönelik yapılan ölçümlerde manuel ölçüm değerlerinin sensör değerlerinden %5-10 düşük olduğu görülmüştür. Bu sonucun ocak güvenliği açısından bir tehlike yaratmadığı ancak ocaktan atmosfere salınan metan miktarının hesaplanmasında hatalara neden olacağı değerlendirilmiştir. Buna yönelik olarak ölçüm sayılarının artırılması ve sensörlerin daha yakından izlenerek daha doğru ölçümlerin sağlanmasının yerinde olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, metan dışında diğer tehlikeli gazların da (CO, CO₂ vb.) konsantrasyon ölçümlerinin yapılması ve sensör ölçümleri ile konumlarının doğruluklarının araştırılması yerinde olacaktır. Bunun yanı sıra, çalışma kapsamında, -485/03 Domuzcu Batı taban yolunda yapılan ölçümler metan sensörlerinin tavana en yakın yere asılmasını gerekliliğini bir kez daha göstermiştir. Yanlış konuma konan sensörlerin iş güvenliğini ve sağlığını tehdit edeceği açıktır.

Çalışma kapsamında hava yoğunluğunun belirlenmesine yönelik olarak bağıl nem, sıcaklık ve barometrik basınç değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlardan ocak içerisinde hava yoğunluğunun 1,232 kg/m³ ile 1,312 kg/m³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ölçüm verileriyle hesaplanan hava yoğunluğu değerlerinin aynı kat içerisinde (-425 katı) dahi farklar gösterebildiği saptanmıştır. Dolayısıyla, ocak içerisinde hava yoğunluğundaki değişimlerin tehlikeli gazların kesit içerisindeki konumlarını değiştirebileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, hava yoğunluğu değerlerinin sensörlerin bulunduğu noktalarda kontrollerinin özellikle spesifik durumlarda sensör yerlerinin değiştirilmesine yönelik olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir. Çalışmada, derin kotlarda hava yoğunluğunun değişimine yönelik olarak -630 katında ölçümler yapılmış ve hesaplanan hava yoğunluğu değerlerinin sığ kotlara göre yaklaşık %5-6 oranında yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada son olarak anemometre ile hava hızı ölçümleri gerçekleştirilmiş ve bu değerler ile sensör değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçları hava hızı sensörlerinin oldukça düşük hava hızı değerleri verdiğini ve dolayısıyla bu sensörlerin güvenilir olmadığını göstermiştir. Buna ölçüm yapılan açıklık kesiti içinde sadece bir noktada

hava hızı sensörü olmasının sebep olduğu değerlendirilmiştir. Bu problemin çözümüne yönelik olarak, aynı noktada kesitin farklı yerlerine yerleştirilecek 3-4 hava hızı sensörünün kullanılmasının ve bu sensörlerin ölçüm değerlerinin ortalamasının alınmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada ayrıca, yeraltı kömür ocaklarında kullanılan merkezi gaz izleme sistemleri ile ilgili mevzuat da incelenmiş ve mevzuatın bu konuda yetersiz olduğu kanaatine varılmıştır. Ülkemizdeki mevcut mevzuatta merkezi gaz izleme sistemlerinde kullanılan sensörlerin ocak içerisindeki yerleri kabaca tarif edilmiş olsa da kesit içerisindeki konumla ilgili net bilgiler verilmemektedir. Oysa gelişmiş ülkelerde ölçümlerin yapılacağı yerler ve izleme enstrümanlarının ocak içerisindeki yerleri net olarak tarif edilmektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde halihazırda kullanılan Mine Safety and Health Administration (MSHA) tarafından yayımlanmış "Standards for Underground Coal Mine Ventilation" yönetmeliğinde metan ölçümlerinin tavadan, arıandan ve tabandan en az 12 inç mesafeden ölçülmesinin gerektiği; metan monitörlerinin hava dönüş yoluna, kesici-yükleyici makine üzerine hava yönünde ve kesici kafaya mümkün olan en yakın mesafeye konulması ve monitöre bağlanması gerektiği gibi kesin ifadeler yer verilmektedir (MSHA, 1996). Bu bağlamda, ülkemizdeki mevzuatın daha da geliştirilmesi ve yeraltı kömür ocaklarında görev yapan teknik personele daha kesin bilgiler verebilecek hale getirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yeraltı kömür ocaklarında gerçekleştirilen ölçümlerde her zaman "doğruluk" (gerçek değerlerle ölçülen değerler arasındaki fark) sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Bu ölçümlerde "küçük hataların" kabul edilebilirliği yönünde tavsiyeler bulunmakla birlikte mevcut durumda bu hatalarla ilgili herhangi bir kılavuz çalışma ya da değer bulunmamaktadır. Dolayısıyla, enstrüman performansının doğru olarak ölçülmesi ancak uzun süreli vardiya ortalamaları üzerinden yürütülmesi gereken bir etüt ve izleme sistemi verileri ile manuel ölçümlerin karşılaştırılması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agbor, N E, Petty, M C, Monkman, A P, 1995. Polyaniline thin films for gas sensing, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 28, 173-179.
- Chou, J, 1999. *Hazardous gas monitor: a practical*

guide to selection, operation and applications, McGraw Hill publication, New York, 256 s.

Davis, R S, 1992. Equation for the determination of the density of moist air (1981/91), *Metrologia*, 29, 67-70.

Eggins, B R, 2002. Chemical Sensors and *Biosensors*. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, England, 273 s.

El-Sherif, M A, 2003. Smart Textiles Created with Embedded Sensors. *MRS Bulletin Technology Advances*, 28, 2, 101-102.

Farmer, D E, 1982. US patent on methane monitoring system, US4329870 A.

Giacomo, P, 1981. Determination of the density of moist air, *Metrologia*, 1982, 18, 33-40.

Kumar, A, Kingson, T M G, Verma, R P, Kumar, A, Mandal, R, Dutta, S, Chaulya, S K, Prasad, G M, 2013. Application of gas monitoring sensors in underground coal mines and hazardous areas, *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering*, 3, 3, 9-23.

Mcfadden, E F, 2000. US patent on gas detection circuitry, US 6489787 B1.

Micko, E S, 1981. US patent on combustible gas detection system, US4305724 A.

MSHA, 1996. *Standards for Underground Coal Mine Ventilation*, The U.S. Mine Safety and Health Administration, Volume 61, number 18.

Nakatani, M, Sakai S, 1996. US patent on gas detecting method and apparatus.

Picard, A, Davis, R S, Glaser, M, Fujii, K, 2008. Revised formula for the density of moist air, *Metrologia*, 45, 149-155.

Prasad, C R, Lin, B, Lee, H S, 2011. Airborne tunable mid-IR laser gas-correlation sensor", US Patent no. 7965391.

TTK, 2014. www.taskomuru.gov.tr (23.12.2014 tarihinde ulaşılmıştır).

Valoski, M P, (2010). Instruments For Gas Analysis At Mine Fires/Explosions. *SME Annual Meeting* (pp. Preprint 10-039). Phoenix, the USA.

Zhang, Y, Xu, G, Li, A, Li, Y, Gu, Y, Liu, S, Wei, L, (2006). Mid-infrared tunable diode laser absorption spectroscopy for gas sensing, *Joint 31st International Conference: IEEE Conference on Infrared Millimeter Waves and 14th International Conference on Terahertz Electronics*, s.181, Shanghai, China.

Bu Makale 14 – 17 Nisan 2015 tarihinde düzenlenen IMCET 2015-Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE BÜYÜK MADEN KAZALARI BIG MINING DISASTERS FROM PAST TO PRESENT

Serdar Yaşar*
Serkan İnal**
Özüm Yaşar***
Serkan Kaya****

ÖZET

Madencilik tarihi insanlık tarihi kadar eskidir. Bundan dolayı madencilik insanoğlu için önemini hiçbir zaman yitirmemiştir. Sanayi devriminin gerçekleşmesiyle, hammadde ihtiyacı çok büyük oranlarda artmıştır. Hammadde ihtiyacındaki bu artış, hammaddenin en önemli kaynağı olan madencilik faaliyetlerindeki üretimin de çok büyük oranlarda artmasına sebep olmuştur. Üretimdeki bu artış ise madencilik teknolojisinin buna paralel olarak gelişmemesinden dolayı çok büyük faciaların meydana gelmesine davetiye çıkarmıştır.

Bu çalışmada öncelikle madencilüğün kısa bir tarihinden ve madencilik kazalarından bahsedilmiştir. Ardından dünyada meydana gelen çok büyük maden facialarına değinilmiştir. Bunlar: Courrières, Monongah, Senghenydd ve Benxihu maden facialarıdır. Ardından ülkemizde kayıtlara geçmiş olan Armutçuk, Kozlu, Küre, Elbistan, Soma ve Ermenek maden facialarından ve nedenlerinden bahsedilmiştir. Sonuç olarak ta tüm maden kazaları ile ilgili genel bir değerlendirmeye yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Madencilik tarihi, Maden kazaları, Benxihu, Soma

ABSTRACT

History of mining is as old as human history. Therefore, mining has never lost its significance for human race. Following the industrial revolution, demand for raw materials has been increased dramatically. Increase in the demand has led the production rate in mining sector boost strikingly which is the only resource of raw materials. The increase in the production resulted in big disasters because of the lack of simultaneous development of mining technology with production.

In this paper, firstly a brief history of mining and mining accidents were introduced. Major mining accidents took place in different countries were mentioned which were Courrières, Monongah, Senghenydd and Benxihu mining disasters. Afterwards, worst mining disasters occurred in Turkey which are Armutçuk, Kozlu, Kure, Elbistan, Soma and Ermenek accidents and their reasons were mentioned. As a result, a brief evaluation about all mining disasters were given at the end of the paper.

Keywords: Mining history, Mining accidents, Benxihu, Soma

* Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON, seyasar@ktu.edu.tr
** Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON
*** Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON
**** Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniv., Müh. Fak., Maden Müh. Böl., TRABZON

1. KISA BİR MADENCİLİK TARİHİ

İnsanoğlu hayati ihtiyaçlarını karşılayabilmek için varoluşunun başından beri tarım ve madencilik yöneltmiştir. Bu sebeple madencilik tarihi insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. Bilinen ilk madencilik faaliyetlerinin kesin bir tarih olmakla birlikte M.Ö. 300.000'e dayanmadığı ve bu tarihte insanoğlunun silah ve çeşitli araç-gereç yapımı için sileks, çakmaktaşı ve obsidiyen çıkarmaya ihtiyaç duyduğu belirtilmektedir (Hartman, 1992). 1960'lı yıllara kadar kayıtlara geçen ilk madencilik faaliyetinin Sina Yarımadası'nda gerçekleştirilen turkuaz madencilik olduğu öne sürülmekteydi ancak, 20. Yüzyılın ortasında yapılan keşifler sonucunda ilk madencilik faaliyetinin Svaziland'daki hematit ocağı olduğu ve M.Ö. 43.000 yılında işletildiği sonucuna varılmıştır (Unwin, 2012). Belki de ileriki yıllarda yapılacak keşifler, arkeolojik kazılar ve araştırmalar madencilik tarihinin çok daha eski olduğunu gözler önüne serecektir. Şimdilik ilk madencilik çalışmalarının bu tarihlere dayandığını ve bu tarihten sonra da insanoğlunun beslenme dışındaki tüm ihtiyaçları için yer kabuğunu kazarak maden çıkarmaya, işlemeye ve kullanmaya günden güne daha fazla ihtiyaç duyduğunu kesin bir şekilde söyleyebiliriz. Bu bağlamda bakıldığında bile madencilik medeniyetin gelişmesindeki öneminin, madencilik konusuna uzak olan tarihçilerin anlattığından ve sıradan halkın bildiğinden çok daha fazla olduğu aşikârdır. (Lewis ve Clark, 1964; Hartman, 1992).



Şekil 1. Eski Zamanlarda Maden Arayan İnsanlar (Agricola, 1912).

Yüzbinlerce yıllık geçmişi olan madencilikle ilgili ilk kitap De Re Metallica, GeorgiusAgricola

mahlasını kullanan George Bauer isimli bir Alman tarafından mesleğin geçmişine oranla görece olarak oldukça yakın bir tarihte 1556 yılında Latince olarak kaleme alınmıştır. Kitapta genel olarak madencilikten, rafinasyon ve döküm konularından bahsedilmektedir. De Re Metallica, 1912 yılında 31. Amerika Birleşik Devletleri Başkanı ve aynı zamanda maden mühendisi olan Herbert Hoover ve eşi Lou Henry Hoover tarafından İngilizce 'ye çevrilmiştir.Eski dönemlerde ilkel yöntemler ile metal arayan ve madencilik çalışmaları yapan kişiler Agricola (1556) tarafından resmedildiği haliyle 1912 basımı bu çeviri kitabından alınarak Şekil 1 ve 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Eski ZamanlardaKi Madencilik Çalışmaları (Agricola, 1912).

Öte yandan Dünya tarihinde oldukça önemli bir yer tutan ülkemizin de içinde bulunduğu Anadolu topraklarında da madencilik oldukça eskilere dayandığı bilinmektedir. 1970 yılında gerçekleştirilen Diyarbakır yakınlarındaki Çayönü tepesi arkeolojik kazılarının sonucunda bulunan, bakırdan yapılmış olan araç-gereçlerin M.Ö. 6000 yıllarına ait olduğu tespit edilmiştir. (Çambel ve Braidwood, 1970; Hartman, 1992). Bu bağlamda Anadolu'da madencilik faaliyetlerinin M.Ö 6000'li yıllara dayandığı ihtimali düşünülebilirse de kesin olarak işletildiği belirlenen ilk maden işletmesi Tokat Erbaa'daki Kozlu Eski Gümüşlük Madenidir. Bu tarihi işletme 50 m derinliğindeki bir

bakır işletmesi olup, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilen radyo karbon testlerinin sonucuna göre M.Ö. 4600'lü yıllarda işletildiği tahmin edilmektedir (Kaptan, 1990).

2. MADEN KAZALARI

Dünyada nüfus artışının sonucu olarak seri üretime geçilmesi, hammaddeye olan ihtiyacı çok büyük oranda arttırmıştır. Bu artış hammaddenin kaynağı olan madencilikteki üretim miktarlarını da büyük oranda etkilemiştir. Maden üretiminin bu boyutlarda artması güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Tüm iş sektörlerinde kaza riski olmasına karşın madencilik, doğası gereği özellik arz eden, tümü birbirine bağlı olan ve herhangi bir olumsuz durumun zincirleme olarak birbirini tetikleyebilecek riskleri içeren, bu riskleri en aza indirebilmek için bilgi, deneyim, uzmanlık ve sürekli denetim gerektiren dünyanın en zor ve riskli iş koludur (MMO, 2010). Madencilik kendisine özgü sıklıkla karşılaşılan ve ciddi sonuçlar içeren kaza türleri bulunmaktadır. Bu türler genel bir bakışla,

- Grizu patlaması,
- Kömür tozu patlaması,
- Göçük,
- Ocak yangınları,
- Su baskını,
- Şev kaymaları,
-

olarak sıralanabilir.

2.1. Grizu Patlaması

Grizu, metan gazı ile hava karışımına verilen isimdir. Metan, havada % 5,4 ile % 14,8 arasında bulunduğu durumlarda patlayıcı bir karaktere bürünür (Mason, 1954). Ancak ortamda farklı gazların ve kömür tozunun da bulunması durumunda bu sınır değerleri değişiklik gösterebilir. Hemen hemen tüm yeraltı taşkömürü ve linyit işletmelerindeki ocak havasında farklı konsantrasyonlarda metan bulunmaktadır. Tüm konsantrasyonlardaki metan kızışma gösterebilir ancak her zaman açık alev oluşmayabilir. En şiddetli patlama % 9-10 arasındaki metan konsantrasyonunda meydana gelir. Metanın

minimum kızışma sıcaklığı 510 C°'dir (Mason, 1954). Grizu yeraltı kömür işletmeleri için en büyük riski oluşturan etmendir.

2.2. Kömür Tozu Patlaması

Kömür tozu patlaması, yeraltı kömür işletmelerinde sıklıkla karşılaşılan diğer bir kaza türüdür. Tane boyutu 0,3 mm altında olan kömür tane-cikleri kömür tozu olarak kabul edilir. Normal şartlarda katı bir kömür tanesi sadece yanıcı özelliğe sahipse de toz halinde olduğunda tutuşmaya yatkın ve patlayıcı bir hal alır. Kömür tozu, üretim, nakliye, kazı ve delik delme işleri sırasında meydana gelir. Üretim yerinde meydana gelen tozun bir kısmı tabanda, arında ve tahkimat üzerinde birikir, diğer kısmı olan ince toz ise havaya karışır. Hem havada asılı halde olan bu kömür tozları patlayıcı gazlar gibi patlama özelliğine sahiptir, hem de yerde biriken kömür tozları herhangi bir nedenle girdaplaşırsa ve bu anda kömür tozu bulutunun ateşlenmesi için yeterli bir ısı kaynağı varsa kömür tozu patlaması meydana gelir. Kömür tozu patlamalarının temel sebebi,ince toz haline gelen kömürün oksijenle temas eden yüzey alanının ve havaya verdiği gaz miktarının artması ile kömür tozunun patlayıcı özellik göstermesidir (Önce ve Saraç, 2001).

2.3. Göçük

Göçük, yeraltı maden işletmesinde tahkimatın yetersizliği veya taşıma gücünü kaybetmesi sonucu tavanın çökmesi durumudur. Çok nadir haller hariç, genellikle her göçükte bir hata veya ihmâl vardır. Genellikle göçükler arında meydana gelmektedir (Mason, 1954). Madencilik sektöründeki kaza istatistikleri incelendiğinde, en yüksek oranın göçükler, tavandan ya da yan duvardan taş-cevher düşmesi ile ilgili kazalar olduğu görülmektedir. Bununla birlikte madenlerde meydana gelen göçükler, günlük hayatta karşılaşılabilecek bina, köprü vb. gibi yapıların yıkılmasıyla meydana gelen sarsıntının genellikle çok üzerinde bir etkiye sahiptir. Örneğin Crandal Canyon Utah'taki yeraltı kömür işletmesinde 2007 yılında meydana gelen göçük sonucunda, Utah Üniversitesi'nde bulunan yetkililer 3,9 şiddetinde deprem oluştuğunu bildirmişlerdir (Anon (a), 2015). Şekil 3'te Galgenberg Tüneli'nde su baskını sonrası meydana gelen göçük görülmektedir.



Şekil 3. Galgenberg Tüneli'nde Yaşanan Göçük (Riedmueller ve Schubert, 2002).

2.4. Ocak Yangınları

Ocak yangınları gerek insan sağlığı gerekse ekipman, malzeme, cevher kaybı bakımından yeraltı maden işletmeciliğinde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Kömürün ya da ocak içindeki yanıcı malzemelerin alev alması şeklinde gelişen ocak yangınları özellikle grizulu ocaklarda kontrol edilemezlerse grizu patlamalarına neden olurlar. Ocak yangınları ülkemizde ve dünyada pek çok maden emekçisinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Ocak yangınları nedenlerine göre endojen ve eksojen ocak yangınları olmak üzere ikiye ayrılır. Eksojen yangınlarda ısı kaynağı yanan ortamın dışındaki elektrik kıvılcımı, sürtünme ısı, sigara ya da açık alevler, kaynak işleri, atıkların alev alması, ateşleme ve sıvı yakıtlar gibi farklı kaynaklardır (Kuenzer ve Stracher, 2012).

Endojen ocak yangınları ise kömürün oksijen absorpsiyonu sonucu kendi kendine kızışması sonucu meydana gelen; yani ısı kaynağının yanan ortamın kendisi olduğu yangınlardır (Önce ve Saraç, 2001). Kömürün kendiliğinden yanması olarak literatürde yer bulan bu olay basitçe; kömür ve yeterli oksijenin mevcudiyetinde ekzotermik bir reaksiyon ile birlikte açığa çıkan ısının uzaklaştırılamaması durumunda kömürün sıcaklığının artmaya devam etmesi olarak açıklanabilir (Şensöğüt, 1999). Kendiliğinden yanma terimi özellikle madencilik sektörü dışındakilere yeni bir bilgi gibi gelse de kendiliğinden yanma problemi kömür madenciliği kadar eskidir. Daha önceleri belki tespit edilemeyen belki de anlamlandırılmayan örneklerinin olması kuvvetle muhtemel olmakla beraber kömürün kendiliğinden yanmasına ait ilk resmi kayıt-

lar 400 yıl öncesine 1604 yılındaki Griff kömür madenine dayanmaktadır (Morris, 1986). Kömürün kendiliğinden yanması nedeni ile ortaya çıkan gazlar gerek zehirleyici gerekse patlayıcı konsantrasyonlar oluşturarak maden kazalarına dolayısıyla da birçok can kaybına neden olmuştur. Can kaybının dışında kömürün kendiliğinden yanmasının ekonomik anlamda da ciddi kayıplara neden olduğu bilinmektedir. Örnek olarak, Garp Linyitleri Tunçbilek Kömür İşletmeleri'nde yapılan bir çalışmada kömür stok alanlarında 10 yıl içerisinde 500.000 ile 1.000.000 ton kömürün kendiliğinden yanma sonucu kaybedildiği öne sürülmüştür (Özdeniz, 2003), bu da bugünün fiyatlarıyla 30.000.000 TL kadar maddi kayba denk gelmektedir.

2.5. Su Baskını

Yeryüzü ve yerkabuğunun tabakalarındaki su varlığından dolayı, insanlar tarafından inşa edilen yeraltı boşluklarında ani su basma riskine karşı önlemler alınmalıdır. Çok büyük miktarlarda suyun maden işletmesini basması hem çok fazla can kaybına hem de kurtarma işini tehlikeli hale getiren ve zorlaştıran şartların oluşumuna neden olmaktadır (Mason, 1954). İşletmedeki su geliri tavan ve arın stabilitesini bozarak göçük olasılığını artırır (Arioğlu, 2010). Bu durum madencilik ve tünelcilik faaliyetlerini durma noktasına getirebildiği gibi gerekli önlemler alınmazsa büyük facialara da neden olabilmektedir. Şekil 4'te tünel içine dolan su görülmektedir.



Şekil 4. Kaponig Tüneli'ndeki Su Baskını (Riedmueller ve Schubert, 2002).

2.6. Şev Kaymaları

Şev, düzensiz ya da belirli bir geometriye ve yüzeye sahip yapılara verilen isimdir. Açık işletme madenciliğinin güvenli olarak yapılabilmesinin yegane yolu şev stabilitesinin sağlanmasından geçmektedir. Şev stabilitesi, şevin yerini ve konumunu koruyabilmesi durumudur. Şevin kayması ise kayan kütlelerin sınırları boyunca gelişen bir makaslama yenilmesine bağlı olarak şevi oluşturan malzemenin aşağı yöndeki hareketidir. Şev kaymalarının nedenleri, dış kuvvetler (sismik aktivite vb.), gözenek suyu basıncındaki artış, makaslama dayanımındaki azalma, şevdeki gerilim durumunun değişmesi, aşınma ve ayrışma gibi sebeplerdir (Ulusay, 2001). Şekil 5'te açık işletmedeki bir şev kayması görülmektedir.



Şekil 5. Tipik Bir Şev Kayması (Kliche, 1999).

3. DÜNYADA MEYDANA GELEN BAZI BÜYÜK MADEN KAZALARI

Madenciliğin tarihsel evrimi ve madencilğe özel kaza tiplerinden bahsedildikten sonra, bu tip kazalara örnek teşkil eden dünyada meydana gelmiş büyük maden facialarından söz edilecektir. Dünyada meydana gelen maden kazalarının kayıtları 1375 yılından itibaren tutuluyor olsa da (Özakıncı, 2014), bu bölümde kesin bilgilere sahip olunan maden kazaları hakkında kısa bilgiler verilecektir.

3.1. Courrières Maden Faciası

10 Mart 1906 tarihinde Kuzey Fransa sınırları içinde bulunan Courrières yeraltı kömür ocağında kömür tozu patlaması meydana gelmiştir. 2000'den fazla çocuk ve yetişkin işçinin çalıştığı Courrières maden işletmesinde meydana gelen bu yıkıcı patlamada 1060 kişi hayatını kaybetmiştir. 9 Mart öğleden sonra saat 3 civarlarında 270 metre derinlikte bir yangın başlamış, yangını hemen söndüremeyen çalışanlar, ocağın kapıla-

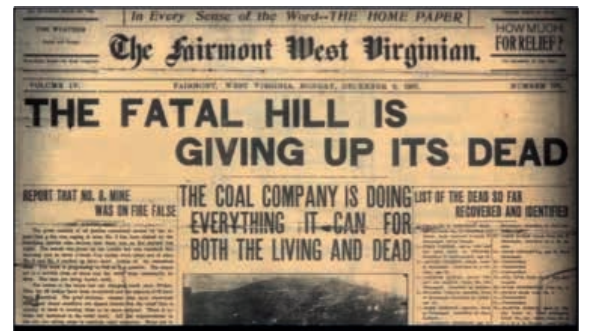
rını kapatarak oksijeni kesmek istemişlerdir. Ertesi sabah saatlerinde ise 1795 işçi maden ocağında patlama meydana gelmiştir. Bu kaza Avrupa tarihinin en büyük maden faciası olarak kayıtlara girmiştir (Anon (b), 2015). Maden kazasından bahseden 11 Mart tarihli bir gazete kupürü Şekil 6'da görülmektedir.

3.2. Monongah Maden Faciası

6 Aralık 1907 yılında Batı Virginia'da bulunan Monongah şehrindeki iki yeraltı kömür madeninde sabah saatlerinde bir patlama meydana gelmiştir. Her ne kadar patlama sonucunda çoğunu İtalyan göçmenlerin oluşturduğu 362 kişinin hayatını kaybettiği söylene de o dönemlerde madencilik firmalarının çalışan kayıtlarını düzgün bir şekilde tutmamasından dolayı ölü sayısının 500 civarında olabileceği tahmin edilmektedir. Kesin nedeni anlaşılmasına rağmen uzmanlar metan ve kömür tozu patlamasının bu kazaya neden olduğundan bahsetmektedir. Bu kaza Amerika Birleşik Devletleri tarihindeki en büyük maden kazasıdır (Anon (d) ve (e), 2015). Şekil 7'de facia sonrasındaki gazete haberi görülmektedir.



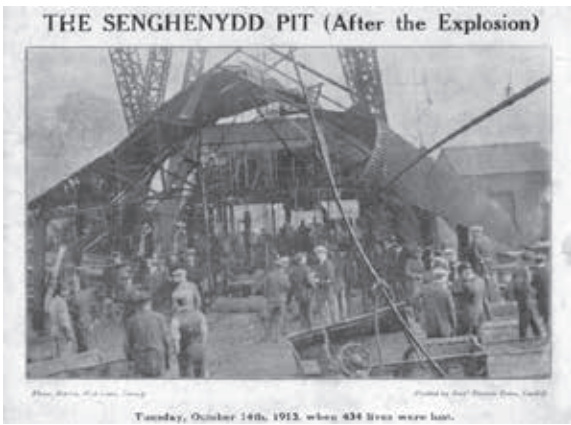
Şekil 6. Courrières Faciasından Bahseden Gazete Kupürü (Anon (c), 2015).



Şekil 7. Monongah Faciasından Bahseden Gazete Haberi (Anon (f), 2015).

3.3. Senghenydd Maden Faciası

14 Ekim 1913 tarihinde Galler'in Caerphilly bölgesinde işletilmekte olan Senghenydd yeraltı kömür ocağında meydana gelen, patlama sonucunda 440 kişi hayatını kaybetmiştir. Sabah saatlerinde meydana gelen faciada öncelikle bir grizu patlaması meydana gelmiş, elektrik kıvılcımından ateşlendiği tahmin edilen bu grizu patlamasının ardından zincirleme olarak kömür tozu patlaması meydana gelmiştir. Senghenydd faciası Birleşik Krallık tarihinde meydana gelen en büyük maden faciasıdır (Anon (g), 2015). Şekil 7'de patlamanın ardından yerüstündeki durum görülmektedir.



Şekil 7. Patlamanın Ardından Senghenydd İşletmesindeki Durum (Anon (h), 2015)

3.4. Benxihu Maden Faciası

Çin Halk Cumhuriyeti'nin Liaoning bölgesinde bulunan Benxihu kömür işletmesi 1905 yılında çalıştırılmaya başlanmıştır. Kuruluş zamanında Çin ve Japonya devletlerinin ortak kontrolünde çalıştırılmakta olan bu kömür işletmesinde 26 Nisan 1942 tarihinde kömür tozu patlaması meydana gelmiştir. Patlama ile birlikte maden kuyusunun girişi çökmüştür. Japon yetkililer ise havalandırmayı kapatarak, ocağı tamamen tahliye etmeden aşağıdaki insanları ölüme terk etmiştir. Bu sebepten dolayı ölü sayısı anormal rakamlara yükselmiştir. Patlama sonucunda 1549 kişi yaşamını yitirmiştir. Bu facia dünya tarihinin en büyük faciaları arasında yer almıştır ve tarihin en büyük maden faciası özelliğini taşımaktadır (Anon (i), 2015). Kazanın yaşandığı tarihlerde Japon hükümetinin baskıcı ve sansürücü tutumundan dolayı bu kaza ile ilgili herhangi bir görsele ulaşılamamıştır.

4. TÜRKİYE'DE MEYDANA GELEN BAZI BÜYÜK MADEN KAZALARI

Türkiye'de meydana gelen maden kazalarının istatistikleri maalesef çok eski tarihlere dayanmamaktadır. Sadece yakın tarihteki kazalar hakkında bilgi günümüze kadar ulaşmıştır. Dünya'daki olaylardan da anlaşılacağı gibi maden facialarının çok büyük bir çoğunluğu yeraltı kömür işletmelerinde meydana gelmektedir ve çoğunlukla kaza nedenleri grizu, kömür tozu patlaması ya da bu iki etmenin birbirini etkilediği olaylardır. Ülkemizde de madencilik kazaları sebepleri açısından benzer bir istatistik eğilim gösterse de farklı sebeplerden dolayı da en az grizu ve kömür tozu patlaması kaynaklı kazalar kadar elem verici facialarda meydana gelmiştir. Ülkemizde yaşanan büyük ölçekteki madencilik kazaları sebepleri ile birlikte Çizelge 1'de verilmiştir. Bu bölümde meydana gelmiş büyük maden facialarına değinilecektir. Kazalardan bahsederken olayın trajedisinin daha iyi anlaşılabilmesi için kazaların akabindeki günlerde gazetelerde çıkan ilgili haberlere de yer verilecektir.

4.1. Armutçuk Kazası

7 Mart 1983 tarihinde Zonguldak ilinin Ereğli ilçesine bağlı olan Türkiye Taşkömürü Kurumu tarafından işletilen yeraltı taşkömürü işletmesinde grizu patlaması meydana gelmiştir. Bu patlama sonucunda 103 kişi hayatını kaybetmiştir. Armutçuk kazası o tarihe kadar tarihimizde meydana gelen en büyük maden faciası olma özelliğini taşımaktaydı. Şekil 8'de kazanın ertesi gününde yayınlanan Milliyet gazetesinin ilk sayfası görülmektedir.



Şekil 8. 8 Mart 1983 Tarihli Milliyet Gazetesi

4.2. Kozlu Kazası

3 Mart 1992 tarihinde Türkiye Taşkömürü Kurumu'na ait Kozlu yeraltı taşkömürü işletmesinde Çizelge 1.

Çizelge 1. Ülkemizde Meydana Gelen Kazalar

Yer	Tarih	Kazanın Şekli	Ölü Sayısı	İşletmeci
Armutçuk	1983	Grizu	103	Kamu
Kozlu	1983	Grizu	10	Kamu
Yeni Çeltek	1983	Grizu	5	Kamu
Kozlu	1987	Göçük	8	Kamu
Amasra	1990	Grizu	5	Kamu
Yeni Çeltek	1990	Grizu	68	Kamu
Kozlu	1992	Grizu	263	Kamu
Sorgun	1995	Grizu	37	Özel
Aşkale	2003	Grizu	8	Taşeron
Ermenek	2003	Grizu	10	Taşeron
Bayat	2004	Grizu	3	Özel
Küre	2004	Yangın	19	Taşeron
Gediz	2005	Grizu	18	Kamu
Dursunbey	2006	Grizu	17	Özel
M. Kemalpaşa	2009	Grizu	19	Özel
Dursunbey	2010	Grizu	13	Özel
Karadon	2010	Grizu	30	Taşeron
Elbistan	2011	Şev Kayması	11	Taşeron
Kozlu	2013	Metan Degajı	8	Taşeron
Soma	2014	Ocak Yangını	301	Taşeron
Ermenek	2014	Su baskını	18	Taşeron

saat akşam 8 sularında grizu patlaması olmuştur ve bu patlamada 263 kişi hayatını kaybetmiştir. Patlama gerçekleşmeden önce Kozlu'da günlük yaklaşık 5000 ton üretim yapılmaktaydı. Kozlu işletmesinde 3625 'i yeraltında olmak üzere 5369 kişi çalışmaktaydı. Kozlu'da o dönemde açık galerilerin toplam uzunluğu 80 km'ye varmaktaydı ve toplam iki ocakta üretim yapılmaktaydı: İhsaniye ve İncirharman. Patlama -560 ana katının hazırlanması sırasında meydana gelmiştir (Dalahmetoğlu ve Zaman, 2005). Patlamanın seyri şu şekilde olmuştur: Akşam saatlerinde çok şiddetli ve gürültülü bir patlama duyulmuştur. Patlamanın şiddetiyle 30 nolu kuyu şovelmanı hasar görmüştür, infilak kapağı açılmış ve 24 nolu kuyuda istinat duvarı yıkılmıştır. Etrafa ince bir toz bulutu yayılmış, patlama şoku ile 24 nolu kuyu çıkışında bulunan ana aspiratörlerde arıza meydana gelmiştir. Patlamayı takiben derhal bir durum değerlendirilmesi yapılarak ocağa mü-

dahale edilmiş, yaralanan ve şehit olan işçilerin tahliyesine başlanmıştır. Aynı zamanda ocak içinde patlamanın etkisiyle yıkılan hava kapıları yeniden onarılarak ocak içindeki havanın istenilen şekilde dolaşımı sağlanmıştır. Kurtarma çalışmaları sırasında ocaklardan 77 yaralı işçi kurtarılmış ve 116 işçinin cansız bedeni çıkarılmıştır (Onur vd., 2004). Grizunun patlamasına neyin neden olduğu bilinmemekle birlikte Radikal gazetesinde 05.05.2010 tarihinde yayınlanan bir haberde kaza hakkında ilginç detaylara yer verilmektedir. Habere göre dönemin TTK Karadon İşletme Müdürü olan Şerafettin Üstüncöl kazanın ardından müessesede yaptıkları incelemeler sırasında dışlarının arasında sigara filtresi bulunan insana ait bir alt çene kemiği bulduklarını bildirmişlerdir. Bu bulgu ışığında patlamaya sigara alevinin de sebep olmuş olabileceğinin ihtimaller arasında olduğu bildirilmektedir (Ercan, 2010). Kozlu faciası ülkemizin yaşadığı en büyük felaketlerden biri olarak kalacaktır. Şekil 9'da Milliyet gazetesinin Kozlu faciası ile ilgili trajik haberi görülmektedir.

4.3. Kastamonu / Küre Kazası

8 Eylül 2004 tarihinde Kastamonu'nun Küre İlçesi'nde Aşıköy yeraltı bakır işletmesinde meydana gelen yangın sonucunda biri maden mühendisi olmak üzere 19 kişi hayatını kaybetmiştir.



Şekil 9. 5 Mart 1992 Tarihli Milliyet Gazetesi

Söz konusu ocak zorlu çalışma koşullarına sahip olduğu bilinen bir ocaktır. Cevher üretimi yüzeyden 150 m aşağıda yapılmakta ve cevhere eğimli ve dik kuyular ile ulaşılmaktaydı. Cevher ise bu yollar boyunca tesis edilen bantlar vasıtası ile yeryüzüne çıkarılmaktaydı. Yangın, cevherin nakledildiği 150 metre uzunluğundaki dikey bantın tutuşması nedeniyle oluşmuş, daha sonra da yaklaşık 900 metre uzunluğunda dikey yönlerde tesis edilmiş nakliyat sistemindeki bantlara da sırayet etmiştir. Bantların yanması ile ortaya çıkan

karbon monoksit ve diğer zararlı gazlar çalışanların zehirlenerek ölmelerine ya da yaralanmalarına sebebiyet vermiştir (MMO, 2004). Şekil 10'da 9 Eylül'de yayınlanan Hürriyet gazetesindeki haber görülmektedir.



Şekil 10. 9 Eylül Tarihli Hürriyet Gazetesi Haberi

4. 4. Kahramanmaraş Elbistan Kazası

Elektrik Üretim Anonim Şirketi'ne (EÜAŞ) ait olan ve özel bir firmaya 28 yıllığına işletilmek üzere verilen Kahramanmaraş ili Afşin İlçesi'ndeki Çöllolar kömür sahasında 6 Şubat 2011 ve 10 Şubat 2011 tarihlerinde iki kez şev kayması meydana gelmiştir. İlk olayda bir işçi, ikinci olayda ise biri maden mühendisi, diğeri jeoloji mühendisi olmak üzere 10 kişi kayan malzemenin altında kalmıştır. Yani kısa süre arayla meydana gelen bu iki şev kaymasında toplamda 11 kişi yaşamını yitirmiştir. Halen ikisi mühendis toplam dokuz kişi kayan malzemenin altındadır. 6 Şubat gece saatlerinde meydana gelen şev kaymasında işletmenin güneybatı bölümünde yaklaşık 20-25 milyon m³ malzeme ocak içine kayarak, ocak içine giden tüm yolları ve kömür naklini sağlayacak konveyör bandı kullanılmaz duruma getirmiş ve bu şev kayması sırasında bir işçi hayatını kaybetmiştir. 10 Şubat sabah saatlerinde meydana gelen ikinci şev kaymasında ise işletmenin kuzeydoğu bölümünde, yaklaşık 1000 m genişliğinde, şev başından itibaren 600 m geriye doğru yaklaşık 50 milyon m³ malzeme ocak içini tamamen doldurmuştur. Kaymanın çok ani ve hızlı gelişmesi sonucu, şev üstünde çalışma yapan iki mühendis ve sekiz işçi uzaklaşmaya fırsat bulamadan kayan malzemenin içinde kalmıştır. Ocak içinde, şev açısı, basamak genişliği ve yüksekliği konusunda projede öngörülen değerlere uyulup uyulmadığı da bilinmemektedir. En güvenli madencilik yöntemi olarak

bilinen açık işletme metodunun kullanıldığı bir işletmede, bu denli büyük bir kazanın ortaya çıkması şaşırtıcıdır. İki kaymada toplam 75 milyon m³ malzeme yer değiştirmiştir ve kazanın üzerinden 4 seneden daha fazla bir zaman geçmesine rağmen dokuz kişi hala kayan malzemenin altındadır. Şekil 11'de kayma gerçekleşen açık işletmenin görüntüsü bulunmaktadır. Yer değiştiren kütlelerin büyüklüğü resimde açıkça seçilebilmektedir.



Şekil 11. Şev Kaymasının Ardından Açık İşletmenin Görüntüsü (Anon (k), 2015).

4.5. Soma Faciası

13 Mayıs 2014 tarihinde Soma'da meydana gelen facia şüphesiz tarihimizin en elem verici kazasıdır. 1375 yılından beri tutulan maden kaza kayıtlarına göre Soma faciası can kayıpları göze alındığında dünyada meydana gelmiş tüm maden kazaları içinde 25. sıradadır. Bu çalışmanın hazırlanmasının en büyük nedenlerinden birisi olan Soma faciası akıllarda derin izler bırakmıştır. Soma faciasının diğer önemli yanı ise kazanın oluşumu açısından ülkemizde günümüze kadar meydana gelmiş olan maden kazalarından daha farklı bir nedene sahip olmasıdır. Günümüze kadar meydana gelmiş maden kazaları incelendiğinde iki ana etmen göze çarpmaktadır. Bunlar; kömür tozu ve grizudur. Kömür tozu ve grizu, patlama anında birbirlerini tetikleyip patlamanın şiddetini arttıran oluşumlardır. Soma faciasının sebebi ise yayınlanmış ön raporlara göre kömürün kendiliğinden yanmasıdır.

13 Mayıs günü, ocağın ana girişinden 1350 metre mesafedeki galeride başladığı tahmin edilen kömür kızışmasının açık alev dönüşerek yanabilir malzemeleri (bant, tahkimat, kablo vb.) tutuşturarak yayıldığı bildirilmiştir. Ayrıca elektrik de kesildiği için bazı havalandırma üniteleri durmuştur, böylece içeride özellikle üretimin yapıl-

diği yerlerde karbon monoksit seviyesi çalışanları zehirleyecek oranlara ulaşmıştır. Saat 15:00 sularında olay fark edilmiştir. Olaya müdahale edilmeye çalışılsa da sorunun ciddiyeti arttığından dolayı komşu işletmelerden destek talep edilmiştir. Saat 17:00 sularında hava giriş tarafındaki çok sayıda işçi işletmeden dışarı çıkarılmıştır ve hava yönü ters çevrilmiştir. Bu arada ulusal kurtarma ekipleri işletmeye yönlendirilmiştir ve kurtarma çalışmaları sonucunda 5'i maden mühendisi olmak üzere 301 çalışanın cansız bedenlerine ulaşılmıştır (MMO, 2014). Olay tam vardiya değişimi sırasında meydana geldiğinden dolayı içeride 787 kişinin bulunduğu ve bu durumun can kaybının artmasına neden olduğu bilinmektedir. Maden Mühendisleri Odası'nın yayınladığı ön raporda ocağın havalandırmasının yeterli olmadığı ve işletme yönteminin de hatalı olduğu bildirilmektedir (MMO, 2014). Şekil 12'de 15 Mayıs 2014 tarihli International New York Times gazetesi görülmektedir.



Şekil 12. 15 Mayıs 2014 Tarihli International New York Times Gazetesi

4.6. Ermenek Kazası

28 Ekim 2014 tarihinde Karaman Ermenek'te bulunan özel bir şirkete ait yeraltı kömür işletmesinde öğle saatlerinde su baskını meydana gelmiştir. 778 kotunda çalışmalar yapılırken, eski imalatlara yaklaşıması nedeniyle, eski imalatta bulunan tahminen 10.000 m³ suyun aniden ocak içerisindeki çalışma alanlarına dolması sonucu ocakta bulunan 18 madenci su altında kalmıştır (Anon (j), 2015). Sular altında kalan 18 madencinin hepsi hayatını kaybetmiştir. Madencilerin tamamına ulaşarak cansız bedenlerini çıkarabilmek ancak kazadan tam 38 gün sonra 4 Aralık 2014 tarihinde mümkün olabilmektedir. Şekil 13'te 29 Ekim tarihli Milliyet gazetesinin ilk sayfası görülmektedir.

5. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, ülkemiz ve dünya madencilik tarihine ve meydana gelmiş önemli bazı maden kazalarına değinilmiştir. Metinde bahsedildiği gibi madencilikte karşılaşılan kitle ölümlerine sebebiyet veren kaza türleri grizu, kömür tozu patlaması, göçük oluşumu, ocak yangınları, su baskını ve şev kaymaları olarak ana başlıklar altında toplanabilir. Bu kaza türlerine bakıldığında ilk göze çarpan madencilik kazalarının, mesleğin şartlarına bağlı sebeplerden meydana geldiğidir. Bununla birlikte kazaların büyük çoğunluğunun yeraltı kömür ocaklarında meydana geldiği de dikkat çekmektedir. Bunun sebebi ise özellikle yer altı kömür madenciliğinin de diğer madencilik alanlarından ayrılan karakteristik özelliklerinin bulunmasıdır. Bu özelliklere örnek olarak kömürün metan içeriği, üretimi sırasında oluşan kömür tozu, tabakalı yapısından dolayı meydana gelen stabilite sorunları ve kimyasal yapısından kaynaklanan kendiliğinden yanma riski verilebilir. Bu parametreler kömür madenciliğini diğer madencilik faaliyetlerinden daha zor ve daha riskli hale getirmektedir. Bu noktada madencilik sektöründen ayrı olarak ve kendi içinde de üretilecek madenin cinsine ve üretim yöntemine göre farklı açılardan bakılması gerekmektedir.



Şekil 13. 29 Ekim Tarihli Milliyet Gazetesi

İkinci göze çarpan husus ise yine madencilik sektörünün farklılıklarından kaynaklanan aralıksız ve sistematik kontrol gerekliliğidir. Örneğin sürekli aynı koşullarda çalışan bir fabrikanın aksine madencilik çalışmaları yapılan herhangi bir yerde jeolojik, statik ve çevresel dengeler her an değişebilirler. Bu değişiklikler doğa olayları kaynaklı olabileceği gibi madencilik faaliyetleriyle sürekli yapısıyla oynanan bölgenin yeni bir denge oluşturmaya çalışmasından da kay-

naklanabilir. Bu sebeple madencilikte bir ocağın özelliklerini ve dengelerini tam olarak bilmek hem tamamen tespit etmenin güçlüğünden hem de anlık değişimlerden dolayı mümkün değildir. Dolayısıyla bir an emniyetli görünen bir bölge bir zaman sonra emniyetli halini kaybedebilir. Bu bağlamda madencilikte ölçümlerin sürekli yapılması gerekmektedir.

Kazaların nedenleri araştırıldığında bir diğer göze çarpan husus ise emniyete yeterince önem verilmemesidir. Bu durumun olası sebepleri, çalışanların eğitilmemesi, emniyetle ilgili konuların yeterince önemsenmemesi ve sonuçlarının yıkıcılığının öngörülememesi olarak sıralanabilir. Öte yandan, dünyada meydana gelen kazalar ile ülkemizde meydana gelen kazalar kıyaslandığında, muasır medeniyet düzeyine ulaşmış ülkelerde, kitlesel ölümlere neden olan madencilik kazalarının gerek teknolojik ilerleme, gerekse de iş güvenliği ve emniyet kültürünün gelişmesi sonucunda neredeyse yarım yüzyıl geride kaldığı görülmektedir. Tüm değerlendirmeler göz önüne alındığında, geçmiş kazalardan ders alınarak ülkemizde madencilik sektöründe teknoloji kullanımının artırılması, çalışanlara ve işverenlere iş güvenliği ve emniyet kültürünün kazandırılması ve mesleğin kendine has özellikleri ve problemleri konusunda bilgi-birikime sahip kişi ve kuruluşlarla ortak çalışarak ihmaller ve teknik yetersizlikler sonucu meydana gelen kazaların önüne geçilmelidir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle madencilik kendine has kitlesel ölümlere sebebiyet verebilen kaza türlerinden bahsedilmiştir. Ardından tarih boyunca dünya çapında meydana gelmiş büyük madencilik facialarından genel olarak bahsedilmiştir. Dünyada meydana gelen maden kazalarının ardından ülkemizde meydana gelmiş ve çok sayıda insanımızın canına mal olan maden kazalarına bahsedilmiştir.

KAYNAKLAR

Agricola, G., 1912. De Re Metallica, Çeviri: H. Hoover ve L. H. Hoover, The Mining Magazine, 640 s.

Anon(a), 2015; "The Autopsy of a Coal Mine Collapse", <http://www.wired.com/2008/06/the-autopsy-of->

Anon(b), 2015; "Mine explosion kills 1,060 in France", <http://www.history.com/this-day-in-history/mine-explosion-kills-1060-in-france>.

Anon(c), 2015; "Courrieres mine disaster", <http://www.rarenewspapers.com/view/599510>.

Anon(d), 2015; "Monongah mining disaster", http://en.wikipedia.org/wiki/Monongah_Mining_disaster.

Anon(e), 2015; "Abd Monongah kömür madeni kazası", http://www.tarihtebugun.org/19983-6-aralik1907_Abd_Monongah_komur_madeni_kazasi.html.

Anon(f), 2015; "DECEMBER 6 = The Monongah Mining Disaster", <http://historyspot.blogspot.com.tr/2013/12/december-6-monongah-mining-disaster.html>

Anon(g), 2015; "Senghenydd: Centenary of UK's worst pit disaster marked", <http://www.bbc.com/news/uk-wales-24506122>

Anon(h), 2015; http://farm6.static.flickr.com/5303/5553343925_ea99e2498a_m.jpg.

Anon(i), 2015; "Honkeikocollieryminingdisaster", <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/1503377/Honkeiko-collierymining-disaster>.

Anon(j), 2015; "SOMA'DAN DERS ALMADIK. İŞ CİNAYETLERİ DEVAM EDİYOR.", http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=9491&tipi=3&sube=0

Anon(k), 2015; "Çöllolar faciasının 4. Yılında maden şehitleri anılacak", <https://madencilikhaberleri.wordpress.com/2015/02/10/collolar-faciasinin-4-yilinda-maden-sehitleri-anilacak/>

Arıoğlu, E., 2010. Genişletilmiş 9.bölüm, Tünel Dersi, Ders Notu, Yapı Merkezi Ar-Ge Bölümü

Çambel, H.ve Braidwood, R. J., 1970. An Early Farming Village in Turkey, Scientific American, 222, 3, 51-56.

Dalahmetoğlu, O. ve Zaman, E. M., 2005. 3 Mart 1992 Günü Kozlu Müessesinde Oluşan Gazve Toz Patlaması, IMCET 2005, İzmir, Bildiriler Kitabı, 191-200.

Ercan, E., 2010. Enbüyük maden faciasının ısırları, Radikal Gazetesi Haberi.

Hartman, H. L., 1992. SME Mining Engineering Handbook, Second Edition, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., 2260 s.

Kaptan, E., 1990. Findings Related to The History of Mining in Turkey, Mineral Resources Exploration Bulletin, 111, 75-84.

Kliche, C. A., 1999. Rock Slope Stability, Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., 244 s.

Kuenzer, C. ve Stracher G. B., 2012. Geomorphology

- of coalseamfires, *Geomorphology*, 138, 209–222.
- Lewis, R. S. ve Clark, G. B., 1964. *Elements of Mining*, Third Edition, Wiley, 768 s.
- Mason, E., 1954. *Practical Coal Mining*, Virtue, vol. 1-2, 787 s.
- MMO, 2004. Maden Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu 10.09.2004 Tarihli Basın Açıklaması, 2 s.
- MMO, 2010. Madencilikte Yaşanan İş Kazaları Raporu, Maden Mühendisleri Odası, 152 s.
- MMO, 2014. Soma Faciası Ön Raporu, Maden Mühendisleri Odası, 35 s.
- Morris, R., 1986. A Historical Note of The Research into The Causes of Spontaneous Combustion Prior to 1750, *Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa*, Dec, 168-170.
- Onur, Ç., Tezel, F., Öney, Ö., 2004. TTK Kozlu Müessesesinde 03.03.1992 Tarihinde Yaşanan Grizu İnfilakı Neticesinde Ocakların Suyla Doldurulması ve Tahliyesi Çalışmaları, Türkiye 14. Kömür Kongresi, Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 171-180.
- Önce, G. ve Saraç, S., 2001. Madenlerde Havalandırma, ESOGÜ Yayınları, Eskişehir, 266 s.
- Özakıncı, C., 2014. Soma Maden Ocakları Tarihinde Atatürk ve “Devlet Madenciliği”, *Bütün Dünya Dergisi*, 2014/06, 17-22.
- Özdeniz, A. E., 2003. Kömür Stoklarındaki Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesi – Garp Linyitleri İşletmesi (G.L.İ.) Örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 185 s.
- Riedmueller, G. ve Schubert, W., 2002. Tunnels Through Fault Rocks And Tectonic Melanges, AEG-ASCE Short Course Lecture Notes, 233 s.
- Şensöğüt, C., 1999. Türk Kömürlerinin Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlığı – Ilgın Linyitleri Örneği, *Madencilik Dergisi*, 38, 1, 45-52.
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 385 s.
- Unwin, M., 2012. Swaziland, Bradt Travel Guides, 305 s.



BİRİNCİ DUYURU
FIRST
ANNOUNCEMENT

TÜRKİYE 20. KÖMÜR KONGRESİ

04-06 Mayıs 2016
Zonguldak / Türkiye

20th COAL CONGRESS OF TURKEY

04-06 May 2016
Zonguldak / Turkey

TMMOB
Maden Mühendisleri Odası
Zonguldak Şubesi

UCTEA
Chamber of Mining Engineers
Zonguldak Branch

