

# Grizu ve Doğal Yayılımını Etkileyen Parametreler

**Dr. Mehmet GÜNEY**

## 1. GİRİŞ

Kömürün üretilmesi operasyonlarının he\* aşamasında açığa çıkan grizunun yarattığı soruna henüz bilinçli bir çözüm bulunamamıştır. Metan gazının oluşturduğu tehlikeleri, bir dereceye kadar, en alt düzeye indirilmesinde metan drenaj yöntemine yer verilmesi önem kazanmaktadır. Metodun plânlanması ve yürütümünde grizu yayılımını etkileyen parametrelerin bilinmesinde faydalar vardır.

Kömür katmanları içinde grizunun oluşumu, migrasyonu, depolanması ve emisyonu hakkındaki çalışmaların başlıcaları maden mühendisleri, kimyagerler ve ilim adamları tarafından yeraltı iş yerlerinde ve kontrollü koşullar altında laboratuvarlarda yürütülmüştür. Konu akla gelebilecek her bir açıdan etüdü edildiği halde kömür maddesi ve katmanındaki grizu miktarı ile davranışının kesinlikle saptanmasında ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır. Van KREVELEN'e (1) göre, kömürün kendi kendine tutuşmasındaki anlaşılmasız nedenlerle, grizu ile ilgili sorunların çözümleri kömür maddesinin fiziksel yapısı ve kimyasal bileşiklerinin yeterli derecede bilinmesine bağlıdır. Kömür-grizu ilişkilerinin bir problem teşkil etmesi kömürün grift tabiatlı olmasına ve emisyon oranını etkileyen faktörlerin çokluğuna dayandırılır. PATTEISKY'inde (2) belirttiği gibi, grizu emisyonu üzerine sürdürülen araştırmalarda gazın oluştuğu jeolojik, petrogrfcik ve fiziksel koşulların, tabakaların hareket mekanizmasının ve havalandırma özelliklerinin tanımı esastır.

Metan emisyonunu etkileyen faktörlerle kömür ve grizunun oluşumuna ait çeşitli teorileri içine alan ön araştırma sonuç ve bulguları PATTEISKY (2), VENTER (3), BROWN

(4), ve PATCHING (5) tarafından özetlenmiştir. Bu literatür etüdünde, grizu emisyonunda rol oynayan gerçek parametrelerle grizunun doğal özelliklerinin, genellikle pratiksel madencilik görüşünden, nitelik ve niceliklerinin analizine yer verilecektir.

## 2. KÖMÜR VE GRIZU

### 2.1. Grizunun Özellikleri

Grizu, kömür ocaklarında Karbonifer katman ve tabakalarından açığa çıkan metan ile hava gazlarının belirli oranlarda fiziksel birleşmesinden oluşan, ve parlayıcı ve patlayıcı özellikteki gaz karışımını ifade eden bir terimdir. Karışımın en az % 90'ı ve bazende % 95'inin yüksek hidrokarbonlardan oluştuğu bilinir. Diğer gazlar, % 0.2 r % 6 karbon dioksit, azıcık-% 6 azot olup her zaman hemen hemen su buharı ile doyurulmuştur. Araştırmacı GRAHAM (6) ve COPPENS (7) gözlemlerindeki bulgularla grizunun metandan başka karbon dioksit, çzot, hidrojen ve az miktarda argon, kripton, ksenon ve helium gazlarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Kömürleşme işlmeleri üzerinde çalışmalar yapan MOTT (8) kömür maddesinin formasyonu sırasında metan ve karbon dioksit gazlarının açığa çıktığını açıklamıştır. LIDIN (9) çalışmaları sonucu, az derinliklerde grizu bileşimindeki metan gazının azaldığına ve yerini tümü ile karbon dioksit ve azota terkettiğine dikkati çekmektedir.

Metan gazı tek başına tesirsiz, fakat havalandırma havası veya veya oksijenle karış<tırıldığında parlayıcı ve patlayıcı özelliği ile tehlikeli olabilen bir gazdır.

\* Asst. Prof. Maden Mühendislik Bölümü, ODTÜ,

## 2.2. Kömürleşme Olayı ve Gazların Açığa Çıkışı

Kömür, bitki ve hayvan organizmalarının girift kimyasal reaksiyonlarının birbiri ardına geliştiği karışık bir çevre ortamında kömürleşme işlemine duçar kalmaları sonucu oluşmuş organik kökenli bir kayadır. Mikroskopik incelemeler kömür maddesinin sıkışmış ve değişikliğe uğramış ağaç parçaları artıkları olduğunu göstermektedir. Kömürleşme olayında bitki artıkları yüksek ısı ve basınç altında ve bakteriyel faaliyetlerinde bir sonucu olarak turbaya ve daha sonrada sert kömüre dönüştürülmüştür. Kömürün meydana gelmesinde kimyasal olayların 3 safhada geliştiği ve bu safhalarda çeşitli gazların açığa çıktığı, genellikle, kabul edilir.

Oksitleyici koşullarda bataklıklar içinde oluşan ilk safha bir çözülme ameliyesidir. Çözülme devam ederken mantar ve mikro-organizmaların faaliyetleri sonucu açığa çıkan karbon dioksit, azot ve metan gazlarının miktarlarında zamanla gelişen artışlar olur. İkinci safhada tortu tabakası çöker ve kömür bataklığı bir bitki ile örtülür. Bunun ardından linyitlerin formasyonu gerçekleşir. Daha sonra, indirgeyici koşullarda çözülmenin su altında devam ettiği görülür. Bu arada karbon dioksit, yüksek hidrokarbonlar ve az miktarda diğer çeşitteki gazlar serbest hale gelirler. Gazların bir kısmı sulu solüsyonlara geçerken, diğer bir kısımda bir dereceye kadar kömür maddesi tarafından adsorbe edilirler. Son safhada ise depolanan kömür tortusunu kapatan örtü tabakasının kalınlığı artar ve artan basınç ve sıcaklık nedeniyle kömürün metamorfizmi başlar. Karbon dioksit ve metan gazları açığa çıkar. Yapılan tahmini hesaplamalara göre, 1 ton kömür maddesini meydana getiren kömürleşme olayı esnasında 2,300 m<sup>3</sup>'e kadar çeşitli gazlar ortaya çıkmaktadır (5).

Helium dışında kalan azot ve diğer asal gazların atmosferik olduğu ve yerkabuğunun derinliklerine yeryüzünden ara tabakaları katederek geçtiği irdelenir. Kömürde mevcut tüm karbon dioksit gazının kömürleşme olayı esnasında meydana geldiği şüphelidir, fakat daha çok bio-kimyasal reaksiyonlarla ve yer-

altına süzülen suların beraberinde taşıdığı atmosfer kökenli oksijenin kömürü oksitlemesi ile oluşmaktadır (9).

LIDIN (9) tarafından, Rus kömür yataklarında yapılan gözlemler sonucu, ortaya atılan bir düşünceye göre kömürün metamorfizmi sonunda açığa çıkan gazlar hareketleri i lef yeraltı derinliklerinde «gaz bölgelerini» meydana getirmişlerdir. Kömür yataklarının yerler« spesifik miktarlardaki gerçek gazların bulunuşu ile karakterize edilmişlerdir. Yeryüzünden başlamak üzere yerkabuğunun derinliklerine kadar, sırasıyla ,karbon dioksit ve hidrojenen ibaret birinci; daha ziyade azot ihtiva eden ikinci; azot ve metana havi üçüncü; ve sonunda sadece metandan oluşan dördün\* cü bölge birbiri ardına gelmektedir.

VENTER ve STASSEN (3) sunî kömürleşme olayını laboratuvar koşulları altında yürüterek belli safhalarda oluşan gazların durumunu açıklığa kavuşturmak amacıyla incelemelerde bulunmuşlardır. Çizelge: Tde özetlenen bulgular bitki materyelinin ayrışmasına ve onun kömüre dönüşmesini etkisi altında bırakan nitelikleri göstermektedir. Araştırmacıların sürdürdükleri deneyler kömürleşmenin üç safhada tamamlandığını ve her safhadaki ayrışma ürününe m<sup>tan</sup> gazının dahil olduğunu ortaya koymuştur.

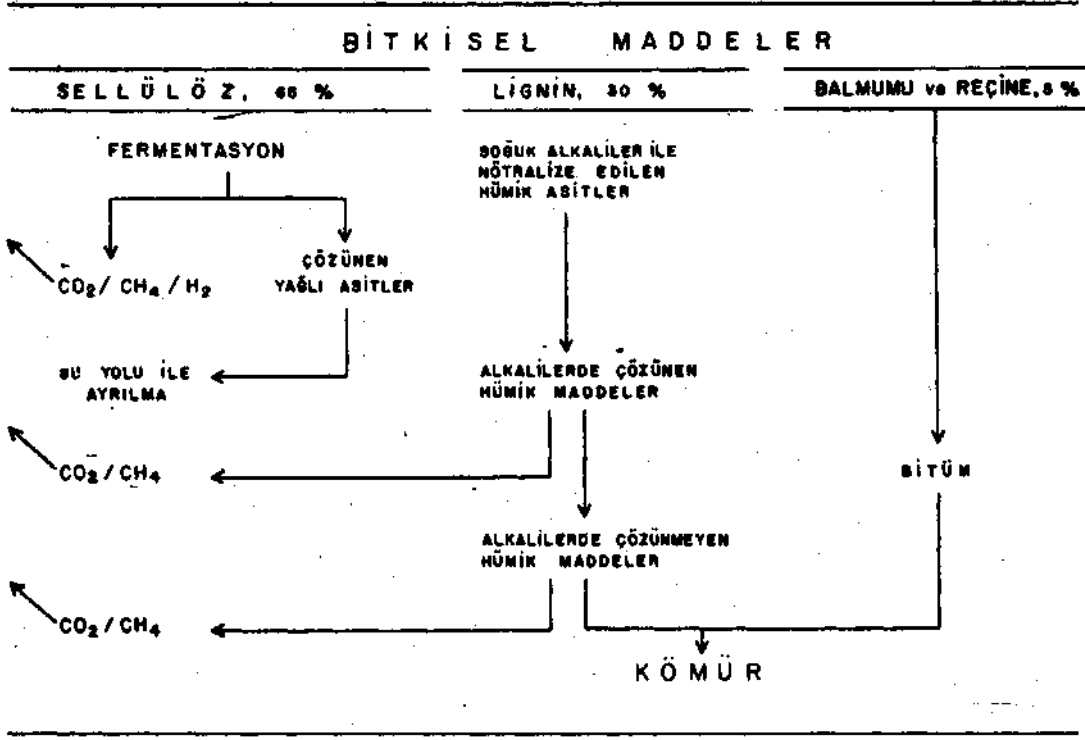
## 2.3. Kömür Katmanlarının Grizu Kapsamı ve Doğal Emisyon

Üretimine geçilmemiş kömür katmanları yüksek basınçlar altında aşırı miktarlarda grizuyu beraberinde bulundururlar. Kömür maddeleri hacimlerinin 1 ilâ 40 misli kadar metanı içlerinde tutabilirler. Metan gazının katman içinde basınç altında kalışı :

1. Kömür maddesi, içindeki kırık, çatlak ve ultra-mikroskopik gözeneklere ait yüzeyler tarafından adsorpsiyonu,

2. Serbest haldeki gazın kırık, çatlak ve kolloidal kılcal boşluklardaki sıkışması,

3. Kömür maddesi içinde katı solüsyona geçmesi ile mümkün olabilmektedir. Her üç olayda kısaca metan gazının kömür maddesi tarafından sorpsiyonu olarak nitelendirilir ve belirtilen üç olaydan sadece ilk ikisinin pratik



**Çizelge 1. Laboratuvar Koşulları Altında Oluşan Kömürleşme Olayında Açığa Çıkan Gazlar (Ref. 3).**

önemî vardır. İşletme faaliyetlerinin uygulanmasıyla üretimine geçilmemiş yani Karbonifer tabakaları arasındaki durumunu saklı tutan kömür katmanında yukarıda belirtilen üç olay sonucu birikme yapan gazın tümü «orijinal metan miktarı» olarak tanımlanır.

Doğal grizu emisyonu «veya de-gasifikasyonu», birincil olarak üretimi yapılan ve işletme operasyonları sonucu tedirgin olan katmanlardan ve ikincil olarak da çevredeki Karbonifer kayaç tabakalarından veya komşu katmanlardan oluşur. İki olay emisyon işlemini gerçekleştirir; birincisi molekülsey yayılma ve diğerye basınç farklılıklarının doğurduğu ha-

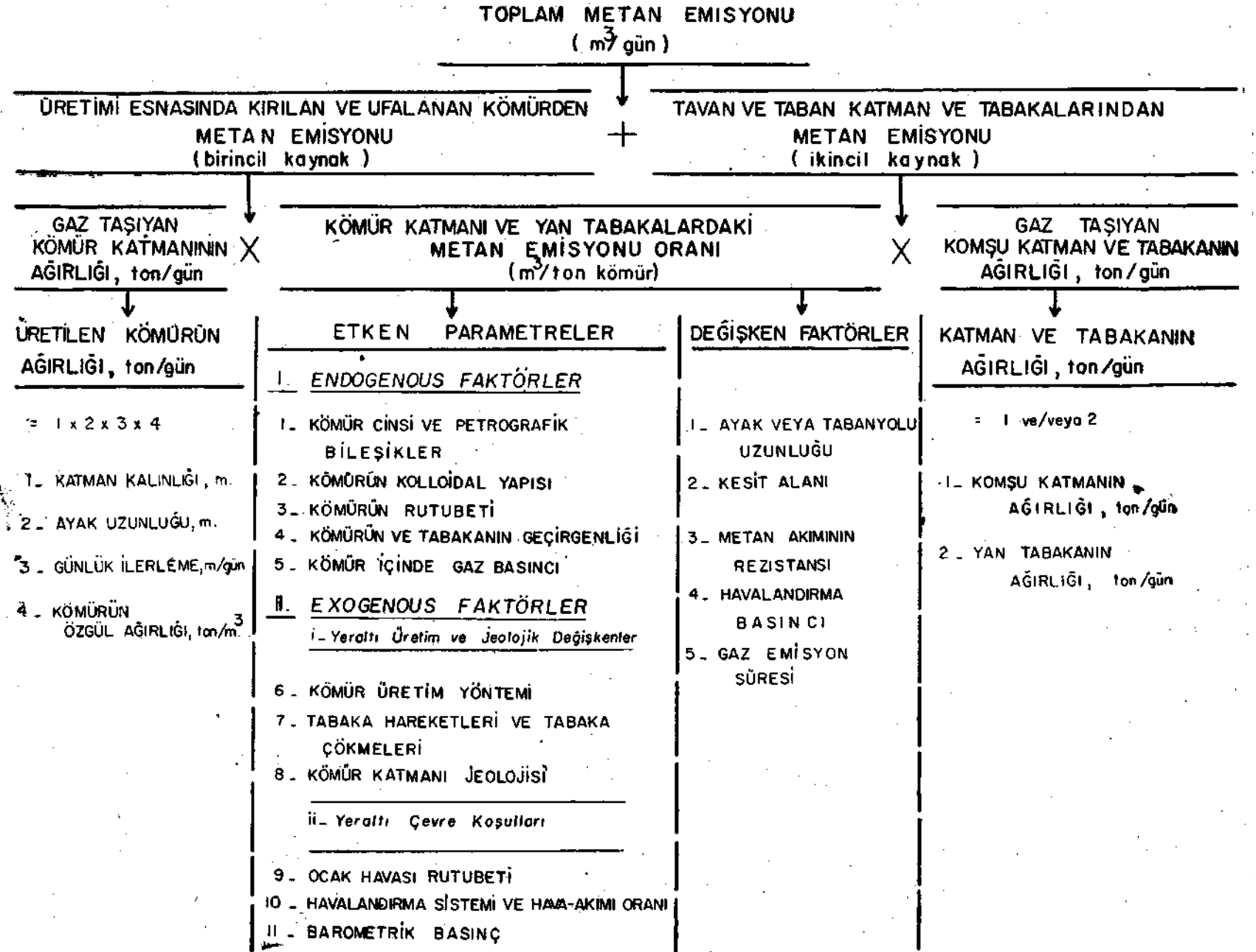
rekettir. Molekülsey yayılma işlemye fazlasıyla yavaş gelişir ve pratik ehemmiyeti yok denecek kadardır, fakat uygulamalı madencilik açısından ikinci işlemye hayati önemye vardır.

Madencilik faaliyetlerinin devamı sırasında kömür katmanına a\* orijinal gazın bir kısmı katmandan ocak atmosferine geçer ve kalanıda kırılan parça kömür içinde artık veya saklı kalır. Kömür parçasında arta kalan gaz «metan kalıntı miktarı» terimi ile tanımlanır. Dolayısıyla, orijinal metan muhtevası, metan emisyonu ve metan kalıntı miktarları arasındaki ilişki aşağıdaki biçimde ifade edilebilir :

Kömür Katmanının «orijinal metan muhtevası»	Ocak atmosferine karışan «metan emisyon miktarı»	Parça kömürdeki «metan. kalıntı miktarı»
---	--	--

Niceliği kesinlik'e bilinen tüvenan kömürden ve komşu tabakalardan açığa çıkan gazın katiyetle hesaplanması pratik olarak imkânsızdır. Çevre atmosferine geçen metanın miktarını tayin eden bir işlem Çizelge: 2'de gösterilmiştir. Eğer metan emisyonunun oranı ocaklarda yapılan etüdler aracılığı ile tahmin

edilebilirse, kırılan parça kömürün (veya tüvenan kömürün) ağırlığı bilindiğinden emisyonu hesaplamak nispeten kolaydır. Kömürün üretimi esnasında kazılan komşu tabaka ağırlıklarının hesaplanması değişkenlerin çokluğundan ve kayaç tabakalarındaki karışıklıktan dolayı bu tabakalardaki metan emis-



**Çizelge 2. Toplam Metan Elemanları ve Olayı Etkisi Altında Tutan Değişkenler.**

yonunun ayrıca tayin edilmesi çok zordur. x Bundan böyle, kömür katmanlarından atmosfere karışan gaz oranının ifade edilmesinde kullanılan yöntem günlük tüvenan - üretim tonu başına *öüßen* hacimsel metan miktarıdır. Buna ek olarak, öğütlenen diğer metodlardaki tutum kazılan kömür alınına isabet eden metan gazı hacmi veya tüm kömür alınına düşen metan hacminin hesaplanmasıdır. Metan emisyon miktarını hesaplayan yöntemlerden hiçbirinin eksiksiz ve yetkin olduğu iddia edilemez, fakat pratik uygulamada kıyaslamalara olanak tanınabilmesi ve ocaklarda havalandırma sistemlerinin planlanması hususunda dayanılacak bir esas gerçekleştirilmesi dolayısıyla belli bir kartiye ve ocakta üretilen tüvenan kömür (tonajına düşen metan hacmi yeterli bir kıstas olabilmektedir.

### 3. DOĞAL METAN EMİSYONU VE METAN GAZININ KÖMÜR MADDESİ İÇİNDE SAKLI TUTULMASINI ETKİLEYEN GERÇEK PARAMETRELER

Doğal metan emisyon ve grizunun kömür maddesi içinde saklı tutulmasında bilinen ve varlığı düşünülen faktörler pekçok sayıdaki araştırmanın sorumluluğunu taşır. Kömür katmanlarında gazın davranışını ortaya çıkarmak üzere çeşitli teorilerin ispatı yoluna gidilmiş ve nedenleri irdelenmiştir. Sadece pratiksel madencilik görüş açısından, olay farklı koşulların bir arada birleşmesinden oluşmaktadır. Bunlara kömür maddesinin fiziko kimyasal ve petrogrfik özellikleri; tavan ve tabanda kalan komşu kayaç tabakaların tabiatı; üretim yöntemi ve diğer exogenous koşullar dahildir. Olayları etkisi altında tutan endogenous ve exogenous parametreler Çizelge: 3'de açıklanmışlardır.

#### 3.1. Endogenous Faktörler

##### 3.1.1. Kömürleşme Derecesi (rank) ve Kömürün Petrografik Elemanları

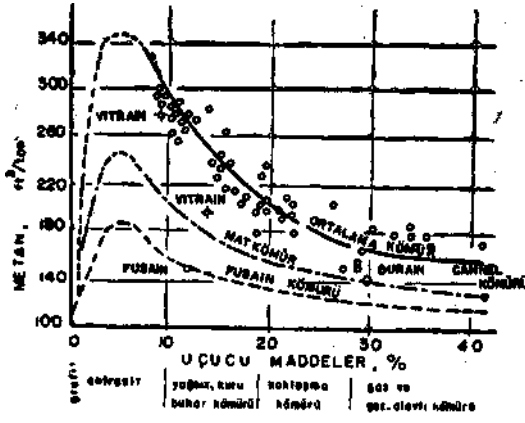
Kömürleşme olayı esnasında kömürün organik maddesindeki değişmelerin safhaları kömürün cinslerini (rank) meydana getirir. Kömür maddesi homojen bir yapıda olmadığı

gibi kimyasal bileşimide sabit değildir. Bından böyle, çeşitli tip ve cinslerdeki kömürlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri oldukça geniş sınırlar içinde değişir. Kömürün yapısal elemanları çıplak gözle görülebilen yahut el merceği ile seçilebilen «parlak kömür» ve «donuk kömür»ü oluşturur. Daha dikkatli bir inceleme ile iki bileşen dört lito-tipe ayrılabilir. STOPES (10) araştırmaları sonucu kömürü teşkil eden dört şerit veya tabakayı tanıyabilmiş ve bunları aşağıdaki terimleri kullanarak isimlendirmiştir.

Fusain her kömür cinsinde bulunması nedeni ile «kömürün anası» durumundadır. Yumuşak ve lifli materyelden ibaret olup kolaylıkla toz haline gelebilir ve eli boyar. Sık sık parça kömürün üst ve alt yüzlerinde küçük yamalar halinde bulunuşu ile kolaylıkla diğer lito - tiplerden ayırt edilebilir. Vitrain elemanı Clarain ile beraber parlak kömüre denktir. Kolaylıkla kırılabilir ve gevrek bir özelliği vardır. Clarain genellikle yumuşak ve şekilsiz parçalara bölünen gevrek ve çatlaklı bir elemandır. Duraın ise kömüre donukluk ve sertlik veren elemandır. Sertliğinin fazla olması sebebiyle iri parçalı kırılır.

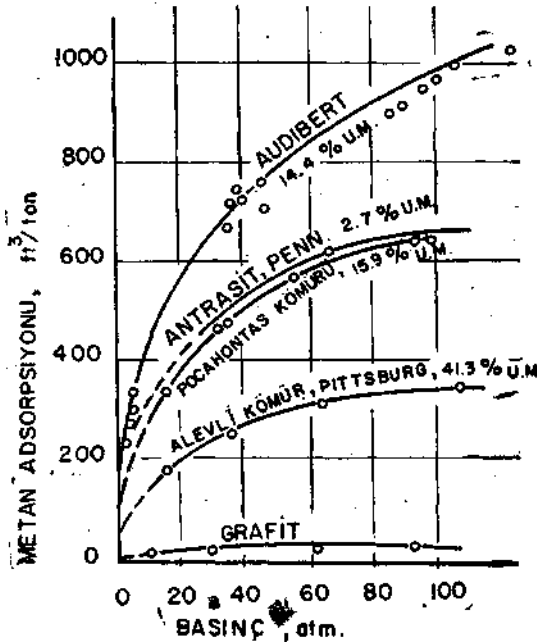
Kömürün bileşimi onun adsorpsiyon kapasitesini etkiler. PATTEISKY'in (2) bulguları düşük dereceli kömürlerden antrasite doğru gelişen kömürleşmeye paralel olarak gaz adsorpsiyonunda da bir artış olduğunu göstermiştir. Antrasitten grafitte geçildiğinde metan adsorpsiyon kapasitesinde belli bir düşme olduğu COPPEN'in (7) yaptığı deneylerle saptanmıştır (Şekil : 1 ). Petrografik elemanların ve farklı kömür cinslerinin metan adsorpsiyonu üzerindeki etkilerini açıklamaktadır. Bura göre (gazlı kömürlerden antrasite kadar gaz adsorpsiyonunda bir artış görülmekte, fakat antrasitten grafitte geçişde kesik hatlarla gösterilen bir düşme olagelmektedir.

SELDON'un (T1) spesifik Amerikan Kömürleri üzerinde laboratuvarda yürüttüğü deneylerin, bulguları 50 atmosfer basınç altında kalan %41.3 LÇUCU maddeli Pittsburg gazlı-alevli kömürünün 318 ft<sup>3</sup>/ton; % 15.9 uçucu maddeli Pocahontas kömür numunesinin yaklaşık olarak 600 ft<sup>3</sup>/ton; yağsız kömürün 900 ft<sup>3</sup>/ton; Pennsylvania antrasitinin



Şekil 1. Petrografik Elemanların ve Farklı Kömür Cinslerinin Metan Adsorpsiyonu Üzerindeki etkileri (Ref. 1).

600 ft<sup>3</sup>/ton; ve nihayet grafitin sadece 35 ft<sup>3</sup>/ton gazı adsorbe ettiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar gaz adsorpsiyon kapasitesinin antrasite kadar ilerleyen bir artma, fakat antrasitten grafitte geçildiğinde etkili bir düşmenin var olduğunu göstermektedir (Şekil: 2).



Şekil 2. Değişik Kömür Cinslerine Göre Metanın Adsorpsiyonu (Ref. 2).

KEGEL'in (12) öne sürdüğü hipoteze göre linyitten yüksek dereceli bitümlü kömürlere kadar bunların adsorpsiyon kapasiteleri kö-

mürleşme derecesindeki yükselmeye olduğu gibi kılcal boşluklara ait açıklığın daralması ile ters orantılı olarak artar.

Adsorpsiyon kapasitesi üzerinde kömürün fiziksel yapısının etkilerini etüd eden GRAHAM (13) aynı basınç altında kuru fusain'in daha ziyade durain'den oluşmuş kuru Barnsley Sert kömürünün yarından daha az hacimdeki metanı adsorbe ettiğini saptamıştır. Şekil 1'de de belirtildiği gibi orta dereceli bir kömüre ait vitrain elemanı durain ve fusain'e kıyasla daha çok gazı adsorbe edebilir. Şüphesizki, bu husus doğrudan doğruya vitrain elemanı - da kolloid maddesinin daha çok bulunması ile iç yüzey alanının büyük olmasındandır.

Kömürleşme olayındaki gelişme safhalarının dikkate alınması ile düşük dereceli kömür cinslerinin yüksek olanlara kıyasla nisbeten daha az gazı beraberinde bulundurduğu genellikle kabul edilmiş bir husustur. Bunun nedenlerini linyit yataklarının kömürleşme safhalarında meydana gelen gazların ince ve geçirgenliği yüksek olan üst tabakalardan kolaylıkla kaçabilmesinde aramak gerekir. Diğer taraftan, yüksek dereceli kömür katman oluşumunun ileri safhalarında metamorfizm olayı sonucu ortaya çıkan gazlar kalın bir kum ve çamur tabakasının ortaya çıkması ile geçirgenliğin yok olması sonucu katmanlar içinde saklı kalabilmişlerdir.

### 3.1.2. Kömürün Kolloidal Yapısı

Kömürün kolloidal tabiatı kömürleşme olayı esnasında esaslı bir değişikliğe uğramadan kalabilmiş ve birbirlerine farklı büyüklükte kılcal boşluklarla bağlanmış süngere benzet bir yapıyı ortaya koymuştur. Kolloidal yapının hakim olduğu unsurlar genellikle ağaçlara ait hücre yapısı görünümündeki bitkisel materyel ve hayvan organizmalarının bir araya gelmesi ile oluştuğundan kömürün tabiatı düşük dereceliden antrasite kadar esas olarak aynı kalabilmiş, değişen sadece yapısal karışıklığın artması olmuştur.

Bir kömür maddesi içinde depolanan veya biriken gazın miktarı gözenek ve kılcal boşluklarının çokluğu ve büyüklüğü ile doğrudan doğruya bağıntılıdır. Metan moleküllerinden

bazıları kolloid parçalar arasındaki açık boşluklarda serbest haldedirler ve geri kalanı da kolloid parçalara ait yüzler tarafından adsorbe edilmişlerdir. Serbest gaz molekülleri devamlı olarak gözenek duvarlarına nüfuz etmek eğilimindedirler. Bu moleküllerin adsorbe oluşları anında dahü önceden adsorbe olmuş moleküllerde serbest hale geçerler. İşlerTn esasında fiziksel olduğu ve sıcaklığın artmasına paralel olarak adsorbe edilen metan miktarının arttığı görülür.

Kömürün kolloid tabiatı üzerinde yürütülen X-ray etüdüleri birçok araştırmacıya konu olmuş ve elde edilen bulgulara dayanarak kömür maddesinin köoidal yapısı ve bileşenleri hususunda fikirler yürütülmüştür. Linyit kömürlerinin kolloidal yapısı AGDE, SCHÜRENBURG ve JODL (14) tarafından X-ray etüdüleri ile incelenmiş ve kolloidal yapıya ait bulgular Şekil: 3 (1) de açıklanmıştır. Her nasılsa yassılaştırmış ve şekilsiz biçimdeki kolloidal parçacıkları bir su filmi ile çevrelendiği?den gazın adsorbe edilmesi için serbest boşluk kalmamıştır. Genellikle, bu hususun var olması nedeniyle linyitler diğer kömür cinslerine kıyasla daha az metan ihtiva ederler.

Şekil : 3 (2) parlak linyitlere veya düşük dereceli bitümlü kömürlere ait kolloidal yapıyı göstermektedir. Bu yapıda, oval veya yuvarlak şekilli kolloid parçacıklar tabakalı düz lameller halinde sıkıştırılmış bir durumdadır. MELDAU'nun (15) mikroskopik araştırmaları düz ince lamel kalınlığının 30 mili-mikron olduğunu ve bunların ortalama 6 mili-mikron mesafelerle sıralandığını ortaya koymuştur. Birbirine bitişik üç tabakadaki kolloid parçacıklar arasında iri taneli su moleküllerinin nasıl tutulduğu şekilde ayrıntılı olarak görülmektedir. Bu durum karşısında su moleküllerinin sıkışmış iki kolloidal lamel arasında kömür maddesi boşluklarını doldurması kolloidal yapı içerisine nüfuz etmek eğiliminde olan metan moleküllerinin zorluklarla karşılaştığı belirtilebilir. KEGEL'e (12) göre tabakalar arasındaki kolloidal parçacıklar arası boşlukları iri taneli su molekülleri doldurmuş da olsa gaz molekülleri kolloidal parçacıkların yüzleri içine nüfuz ederler ve bir veya iki molekül kalınlığında ince bir metan tabakasını meydana

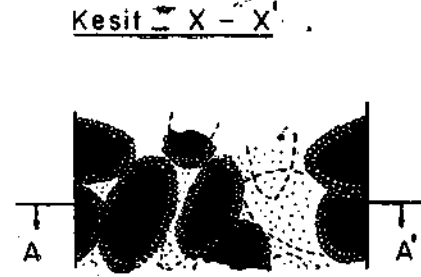
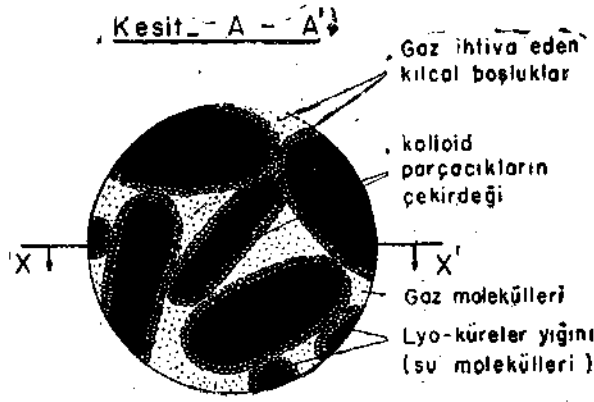
na getirmek üzere adsorbe edilirler. Diğer taraftan, bazı gaz molekülleri serbest halde gözenekler içinde kalabilir.

Yüksek dereceli kömürlerden antrasitin kolloidal yapısı WINTER (16) tarafından incelenmiştir. Şekil : 3 (3) görüldüğü gibi bu çeşit kömürlerde paralel tabaka düzenli altıgen lamel yapıya doğru bir eğilim vardır. MELDAU'nun (12) belirttiğine göre kolloidal lamelin bozulması altıgen topukların oluşması ile sonuçlanır. Altıgen topukların düzlemleri bir dereceye kadar kolloid parçacıkların stratifikasyonuna eğik durumdadır. Böyle bir yapıda gaz ve su moleküllerinin tutunması için boşluk yoktur. Dolayısıyla, bu çeşit yüksek dereceli kömür cinslerinin su ve gaz muhtevası çok düşüktür.

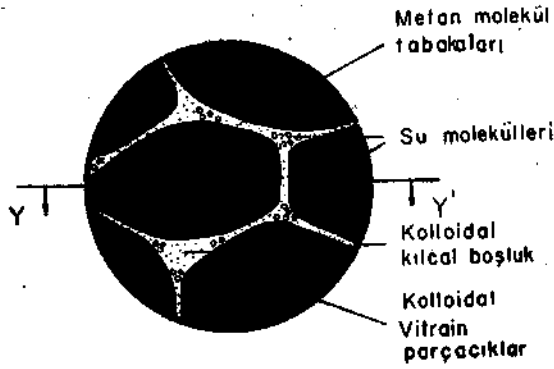
Kolloidal bir yapıya sahip olması nedeniyle kömür maddesi gözeneklilik özelliğini kazanmıştır. Kömürün gözenekliliği gözeneklerin doldurduğu hacmin tüm hacme oranlanması suretiyle yüzde olarak tanımlanır. Kömür maddesi içindeki gözeneklerle kırık, yarık ve çatlakların kesinlik'e ayrıt edilememesi sebebiyle gözenek hacimlerinin hesaplanması zor bir işlemdir. Değişik araştırmacılar kömürlere ait gözenekliliğin % 3-15 arasında değiştiğini belirtirler. Genellikle orta derecede kömürleşmiş kömürlerde gözenek hacmi en az, fakat düşük ve çok gelişmiş kömür cinsleri için yüksektir. Kömürleşme dereceleri ile gözenek hacimleri arasındaki ilişki KING ve WILKINS (17) tarafından İngiliz kömür numuneleri üzerinde etüd edilmiş ve bulgular Şekil :4'de görüldüğü gibi açıklanmıştır.

### 3.1.3. Kömürün Rutubet Kapsamı

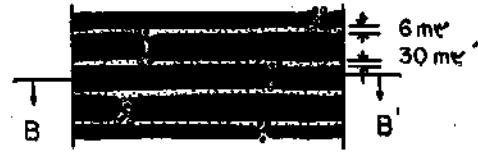
Kömürleşme olayı esnasında bataklık bitkilerinin ilk önce turba ve sonrada kömüre dönüşmelerinin muhtelif safhalarında kömürün su muhtevasında da değişiklikler olmuştur. Linyitlerden antrasite kadar farklı kömürlerin su muhtevaları: kıyaslandığında düşükten yüksek derecelilere doğru sürekli bir düşmenin var olduğu anlaşılır. Linyitlerin karakteristik özelliği suyun adsorbe edilmesine karşı gösterdikleri eğilimdir.



Kesit - B - B'

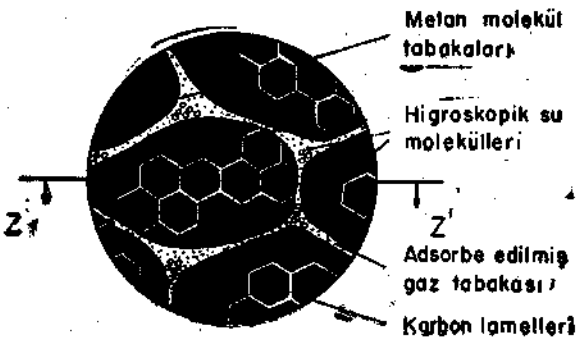


Kesit - Y - Y'

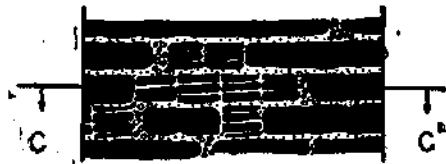


2

Kesit - C - C'



Kesit - Z - Z'



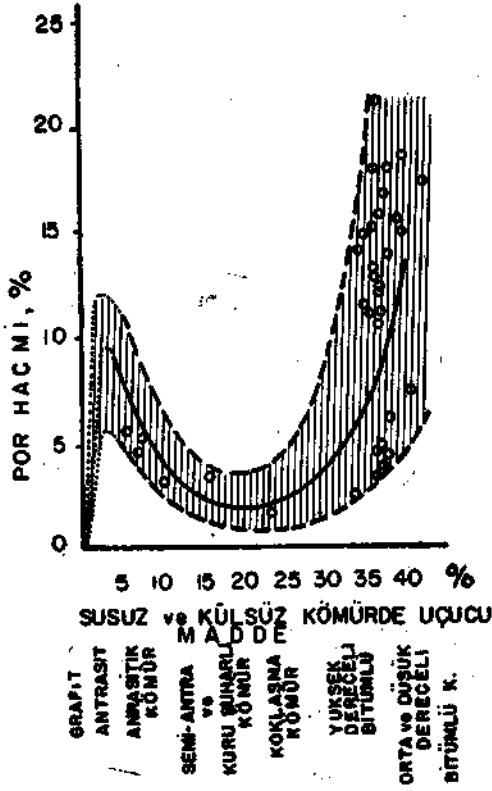
3

1- LİNYİT.

2- ÜNYİF VÉYİF BİTÜMLÜ KQMÜR | fe^-^A N-T'RASİT ,

Şekil 3. Değişik Kömür Cinslerinde Kolloidal Yapı Görünümleri (Ref. 2).





Şekil 4. Kömür Cinslerine göre Değişen Gözeneklilik (Ref. 17).

Maden ocaklarında henüz üretilmiş kömür parçası aşırı miktarda su ihtiva eder. Bu «doğal» veya «serbest» su olarak isimlendirilir ve ocak içi çevre neminin % 100 doymuş olması halinde kömürün yüzünde çıplak gözle görülebilir. Serbest yahut kaba suya ek olarak, hidroskopik sudan bahsedilir. Hidros-

Rutubetli kömürün sorpsiyon kapasitesi

Burada H değeri rutubet yüzdesidir.

Konu üzerine gerçek manada etkili olan parametreler GÜNTHER ve BELIN'in (19) yürüttüğü metan adsorpsiyonu deneyleri ile incelenmiş ve araştırma sonuçları kömür rutubetinin olduğu kadar olayın gaz basıncı, sıcaklığı ve kömürün tabiatına dair özelliklerin tesiri altında kaldığını ortaya çıkarmıştır.

3.1.4. Kömür Katmanı ve Karbonifer Tabakalarının Geçirgenliği

Kömür katmanı veya kayaç tabakaların-

kopik su gözenek ve kılcal boşluklarda moleküller halinde bulunur veya katı kömür kolloid parçacıkları tarafından adsorbe edilmiştir. Bazen «molekül su» terimi ile tanımlanan bu tip rutubet kömür maddesinin tabiatında var olan sudur ve kömürleşme derecesi ile petrografik elemanların durumuna bağlı kalarak değişir. Atmosferin nemi ve sıcaklığında molekül rutubeti etkisi altında bırakır.

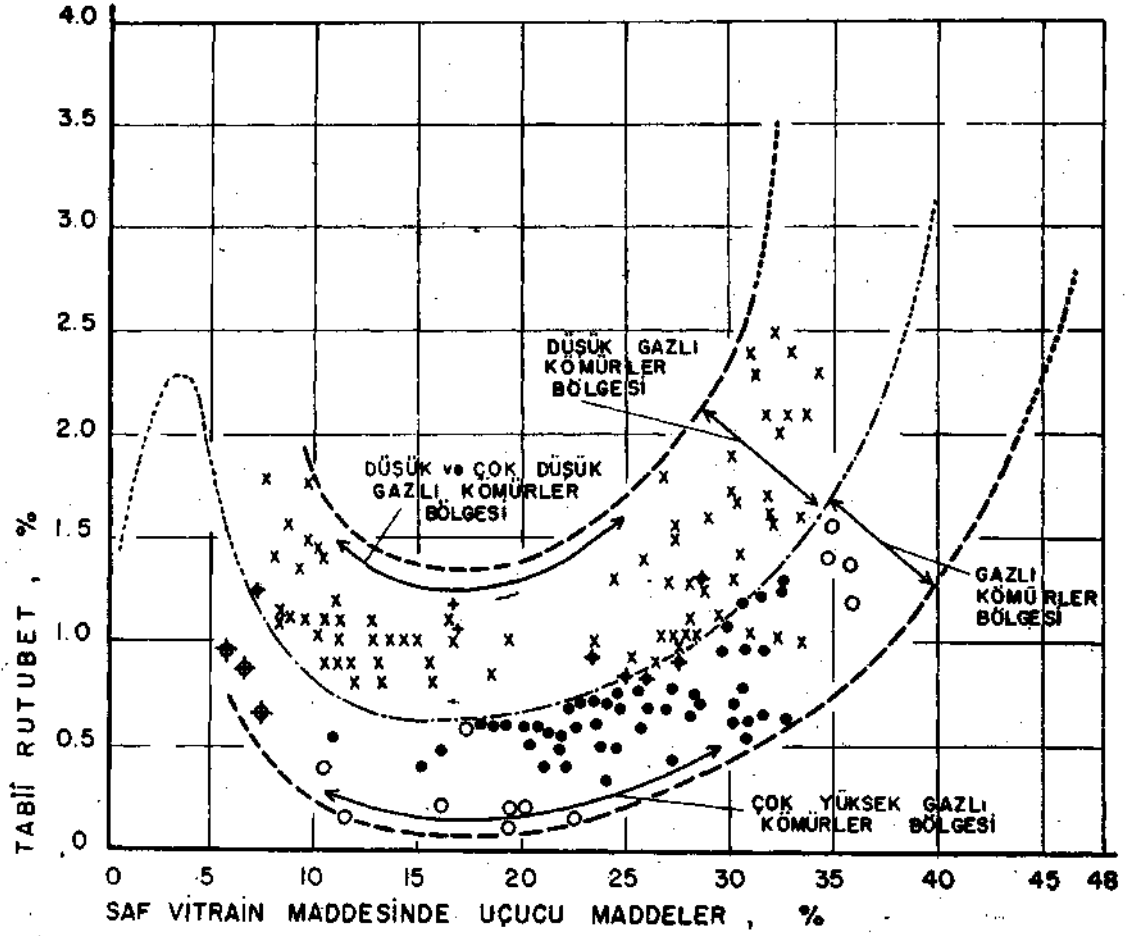
PATTEISKY'den (2) basitleştirilerek alınan Şekil : 5 de doğal rutubet, kömürleşme derecesi (rank) ve metan muhtevaları arasındaki bağıntılar gösterilmiştir. Grafiğin dikkatle incelenmesi ile düşük rutubetli vitrain'lerdeki metan miktarının yüksek rutubetli vitrain'lerin metan muhtevalarına kıyasla daha fazla olduğu anlaşılır.

Kömür maddesi içindeki hidroskopik rutubet miktarının artması ile adsorbe edilen metanın azalması çeşitli araştırmacılar tarafından tanıtlanmıştır. Bu konuda GRAHAM'ın (13) işaret ettiği gibi, belirli bir basınç altında kuru kömür % 10 rutubet ihtiva eden yaş kömüre kıyasla 1/3 daha fazla metan gazını adsorbe edebilir. Farklı tipteki kömürlerin metan adsorpsiyon kapasiteleri üzerinde araştırmalar yapan GOPPENS (7) bulguları sonucu yüksek rutubetli kömürlerin daha az metan gazını adsorbe ettiklerini açıklamıştır. Bu gerçek ETTINGER ve yardımcıları (18) tarafından aşağıda olduğu biçimde formüle edilmiştir :

kuru kömürün sorpsiyon kapasitesi

$$(1-0.31 H)$$

daki grizunun hareketi ve emisyonu bunların içinde yayılmasından ziyade kırık, yarık ve çatlaklar boyunca akışı olarak mütalaa edilir. Gaz akış oranı katmanla komşu tabakaların gaz geçirgenliğine ve ayrıca madencilik faaliyetleri sonucu kömür katmanının tedirgin edilmesi ile üst tabakalarda var olan gerginliklerin ortadan kalkmasına dayanır. Buradaki geçirgenlik terimi grizu gazının bir kömür katmanı veya Karbonifer kayaç tabakası içindeki hareketini tanımlar. Bu akıma ait değerler Darcy formülünün kullanılması ile



İŞekil 5. Kömür Rutubetinin Metan Adsopsiyonu Üzerindeki Etkileri (Äef. »)

bulunur ve sonuçlar milidarcy (md) veya  $m^3/saniye$  birimlerinden biri ile ifade edilir.

GRAHAM'ın (20) yürüttüğü laboratuvar deneylerinde kırık ve çatlaklardan serbest kılınmış bir katı kömür parçasının aslında geçirmez olduğu saptanmıştır. Gaz geçirme özelliğine sahip olmayan bir katman veya tabakadan grizu açığa çıkamaz, ve doJayisiyle gaz emisyonunun böyle bir katman veya tabakada gerçekleşmesi için bunların herhangi bir usülle kırılması gerekir. Kömür katmanlarındaki gaz desorpsiyonu ile grizu emisyonunun

en azından iki safhada oluştuğuna dair hipotezler vardır. Birinci safhada, kömür yapısı içindeki gaz en yakın kırık ve çatlaklardan çok yavaş olarak kömürün sathına nüfuz ederek yayılır. Bunu gazın çatlaklar boyunca süratle akarak çevreye yayılması takip eder.

Aşırı derinliklerde ve ilerletimli ayakların daha ilerisinde kalan kömür katmanının grizu birikimleri üzerinde çalışmalar yapan BRILYAKOV (22) pratik gözlemler ile alından kömür içine doğru gidildiğinde kömüre ait geçirgenliğin azaldığı sonucuna varmıştır. Bu bulgu-

lar, gazın emisyonu ile geçirgenlik ve basınç değişimleri arasındaki çok yakın bağıntıyı anlatabilmektedir.

Gazın katmandan emisyonu yanı sıra grizu komşu kayaç tabakalarından da ocak havasına geçebilir. Kömürleşme olayı esnasında oluşan metanın yan komşu tabakalar içine nüfuz etmiş olması ihtimali vardır. Gazların bu tabakalar içindeki migrasyonu konusunda özellikle şist, kum taşı (gre), şistli gre ve killi şistlere ait geçirgenlikler büyük rol oynarlar. Bu taş tipleri arasında, gre tabakalarının gaz geçirgenliği kömüre kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni gazın gre içinde kömürde olduğundan daha serbestçe hareket edebilmesidir (2).

### 3.1.5. Kömürdeki Gaz Basıncı.

Genellikle kabul edilen husus katı kömürle beraberindeki metan gazının bir basınç altında denge durumunda olmasıdır. Kömür içinde gerçek gaz basıncının ölçülebilmesi için gayretler sarfedilmiş, fakat elde mevcut yöntemlerle yapılan ölçmelerde kömür ile gaz arasındaki denge bozucuğundan gerçek okumalar yapılamamıştır. Bununla beraber gaz basıncının ölçülmesinde bazı teşebbüsler vardır. Gazın yüksek basınçlarda kömürü.terketmesi ile sık sık apansız grizu degajlarına sebep olması ilk defa WOOD'un (23) ilgisini çekmiştir. Kendisinin yürüttüğü seri denemelerde 31 atmosfer basınca ve 0.5 m<sup>3</sup>/saat gaz miktarına kadar değerler elde edilmiştir. Gözlem ve hesaplamalarından kömürle gaz arasındaki dengenin bozulmasını takiben oluşan kuvvetlerle kömürün kırılacağını ve bu sırada bir kısım grizunun açığa çıkarken diğer kısmının kömür maddesj içinde saklı kalacağını özetlemiştir.

DAWSON (24). çalışmalarını Point of Ayr Ocağında ( İngiltere) yürütmüş ve henüz üretimine geçilmeyen kömür katmanlarında açılan sondaj deliklerindeki basıncın 20 atmosfere kadar yükseldiğini ve kayaç tabakalarının geçirmez, fakat kömür katmanlarının fazlasiyle geçirgen olmaları dolayısıyla metan akım oranının 2.8 m<sup>3</sup>/o!akika'yı aştığını saptamıştır. Yerinde ve laboratuvarlarda yapılan etüdlerle Amerika'da Pocohontas katmanla-

rında 37 atmosfer (25), Belçika'da 1,200 m derinliklerde 46 atmosfer (26) ve Rusya'da 58 atmosfere (27) kadar basınçlar kayıt edilmiştir.

Laboratuvarda yapılan deneysel çalışmalarla kömürün gaz kapasitesi ve adsorpsiyon özelliklerinin açıklığa kavuşturulması hususunda bazı araştırmacılar tarafından etüdler yapılmıştır. Elde mevcut deneysel bulgulara göre kömürün gaz absorpsiyonundaki doyma limiti 100-150 atmosfer dolaylarındadır. Metanın adsorpsiyonu üzerinde çalışan BECKMANN (28) doymadaki basınç sınırlarını 70-80 atmosfer olarak özetlemiştir.

Gözeneklerdeki gaz sıkışmasından ötürü yükselen basınçla tüm gaz muhtevası artmaya devam eder. Sorbedilen metana ait maksimum değer yüksek basınç altında dahi 57 m<sup>3</sup>/tonu çok ender olarak aştığı PATCHING (5) tarafından ifade edilmiştir.

Kömürün metan tutabilme kapasitesi üzerinde sıcaklığın yaptığı etkiler laboratuvar deneyleri ile araştırılmıştır. Gaz basıncının artması ve sıcaklığın düşmesi halinde gaz adsorpsiyon süresinde arttığı saptanmıştır (5).

## 3.2. Exogenous Faktörler

### 3.2.1. Kömür Üretim Yöntemi

Uygulanan üretim yönteminin metan emisyonu üzerindeki etkileri konusunda çelişik ve karışık görüşler vardır. Bununla beraber, metan gazının kömür katmanından emisyonu ile ocak atmosferine geçişi yeraltı madencilik faaliyetlerinin bir fonksiyonudur. Bütününle maden mühendisliğinin kontrolü altında bulunan bu parametrelere uygulanan üretim metodları, uzun ayak genişliği, günlük ilerleme, kömürün kırılma ve ufalanma derecesi, göçük içinde tavanı tutan tahkimatın tipi dahildir.

Maden endüstrisindeki son teknolojik gelişmeler tüm mekanizasyonu kömür katmanlarının üretimi için yeraltına getirirken kömürün kazılması, yüklenmesi ve göçük içinde tahkimatın yürütülmesi işlemlerinin bir anda tamamlanmasını gerçekleştirmiş ve böylece konvensiyonel bir uzun ayağa kıyasla işletme hızını artırmıştır. Ayrıca, mekanizasyon

işletme biçimini değiştirmiş, madencilik faaliyetlerinin çevreye yayılması yerine üretimi birkaç uzun ayakta yoğunlaştırarak merkezileştirme sistemini getirmiştir. Bundan böyle, günlük ilerleme, katmanın kesilen kalınlığı, uzun ayak genişliği ve kömürün kırılma büyüklüğü kömür alınından açığa çıkan metan gazının emisyonunda etken parametreler haline, gelmiştir . . . . .

Uzun ayağın have genişliği ile yerüstünde ortaya çıkan çökme (subsidence) arasında çok yakın bir ilişki vardır. ORCHARD'a (32) göre 'katman derinliği/have genişliği' oranı saptanmış kritik bir değerin altında ise yerüstüne erişen çökme çalışılan damar düzleminde ortaya çıkan konverjanslardan daha az olur. Bu halde tabakaların oturması tamamlanmıştır. Aksi halde olayın devamı süresince tavan tabakaları içinde çöküntünün sürüp gitmesi ile komşu tabakalardan açığa çıkan gazın emisyon süresinde artar.

Günlük ilerleme miktarının gaz emisyonu üzerindeki etkileri İngiltere'de HUDSON (33) ve Almanya'da STEINBRINK ve NEIDERBAUMER (34) tarafından eütd edilmiştir. Günlük ilerleme oranının artması ile emisyon oranının ( $m^3/dakika$ ) arttığı, fakat bağıl emisyonun ( $m^3/ton$ ), diğer bir deyimle, her ton başına düşen emisyonun azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, komşu tavan ve taban tabakalarından açığa çıkan gazın çevre atmosferine karışması için verilen zamanın az olmasındandır. Günlük ilerleme oranındaki artış komşu Karbonifer tabakalarından gelen metan miktarını azaltacak, fakat üretilen katmandaki metan emisyonunda bir değişiklik olmayacaktır. Diğer taraftan, karşı görüşe göre, dönüş tavan yolunda alınan ölçmelere bağlı kalınarak hesabı yapılan ton başına düşen gaz emisyonu gümükeneme oranından bağımsızdır. Mekanizasyonun uygulanması ile her vardiyadaki tüvenan kömür tonajı artacaktır; böylece daha büyük taze bir satıh ortaya çıkacaktır. Bunun sonucu olarak tahdit edilmiş iş yerindeki metan emisyonunda artacaktır.

Göçertme sisteminin kullanıldığı Güney Waller'de gaz emisyonunda artışlar olduğu HINSLEY (29) tarafından açıklanmıştır. Özel bir durumda, tüm göçertmeden kısmî ramb-

leye geçildiğinde günlük üretime isabet eden metan emisyonunda dikkati çeken azalmalar olmuştur. Aynı gözlemlerde, tüm rambieye dönülmesi ile gaz emisyon miktarında daha çok azalmalar olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla, iyi bir rambie metodunun tatbik edilmesi ile tavan kontrolü geliştirilir, kömür ve komşu tabakalarındaki çatlak ve kırılmalar minimuma düşer ve gaz emisyonunda azalmalar olur. Göçertme sisteminin uygulanması halinde tabakalardaki kırık ve çatlakların artması emisyonunda artıracaktır. Haig Kömür Ocağında (İngiltere) mekanik rambienin kullanıldığı süre içinde kısmî dolguya kıyasla daha az metan emisyonunun olduğu DAWSON (24) tarafından açıklanmıştır.

işletme metodlarının kıyaslanmasında, karşı görüşlere göre, ram leye nazaran göçertmede aşırı derecede metan emisyonu yoktur. ERLINGHAGEN'a (30) göre, genellikle göçertmedeki toplam grizu emisyonu rambleden daha az olmaktadır. Bunun nedeni, göçertilme işlemi sonucu kısa bir tavan kırışının meydana gelmesi ile kömür alını üzerindeki basıncın az olmasıdır. Benzeri gözlemler t^A^İMAN ve MUMM^KIZ (31) tarafından izlenmiş ve rijit tahkimatın kullanıldığı bir göçertmede etanson tahkimata yer veren tüm dolguya kıyasla daha az metanın açığa çıkacağı belirtilmiştir.

Uzun ayak gerisinde göçüğü tutan tahkimat sisteminin kömürün alınması ile meydana gelen konverjans üzerindeki rolü büyüktür. Ani konverjanslara göçertme ve en az olanlarda rambie sisteminin uygulanmasında rastlanır. Göçüğün zayıf tahkim edilmesi tabakalar arası çöküntü derecesini artırır ve bu da tabakalardan metan emisyonunu yükseltir. . ,

Üretilen kömürün ufalanması doğrudan doğruya uygulanan üretim yöntemi ile bağıntılıdır. Mekanik kazı ve yükleme makinelerinin kullanılması ile en çok ve elle çalışma halinde en az kırılma ve çatlamlar meydana gelir. İrili ufaklı kömür parçalarının iç bünyesinde kalan metan miktarı farklıdır ve bu büyük parçalı kömürün daha fazla miktarda metan gazını içinde saklayacağını göster-



içinde, göçen ve ramble edilen taraflar üzerinde, sırasıyla, ön ve arka yan duvar veya kemer basınçları (abutment) ortaya çıkar. Uzun ayak ilerlemesinin ardı sıra ön kemer basıncında onunla beraber hareket eder. Bu arada kemer kirişi gerçek bir değere kadar büyür ve bunun ötesinde yer değiştirmeler meydana gelir, omurun Kompresyon dayanıklılığı arttığında Kemerin tutunduğu noktadaki kemer basıncında artar. Kömürün sıkışması (kompresyonu) grizuyu komurun kiivaj, kırık ve çanakları doğrultusunda, kompresyon sahasından uzaklara, harekete geçirir. Bu olay grizu emisyonunu doğurur.

Yukarıda belirtilen işlemler sonucu açığa çıkan grizu çoğunluğu havalandırma akımına karışır. Tabakalardaki konverjans durumuna bağlı kalarak gelişen göçük sahasındaki serbest boşluk grizunun bir kısmını beraberinde tutar. Üst tabakaların konverjansı ile göçük kompresyonu büyür ve böylece grizu göçüğü terkedebilir. BUDGE'ye (35) göre, göçük sahasının ramble edilmesi tavan göçmelerini kontrol altına alacağından göçük emisyonu bir düzene sokulabilir. Tavanın, oluşturacağı büyük hacimdeki bir göçme olayı grizunun taban yollarında apansızın yoğunlaşmasına sebebiyet verir. Buda esasen var olan tehlikeyi artırmış olur.

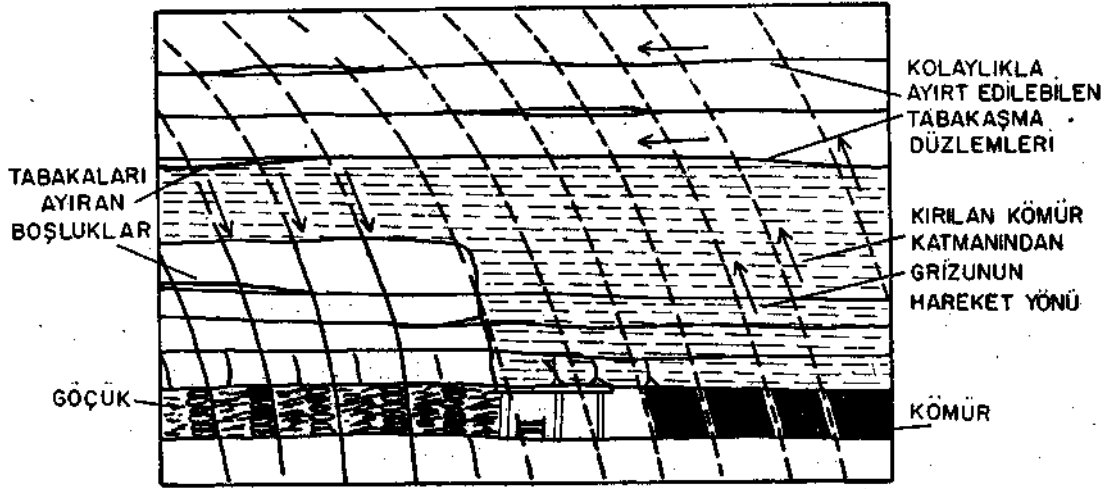
HINSLEY'e (29) göre, süratle gelişen yeraltı çökmesi sonucu tabakalarda bir hareket

ortaya çıkar ve basınç kemerinin sahası içindeki kayaç tabakaları tabakalaşma düzlemlerinde birbirlerinden uzaklaşırlar. Bu olay sonucu ortaya çıkan ve tabakalar arasında kalan boşluklar ŞEKİL. 29'da gösterilmiştir. Üst tabakaların ağırlıkları dolayısıyla meydana gelen kırık ve çatlarla tabaka boşluklarını izleyen grizu uzun ayak altından üst tabakaların içlerine hareket eder. Doğal olarak tüm gazın ocak havasına dahil olmayacağı ve bir kısmının tabakalar ve göçük içinde tutulacağı bilinir. Fakat sonradan göçük içinde biriken metan türlü çevre koşullarının etkisi altında kalarak ocak havasına karışabilir.

### 3.2.3. Kömür Katmanlarının Jeolojisi

Metan emisyonunu etkisi altında bırakan jeolojik faktörlere katmanların kalınlığı ve derinliği tektonik hareketler, faylar ve tavan tabakalarının kayaç türleri dahil edilebilir.

Katmanın kalınlığı doğrudan doğruya tabakaların birbirlerinden yataklama veya tabakalaşma düzlemlerindeki ayrılma derecesine tesir etmekle komşu katmanlardan ortaya çıkabilecek gaz emisyonunu etkilemektedir. Kalın katmanların üretildiği yeraltı ocaklarında ayak gerisinin göçertilmesi ile daha büyük tabaka boşlukları meydana gelir. Bu husus daha fazla metanın uzun ayak atmosferine geçmesine neden olur. Tavan ve taban tabakaları arasında bulunabilen kömür katman-



Şekil 7. Kırdan Kömür Katmanından Grizunun Yanır-Kayac Tabakalarına Hareketi (Bef. 29).

larınm iş yerlerine yakın olup olmamalarının önemi vardır. Şüphesizki, uzun ayak sahasına yakın katmanlardan daha çok gaz emisyonu olacaktır.

Katman derinliği ile metan emisyonu arasındaki bağıntıyı etüd eden araştırmacılar bunun ehemmiyeti üzerinde durmuşlardır. Kömür katmanının üstüne rastlayan tabakanın geçirgen olması halinde bir miktar grizunun komşu tabakalara migrasyonu düşünülebilir. Eğer katmanın derinliği fazla değilse gazın atmosfere emisyonu mümkündür. FRAZER (36) üretilen kömürün tonuna isabet eden gaz emisyonunun madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü derinliklere bağlı olarak değiştiğini ve çok derinlerdeki sondaj deliklerinden alınan numunelerde metanın yeryüzüne daha yakın sondaj deliklerinden alınan numunelere kıyasla daha çok olduğunu saptamıştır. HIN5LEY ve diğerleri (37) laboratuvar bulguları sonucu metan kalıntı miktarı ile katman derinliği arasında bulunan ilişkiyi artan derinlikle metan miktarında artacağına bağlamışlardır.

En çok rastlanan tavan tipi gre ve şistli kayaç tabakalarıdır. WINTER'in (38) belirttiği hususa göre tavan tabakasının gre olması halinde daha tedrici konverjansların meydana gelmesi nedeniyle dönüş havasındaki metan emisyonu oranında azalmalar olur. Diğer taraftan, meydana gelen kiriş daha geniş aralıklı olacağından kömürün yan duvarlarına isabet eden basınçların artması sonucu üretilen katmandan açığa çıkan emisyonda artacaktır.

#### 3.3.4. Ocak Havası Rutubeti

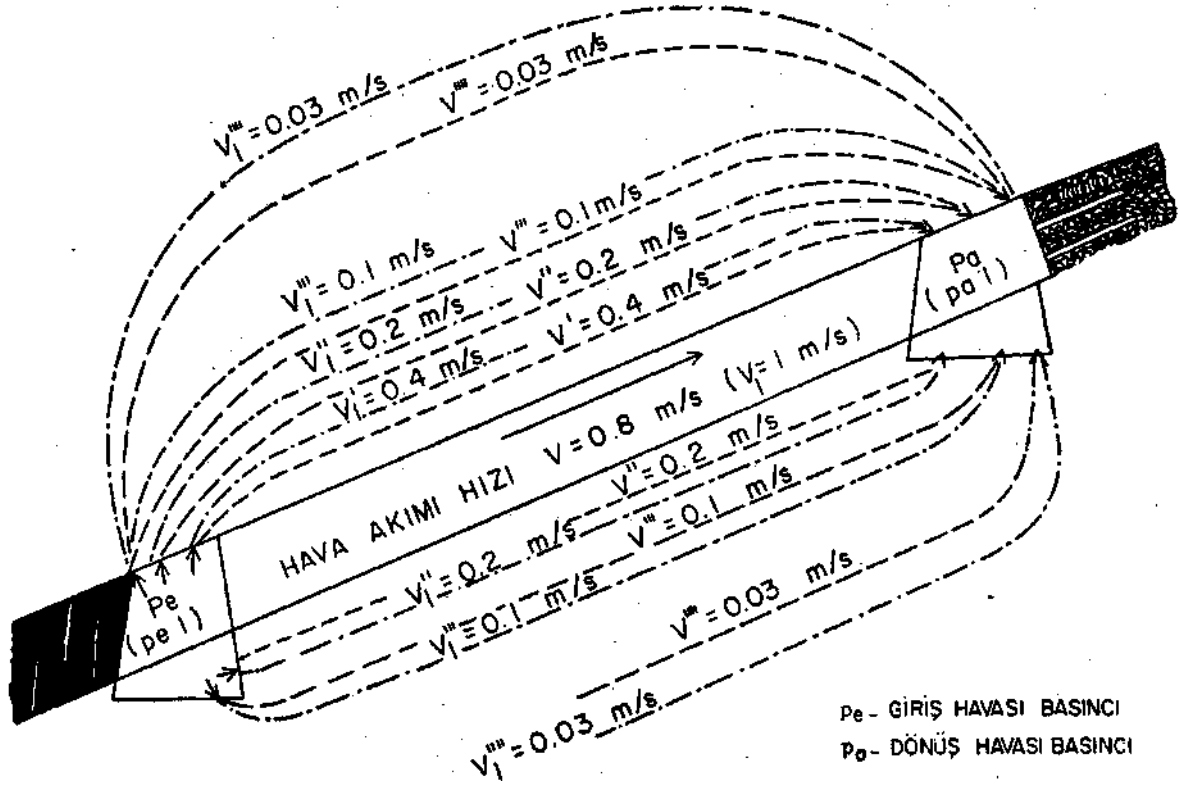
Yeraltı maden ocaklarının havası oldukça çok su ihtiva eder ve atmosferik nemlilik koşulları bir ocaktar diğerine ve hatta ocağın iki ayrı yerinde büyük farklılıklar gösterir. Ocağa giren havaya ait su miktarı yeryüzündeki atmosferin beraberindeki su miktarına bağlıdır. Bu doğal koşullara bağlı olarak % 10-90 arastnda değişir. Yağmurun yağması ile tüm doymuş hale gelir. Bununla beraber, yeraltı iş yerlerindeki hava, giriş havasının rutubet muhtevasına bağlı kalmadan, genellikle su ile doymuştur.

BRIGGS ve SINHA'nın (39) deneysel bulguları rutubetin kuru kömür maddesi tarafından metana kıyasla daha kolaylıkla adsorbe edildiğini göstermiştir. Havanın rutubetli olması halinde, rutubet adsorbe edilirken metan emisyonu gelişir. Bunun sonucu olarak, eğer su kuru kömür katmanının çatlak ve kırıkların içine nüfuz ederse grizu açığa çıkar. Bundan dolayı yaş kömür katmanları gazlı sınıftan değildir. Hava rutubetinin gaz emisyonu üzerindeki tesirlerini araştıran LODLOW (40) /..karıdaki görüşlere karşıt önerilerde bulunmuştur. Kendi bulgularına göre, hava akım rı tubetinin artması halinde emisyon miktarında bir artma nörlür, fakat kantitatif tesir belkide çok azdır.

#### 3.2.5. Havalandırma Sistemi ve Hava Akımının Oranı

Kömür kazısından açığa çıkan grizunun ocak havası içipdeki metan konsantrasyonunun artması üzerine bunun emniyet limitleri altına düşürülmesinde bol havanın etkili olduğu pratikte bilinen bir husustur. Fakat pek çok hallerde bu böyle olmayabilir (39). Artan havalandırmanın gaz yüzdesini düşüreceği, fakat metan ^erimini ( $m^3/dakika$ ) artıracığı saptanmıştır. HINSLEY'in (29) sözünü ettiği GASKELL'In gözlemlerinde bu olaylar incelenmiş ve havalandırmanın iki katına çıkarılması ile ocak atmosferinde daha çok gaz rastlanmıştır. Süratli hava akımı yavaşına kıyasla yarı, çatlak ve kırıklardan grizuyu daha kolaylıkla çıkarır ve kısa sürede gazı hava ile karıştırabilir. Dolayısıyla, grizunun hareketi molekül sel yayılmada olduğundan daha çabuklukla mî/mkün olur. Ayrıca, fazla havayı temin etmek üzere vantilatör mmSS basıncının artırılması sonucu göçük sahası içinde saklı kalmış metan dönüş havasına itilir.

ŞEKİL 8'de görüldüğü gibi, bir iş yeri mevcut basınçlar farkı, örneğin  $P_e - P_a$ , aracılığı ile V hızının oluşturduğu Q miktarındaki hava ile havalandırılır. Bu basınç farklılaşması sonucu bir kısım hava tavan ve taban tabakaları içinden çatlak ve kırıklar doğrultusunda, fakat kömür altına paralel olarak (2). Hava akımının tavan ve tabanın



Şekil 8. Hava Akımı Basınç Değişmesinin Metan Emisyonu Üzerindeki Etkisi (Bef. 2).

derinliklerine nüfuz etmesi ile hava hızında düşmeler olur. Şekil 8'de belirtildiği gibi, iş yerindeki hava hızı 0,8 m/saniye olduğunda tabakalar içinde «kan havanın hızları gittikçe azalır. Tabandaki küvajların daha dar olması nedeniyle hava hızındaki düşmeler daha büyüktür. Basınçlar farkının artması, örneğin  $P_e$ ,  $-P_a$ , halinde havalandırma hızında ve çatlaklar arasındaki hava hızlarında nokta ve çizgilerle gösterilen değerler kadar artmalar olur.

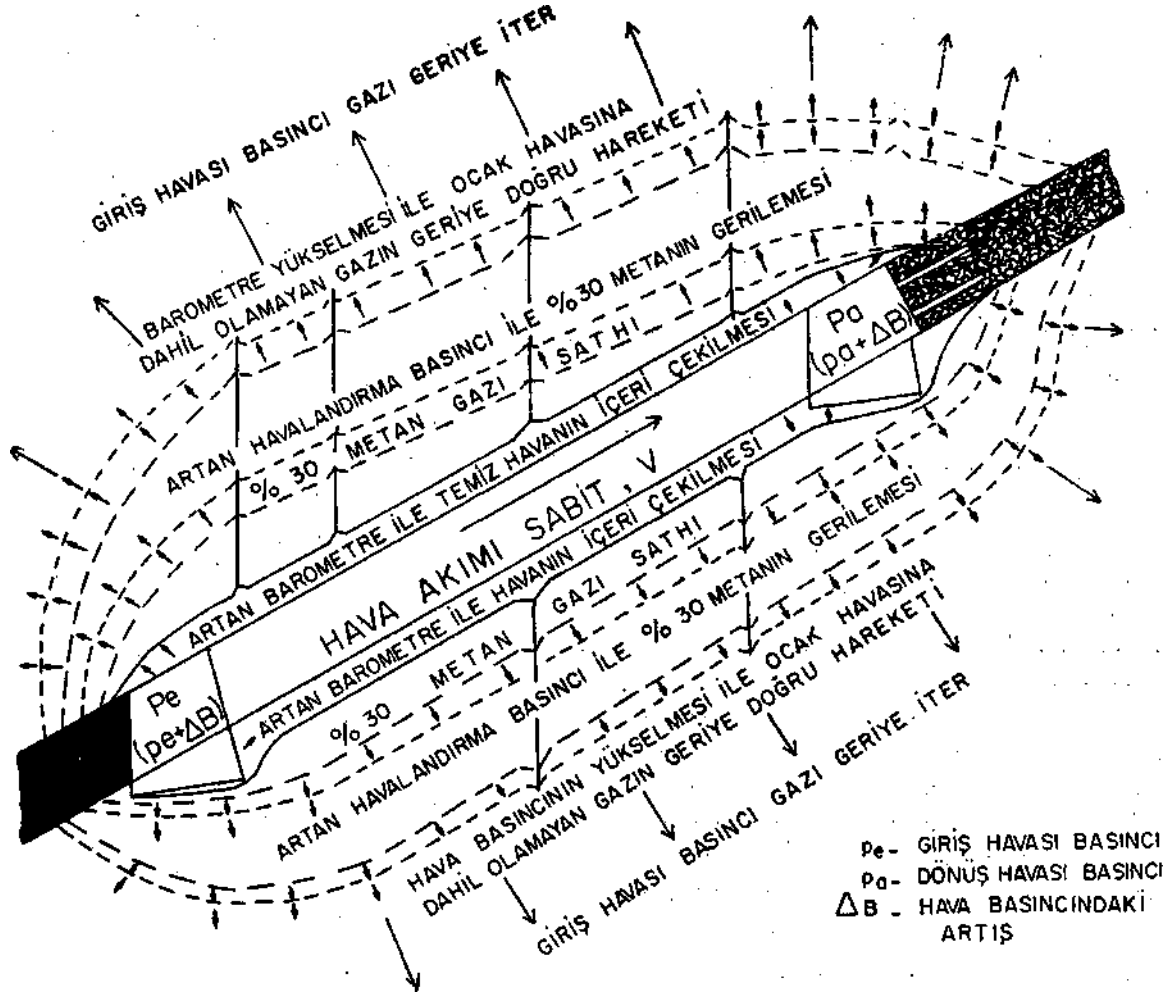
Basınç farklarındaki artmalar gazın klevajlar içine doğru emilmesine sebep olur. Böylece, kırık ve çatlakları dolduran grizu tabaka içlerine, diğer bir deyimle gerilere doğru itilmiş olur. Eğer aynı zamanda barometrik basınçta AB kadarlık bir farkla yükselirse, bu havalandırmaya ait basınç değişiminin etkisini gölgeler. Dolayısıyla, ŞEKİL 9'da görüldüğü gibi, hava ile karışmaya fırsat bulamayan grizu daha da gerilere itilmiş olur.

Aşağıdan yukarıya ilerleyen havalandırmanın uygulandığı ocaklarda gaz emisyon

ölümünün oldukça sabit olduğu ve hemen hemen tüm emisyonun hava dönüş yolunda olduğu BROMILOW (41), KIRK ve ROBERTSON (42) ve GASKELL (43) tarafından yürütülen çalışmalar sonucu saptanmıştır. Bunun nedenini metana ait özgül ağırlığın (0.555) havadan daha az olmasında ve ısınmış havaya benzer biçimde hareket etmesinde aramalıdır. Bu sebeplerle gaz üst taban yoluna kolaylıkla ulaşır. Yukarıdan aşağıya ilerleyen havalandırma uzun ayak sahasında daha iyi hava koşullarını gerçekleştirdiği halde, sistemin dönüşlü ayaklarda kullanılması ile komşu tabakalardan metanın daha büyük oranlarla hava giriş yoluna ve uzun ayak havasına karışmasına sebep olur. Bu husus emniyetsiz ve güvensiz iş koşullarının yaratılmasına olanak verir. Ancak havalandırma miktarının yükseltilmesi suretiyle potansiyel tehlike metanın dönüş yoluna saotırılması sonucu önlenmiş olur.

Grizu emisyonunu etkisi altında bırakan faktörlerin irdeletmesinde hava akımı oranında da dikkate alınması gerekir. Komşu taba-





Şekil 9. Barometrik Basınç Değişmelerinin Metan Emisyona Üzerindeki Etkileri (Ref. 44).

katardan çok az metan emisyonunun meydana geldiği bir kömür ocağında çalışmalarını yürüten WINTER (44) gözlemlerinde (tüm ters uygunluklarla karşılaşarak toplam emisyonun iki kısımdan oluştuğunu önermiştir. Kendisinin kullandığı terimler «esas» ve «tali» emisyonudur. Esas emisyon (birincil kaynak) kömür katmanlarından gelişir, emisyon olayı havalandırma akımı oranının etkisinden serbesttir. Tali emisyon (ikincil kaynak) ise tabakalara ait kırık ve çatlaklardan oluşur ve miktarı havalandırma akım oranı ile doğru orantılı olarak değişir. Dolayısıyla, ikincil emisyonun kuvvetli olduğu ocaklarda hava miktarını artırmakla çevre atmosferindeki metan yoğunluğunun azaltılması yoluna gidilme-

si yararlı bir işlem değildir. Göçüklerden oluşan emisyon üzerine çalışmalar yapan LUDLOW (40) benzeri bağıntıların buralardada geçerli olduğunu bulmuştur.

Özet olarak, basınç farklarındaki küçük ve hava hacmindeki dikkate değer değişmelerin metan emisyonu üzerindeki tesirleri barometrik basınç değişmelerine kıyasla daha etkili olduğu önerilebilir. Havalandırma akımının bir düzeyde yeterli miktarda tutulması gaz emisyonunda aşırı derecede etkilemeyebilir, fakat hacimdeki herhangi bir artışın tesiri önem kazanır. Bundan böyle, risklerin sınırlandırılmasında, uzun süreli ve kantitatif değişikliklerden mümkün olduğu kadar sakınılmalıdır.

### 3.2.6. Barometrik Basınç

Yeryüzünün cyni noktasındaki barometrik basınç her zaman aynı değildir, fakat zaman zaman değişime uğrar. Bu atmosferik basınç değişme\* i yeraltına akseder, fakat yeraltı ocaklarında yeryüzündekinden ayrı olarak küçük basınç değişmeleri vardır. Basınç değişiklikleri derinlikle artar ve sabit bîr sıcaklık sisteminde, basınç değişmeleri gözlem noktasındaki mutlak basınçla doğru orantılıdır (45). Atmosferik basınçtaki aşırı düşme ve yükselmelere ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında rastlanır. Yaz mevsiminde basınç en düşük seviyeye iner ve bu düzeyde\* uzun süre kalır(46).

Genelljcle kabul edilen görüş, kapalı bit yerde, örneğin göçük veya eskiler, barometrik basınçda meydana gelen değişmelerin kömür katmanındaki metan emisyonu üzerindeki etkilerinin ehemmiyetsiz olduğudur. Pratik tecrübelerin ortaya koyduğu husus atmosferik basınçtaki artışların bîr sorunu gerçek hale getirmeyeceğidir, fakat potansiyel tehlike barometrik okumalardakî büyük düşüşlerle artar. DAWSON'un (24) belirttiği gibî, Haîg Kömür Ocağındaki barometrik varyasyonlar gaz emisyonunun tople-m oranını etkilemişlerdir.

Yeraltı ocaklarında serî deneyleri tertipleyen WINTER (44) bu etüdlerî sonucu gaz emisyonunun değişen barometrik basınçlarla etkilendiğini önermiştir. Atmosferik basıncın emisyon üzerindeki tesirleri ŞEKİL 9'da görülmektedir.

Havalandırma basınç değişmeleri ile barometrik okumalariakî alçalma ve yükselmeler üzerine çalışmalar sürdüren PATTEISKY (2) elde ettiği bulgulardan sadece atmosferik basınç okumalarında dikkati çeken derişmelerin aşırı basınçlar altında klivajları dolduran gazı etkilediğini özetlemekle beraber bunun bazanda ehemmiyetsiz olduğunu belirtmektedir.

### 4. SONUÇ

Karbonifer katman ve tabakalarında grizunun formasyonu, saklı kalışı, migrasyonu ve emisyonu üzerine etken olduğu bilinen endo-

genous ve exogenous parametrelere ait konuları işleyen gözlem ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler yeteri kadar özetlenmiştir<sup>1</sup>. Gözlemsel ve deneysel bulgular metan gazı ile ilgili işlemlerin çok geniş mikyaslı olaylar olduğunu ortaya koymaktadır.

Kömür ocakla nida gerçek, fakat laboratuvarlarda yeraltına benzetilen koşullarda sürdürülen etüd ve çalışmaların sayısı ne kadar yüksek ise, kömür-metan ilişkilerinde çözümü bekleyen sorunlarda o oranda çoktur. Madencilik faaliyetleri esnasında açığa çıkan metan miktarı ile saklı kaldığı katman içindeki basıncının hesaplanması pratik ve gerçek manada imkânsızdır. İş yerleri havasının aşırı derecede gazlı oluşu iş güvenliğinin gerçekleştirilmesinde z.Huklar yaratır. Her türlü "araştırmaya rağmen apansız metan degajlarının gerçek sorunları çözümlenememiştir. Teoriksel görüş noktasından olayları etkisi aTında bırakan faktörlerin durumu bütün açıklığı ile anlaşılamamıştır. Bütün bunlara olanak veren hususlardan birîncis' pekçok etken faktörün olayları tesiri altında bırakması, ve ikincisi de kömür maddesinin yapısı hakkında tüm bilgilerin henüz yeteri kadar bilinmemesidir. Doğrudan doğruya kömür madencilerini ilgilendiren metana karşı açılan ölüm kalım savaşında sorunların çözümünü amaç edinen araştırmaların yürütülmesinde gerekli olanakların yaratılmasına ihtiyaç vardır.

### BİBLİOGRAFİK TANITIM

1. Van KREVELEN, D. W., (1953); The Problem of Coal Constitution; Third Coal Science Lecture, BCURA. London.
2. PATTEISKY, K., (1951); The Occurrence and Emission of Methane in Carboniferous Rocks; Bergbau Archiv, 12 (2); National Coal Board, Revised Transis AGR.
3. VENTER, J. and STRASSEN, P., (1953); Drainage and Utilization of Firedamp; US Bureau Mines, IC 7670 22 s.
4. BROWN, J. McD BAXTER, (1953); Fire-damp Emission and Drainage; Colliery Guardian, 207\* Aug. 1, 8 and Sept. 5, 176 - 185.

5. PATCHING, T. H., (1970); The Retention and Release of Gas in Coal - A Review; Canadian Min. and Met. (CIM) Bulletin, Now., 1302-1308.
6. GRAHAM, J. Ivon, (1926-1927); The Composition of the Gaseous Mixture Given off/ from Coal; Trans. Inst. Min. Engm 73, 529.
7. COPPENS, L., (1931); La Composition des Grisous Belges (Sorption Measurement); Ann. Min. Belg., 88, 192; Annl. Mines Belg., 88, 192-221.
8. MOTT, R. A., (1943 - 1944); Fuel, 22, 20 s.
9. LIDIN, G. D., (1903); Methods of Determination of Methane Proportion in Excavations Based on the Gas Factor in Coal Seams; Ins. Min. Cong., Salzburg.
10. STOPES M. C, (1919); On Four Visible Ingredients in Banded Bituminous Coal: Studies in the Composition of Coal. I.; Proc Roy. Soc.j London, 90, 470.
11. SELDON, R. F., (1934); The Occurrence of Gases in Coal; US Bureau of Mines Rep. Invest, 3233, 1-64.
12. KEGEL, K., (1948); Die Einwirkung des Abbaudrucks auf die Schlagwetterentwicklung; Bergbau u. Snnergiewirtsch, 1, 44 - 49.
13. GRAHAM, J. i VON, (1937-1938); The Measurement of Quantity and Pressure of Methane in Coal; Trans. Inst. Min. Engrs., 94,122-131.
14. AGDE, G., SCHÜRENBERG, H. and JODL, R., (1942); Untersuchungen über die Kolloidstruktur der erdigen Braunkohlen; Braunkohle, 41, 41-48, 65-69.
15. MELDA, R., (1950); Grundzüge einer elektronenopnischen Analyse von Kohlenmineralien und Asche; Bergbau Arch., H -12, 155 -164.
16. WINTER, H., (1943); Der Übergang des Amorphen Kohlenstoffs in Graphit; Glückauf, 79, 316-320.
17. KING, J.G. and WILKINS, E.T., (1944) The Internal Sturcture of Coal Proc. of on the Ultra-fine Stucture of Coals and Cokes BCURA, London, 46-56.
18. ETTINGER, I., LIDIN, G.D. DIMITRIEW, A. M., and ZHUPAKINA, 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; Academy of Sciences, USSR, Moscow; N.C.B. Tran»I. A 1606 SEH.
19. GRAHAM, J. Ivon, (1916-1917) and (1919 1920); The Permeability of Coal to Air or in Coal; Trans. Inst. Min. Engrs., 52, 338 - 347. The Permeability of Coal to Gases; Trans. Inst. Min. Engrs., 58, 32-39.
20. GUNTER, J. ani BELİN J., (1967); Forecasting Methane Emission at Faces in Flat Seams; 12th. Intern. Conf. of Mine Safety Research Establishments, Dortmund.
21. PATCHING, T. H., (1965); Variation in Permeability of Coal; Proc. Rock. Mech., Symp., Univ. Toronto, Canada.
22. BRILYAKOV, V. E., (1963); Gas Permeability of Coal Seams of the Kopeysky Coal Region; Ugol, No. 7, May., 39-41.
23. WOOD, L., (1880-1881) Experiments Showing the Pressure of Gas in the Solid Coal; Trans. N. England. Inst. Min. Mech. Engrs., 80, 163.
24. DAWSON, A., (1953 -1054); Methane Emission; Inst. Min. Engrs. 113, 123.
25. PERKINS, J. H. and CERVIK, J., (19JB9); Sorption Investigations of Methane on Coal; US Bureau of Mines, Methane Control Program, Tech. Progress Report -14, May.
26. CORNET, F. C, (1950); Outbursts and Why They Occur; Coal Age, 471.
27. YKOVLEV, V. M., (1966); InvesUgation of Gas Pressure While Mining Outbursting Seams of the Vorkutsk District; Ugolj, 57 - 59.
28. BECKMAN, F., (1954); Methane Sorption of Coal; Brenstoff-Chemie, 35, 6-14; N.C.B. Transi. No. A754.
29. HINSLEY, F. B., (1951); Ventilation Aspects of Firedamp in Coal Mines; Iron Coal Tr. Rev., 162, 1029, 1103. ~
30. ERLINGHAGEN, K., (1947); Die Ausgasung von Steinkohlenflözen im Zusammenhang mit den Abdauverhältnissen und die Möglichkeiten d33 AJbsaugens von Grubengas; Bergbau Arch., 5-6, 71-81.
31. GASSMANN, W. and MOMMERTZ, W., (1939); Schlagwetter im Abbau (Firedamp in Workings); Glückauf, 75, 511-530.
32. ORCHARD, R. J., (1956-1957); Surface Effects of Mining - The Main Factors; Trans. Inst. Min Engrs., 116, 941.

33. HUDSON, A., (1931-1932) and (1933-1934); Gas Evolution and Rate of Face Advance; Trans. Inst. Min. Engrs., 83, 120. Gas Evolution and; Rate of Face Advance; Trans. Inst. Min. Engrs., 87, 69.
34. STEINBRINK and NEIDERBAUMER, W., (1934); Investigations into Ventilation Conditions in Large IWorkings; Bergbau, 47, 347.
35. BUDGE, G. D., (1932); Methane Storage in Strata; Proc. S. Wales Inst. Engrs., 48, 177.
36. FRAZER, E. H., (1944-1945); Firedamp Emission from Lancashire Seams; Trans. Inst. Min. Engrs., **104**, 108.
37. HINSLEY, F. B., KONDA, B. and MORRIS, L. H., (1965); The Estimation of the Firedamp Content of Coal Samples; Inst. Min. Engrs., 124, 591-603.
38. WINTER, K., (1953); The Dangers of Mine Gas Emission in Coal Mines : Causes and Control; Glückauf, 89, 617.
39. BRIGGS, H. and SINHA, R. P., (1933-1934); The Discharge of Firedamp from Coal; Trans. Inst. Min. Engrs., 87, 190-204.
40. LUDLOW, N. G. T., (1949); Air Humidity and Firedamp Release; Colliery Guardian, **179**, 267-274.
41. BROMILOW, J. G., (1957-1958); Descensional and Homotropical Ventilation; Trans. Inst. Min. Engrs, **117**, 441.
42. KERK, R., and ROBERTSON, W. M., (1960 - 1961); Ascensional and Descensional Ventilation on a LongwaU Face; Trans. Inst Min. Engrs., 120, 162.
43. GASKELL, P., (1934-1935); Gas Control; Trans. Inst. Min. Engrs., 88, 339 - 355.
44. WINTER, K., (1952); Der Einfluss des Druckgefalles dec Wetter im Abbau auf die Ausgasung; Glückauf, 88, 97.
45. HINSLEY, F. B. (1961-1962); The Assessment of Energy and Pressure Losses due to Air-flow in Shafts, Airways and Mine Circuits; Trans. Inst. Min. Engrs., **121**, 761 - 763.
46. WOLOWCZYK, F., (1960); The Influence of Meteorological Effects on the Origin of Fires due to Spontaneous Combustion in Coal Mines; Bergakademie, 12, 14-10; N.C.B Transi. A. 1915/A1.