

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TTK AMASRA MÜESSESESİ DAMARLARININ GAZ İÇERİĞİNİN VE TAHMİNİ
METAN GELİRİNİN BELİRLENMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET TURAL

TEMMUZ 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TTK AMASRA MÜESSESESİ DAMARLARININ GAZ İÇERİĞİNİN VE TAHMİNİ
METAN GELİRİNİN BELİRLENMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet TURAL

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR

ZONGULDAK

Temmuz 2019

KABUL:

Mehmet TURAL tarafından hazırlanan “TTK Amasra Müessesesi Damarlarının Gaz İçeriğinin ve Tahmini Metan Gelirinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
19/07/2019

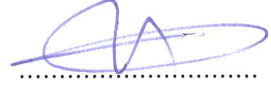
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



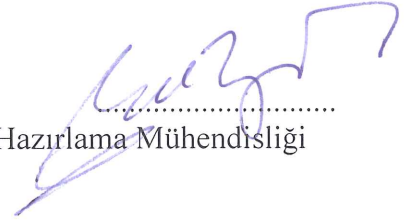
Üye: Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan KAYMAKÇI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



Üye: Prof. Dr. Abdullah Ekrem YÜCE

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü

**ONAY:**

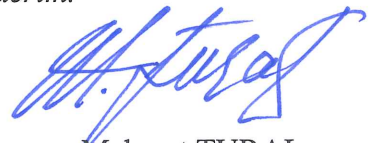
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../2019



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
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 TURAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TTK AMASRA MÜESSESESİ DAMARLARININ GAZ İÇERİĞİNİN VE TAHMİNİ METAN GELİRİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet TURAL

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR

Temmuz 2019, 143 sayfa

Bu çalışmada; Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi (ATİM) kömür damarlarının gaz içerikleri Cerchar doğrudan ölçüm yöntemi ve bu alanda kabul görmüş çeşitli görgül eşitlikler kullanılarak belirlenmiş, bu damarların üretim çalışmaları esnasında yayılması muhtemel gaz miktarları ise çeşitli tahmin yöntemleri ile hesaplanmıştır.

Çalışmada öncelikle taşkömüründe gaz oluşumu ve yayılımına yönelik genel bilgiler ile ATİM taşkömürü havzası hakkında tanıtıcı bilgiler verilmiştir.

Daha sonra; kömürde gaz içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan dolaylı, doğrudan ve görgül yöntemler tanıtılmış ve Cherchar doğrudan ölçüm yönteminin uygulandığı çalışmalar ile elde edilen değerlere ait hesaplamalar örnek alınan bir damar için gösterilmiştir.

ÖZET (devam ediyor)

Daha sonra; Langmuir, Kim ve Ettinger görgül yöntemleri kullanılarak damar gaz içerikleri değerleri hesaplanmış, son olarak; Winter, Gunther, Flügge ve Schulz yönmtmeleri yardımıyla her bir damarın üretim çalışmaları esnasında çalışma ortamına yayılması muhtemel gaz miktarları tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Taşkömürü Kurumu, Amasra, Damar Gaz İçeriği, Tahmini Metan Geliri

Bilim Kodu: 607.01.04.



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DESIGNATING THE GAS CONTENT OF COAL SEAMS AND PROBABLE MARSH EARNINGS OF TTK AMASRA INSTITUTION

Mehmet TURAL

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

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Alaaddin ÇAKIR

July 2019, 143 pages

In this study; gas content of the coal seams of Amasra Coal Mines of Turkey Hard Coal Enterprises are calculated using the Cerchar direct measurement method and determined using various empirical equations which are accepted in this field. The amount of gas that could be spread during the production of these seams was calculated by various estimation methods.

In this study, firstly, general information about gas formation and diffusion in hard coal and introductory information about Amasra hard coal basin is given. Later; indirect, direct and empirical methods used in determination of gas content in coal are introduced and the calculations obtained for the values obtained by the Cherchar direct measurement method are shown for a sample seam.

Later; vessel gas content values are calculated using Langmuir, Kim and Ettinger empirical methods.

ABSTRACT (continued)

Finally; with the help of the Winter, Gunther, Flügge and Schulz methods, the amount of gas that is likely to be released into the working environment during each seam production is estimated.

Keywords: Turkey Hard Coal Enterprises, Amasra, Seam Gas Content, Estimated Methane Gas Emission.

Science Code: 607.01.04.



TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenerek bu çalışmanın yürütülmesinde değerli katkıları ve olumlu yönlendirmeleri için tez danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin ÇAKIR'a, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğüne, Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi Müdürlüğüne, damarlardan örneklerin alınmasında gösterdikleri özveri ve hassas çalışmalarından dolayı başta Zeki AYYILDIZ olmak üzere tüm sondaj servisine, Amasra plan bürosunda görevli Harita Teknikeri Gökmen ERĞÜT'e, bilgi işlem servis Şefi Bilgisayar Teknikeri Lütfü GENCER ve Bilgisayar Teknikeri Ertan GÜNER'e, TTK İş Sağlığı, Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar boyunca destek ve yardımları için Maden Mühendisi Müzeyyen KARA ve eşi Kimya Mühendisi Volkan KARA'ya, tez sınavı jüri üyeleri Prof. Dr. Abdullah Ekrem YÜCE ve Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan KAYMAKÇI'ya, maddi ve manevi her konuda desteklerini esirgemeyen başta eşim olmak üzere ailemin tüm fertlerine içtenlikle teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2 TAŞKÖMÜRÜNDE GAZ OLUŞUMU VE YAYILIMINA YÖNELİK GENEL .	 3
2.1 KÖMÜRLEŞME VE GAZ OLUŞUMU.....	3
2.2 KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ	5
2.3 KÖMÜRÜN GAZ TAŞIMA (İLETİM) MEKANİZMASI	5
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	14
2.5.1 Kömürleşme Derecesi	15
2.5.2 Gaz Basıncı	16
2.5.3 Sıcaklık.....	17
2.5.4 Nem Miktarı	18

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

2.5.5 Kül Miktarı	18
2.5.6 Petrografik Bileşim	19
2.5.7 Gözenek Boyut Dağılımı.....	19
2.6 METAN GAZININ YAYILIMI	19
BÖLÜM 3 KÖMÜR DAMARI GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE	
KULLANILAN	21
3.1 DOLAYLI YÖNTEMLER	21
3.2 DOĞRUDAN YÖNTEMLER	22
3.2.1 Cerchar Yöntemi	22
3.2.1.1 Kayıp Gazın (Q_1) Belirlenmesi	23
3.2.1.2 Çözülen Gazın (Q_2) Belirlenmesi.....	24
3.2.1.3 Kalıntı Gazın (Q_3) Belirlenmesi	24
3.2.1.4 Nem ve Kül Düzeltmeleri	24
3.2.2 USBM Yöntemi.....	25
3.2.3 NIOSH Değiştirilmiş USBM Yöntemi	26
3.2.4 Smith ve Williams Yöntemi	30
3.2.5 Düşüş Eğrisi (Decline Curve) Yöntemi	31
3.2.6 Gaz Araştırma Enstitüsü (GRI) Yöntemi	34
3.2.7 Avustralya Standardı Yöntemi	35
3.2.8 CSIRO-CET Hızlı Gaz İçeriği Belirleme Yöntemi.....	37
3.3 GÖRGÜL EŞİTLİKLERLE GAZ İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ.....	38
3.3.1 Langmuir Eşitliği.....	38
3.3.2 Kim Eşitliği	41
3.3.3 Ettinger Eşitliği	42
3.3.4 Creedy Yaklaşımı	43
BÖLÜM 4 AMASRA TAŞKÖMÜRÜ HAVZASI	45
4.1 BÖLGE JEOLJİSİ.....	45

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

4.2 GENEL JEOLojİ.....	47
4.2.1 Kozlu Formasyonu	47
4.2.2 Karadon Formasyonu	49
4.2.2.1 Westfaliyen-B Birimi	49
4.2.2.2 Westfaliyen-C Birimi	52
4.2.2.3 Westfaliyen-D Birimi	53
4.3 YAPISAL JEOLojİ.....	53
4.3.1 Kıvrımlar	53
4.3.2 Faylar.....	54
4.3.2.1 Yüzeyde Görülen Faylar	54
4.3.2.2 Örtülü Faylar	54
4.4 TTK AMASRA TAŞKÖMÜRÜ MÜESSESESİ.....	56
4.4.1 Tarihçe.....	56
4.4.2 İmtiyaz Alanı ve Rezervi.....	56
4.4.3 İdari Yapı.....	57
4.4.3.1 Yönetim.....	58
4.4.3.2 Personel Durumu.....	58
4.4.4 Amasra-A Sahasında Yürütülen Hazırlık ve Üretim Çalışmaları	61
4.4.5 TTK Amasra Müessesesi Taşkömürünün Özellikleri	64
 BÖLÜM 5 YAPILAN DAMAR GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI	67
 5.1 DAHA ÖNCE YAPILAN DAMAR GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI	67
5.2 ATIM DAMARLARININ GAZ İÇERİĞİNİN VE TAHMİNİ METAN GELİRİNİN BELİRLENMESİ ÇALIŞMALARI.....	68
5.2.1 Örneklerin Alınması.....	68
5.2.2 Metan Gazı Yayılımının Ölçülmesi	74
5.2.3 Damar Gaz İçeriklerinin Belirlenmesi	79
5.2.4 Cerchar Tekniğine Göre Metan Gazı İçeriği.....	79
5.2.4.1 Çözülen Gaz Miktarının Hesaplanması (Q ₂ Tayini)	79
5.2.4.2 Kayıp Gaz Miktarının Hesaplanması (Q ₁ Tayini).....	83

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

5.4.4.3 Kalıntı Gaz Miktarının Hesaplanması (Q_3 tayini).....	85
5.2.5 q_{1bar} Değerinin Tayini.....	89
5.3 KÜL İÇERİĞİ UÇUCU MADDE VE NEM İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ	94
5.3.1 Kül Analizinin Yapılması.....	94
5.3.2 Nem İçeriğinin Belirlenmesi	98
5.3.3 Uçucu Maddenin Belirlenmesi.....	100
5.4 DAMAR GAZ İÇERİĞİNİN GÖRGÜL YÖNTEMLERLE HESAPLANMASI.....	103
5.4.1 Langmuir Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması	103
5.4.2 Kim Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması.....	104
5.4.3 Ettinger Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması.....	105
BÖLÜM 6 TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN BELİRLENMESİ.....	109
6.1 METAN GAZININ OCAK İÇİNDE YAYILIMI	109
6.2 GAZ YAYILMA BÖLGELERİ.....	111
6.2.1 Taban Yollarında Gaz Geliri	111
6.2.2 Uzun Ayaklara Gaz Geliri.....	111
6.3 TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN HESABI.....	112
6.4 ATIM DAMARLARI İÇİN TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN HESAPLANMASI.....	114
BÖLÜM 7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR.....	125
EK AÇIKLAMALAR	129
ÖZGEÇMİŞ	143

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Biyojenik ve termojenik metan oluşumu	4
Şekil 2.2 Metan ve karbondioksitin kömürleşme derecesi ile ilişkisi.	5
Şekil 2.3 Kömürün çiftli gözenek sistemi	7
Şekil 2.4 Kömürdeki gazın transfer sistemi	7
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	8
Şekil 2.6 Kömürleşme derecesine göre izoterm eğrileri.....	9
Şekil 2.7 Metanın kömür içindeki difüzyonu.....	10
Şekil 2.8 Kömür gözeneklerinde metan molekülleri.....	13
Şekil 2.9 İzoterm eğrileri.....	15
Şekil 2.10 Farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin soğurabileceği metan miktarları	16
Şekil 2.11 Kömür örneğinin soğurabileceği gaz miktarının gaz basıncına bağlı olarak değişimi	17
Şekil 2.12 Sıcaklık değişimlerinin soğurulan gaz miktarına etkisi.	17
Şekil 2.13 Nem miktarının soğurulan gaz üzerine etkisi	18
Şekil 3.1 Kömür örneğinden yayılan gaz miktarının zamana göre değişimi	26
Şekil 3.2 (A) NIOSH değiştirilmiş USBM yöntem test cihazı (MDM) (B), sahaya özel PVC sızdırmaz kap.....	27
Şekil 3.3 Chase'in çözülebilir gaz hacminin tahmininde kullanılan düşüş eğrisi grafiği	32
Şekil 3.4 Kayıp gaz hacminin tahmini için düşüş eğrisi grafiği	33
Şekil 3.5 Manometrik gaz hacmi ölçüm cihazları örnekleri).	34
Şekil 3.6 Avustralya Standardı yönteminde kullanılan gaz hacmi ölçme aleti	36
Şekil 3.7 Langmuir Qs sabiti.....	39
Şekil 3.8 Langmuir B sabiti.....	40
Şekil 4.1 Bartın-Amasra Havzası genelleştirilmiş stratigrafi kesiti	46
Şekil 4.2 Amasra yöresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası	48
Şekil 4.3 Amasra Bölgesi Kozlu katının ölçülmüş stratigrafi kesiti	50
Şekil 4.4 Amasra bölgesi Karadon katının ölçülmüş stratigrafi kesiti	51
Şekil 4.5 Bu çalışmaya konu olan damarların yer aldığı jeolojik kesit.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.6 Kuşkayası (Amasra) mevkii SJ.31, AK.1, SJ.36, AK.10, SJ38 sondajlarından geçen jeolojik kesiti.....	55
Şekil 4.7 Amasra A ve B sahası	58
Şekil 4.8 Amasra TİM'in idari yapısı.....	59
Şekil 4.9 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında çalışan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları.....	60
Şekil 4.10 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları itibarıyla tüvenan üretim miktarı... 63	
Şekil 4.11 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları itibarıyla satılabilir üretim.....	64
Şekil 5.1 CHOT-2BM cihazı (a) ve numune alım makinası (b).	69
Şekil 5.2 Numune alım formu örneği.	70
Şekil 5.3 -300 Kuzeydoğu ve Güneybatı Kalın damar numunelerinin (1 ve 2 No.lu) alındığı sondaj yerleri.	71
Şekil 5.4 -300 Güneybatı Tavan damar numunelerinin (3 ve 4 No.lu) alındığı sondaj yerleri.	72
Şekil 5.5 Kuzeydoğu Altaşlı damar numunelerinin (5 ve 6 No.lu) alındığı sondaj yerleri.....	72
Şekil 5.6 Kuzeydoğu Kalın damar ve Kuzeydoğu Taşlı damar numunelerinin (7 ve 8 No.lu) alındığı sondaj yerleri.	72
Şekil 5.7 Kuzeydoğu Tavan damar numunesinin (9 No.lu) alındığı sondajın yeri.	73
Şekil 5.8 Numune alımında kullanılan ekipmanlar.	74
Şekil 5.9 Analizör cihazı.	74
Şekil 5.10 Numune alım kapları (kanisterler).	75
Şekil 5.11 Değirmen.	77
Şekil 5.12 Q ₂ ' , Q ₂ " ve Q ₃ ' değerlerinin yazıldığı gaz içeriği ölçüm formu örneği.	78
Şekil 5.13 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait toplam gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı değişimi.	92
Şekil 5.14 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait desorbe edilebilir gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı değişimi.....	92
Şekil 5.15 Fırın öncesi numuneler.....	94
Şekil 5.16 Kül fırını.....	95
Şekil 5.17 Fırın sonrası numuneler.	95
Şekil 5.18 Kül Analiz Formu örneği.	96
Şekil 5.19 Nem miktarı belirleme bardağı.	98
Şekil 5.20 Fırın.	98
Şekil 5.21 Nem içeriği tayin formu örneği.....	99
Şekil 5.22 Uçucu madde tayininde kullanılan kap.	100

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 6.1 Galeride (a) ve uzun ayakta (b) ferahlama bölgeleri.....	110
Şekil 6.2 Uzun ayak civarında ferahlamış kesimler	111
Şekil 6.3 Winter ve Gunther yöntemine göre komşu damarlardan gaz yayılma oranları ..	113
Şekil 6.4 Flügge ve Schuls yöntemine göre komşu damarlardan gaz yayılma oranları.....	114
Şekil 7.1 Langmuir (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi.	121
Şekil 7.2 Kim (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi.	121
Şekil 7.3 Ettinger (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi. .	122
Şekil A.1 Tavan Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.	129
Şekil A.2 Kalın Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.	130
Şekil A.3 Taşlı Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.	130
Şekil A.4 Alttaşlı Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.	131
Şekil B.1-300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	133
Şekil B.2 -300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	134
Şekil B.3 -300 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	135
Şekil B.4 -300 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	136
Şekil B.5 -300 Alttaşlı Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	137
Şekil B.6 -300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	138
Şekil B.7 -350 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	139
Şekil B.8 -350 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	140
Şekil B.9 -350 Taşlı Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.	141



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Metan gazının fiziksel özellikleri.....	14
Çizelge 3.1 USBM ve CSIRO-CET gaz içeriği verilerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 3.2 Ettinger eşitliğinde kullanılan sabitler	43
Çizelge 3.3 Creedy yaklaşımının uygulandığı çalışma sonuçları.....	44
Çizelge 4.1 ATİM imtiyaz sahası içindeki toplam rezerv miktarı	57
Çizelge 4.2 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında çalışan memur ve işçi sayıları	60
Çizelge 4.3 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında emekli olan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları	61
Çizelge 4.4 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında emekli olan pano ayak üretim (PAÜ) işçisi sayıları	61
Çizelge 4.5 01.01.2015 ile 31.12.2020 tarihleri arasında emekliliği hak edecek olan pano ayak üretim (PAÜ) işçisi sayıları	61
Çizelge 4.6 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında taşta ve kömürde yapılan ilerlemeler	62
Çizelge 4.7 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında gerçekleştirilen üretim miktarları ve gerçekleştirme oranları	63
Çizelge 4.8 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında işletme yöntemlerine göre tüvenan üretim miktarları	64
Çizelge 4.9 Amasra kömürlerinin parça boyutuna göre kimyasal özellikleri.	65
Çizelge 5.1 Numunelerin alındığı yerler.	73
Çizelge 5.2 -236/-300 Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan 7 adet numuneye ait birinci ölçüm Q2' değerleri.	76
Çizelge 5.3 -236/-300 Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan 7 adet numuneye ait ikinci ölçüm Q2'' değerleri.	76
Çizelge 5.4 Q ₂ 'nin birinci ve ikinci okumaları sonrasında kömürde kalan gaz (Q ₃ ').	78
Çizelge 5.5 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait Q2' verileri.	81
Çizelge 5.6 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait Q2'' değerleri.	83
Çizelge 5.7 Normalleştirme işlemleri sonucunda elde edilen çözülen gaz miktarları.	83

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.8 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_1)_N$ değerleri.....	85
Çizelge 5.9 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_3)_N$ değerleri.....	88
Çizelge 5.10 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik baca için q_{1bar} değerleri.	90
Çizelge 5.11 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait hesaplanan gaz içeriği değerleri.	91
Çizelge 5.12 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait tüm veriler.	93
Çizelge 5.13 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait kül analizi sonuçları.....	97
Çizelge 5.14 Nem içeriği tayin sonucu.	99
Çizelge 5.15 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik baca uçucu madde içerikleri. ...	102
Çizelge 5.16 Amasra kömür damarlarının petrografik analiz sonuçları.	102
Çizelge 5.17 Langmuir, Kim ve Ettinger eşitlikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar.	107
Çizelge 6.1 Winter yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.	115
Çizelge 6.2 Gunther yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.	116
Çizelge 6.3 Flügge yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.	116
Çizelge 6.4 Schulz yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.	117
Çizelge 7.1 Görgül eşitlikler ve Cerchar yöntemi ile elde edilen damar gaz içerikleri.	119
Çizelge 7.2 ATİM damarlarının çalışılması esnasında tahmini gaz geliri miktarları.	123

EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
EK A: Damar Stamları Ve Kömür Kalınlıkları.....	129
EK B: Gaz İçeriği Tayini Formları	133





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C_m	: Matris gaz derişimi
V_L	: Kuru, külsüz Langmuir hacim sabiti
p	: Basınç
P_L	: Langmuir basınç sabiti
P_B	: Kütlesel yoğunluk
q_{gm}	: Kömür matrisinden gaz üretim oranı
D	: Difüzyon katsayısı
V_m	: Matris hacmi
S_f	: Çatlak aralığı
$C(p)$	: Matris-mikro çatlak sınırında denge derişimi
$\text{\AA}$	: Angström
Q_t	: Temiz kömürün gaz miktarı
Q_y	: Yerinde kömürün gaz miktarı
K	: Kömürün kül miktarı
Q_1	: Kayıp gaz miktarı
Q_2	: Çözülen gaz miktarı
Q_3	: Kalıntı gaz miktarı
m	: Toplam numune ağırlığı
m'	: Öğütülen numune ağırlık
q	: t_1 ve $2t_1$ zaman aralığında gerçekleşen gaz yayılım miktarı
V	: Kabin boşluk hacmi
P_k	: $2t_1$ 'de kaptaki basınç
X	: Laboratuvarıde kap açılmadan önceki metan yüzdesi
X_0	: Yeraltında örneğın alındığı ortamdaki metan yüzdesi
P_j	: Yerüstü atmosfer basıncı
P_f	: Yeraltı atmosfer basıncı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

T_j	: Yerüstü sıcaklığı
T_f	: Yeraltı sıcaklığı
Q_k	: Kuru kömürün gaz içeriği
N	: Nem miktarı
Q_a	: Küllü kömürün gaz içeriği
V_{dp}	: Çözülen gaz hacmi
V_i	: Ölçüm zaman aralığının sonunda sızdırmaz kap içindeki gaz hacmi
V_f	: Birikmiş çözülen gaz hacmi bırakıldıktan sonraki kap içindeki gaz hacmi
P_{amb}	: Kap içindeki gazın ortam basıncı
T_{std}	: Standart sıcaklık
V_{amb}	: T_{amb} ve P_{amb} ’de boş alan hacmi
P_{std}	: Standart basınç
T_{amb}	: Kap içindeki gazın ortam sıcaklığı
Q_t	: Numunenin son gaz içeriği
M_t	: Numunenin havada kurutulmuş kütlesi
M_c	: Bilyalı değirmende öğütülmüş numunenin havada kurutulmuş kütlesi
T_s	: Sondajın kömür damarını delmesi ile numunenin sızdırmaz kaba alınması arasında geçen süre
$T_{25\%}$	: Sondajın kömür damarını delmesi ile ölçülen gaz hacminin %25'nin çözülmesi arasında geçen süre
N	: Hacimsel düzeltme faktörü
Q_D	: Çözülebilir gaz içeriği
Q_{TD}	: Toplam çözülebilir gaz içeriği
Q_s	: Langmuir sabiti
B	: Langmuir sabiti
P'	: Damar gaz basıncı, MPa
h	: Kömür damarının tavanındaki örtü tabakasının dikey kalınlığı
Q_{nem}	: Nemli kömürün gaz içeriği
$Q_{kül}$	: Küllü kömürün (yerinde kömürün) gaz içeriği
a	: Kömürün kül içeriği, % (ölçülen külün 1.1 katı alınır)
$\frac{V_N}{V_K}$	: Nemli ve kuru kömürde gaz soğurum hacmi değişim oranı (0.75 alınmaktadır)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

b	: Kim sabiti (0.14 alınmaktadır)
SK	: Kömürün sabit karbon içeriği
UM	: Kömürün uçucu madde içeriği
A	: Ettinger sabiti
P	: Damar gaz basıncı, atm
C	: Ettinger sabiti
e	: e sayısı = 2.72
n	: Sıcaklık faktörü
T'	: Sıcaklık
Q	: Damar gaz içeriği
S_n	: Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart sapması
Q'	: Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının aritmetik ortalaması
S_h	: Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart hatası
$(q_{des})_N$	: Desorbe edilebilir toplam gaz miktarı
$(q)_N$	: Numunenin toplam gaz miktarı
Q'_2	: Numune şişesi kapatıldıktan sonra yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı
Q''_2	: Q'_2 'nin ölçümüyle Q''_2 'nin ölçümü arasında salınan gazın miktarı
$(Q'_2)_L$	: Laboratuvarında yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı
V_{FI}	: Numune şişesinin hacmi
V_K	: Kömür numunesinin hacmi
C_{FI}	: Numune şişesindeki metan yüzdesi
C_V	: Maden havasındaki metan yüzdesi
T_L	: Laboratuvardaki sıcaklık
P_V	: Madendeki atmosfer basıncı
T_V	: Madendeki havanın sıcaklığı
P_L	: Laboratuvardaki atmosfer basıncı
$(Q'_2)_N$	: Birinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarı
$(Q''_2)_L$	: Laboratuvarında yapılan ikinci ölçümde okunan gaz miktarı
$(Q''_2)_N$	: İkinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarı
$(Q_1)_L = Q_a$	: Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasında salınan gaz miktarı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Q_b : Numune şişesinin kapatılmasıyla laboratuvardaki Q_2 ölçümü arasında numuneden yayılan gaz miktarı
- t_a : Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasındaki süre, s ($t_a = T_2 - T_1$)
- t_b : Numune alımıyla laboratuvardaki Q_2 ölçümü arasındaki süre, s ($t_b = (T'_3 - T_2)$)
- k_t : Desorpsiyon katsayısı (0.65)
- Q'_3 : Kömürün öğütülmesi sırasında kalan gaz miktarı
- Q''_3 : Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz miktarı
- $(Q'_3)_N$: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı
- $(Q'_3)_L$: Laboratuvardaki öğütme esnasında bürette okunan en yüksek gaz miktarı
- $(Q''_3)_L$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz miktarı
- m_3 : Numune miktarı
- $(q_{1bar})_L$: Laboratuvar koşulları altındaki q_{1bar} değeri
- C_M : Değirmendeki metan yüzdesi
- V_{Mf} : Öğütme tankının serbest hacmi
- V_M : Öğütme tankının hacmi
- V_{Md} : Öğütme çarkının hacmi
- ρ : Kömür yoğunluğu
- $(Q''_3)_N$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan normalleştirilmiş gaz miktarı
- m_2 : Tüvenan kömür numunesi miktarı
- m_3 : Değirmene alınan kömür numunesi miktarı
- $(q_{1bar})_L$: Laboratuvar koşullarında q_{1bar} değeri
- F : Uçucu madde, % (kuru ve külsüz olarak)
- $(q_{1bar})_U$: Yeraltı koşullarında q_{1bar} değeri
- W_L : Desorpsiyon sonrası su içeriği, % ($W_L = \%1$)
- W_U : Başlangıçtaki su içeriği
- T_U : Kayanın sıcaklığı
- $(q_{1bar})_{U,N}$: Yeraltı koşullarında normalleştirilmiş q_{1bar} değeri
- $(q_s)_N$: Adsorbe edilen toplam gaz içeriği
- $(q_1)_N$: Normalleştirilmiş kayıp gaz miktarı
- $(q_2)_N$: Normalleştirilmiş çözülen gaz miktarı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$(q_3)_N$	: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı
$(q_{1bar})_N$	: Normalleştirilmiş q_{1bar} değeri
A	: Numunenin kül içeriği
m_1	: Kabin boş ağırlığı
m_2	: Isıtma işlemi öncesinde numune ve kül kaplarının ağırlığı
m_3	: Isıtma işlemi sonrasında numune ve kül kaplarının ağırlığı
W	: Numunenin nem içeriği
m_E	: Kurutma işlemi öncesinde numunenin ağırlığı
m_R	: Kurutma işlemi sonrasındaki numunenin ağırlığı
F	: Uçucu madde içeriği
F_{DA}	: Kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği
Q_s	: Özgül gaz yayılması
Q_{tv}	: Tavandaki kaynaklardan toplam gaz yayılması
Q_{ay}	: Ayağın çalıştığı damardan yayılan gaz
Q_{tb}	: Tabandaki kaynaklardan toplam gaz yayılması

KISALTMALAR

ATİM	: Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi
CERCHAR	: Centre D'etudes Et De Recherches Des Charbonnages De France
DGI	: Damarın gaz içeriği
DYGM	: Damardan yayılacak gaz miktarı
EKİ	: Ereğli Kömür İşletmeleri
GDK	: Görece damar kalınlığı
GRI	: Gaz Araştırma Enstitüsü
GYO	: Gaz yayılma oranı
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
KZO	: Kayıp Zaman Oranı
MDM	: Modified Direct Methot (Değiştirilmiş Doğrudan Yöntem)
NIOSH	: National Institute For Occupational Safety And Health
TTK	: Türkiye Taşkömür Kurumu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
US	: United States
USBM	: United States Bureau Of Mines
YZO	: Yüzey Zaman Oranı



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Son yıllarda metan gazı varlığının yol açtığı tehlikeleri önlemek amacıyla çalışma yöntemlerinde yapılan değişikliklere, kullanılan makine ve ekipmanın modern teknolojiye uygun hale getirilmesine, düzenli yapılan ölçümlere, erken uyarı sistemlerine, nizamname ve tüzüklerin bu gelişmelere uygun şekilde düzenlenmesine rağmen metan gazına dayalı kazalar devam etmektedir. Kömür madenlerinde ilerleme hızları yüksek makine ve teçhizatın gelişmesi, daha derin kotlara doğru üretim alanlarının kayması, kömürün daha küçük parçalar halinde üretilmesi, metan gazı gelirin ocak havasına karışan miktarının artmasına neden olmakta ve bu durum tehlikeli çalışma ortamlarının oluşmasına yol açmaktadır (Arslan 2006).

Metan gazı kömürle birlikte oluşmaktadır. Kömürleşme sürecinin başlangıcında gazın büyük bir kısmı kaçmakta, kalan gaz kömürün bünyesinde adsorbe edilmiş şekilde dengede bulunmaktadır. Kömürlü bir sahada üretim için hazırlık çalışmaları başlayıp damara ve çevre kayalara müdahale edildiğinde denge bozulmakta ve adsorbe halde bulunan metan gazı emisyonu başlamaktadır. Bu gerçekten hareketle önlemlerin alınması açısından gazın miktarının bilinmesi, emniyetli çalışma koşullarının sağlanabilmesi için çok önemlidir (Arslan 2006).

Çalışmanın amacı; mekanize kazı hazırlıkları yapılan TTK (Türkiye Taşkömürü Kurumu) Amasra Müessesesi kömür damarlarının gaz içeriklerinin belirlenmesi ve üretim yapılması planlanan kömür damarları ile bu damarların altında ve üstünde bulunan diğer damarlardan yayılacak metan gazının toplam metan geliri üzerindeki etkisini belirlemektir. Elde edilecek olan verilerin, metan gazının kontrol altında tutulması çalışmalarında yol gösterici olması hedeflenmektedir. Hızlı ve çok miktarda üretim yapılacak olan mekanize kazı çalışmalarında açığa çıkacak metan gazı miktarının önceden belirlenmesi, ocak havalandırmasının planlanmasında büyük önem taşımaktadır.

Damar gaz içeriklerinin belirlenmesinde doğrudan ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda; kömür damarlarından örnekler alınarak, bu örneklerin kayıp gaz miktarları hesaplanmış, çözülen gazın ve kalıntı gazın miktarları ölçülerek, nem ve kül düzeltmelerinin ardından m^3/t cinsinden her bir damarın gaz içerikleri belirlenmiştir. Üretim çalışmaları esnasında karşılaşılabilecek muhtemel metan gelirinin tahmini çalışmalarında ise bu alanda kabul görmüş çeşitli görgül yöntemlerden istifade edilmiştir.

Amasra Müessesesi kömür damarlarının metan gazı içeriğini tespit etmek amacıyla -300 kotundan 6 adet sondajdan 44 adet, -350 kotunda 3 adet sondajdan 16 adet numune olmak üzere toplamda 9 adet sondajdan 60 adet numune alınmıştır. Yapılan çalışmalar Cerchar, Langmuir, Kim ve Ettinger yöntemlerine göre hesaplanarak elde edilen değerler çizelgeler halinde verilmiştir.

BÖLÜM 2

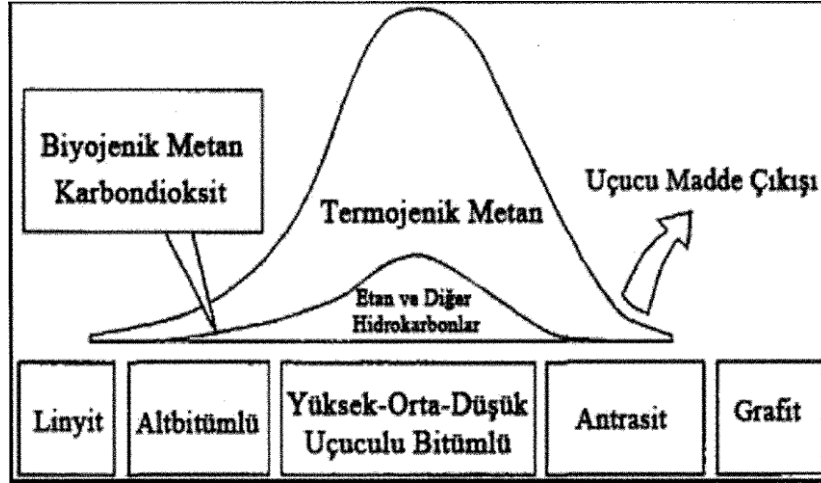
TAŞKÖMÜRÜNDE GAZ OLUŞUMU VE YAYILIMINA YÖNELİK GENEL BİLGİLER

Kömür organik ve inorganik bileşenlerden meydana gelen tortul bir kayadır. Ana elemanı karbon olan genel olarak %50 veya daha fazla oranlarda yanabilen madde içeren kayalar kömür olarak kabul edilmektedir. Ana elemanın karbon olması nedeniyle kömürleşme bataklıklarda başlayan karbon çevrimine çok bağlıdır. Kömürleşme genel olarak yüzey sularından ve havadan alınan CO₂'den ve ana bileşen olarak bitkilerden meydana gelir (Arslan 2006).

Organik ve inorganik bileşenlerin bataklıklarda 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, nem miktarı, petrografik bileşimler gaz basıncı, sıcaklık gibi etmenlere bağlı olarak değişmektedir (Arslan 2006).

2.1 KÖMÜRLEŞME VE GAZ OLUŞUMU

Bitkiler, kömürleşme evresinde, daha önceden oluşmuş bataklıklarda, ayrışmaya uğramayacak hızda, bataklıkta önceden birikmiş olan bitkilerin üstünde birikmeye başlarlar ve kompakt bir yapı oluştururlar. Bitkiler önce turbaya dönüşür ve bu sırada bünyelerinde bulundukları 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 biyogenik metan oluşumu gerçekleşir. Daha sonra sıcaklığın bakterilerin yaşayabileceği sınırı geçmesiyle termojenik metan oluşumu başlar (Şekil 2.1) (Osman 2014).

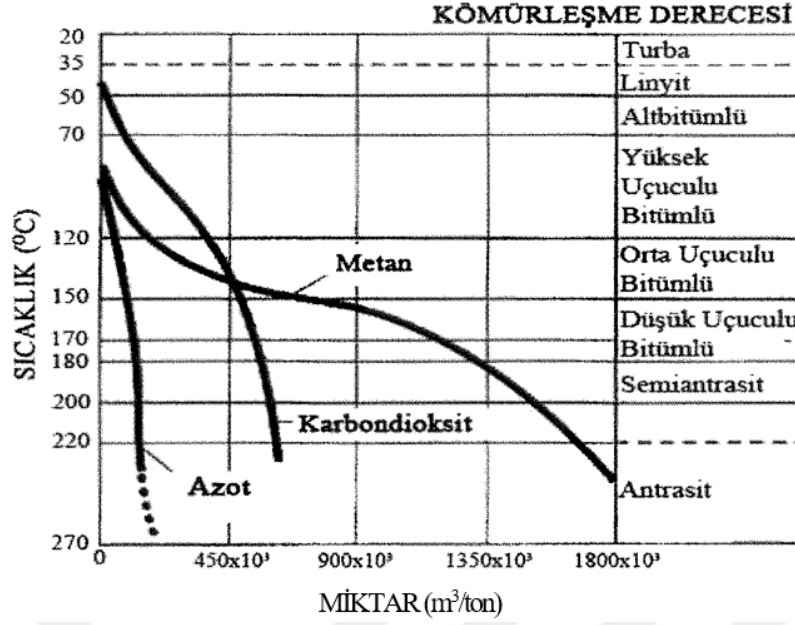


Şekil 2.1 Biyojenik ve termojenik metan oluşumu (Oskan 2014).

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 (Oskan 2014).

Kömürleşmenin ilk evreleri boyunca, bakterilerin solunumu sonucunda biyojenik metan oluşur. Aerobik bakteriler, öncelikle çevredeki sedimanların ve bitkilerin oluşturduğu serbest oksijeni metabolize ederler. Daha sonra anaerobik solunum sırasında, anaerobik (oksijensiz ortamda yaşayabilen) bakteriler karbondioksit ve metan üretirler (Oskan 2014).

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 oluşurken, 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) (Oskan 2014).



Şekil 2.2 Metan ve karbondioksitin kömürleşme derecesi ile ilişkisi (Oskan 2014).

2.2 KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Kömürün, heterojen ve anizotropik (eşyönsüz) 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 (Oskan 2014).

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 gözenegın içini doldurduğunda gözenegın alabileceğı maksimum kapasiteye ulaşır. Depolanmış gaz daha sonra gaz çözülmelerin (desorbe olması) devam etmesi ve mikro çatlak sistemlerin hareket etkisiyle gözeneklerden dışarı çıkar (Oskan 2014).

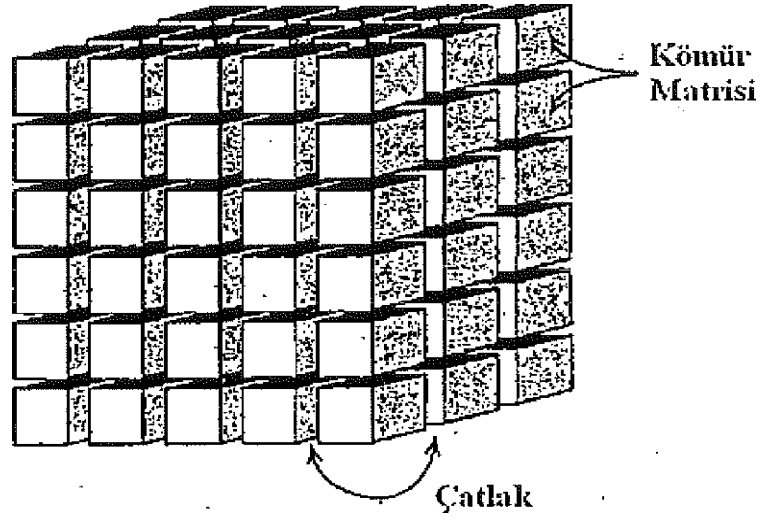
2.3 KÖMÜRÜN GAZ TAŞIMA (İLETİM) MEKANİZMASI

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

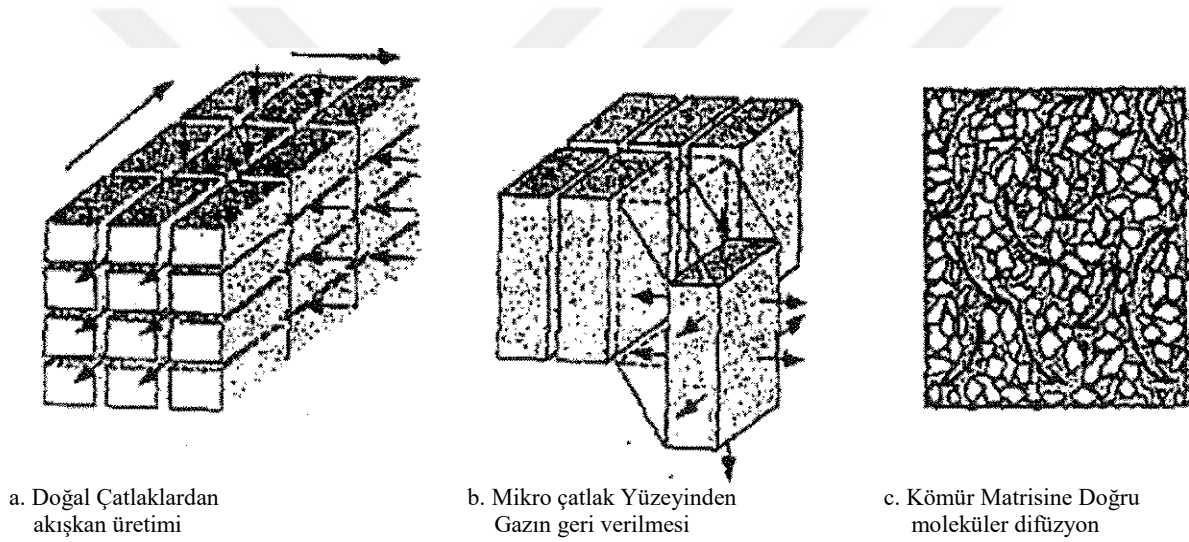
2.3.1 Kömürün Yapısı

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 (cleat) 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 (Oskan 2014).

Kömürde mikro gözenekler de mevcuttur. Bu gözeneklerin genişlikleri 5 ile 10 Angström (Å) 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). 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 (Oskan 2014).

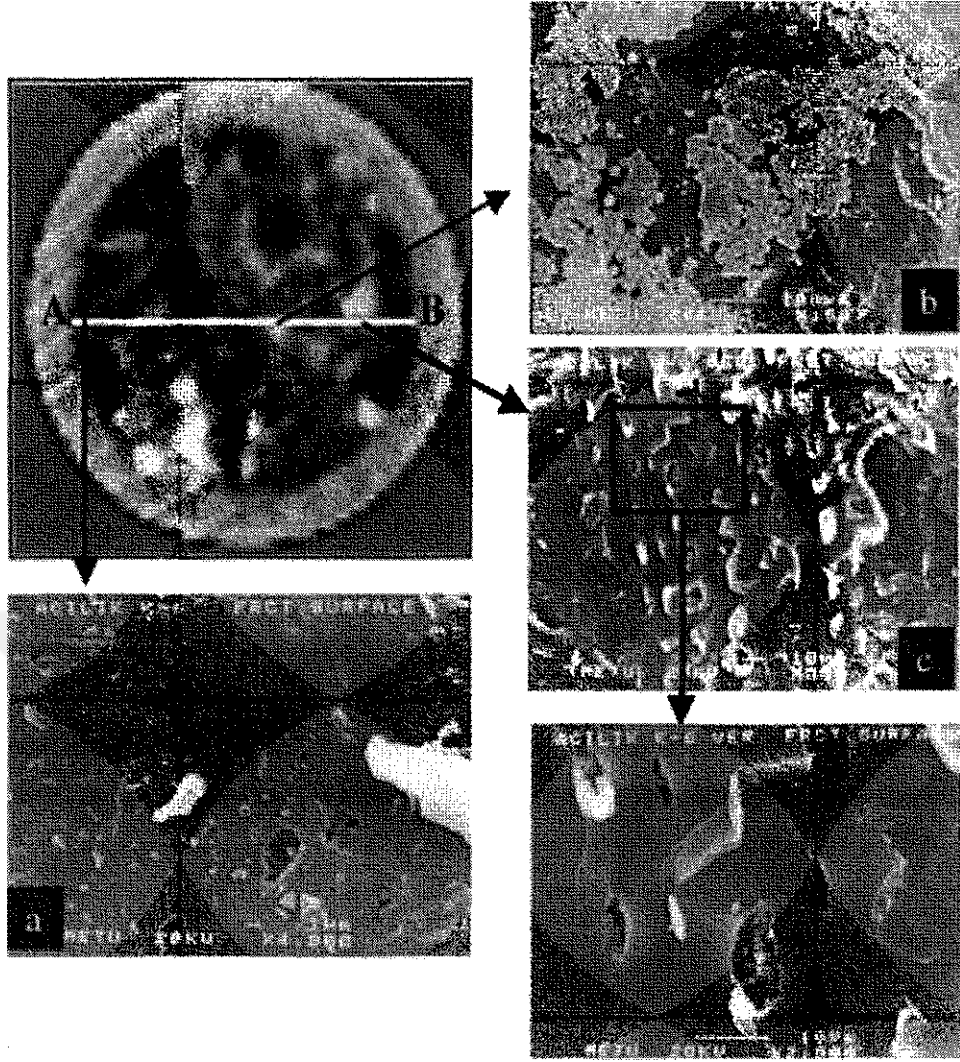


Şekil 2.3 Kömürün çiftli gözenek sistemi (Oskan 2014).



Şekil 2.4 Kömürdeki gazın transfer sistemi (Oskan 2014).

Karacan ve Okan 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 (Oskan 2014).

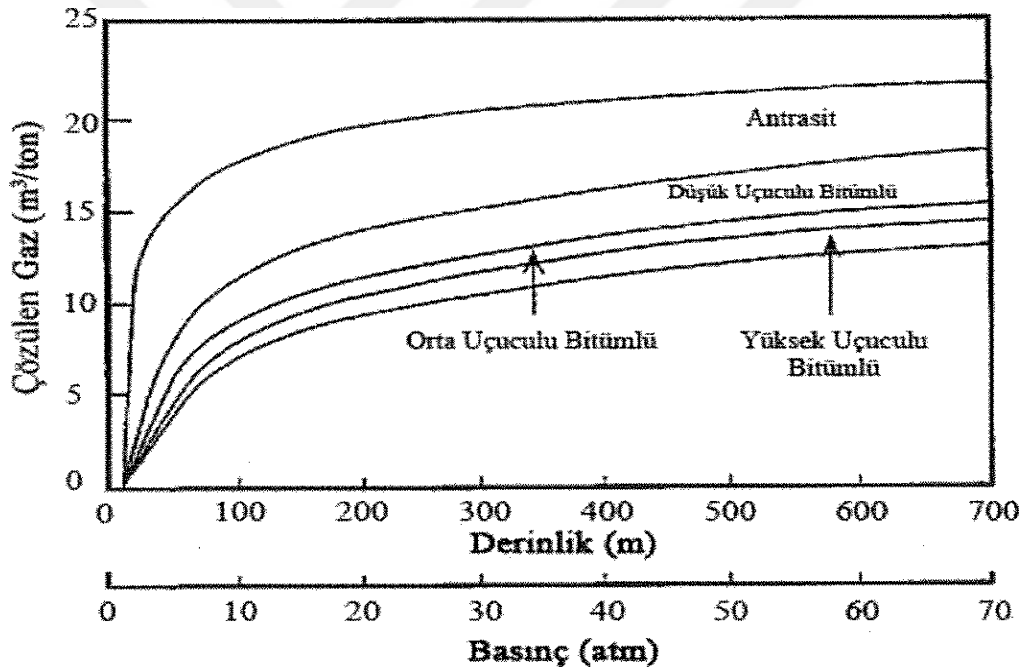
2.3.2 Kömürün Gaz Taşıma Mekanizması

Kömür içinde bulunan gazın büyük bir çoğunluğu çatlaksız kömür matrisinin iç yüzeyine adsorbe edilmiştir. gaz emisyonu genel olarak üç aşamada gerçekleşmektedir (Oskan 2014):

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 (desorpsiyon) izotermi kömür matrisi içinde adsorbe edilmiş gaz derişimi ile mikro çatlak sistem içinde bulunan serbest gaz basıncı arasındaki ilişkiyi tanımlar. İlk defa Kim (1977), adsorbe edilmiş gazın geri verilmesi karakteristiğinin kömürün özelliklerine göre değiştiğini göstermiştir Kömürleşme derecesine bağlı Kim'in 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 izotermilerin tanımlanabilmesi için sondajdan alınan örneklerin iyi seçilmiş olması (tüm kömürü temsil edecek şekilde olması) gerekmektedir (Oskan 2014).



Şekil 2.6 Kömürleşme derecesine göre izoterm eğrileri (Oskan 2014).

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. Basınç ile gaz derişimi arasındaki bağlantı doğrusal olmayan bir fonksiyondur ve Langmuir Eşitliği (Eşitlik 2.1) ile (Oskan 2014).

$$C_m = \frac{V_L \times p}{P_L \times p} \times (0.031 \times P_B) \quad (2.1)$$

C_m : Matris gaz derişimi, m³/t

V_L : Kuru, külsüz Langmuir hacim sabiti, m³/t

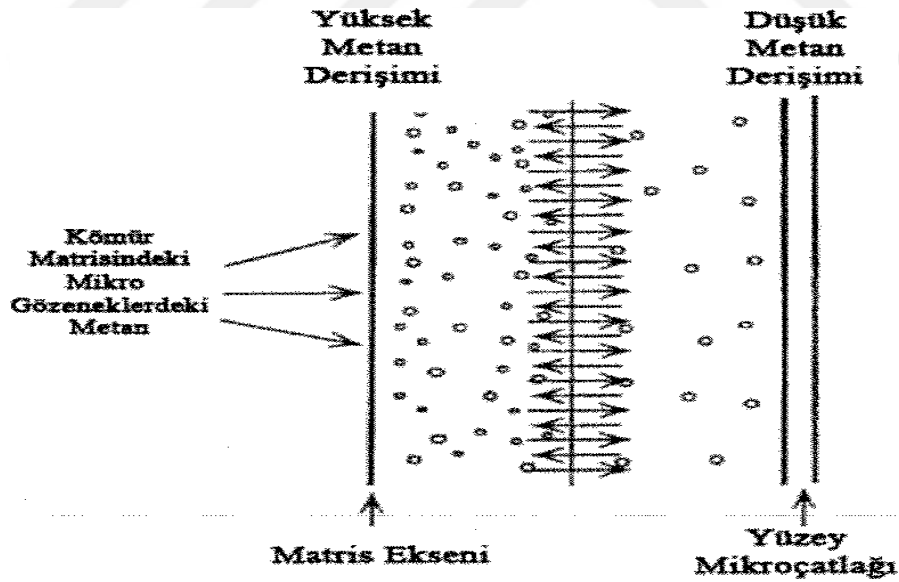
p : Basınç, atm

P_L : Langmuir basınç sabiti, atm

P_B : Kütlesel yoğunluk, g/cm³

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 (Oskan 2014). Kömür matrisinin içinde gerçekleşen metan difüzyonu Şekil 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Metanın kömür içindeki difüzyonu (Oskan 2014).

Mikro gözenek sistemindeki difüzyon Eşitlik 2.2'de açıklanmaktadır ve bu denklem Fick kanunundan türetilmiştir (Saulsberry et al.1996, Alptekin'den 2009).

$$q_{gm} = \frac{8 \times \pi \times D \times V_m}{s_f^2} \times C_m - C(p) \quad (2.2)$$

q_{gm} : Kömür matrisinden gaz üretim oranı, m³/gün

D : Difüzyon katsayısı, m/gün

V_m : Matris hacmi, m³

s_f : Çatlak aralığı, m

C_m : Matris gaz derişimi, m³

$C(p)$: Matris-mikro çatlak sınırında denge derişimi, m³

Eşitlik 2.2, 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. Difüzyon etkisi, gaz adsorpsiyon süresinin T (gün), belirlenmesi ile ölçülür (Eşitlik 2.3) (Oskan 2014).

$$T = \frac{s_f^2}{8 \times D \times \pi} \quad (2.3)$$

s_f : Çatlak aralığı, m

D : Difüzyon katsayısı, m/gün

Bu denklem silindirik matris elemanları için uygun olan şekil faktörünü içerir. Schwerer ve arkadaşları, silindirik matris elemanlarının, kömürdeki difizyonu modellemek için yeterli olacağını göstermiştir. Gaz adsorpsiyon süresi, kömürün gaz içeriği testlerinden bulunur (Oskan 2014).

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 (Oskan 2014):

- 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 göreli geçirgenlik denir. Rezervuarlarda, olabilecek her türlü doymuşluk değeri için etken geçirgenliği bulmak amacı ile göreli geçirgenlik eğrileri kullanılır, çünkü akışkanların etken geçirgenlikleri doymuşluklarının bir fonksiyonudur (Oskan 2014).

2.3.2.4 Göreli 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 göreli geçirgenlik, rezervuardaki gaz ve suyun göreli akışını kontrol eder. Bu yüzden analiz edilen kömürün göreli geçirgenliğinin belirlenmesi çok önemlidir. Reznik ve Dabbous 1970'lerde yaptıkları çalışmalarda kömür mikro çatlak sistemindeki hava su göreli geçirgenlik karakteristiklerinin belirlenmesi için karot testlerinin kullanılmasını önermişlerdir. Gaz ve su akışı birbirine bağlı mikro çatlak ağında gerçekleştiği için, kömürün göreli geçirgenliği mikro çatlak özelliklerinin bir fonksiyonudur (Oskan 2014).

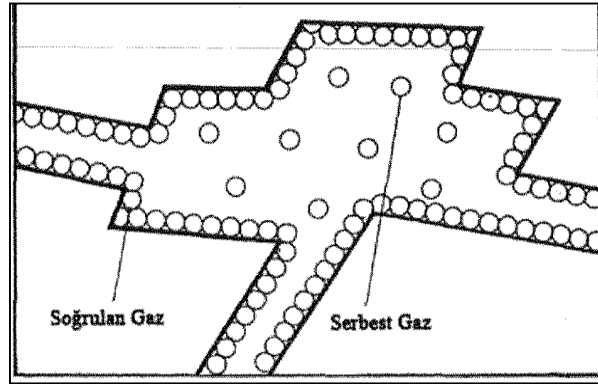
2.4 METAN GAZININ KÖMÜR İÇİNDE DEPOLANMASI

Kömürde yüksek basınç altında aşırı miktarda metan gazı bulunur. Kömür, hacminin 1 ila 40 katı kadar metanı içinde tutabilir. Yee ve arkadaşları, kömür oluşumlarında mevcut metan gazını gözeneklerde yoğun ve bir sıvıya benzer şekilde akıcı bulunduğunu söylemişlerdir. Bu gözenekler boyutlarına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır (Ökten ve Didari 1991).

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

1 gr kömürdeki toplam yüzey alanı 20-200 m² (genelde 90 m²) kadar olup, mikro gözenekler bu alanın yaklaşık %95'ini oluştururlar. Kömür için gözenek hacminin 0.01 ile 0.11 m³/t arasında değiştiği hesaplanmıştır (Çakır 1994, Yalçın ve Durucan 1984, Ökten ve Didari 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. Bunlar "içe tutunma" (absorpsiyon) ve "yüzeye tutunma" (adsorpsiyon) olarak tanımlanmaktadır. 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 yüzeylere adsorbe olan gaz molekülleri oluşturur. Kömürde adsorpsiyon ile biriken gazın miktarı iç yüzey alanının ölçümü ile hesaplanır. İç 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 1984, Ökten 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. Kömür gözeneklerinde tutunmuş ve serbest durumda bulunan gaz moleküllerinin sembolik gösterimi Şekil 2.8'de, metan gazının fiziksel özellikleri ise Çizelge 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2.8 Kömür gözeneklerinde metan molekülleri (Ökten ve Didari 1991).

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

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

2.5 KÖMÜRÜN METAN İÇERİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

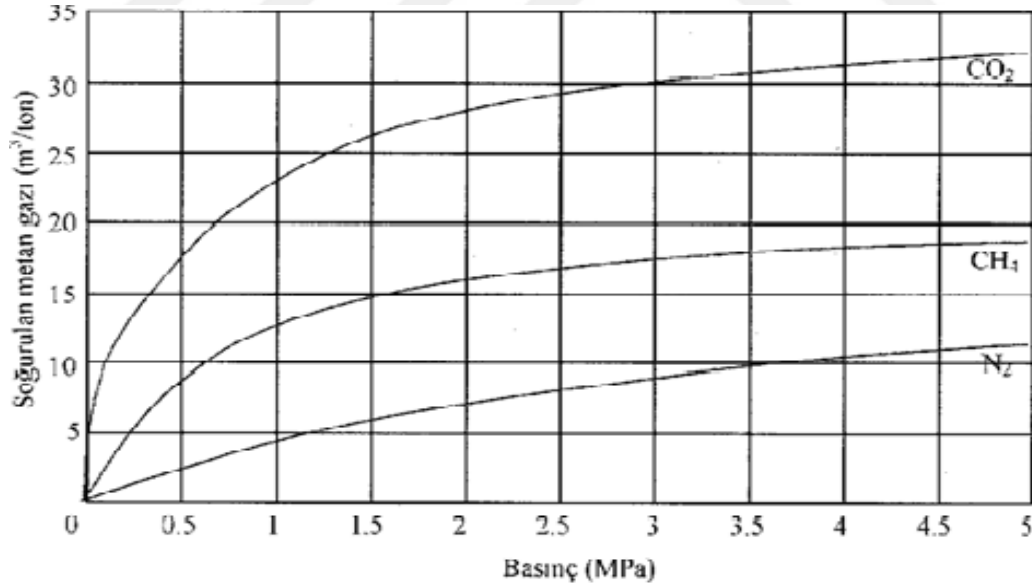
Bir kömür damarının soğurabileceği metan miktarını etkileyen faktörler; kömürleşme derecesi, sıcaklık, nem miktarı, kül miktarı petrografik bileşim ve de gaz basıncı şeklindedir. İzoterm (eş sıcaklık) eğrileri ile bu faktörlerin gaz soğurma kapasitesini ne şekilde etkilediğini açıklamak mümkündür. İzoterm 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). Şekil 2.10'da ise uçucu madde miktarına bağlı olarak soğurulan gaz

grafiği yer almaktadır. Grafikten de görülebileceği gibi uçucu madde miktarı arttıkça soğurulan gaz miktarı azalmaktadır.

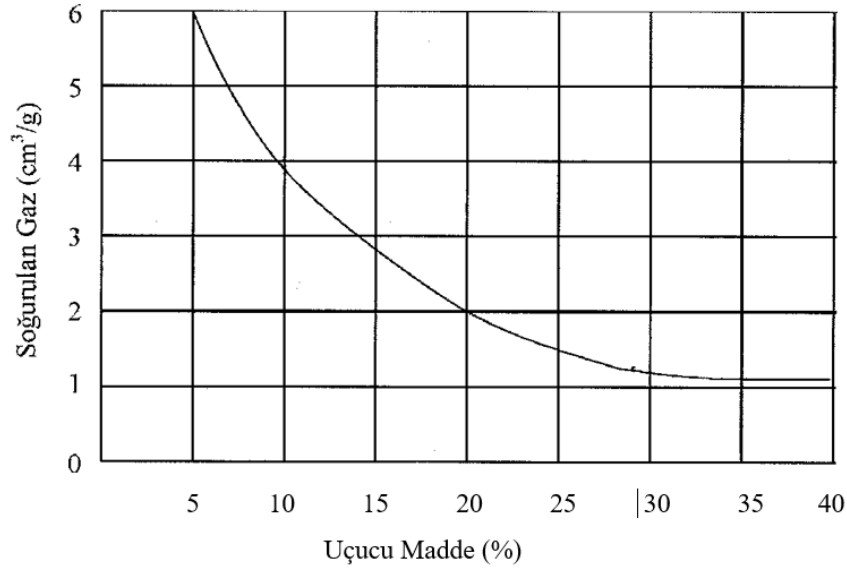
2.5.1 Kömürleşme Derecesi

Kömürleşme derecesi (rank) genellikle sabit karbon, uçucu madde miktarına bağlı olarak belirtilmektedir. Sabit karbon içeriğinin yüksek uçucu maddenin ise düşük olması kömürleşme derecesinin yükseldiğini göstermektedir (Ökten ve Didari 1991).

Kömürün bileşimi onun adsorpsiyon kapasitesini etkiler. En düşük dereceli kömürlerden en yüksek dereceli kömüre doğru gittikçe kömürleşmeye bağlı olarak gaz adsorpsiyonunda yükseliş görülür. Amerika'da yapılan bir laboratuvar çalışmasında 50 atm basınç altında kalan %41.3 uçucu maddeli Pittsburgh kömürünün $95.4 \text{ m}^3/\text{t}$, %15.9 uçucu maddeli Pocahontas kömürünün yaklaşık $180 \text{ m}^3/\text{t}$, Pennsylvania antrasitinin $180 \text{ m}^3/\text{t}$, grafitin $10.5 \text{ m}^3/\text{t}$ metan gazını adsorbe ettiği tespit edilmiştir. Bu verilerden hareketle yüksek ranklı kömürlerde fazla miktarda gaz adsorbe edildiği söylenebilir (Güney 1972).



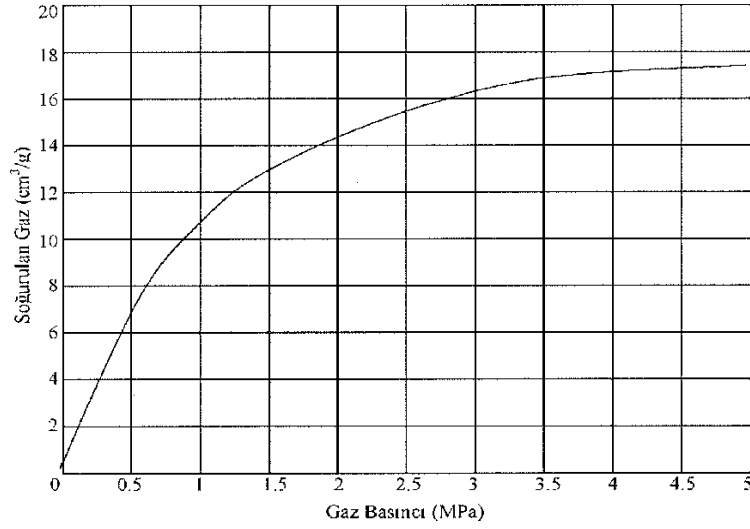
Şekil 2.9 İzoterm eğrileri (Boxho et al. 1987).



Şekil 2.10 Farklı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin soğurabileceği metan miktarları (Ökten ve Didari 1991).

2.5.2 Gaz Basıncı

Farklı Jeolojik zaman farklı dönem ve farklı derinliklerde oluşan kömürler, değişik gaz basıncında metan içerirler. Yüzeyden derin kotlara doğru gittikçe artan statik basınç ile birlikte atmosfere kaçak olma ihtimali düşeceğinden metan içeriği ve de gaz basıncı 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 homojen olmayan yapısından dolayı, aynı kömürleşme derecesine sahip kömürlerin sabit basınç altında değişik miktarlarda gaz salınımı yaptıkları gözlenmiştir (Ökten ve Didari 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). Şekil 2.11'de; %32.3 uçucu madde, %5.9 kül ve %0.8 neme sahip bir kömür örneğinin eşsıcaklık eğrisi verilmiş olup, 2.5 MPa basınçta kömürün, soğurabileceği gaz miktarının yarıdan fazlasını soğurduğu görülmektedir.

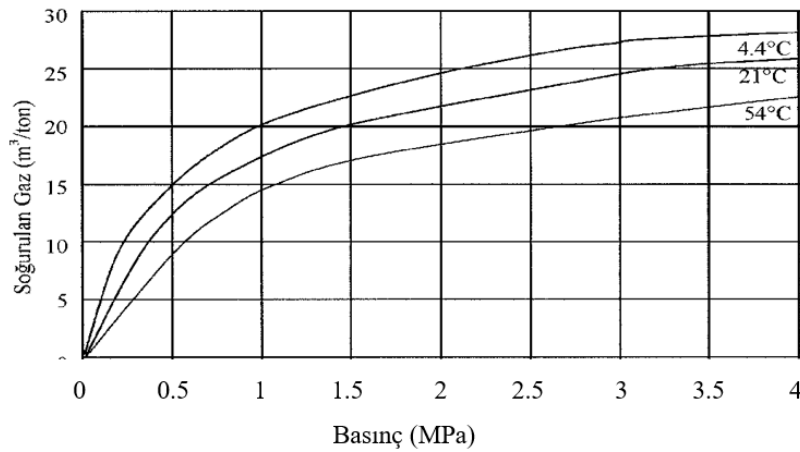


Şekil 2.11 Kömür örneğinin soğurabileceği gaz miktarının gaz basıncına bağlı olarak değişimi (Ökten ve Didari 1991).

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'lık sıcaklık artışı için soğurulan gaz miktarının %0.8 oranında azaldığını göstermiştir (Ökten ve Didari 1991). Kanada'da yürütülen bir çalışmanın sonucunda sıcaklık değişimlerinin soğurulan gaz miktarı üzerindeki etkisini gösteren ilişkiler Şekil 2.12'de yer almaktadır.

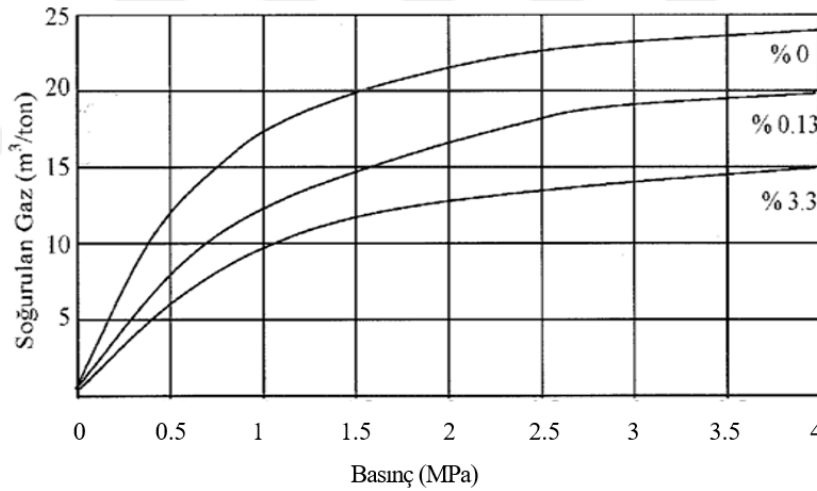


Şekil 2.12 Sıcaklık değişimlerinin soğurulan gaz miktarına etkisi (Ökten ve Didari 1991).

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 (Ökten ve Didari 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 2.4 yardımı ile hesaplanmaktadır (Boxho et al. 1987).

$$Q_t = \frac{Q_y}{(1 - 0.01) \times K} \quad (2.4)$$

Q_t : Temiz kömürün soğurabileceği gaz miktarı, m³/t

Q_y : Yerinde kömürün soğurabileceği gaz miktarı, m³/t

K : Kömürün kül miktarı, %

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).

2.6 METAN GAZININ YAYILIMI

Bakır kömür damarları içerisinde depolanmış olan metan gazının basıncı atmosferik basınçtan yüksektir ve sistem denge durumundadır. Doğal gerilmeler altında gerek kömür ve gerekse çevre kayaların 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 basıncı düşünceye ya da tabakaların yeniden yüklenmesi sonucunda akış yolları kapanıncaya dek sürmektedir (Didari 1988b).

BÖLÜM 3

KÖMÜR DAMARI GAZ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Kömür üretimi esnasında ocak havasına yayılan metan gazı, patlayıcı ve boğucu olması nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından önem arz etmektedir. Yayılan bu gaza karşı önceden önlem alınabilmesi için kömür damarının gaz içeriğinin bilinmesi önemlidir. 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 dizesi 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 arınlarla sondaj yapılmaktadır. Sondajın farklı derinliklerinden karot ya da kırıntı şeklinde Örnekler alarak sızdırmaz kaplar içerisinde laboratuvara taşınmakta ve yine sızdırmaz bir değirmende öğütülmektedir.

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 laboratuvarında bir değirmende öğütülmesi sırasında çıkan gaz miktarı Q_3 ise, kömür örneğinin çözülebilir toplam gaz miktarı Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmaktadır (Bertard et al. 1970).

$$Q_y = \frac{Q_1 + Q_2}{m} + \frac{Q_3}{m'} \quad (3.1)$$

- Q_y : Yerinde kömürün gaz içeriği, cm^3/g
 Q_1 : Kayıp gaz miktarı, cm^3
 Q_2 : Çözülen gaz miktarı, cm^3
 Q_3 : Kalıntı gaz miktarı, cm^3
 m : Toplam numune ağırlığı, g
 m' : Öğütülen numune ağırlık, g

En sonunda nem ve kül düzeltmeleri yapılarak sonuçta temiz kömürün gaz içeriği elde edilmektedir.

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 Eşitlik 3.2 ile hesaplanmaktadır (Bertard et al. 1970).

$$Q_1 = 3.4 \times q \quad (3.2)$$

- Q_1 : Kayıp gaz miktarı, cm^3
 q : t_1 ve $2t_1$ zaman aralığında gerçekleşen gaz yayılım miktarı, cm^3

q ise Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$q = \frac{V \times P_k}{P_f} \quad (3.3)$$

- q : t_1 ve $2t_1$ zaman aralığında gerçekleşen gaz yayılım miktarı, cm^3
 V : Kabin boşluk hacmi, cm^3
 P_k : $2t_1$ 'de kaptaki basınç, atm
 P_f : Yeraltı atmosfer basıncı, cmHg

3.2.1.2 Çözülen Gazın (Q₂) 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 Eşitlik 3.4 ile hesaplanmaktadır (Bertard et al. 1970).

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

Q₂ : Çözülen gaz miktarı, cm³

V : Kabin boşluk hacmi, cm³

X : Laboratuvarda kap açılmadan önceki metan yüzdesi, %

X₀ : Yeraltında örneğin alındığı ortamdaki metan yüzdesi, %

3.2.1.3 Kalıntı Gazın (Q₃) Belirlenmesi

Kömür örneğinin sızdırmaz bir değirmende öğütüldüğü sürede yayılan gaz "kalıntı gaz" olarak adlandırılmakta ve Eşitlik 3.5 yardımı ile hesaplanmaktadır (Çakır ve Didari 1996).

$$Q_3 = Q'_3 \times \left(\frac{P_j}{P_f} \right) \times \left(\frac{T_f}{T_j} \right) \quad (3.5)$$

Q₃ : Kalıntı gaz miktarı, cm³

Q'₃ : Ölçülen gaz miktarı, cm³

P_j : Yerüstü atmosfer basıncı, cmHg

P_f : Yeraltı atmosfer basıncı, cmHg

T_j : Yerüstü sıcaklığı, °K

T_f : Yeraltı sıcaklığı, °K

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). Nem düzeltmesi Eşitlik 3.6 yardımıyla hesaplanmaktadır.

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

Q_k : Kuru kömürün gaz içeriği, cm³/g
 Q_y : Nemli kömürün gaz içeriği, cm³/g
 N : Nem miktarı, %

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

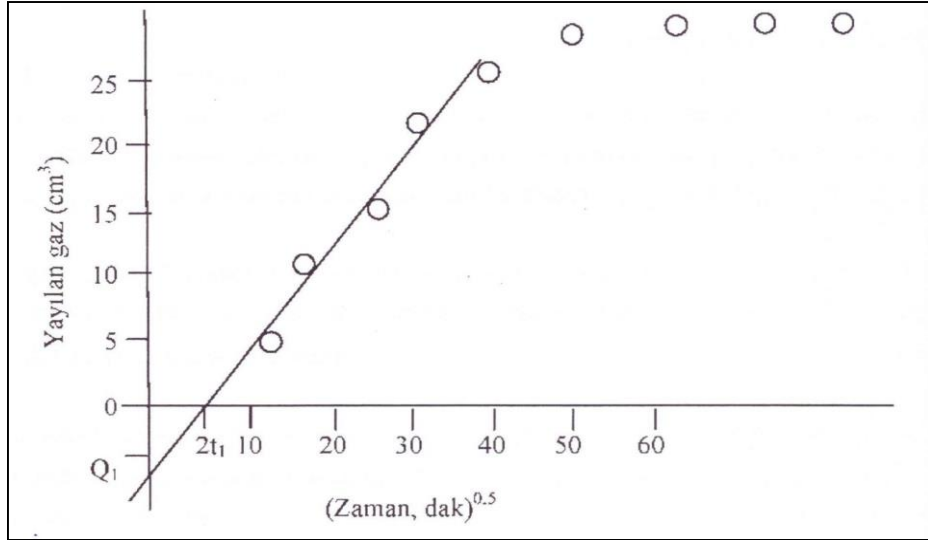
$$Q_t = \frac{Q_a}{1 - (0.01 \times K)} \quad (3.7)$$

Q_t : Temiz kömürün gaz içeriği, cm³/g
 Q_a : Küllü kömürün gaz içeriği, cm³/g
 K : Kül miktarı, %

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 yan 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 çözülün 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).

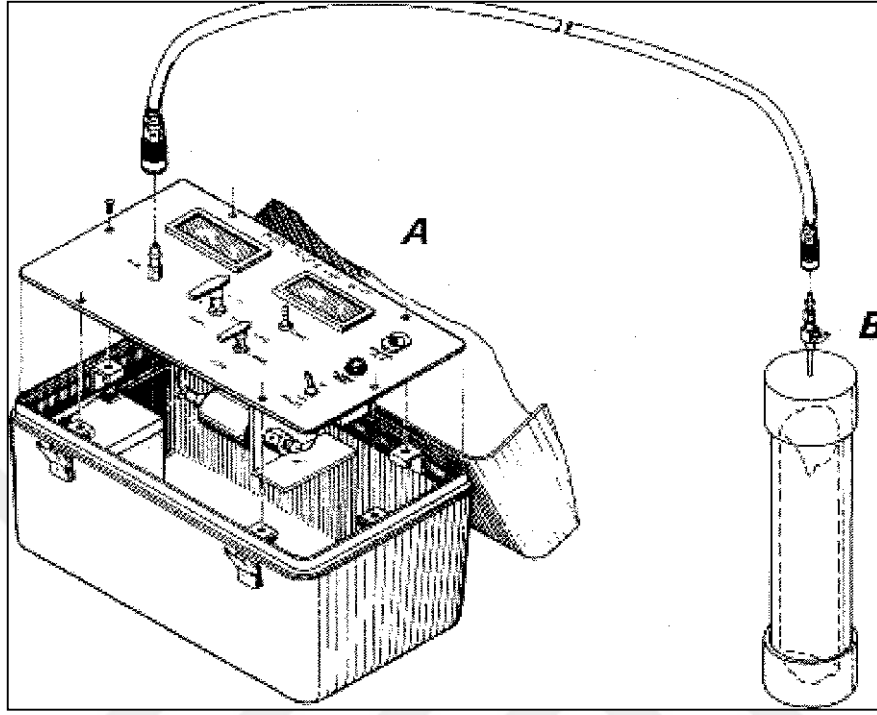
Örnek daha sonra sızdırmaz bir değirmende 1 saat kadar öğütülerek kalıntı gaz miktarı ölçülmekte ve elde edilen tüm yayılım değerleri bir araya getirilerek damarın gaz içeriği hesaplanmaktadır (Feng et al. 1984).

3.2.3 NIOSH Değiştirilmiş USBM Yöntemi

1980'lerin başlarında, USBM'de yağlı şeyl 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 normal şartlar altında sızdırmaz kaba salınan gazın hacmini hesaplamak için diferansiyel basınç ölçümünü (ölçümler arasındaki basınç okumaları) ve ideal gaz kanununu kullanmaktadır (Diamond et al. 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 terk

edilmiştir. Cihazın küçük boyutlu oluşu ve sağlamlığı hem sahada kullanımını, hem de laboratuvarında kullanımını kolaylaştırmaktadır (Şekil 3.2) (Diamond et al. 2001).



Şekil 3.2 (A) NIOSH değiştirilmiş USBM yöntem test cihazı (MDM) (B), sahaya özel PVC sızdırmaz kap (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 (1977), metan gazından sonra kömür kökenli gaz bileşenlerin çoğunlukla CO_2 ve N_2 olduğunu söylemiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Doğuda Pittsburgh kömür havzasında ve Fruitland kömür havzası da dahil olmak üzere batıda çeşitli kömür havzalarında yaygın olarak CO_2 bulunmuştur. Ayrıca Çin Halk Cumhuriyeti, Avustralya ve Polonya kömür havzalarında CO_2 konsantrasyonunun yüksek olduğu bilinmekte olup, kömür kökenli gazların diğer bileşenleri de az miktarda yüksek hidrokarbonlar (öncelikle etan) H_2 ve He 'dir (Diamond et al. 2001).

MDM'nin bir parçası olarak geliştirilmiş bir diğer yenilik ise polivinil klorür (PVC) malzemeden imal edilen sızdırmaz kapların kullanılmasıdır. Kabın iç çapı karot örneklerinin dış çapına mümkün oldukça yakın boyutta olmaktadır. Sızdırmaz kabın alt kısmı ile PVC

boru birleştirmekte ve birleştirilen kısmının sızdırmaz olduğunu görmek için laboratuvarda test edilmektedir (Diamond et al. 2001).

Sahada alınan kömür numunesinin sızdırmaz kaba tam olarak yerleşmesi esnasında PVC boru; kap içindeki boş alanı azaltmak için numune boyutuna uygun olarak kesilmekte, daha sonra sızdırmaz kabın, şekil 3.2 de gösterildiği gibi, bağlantı kesme vana takımı ile donatılmış üst kısmına sıkıca yapıştırılmakta ve böylece sızdırmazlık sağlanmaktadır (Diamond et al. 2001).

MDM uygulaması kömür numuneleri için, bir numunenin kayıp (Q_1),  z len (Q_2) ve kalıntı (Q_3) gaz bileşenlerinin tayinini içerir. Orijinal USBM yönteminde olduğu gibi, kayıp gaz (Q_1) şekil 3.1'de gösterildiği gibi  l lmektedir. Normal şartlar altında üzülen gaz hacmi (V_{dp}) değerleri ise Eşitlik 3.8 ile belirlenmektedir.

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

V_{dp} :  z len gaz hacmi, cm^3

V_i : Ölüm zaman aralığının sonunda sızdırmaz kap içindeki gaz hacmi, cm^3

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

V_i ve V_f ; ideal gaz yasasına göre normal şartlar altında Eşitlik 3.9 ile hesaplanmaktadır:

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

V_i : Ölüm zaman aralığının sonunda sızdırmaz kap içindeki gaz hacmi, cm^3

V_f : Birikmiş üzülen gaz hacmi bırakıldıktan sonra kap içindeki gaz hacmi, cm^3

P_{amb} : Kap içindeki gazın ortam basıncı, atm

T_{std} : Standart sıcaklık, $ C$

V_{amb} : T_{amb} ve P_{amb} 'de boş alan hacmi, cm^3

P_{std} : Standart basınç, atm

T_{amb} : Kap içindeki gazın ortam sıcaklığı, $ C$

MDM ölçüm ve hesaplama tekniğinin bir avantajı kap içindeki boş alan etkisi düzeltilmesinin hesaplamasının içinde yer almasıdır. Negatif çözülen gaz hacmi (V_{dp}) değerleri, pozitif değerleri gibi, kolaylıkla ölçülür. Suyun yer değiştirmesini esas alan yöntemden 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 USBM yöntemi testi için tanımlanan yavaşlama noktasına ulaşana kadar devam etmesine izin verilir. Çözülen gaz hacmi (Q_2) 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_3) 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).

$$Q_t = \frac{Q_1 + Q_2}{M_t} + \frac{Q_3}{M_c} \quad (3.10)$$

Q_t : Numunenin son gaz içeriği, cm^3/g

Q_1 : Kayıp gaz, cm^3

Q_2 : Çözülen gaz, cm^3

Q_3 : Kalıntı gaz, cm^3

M_t : Numunenin havada kurutulmuş kütlesi, g

M_c : Bilyalı değirmende öğütülmüş numunenin havada kurutulmuş kütlesi, g

Sızdırmaz kaplarda meydana gelen yaygın bir sorun ya oksidasyon ya da adsorpsiyon yoluyla oksijen tüketimlerinin olmasıdır (Kim 1973). Her MDM çözülme ölçümlerinde numunelerden gaz örnekleri alınmıştır. Bu gaz örneklerin bileşim analizleri olmadan, oksijen tüketimi ve metan çözülmeleri arasındaki net hacim değişimi çözülen metanın hacmini daha düşük gösterir. Alternatif olarak, oksijen tüketimi problemi bir soygaz ile numune kaplarını temizleyerek ortadan kaldırılabilir 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

(desorpsiyon) 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 bu su deplasman ölçüm yönteminin odağı olmuştur. Bu yöntemde gaz çözölmeleri bittikten sonra kömür kırıntılarında kalan gazın çok az olduğu kabul edilir, bu nedenle kalıntı gaz hesaplaması yapılmaz. Kömür kırıntılarında gaz çözölme 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) ile kayıp zaman oranına (KZO) dayanmakta olup, bu oranlar Eşitlik 3.11 ve Eşitlik 3.12 ile hesaplanmaktadır.

$$YZO = \frac{T_s - T_D}{T_s} \quad (3.11)$$

$$KZO = \frac{T_s}{T_{25\%}} \quad (3.12)$$

YZO : Yüzey zaman oranı, s

KZO : Kayıp zaman oranı, s

T_s : Sondajın kömür damarını delmesi ile numunenin sızdırmaz kaba alınması arasında geçen süre, s

T_D : Sondajın kömür damarını delmesi ile numunenin yüzeye alınması arasında geçen süre, s

$T_{25\%}$: Sondajın kömür damarını delmesi ile ölçülen gaz hacminin %25'nin çözölmesi arasında geçen süre, s

Daha sonra eğilim değeri hesaplanmış KZO'dan bir hacimsel düzeltme faktörü (N) tespit edilmekte, kayıp gaz dahil toplam gaz içeriği (Q_t) Eşitlik 3.13 ile ve kayıp gaz (Q_1) Eşitlik 3.14 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_t = N \times Q_2 \quad (3.13)$$

$$Q_1 = Q_t - Q_2 \quad (3.14)$$

Q_t : Toplam gaz içeriği, cm^3

N : Hacimsel düzeltme faktörü

Q_2 : Çözülen gaz, cm^3

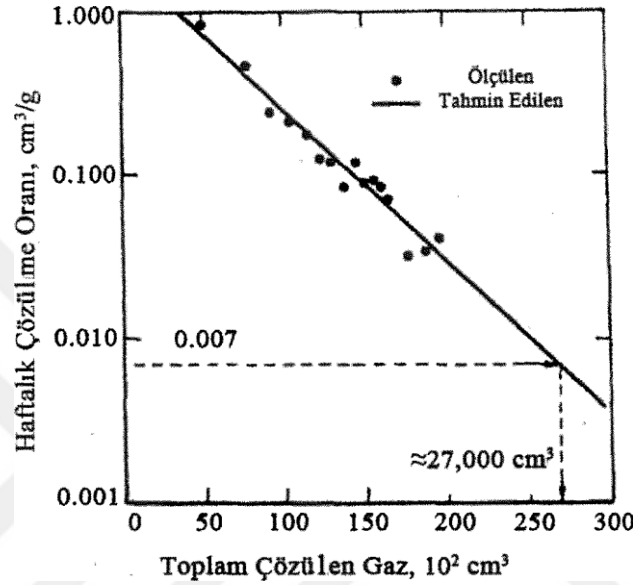
Q_1 : Kayıp gaz, cm^3

Diamond ve Schatzel (1998), Mavor ve arkadaşları ile McLennan ve arkadaşlarının çalışmalarına atıfta bulunarak, USBM yönteminin, Smith ve Williams yönteminden ve seçilen diğer gaz içeriği belirleme yöntemlerinden daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmektedir. Ayrıca; Mavor ve arkadaşları ile McLennan ve arkadaşlarının, söz konusu çalışmaları Batı Amerika Birleşik Devletleri'nde işletilen bir kömür havzasındaki derin kömür damarlarından aldıkları verilere göre yaptıkları göz önünde bulundurulduğunda, farklı kömür havzalarında, Smith ve Williams yöntemi daha güvenilir veriler sağlayabilir (Diamond ve Schatzel 1998).

3.2.5 Düşüş Eğrisi (Decline Curve) Yöntemi

Arama sondajlarından elde edilen karotlardan veya gaz üretimi yapılabilecek sahalardan alınan numunelerden çözülen gaz hacimlerini hesaplamak için düşüş eğrisi (decline curve) analizinin kullanımı ilk defa Chase tarafından önerilmiştir. Kalıntı gazın kömür üretiminde bir etkisi beklenmediği için ya da ancak drene edilebilen gazın kullanılabilir oluşundan dolayı, Chase'in yöntemi kalıntı gazın belirlenmesine gerek görmemekte, toplam gaz içeriği yalnızca kayıp 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 karşı haftalık çözülme oranını 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 USBM yöntemindekine benzer şekilde tahmin edilmektedir (Diamond and Schatzel 1998).



Şekil 3.3 Chase'in çözülebilir gaz hacminin tahmininde kullanılan düşüş eğrisi grafiği (Diamond and Schatzel1998).

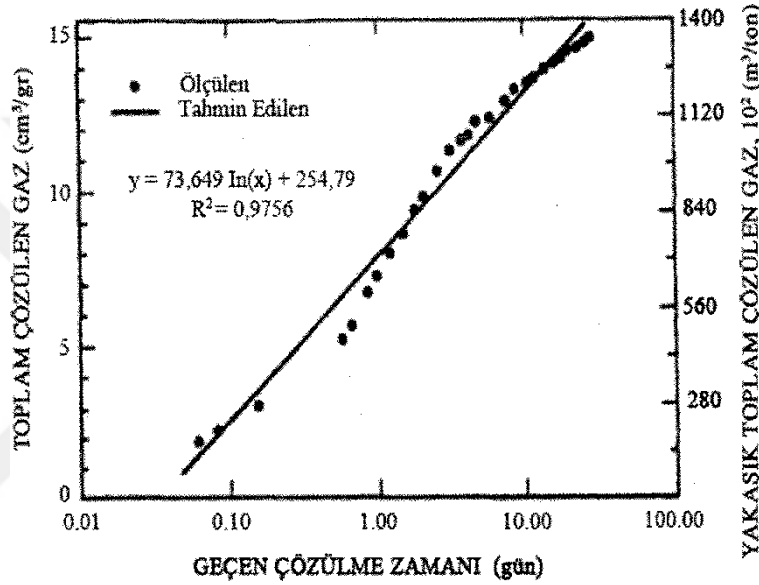
Çözülebilir gaz hacmini belirlemek için Şekil 3.3'deki haftalık çözülme oranı eksenini üzerinden rastgele bir çözülme hızı seçilmekte ve düşüş eğrisi yardımıyla toplam çözülen gaz hacmi tahmin edilmektedir. Rastgele seçilen çözülme hızı oranı McCulloch ve arkadaşları tarafından beş gün boyunca günde 0,05 cm³/g olarak önerilmekte olup, bu şekilde elde edilen gaz miktarı, grafik üzerindeki kesim noktasına göre elde edilen toplam çözülen gaz miktarından ciddi anlamda daha düşüktür (Diamond and Schatzel 1998).

Şekil 3.3'de görülebileceği gibi, 0.007 cm³/g'lık haftalık çözülme hızına x-ekseni üzerinde karşılık gelen değer çözülen gaz hacmini (Q_3) vermektedir. Toplam çözülebilir gaz hacmi ise Eşitlik 3.15 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_2 = Q_3 + Q_1 \quad (3.15)$$

- Q_2 : Çözülen gaz, cm^3
 Q_3 : Kalıntı gaz, cm^3
 Q_1 : Kayıp gaz, cm^3

Düşüş eğrisinin farklı bir uygulaması, Chase tarafından açıklanan tahmini çözülebilir gaz yerine, kayıp gaz hacmini de tahmin etmeyi içermektedir. Raven Ridge, tüm çözülme verilerini kullanarak kayıp gaz miktarını tahmin etmek için düşüş eğrisi yöntemini güncellemiştir (Diamond and Schatzel 1998) (Şekil 3.4).



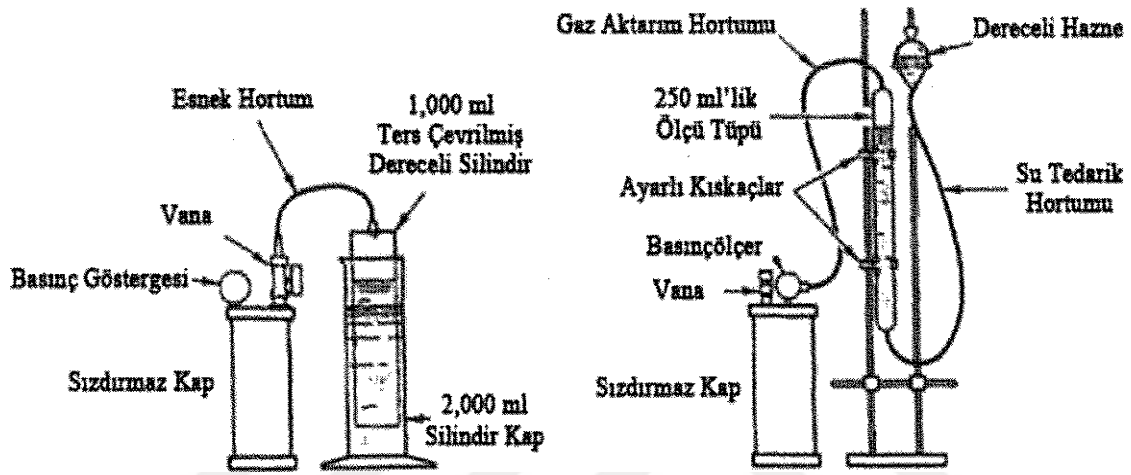
Şekil 3.4 Kayıp gaz hacminin tahmini için düşüş eğrisi grafiği (Diamond and Schatzel 1998).

Bu metot karotlu sondaj numuneleri ile kırıntı elde edilen sondaj numunelerine uygulanabilmektedir. Çözülme hacimleri normal şartlar altında su deplasmanı tekniği ile belirlenmektedir. Ölçümler, arka arkaya üç gün sıfır okunan çözülmüş gaz değerinden sonra durdurulur. Düşüş eğrisi, bir logaritmik en küçük kareler regresyon denklemiyle tanımlanan, geçen zamana karşı toplam çözülen gaz içeriğinin grafiğidir. Şekil 3.4'de verilmiş olan örnekte. $x = 0,0153$ günün (22 dakika) kayıp-gaz süresi için tahmini kayıp-gaz hacmi $1.7 \text{ cm}^3/\text{g'dır}$.

Benzer bir doğrusal olmayan eğri uydurma yöntemi, Amoco A.Ş. tarafından, ölçülen çözülme hacimlerinden kayıp gazı tahmin etmek için önerilmiştir. Bu yaklaşımda sıfır zaman, karotlu sondajın damarın içinde sonlandırıldığı dip noktadan ayrıldığı zaman olarak tanımlanmaktadır (Diamond ve Schatzel'den 1998).

3.2.6 Gaz Araştırma Enstitüsü (GRI) Yöntemi

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 cihaz ve donanım gibi bir ekipman kullanılarak su deplasmanı yöntemiyle çözülmüş gaz hacimleri ölçülmektedir (Diamond and Schatzel 1998).



Şekil 3.5 Manometrik gaz hacmi ölçüm cihazları örnekleri (Diamond and Schatzel 1998).

USBM yönteminde ilk hareket kayıp gazın bulunmasıdır. Mayor ve Pratt, en yaygın kullanılan gaz içeriği ölçüm teknikleriyle ilişkili hataların analizi sonucunda en büyük hata nedeninin testlerin ortam sıcaklığında yapılması olduğunu belirlemişler ve bunun bir sonucu olarak kayıp gazın olması gereken değerden daha düşük olarak hesaplandığını öne sürmüşlerdir (Diamond and Schatzel 1998). Bu durum, çözülmenin başladığı sondaj deliğindeki formasyon koşullarından daha düşük ortam sıcaklıklarında çözülme hızlarının daha yavaş olması sebebiyle meydana gelmektedir. Bu nedenle, başlangıçta yüksek bir formasyon sıcaklığında olan numunenin kayıp gazının hacim okumaları, standart sıcaklık ve basınç koşullarına düzeltilse bile, normal ortamda yapılan çözülme okumalarına oranla daha az değerlerde olabilmektedir. Alınan numune yüksek formasyon sıcaklığında bulunduğundan, gerçek sıfır zaman (çözülmenin ilk başladığı an) değerinin bulunması amacıyla normal ortam koşullarında ölçülen çözülme değerleri kullanılarak yapılan düzeltme işlemleri esnasında ortaya çıkan 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).

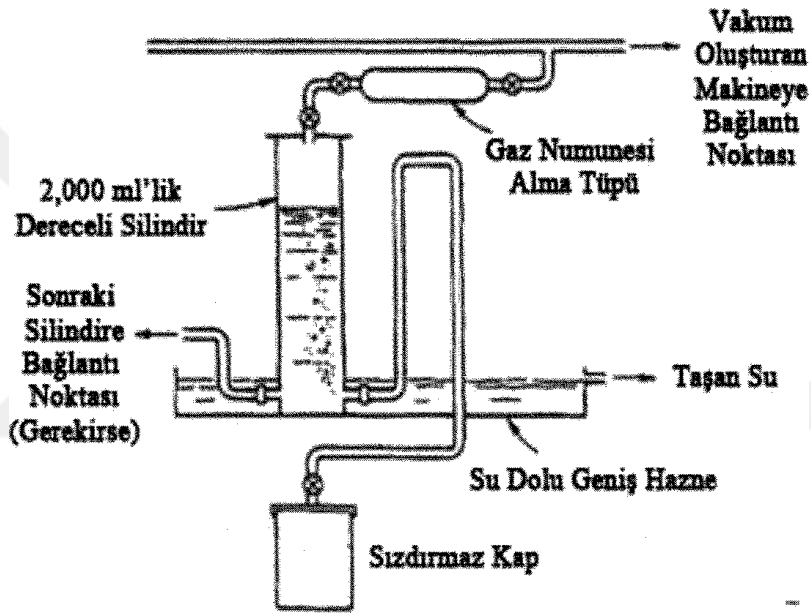
Kayıp gazın tahminindeki diğer bir gelişme sıfır zamanın hesaplanmasındadır. McLennan ve arkadaşları sondaj deliğinden numuneyi alırken sondaj sıvısının hidrostatik basıncının formasyon basıncına eşit olduğu anı sıfır zaman olarak tanımlanmaktadır. USBM yönteminde ise su dolu olan bir sondaj deliğinde 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 arkadaşları örnek alma süresince basınç değerlerini elde etmek için birkaç pratik alternatif sunmuşlardır (Diamond and Schatzel 1998).

Mavor ve Pratt tarafından yapılan hata analizleri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Colorado San Juan havzası ile New Mexico ve Colorado Piceance havzasından toplanan çeşitli örneklerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Hata analizi için referans değerler karotlu sondaj numunelerinin gaz içerik verilerinden ve izoterm verilerinden elde edilmiştir. Bu verilerin çoğu bakir bir kömür formasyonundan ve genel olarak 600 metreden daha derinlerden alınan örneklerle ilgili olduğundan kayıp gaz sürelerinin uzun olduğunu belirtmek gerekir. Mavor ve Pratt tarafından bildirilen kayıp gaz hatalarının büyüklüğü diğer kömür damarları için tipik olmayabilir. Bu değerler, çalışılan örnekler 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, USBM yöntemine dayalı “Yavaş Çözülme Yöntemi” ve “Hızlı Çözülme Yöntemi” olarak iki çeşit gaz içeriği test prosedürü önermiştir. Avustralya Standardı bu yöntemlerde kullanılacak ekipman yapımını, nasıl örnek alınacağını, test prosedürünü ve toplam gaz içeriklerini hesaplama yöntemlerini ayrıntılı olarak anlatmaktadır. Hızlı çözülme yönteminde sonuçlar aynı gün elde edilirken, yavaş çözülme yönteminde sonucun alınması numune ağırlığına bağlı olarak günlerce sürebilmektedir (Australian Standard 1999).

Söz konusu prosedürde kullanılacak kömür numunelerinin en az 500 g olması tavsiye edilmektedir. Su deplasmanı tekniğinde kullanılan deney aparatlarının farklı bir dizaynı ile elde edilen yeni deney düzeneğiyle çözülmüş gaz hacimleri belirlenmektedir. Tercih edilen cihaz (Şekil 3.6) çözülen gaz akışına izin veren bir ya da birden fazla dereceli silindirlere oluşmuştur. Bu cihaz su seviyesini eşitleyici ayrı bir su haznesine sahip olmadığından bir veri düzeltme işlemi yapılmaktadır. Avustralya Standardı yönteminde kullanılan deney düzeneğinin bir avantajı ise çözülmüş gaz içinde CO₂ olması bekleniyorsa, su yerine asitlendirilmiş tuzlu su çözeltisi kullanarak CO₂'in solüsyon içinde çözünmesinin önlenmesiyle daha doğru değer okumaları yapılabilmesidir (Diamond and Schatzel 1998).



Şekil 3.6 Avustralya Standardı yönteminde kullanılan gaz hacmi ölçme aleti (Avustralya Standartlar Kurumu 1999).

Bununla birlikte, Saghafi ve arkadaşları asitlendirilmiş tuzlu su çözeltisinin sadece karbonat iyon oluşumunu engellediğini ve CO₂ çözünürlüğü üzerindeki etkisinin çok az olduğunu söylemektedirler (Diamond and Schatzel 1998).

Avustralya yönteminde kayıp gaz (Q_1) USBM yönteminde olduğu gibi belirlenmekte ve numunenin sondaj deliğinde yarıya kadar ulaştığı andan itibaren gaz kaybetmeye başladığı düşünülmektedir. Ölçülebilir gaz (Q_2), Şekil 3.6'da gösterilen deney düzeneği kullanılarak laboratuvarında belirlenmektedir. Çözülme hızı düşük ise, çözülen gaz dereceli silindir içinde serbest şekilde akabilir. Deney düzeneğine fazladan dereceli silindirler bağlanabilir ve

böylece bir silindir gaz ile dolduğunda ilave gaz sonraki silindire transfer edilebilir. 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. İstenirse, kalıntı gaz içeriğini (Q_3) belirlemek için üç ayrı numune (10-15 gr) bilyalı değirmende öğütülür ve kalıntı gaz içeriğini belirlemek için ölçülen değerlerin ortalamaları alınır. Çözülebilir gaz içeri (Q_D) Eşitlik 3.16 yardımıyla, ise Eşitlik 3.17 yardımıyla hesaplanmaktadır (Diamond and Schatzel 1998).

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

$$Q_{TD} = \text{Ortalama } Q_3 + (Q_1 + Q_2) \quad (3.17)$$

Q_D : Çözülebilir gaz içeriği, cm^3

Q_{TD} : Toplam çözülebilir gaz içeriği, cm^3

Q_1 : Kayıp gaz, cm^3

Q_2 : Çözülen gaz, cm^3

Q_3 : Kalıntı gaz, cm^3

3.2.8 CSIRO-CET Hızlı Gaz İçeriği Belirleme Yöntemi

Saghafi ve arkadaşları, CSIRO-CET'in önerdiği hızlı çözülme yönteminin, Avustralya Standardı yöntemine ek olarak, Avustralya'da yaygın olarak kullanıldığını söylemişlerdir. Bu yöntem yeraltı sondaj deliklerinden alınan karot örneklerine uygulanmıştır. Bu yöntemin avantajları olarak; hızlı ufalama nedeniyle suda çözünen CO_2 gibi gazları minimize etmesi, kısa sürede nihai sonuçların elde edilmesi ve böylece laboratuvar masrafların düşüklüğü olarak belirtilmektedir. Kömür örneğinin yerleştirildiği kabın içinde paslanmaz çelik bilyeler bulunmakta, böylece, laboratuvarında numunenin başka bir kaba aktarılmasına gerek kalmamaktadır. Kayıp gaz (Q_1) Avustralya Standardı yöntemi için tarif edilen cihazlar ile USBM yöntemine uygun olarak belirlenmektedir. Bununla birlikte, sudaki CO_2 çözünmesi ile ilgili sorunları en aza indirmek için, gaz ölçümleri 30 dakikada bir yapılmaktadır. Kayıp gaz hacmi (Q_1) sızdırmaz kap içindeki havayla kurutulmuş numunenin kütlesinin sahada ölçülen çözülen gaz değerine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Taşıma esnasında çözülen gaz hacmi (Q_2) ve kırma/öğütme sonunda serbest kalan gaz hacmi (Q_3) su deplasmanı tekniğiyle

laboratuvarında belirlenir. Toplam gaz içeriği (Q_T) ise eşitlik 3.18 ile hesaplanmaktadır (Diamond and Schatzel 1998).

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

Q_1 : Kayıp gaz, cm^3

Q_2 : Çözülen gaz, cm^3

Q_3 : Kalıntı gaz, cm^3

Williams ve arkadaşları, aynı sondaj deliğinden aldıkları iki farklı kömür numunesine USBM ve CSIRO-CET hızlı gaz içeriği belirleme yöntemini uygulayarak elde ettikleri verileri karşılaştırmışlar ve her iki yöntem arasında $0,4-3 \text{ m}^3/\text{t}$ arasında bir fark olduğunu göstermişlerdir (Çizelge 3.1) (Oskan 2014).

Çizelge 3.1 USBM ve CSIRO-CET gaz içeriği verilerinin karşılaştırılması (Oskan 2014).

NUMUNE NO	CSIRO-CET (m^3/t)	USBM (m^3/t)
1	6,37	5,34
2	4,11	4,69
3	10,29	10,90
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 kullanılarak hesaplanmaktadır. Eşitlikte yer alan Q_s ve B sabitleri, Almanya'da

pek çok ölçüm sonuçlarından yola çıkarak hazırlanan grafiklerden elde edilmektedirler (Didari 1988a).

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

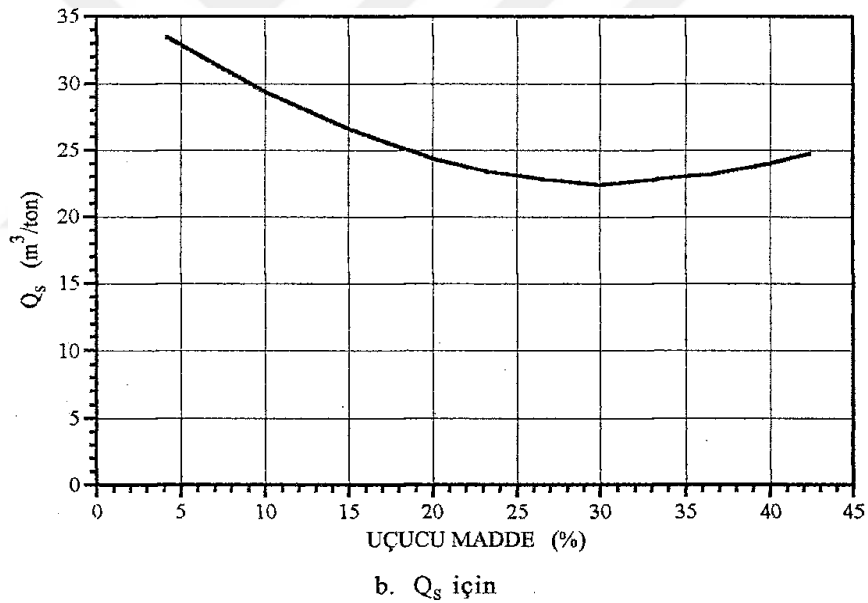
Q_t : Temiz kömürün (kuru-külsüz kömürün) gaz içeriği, m^3/t

Q_s : Langmuir sabiti, m^3/t

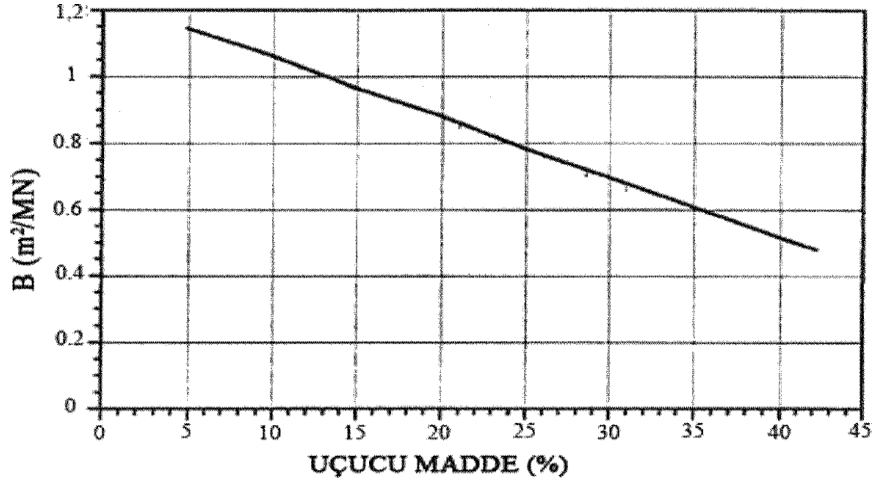
B : Langmuir sabiti, m^2/MN

P' : Damar gaz basıncı, MPa

Eşitlik 3.19'da yer alan Q_s sabiti Şekil 3.7'de, B sabiti ise Şekil 3.8'de verilen grafiklerden elde edilmektedir (Didari 1988a).



Şekil 3.7 Langmuir Q_s sabiti (Didari 1988a).



Şekil 3.8 Langmuir B sabiti (Didari 1988a).

Eşitlik 3.19’da yer alan damar gaz basıncı değerinin (P') doğrudan ölçüm yöntemleriyle elde edilemediği durumlarda, damar gaz basıncı değeri, söz konusu kömür damarının tavanındaki örtü tabakasının dikey kalınlığı kadar su sütunu altında maruz kalacağı hidrostatik basınca eşit olarak kabul edilmekte ve Eşitlik 3.20 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$P' = \frac{h \times 10}{100} \times \frac{101325}{1000000} \quad (3.20)$$

P' : Damar gaz basıncı, MPa

h : Kömür damarının tavanındaki örtü tabakasının dikey kalınlığı, m

Daha sonra Eşitlik 3.21 yardımıyla nem ve Eşitlik 3.22 yardımıyla kül düzeltmeleri yapılarak yerinde kömürün gaz içeriği değeri hesaplanmaktadır (Didari 1988a).

$$\frac{Q_{nem}}{Q_t} = \frac{1}{1 + (0.31 \times N)} \quad (3.21)$$

Q_{nem} : Nemli kömürün gaz içeriği, m³/t

Q_t : Temiz kömürün gaz içeriği, m³/t

N : Kömürün nem içeriği, %

$$\frac{Q_{nem}}{Q_{kül}} = \frac{1}{1 - (0.01 \times a)} \quad (3.22)$$

- Q_{nem} : Nemli kömürün gaz içeriği, m³/t
 $Q_{kül}$: Küllü kömürün (yerinde kömürün) gaz içeriği, m³/t
 a : Kömürün kül içeriği, % (ölçülen külün 1.1 katı alınır)

3.3.2 Kim Eşitliği

ABD'de Kim tarafından geliştirilen ve nem ile kül düzeltmelerini de içeren genel bir ifadedir (Eşitlik 3.23) (Kim 1977).

$$V = \frac{100 - N - K}{100} \times \frac{V_N}{V_K} \times \left[k_0 \times (0.096 \times h)^{n_0} - b \times \left(\frac{1.8 \times h}{100} + 11 \right) \right] \quad (3.23)$$

- N : Kömürün nem miktarı, %
 K : Kömürün kül miktarı, %
 $\frac{V_N}{V_K}$: Nemli ve kuru kömürde gaz soğurum hacmi değişim oranı (0.75 alınmaktadır)
 h : Derinlik, m
 b : Kim sabiti (0.14 alınmaktadır)

Eşitlik 3.23'de yer alan k_0 Kim sabiti; Eşitlik 3.24 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$k_0 = 0.8 \times \frac{SK}{UM} + 5.6 \quad (3.24)$$

- SK : Kömürün sabit karbon içeriği, %
 UM : Kömürün uçucu madde içeriği, %

Eşitlik 3.23'de yer alan n_0 Kim sabiti; Eşitlik 3.25 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$n_0 = 0.39 - (0.013 \times k_0) \quad (3.25)$$

3.3.3 Ettinger Eşitliği

Sovyet bilim adamı Ettinger ve ark. (1958) tarafından kömürlerin analiz sonuçlarına bağlı olarak metan soğurma kapasitelerini tespit etmek için bir eşitlik geliştirilmiştir. Söz konusu eşitlik, nem içeriği %3'ün altında olan kömürlerin gaz içeriğinin hesaplanmasında kullanılmamaktadır (Eşitlik 3.26). Ettinger'e göre deneysel ve teorik sonuçlar arasındaki fark %20-30'u geçmemektedir (Yalçın ve Durucan, 1987).

$$Q_y = \frac{65.5}{\left(\frac{A}{P} - C\right) \times UM^{0.146}} \times \frac{1}{e \times n} \times \frac{100 - K - N}{100} \times \frac{1}{1 + (0.31 \times N)} \quad (3.26)$$

Q_y : Yerinde kömürün gaz içeriği, m³/t

A : Ettinger sabiti

P : Damar gaz basıncı, atm

C : Ettinger sabiti

UM : Kömürün uçucu madde içeriği, %

e : e sayısı = 2.72

n : Sıcaklık faktörü

K : Kömürün kül miktarı, %

N : Kömürün nem miktarı, %

Eşitlik 3.26'de yer alan A ve C sabitleri Çizelge 3.2'de verilmektedir. Sıcaklık faktörü (n) ise Eşitlik 3.27 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{0.02 \times T'}{0.993 + (0.007 \times P)} \quad (3.27)$$

n : Sıcaklık faktörü

T' : Sıcaklık, °C

P : Damar gaz basıncı, atm

Çizelge 3.2 Ettinger eşitliğinde kullanılan sabitler (Ettinger et al. 1958).

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	0.964	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

UM: Uçucu madde; A: Ettinger sabiti; C: Ettinger sabiti

3.3.4 Creedy Yaklaşımı

Creedy 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 dizesiyle damar gaz içerikleri ölçülmüştür. İkinci alt uygulamada ise; yine aynı arınlardan ve mekanize kazı esnasında elde edilen 30-40 mm boyutunda örnekler ile arından 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 Eşitlik 3.27'deki 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 (Çakır 1994).

OCAĞIN ADI	DAMARIN ADI	DAMAR GAZ İÇERİKLERİ (temiz kömür için) (m ³ /t)	
		Yeraltından Alınan Örneklerden İstatistiksel 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

Sözü edilen çalışmada; damar gaz içerikleri (Q), verilerin dağılım tipine bakılmaksızın lognormal dağılıma uygunluğu kabul edilerek, Eşitlik 3.28 ile hesaplanmaktadır.

$$\ln Q = 1.645 \times S_n + Q' \quad (3.28)$$

Q : Damar gaz içeriği, m³/t

S_n : Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının standart sapması

Q' : Ölçülen gaz içeriklerinin doğal logaritmalarının aritmetik ortalaması

S_n standart sapma değerine sahip “n” sayıda örnek üzerinde yapılan analize ait standart hata (S_h) ise Eşitlik 3.29 ile hesaplanmaktadır (Çakır 1994).

$$S_h = \frac{1.534 \times S_n}{\sqrt{n}} \quad (3.29)$$

BÖLÜM 4

AMASRA TAŞKÖMÜRÜ HAVZASI

4.1 BÖLGE JEOLJİSİ

Amasra kömür sahası Üst Devoniyen-Vizeen yaşlı birimlerin çökelmeleri esnasında sığ bir deniz ortamı altında kalmıştır. Paleozoik yaşlı kayaçların en eskisi Devoniyen-Karbonifer (Vizeen) aralığında oluşan Yılanlı Formasyondur. Devoniyen sonucu sığlaşan deniz Vizeen sonucunda daha da çekilmeye başlamış ve ortam karasal yaşam için uygun hale gelmiştir. Yılanlı Formasyonu üzerine Namuriyen yaşlı ince kömür damarları içeren, karasal getirimler sonucu kumtaşı, kilaşı, silttaşı aralanmalı yer yer kireçtaşı seviyelerinin bulunduğu bitki yaprak kırıntı ve izlerinin bol olduğu Alacaazğı Formasyonu (Şekil 4.1) gelmektedir (Ekmekçi 2015).

Namuriyen’de tatlı su gelimleri daha da azalarak tamamen bataklığa dönüşen ortamda iri gövdeli ve yapraklı ormanların oluşumu gerçekleşmiştir. Konglomera kumtaşı, kilaşı, silttaşı ve ekonomik kömür damarlarının aralanmasıyla Alacaazğı formasyonu üzerinde iki formasyon oluşmuştur. Bunlar Üst Karbonifer-Westfaliyen-A yaşlı Kozlu formasyonu ve Kozlu formasyonu üzerinde Üst Karbonifer-Westfaliyen-BCD yaşlı Karadon formasyonudur. Karadon formasyonu üzerinde oturan Paleozoik yaşlı formasyonların son ürünü olan Karbonifer- Permiyen yaşlı (Permotriyas) yaşlı Arıtdere formasyonu gelmektedir (Ekmekçi 2015).

Havzanın doğusundan itibaren oldukça geniş alan kapsayan, Permotriyas yaşlı, kırmızı renkli kumtaşı, konglomera, silttaşı ve kilaşlarından meydana gelen formasyon Çakraz formasyonudur. Permiyenden Üst Jura-Alt Kretase’ye kadar uzun bir süre boyunca kara halinde kalan bölge geniş ve etkili erozyona maruz kalmıştır (Haliloğlu 2000).

Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Kalınlık (m)	Sütun Kesiti	Litoloji ve Açıklama	Orojenik Fazlar
Senozoik	Kuvaterner						Alüvyon yamaç molozu	Alp Orojenezi
Mesozoik	Kretase	Üst Kretase	Maestrihtiyen	Alaplı	15-200		Marnlı kireçtaşı	
			Kampaniyen	Kazpınar	60-200		Andezit	
				İkse	15-130		Marnlı kireçtaşı	
			Santoniyen	Dinlence	30-350		Aglomera , andezitik tüfit	
			Turoniyen	Başköy	5-25		Marnlı kireçtaşı	
			Senomaniyen	Cemaller	5-350		Kumlu kireçtaşı	
		Alt Kretase	Apsiyen	Kilimli	0-300		Fliş	
			Barremiyen	Zonguldak	35-500		Kireçtaşı	
Paleozoik	Permian			Çakraz	35-350		Konglomera kumtaşı silttaşı	Hersiniyen Orojenezi
	Karbonifer	Üst Karbonifer	Westfaliye BCD	Karadon	200-780		Konglomera kumtaşı silttaşı kömür	
			Westfaliyen	Kozlu	100-1000		Konglomera kumtaşı kiltası kömür	
			Namuriyen	Alacağzı	100-570		Kumtaşı kiltası kömür	
	Alt Karbonifer		Vizeen	Yılanlı			Dolomitik kireçtaşı	

Şekil 4.1 Bartın-Amasra Havzası genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Haliloğlu 2000).

Paleozoik yaşı formasyonlar üzerine transgresyon ile Mezozoik yaşı formasyonlar gelmektedir. Gömü formasyonu, diskordans olarak Barremiyen-Jura yaşı kireçtaşıdan oluşmaktadır ve Paleozoik yaşı formasyonun üzerinde geldiği için Mezozoik yaşı olduğu söylenebilir. Amasra formasyonu ise Filiş tipi kayalardan oluşan Apsiyen- Albiyen yaşı bir formasyondur ve Gömü formasyonu üzerine gelmektedir (Ekmekçi 2015). Bir diğer Apsiyen- Albiyen yaşı formasyon Kilimli formasyonudur. Amasra formasyonuna benzer şekilde Kilimli formasyonu da Filiş fasiyesindeki kumtaşı, kiltası ve silttaşı ile karbonatlı kumtaşlarından oluşmuştur (Haliloğlu 2000).

Üst Kretase yaşı formasyonlar diskordans olarak; Alt Kretase yaşı formasyonlar üzerine, Alt Kretase yaşı formasyonların aşındığı yerlerde, Paleozoik yaşı formasyonlar üzerine gelmişlerdir (Ekmekçi 2015).

Kilimli formasyonu üzerine kırıklanmış kireçtaşı karakterinde Senomaniyen yaşı Cemaller formasyonu gelmektedir. Sonrasında deniz derinleşmekte ve plaketli marnlı kireçtaşlarından oluşan Turoniyen yaşı Başköy formasyonu çökelmiştir. Üst Senomaniyen- Turoniyen'de deniz gibi volkanik aktiviteler başlamış ve volkanizma ürünleri marnlı kireçtaşı ile ardalanmalı olarak çökelmişlerdir. Volkanik aktiviteler Kampaniyen sonunda durmuştur. Volkanik faaliyetin devamı aşamasında Dinlence formasyonu, İkse formasyonu ve Kazpınar formasyonu çökelmiştir. Volkanizmanın sona ermesiyle çökme devam etmiş ve bölgenin en genç litolojik birimi olan Maestrichtiyen yaşı Alaplı formasyonu çökelmiştir (Haliloğlu 2000). Senozoik havzada Kuvarterner yaşı yamaç molozu ve alüvyonlarla temsil edilmektedir (Ekmekçi 2015).

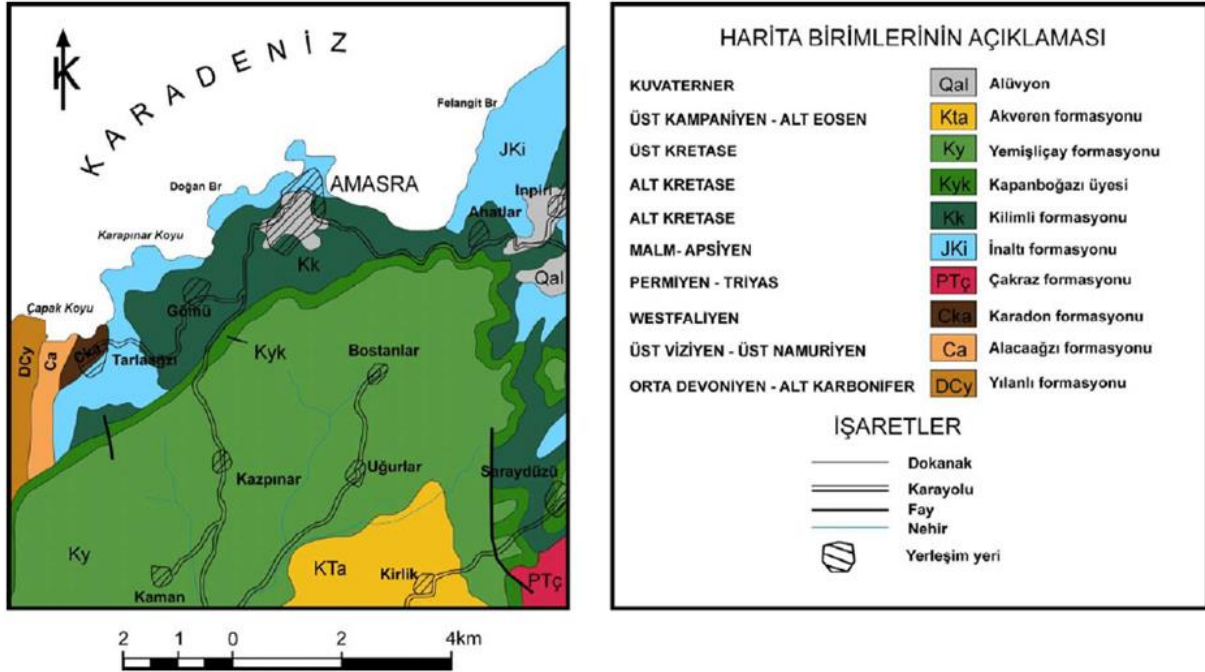
4.2 GENEL JEOLJİ

Kozlu formasyonu ve Karadon formasyonu örneklerin alındığı ve kömür üretiminin yapıldığı formasyonlar olduğu için bu bölümde bu formasyonlar ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Şekil 4.2'de Amasra yöresinin jeoloji haritası yer almaktadır.

4.2.1 Kozlu Formasyonu

Yılanlı formasyonu altında tektonik olarak Karadon formasyonu altında uyumlu olarak ve Karadon formasyonunun aşındığı veya çökelmediği yerlerde Kretase formasyonlarının altında

diskordans olarak yer almakta ve Alacaagzı formasyonu üzerine uyumlu olarak oturmaktadır (Ekmekçi 2015).



Şekil 4.2 Amasra yöresinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası (Şener 2007).

Çökeltme ortamı akarsu fasiyes özelliklerini göstermektedir. Kanal ve taşkın ovası çökellerinin aralanmalı olarak çökelmelerinden oluşmuştur. Kanal çökelleri taşkın ovası çökellerini yer yer aşındırmıştır. Bu aşındırma olayı kömür damarlarını da etkilemiş bazı kömür damarları tamamen aşınmış bazılarında ise aşınmanın etkisiyle incelme görülmüştür (Ekmekçi 2015).

Kozlu formasyonunun ilk 300 m'sinde taşkın ovası çökelleri daha hakimdir. Tabana doğru kanal çökelleri artmakta, taşkın ovası çökellerinin kalınlığı azalmaktadır. Bu formasyonda temel kayaç cinsi kumtaşı, ikincil kayaç ise silttaşıdır. Konglomera sık görülür. Kalınlığı 10-250 cm arasında değişen kömür damarları mevcuttur. Kömür damarlarının tavanında, tabanında ve yakın civarında şeyllere rastlanır. Kil bantları yer yer görülür (Ekmekçi 2015).

Kozlu Formasyonunun; mikalı karbonatlı kumtaşı, orta taneli kumtaşı, kaba taneli kumtaşı, çakıllı kumtaşı, masif ve yatay katmanlaşmış konglomera, organik maddece zengin kiltası ve kömür gibi litolojilerin aralanmasından meydana geldiğini belirtilmiştir (Haliloğlu 2000).

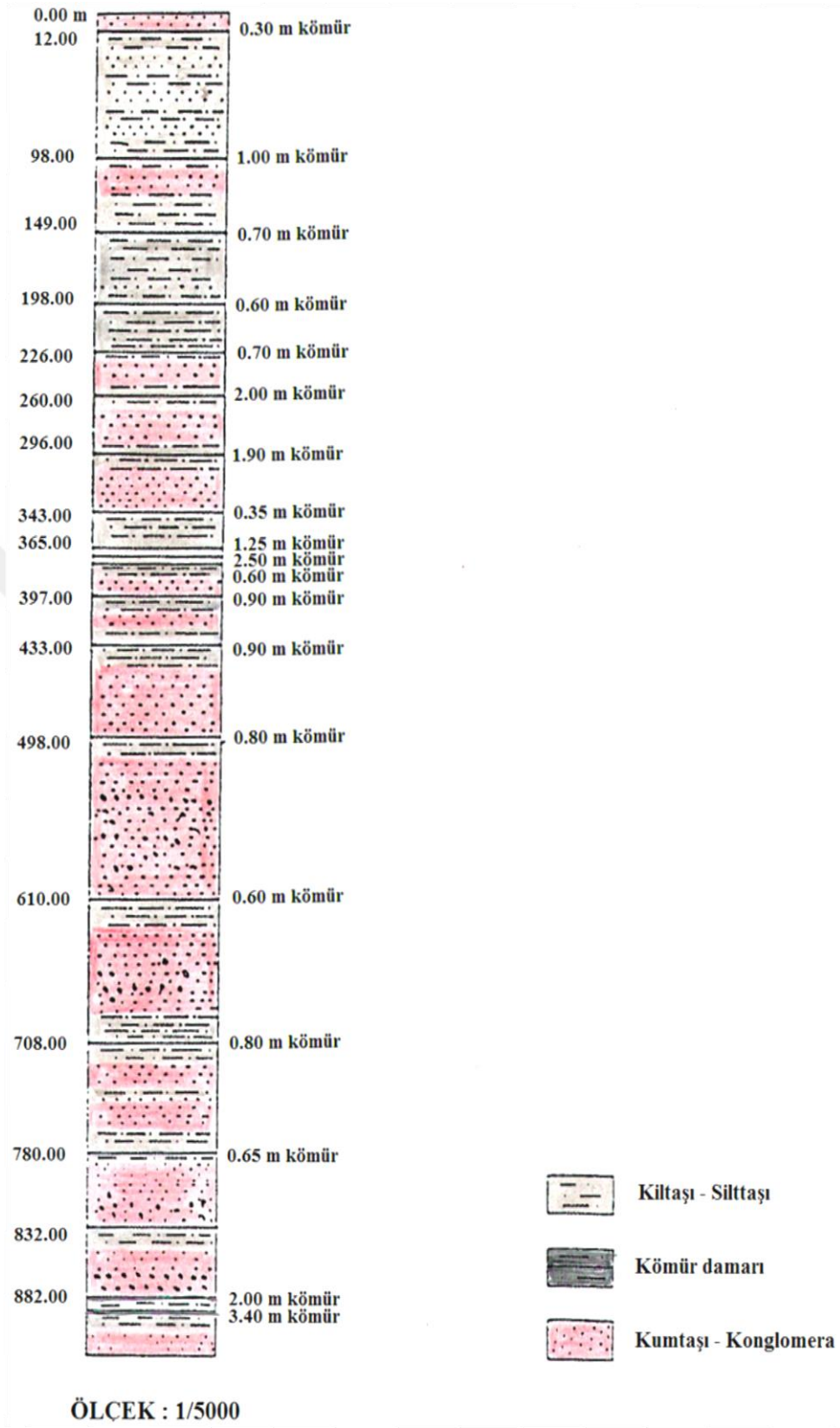
Kozlu formasyonu içinde 0.50 m ve üzeri kalınlıkta 18 adet kömür damarı tespit edilmiş olup toplam kömür kalınlığı 22.35 m'dir. TTK Genel Müdürlüğü Aramalar Daire Başkanlığı Palinoloji servisinde bu formasyona Westfaliyen-A yaşı verilmiştir. Şekil 4.3'te Amasra Bölgesi Kozlu katının ölçülmüş stratigrafi kesiti verilmiştir.

4.2.2 Karadon Formasyonu

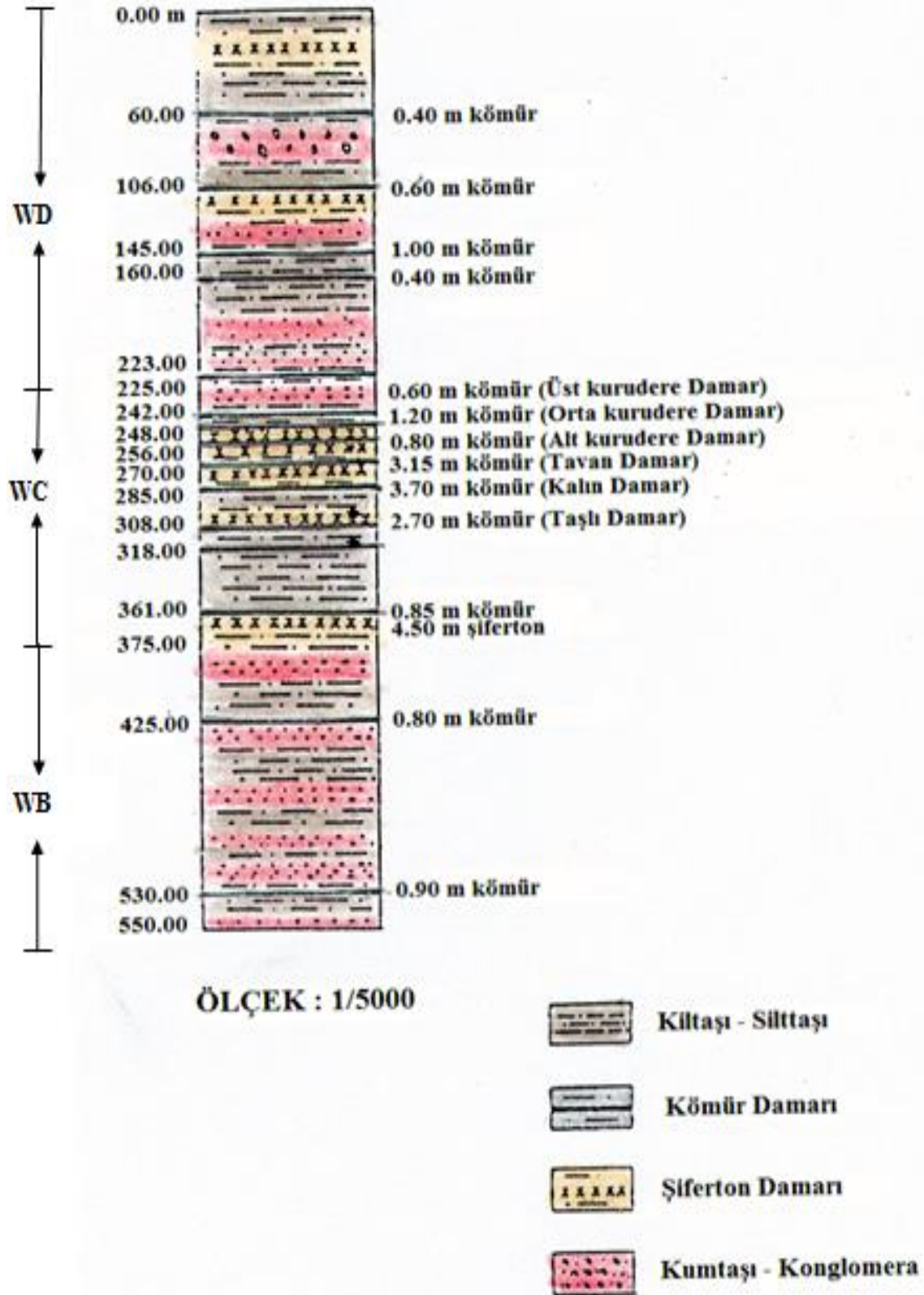
Karadon formasyonu Tarlaağzı ve Gömü köyleri civarında yüzeilenmektedir. Bu formasyon üç birim halinde incelenmiştir. Westfaliyen-B, Westfaliyen-C ve Westfaliyen-D adı altında çalışma alanında temsil edilmektedir (Haliloğlu 2000). Westfaliyen-B ve Westfaliyen-D birimlerindeki damarlar genellikle işletilebilir özellik taşımayan ince damarlardan oluşmaktadır. Westfaliyen- C biriminde ise kanal çökellerinin kalın damarları aşındırmasından dolayı damar kalınlıkları sık sık değişiklik göstermektedir. Bu formasyonda temel kayaç cinsi kumtaşı, ikincil kayaç ise silttaşıdır. Kozlu formasyonuna benzer şekilde yer yer kil bantları, bunun yanında da yer yer konglomera görülür (Ekmekçi 2015). Şekil 4.4'te Amasra bölgesi Karadon formasyonunun ölçülmüş stratigrafi kesiti gösterilmiştir.

4.2.2.1 Westfaliyen-B Birimi

Bu birimin alt sınırı Kozlu formasyonu ile tam olarak ayıramamaktadır. Palinolojik veriler ışığında alt sınır olası olarak tespit edilebilmektedir. Tavanı ise, Westfaliyen-C biriminin tabanını teşkil eden kılavuz seviye (refrakter kil) ile sınırlanmaktadır. Litolojik olarak gri, koyu gri renkli kumtaşları, silttaşı, kıltaşı ve kömür damarlarından meydana gelmiştir. Genellikle taşkın ovası çökelleri daha hakimdir.



Şekil 4.3 Amasra Bölgesi Kozlu katının ölçülmüş stratigrafi kesiti (Haliloğlu 2000).

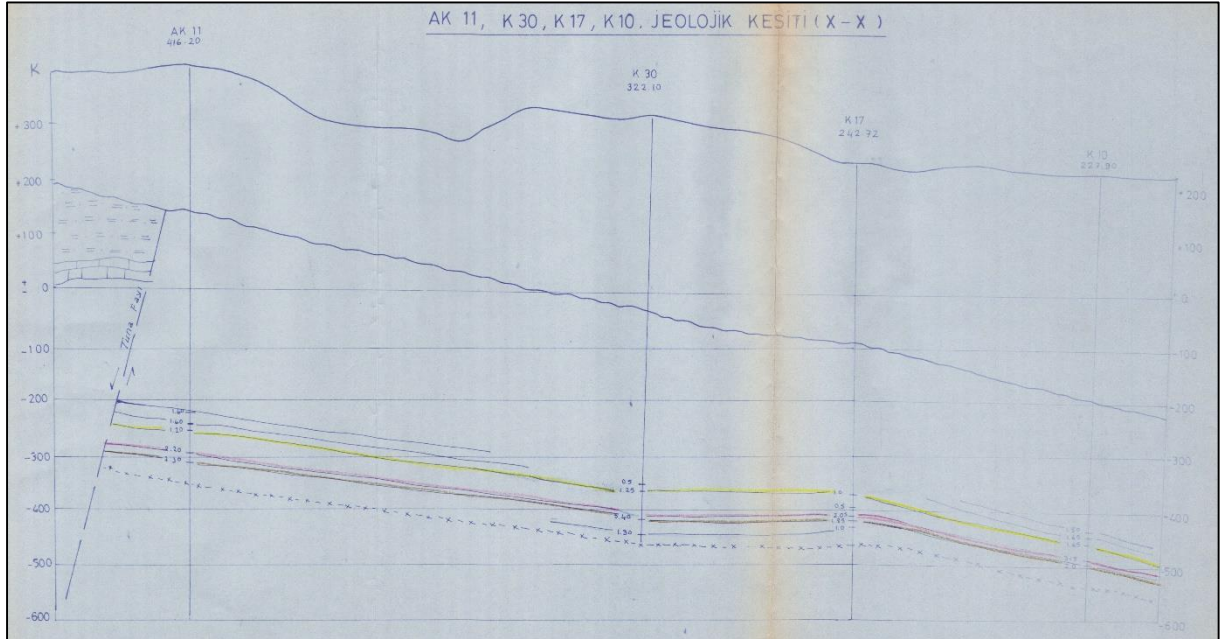


Şekil 4.4 Amasra bölgesi Karadon katının ölçülmüş stratigrafi kesiti (Haliloğlu 2000).

Westfaliyen-B birimi içerisinde kömür damarları sayısal olarak çoktur ancak kalınlıkları 0.05 ile 0.90 m arasında olduğundan ve geniş bir yayılım göstermediğinden üretilebilir özellikte değildir. Bu birimin ortalama kalınlığı 200 m civarındadır (Haliloğlu 2000).

4.2.2.2 Westfaliyen-C Birimi

Westfaliyen-B ve Westfaliyen-D birimleri arasında yer alır. Alt sınırı, kılavuz seviye olarak alınan, jeofizik kuyu loglarında radyoaktivitesi yüksek olarak görülen ve karotlu sondajlarda şiferton olarak tespit edilen refrakter kildir (Haliloğlu 2000). Litolojik olarak gri, gri beyaz renkli konglomera ve kumtaşı ile siyah, gri, koyu gri renkli kiltası, silttaşı ve kömürden oluşmuştur. Westfaliyen-C birimi içindeki bu çalışmaya konu olan Tavan damar, Kalın damar, Taşlı damar ve Alttaşlı damar Karadon Formasyonu Westfaliyen-C serisi içinde yer almaktadır. Söz konusu seride; en üstte yer alan ve 1.65-3.35 m kalınlığa sahip Tavan damar, Tavan damarın 30 m altında 1.50-3.70 m kalınlığa sahip Kalın damar, Kalın damarın 15 m altında 1.50-3.20 m kalınlığa sahip Taşlı damar ve Taşlı damarın 25 m altında 1.60-3.50 m kalınlığa sahip Alttaşlı damar bulunmaktadır. Söz konusu damarların renkli olarak işaretlendiği jeolojik kesit Şekil 4.5’de, adı geçen damarlar ait damar stampları ve kömür kalınlıkları ise Ek Açıklamalar-A’da verilmektedir.



Şekil 4.5 Bu çalışmaya konu olan damarların yer aldığı jeolojik kesit (ATİM 2019).

Westfaliyen-C biriminin kalınlığı 150-200 m arasında değişmekte olup, taşkın ovası çökelleri, kanal çökellerinden daha fazla kalınlık göstermektedir. Bu birimde 0.50 m üzeri kalınlıkta 11 adet kömür damarı tespit edilmiş olup, toplam kömür kalınlığı 16.75 m'dir (Haliloğlu 2000).

4.2.2.3 Westfaliyen-D Birimi

Litolojik olarak gri, koyu gri, yeşil, yeşilimsi mavi renkli silttaşı, kiltası, beyazımsı gri renkli konglomera ve kumtaşı, siyah, sütlü kahve renkli şifertonlardan oluşmuştur. Westfaliyen-C biriminin üzerinde yer alan bu birimin kalınlığı yaklaşık olarak 200 - 250 m'dir. Doğuya ve güneye gidildikçe artmaktadır. Tespit edilen damarlar ince olup genellikle işletilebilir nitelikte değildir (Haliloğlu 2000).

4.3 YAPISAL JEOLJİ

Bartın - Amasra Taşkömürü havzasında, Hersiniyen orojenezi etkisiyle kıvrılan, kırılan ve çeşitli dislokasyonlara uğramış Paleozoik yaşlı formasyonları, üzerine transgresyonla gelen Mezozoik yaşlı formasyonlarla birlikte Alpin orojenezi etkisinde kalarak ikincil deformasyon sonucu, makaslama zonları, devrik kıvrımlar ve faylanmalara maruz kalarak büyük yapısal değişikliklere uğramıştır (Haliloğlu 2000).

Hersiniyen orojenezi ile birlikte oluşan kıvrımların doğrultusu kuzeybatı - güneydoğu ve Alpin orojenezi ile oluşan kıvrımların doğrultusu ise kuzeydoğu – güneybatıdır. Doğu ve batı yönlerinden gelen şiddetli kompresyon kuvvetlerinin etkisi ile oluşmuş olan bu kıvrımlar sahanın batısında düşük eğimle, doğusunda ise yüksek dereceli eğimlerle kıvrımlanmışlar ve antiklinallerin doğu kanadında ters faylar oluşturarak bugünkü konumlarını kazanmışlardır (Haliloğlu 2000).

4.3.1 Kıvrımlar

Havza genel olarak Hersiniyen ve Alp orojenezleri etkisinde kalmış ve bu kıvrımlar ve kırılmalar sonucu bugünkü halini almıştır. Hersiniyen orojenezinin etkisiyle Gavurpınar senklinali, Dıştaşlık antiklinali ve Amasra Tarlaağzı Baseni kıvrımları oluşmuştur. Alp orojenezi ile ise Uğurlar antiklinali, Kazpınar senklinali kıvrımları oluşmuştur (Haliloğlu 2000).

4.3.2 Faylar

Havzanın kuzeyinde Amasra - Tarlaağızı baseninde görülen faylar, genellikle normal fakat bir kısmında da ters fay şeklindedir. Uzanımları kuzey - kuzeybatı, güney - güneybatı, doğu - batı, kuzey - kuzeydoğu, kuzey - güney doğrultusundadır. Faylar yüzeyde görülebilen ve örtülü faylar olmak üzere iki kısımda incelenmektedir (Haliloğlu 2000).

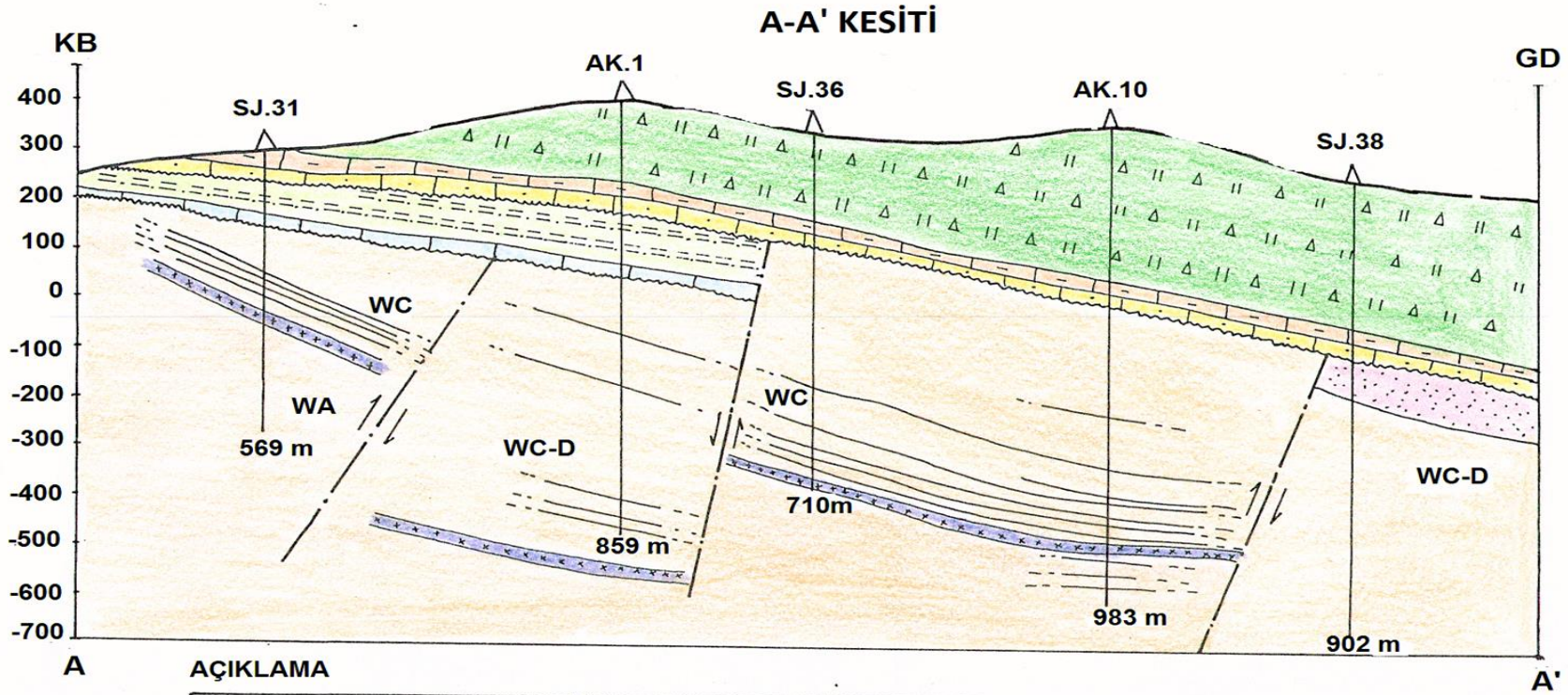
4.3.2.1 Yüzeyde Görülen Faylar

Domuzburnu, Taşboğaz tepesi boyunca uzanan Süzekdere'de görülen ve birbirini kesen iki ters fay; Alacaagzı formasyonu ile Yılanlı formasyonunu etkilemiştir. Kuzeydoğuda Alt Kretase sonrası hareketlerle (Alp orojenezi) Alt Kretase ve Paleozoik yaşlı formasyonlarını etkileyen ters faylar. Altındaki Paleozoik yaşlı formasyonlarda faylanmalara sebep olmuştur. Üst Kretase sonrası hareketlerle meydana gelen, Kretase yaşlı formasyonlarla, Paleozoik yaşlı formasyonları etkileyen doğrultu atımlı, eğim atımlı normal ve ters faylar bölge tektoniği hakkında bilgi vermektedir (Haliloğlu 2000).

4.3.2.2 Örtülü Faylar

Bartın – Amasra Taşkömürü havzasında belirli aralıklarla yapılmış olan ve halen devam etmekte olan sondajlar incelendiğinde; hemen hemen bütün formasyonlarda, ters ve normal faylarla karşılaşmak mümkündür. Bunlardan en önemli olanları Merkez Ters fayı ile Doğu fayıdır. Merkez Ters fayı, yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda olup, batıya eğimlidir. Eğimi sahanın kuzey kısmında 60° - 70° , güney kısmında ise 5° - 35° 'dir. 500 m kadar bir atıma sahiptir.

Doğu fayı, kuzey-güney doğrultusunda olup, eğimi (65° - 75°) yüksektir. Sahanın doğu kısmında yer alır. Permien yaşlı Çakraz formasyonunu da keserek Kretase yaşlı örtü birimleri ile Paleozoik dokunağına kadar uzanır (Şekil 4.6) (Haliloğlu 2000).



AÇIKLAMA

MESOZOYİK KRETASE					PALEOZOYİK ÜST KARBONİFER	
Santorliyen Koniasliyen	Turoniyen	Senomaniyen	Apsiyen Albiyen	Barremiyen	Permiyen	Westfaliyen
Aglomera Andezitik tüf Tüfit	Marnlı kçt.	Kumlu kçt.	Filiş	Kireçtaşı	Konglomera Kumtaşı Kilitaşı Silttaşı	Kömür Şiferton
Dinlence Fm.	Başköy Fm.	Cemaller Fm.	Kilimli Fm.	Zonguldak Fm.	Çakraz Fm.	Kozlu-Karadon Fm.

0 100 m 200 m

Şekil 4.6 Kuşkayası (Amasra) mevki SJ.31, AK.1, SJ.36, AK.10, SJ38 sondajlarından geçen jeolojik kesiti (Haliloğlu 2000).

4.4 TTK AMASRA TAŞKÖMÜRÜ MÜESSESESİ

4.4.1 Tarihçe

Türkiye Taşkömürleri Kurumu (TTK) Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak faaliyette bulunan Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi (ATİM), Kurumun merkezinin bulunduğu Zonguldak ili dışındaki tek müessesesidir.

Amasra havzasındaki kömür üretim faaliyetleri 1848 yılında başlamış ve havzanın devletleştirildiği 1940 yılına kadar sürmüştür. Saha 1953 yılında Ereğli Kömür İşletmesine (EKİ) devredilmiş ve Tarlaağzı mevkiinde devlet sermayesi ile kurulan ilk ocak faaliyete başlamıştır. Halen üretim çalışmalarının yapıldığı Demirci deresindeki ocaklarda ilk galerinin sürülmesine 1965 yılında başlanmış ve Ocak 1968 yılına kadar Kozlu Bölgesi Hazırlık Ocağı; 1968–1973 yılları arasında da Müstakil Başmühendislik olarak devam etmiştir. 18.02.1973 tarihinde EKİ'ye bağlı Amasra Bölge Müdürlüğü; 01.07.1979 tarihinde Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kurumuna bağlı Batı Karadeniz Kömür İşletmesi (BKİ) haline dönüştürülmüş; 07.04.1981 tarihinde ise yeniden EKİ'ye bağlı Bölge Müdürlüğü olmuştur. 1984 yılı başından itibaren TTK'ya bağlanarak Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi (ATİM) tüzel kimliği alınmıştır.

Tarihi 05.04.1994 tarihinde alınan kararlar doğrultusunda müessesenin 1994 yılı sonuna kadar özelleştirilmesi veya kapatılması öngörülmüştür. Ancak bu kararlar uygulanmamış, Müessese statüsü İşletme Müdürlüğü'ne dönüştürülmüş ve Eylül 1994 den itibaren Amasra İşletme Müdürlüğü statüsünde TTK Üzülmüş Taşkömürü İşletme Müessesesi'ne bağlanmıştır. Üç yılı aşkın süren işletme döneminden sonra TTK Yönetim Kurulu'nun 24.07.1997 tarih ve 16/192 sayılı kararı ile 01.01.1998 tarihinden itibaren Amasra Taşkömürü İşletme Müessesesi (ATİM) olarak yeniden tüzel kişilik kazanılmıştır (URL-2 2019).

4.4.2 İmtiyaz Alanı ve Rezervi

ATİM Amasra-A ve Amasra-B Sahaları, 3885 km²'si karada olmak üzere toplam 6885 km² olan TTK imtiyaz sahasının yaklaşık 49 km²'lik bir bölümünde bulunmaktadır. Batısında Tarlaağzı köyü, doğusunda Abbasköy, Saraydüzü, Karainler köyleri; kuzeyde Karadeniz ve güneyde Bartın merkez ilçe ile sınırlanmıştır. Amasra Havzasının Amasra-A Sahası olarak

anılan kuzeydeki bölümü 13.5 km²'lik bir alan olup, halen bu sahada –400 kotuna kadar istihsal ve hazırlık çalışmaları Müessese tarafından yürütülmektedir (URL-3 2019).

Sahanın Amasra-A Sahası dışında kalan bölümü Amasra-B Sahasını oluşturmaktadır. Amasra -B sahası ve Amasra-A Sahasının –400 kotunun altında kalan kısmının rödovans karşılığı işletmeciliği yapılan ihale sonucu 15.04.2005 tarihinde imzalanan bir sözleşme ile HEMA Endüstri A.Ş. firmasına verilmiştir. Müesseseye bağlı Kastamonu Azdavay sınırları içinde bulunan 3 adet taşkömürü sahası ile Bartın Kurucaşile ve Kastamonu Cide sınırları içinde bulunan bir adet taşkömürü sahası da rödovans karşılığı işletilmek üzere ihale edilmiş olup yüklenici firmaların çalışmaları devam etmektedir (URL-3 2019).

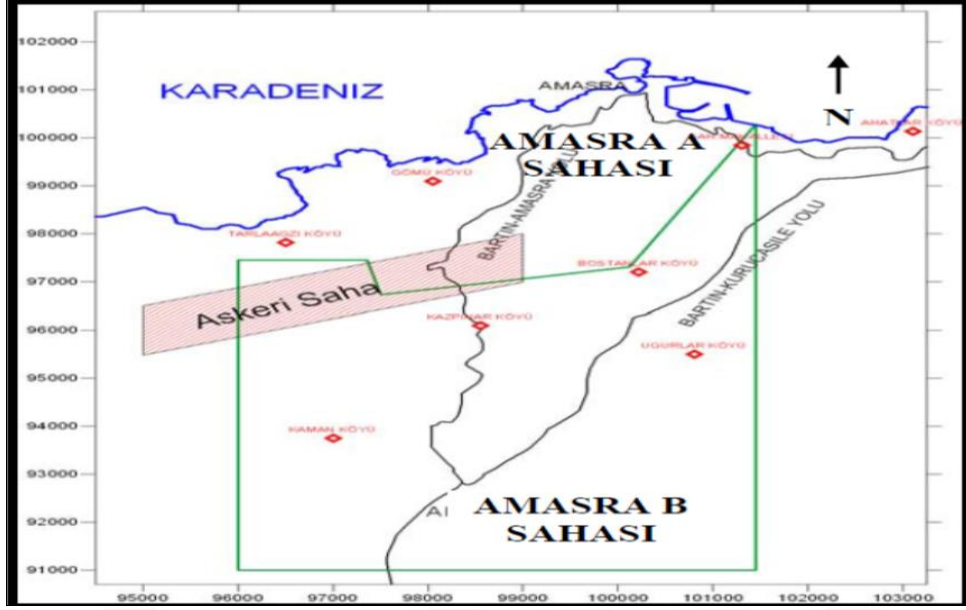
Türkiye'nin bilinen toplam taşkömürü rezervi yaklaşık 1.5 milyar ton civarındadır. Bu rezervin yaklaşık 622 milyon tonu Amasra havzasında bulunmaktadır. Yani ATİM, TTK'nin en büyük rezervine sahip üretim birimidir. 2018 yılı sonu itibarı ile jeolojik rezervin yaklaşık 16 milyon tonu Amasra-A Sahasında; 606 milyon tonu Amasra-B sahasında bulunmaktadır (URL-3 2019). Çizelge 4.1'de Müessesenin imtiyaz sahası içindeki toplam rezerv miktarı verilmekte, Şekil 4.7'de ise Amasra-A ve Amasra-B sahası gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 ATİM imtiyaz sahası içindeki toplam rezerv miktarı (ton) (ATİM 2019).

KATEGORİ	SEVİYE	REZERV MİKTARI
		(ton)
Hazır	-175/-300	420.000
Görünür	-300-550	401.550.804
Muhtemel	-100/-550	153.338.258
Mümkün	-550/-1200	66.570.778
Toplam		621.879.840

4.4.3 İdari Yapı

ATİM, TTK Genel Müdürlüğü'ne bağlı bir müessese müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmektedir.



Şekil 4.7 Amasra A ve B sahası (Albayrak 2008).

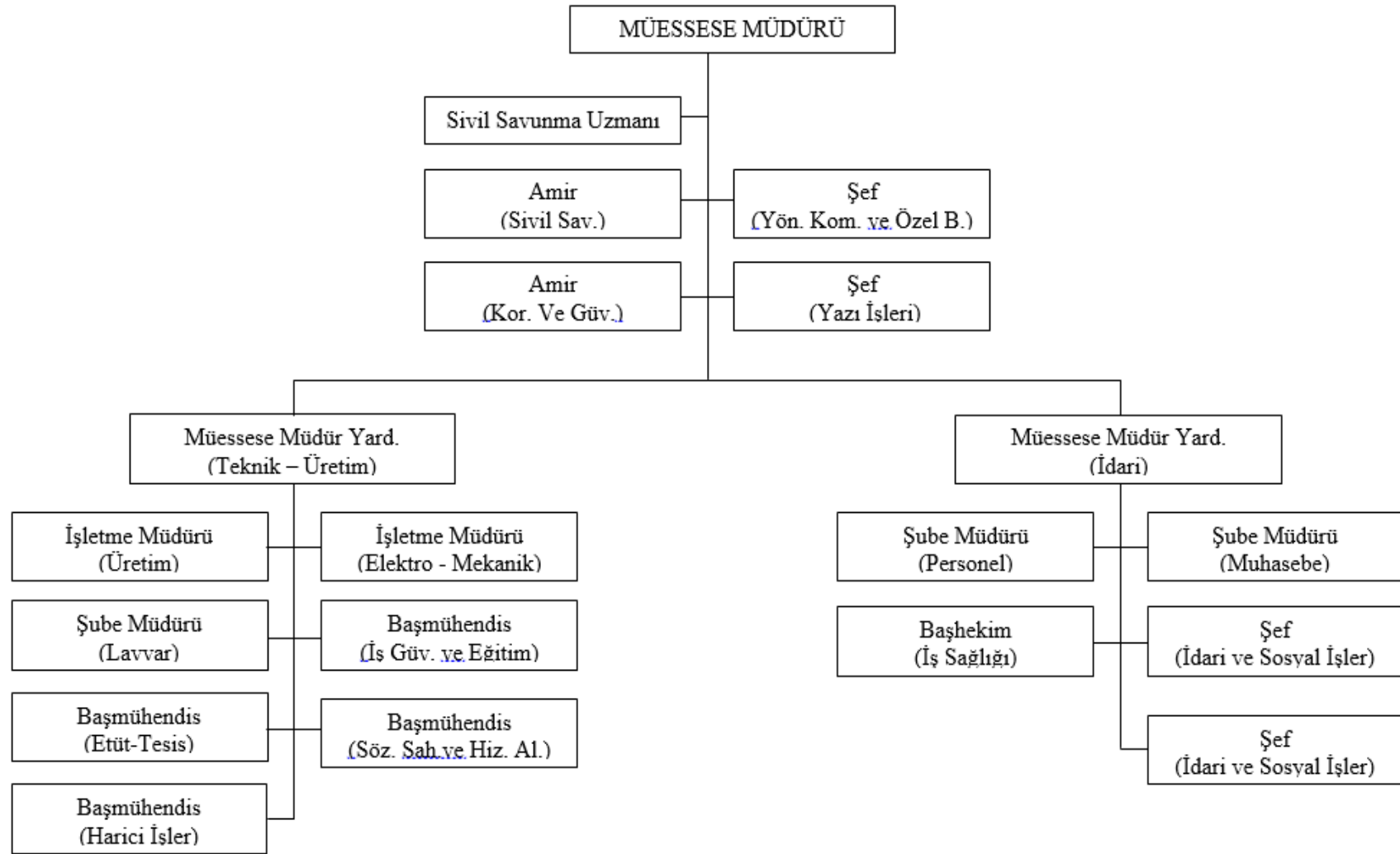
4.4.3.1 Yönetim

Müessesede üretim, elektro-mekanik, etüd-tesis servisleri ile idari bölümler bulunmaktadır. Bu bölümler bağlı bulundukları Müessese Müdür Yardımcılarına, Müessese Müdür Yardımcıları da Müessese Müdürüne bağlıdır. ATİM örgütlenme şeması Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

4.4.3.2 Personel Durumu

Müessesede yevmiyeli, kadrolu ve sözleşmeli olmak üzere üç ayrı statüde personel istihdam edilmektedir. Sözleşmeli personel teknik, idari, sağlık ve güvenlik birimlerinde çalışmaktadır. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi kadrolu ve sözleşmeli toplam personel sayısı 2012 yılında 160 iken, Mayıs 2019 yılında 139’a düşmüştür. Çizelge 4.2’ye göre 2012 yılında çalışan toplam yeraltı ve yerüstü işçi sayıları 774 iken, Mayıs 2019 yılında 470’e düşmüştür.

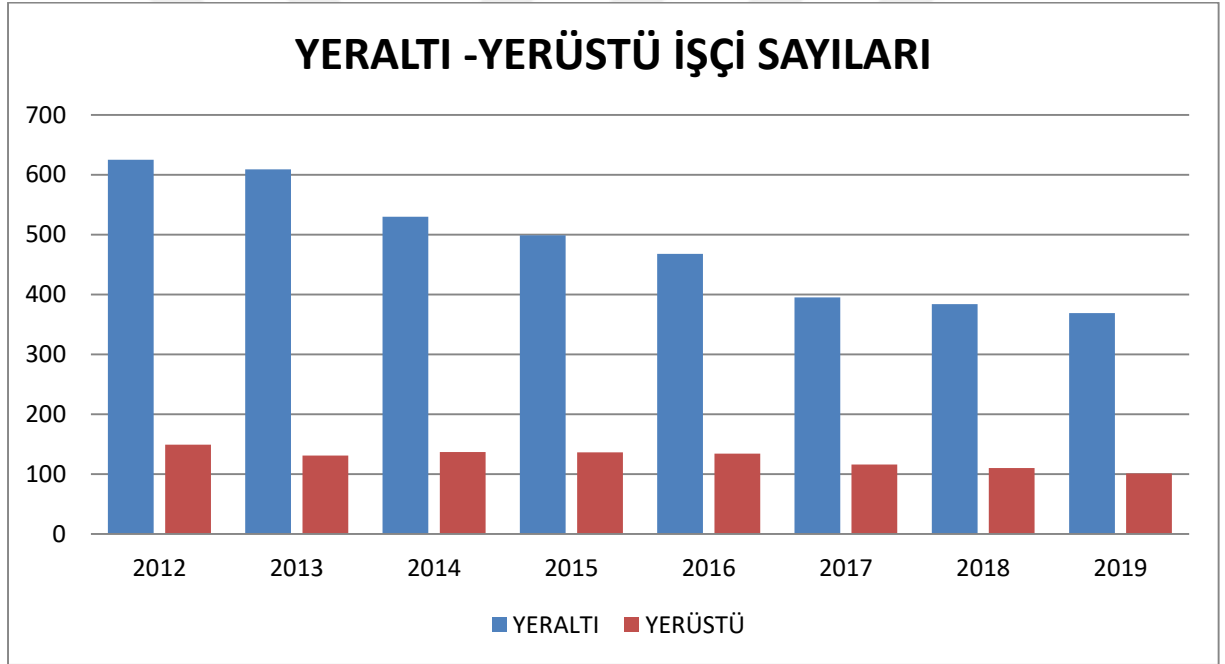
Şekil 4.9’da 2012-2019 yılları arasında çalışan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları, Çizelge 4.3’de 2012-2019 yılları arasında emekli olan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları, Çizelge 4.4’de 2012-2019 yılları arasında emekli olan pano ayak üretim işçisi sayıları, Çizelge 4.5’de 2012-2019 yılları arasında emekliliği hak edecek olan pano ayak üretim işçi sayıları gösterilmektedir (ATİM 2019).



Şekil 4.8 Amasra TİM'in idari yapısı (URL-1 2019).

Çizelge 4.2 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında çalışan memur ve işçi sayıları (ATİM 2019).

Yıllar	Memur		Memur Toplam	İşçi		İşçi Toplamı	Genel Toplam
	Kadroolu	Sözleşmeli		Yeraltı	Yerüstü		
2012	12	148	160	625	149	774	934
2013	9	149	158	609	131	740	898
2014	8	147	155	530	137	667	822
2015	6	150	156	499	136	635	791
2016	8	149	157	468	134	602	759
2017	8	137	145	395	116	511	656
2018	7	132	139	384	110	494	633
2019	7	132	139	369	101	470	609



Şekil 4.9 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında çalışan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları (ATİM 2019).

Çizelge 4.3 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında emekli olan yeraltı ve yerüstü işçi sayıları (ATİM 2019).

Yıllar	Yeraltı	Yerüstü	Toplam
2012	62	14	76
2013	62	11	73
2014	82	10	92
2015	53	10	63
2016	30	5	35
2017	31	8	39
2018	15	5	20
2019	20	5	25
Toplam	355	68	423

Çizelge 4.4 31.05.2019 tarihi itibarıyla, 2012-2019 yılları arasında emekli olan pano ayak üretim (PAÜ) işçisi sayıları (ATİM 2019).

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Toplam
PAÜ İşçisi	14	24	19	17	6	9	2	2	93

Çizelge 4.5 01.01.2015 ile 31.12.2020 tarihleri arasında emekliliği hak edecek olan pano ayak üretim (PAÜ) işçisi sayıları (ATİM 2019).

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
PAÜ İşçisi	7	9	6	6	4	15	47

4.4.4 Amasra-A Sahasında Yürütülen Hazırlık ve Üretim Çalışmaları

Müessese -175/-350 kotları arasında dört ayrı katta 13.5 km²'lik alanda üretim ve hazırlık faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu katlarda kullanılan ocak açıklıkları, galeri olarak 43077 m ve kuyu olarak 301 m'dir. Müessese tarafından işletilen Amasra-A sahasında bir adet kuyu bulunmaktadır. Bu kuyu servis (taş, malzeme ve insan nakli), havalandırma ve ihraç kuyusu olarak kullanılmaktadır. Amasra-A sahası içinde kalan ve kalınlıkları itibarıyla rezerv hesaplarına dahil edilen 22 adet kömür damarı mevcut olup 2019 yılında bu damarlardan, Westfaliyen-A ve Westfaliyen-C serisi olan, kalınlıkları 2 ile 3.50 m arasında değişen 4 adedinde (Kalın, Tavan, Taşlı, Altaşlı) üretim yapılmıştır. Ortalama damar kalınlığı 2.56 m ve ortalama yatım 32°, ortalama derinlik ise -278 m olarak saptanmıştır. Ortalama üretim derinliğinin önceki yıla göre 19 m arttığı görülmektedir. Üretim, pnömatik patlatmalı kazı,

dönümlü göçertmeli uzun ayak (klasik ve mekanik) yöntemleri ile yapılmaktadır. Tahkimat malzemesi olarak ağaç, kalkan tahkimat; kazı aracı olarak kazma, martopikör, dinamit, kesici; ayak içi nakliyatında çift zincirli konveyör; ayak dibi nakliyatında da motor, bant konveyör kullanılmaktadır.

Müessesede, işletme müdürlüğünce yürütülen kömür üretim çalışmaları, ayaklardan, bacalardan ve taban hazırlıklarından sağlanmaktadır. Üretim ve hazırlık faaliyetleri -236/-300 ve -300/-350 kotları arasındadır. Çizelge 4.6'da 2013-2018 yılları arasında taşa ve kömürde yapılan ilerlemeler, Çizelge 4.7'de 2013-2018 yıllarına ait üretim miktarları ve gerçekleşme oranları, Şekil 4.10'da yıllara göre tüvenan üretim, Şekil 4.11'de yıllara göre satılabilir üretim, Çizelge 4.8'de ise 2013-2018 yıllarına ait işletme yöntemlerine göre tüvenan üretim miktarları gösterilmektedir (ATİM 2019).

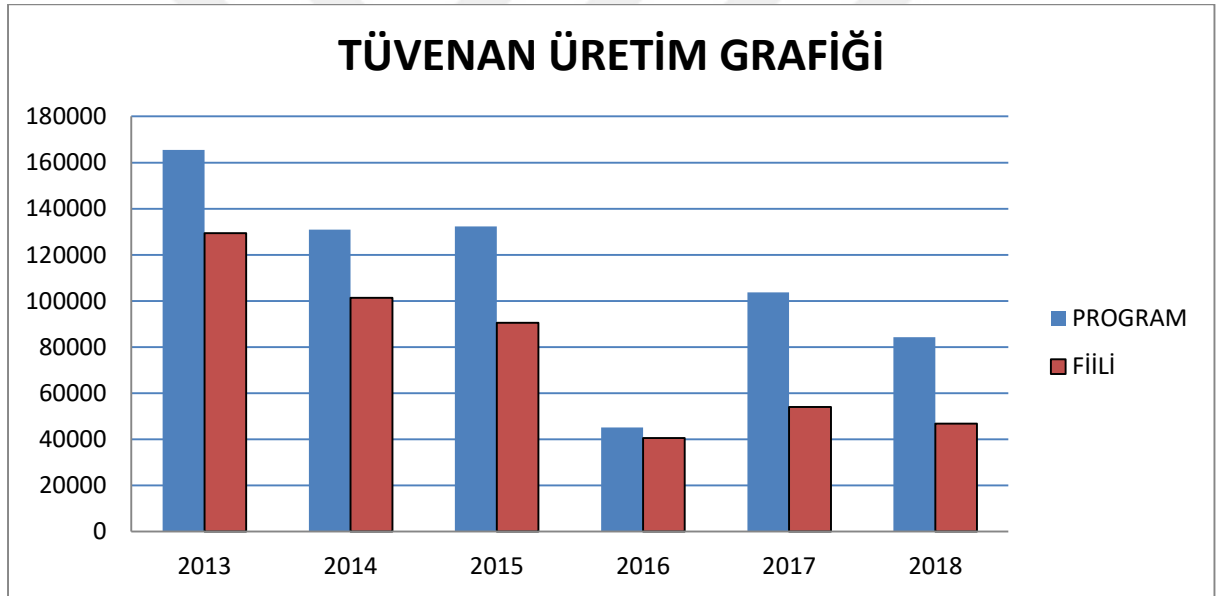
Çizelge 4.6 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında taşa ve kömürde yapılan ilerlemeler (ATİM 2019).

YILLAR		Kredili (m)	Hazırlık (m)	Müteferrik (m)	Toplam (m)	Kömürde İlerleme (m)
2013	Program	450	–	600	1050	5500
	Fiili	434	–	160	594	2141
	Gerçekleşme (%)	96	–	27	57	39
2014	Program	500	–	600	1100	5500
	Fiili	202	–	174	376	2936
	Gerçekleşme (%)	40	–	29	34	53
2015	Program	500	–	600	1100	5500
	Fiili	77	–	99.50	176.50	2530
	Gerçekleşme (%)	15.4	–	16.6	16.0	46
2016	Program	212	–	254	466	2321
	Fiili	109	–	0	109	544
	Gerçekleşme (%)	51	–	0	23	23
2017	Program	500	–	600	1100	5500
	Fiili	45	–	295.50	340.50	578.50
	Gerçekleşme (%)	9	–	49.25	30.95	11
2018	Program	500	–	600	1100	5500
	Fiili	187	–	176	363	304.50
	Gerçekleşme (%)	37	–	29	33	6

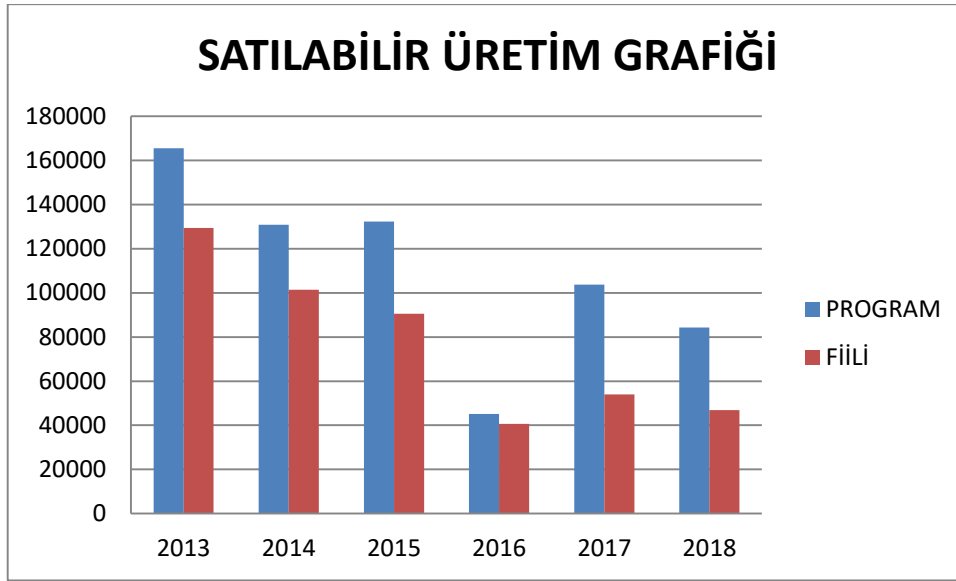
Çizelge 4.7 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında gerçekleştirilen üretim miktarları ve gerçekleşme oranları (ATİM 2019).

YILLAR	TÜVENAN (ton)			SATILABİLİR (ton)		
	PROGRAM	FİİLİ	GO (%)	PROGRAM	FİİLİ	GO (%)
2013	312438	261235	84	165550	129393	78
2014	252840	222349	88	130935	101395	77
2015	256704	194746	76	132356	90527	68
2016	86920	83512	96	45156	40588	90
2017	197846	116437	59	103730	53980	52
2018	169425	100953	60	84336	46841	56

GO: Gerçekleştirme Oranı



Şekil 4.10 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları itibarıyla tüvenan üretim miktarı (ATİM 2019).



Şekil 4.11 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları itibarıyla satılabilir üretim (ATİM 2019).

Çizelge 4.8 31.12.2018 tarihi itibarıyla, 2013-2018 yılları arasında işletme yöntemlerine göre tüvenan üretim miktarları (ATİM 2019).

İŞLETME YÖNTEMİ	2013		2014		2015		2016		2017		2018	
	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%
Pnömatik Patlatma	9069	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uzun Ayak (Mekanize)	31598	12	11820	5	32535	17	35722	43	17868	15	0	0
Hazırlık	67411	26	105042	47	96015	49	19946	24	11781	10	2931	3
Uzun Ayak (Klasik)	153157	59	105487	48	66196	34	27844	33	86788	75	98022	97
Toplam	261235	100	222349	100	194746	100	83512	100	116437	100	100953	100

4.4.5 TTK Amasra Müessesesi Taşkömürünün Özellikleri

Amasra bölgesinin kömür damarları; TTK'nın diğer bölgelerindeki damarların aksine koklaşma özelliği olmayan ya da çok zayıf koklaşır kömür damarlarından oluşmaktadır. Bununla beraber koklaşabilen diğer Zonguldak kömürleri ile karıştırılarak demir çelik sanayisinde kullanılabilir. Üretilen kömürün kalorifik değeri 5000-6000 kcal/kg arasında değişmektedir. Ayrıca sanayinin diğer kollarında ve teshin amaçlı olarak da kullanılmaktadır.

Amasra kömürleri, siyah renkli, mat ve parlak zonlar gösteren sert, yer yer killi, düzensiz kırıklı bir yapıdadır. Yangına müsait olan bu damarlar, TTK Zonguldak havzasının gerek parça gerekse yerinde dayanım açısından en sert damarlarıdır. Amasra kömürlerinin parça boyutuna göre kalori, kül ve rutubet değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Azdavay ve Nanepınarı kömürlerinin koklaşma özellikleri Amasra kömürlerine göre daha iyi olmakla beraber; bu bölgelerde kömür damarlarında süreklilik ve düzenli tabakalaşma görülmemektedir. Bu nedenle küçük ve orta boyutlu firmalar tarafından rödovans karşılığı işletilmeleri cazip ve uygulanabilir olmaktadır. Ayrıca bu kömürlerde parça kömür istihali zayıf, toz kömür oranı yüksektir (ATİM 2019).

Çizelge 4.9 Amasra kömürlerinin parça boyutuna göre kimyasal özellikleri (ATİM 2019).

Parça ebadı (mm)		18-100	0-18
ORJİNAL KÖMÜRDE	Nem (%)	5 ± 1	11 ± 1
	Kül (%)	13 ± 2	12 ± 2
	Uçucu Madde (%)	36 ± 1	34 ± 1
	Sabit Karbon (%)	46 ± 2	43 ± 2
	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	6145 ± 150	5760 ± 150
	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	5890 ± 50	5480 ± 150
	Toplam Kükürt (%)	1.26 ± 0.01	1.21 ± 0.01
KURU KÖMÜRDE	Kül (%)	14 ± 2	14 ± 2
	Uçucu Madde (%)	38 ± 1	38 ± 1
	Sabit Karbon (%)	48 ± 2	48 ± 2
	Üst Isıl Değer (kcal/kg)	6470 ± 150	6470 ± 150
	Alt Isıl Değer (kcal/kg)	6230 ± 150	6230 ± 150
	Toplam Kükürt (%)	1.33 ± 0.01	1.35 ± 0.01
Koklaşma		Çok Zayıf	Çok Zayıf
Sınıf		II. Bitüm	II. Bitüm



BÖLÜM 5

YAPILAN DAMAR GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

5.1 DAHA ÖNCE YAPILAN DAMAR GAZ İÇERİĞİ ÖLÇÜM ÇALIŞMALARI

TTK da gaz ölçüm araştırmaları, Kasım 1986 yılında Kanada'nın Nova-Corp firmasından Alfred KAHİL ve Dr. Dennis MASSI adlı Kanadalı iki uzmanın TTK'yı ziyareti ile başlamıştır.

Novacorp 1988 yılında Canteck Consulting Ltd. adını alarak havzada damar gaz içeriğini belirleme çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalar sırasında TTK personeli numune alma, ölçme ve değerlendirme konularında eğitilmiştir. Daha sonra numune alma ve ölçüm işleri TTK İş Sağlığı Güvenliği ve Eğitim Daire Başkanlığı personeli tarafından devam ettirilmektedir.

1995 yılında yapılan çalışmalarda -100 kotundaki kömür damarlarından numuneler alınarak TTK laboratuvarında analizler yapılmıştır. Tavan damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile 6.78 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 6.68 m³/t; Langmuir eşitliği ile 10.45 m³/t olarak bulunmuştur. Kalın damarın gaz içeriğinin USBM yöntemi ile 3.70 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 6.36 m³/t; Langmuir eşitliği ile 11.88 m³/t olarak bulunmuştur. Taşlı damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile 6.49 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 4.10 m³/t; Langmuir eşitliği ile 10.09 m³/t olarak bulunmuştur.

2006 yılında yapılan çalışmalarda -250 kotundaki kömür damarlarından numuneler alınarak TTK laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Kalın damar gaz içeriği USBM yöntemi ile 6.84 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 12.25 m³/t; Langmuir eşitliği ile 18.25 m³/t olarak bulunmuştur. Tavan damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile 4.42 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 10.25 m³/t; Langmuir eşitliği ile 18.63 m³/t olarak bulunmuştur. 10'uncu damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile 3.86 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 11.74 m³/t; Langmuir eşitliği ile 17.64 m³/t olarak bulunmuştur.

2007 yılında yapılan çalışmada -250 kotunda Kalın damardan numune alınarak TTK laboratuvarında analizi yapılmıştır. Kalın damarın gaz içeriği USBM yöntemi ile 6.37 m³/t ve görgül yöntemlerden Kim eşitliği ile 9.75 m³/t; Langmuir eşitliği ile 18.85 m³/t olarak bulunmuştur (Öztürk 2014).

5.2 ATİM DAMARLARININ GAZ İÇERİĞİNİN VE TAHMİNİ METAN GELİRİNİN BELİRLENMESİ ÇALIŞMALARI

Amasra TİM kömür damarlarının metan gazı içeriklerinin belirlenmesi amacıyla önceki yıllarda bazı çalışmalar yapılmış olup uzun bir süreden bu yana başka çalışma yapılmamış olması ve üretimin daha derin kotlara kaymasıyla birlikte üretimde kullanılan yöntem ve makinelerde değişiklik olması bu çalışmanın yapılmasını kaçınılmaz kılmıştır.

Çalışmanın başlangıcında örnek alınacak kömür damarları ve örnekleme yerleri, kullanılan makine ve ekipmanlar, laboratuvar imkanları da göz önünde bulundurularak izlenecek yöntem belirlenmiştir.

Çalışmada doğrudan yöntemlerden olan Fransız Cerchar tekniği kullanılarak damar gaz içeriklerinin tespit edilmesine karar verilmiştir. Cerchar tekniğine göre damarlardan sondajlar yapılarak elde edilen örnekler sızdırmaz kaplara (kanister) alınmakta, daha sonra bu sızdırmaz kaplar laboratuvara taşınmaktadır. Burada analizör yardımı ile ilk okumalar ardından yaklaşık olarak 24 saat sonra analizörde ikinci okumalar yapılmaktadır. Daha sonra kalıntı gazı bulmak için numuneler değirmende öğütülmekte ve ilk sonuçlar elde edilmektedir. Nem, kül ve uçucu madde analizlerini yaptıktan sonra elde edilen veriler ışığında kömür numunelerinin toplam gaz içeriği hesaplanmaktadır.

5.2.1 Örneklerin Alınması

Bu çalışmada numune örneği alınırken, damar gaz içeriği tespiti için kullanılan sondaj makinası kullanılmıştır. Sondaj alma işlemine başlamadan önce ortamın metan içeriği tespit edilerek numune alım formuna not edilir. Ayrıca CHOT-2BM ölçüm cihazı (Şekil 5.1) ile de ortamın nemi (%RH), atmosfer basıncı (hPa) ve sıcaklığı (°C) tespit edilerek numune alım formuna yazılır. Sondaj deliği, ilk numune alım pozisyonuna ulaşana kadar geleneksel olarak delinir.



(a)



(b)

Şekil 5.1 CHOT-2BM cihazı (a) ve numune alım makinası (b).

Sondaj sırasında kömür kırıntılarının kaldırılması için sondaj çubuklarının vida besleyicisi ve hafif basınçlı hava sirkülasyonu kullanılır. Bunun için, enjektörün tüm vanaları dışa atım pozisyonuna getirilir. Sondaj işlemi numune alım pozisyonuna ulaşıldığında, sondajın ilerlemesi durdurulur. Döndürme işlemi ise durdurulmaz. Numune alımı öncesinde kısa bir süreyle yoğun basınçlı hava sirkülasyonu kullanılarak tüm kömür kırıntıları dışarı atılır. Numune alımı için, enjektörün tüm vanaları emme pozisyonuna getirilir. Aynı zamanda, sondajın ilerlemesi yaklaşık 10 – 20 cm boyunca devam ettirilir. Enjektörün gövdesi açılır. Numune kutusu enjektör gövdesinden kaldırılır. Sondaj deliği derinliğinin (numune alım pozisyonu) yanı sıra numunenin alındığı saat (T_1) de numune formuna kaydedilir. 2 mm elek açıklığına sahip bir eleğe boşaltılarak numunenin hızlı bir şekilde elenmesi sağlanır. 2 mm'den küçük tanecikler için kırıntılar 630 μ m elek açıklığına sahip ikinci bir elekten elenir. Elekte kalan parça 2mm'den büyük parçalar 10 g ölçeğe doldurulur. 10 g ölçek numune şişesine boşaltılır. ve numune şişesi kapatılır. Numune şişesinin kapatıldığı saat (T_2) numune formuna kaydedilir (Şekil 5.2).



TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
İŞ SAĞLIĞI, GÜVENLİĞİ VE EĞİTİM DAİRE BAŞKANLIĞI

Gaz İçeriği Ölçümü
Damar İçeriği Sondajla Numune Alım Formu

Maden
Damar
Çalışma Yeri
Sondaj Deliği
Tarih Derinlik
Hava Sıcaklığı °C Barometre Basıncı hPa
Havalandırma Sağlanan Havadaki CH₄ Derişimi %
Kaya Sıcaklığı °C

CHOT-2BM
70,6%RH
1049 hPa
26,7 °C

Kömür Aynasının İlk Kez Açığa Çıkarıldığı Tarih Saat

F > 2 mm
B 0,63 - 2,00 mm
A 0,40 - 0,63 mm

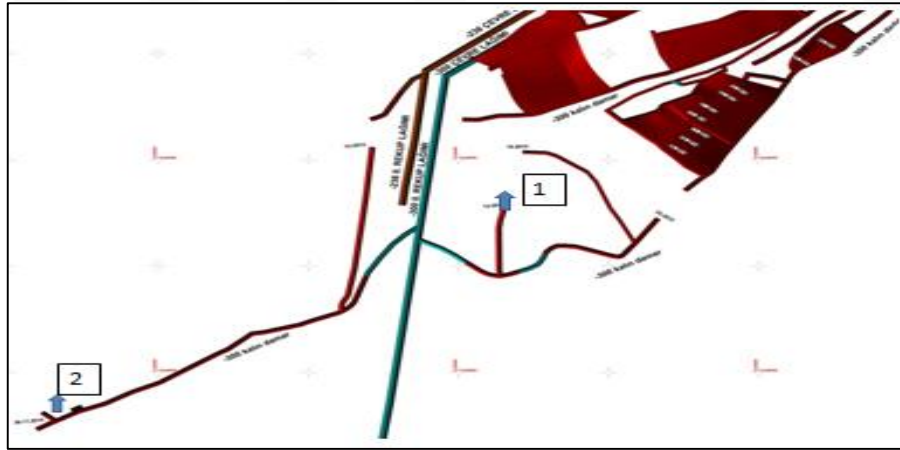
Numune No	Sondaj Derinliği (m)	Numune Kap No	Numune Almaya Başlanılan Saat	Numune Kabinin Kapatıldığı Saat
1	2	N02	12:18	12:19
2	4	N03	12:29	12:30
3	6	N04	12:41	12:42
4	8	N05	13:01	13:02
5	10	B16	13:27	13:28
6	12	B06		
7	14	B05		
8				
9				
10				
11				
12				
13				

Açıklama: 10. m. sonunda Tavan Tasına geldiğinden sondaj sonlandırılmıştır.

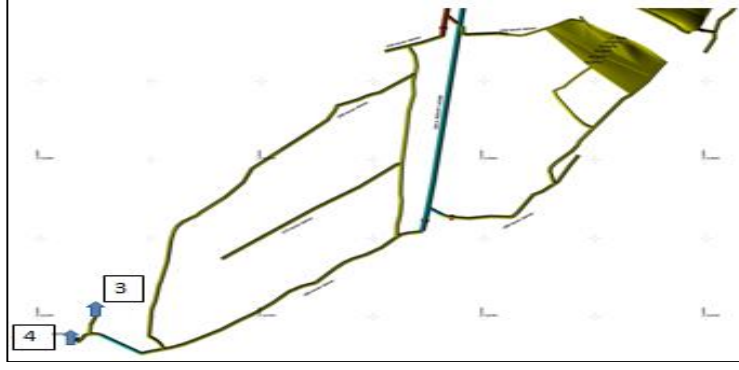
Şekil 5.2 Numune alım formu örneği.

Amasra kömür damarlarında, sondaj esnasında 2 m’de bir numune alınarak bu numuneler sızdırmaz numune kaplarına (kanister) konularak ağızları sıkıca kapatılmıştır. Bu işlemin iki dakikadan daha az zamanda yapılmasına özen gösterilmiş olup numune alma işlemi büyük bir titizlik içinde gerçekleştirilmiştir.

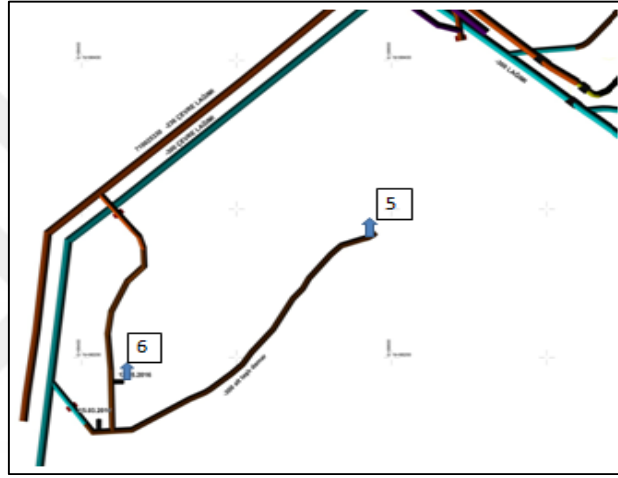
Kömür numunelerinde kaya içeriği olmamasına veya kaçınılmaz durumlarda kaya içeriğinin düşük miktarda kalmasına özel önem verilmiştir. Kömür numunesinin kaçınıcı metreden alındığını karıştırmamak için numune kaplarının üzerine numaralar yazılmış ve kayıt formuna bu numaralar ile kaçınıcı metreden alındığı belirtilmiştir. Numune alma işlemi bittikten sonra numune kapları ölçümlerin yapılması amacıyla laboratuvara götürülmüştür. -236/-300 2. Rekup kotları arasındaki Kalın damar için Kuzeydoğu (1) ve Güneybatı (2) panolarından numunelerinin alındığı sondaj yerleri (1 ve 2 No.lu sondaj) Şekil 5.3’de, -236/-300 2. Rekup kotları arasındaki Tavan damar için Güneybatı panosundan numunelerin alındığı sondaj yerleri (3 ve 4 No.lu sondaj) Şekil 5.4’de ve -236/-300 2. Rekup kotları arasındaki Alttaşlı damar için Kuzeydoğu panosundan numunelerin alındığı sondaj yerleri (3 ve 4 No.lu sondaj) Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.3 -300 Kuzeydoğu ve Güneybatı Kalın damar numunelerinin (1 ve 2 No.lu) alındığı sondaj yerleri.

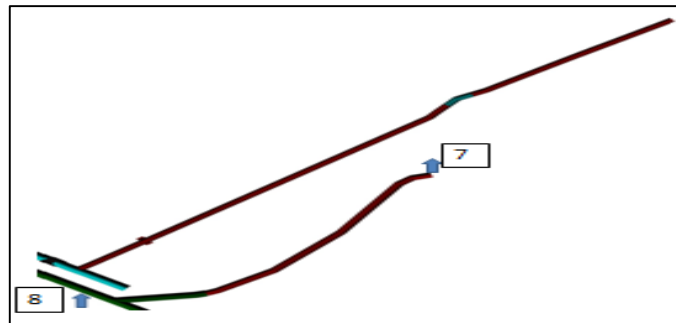


Şekil 5.4 -300 Güneybatı Tavan damar numunelerinin (3 ve 4 No.lu) alındığı sondaj yerleri.

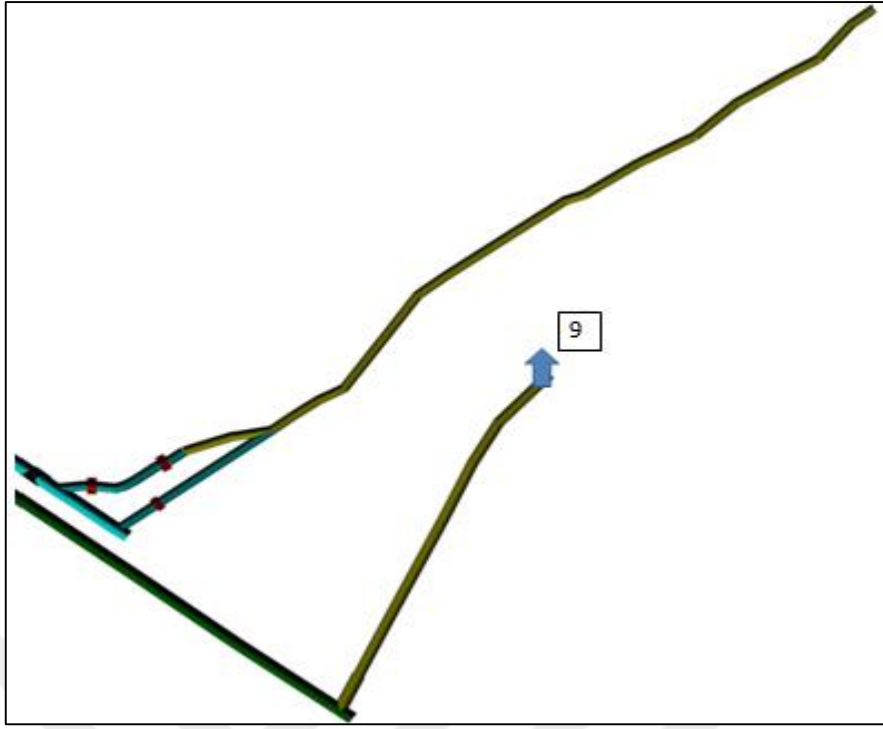


Şekil 5.5 Kuzeydoğu Altaşlı damar numunelerinin (5 ve 6 No.lu) alındığı sondaj yerleri.

Ayrıca; -350 1. Rekup Kuzeydoğu Kalın damar için numunelerin alındığı sondaj yeri (7 No.lu sondaj) ile -350 1. Rekup Kuzeydoğu Taşlı damar için numunelerin alındığı sondaj yeri (8 No.lu sondaj) Şekil 5.6'da ve -350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan damar için numunelerin alındığı sondaj yeri (9 No.lu sondaj) Şekil 5.7'de verilmektedir.



Şekil 5.6 Kuzeydoğu Kalın damar ve Kuzeydoğu Taşlı damar numunelerinin (7 ve 8 No.lu) alındığı sondaj yerleri.



Şekil 5.7 Kuzeydoğu Tavan damar numunesinin (9 No.lu) alındığı sondajın yeri.

Söz konusu numunelerin alındığı yerler Çizelge 5.1’de verilmektedir. Şekil 5.8’de ise numune alımında kullanılan ekipmanlara ait fotoğraflar yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Numunelerin alındığı yerler.

DENEY NO	DAMAR ADI	DERİNLİK (m)	AÇIKLAMA
1	-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Kalın damar nefeslik başyukarı	-300	13 m ilerleme yapıldı. 7 adet numune alındı.
2	-236/-300 2. Rekup Güneybatı Kalın damar taban	-300	14 m ilerleme yapıldı. 7 adet numune alındı.
3	-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan damar arın baca	-300	14 m ilerleme yapıldı. 7 adet numune alındı.
4	-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan damar taban	-300	16 m ilerleme yapıldı. 8 adet numune alındı.
5	-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı damar taban	-300	16 m ilerleme yapıldı. 8 adet numune alındı.
6	-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca	-300	14 m ilerleme yapıldı. 7 adet numune alındı.
7	-350 1. Rekup Kuzeydoğu Kalın damar taban	-350	14 m ilerleme yapıldı. 7 adet numune alındı.
8	-350 1. Rekup Kuzeydoğu Taşlı damar taban	-350	8 m ilerleme yapıldı. 4 adet numune alındı.
9	-350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan damar taban	-350	10 m ilerleme yapıldı. 5 adet numune alındı.



(a) >2 mm ve $630\ \mu\text{m}$ elekler



(b) numune alım ekipmanı

Şekil 5.8 Numune alımında kullanılan ekipmanlar.

5.2.2 Metan Gazı Yayılımının Ölçülmesi

Kanisterler ile laboratuvara getirilen numunelerin analizör yardımıyla ilk okumaları yapılarak değerler ölçümün yapıldığı saat ile birlikte kayıt formuna yazılır. Daha sonra numune kaplarının ağzı açılarak içindeki havanın temizlenmesi sağlanır. Ölçümlerin yapıldığı analizör cihazı Şekil 5.9’da gösterilmektedir.



Şekil 5.9 Analizör cihazı.

Daha sonra numune kaplarının ağızı tekrar sıkıca kapatılır. Yaklaşık olarak bir gün sonra numuneler tekrar analizörde ölçülerek sonuçlar saatleri ile birlikte kayıt formuna ikinci ölçüm olarak yazılır. Analizör cihazından alınan ilk (Q'_2) ve ikinci (Q''_2) yayılan gaz ölçümlerinde izlenen prosedür aşağıda sıralanmaktadır:

- a) Numune şişesi, bağlantı hortumu yoluyla metan çözümleyiciye bağlanır.
- b) Gaz, şişenin sıkılmasıyla birlikte, çözümleyici sabit bir metan derişimi gösterene kadar çözümleyiciye doğru itilir.
- c) Metan derişimi C_{FI} , laboratuvar test formunda kaydedilir. Sonrasında, numune dengelenir (doğruluk ± 0.2 g) ve sonuç laboratuvar test formuna kaydedilir.
- d) (Q'_2) veya (Q''_2)'nin ölçüm saatleri [(T'_2) ve (T''_2)] ile hava sıcaklığı (T_L) ve barometre basıncı (P_L) laboratuvar test formuna kaydedilir.

Numunelerin konduğu kanisterler (numune kapları) Şekil 5.10'da görölmektedir. Örnek olarak;

-236/-300 Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan 7 adet numuneye ait birinci ölçüm değerleri (Q'_2) Çizelge 5.2'de, ikinci okuma değerleri (Q''_2) ise Çizelge 5.3'de verilmektedir.



Şekil 5.10 Numune alım kapları (kanisterler).

Çizelge 5.2 -236/-300 Alttaşı damar nefeslik bacadan alınan 7 adet numuneye ait birinci ölçüm (Q'_2) değerleri.

Numune No	Saat	T _L (°C)	P _L (hPa)	C' _{FI} (%)
A12	14:55	19	1001	0.50
A09	14:58	19	1001	0.98
A27	15:00	19	1001	1.10
A10	15:08	19	1001	1.59
A14	15:10	19	1001	1.90
F03	15:15	19	1001	1.27
F04	15:20	19	1001	2.38

T_L: Laboratuvardaki sıcaklık; P_L: Laboratuvardaki basınç; C'_{FI}: Numune kabındaki metan yüzdesi

Çizelge 5.3 -236/-300 Alttaşı damar nefeslik bacadan alınan 7 adet numuneye ait ikinci ölçüm (Q''_2) değerleri.

Numune No	Saat	T _L (°C)	P _L (hPa)	C' _{FI} (%)
A12	09:25	22	1002	0.25
A09	09:50	22	1002	0.42
A27	10:10	22	1002	0.43
A10	10:25	22	1002	0.67
A14	10:45	22	1002	0.46
F03	11:10	22	1002	0.70
F04	11:30	22	1002	0.43

T_L: Laboratuvardaki sıcaklık; P_L: Laboratuvardaki basınç; C'_{FI}: Numune kabındaki metan yüzdesi

Daha sonra kalıntı gazın tespiti için değirmen aşamasına geçilir. Öncelikle numune kabının içindeki kömür numunesinin kütlesi tartılır ve kayıt formuna yazılır. Kömür numunesinin kütlesi artı eksi 10 gr olarak alınır ve kalıntı gazın tespiti için değirmene konulur. 10 gr'ın fazlası olan numuneler bir kaba aktarılır. Değirmenden alınan kalıntı gaz (Q'_3)'nün ölçülmesinde izlenen prosedür aşağıda sıralanmaktadır:

- Ölçüm öncesinde, sistemin sızdırmazlığının kontrol edilmesi gerekir.
- Üst vana, öğütme tankıyla büreti birbirine bağlamak üzere döndürülür.
- Büretteki su seviyesi, seviye şişesinin yukarı kaldırılmasıyla 0 cm³'e ayarlanır. Alt vana kapatılır. Seviye şişesi masa seviyesine indirilir.
- Öğütme tankı kapatılır ve mümkün olduğunca hızlı bir şekilde vibratöre sabitlenir. Bağlantı hortumu mümkün olduğunca hızlı bir şekilde öğütme tankına bağlanır.
- Alt vana açılır. Büretteki su seviyesi sabit bir seviyeye ulaştıktan sonra öğütme süreci başlatılır.

- f) Değirmen dakikada 1100 devir yapacak şekilde hazırlanır ve çalıştırılır (Şekil 5.11). 2 dakikada bir büretteki gaz değeri kayıt formuna yazılır.
- g) Gazın ulaştığı en yüksek değer bulunarak yalnız bir numunenin değeri kayıt defterine yazılır.
- h) Büretteki gaz hacmi sabitlenince öğütme işlemi durdurulur. Büretteki gaz hacmi biraz yükselir ve daha sonra azalabilir. Bu durumda, maksimum gaz hacminin $(Q'_3)_L$ olarak kaydedilmesi gerekir.
- i) Seviye şişesi, büretteki ve seviye şişesinde su seviyeleri dengelenene kadar yukarı kaldırılır. Bu işlem, bürette dengelenmiş bir basınç elde edilene kadar gerçekleştirilir.
- j) Büretteki gaz hacmi $(Q'_3)_L$, laboratuvar test formuna kaydedilir.



Şekil 5.11 Değirmen.

Laboratuvardaki hava sıcaklığı (T_L) ve basınç (P_L), laboratuvar test formuna kaydedilir. Öğütülen kömür, ayrı ayrı zarflara konularak üzerlerine numunelerin alındığı yer ve derinlik yazılır. Numuneler kül, nem, uçucu madde analizinde kullanılır.

Örnek olarak; -350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan damar tabanına ait Q_2' , Q_2'' ve Q_3' ölçüm değerlerinin yazıldığı form Şekil 5.12'de verilmektedir., bu form üzerinde yer alan bilgilerden yola çıkılarak hazırlanan değerler ise Çizelge 5.4'de verilmektedir.



TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
İŞ SAĞLIĞI, GÜVENLİĞİ VE EĞİTİM DAİRE BAŞKANLIĞI

Gaz İçeriği Ölçüm Formu

Maden: Amasra TİM
Damar: 1. kelye sol toven Damar Tarih: 18.06.2019
Konum: -350

Numune Kabi No	Tarih <u>18.06.2019</u> Sıcaklık <u>27.6</u> °C Barometre Basıncı <u>1010</u> hPa		Tarih <u>19.06.2019</u> Sıcaklık <u>24.2</u> °C Barometre Basıncı <u>1010.0</u> hPa		Tarih <u>19.06.2019</u> Sıcaklık <u>24.3</u> °C Barometre Basıncı <u>1010.1</u> hPa		Q ₃							
	Q ₂ ölçümü C _{FI} %CH ₄	Saat T ₃ SS:DD	Q ₂ ölçümü C _{FI} %CH ₄	Saat T ₃ SS:DD	Kömür Kütlesi m ₂ [g]	m ₃ [g]	Saat [dk]	Q ₃ [cm ³]	Saat [dk]	Q ₃ [cm ³]	Saat [dk]	Q ₃ [cm ³]	Saat [dk]	Q ₃ [cm ³]
N02	0.70	16 ⁰⁵	0.68	08 ⁰⁰	7.70	7.70	13.5	13.5	15.5	16.5	16	16		
N03	0.36	16 ⁰⁷	0.46	08 ⁰²	10.92	10.00	13.5	14.2	15.5	17.5	19.5	19.5		
N04	1.87	16 ⁰⁹	2.28	08 ⁰⁵	12.30	10.02	29.0	45	46.5	48.5	47.1	47.1		
N05	1.75	16 ¹³	2.07	08 ⁰⁸	12.63	10.02	25.0	29.5	30.2	32.5	33.4	32.8		
B16	1.20	16 ¹⁵	1.54	08 ¹⁰	14.75	10.01	17.5	18	19.2	19.3	19.5	19.0		
B														

TTK-FM-133
R.02

Şekil 5.12 Q₂' , Q₂" ve Q₃' değerlerinin yazıldığı gaz içeriği ölçüm formu örneği.

Bu işlem tüm numune kapları için ayrı ayrı uygulanır. Böylece tüm numune kaplarındaki en yüksek kalıntı gaz değerleri bulunarak kayıt defterine yazılır. Değirmenden çıkan numune örnekleri ayrı ayrı zarflara konularak üzerlerine numunenin alındığı yer ve derinlik yazılır.

Burada Q₂'nin birinci ve ikinci okumalarının ardından kömürün bünyesinde kalan gazın değirmen işleminden sonraki gaz yayılımı Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4 Q₂'nin birinci ve ikinci okumaları sonrasında kömürde kalan gaz (Q₃').

Numune No	T _L (°C)	P _L (hPa)	m ₂ (gr)	m ₃ (gr)	Q ₃ ' (cm ³)
1	24.2	1010	7.70	7.70	16.50
2	24.2	1010	10.92	10.00	19.50
3	24.2	1010	12.30	10.02	48.00
4	24.2	1010	12.63	10.02	33.40
5	24.2	1010	14.75	10.01	19.50

T_L: Laboratuvaradaki sıcaklık; P_L: Laboratuvaradaki basınç; m₂: Öğütme öncesi numune ağırlığı; m₃: Öğütülen numune ağırlığı; Q₃': Kalıntı gaz miktarı

5.2.3 Damar Gaz İçeriklerinin Belirlenmesi

Toplam gaz içeriği; kayıp gaz olarak adlandırılan ve sondaj sırasında numune şişesi kapatılana kadar ortama salınan (Q_1), çözülen (yayılan) gaz olarak adlandırılan taşıma ve depolama sırasında numune şişesine salınan gaz (Q_2) ile kalıntı gaz olarak adlandırılan ve (Q_2)'nin ölçülmesinden sonra kömürde kalan gazın (Q_3) toplamı şeklinde hesaplanmaktadır.

(Q_1) değeri, (Q_2) değerine dayalı olarak hesaplanır. (Q_2) değeri, numune şişesindeki metan yüzdesinin ölçülmesiyle (Q_3) değeri ise kömürün öğütülmesi yoluyla tayin edilir. Ayırıştırılabilir gaz içeriği (q_{des}) Eşitlik 5.1 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(q_{des})_N = (q)_N - (q_{1bar})_N \quad (5.1)$$

(q_{des})_N : Desorbe edilebilir toplam gaz miktarı, m³/t

(q)_N : Numunenin toplam gaz miktarı, m³/t

(q_{1bar})_N : 1 bar basınç altında toplam gaz miktarı, m³/t

Bu çalışma kapsamında; 9 adet sondajdan alınan 60 adet numune üzerinde gerçekleştirilen damar gaz içeriği ölçümü çalışmalarına örnek olması açısından, -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacasının 10'uncu metresinden alınan 5 No.lu numune kabı (6 No.lu deney) seçilmiş ve yapılan tüm hesaplamalar söz konusu numuneye ait veriler üzerinden aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

5.2.4 Cerchar Tekniğine Göre Metan Gazı İçeriği

Bölüm 3.2.1'de verildiği gibi; bu tekniğin özü; kayıp gaz (Q_1), çözülen gaz (Q_2) ve kalıntı gaz (Q_3) miktarlarının yayılıma etki eden diğer faktörlerle birlikte hesaplanması esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda; öncelikle çözülen gaz miktarı bulunmakta, ardından kayıp gaz ve kalıntı gaz hesaplamaları yapılmaktadır.

5.2.4.1 Çözülen Gaz Miktarının Hesaplanması (Q_2 Tayini)

Q_2 değeri, numune şişesinin belirlenen hacmine ve numune şişesindeki metan yayılımına göre tayin edilir. Q_2 değeri kömürün Q_3 tayini için öğütülmesinden hemen önce ölçülür. İlk ölçüm

(Q₂') sonrasında numune şişesinden çıkarılır. Sonrasında, numune şişesi yıkanır, numune şişeye tekrar konur ve (Q₂'')'nin ölçümü yapılır. Q₂ Eşitlik 5.2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q_2 = Q'_2 + Q''_2 \quad (5.2)$$

Q₂ : Çözülen gaz miktarı, cm³

Q'₂ : Numune şişesi kapatıldıktan sonra yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı, cm³

Q''₂ : Q'₂'nin ölçümüyle Q''₂'nin ölçümü arasında salınan gazın miktarı, cm³

Numune şişesinin kapatılmasıyla laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen Q'₂ ölçümü arasında salınan gaz hacmi Eşitlik 5.3 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(Q'_2)_L = \frac{(V_{FI} - V_K) \times (C_{FI} - C_V)}{100 - C_{FI}} \times \frac{T_L \times P_V}{T_V \times P_L} \quad (5.3)$$

(Q'₂)_L : Laboratuvarda yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı, cm³

V_{FI} : Numune şişesinin hacmi, cm³

V_K : Kömür numunesinin hacmi, cm³

C_{FI} : Numune şişesindeki metan yüzdesi, %

C_V : Maden havasındaki metan yüzdesi, %

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

P_V : Madendeki atmosfer basıncı, hPa

T_V : Madendeki havanın sıcaklığı, °K

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

$$(Q'_2)_L = \frac{(1000 - 10.2) \times (1.90 - 0.18)}{100 - 1.90} \times \frac{292 \times 1037}{295 \times 1001}$$

$$(Q'_2)_L = 19.86 \text{ cm}^3$$

Normalleştirme işlemi, Eşitlik 5.4 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(Q'_2)_N = (Q'_2)_L \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.4)$$

$(Q'_2)_N$: Birinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarı, cm^3

$(Q'_2)_L$: Laboratuvarda yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı, cm^3

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, $^\circ\text{K}$

$$(Q'_2)_N = 19.86 \times \frac{1001}{1013.25} \times \frac{273}{292}$$

$$(Q'_2)_N = 18.3 \text{ cm}^3$$

-236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan ve aralarında A14 No.lu numunenin de bulunduğu numunelere ait Q'_2 ölçüm sonuçları Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait Q'_2 verileri.

Numune No	Saat	T_L ($^\circ\text{C}$)	P_L (hPa)	C'_{FI} (%)	$(Q'_2)_L$ (cm^3)	$(Q'_2)_N$ (cm^3)
A12	14:55	19	1001	0.50	5.15	4.76
A09	14:58	19	1001	0.98	10.15	9.38
A27	15:00	19	1001	1.10	11.41	10.54
A10	15:08	19	1001	1.59	16.57	15.31
A14	15:10	19	1001	1.90	19.86	18.35
F03	15:15	19	1001	1.27	13.19	12.19
F04	15:20	19	1001	2.38	25.00	23.10

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık; P_L : Laboratuvardaki basınç; C'_{FI} : Numune kabındaki metan yüzdesi; $(Q'_2)_L$: Laboratuvarda yapılan ilk ölçümde okunan gaz miktarı; $(Q'_2)_N$: Birinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarı

$(Q''_2)_L$ 'nin tayin edilmesinde Eşitlik 5.5 kullanılır:

$$(Q''_2)_L = \frac{(V_{FI} - V_K) \times C_{FI}}{100 - C_{FI}} \quad (5.5)$$

$(Q''_2)_L$: Laboratuvarda yapılan ikinci ölçümde okunan gaz miktarı, cm^3

V_{FI} : Numune şişesinin hacmi, cm^3

V_K : Kömür numunesinin hacmi, cm^3

C_{FI} : Numune şişesindeki metan yüzdesi, %

$$(Q_2'')_L = \frac{(1000 - 10.2) \times 0.46}{100 - 0.46}$$

$$(Q_2'')_L = 4.6 \text{ cm}^3$$

Laboratuvarda yapılan ikinci ölçümde okunan gaz miktarının normalleştirilmesi işlemi Eşitlik 5.6 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(Q_2'')_N = (Q_2'')_L \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.6)$$

$(Q_2'')_N$: İkinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarı, cm^3

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

$$(Q_2'')_N = 4.6 \times \frac{1002}{1013.25} \times \frac{273}{295}$$

$$(Q_2'')_N = 4.3 \text{ cm}^3$$

Eşitlik 5.2 yardımıyla;

$$Q_2 = 18.3 + 4.3 = 22.6 \text{ cm}^3 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait Q_2 değerleri Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.6 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait (Q_2'') değerleri.

Numune No	Saat	T_L (°C)	P_L (hPa)	C'_{FI} (%)	$(Q_2'')_L$ (cm ³)	$(Q_2'')_N$ (cm ³)
A12	09:25	22	1002	0.25	2.53	2.32
A09	09:50	22	1002	0.42	4.26	3.90
A27	10:10	22	1002	0.43	4.36	3.99
A10	10:25	22	1002	0.67	6.81	6.23
A14	10:45	22	1002	0.46	4.66	4.27
F03	11:10	22	1002	0.70	7.11	6.51
F04	11:30	22	1002	0.43	4.36	3.99

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık; P_L : Laboratuvardaki basınç; C'_{FI} : Numune kabındaki metan yüzdesi; $(Q_2'')_L$: Laboratuvarda yapılan ikinci ölçümde okunan gaz miktarları; $(Q_2'')_N$: İkinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarları

Yapılan ölçüm ve normalleştirme işlemleri sonucunda elde edilen Q_2 değerleri Çizelge 5.7’de verilmektedir.

Çizelge 5.7 Normalleştirme işlemleri sonucunda elde edilen çözülen gaz miktarları.

Numune No	$(Q_2')_N$ (cm ³)	$(Q_2'')_N$ (cm ³)	$(Q_2)_N$ (cm ³)
A12	4.76	2.32	7.08
A09	9.38	3.90	13.28
A27	10.54	3.99	14.53
A10	15.31	6.23	21.54
A14	18.35	4.27	22.62
F03	12.19	6.51	18.70
F04	23.10	3.99	27.09

$(Q_2')_N$: Birinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarları; $(Q_2'')_N$: İkinci ölçümün normalleştirilmesi işlemi sonrası çözülen gaz miktarları; $(Q_2)_N$: Normalleştirme işlemleri sonucunda elde edilen çözülen gaz miktarları

5.2.4.2 Kayıp Gaz Miktarının Hesaplanması (Q_1 Tayini)

Q_1 değeri, numune şişesi içinde yayılan gaza (Q_2) göre tayin edilir. Sondaj ekipmanıyla kömürden numune alımı, numune şişesinin kapatılması ve laboratuvardaki Q_2 ölçümünün saatlerinin bilinmesi gerekir. Numune alımı ve numune şişesinin kapatılması işlemleri arasında salınan gaz hacmi Eşitlik 5.7 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(Q_1)_L = Q_a = Q_b \times \frac{t_a^{(1-k_t)}}{t_b^{(1-k_t)} - t_a^{(1-k_t)}} \quad (5.7)$$

$(Q_1)_L = Q_a$: Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasında salınan gaz miktarı, cm^3

Q_b : Numune şişesinin kapatılmasıyla laboratuvardaki Q_2 ölçümü arasında numuneden yayılan gaz miktarı, cm^3

t_a : Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasındaki süre, s ($t_a = T_2 - T_1$)

t_b : Numune alımıyla laboratuvardaki Q_2 ölçümü arasındaki süre, s ($t_b = (T'_3 - T_2)$)

k_t : Desorpsiyon katsayısı (0.65)

$$(Q_1)_L = Q_a = 18.35 \times \frac{2^{(1-0.65)}}{1651^{(1-0.65)} - 2^{(1-0.65)}}$$

$$(Q_1)_L = 2.1 \text{ cm}^3$$

Normalleştirme işlemi Eşitlik 5.8 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(Q_1)_N = (Q_1)_L \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.8)$$

$(Q_1)_N$: Normalleştirme işlemi sonrası kayıp gaz miktarı, cm^3

$(Q_1)_L$: Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasında salınan gaz miktarı, cm^3

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

$$(Q_1)_N = 2.1 \times \frac{1001}{1013.25} \times \frac{273}{295}$$

$$(Q_1)_N = 1.93 \text{ cm}^3$$

Eşitlik 5.7 ve Eşitlik 5.8 kullanılarak hesaplanan -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_1)_N$ değerleri Çizelge 5.8'de verilmektedir.

Çizelge 5.8 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_1)_N$ değerleri.

Numune No	Numune Sondaj Saati	Kanisterin Kapatıldığı Saat	P _v (hPa)	T _v (°C)	C _v (%)	t _a (dak)	k _t	$(Q_1)_N$ (cm ³)
A12	10:53	10:54	1037	22	0.18	1	0.65	0.38
A09	11:02	11:03	1037	22	0.18	1	0.65	0.75
A27	11:09	11:11	1037	22	0.18	2	0.65	1.10
A10	11:26	11:27	1037	22	0.18	1	0.65	1.23
A14	11:39	11:41	1037	22	0.18	2	0.65	1.93
F03	11:55	11:56	1037	22	0.18	1	0.65	0.99
F04	12:35	12:36	1037	22	0.18	1	0.65	1.89

P_v: Yeraltındaki atmosfer basıncı; T_v: Yeraltındaki havanın sıcaklığı; C_v: Yeraltındaki metan yüzdesi; t_a: Numune alımıyla numune şişesinin kapatılması arasındaki süre; k_t: Desorpsiyon katsayısı; $(Q_1)_N$: Normalleştirilmiş kayıp gaz miktarları

5.2.4.3 Kalıntı Gaz Miktarının Hesaplanması (Q_3 tayini)

Kömür numunesi, Q_2 'nin ölçümünden hemen sonra öğütme kabına doldurulur. Bu yöntemle göre, Q_2 'nin ölçümünden sonra kömürde kalan gaz hacmi aşağıdaki denklem yoluyla hesaplanır:

$$Q_3 = Q'_3 + Q''_3 \quad (5.9)$$

Q_3 : Kalıntı gaz miktarı, cm³

Q'_3 : Kömürün öğütülmesi sırasında kalan gaz miktarı, cm³

Q''_3 : Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz miktarı, cm³

Öğütme işlemi sırasında salınan gaz hacminin tayini, suyla doldurulmuş bir büretteki gazın hacim artışının ölçülmesi yoluyla hesaplanır. Normalleştirme işlemi Eşitlik 5.10 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(Q'_3)_N = (Q'_3)_L \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.10)$$

$(Q'_3)_N$: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı, cm³

$(Q'_3)_L$: Laboratuvardaki öğütme esnasında bürette okunan en yüksek gaz miktarı, cm³

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

$$(Q'_3)_N = 44.8 \times \frac{1002}{1013.25} \times \frac{273}{295}$$

$$(Q'_3)_N = 41 \text{ cm}^3$$

Öğütme işlemi sonrasında kömürde kalan gaz hacmi, öğütme tankındaki kısmi metan basıncı farkından kaynaklanır. Bu durum, öğütme tankındaki metan yüzdesinin hesaplanması yoluyla gerçekleştirilen yaklaşım yöntemine dayalı olarak düşünülür. Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz hacmi (Q''_3) Eşitlik 5.11 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(Q''_3)_L = m_3 \times (q_{1\text{bar}})_L \times \frac{C_m}{100} \quad (5.11)$$

$(Q''_3)_L$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz miktarı, cm^3

m_3 : Numune miktarı, gr

$(q_{1\text{bar}})_L$: Laboratuvar koşulları altındaki $q_{1\text{bar}}$ değeri, m^3/t (Bölüm 5.2.4’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.)

C_M : Değirmendeki metan yüzdesi, %

Eşitlik 5.11’de yer alan değirmendeki metan yüzdesi (C_M) Eşitlik 5.12 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$C_M = 100 \times e^{-\left(\frac{(Q'_3)_L}{V_{Mf}}\right)} \quad (5.12)$$

C_M : Değirmendeki metan yüzdesi, %

$(Q'_3)_L$: Laboratuvardaki öğütme esnasında bürette okunan en yüksek gaz miktarı, cm^3

V_{Mf} : Öğütme tankının serbest hacmi, cm^3

Eşitlik 5.12’de yer alan Öğütme tankının serbest hacmi (V_{Mf}) Eşitlik 5.13 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$V_{Mf} = (V_M - V_{Md}) - \frac{m_3}{\rho} \quad (5.13)$$

V_{Mf} : Öğütme tankının serbest hacmi, cm^3

V_M : Öğütme tankının hacmi, cm^3

V_{Md} : Öğütme çarkının hacmi, cm^3

m_3 : Numune miktarı, gr

ρ : Kömür yoğunluğu, t/m^3

$$V_{Mf} = (140) - \frac{10.1}{1.4}$$

$$V_{M,f} = 132.8 \text{ cm}^3$$

$$C_M = 100 \times e^{-\left(\frac{44.8}{132.8}\right)}$$

$$C_M = 28.6 \text{ cm}^3$$

$$(Q_3'')_L = 10.1 \times 2.11 \times \frac{28.6}{100}$$

$$(Q_3'')_L = 6.1 \text{ cm}^3$$

Normalleştirme işlemi Eşitlik 5.14 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(Q_3'')_N = (Q_3'')_L \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.14)$$

$(Q_3'')_N$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan normalleştirilmiş gaz miktarı, cm^3

P_L : laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : laboratuvardaki sıcaklık, °K

$$(Q_3'')_N = 6.1 \times \frac{1002}{1013.25} \times \frac{273}{295}$$

$$(Q_3'')_N = 5.6 \text{ cm}^3$$

Normalleştirme işlemi sonrasında toplam kalıntı gaz miktarı ise Eşitlik 5.15 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(Q_3)_N = (Q'_3)_N + (Q''_3)_N \times \frac{m_2}{m_3} \quad (5.15)$$

$(Q_3)_N$: Normalleştirme işlemi sonrasında toplam kalıntı gaz miktarı, cm^3

$(Q'_3)_N$: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı, cm^3

$(Q''_3)_N$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan normalleştirilmiş gaz miktarı, cm^3

m_2 : Tüvenan kömür numunesi miktarı, gr

m_3 : Değirmene alınan kömür numunesi miktarı, gr

$$(Q_3)_N = 41 + 5.6 \times \frac{14.3}{10.1}$$

$$(Q_3)_N = 66 \text{ cm}^3$$

Kalıntı gaz miktarının hesaplanması başlığı altında verilen eşitlikler kullanılarak hesaplanan -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_3)_N$ değerleri Çizelge 5.9'da verilmektedir.

Çizelge 5.9 -236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait $(Q_3)_N$ değerleri.

Numune No	T_L (°C)	P_L (hPa)	m_2 (g)	m_3 (g)	$(Q'_3)_L$ (cm^3)	$(Q'_3)_N$ (cm^3)	V_{Mf} (cm^3)	C_M (%)	$(Q''_3)_L$ (cm^3)	$(Q''_3)_N$ (cm^3)	$(Q_3)_N$ (cm^3)
A12	22	1002	13.2	10.1	18.3	16.75	132.8	12.87	2.71	2.48	25.13
A09	22	1002	13.5	10.2	20.6	18.86	132.7	14.37	3.04	2.78	28.67
A27	22	1002	16.0	10.1	20.5	18.77	132.8	14.31	3.02	2.76	34.07
A10	22	1002	15.3	10.0	22.6	20.69	132.8	15.64	3.26	2.99	36.25
A14	22	1002	14.3	10.1	44.8	41.01	132.8	28.64	6.02	5.51	65.96
F03	22	1002	13.5	10.2	31.6	28.93	132.7	21.19	4.49	4.11	43.78
F04	22	1002	14.6	10.2	22.0	20.14	132.7	15.28	3.25	2.98	32.97

T_L : Laboratuvarındaki sıcaklık; P_L : Laboratuvarındaki basınç; m_2 : Tüvenan kömür numunesi miktarı; m_3 : Değirmene alınan kömür numunesi miktarı; $(Q'_3)_L$: Laboratuvarındaki öğütme esnasında bürette okunan en yüksek gaz miktarı; $(Q'_3)_N$: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı; V_{Mf} : Öğütme tankının serbest hacmi; C_M : Değirmendeki metan yüzdesi; $(Q''_3)_L$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan gaz miktarı; $(Q''_3)_N$: Değirmendeki dengelenmiş basınç dolayısıyla kömürde kalan normalleştirilmiş gaz miktarı, cm^3 ; $(Q_3)_N$: Kalıntı gaz miktarları.

5.2.5 $q_{1\text{bar}}$ Değerinin Tayini

1 bar basınç altında desorbe edilebilir gaz değeri olarak tanımlanan $q_{1\text{bar}}$ değeri, laboratuvar ortamı için uçucu maddeye dayalı ampirik bir formül yoluyla tayin edilmekte olup %1 su içeriği ve 20 °C sıcaklıkta geçerlidir (Eşitlik 5.16).

$$(q_{1\text{bar}})_L = 15.97 \times F^{-0.543} \quad (5.16)$$

$(q_{1\text{bar}})_L$: Laboratuvar koşullarında $q_{1\text{bar}}$ değeri, m³/t

F : Uçucu madde, % (kuru ve külsüz olarak)

Ayrıntıları Bölüm 5.3.3’de verildiği üzere, -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca için hesaplanan uçucu madde miktarı Eşitlik 5.16’da yerine konduğunda:

$$(q_{1\text{bar}})_L = 15.97 \times 41.26^{-0.543}$$

$$(q_{1\text{bar}})_L = 2.1 \text{ m}^3/\text{t}$$

olarak hesaplanmıştır.

Numunelerin alındığı yeraltı ortamı için geçerli olan $(q_{1\text{bar}})_U$ değeri ise, tahmini veya ölçülen su içeriği değerlerine ve numune alım noktasındaki kaya sıcaklığına dayalı olarak, görgül bir yaklaşımla hesaplanmaktadır (Eşitlik 5.17).

$$(q_{1\text{bar}})_U = (q_{1\text{bar}})_L \times \frac{1 + 0.23 \times W_L}{1 + 0.23 \times W_U} \times e^{0.014 \times (T_L - T_U)} \quad (5.17)$$

$(q_{1\text{bar}})_U$: Yeraltı koşullarında $q_{1\text{bar}}$ değeri, m³/t

$(q_{1\text{bar}})_L$: Laboratuvar koşullarında $q_{1\text{bar}}$ değeri, m³/t

W_L : Desorpsiyon sonrası su içeriği, % ($W_L = \%1$)

W_U : Başlangıçtaki su içeriği, %

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

T_U : Kayanın sıcaklığı, °K

$$(q_{1\text{bar}})_U = 2.1 \times \frac{1 + 0.23 \times 1}{1 + 0.23 \times 1.5} \times e^{0.014 \times (295 - 300)}$$

$$(q_{1\text{bar}})_U = 1.9 \text{ m}^3/\text{t}$$

Normalleştirme işlemi Eşitlik 5.18 yardımıyla yapılmaktadır.

$$(q_{1\text{bar}})_{U,N} = (q_{1\text{bar}})_U \times \frac{P_L}{1013.25} \times \frac{273}{T_L} \quad (5.18)$$

$(q_{1\text{bar}})_{U,N}$: Yeraltı koşullarında normalleştirilmiş $q_{1\text{bar}}$ değeri, m^3/t

$(q_{1\text{bar}})_U$: Yeraltı koşullarında $q_{1\text{bar}}$ değeri, m^3/t

P_L : Laboratuvardaki atmosfer basıncı, hPa

T_L : Laboratuvardaki sıcaklık, °K

$$(q_{1\text{bar}})_{U,N} = 1.98 \times \frac{1002}{1013.25} \times \frac{273}{295}$$

$$(q_{1\text{bar}})_{U,N} = 1.8 \text{ m}^3/\text{t}$$

-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca için hesaplanan $q_{1\text{bar}}$ değerleri Çizelge 5.10'da verilmektedir.

Çizelge 5.10 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca için $q_{1\text{bar}}$ değerleri.

ORTAM	$q_{1\text{bar}}$ (m^3/t)
Laboratuvar Koşullarında [$(q_{1\text{bar}})_L$]	2.08
Yeraltı Koşullarında [$(q_{1\text{bar}})_U$]	1.95
Normalleştirme Sonrası [$(q_{1\text{bar}})_{U,N}$]	1.79

Adsorbe edilen toplam gaz içeriği $(q_s)_N$, külsüz kütleyi ifade eder. Kül içeriği $> \%20$ ise sonuca şüpheli yaklaşılması gerekir. Absorbe edilen toplam gaz içeriği Eşitlik 5.19 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(q_s)_N = \frac{(q_1)_N}{m} \times \frac{(q_2)_N}{m} \times \frac{(q_3)_N}{m} \quad (5.19)$$

$(q_s)_N$: Adsorbe edilen toplam gaz içeriği, cm^3/g
 $(q_1)_N$: Normalleştirilmiş kayıp gaz miktarı, cm^3
 $(q_2)_N$: Normalleştirilmiş çözülen gaz miktarı, cm^3
 $(q_3)_N$: Normalleştirilmiş kalıntı gaz miktarı, cm^3
 m : Numunenin ağırlığı, g

$$(q_s)_N = \frac{1.93}{13.9} \times \frac{22.60}{13.9} \times \frac{66.00}{13.9}$$

$$(q_s)_N = 6.5 \text{ m}^3/\text{t}$$

Desorbe edilebilir gaz içeriği Eşitlik 5.20 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$(q_{\text{des}})_N = (q_s)_N - (q_{1\text{bar}})_N \quad (5.20)$$

$(q_{\text{des}})_N$: Desorbe edilebilir gaz içeriği, m^3/t
 $(q_s)_N$: Adsorbe edilen toplam gaz içeriği, m^3/t
 $(q_{1\text{bar}})_N$: Normalleştirilmiş $q_{1\text{bar}}$ değeri, m^3/t

$$(q_{\text{des}})_N = 4.7 \text{ m}^3/\text{t}$$

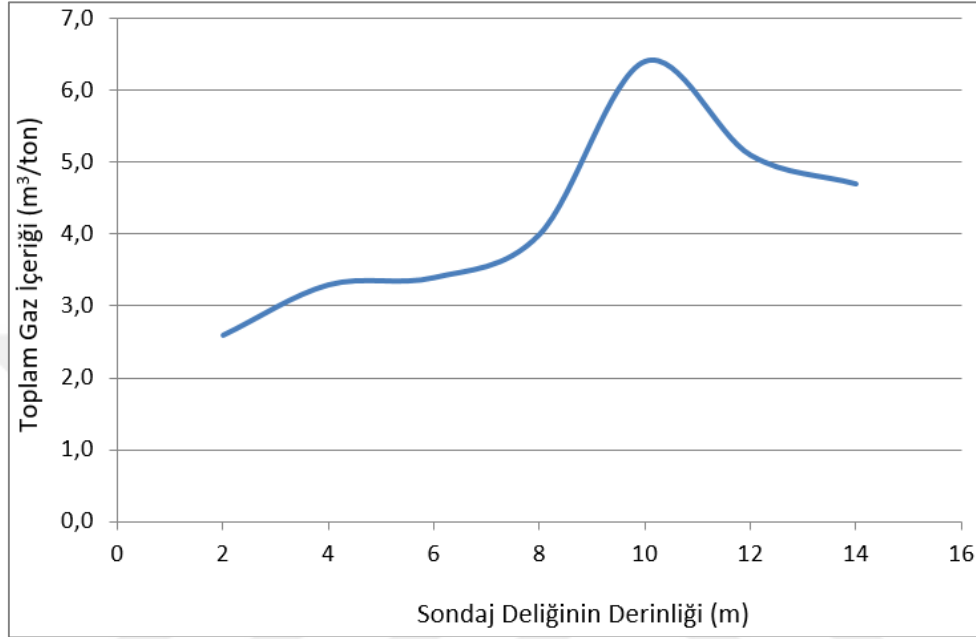
-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait hesaplanan gaz içeriği değerleri Çizelge 5.11’de verilmektedir.

Çizelge 5.11 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait hesaplanan gaz içeriği değerleri.

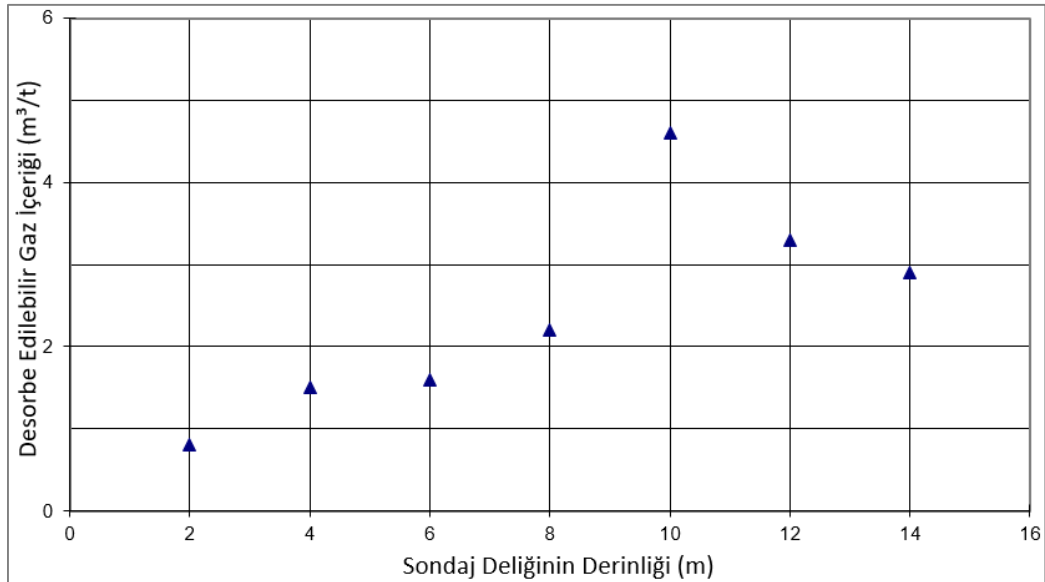
Numune No	Numunenin Ağırlığı (g)	$(q_1)_N$ (m^3/t)	$(q_2)_N$ (m^3/t)	$(q_3)_N$ (m^3/t)	$(q_s)_N$ (m^3/t)	$(q_{1\text{bar}})_U$ (m^3/t)	$(q_{\text{des}})_N$ (m^3/t)
A12	12.63	0.03	0.56	1.99	2.58	1.79	0.79
A09	12.75	0.06	1.04	2.25	3.35	1.79	1.56
A27	14.86	0.07	0.98	2.29	3.34	1.79	1.56
A10	14.80	0.08	1.46	2.45	3.99	1.79	2.20
A14	13.90	0.14	1.63	4.74	6.51	1.79	4.72
F03	12.38	0.08	1.51	3.54	5.13	1.79	3.34
F04	13.07	0.14	2.07	2.52	4.74	1.79	2.95

-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait tüm veriler Çizelge 5.12’de ayrıntılı olarak verilmektedir. Ayrıca; -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar

nefeslik bacadan elde edilen toplam gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı olarak değişimi Şekil 5.13’de, -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşı damar nefeslik bacadan elde edilen desorbe edilebilir gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı olarak değişimi ise Şekil 5.14’de gösterilmektedir.



Şekil 5.13 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait toplam gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı değişimi.



Şekil 5.14 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait desorbe edilebilir gaz içeriğinin sondaj derinliğine bağlı değişimi.

Çizelge 5.12 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait tüm veriler.

Numune No	Sondaj Sayısı	Sondaj Derinliği (m)	Tane Boyutu (mm)	Tüvenan Kömür Ağırlığı (g)	Kül İçeriği (%)	Külsüz Ağırlık (g)	Kayıp Gaz Miktarı (m ³ /t)	Çözülen Gaz Miktarı (m ³ /t)	Kalıntı Gaz Miktarı (m ³ /t)	Toplam Gaz İçeriği (m ³ /t)	(q _{1bar}) _U Değeri (m ³ /t)	Desorbe Edilebilir Gaz İçeriği (m ³ /t)
A12	1	2	>2 mm	13.2	3.9	12.6	0.0	0.6	2.0	2.6	1.8	0.8
A09	1	4	>2 mm	13.5	4.9	12.8	0.1	1.0	2.2	3.3	1.8	1.5
A27	1	6	>2 mm	16.0	6.8	14.9	0.1	1.0	2.3	3.4	1.8	1.6
A10	1	8	>2 mm	15.3	3.3	14.8	0.1	1.5	2.4	4.0	1.8	2.2
A14	1	10	>2 mm	14.3	2.7	13.9	0.1	1.6	4.7	6.4	1.8	4.6
F03	1	12	>2 mm	13.5	7.6	12.4	0.1	1.5	3.5	5.1	1.8	3.3
F04	1	14	>2 mm	14.6	9.6	13.1	0.1	2.1	2.5	4.7	1.8	2.9

5.3 KÜL İÇERİĞİ UÇUCU MADDE VE NEM İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

5.3.1 Kül Analizinin Yapılması

Numunelerin kül değerinin belirlenmesi için hazırlıklar yapılır. Öncelikle bir numune için iki adet kül kabı (kapsül) alınır. Boş kül kabının ağırlığı, $\pm 0,1$ mg doğrulukla (m_1) hassas tartıda ölçülüp forma yazılır. Daha sonra bu kapsüllere değirmenden çıkan 1 gram kömür numunesi konulur. Kömür numunesinin ($1 \pm 0,1$) gramı kül kabına doldurulur (Şekil 5.15).



Şekil 5.15 Fırın öncesi numuneler.

Kül kabındaki numunenin ağırlığı kaydedilir (m_2). Numune, sabit kalınlığa sahip bir tabaka oluşturmalıdır. Kül kabı, oda sıcaklığında veya maksimum 100 °C sıcaklıkta bulunan kül fırınına yerleştirilir. Kül fırını 60 dakika boyunca sürekli olarak (500 ± 10) °C'de ısıtılır (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Kül fırını.

Sonrasında, kül fırını $(815 \pm 10) ^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılır ve sıcaklık 60 dakika boyunca bu seviyede tutulur. Kül kabı, kül fırınından çıkartılır ve ısı dayanımlı bir taşın üzerinde 5-10 dakika süreyle soğumaya bırakılır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Fırın sonrası numuneler.

Sonrasında, kül kabı oda sıcaklığına ulaşana kadar desikatörde soğutulur. Kül kabı, $\pm 0.1 \text{ mg}$ doğrulukla (m_3) hesaplanır. Külde yanmamış tanecik kalıp kalmadığı kontrol edilir.

Yanmamış tanecikler görülüyorsa, kül kabı 30 dakika daha (815 ± 10) °C'de ısıtılır. Soğutma ve tartma işlemleri yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilir. Bu işlem, m_3 'ün ilgili ağırlığındaki fark 0,1 mg'nin altında olana kadar tekrarlanır. Son ağırlık m_3 olarak kullanılır. Elde edilen tüm değerler kül analiz formuna yazılır. Söz konusu işlemler esnasında elde edilen verilerin yer aldığı kül analiz formunun bir örneği Şekil 5.18'de verilmektedir.

	Numune no:	Kapsül no:	Fırın Öncesi		Fırın Sonrası	%kül	ortalama Değer
			m_1 (kapsül)	m_2 (kapsül+numune)	m_3 (kapsül+kül)		
			[g]	[g]	[g]		
1	A12	1	6,8638	7,8601	6,9027	0,05	3,93
		32	7,1535	8,1538	7,1831		
2	A09	17	7,1958	8,1940	7,2443	0,07	4,85
		24	7,0412	8,0423	7,0897		
3	A27	27	7,2922	8,2916	7,3587	0,21	6,76
		36	7,2583	8,2594	7,3270		
4	A10	25	7,3306	8,3314	7,3671	0,12	3,79
		7	7,0947	8,0945	7,1270		
5	+ A14 +	8+	7,2414	8,2405	7,2683	0,00	2,69
		3	7,1170	8,1170	7,1438		
6	F03	34	6,9941	7,9910	7,0695	0,13	7,67
		33	7,3572	8,3571	7,4341		
7	F04	37	7,0608	8,0630	7,1570	0,06	3,63
		4	7,2048	8,2068	7,3016		

Şekil 5.18 Kül Analiz Formu örneği.

Elde edilen fırın öncesi m_1 ve m_2) ile fırın sonrası m_3 değerleri kullanılarak %kül ve ortalama kül değerleri bulunur. Kül içeriği Eşitlik 5.21 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (5.21)$$

A : Numunenin kül içeriği, %

m_1 : Kabın boş ağırlığı, g

m_2 : Isıtma işlemi öncesinde numune ve kül kaplarının ağırlığı, g

m_3 : Isıtma işlemi sonrasında numune ve kül kaplarının ağırlığı, g

-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan 3 ve 8 No.lu numunelere ait kül analizi değerleri Eşitlik 5.21 yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$(A)_3 = \frac{7.1439 - 7.1170}{8.1170 - 7.1170} \times 100$$

$$(A)_3 = \%2.69$$

$$(A)_8 = \frac{7.2683 - 7.2414}{8.2405 - 7.2414} \times 100$$

$$(A)_8 = \%2.69$$

Ortalama kül içeriği ise $(2.69+2.69) / 2 = \%2.69$ olarak hesaplanmıştır.

-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait kül analizi sonuçları Çizelge 5.13’de kül analiz değerleri gösterilmiştir. Elde edilen değerlerden en küçük olan alınarak uçucu madde ve nem tayini işlemlerinde kullanılır.

Çizelge 5.13 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait kül analizi sonuçları.

Numune No	Kap No	Kül Kabının Boş Ağırlığı (m ₁) (g)	Isıtma işlemi öncesinde numune ve kül kaplarının ağırlığı (m ₂) (g)	Isıtma işlemi sonrasında numune ve kül kaplarının ağırlığı (m ₃) (g)	Kül İçeriği (%)	Ortalama Kül İçeriği (%)
A12	1	6.8638	7.8601	6.9027	3.90	3.93
	32	7.1535	8.1538	7.1931	3.96	
A09	17	7.1958	8.1940	7.2443	4.86	4.85
	24	7.0412	8.0423	7.0897	4.84	
A27	27	7.2922	8.2916	7.3587	6.65	6.76
	36	7.2583	8.2594	7.3270	6.86	
A10	25	7.3306	8.3314	7.3641	3.35	3.29
	7	7.0947	8.0945	7.1270	3.23	
A14	8	7.2414	8.2405	7.2683	2.69	2.69
	3	7.1170	8.1170	7.1439	2.69	
F03	34	6.9941	7.9910	7.0695	7.56	7.63
	33	7.3572	8.3571	7.4341	7.69	
F04	37	7.0608	8.0630	7.1570	9.60	9.63
	4	7.2048	8.2068	7.3016	9.66	

5.3.2 Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Nem tayini yapılırken öncelikle ölçme bardağı boş olarak tartılır. Sonra 1 gramlık kömür numunesi ± 0.1 mg doğruluğa sahip ölçme bardağına doldurulur. Ölçme bardağı nitrojenle temizlenip fırınına yerleştirilir (Şekil 5.19).



Şekil 5.19 Nem miktarı belirleme bardağı.

Numune, yaklaşık 1 saat boyunca, ağırlığındaki azalma durana kadar 106 ± 2 °C'de fırında ısıtılır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 Fırın.

Ölçme bardağı kapatılır ve kurutma fırınından çıkartılır. Numune soğuduktan sonra ağırlığı $\pm 0,1$ mg doğrulukla tayin edilir. Elde edilen sonuçlar uçucu madde ve nem tayin formuna yazılır (Şekil 5.21).

NEM İÇERİĞİ				
	Nem Kap No:	Boş Kap [g]	Dolu Kap [g]	Etüv Sonrası [g]
1	Pik	19,6355	20,6380	20,6032
2	Son	20,4596	21,4555	21,4207

Şekil 5.21 Nem içeriği tayin formu örneği.

Nem içeriği Eşitlik 5.22 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$W = \frac{m_E - m_R}{m_E} \times 100 \quad (5.22)$$

W : Numunenin nem içeriği, %

m_E : Kurutma işlemi öncesinde numunenin ağırlığı, g

m_R : Kurutma işlemi sonrasındaki numunenin ağırlığı, g

$$W = \frac{(20.6380 - 19.6355) - (20.6032 - 19.6355)}{(20.6380 - 19.6355)} \times 100$$

$$W = \%3.47$$

-236/-300 Kuzeydoğu Altaşlı damar nefeslik bacadan alınan numuneye ait nem analizi tayin sonucu Çizelge 5.14’de verilmektedir.

Çizelge 5.14 Nem içeriği tayin sonucu.

Numune No	Nem Kabının Kap No	Boş Ağırlığı (g)	Kurutma İşlemi Öncesindeki Ağırlık (g)	Kurutma İşlemi Sonrasındaki Ağırlık (g)	Analitik Nem Miktarı (W)
A14	1	19.6355	20.6380	20.6032	3.47

5.3.3 Uçucu Maddenin Belirlenmesi

Uçucu madde tayininde fırın 900 ± 5 °C'de önceden ısıtılır. Uçucu madde tayini için kullanılacak olan boş kap, kapak dâhil, ± 0.1 mg doğrulukla (m_1) tartılır ve kömür numunesinin $1 \pm 0,1$ gramı bu kaba doldurulur (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 Uçucu madde tayininde kullanılan kap.

Kap ve kapak dâhil numune ağırlığı kaydedilir (m_2). Numune, sabit kalınlığa sahip bir tabaka oluşturmalıdır. Kap, tepsiye yerleştirilir. Tepsi, 7 dakika boyunca 900 ± 5 °C'de kül fırınında tutulur. Kap, kül fırınından çıkartılır ve oda sıcaklığına ulaşana kadar ısı dayanımlı bir taşın üzerinde soğumaya bırakılır. Kap, 0.1 mg doğrulukla (m_3) hesaplanır. Uçucu madde Eşitlik 5.23 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$F = \frac{(m_2 - m_1) - (m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 - W \quad (5.23)$$

F : Uçucu madde içeriği, %

m_1 : Kabın boş ağırlığı, g

m_2 : Isıtma işlemi öncesinde numune ve kül kaplarının ağırlığı, g

m_3 : Isıtma işlemi sonrasında numune ve kül kaplarının ağırlığı, g

W : Numunenin nem içeriği, %

$$F_1 = \frac{(14.0068 - 13.0015) - (13.5715 - 13.0015)}{(14.0068 - 13.0015)} \times 100 - 3.47$$

$$F_1 = \%39.83$$

$$F_2 = \frac{(13.6526 - 12.6503) - (13.2159 - 12.6503)}{(13.6526 - 12.6503)} \times 100 - 3.47$$

$$F_2 = \%40.10$$

Ortalama uçucu madde içeriği ise $(39.83+40.10) / 2 = \%39.96$ olarak hesaplanmıştır.

Kuru-külsüz bazdaki uçucu madde ise Eşitlik 5.24 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$F_{DA} = F \times \frac{100}{100 - (W + A)} \quad (5.24)$$

F_{DA} : Kuru-külsüz bazda uçucu madde içeriği, %

W : Numunenin nem içeriği, %

A : Numunenin kül içeriği, %

$$F_{DA1} = 39.83 \times \frac{100}{100 - (3.47 + 2.69)}$$

$$F_{DA1} = \%42.44$$

$$F_{DA2} = 40.10 \times \frac{100}{100 - (3.47 + 2.69)}$$

$$F_{DA2} = \%42.73$$

Kuru-külsüz bazda ortalama uçucu madde içeriği ise $(42.44+42.73) / 2 = \%42.59$ olarak hesaplanmıştır.

-236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacadan alınan numunelere ait uçucu madde analizi tayin sonuçları Çizelge 5.15’de verilmektedir.

Çizelge 5.15 -236/-300 Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca uçucu madde içerikleri.

Numune No	Kap No	Uçucu Madde Kabının Boş Ağırlığı (g)	Fırınlama Öncesindeki Ağırlık (g)	Fırınlama Sonrasındaki Ağırlık (g)	F (%)	F _{DA} (%)
A14	1	13.0015	14.0068	13.5715	39.83	42.44
	2	12.6503	13.6526	13.2159	40.10	42.73
Ortalama Değerler:					39.96	42.59

Bu çalışmada ele alınan 9 kömür damarına ait; kül, nem, uçucu madde ve sabit karbon değerleri Çizelge 5.16’da verilmektedir. Sabit karbon; kömürdeki kül, nem ve uçucu madde içeriklerinin 100’den çıkarılmasıyla bulunan değerdir.

Çizelge 5.16 Amasra kömür damarlarının petrografik analiz sonuçları.

Numune Alınan Yerler	Kül (A) (%)	Nem (W) (%)	Uçucu Madde (F) (%)	Sabit Karbon (FC) (%)
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Kalın damar nefeslik başyukarı	6.60	25.3	12.84	55.26
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Kalın damar taban	11.48	3.47	34.52	50.53
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan damar arın baca	9.73	5.19	34.07	51.01
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan damar taban	13.66	3.81	35.48	47.05
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı damar taban	4.26	2.22	47.98	45.54
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik baca	2.69	3.47	39.96	53.88
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Kalın damar taban	9.73	4.06	35.39	50.82
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Taşlı damar taban	3.94	4.09	40.20	51.77
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan damar taban	9.65	4.50	33.93	51.92

Bu çalışma kapsamında; -300 kotunda yapılan 6 adet sondajdan alınan 44 adet numune ile -350 kotunda yapılan 3 adet sondajdan alınan 16 adet numune olmak üzere toplam 60 adet numuneye ait veriler Ek Açıklamalar-B’de verilmektedir.

5.4 DAMAR GAZ İÇERİĞİNİN GÖRGÜL YÖNTEMLERLE HESAPLANMASI

Damar gaz içeriğinin görgül olarak hesaplanmasında Langmuir, Kim ve Ettinger eşitlikleri kullanılmıştır. Görgül yöntemlerin esasını mümkün olduğunca az sayıda yapılan ölçümler yardımıyla damar gaz içeriklerinin görgül eşitlikler ile hesaplanması yaklaşımı oluşturmaktadır. Sözü edilen her üç eşitliğin kullanımında, örnek olması açısından, -236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı damar nefeslik bacaya ait veriler kullanılmıştır.

5.4.1 Langmuir Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması

Langmuir eşitliği ile damar gaz içeriği, ayrıntıları Bölüm 3.3.1’de verilen Eşitlik 3.19 ve Eşitlik 3.20 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$P' = \frac{h \times 10}{100} \times \frac{101325}{1000000} \quad (3.20)$$

P' : Damar gaz basıncı, MPa

h : Kömür damarının tavanındaki örtü tabakasının dikey kalınlığı = 300 + 40 = 340 m

$$P' = \frac{(300 + 40)}{100} \times \frac{101325}{1000000} \quad (3.20)$$

$$P' = 3.4 \text{ MPa}$$

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

Q_t : Temiz kömürün (kuru-külsüz kömürün) gaz içeriği, m³/t

Q_s : Langmuir sabiti = 24 m³/t

B : Langmuir sabiti = 0.5 m²/MN

P' : Damar gaz basıncı = 3.4 MPa

$$Q_t = \frac{24 \times 0.5 \times 3.4}{1 + (0.5 \times 3.4)} \quad (3.19)$$

$$Q_t = 15.1 \text{ m}^3/\text{t}$$

Daha sonra Eşitlik 3.21 yardımıyla nem ve Eşitlik 3.22 yardımıyla kül düzeltmeleri yapılarak yerinde kömürün gaz içeriği değeri hesaplanmaktadır (Didari, 1988a).

$$\frac{Q_{\text{nem}}}{Q_t} = \frac{1}{1 + (0.31 \times N)} \quad (3.21)$$

Q_{nem} : Nemli kömürün gaz içeriği, m^3/t

Q_t : Temiz kömürün gaz içeriği = $15.1 \text{ m}^3/\text{t}$

N : Kömürün nem içeriği = %3.47

$$\frac{Q_{\text{nem}}}{15.1} = \frac{1}{1 + (0.31 \times 3.47)} \quad (3.21)$$

$$Q_{\text{nem}} = 7.3 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$\frac{Q_{\text{nem}}}{Q_{\text{kül}}} = \frac{1}{1 - (0.01 \times a)} \quad (3.22)$$

Q_{nem} : Nemli kömürün gaz içeriği = $7.3 \text{ m}^3/\text{t}$

$Q_{\text{kül}}$: Küllü kömürün (yerinde kömürün) gaz içeriği, m^3/t

a : Kömürün kül içeriği = %2.69 (ölçülen külün 1.1 katı alınır)

$$\frac{7.3}{Q_{\text{kül}}} = \frac{1}{1 - (0.01 \times 2.69 \times 1.1)} \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{kül}} = 7.5 \text{ m}^3/\text{t}$$

5.4.2 Kim Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması

Kim eşitliği ile damar gaz içeriği, ayrıntıları Bölüm 3.3.2’de verilen Eşitlik 3.23, Eşitlik 3.24 ve Eşitlik 3.25 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$k_0 = 0.8 \times \frac{SK}{UM} + 5.6 \quad (3.24)$$

SK : Sabit karbon içeriği = %53.88

UM : Uçucu madde içeriği = %39.96

$$k_0 = 6.7$$

$$n_0 = 0.39 - (0.013 \times 6.7) \quad (3.25)$$

$$n_0 = 0.3$$

$$V = \frac{100 - N - K}{100} \times \frac{V_N}{V_K} \times \left[k_0 \times (0.096 \times h)^{n_0} - b \times \left(\frac{1.8 \times h}{100} + 11 \right) \right] \quad (3.23)$$

N : Kömürün nem içeriği = %3.47

K : Kömürün kül içeriği = %2.69

$\frac{V_N}{V_K}$: Nemli ve kuru kömürde gaz soğurum hacmi değişim oranı = 0.75

h : Derinlik = 340 m

b : Kim sabiti = 0.14

$$V = \frac{100 - 3.47 - 2.69}{100} \times 0.75 \times \left[6.7 \times (0.096 \times 340)^{0.3} - 0.14 \times \left(\frac{1.8 \times 340}{100} + 11 \right) \right] \quad (3.23)$$

$$V = 11.7 \text{ m}^3/\text{t}$$

5.4.3 Ettinger Eşitliği İle Damar Gaz İçeriğinin Hesaplanması

Ettinger eşitliği ile damar gaz içeriği, ayrıntıları Bölüm 3.3.3’de verilen Eşitlik 3.26 ve Eşitlik 3.27 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{0.02 \times T'}{0.993 + (0.007 \times P)} \quad (3.27)$$

n : Sıcaklık faktörü
T' : Sıcaklık = 17.8 °C
P : Damar gaz basıncı = 3.4 atm

$$n = \frac{0.02 \times 17.8}{0.993 + (0.007 \times 3.4)} \quad (3.27)$$

$$n = 0.35$$

$$Q_y = \frac{65.5}{\left(\frac{A}{P} - C\right) \times UM^{0.146}} \times \frac{1}{e \times n} \times \frac{100 - K - N}{100} \times \frac{1}{1 + (0.31 \times N)} \quad (3.26)$$

Q_y : Yerde kömürün gaz içeriği, m³/t
A : Ettinger sabiti = 10.8
P : Damar gaz basıncı = 3.4 atm
C : Ettinger sabiti = 0.84
UM : Kömürün uçucu madde içeriği = %39.96
e : e sayısı = 2.72
n : Sıcaklık faktörü = 0.35
K : Kömürün kül içeriği = %2.69
N : Kömürün nem içeriği = %3.47

$$Q_y = \frac{65.5}{\left(\frac{10.8}{3.4} - 0.84\right) \times 39.96^{0.146}} \times \frac{1}{2.72 \times 0.35} \times \frac{100 - 2.96 - 3.47}{100} \times \frac{1}{1 + (0.31 \times 3.47)} \quad (3.26)$$

$$Q_y = 7.8 \text{ m}^3/\text{t}$$

Bu çalışmada ele alınan 9 kömür damarına ait Langmuir, Kim ve Ettinger eşitlikleri yardımıyla hesaplanan damar gaz içerikleri Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17 Langmuir, Kim ve Ettinger eşitlikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar.

Deney No	Langmuir		Kim	Ettinger
	Q_y (m ³ /t)	Q_t (m ³ /t)	Q_y (m ³ /t)	Q_y (m ³ /t)
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Kalın Damar Nefeslik Başyukarı	2.6	21.4	12.0	7.6
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Kalın Damar Taban	8.6	15.7	11.0	8.4
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan Damar Arın Baca	6.6	15.6	11.0	6.9
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan Damar Taban	8.2	15.4	10.4	7.7
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı Damar Taban*	-	-	11.2	-
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı Damar Nefeslik Baca	7.5	15.1	11.8	7.8
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Kalın Damar Taban	7.9	16.1	10.2	6.6
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Taşlı Damar Taban	7.4	16.0	10.7	5.9
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan Damar Taban	7.5	16.3	10.4	6.5

*: Damara ait numunenin nem içeriği %3'ün altında olduğundan yöntemler gereği damar gaz içerikleri hesaplanmamaktadır.



BÖLÜM 6

TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN BELİRLENMESİ

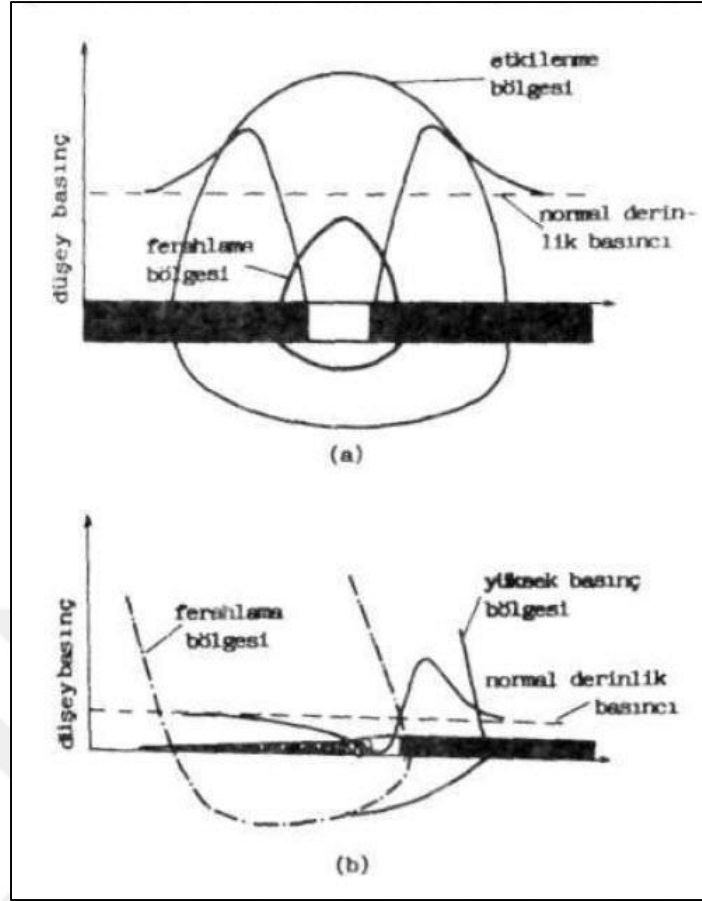
Kömür madenciliğinde iş güvenliğinin en önemli sorunlarından biri de madencilik çalışmaları sırasında metan gazının ocak içinde birikmesidir. Bu gaz grizu patlamalarına veya boğulma olaylarına neden olabileceği gibi, kömür ve/veya ani gaz püskürmeleri de son derece tehlikeli durumlar meydana getirebilmektedir.

Metan gazı, birbirini tamamlayan iki tür çalışma ile denetlenebilmektedir. Etkin bir havalandırma bu denetimin ilk ve en önemli aşaması olup, ikinci aşamada metanın drenajı ile fazla gaz birikiminin önüne geçilmeye çalışılmaktadır.

Çalışmaların daha etkin bir şekilde yapılabilmesi için ocak içerisinde karşılaşılabilecek metanın, tahmini bir değerinin bilinmesi bizlere kolaylık sağlayacaktır. Bunun için bazı araştırmacılar tarafından birbirinden az çok farklı, yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin özü ocak içerisindeki metanın yayılma mekanizması hakkında ki bilgi birikimine dayanmaktadır.

6.1 METAN GAZININ OCAK İÇİNDE YAYILIMI

Doğal koşullarda (yeraltı çalışmalar öncesinde) metan, duraylı bir denge halindedir. Doğal gerilmeler altında gerek kömür gerekse çevre kayaçların geçirgenliği, metanın hareketine izin vermeyecek kadar düşüktür. Madencilik çalışmaları esnasında, tabakalardaki doğal gerilmelerin sistemi bozulur. Yeraltı çalışmalarında oluşan boşlukların çevresinde dinamik gerilmeler oluşur. Bu gerilmeler tabakalarda mikro çatlaklanmalara ve zayıflamalara yol açar. İş yerleri çevresinde oluşan bu değişiklikler, bir basınç bölgesiyle çevrelenmiş ferahlama bölgesi şeklinde karakterize edilmektedir (Şekil 6.1) (Didari 1988b).



Şekil 6.1 Galeride (a) ve uzun ayakta (b) ferahlama bölgeleri (Didari 1988b)

Gerilme değişimine uğramış bölgelerde oluşan mikro çatlakların nitelik ve niceliği tabakaların cinsine, işyerine olan uzaklığına ve kalınlığına bağlıdır. Kömürün yapısı gereği, yan kayaçlarda hiç çatlaklanma olmadığı yada çok az çatlaklanma olduğu durumlarda, kömür damarlarında çatlaklanmalar meydana gelebilmektedir.

Kömür damarlarında ki gazlar ocak iş yerlerine akacak yollar bulduğu zaman yayılırlar. Bu durum damarların ferahlama bölgesine girdiğini ve bu damarların ocak iş yerleri arasındaki tabakalar içinde açık mikro çatlakların geliştiği (dolayısıyla geçirgenliğin arttığı) yerlerde oluşmaktadır. Bu çatlaklardan yayılan serbest gaz, öncelikle ayak, göçük sahası ve taban yolları gibi düşük gaz basıncındaki sahalara akmaktadır. Serbest gazın ayrılması ile soğurulmuş gazda dışarı soğurum (desorpsiyon) başlamakta bu da damardaki gaz basıncı ocak havalandırmasının basıncına düşünceye kadar yada tabakaların yeniden yüklenmesi sonucunda akış yolları kapanıncaya kadar sürmektedir (Didari 1988b).

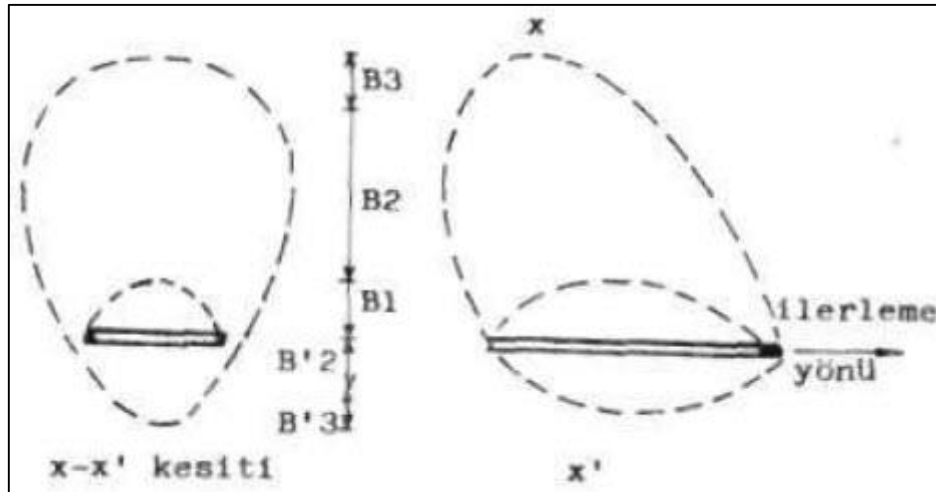
6.2 GAZ YAYILMA BÖLGELERİ

6.2.1 Taban Yollarında Gaz Geliri

Taban yolları sürülürken derinlik basıncı, yan duvarlarda basınç yığılmaları oluşturmak üzere dağılmaktadır. Buda taban yolunu çevreleyen bir ferahlamış ve çatlaklaşmaya başlamış bölgeyi oluşturmaktadır. Çatlaklaşmış bölgenin meydana gelmesi, zamanın bir fonksiyonu olup 3-5 ay gibi bir sürede ortamın dayanım özelliğine ve damarın kalınlığına bağlı olarak yol açıklığının 3-4 katı kadar bir mesafeye ulaşabilmektedir. Bakir bir arazide sürülen taban yoluna gelen gaz, sadece sürüldüğü damardan ve çatlaklanmış bölgeden yayılmaktadır. Ortalama gaz miktarı, damarın gaz içeriğine ve arın ilerleme hızına bağlıdır. Taban yolu daha önce değişikliğe uğramış ve çatlaklanmış ama içerdiği gazı boşaltamamış bir sahada sürülmekeyse daha uzaklardan da gaz geliri mümkündür (Didari 1988b).

6.2.2 Uzun Ayaklara Gaz Geliri

Uzun ayaklarda tavan ve tabanda yer alan tabakalardaki hareketler sırasında uzun ayak çevresinde oluşan gerilme dağılımları ve buna bağlı olarak geçirgenlikteki değişimler ayak içerisine gaz gelirini etkilemektedir. Söz konusu etkiler uzun ayak çevresi üç farklı bölgeye ayrılarak ele alınabilir (Şekil 6.2) (Didari 1988b).



Şekil 6.2 Uzun ayak civarında ferahlamış kesimler (Didari 1988b).

Burada ayağa yakın olan B1 bölgesinin taban kısmı genellikle dikkate alınmaz, tavan kısmı daha önemlidir. Kırılmış olan yalancı tavan, düzensiz bloklar şeklinde parçalanmış ve bu parçalar gelişi güzel bir şekilde üst üste yığılmıştır. Tabakalar tekrar yüklendiklerinde bu bölgede meydana gelen çatlak ve boşluklar kolay kolay kapanmamakta ve ayak çevresinde çok geçirgen bir saha oluşmaktadır. Daha geniş olan ikinci bölge (B2 ve B'2) ilk bölgeyi tamamen örtmektedir. Burada kayaçlar çatlaklaşmış ve tabakalar birbirinden ayrılmışlardır. Yeniden yüklenme meydana geldiğinde burada çatlaklar kısmen kapanır, geçirgenlik önemli oranda azalır. İkinci bölgeyi çevreleyen B3 ve B'3 bölgelerinde, tabakalarda bir miktar ferahlama olmakla birlikte kayaçlar çok az çatlaklanmıştır. Burada tabakaların geçirgen olmadığı kabul edilebilir. Ancak, bu bölge içine düşen kömür damarları geçirgenlik kazanabilir ve bu damarları kesen bir galeri veya sondaj deliğinden metan geliri olabilir. (Didari 1988b).

6.3 TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN HESABI

Tahmini gaz gelirinin hesaplanmasında, çalışılan damarın ya da çevredeki damarların yayacakları gaz miktarı Eşitlik 6.1 ile hesaplanmaktadır (Didari 1988b).

$$DYGM = GDK \times DGI \times GYO \quad (6.1)$$

DYGM: Damardan yayılacak gaz miktarı, m³/ton

GDK : Görece damar kalınlığı (damar kalınlığının çalışılan damar kalınlığına oranı)

DGI : Damarın gaz içeriği, m³/ton

GYO : Gaz yayılma oranı, % (çizelgeler yardımıyla belirlenmektedir)

Eşitlik 6.1'de yer alan gaz yayılma oranının belirlenmesinde dört farklı yaklaşım yaygın olarak kabul görmektedir. Winter, Gunther, Flügge ve Schulz yöntemleri olarak bilinen bu yaklaşımlarda; çalışılan damardan uzaklığa (Şekil 6.4: Winter ve Gunther) veya “çalışılan damardan uzaklık / ayak uzunluğu” oranına (Şekil 6.3: Flügge ve Schulz) karşılık gelen gaz yayılma oranları grafikler yardımıyla belirlenmektedir.

Bir damardan yayılacak gazın toplam miktarı ise “Özgöl Gaz Yayılımı” olarak da adlandırılmakta olup, kazılan damar ile tavan ve tabandaki kaynaklardan yayılacak gaz miktarları da göz önünde bulundurularak, Eşitlik 6.2 yardımıyla hesaplanmaktadır (Didari 1988b).

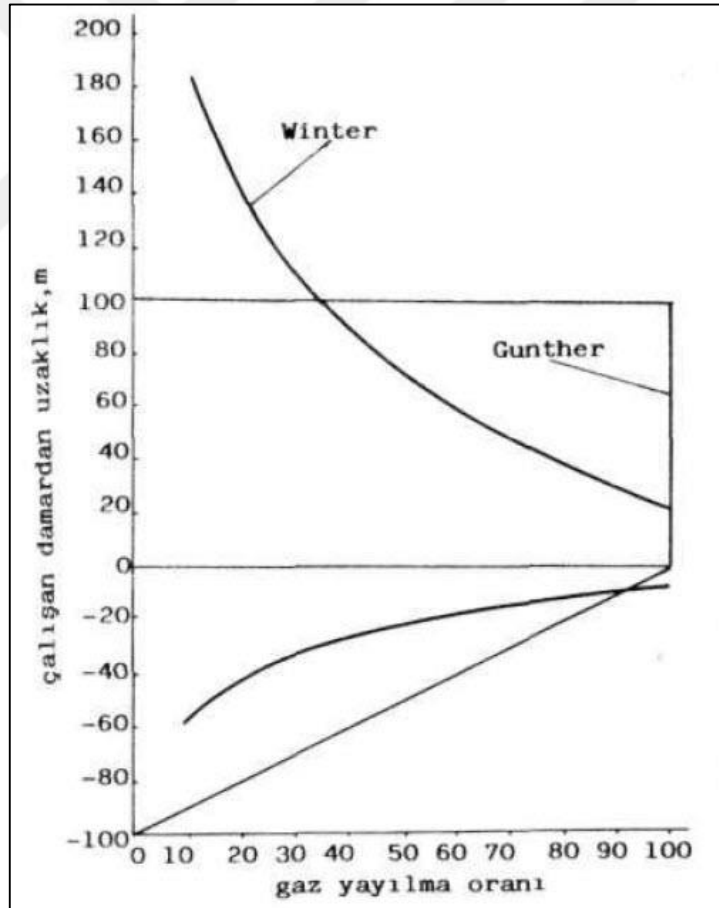
$$Q_s = Q_{tv} + Q_{ay} + Q_{tb} \quad (6.2)$$

Q_s : Özgöl gaz yayılımı, m^3/ton

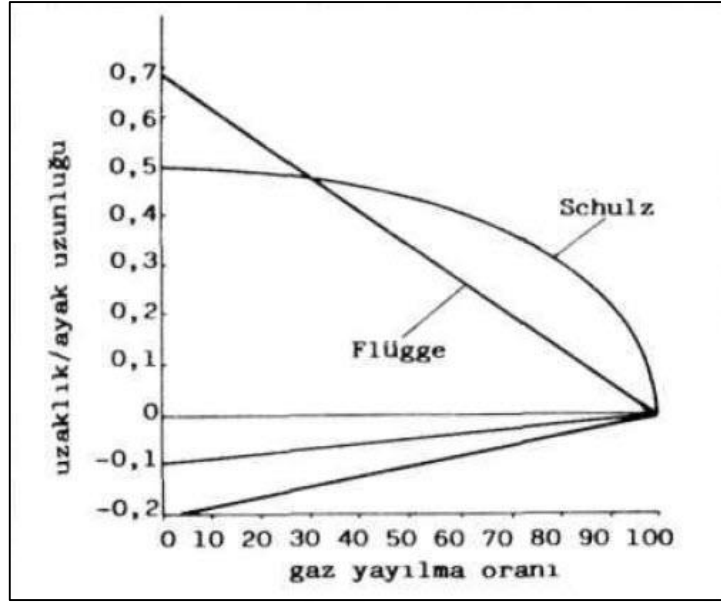
Q_{tv} : Tavandaki kaynaklardan toplam gaz yayılımı, m^3/ton

Q_{ay} : Ayağın çalıştığı damardan yayılan gaz miktarı, m^3/ton

Q_{tb} : Tabandaki kaynaklardan toplam gaz yayılımı, m^3/ton



Şekil 6.3 Winter ve Gunther yöntemine göre komşu damarlardan gaz yayılma oranları (Didari 1988b).



Şekil 6.4 Flügge ve Schulz yöntemine göre komşu damarlardan gaz yayılma oranları (Didari 1988b).

6.4 ATİM DAMARLARI İÇİN TAHMİNİ GAZ GELİRİNİN HESAPLANMASI

ATİM’de üzerinde çalışma yapılan dört kömür damarı (Tavan, Kalın, Taşlı ve Altaşlı) için tahmini gaz gelirinin hesaplanmasında, ayrıntıları Bölüm 6.3’de verilen Winter, Gunther, Flügge ve Schulz yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Yapılan hesaplamalarda en üstteki Tavan damarın bakir olduğu kabul edilmiş, alttaki damarların sonraki üretim çalışmaları aşamalarında, bu damarlardan önceki üretim çalışmaları esnasında gaz boşalması olduğu dikkate alınmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan damar gaz içerikleri değerleri, adı geçen damarların bu çalışma kapsamında Cerchar doğrudan ölçüm yöntemiyle belirlenen yerinde gaz içeriği değerlerinin ortalamalarıdır.

Çevre kayaçların gaz içeriği, bu dört farklı yaklaşımdan sadece Gunther yönteminde dikkate alınmakta olup, ara tabakaların görece kalınlıkları; söz konusu ara tabakanın kalınlığının çalışılan damar kalınlığına oranının %1’i olarak alınmıştır. Yine Gunther yönteminde ara tabakaların damar gaz içeriklerinin çalışılan damarın gaz içeriğine eşit miktarda gaz içerdiği kabul edilmiştir.

Flügge yönteminde, “çalışılan damardan uzaklık / çalışılan ayak uzunluğu oranı” hesabında kullanılan ayak uzunlukları; Tavan, Kalın ve Taşlı damar için 190 m, Alttaşlı damar içinse 150 m’dir.

ATİM kömür damarlarının tahmini gaz gelirleri adı geçen yöntemlere göre ayrı ayrı hesaplanmış olup; Winter yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1’de, Gunther yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2’de, Flügge yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3’de ve Schulz yöntemiyle elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4’de verilmektedir.

Çizelge 6.1 Winter yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.

Damar ve Tabakalar	Gerçek Kalınlık (m)	Görece Kalınlık (m)	Damar Gaz İçeriği (m ³ /t)	Çalışan Damardan Uzaklık (m)	Gaz Yayılma Oranı (%)	Özgül Gaz Yayılımı (m ³ /t)
Tavan*	2.50	1.00	9.90	0	100.0	9.90
Kalın	2.60	1.04	7.20	30.00	35.6	2.67
Taşlı	2.35	0.94	3.70	45.00	21.0	0.73
Alttaşlı	2.55	1.02	3.90	70.00	7.5	0.30
Toplam:						13.60
Kalın*	2.60	1.00	4.53	0	100.0	4.53
Taşlı	2.35	0.90	2.97	15.00	57.0	1.52
Alttaşlı	2.55	0.98	3.60	40.00	25.0	0.88
Toplam:						6.93
Taşlı*	2.35	1.00	1.45	0	100.0	1.45
Alttaşlı	2.55	1.09	2.72	25.00	43.0	1.27
Toplam:						2.72
Alttaşlı*	2.55	1.00	1.45	0	100.0	1.45
Toplam:						1.45

*: Çalışılan damar

Çizelge 6.2 Gunther yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.

Damar ve Tabakalar	Gerçek Kalınlık (m)	Görece Kalınlık (m)	Damar Gaz İçeriği (m ³ /t)	Çalışan Damardan Uzaklık (m)	Gaz Yayılma Oranı (%)	Özgül Gaz Yayılımı (m ³ /t)
Tavan*	2.50	1.00	9.90	0	100	9.90
Ara tabaka	30.00	0.12	9.90	15.00	90	1.07
Kalın	2.60	1.04	7.20	30.00	63	4.72
Ara tabaka	15.00	0.06	9.90	38.00	56	0.33
Taşlı	2.35	0.94	3.70	45.00	47	1.64
Ara tabaka	25.00	0.10	9.90	58.00	27	0.27
Alttaşlı	2.55	1.02	3.90	70.00	12	0.48
Toplam:						18.41
Kalın*	2.60	1.00	2.48	0	100	2.48
Ara tabaka	15.00	0.06	9.57	7.50	91	0.52
Taşlı	2.35	0.90	2.06	15.00	82	1.52
Ara tabaka	25.00	0.11	9.63	28.00	68	0.72
Alttaşlı	2.55	0.98	3.42	40.00	50	1.68
Toplam:						6.92
Taşlı*	2.35	1.00	0.54	0	100	0.54
Ara tabaka	25.00	0.11	8.91	12.50	85	0.83
Alttaşlı	2.55	1.09	1.74	25.00	70	1.33
Toplam:						2.70
Alttaşlı*	2.55	1.00	0.41	0	100	0.41
Toplam:						0.41

*: Çalışılan damar

Çizelge 6.3 Flügge yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.

Damar ve Tabakalar	Gerçek Kalınlık (m)	Görece Kalınlık (m)	Damar Gaz İçeriği (m ³ /t)	Çalışan Damardan Uzaklık (m)	Çalışılan Damardan Uzaklık / Çalışılan Ayak Uzunluğu Oranı	Gaz Yayılma Oranı (%)	Özgül Gaz Yayılımı (m ³ /t)
Tavan*	2.50	1.00	9.90	0	0	100	9.90
Kalın	2.60	1.04	7.20	30.00	0.16	44	3.30
Taşlı	2.35	0.94	3.70	45.00	0.24	-	-
Alttaşlı	2.55	1.02	3.90	70.00	0.37	-	-
Toplam:						13.20	
Kalın*	2.60	1.00	3.90	0	0	100	3.90
Taşlı	2.35	0.90	3.70	15.00	0.08	55	1.83
Alttaşlı	2.55	0.98	3.90	40.00	0.21	-	-
Toplam:						5.73	
Taşlı*	2.35	1.00	1.87	0	0	100	1.87
Alttaşlı	2.55	1.09	3.90	25.00	0.13	43	1.83
Toplam:						3.70	
Alttaşlı*	2.55	1.00	2.03	0	0	100	2.03
Toplam:						2.03	

*: Çalışılan damar

Çizelge 6.4 Schulz yöntemine göre tahmini gaz gelirleri.

Damar ve Tabakalar	Gerçek Kalınlık (m)	Görece Kalınlık (m)	Damar Gaz İçeriği (m ³ /t)	Çalışan Damardan Uzaklık (m)	Çalışılan Damardan Uzaklık / Çalışılan Ayak Uzunluğu Oranı	Gaz Yayılma Oranı (%)	Özgül Gaz Yayılımı (m ³ /t)
Tavan*	2.50	1.00	9.90	0	0	100	9.90
Kalın	2.60	1.04	7.20	30.00	0.16	-	-
Taşlı	2.35	0.94	3.70	45.00	0.24	-	-
Alttaşlı	2.55	1.02	3.90	70.00	0.37	-	-
Toplam:							9.90
Kalın *	2.60	1.00	7.20	0	0	100	7.20
Taşlı	2.35	0.90	3.70	15.00	0.08	13	0.43
Alttaşlı	2.55	0.98	3.90	40.00	0.21	-	-
Toplam:							7.63
Taşlı *	2.35	1.00	3.27	0	0	100	3.27
Alttaşlı	2.55	1.09	3.90	25.00	0.13	-	-
Toplam:							3.27
Alttaşlı *	2.55	1.00	3.90	0	0	100	3.90
Toplam:							3.90

*: Çalışılan damar



BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Amasra müessesesi kömür damarlarının metan gazı içeriğini tespit etmek amacıyla ; -300 kotundan 6 adet sondajdan 44 adet, -350 kotunda 3 adet sondajdan 16 adet numune olmak üzere toplamda 9 adet sondajdan 60 adet kömür numunesi alınmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçları Langmuir, Kim ve Ettinger eşitlikleri ile Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği ölçüm sonuçları Çizelge 7.1’de verilmektedir.

Çizelge 7.1 Görgül eşitlikler ve Cerchar yöntemi ile elde edilen damar gaz içerikleri.

Deney No	Langmuir		Kim	Ettinger	Cerchar	
	Q_y (m^3/t)	Q_t (m^3/t)	Q_y (m^3/t)	Q_y (m^3/t)	Q_N (m^3/t)	$Q_{(des)N}$ (m^3/t)
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Kalın Damar Nefeslik Başyukarı	2.6	21.4	12.0	7.6	10.5	7.7
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Kalın Damar Taban	8.6	15.7	11.0	8.4	4.6	2.2
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan Damar Arın Baca	6.6	15.6	11.0	6.9	8.6	6.7
-236/-300 2. Rekup Güneybatı Tavan Damar Taban	8.2	15.4	10.4	7.7	12.1	10.2
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı Damar Taban	-	-	11.2	-	4.0	3.4
-236/-300 2. Rekup Kuzeydoğu Alttaşlı Damar Nefeslik Baca	7.5	15.1	11.8	7.8	3.7	1.9
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Kalın Damar Taban	7.9	16.1	10.2	6.6	6.6	4.7
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Taşlı Damar Taban	7.4	16.0	10.7	5.9	3.7	1.9
-350 1. Rekup Kuzeydoğu Tavan Damar Taban	7.5	16.3	10.4	6.5	9.1	7.2

Çizelge 7.1’den de görülebileceği gibi en yüksek damar gaz içerikleri; Langmuir Eşitliği kullanılarak, -236/-300 Güneybatı Kalın Damar için $8.6 m^3/t$ (yerinde kömür) ve -236/-300 Kuzeydoğu Kalın Damar için $21.4 m^3/t$ (temiz kömür) olarak hesaplanmıştır. Kim eşitliği kullanılarak, -236/-300 Kuzeydoğu Kalın Damar için $12 m^3/t$ (yerinde kömür) olarak hesaplanmıştır. Ettinger eşitliği kullanılarak, -236/-300 Güneybatı Kalın Damar için $8.4 m^3/t$ olarak hesaplanmıştır. Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği

ölçümü sonuçlarına göre ise en yüksek damar gaz içerikleri, -236/-300 Güneybatı Tavan Damar için $12.1 \text{ m}^3/\text{t}$ (yerinde kömür) ve $10.2 \text{ m}^3/\text{t}$ (desorbe edilebilir kömür) olarak belirlenmiştir.

Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği ölçümü sonuçlardan ortalama alınarak elde edilen en yüksek damar gaz içeriğine Tavan damarın sahip olduğu (yerinde $9.9 \text{ m}^3/\text{t}$ ve temiz $8 \text{ m}^3/\text{t}$) onu Kalın damar (yerinde $7.2 \text{ m}^3/\text{t}$ ve temiz $4.9 \text{ m}^3/\text{t}$), Alttaşlı damar (yerinde $3.9 \text{ m}^3/\text{t}$ ve temiz $2.7 \text{ m}^3/\text{t}$) ile Taşlı damarın (yerinde $3.7 \text{ m}^3/\text{t}$, temiz $1.9 \text{ m}^3/\text{t}$) izlediği görülmektedir.

Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği ölçümü sonuçlarına göre yerinde kömür açısından;

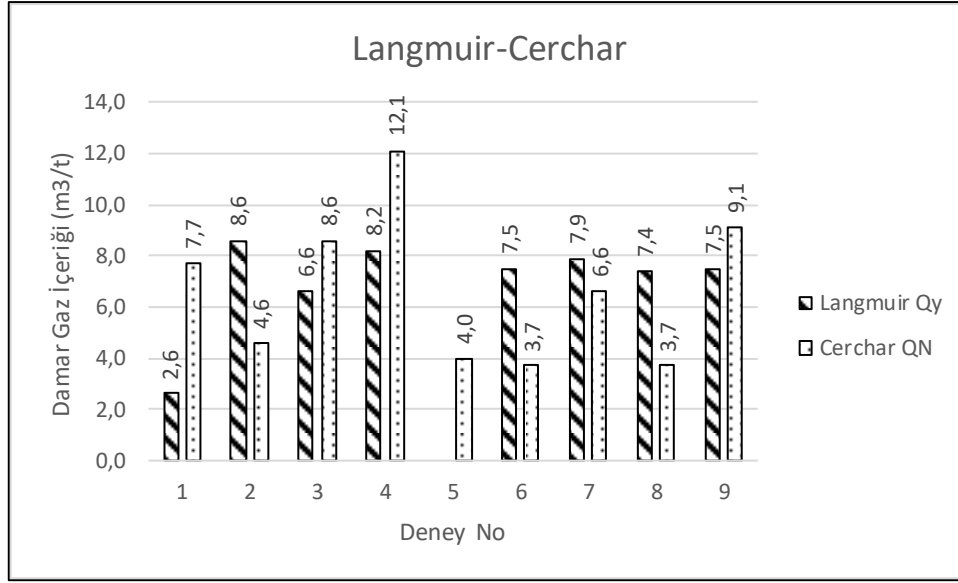
- ♦ -300 kotundaki Kalın damarın yerinde kömür olarak ortalama $7.6 \text{ m}^3/\text{t}$, -350 kotundaki Kalın damarın ise yerinde kömür olarak $6.6 \text{ m}^3/\text{t}$ gaz içerdiği,
- ♦ -300 kotundaki Tavan damarın yerinde kömür olarak ortalama $10.4 \text{ m}^3/\text{t}$, -350 kotundaki Tavan damarın ise yerinde kömür olarak $9.1 \text{ m}^3/\text{t}$ gaz içerdiği görülmektedir.

Desorbe edilebilir kömür açısından ise;

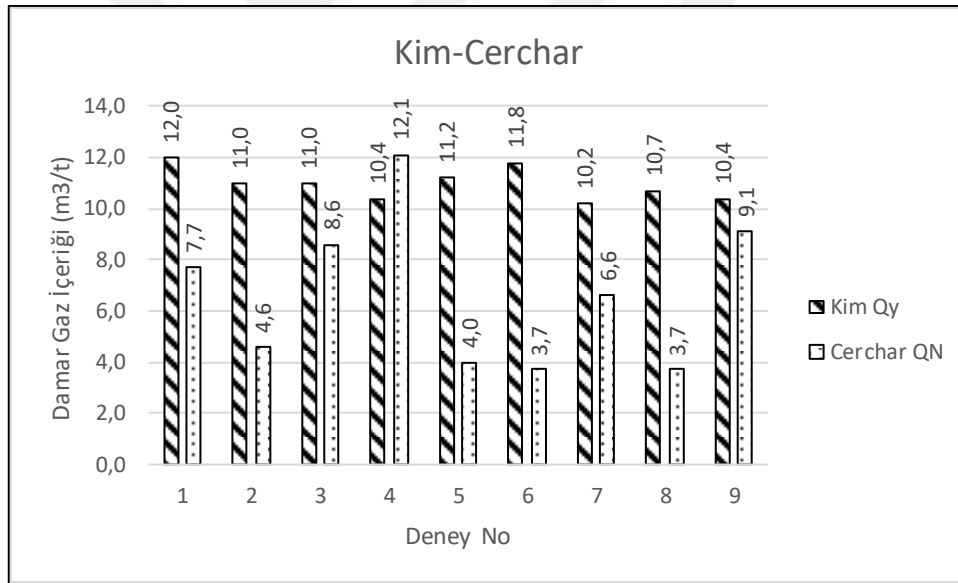
- ♦ -300 kotundaki Kalın damarın gaz içeriği ortalama $5.0 \text{ m}^3/\text{t}$, -350 kotundaki Kalın damarın ise gaz içeriği $4.7 \text{ m}^3/\text{t}$ gaz içerdiği,
- ♦ -300 kotundaki Tavan damarın gaz içeriği ortalama $8.5 \text{ m}^3/\text{t}$, -350 kotundaki Tavan damarın ise $7.2 \text{ m}^3/\text{t}$ gaz içerdiği görülmektedir.

Buna göre; damar gaz içeriklerinin derinliğe bağlı olarak kısmi bir azalma gösterdiği görülmekle birlikte belirgin bir değişim olmadığı söylenebilir.

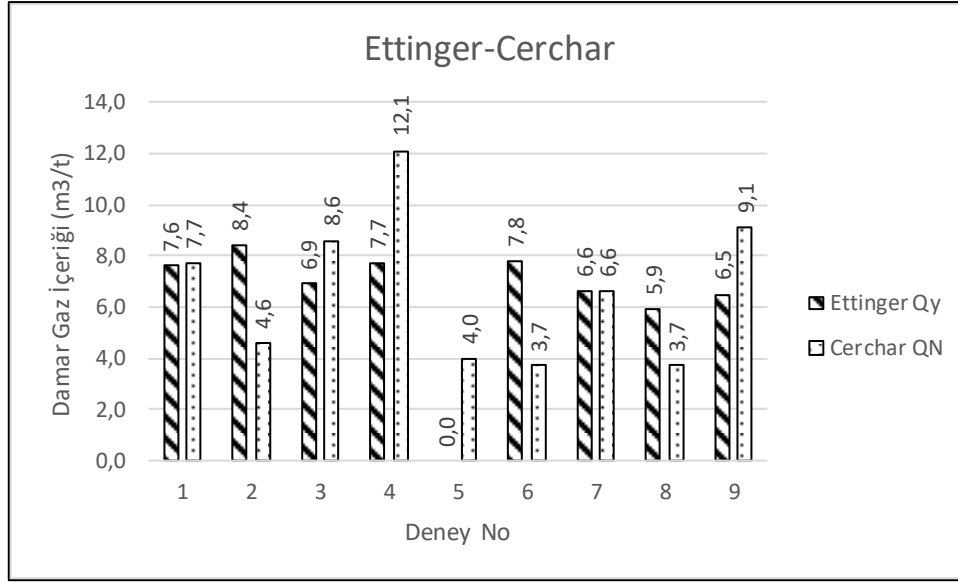
Langmuir (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 7.1’de, Kim (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 7.2’de ve Ettinger (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 7.3’de verilmektedir.



Şekil 7.1 Langmuir (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 7.2 Kim (Q_y) ile Cerchar (Q_n) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi.



Şekil 7.3 Ettinger (Q_y) ile Cerchar (Q_N) damar gaz içerik değerlerinin grafiksel gösterimi.

Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3’den de görülebileceği gibi Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği ölçümü sonuçları ile görgül yöntemler kullanılarak elde edilen damar gaz içeriği değerleri arasında farklılıklar vardır. Bu farklılıkların en önemli nedeninin görgül yöntemlerde kullanılan sabitlerin Amasra kömür havzasına özgü olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Söz konusu görgül eşitliklerde kullanılan sabitlerin Amasra kömür havzasına uygun olarak belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmasında yarar görülmekte, Havzanın kendi sabitlerini oluşturması daha doğru ve daha net sonuçlar alınması açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte; Ettinger eşitliğiyle elde edilen sonuçların Cerchar yöntemine uygun olarak doğrudan yapılan damar gaz içeriği ölçümü sonuçlarına daha yakın olduğu dikkati çekmektedir.

Sondajlardan elde edilen numunelerin bakir damarlardan alınması ve sondaj derinliğinin en az 8-10 m olmasının daha doğru sonuçlar vereceği değerlendirilmektedir. Yapılan deneylerden elde edilen toplam damar gaz içerikleri (Q_N) ve desorbe edilebilir gaz içerikleri [$Q_{(des)N}$] incelendiğinde, damar gaz içeriklerinin genel olarak 8’inci metre ile 12’inci metre arasında en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Winter, Gunther, Flügge ve Schulz yöntemlerine göre ilgili grafikler yardımıyla hesaplanan tahmini gaz geliri miktarları Çizelge 7.2’de verilmektedir. Çalışılan damardan yayılacak gaz miktarına ilaveten tabandaki damarlardan da gaz geliri olacağını esas alan adı geçen yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre; Tavan damarının çalışılması esnasında 9.90 ile

18.41, Kalın damarının çalışılması esnasında 5.73 ile 7.63, Taşlı damarının çalışılması esnasında 2.72 ile 3.70 ve Alttaşlı damarının çalışılması esnasında 0.41 ile 3.90 m³/t arasında gaz geliri meydana gelebileceği tahmin edilmiştir.

Çizelge 7.2 ATİM damarlarının çalışılması esnasında tahmini gaz geliri miktarları.

ÇALIŞILAN DAMAR	DAMAR GAZ İÇERİĞİ (m ³ /t)	WINTER (m ³ /t)	GUNTHER (m ³ /t)	FLUGGE (m ³ /t)	SCHULZ (m ³ /t)
Tavan	9.90	13.60	18.41	13.20	9.90
Kalın	7.20	6.93	6.92	5.73	7.63
Taşlı	3.70	2.72	2.70	3.70	3.27
Alttaşlı	3.90	1.45	0.41	2.03	3.90

TTK'ya bağlı tüm müesseselerde; damar gaz içeriği ölçüm ve değerlendirme çalışmalarının daha etkin ve zamanında yapılması için bu konuda eğitim almış kişilerden oluşan ekipler kurulması, numune alımında kullanılan sondaj makinası ve diğer ekipmanın noksansız bir şekilde bulundurulması ve günümüz teknolojisine uygun laboratuvarlar tesis edilmesinde büyük yarar görülmektedir.



KAYNAKLAR

- Albayrak S** (2008) Amasra B Sahası Taşkömürlerinin Karakterizasyonu ve Öğütülebilirliği. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 101 s.
- Amasra TİM** (2017, 2018, 2019) *Kurum İçi Eğitim Sunumları*. Amasra Taşkömürü İşletmesi Müessesesi, Bartın.
- Arslan İ** (2006) TTK Üzülmüş Müessesesi Kömür Damarlarının Metan Gazı İçeriklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 76 s.
- Australian Standart** (1999) *Guide to the Determination of Gas Content of Coal-Direct Desorption Method*. AS3980-1999, Standards Association of Australia, 34 pp.
- Bertart C, Bruyet B and Gunter J** (1970) Determination of Desorbable Gas Concentration of Coal. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, Vol: VII, No: 1, 43-65.
- Boxho J, Stassen P, Mücke G, Noack K, Jeger C, Lescher L, Btowning E J, Dummore R and Morris L H** (1987) *Metan Drenajı*. Çev: Gündüz Yerebatmaz, TTK İnsangücü Eğitim Şube Müdürlüğü Yayını, No: 55, Ekim, Zonguldak, 332 pp.
- Çakır A ve Didari V** (1996) Karadon İşletmesi Büyük Damarında Metan Gazı İçeriğinin İncelenmesi. *Madencilik*, Cilt: XXXV, Sayı: 3, Ankara, s. 27-37.
- Çakır A** (1994) TTK Karadon İşletmesi-303/-360 Büyük Damarının Gaz İçeriğinin ve Gaz Yayma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 75 s.
- Diamond W P and Levine J R** (1981) *Direct Methot Determination of the Gas Content of Coal: Procedures and Results*. US Breau of Mines, Report of Investigation, No: 8515, 35 pp.
- Diamond W P and Schatzel S J** (1998) Measuring the Gas Content of Coal: A Review. *International Journal of Coal Geology*, Ed: R. M. Flores, Vol: 35, No: 1-4, 311-331.
- 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. *International Coalbed Methane Symposium*, Tuscaloosa, Alabama, May 14-18, 2001: University of Alabama, Paper No: 0128, 331-342.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Didari V** (1988a) Metan Denetimi Gereksinimlerinin Ampirik Tekniklerle Belirlenmesi. *Türkiye 6. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 115-133.
- Didari V** (1988b) Metan Gelirini Tahmin Yöntemlerinin İlkeleri ve Pratikte Uygulamaları. *Madencilik*, Cilt: XXVII, Sayı: 3, Ankara, s. 5-10.
- Didari V ve Ökten G** (1989) Taşkömürünün İçerdiği Gaz Miktarının Ölçülmesinde Uygulanan Yöntemler. *Madencilik*, Cilt: XXVII, Sayı: 1, Ankara, s. 17-23.
- Ekmekçi S** (2015) TTK Amasra-A Sahasındaki Kömür Damarlarının Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlıklarının Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 100 s.
- Ettinger I L, Lidin G D, Dimitriev A M and Zhupakhina E S** (1958) *Systematic Handbook for the Determination of the Methane Content of Coal Seams from the Seam Pressure of the Gas and the Methane Capacity of the Coal*. National Coal Board Translation, No: A1606/SEH, London, 28 pp.
- Fenk K K, Chenk K C and Augsten R** (1984) Preliminary Evaluation of the Methane Production Potential of Coal Seams at Greenhills Mine, Elkfort, British Columbia. *Canadian Mining and Metallurgy (CIM) Bulletin*, No: 871, 56-61.
- Güney M** (1972) Grizu ve Doğal Yayılımı Etkileyen Parametreler. *Madencilik*, Cilt: XI, Sayı: 5, Ankara, s. 7-26.
- Haliloğlu T** (2000) Amasra Bölgesi Kömürlerinin Katkısız Briketlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 118 s.
- Kim A G** (1977) *Estimating Methane Content of Bituminous Coalbeds from Adsorption Data*. U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations, No: 8245, 22 pp.
- Kural O** (1998) *Kömür Kimyası ve Teknolojisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul, 658 s.
- Oskan M** (2014) TTK Armutçuk Müessesesi Büyük Damar IV. Bloğun Gaz İçeriğinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 80 s.
- Ökten G ve Didari V** (1991) Taşkömürünün İçerdiği Gaz Miktarını Etkileyen Başlıca Faktörler. *Akdeniz Üniversitesi 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 Yayınları, No: 71, Zonguldak, 75 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Şener S (2007) Amasra Yöresi (Batı Karadeniz) Üst Jura-Alt Kretase İnalıt Kireçtaşlarının Bentik Foraminifer Paleontolojisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 83 s.

URL-1 <<http://www.taskomuru.gov.tr/file/sema/muessese/amasra.htm>>, Ziyaret tarihi: 15.05.2019.

URL-2 <<http://www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=103>>, Ziyaret tarihi: 18.05.2019.

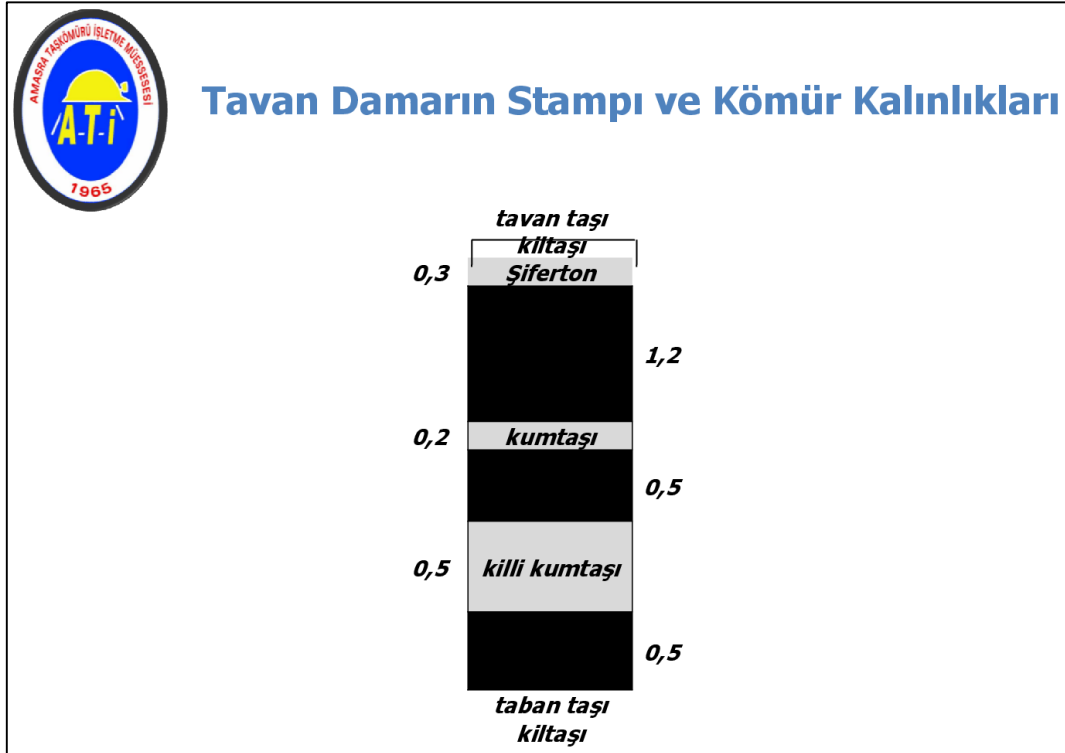
URL-3 <<http://www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=104>>, Ziyaret tarihi: 18.05.2019.

Yalçın E ve Durucan Ş (1987) Ampirik Metan Adsorpsiyon Eşitliklerinin Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması. *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s. 163-178.

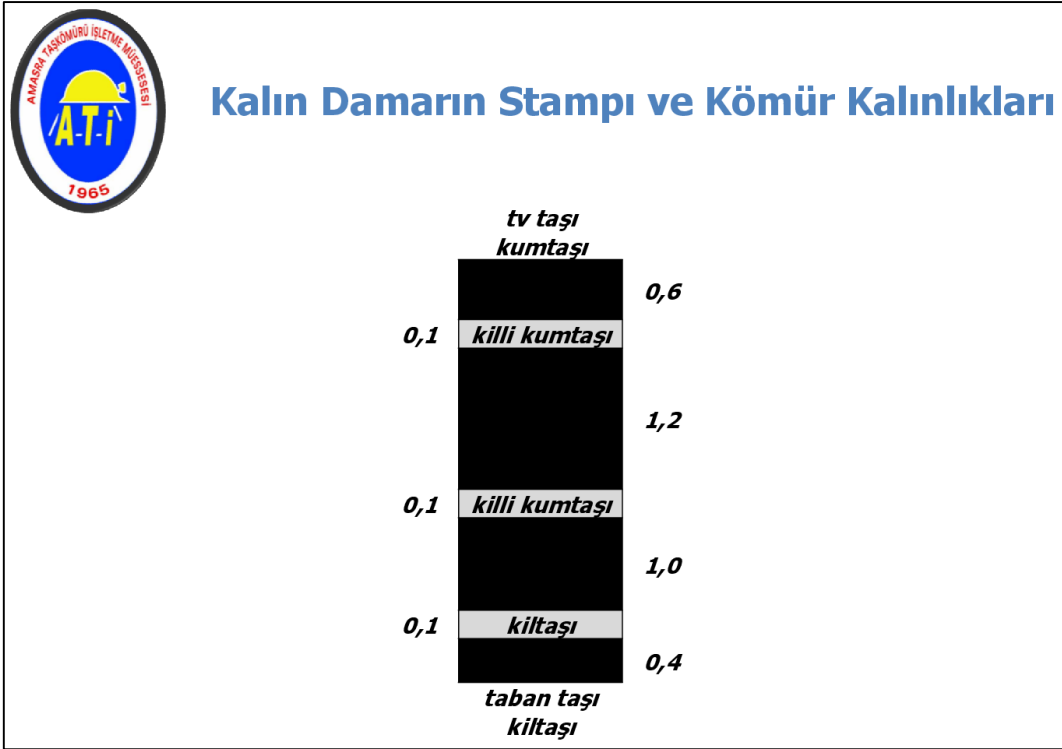


EK AÇIKLAMALAR

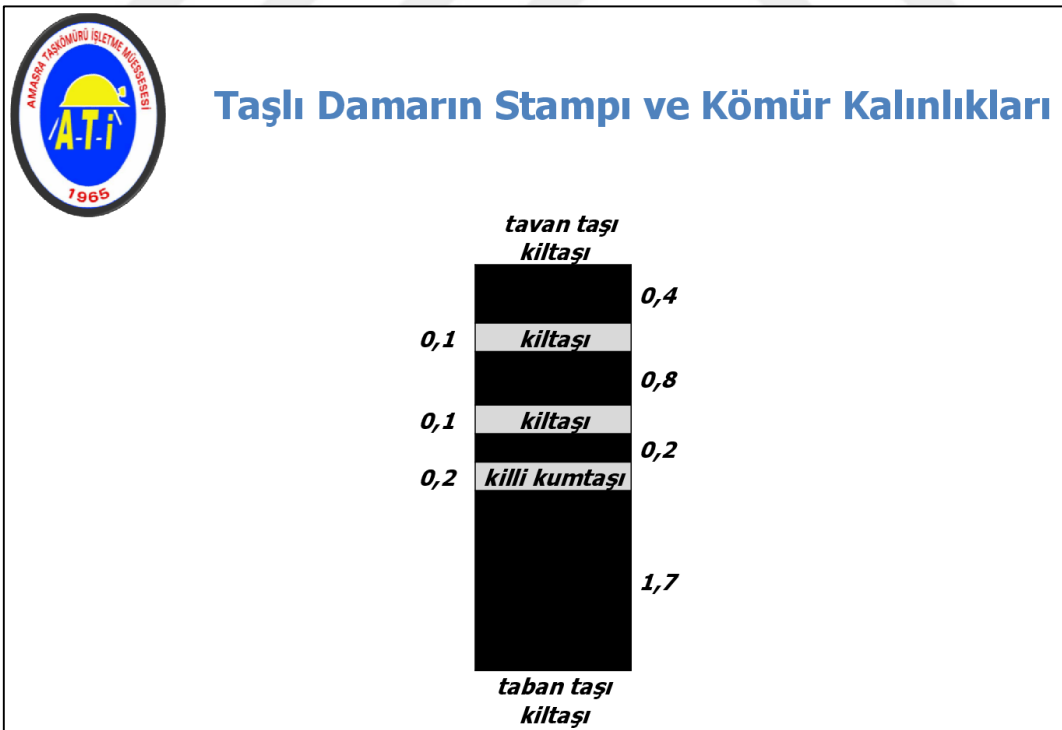
EK A: Damar Stampı Ve Kömür Kalınlıkları



Şekil A.1 Tavan Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.



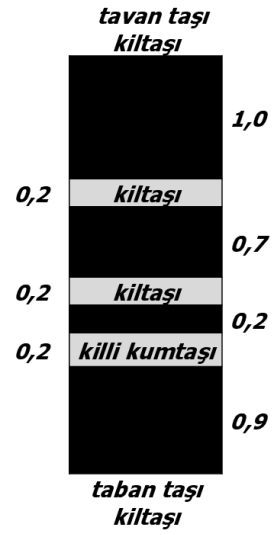
Şekil A.2 Kalın Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.



Şekil A.3 Taşlı Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.



Alttaşı Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları



Şekil A.4 Alttaşı Damarın Stampı ve Kömür Kalınlıkları.



EK B: Gaz İçeriği Tayini Formları

Gaz içeriği tayini													
		Maden: Amasra TİM		Koordinatlar		X	123						
		Damar Tavan Damar		Y		123							
		Numune alım yeri .-300 11. Rekup		Z		-360 [m a.s.l.]							
				Uçucu madde:		43,0 % waf							
Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K													
	Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
			[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	A09	1	2	>2 mm	14,5	21,3	11,2	0,3	3,1	2,4	5,8	1,9	3,9
2	A10	1	4	>2 mm	15,4	67,7	4,1	0,0	3,0	4,4	7,4	1,9	5,5
3	A07	1	6	>2 mm	14,1	21,1	10,9	0,5	5,2	5,8	11,5	1,9	9,6
4	A25	1	8	>2 mm	13,4	29,8	9,1	0,6	5,6	6,4	12,6	1,9	10,7
5	A12	1	10	>2 mm	12,6	13,2	10,8	0,4	4,4	6,0	10,8	1,9	8,9
6	A04	1	12	>2 mm	13,0	-45,5	19,4	0,4	3,3	3,3	7,0	1,9	5,1
7	A26	1	14	>2 mm	13,0	13,7	11,1	0,5	4,8	5,2	10,5	1,9	8,6
8	A27	1	16	>2 mm	12,4	20,5	9,7	0,4	3,9	6,6	10,9	1,9	9,0
AÇIKLAMA:													

Şekil B.1-300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**
Damar **Tavan Damar**
Numune alım yeri **Arın baca**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-300 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **35,9 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	1	2	>2 mm	12,5	10,0	11,1	0,2	2,9	5,8	8,9	2,0	6,9
2	1	4	>2 mm	14,6	10,5	12,9	0,2	3,6	5,5	9,3	2,0	7,3
3	1	6	>2 mm	12,8	9,7	11,4	0,4	4,9	3,5	8,8	2,0	6,8
4	1	8	>2 mm	14,6	10,0	13,1	0,3	3,9	5,3	9,5	2,0	7,5
5	1	10	>2 mm	17,1	23,8	12,7	0,4	5,4	2,5	8,3	2,0	6,3
6	1	12	>2 mm	16,1	20,4	12,6	0,3	4,5	4,3	9,1	2,0	7,1
7	1	14	>2 mm	13,8	65,1	4,1	0,5	6,4	5,5	12,4	2,0	10,4

AÇIKLAMA: 16. metre de taşa geldiği için sondaj sonlandırılmıştır.

Şekil B.2 -300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden **TTK Amasra**
Damar **KALIN**
Numune alım yeri **2. Rekup Batı Taban**

Koordinatlar
X **123**
Y **123**
Z **-300 [m a.s.l.]**
Uçucu madde **40,6 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1 A01	1	2	>2 mm	7,9	41,0	4,4	0,0	1,6	4,2	5,8	1,9	3,9
2 A04	1	4	>2 mm	1,4	13,7	1,2	0,2	7,0	0,8	8,0	1,9	6,1
3 A26	1	6	>2 mm	12,8	11,1	11,2	0,3	6,1	2,7	9,1	1,9	7,2
4 A20	2	8	>2 mm	12,7	16,1	10,5	0,2	4,6	2,2	7,0	1,9	5,1
5 A27	1	10	>2 mm	11,4	12,5	9,8	0,3	6,0	2,5	8,8	1,9	6,9
6 A12	1	12	>2 mm	9,4	19,5	7,4	0,3	7,4	2,8	10,5	1,9	8,6
7 A25	2	14	>2 mm	11,5	11,5	10,0	0,3	6,8	1,8	8,9	1,9	7,0

Açıklama: 1. sondaj 18. metrede tavan taşına girdiği için ikinci sondaj yapılmıştır. 2. sondajda 25 metre ilerleme kaydedilmiş, istenilen derinliğe ulaşıldığı düşünülerek çalışma sonlandırılmıştır. İki sondaj boyunca alınan numuneler beraber değerlendirilmiştir. Değerlendirilen sonuçlara göre bu noktada toplam gaz içeriği en az 6.4 m³/t olup, bu değeri tekrarlayan değerler elde edilemediği için bu değerlerin artabileceği tespit edilmiştir. Çizilen grafikte gazın artış eğiliminde olduğu görülebilmektedir. Bu sebeple Nasufoğlu damarından tekrar gaz içeriği belirme çalışması yapabilmek için numune alınması gerekmektedir. Yapılacak sondajın gazını kaybetmemiş bakir bölgelerden ve rahatlatma sondajı yapılmadan önce yapılması tercih edilmelidir.

Şekil B.3 -300 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar :**-300 Rekup Sol. Kln. Dmr.**

Numune alım yeri **Başıyukarı Nefeslik Baca**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-300 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **17,1 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	1	2	>2 mm	10,0	14,3	8,5	0,1	2,5	3,7	6,3	3,0	3,3
2	1	4	>2 mm	10,0	6,6	9,3	0,3	5,2	5,7	11,2	3,0	8,2
3	1	6	>2 mm	10,1	8,6	9,1	0,5	6,5	3,4	10,4	3,0	7,4
4	1	8	>2 mm	10,0	18,6	8,0	0,5	6,8	3,4	10,7	3,0	7,7
5	1	10	>2 mm	10,0	11,7	8,8	0,4	5,2	2,9	8,5	3,0	5,5
6	1	12	>2 mm	10,1	30,1	6,8	0,4	6,0	5,4	11,8	3,0	8,8
7	1	13	>2 mm	10,5	12,0	9,2	0,5	7,1	4,1	11,7	3,0	8,7

AÇIKLAMA: Sondaj optimum verimlilikle tamamlanmıştır.

Şekil B.4 -300 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar **Alttaşlı**

Numune alım yeri **.-300 11. Rekup**

Koordinatlar
X **123**
Y **123**
Z **-300 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **51,3 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

	Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
			[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	A26	1	2	>2 mm	8,0	6,3	7,5	0,0	0,2	2,9	3,1	1,4	1,7
2	A20	1	4	>2 mm	10,0	4,3	9,5	0,0	0,3	2,2	2,5	1,4	1,1
3	A25	1	6	>2 mm	16,3	4,2	15,6	0,1	2,1	3,2	5,4	1,4	4,0
4	A09	1	8	>2 mm	16,0	4,6	15,2	0,1	1,1	3,0	4,2	1,4	2,8
5	A07	1	10	>2 mm	9,8	4,3	9,3	0,0	0,0	2,1	2,1	1,4	0,7
6	A12	1	12	>2 mm	10,0	18,8	8,0	0,0	0,5	2,8	3,3	1,4	1,9
7	A10	1	14	>2 mm	11,5	10,6	10,2	0,1	1,7	2,4	4,2	1,4	2,8
8	A27	1	16	>2 mm	9,7	5,9	9,1	0,0	1,0	3,2	4,2	1,4	2,8

AÇIKLAMALAR:

Şekil B.5 -300 Alttaşlı Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar **.-300 2.Rekup sol alt taşı**

Numune alım yeri **Başıyukarı Nefeslik Baca**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-300 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **41,4 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	1	2	>2 mm	13,2	3,9	12,6	0,0	0,6	2,0	2,6	1,8	0,8
2	1	4	>2 mm	13,5	4,9	12,8	0,1	1,0	2,3	3,4	1,8	1,6
3	1	6	>2 mm	16,0	6,8	14,9	0,1	1,0	2,3	3,4	1,8	1,6
4	1	8	>2 mm	15,3	3,3	14,8	0,1	1,5	2,5	4,1	1,8	2,3
5	1	10	>2 mm	14,3	2,7	13,9	0,1	1,6	4,8	6,5	1,8	4,7
6	1	12	>2 mm	13,5	7,6	12,4	0,1	1,5	3,5	5,1	1,8	3,3
7	1	14	>2 mm	14,6	9,6	13,1	0,1	2,1	2,5	4,7	1,8	2,9

AÇIKLAMA: Sondaj optimum verimlilikle tamamlanmıştır.

Şekil B.6 -300 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar **.-350 1.Rekup Sol Tavan Damar**

Numune alım yeri **-350 Taban**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-350 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **35,5 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	1	2	>2 mm	7,7	9,7	6,9	0,1	1,7	2,5	4,3	2,0	2,3
2	1	4	>2 mm	10,9	14,5	9,2	0,0	0,7	2,5	3,2	2,0	1,2
3	1	6	>2 mm	12,3	12,4	10,7	0,3	3,6	5,8	9,7	2,0	7,7
4	1	8	>2 mm	12,6	21,7	9,7	0,3	3,6	4,6	8,5	2,0	6,5
5	1	10	>2 mm	14,8	50,4	6,7	0,3	3,6	4,5	8,4	2,0	6,4

AÇIKLAMA: ATİM de -350 sol taban damarda sürülmekte olan damara ait toplam gaz içeriği 9,1 m3, desorbe olabilen gaz içeriği 7,1 m3 olarak tespit edilmiştir.

Şekil B.7 -350 Tavan Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar **.-350 1.Rekup Sol Kln. Dmr.**

Numune alım yeri **alt taban yolu**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-350 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **41,0 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

	Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
			[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	BO5	1	2	>2 mm	27,6	10,0	24,6	0,0	0,4	3,3	3,7	1,9	1,8
2	NO3	1	4	>2 mm	26,7	10,5	23,6	0,0	0,5	2,4	2,9	1,9	1,0
3	NO4	1	6	>2 mm	14,5	9,7	13,0	0,1	1,7	4,0	5,8	1,9	3,9
4	NO2	1	8	>2 mm	25,3	10,0	22,6	0,2	2,3	4,8	7,3	1,9	5,4
5	A6	1	10	>2 mm	20,5	23,8	15,2	0,3	3,9	5,9	10,1	1,9	8,2
6	C4	1	12	>2 mm	14,8	20,4	11,5	0,3	3,8	4,2	8,3	1,9	6,4
7	A7	1	14	>2 mm	13,8	65,1	4,1	0,9	10,7	13,9	25,5	1,9	23,6

AÇIKLAMA: 16. metre de taşa geldiği için sondaj sonlandırılmıştır.

Şekil B.8 -350 Kalın Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.

Gaz içeriği tayini



Maden: **Amasra TİM**

Damar **.-350 1.Rekup Sol Taşlı Damar**

Numune alım yeri **-350 Taban**

Koordinatlar: X **123**
Y **123**
Z **-350 [m a.s.l.]**
Uçucu madde: **43,7 % waf**

Koşullar: 1013.0 hPa; 273.0 K

Numune şişesi no.	Sondaj deliği	Sondaj deliği derinliği	Tanecik boyutu	Tüvenan kömür kütlesi	Kül içeriği	Külsüz kütle	q ₁ fraksiyonu	q ₂ fraksiyonu	q ₃ fraksiyonu	Toplam gaz içeriği	(q _{1bar}) _U	Desorbe edilebilir gaz içeriği
		[m]	[mm]	[g]	[%]	[g]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]	[m ³ /t]
1	A2	1	2	>2 mm	18,0	3,7	17,2	0,0	0,2	1,6	1,8	0,0
2	A3	1	4	>2 mm	25,9	4,0	24,8	0,0	0,7	2,2	2,9	1,1
3	A4	1	6	>2 mm	28,1	10,3	24,9	0,1	1,1	2,0	3,2	1,4
4	A5	1	8	>2 mm	24,8	3,9	23,8	0,1	1,4	2,6	4,1	2,3

AÇIKLAMA: ATİM de -350 sol taban damarda sürülmekte olan damara ait toplam gaz içeriği 3,7 m3, desorbe olabilen gaz içeriği 1,9 m3 olarak tespit edilmiştir.

Şekil B.9 -350 Taşlı Damar Gaz İçeriği Tayin Formu.



ÖZGEÇMİŞ

Mehmet TURAL 1984’de Elazığ’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini aynı ilde tamamladı. 2007-2009 yılında İnönü Üniversitesi Malatya Meslek Yüksekokulu’nda Maden Teknikerliği, 2009-2013 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği bölümü’nde Maden Mühendisliği eğitimi aldı. 2009- 2013 yıllarında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi İşletme Bölümünü bitirdi. 2012 yılında Türkiye Taşkömürü kurumu Amasra Müessesesinde Maden Teknikeri olarak işe başladı. 2015-2017 yıllarında vardiya mühendisi olarak görev yaptı. 2017 yılından beri Amasra TİM İş Güvenliği Şube Müdürlüğünde emniyet mühendisi olarak görev yapmakta ve ZBEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Fatih mahallesi ATİM lojmanları 5 blok 8/3 Amasra/Bartın

Tel : 05438287432

E-Posta: memettural@hotmail.com