

Taşkömürün İçerdiği Gaz Miktarının Ölçülmesinde Uygulanan Yöntemler

Methods for Determining the Gas Content of Coal

Vedat DİDARİ (*)
Gündüz ÖKTEN (**)

TAŞKÖMÜRÜN İÇERDİĞİ GAZ MİKTARININ ÖLÇÜLMESİNDE
UYGULANAN YÖNTEMLER

Methods for Determining the Gas Content of Coal

Vedat DİDARİ ()
Gündüz ÖKTEN (**)*

ÖZET

Bu yazıda, taşkömürlerin içerdiği gaz miktarının ölçülmesinde kullanılan doğrudan ve dolaylı yöntemlerle görgül ve pratik teknikler ayrıntılı olarak tanımlanmakta ve her birinin üstünlük ve sakıncaları belirtilmektedir.

ABSTRACT

In this paper, the direct and indirect methods and empirical and practical techniques which are used to determine the gas contents of coal have been described in detail. The advantages and disadvantages of each method or technique are also given.

* Y.Doç. Dr., H. U. Zonguldak Müh.Fak., Maden Müh. Böl., ZONGULDAK

** Y.Doç.Dr., İTÜ Maden Fak., Maden Müh. Böl., İSTANBUL

1. GİRİŞ

Taşkömür ocaklarında üretim çalışmaları sırasında yayılan gazlara karşı alınacak önlemlerin tasarımında, öncelikle, damarların içerdiği gaz miktarlarının bilinmesi gereklidir. Damar gaz içeriklerinin ölçümü ya doğrudan (çözülme-desorpsiyon olayına dayalı) olarak ya da dolaylı (soğurma-adsorpsiyon olayına dayalı) olarak yapılabilmekte olup çeşitli araştırmacılarca geliştirilmiş olan görgül tekniklerden yararlanarak gaz içeriklerini hesaplamak da olanaklıdır. Ayrıca, gaz yayılma değerlerinin pratik olarak tahmininin yapılması yoluyla, havalandırma gereksinimlerinin bir ön tasarımı da gerçekleştirilebilmektedir.

Bu yazıda, bu türden yöntem ve tekniklerin bir derlemesi sunulmaktadır.

2. DOLAYLI YÖNTEMLER

Bu yöntemlerin özünü kömür damarının yerinde gaz basıncının ölçülmesi, ortam sıcaklığının belirlenmesi ve laboratuvarında o damar için çıkarılmış olan eşsıcaklık eğrisinden yararlanılarak yerinde basınç değeri için içerebileceği gaz miktarının saptanması oluşturmaktadır.

Damar gaz basıncı, ya yeraltında açılan yatay bir sondaj deliği ya da yeryüzünden açılan düşey bir sondaj deliği yardımıyla ölçülmektedir. Yeraltında açılan deliğe bir boru yerleştirilerek ilerdeki uç kısmı dışında sızdırmazlık sağlanmaktadır. Bu boru, delik ağzında bir basınç ölççere bağlanarak gaz basıncı ölçülmektedir (McPherson, 1975). Düşey deliklerden gaz basıncı ölçülmesinde ise "Drill Stem Test" (Akyüz, 1971) gibi sondaj tekniklerinden yararlanılmaktadır (Kissell ve ark., 1973)

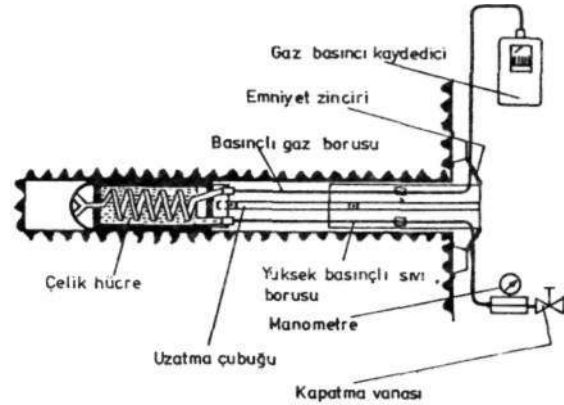
Şekil 1'de yeraltında açılan bir sondaj deliğinden gaz basıncının ölçülmesine olanak sağlayan bir düzenek gösterilmektedir. Delik çapları 64-70 mm ve uzunluk 25 m'ye kadar alınabilmektedir. Deliğe yerleştirilen bir sonda, hidrolik olarak delik çeperine sıkılanmakta ve çıkışa bir manometre bağlanarak gaz basıncı ölçülebilmektedir (Paul, 1967, Belin, 1971). Şekil 2'de drill stem testinin yapılmasına olanak sağlayan düzenek görülmektedir. Bu düzenek, sondaj boru dizesinin uç kısmına eklenerek ölçü yapılacak derinliğe indirilmektedir. Sızdırmazlığı sağlayan parça (packer), delik çeperine iyice oturduktan sonra ölçü yapılacak kısmın üst taraftaki sondaj çamuru kolonuyla ilişkisi kesilmiş olmaktadır. Valfin açılmasıyla, formasyona girmiş olan su ve çamurun çıkışı ve formasyona karşı olan basıncın atmosfer basıncı-

na düşmesi sağlanmakta böylece, formasyon içindeki akışkanın izole edilmiş ölçü sahasına akarak sondaj dizesi içinde yükselmesi gerçekleşmektedir. Drill stem test düzeneği üzerinde bulunan basınç kaydedicilerle de basınçlar ölçülmekte ve daha sonra yorumlanmaktadır (Akyüz, 1971, Lynch, 1964).

Laboratuvarında ise, kömür örneği ince pudra haline getirilerek bir kap içine konulduktan sonra kabın havası boşaltılmakta ve ardından adım adım metan gazı verilmektedir. Bu işlem, her adımda denge basıncı ve gaz miktarı ölçülerek 4-5 MPa basınca kadar sürdürülmekte ve eşsıcaklık eğrileri elde edilmektedir (McPherson; 1975, Patching-Mikhail, 1986).

Sondaj deliğinden ölçülen denge basıncına karşı gelen gaz miktarı, kömürün yerinde içerebileceği en büyük gaz miktarı olarak değerlendirilmektedir.

Gaz basıncının ölçülmesinde karşılaşılan güçlükler (sızdırmazlığın sağlanamaması, su geliri vb.), dolaylı yöntemlerin uygulama alanını sınırlandırmaktadır.

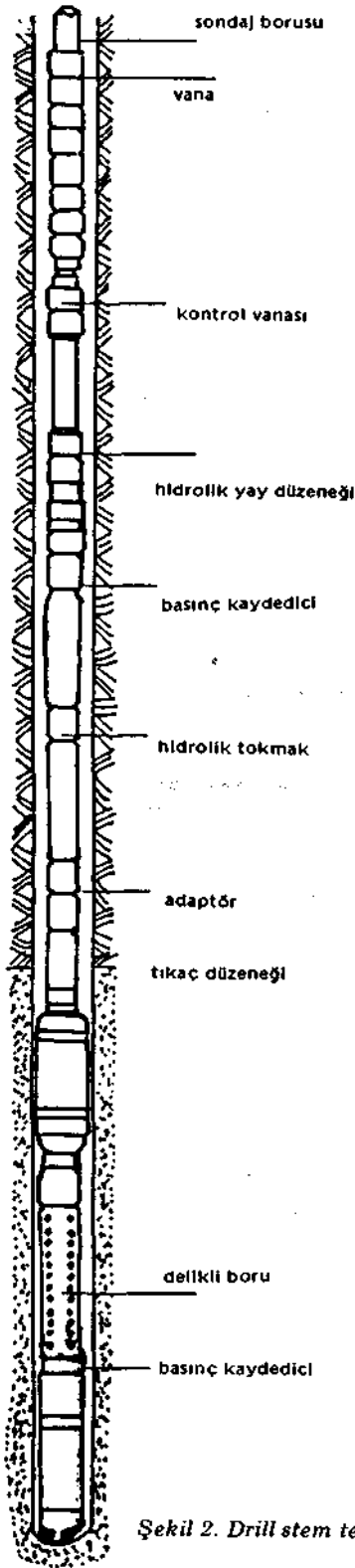


Şekil 1. Gaz basıncını Ölçmeye yarayan düzenek

3. DOĞRUDAN YÖNTEMLER

Bu tür yöntemlerin özünü, kömür damarından olası en az gaz kaybı ile örnekler alınması ve bu örneklerden çözülen gaz miktarlarının ölçülmesi oluşturmaktadır.

Kömür örneklerinin gaz içeriklerinin saptanmasında doğrudan yöntemlerin ilk uygulamaları Fransa'da (Cerchar Laboratuvarlarında) başlatılmış ve daha sonra ABD'de (Bureau of Mines) değiştirilmiş uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bugün pek çok ülkede gaz içeriklerinin ölçümünde birbirine benzer doğrudan yöntemler uygulanmaktadır.



Şekil 2. Drill stem testi düzeneği.

3.1 özgün CERCHAR Tekniği

Yeraltında kömür arama bir sondaj delinerek

farklı derinliklerden örnekler alınmaktadır, örnekler, karot ya da kırıntı şeklinde olabilmektedir, örnek alma amacıyla kullanılan donanım Şekil 3 a'da gösterilmiştir.

örneğin damardan alınarak bir kap içine aktarılması ve kabın sızdırmaz bir biçimde kapatılması arasında geçen sürede çözülen gaz miktarı Q_1 , laboratuvara gelinceye kadar kabın içine yayılan gaz miktarı Q_2 ve örneğin laboratuvara öğütülmesi sırasında çıkan gaz miktarı Q_3 ise kömür örneğinin toplam çözülebilir gaz içeriği:

1]

olacaktır (Bertard ve ark., 1970).

Çözülme olayının başlangıcı için geçerli olan eşitliklere ($Q - k vt$) dayanarak kayıp gaz miktarı hesaplanabilir. Bu amaçla, Şekil 3 b'de görülen bakır kaba yerleştirilen örnek, damardan alınarak bu kap içine konulmasına kadar geçen süreye (t_1) eşit bir süre bekletilmektedir. Tanımlanan sürede açığa çıkan gaz miktarını (q); kap içindeki basınç yükselmesi değerinden yararlanarak; ölçmek koşuluyla:

$$O_1 = 3,4q \quad [2]$$

olmaktadır (Bertard ve ark., 1970)

B. Almanya'da bazı araştırmacılar, Oj değerini aşağıdaki eşitlikle hesaplamaktadırlar (Janas-Ophale 1986):

$$Q_1 = 0,1(O_2 + O_3) \quad [3]$$

Polietilen bir kaba aktarılan kömür örneğinin laboratuvara taşınması sırasında açığa çıkan gaz miktarı:

$$Q_2 = 1Q - V(x - x_0)(100 + x) \quad [4]$$

eşitliğinden hesaplanabilmektedir (Bertard ve ark., 1970).

Burada,

V : kabın hacmi, cm^3

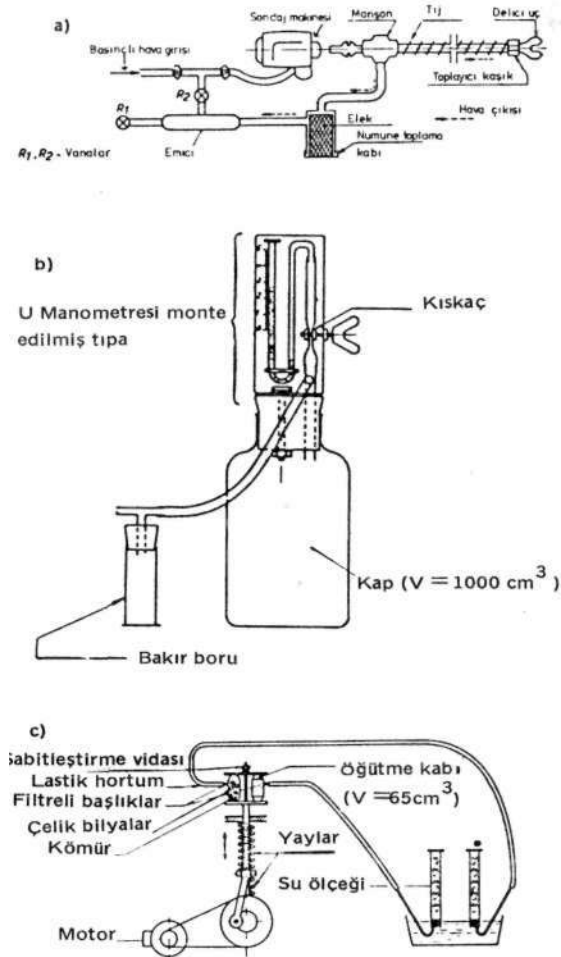
x : yeraltı koşullarında, kabın içindeki metan oranı, %

x : laboratuvarında kap açılmadan önce ölçülen metan oranı, %

olmaktadır.

Kaptan çıkarılan kömür örneğinden 10 g kadar tartılarak sızdırmaz bir değirmene konulmakta ve 20-30 dak. süreyle öğütülmektedir. Bu işlem

sonucu kömürün tane boyutu 10 mikronun altına düşmektedir. Öğütme sırasında yayılan gaz miktarı bir su ölçüğünden yararlanılarak bulunmaktadır (Şekil 3 c).



Şekil 3. Özgün Cerchar tekniğinin uygulanması (Bertard ve ark. 1970) a) örnek almada kullanılan donanım, b) O'ın belirlenmesinde kullanılan düzenek c) Oj'ün belirlenmesinde kullanılan düzenek.

Kömürün gaz içeriği, kuru-külsüz kömür bazında ve standart atmosfer koşullarında açıklanmaktadır. Düzeltme hesaplarını kolaylaştırmak amacıyla çeşitli çizelge ve abaklar geliştirilmiştir (Bertard ve ark., 1970).

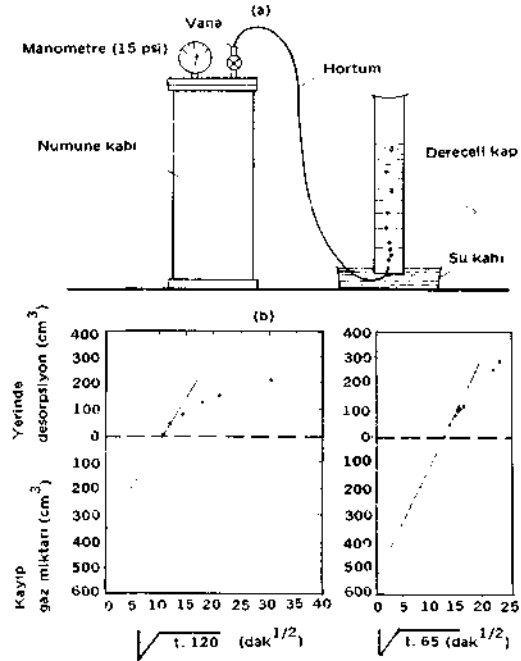
3.2. Değiştirilmiş USBM Tekniği

Bu uygulamada, kömür örnekleri, yeryüzünden yapılan sondajlardan alınmaktadır. ABD'de standart olarak yapılan araştırma sondajlarından -ek olarak- gaz miktarının ölçümünde de yararlanılması uygun görülmüştür.

Kömür damarından karot alınarak bunun sızdırmaz bir kaba konulmasına kadar geçen sürede yayılan gaz miktarı (kayıp gaz) Q_1 , laboratuvarında, kap içinden bir kaç günlük sürede çıkan gaz miktarı (çözülen gaz) Q_2 ve örneğin labratuvarında öğütülmesi sırasında çıkan gaz miktarı Q_3 (kalıntı gaz) ise, kömürün içerdiği toplam gaz miktarı $[1]$ eşitliğinden bulunabilmektedir (Kissell ve ark., 1973; Feng ve ark., 1984).

Karot alma işlemi sulu olarak yapıldığında, kömür örneğinin gaz kaybetmeye başladığı sürenin başlangıcı olarak deliğin yan boyuna ulaştığı an alınmaktadır. Karot, kaba yerleştirilerek sızdırmazlık sağlandıktan sonra vanası açılarak çıkan gaz kaydedilmekte ve daha sonra laboratuvarında, gaz miktarı yok sayılabilecek bir düzeye ininceye değin ölçmelere devam edilmektedir (Şekil 4 a), örnek, daha sonra, sızdırmaz bir bilyalı değirmende yaklaşık bir saat kadar öğütülerek (Diamond-Levine, 1981) kalıntı gaz miktarı ölçülmektedir.

Kayıp gaz miktarı ise, grafik bir teknikte hesaplanmaktadır. Kömür örneğinden çözülün gaz miktarı (Q), $V t + t'$ 'ye karşı çizilmekte ve Şekil 4 b'de görüldüğü üzere, kayıp gaz bulunmaktadır. Burada; t : kömür örneğinin gazını kaybetmeye başladığı andan kap içine aktarıldığı ana kadar geçen süre (kayıp gaz süresi) ve t' : örneğin kap içine alınmasından itibaren geçen süre olmaktadır.



Şekil 4. Değiştirilmiş USBM Tekniğinin Uygulanması (Kissell ve ark. 1973) a) Ölçü düzeniği b) Kayıp gazın hesaplanması.

4. GÖRGÜL YÖNTEMLER

Yapılan çok sayıda soğurma deneylerinden elde edilmiş olan verilere dayalı olarak bir havzanın tüm damarları için "damara özgü izoterm"ler ve çeşitli kömürleşme derecelerine (rank) bağlı olarak "ranka özgü ortalama izoterm"ler" çıkartabilmektedir. Ayrıca, çeşitli derinliklere ve ranklara göre karşılaşılabilecek gaz basıncı değerleri, görgül bağınlarla hesaplanabilmektedir. Bu tür yaklaşımların amacı, olası en az sayıda ölçme ile damar gaz içeriklerinin bulunmasıdır.

Örneğin, Langmuir eşitliği yardımıyla kömür damarının soğurabileceği gaz miktarını hesaplamak olanaklıdır (Mücke ve ark., 1972).

$$q = \frac{q_m \cdot b \cdot p}{1 + b \cdot p} \quad [5]$$

Burada,

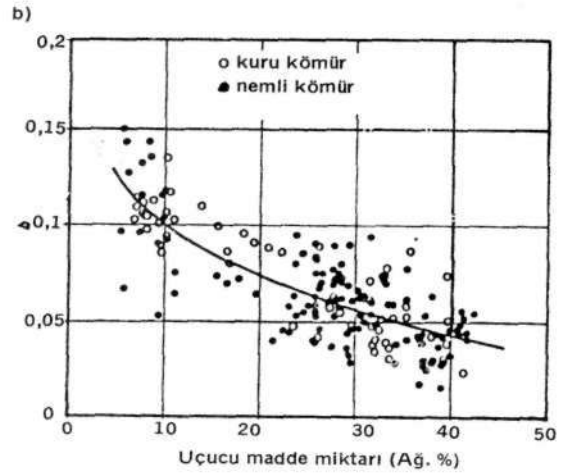
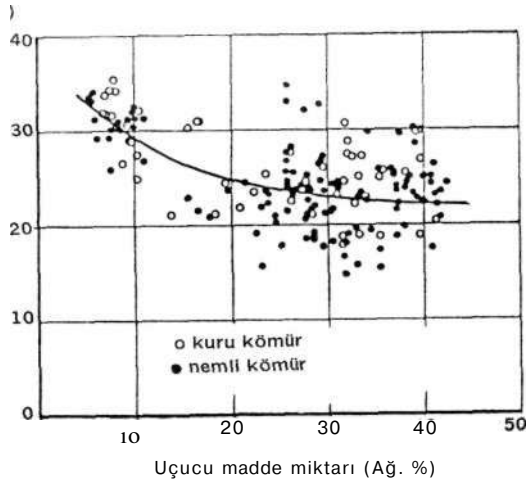
q : p basıncında soğurulan gaz miktarı, m³/ton

p : ölçülen gaz basıncı, MPa

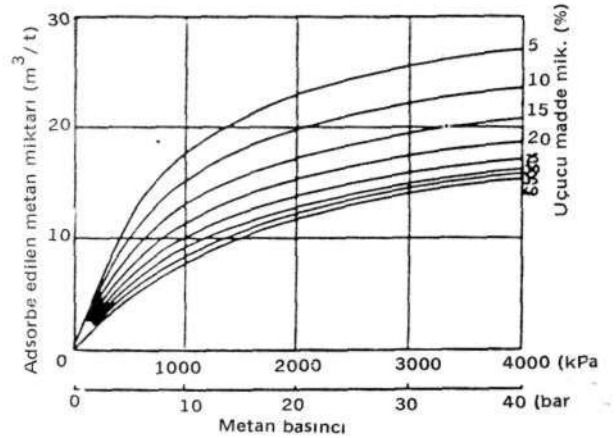
q_m ve b: gazın cinsine, sıcaklığa ve gazın soğurduğu yüzeyin özelliklerine bağlı sabitlerdir, m³/ton ve m²/MN

[5] eşitliğindeki sabitler, B.Almanya'da yapılan çalışmalara dayalı olarak, Şekil 5 a ve b'de verilmiştir.

Ayrıca, Şekil 6'da çeşitli ranklara göre ortalama izoterm"ler yer almaktadır. Görüldüğü üzere, sadece damardaki gaz basıncını ve kömürün rankını belirlemek suretiyle damarın içerdiği gaz miktarını hesaplamak olanaklıdır.



Şekil 5. Kömürleşme derecesine bağlı olarak Langmuir sabitleri (Boxho ve ark., 1980)



Şekil 6. Ortalama izoterm"ler (Miiche ve ark., 1972).

ABD'de Kim (1977) tarafından geliştirilen bir soğurma eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$q = \frac{100 - (\%nem + \%kül)}{100} \cdot 0.75 (k_o p^{n_o} - bT) \quad [6]$$

Burada,

q : kömürün yerinde gaz içeriği, cm³/g

p : yerinde gaz basıncı, atm

T : yerinde sıcaklık, °C

k_o, n_o ve b : katsayılarıdır.

Ettinger ve Lidin'in (1958) geliştirdiği eşitlik ise şu şekildedir:

$$q = \frac{100 - (\%nem + \%kül)}{100} \cdot \frac{65.5}{1 + 0.31 (\%nem)} \cdot \frac{1}{e^{0.146 \left(\frac{a}{p} - c \right)}} \quad [7]$$

Burada,

q : kömürün yerinde gaz içeriği, m³/ton

V : uçucu madde içeriği, %

p : gaz basıncı, atm

a, b ve n : katsayılarıdır.

[6] ve [7] eşitliklerinde yer alan katsayılar, soğurma deneylerinin verilerine dayalı olarak çeşitli bağıntılar, abaklar ve grafiklerden (Yalçın ve Durucan, 1987; Didari, 1988) elde edilebilmektedir.

İngiltere'de, arızalı damarlardan çatlaklanma ve kırılma gösteren kömür örnekleri alındığı zaman uygulanmak üzere bir teknik geliştirilmiştir (Creedy, 1986). Örneklemeye gereken özen gösterildiğinde, bu teknikte yapılan gaz içeriği ölçmelerinde, sondaja ve karot almaya gerek bulunmamaktadır. Damar gaz içeriklerinin (0) istatistiksel olarak hesaplanmasına olanak veren eşitlik (log-normal dağılım kabulüyle);

$$\ln O = 1,645 S + q \quad [8]$$

Burada S, ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart sapma değeri olup q ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının aritmetik ortalamasıdır. Gaz içeriklerinin normal dağılıma uygunluğu kabul edildiğinde şu eşitlik uygulanabilmektedir:

$$Q = 1,87 S_n + q_n \quad [9]$$

Burada S_n, gaz içeriklerinin aritmetik ortalamalarının standart sapması olup q_n, gaz içeriklerinin aritmetik ortalamasıdır.

[8] ve [9] eşitliklerinin her ikisi de yeterli güvenilirlikte sonuçlar vermektedir. Bu eşitlikler keza; karot, kırıntı yada parça kömür örnekleri için de geçerli olmaktadır. İngiliz araştırmacılar tarafından ucuz ve pratik bir örneklemeye işlemi önerilmektedir (Creedy, 1986). Buna göre, ya arından alman 3040 mm. boyutta parçalar 120 ml'lik bir cam kaba konarak sızdırmaz bir biçimde kapatılmakta ya da arından iri bir blok alınarak bu bloğun ortasından taze bir örnek elde edilmektedir.

B. Almanya'da doğrudan yöntemle yapılan gaz içeriği ölçümünün çabuklaştırılmasına olanak tanıyan bir teknik de V_j değerinin ölçümüdür

(Noack-Janac, 1981). Bu değer, bir kömür örneğinin damardan alındıktan sonra geçen bir dakika içinde yaydığı özgül metan miktarıdır. Bu değer, bir zaman sabitiyle çarpılarak damarın gaz içeriği (q) bulunmaktadır, örneğin 0,4-0,63 mm tane boyutları için bu katsayı, 29,4 dak olup;

$$q = 29,4 v, \text{ 'dir.} \quad [10]$$

5. PRATİK YÖNTEM

Yöntem, ocağın hava giriş ve çıkış yollarında seçilen istasyon noktalarında, hava içindeki metan yüzdesinin ve hava miktarının ölçülmesine dayanmaktadır. Seçilen süre içinde, hava miktar ve metan oranındaki değişimleri belirleyebilmek için ya belirli aralıklarla yapılan ölçülerin ortalaması alınmakta ya da sürekli kaydedici düzeneklerden yararlanılmaktadır. Seçilen süre içinde üretilen kömür miktar da belirlenirse, özgül gaz gelirin hesaplanması olanaklı olmaktadır. Bu şekilde elde edilen değerler, sadece, fikir verici niteliktedir.

6. ANİ GAZ VE KÖMÜR PÜSKÜRMESİNE YATKINLIĞIN BELİRLENMESİ

Bu amaca yönelik olarak, çeşitli indeksler geliştirilmiştir.

Gazı boşaltılmış, pudra halindeki kömür örneklerine metan emdirilerek daha sonra ilk 10. ve 60. saniyelerdeki basıncın ölçülmesiyle hesaplanan P_g/g_o indeksi, bu indeksin ölçümündeki süreyi kısaltmak üzere geliştirilen P_ex_p indeksi ve galerilerdeki ateşlemelerden sonra yapılan ölçümlere dayalı olarak hesaplanan VOQ indeksi; bu türden çalışmalara örnek olarak verilebilir (Paul, 1981; ökten, 1983).

7. SONUÇ

Geçerli olan gaz içeriğini saptama yöntemleri, her zaman, damarlann yerinde gaz içerikleri ile ilgili güvenilir bilgiler sağlayamamaktadır. Bu yüzden daha iyi yöntemlerin geliştirilmesine gereksinim vardır. Ancak, günümüz koşullarında, uygulamanın kolay ve ekonomik oluşu nedeniyle, doğrudan yöntemlerin üstünlük sağladığı görülmektedir.

Damar gaz içerikleri ile ilgili bilgilerin bulunmadığı Zonguldak taşkömür havzasında, öncelikle doğrudan bir yöntemle dayalı olarak rutin ölçümlerin başlatılmasında yarar vardır. Hazırlanmakta

olan kat ve panolarda metan denetimi amacıyla yapılacak çalışmalar, bu ölçmelerden edinilecek bilgiler doğrultusunda tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

AKYÜZ.A., 1971; Drill Stem Test Tatbikatı, Grafiklerinin Analizi, Değerlendirilmesi. TPAO Yayını, Ankara, 45 s.

BELİN.J., 1971; Bestimmung des Gasinhalts in Steinkohlenflözen (Direkte Methode). Informationstagung-Beherrschung der Ausgasung in Grubenbetrieben, Verbesserung des Grubenklimas, Luxemburg,!.39-56.

BERTARD.C, BRUYET.B., GUNTHER.J., 1970; "Determination of Desorbable Gas Concentration of Coal", Int.J.Rock Mech.Min.Sci.,c.7, s.43-65.

BOXHOJ. ve ark., 1980; Grubengas Absaugung. Verlag Glückauf, Essen, 420 s.

CREEDY.D.P., 1986; "Methods for the Evaluation of Seam Gas Content from Measurements on Coal Samples", Min.Sci.Tech.,c.S,s.141-160.

DIAMOND, W.P., LEVINE.J.R.,1981; Direct Method Determination of the Gas Content of Coal: Procedures and Results. Bu Mines RI 8515, 35 s.

DİDARİ.V., 1988; Metan Denetimi Gereksinimlerinin Ampirik Tekniklerle Belirlenmesi", T.6.Köm.Kong. Zonguldak., s.115-132.

ETTINGER,I.L.ve ark., 1958; Systematic Handbook for the Determination of the Methane Content of Coal Seams from the Seam Pressure of the Gas and the Methane Capacity of the Coal. NCB Translation A 1606 SEH, 28 s.

FENG.K.K., CHENG.K.C, AUGSTEN.R., 1984; "Preliminary Evaluation of the Methane Production Potential of Coal Seams at Greenhills Mine, Elkford, British Columbia", CIM Bull., (871), S.56-61.

JANAS.H.F., OPAHLE.M., 1986; "Verbesserung der Gasinhaltbestimmung", Glückauf-Forschungshefte, c.47 (2), s. 83-89.

KIM.A.G., 1977; Estimating Methane Content of Bituminous Coalbeds from Adsorption Data. Bu Mines RI 8245,30 s.

KISSELL.F.N., CULLOCH.C.M., ELDER.C.H., 1973; The Direct Method of Determining Methane Content of Coalbeds for Ventilation Desingn.Bu Mines RI 7767,17s.

LYNCH, E.J., 1964; Formation Evaluation. Harper and Row, Newyork, 420s.

McPHERSON, M.J., 1975; "The Occurence of Methane in Mine Workings", J.Mine Ventüoc-South Africa, August, S.118-128.

MUCKE.G.ve ark., 1972; "Vergleich und Vereinfachung der Verfahren zur Gasinhaltbestimmung", Vorkommen und Freiwerden von Grubengas II, Luxemburg, s. 59-120.

NOACK.K.JANAS.H., 1981; "Entwicklung von Verfahren und Geraten zur Beurteilung der Gasausbruchgefahr", Glückauf, c. 117 (13), s.759-763.

ÖKTEN,G., 1983; Zonguldak Taskömür Havzasındaki Ani Gaz ve Kömür Püskürmesi Olaylarının İncelenmesi ve Olaya Eğilimli Zonların Belirlenebilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, İTO Maden Fakültesi, 100 s.

PATCHING.T.H., MIKHAIL.M.V., 1986; "Studies of Gas Sorption and Emission on Canadian Coals", CIM Bull., (887), S.104-109.

PAUL.K., 1967; "Die Ermittlung des Gasinhaltes und des Freiwerden den Teiles vom Gasinhalt im Steinkohlenbergbau (Indirekte Methode)", H.Informationstagung-Das Grubengas und seine Bekämpfung., Luxemburg, s.19-37.

PAUL.K., 1981; "Weiterentwicklung von Verfahren zur Prognose und Verhütung von Gasausbrüchen", Glückauf, c. 117(13),s.753-758.

YALÇIN.E., DURUCAN.Ş., 1987; "Ampirik Metan Adsorpsiyon Eşitliklerinin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması", T.Mad.BU.Tek. 10. Kong., Ankara, s. 163-178.

