

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

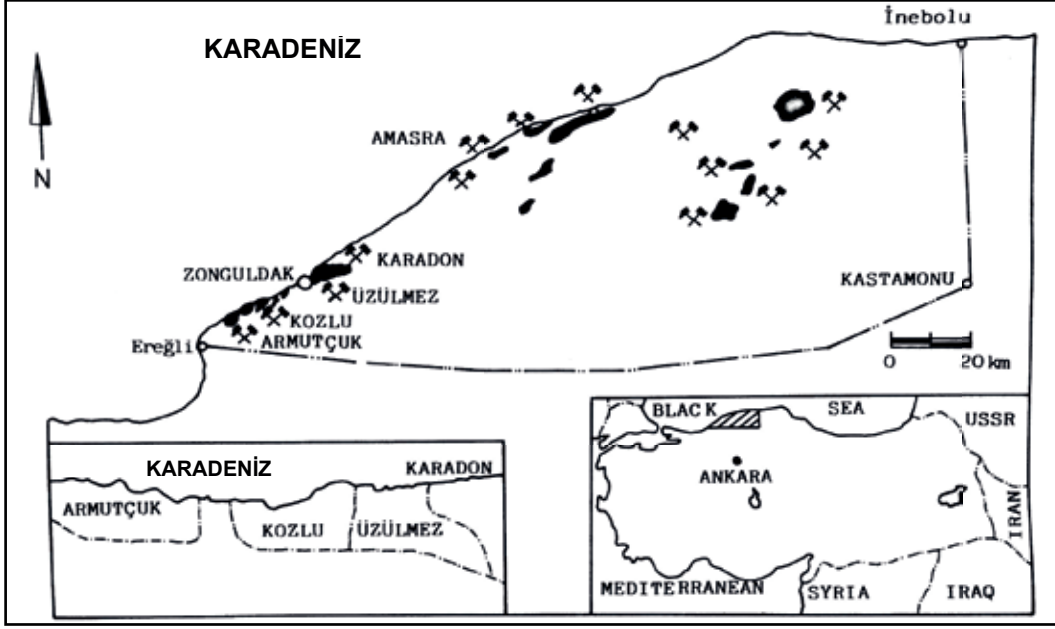
olacağına karar verilmiştir. Yöntemin orijinal uygulamasında 500 g lık karot örnekler üzerinde çalışılması önerilmektedir. Büyük damardaki çeşitli denemelerde kuru ve sulu sondajlardan karot örneği alınması başarısız olduğundan orijinal uygulamadan ayrılarak kırıntılar üzerinde çalışmaya karar verilmiştir.

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 Alacaagzı 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 ölçęęi.



Şekil 4. Öğütme Düzeneęi.

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 kabtaki 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 çözülmede 8,5-14,7 m³/t, yavaş çözülmede 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.

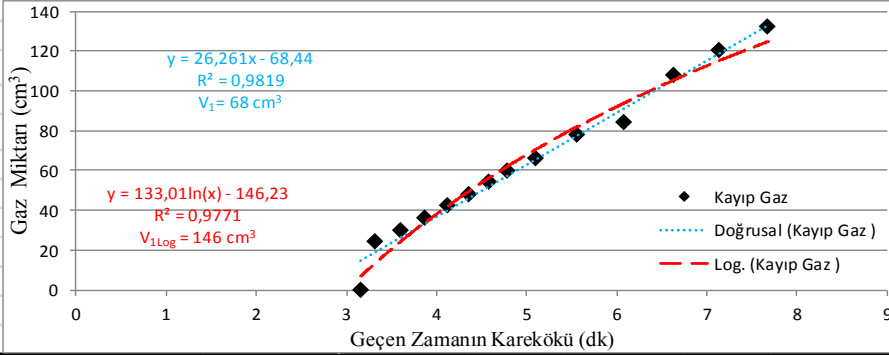
Bu Makale 14 – 17 Nisan 2015 tarihinde düzenlenen IMCET 2015-Türkiye 24. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

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 ($Q_2 + Q_3$)**

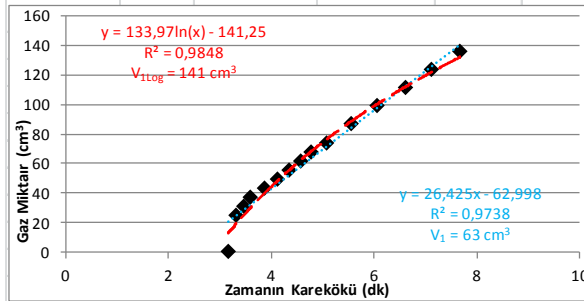
Tarih	Saat	Sıcaklık °C	Basınc kPa	Çözülen Gaz cm^3	İlk Okuma cm^3	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı	Gaz Yayılımı cm^3/g	
26.02.2014	Kayıp gaz belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz							132	1,1
26.02.2014	13:30	14	100,4	220	0	252	384	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)

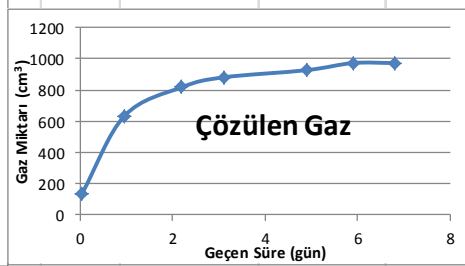
Test Günü	26.02.2014	V _{Q1Q2bomb} (ml)	3079,45
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V _{tube} (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	V _{CT} (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P _A) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm ³)	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V _{Toplambilya} (ml)	536,00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