

**TTK ARMUTÇUK MÜESSESESİ BÜYÜK DAMAR  
IV. BLOĞUN GAZ İÇERİĞİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Mehmet OSKAN**

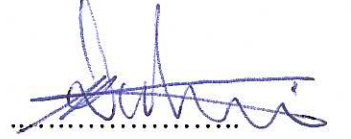
**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK  
Eylül 2014**

**KABUL:**

Mehmet OSKAN tarafından hazırlanan "TTK ARMUTÇUK MÜESSESESİ BÜYÜK DAMAR IV. BLOĞUN GAZ İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle /oyçokluğuyla kabul edilmiştir. 17/09/2014

Başkan: Prof. Dr. Vedat DİDARİ  
(Bülent Ecevit Üniversitesi)



Üye : Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN  
(İstanbul Teknik Üniversitesi)



Üye : Doç. Dr. Kemal BARIŞ  
(Bülent Ecevit Üniversitesi)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI  
(Bülent Ecevit Üniversitesi)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Alaaddin ÇAKIR  
(Bülent Ecevit Üniversitesi)



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım. ....../....../2014



Prof. Dr. Şadi ŞEN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*



Mehmet OSKAN

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TTK ARMUTÇUK MÜESSESESİ BÜYÜK DAMAR IV. BLOĞUN GAZ İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet OSKAN

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Vedat DİDARİ

Eylül 2014, 111 Sayfa

Bu çalışmada, TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu) Armutçuk Müessesesi Büyük damar IV. bloğun gaz içeriğinin doğrudan yöntemlerle belirlenmesi hedeflenmiştir. Öncelikle, kömürleşme olayı ile gaz oluşumu ve yayılımına ait özet bilgiler verilmiş, kömürde gaz içeriğinin belirlenmesinde kullanılan dolaylı, doğrudan ve görgül yöntemler tanıtılmıştır. Ardından, Armutçuk Müessesesinde Avustralya Standartı olarak tanımlanan Hızlı Çözülme ve Yavaş Çözülme teknikleri uygulanarak yeraltı ve yerüstünde yapılan çalışmalar ayrıntılı olarak anlatılıp elde edilen sonuçlar çizelgeler ve grafikler halinde sunulmuştur. Örneklerin gaz içerikleri Hızlı Çözülme tekniğine göre 7.0-14.7 cm<sup>3</sup>/g, Yavaş Çözülme tekniğine göre 7.2 -17.4 cm<sup>3</sup>/g olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkömürünün gaz içeriği, Kömürün gaz içeriğinin ölçülmesi, Metan içeriğini ölçme yöntemleri, Zonguldak, Armutçuk

**Bilim Kodu:** 607.01.04



## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DETERMINATION OF THE GAS CONTENTS OF THE IV. BLOCK OF BUYUK COAL SEAM AT TTK ARMUTCUK COLLIERY**

**Mehmet OSKAN**

**Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mining Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Vedat DİDARİ  
September 2014, 111 pages**

The goal of this study is the determination of the gas contents of the IV. Block of Büyük seam at TTK's Armutçuk Colliery using direct methods. Firstly, detailed information about coal formation and gas emissions are summarized, the direct, indirect and empirical methods of gas contents determination of coal have been explained. Then, Fast Desorption and Slow Desorption techniques of Australian Standards that applied for the measurement of the gas contents in this study have been described in detail. Results of the measurements and estimations have been given as tables and figures. According to Fast Desorption technique gas contents of samples are 7.0-14.7 cm<sup>3</sup>/g, According to Slow Desorption technique gas contents of samples are 7.2 -17.4 cm<sup>3</sup>/g.

**Keywords:** Gas content of coal, Measuring the methane contents of coals, Methods of methane measurement, Zonguldak, Armutçuk

**Science Code:** 607.01.04



## TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmayı gerçekleştirmesinde emeği geçen ve aşağıda isimleri verilen kişi ve kuruluşlara teşekkür eder.

Tez konusunun belirlenerek bu çalışmanın yürütülmesinde değerli katkıları ve olumlu yönlendirmeleri için tez danışmanı Prof. Dr. Vedat DİDARİ'ye, deneysel çalışmalar boyunca etkin destek ve yardımları için Doç. Dr. Kemal BARIŞ'a, Sınav jüri üyeleri Prof. Dr. Gündüz ÖKTEN, Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KAYMAKÇI ve Yrd. Doç. Dr. Alaaddin ÇAKIR'a,, TTK Genel Müdürlüğü yönetimine; Armutçuk Müessesesi Teknik Müdür Yardımcısı Maden Müh. Fazlı UNCU'ya, örneklerin alınmasında, gerekli ekipmanın nakliyatında gösterilen kolaylıklardan ötürü Üretim İşletme Müdürü Mad. Müh. Orhan ÇELİK'e ve bu müdürlüğün servis mühendislerine, 1. Ocak şefine, nezaretçilerine ve işçilerine, Sondaj Servisi çalışanlarına, Elektro-Mekanik İşletme Müdürü Makina Müh. Ahmet EKER'e, Torna-Tesviye Bölümü çalışanları Sadettin YILMAZ ve Durgut ERDOĞAN'a, Numune Servisi çalışanlarına, Etüd- Tesis Servisinde çalışan teknik elemanlara; ayrıca tüm maddi ve manevi özverileri için ailesi ve eşine.





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 TAŞKÖMÜRÜNDE GAZ OLUŞUMU VE YAYILIMINA YÖNELİK GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 KÖMÜRLEŞME VE GAZ OLUŞUMU.....	3
2.2 KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ .....	5
2.3 KÖMÜRÜN GAZ TAŞIMA (İLETİM) MEKANİZMASI .....	6
2.3.1 Kömürün Yapısı .....	6
2.3.2 Kömürün Gaz Taşıma Mekanizması .....	8
2.3.2.1 Adsorbe Edilmiş Gazın Geri Verilmesi.....	9
2.3.2.2 Difüzyon .....	10
2.3.2.3. Darcy Akışı .....	11
2.3.2.4. Görelî Geçirgenlik.....	12
2.4 METAN GAZININ KÖMÜR İÇİNDE DEPOLANMASI .....	12
2.5 KÖMÜRÜN METAN İÇERİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....	15
2.5.1 Kömürleşme Derecesi.....	15

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.5.2 Gaz Basıncı .....	16
2.5.3 Sıcaklık.....	17
2.5.4 Nem Miktarı .....	18
2.5.5. Kül Miktarı.....	19
2.5.6 Petrografik Bileşim.....	20
2.5.7 Gözenek Boyut Dağılımı .....	20
2.6 METAN GAZININ YAYILIMI .....	20
BÖLÜM 3 KÖMÜR DAMARI GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER .....	23
3.1 DOLAYLI YÖNTEMLER.....	23
3.2 DOĞRUDAN YÖNTEMLER.....	24
3.2.1 Cerchar Yöntemi.....	24
3.2.1.1 Kayıp Gazın( $Q_1$ ) Belirlenmesi .....	25
3.2.1.2 Çözülen Gazın ( $Q_2$ ) Belirlenmesi.....	26
3.2.1.3 Kalıntı Gazın ( $Q_3$ ) Belirlenmesi.....	26
3.2.1.4 Nem ve Kül Düzeltmeleri.....	27
3.2.2 USBM Yöntemi.....	27
3.2.3 NIOSH Değiştirilmiş USBM Yöntemi .....	28
3.2.4 Smith ve Williams Yöntemi .....	32
3.2.5 Düşüş Eğrisi (Decline Curve) Yöntemi .....	33
3.2.6 Gaz Araştırma Enstitüsü (GRI) Yöntemi.....	36
3.2.7 Avustralya Standardı Yöntemi .....	37
3.2.8 CSIRO-CET Hızlı Gaz İçeriği Belirleme Yöntemi .....	39
3.3 GÖRGÜL EŞİTLİKLERLE GAZ İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ.....	40
3.3.1 Langmuir Eşitliği.....	40
3.3.2. Kim Eşitliği .....	42
3.3.3 Ettinger Eşitliği.....	44
3.3.4 Creedy Yaklaşımı .....	45

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4 TTK ARMUTÇUK TAŞKÖMÜRÜ İŞLETME MÜESSESESİ .....	47
4.1 TAŞKÖMÜRÜ İŞLETMECİLİĞİNİN TARİHÇESİ.....	47
4.2 JEOLJİK YAPI .....	49
4.2.1 Stratigrafi.....	49
4.2.1.1 Paleozoyik (Karbonifer) .....	49
4.2.1.1.1 Namuriyen (Alacağzı Formasyonu) .....	49
4.2.1.1.2 Westfaliyen (Kozlu Formasyonu).....	50
4.2.1.2 Mesozoyik (Kretase) .....	51
4.2.1.2.1 Barremiyen (Kaide (taban) Konglomerası).....	51
4.2.1.2.2 Apsiyen (Velibey Kumtaşı) .....	51
4.2.1.2.3 Albiyen (Glokonili Kumtaşları).....	51
4.2.1.2.4 Senomaniyen (Mavi Marnlar) .....	51
4.2.1.2.5 Turoniyen (Fliş) .....	52
4.2.1.2.6 Koniasiyen-Santoniyen (Aglomera ve Tüfler) .....	52
4.2.1.3 Senozoyik (Kuaterner (Alüvyonlar)).....	52
4.2.2 Tektonizma.....	52
4.2.2.1 Kıvrımlar.....	52
4.2.2.2 Faylar .....	52
4.2.2.3 Diskordanslar .....	53
4.3 REZERV DURUMU.....	53
4.4 ÜRETİM DURUMU.....	54
4.5 MÜESSESEDE DAHA ÖNCEDEN YAPILAN GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI .....	55
BÖLÜM 5 DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	57
5.1 ÖRNEKLERİN ALINMASI .....	59
5.2 GAZ YAYILIMININ ÖLÇÜLMESİ .....	61
5.3 GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ.....	63
5.3.1 Hızlı Çözülme Tekniğine Göre Gaz içeriğinin Belirlenmesi .....	65

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.3.1.1 Kayıp Gaz Miktarının Belirlenmesi .....	65
5.3.1.2 Çözülen Gaz Miktarının Belirlenmesi.....	68
5.3.1.3 Toplam Gaz Miktarının Belirlenmesi.....	69
5.3.2 Yavaş Çözülme Tekniğine Göre Gaz içeriğinin Belirlenmesi .....	71
5.3.2.1 Kayıp Gaz Miktarının Belirlenmesi .....	71
5.3.2.2 Ölçülen Gaz Miktarının Belirlenmesi .....	73
5.3.2.3 Kalıntı Gaz Miktarının Bulunması.....	74
5.3.2.4 Toplam Gaz Miktarının Belirlenmesi.....	75
5.4 ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	76
BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	79
KAYNAKLAR .....	81
ÖZGEÇMİŞ .....	111

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Biyogenik ve termojenik metan oluşumu .....	4
2.2 Metan ve karbondioksitin kömürleşme derecesi ile ilişkisi değiştirilerek .....	5
2.3 Kömürün çiftli gözenek sistemi .....	7
2.4 Kömürdeki gazın transfer sistemi .....	7
2.5 Kömürün kantitatif bilgisayarlı tomografi görüntüsü .....	8
2.6 Kömürleşme derecesine göre izoterm eğrileri .....	9
2.7 Metanın kömür içindeki difüzyonu .....	10
2.8 Kömür gözeneklerinde metan molekülleri .....	14
2.9 İzoterm eğrileri.....	15
2.10 Farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin soğurabileceği metan miktarları .....	16
2.11 Kömür örneğinin soğurabileceği gaz miktarının gaz basıncına bağlı olarak değişimi ...	17
2.12 Sıcaklık değişimlerinin soğurulan gaz miktarına etkisi.....	18
2.13 Nem miktarının soğurulan gaz üzerine etkisi .....	19
3.1 Kömür örneğinden yayılan gaz miktarının zamana göre değişimi .....	28
3.2 (A) NIOSH değiştirilmiş USBM yöntem test cihazı (MDM) (B), sahaya özel PVC sızdırmaz kap .....	30
3.3 Çözülebilir gaz hacminin tahmininde kullanılan düşüş eğrisi grafiği Chase (1979)' den sonra değiştirilmiş .....	34
3.4 Kayıp gaz hacminin tahmini için düşüş eğrisi grafiği.....	35
3.5 Manometrik gaz hacmi ölçüm cihazları örnekleri .....	36
3.6 Avustralya Standardı yöntemi gaz hacmi ölçme aleti.....	38
3.7 Langmuir B sabiti.....	41
3.8 Langmuir Qs sabiti .....	42
4.1 Zonguldak Taşkömürü Havzası .....	48
4.2 Armutçuk müessesesi Büyük damar planı.....	54
5.1 Numunelerin alındığı sondajların yerleri ve doğrultuları .....	59
5.2 Sızdırmaz kap ve kap içindeki bilya.....	60

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.3 Barometre ve psikrometre.....	60
5.4 Su dolu bir kap içeren ölçekli düzenek.....	62
5.5 Sızdırmaz kapların bağlandığı makine .....	62
5.6 Kayıp gaz hacminin saptanması.....	67
5.7 Kayıp gaz hacminin saptanması.....	72
5.8 Ölçülen gazın zamana bağlı değişimi.....	74
5.9 Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örneklerin sondaj derinliğine bağlı gaz içeriği değişimleri .....	77
5.10 Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan örneklerin sondaj derinliğine bağlı gaz içeriği değişimleri .....	78

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Metan gazının fiziksel özellikleri.....	13
3.1 Elde edilen toplam gaz içeriği verilerinin karşılaştırılması .....	40
3.2 Ettinger eşitliğinde kullanılan sabitler.....	45
3.3 Creedy yaklaşımının uygulandığı çalışma sonuçları .....	46
4.1 Toplam rezerv tablosu .....	53
4.2 Müessesenin 2000-2004 yılları arası üretimde gerçekleşme oranları .....	55
5.1 Sondajlardan alınan kömür örneklerinin analizleri .....	58
5.2 Ölçümler sonucu elde edilen veriler.....	61
5.3 Gaz Yayılım Değerleri.....	63
5.4 6 nolu örnek için ölçümler sonucu elde edilen veriler .....	65
5.5 6 no.lu örnek için Kayıp Gaz Belirleme Tablosu.....	66
5.6 Çözülen gaz ölçüm verileri .....	68
5.7 Hızlı Çözülme tekniğine göre elde edilen sonuçlar .....	70
5.8 Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan 6 no.lu örneğe ait veriler .....	71
5.9 6 no.lu örnek için Kayıp Gaz Belirleme Tablosu.....	72
5.10 Ölçülen gaz verileri .....	73
5.11 Kalıntı gaz ölçümleri .....	74
5.12 Yavaş Çözülme tekniğine göre elde edilen sonuçlar.....	76
5.13 Gaz içerikleri.....	77





## EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK A Ölçümler Sonucu Elde Edilen Değerler ve Hesaplamaları.....	85



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Ettinger sabiti
$A^\circ$	: Angström
b	: Kim sabiti ( $0.14 \text{ m}^3/\text{ton } ^\circ\text{C}$ )
B	: Langmuir sabiti
C	: Ettinger sabiti
$C(P)$	: Matris-mikro çatlak sınırında denge derişimi
D	: Difüzyon katsayısı
h	: Dereceli kabın su seviyesinden yüksekliği
K	: Kömürün kül yüzdesi
$k_o$	: Kim sabiti
$n_o$	: Kim sabiti
$m'$	: Öğütülen ağırlık
M	: Toplam örnek ağırlığı
$M_c$	: Bilyalı değirmende toz haline gelene kadar ezilmiş numunenin havada kurutulmuş kütle
$m_H$	: Hızlı Çözölme tekniğine tabi tutulan örneğin toplam ağırlığı
$M_t$	: Numunenin havada kurutulmuş kütle (ağırlık)
$m_Y$	: Yavaş Çözölme tekniğine tabi tutulan örneğin toplam ağırlığı
N	: Nem yüzdesi
n	: Sıcaklık faktörü
P	: Damar gaz basıncı, atm
$P_{101,3}$	: 101,3 kPa
$P_A$	: Okuma anındaki ortamdaki basınç
$P_{amb}$	: Kap içindeki gazın ortam basıncı
$P_f$	: Yeraltı atmosfer basıncı
$P_j$	: Yerüstü atmosfer basıncı
$P_k$	: $2t_1$ de kaptaki basınç
$P_o$	: Su kafası tarafından oluşturulan negatif basınç

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$P_{std}$	: Standart basınç
$P_t$	: t anındaki düzeltilmiş basınç
$Q'$	: Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının aritmetik ortalaması
$q$	: $t_1$ ve $2t_1$ zaman aralığında gerçekleşen gaz yayılım miktarı
$Q_1$	: Kayıp gaz miktarı
$Q_2$	: Çözülen gaz miktarı
$Q_3$	: Kalıntı gaz miktarı
$Q_d$	: Çözülebilir gaz hacmi
$Q_D$	: Çözülebilir gaz içeriği
$Q_r$	: Kalıntı gaz hacmi
$q_{gm}$	: Kömür matrisinden gaz üretim oranı
$Q_s$	: Langmuir sabiti
$Q_t$	: Temiz kömürün soğurabileceği toplam gaz miktarını
$Q_T$	: Toplam gaz içeriği
$Q_y$	: Yerinde kömürün soğurabileceği gaz miktarını
$s_f$	: Çatlak aralığı
SK	: Sabit karbon miktarı
$S_n$	: Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart sapması
$T'$	: Sıcaklık
$T_{20 deg}$	: 20 °C
$T_{amb}$	: Kap içindeki gazın ortam sıcaklığı,
$T_f$	: Yeraltı sıcaklığı
$T_j$	: Yerüstü sıcaklığı
$T_{std}$	: Standart sıcaklık,
$T_t$	: t anında sıcaklık
UM	: Uçucu madde miktarı
V	: Kabin boşluk hacmi
$V_{20 deg 101,3 kPa}$	: Ölçüm sistemindeki gaz ve havanın hacmi
$V_{amb}$	: $T_{amb}$ ve $P_{amb}$ de boş alan hacmi
$V_{bomb}$	: Sızdırmaz kabin hacmi
$V_{CT}$	: Su seviyesine kadar dereceli kabin hacmi
$V_f$	: Birikmiş çözülen gaz hacmi bırakıldıktan sonraki kap içindeki gaz hacmi

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$V_H$	: Hızlı Çözülme tekniğine göre ölçülen toplam hacim
$V_i$	: Çözülme hacim ölçüm zaman aralığının sonunda sızdırmaz kap içindeki gaz hacmi
$V_m$	: Matris hacmi
$V_t$	: Dereceli kapta okunan hacim
$V_{tube}$	: Bağlantı hortumu iç hacmi
$V_Y$	: Yavaş Çözülme tekniğine göre ölçülen toplam hacim
$X$	: Laboratuvarda kap açılmadan önceki metan yüzdesi
$X_o$	: Yeraltında örneğin alındığı ortamdaki metan yüzdesi
$X_{xLog}$	: Kayıp gaz miktarının logaritmik eğim çizgisiyle hesap edilmesiyle elde edilen sonuçlar

## KISALTMALAR

ARTİM	: Armutçuk Taşkömürü İşletmesi Müessesesi
BEÜ	: Bülent Ecevit Üniversitesi
CERCHAR	: Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France
CET	: Division of Coal and Energy Technology (Kömür ve Enerji Teknolojileri Dairesi)
CSİRO	: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Kamu Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizasyonu)
EKİ	: Ereğli Kömürleri İşletmesi
GRI	: Gaz Araştırma Enstitüsü (Gas Research Institute)
KD-GB	: Kuzeydoğu-Güneybatı
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
KZO	: Kayıp Zaman Oranı
MDM	: Modified Direct Method
NIOSH	: National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal İş Güvenliği ve Sağlık Enstitüsü)
PVC	: Polivinil Klorür
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)**

TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
US	: United States
USBM	: United States Bureau of Mines
YZO	: Yüzey Zaman Oranı

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Günümüzden yaklaşık 340 milyon yıl önce başlayıp, yaklaşık 60 milyon yıl önce sona eren Karbonifer döneminde turba ve bataklık zeminlerinde çökelen bitki ve hayvan organizmaların çeşitli etmenler altında kömürleştiği ve bu süreçte büyük miktarlarda gaz oluştuğu bilinmektedir. Yaklaşık 280 milyon yıl süren bu kömürleşme sürecinin başlangıcında gazın büyük bir kısmı atmosfere kaçmakta, kalan gaz kömürün bünyesinde soğurulmuş şekilde dengede bulunmaktadır. Kömürlü bir sahada üretim için hazırlık çalışmaları başlayıp damara ve çevre kayalara müdahale edildiğinde denge bozulmakta ve metan gazı emisyonu başlamaktadır.

Kömürün bünyesinde tuttuğu bu gazların büyük bir kısmını metan gazı oluşturmaktadır. Yeraltı kömür madenciliği çalışmalarında bu gazların dikkatle izlenmesi ve kontrol altında tutulması gerekir. Bu nedenle, gazın miktarının bilinmesi, emniyetli çalışma koşullarının sağlanabilmesi için çok önemlidir.

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.

Bu çalışmanın 2. bölümünde, kömürleşme olayı ile kömür damarlarında gazın oluşumu, depolanması ve yayılımına ait temel bilgiler gözden geçirilmiş, kömür damarlarının soğurabileceği gaz miktarını etkileyen etmenler açıklanarak gazın yayılım mekanizması hakkında bilgiler verilmiştir.

3. bölümde kömürde gaz içeriğinin belirlenmesinde kullanılan dolaylı, doğrudan ve görgül yöntemler tanıtılmıştır. Günümüzde fazlaca uygulama ortamı bulamayan dolaylı



yöntemlerden bahsedildikten sonra damar gaz içeriği belirlenmesinde genel kabul gören doğrudan yöntemler ile Avustralya Standartı yöntemi ayrıntılı olarak anlatılmış, kullanılan bağıntılar belirtilmiştir. Son olarak, damar gaz içeriklerinin görgül bağıntılarla hesaplanmasına olanak tanıyan eşitlikler tanıtılmıştır.

4. bölümde Armutçuk Müessesesinin tanıtımı yapılmıştır. Öncelikle taşkömürü işletmeciliği hakkında bilgi verilmiştir. Ardından müessesenin jeolojik yapısı geniş bir biçimde anlatılıp rezerv durumu ve üretim durumundan bahsedilmiştir. Son olarak müessesede daha önceden yapılan gaz içeriği belirleme çalışmalarına değinilmiştir.

5. bölümde Büyük damarın gaz içeriğini belirleme çalışmaları ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. 12 farklı noktadan sondajlarla alınarak sızdırmaz kaplara konan örnekler; müessese imkanları dahilinde oluşturulan üstten beslemeli dereceli kap içeren su düzeneği ve içine belirli boyutlarda bilyalar koyulmuş öğütme kabı olarak kullanılan (aynı zamanda numune kapı olarak kullanılacak) metal sızdırmaz kaplarla Avustralya Standartı yöntemi kullanılarak deneylere tabi tutulmuş ve gaz içerikleri tespit edilmiştir. Yapılan ocak içi ve laboratuvar çalışmaları ayrıntılı bir şekilde anlatılarak, ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

6. bölümde ise çalışma süresince elde edilen sonuçlar sıralanarak daha sonraki çalışmalara ışık tutabilecek önerilere yer verilmiştir.

## **BÖLÜM 2**

### **TAŞKÖMÜRÜNDE GAZ OLUŞUMU VE YAYILIMINA YÖNELİK GENEL BİLGİLER**

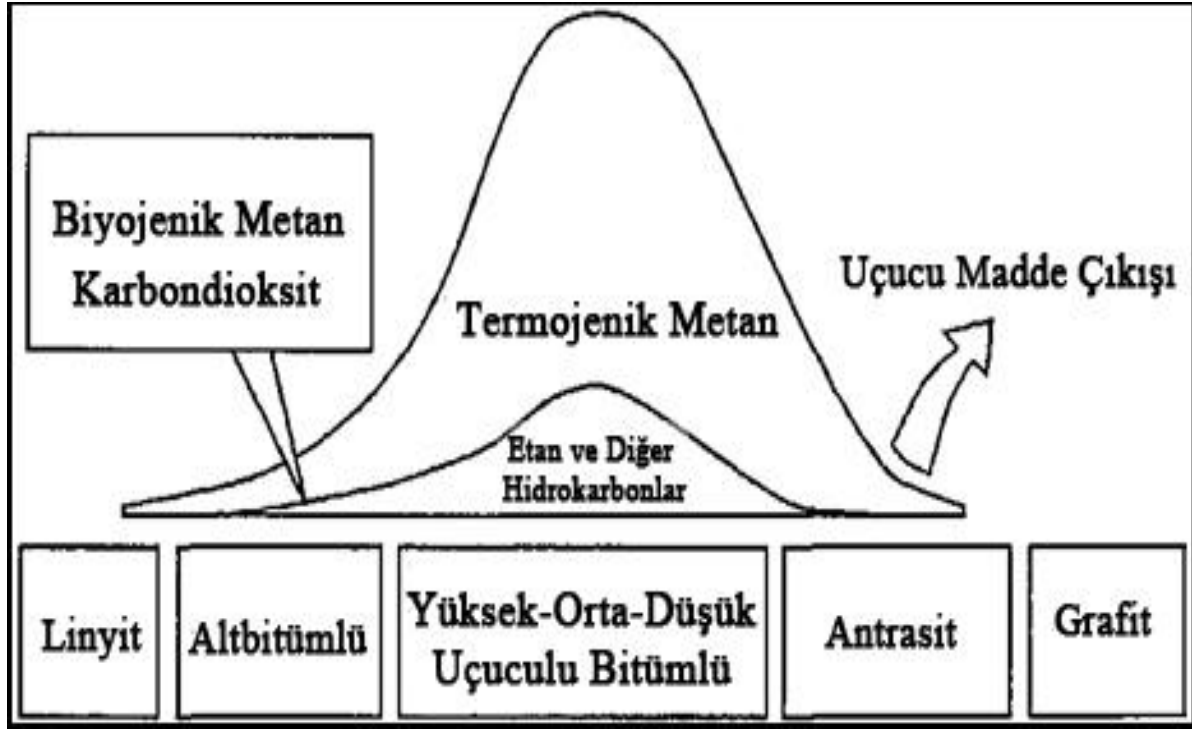
Kömür değişik oranlarda organik ve inorganik bileşenler içeren tortul bir kayadır. Kömürün ana elemanı karbon olup genel olarak %50 veya daha fazla oranlarda yanabilen madde içeren kayalar kömür olarak kabul edilmektedir. Ana elemanının karbon olması nedeniyle kömürleşme batakliklarda başlayan karbon çevrimine çok bağımlıdır. Kömürleşmenin başlıca kaynakları bitkiler, havadan ve yüzeydeki sulardan alınan CO<sub>2</sub>'dir (Kural vd., 1988; Arslan'dan, 2006).

Organik ve inorganik bileşenlerin batakliklarda çökmesi ve üzerlerinin bir örtü tabakası ile kaplanması sonucu ortamda, sıcaklık ve basınç etkisi ile kömürleşme gerçekleşmekte ve metan gazı, bu reaksiyonun bir ürünü olarak oluşmaktadır. Kömür gözeneklerinde, serbest ve gözenek yüzeyine tutunmuş durumda bulunan metan miktarı; kömürleşme derecesi, gaz basıncı, sıcaklık, nem miktarı ve petrografik bileşim gibi etmenlere bağılı olarak değişmektedir (Kural 1988; Arslan'dan, 2006).

#### **2.1 KÖMÜRLEŞME VE GAZ OLUŞUMU**

Bitkiler, kömürleşme evresinde, daha önceden oluşmuş batakliklarda, ayrışmaya uğramayacak hızda, bataklikta önceden birikmiş olan bitkilerin üstünde birikmeye başlarlar ve kompakt bir yapı oluştururlar. Bitkiler önce turbaya dönüşür ve bu sırada bünyelerinde buldukları suyun büyük bir kısmını kaybederler. Turba oluşuktan sonra sıcaklığın ve kömürleşme derecesinin artmasıyla turbadan sırasıyla linyit, alt bitümlü kömür ve bitümlü kömür oluşur. Eğer sıcaklık ve basınç yeterli seviyede ise bitümlü kömürden sonra en yüksek kömürleşme derecesine sahip olan antrasitler oluşur. Öncelikle biyojenik metan oluşumu gerçekleşir. Daha sonra sıcaklığın bakterilerin yaşayabileceği sınırı geçmesiyle termojenik metan oluşumu başlar (Şekil 2.1) (Anonim 2009; Alptekin'den, 2009).

Kömürleşmenin farklı evrelerinde, çeşitli hidrokarbonlar, karbondioksit, azot ve su açığa çıkar. Kömürleşme, jeolojik koşullara bağlı olarak herhangi bir zamanda son bulabilir ve günümüzde var olan farklı derecelerdeki kömürler ortaya çıkar. Kömürleşme sürecinde ortaya çıkan metan gazının birçoğu farklı kayaçların içine göç eder, fakat bir kısmı ise kömürün yüzeyinde ve mikro gözeneklerinde adsorbe edilir (Anonim 2009; Alptekin'den, 2009).

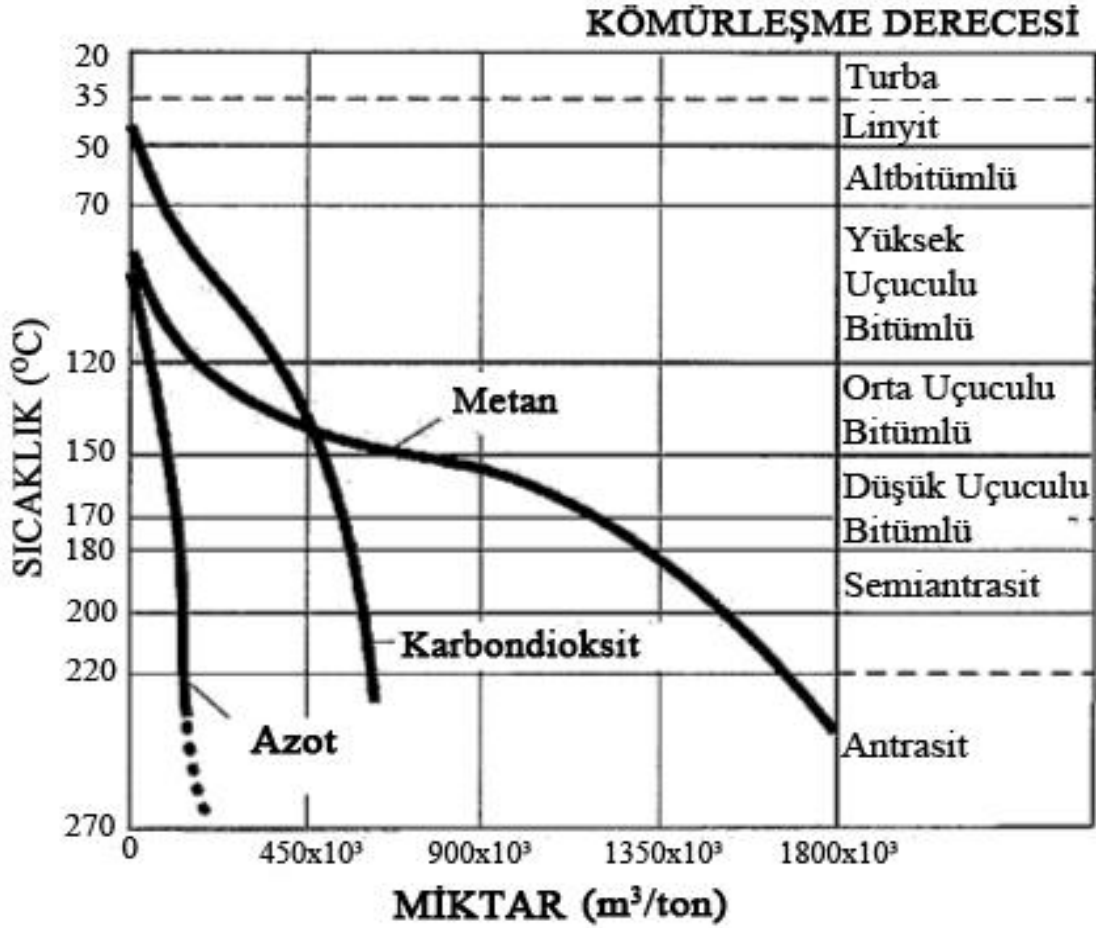


Şekil 2.1 Biyojenik ve termojenik metan oluşumu (Anonim 2009; Alptekin'den, 2009).

Kömürleşmenin evresinin ilk evreleri boyunca, bakterilerin teneffüsü sonucunda biyojenik metan oluşur. Aerobik bakteriler, öncelikle çevredeki sedimanların ve bitkilerin oluşturduğu serbest oksijeni metabolize ederler. Daha sonra anaerobik teneffüs sırasında, anaerobik (oksijensiz ortamda yaşayabilen) bakteriler karbondioksit ve metan üretirler (Anonim 2009; Alptekin'den, 2009).

Yeterli süre geçtikten ve yeraltındaki kömürün sıcaklığı 50°C'ye ulaştıktan sonra, biyojenik metanın büyük bir bölümü oluşmuş olur ve bu sırada orjinal nemin üçte ikisi dışarı atılır. Bu süreçte kömür, alt bitümlü kömür derecesine ulaşır. Sıcaklık 50°C'nin üzerine çıkmaya başlayınca termojenik süreç başlar ve kömürleşme derecesi, yüksek uçucu maddeli bitümlü kömür derecesine gelirken ilave su, karbondioksit ve azot oluşur. 95°C'de maksimum karbondioksit oluşumu olurken, metan oluşumu minimumdur. Termojenik metan üretimi,

yüksek uçucu maddeli bitümlü kömürlerde başlar ve 120°C’de metan oluşumu, karbon dioksit oluşumunu geçmeye başlar. Maksimum metan oluşumu 150°C’de gerçekleşir. Bu dereceden daha yüksek sıcaklıklarda ve kömürleşme derecesi daha yüksek olan kömürlerde de metan oluşumu gerçekleşir ancak miktar olarak daha azdır (Şekil 2.2) (Anonim 2009; Alptekin’den, 2009).



Şekil 2.2 Metan ve karbondioksitin kömürleşme derecesi ile ilişkisi değiştirilerek (Rightmire, 1984).

## 2.2 KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Kömürün, heterojen ve anizotropik (eş yönsüz) gözenekli bir ortamı vardır ve bu ortam iki farklı gözenek sistemi ile karakterize edilir. Bu sistemler makro gözenekler ve mikro gözeneklerdir. Makro gözenekler çatlak olarak da bilinir. Mikro gözenekler veya matris, bulunan gazın büyük bir kısmını içerirler (Aminian,; Alptekin’den, 2009).

Kömürün bünyesinde bulunan gazların moleküler olarak birkaç katı büyüklüğe sahip olan mikro gözenek sistem (boyutu  $< 2$  nm) kömürün gözenek sisteminin ana ve en büyük kısmını oluştururlar. Mikro gözenek sisteminde adsorbe olmuş halde bulunan gaz tamamıyla gözeneğin içini doldurduğunda gözeneğin alabileceği maksimum kapasiteye ulaşır. Depolanmış gaz daha sonra gaz çözümlerin (desorbe olması) devam etmesi ve mikro çatlak sistemlerin hareket etkisiyle gözeneklerden dışarı çıkar (Saghafi 2010).

## **2.3 KÖMÜRÜN GAZ TAŞIMA (İLETİM) MEKANİZMASI**

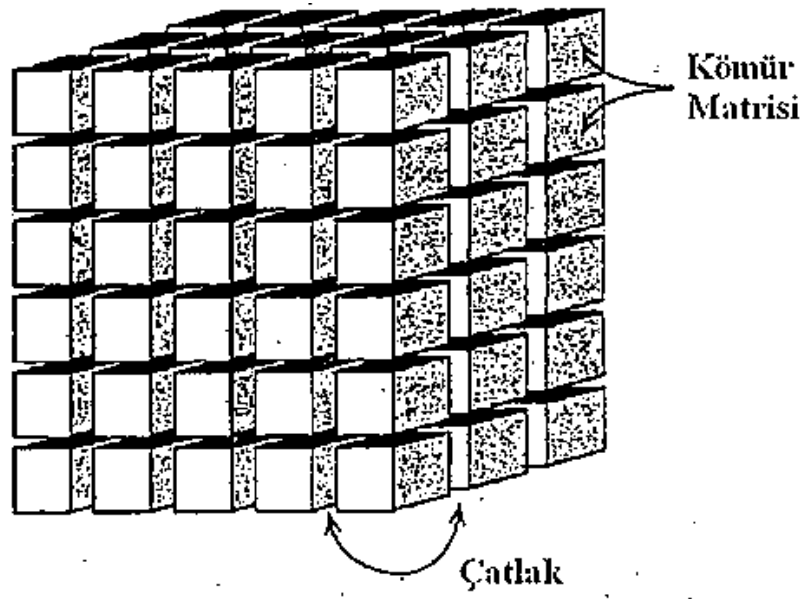
Kömürün gaz taşıma mekanizmasını anlamak için ilk olarak kömürün yapısını anlamak gerekir. Bundan dolayı bu bölümde kömürün yapısı ve gaz taşıma mekanizması incelenecektir.

### **2.3.1 Kömürün Yapısı**

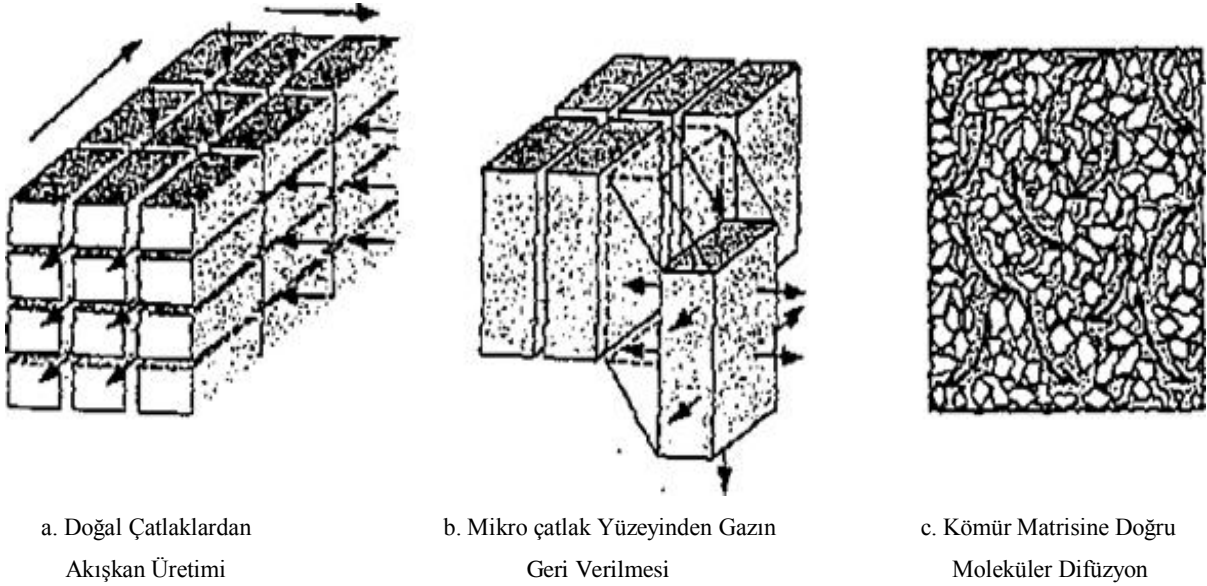
Madencilik veya kömür kökenli metan sondajlarından elde edilen deneyimlere göre kömür doğal çatlaklı bir yapıya sahiptir. Kömürleşme, bölgesel yapısal güçler ve diğer değişkenler kömürlerde birbirine yakın bir mikro çatlak (cleat) sistemi oluşmasını sağlar. Bölgesel yapısal güçler genellikle çatlak sistemini belirler. Kömür çatlak sistemi genellikle ortogonaldır ve birbirlerini tek yönde enine keserler. Baskın olan çatlak sistemi yaygın olarak yüzey (ön) mikro çatlak olarak adlandırılır ve bu çatlakları dik kesen çatlaklara yan mikro çatlak adı verilir. Kömürlerdeki mikro çatlak sistemi genişlikleri 25 mm ile 2,5 cm arasında değişir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

Kömürde mikro gözenekler de mevcuttur. Bu gözeneklerin genişlikleri 5 ile 10 Angström arasında değişir. Kömürdeki mikro çatlaklarda yüksek akış kapasitesi varken (geçirgenlik milidarcy düzeyindedir), mikro gözeneklerin akış kapasitesi düşüktür (geçirgenlik mikrodarcy düzeyindedir). Bu yüzden kömürün Warren ve Root'un önerdiği çift gözenekli sisteme sahip olduğunu düşünmek faydalı olacaktır (Şekil 2.3) (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

Mikro çatlak sistemine ilaveten, kömürlerde çatlak sistemi de mevcuttur ve bu çatlaklar tektonik hareketler sonucu oluşmaktadır. Kömür damarlarına açılan sondajlarda gaz ve su akışı bu mikro çatlak ve çatlak sistemi içinden gerçekleşir. Şekil 2.4'de gazın kömür içinde 3 farklı aşamada gerçekleşen transferini göstermektedir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).



Şekil 2.3 Kömürün çiftli gözenek sistemi (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).



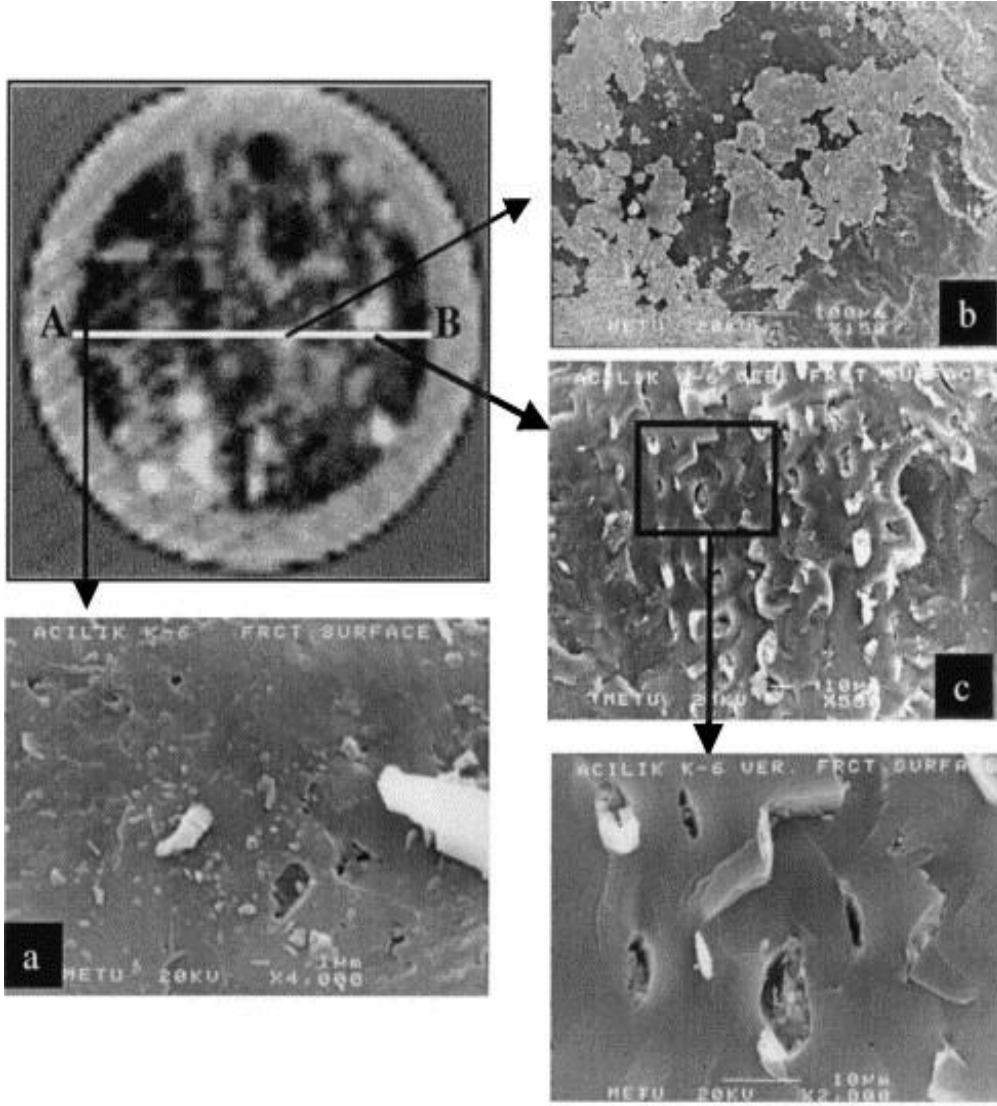
a. Doğal Çatlaklardan  
Akışkan Üretimi

b. Mikro çatlak Yüzeyinden Gazın  
Geri Verilmesi

c. Kömür Matrisine Doğru  
Moleküler Difüzyon

Şekil 2.4 Kömürdeki gazın transfer sistemi (Saulsberry et al., 1996; Alptekin, 2009).

Karacan ve Okandan tarafından yapılan çalışmada (2001), kantitatif bilgisayarlı tomografi yöntemini kullanılarak, Zonguldak Taşkömürü Havzası'ndaki Gelik Ocağı damarlarından alınan 3,8 cm çapındaki orta uçuculu bitümlü kömür numunelerinin gözenek görüntüleri incelenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Kömürün kantitatif bilgisayarlı tomografi görüntüsü; a) Küçük boyutlu gözeneklerin oluşturduğu gözenek matrisi ve kömür matrisi, b) Kömür matrisi üzerindeki mineral katmanı, c) Kısmen kil mineralleri ile dolmuş gözenekler (Karacan and Okandan, 2001).

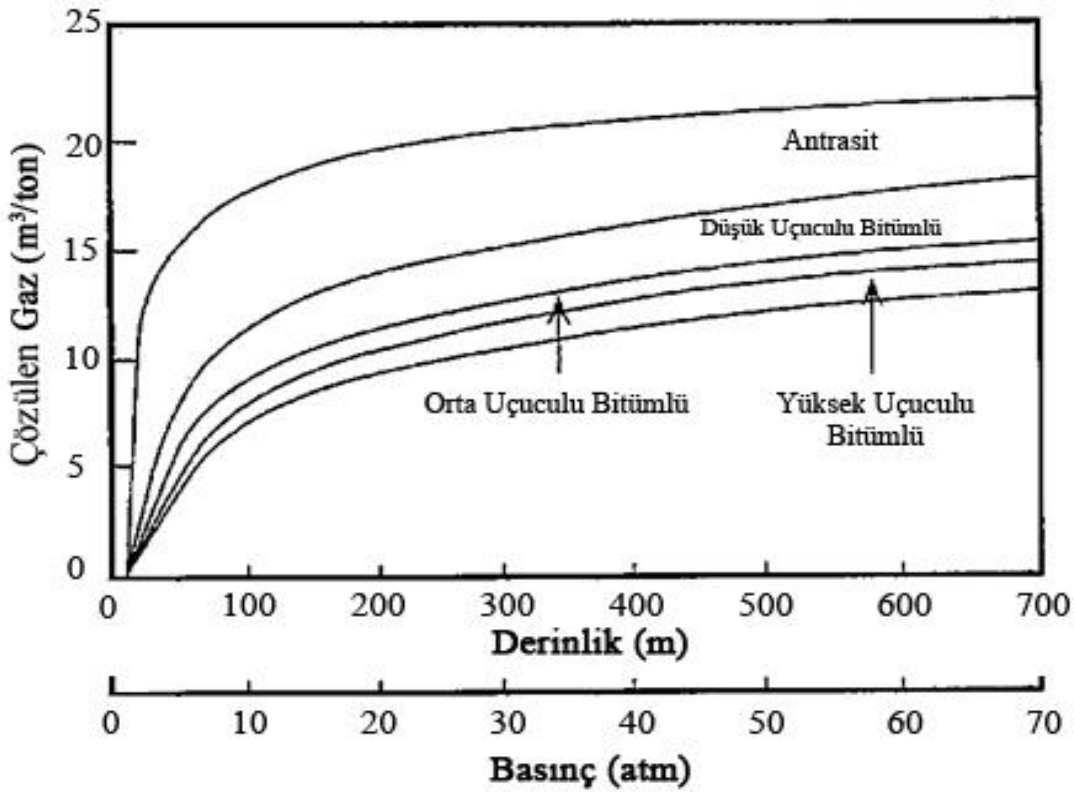
### 2.3.2 Kömürün Gaz Taşıma Mekanizması

Kömür içinde bulunan gazın büyük bir çoğunluğu çatlaksız kömür matrisinin iç yüzeyine adsorbe edilmiştir. Kömürden gaz emisyonu üç aşamada gerçekleşmektedir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009):

1. Doğal çatlaklardan akış,
2. Adsorbe edilmiş gazın mikro çatlak yüzeyinden geri verilmesi,
3. Kömür matrisinden mikro çatlak sistemine difüzyon.

### 2.3.2.1 Adsorbe Edilmiş Gazın Geri Verilmesi

Bu işlem metan moleküllerinin kömür matrisi mikro gözeneklerinden ayrılıp, serbest gaz halinde bulunduğu mikro çatlak sistemine geçmesidir. Çözülme (desorption) izotermi kömür matrisi içinde adsorbe edilmiş gaz derişimi ile mikro çatlak sistem içinde bulunan serbest gaz basıncı arasındaki ilişkiyi tanımlar. İlk defa Kim, adsorbe edilmiş gazın geri verilmesi karakteristiğinin kömürün özelliklerine göre değiştiğini göstermiştir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009). Kömürleşme derecesine bağlı Kim'in (1977) düzeltilmiş izoterm eğrileri Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Kömür içeriğinin farklılığından dolayı (nem içeriği, kül içeriği vb.) izoterm eğrileri sondajdan sondaja değişiklik gösterir. Bu yüzden, doğru izotermelerin tanımlanabilmesi için sondajdan alınan örneklerin iyi seçilmiş olması (tüm kömürü temsil edecek şekilde olması) gerekmektedir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).



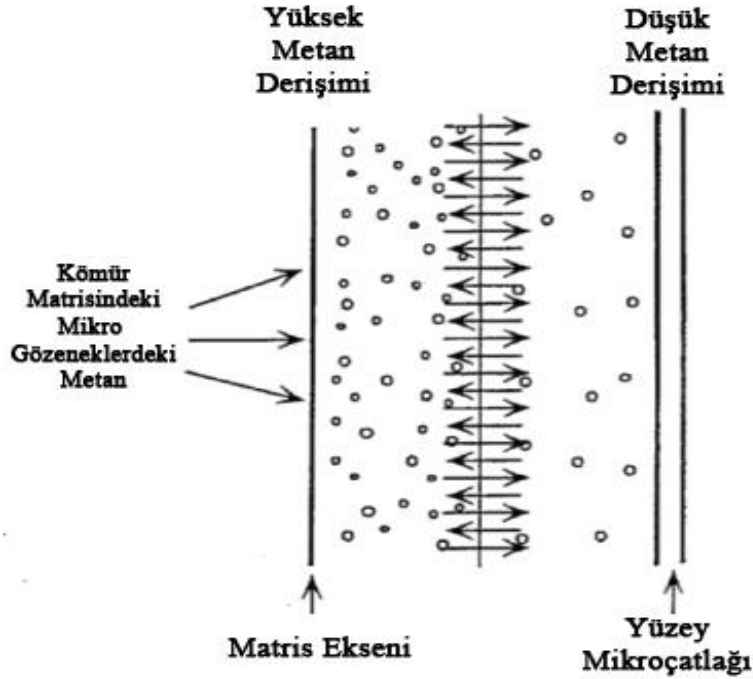
Şekil 2.6 Kömürleşme derecesine göre izoterm eğrileri (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

Emilen gazın geri verilme evresinde izoterm, matris sistemindeki akış (akış derişim gradyanı tarafından kontrol edilir) ile mikro çatlak sistemindeki akış (basınç gradyanı tarafından kontrol edilir) arasındaki bağlantıdır. (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).



### 2.3.2.2 Difüzyon

Difüzyon, moleküllerin, yüksek derişimli bir bölgeden düşük derişimi bir bölgeye akışıdır. Smith ve Williams kömürdeki difüzyonun Knudsen difüzyonu, yüzey difüzyonu ve hacimsel difüzyonun kombinasyonu olduğunu bulmuşlardır (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009). Kömür matrisinin içinde gerçekleşen metan difüzyonu Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Metanın kömür içindeki difüzyonu (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009)

Mikro gözenek sistemindeki difüzyon Eşitlik 2.1'de açıklanmaktadır ve bu denklem Fick kanunundan türetilmiştir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

$$q_{gm} = \frac{8 \times \pi \times D \times V_m}{s_f^2} \times (C_m - C(p)) \quad (2.1)$$

$q_{gm}$  : Kömür matrisinden gaz üretim oranı, m<sup>3</sup>/gün

$D$  : Difüzyon katsayısı, m<sup>2</sup>/gün

$V_m$  : Matris hacmi, m<sup>3</sup>

$s_f$  : Çatlak aralığı, m

$C_m$  : Matris gaz derişimi, m<sup>3</sup>

$C(p)$  : Matris-mikro çatlak sınırında denge derişimi, m<sup>3</sup>

Eşitlik 2.1, matristen mikro çatlağa olan akış oranını açıklar ve bu akış, metanın derişim gradyanının etkisindedir. Matris elemanlarının silindir olduğu varsayılır. Bu, rezervuarda bulunan matris elemanları için bir yaklaşımdır ve matris elemanları ortagonal mikro çatlak sistemi ile çevrilmiştir. Fick kanunundaki oran sabiti difüzyon katsayısı olarak adlandırılır (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

Difüzyon etkisi, gaz adsorpsiyon süresinin T (gün), belirlenmesi ile ölçülür (Eşitlik 2.2). Bu eşitlikte  $s_f$  çatlak aralığı (m) ve D difüzyon katsayısı ( $m^2/gün$ )'dür (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

$$T = \frac{s_f^2}{8 \times D \times \pi} \quad (2.2)$$

Bu denklem silindirik matris elemanları için uygun olan şekil faktörünü içerir. Schwerer ve arkadaşları, silindirik matris elemanlarının, kömürdeki difüzyonu modellemek için yeterli olacağını göstermiştir. Gaz adsorpsiyon süresi, kömürün gaz içeriği testlerinden bulunur (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

### 2.3.2.3. Darcy Akışı

Kömür kökenli metan kuyularından yapılan üretimlerden ve bu kuyulardaki tek fazlı kuyu akış testlerinden elde edilen deneyimler, kömür mikro çatlak sistemindeki akışın Darcy kanunu ile açıklanacağını ispatlamaktadır. Aşağıdaki varsayımların yapılması durumunda, herhangi bir gözenekli ortamdaki akış için Darcy Kanunu geçerlidir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin, 2009):

- Sabit akmazlığa bağlı tek fazlı akışkan gözenekli ortamın gözenek hacmini tamamen doldurmalıdır.
- Viskoz veya laminar akış tamamen gözenekli ortamdaki gözeneklerin iç yapısında meydana gelmelidir.

Darcy Kanunu, her akışkana ait olan etken geçirgenliği göz ardı etmeden, birden çok akışkanın aynı anda aktığı rezervuarlara uygulanır. Her akışkan için etken geçirgenlik değeri,

gözenekli ortamın mutlak geçirgenliğinden daha azdır ve her akışkanın etken geçirgenliği toplamı mutlak geçirgenlikten ya daha az ya da mutlak geçirgenliğe eşittir. Bir akışkan için geçerli olan etken geçirgenlik değerinin mutlak geçirgenlik değerine oranına görel geçirgenlik denir. Rezervuarlarda, olabilecek her türlü doymuşluk değeri için etken geçirgenliği bulmak amacı ile görel geçirgenlik eğrileri kullanılır, çünkü akışkanların etken geçirgenlikleri doymuşluklarının bir fonksiyonudur (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

#### **2.3.2.4. Görel Geçirgenlik**

Kuyularda su üretilmesi ile mikro çatlaklardaki basınç düşer ve adsorbe edilmiş gaz mikro çatlağın içine doğru akar. Bu anda kütlerde iki fazlı akış oluşur. İki fazlı akış durumunda, gaz ile su arasındaki görel geçirgenlik, rezervuardaki gaz ve suyun görel akışını kontrol eder. Bu yüzden analiz edilen kömürün görel geçirgenliğinin belirlenmesi çok önemlidir (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

Reznik ve Dabbous 1970'lerde yaptıkları çalışmalarda kömür mikroçatlak sistemindeki hava su görel geçirgenlik karakteristiklerinin belirlenmesi için karot testlerinin kullanılmasını önermişlerdir. Gaz ve su akışı birbirine bağlı mikro çatlak ağında gerçekleştiği için, kömürün görel geçirgenliği mikro çatlak özelliklerinin bir fonksiyonudur (Saulsberry et al., 1996; Alptekin'den, 2009).

### **2.4 METAN GAZININ KÖMÜR İÇİNDE DEPOLANMASI**

Kömürde yüksek basınç altında aşırı miktarda metan gazı bulunur. Kömür, hacminin 1 ila 40 katı kadar metanı içinde tutabilir. Yee ve ark. (1993) kömür oluşumlarında mevcut metan gazını gözeneklerde yoğun ve bir sıvıya benzer şekilde akıcı bulunduğunu söylemişlerdir. Bu gözenekler boyutlarına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır (Knies, 1966; Ökten ve Didari'den, 1991). Ayrıca Çizelge 2.1 metanın fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

- a. Mikro gözenekler (4-12 Å°)
- b. Geçiş gözenekleri (12-300 Å°)
- c. Makro gözenekler (300-29600 Å°)

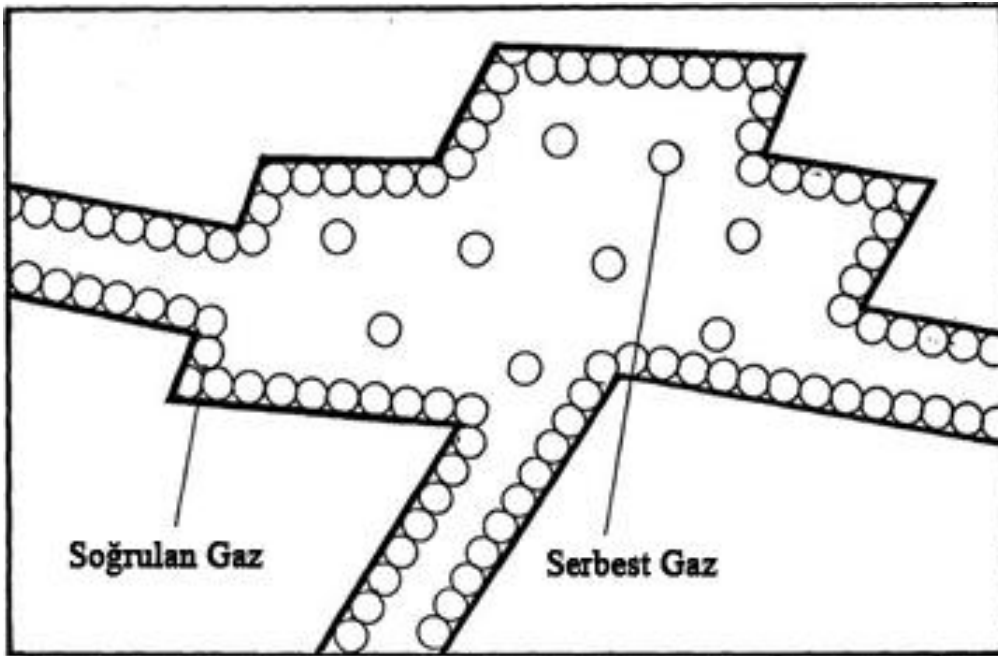
Çizelge 2.1 Metan gazının fiziksel özellikleri (Boxho et al., 1987).

<b>Molekül Ağırlığı</b>	16.042 kg/kmol	
<b>Molekül Hacmi</b>	22.36 m <sup>3</sup> /kmol	(273 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Yoğunluk</b>	0.7168 kg/ m <sup>3</sup>	(273 °K ve 101.3
<b>Spesifik Ağırlık</b>	7.0294 N/ m <sup>3</sup>	(273 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Spesifik Yoğunluk</b>	0.5545	(Hava = 1)
<b>Kaynama Noktası</b>	111.3 °K	(101.3 kPa'da)
<b>Erime Noktası</b>	90.5 °K	(101.3 kPa'da) kPa'da)
<b>Sıvı Yoğunluğu</b>	415 kg/ m <sup>3</sup>	
<b>Buharlaşma Isısı</b>	508.2 kJ/kg	(111.3 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Erime Isısı</b>	58.8 kJ/kg	(90.5 °K ve 1013 kPa'da)
<b>Kritik Sıcaklık</b>	190.5 °K	
<b>Kritik Basınç</b>	463.03 N/cm <sup>2</sup>	
<b>Kritik Yoğunluk</b>	162 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Spesifik Isı:</b>		
<b>Sabit basınç altında</b>	2.184 kJ/kg °K	(273 °K'de)
<b>Sabit hacim altında</b>	1.680 kJ/kg °K	
<b>Isı İletkenliği:</b>		
	0.110 kJ/mh °K	(273 °K ve 101.3 kPa'da)
	0.118 kJ/mh °K	(273 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Yayıma Katsayısı</b>	0.196 cm <sup>2</sup> /s	(273 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>1 m<sup>3</sup> Suda Eriyebilirlik:</b>		
	273 °K'de 55.6 lt	(101.3 kPa'da)
	293 °K'de 33.1 lt	(101.3 kPa'da)
<b>Hava ile Patlama Oranları:</b>		
<b>Alt (%5 hacim olarak)</b>	33 g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	(293 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Üst (%15 hacim olarak)</b>	100 g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>	(293 °K ve 101.3 kPa'da)
<b>Kalorifik Değeri:</b>		
<b>Net alt</b>	804.923 MJ/kmol	
	35.994 MJ/m <sup>3</sup>	(298 °K'de)
<b>Brüt Üst</b>	893.155 MJ/kmol	
	39.942 MJ/m <sup>3</sup>	(298 °K'de)

1 gr kömürdeki toplam yüzey alanı 20-200 m<sup>2</sup> (genelde 90 m<sup>2</sup>) kadar olup, mikro gözenekler bu alanın yaklaşık %95'ini oluştururlar. Kömür için gözenek hacminin 0.01 ile 0.11 m<sup>3</sup>/ton

arasında değiştiği hesaplanmıştır (Boxho et al., 1987; akır'dan, 1994; Yalçın ve Durucan, 1987; Patching, 1970; kten ve Didari'den, 1991).

Herhangi bir gaz, havası alınmış gözenekli bir katı ortamla temas ettiğinde, gazın bir kısmının katı ortam tarafından tutularak depolanması olayı ‘‘soğurma (sorpsiyon)’’ olarak adlandırılmaktadır. Soğurma kendi içinde iki ayrı grupta incelenmektedir. ‘‘İe tutunma (absorpsiyon)’’, ‘‘yüzeye tutunma (adsorpsiyon)’’ dur. Soğurulmuş olarak kömürde oluşan gaz önce adsorpsiyon yolu ile tutulmaktadır. Adsorplama kapasitesinin üzerine çıkıldığında, gaz serbest gaz olarak gözenek ve çatlaklarda birikmektedir. Soğurulmuş gazın asıl büyük kısmını yüzeyle adsorbe (soğurulmuş) olan gaz molekülleri oluşturur. Kömürde adsorpsiyon ile biriken gazın miktarı i yüzey alanının ölümü ile hesaplanır. İ yüzey alanı mikro gözenekliliğin bir fonksiyonu olarak gelişmektedir. Kömürleşme derecesi, mikro gözenekliliği ve metan adsorpsiyonunu etkilemektedir. Kömür damarı içindeki metanın büyük kısmı mikro gözeneklerin yüzeyine soğurulmuş durumdadır (Boxho et al., 1987; Yalçın, ve Durucan, 1987; Harpalani-McPherson, 1986; kten ve Didari'den 1991). Şekil 2.8 kömür gözeneklerinde tutunmuş ve serbest durumda bulunan gaz moleküllerini göstermektedir

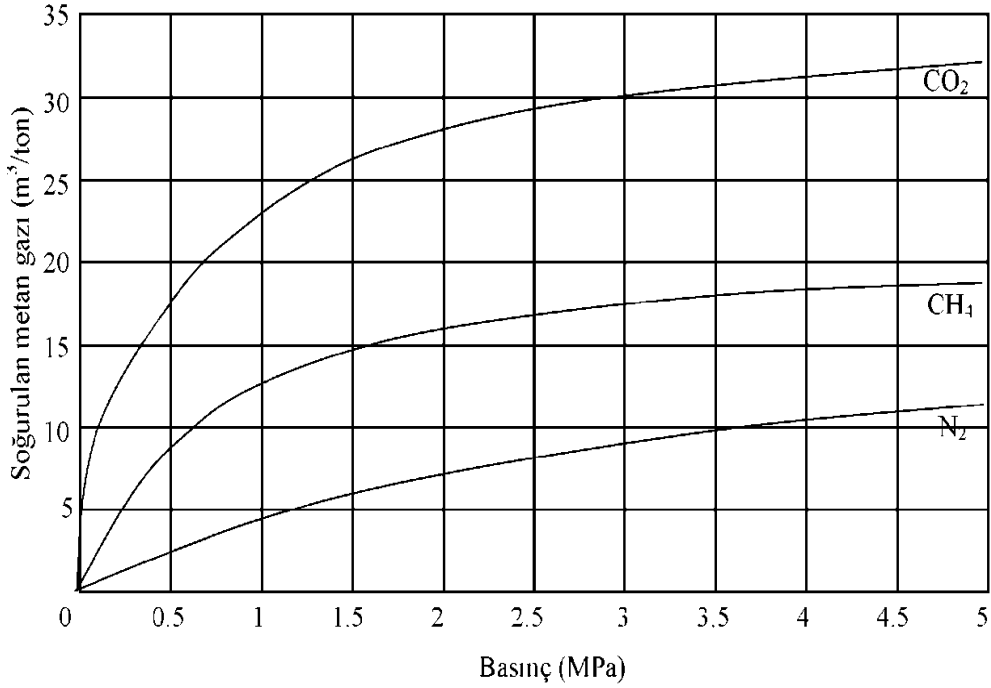


Şekil 2.8 Kömür gözeneklerinde metan molekülleri (kten ve Didari, 1991).

Normal olarak gözenek içerisindeki gaz, serbest gaz ve soğurulmuş gaz fazları denge durumunda olup, iki faz arasında sürekli ve eşit bir molekül alışverişi bulunmaktadır.

## 2.5 KÖMÜRÜN METAN İÇERİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir kömür damarının soğurabileceği metan miktarını etkileyen faktörler; kömürleşme derecesi, gaz basıncı, sıcaklık, nem miktarı, kül miktarı ve petrografik bileşim şeklindedir. İzoterm (eş sıcaklık) eğrileri ile bu faktörlerin gaz soğurma kapasitesini ne şekilde etkilediğini açıklamak mümkündür. İzoterm eğrileri, belli bir sıcaklıkta soğurulan gaz miktarını basıncın fonksiyonu olarak veren grafiklerdir (Şekil 2.9). 0.1 MPa'dan daha az basınçlar altında soğurulan gaz miktarı ile basınç doğru orantılıdır. Buna karşın 0.5 MPa'dan daha yüksek basınç değerlerinde soğurulan gaz miktarı pratik olarak herhangi bir artma göstermemektedir (Boxho et al., 1987; Çakır'dan, 1994).



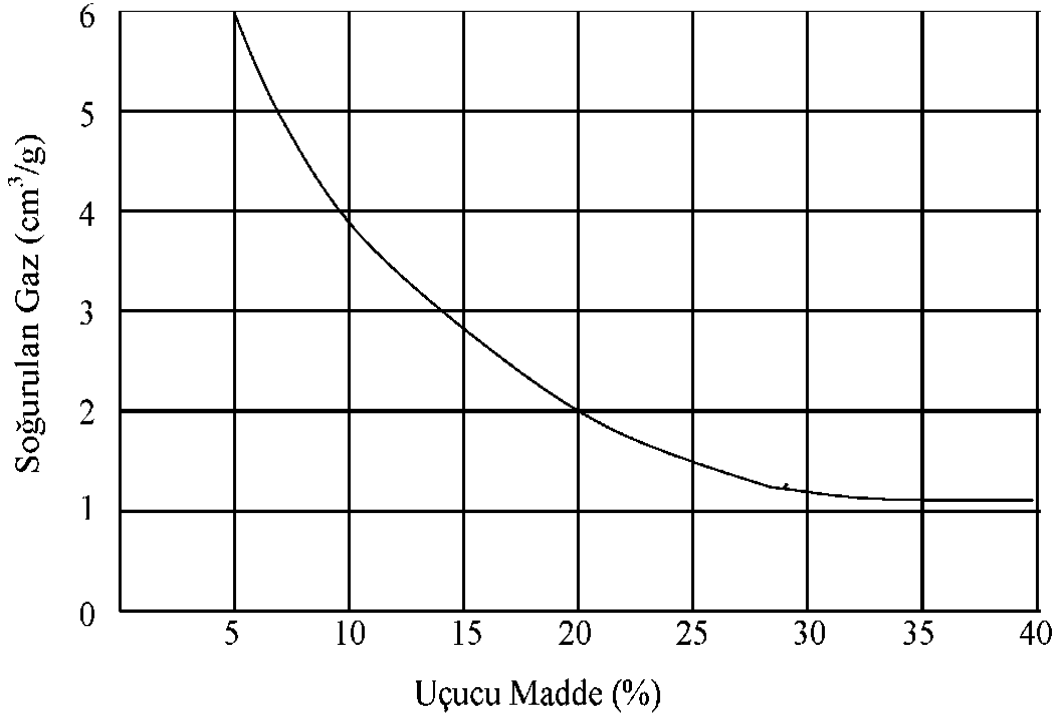
Şekil 2.9 İzoterm eğrileri (Boxho et al. 1987; Çakır 1994).

### 2.5.1 Kömürleşme Derecesi

Kömürleşme derecesi (rank) genellikle uçucu madde veya sabit karbon miktarı esas alınarak belirtilmektedir. Uçucu madde içeriğinin düşük, buna karşın, sabit karbon içeriğinin yüksek olması kömürleşme derecesinin yükseldiğini göstermektedir (Ökten ve Didari 1991).

Kömürün bileşimi onun adsorpsiyon kapasitesini etkiler. Düşük dereceli kömürlerden antrasite doğru gelişen kömürleşmeye paralel olarak gaz adsorpsiyonunda artış vardır.

Amerika’da yapılan bir laboratuvar çalışmasında 50 atm basınç altında kalan % 41.3 uçucu maddeli Pittsburgh kömürünün 95.4 m<sup>3</sup>/ton, % 15.9 uçucu maddeli Pocahontas kömürünün yaklaşık 180 m<sup>3</sup>/ton, Pennsylvania antrasitinin 180 m<sup>3</sup>/ton, grafitin 10.5 m<sup>3</sup>/ton metan gazını adsorbe ettiği tespit edilmiştir. Bu da göstermektedir ki yüksek ranklı kömürlerde fazla miktarda gaz adsorbe edilmektedir (Güney 1972). Şekil 2.10’da farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin soğurabileceği metan miktarları gösterilmektedir.

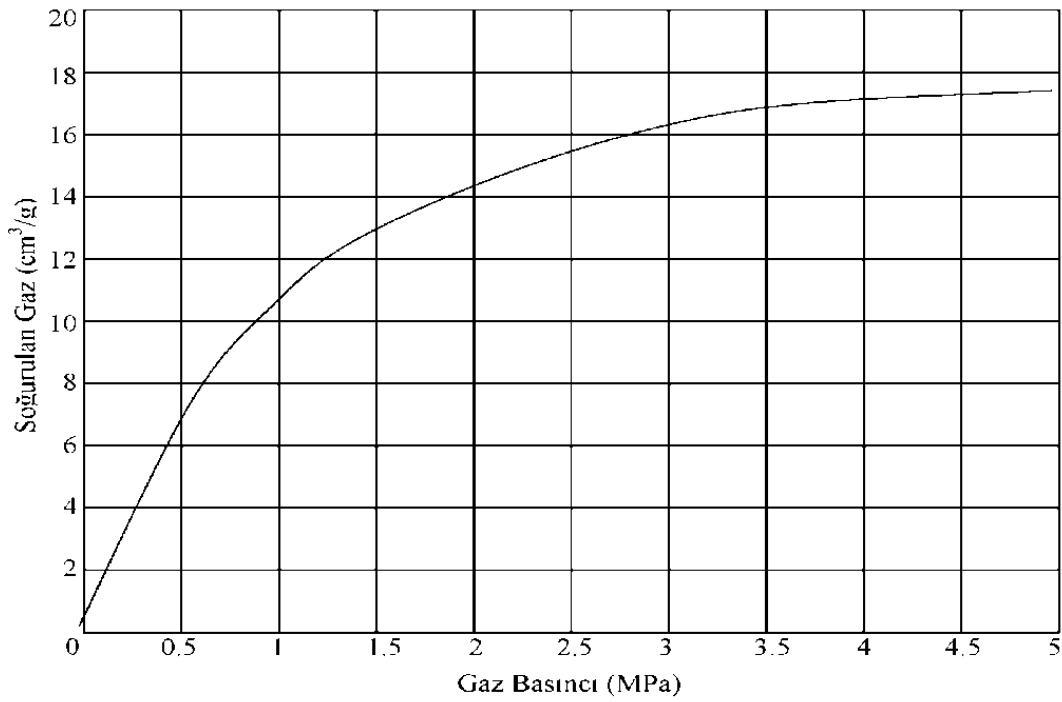


Şekil 2.10 Farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin soğurabileceği metan miktarları (Paul 1967; Ökten ve Didari’den, 1991).

## 2.5.2 Gaz Basıncı

Jeolojik zaman içerisinde farklı dönemlerde ve derinliklerde oluşan kömürler, değişik gaz basıncında metan içerirler. Damar derinliği arttıkça gerek artan statik basınç gerekse gaz depolama sürecinde atmosfere kaçak olanağının azalması nedeni ile gaz basıncı dolayısıyla metan içeriği de artmaktadır. Kömür içerisindeki gözeneklerde ve diğer boşluklarda bulunan moleküller hareket halindedirler. Bu hareketleri esnasında birbirlerine ve gözenegin iç yüzeyine çarparlar. Yavaş hareket eden moleküller gözeneklerin iç yüzeyleri tarafından belli bir süre tutulurlar. Metan molekülleri serbest gaz fazından soğurulmuş gaz fazına geçmiş olurlar. Zamanla bir denge oluşur. Eğer gaz basıncı yükselirse yüzeye çarpan molekül sayısı artar ve daha çok molekül yüzey tarafından tutulur. Yüzeyin moleküllerle kaplanması sonucu

serbest moleküllerin bağlanabileceği açık alan gittikçe küçülür ve kömür giderek gaz doygunluğuna ulaşır. Kömürün heterojen yapısından dolayı, aynı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin sabit basınç altında değişik miktarlarda gaz soğurabildikleri gözlenmiştir (Knies, 1966; Ökten ve Didari'den, 1991). Günümüzde çalışılan derinliklerde (300-1000 m) gaz basıncı genellikle 2 MPa civarında olup 4 MPa gaz basıncına ulaşan bölgelere daha az rastlanılmaktadır (Durucan ve Güyagüler, 1985; Arslan'dan, 2006)). Şekil 2.11'de; %32.3 uçucu madde, %5.9 kül ve %0.8 neme sahip kömür örneğinin eşsıcaklık eğrisi verilmiş olup, 2.5 MPa basınçta kömürün, soğurabileceği gaz miktarının yarıdan fazlasını soğurduğu görülmektedir.

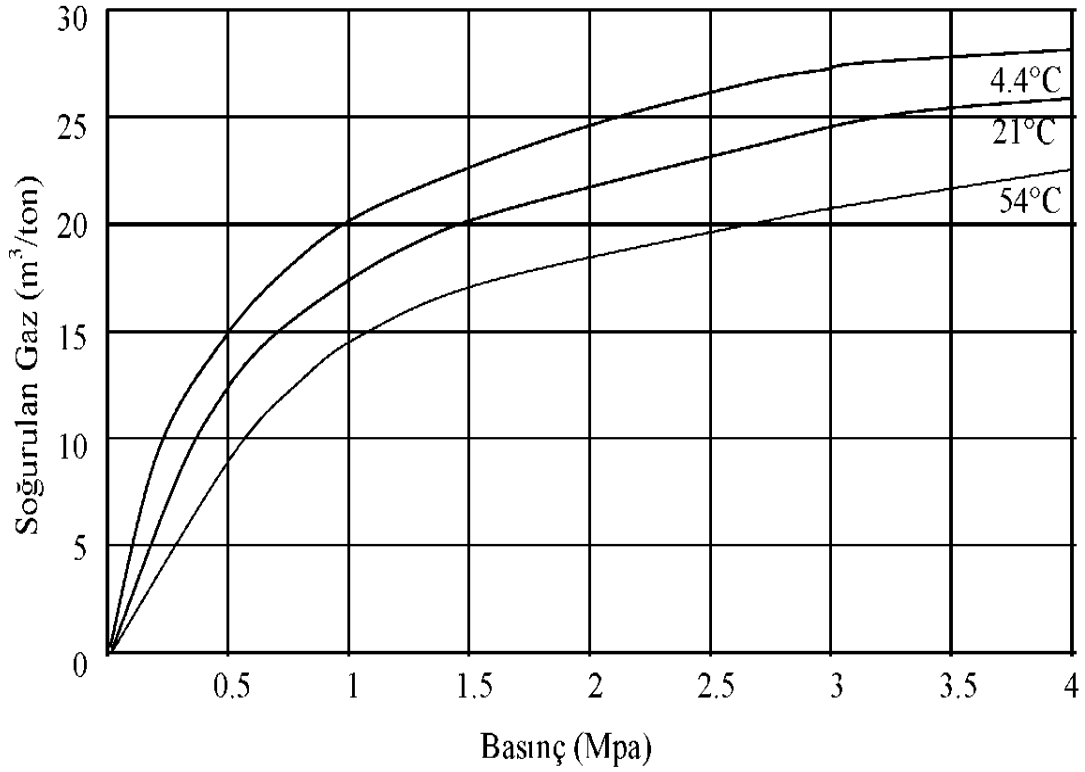


Şekil 2.11 Kömür örneğinin soğurabileceği gaz miktarının gaz basıncına bağlı olarak değişimi (Paul, 1967; Ökten ve Didari'den, 1991).

### 2.5.3 Sıcaklık

Sabit basınç altında sıcaklık yükseldikçe kömür tarafından soğurulan metan miktarı azalmaktadır. Bu sonuç, yüksek sıcaklıklarda metan moleküllerinin sahip oldukları enerjinin artması ile açıklanabilir. Moleküllerin ortalama hızı yükseleceğinden iç yüzey alanı tarafından tutulma olasılığı zayıflamaktadır. Fransa'da yapılan araştırmalar, her 1 °C- lik sıcaklık artışı için soğurulan gaz miktarının %0.8 oranında azaldığını göstermiştir (Paul, 1967; Ökten ve Didari'den, 1991). Kanada'da yürütülen bir çalışmanın sonuçları Şekil 2.12' de yer almaktadır.



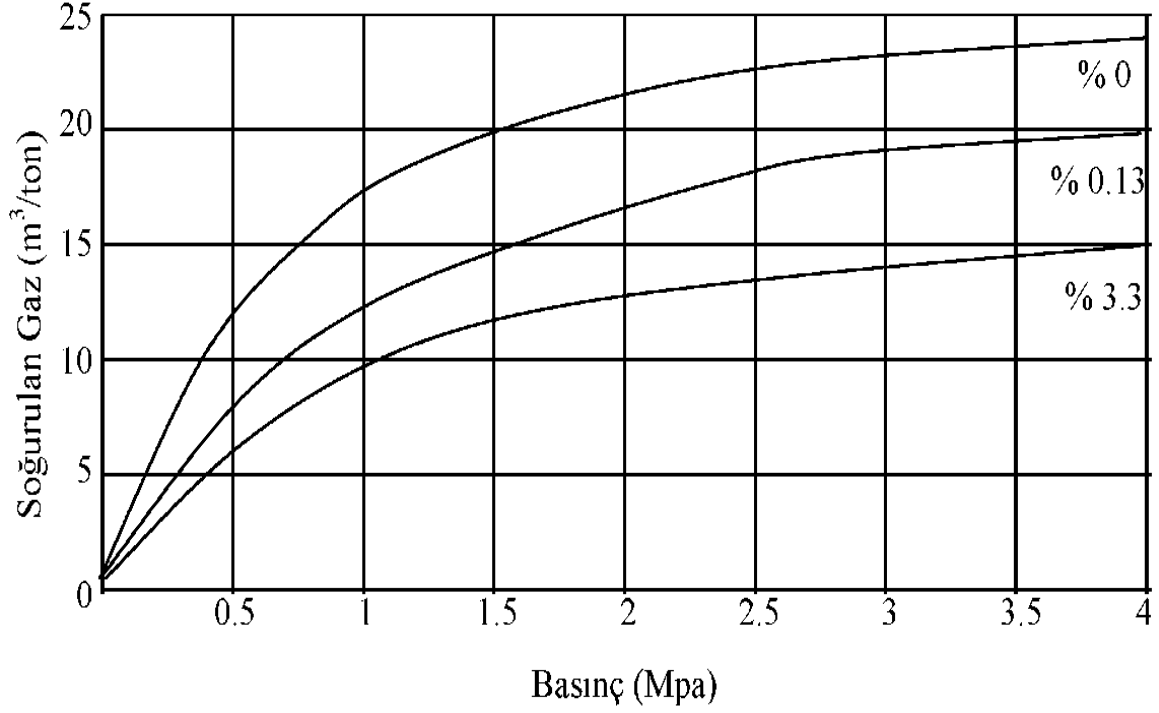


Şekil 2.12 Sıcaklık değişimlerinin soğurulan gaz miktarına etkisi (Patching and Mikhail, 1986; Ökten ve Didari'den, 1991).

#### 2.5.4 Nem Miktarı

Kömürleşme olayı sırasında bataklık bitkilerinin ilk önce turba ve sonradan kömüre dönüşmelerinin muhtelif aşamalarında kömürün su içeriğinde de değişiklikler olmuştur. Higroskopik su, gözenek ve kılcal boşluklarda moleküller halinde bulunur veya katı kömür kolloid parçacıklar tarafından adsorbe edilmiştir. Moleküler su terimi ile de ifade edilen bu tip nem kömür maddesinin tabiatında var olan sudur ve kömürleşme derecesi ile petrografik elemanların durumuna bağlı olarak değişmektedir (Güney, 1972).

Kömür içerisindeki nem içeriğinin artması ile adsorbe edilen metanın azaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır. Araştırmalar sonucu belirli bir basınç altında kuru kömürün %10 nem içeren kömüre kıyasla 1/3 daha fazla metan adsorbe edebildiği görülmüştür (Arslan 2006). Şekil 2.13'de değişik oranlardaki nem içeriklerinin soğurulan gaz üzerindeki etkileri görülmektedir.



Şekil 2.13 Nem miktarının soğurulan gaz üzerine etkisi (Knies, 1966; Ökten ve Didari'den, 1991).

### 2.5.5. Kül Miktarı

Metan gazı yalnızca kömürdeki organik elemanlar tarafından soğurulabileceğinden, kül miktarının yükselmesi, kömürün soğurma kapasitesini düşürücü bir rol oynar. Kül miktarının etkisi aşağıda verilen Eşitlik 2.3 yardımı ile hesaplanmaktadır (Boxho et al., 1987; Ökten ve Didari'den, 1991).

$$Q_t = Q_y / (1 - 0.01 K) \quad (2.3)$$

Burada;

$Q_t$  : temiz kömürün soğurabileceği gaz miktarını ( $m^3/ton$ )

$Q_y$  : yerinde kömürün soğurabileceği gaz miktarını ( $m^3/ton$ )

$K$  : kömürün kül yüzdesi (%)

göstermektedir.

### **2.5.6 Petrografik Bileşim**

Kömür damarlarının bantlı bir yapı gösterdikleri bilinmektedir. Bu bantlar, farklı petrografik özellikler taşımaktadır. Fiziksel ve kimyasal nitelikleri farklı olduğu gibi, sahip oldukları iç yüzey alanları da birbirinden farklıdır. Bu nedenle; kömür damarlarının ortalama metan soğurma kapasitesinin büyük ölçüde petrografik bileşime bağlı olduğu ileri sürülebilmekle beraber, bu konu henüz kesinlik kazanmamıştır (Ökten ve Didari 1991).

### **2.5.7 Gözenek Boyut Dağılımı**

Adsorpsiyon olayının bir yüzey etkisi vardır. Dolayısı ile kömürlerin iç yüzey alanının artması ile adsorpsiyon kapasiteleri artmaktadır. Kömürlerin iç yüzey alanları ise, gözenek boyut dağılımının bir fonksiyonudur. Karbon içeriği %75'in altında olan kömürlerin gözenekliliği, makro gözeneklerden; %75-84 arasında olan kömürlerin gözenekliliği, makro gözeneklerden ve geçiş gözeneklerinden; %85-91 arasında olan kömürlerin gözenekliliği ise mikro gözeneklerden oluşmaktadır. Bu nedenle, antrasitlerdeki toplam iç yüzey alanı, linyittekinden daha fazladır. Bu ise antrasitin daha fazla metan adsorbe edebilmesine olanak sağlar (Kural 1998'den; Alptekin 2009).

## **2.6 METAN GAZININ YAYILIMI**

Bakir kömür damarları içerisinde depolanmış olan metan gazının basıncı atmosferik basınçtan yüksektir ve sistem denge durumundadır. Doğal gerilmeler altında gerek kömür ve gerekse çevre kayaçlar geçirgenliği metanın hareketine izin vermeyecek kadar düşüktür. Madencilik çalışmaları sırasında tabakalardaki doğal gerilme durumu bozulur ve çalışan işyerleri çevresinde ikincil gerilme alanı oluşur. Bu da tabakalarda mikro çatlaklanmalara ve zayıflamalara yol açar. Gerilme değişimine uğrayan bölgelerdeki tabakalarda oluşan mikro çatlakların nitelik ve niceliği; tabakaların cinsine, kalınlığına ve işyerine olan uzaklığına bağlıdır. Ayrıca, işyerinin derinliği, şekli, boyutları ve komşu işyerlerinin konumlarının da olayı etkilediği bilinmektedir. Kömürün doğal yapısı nedeniyle, çevre tabakalarda hiç çatlaklanma olmadığı veya çok az çatlaklanma olduğu durumlarda da kömür damarlarında çatlaklanmalar gelişebilmektedir (Çakır 1994).

Damarın içerdiği gaz, ancak ocak işyerlerine akacağı yollar bulduğu zaman yayılabilir. Bu durum; damarların ferahlama bölgesine girdiği ve bu damarlarla ocak işyerleri arasındaki tabakalar içinde açık mikro çatlakların geliştiği, dolayısıyla geçirgenliğin arttığı yerlerde gerçekleşmektedir. Damarın ferahlama bölgesinden geçen bir galeri veya sondaj deliğinin bulunması durumunda da, yine aynı durum ortaya çıkmaktadır. Serbest gaz, oluşan bu akış yollarından öncelikle ayak, göçük sahası ve taban yolları gibi düşük gaz basıncındaki sahalara akmaktadır. Serbest gazın ayrılması ile soğurulmuş durumda bulunan gazda çözülme başlamakta ve bu da damardaki gaz basıncı, ocak havalandırmasının basıncına düşünceye ya da tabakaların yeniden yüklenmesi sonucunda akış yolları kapanıncaya dek sürmektedir (Didari 1988b).



## **BÖLÜM 3**

### **KÖMÜR DAMARI GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER**

Damarın gaz içeriğinin tespiti ya doğrudan ya da dolaylı yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Daha çok kullanılan yöntemler doğrudan yöntemlerdir. Doğrudan yöntemlerle elde edilen sonuçlar esas alınarak geliştirilen görgül yöntemler ise; gaz içeriklerinin belirlenmesi için gerekli ölçümleri en az sayıya indirmeyi amaçlamaktadır (Çakır 1994).

#### **3.1 DOLAYLI YÖNTEMLER**

Bu yöntemlerin özünü; kömür damarının yerinde gaz basıncının ölçülmesi, ortam sıcaklığının belirlenmesi ve laboratuvarında o damar için çıkarılmış olan eş sıcaklık eğrilerinden yararlanılarak yerinde basınç değeri için içerebileceği gaz miktarının saptanması oluşturmaktadır (Didari ve Ökten 1989).

Damar gaz basıncı, ya yeraltında açılan yatay bir sondaj deliği ya da yeryüzünden açılan düşey bir sondaj deliği yardımı ile ölçülmektedir. Düşey deliklerden gaz basıncı ölçülmesinde ise “Drill Stem Test” gibi sondaj tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu tekniğe göre; sondaj dizisinin uç kısmına gaz basıncını ölçen bir düzenek yerleştirilmekte ve sondaj dizisi ölçü yapılacak derinliğe indirilmektedir. Bu düzenek üzerinde bulunan basınç kaydediciler aracılığıyla basınçlar ölçülmekte ve daha sonra bu veriler uygun bir işlemler dizisi yardımıyla değerlendirilmektedir (Didari ve Ökten 1989).

Yöntemin uygulanabilirliği sondaj tekniklerinin yetersizliği, sondaj esnasında yeterli sızdırmazlığın sağlanamaması ve su geliri gibi nedenlerden dolayı sınırlıdır (Arslan 2006).

## 3.2 DOĞRUDAN YÖNTEMLER

Damarların gaz içeriklerinin tespitinde en uygun ve en fazla kullanılan yöntemler doğrudan yöntemlerdir. Yöntemin özü kömür damarından en az gaz kaybı ile örnekler alınması ve bu örneklerden çözülen gaz miktarının ölçülmesi aşamalarından oluşmaktadır. Böylece, kömür örneklerinin birim ağırlık başına yaydıkları gaz miktarları belirlenmekte ve söz konusu damara ait damar gaz içerik değerleri elde edilmektedir. Kömür damarından alınan örnekler sızdırmaz kaplarla laboratuvara taşınmakta ve zamana bağlı olarak yaydıkları metan ölçülmektedir. Kömür örneğinin, damardan alınması sırasında kaybolan gaz miktarının belirlenmesinden sonra, değirmende öğütmeye alınan örnekler, gaz geliri sona erinceye kadar öğütülmektedir. Bu yöntemin uygulanması zor, fakat güvenilirdir. Doğrudan yöntemlerin ilk uygulamaları Fransa'da (Cerchar laboratuvarlarında) başlatılmış, daha sonra ABD'de (United States Bureau of Mines-USBM) değiştirilmiş uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bugün pek çok ülkede gaz içeriklerinin ölçümünde birbirine benzer doğrudan yöntemler uygulanmaktadır (Didari ve Ökten 1989).

### 3.2.1 Cerchar Yöntemi

Bertard ve arkadaşlarının (1970), kömür damarları gaz içeriklerinin doğrudan ölçümü konusunda oluşturdukları Cerchar Tekniğine göre; yeraltında ayak veya taban yolunda arınlara sondaj yapılmaktadır. Sondajın farklı derinliklerinden karot ya da kırıntı şeklinde örnekler alarak sızdırmaz kaplar içerisinde laboratuvara taşınmakta ve yine sızdırmaz bir değirmende öğütülmektedir (Çakır 1994).

Kömür örneğinin damardan alınarak bir kap içerisine 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 laboratuvarda bir değirmende öğütülmesi sırasında çıkan gaz miktarı  $Q_3$  ise, kömür örneğinin çözülebilir toplam gaz miktarı:

$$Q_y = ((Q_1 + Q_2) / m) + (Q_3 / m') \quad (3.1)$$

şeklinde olacaktır (Bertard et al.1970). Burada:

- $Q_y$  : yerinde kömürün gaz içeriği,  $\text{cm}^3/\text{g}$   
 $Q_1$  : kayıp gaz miktarı,  $\text{cm}^3$   
 $Q_2$  : çözülen gaz miktarı,  $\text{cm}^3$   
 $Q_3$  : kalıntı gaz miktarı,  $\text{cm}^3$   
 $m$  : toplam örnek ağırlığı, g  
 $m'$  : öğütülen ağırlık, g

En sonunda nem ve kül düzeltmeleri yapılarak sonuçta temiz kömürün gaz içeriği elde edilmektedir (Çakır 1994).

### 3.2.1.1 Kayıp Gazın( $Q_1$ ) Belirlenmesi

Kömür örneğin damardan alınarak örnek kabına aktarılması ve kabın sızdırmaz bir biçimde kapatılması arasında geçen sürede ( $t_1$ ) yayılan gaz “kayıp gaz” olarak adlandırılmakta ve aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır (3.2) (Bertard et al. 1970).

$$Q_1 = 3,4 \times q \quad (3.2)$$

Burada;

$Q_1$  : kayıp gaz miktarı,  $\text{cm}^3$

$q$  :  $t_1$  ve  $2t_1$  zaman aralığında gerçekleşen gaz yayılım miktarı,  $\text{cm}^3$

$q$  ise Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$q = V P_k / P_f \quad (3.3)$$

Burada;

$V$  : kabın boşluk hacmi,  $\text{cm}^3$

$P_k$  :  $2t_1$  de kaptaki basınç, atm

$P_f$  : yeraltı atmosfer basıncı, cmHg



### 3.2.1.2 Çözülen Gazın (Q<sub>2</sub>) Belirlenmesi

Bu aşama kömür örneğinin taşıma kabına konulduğu andan, değirmene konulduğu ana kadar geçen süreyi kapsamakta ve bu sürede yayılan gaz “çözülen gaz” olarak adlandırılmaktadır.

Bu gaz miktarı;

$$Q_2 = V (X - X_0) (1 + X) \quad (3.4)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Bertard et al., 1970).

Q<sub>2</sub> : çözülen gaz miktarı, cm<sup>3</sup>

V : kabın boşluk hacmi, cm<sup>3</sup>

X : laboratuvarda kap açılmadan önceki metan yüzdesi, %

X<sub>0</sub> : yeraltında örneğin alındığı ortamdaki metan yüzdesi, %

olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.1.3 Kalıntı Gazın (Q<sub>3</sub>) Belirlenmesi

Kömür örneğinin sızdırmaz bir değirmende öğütüldüğü sürede yayılan gaz “kalıntı gaz” olarak adlandırılmaktadır. Kalıntı gaz aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır (3.5) (Çakır ve Didari, 1996).

$$Q_3 = Q'_3 \times (P_j / P_f) \times (T_f / T_j) \quad (3.5)$$

Burada,

Q<sub>3</sub> : kalıntı gaz miktarı, cm<sup>3</sup>

Q'<sub>3</sub> : ölçülen gaz miktarı, cm<sup>3</sup>

P<sub>j</sub> : yerüstü atmosfer basıncı, cmHg

P<sub>f</sub> : yeraltı atmosfer basıncı, cmHg

T<sub>j</sub> : yerüstü sıcaklığı, °K

T<sub>f</sub> : yeraltı sıcaklığı, °K olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.1.4 Nem ve Kül Düzeltmeleri

Yerinde (orijinal) kömürün gaz içeriği belirlendikten sonra temiz kömürün gaz içeriğinin belirlenmesi amacıyla nem ve kül düzeltmesi işlemleri yapılmaktadır (Boxho et al., 1987; Çakır ve Didari'den, 1996). Nem düzeltmesi için kullanılan eşitlik aşağıda verilmektedir (3.6).

$$Q_k = Q_y \times (1 + 0.31 N) \quad (3.6)$$

Burada,

$Q_k$  : kuru kömürün gaz içeriği,  $\text{cm}^3/\text{g}$

$Q_y$  : nemli kömürün gaz içeriği,  $\text{cm}^3/\text{g}$

$N$  : nem yüzdesi, % olarak tanımlanmaktadır.

Aynı yaklaşımla laboratuvarında analiz sonucu belirlenen kül miktarının aşağıdaki eşitliğe uyarlanması sonucunda temiz kömürün gaz içeriği elde edilmektedir (3.7) (Çakır ve Didari, 1996).

$$Q_t = Q_a / (1 - 0,01.K) \quad (3.7)$$

Burada,

$Q_t$  : temiz kömürün gaz içeriği,  $\text{cm}^3/\text{g}$

$Q_a$  : küllü kömürün gaz içeriği,  $\text{cm}^3/\text{g}$

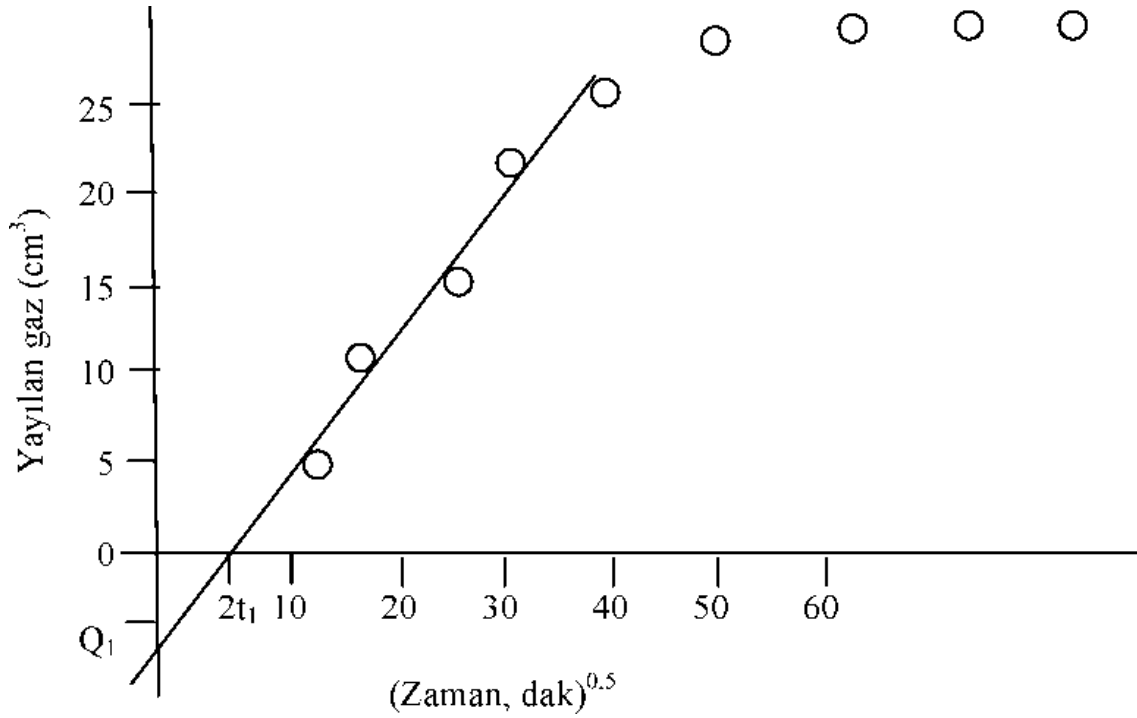
$K$  : kül yüzdesi, % olarak tanımlanmaktadır.

### 3.2.2 USBM Yöntemi

USBM tekniği, Cerchar Tekniğini esas almakla beraber kömür örnekleri olarak yeryüzünden yapılan sondajlardan elde edilen karotların kullanılması ve kayıp gazın ( $Q_1$ ) grafik olarak hesaplanması konularında farklılık göstermektedir. Karot alma işleminin sulu olarak yapılması durumunda ise kömür örneğinin gaz kaybetmeye başladığı sürenin başlangıcı

olarak, kömür kırıntılarının deliğin yarı boyuna ulaştığı an (zaman) kabul edilmektedir (Çakır 1994).

Karot kaba yerleştirilerek sızdırmazlık sağlandıktan sonra kabın vanası açılarak çıkan gaz kaydedilmekte ve daha sonra laboratuvarında gaz miktarı yok sayılabilecek bir düzeye ininceye kadar ölçmelere devam edilmektedir. Kayıp gaz miktarı ise grafik bir teknikle hesaplanmaktadır. Örnekten çözülen gaz miktarı (Q), zamanın kareköküne karşı çizilmekte ve Şekil 3.1’de görüldüğü üzere kayıp gaz bulunmaktadır (Didari ve Ökten, 1989).



Şekil 3.1 Kömür örneğinden yayılan gaz miktarının zamana göre değişimi (Diamond and Levine 1981; Çakır'dan 1994).

Örnek daha sonra sızdırmaz bir değirmende öğütülerek kalıntı gaz miktarı ölçülmekte ve elde edilen tüm yayılım değerleri bir araya getirilerek damarın gaz içeriği hesaplanmaktadır (Kissell et al., 1973; Feng et al., 1984; Didari ve Ökten'den, 1989).

### 3.2.3 NIOSH Değiştirilmiş USBM Yöntemi

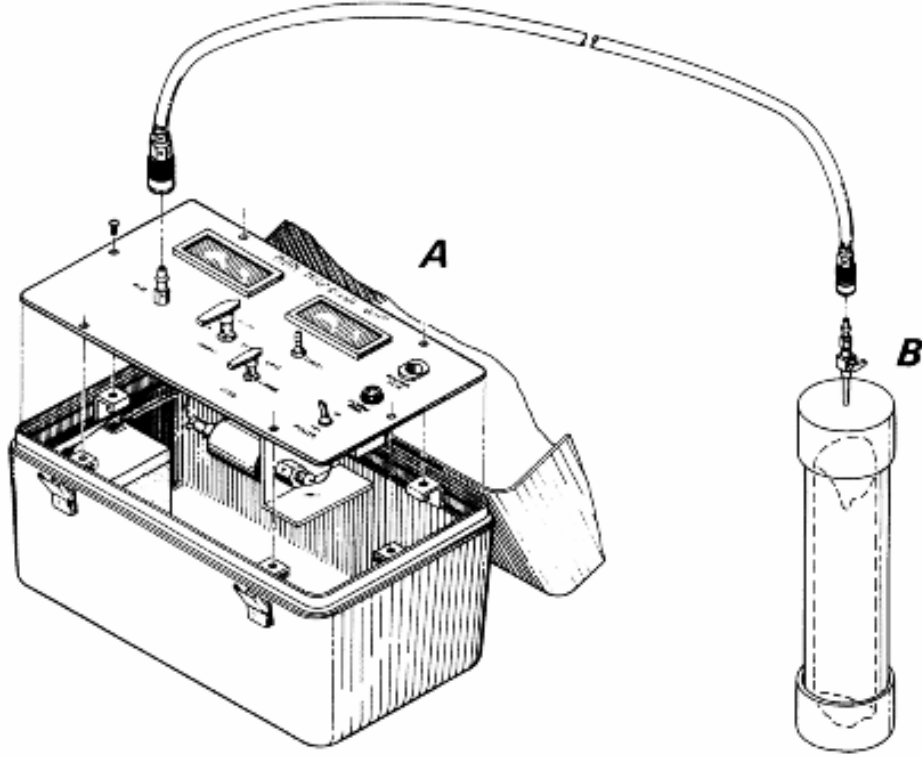
1980'lerin başlarında, USBM'de yağlı şeyl (oil shale) kayaç birimlerinde gaz oluşumu ve gaz göçü ile ilgili temel araştırmalar başlamıştır. Madencilik sahasında yapılan çalışmalar sonucu önemli miktarda metanın madencilik sırasında serbest bırakıldığı görülmüştür. USBM

yöntemi yağlı şeyl örneklerinde beklenen düşük gaz hacimlerini ölçmek için yetersiz olduğundan mevcut USBM yöntemi geliştirilmiştir. Bu geliştirilen yöntem kömür ve diğer kayaların gaz içeriğinin belirlenmesinde daha hassas sonuçlar vermektedir (Diamond et al. 2001).

Değiştirilmiş doğrudan yöntem test prosedürü NŞA (Normal Şartlar Altında) sızdırmaz kaba salınan gazın hacmini hesaplamak için diferansiyel basınç ölçümünü (ölçümler arasındaki basınç okumaları) ve ideal gaz kanununu kullanmaktadır (Schatzel, 1987; Diamond ve ark.'dan, 2001). MDM ölçüm cihazları (US Patent No 5741959, Karot Numune İçinde Gaz İçeriği belirlenmesi için Taşınabilir Test Cihazı) önceki gaz içeriğini belirleme yöntemlerinde kullanılan aparatlarla karşılaştırıldığında üstün çözünürlükte dijital okumalar yapılabilen basınç dönüştürücüleri kullanmaktadır. Böylece, gaz içeriğini belirlemede kullanılan klasik su deplasman tekniği terkedilmiştir. Cihazın küçük boyutlu oluşu ve sağlamlığı (Şekil 3.2) hem sahada kullanımını, hem de laboratuvarında kullanımını kolaylaştırmaktadır (Diamond et al., 2001).

MDM aparatı üzerinde ayrılmaz bir gaz numune portu saf gaz numunelerin toplanmasını sağlar. Ölçülen gaz hacminin asıl bileşenlerin tespiti için periyodik olarak çözülen gaz numunelerini toplamak önemlidir. Çoğu durumda, çözülen gaz ağırlıklı olarak metan olur, fakat diğer bileşenler de bulunmaktadır. Kim metan gazından sonra kömür kökenli gaz bileşenlerin çoğunlukla CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub> olduğunu söylemiştir (Rice 1993; Diamond et al.'dan, 2001). Amerika Birleşik Devletleri'nde, Doğuda Pittsburgh kömür havzasında (Rice, 1993; Diamond et al.'dan, 2001) ve Fruitland Kömür havzası da dahil olmak üzere batıda çeşitli kömür havzalarında yaygın olarak CO<sub>2</sub> bulunmuştur (Ulery and Hyman 1991;Diamond et al.'dan,2001). Rice ayrıca (Ulery and Hyman,1991; Diamond et al.'dan, 2001)., Çin Halk Cumhuriyeti, Avustralya ve Polonya kömür havzalarında CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun yüksek olduğunu söylemiştir. Kömür kökenli gazların diğer bileşenleri de az miktarda yüksek hidrokarbonlar (öncelikle etan) H<sub>2</sub> ve He'dir (Rice 1993; Diamond et al.'dan 2001).

MDM'nin bir parçası olarak geliştirilmiş bir diğer yenilik ise polivinil klorür (PVC) malzemeden imal sızdırmaz kapların kullanılmasıdır. Kabın iç çapı karot örneklerinin dış çapına mümkün oldukça yakın boyutta olmalıdır. Sızdırmaz kabın alt kısmı ile PVC boru birleştirilir ve birleştirilen kısmın sızdırmaz olduğunu görmek için laboratuvarında test edilir (Diamond et al. 2001).



Şekil 3.2 (A) NIOSH değiştirilmiş USBM yöntem test cihazı (MDM) (B), sahaya özel PVC sızdırmaz kap

Sahada alınan kömür numunesinin sızdırmaz kaba tam yerleşmesi ve kap içindeki boş alanı azaltmak için sahada PVC boru numune boyutuna kesildikten sonra sızdırmaz kabın Şekil 3.2 de gösterildiği gibi çabuk bağlantı kesme vana takımı ile donatılmış üst kısmına sıkıca yapıştırılır ve sızdırmazlık sağlanır. (Diamond et al. 2001).

MDM uygulaması kömür numuneleri için, Ulery ve Hyman (Kim,1973; Diamond et al.'dan, 2001) tarafından tanımlandığı gibi, bir numunenin kayıp ( $Q_l$ ), çözülen ( $Q_d$ ) ve kalıntı ( $Q_r$ ) gaz bileşenlerinin tayinini içerir. Orijinal USBM yönteminde olduğu gibi, kayıp gaz ( $Q_l$ ), Şekil 3.1'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. Normal şartlar altında çözülen gaz hacmi ( $V_{dp}$ ) değerleri aşağıdaki eşitlik ile belirlenir;

$$V_{dp} = V_i - V_f \quad (3.8)$$

$V_i$  : Çözülme hacim ölçüm zaman aralığının sonunda sızdırmaz kap içindeki gaz hacmi,  $cm^3$

$V_f$  : Birikmiş çözülen gaz hacmi bırakıldıktan sonraki kap içindeki gaz hacmi,  $cm^3$

$V_i$  ve  $V_f$  ideal gaz yasasına göre normal şartlar altında hesaplanır:

$$V_i \text{ (veya } V_f) = (P_{amb} \times T_{std} \times V_{amb}) / (P_{std} \times T_{amb}), \quad (3.9)$$

$P_{amb}$  : kap içindeki gazın ortam basıncı,

$P_{std}$  : standart basınç,

$T_{amb}$  : kap içindeki gazın ortam sıcaklığı,

$T_{std}$  : standart sıcaklık,

$V_{amb}$  :  $T_{amb}$  ve  $P_{amb}$  de boş alan hacmi.

MDM ölçüm ve hesaplama tekniğinin bir avantajı kap içindeki boş alan etki düzeltmesinin hesaplamasının özünde olmasıdır. Negatif  $V_{dp}$  değerleri, pozitif değerleri gibi, kolaylıkla ölçülür. Su deplasman yönteminden vazgeçilmesinin bir diğer avantajı metan,  $CO_2$  ve  $N_2$  gibi, su içinde daha yüksek bir çözünme yeteneğine sahip gazlar ile ilişkili sorunların ortadan kalkmasıdır (Diamond et al. 2001).

Kap içindeki çözülmenin genellikle önceden USBM yöntemi testi için tanımlanan yavaşlama noktasına ulaşana kadar devam etmesine izin verilir. Çözülen gaz hacmi ( $Q_d$ ) periyodik gaz ölçümlerinin ( $V_{dp}$ ) toplamıdır. Sızdırmaz kaptan kömür örneğini çıkarmadan önce kap içindeki boş hacim su ya da helyum ile ölçülür. Bununla birlikte tahmini kabın boş hacmi, kabın tahmini iç hacminden kömür numunesinin tahmini hacmi çıkarılarak hesaplanır. Numune bilyalı değirmende ezilir ve kalıntı gaz hacmi ( $Q_r$ ) MDM ile ölçülür. Numunenin son gaz içeriği ( $Q_t$ ), Eşitlik 3.10' a göre hesaplanır. Tanımlanan basınç ve sıcaklık altında, gaz içerikleri kömür bileşimi (külsüz, mineral maddesiz ve küllü) bazında raporlanır (Diamond et al. 2001).

$$Q_t = (Q_l + Q_d)/M_t + Q_r/M_c \quad (3.10)$$

$M_t$  : Numunenin havada kurutulmuş kütlesi (ağırlık)

$M_c$  : Bilyalı değirmende toz haline gelene kadar ezilmiş numunenin havada kurutulmuş kütlesi (ağırlık)

Sızdırmaz kaplarda meydana gelen yaygın bir sorun ya oksidasyon ya da adsorpsiyon yoluyla oksijen tüketimlerinin olmasıdır (Kim, 1973; Popp and et., 1979; Diamond et al.'dan, 2001). Her bir çözülme ölçümlerinde gaz örnekleri alınmıştır. Sızdırmaz kap içindeki oksijen tüketiminden dolayı çözülme metanın hacmi daha düşük görülür. Bu sebeple alınan gaz

örneklerinin analizleri yapılarak tüketilen oksijen miktarı bulunabilir. Alternatif olarak, oksijen tüketimi problemi bir soygaz ile numune kaplarını temizleyerek ortadan kaldırılabılır fakat bu hem ilave gider hem de test prosedürünün daha karmaşık hale gelmesi demektir.. Sızdırmaz kap sahada bir soygaz ile temizlense bile, test boyunca çözülen gaz türlerindeki hacimsel değişiklikleri belirlemek için çözülme (desorbsiyon) okumaları ile birlikte gazların bileşim analizlerinin de yapılması önerilmektedir (Diamond et al. 2001).

### 3.2.4 Smith ve Williams Yöntemi

Smith ve Williams (1981) yeryüzü sondajlarından elde edilen kömür kırıntılarının gaz içeriğinin belirlenmesi sorununu çözmek için doğrudan bir yöntem tekniği geliştirmiştir. Toplam gaz içeriğindeki kayıp gaz miktarının hesaplanması bu ölçüm yönteminin odağı olmuştur. Bu yöntemde gaz çözümleri bittikten sonra kömür kırıntılarında kalan gazın çok az olduğu kabul edilir, bu nedenle kalıntı gaz hesaplaması yapılmaz. Kömür kırıntılarında gaz çözülme hızına bağlı olarak, testin nihai sonuçları genellikle bir hafta içinde elde edilebilir (Diamond and Schatzel, 1998).

Smith ve Williams yöntemi uygulaması, hesaplanan yüzey zaman oranına (YZO) ve kayıp zaman oranına (KZO) dayanır ve şöyle tanımlanır;

$$YZO = (T_S - T_D)/T_S \quad (3.11)$$

$$KZO = T_S / T_{25\%} \quad (3.12)$$

$T_D$  sondajın kömür damarını delmesinden sonra numuneyi yüzeye alana kadar geçen süre,  $T_S$  sondajın kömür damarını delmesinden numuneyi sızdırmaz kaba alana kadar geçen süre ve  $T_{25\%}$  sondajın kömür damarını delmesinden ölçülen gaz hacminin % 25'nin çözülmesine kadar geçen süredir.

Daha sonra bir hacimsel düzeltme faktörü (N) bir dizi STR eğrileri ile hesaplanmış KZO'dan tespit edilir. Kayıp gaz ( $Q_i$ ) dahil toplam gaz içeriği ( $Q_t$ ) ise;

$$Q_t = N \cdot Q_d \quad (3.13)$$

$Q_d$  ölçülen toplam gaz hacmidir. Kayıp gaz ( $Q_1$ ) ise;

$$Q_1 = Q_t - Q_d \quad (3.14)$$

Yapılan kapsamlı çalışmalar sonucunda Smith ve Williams metodunda oluşan sorunların karot numunelerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Mavor ve ark. (1994) ve McLennan ve ark. (1995) USBM doğrudan yönteminin, Smith ve Williams yöntemi ve seçilen diğer gaz içeriği belirleme yöntemlerinden daha iyi sonuçlar verdiğini açıklamışlardır. Şu unutulmamalıdır ki Mavor ve ark. (1994) ve McLennan ve ark. (1995) bu karşılaştırmalarının çoğunu Batı Amerika Birleşik Devletleri'nde bir kömür havzasında derin kömür damarlarından aldıkları verilere göre yapmışlardır. Farklı kömür havzalarında, Smith ve Williams yöntemi daha güvenilir veriler sağlayabilir (Diamond and Schatzel 1998).

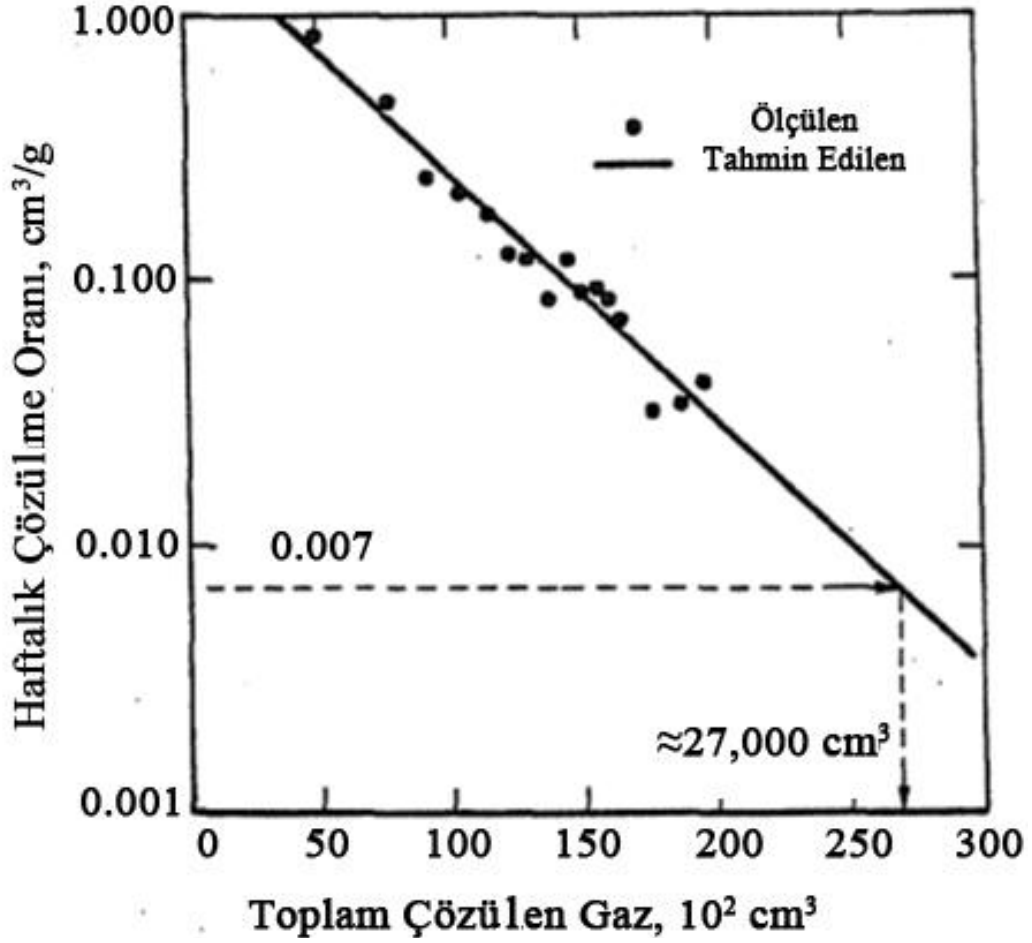
### 3.2.5 Düşüş Eğrisi (Decline Curve) Yöntemi

Arama sondajlarından elde edilen karotlardan veya gaz üretimi yapılabilecek sahalardan alınan örneklerden çözülen gaz hacimlerini hesaplamak için düşüş eğrisi (decline curve) analizinin kullanımı ilk defa Chase (1979) tarafından önerilmiştir. Kalıntı gazın kömür üretiminde bir etkisi beklenmediği için ya da ancak drene edilebilen gazın kullanılabilir oluşundan dolayı, Chase'in yöntemi kalıntı gaz belirlenmesine ihtiyaç görmemiştir. Böylece toplam gaz içeriği yalnızca kaybedilen ve çözülen gaz bileşenleri olarak tahmin edilmektedir. Bu şekilde uygulanan düşüş eğrileri yöntemi aylarca yapılması gereken çözülme ölçümlerine gerek kalmadan bir örneğin gelecekteki çözülme performansını tahmin etmek için iyi bir araçtır (Diamond and Schatzel 1998).

Chase'in düşüş eğrisi metodu en küçük kareler regresyon analizi ile doğrusal bir eğilim oluşturmak için yarı logaritmik kağıt üzerine toplam çözülen gaz hacmine ( $\text{cm}^3$ ) karşı haftalık çözülme oranını ( $\text{cm}^3 / \text{g}$  haftalık) çizmekten oluşmaktadır (Şekil 3.3). Periyodik olarak normal şartlar altında düzeltilen çözülen gaz hacimleri USBM yönteminde kullanılabilecek bir su deplasmanı yöntemi ile tespit edilmektedir. Kayıp gaz hacmi ( $Q_1$ ) USBM yöntemindekine benzer şekilde tahmin edilmektedir (Diamond and Schatzel 1998).

Çözülebilir gaz hacmini tüm çözülmeye yaklaştırmak için günde  $0.001 \text{ cm}^3/\text{g}$  olmak üzere (ortalama, haftada  $0.007 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) rastgele bir çözülme hızı seçerek düşüş eğrisinde (Şekil 3.3)





Şekil 3.3 Çözülebilir gaz hacminin tahmininde kullanılan düşüş eğrisi grafiği Chase (1979)' den sonra değiştirilmiş (Diamond and Schatzel'den,1998).

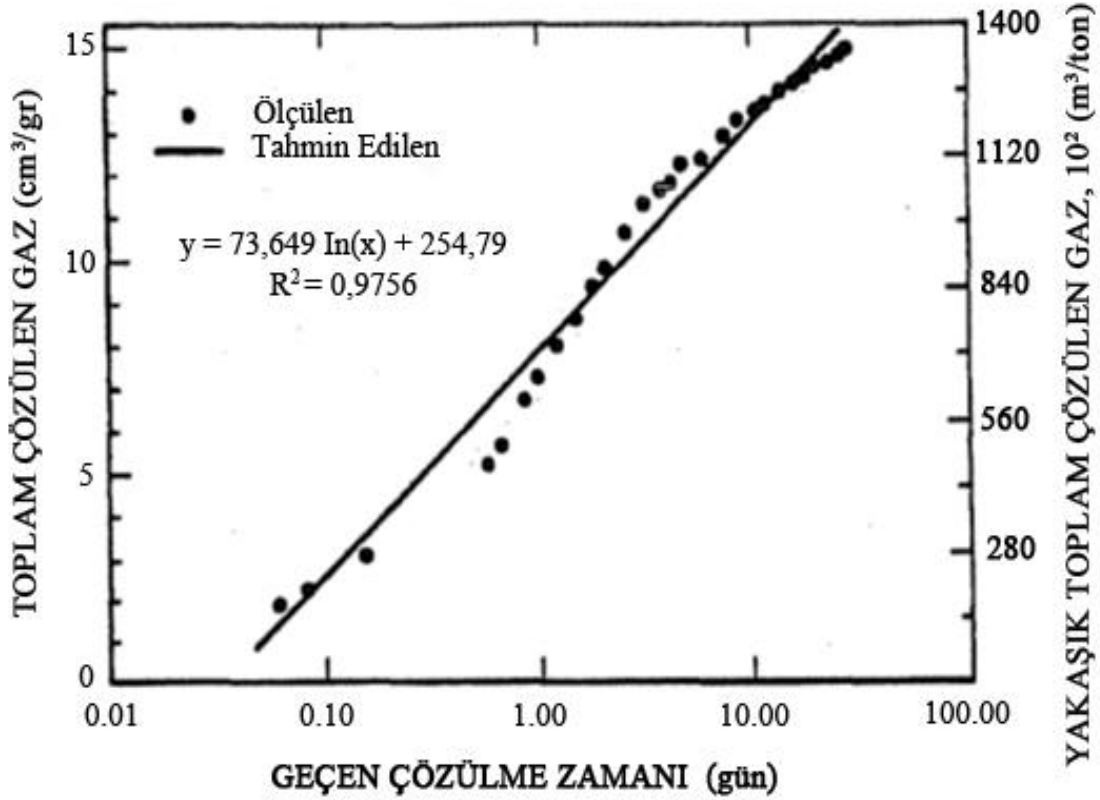
toplam çözülen gaz hacmi tahmin edilmektedir. Bu oran McCulloch ve arkadaşları (1975) tarafından önerilen beş gün boyunca günde  $0,05 \text{ cm}^3/\text{g}$  olup grafik üzerindeki kesim noktasına göre elde edilen toplam çözülen gaz miktarından ciddi anlamda daha düşüktür.

Ölçülen çözülme değerlerinden (Şekil 3.3)  $0,007 \text{ cm}^3/\text{g}$  haftalık çözülme hızına x-ekseni üzerinde karşılık gelen değer çözülen gaz hacmini ( $Q_p$ )  $\text{cm}^3$  olarak verir. Toplam çözülebilir gaz hacmi ( $Q_d$ );

$$Q_d = Q_p + Q_l \quad (3.15)$$

Düşüş eğrisi kavramının bir varyasyonu Chase tarafından açıklanan tahmini çözülebilir gaz yerine bir örnek kayıp gaz hacmini tahmin etmeyi içerir(1979). Raven Ridge, mevcut çözülme ilk başladığında sadece birkaç noktayla sıfır zamana (kömür damarından ilk gaz çıkışına)

doğru tahmin yapmak yerine tüm çözülme verilerini kullanarak kayıp gaz miktarını tahmin etmek için düşüş eğrisi yöntemini güncellemiştir (JC Huddleston, pers, Commun., 1996; Diamond and Schatzel'den,1998) (Şekil 3.4).

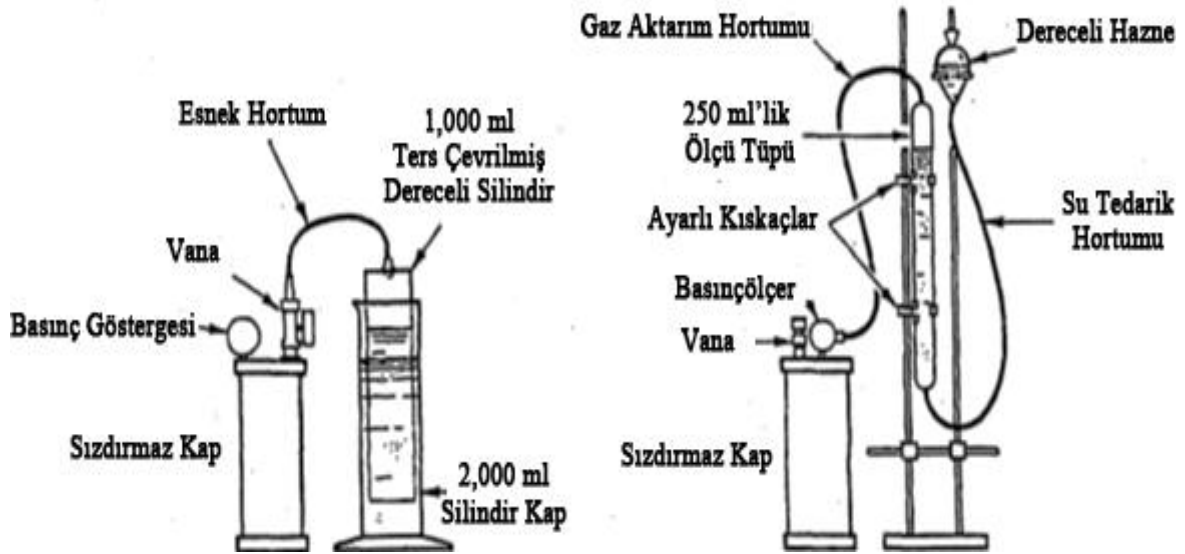


Şekil 3.4 Kayıp gaz hacminin tahmini için düşüş eğrisi grafiği. J.C. Huddleston, pers Commun (1996) sonrasında güncellenmiş (Diamond and Schatzel'den 1998).

Bu metot karotlu sondaj numunelerine ve kırıntılı elde edilen sondaj numunelerine de uygulanabilmektedir. Çözülme hacimleri normal şartlar altında su deplasmanı tekniği ile belirlenir. Çözülme ölçümleri arka arkaya üç gün sıfır çözülmüş gaz okumasından sonra durdurulur. Düşüş eğrisi bir logaritmik en küçük kareler regresyon denklemi ile tanımlanan, geçen zamana karşı toplam çözülen gaz içeriğinin grafiğidir. Şekil 3.4'de verilmiş olan örnekte,  $x = 0,0153$  gün (22 dakika)' nün kayıp-gaz süresi için tahmini kayıp-gaz hacmi  $1.7 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dir. Benzer bir doğrusal olmayan eğri uydurma yöntemi Amoco Üretim A.Ş. tarafından, ölçülen çözülme (desopsiyon) hacimlerinden kayıp gazı tahmin etmek için önerilmiştir (Yee ve ark., 1993;Diamond ve Schatzel'den, 1998). Amoco yöntemi için sıfır zaman karotlu sondajın damarın içinde sonlandırıldığı dip noktadan ayrıldığı zaman olarak tanımlanmaktadır (Diamond and Schatzel1998).

### 3.2.6 Gaz Araştırma Enstitüsü (GRI) Yöntemi

Amerika Illinois eyaletinde 1976 yılında kurulan Gaz Araştırma Enstitüsünün (GRI) kömür kökenli metanı araştırma çalışmaları sırasında geliştirilen GRI gaz içeriği belirleme yöntemi USBM yönteminin geliştirilmiş bir versiyonudur. GRI Yönteminde Şekil 3.5'te gösterilen örneklerden çok daha fazla karmaşık cihaz ve donanım kullanılarak bir su deplasmanı yöntemi ile çözülmüş gaz hacimleri ölçülür (Diamond and Schatzel, 1998).



Şekil 3.5 Manometrik gaz hacmi ölçüm cihazları örnekleri (TRW 1981; Camp et al., 1992; Diamond and Schatzel'den1998).

USBM yönteminde ilk hareket kayıp gazın bulunmasıdır. Mayor ve Pratt (1996) tarafından en yaygın kullanılan gaz içeriği ölçüm teknikleri ile ilişkili hataların kapsamlı analizi sonucunda en büyük hata nedeninin testlerin ortam sıcaklığında yapılması olduğunu belirlemişler ve bunun bir sonucu olarak kayıp gazın olması gereken değerden daha düşük belirlendiğini öne sürmüşlerdir. Bu, çözülmeye başladığı sondaj deliğindeki formasyon koşullarından daha düşük ortam yüzey sıcaklıklarında çözülme hızlarının daha yavaş olması sebebiyle söz konusu olmaktadır. Bu nedenle, başlangıçta yüksek bir formasyon sıcaklığında olan numunenin kayıp gazının asıl hacim okumaları standart sıcaklık ve basınç koşullarına düzeltilse bile, normal ortamda yapılan çözülme okumaları daha az değerlerde olabilir. Normal ortam koşullarında ölçülen çözülme değerleri, alınan numune yüksek formasyon sıcaklığında bulunduğundan gerçek sıfır zaman (çözülmenin ilk başladığı an) değerini bulmak için yapılan düzeltme ile ilgili kayıp gaz tahmini hatalarını telafi etmek için, GRI yönteminde numune su banyosunda

ısıtılıp formasyon sıcaklığına stabilize edildikten sonra çözülme değerleri ölçülmektedir (Diamond and Schatzel 1998).

Kayıp gazın tahminindeki diğer bir gelişme sıfır zamanın hesaplanmasındadır. McLennan ve ark. (1995) sondaj deliğinden numuneyi alırken sondaj sıvısının hidrostatik basıncının formasyon basıncına eşit olduğu anı sıfır zaman olarak tanımlanmaktadır. USBM yönteminde ise su dolu olan bir sondaj deliğinde numune alırken numune sondaj deliğinin yarısına geldiği an sıfır zaman noktası olarak alınmaktadır. GRI sıfır zaman varsayımı, kömür numune alımı boyunca gerçekleşen çözülme için daha doğru tanımlar ve genellikle daha büyük kayıp gaz hacmi değerleri tahmininde bulunur. Ancak, formasyon basınç ölçümüne ve sondaj deliğinden alınan numunenin basınç tahminine ihtiyaç vardır. McLennan ve ark. (1995) örnek alma süresince basınç değerlerini elde etmek için birkaç pratik alternatif sunmuştur (Diamond and Schatzel 1998).

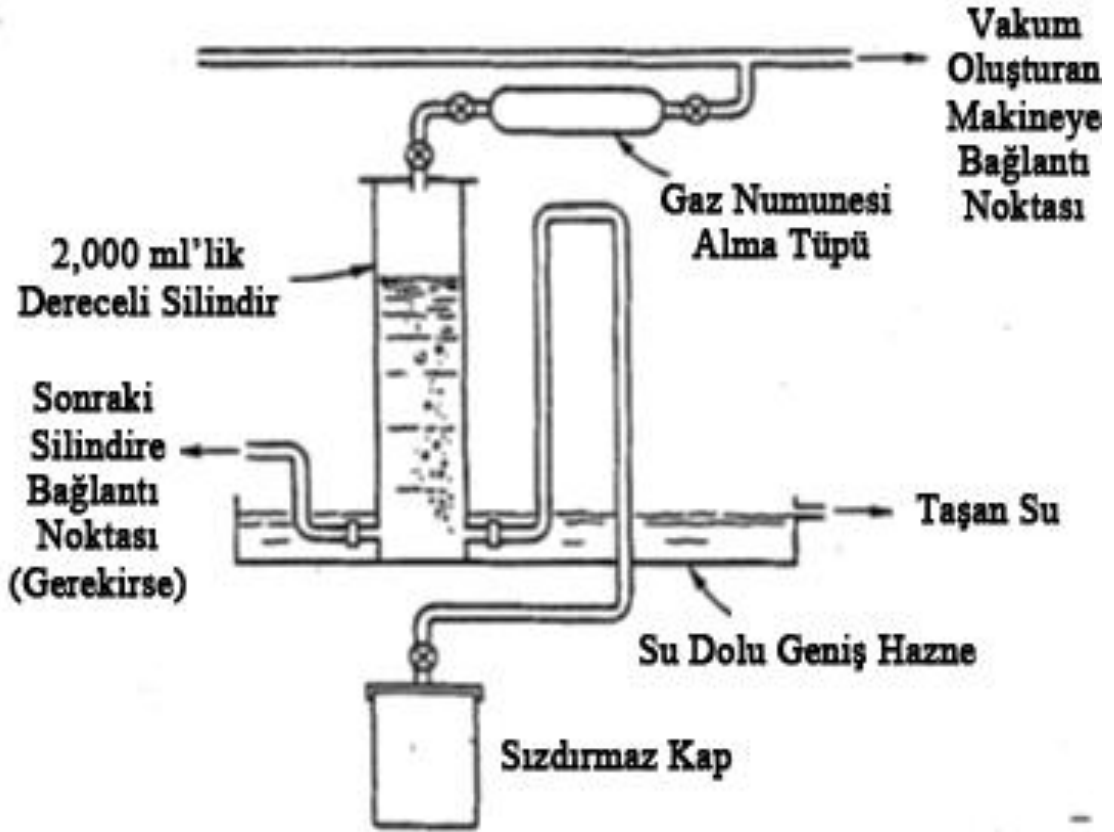
Mavor ve Pratt (1996) tarafından yapılan hata analizleri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Colorado San Juan havzasından, New Mexico ve Colorado Piceance havzasından toplanan çeşitli örneklerin değerlendirilmelerine dayanmaktadır. Hata analizi için referans değerler karotlu sondaj numunelerinin gaz içerik verilerinden ve izoterm verilerinden elde edilmiştir. Bu verilerin çoğu bakir bir kömür formasyonundan (Fruitland formasyonu) ve genel olarak 600 metreden (2,000 ft) daha derinlerden alınan örneklerle ilgili olduğundan kayıp gaz sürelerinin uzun olduğunu belirtmek gerekir. Mavor ve Pratt (1996) tarafından bildirilen kayıp gaz hatalarının büyüklüğü diğer kömür formasyonları (damarları) için tipik olmayabilir. Bu değerler, çalışılan örneklere göre yeryüzü sıcaklığı ile formasyon sıcaklığı arasındaki farkın daha az olduğu sığ derinlikte oluşmuş kömür damarları için daha az olacaktır (Diamond and Schatzel 1998).

### **3.2.7 Avustralya Standardı Yöntemi**

Avustralya Standartları Birliği (1991) USBM yöntemine dayalı Yavaş Çözülme Yöntemi ve Hızlı Çözülme Yöntemi olarak iki çeşit gaz içeriği test prosedürü önermiştir. Avustralya Standardı bu yöntemde kullanılacak ekipman yapımını, nasıl örnek alınacağını, test prosedürünü ve toplam gaz içeriklerini hesaplama yöntemlerini anlatmaktadır. Hızlı Çözülme yönteminde sonuçlar aynı gün elde edilirken, Yavaş Çözülme yönteminde numune ağırlığına bağlı olarak günlerce sürebilmektedir (Australian Standard 1999).

Prosedürde kullanılacak kömür numunelerinin en az 500 g olması tavsiye edilir. Su deplasmanı tekniğinde kullanılan deney aparatlarının farklı bir dizaynı ile elde edilen yeni deney düzeneği ile çözülmüş gaz hacimleri belirlenmektedir. Tercih edilen cihaz (Şekil 3.6) çözülen gaz akışına izin veren bir ya da birden fazla dereceli silindirlere olmuştur. Bu cihaz su seviyesini eşitleyici ayrı bir su haznesine sahip olmadığından diferansiyel kafa etkisini doğrudan dengelemek için, bir veri düzeltme işlemi yapılmaktadır (Diamond and Schatzel 1998).

Avustralya Standardı yönteminde kullanılan deney düzeneğinin bir avantajı ise çözülmüş gaz içinde CO<sub>2</sub> olması bekleniyorsa, su yerine asitlendirilmiş tuzlu su çözeltisi kullanarak CO<sub>2</sub>'in solüsyon içinde çözünmesinin önlenmesiyle daha doğru değer okumaları yapılabilmesidir.



Şekil 3.6 Avustralya Standardı yöntemi gaz hacmi ölçme aleti (Avustralya Standartlar Kurumu 1991; Diamond and Schatzel'den, 1998).

Bununla birlikte, Saghafi ve ark. (1995), asitlendirilmiş tuzlu su çözeltisinin sadece karbonat iyon oluşumunu engellediğini ve CO<sub>2</sub> çözünürlüğü üzerindeki etkisinin çok az olduğunu söylemektedirler (Diamond and Schatzel 1998).

Kayıp gaz ( $Q_1$ ) USBM doğrudan yönteminde olduğu gibi belirlenmektedir. Örneğin sondaj deliğinde yarıya kadar ulaştığı andan itibaren gaz kaybetmeye başladığı düşünülmektedir. Ölçülebilir gaz ( $Q_2$ ), Şekil 3.6'da gösterilen deney düzeneği kullanılarak laboratuvarda belirlenir. Çözülme hızı düşük ise, çözülen gaz dereceli silindir içinde serbest akışını yapar. Deney düzeneğine fazladan dereceli silindirler bağlanabilir böylece bir silindir gaz ile dolduğunda ilave gaz sonraki silindire transfer edilir. Çözülen gaz hacimlerinin ölçümü, bir hafta içinde gözlemlenen gaz miktarında hiçbir değişiklik olmadığında veya çözülme eğrisi asimptotik değere yaklaştığında durdurulur. Kömür numunesinin bir kısmı kül içeriği ve yoğunluk değerlerini öğrenmek için analiz edilir (Diamond and Schatzel 1998).

İstenirse, kömür numunesinin bir kısmı kalıntı gaz içeriğini ( $Q_3$ ) belirlemek için bir bilyalı değirmende öğütülür. Üç temsili küçük numune (10 ila 15 gr) öğütülür ve kalıntı gaz içeriğini belirlemek için ölçülen değerlerin ortalamaları alınır. Çözülebilir gaz içeriği  $Q_D$  şöyle tanımlanır;

$$Q_D = Q_1 + Q_2 \quad (3.16)$$

Ve toplam çözülebilir gaz içeriği  $Q_T$  şöyle tanımlanır;

$$Q_T = \text{ortalama } Q_3 + (Q_1 + Q_2). \quad (3.17)$$

### 3.2.8 CSIRO-CET Hızlı Gaz İçeriği Belirleme Yöntemi

Devlet bilimsel ve endüstriyel araştırma organizasyonu (CSIRO) Avustralya'da kurulan bir federal devlet kurumudur. Saghafi ve ark. (1995) CSIRO'nun kömür ve enerji teknolojileri (CET) bölümünün önerdiği hızlı çözülme yönteminin yaygın olarak Avustralya Standartı Yöntemine ek olarak Avustralya'da kullanıldığını söylemişlerdir. Bu yöntem öncelikle yeraltı sondaj deliklerinden alınan karot örneklerine uygulanmıştır. Saghafi ve ark. (1998) yöntemin avantajlarını hızlı ufalama nedeniyle suda çözünen gazları,  $CO_2$  gibi, minimize etmesi, kısa sürede nihai sonuçların elde edilmesi ve böylece laboratuvar masraflarının düşüklüğü olarak belirtmektedirler. Kömür örneğinin yerleştirildiği kabın içinde paslanmaz çelik bilyeler bulunmaktadır. Böylece, laboratuvarında numunenin başka bir kaba aktarılmasına gerek kalmamaktadır. Kayıp gaz ( $Q_1$ ) önceden Avustralya Standartı yöntemi için tarif edilen cihazlar ile ölçülen serbest akış çözülme veri noktaları kullanılarak USBM yöntemi ile

belirlenir. Bununla birlikte, sudaki CO<sub>2</sub> çözünmesi ile ilgili sorunları en aza indirmek için, gaz ölçümleri 30 dakika da bir yapılmalıdır (Diamond and Schatzel, 1998). Kayıp gaz hacmi (Q<sub>1</sub>) sızdırmaz kab içindeki hava ile kurutulmuş numune kütlesinin sahada ölçülen çözülen gaza bölünmesi ile belirlenir. Taşıma esnasında çözülen gaz hacmi (Q<sub>2</sub>) ve kırma/öğütme sonunda serbest kalan gaz hacmi (Q<sub>3</sub>) su deplasmanı tekniğiyle laboratuvarında belirlenir. Toplam gaz içeriği (Q<sub>T</sub>) ise şu şekildedir;

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3.18)$$

Williams ve ark. (1992) aynı sondaj deliğinden aldıkları 2 farklı kömür numunesine USBM ve CSIRO hızlı gaz içeriği belirleme yöntemini uygulayarak elde ettikleri verileri karşılaştırmışlardır (Çizelge 3.1). Sonuç olarak her iki yöntem arasında 0,4-3 m<sup>3</sup>/t arasında bir fark olduğunu göstermişlerdir (Williams et al. 1992).

Çizelge 3.1 Elde edilen toplam gaz içeriği verilerinin karşılaştırılması (William et al., 1992)

Numune	CSIRO (m <sup>3</sup> /t)	USBM (m <sup>3</sup> /t)	Numune	CSIRO (m <sup>3</sup> /t)	USBM (m <sup>3</sup> /t)
1	6,37	5,34	3	10,29	10,90
2	4,11	4,69	4-5	5,58	4,64

### 3.3 GÖRGÜL EŞİTLİKLERLE GAZ İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Kömürün metan tutma kapasitesi; öncelikle damar gaz basıncı, ortam sıcaklığı ve kömürleşme derecesinin bir fonksiyonudur. Kömürleşme derecesi; kömür örneklerinin sabit karbon, uçucu madde, kül, nem, oksijen içeriği gibi bileşenlerinden yararlanılarak saptanmaktadır. Kömür örneklerinin gaz içerikleri çeşitli araştırmacıların geliştirdiği görgül eşitliklerle hesaplanabilmektedir (Ökten ve Didari 1991).

#### 3.3.1 Langmuir Eşitliği

Kömürleşme derecesi ve damar gaz basıncının belli olduğu bir kömür damarının gaz içeriği Eşitlik 3.19 (Langmuir Eşitliği) kullanılarak hesaplanmaktadır. Eşitlikte yer alan Q<sub>s</sub> ve B sabitleri, Almanya'da pek çok ölçüm sonuçlarından yola çıkarak hazırlanan grafiklerden elde edilmektedirler (Mucke et al. 1972; Didari'den 1988a; Çakır 1994).

$$Q_t = \frac{Q_s \times B \times P'}{1 + B + P'} \quad (3.19)$$

Burada;

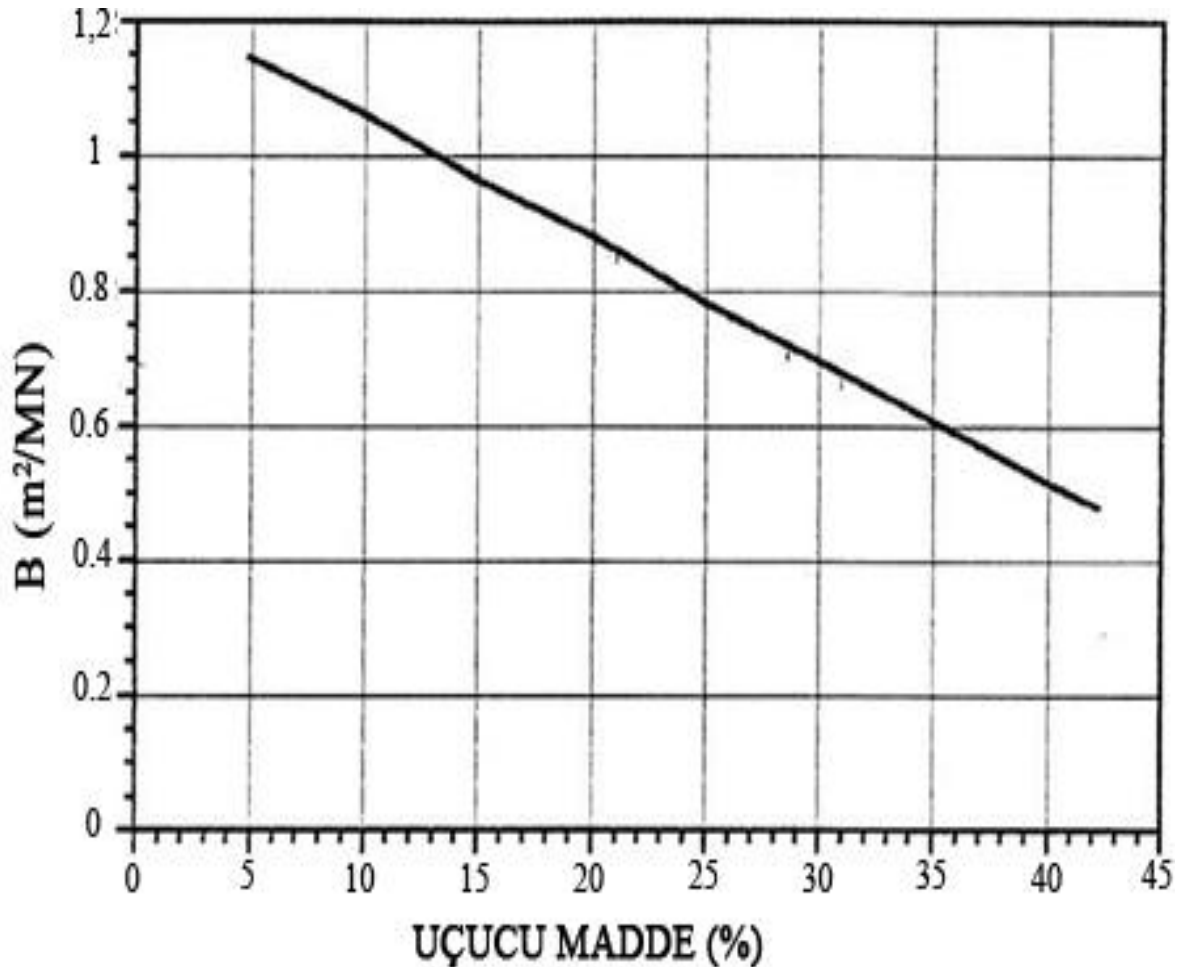
$Q_t$  : temiz kömürün gaz içeriği,  $m^3/ton$

$Q_s$  : Langmuir sabiti,  $m^3/ton$

$B$  : Langmuir sabiti,  $m^2/MN$

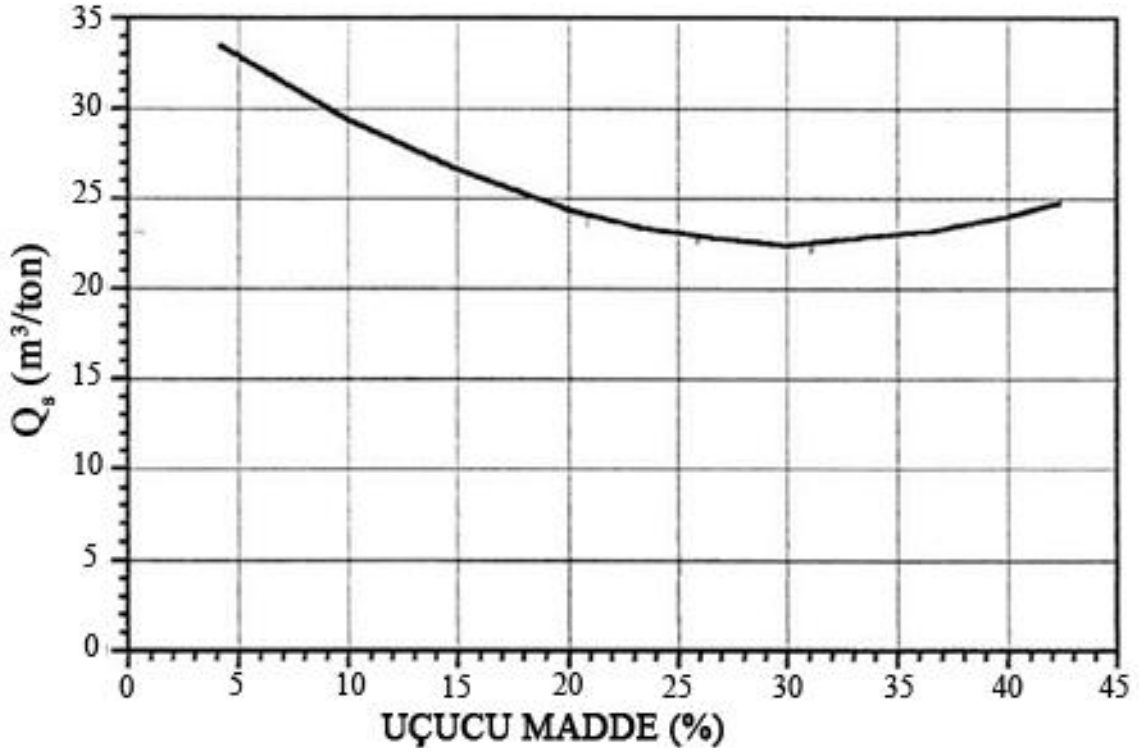
$P'$  : damar gaz basıncı,  $mPa$

olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.7 kullanılarak nem ve kül düzeltmeleri yapılmakta ve yerinde kömürün gaz içeriği elde edilmektedir (Boxho et al., 1987; Çakır, 1994). Langmuir sabitleri ( $B$  ve  $Q_s$ ) Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'deki grafiklerden elde edilmektedir.



Şekil 3.7 Langmuir B sabiti (Didari 1988a)





Şekil 3.8 Langmuir Qs sabiti (Didari 1988a).

### 3.3.2. Kim Eşitliği

ABD’de Kim tarafından geliştirilen ve nem ile kül düzeltmelerini de içeren genel bir ifadedir (Eşitlik 3.20) (Kim, 1977; Yalçın ve Durucan, 1987; Didari, 1988a).

$$Q_t = (k_o * P^{n_o} - b * T) \quad (3.20)$$

Burada;

$Q_t$  : yerinde kömürün gaz içeriği, cm<sup>3</sup>/g

$k_o$  : Kim sabiti

$P$  : damar gaz basıncı, atm

$n_o$  : Kim sabit

$b$  : Kim sabiti (0.14 m<sup>3</sup>/ton °C)

$T$  : sıcaklık, °C

olarak tanımlanmaktadır.

Eşitlik 3.20'de yer alan T' Eşitlik 3.21 tarafından,  $k_o$  ve  $n_o$  (Kim sabitleri) ise Eşitlik 3.22 ve Eşitlik 3.23 tarafından hesaplanmaktadır.

$$T' = (T_j + (1.4).(d)) \quad (3.21)$$

Burada;

$T_j$  : yerüstü sıcaklığı, °C

$d$  : derinlik, m

1.4 : sıcaklık değişkeni (1.4 °C / 100 m) (Didari, 1988a).

$$k_o = 0,8 \times \frac{SK}{UM} + 5.6 \quad (3.22)$$

$$n_o = 0,39 - 0,013 \times k_o \quad (3.23)$$

Burada;

$k_o$  ve  $n_o$  : sabit

SK : sabit karbon miktarı, %

UM : uçucu madde miktarı, %

olarak tanımlanmaktadır. Sonunda Eşitlik 3.24 kullanılarak yerinde kömürün gaz içeriği bulunmektedir.

$$Q_y = Q_t \times \frac{100 - N - K}{100} \times 0,7 \quad (3.24)$$

$Q_y$  : yerinde kömürün gaz içeriği,  $cm^3/g$

$Q_t$  : temiz kömürün gaz içeriği,  $cm^3/g$

N : Nem, %

K : Kül, %

olarak tanımlanmaktadır.

### 3.3.3 Ettinger Eşitliği

Sovyet bilim adamı Ettinger ve arkadaşları (1958) tarafından kömürlerin analiz sonuçlarına bağlı olarak metan soğurma kapasitelerini tespit etmek için Eşitlik 4.14 geliştirilmiştir (Çakır, 1994) (Eşitlik 3.25 nem içeriği %3'ün altında olan kömürlerin gaz içeriğinin hesaplanmasında kullanılmamaktadır).

$$Q_y = \frac{65,5}{\left(\frac{A}{P}-C\right) \times UM0,146} \times \frac{1}{e \times n} \times \frac{100-K-N}{100} \times \frac{1}{1+(0,31 \times N)} \quad (3.25)$$

Burada;

- $Q_y$  : yerinde kömürün gaz içeriği, m<sup>3</sup>/ton  
 $P$  : damar gaz basıncı, atm  
 $UM$  : uçucu madde, %  
 $e$  : 2.71828  
 $K$  : kül miktarı, %  
 $N$  : nem miktarı, %  
 $n$  : sıcaklık faktörü  
 $A$  : Ettinger sabiti  
 $C$  : Ettinger sabiti

olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 3.25'de yer alan A ve C sabitleri Çizelge 3.2'de verilmektedir. Sıcaklık faktörü (n) ise Eşitlik 3.26 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{0,02 \times T'}{0,993 + 0,007 \times P} \quad (3.26)$$

Burada;

- $T'$  : sıcaklık, °C  
 $P$  : damar gaz basıncı, atm, olarak tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.2 Ettinger eşitliğinde kullanılan sabitler (Ettinger et al. 1958; Çakır'dan, 1994; Yalçın ve Durucan 1987;).

UM (%)	A	C	UM (%)	A	C
1	2.61	0.996	21	6.81	0.916
2	2.82	0.992	22	7.02	0.912
3	3.03	0.988	23	7.23	0.908
4	3.24	0.984	24	7.44	0.904
5	3.45	0.980	25	7.65	0.900
6	3.66	0.976	26	7.86	0.896
7	3.87	0.972	27	8.07	0.892
8	4.08	0.968	28	8.28	0.888
9	4.29	0.946	29	8.49	0.884
10	4.50	0.960	30	8.70	0.880
11	4.71	0.956	31	8.91	0.876
12	4.92	0.952	32	9.12	0.872
13	5.13	0.948	33	9.33	0.868
14	5.34	0.944	34	9.54	0.864
15	5.55	0.940	35	9.75	0.860
16	5.76	0.936	36	9.96	0.856
17	5.97	0.932	37	10.17	0.852
18	6.18	0.928	38	10.38	0.848
19	6.39	0.924	39	10.59	0.844
20	6.60	0.920	40	10.80	0.840

Ettinger'e göre deneysel ve teorik sonuçlar arasındaki fark %20-30'u geçmemektedir (Yalçın ve Durucan 1987).

### 3.3.4 Creedy Yaklaşımı

Creedy (1986) yaklaşımı, görgül yöntemler arasında, geliştirdiği istatistiksel değerlendirme nedeniyle farklı bir yapı göstermektedir. Yaklaşım, İngiltere'de 6 ayrı kömür ocağında gerçekleştirilen ve 2 alt uygulamadan oluşan damar gaz içeriklerinin belirlenmesi çalışmalarında son derece olumlu sonuçlar vermiştir (Çakır 1994).

Birinci alt uygulamada; yeryüzünden yapılan kömür sondajlarından karot şeklinde örnekler alınmış ve bu örneklerin doğrudan yöntem esaslarına uygun olarak izlenen işlemler dizisiyle damar gaz içerikleri ölçülmüştür. İkinci alt uygulamada ise; yine aynı arınlardan ve mekanize kazı esnasında elde edilen 30-40 mm boyutunda örnekler ile arımdan alınan iri kömür bloklarının ortasından elde edilen örnekler sızdırmaz örnek kaplarına konulmuş ve bu

örneklerin de gaz içerikleri, birinci alt uygulamada izlenen kurallara sadık kalınarak belirlenmiştir. Bu aşamada elde edilen veriler, %95 güven aralığında sürdürülen istatistiksel bir yaklaşımla (3.27) no'lu bağıntıya uyarlanarak, birinci alt uygulamada elde edilen damar gaz içeriklerine oranla  $\pm\%5$  farklılık gösteren sonuçlara ulaşılmıştır (Çizelge 3.3) (Çakır 1994).

Çizelge 3.3 Creedy yaklaşımının uygulandığı çalışma sonuçları (Creedy 1986; Çakır'dan 1994).

OCAĞIN ADI	DAMARIN ADI	DAMAR GAZ İÇERİKLERİ (temiz kömür için) (m <sup>3</sup> /ton)	
		Yeraltından alınan örneklerden istatistiksel olarak tahmin edilen	Yeryüzünden yapılan sondajlardan alınan örneklerden ölçülen
Brodsworth	Barnsley	6,4	6,3
Harworth	Top Hard	6,2	5,4
Manton	Parkgate	5,9	6,1
Sherwood	Deep Hard / Piper	5,5	5,3
Welbeck	Top Hard	4,9	4,8
Cynheidre	Big Vein	15,4	16,5

Söz konusu çalışmada; damar gaz içerikleri (Q), verilerin dağılım tipine bakılmaksızın lognormal dağılıma uygunluğu kabul edilerek aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\ln Q = 1,645 \times S_n + Q' \quad (3.27)$$

Burada;

$S_n$  : ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart sapması

$Q'$  : ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının aritmetik ortalaması

olarak tanımlanmaktadır.  $S_n$  standart sapma değerine sahip n sayıda örnek üzerinde yapılan analize ait standart hata ( $S_h$ ) ise:

$$S_h = \frac{1,534 \times S_n}{\sqrt{n}} \quad (3.28)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır (Çakır 1994).

## BÖLÜM 4

### TTK ARMUTÇUK TAŞKÖMÜRÜ İŞLETME MÜESSESESİ

Armutçuk Taşkömürü İşletme Müessesesi Zonguldak İlinin 35 km Batısında, Kdz. Ereğli'ye 12 km uzaklıkta Kandilli Beldesinde kurulu bulunmaktadır. 54 km<sup>2</sup>'si karada, 46 km<sup>2</sup>'si denizde olmak üzere 100 km<sup>2</sup>'lik imtiyaz alanında Müessesenin 2011 yılı sonu itibarıyla 33,9 milyon ton taşkömürü rezervi bulunmaktadır. Rezervin Alacağzı sahasında bulunan 11,7 milyon tonluk kısmı rüdvans karşılığı işletilmek üzere 20 yıl süre ile özel sektöre verilmiş olup Müessese faaliyetleri 22,2 milyon ton rezerve sahip Kandilli sahasında sürdürülmektedir.

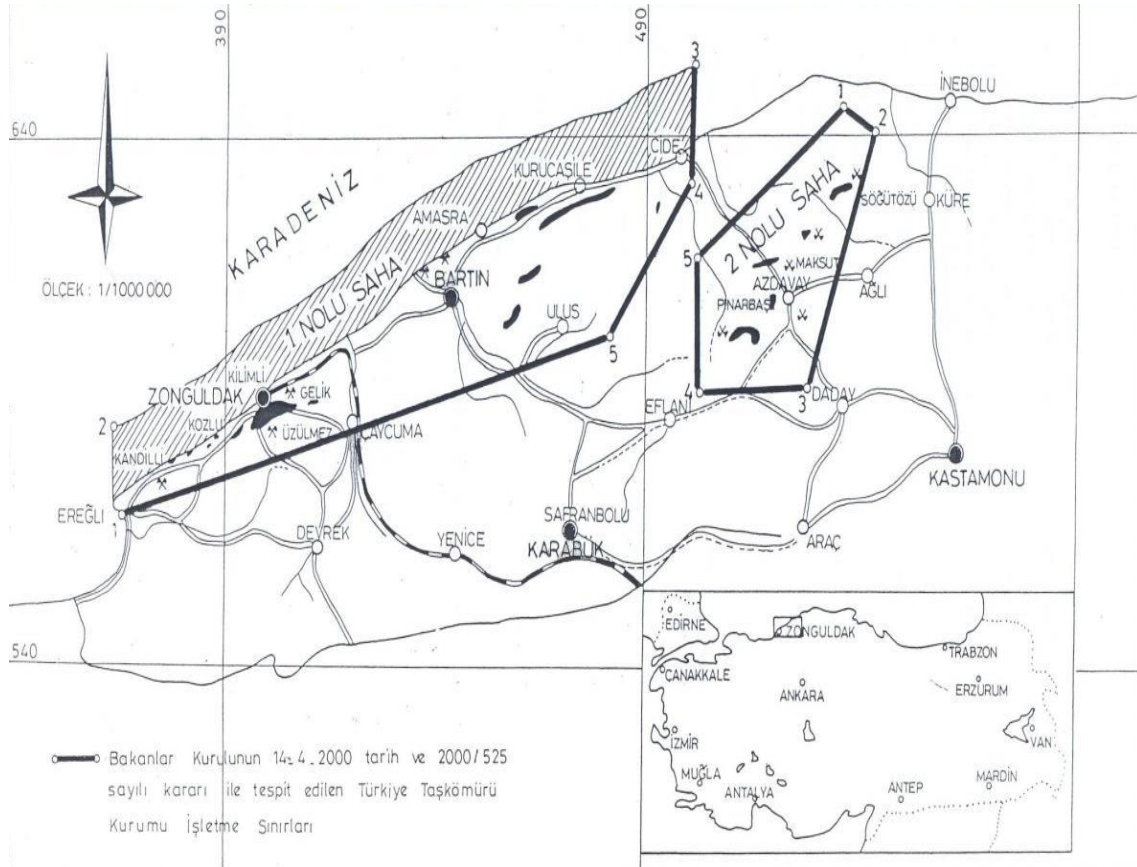
#### 4.1 TAŞKÖMÜRÜ İŞLETMECİLİĞİNİN TARİHÇESİ

18. asır sonlarında sanayi dallarının duyduğu ihtiyacı karşılamak amacıyla yurt içinde bulunmayan taşkömürünün ithali yoluna gidilmiştir. Özellikle donanma, devrin teknolojik gelişmesine ayak uydurmaya çalışırken; Tophane, Darphane ve Tersanede taşkömürünün talebini arttırmış Hazinenin ödemelerde çektiği zorluklar yanında ithalin gerektirdiği mali külfetler hızla yükselmiş, nihayetinde karşılanamaz olmuştur. Bu durum karşısında “Tersane Ümaresi” tarafından ihtiyacın yurtiçinde yapılacak araştırmalar sonucu bulunacak kömür kaynakları ile giderilebileceği düşünülmüş ve faaliyete geçilmiştir. Devletin bütün kademelerine konu ile ilgili yazı ve taşkömürü örnekleri gönderilmek suretiyle bu gibi taşlardan buldukları takdirde İhsan-ı Şahaneye mahzar olacakları bildirilmiştir (TTK 2012).

8 Kasım 1829 günü Bahriye erlerinden Uzun Mehmet tarafından Kdz. Ereğli Köseğzi Değirmeni Viranderesi boyunda taşkömürü mostrasının bulunması sonucunda devrin Padişahı II. Mahmut tarafından 5.000 kuruş mükafat ve 600 kuruş aylık ile ödüllendirilmiştir. 1848 yılında Havza'nın sınırları belirlenmiş ve padişah vakfına devredilmiştir. Hazine-i Hassa idaresi tarafından Galata sarraflarına ve İngiliz şirketlerine verilen ruhsatlarla ilk düzenli üretim başlatılmıştır. Havzadaki ocaklar 1849-1854 yıllarında Hazine-i Hassa İdaresi, 1854-1865 yıllarında İngiliz şirketlerinin kontrolünde kalmıştır. 1865-1908 yılları arasında kontrol

Bahriye Nezaretine, 1909-1920 yılları arasında Havza-i Fahmiye Müdürlüğüne verilmiştir. 1909-1914 yıllarında Havzada Rus, İtalyan ve Yunan şirketleri faaliyet göstermiş, 1915-1920 yıllarında Havza Almanların egemenliğine girmiştir. 1920 yılında TBMM Hükümeti Havzanın kontrolünü ele almış, mevcut ocaklar 1926 yılından sonra Türkiye İş Bankası tarafından kurulan Kömür-İş Şirketi ile Fransız sermayeli Ereğli Şirketi tarafından işletilmiştir. 07.03.1937 tarih ve 3146 sayılı Kanunla Ereğli Şirketi Hükümet tarafından satın alınarak Etibank'a devredilmiştir. Havzadaki ocaklar Etibank tarafından kurulan Ereğli Kömür İşletmeleri T.A.Ş. (EKİ) eliyle işletilmeye başlanmıştır. 30.05.1940 tarih ve 3867 sayılı Kanunla Havzadaki tüm ocaklar kamulaştırılmış ve Devlet eliyle işletilmesi sağlanmıştır. Etibank'ın EKİ Müessesesi tarafından işletilen ocaklar 22.05.1957 tarih 6974 sayılı Kanunla kurulan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na (TKİ) devredilmiş, faaliyetler bir müessese olarak sürdürülmüştür (TTK 2012).

KİT'lerin yeniden düzenlenmesi kapsamında çıkarılan 10.10.1983 tarih ve 96 sayılı KHK ile Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) kurulmuş ve Zonguldak Havzası TTK'ya devredilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Zonguldak Taşkömürü Havzası.

TTK; Armutçuk, Kozlu, Üzülmöz, Karadon ve Amasra olmak üzere 5 adet Müesseseden oluşmakta ve Amasra hariç coğrafi olarak Zonguldak ili sınırları içinde bulunmaktadır. TTK Yönetim Kurulunun 17.12.1983 tarih ve 3 sayılı kararı ile önceki yıllarda çeşitli statülerde faaliyet gösteren Armutçuk İşletmesi Müessese haline getirilmiştir. TTK Yönetim Kurulunun 01.09.1994 tarih ve 231 sayılı kararı ile müessese statüsü kaldırılmış, işletme olarak önce Karadon Müessesesine, daha sonra Kozlu Müessesesine bağlanmıştır. TTK Yönetim Kurulunun 24.09.1997 tarih ve 192 sayılı kararı ile yeniden müessese haline getirilmiş ve tüzel kişilik kazandırılmıştır (TTK 2012).

## **4.2 JEOLJİK YAPI**

Deniz orijinli kumtaşı, kıltaşı ve kömür Ardalaşmasından oluşan Namuriyen yaşlı çökellerle, konglomera, kumtaşı ve kömür Ardalaşmasından oluşan Westfaliyen A yaşlı çökeller havzanın temel yapısını oluşturur. Eski temelin bu iki üyesi arasında zayıf bir diskordans gözlenmiştir. Bölgenin en önemli diskordansı Karbonifer ile Kretase arasında gözlenmekte olup bir başka diskordans da Mesozoyik çökelleri arasında gözlenir (Koç 2004).

### **4.2.1 Stratigrafi**

Bölgede, birinci zaman (Karbonifer), ikinci zaman (Alt ve Üst Kretase), üçüncü zaman (Kuaterner) arazileri vardır. Sahanın en eski temeli, ancak çalışma alanı dışında görülebilen Dinansiyen kireçtaşlarından oluşmaktadır (Koç 2004).

#### **4.2.1.1 Paleozoyik (Karbonifer)**

Çamlı-Armutçuk-Alacağzı kesiminde lokal olarak Alacağzı ve Kozlu formasyonu olarak adlandırılan (Namuriyen + Westfaliyen A) Karbonifer görülür (Koç 2004).

##### **4.2.1.1.1 Namuriyen (Alacağzı Formasyonu)**

Alacağzı formasyonuna ait çökeller tüm karbonifer pencerelerinde gözlenebilmektedir. Çoğunlukla yeşilimsi kumtaşları, kıltaşı, killi kumtaşı, psammitler, kömürlü killer, kömür parçacıkları içeren kumtaşı ve ince feldspat, çok az bir kısımda mika pullarından oluşmuştur.



Kömür ve kumtaşı içindeki piritler tek tek tane şeklinde olabildiği gibi çatlak dolgusu şeklinde de bulunabilmektedir (Koç 2004).

Namuriyen kömürlerinin bir kısmının arasında kesme tabir edilen kömürlü veya kömürsüz killer yer almaktadır. Bu da damar için karakteristik olabilmekte ve isimlendirmede yardımcı olmaktadır. Alacağzı formasyonunda adlandırılmış 14 adet kömür damarı bulunmaktadır. Bu seride 1943 yılından bu yana üretim Hacıbekir, Makine, Halilpaşa, Kocayuvan, Kireçlik 1,2 ve Büyükkılıç damarlarından yapılmıştır. Bu formasyonun ortalama kalınlığı 1000 m'dir (Koç 2004).

#### **4.2.1.1.2 Westfaliyen (Kozlu Formasyonu)**

Kozlu formasyonuna ait çökeller, kumtaşı, interklasyonlu kalın konglomera banklarında ve ekonomik kömür damarlarından meydana gelmiştir. Formasyonun ortalama kalınlığı 350 m.dir Rezerve esas alınan damarlar;

Büyük damar : Kalınlığı 3,00-25,00 m olan bu damarın Litoloji, fasiyes ve sporoloji araştırmaları Büyükdamarın, Namuriyen-West. A sınırını oluşturduğu gözlenmiştir. Müessese toplam rezervinin %76'sını Büyük damar oluşturmaktadır.

Küçük damar: Kandilli kesiminde yer yer 0.50 m kalınlığa ulaşmakta, Çoğunlukta ise kil-kiltaşı şeklinde görülmekte olup Alacağzı kemsinde ise kömür kalınlığı 3.00 m ye ulaşmaktadır.

Bozmaoğlu: Bazen tüm kesit kömür olabildiği gibi tamamı kil taşı-kil olabilmektedir. Karakteristik özelliği tabanında yaygın halde kömür topraklarının bulunmasıdır. Bunların çapları birkaç cm'den birkaç dm' ye kadar değişmektedir.

Üçköylü: Damarın belirgin özelliği daima içerisinde iki veya üç bant killi şerit içermesidir. Bu şeritlerin kalınlığı en az 0.05 m' dir.

Davulcu: Ortalama kalınlığı 1.00 m olup tavanındaki kumtaşı, konglomera nöbetleşmesi Karbonifer sonrası diskordansa devam eder.

Westfaliyen B, C, D' nin (Karadon katı) yokluğu Alacağzı senklinalinin merkezindeki bu tabakaların erozyonu ile açıklanabilir. Bu stratigrafik bir boşluk değildir. Senklinal eksenini çok kuvvetli faylarla yükseltilmiş ve erozyonla aşındırılmıştır (Koç, 2004).

#### **4.2.1.2 Mesozoyik (Kretase)**

##### **4.2.1.2.1 Barremiyen (Kaide (taban) Konglomerası)**

Sahada Mesozoyik çökelleri açısız bir diskordansla Bozburnu kireçtaşlarına ait taban konglomerası ile başlar. Taban konglomerası dolomitik kalker çakılları ile Vizien çakıllarından ibarettir. Nadiren karbonifer kumtaşlarına ve klastik kömür parçalarına rastlanır. Çimentosu bazen kırmızı demirli bir kumtaşı, kumlu kalker veya açık gri bir kireçtaşı olabilir. Kalınlığı 10-35 m. arasında değişir (Koç 2004).

##### **4.2.1.2.2 Apsiyen (Velibey Kumtaşı)**

Apsiyen çökelleri, Velibey kumtaşı ile temsil edilmektedir. Çoğunluğu kuvars kumu ile kuvars çakıllarından oluşmuştur. Bazı yerlerde kireçtaşı mercikleri bazı yerlerde killi seviyeler gözlenir. Taşınma esnasında feldspatlar killi seviyeleri oluşturmuştur (Koç 2004).

##### **4.2.1.2.3 Albiyen (Glokonili Kumtaşları)**

Seri altta marnlı, üstte kalkerli kumtaşlarından meydana gelmiştir. İçindeki bol glokonili tanecikleri kayaca yeşil rengi vermektedir (Koç 2004).

##### **4.2.1.2.4 Senomaniyen (Mavi Marnlar)**

Bunlar altere olmuş yüzeylerde soluk gri, mavi renkli, taze yüzeylerde ise koyu gri renkli kumlu marnlardır. Eski araştırmacıların Wild Fliş olarak tanımladıkları Senomaniyen Fliş formasyonu sert kalkerli kumtaşı ve breş tabakalarının münavebesinden meydana gelmiştir. Kumtaşı ve breşler içerisindeki kömür parçacıkları karakteristiktir (Koç 2004).

#### **4.2.1.2.5 Turoniyen (Fliş)**

Senomaniyen üzerine tuf, radiolarit, kumtaşı tabakalarıyla münavebeli gri, yeşil, sarımtırak ve pembe renkli globotruncana, 'lı marn ardalaşması görülmektedir (Koç 2004).

#### **4.2.1.2.6 Koniasiyen-Santoniyen (Aglomera ve Tüfler)**

Turoniyen kalkerleri üzerine andezitik aglomera serisi gelir. Tabanda tüflü kumtaşları ve marn seviyeleri tavanda ise büyük andezit blokları hakim durumdadır. kalınlığı Zonguldak - Kandilli hattının güneyinde 2000m'ye kadar ulaşmaktadır (Koç 2004).

#### **4.2.1.3 Senozoyik (Kvaterner (Alüvyonlar))**

Sahadaki tüm alüvyonlar denge profiline erişmişlerdir. Bu erişimden sonra taraça oluşumuna yol açacak tektonik hareketler olmadığı için taraça görülmemektedir. Önemsiz kalınlıktaki alüvyonlara Kireçlik ve Kirenlik deresinde rastlanmaktadır (Koç 2004).

### **4.2.2 Tektonizma**

#### **4.2.2.1 Kıvrımlar**

Karbonifer sedimanları Hersiniyen orojenezi ile kıvrılmanmış olup büyük kıvrımlar ancak yer altı imalatlarında gözlenebilmektedir. Faylar ise Alpin dönemi orojenik hareketler sonucu oluşmuştur. Kandilli Karbonifer Senklinalinin iki kanadı da kuzeye yatımlıdır. Senklinalin devriklik özelliği batıdan doğuya doğru faylarında etkisiyle kaybolmaktadır. Senklinal eksenini yaklaşık doğu-batı yönlü ve batıya dalımlıdır. Jeolojik yapı senklinalin Çamlıdan batıya, denizaltına doğru devam ettiğini göstermektedir (Koç 2004).

#### **4.2.2.2 Faylar**

En önemli fay yüzeyde belirgin olarak izlenememekle beraber NE-SW (KD-GB) doğrultulu Alacağzı Tülani fayıdır. Bu fay 70 derece eğimle güneye yatmaktadır. Diğer önemli faylar batıdan doğuya doğru; 1, 2, 2A, 3, 6, 12 ve 13 nolu faylardır. Bunlardan 6 nolu fay Kandilli ve Alacağzı kesimlerini birbirinden ayırmaktadır (Koç 2004).

#### 4.2.2.3 Diskordanslar

Havzadaki en önemli diskordans Karbonifer ile Kretase arasındadır. Bu açılı bir uyumsuzluk olup arada Permiyen, Triyas ve Jura çökelleri yer almamaktadır (Koç 2004).

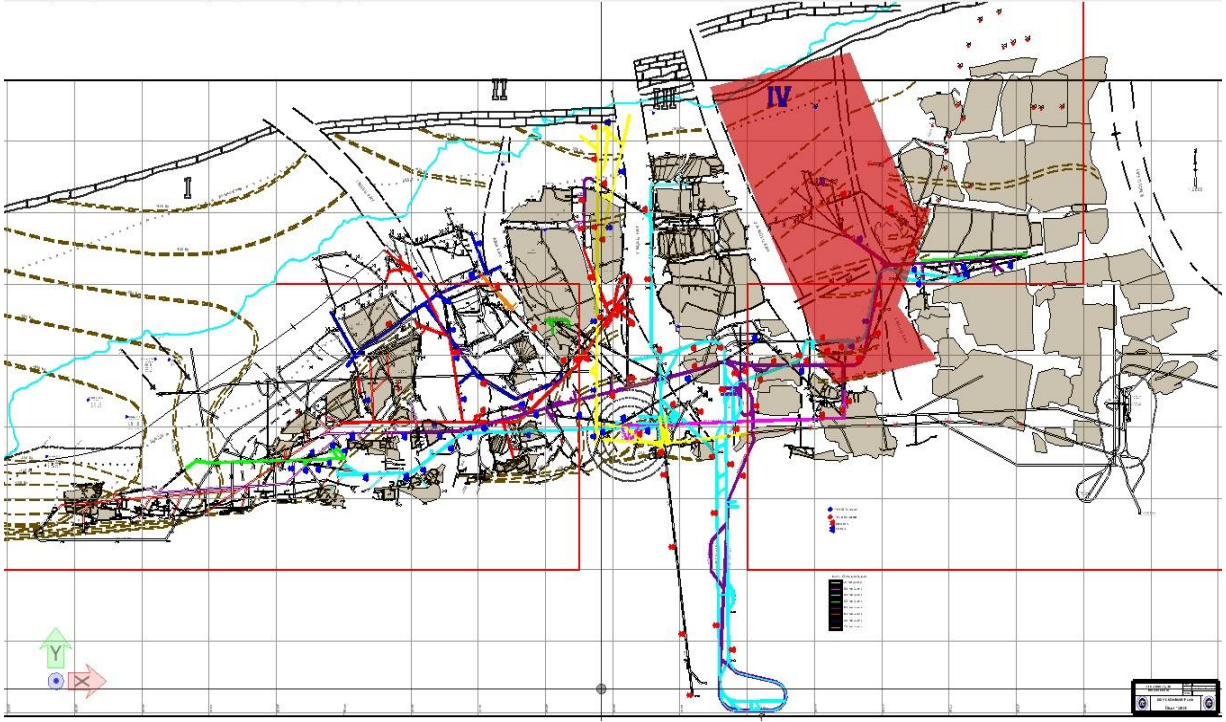
#### 4.3 REZERV DURUMU

Havzada 17 adet kömür damarı mevcut olmasına rağmen Büyük, Küçük, Üçköylü damarları üretim için ekonomik kalınlıkta olabilen damarlardır. Çizelge 4.1’de Armutçuk Müessesesinin Kandilli ve Alacağzı dahil toplam rezervi gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 Toplam rezerv tablosu (TTK 2014).

		2014		TTK
		ARMUTÇUK	ARMUTÇUK Toplam	
		ARMUTÇUK	REZERV	
KATEGORI_ADI	SEVIYE			
HAZIR		1.668.154	1.668.154	1.668.154
HAZIR Toplam		1.668.154	1.668.154	1.668.154
GÖRÜNÜR	200/-650	7.271.106	7.271.106	7.271.106
GÖRÜNÜR Toplam		7.271.106	7.271.106	7.271.106
MUHTEMEL	-150/-650	15.859.636	15.859.636	15.859.636
MUHTEMEL Toplam		15.859.636	15.859.636	15.859.636
MÜMKÜN	-200/-650	7.883.164	7.883.164	7.883.164
MÜMKÜN Toplam		7.883.164	7.883.164	7.883.164
Genel Toplam		32.682.060	32.682.060	32.682.060

Havzadaki en önemli fay yüzeyde belirgin olarak izlenmekle beraber kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Alacağzı Tulani fayıdır. Bu faylanmalar müessesenin imtiyaz alanını Kandilli ve Alacağzı olarak iki ana bölüme ayırmış, ayrıca kandilli bölümü kömür rezervlerini de kendi içerisinde 6 bloğa ayırmıştır (Şekil 4.2) (ARTİM 2012).



Şekil 4.2 Armutçuk müessesesi Büyük damar planı (ARTİM 2012)

Müessesenin üretim faaliyetlerini tamamı Kandilli bölümünde Westfaliyen A yaşlı Kozlu formasyonu ile Namuriyen yaşlı Alacağzı formasyonunun sınırı teşkil eden kalınlığı 3-25 m arasında değişen Büyük damarda sürdürülmektedir. Büyük damarın ortalama kalınlığı 6 metredir (ARTİM 2012).

#### 4.4 ÜRETİM DURUMU

Havzada bugüne kadar ekonomik olarak 5 adet damardan üretim yapılmış olup, bugün sadece büyük damardan üretim yapılmaktadır. Toplam rezervin %76'sını Büyük damar oluşturmaktadır. Geçen yıllar içinde yapılan üretim faaliyetleri sonucu Büyük damarın doğusunda kalan V. Blok'taki kömürlerin tamamına yakını üretilmiş, yaklaşık 480 000 ton kömür rezervi topuklardadır. Büyük damarın doğusunda IV. blokta görünür halde olan 1 500 000 ton rezerv hazırlık çalışmaları sonucu ilk panonun 2014 yılı sonunda üretime geçmesi planlanmaktadır. III nolu blok diye tanımlanan alanda da üretim tamamlanmış olup topuklar yangın nedeni ile şu anda çalışmaya müsait değildir (ARTİM 2012).

II nolu blokta ise -400 / -450 / -500 lağım topuklarında bulunan yaklaşık 1 milyon ton kömür rezervi ise ancak -400 ve -450 kat lağımları devre dışı bırakıldıktan sonra alınabilecek

durumdadır. Büyük Damarın batısında bulunan I. ve II. Bloğun denizaltı işletme sınırı altındaki kömürler ise denizaltı işletmeciliği kapsamında projelendirilerek üretime hazır hale getirilecektir (ARTİM 2012).

Müessesede I. ve II. Bloкта yer alan 3 adet üretim ocağı bulunmaktadır. Üretim ocakları -450/-500 ve -500/-550 arasında bulunmaktadır. Günde ortalama 800 ton tüvönan (600 ton satılabilir) kömür üretilmektedir. Çizelge 4.2’de 2007-2013 yılları arası programlanan-fiili üretim rakamları ile gerçekleşme oranları verilmektedir. Üretim ocaklarından bantlı konveyörlerle taşınan kömürler yeraltında 5 tonluk vagonlara doldurulup yerüstüne çıkartılır. Yerüstüne çıkartılan kömürler lavvarda yıkanarak satışa hazır hale getirilir.

Çizelge 4.2 Müessesenin 2000-2004 yılları arası üretimde gerçekleşme oranları

Yıllar	Tüvönan			Satılabilir		
	Program	Fiili	Gerçekleşme (%)	Program	Fiili	Gerçekleşme (%)
2007	368,725	342,149	93	258,258	241,873	94
2008	343,676	332,485	97	244,620	233,040	95
2009	361,760	326,820	89	258,400	223,755	87
2010	393,600	265,591	67	279,900	166,966	60
2011	390,870	251,785	65	245,843	153,195	63
2012	326,937	252,338	77	206,040	166,568	81
2013	294,980	213,806	72	185,717	162,369	87

Armutçuk Müessesesi Lavvarı 3200 ton/gün kapasiteli olup ocaktan çıkan tüvönan kömürler Mc Nally yıkama kazanında zenginleştirmeye tabi tutulduktan sonra tasnif edilerek silolanmaktadır. Bunun dışında kömür zenginleştirme işlemleri sonucunda meydana gelen kömür atıklarının (şlam) geri kazanımı için 20 ton/saat (100-150 ton/gün) kapasiteli filtrasyon tesisi kuruludur (ARTİM 2012).

#### **4.5 MÜESSESEDE DAHA ÖNCEDEN YAPILAN GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI**

1988 yılında Canteck Conculting Ltd. Firması Zonguldak Havzasında damar gaz içeriği belirleme çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalar kapsamında Canteck uzmanları Armutçuk Müessesesinde yapılan çalışmalar sonucunda ampirik yöntemlerle Büyük damarın gaz içeriğini 5 m<sup>3</sup>/ton olarak bulmuşlardır (Öztürk 2014).

1989 yıllarında Büyük damardan alınan bazı numunelerin TTK laboratuvarlarında analizleri yapılmıştır. Gaz içerikleri USBM metoduyla ve ampirik eşitliklerle tahmin edilmiştir. 1989 yılında yapılan çalışmada Büyük damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile yaklaşık 4 m<sup>3</sup>/ton ve ampirik yöntemlerle 10-14 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmuştur (Teknomad 1989). Ayrıca TTK Kandilli işletmesi rehabilitasyon projesi kapsamında Teknomad firması tarafından 1989 yılında Büyük damarda gaz içeriği belirleme çalışmaları yapılmıştır. Nihai raporlarında Cerchar metoduyla Büyük damarın gaz içeriğinin 1 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmasına karşın USBM metoduyla gaz içeriği tespit edemediklerini belirtmişlerdir.

2005 yılında TTK laboratuvarlarında yapılan çalışmada Büyük damarın -421 kotunda çalışılan bölümünden alınan örneklerin gaz içeriği USBM yöntemi ile 6.87 m<sup>3</sup>/ton ve görgül yöntemlerden Kim Eşitliği ile 10.76 m<sup>3</sup>/ton; Langmuir Eşitliği ile 21.65 m<sup>3</sup>/ton olarak bulunmuştur (Öztürk 2014).

## BÖLÜM 5

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Armutçuk Müessesesinde çalışan Büyük damarda önceki yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar önceki bölümde anlatılmaya çalışılmıştır. Uzun bir süreden beri bir çalışmanın yapılmamış olması ve bakir bir blokta yapılan pano hazırlıklarından dolayı Büyük damarın gaz içeriği tespit edilmesi gerekli görülmüştür.

Bu çalışmada; doğrudan yöntemlerden Avustralya Standartı yönteminde tanımlanan Yavaş ve Hızlı Çözülme teknikleri kullanılarak damar gaz içeriklerinin tespiti yapılmıştır.

Avustralya Standartı yönteminde örneklerin karot halinde alınması ve en az 500 g ağırlığında olması tavsiye edilmektedir. Deneysel çalışmaların başlangıcında karotlu sondaj denemeleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin alınacağı hazırlık kömür bacası kesitlerinde çalışabilecek sondaj makinesi örneklerin alınacağı noktaya kurulmuştur. Hem sulu sondaj hem de susuz sondaj yapılarak karotlu örnek alınmaya çalışılmıştır. Fakat sulu yapılan sondajlarda hem alınmaya çalışılan karot çapının 3 cm olması hem de kömürün gevrekliğinden dolayı kömür ufalanıp su ile sondaj deliğinden çıkmıştır. Susuz yapılan denemelerde kömürün sertliğinden dolayı matkap ucu ısındığından ilerleme yapılamamıştır. Bu sebeplerden dolayı karotlu örnek alınmayacağı anlaşılmıştır. Alınacak örneklerin sondaj deliğinden gelen kırıntılardan alınmasına karar verilmiştir.

Hızlı ve Yavaş Çözülme tekniklerinde; kömür damarından yeraltında sondajlar yapılarak alınan örnekler sızdırmaz kaplara alınmaktadır. Daha sonra dereceli kap içeren bir düzenek kurularak ve bu esnada geçen zaman da kaydedilerek kaptan çıkan gaz kurulan düzenek vasıtasıyla ölçülmektedir. Ölçüm, 1 ile 10 dakika arasında değişen aralıklarla, 20 ile 60 dakika kadar sürmektedir. Zamanın kareköküne bağlı olarak yayılan gaz eğrisi çizilerek kayıp gaz miktarı tespit edilmektedir. Bu aşamalardan sonra kömür örnekleri yerüstüne çıkarılmaktadır.



Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örnekler yerüstüne çıkarıldıktan hemen sonra ilk gaz ölçümleri yapılmaktadır. Ölçümlerin ardından sızdırmaz kap içerisinde bulunan bilyalar ile örnekler öğütülerek numuneler en az % 95'i -150 mikron boyutuna ufalanmaktadır. Bu işlem süresince gaz ölçümleri tamamen gaz gelirinin sonlandığı ana kadar devam etmektedir. Bu aşamalardan sonra kömür numunelerinin toplam gaz içeriği hesaplanmaktadır.

Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan örneklerde ölçüm gaz geliri bitene kadar devam etmekte, gaz geliri bittikten sonra açılan sızdırmaz kap içerisine bilyalar yerleştirilip tekrar kapatılmaktadır. Ardından kömür numuneleri öğütülerek en az % 95'i -150 mikron boyutuna ufalanmaktadır. Ölçümler gaz gelirinin sonlandığı ana kadar devam etmektedir. Bu aşamalardan sonra kömür numunelerinin toplam gaz içeriği hesaplanmaktadır.

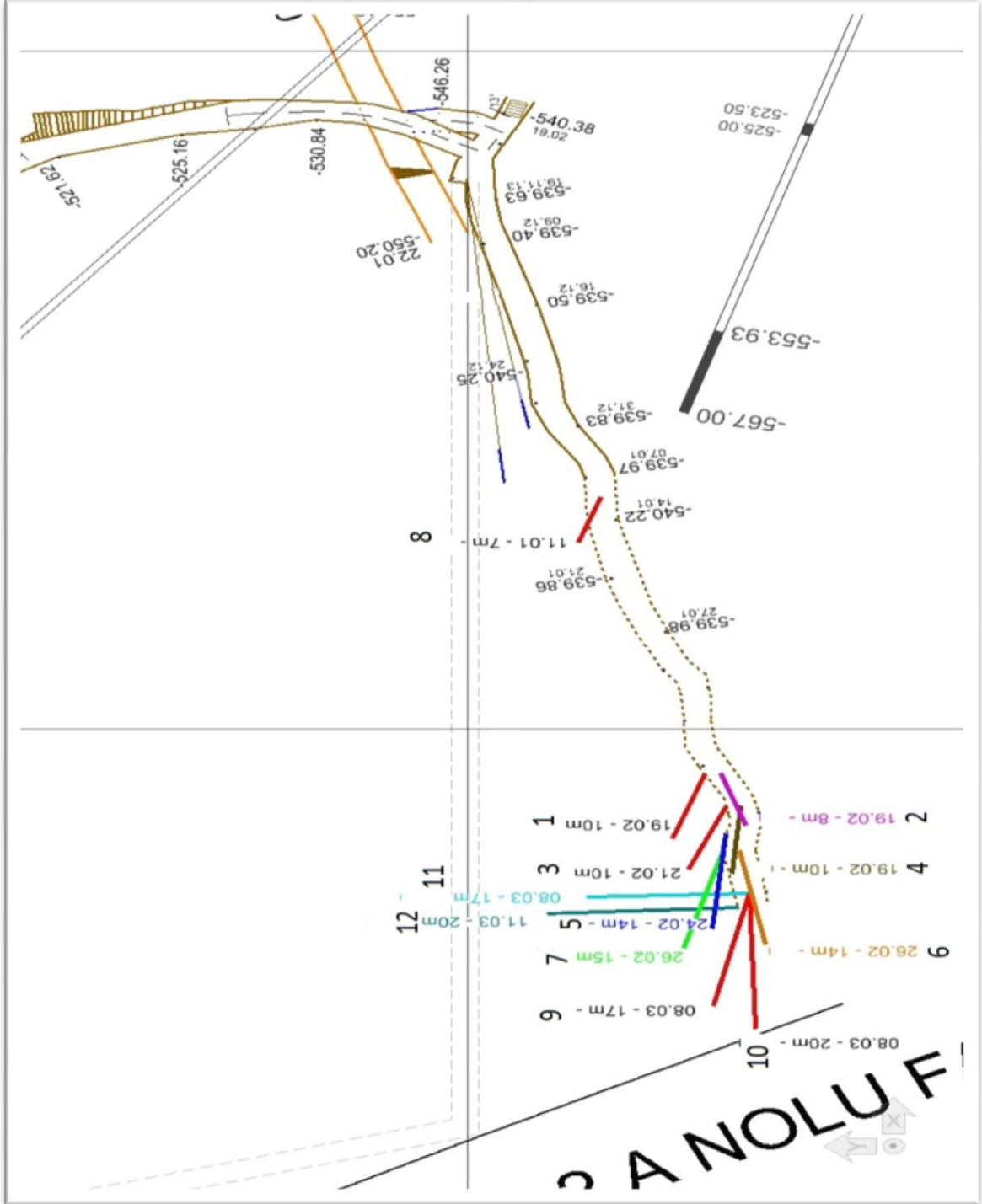
Ayrıca örneklerin TTK Armutçuk Müessesinde bulunan laboratuarda kül ve nem analizleri, yapılarak bulunan bu değerler deneysel tekniklerde kullanılmış, elde edilen gaz içerikleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.1). Hesaplamalarda kullanılan kömürün yoğunluğu olarak Paşamehmetoğlu vd. 1989 yılında Büyük damar üzerinde yapılan çalışmalar sonucu elde edilen  $1.32 \text{ g/cm}^3$  değeri alınmıştır.

Çizelge 5.1 Sondajlardan alınan kömür örneklerinin analizleri

Örnek No	Analiz Sonuçları	
	K (Kül) (%)	N (Nem) (%)
1	6,8	1
2	5,14	1
3	9,88	1,5
4	6,07	1
5	8,8	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

## 5.1 ÖRNEKLERİN ALINMASI

Örnekler büyük damarında 2 no'lu ve 3 no'lu faylar arasında kalan 4. blokta sürülen 105 no.lu panodaki hazırlık bacasından Şekil 5.1'de gösterilen noktalardan, taşınabilir bir sondaj makinası ile deliğin 7. ve 20. metreleri arasından alınmıştır.



Şekil 5.1 Numunelerin alındığı sondajların yerleri ve doğrultuları

Toplam sondaj sayısı 12'dir. Her bir sondaj deliğinden kırıntı halinde gelen kömür örnekleri eş zamanlı olarak aynı koşullarda 2 ayrı sızdırmaz kaba konularak kayıp gaz belirlenmesi için gaz ölçümleri yapılmıştır. Hızlı çözülme yöntemine tabi tutulacak örneklerin konulacağı sızdırmaz kaplar içerisine 33,5 cm<sup>3</sup> hacminde 16 adet bilya yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan sızdırmaz kap ve bilya Şekil 5.2' de gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Sızdırmaz kap ve kap içindeki bilya

Ayrıca örneğin alındığı anda ortamın basıncı, ortamdaki metan yüzdesi, ortamın sıcaklığı, kaptaki örnek miktarları, kabın hacmi ve sondaj derinliği gibi değerler ölçülerek kaydedilmiştir. Bu parametrelere ait değerler topluca Çizelge 5.2' de gösterilmiştir. Basınç ve sıcaklık ölçümünde barometre ve psikrometre kullanılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Barometre ve psikrometre

Çizelge 5.2 Ölçümler sonucu elde edilen veriler

Örnek No	$m_H$ (g)	$m_Y$ (g)	$V_H$ (cm <sup>3</sup> )	$V_{HLog}$ (cm <sup>3</sup> )	$V_Y$ (cm <sup>3</sup> )	$V_{YLog}$ (cm <sup>3</sup> )	$X_o$ (%)	$P_f$ (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 Çözülme tekniğine tabi tutulan örneğin toplam ağırlığı,  $m_Y$  : Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan örneğin toplam ağırlığı,  $V_H$ : Hızlı Çözülme tekniğine göre ölçülen toplam hacim,  $V_Y$  : Yavaş Çözülme tekniğine göre ölçülen toplam hacim,  $X_o$ : Yeraltında örneğin alındığı ortamdaki metan yüzdesi,  $P_f$  : Yeraltı atmosfer basıncı,  $T_f$  : Yeraltı sıcaklığı)

## 5.2 GAZ YAYILIMININ ÖLÇÜLMESİ

Yeraltında sızdırmaz kaplara alınan örneklerin ilk gaz ölçümleri önceden hazırlanmış su dolu bir kap içeren ölçekli düzeneğe (dereceli kap) ile yapılmıştır. Aynı sondaj deliğinden alınan iki numune aynı anda kurulmuş olan iki ayrı düzeneğe bağlanarak 20 ile 60 dakika arasında değişen sürelerde kayıp gazın belirlenmesi için çözülen gaz okumaları yapılarak kaydedilmiştir. Ardından yerüstüne çıkarılacak örnekler su dolu bir kap içeren ölçekli düzeneğe Şekil 5.4'deki gibi bağlanarak gaz ölçümleri yapılmıştır. Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örnekler bu ilk ölçümün ardından Şekil 5.5'te gösterildiği şekilde makineye yerleştirilmiştir. 67 devir/dk hızla döndürülüp, kap içerisindeki bilyalar vasıtasıyla kömür numuneleri öğütülerek ufalanmıştır. Her 45 dakika ile 1 saat süre zarfında sızdırmaz kaplar tekrar ölçüm düzeneğine bağlanıp gaz ölçümleri yapılmıştır. Bu işlem tamamen gaz okuması bitene kadar tekrar etmiştir.



Şekil 5.4 Su dolu bir kap içeren ölçekli düzenek (dereceli kap)



Şekil 5.5 Sızdırmaz kapların bağlandığı makine

Yavaş Çözölmeye tabi tutulan örneklere ölçümler gaz geliri sonlanana devam etmiştir. Bu işlem en az 3 gün en fazla 13 gün sürmüştür. Ardından kaplar, içerisine bilyalar yerleştirilip

tekrar kapatılmıştır. Bu kaplar öğütme işlemi için makineye bağlanmıştır. Gaz ölçümleri yapıldıktan sonra kaplar içerisindeki örnekler tartılarak miktarları bulunmuştur. Yavaş ve Hızlı Çözülme yöntemlerine göre elde edilen gaz yayılımları Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Gaz Yayılım Değerleri

Örnek No	Hızlı Çözülme Yöntemi					Yavaş Çözülme Yöntemi					
	Kayıp Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )		Çözülen Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )	Toplam Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )		Kayıp Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )		Ölçülen Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )	Kalıntı Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )	Toplam Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> )	
	V <sub>1</sub>	V <sub>1Log</sub>		V <sub>H</sub>	V <sub>HLog</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>1Log</sub>			V <sub>Y</sub>	V <sub>YLog</sub>
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

### 5.3 GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Kömür örneklerinin gaz içeriklerinin belirlenmesi amacıyla hem yeraltında ve hem yerüstünde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler, Avustralya Standartı yönteminde tanımlanan Hızlı ve Yavaş Çözülme tekniklerindeki eşitlikler kullanılarak kömür örneklerinin gazı içerikleri belirlenmiştir.

Avustralya Standardında esas olan, ölçüm sonucu elde edilen gaz hacimlerinin 20 °C'de ve 1 atmosfer (101,3 kPa) basıncı koşullarında açıklanmasıdır. Bu amaçla aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak düzeltmeler yapılmalıdır.

Eğer sızdırmaz kaptan çıkan esnek hortum dereceli kaba alttan beslenip o şekilde gaz hacim ölçümü yapılıyorsa aşağıdaki eşitlikler geçerlidir(Australian Standard, 1999).

$$V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa}} = \frac{(V_{\text{bomb}} + V_{\text{tube}}) \times P_A \times (T_{20 \text{ deg}} + 273,1)}{(T_t + 273,1) \times P_{101,3}} \quad (5.1)$$

Bu alttan besleme işlemi sadece 8 nolu örnek için söz konusudur. Diğer örneklerin hepsinde gaz hacimleri dereceli kaba üstten besleme yapılarak ölçülmüştür. Eğer sızdırmaz kaptan çıkan esnek hortum dereceli kaba üstten beslenip o şekilde gaz hacim ölçümü yapılıyorsa aşağıdaki denklemler kullanılır (Australian Standard, 1999).

$$V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa}} = \frac{(V_{\text{bomb}} + V_{\text{tube}} + V_t) \times P_t \times (T_{20 \text{ deg}} + 273,1)}{(T_t + 273,1) \times P_{101,3}} \quad (5.2)$$

$$P_t = P_A - \frac{(V_{\text{CT}} - V_t)}{V_{\text{CT}}} \times h \times 9,79 \text{ kPa} \quad (5.3)$$

$V_t$	: Dereceli kapta okunan hacim (ml)
$V_{\text{CT}}$	: Su seviyesine kadar dereceli kabın hacmi (ml)
$h$	: Dereceli kabın su seviyesinden yüksekliği (m)
$T_t$	: t anında sıcaklık
$T_{20 \text{ deg}}$	: 20 °C
$P_t$	: t anındaki düzeltilmiş basınç
$P_{101,3}$	: 101,3 kPa
$P_o$	: Su kafası tarafından oluşturulan negatif basınç
$V_{\text{bomb}}$	: Sızdırmaz kabın içindeki boş hacim
$V_{\text{tube}}$	: Bağlantı hortumu iç hacmi
$P_A$	: Okuma anındaki ortamdaki basınç
$V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa}}$	: Ölçüm sistemindeki gaz ve havanın hacmi

Ölçümden önce dereceli kapta okunan ilk hacim kaydedilir (t). Ardından sızdırmaz kaptaki vana açılır ve ölçülen gaz hacmi kaydedilir (t-1). Bununla birlikte yukarıda belirtilen denklemler kullanılarak her iki dereceli kaptaki okuma için hesaplama yapılır ve aşağıdaki gösterilen denkleme yerleştirilerek artan gaz hacmi yani kap içerinden serbestleşen gaz hacmi bulunmuş olur.

$$V_{\text{artan}} = V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa } t' \text{ de}} - V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa } t-1' \text{ de}} \quad (5.4)$$

### 5.3.1 Hızlı Çözülme Tekniğine Göre Gaz içeriğinin Belirlenmesi

Bu yöntem kayıp gaz ( $Q_1$ ) ve çözülen gaz ( $Q_2 + Q_3$ ) hesaplamalarına dayanır. Kayıp gaz ölçümleri yeraltında örneklerin alındığı yerde yapılmıştır. Çözülen gaz ölçümleri yerüstüne çıkarılan kömür örnekleri öğütülüp gaz geliri bitene kadar devam etmiştir.

#### 5.3.1.1 Kayıp Gaz Miktarının Belirlenmesi

Kömür örnekleri sızdırmaz kaplara alındıktan sonra su dolu olan ve ölçekli kap içeren bir düzeneğe bağlanmıştır. Kayıp gazın belirlenmesi esası USBM yönteminde anlatıldığı gibidir. Zamana bağlı çözülen gaz miktarları kaydedilir. Ardından oluşturulan tablo üzerinde tanımlanır. İşlemler buraya kadar USBM yöntemiyle aynıdır. Bundan sonrasında oluşturulan tablodaki gaz çözülmeleri Avustralya standardında tanımlanan Eşitlikler 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 kullanılarak düzeltilir. Burada, 6 no.lu örneğin Çizelge 5.4'te gösterilen ölçüm sonuçları kullanılarak hesaplamalara örnek verilecektir.

Çizelge 5.4 6 nolu örnek için ölçümler sonucu elde edilen veriler

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
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	$V_{\text{CT}} (\text{cm}^3)$	500
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	109,5	Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1,32
Ortam Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )	24,5	$V_{\text{Toplam bilya}} (\text{cm}^3)$	536
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39		
Ortam Metanı ( % )	0,4		
Örnek Miktarı (g)	122		
Sondaj Derinliği (m)	14		

6 no.lu örnek dereceli kaba üstten beslenmiştir. Çizelge 5.5'te belirtilen 10:40'ta yapılan gaz ölçümü  $V_t$  130  $\text{cm}^3$ ,  $V_{t-1}$  110  $\text{cm}^3$ 'dür. Çizelge 5.4'teki veriler ile Eşitlik 5.3 ve 5.2 kullanılarak yapılan düzeltme aşağıdaki gibidir.

$V_t$  130  $\text{cm}^3$  için;



Çizelge 5.5 6 no.lu örnek için Kayıp Gaz Belirleme Tablosu

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )
10:39	0	10	3,16	24,5	110	110	0
10:40	1	11	3,32	24,5	130	110	24
10:42	3	13	3,61	24,5	135	110	30
10:44	5	15	3,87	24,5	140	110	36
10:46	7	17	4,12	24,5	145	110	42
10:48	9	19	4,36	24,5	150	110	48
10:50	11	21	4,58	24,5	155	110	54
10:52	13	23	4,8	24,5	160	110	60
10:55	16	26	5,1	24,5	165	110	66
11:00	21	31	5,57	24,5	175	110	78
11:06	27	37	6,08	24,5	180	110	84
11:13	34	44	6,63	24,5	200	110	108
11:20	41	51	7,14	24,5	210	110	120
11:28	49	59	7,68	24,5	220	110	132

$$P_t = 109,5 - \frac{(500 - 130)}{500} \times 0,30 \times 9,79 = 107,3 \text{ kPa}$$

$$V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa } t} = \frac{(2530,58 + 19 + 130) \times 107,3 \times (20 + 273,1)}{(24,5 + 273,1) \times 101,3} = 2796$$

$V_{t-1}$  110 cm<sup>3</sup> için;

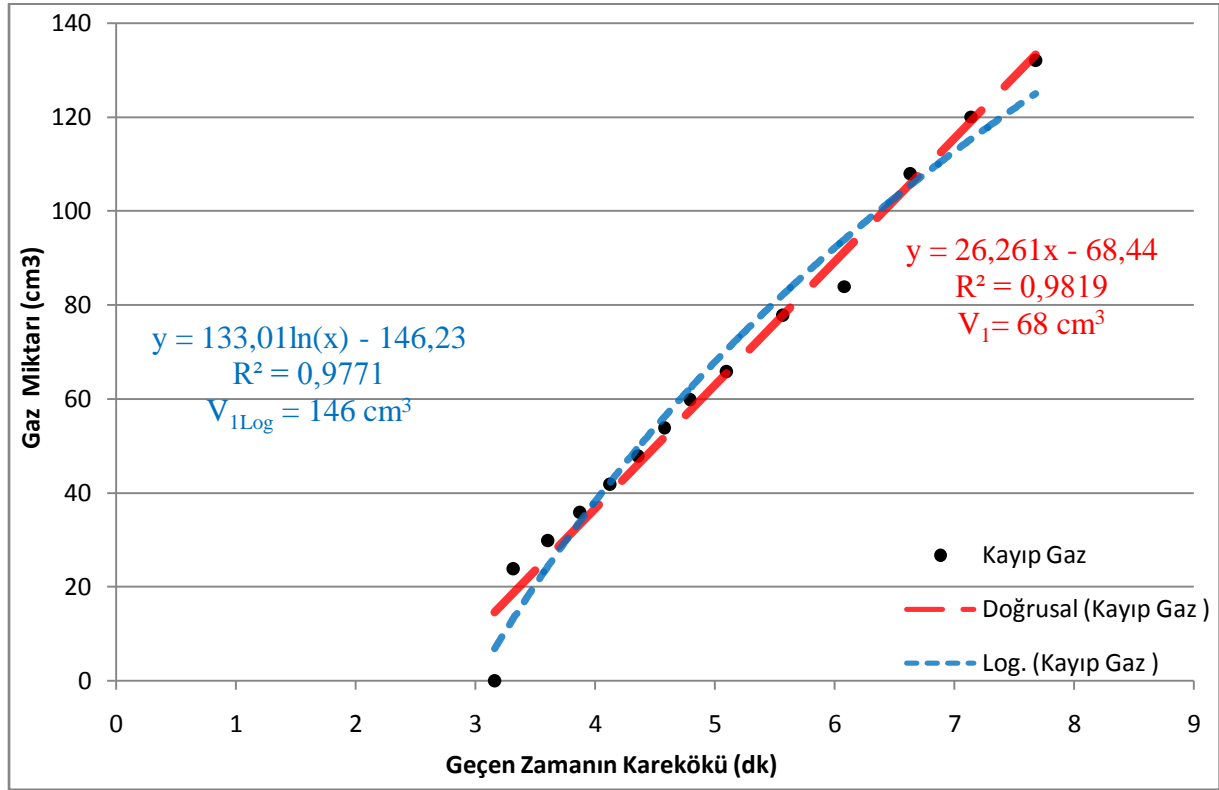
$$P_t = 109,5 - \frac{(500 - 110)}{500} \times 0,30 \times 9,79 = 107,2 \text{ kPa}$$

$$V_{20 \text{ deg } 101,3 \text{ kPa } t-1} = \frac{(2530,58 + 19 + 110) \times 107,2 \times (20 + 273,1)}{(24,5 + 273,1) \times 101,3} = 2772$$

Buna göre Eşitlik 1.4'ten faydalanılarak  $V_{artan}$  bulunur.

$$V_{artan} = 2796 - 2772 = 24 \text{ cm}^3$$

Yukarıda yapılan işlemler her bir gaz ölçümünde yapılarak tabloya işlenir. Böylece okunan tüm gaz ölçümleri düzeltilmiş olur. Bu işlemlerin ardından kayıp gaz eğrisi çizilir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Kayıp gaz hacminin saptanması

Çizilen grafik ile kayıp gaz hacmi saptanır. Ancak, Avustralya Standardına göre kayıp gaz hacmi doğrusal eğim çizgisi çizdirilerek bulunmakta olup bazı araştırmacılara göre kayıp gaz ölçümünün ilk birkaç dakikasında yüksek miktarda gaz çözülümü görülüp zaman ilerledikçe bu çözülen gaz miktarının azalmasından dolayı çözülen gaz hacmi grafik üzerinde doğrusal değil de logaritmik bir davranış göstermektedir ve grafik üzerinde çizdirilmesi gereken logaritmik eğim çizgisidir. Bu çalışmada kayıp gaz belirlemede hem doğrusal hem de logaritmik eğim çizgileri uygulanmıştır. 6 no.lu örnek için doğrusal eğim çizgisiyle elde edilen kayıp gaz hacmi 68 cm<sup>3</sup>, logaritmik eğim çizgisiyle elde edilen kayıp gaz hacmi 146 cm<sup>3</sup>'tür.

Kayıp gaz ise ;

$$Q_1 = \frac{V_1}{m_H} = \frac{68}{122} = 0,6 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{I\text{Log}} = \frac{V_{I\text{Log}}}{m_H} = \frac{146}{122} = 1,2 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak bulunur.

### 5.3.1.2 Çözülen Gaz Miktarının Belirlenmesi

Hızlı Çözülme yönteminde yerüstüne çıkarılan örnekler ilk ölçümlerin ardından sızdırmaz kaplar içerisinde bulunan bilyalar vasıtasıyla öğütülür. Bu işlem sırasında periyodik olarak 45 dakika ile 2 saat aralıklarla gaz ölçümleri yapılır. Her bir ölçümde sızdırmaz kaplar dereceli kabın üst beslemesine bağlanır. Sızdırmaz kabın vanası ve dereceli kabın üst besleme vanası açılmadan dereceli kabın su seviyesi ilk okuma olarak kaydedilir. Ardından her iki vana açılarak gaz ölçümü tamamen gaz geliri bitene kadar devam eder. Gaz geliri bittikten sonra dereceli kap içindeki su seviyesi çözülen gaz olarak not edilir. Tüm ölçüm sonuçları kaydedildikten sonra Eşitlik 5.2, 5.3 ve 5.4 kullanılarak gerekli düzeltmeler yapılır. Çizelge 5.6'da 6 no.lu örnek için ölçülen veriler ve düzeltilmiş veriler gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 Çözülen gaz ölçüm verileri

Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> ) (20 °C ve 101,3 kPa)	Kümülatif Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> ) (20 °C ve 101,3 kPa)
26.02.2014	Kayıp gaz ölçümleri boyunca çözülen gaz						132
26.02.2014	13:30	14	100,4	220	0	252	384
26.02.2014	14:30	14	100,4	400	0	463	847
26.02.2014	15:00	14	100,4	90	0	102	949
26.02.2014	15:30	14	100,4	70	0	80	1029
27.02.2014	08:00	15	100,5	85	50	40	1069
27.02.2014	08:55	15	100,5	70	50	23	1092

Çözülen gaz ( $Q_2 + Q_3$ ) miktarı;

$$\text{Çözülen Gaz} = \frac{V_2 + V_3}{m_H} = \frac{1092}{122} = 9 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak hesaplanır.

### 5.3.1.3 Toplam Gaz Miktarının Belirlenmesi

Toplam gaz miktarı önceki bölümlerde anlatılan eşitlik 3.17 ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Kayıp gaz miktarı iki şekilde hesaplandığından dolayı 2 farklı toplam gaz miktarı söz konusu olmaktadır.

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

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

olarak hesaplanır.

Bu veriler kömürün yerinde gaz içeriğini ifade etmektedir. Temiz (kuru-külsüz) kömürün gaz içeriğinin belirlenmesi için nem ve kül düzeltmelerinin yapılması gerekmektedir. Bunun için Eşitlik 5.5 kullanılabilir (Arslan, 2006).

$$m_{\text{NK}} = \left\{ m_{\text{H}} - \left[ \frac{(m_{\text{H}} * \text{N} + m_{\text{H}} * \text{K})}{100} \right] \right\} \quad (5.5)$$

Burada;

$m_{\text{NK}}$  : Hızlı çözülme yöntemine tabi tutulan örneğin kuru külsüz ağırlığı, g

$m_{\text{H}}$  : Hızlı çözülme yöntemine tabi tutulan örneğin toplam ağırlığı, g

$\text{K}$  : Kül, %

$\text{N}$  : Nem, %

olarak tanımlanmaktadır. Çizelge 5.2'den örneğin ağırlık miktarı, Çizelge 5.1'den örneğin kül ve nem oranları gösterilmektedir.

$m_{\text{H}}$  : 122 (g) (Çizelge 5.2'den) (6 nolu örnek)

$\text{N}$  : 1,5 (%) (Çizelge 5.1'den) (6 nolu örnek)

K : 4,98 (%) (Çizelge 5.1'den) (6 nolu örnek)

$$m_{NK} = \left\{ 122 - \left[ \frac{(122 * 1,5 + 122 * 4,98)}{100} \right] \right\} = 114,1 \text{ g}$$

Ardından temiz kömürün gaz içeriği ( $Q_t$ ) Çizelge 5.2'de belirtilen toplam çözülen gaz hacimleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_t = \frac{V_H}{m_{NK}} = \frac{1160}{114,1} = 10,2 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{TLog} = \frac{V_{HLog}}{m_{NK}} = \frac{1238}{114,1} = 10,9 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak hesaplanmıştır. Tüm ölçüm sonuçları Çizelge 5.7'de topluca gösterilmektedir.

Çizelge 5.7 Hızlı Çözülme tekniğine göre elde edilen sonuçlar

Örnek No	Kayıp Gaz ( $Q_1$ )		Çözülen Gaz ( $Q_2+Q_3$ ) ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	Toplam Gaz Miktarı( $Q_1+Q_2+Q_3$ )			
	$Q_1$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{1Log}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )		$Q_y$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{yLog}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_T$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{TLog}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
1	1,1	2,2	11,4	12,5	13,6	13,5	14,7
2	1,4	2,9	7,8	9,2	10,7	9,8	11,4
3	1,4	2,5	9,7	11,1	12,2	12,5	13,7
4	0,8	1,4	9,7	10,5	11,1	11,3	11,9
5	0,8	1,8	10,6	11,4	12,4	12,7	13,7
6	0,6	1,2	9	9,6	10,2	10,2	10,9
7	1	1,8	11,6	12,6	13,4	13,5	14,5
8	0,9	1,3	7,9	8,8	9,2	9,5	9,9
9	0,7	1,5	8,7	9,4	10,2	10,0	10,9
10	1,3	2,1	7,8	9,1	9,9	9,8	10,7
11	1,2	2,2	7,3	8,5	9,5	9,1	10,2
12	1	2	6	7	8	7,4	8,5

### 5.3.2 Yavaş Çözülme Tekniğine Göre Gaz içeriğinin Belirlenmesi

Bu yöntem de kayıp gaz ( $Q_1$ ), ölçülen gaz ( $Q_2$ ) ve kalıntı gaz ( $Q_3$ ) hesaplamalarına dayanır. Yavaş çözülme yönteminde elde edilen gaz hacim okumaları Hızlı Çözülme tekniğinde uygulandığı gibi Eşitlik 5.1, 5.2, 5.3 ve 5.4 kullanılarak düzeltmeler yapılmıştır.

#### 5.3.2.1 Kayıp Gaz Miktarının Belirlenmesi

Kayıp gaz miktarı yeraltında yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Yöntem Hızlı Çözülme tekniğinde anlatıldığı gibidir. Bahsedildiği üzere kayıp gaz çizilen grafikten hem logaritmik hem de doğrusal olarak gösterilen eğimden belirlenmiştir. Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan 6 no.lu örneğin verileri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8 Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan 6 no.lu örneğe ait veriler

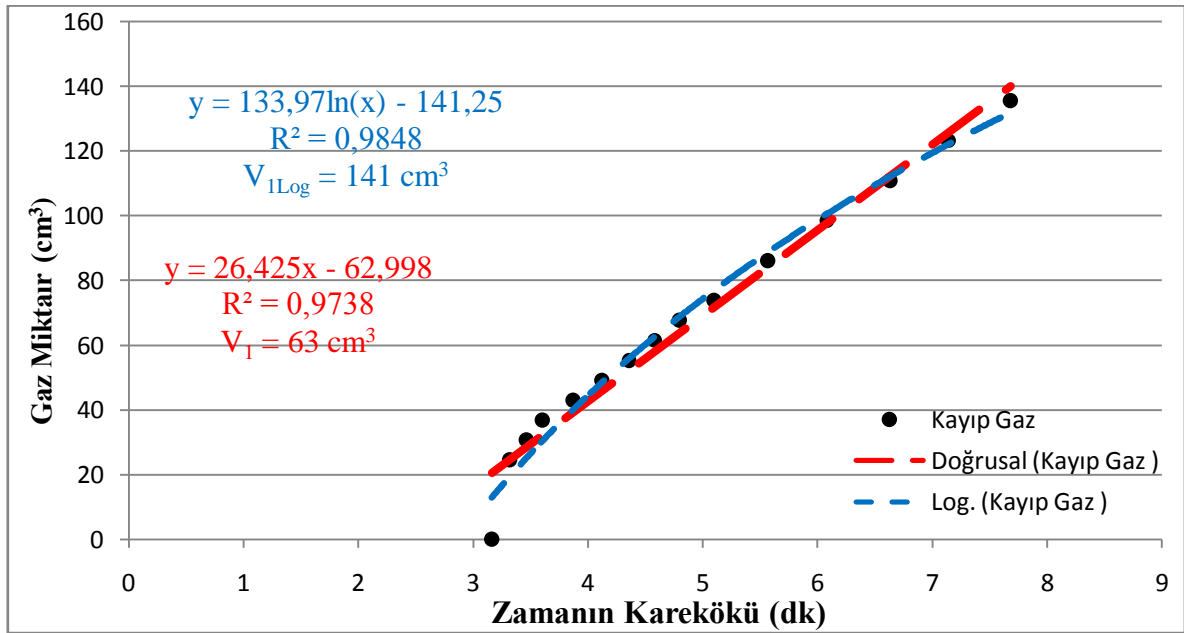
Test Günü	26.02.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (cm <sup>3</sup> )	3079,45
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (cm <sup>3</sup> )	19
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	$V_{CT}$ (cm <sup>3</sup> )	500
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	109,5	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup>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

Kayıp gaz ölçümlerinin düzeltme işleminde yeraltında alınan örneklerin yerleştirildikleri sızdırmaz kap içerisinde sadece örnekler olduğundan Eşitlik 5.2'de  $V_{bomb}$  yerine Çizelge 5.8'de gösterilen  $V_{Q1Q2bomb}$  kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Çizelge 5.9'da 6 no.lu örneğe ait kayıp gaz ölçümleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 6 no.lu örnek için Kayıp Gaz Belirleme Tablosu

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karakökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )
10:39	0	10	3,16	24,5	120	120	0
10:40	1	11	3,32	24,5	140	120	25
10:41	2	12	3,46	24,5	145	120	31
10:42	3	13	3,61	24,5	150	120	37
10:44	5	15	3,87	24,5	155	120	43
10:46	7	17	4,12	24,5	160	120	49
10:48	9	19	4,36	24,5	165	120	55
10:50	11	21	4,58	24,5	170	120	61
10:52	13	23	4,8	24,5	175	120	68
10:55	16	26	5,1	24,5	180	120	74
11:00	21	31	5,57	24,5	190	120	86
11:06	27	37	6,08	24,5	200	120	99
11:13	34	44	6,63	24,5	210	120	111
11:20	41	51	7,14	24,5	220	120	123
11:28	49	59	7,68	24,5	230	120	136

Yukarıdaki tablonun verileri ile kayıp gaz hacminin saptanması için çizilen grafik Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Kayıp gaz hacminin saptanması.

Çizilen grafik ile kayıp gaz hacmi saptanır. 6 no.lu örnek için doğrusal eğim çizgisiyle elde edilen kayıp gaz hacmi 63 cm<sup>3</sup>, logaritmik eğim çizgisiyle elde edilen kayıp gaz hacmi 141 cm<sup>3</sup>'tür. Örnek ağırlıkları Çizelge 5.2 gösterilmiştir. Böylece kayıp gaz ;

$$Q_1 = \frac{V_1}{m_Y} = \frac{63}{105} = 0,6 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{1\text{Log}} = \frac{V_{1\text{Log}}}{m_Y} = \frac{141}{105} = 1,3 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak bulunur.

### 5.3.2.2 Ölçülen Gaz Miktarının Belirlenmesi

Yeraltında kayıp gaz miktarının saptanması için yapılan ölçümlerin ardından örnekler yerüstüne çıkartılır. Burada yaklaşık olarak her gün periyodik olarak gaz geliri sonlanana kadar ölçümler yapılır. Çizelge 5.10'da elde edilen veriler gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 Ölçülen gaz verileri.

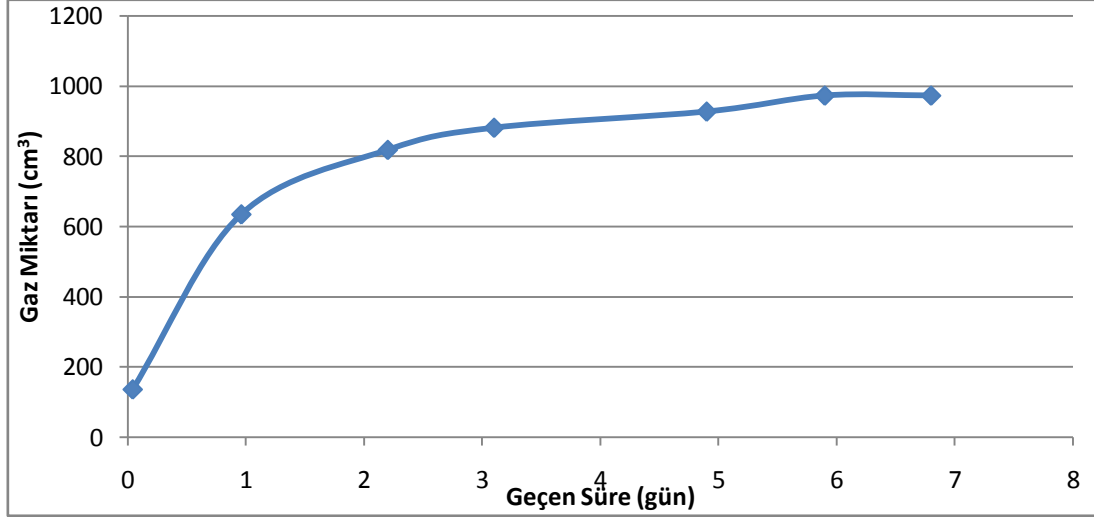
Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	Ölçülen Gaz (cm <sup>3</sup> ) (20 °C ve 101,3 kPa)	Kümülatif Ölçülen Gaz (cm <sup>3</sup> ) (20 °C ve 101,3 kPa)
26.02.2014		0,04	Kayıp gaz ölçümleri boyunca ölçülen gaz					136
27.02.2014	08:55	0,96	15	100,5	420	0	499	634
28.02.2014	13:30	2,2	20	100,1	160	0	184	818
01.03.2014	10:00	3,1	18	99,8	55	0	63	881
03.03.2014	08:30	4,9	16	98,9	90	50	46	927
04.03.2014	08:00	5,9	18	98,5	90	50	46	973
05.03.2014	08:30	6,8	17	99,3	0	0	0	973

Ölçüm sonucuna göre ölçülen gaz hacmi 973 cm<sup>3</sup>'tür. Çizelge 5.2'den örnek ağırlığı gösterilmiştir. Buna göre ölçülen gaz miktarı;



$$\text{Ölçülen Gaz (Q}_2) = \frac{V_2}{m_Y} = \frac{973}{105} = 9,3 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak bulunur. Ölçülen gazın zamana bağlı değişim grafiği Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Ölçülen gazın zamana bağlı değişimi.

### 5.3.2.3 Kalıntı Gaz Miktarının Bulunması

Yerüstünde yapılan ölçümlerin bittikten sonra sızdırmaz kaplar açılıp içerisine öğütme işlemi için bilyalar yerleştirilmiştir. Bu öğütme işlemi ile birlikte kömür örneğinin bünyesinde bulunan kalıntı gazın ölçümü yapılmıştır. Kalıntı gaz ölçümlerinin düzeltme işleminde sızdırmaz kap içerisine bilyalar yerleştirildiğinden dolayı Eşitlik 5.2'de  $V_{\text{bomb}}$  yerine  $V_{Q3\text{bomb}}$  kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen veriler Çizelge 5.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11 Kalıntı gaz ölçümleri.

Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm³)	İlk Okuma (cm³)	Ölçülen Gaz (cm³) (20 °C ve 101,3 kPa)	Kümülatif Ölçülen Gaz (cm³) (20 °C ve 101,3 kPa)
05.03.2014	13:00	22	99	260	50	233	233
05.03.2014	14:10	22	99	90	50	44	277
05.03.2014	14:50	22	99	60	50	11	288

Buna göre kalıntı gaz ( $Q_3$ );

$$\text{Kalıntı Gaz } (Q_3) = \frac{V_3}{m_Y} = \frac{288}{105} = 2,7 \text{ cm}^3/\text{g} \text{ olarak hesaplanır.}$$

#### 5.3.2.4 Toplam Gaz Miktarının Belirlenmesi

Toplam gaz miktarı önceki bölümlerde anlatılan Eşitlik 3.17 ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Kayıp gaz miktarı iki şekilde hesaplandığından dolayı 2 farklı toplam gaz miktarı söz konusu olmaktadır.

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

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

olarak hesaplanır.

Bu veriler kömürün yerinde gaz içeriğini ifade etmektedir. Temiz (kuru-külsüz) kömürün gaz içeriğinin belirlenmesi için nem ve kül düzeltmelerinin yapılması gerekmektedir. Bunun için Eşitlik 5.5 kullanılabilir. Çizelge 5.2’de örneğin ağırlık miktarı, Çizelge 5.1’de örneğin kül ve nem oranları gösterilmektedir.

$m_Y$  : 105 (g) (Çizelge 5.2’den) (6 no.lu örnek)

N : 1,5 (%) (Çizelge 5.1’den) (6 no.lu örnek)

K : 4,98 (%) (Çizelge 5.1’den) (6 no.lu örnek)

$$m_{\text{NK}} = \left\{ 105 - \left[ \frac{(105 \cdot 1,5 + 105 \cdot 4,98)}{100} \right] \right\} = 98,2 \text{ g}$$

Ardından temiz kömürün gaz içeriği ( $Q_t$ ) Çizelge 5.2’de belirtilen toplam çözülen gaz hacimleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_t = \frac{V_Y}{m_{\text{NK}}} = \frac{1324}{98,2} = 13,5 \text{ cm}^3/\text{g}$$

$$Q_{tLog} = \frac{V_{YLog}}{m_{NK}} = \frac{1402}{98,2} = 14,3 \text{ cm}^3/\text{g}$$

olarak hesaplanmıştır.

Yukarıdaki gibi tespit edilen sonuçlar topluca Çizelge 5.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.12 Yavaş Çözülme tekniğine göre elde edilen sonuçlar.

Yavaş Çözülme Yöntemi								
Örnek No	Kayıp Gaz (Q <sub>1</sub> )		Ölçülen Gaz (Q <sub>2</sub> ) (cm <sup>3</sup> /g)	Kalıntı Gaz (Q <sub>3</sub> ) (cm <sup>3</sup> /g)	Toplam Gaz Miktarı (Q <sub>1</sub> +Q <sub>2</sub> +Q <sub>3</sub> )			
	Q <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	Q <sub>1Log</sub> (cm <sup>3</sup> /g)			Q <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	Q <sub>yLog</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	Q <sub>T</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	Q <sub>TLog</sub> (cm <sup>3</sup> /g)
1	1,3	2,7	10,4	1,8	13,5	14,9	14,7	16,2
2	1,1	2,3	5	1,1	7,2	8,4	7,8	9,0
3	1,3	2,2	8,6	1,5	11,4	12,3	12,8	13,9
4	1,8	3,1	8,3	2,3	12,4	13,7	13,3	14,8
5	0,8	1,5	5,6	3,4	9,8	10,5	10,9	11,7
6	0,6	1,3	9,3	2,7	12,6	13,3	13,5	14,3
7	1	1,9	10,7	3,5	15,2	16,1	16,4	17,4
8	0,9	1,2	5,8	1,4	8,1	8,4	8,8	9,1
9	0,7	1,4	6,3	2,1	9,1	9,8	9,7	10,5
10	0,6	1,1	7,8	2,9	11,3	11,8	12,1	12,6
11	1,1	2,2	10,5	2,5	14,1	15,2	15,2	16,4
12	0,7	1,4	7,7	1,5	9,9	10,6	10,5	11,3

## 5.4 ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

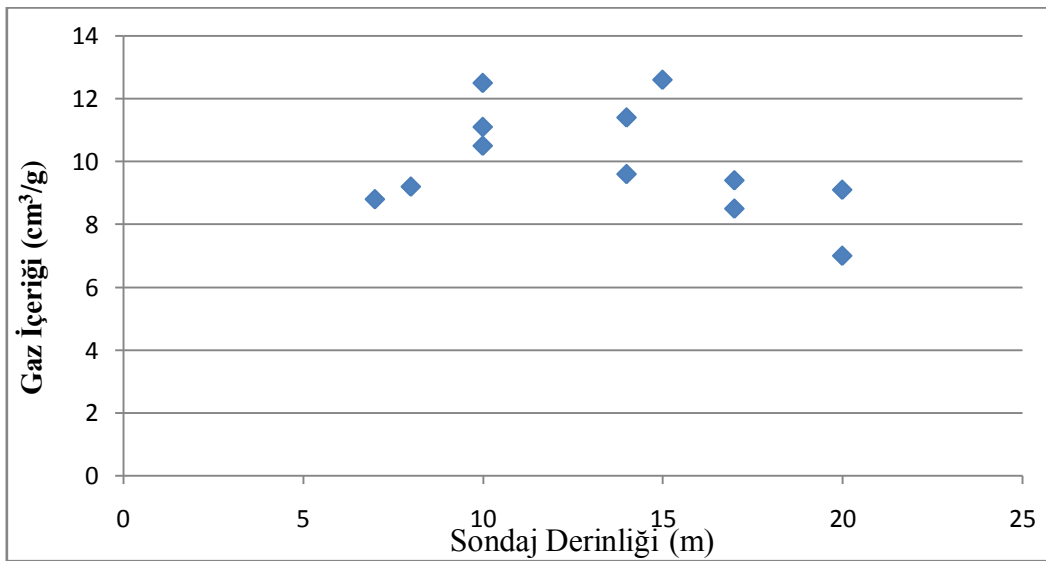
Armutçuk Müessesesi Büyük damar IV. Bloğun gaz içeriğinin tespiti için alınan 12 örnek üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları Çizelge 5.13’te topluca verilmiştir.

Elde edilen sonuçları incelediğimizde kayıp gaz miktarının hesaplanmasından doğan farklılıklar göze çarpmaktadır. Kayıp gaz miktarının farklı olarak tespit edilmesinden dolayı oluşan fark yaklaşık olarak 1 cm<sup>3</sup>/g’dir. Yerinde kömürün gaz içeriğini baz aldığımızda iki teknik sonuçları arasındaki farklar 11 no.lu örnek hariç 0,3-3 cm<sup>3</sup>/g’dir.

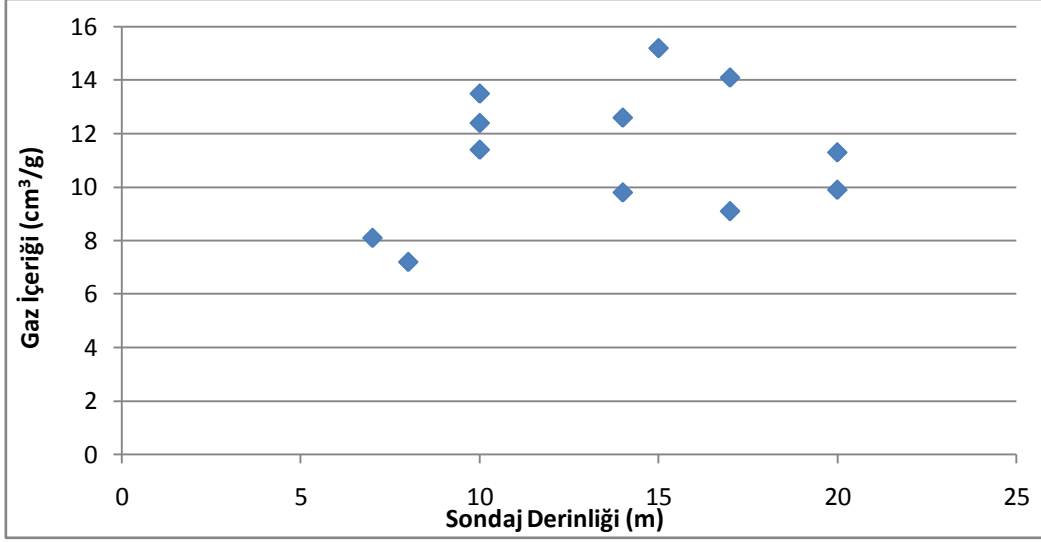
Çizelge 5.13 Gaz içerikleri

Örnek No	Hızlı Çözülme Tekniği				Yavaş Çözülme Tekniği			
	$Q_y$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{y\text{Log}}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_T$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{T\text{Log}}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_y$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{y\text{Log}}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_T$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	$Q_{T\text{Log}}$ ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
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	9,0
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	7,0	8,0	7,4	8,5	9,9	10,6	10,5	11,3

Temiz kömürün gaz içeriğini baz aldığımızda iki teknik sonuçları arasındaki farklar 11 no.lu örnek hariç  $0,1-3,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dir. 11 no.lu örnek için iki teknikle yapılan ölçümler arasındaki fark temiz kömür için  $6,1 \text{ cm}^3/\text{g}$  yerinde kömür için ise  $5,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dir. Sondaj derinliğine bağlı olarak kömürün yerinde gaz içeriği değişimleri Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örneklerin sondaj derinliğine bağlı gaz içeriği değişimleri.



Şekil 5.10 Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan örneklerin sondaj derinliğine bağlı gaz içeriği değişimleri.

Yavaş Çözülme tekniğinde elde edilen sonuçlar ile Hızlı Çözülme tekniğinde elde edilen sonuçlar arasında farkın çok yüksek olmadığı görülmüştür. Yalnız Yavaş çözülme tekniğinden elde edilen sonuçlar diğer teknikle elde edilen sonuçlara göre, birkaç değer dışında, daha yüksektir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Armutçuk Müessesesinde Büyük damar IV. Blok kısmında gaz içeriğinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada doğrudan gaz ölçme yöntemleri detaylı olarak incelenmiş ve uygun bir yöntem olarak Avustralya Standartı seçilmiştir. Bu yöntemin varyasyonları olan Hızlı ve Yavaş Çözülme gibi farklı teknikler birlikte uygulanmıştır.

Farklı derinliklerde yapılan 12 adet sondaj deliğinden alınan kömür numunelerinin Büyük damar bakir zonda ilerleyen hazırlık kömür bacasından alınmış olmaları kullanılan tekniklerin uygulanabilirliği ve güvenilirliği açısından bir karşılaştırma olanağı doğurmuştur.

Kayıp gaz miktarının iki farklı biçimde hesaplanması nedeniyle, her bir teknik için 2 olmak üzere bir örnek için 4 farklı sonuç elde edilmiştir. Örneklerin yerinde gaz içerikleri 8 – 14  $\text{cm}^3/\text{g}$  arasında değişmektedir. Bu, pratikte Büyük damarın bu kısımdaki çalışmalarda ortalama 12  $\text{m}^3/\text{t}$  gaz içeriğinin kabul edilebileceğini göstermektedir.

Kayıp gaz, ölçümler sonucu oluşturulan grafiklerden hem logaritmik eğrinin hem de lineer eğrinin çizilmesiyle saptanmıştır. Bu oluşturulan grafiklerden 13 tanesinde (1, 4, 7, 8 ve 10 no.lu her iki tekniğe tabi tutulan örnekler; 5 ve 12 no.lu Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örnekler; 6 no.lu Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örnek) lineer eğrinin, 11 tanesinde (2, 3, 9 ve 11 no.lu her iki tekniği tabi tutulan örnekler; 5 ve 12 no.lu Hızlı Çözülme tekniğine tabi tutulan örnekler; 6 no.lu Yavaş Çözülme tekniğine tabi tutulan örnek) ise logaritmik eğrinin daha uyumlu olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar göz önüne alınarak kayıp gaz saptanmasında oluşturulan grafiklerde lineer eğrinin kullanılmasının daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Yavaş ve Hızlı Çözülme teknikleriyle yapılan ölçümlerin sonuçları karşılaştırıldığında birkaç örnek dışında genel olarak sonuçlar birbirine yakın gözükmektedir.

Sondaj derinliğinin 10. metresinden sonra gaz içeriklerinin pek değişmediği görülmektedir. Bu sebeple gaz içeriği ölçüm çalışmalarında bakir damarlar için en uygun sondaj derinliği 10 metre olarak önerilebilir.

Deney sonuçlarının kısa zamanda elde edilmesi, örneklerin tüm deney boyunca sızdırmaz kap içinde bulunmasından dolayı olabilecek gaz kaçaklarının önlenebilmesi Hızlı zlme tekniğini daha avantajlı kılmaktadır.

Gaz içerikleri hem temiz (kuru-külsüz) hem de yerinde kömür için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yeraltında çalışılan kömür ocaklarında kömür damarı kl ve nem içerir. Bundan dolayı havalandırma vd. hesaplamalarda yerinde kömüre ait sonuçların kullanılması gereklidir.

nceki çalışmalardan elde edilen değerlerle bu çalışmada aynı damar için elde edilen değerler arasında farklılıklar görülmektedir. Bunun nedenleri olarak; örnekleme sistemindeki farklılığı, örneklemenin yapıldığı kotun (ocak derinliğinin) farklılığı ve ölçmede kullanılan teçhizatın farklılığı gösterilebilir.

Avustralya Standartı, bu çalışmada enstrümantasyonu yapılmış olan teçhizat ve düzeneğin iyileştirilmesiyle Havza'da yaygın olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Arslan İ** (2006) TTK Üzülmöz Müessesesi Kömür Damarlarının Metan Gazı İçeriklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 76 s.
- ARTİM** (2012) 2012 Yılı Yatırım Programı Arama İhzarat Projesi (yayımlanmamış), Etüt Tesis Servisi, Haziran, Zonguldak, s. 1-3
- Alptekin HÖ** (2009) TTK Amasra Sahası Metan İçeriğinin İncelenmesi ve Türkiye Kömür Yatağı Metan Potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 63s.
- Australian Standard** (1999), Guide to the determination of gas content of coal – Direct desorption method. AS 3980-1999, Standards Association of Australia.
- Bertard C, Bruyet B and Gunther J** (1970) Determination of Desorbable Gas Concentration of Coal, *Int.J.Rock Mech.Min.Sci.*, Vol.VII, No.1 pp.43-65.
- Boxho J, Stassen P, Mücke G, Noack K, Jeger C, Lescher L, Btowing EJ, Dummore R and Morris L H** (1987) Metan Drenajı, Çev: G. Yerebasmaz, TTK İnsangücü Eğitim Şube Müdürlüğü Yayını, No. 55, Ekim, İstanbul, 332 s.
- Çakır A** (1994) TTK Karadon İşletmesi -303/-360 Büyük Damarının Gaz İçeriğinin ve Gaz Yayma Karakteristiklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 75 s.
- Çakır A ve Didari V** (1996) TTK Karadon İşletmesi Büyük Damarında Metan Gazı İçeriğinin İncelenmesi, *Madencilik*, Cilt XXXV, Sayı 3, Zonguldak, s.27-37.
- Chase R W** (1979) A comparison of methods used for determining the natural gas content of coalbeds from exploratory cores, US Dept. of Energy, METC/CR-79/18, 25 pp.
- 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, , in Proceedings, International Coalbed Methane Symposium, Tuscaloosa, Alabama, May 14–18, 2001: University of Alabama, Paper 0128, p. 331–342.
- Didari V** (1988a) Metan Denetimi Gereksinimlerinin Ampirik Tekniklerle Belirlenmesi, TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, 6.Kömür Kongresi Kitabı, Zonguldak, s.115-133.



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Diamond WP and Schatzel SJ** (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** (1988b) Metan Geliri Tahmin Yöntemlerinin İlkeleri ve Pratikte Uygulamaları, *Madencilik*, Cilt XXVII, Sayı 3, Zonguldak, s.5-10.
- Didari V ve Ökten, G.** (1989) Taşkömürün İçerdiği Gaz Miktarının Ölçülmesinde Uygulanan Yöntemler, *Madencilik*, Cilt XXVII, Sayı 1, Zonguldak, s.17-23.
- Güney M** (1972) Grizu ve Doğal Yayılımı Etkileyen Parametreler, *Madencilik Cilt XI*, Sayı 5, Zonguldak. s.7-26.
- Karacan CO and Okandan E** (2001) Adsorption and gas transport in coal microstructure: investigation and evaluation by quantitative X-ray CT imaging, *Fuel Volume 80*, Issue 4, March 2001, pp 509–520.
- Kim AG** (1977) Estimating Methane Content of Bituminous Coalbeds from Adsorption Data, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 8245, 22 p.
- Kissell FN, McCulloch CM and Elder CH** (1973) The Direct Method of Determining Methane Content of Coalbeds for Ventilation Design, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 7767, 17 p.
- Koç Ş** (2004) Armutçuk'un Jeolojisi (yayımlanmamış), ARTİM Etüt Tesis Servisi, Haziran, Zonguldak, 6 s.
- Mavor MJ, Pratt TJ and Britton RN** (1994) Improved methodology for determining total gas content, vol. I. Canister gas desorption data summary, Gas Research Inst., Topical Rep. GRI-93/0410.
- Mavor MJ and Pratt TJ** (1996) Improved methodology for determining total gas Content, vol. II. Comparative evaluation of the accuracy of gas-in-place estimates and review of lost gas models, Gas Research Inst., Topical Rep. GRI-94/0429
- McCulloch CM, Levine JR, Kissell FN and Deul M** (1975) Measuring the methane content of bituminous coalbeds, US Bur. Mines, Rep. Invest. 8043, 22 pp
- McLennan JD, Schafer PS and Pratt TJ** (1995) A Guide to determining coalbed gas content, Gas Research Inst., GRI-94/0396
- Ökten G ve Didari V** (1991) Taşkömürünün İçerdiği Gaz Miktarını Etkileyen Başlıca Faktörler, *A.Ü. Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Sayı 6, Isparta, s.1-17.
- Öztürk M** (2014) Taşkömürü Havzası Damar Gaz İçerikleri Tespit Çalışmaları, TTK. İş Sağlığı, Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı Yayın no:71, Zonguldak, 75 s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Paşamehmetoğlu AG, Karpuz C, Özgenoğlu A, Ünal E, Tutluoğlu L, Bölükbaşı N, Bilgin A, Didari V, Müftüoğlu Y, Gerçek H, Akçın N, Buzkan İ, Özel R, Bozdağ T, Özkan İ, Yeşil M, Ceylanoğlu A, Dinçer T, Toper Z, Sel İ, Sarı D, Erdem B, Koncagül O, Açaralp O, Köksal N, Eraslan K, Haner B, Ülkü T, Çolak K ve Yaralı O** (1989) Kandilli işletmesi kömür ve kayalarının kaya mekaniği ve dizayn parametrelerinin çıkartılmasının araştırılması, Nihai Rapor, ODTÜ, Haziran, 139 sayfa.
- Rightmire CT** (1984) Coalbed methane resources, in Rightmire, C.T., Eddy, G.E., and Kirr, J.N., editors, Coalbed methane resources of the United States: *American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology Series No. 17*, p. 1-13.
- Saghafi A** (2010) Novel Methods of Coal Seam Gas Content Determination for Estimation of Greenhouse Gas Emission for Mining, Pittsburgh coal conf. 2010, 11-14 October 2010, Istanbul, Turkey
- Saghafi A, Williams DJ and Roberts DB** (1995) Determination of coal gas content by quick crushing method, CSIRO Investigation Rep. CET/IR391R, 9 pp.
- Saghafi A Williams DJ 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.
- Smith DM, Williams FL** (1981) A new technique for determining the methane content of coal, Proc. 16th. Intersociety Energy Conversion Engineering Conf. Am. Soc. Mech. Eng., New York, NY, pp. 1272-1277.
- TEKNOMAD CDFI** (1989) TTK. Kandilli İşletmesi Rehabilitasyonu Projesi (Nihai Rapor), Zonguldak, s. 87-88
- TTK** (2012) 2012 Faaliyet Raporu, [www.taskomuru.gov.tr](http://www.taskomuru.gov.tr), Mayıs, Zonguldak, s 1-5
- TTK** (2014) TTK Resmi Sitesi, [www.taskomuru.gov.tr](http://www.taskomuru.gov.tr), Nisan, Zonguldak
- Yalçın E ve Durucan Ş** (1987) Ampirik Metan Adsorpsiyon Eşitliklerinin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10.Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, s.163-178.
- Yee D Seidle JP and Hanson WB** (1993) Gas Sorption on Coal and Measurement of Gas Content, In Law, B.E. and D.D. Rice, eds., Hydrocarbons from Coal, AAPG Studies in Geology No. 38, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, p. 159-184.
- Williams D J, Saghafi A, Drummond D B and Roberts D B** (1992) Development of a new equipment for rapid determination of coal gas content, Symposium on Coalbed Methane Research and Development in Australia, Townsville, Australia, Vol. 4, pp 21-30.



**EK A**  
**ÖLÇÜMLER SONUCU ELDE EDİLEN DEĞERLER VE HESAPLAMALARI**

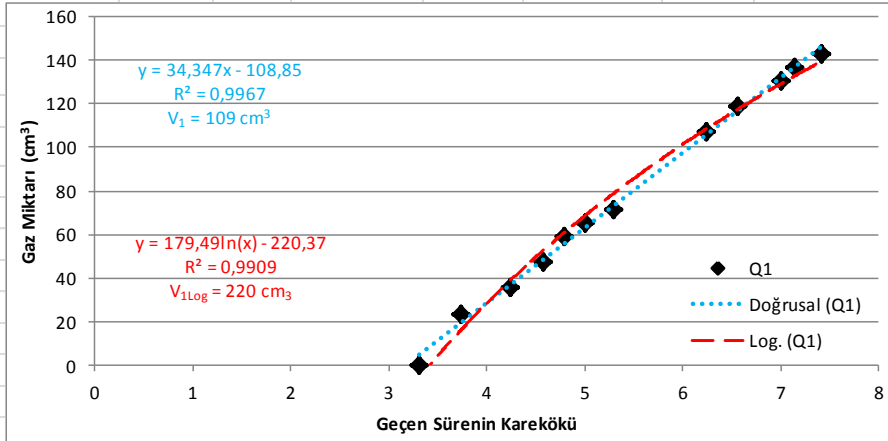


### ÖRNEK 1 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	19.2.2014	$V_{\text{bomb}} (\text{cm}^3)$	2546,48
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{\text{tube}} (\text{cm}^3)$	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:17	$V_{\text{CT}} (\text{cm}^3)$	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:19	h (m)	0,30
Ortam Basıncı ( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{\text{Toplambiya}} (\text{cm}^3)$	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	12:28		
Ortam Metanı (%)	0,49		
Örnek Miktarı (g)	101		
Sondaj Derinliği (m)	10		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları ( $\text{cm}^3$ )	İlk Okuma ( $\text{cm}^3$ )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı ( $\text{cm}^3$ )	Formül Sonucu Elde Edilen
12:28	0	11	3,32	25	80	80	0	2728
12:31	3	14	3,74	25	100	80	24	2751
12:35	7	18	4,24	25	110	80	36	2763
12:38	10	21	4,58	25	120	80	47	2775
12:40	12	23	4,80	25	130	80	59	2787
12:42	14	25	5,00	25	135	80	65	2793
12:45	17	28	5,29	25	140	80	71	2799
12:56	28	39	6,24	25	170	80	107	2835
13:00	32	43	6,56	25	180	80	119	2847
13:06	38	49	7,00	25	190	80	131	2858
13:08	40	51	7,14	25	195	80	137	2864
13:12	44	55	7,42	25	200	80	143	2870



$Q_1 (\text{cm}^3/\text{g})$	1,1
$Q_{1\text{Log}} (\text{cm}^3/\text{g})$	2,2

### Çözülen Gaz ( $Q_2 + Q_3$ )

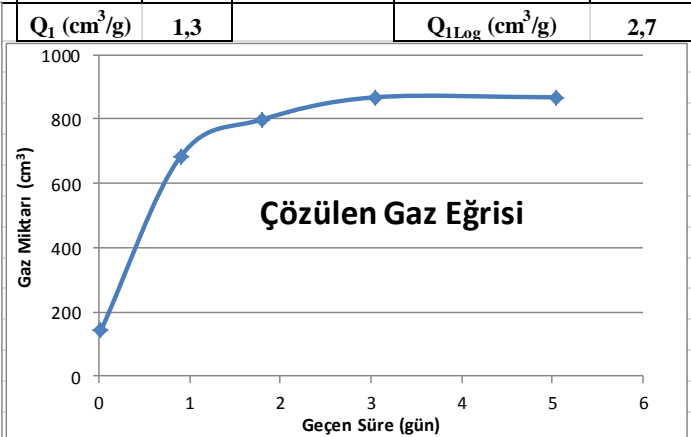
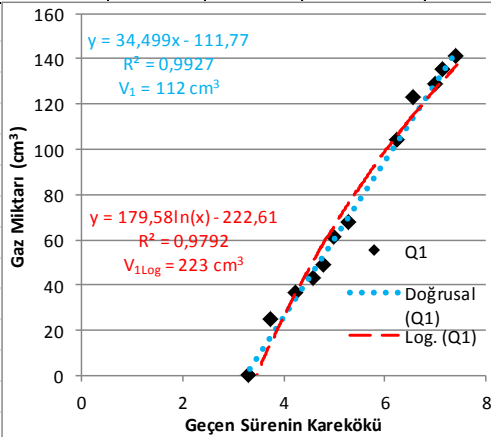
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz ( $\text{cm}^3$ )	İlk Okuma ( $\text{cm}^3$ )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı ( $\text{cm}^3$ )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümlatif Çözülen Gaz Miktarı ( $\text{cm}^3$ )	Gaz Yayıltımı ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
19.2.2103	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						143	1,4
19.2.2014	16:50	22	100,3	500	0	566	708	7,0
19.2.2014	16:50	22	100,3	185	0	206	914	9,1
20.2.2014	09:45	20	100	120	0	134	1048	10,4
20.02.2014	10:30	22	100	70	0	77	1125	11,1
20.2.2014	11:10	23	99,9	70	50	22	1147	11,4

### ÖRNEK 1 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	19.2.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (cm <sup>3</sup> )	3096,12
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (cm <sup>3</sup> )	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:17	$V_{CT}$ (cm <sup>3</sup> )	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:19	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ (g/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{Toplambilva}$ (cm <sup>3</sup> )	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	12:28	$V_{Q3bomb}$ (cm <sup>3</sup> )	2560,12
Ortam Metanı (%)	0,49		
Örnek Miktarı (g)	83		
Sondaj Derinliği (m)	10		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karakökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
12:28	0	11	3,32	25	140	140	0	3368
12:31	3	14	3,74	25	160	140	24	3392
12:35	7	18	4,24	25	170	140	37	3404
12:38	10	21	4,58	25	175	140	43	3410
12:40	12	23	4,80	25	180	140	49	3416
12:42	14	25	5,00	25	190	140	61	3429
12:45	17	28	5,29	25	195	140	67	3435
12:56	28	39	6,24	25	225	140	104	3472
13:00	32	43	6,56	25	240	140	123	3490
13:06	38	49	7,00	25	245	140	129	3496
13:08	40	51	7,14	25	250	140	135	3502
13:12	44	55	7,42	25	255	140	141	3509



### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
19.2.2014		0,02	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					141	1,7
20.2.2014	09:50	0,9	20	100	465	0	542	683	8,2
21.2.2014	08:00	1,8	18	100	100	0	115	798	9,6
22.2.2014	13:30	3,04	17	99,5	60	0	69	867	10,4
24.2.2014	13:30	5,04	17	99,8	0	0	0	867	10,4

### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

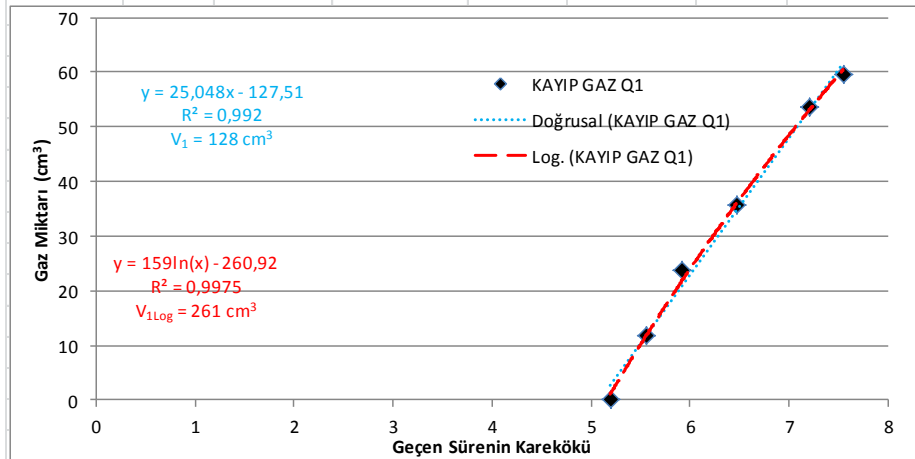
25.2.2014	08:10	16	99,9	110	0	124	124	1,5
25.2.2014	08:45	16	99,9	70	50	23	147	1,8

## ÖRNEK 2 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	19.2.2014	$V_{\text{bomb}} (\text{cm}^3)$	2554,06
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{\text{tube}} (\text{cm}^3)$	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:50	$V_{\text{CT}} (\text{cm}^3)$	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:53	h (m)	0,30
Ortam Basıncı ( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{\text{Toplambiya}} (\text{cm}^3)$	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	13:17		
Ortam Metanı (%)	0,49		
Örnek Miktarı (g)	91		
Sondaj Derinliği (m)	8		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
13:17	0	27	5,20	25	150	150	0	2819
13:21	4	31	5,57	25	160	150	12	2831
13:25	8	35	5,92	25	170	150	24	2842
13:32	15	42	6,48	25	180	150	36	2854
13:42	25	52	7,21	25	195	150	54	2872
13:47	30	57	7,55	25	200	150	60	2878
		$Q_1 (\text{cm}^3/\text{g})$	1,4			$Q_{1\text{Log}} (\text{cm}^3/\text{g})$	2,9	



### Çözülen Gaz ( $Q_2 + Q_3$ )

Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümlatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
19.2.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						60	0,7
19.2.2014	16:50	22	100,3	480	0	543	602	6,6
20.2.2014	09:45	20	100	60	0	67	669	7,4
20.2.2014	10:30	22	100	80	50	33	702	7,7
20.2.2014	11:10	23	99,9	60	50	11	713	7,8

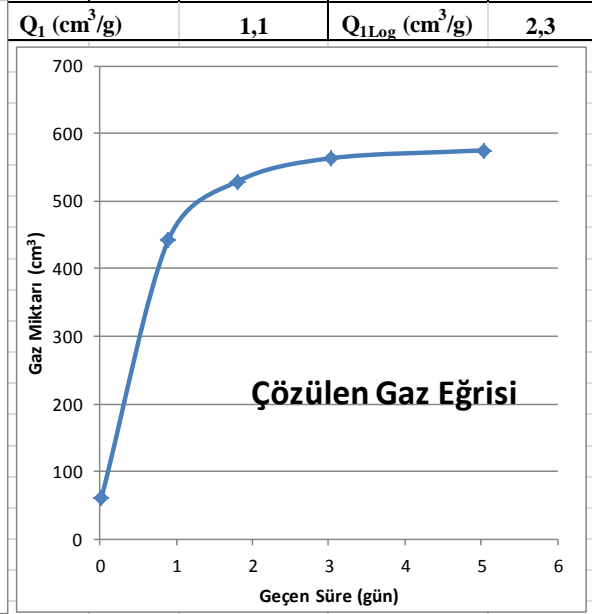
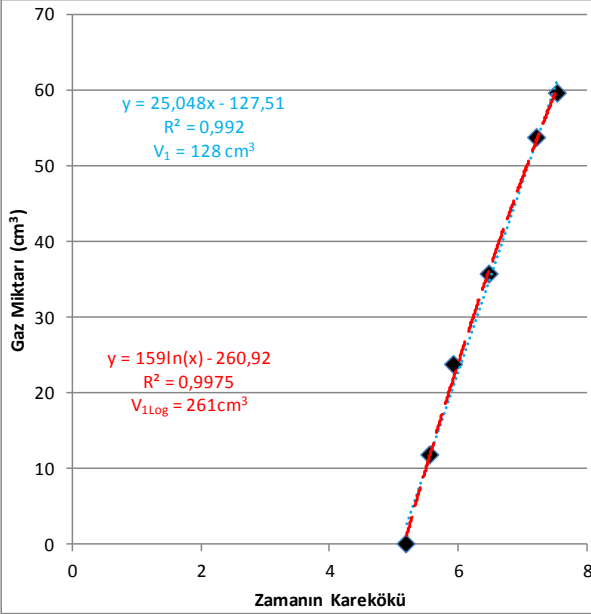


## ÖRNEK 2 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	19.2.2014	V <sub>Q1-2bomb</sub> (ml)	3072,64
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:50	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:53	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	13:17	V <sub>Q3bomb</sub> (ml)	2536,64
Ortam Metanı (%)	0,49		
Örnek Miktarı (g)	114		
Sondaj Derinliği (m)	8		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
13:17	0	27	5,20	25	140	140	0	3343
13:21	4	31	5,57	25	150	140	12	3355
13:25	8	35	5,92	25	160	140	24	3368
13:32	15	42	6,48	25	170	140	37	3380
13:42	25	52	7,21	25	185	140	55	3398
13:47	30	57	7,55	25	190	140	61	3404



### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayıltımı (cm <sup>3</sup> /g)
19.2.2014		0,02	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					61	0,5
20.2.2014	09:55	0,9	20	100	330	0	382	443	3,9
21.2.2014	08:00	1,8	18	100	75	0	86	529	4,6
22.2.2014	13:30	3,04	17	99,5	80	50	35	563	4,9
24.2.2014	13:30	5,04	17	99,8	60	50	12	575	5,0

### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

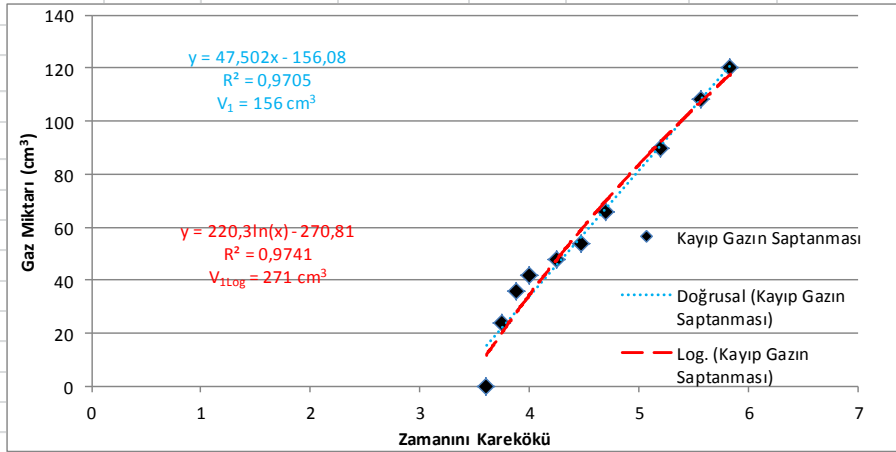
24.2.2014	14:43		17	99,8	115	0	129	129	1,1
-----------	-------	--	----	------	-----	---	-----	-----	-----

### ÖRNEK 3 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	21.2.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2539,67
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:22	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:24	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:35		
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	110		
Sondaj Derinliği (m)	10		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karakökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
10:35	0	13	3,61	24	160	160	0	2825
10:36	1	14	3,74	24	180	160	24	2849
10:37	2	15	3,87	24	190	160	36	2861
10:38	3	16	4,00	24	195	160	42	2867
10:40	5	18	4,24	24	200	160	48	2873
10:42	7	20	4,47	24	205	160	54	2879
10:44	9	22	4,69	24	215	160	66	2891
10:49	14	27	5,20	24	235	160	90	2915
10:53	18	31	5,57	24	250	160	108	2933
10:56	21	34	5,83	24	260	160	120	2945



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,4

Q<sub>1Log</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 2,5

#### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

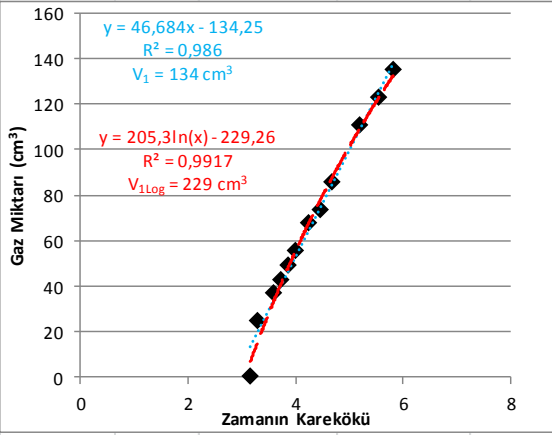
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılmı (cm <sup>3</sup> /g)
21.2.2104	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						120	1,1
21.2.2104	13:20	23	99,8	370	0	412	532	4,8
21.2.2104	14:45	23	99,8	400	0	447	979	8,9
21.02.2014	15:40	22	99,8	75	0	83	1062	9,7

### ÖRNEK 3 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

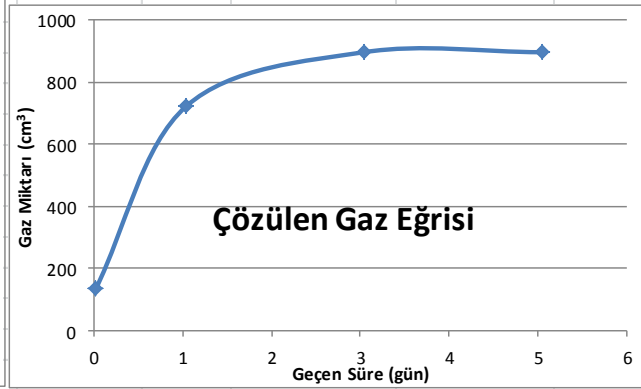
Test Günü	21.2.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	3080,21
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:22	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:24	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24	$V_{Toplambilya}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:32	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2544,21
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	104		
Sondaj Derinliği (m)	10		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
10:32	0	10	3,16	24	120	120	0	3338
10:33	1	11	3,32	24	140	120	24	3362
10:35	3	13	3,61	24	150	120	37	3375
10:36	4	14	3,74	24	155	120	43	3381
10:37	5	15	3,87	24	160	120	49	3387
10:38	6	16	4,00	24	165	120	55	3393
10:40	8	18	4,24	24	175	120	67	3405
10:42	10	20	4,47	24	180	120	73	3411
10:44	12	22	4,69	24	190	120	86	3424
10:49	17	27	5,20	24	210	120	110	3448
10:53	21	31	5,57	24	220	120	123	3461
10:56	24	34	5,83	24	230	120	135	3473



$Q_1$  (cm<sup>3</sup>/g) 1,3       $Q_{1Log}$  (cm<sup>3</sup>/g) 2,2



#### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
21.2.2014		0,02						135	1,3
22.2.2014	13:35	1,04	17	99,5	500	0	587	722	6,9
24.2.2014	13:35	3,04	17	99,8	150	0	173	895	8,6
26.02.2014	08:00	5,04	15	100,4	50	50	0	895	8,6

#### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

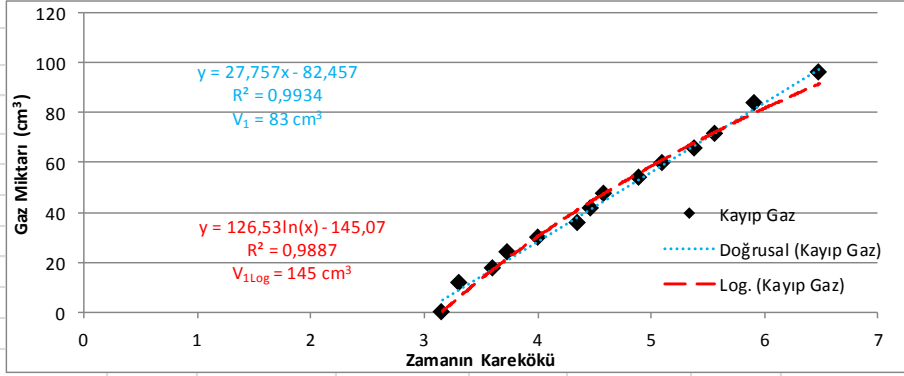
26.02.104	13:30	14	100,4	130	0	148	148	1,4
26.2.2014	14:30	14	100,4	55	50	6	154	1,5

### ÖRNEK 4 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	21.2.2014	$V_{bomb}$ (ml)	2542,70
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:41	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:43	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24	$V_{Toplambilya}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:51		
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	106		
Sondaj Derinliği (m)	10		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:51	0	10	3,16	24	120	120	0	2781
11:52	1	11	3,32	24	130	120	12	2792
11:54	3	13	3,61	24	135	120	18	2798
11:55	4	14	3,74	24	140	120	24	2804
11:57	6	16	4,00	24	145	120	30	2810
12:00	9	19	4,36	24	150	120	36	2816
12:01	10	20	4,47	24	155	120	42	2822
12:02	11	21	4,58	24	160	120	48	2828
12:05	14	24	4,90	24	165	120	54	2834
12:07	16	26	5,10	24	170	120	60	2840
12:10	19	29	5,39	24	175	120	66	2846
12:12	21	31	5,57	24	180	120	72	2852
12:16	25	35	5,92	24	190	120	84	2864
12:23	32	42	6,48	24	200	120	96	2876



$Q_1$  (cm<sup>3</sup>/g) 0,8

$Q_{1Log}$  (cm<sup>3</sup>/g) 1,4

### Çözülen Gaz ( $Q_2 + Q_3$ )

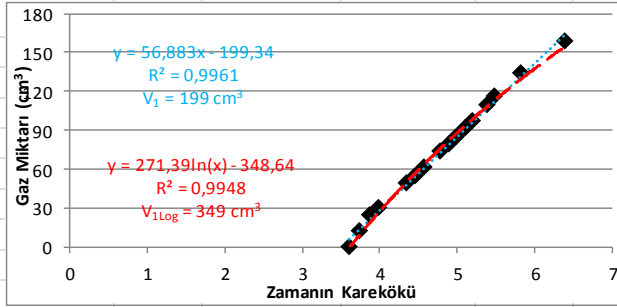
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
21.2.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						96	0,9
21.2.2014	13:20	23	99,8	285	0	316	412	3,9
21.2.2014	14:40	23	99,8	460	0	515	927	8,7
21.02.2014	15:40	22	99,8	95	0	105	1032	9,7

### ÖRNEK 4 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

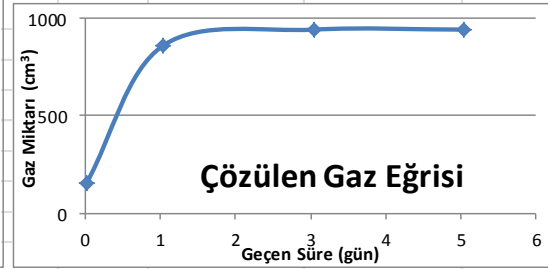
Test Günü	21.2.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	3073,39
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:41	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:43	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24	$V_{Toplambilya}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:54	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2537,39
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	113		
Sondaj Derinliği (m)	10		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:54	0	13	3,61	24	50	50	0	3246
11:55	1	14	3,74	24	60	50	12	3258
11:56	2	15	3,87	24	70	50	24	3270
11:57	3	16	4,00	24	75	50	30	3276
12:00	6	19	4,36	24	90	50	49	3294
12:01	7	20	4,47	24	95	50	55	3300
12:02	8	21	4,58	24	100	50	61	3306
12:04	10	23	4,80	24	110	50	73	3319
12:05	11	24	4,90	24	115	50	79	3325
12:06	12	25	5,00	24	120	50	85	3331
12:07	13	26	5,10	24	125	50	91	3337
12:08	14	27	5,20	24	130	50	97	3343
12:10	16	29	5,39	24	140	50	110	3355
12:12	17	30	5,48	24	145	50	116	3361
12:16	21	34	5,83	24	160	50	134	3380
12:23	28	41	6,40	24	180	50	159	3404



$Q_1$  (cm<sup>3</sup>/g) 1,8       $Q_{1Log}$  (cm<sup>3</sup>/g) 3,1



### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
21.2.2014		0,02	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					159	1,4
22.2.2014	13:35	1,04	17	99,5	500	0	587	745	6,6
22.2.2014	13:35	1,04	17	99,5	100	0	115	860	7,6
24.2.2014	13:35	3,04	17	99,8	70	0	81	941	8,3
26.2.2014	08:00	5,04	15	100,4	50	50	0	941	8,3

### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

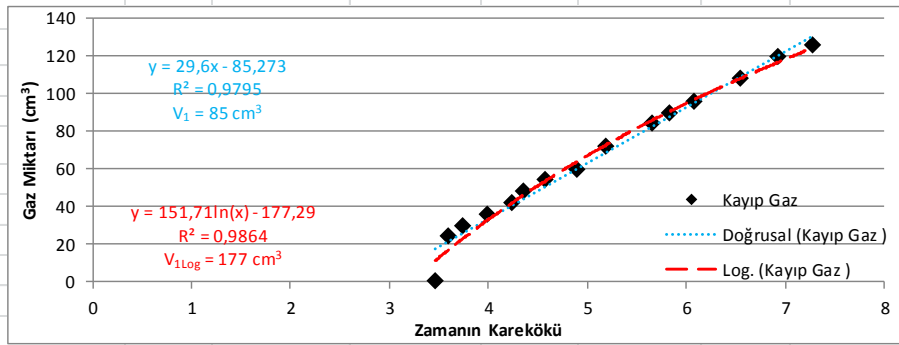
27.2.2014	11:30	15	100,5	115	0	131	131	1,2
27.2.2014	12:00	15	100,5	70	0	79	210	1,9
27.2.2014	14:00	15	100,5	90	50	46	256	2,3
27.02.2014	14:40	15	100,5	55	50	6	261	2,3

### ÖRNEK 5 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	24.2.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2546,48
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:01	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:03	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambiya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:13		
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	101		
Sondaj Derinliği (m)	14		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karakökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:13	0	12	3,46	25	130	130	0	2787
11:14	1	13	3,61	25	150	130	24	2811
11:15	2	14	3,74	25	155	130	30	2817
11:17	4	16	4,00	25	160	130	36	2823
11:19	6	18	4,24	25	165	130	42	2829
11:20	7	19	4,36	25	170	130	48	2835
11:22	9	21	4,58	25	175	130	54	2841
11:25	12	24	4,90	25	180	130	60	2847
11:28	15	27	5,20	25	190	130	71	2858
11:33	20	32	5,66	25	200	130	83	2870
11:35	22	34	5,83	25	205	130	89	2876
11:38	25	37	6,08	25	210	130	95	2882
11:44	31	43	6,56	25	220	130	107	2894
11:49	36	48	6,93	25	230	130	119	2906
11:54	41	53	7,28	25	235	130	125	2912



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 0,8

Q<sub>1Log</sub>(cm<sup>3</sup>/g) 1,8

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

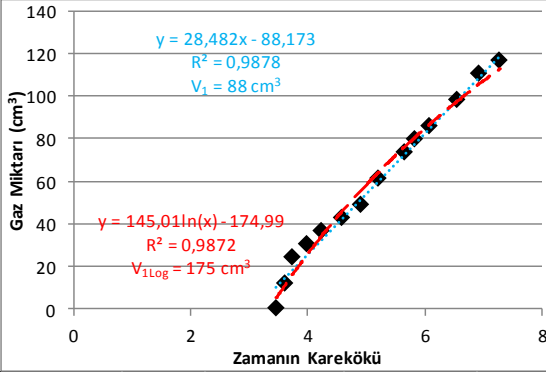
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
24.2.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						125	1,2
24.2.2014	13:30	17	99,8	260	0	294	420	4,2
24.2.2014	14:15	17	99,8	315	0	357	777	7,7
24.02.2014	14:45	17	99,8	160	0	180	957	9,5
24.2.2014	15:30	17	99,8	100	0	112	1069	10,6

### ÖRNEK 5 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

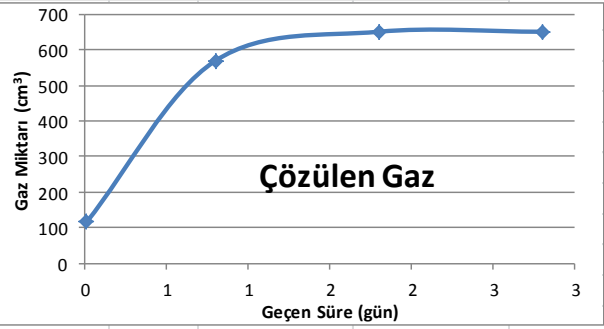
Test Günü	24.2.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	3071,12
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:01	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:03	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{Toplambilva}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:13	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2535,12
Ortam Metanı (%)	0,5		
Örnek Miktarı (g)	116		
Sondaj Derinliği (m)	14		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:13	0	12	3,46	25	130	130	0	3329
11:14	1	13	3,61	25	140	130	12	3342
11:15	2	14	3,74	25	150	130	24	3354
11:17	4	16	4,00	25	155	130	30	3360
11:19	6	18	4,24	25	160	130	37	3366
11:22	9	21	4,58	25	165	130	43	3372
11:25	12	24	4,90	25	170	130	49	3378
11:28	15	27	5,20	25	180	130	61	3390
11:33	20	32	5,66	25	190	130	73	3403
11:35	22	34	5,83	25	195	130	79	3409
11:38	25	37	6,08	25	200	130	86	3415
11:44	31	43	6,56	25	210	130	98	3427
11:49	36	48	6,93	25	220	130	110	3440
11:54	41	53	7,28	25	225	130	116	3446



$Q_1$  (cm<sup>3</sup>/g) 0,8  $Q_{1Log}$  (cm<sup>3</sup>/g) 1,5



### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
24.2.2014		0,013						116	1,0
25.2.2014	08:10	0,8	16	99,9	385	0	452	568	4,9
26.2.2014	08:00	1,8	14	100,4	70	0	82	650	5,6
27.02.2014	08:55	2,8	15	100,5	0	0	0	650	5,6

### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

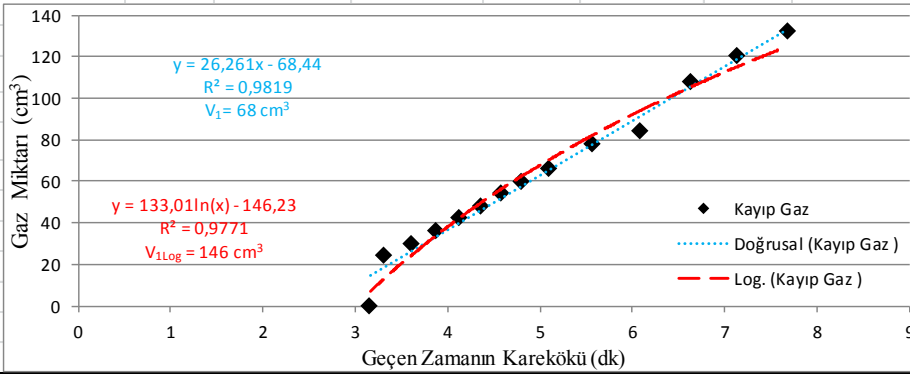
27.2.2014	11:30		15	100,5	185	0	211	211	1,8
27.2.2014	12:00		15	100,5	95	0	108	319	2,8
27.2.2014	14:00		15	100,5	60	0	68	387	3,3
27.2.2014	14:40		15	100,5	60	50	11	399	3,4

### ÖRNEK 6 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	26.2.2014	$V_{bomb}$ (cm <sup>3</sup> )	2530,58
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (cm <sup>3</sup> )	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	$V_{CT}$ (cm <sup>3</sup> )	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	$V_{Toplambilva}$ (cm <sup>3</sup> )	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)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	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



$Q_1$  (cm<sup>3</sup>/g) 0,6

$Q_{1Log}$ (cm<sup>3</sup>/g) 1,2

### Çözülen Gaz ( $Q_2 + Q_3$ )

Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
26.2.2014	Kayıp gaz belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						132	1,1
26.2.2014	13:30	14	100,4	220	0	252	384	3,1
26.2.2014	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
26.2.2014	15:30	14	100,4	70	0	80	1029	8,4
27.2.2014	08:00	15	100,5	85	50	40	1069	8,8
27.2.2014	08:55	15	100,5	70	50	23	1092	8,9

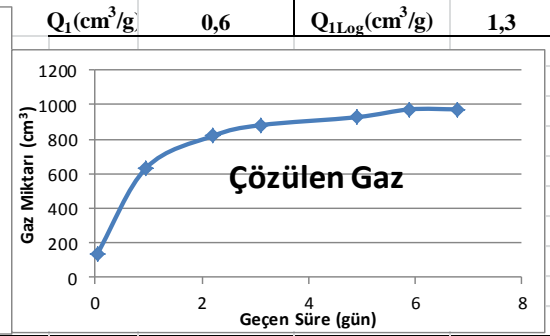
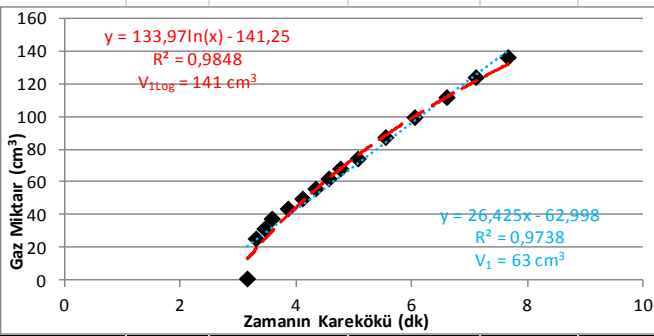


### ÖRNEK 6 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	26.2.2014	V <sub>Q1Q2bomb</sub> (ml)	3079,45
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:29	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:31	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39	V <sub>Q3bomb</sub> (ml)	2543,45
Ortam Metanı (%)	0,4		
Örnek Miktarı (g)	105		
Sondaj Derinliği (m)	14		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	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



### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
26.2.2014		0,04						136	1,3
27.2.2014	08:55	0,96	15	100,5	420	0	499	634	6,0
28.2.2014	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
3.3.2014	08:30	4,9	16	98,9	90	50	46	927	8,8
4.3.2014	08:00	5,9	18	98,5	90	50	46	973	9,3
5.3.2014	08:30	6,8	17	99,3	0	0	0	973	9,3

### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

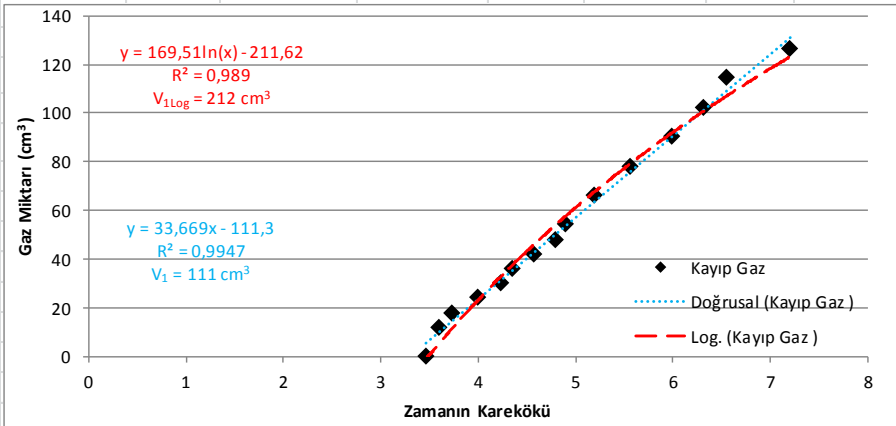
5.3.2014	13:00		22	99	260	50	233	233	2,2
5.3.2014	14:10		22	99	90	50	44	277	2,6
5.3.2014	14:50		22	99	60	50	11	288	2,7

### ÖRNEK 7 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	26.2.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2535,12
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:42	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:44	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V <sub>Toplambiilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39		
Ortam Metanı (%)	0,4		
Örnek Miktarı (g)	116		
Sondaj Derinliği (m)	15		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:54	0	12	3,46	24,5	130	130	0	2801
11:55	1	13	3,61	24,5	140	130	12	2813
11:56	2	14	3,74	24,5	145	130	18	2819
11:58	4	16	4,00	24,5	150	130	24	2825
12:00	6	18	4,24	24,5	155	130	30	2831
12:01	7	19	4,36	24,5	160	130	36	2837
12:03	9	21	4,58	24,5	165	130	42	2843
12:05	11	23	4,80	24,5	170	130	48	2849
12:06	12	24	4,90	24,5	175	130	54	2855
12:09	15	27	5,20	24,5	185	130	66	2867
12:13	19	31	5,57	24,5	195	130	78	2879
12:18	24	36	6,00	24,5	205	130	90	2891
12:22	28	40	6,32	24,5	215	130	102	2903
12:25	31	43	6,56	24,5	225	130	114	2915
12:34	40	52	7,21	24,5	235	130	126	2927



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,0

Q<sub>1Log</sub>(cm<sup>3</sup>/g) 1,8

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

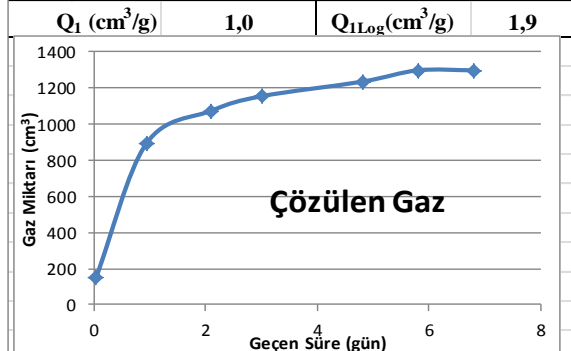
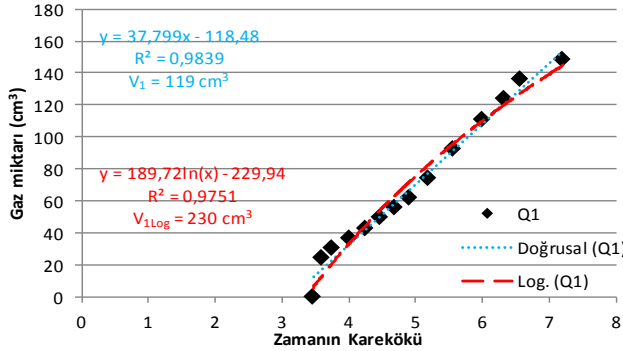
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayıltımı (cm <sup>3</sup> /g)
26.2.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						126	1,1
26.2.2014	14:30	14	100,4	275	0	316	442	3,8
26.2.2014	15:30	14	100,4	555	0	647	1090	9,4
27.02.2014	08:00	15	100,5	170	0	194	1284	11,1
27.2.2014	08:55	15	100,5	95	50	51	1335	11,5
27.2.2014	10:30	15	100,5	60	50	11	1346	11,6

### ÖRNEK 7 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	26.2.2014	V <sub>Q1Q2bomb</sub> (ml)	3067,33
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:42	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:44	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	109,5	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:39	V <sub>Q3bomb</sub> (ml)	2531,33
Ortam Metanı (%)	0,4		
Örnek Miktarı (g)	121		
Sondaj Derinliği (m)	15		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:54	0	12	3,46	24,5	140	130	0	3368
11:55	1	13	3,61	24,5	160	130	25	3393
11:56	2	14	3,74	24,5	165	130	31	3399
11:58	4	16	4,00	24,5	170	130	37	3405
12:00	6	18	4,24	24,5	175	130	43	3411
12:02	8	20	4,47	24,5	180	130	49	3418
12:04	10	22	4,69	24,5	185	130	55	3424
12:06	12	24	4,90	24,5	190	130	62	3430
12:09	15	27	5,20	24,5	200	130	74	3442
12:13	19	31	5,57	24,5	215	130	92	3461
12:18	24	36	6,00	24,5	230	130	111	3479
12:22	28	40	6,32	24,5	240	130	123	3492
12:25	31	43	6,56	24,5	250	130	136	3504
12:34	40	52	7,21	24,5	260	130	148	3517



### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayıltımı (cm <sup>3</sup> /g)	
26.2.2014		0,03	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					148		1,2
27.2.2014	08:55	0,93	15	100,5	500	0	596	744	6,1	
27.2.2014	08:55	0,93	15	100,5	125	0	146	890	7,4	
28.2.2014	13:30	2,1	20	100,1	160	0	184	1074	8,9	
01.03.2014	10:00	3	18	99,8	70	0	80	1154	9,5	
3.3.2014	08:30	4,8	16	98,9	120	50	81	1235	10,2	
4.3.2014	08:00	5,8	18	98,5	105	50	63	1297	10,7	
5.3.2014	08:30	6,8	17	99,3	0	0	0	1297	10,7	

### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

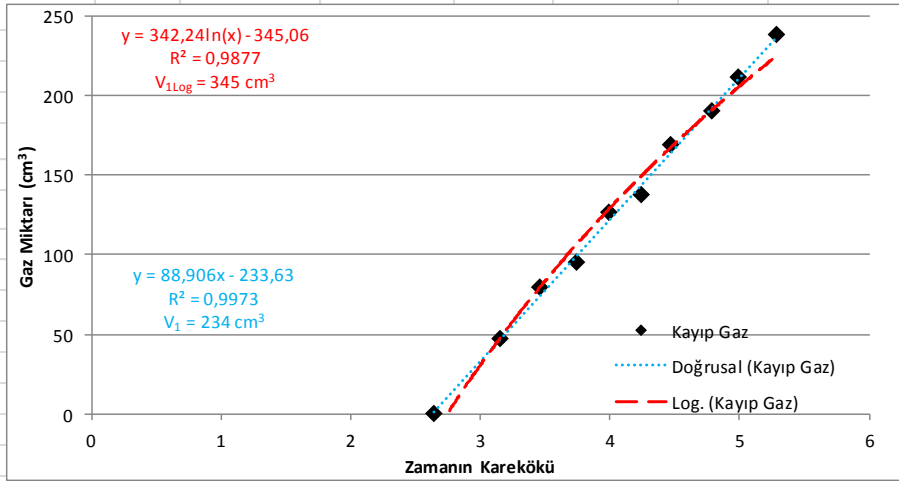
5.3.2014	13:00		22	99,2	350	50	334	334	2,8
5.3.2014	14:10		22	99,20	155	90	72	406	3,4
5.3.2014	14:50		22	99,20	70	50	22	428	3,5

### ÖRNEK 8 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	11.1.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2427,55
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:48	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:51	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>ToplamBilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:58		
Ortam Metanı (%)	0,48		
Örnek Miktarı (g)	258		
Sondaj Derinliği (m)	7		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:58	0	7	2,65	25	180	180	0	190
12:01	3	10	3,16	25	225	180	47	237
12:03	5	12	3,46	25	255	180	79	269
12:05	7	14	3,74	25	270	180	95	285
12:07	9	16	4,00	25	300	180	127	317
12:09	11	18	4,24	25	310	180	137	327
12:12	13	20	4,47	25	340	180	169	359
12:15	16	23	4,80	25	360	180	190	380
12:17	18	25	5,00	25	380	180	211	401
12:20	21	28	5,29	25	405	180	237	427



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,0

Q<sub>1Log</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,3

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

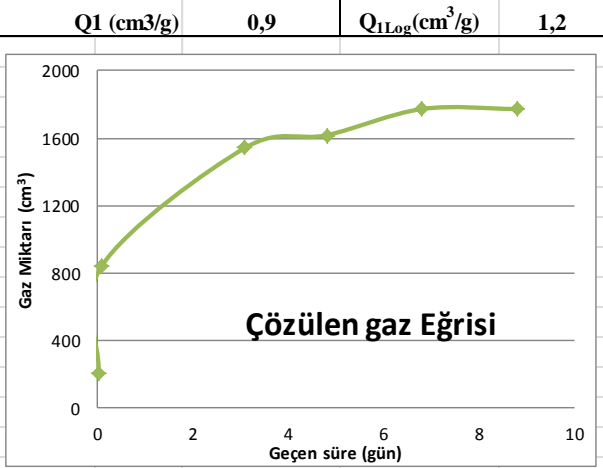
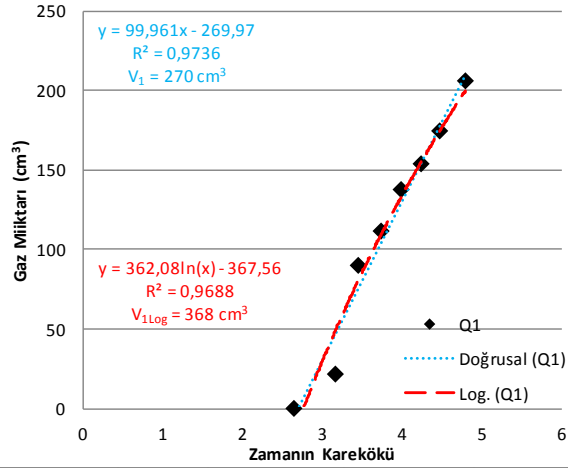
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)	
11.1.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz							237	0,9
11.1.2014	14:43	20	100,4	1350	0	1338	1575	6,1	
14.1.2014	14:19	20	100,2	475	0	470	2045	7,9	

### ÖRNEK 8 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	11.1.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	2928,70
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:48	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:51	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,7	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{Toplambilva}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:58	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2392,70
Ortam Metanı (%)	0,48		
Örnek Miktarı (g)	304		
Sondaj Derinliği (m)	7		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:58	0	7	2,65	25	245	245	0	258
12:01	3	10	3,16	25	265	245	21	280
12:03	5	12	3,46	25	330	245	90	348
12:05	7	14	3,74	25	350	245	111	369
12:07	9	16	4,00	25	375	245	137	396
12:09	11	18	4,24	25	390	245	153	411
12:12	13	20	4,47	25	410	245	174	433
12:15	16	23	4,80	25	440	245	206	464



### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
11.1.2014		0,02	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					206	0,7
11.1.2014	14:35	0,09	20	100,4	645		639	845	2,8
14.1.2014	14:10	3,09	20	100,2	705		697	1542	5,1
16.1.2014	08:00	4,81	14	100,2	75		76	1618	5,3
18.1.2014	09:00	6,81	16	100,1	155		155	1773	5,8
20.1.2014	08:35	8,81	18	99,8	0		0	1773	5,8

### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

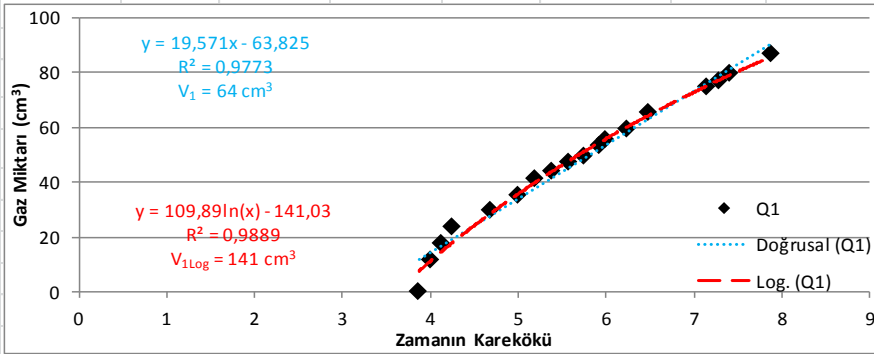
21.1.2014	09:20		19	99,7	215		212	212	0,7
22.1.2014	08:50		18	99,2	230		227	439	1,4

### ÖRNEK 9 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	8.3.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2552,55
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:10	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:12	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambilva</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:25		
Ortam Metanı (%)	0,54		
Örnek Miktarı (g)	93		
Sondaj Derinliği (m)	17		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
10:25	0	15	3,87	25	90	90	0	2738
10:26	1	16	4,00	25	100	90	12	2750
10:27	2	17	4,12	25	105	90	18	2756
10:28	3	18	4,24	25	110	90	24	2762
10:32	7	22	4,69	25	115	90	30	2768
10:35	10	25	5,00	25	120	90	35	2774
10:37	12	27	5,20	25	125	90	41	2779
10:39	14	29	5,39	25	127	90	44	2782
10:41	16	31	5,57	25	130	90	47	2785
10:43	18	33	5,74	25	132	90	50	2788
10:45	20	35	5,92	25	135	90	53	2791
10:46	21	36	6,00	25	137	90	56	2794
10:49	24	39	6,24	25	140	90	59	2797
10:52	27	42	6,48	25	145	90	65	2803
11:01	36	51	7,14	25	153	90	75	2813
11:03	38	53	7,28	25	155	90	77	2815
11:05	40	55	7,42	25	157	90	79	2817
11:12	47	62	7,87	25	163	90	86	2825



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 0,7

Q<sub>1Log</sub>(cm<sup>3</sup>/g) 1,5

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

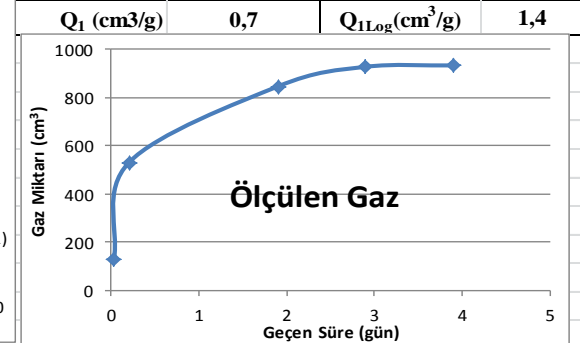
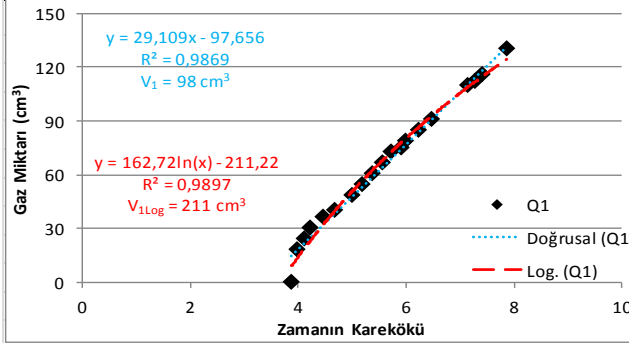
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınç (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayıltımı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						86	0,9
8.3.2014	14:30	18	99,7	425	0	483	570	6,1
10.3.2014	09:00	16	99,6	210	50	181	751	8,1
10.03.2014	10:50	16	99,6	95	50	51	802	8,6
10.3.2014	12:10	16	99,6	60	50	11	813	8,7

### ÖRNEK 9 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

<b>Test Günü</b>	8.3.2014	<b>V<sub>Q1Q2bomb</sub> (ml)</b>	3046,88
<b>Yerüstünden Derinlik (m)</b>	- 539 m	<b>V<sub>tube</sub> (ml)</b>	19,00
<b>Örnek Alma Başlangıç Saati</b>	10:10	<b>V<sub>CT</sub> (ml)</b>	500,00
<b>Örneğin Kaba Alınış Saati</b>	10:12	<b>h (m)</b>	0,30
<b>Ortam Basıncı(P<sub>A</sub>) (kPa)</b>	108,4	<b>Yoğ(gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1,32
<b>Ortam Sıcaklığı (°C)</b>	25	<b>V<sub>Toplambilya</sub>(ml)</b>	536,00
<b>Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati</b>	10:25	<b>V<sub>Q3bomb</sub> (ml)</b>	2510,88
<b>Ortam Metanı (%)</b>	0,54		
<b>Örnek Miktarı (g)</b>	148		
<b>Sondaj Derinliği (m)</b>	17		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
10:25	0	15	3,87	25	100	100	0	3259
10:26	1	16	4,00	25	115	100	18	3277
10:27	2	17	4,12	25	120	100	24	3283
10:28	3	18	4,24	25	125	100	30	3289
10:30	5	20	4,47	25	130	100	36	3295
10:32	7	22	4,69	25	133	100	40	3299
10:35	10	25	5,00	25	140	100	48	3307
10:37	12	27	5,20	25	145	100	55	3313
10:39	14	29	5,39	25	150	100	61	3319
10:41	16	31	5,57	25	155	100	67	3325
10:43	18	33	5,74	25	160	100	73	3332
10:45	20	35	5,92	25	162	100	75	3334
10:46	21	36	6,00	25	165	100	79	3338
10:49	24	39	6,24	25	170	100	85	3344
10:52	27	42	6,48	25	175	100	91	3350
11:01	36	51	7,14	25	190	100	109	3368
11:03	38	53	7,28	25	192	100	112	3371
11:05	40	55	7,42	25	195	100	115	3374
11:12	47	62	7,87	25	207	100	130	3389



### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılmı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014		0,03			Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz			130	0,9
8.3.2014	14:25	0,2	18	99,7	345	0	401	531	3,6
10.3.2014	08:15	1,9	16	99,6	320	50	316	846	5,7
11.3.2014	08:10	2,9	15	99,5	120	50	81	928	6,3
12.3.2014	08:30	3,9	14	100	55	50	6	933	6,3

### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

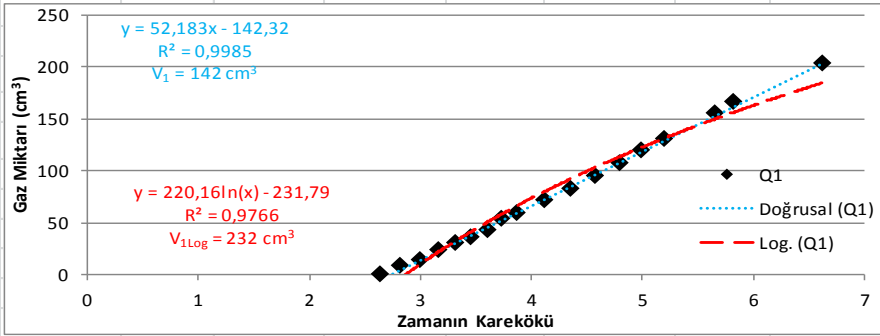
13.3.2014	09:15		17	100,5	355	140	247	247	1,7
13.3.2014	11:00		17	100,5	280	250	35	282	1,9
13.3.2014	11:50		18	100,5	80	50	34	316	2,1

### ÖRNEK 10 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	8.3.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2541,18
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:33	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:35	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambilgiya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	10:40		
Ortam Metanı (%)	0,54		
Örnek Miktarı (g)	108		
Sondaj Derinliği (m)	20		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:40	0	7	2,65	25	100	100	0	2738
11:41	1	8	2,83	25	107	100	8	2746
11:42	2	9	3,00	25	112	100	14	2752
11:43	3	10	3,16	25	120	100	24	2762
11:44	4	11	3,32	25	125	100	30	2768
11:45	5	12	3,46	25	130	100	35	2774
11:46	6	13	3,61	25	136	100	43	2781
11:47	7	14	3,74	25	145	100	53	2791
11:48	8	15	3,87	25	150	100	59	2797
11:50	10	17	4,12	25	160	100	71	2809
11:52	12	19	4,36	25	170	100	83	2821
11:54	14	21	4,58	25	180	100	95	2833
11:56	16	23	4,80	25	190	100	107	2845
11:58	18	25	5,00	25	200	100	119	2857
12:00	20	27	5,20	25	210	100	131	2869
12:05	25	32	5,66	25	230	100	154	2893
12:07	27	34	5,83	25	240	100	166	2905
12:17	37	44	6,63	25	270	100	202	2941



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,3

Q<sub>1Log</sub>(cm<sup>3</sup>/g) 2,1

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						202	1,9
8.3.2014	14:30	18	99,7	200	0	225	427	4,0
10.3.2014	08:20	16	99,6	130	50	90	517	4,8
10.03.2014	10:00	16	99,6	115	50	73	591	5,5
10.3.2014	11:30	16	99,6	115	50	73	664	6,1
10.3.2014	13:00	16	99,6	125	60	73	737	6,8
10.3.2014	14:00	17	99,2	105	50	62	799	7,4
10.3.2014	14:40	17	99,2	90	50	45	844	7,8

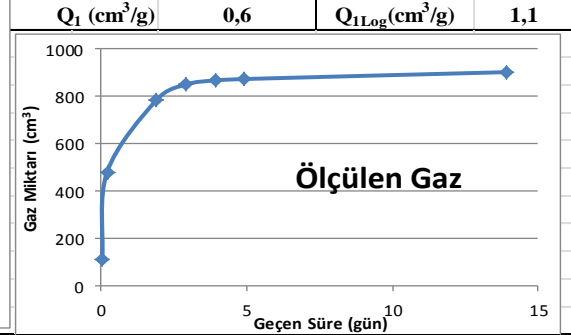
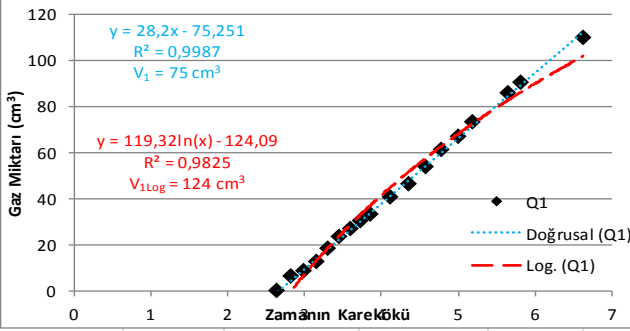


### ÖRNEK 10 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	8.3.2014	V <sub>Q1Q2bomb</sub> (ml)	3071,12
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	11:33	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	11:35	h (m)	0,30
Ortam Basıncı (P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambilva</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:40	V <sub>Q3bomb</sub> (ml)	2535,12
Ortam Metanı (%)	0,54		
Örnek Miktarı (g)	116		
Sondaj Derinliği (m)	20		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:40	0	7	2,65	25	120	120	0	3308
11:41	1	8	2,83	25	125	120	6	3314
11:42	2	9	3,00	25	127	120	8	3316
11:43	3	10	3,16	25	130	120	12	3320
11:44	4	11	3,32	25	135	120	18	3326
11:45	5	12	3,46	25	139	120	23	3331
11:46	6	13	3,61	25	142	120	27	3335
11:47	7	14	3,74	25	145	120	30	3338
11:48	8	15	3,87	25	147	120	33	3341
11:50	10	17	4,12	25	153	120	40	3348
11:52	12	19	4,36	25	158	120	46	3354
11:54	14	21	4,58	25	164	120	54	3361
11:56	16	23	4,80	25	170	120	61	3369
11:58	18	25	5,00	25	175	120	67	3375
12:00	20	27	5,20	25	180	120	73	3381
12:05	25	32	5,66	25	190	120	85	3393
12:07	27	34	5,83	25	194	120	90	3398
12:17	37	44	6,63	25	210	120	110	3418



#### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014		0,03	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					110	0,9
8.3.2014	14:25	0,2	18	99,7	320	0	371	481	4,1
10.3.2014	08:15	1,9	16	99,6	310	50	304	785	6,8
11.3.2014	08:10	2,9	15	99,5	175	120	64	850	7,3
12.3.2014	08:30	3,9	14	100	70	55	18	867	7,5
13.3.2014	09:15	4,9	17	100,5	55	50	6	873	7,5
24.3.2014	08:15	13,9	17	99,6	150	125	29	902	7,8

#### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

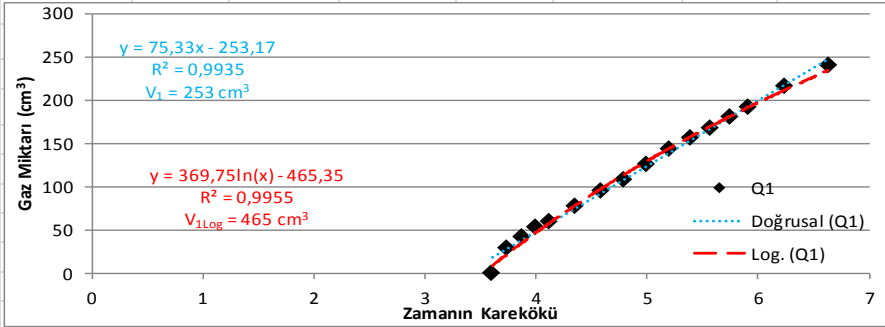
24.3.2014	13:00		25	99,4	265	50	236	236	2,0
24.3.2014	14:00		25	99,4	130	50	87	324	2,8
24.3.2014	14:45		25	99,4	65	50	16	340	2,9

### ÖRNEK 11 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	8.3.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2463,91
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:11	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:13	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	12:24		
Ortam Metanı (%)	0,54		
Örnek Miktarı (g)	210		
Sondaj Derinliği (m)	17		

### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
12:24	0	13	3,61	25	200	200	0	2777
12:25	1	14	3,74	25	225	200	30	2807
12:26	2	15	3,87	25	235	200	42	2819
12:27	3	16	4,00	25	245	200	54	2830
12:28	4	17	4,12	25	250	200	60	2836
12:30	6	19	4,36	25	265	200	77	2854
12:32	8	21	4,58	25	280	200	95	2872
12:34	10	23	4,80	25	290	200	107	2884
12:36	12	25	5,00	25	305	200	125	2902
12:38	14	27	5,20	25	320	200	143	2920
12:40	16	29	5,39	25	330	200	155	2932
12:42	18	31	5,57	25	340	200	167	2944
12:44	20	33	5,74	25	350	200	179	2956
12:46	22	35	5,92	25	360	200	192	2968
12:50	26	39	6,24	25	380	200	216	2993
12:55	31	44	6,63	25	400	200	240	3017



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,2

Q<sub>1Log</sub>(cm<sup>3</sup>/g) 2,2

### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

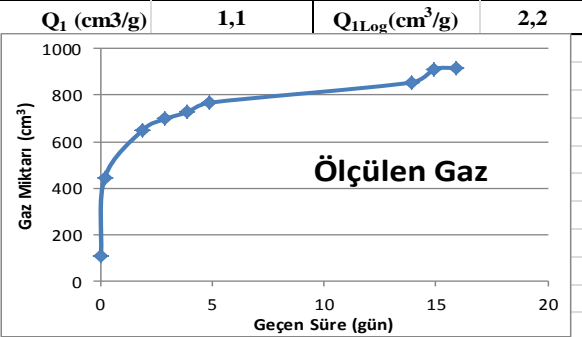
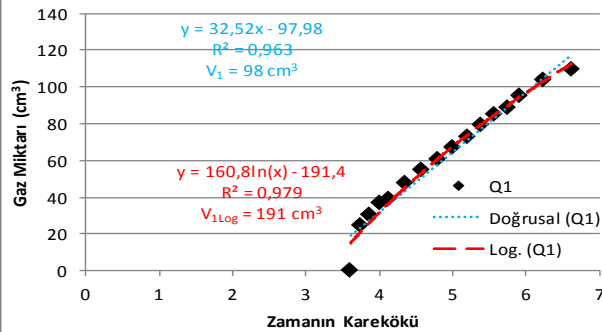
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						240	1,1
8.3.2014	14:30	18	99,7	410	0	464	703	3,3
10.3.2014	08:20	16	99,6	320	130	217	920	4,4
10.03.2014	13:30	16	99,6	235	50	209	1129	5,4
11.3.2104	08:05	15	99,5	155	50	118	1248	5,9
11.3.2014	13:00	15	99,8	85	50	39	1287	6,1
11.3.2014	14:00	15	99,8	80	50	34	1321	6,3
12.3.2014	08:20	14	100	120	50	79	1400	6,7
12.3.2014	11:10	18	100	120	50	78	1479	7,0
12.3.2014	13:05	19	100	95	50	50	1529	7,3
12.3.2014	14:30	19	100	135	125	11	1540	7,3

### ÖRNEK 11 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	8.3.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	3093,09
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	12:11	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	12:13	h (m)	0,30
Ortam Basıncı ( $P_A$ ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	25	$V_{Toplambilva}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	12:24	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2557,09
Ortam Metanı (%)	0,54		
Örnek Miktarı (g)	87		
Sondaj Derinliği (m)	17		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu ( $Q_1$ )

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
12:24	0	13	3,61	25	110	110	0	3318
12:25	1	14	3,74	25	130	110	24	3343
12:26	2	15	3,87	25	135	110	30	3349
12:27	3	16	4,00	25	140	110	36	3355
12:28	4	17	4,12	25	142	110	39	3357
12:30	6	19	4,36	25	149	110	47	3366
12:32	8	21	4,58	25	155	110	55	3373
12:34	10	23	4,80	25	160	110	61	3379
12:36	12	25	5,00	25	165	110	67	3385
12:38	14	27	5,20	25	170	110	73	3391
12:40	16	29	5,39	25	175	110	79	3398
12:42	18	31	5,57	25	180	110	85	3404
12:44	20	33	5,74	25	183	110	89	3407
12:46	22	35	5,92	25	188	110	95	3413
12:50	26	39	6,24	25	195	110	104	3422
12:55	31	44	6,63	25	200	110	110	3428



#### Ölçülen Gaz ( $Q_2$ )

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
8.3.2014		0,03	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					110	1,3
8.3.2014	14:25	0,2	18	99,7	290	0	337	446	5,1
10.3.2014	08:15	1,9	16	99,6	225	50	204	650	7,5
11.3.2014	08:10	2,9	15	99,5	215	175	47	697	8,0
12.3.2014	08:30	3,9	14	100	145	120	29	727	8,4
13.3.2014	09:15	4,9	17	100,5	90	55	41	768	8,8
24.3.2014	08:15	13,9	17	99,6	125	50	87	854	9,8
25.3.2014	08:15	14,9	18	99	120	70	57	912	10,5
26.3.2014	09:15	15,9	18	99,8	105	100	6	918	10,5

#### Kalıntı Gaz ( $Q_3$ )

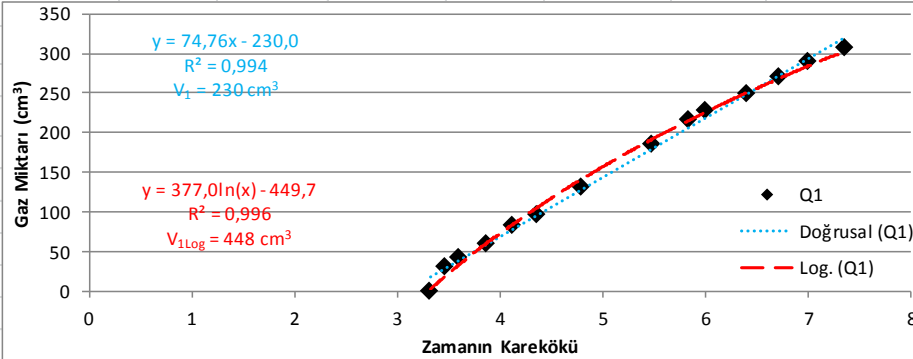
27.1.1900	13:00		24	99,9	180	50	144	144	1,7
27.3.2014	13:50		24	99,9	120	50	77	221	2,5
27.3.2014	15:30		24	99,9	50	50	0	221	2,5

### ÖRNEK 12 (HIZLI ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	11.3.2014	V <sub>bomb</sub> (ml)	2456,33
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	V <sub>tube</sub> (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:55	V <sub>CT</sub> (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:58	h (m)	0,30
Ortam Basıncı(P <sub>A</sub> ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	V <sub>Toplambilya</sub> (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:06		
Ortam Metanı (%)	1,1		
Örnek Miktarı (g)	220		
Sondaj Derinliği (m)	20		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:06	0	11	3,32	24,5	190	190	0	2762
11:07	1	12	3,46	24,5	215	190	30	2792
11:08	2	13	3,61	24,5	225	190	42	2803
11:10	4	15	3,87	24,5	240	190	60	2821
11:12	6	17	4,12	24,5	260	190	83	2845
11:14	8	19	4,36	24,5	270	190	95	2857
11:18	12	23	4,80	24,5	300	190	131	2893
11:25	19	30	5,48	24,5	345	190	186	2947
11:29	23	34	5,83	24,5	370	190	216	2978
11:31	25	36	6,00	24,5	380	190	228	2990
11:36	30	41	6,40	24,5	397	190	248	3010
11:40	34	45	6,71	24,5	415	190	270	3032
11:44	38	49	7,00	24,5	430	190	289	3050
11:49	43	54	7,35	24,5	445	190	307	3069



Q<sub>1</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 1,0

Q<sub>1Log</sub> (cm<sup>3</sup>/g) 2,0

#### Çözülen Gaz (Q<sub>2</sub> + Q<sub>3</sub>)

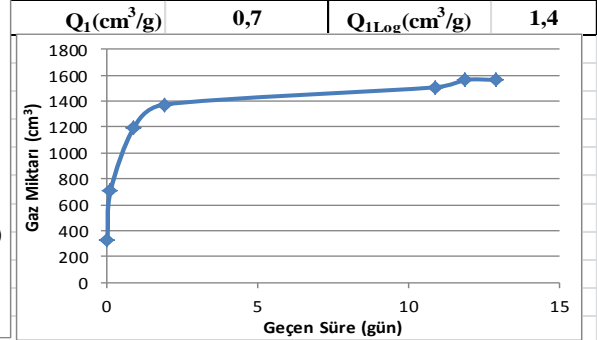
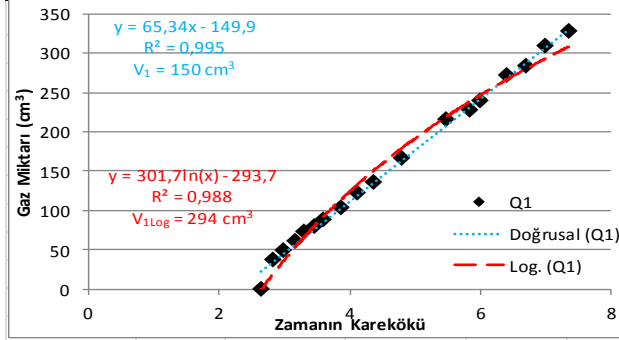
Tarih	Saat	Sıcaklık (°C)	Basınc (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümlatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayıltımı (cm <sup>3</sup> /g)
11.3.2014	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz						307	1,4
11.3.2014	14:00	15	99,8	310	85	257	564	2,6
11.3.2014	14:45	15	99,8	475	50	489	1052	4,8
12.03.2014	09:50	18	100	190	70	135	1187	5,4
12.03.2014	12:20	19	100	120	50	78	1265	5,8
12.03.2014	13:30	19	100	125	95	34	1299	5,9
12.03.2014	14:30	18	100	145	135	11	1310	6,0

### ÖRNEK 12 (YAVAŞ ÇÖZÜLME TEKNİĞİ)

Test Günü	11.3.2014	$V_{Q1Q2bomb}$ (ml)	3004,45
Yerüstünden Derinlik (m)	- 539 m	$V_{tube}$ (ml)	19,00
Örnek Alma Başlangıç Saati	10:55	$V_{CT}$ (ml)	500,00
Örneğin Kaba Alınış Saati	10:58	h (m)	0,30
Ortam Basıncı( $P_A$ ) (kPa)	108,4	Yoğ(gr/cm <sup>3</sup> )	1,32
Ortam Sıcaklığı (°C)	24,5	$V_{Toplambilva}$ (ml)	536,00
Kayıp Gaz Test Başlangıç Saati	11:02	$V_{Q3bomb}$ (ml)	2468,45
Ortam Metanı (%)	1,1		
Örnek Miktarı (g)	204		
Sondaj Derinliği (m)	20		

#### Kayıp Gaz Belirleme Tablosu (Q<sub>1</sub>)

Saat	Zaman (dk)	Geçen Süre (dk)	Zamanın Karekökü (dk)	Sıcaklık (°C)	Çözülen Gaz Okumaları (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Formül Sonucu Elde Edilen
11:02	0	7	2,65	24,5	180	180	0	3318
11:03	1	8	2,83	24,5	210	180	37	3354
11:04	2	9	3,00	24,5	220	180	49	3366
11:05	3	10	3,16	24,5	230	180	61	3379
11:06	4	11	3,32	24,5	240	180	73	3391
11:07	5	12	3,46	24,5	245	180	79	3397
11:08	6	13	3,61	24,5	252	180	88	3406
11:10	8	15	3,87	24,5	265	180	104	3422
11:12	10	17	4,12	24,5	280	180	122	3440
11:14	12	19	4,36	24,5	290	180	135	3452
11:18	16	23	4,80	24,5	315	180	166	3483
11:25	23	30	5,48	24,5	355	180	215	3533
11:29	27	34	5,83	24,5	365	180	227	3545
11:31	29	36	6,00	24,5	375	180	240	3557
11:36	34	41	6,40	24,5	400	180	271	3588
11:40	38	45	6,71	24,5	410	180	283	3601
11:44	42	49	7,00	24,5	430	180	308	3626
11:49	47	54	7,35	24,5	445	180	327	3645



#### Ölçülen Gaz (Q<sub>2</sub>)

Tarih	Saat	Geçen Süre (gün)	Sıcaklık (°C)	Basıncı (kPa)	Çözülen Gaz (cm <sup>3</sup> )	İlk Okuma (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	20 °C ve 101.3 kPa da Kümülatif Çözülen Gaz Miktarı (cm <sup>3</sup> )	Gaz Yayılımı (cm <sup>3</sup> /g)
11.3.2013		0,03	Kayıp gazı belirlemek için ölçümler boyunca çözülen gaz					327	1,6
11.3.2014	14:00	0,13	15	99,8	400	80	377	704	3,5
12.3.2014	08:30	0,9	14	100	460	50	487	1191	5,8
13.3.2014	09:15	1,9	17	100,5	245	90	181	1373	6,7
24.3.2014	08:15	10,9	17	99,6	265	150	134	1507	7,4
25.3.2014	08:15	11,9	18	99	170	120	57	1564	7,7
26.3.2014	09:15	12,9	18	99,8	100	100	0	1564	7,7

#### Kalıntı Gaz (Q<sub>3</sub>)

27.3.2014	08:30		18	100	255	100	175	175	0,9
27.3.2014	13:00		24	99,9	150	50	110	285	1,4
27.3.2014	14:30		24	99,9	135	120	17	302	1,5

## **ÖZGEÇMİŞ**

Mehmet OSKAN 1985’de Aydın’da doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini aynı ilde tamamladı; 2005 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne girdi; 2009 yılında mezun oldu; 2011 yılında TTK Armutçuk Müessesesinde Üretim İşletme Müdürlüğünde Vardiya Mühendisi olarak göreve başladı; 2012 yılından beri Ocak Mühendisi olarak görev yapmakta ve BEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : TTK. ARTİM Üretim  
İşletme Müdürlüğü, Kandilli  
67300 Ereğli / Zonguldak

Tel : (372) 327 54 00

E-posta : mehmet3008@gmail.com