

# YERALTI KÖMÜR DAMARLARINDAN ÜRETİLEN METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ

Gökhan AYDIN, İzzet KARAKURT

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

Geliş Tarihi : 08.09.2008

Kabul Tarihi : 23.10.2008

## ÖZET

Kömür işletmelerinin çok azı kömür damarlarından elde ettikleri gazı kullanmaktadır. Gazın kullanılmaması ekonomik yönden karlı olabilecek bir kaynağın israf edilmesi anlamına gelmesinin yanısıra, küresel ısınmaya da katkıda bulunmaktadır. Kömür damarlarından elde edilen gazlar, metan konsantrasyonuna bağlı olarak doğal gazın alternatif bir kaynak yada elektrik üretimi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Gazın kullanılmasının ve/veya satışının mümkün olmadığı durumlarda, gaz emisyonunun azaltılması için en iyi yol, gazın yanma yoluyla bertaraf edilmesidir. Bu çalışmada, kömür damarlarından elde edilen metan gazının kullanım teknolojileri detaylı bir şekilde ele alınmış ve uygulamalar hakkında örnekler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Kömür kökenli metan, Enerji, Küresel ısınma.

## THE UTILIZATION TECHNOLOGIES OF METHANE PRODUCED FROM UNDERGROUND COAL SEAMS

### ABSTRACT

A few coal mines use coalbed methane recovered from coal seams. As well as being unable to use gas means waste of an economically valuable source, it contributes to global warming. Gases recovered from coal mines can be used for various applications as an alternative source to natural gas or such as generation of power related to methane concentration. In cases the sale and/or use of gas would not be profitable, the best way for decreasing gas emissions is to destroy methane via flaring. In this study, the utilization technologies of methane are defined in detail and the examples being in practice are given.

**Keywords :** Coalbed methane, Energy, Global warming.

### 1. GİRİŞ

İnsanlar tarafından atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sonucunda dünya yüzeyinde sıcaklığın artmasına küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır. Daha ayrıntılı açıklamak gerekirse dünyanın yüzeyi güneş ışınları tarafından ısıtılmaktadır. Dünya bu ışınları tekrar atmosfere yansıtılmaktadır. Ancak bazı ışınlar su buharı, karbondioksit ve metan gazının dünyanın üzerinde

oluşturduğu doğal bir örtü tarafından tutulmaktadır. Bu da yeryüzünün yeterince sıcak kalmasını sağlamaktadır. Ama son dönemlerde fosil yakıtların tüketilmesi, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı gibi nedenlerle karbondioksit, metan ve diazot monoksit gazların atmosferdeki yığılması artış göstermiştir. Bilim adamlarına göre bu artış küresel ısınmaya neden olmaktadır. 1860'tan günümüze kadar tutulan kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0,5–0,8 °C kadar arttığını göstermektedir. Önlem alınmadığı

taktirde bu yüzyıl sonunda küresel sıcaklığın ortalama 2 °C artacağı tahmin edilmektedir.

Doğal sera gazları (su buharı (H<sub>2</sub>O), CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve ozon (O<sub>3</sub>)) ile endüstriyel üretim sonucunda ortaya çıkan florlu bileşikler, atmosferdeki sera etkisini düzenleyen temel maddelerdir. UNFCCC Sözleşmesi, 1987 tarihli Birleşmiş Milletler Ozon Tabakasının Korunması Sözleşmesi Montreal Protokolü ile kontrol altına alınamayan bütün sera gazlarını içermektedir. Buna karşılık Kyoto Protokolü'nde 6 adet sera gazı kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Bunlar aşağıdaki gazlardan oluşmaktadır (Anon., 2008).

- Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>)
- Metan (CH<sub>4</sub>)
- Diazot monoksit (N<sub>2</sub>O)
- Hidroflorokarbonlar (HFCs)
- Perflorokarbonlar (PFCs)
- Kükürt heksaflorid (SF<sub>6</sub>)

Tablo 1. Antropojenik (İnsan kaynaklı) sera gazı emisyonları (Kruger ve Frankin, 2006).

Antropojenik emisyon gazları	Oran
Karbondiyoksit (CO <sub>2</sub> )	74
Metan (CH <sub>4</sub> )	16
(N <sub>2</sub> O)	9
CFCs, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> ' ların tüketimi	1

Antropojenik (İnsan kaynaklı) metan emisyonları küresel metan emisyonunun % 60'ını oluşturmaktadır. Kalan % 40'lık kısım ise doğal kaynaklardan yayılmaktadır. Antropojenik emisyon gazları ve miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Metan miktarı toplam antropojenik emisyon miktarının % 16'sını oluşturmaktadır. Metan emisyonu oluşturan kaynaklar sektörel bazda ele alındığı zaman toplam metan emisyonunun %8'i madencilik üretim faaliyetleri sonucunda serbest kalmaktadır. Tablo 2, antropojenik metan emisyon kaynaklarını ve bunların oranlarını göstermektedir.

Tablo 2. Antropojenik metan emisyon kaynakları (Kruger ve Frankin, 2006).

Ant. Emis. kaynakları	Oran
Doğal gaz sistemleri	15
Kömür madenciliği	8
Petrol	1
Katı atık	13
Atık suyu	10
Enterik fermantasyon	28
Gübreleme	4
Prinç ekimi	11
Diğer	10

Drenaj işlemleri gazın değişik amaçlarda kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak,

çoğu maden işletmesi drene edilen gazı direk olarak atmosfere bırakmaktadır. Metan, bir sera gazı olarak karbondioksite oranla 21 kat daha fazla etkiye sahip olduğundan dolayı küresel ısınmaya önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Metanı atmosfere yaymak yerine yakıt olarak kullanmak, gazın küresel ısınmaya etkisini yaklaşık 20 kata kadar azaltarak iklim değişim oranının yavaşlamasına yardımcı olacaktır.

Çeşitli firmalar yüksek ısı değerine sahip kömür kökenli metanı değerlendirmek için bazı araştırmalar yapmaktadır. Günümüzde gelecek için artık bol miktarda ucuz enerjinin bulunamayacağı anlaşılmıştır. Dünyadaki bilinen enerji kaynakları göz önüne alındığında doğal gaz, petrol ve kömür kaynakları sınırlıdır. Muhtemelen gelecek yıllarda enerji kaynakları azalacak, böylece enerjinin korunması ve milli kaynakların maksimum kullanılması gerekecektir (Yerebasmaz, 1987).

Batı Avrupa'da bulunan kömür madeni işletmelerinden drene edilen metan çeşitli yollarla demir çelik endüstrisi, kok fırınları, tuğla fırınları, cam fabrikaları, plastik üreten kimya endüstrisi gibi yerlerde yakıt olarak kullanılmaktadır (Flores, 1997).

Amerika'da drene edilen yüksek kalitedeki metan çoğu işletme tarafından ülkede bulunan doğal gaz hatlarına sevk edilmektedir. Ancak düşük ve orta kalitedeki metan atmosfere yayılan metan emisyonunun çoğunluğundan sorumludur. Kömür kökenli metanın zenginleştirilmesine ve düşük yada orta ısı değerine sahip gazın kullanılmasına yönelik bir takım teknolojiler bulunmaktadır (Bibler ve Carothers, 2001)

Kömür kökenli metanın kullanım/azaltım teknolojilerini gazın doğal gazın yerine kullanılması, gazın madende yada yakın bölgelerde kullanılması, elektrik üretiminde kullanılması ve gazın basit bir şekilde imha edilmesi olarak dört grupta toplamak mümkündür.

## 2. GAZIN ÜRETİMİ

Çeşitli kullanım alanlarında gazın kullanılabilmesi için ilk olarak gazın üretilebilmesi gerekmektedir. Üretilen toplam metan miktarı kömür damarı ve çevreleyen tabakanın gaz içeriği, tabakaların geçirgenliği, drenaj süresi, pompa tarafından uygulanan negatif basıncın büyüklüğü, üretim sistemi ve diğer jeolojik değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. Gazın üretilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler;

- Madencilik öncesinde yüzeyden damara doğru açılan kuyular,
- Tavan-taban galerilerinden arın önüne delinen delikler,
- Yüzeyden göçük bölgesine delinen delikler,
- Tavan ve taban galerilerinden göçük bölgesine delinen çapraz deliklerden oluşmaktadır (Aydın ve Kesimal, 2007).

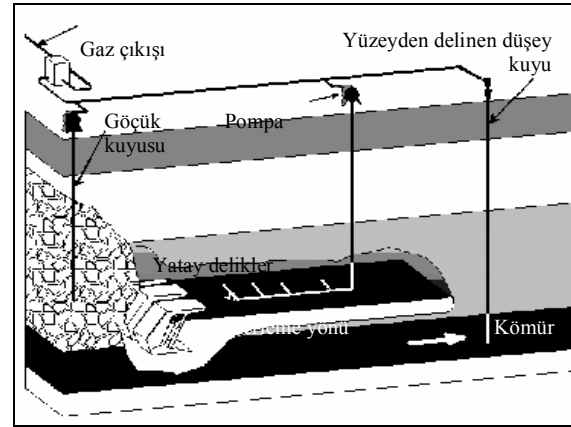
Madencilik öncesinde yüzeyden damara doğru açılan kuyular tek bir kömür damarı ya da birkaç damar boyunca açılırlar ve metanın madencilik işlemleri öncesinde drenajını sağlarlar. Üretilen gaz bir pompayla ya da pompa kullanılmaksızın yeryüzüne alınır ve bir ayırıştırıcıya gönderilir. Düşey kuyular genellikle madencilik işlemleri başlamadan 2-7 yıl önce açılırlar ve damar işletilmeye başlamadan önce damardaki gazı üretirler. Yöntemde, kömür damarının gaz içeriğinin % 50-90'ı üretilebilmektedir (Hartman v.d., 1997).

Yatay delikler metan gazını üretmek için hazırlık galerilerinden damar içerisine doğru delinirler. Yöntem, arının kazılmasından kısa bir süre önce arın gerisinde bulunan metan gazının üretilmesine olanak sağlar ve çalışılan bölgeye sızması muhtemel metan gazı potansiyeli azaltılır.

Yüzeyden göçük bölgesine delinen delikler ile kömür kazılıp göçertme işlemi gerçekleştirildikten kısa bir süre sonra göçük bölgesinde bulunan metan gazı üretilir. Göçük bölgesinden gazı üreten bu kuyular madencilik öncesinde, çalışılacak olan damardan 3-15 m daha yukarıdaki bir seviyeye kadar delinirler ve sadece göçertme işlemi gerçekleştirildikten sonra faaliyete geçirilirler. Bu bakımdan düşey kuyulardan farklıdır (Şekil 1).

Çapraz delikler maden açıklıklarından kömür damarını çevreleyen tabakalara doğru delinen deliklerdir. Bu delikler göçük bölgesinde bulunan gazı boşaltmak ve çevreleyen tabakanın ön drenajı amacı ile kazılacak olan bölgelere yerleştirilirler. Yatay delikler gibi her bir delik gazı yüzeye aktaran ana bir boru ile birleştirilir (Schwoebel, 2001).

Birçok maden işletmesinde, yalnızca havalandırma sistemleri kullanılarak, maden açıklıklarına yayılan metan %1 altında bir seviyeye seyreltilmektedir. Ancak, özellikle gazlı madenlerin, verimli bir şekilde maden üretimini sürdürebilmeleri için havalandırma faaliyetlerini drenaj işlemleriyle desteklemeleri gerekmektedir. Yüzeyde göçük bölgesine delinen metan üretim kuyuları, çapraz delikler ve tavan ve taban galerilerinden arın önüne delinen delikler vasıtasıyla üretilen metan miktarı % 25-90 arasında değişirken, üretim faaliyetleri öncesinde yüzeyden damara deline düşey kuyular vasıtasıyla üretilen metanın konsantrasyonu genellikle % 95'in üzerindedir (Hartman v.d., 1997).



Şekil 1. Yaygın olarak kullanılan gaz üretim yöntemleri (Anon., 1999).

Tablo 3. Gaz üretim yöntemlerinin kıyaslanması (Anon., 1999; Bibler ve Carothers, 2001).

Teknoloji/Parametre	Havalandırma sistemleriyle seyreltilen gaz	Göçük bölgesinden drene edilen gaz	Damardan drene edilen gaz
Gazın ele geçirilme tekniği	Fanlar	Çapraz delikler Göçük kuyuları	Düşey kuyular Yatay delikler
Gerekli ekipmanlar	Yüzey fanları ve vantüpler	Delme ekipmanları ve yüzey donanımı Kompresörler ve pompalar	Delme ekipmanları ve yüzey donanımı Kompresörler ve pompalar
Gaz kalitesi	Düşük (< %1 CH <sub>4</sub> ; genellikle %0,6' dan düşük)	Orta (%30-95 Metan)	Yüksek (> %95 Metan)
Kullanım seçenekleri	- İçten yanmalı motorlarda, gaz türbinlerinde ve kazanlarda gazın kullanımı - Termal dönüştürücü reaktör sistemi ile elektrik üretimi	- Güç üretimi - Doğal gaz olarak kullanım (zenginleştirmeden sonra) - Madende çeşitli amaçlarda kullanım	- Güç üretimi - Doğal gaz olarak kullanım (zenginleştirmeden sonra) - Madende çeşitli amaçlarda kullanım - Kimyasal besin deposu
Gaz kullanım teknolojisinin mevcudiyeti	Kısmen mevcut	Mevcut	Mevcut
Uygulanabilirliği	Gaz akımının düşük olduğu bölgelerde	Geniş çapta	Uygulanabilirlik geçirgenlik vb. gibi parametrelere bağlı

Tablo 3'te gaz üretim yöntemleri değişik parametreler bakımından kıyaslanmış ve yöntemlerle elde edilen gazın kullanılabilirliği hakkında bilgiler verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi yüzeyden kömür damarına delinen kuyularla yapılan üretimle elde edilen gaz yüksek oranlarda metan içermektedir.

### 3. KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ

Kömür kökenli metan için uygulanan kullanım teknikleri dört kategoride ele alınabilir. Bunlar;

- Doğal gazın yerine kullanma,
- Maden işletmesinde ya da maden işletmesi civarında uygun amaçlarda gazın kullanılması,
- Elektrik üretiminde kullanma,
- Gazın imhası gibi seçeneklerden oluşmaktadır.

Yüksek kalitedeki gaz (% 95 metan) sıkıştırma ve gaz hattına sevk edilme işlemlerinden önce makul bir zenginleştirme ile doğal gaz yerine kullanılabilir. Orta kalitedeki (% 30–95 Metan) gazın aynı amaçla kullanılabilmesi için zenginleştirilmesi gerekmektedir. Bu kategorideki gazlar, zenginleştirme yapılmaksızın buhar kazanlarında alternatif yakıt olarak kullanılabilir (Gatnar ve Tor, 2003). Ayrıca maden tesislerinin ısıtılmasında ve kış mevsiminde işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek amacıyla

maden havasının ısıtılmasında kullanılabilir. İçten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri, elektrik ve termal enerji üretmek için kömür kökenli metanı kullanabilir. Bunun yanı sıra havalandırma havasında bulunan metan, yanma havası olarak kullanılabilir. Gazın kullanılmasının ve/veya pazarlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, gaz emisyonunun azaltılması için en iyi alternatif gazın yanma yoluyla imha edilmesidir.

#### 3. 1. Doğal gazın yerine kullanılması

Gazın doğal gaz standartları karşıladığı durumlarda, doğal gaz hatları kömür kökenli metan için en önemli pazarlardan bir tanesi olabilmektedir. Gazın bu amaçla kullanılabilmesi için en az %95 metan içermesi ve %4'ten fazla hidrokarbon gazlarını içermemesi gerekmektedir. Koşulları sağlayan gaz basit bir zenginleştirme ile sıkıştırılarak civarda bulunan doğal gaz hatlarına sevk edilebilmektedir (Bibler ve Carothers, 2001).

Düşey kuyular ve tavan ve taban galerilerinde arın önüne delinen delikler vasıtasıyla üretilen metan gazı yüksek kalitede olduğundan dolayı doğal gaz olarak kullanılabilir. Gazın doğal gaz gereksinimlerini karşılayamadığı durumlarda, istenmeyen bileşenlerin ortamdaki uzaklaştırılmasıyla ve/veya gazın yüksek ısı değere sahip bir gaz ile karıştırılmasıyla gaz zenginleştirilebilmektedir (Anon., 1998a)

Amerika'da gazlı kömür madenlerinden elde edilen kömür kökenli metan, doğal gaz dağıtım şirketlerine pazarlanmaktadır.

Tablo 4. Kömür kökenli metanın kullanım/emisyon azaltım seçenekleri (Bibler ve Carothers, 2001).

Doğal gaz yerine gazın kullanılması		
Kullanım/azaltım seçenekleri	Direkt olarak kullanım	Kömürle birlikte gazın müşterek yakılması (ısı üretmek için)
		Kömürün kurutulması
		Ağır metaller içeren suyun buharlaştırılması
		Maden binalarının ve havasının ısıtılması
		Yerel sanayiler tarafından değişik amaçlarda kullanımı
		Havalandırma havasının oksidasyonu (ısı üretmek için)
	Elektrik üretimi ve kojenerasyon	Kömürle birlikte gazın müşterek yakılması (elektrik üretmek için)
		İçten yanmalı motorlar
		Türbinler
		Yakıt hücreleri
Havalandırma havası oksidasyonu		
İmha (yakma, havalandırma havasının oksidasyonu)		

Kömür kökenli metanın doğal gaz olarak kullanılabilmesi için istenmeyen bazı bileşenlerin ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu bileşenler genellikle nitrojen, oksijen, karbondioksit ve su buharından oluşmaktadır. Zenginleştirme işleminin en kritik ve en pahalı bileşeni nitrojen arındırma ünitesidir (Sööt v.d., 2006). Yaygın olarak

kullanılan nitrojen arındırma teknolojileri; krojenik uygulamalar, basınç salınımla emilme sistemi ve selektif absorpsiyon teknolojileridir.

-Krojenik uygulamalar (Düşük sıcaklık uygulamaları): Yüksek basınçta beslenen gaz kümesini sıvılaştırmak için bir dizi ısı değiştiricinin

kullanıldığı prosestir. Yöntemde karışım hareketlendirilerek azotça zengin bir akım oluşturulur. Azotça zengin akış damıtma ayırıştırıcı kanalına yönlendirilirken, metanca zengin karışım içte kalır.

- Basınç salınımla emilme sistemi: Farklı konsantrasyonlarda ve oranlarda metan ve azotu selektif olarak adsorplamak için değişik maddelerin kullanıldığı bir yöntemdir.
- Selektif absorpsiyon: Değişik gaz türlerine bağlı olarak farklı absorpsiyon kapasitelerine sahip çözücülerin kullanıldığı bir yöntemdir.

Gazın zenginleştirmesindeki başka bir seçenek gazın minimum doğal gaz standartlarını karşılaması için gerekli ve yeterli ısı değerine sahip bir karışım oluşturmak amacıyla yüksek ısı değerine sahip bir gaz ile karıştırılmasıdır. Zenginleştirmede kullanılan gaz, kömür kökenli metan ya da diğer geleneksel doğal gazlar olabilmektedir. Gazın kalitesini artırmak için kullanılan başka bir yöntem ise gaza propan eklenmesidir (Bibler ve Carothers, 2001).

Kömür kökenli metan, bazı bölgelerde sıvılaştırılmış doğal gaz üretimi için geleneksel doğal gazlara alternatif bir düşük maliyetli kaynak olabilmektedir. Gaz sıvılaştırma teknolojilerindeki gelişmeler ve küçük ölçekli soğutma ekipmanlarının boyutlarındaki küçülmeler, yöntemin uygulanabilirliğini kolaylaştırdığından dolayı uygulamada son yıllarda artış gözlenmeye başlanmıştır.

Kömür gazı üretildiği yonteme bağlı olarak metan dışında nitrojen, oksijen, karbondioksit ve su buharı içermektedir. Sıvılaştırılması düşünülen doğal gazın (metan) öncelikle bu yabancı gazlardan arındırılması ya da seçilen sıvılaştırma yöntemlerine bağlı olarak kabul edilebilir konsantrasyonlara düşürülmesi gerekir. Bilinen yöntemlerden biri ile doğal gaz saflaştırıldıktan sonra ikinci kademede sıvılaştırma işlemine tabi tutulmaktadır (Coşkun, 2004; Sööt v.d., 2006).

KKM'nin kullanımında başka bir seçenek, araç yakıtı olarak gazın kullanılmasıdır. KKM'nin taşıma araçlarında kullanılması için, biyogaz içindeki metanın karbondioksitten arıtılarak sıvılaştırılması gerekir. Biyogazda karbondioksitin detenasyonu önleyici etkisi ve metanın oktan numarasının (130) yüksek oluşu, yüksek kompresyonlu motorlarda kullanılmasını kolaylaştırmaktadır (Uyarel ve Erşan, 1984).

Ukrayna'daki Donetskugol madeni çeşitli üretim yöntemleri kullanarak madencilik öncesinde ve madencilik süresi boyunca damarlarda bulunan gazı üretmektedirler. Yüzeğe alınan gaz sıkıştırıldıktan

sonra işletmede faaliyet gösteren üretim araçlarında yakıt olarak kullanılmaktadır (Pilcher v.d., 2004).

### 3. 2. Direkt Kullanım

Kömür gazının madende veya madene yakın bölgelerde direkt olarak kullanımına yönelik birçok seçenek vardır. Kömür kökenli metan kömür ya da petrolün kullanıldığı bazı uygulamalarda kullanılabilenmektedir. Ayrıca elektrik ya da ısı üretmek için kullanılan yöntemlerde kaynak olarak bu gazın kullanılması bir seçenektir. Maden işletmelerinde yakın bölgelere yerleştirilen kazanlar gazın pazarlanmasında önemli bir pazar olabilmektedir. Yıllardan beri Avrupa, Rusya ve Çin ısı ve/veya elektrik üretmek için kazanlarda kömürle birlikte metanı eş zamanlı olarak yakmaktadır.

Batı Avrupa'da bulunan maden işletmelerinden drene edilen metan çeşitli yollarla demir çelik endüstrisi, kok fırınları, tuğla fırınları, cam fabrikaları, plastik üreten kimya endüstrisi gibi alanlarda yakıt olarak kullanılmaktadır (Flores, 1997). Direkt kullanım seçenekleri aşağıdaki gibidir.

#### 3. 2. 1. Kömürün Kurutulması

Kömürün kurutulmasında kömür kökenli metanın kullanılması, kurutma seçeneklerinden bir tanesidir. Sözü edilen gaz, kömürün yakılması sonucu elde edilen gazlardır. Son yıllarda kömür kökenli metan bu amaçta kullanılmaya başlanmıştır.

Kurutma işlemlerinde gazlar ısı taşıyıcı olarak hizmet görüp, su buharını da yukarı çekmektedirler. Tane büyüklüğüne göre, kurutma işlemlerinde türbinler, tamburlu kurutucu veya dönen kurutucular kullanılabilenmekte ve kurutma sırasında nem oranı %3'e kadar düşürülebilmektedir.

Uçucu gazlı kurutucularda sıcak gaz beslenen kömürle birlikte, yüksek bir hızla (20–40 m/s) boru şebekesinin içinden üflenmektedir. Böylelikle gaz sadece kurutma görevi yapmayıp kömürün nakliyesinde yardım etmektedir. Gaz ve kömür arasındaki relatif hız farkından dolayı açığa çıkan su buharı kömürün yüzeyinden alınıp götürülmektedir. Taneler sıcak gazlarla çevrildiğinden kurutma çok çabuk gerçekleşmektedir. Kömür tanelerinin sıcak gazla teması esnasında önce dış yüzeyindeki nem uçurulmaktadır. Kömürün çabuk ısınması büzülme çatlaklarına neden olmaktadır. Böylelikle kömür parçaları tabakalar halinde ayrışır, yapraklaşır ve böylece kurutma işlemi daha kolaylaşmış olur.

Kömür kökenli metanın kömürün kurutulmasında kullanılması bazı avantajlar sunacaktır. Bunlar;

- İşletme ve bakım masraflarının azaltılması
- Düşük maliyetteki hazırlıktan dolayı düşük fiyata kömürün satılabilmesi
- Atmosfere yayılan SO<sub>2</sub>,NO<sub>x</sub> ve kirletici emisyon miktarlarında azalma (Anon., 1998b).

### 3. 2. 2. Ağır Metaller İçeren Maden Suyunun Buharlaştırılması

Bazı bölgelerde, kömür madenlerinde bulunan ve drenaj işlemleriyle eş zamanlı olarak tuz ve diğer mineraller ile yüksek oranlarda kirletilmiş olabilen su üretilmektedir (Anon., 1998c).

Bu kirleticiler yerel içme suyu kaynaklarını kirletebileceğinden dolayı, yasal düzenlemelere göre bertaraf edilmesi gerekmektedir. Göçük bölgesinden elde edilen gaz, suyun bertarafı işlemlerinde bir yakıt olarak kullanılabilir. Bu işlem bir sera gazı olan metanın küresel ısınma üzerindeki etkisinin azaltılmasında da rol oynayacaktır.

Polonya'da Morcinek madeninde kömür kökenli metan kullanılarak kirli su bertaraf edilmektedir.

### 3. 2. 3. Maden Tesislerinin ve Havaasının Isıtılması

Drenaj işlemleriyle elde edilen gaz maden işletmelerine ait yerüstü tesislerinin ısıtılmasında ve bu tesislerde kullanılan suyun ısıtılmasında kullanılabilir. Soğukun hüküm sürdüğü bazı bölgelerde ise işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek ve/veya shaftlardaki buzlanmaları önlemek amacıyla metan havalandırma havasının ısıtılmasında kullanılmaktadır. Burada söz edilen kullanım seçenekleri nispeten düşük miktarlarda metana ihtiyaç duymaktadır ve mevsimlere bağlı olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden gazın bu amaçlarda kullanımı diğer kullanım seçenekleriyle kıyaslandığı zaman, metan emisyonunun azaltılmasında daha az etkiye sahiptir.

Uygulama özellikle Çin'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çin madenlerinden elde edilen metanın büyük bir kısmı maden tesislerinin ısıtılmasında kullanılmaktadır.

Colorado kentinde West Elk madeninde yan yana yerleştirilen üç ayrı maden ısıtıcısı sayesinde ocak giriş havası ısıtılmaktadır.

### 3. 2. 4. Diğer Sanayiler Tarafından Gazın Kullanılması

Kömür kökenli metan çeşitli sektörler tarafından değişik amaçlarda kullanılabilir. Metalürjik ve kimyasal tesislerin gaz ihtiyaçlarını karşılamak için

kömür kökenli metanın kullanıldığı sayısız uygulama vardır.

Çin'de, kömür kökenli metan bazı işletmeler tarafından cam ve plastik üretmek amacıyla yerel sanayilere pazarlanmaktadır. Rusya'nın en büyük metalürji merkezlerinden birisi olan Novokuznetski şehrinde çok sayıda gazlı kömür madeni bulunmaktadır. Kömür damarlarından üretilen gaz metalürji tesislerinde kullanılmaktadır.

### 3. 3. Elektrik Üretiminde Gazın Kullanılması

İçten yanmalı motorlar, türbinler ve yakıt hücreleri vasıtasıyla kömür kökenli metan elektrik üretiminde kullanılabilir. Ayrıca son yıllarda havalandırma havasının termal dönüştürücü reaktör sistemlerinde oksitlenmesiyle de elektrik üretilmektedir.

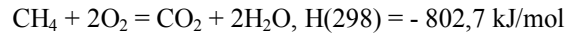
İçten yanmalı motorlar %45 konsantrasyonlarında metan gazını kullanarak elektrik üretebilecek şekilde adapte edilebilmektedir. Kömür kökenli metanın içten yanmalı motorlarda kullanılmasının birçok ticari başarılı uygulaması bulunmaktadır (Anon., 1998d).

Almanya, İngiltere, Japonya ve Avustralya'da elektrik üretimi için kömür kökenli metanın yakıt olarak kullanan türbinler kullanılmaktadır. Birçok modern türbin modeli değişik oranlarda metana uyuma sağlayabilecek biçimde üretilmektedir.

Metan üretiminin mümkün ya da ekonomik olmadığı durumlarda havalandırma çıkış kuyusundan atmosfere bırakılmaktadır. Çıkış havasındaki metan düşük konsantrasyonlarda olmasına rağmen, küresel anlamda bakıldığı zaman kömür kaynaklı emisyonların yaklaşık olarak %70'ini oluşturmaktadır (Su ve Agnew, 2005).

2000 yılında küresel bazda madenlerin çıkış kuyularından atmosfere yayılan metanın 230 milyon ton CO<sub>2</sub>'ye eşdeğer olduğu rapor edilmiştir. Bu miktarın 2020 yılına kadar 300 milyon tonun üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir (Kruger ve Franklin, 2006).

Son teknolojik gelişmeler maden çıkış kuyusunda düşük konsantrasyonlarda bu gazın değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Maden havası içerisinde düşük konsantrasyonlarda bulunan metan bu teknolojiler sayesinde karbondioksit dönüştürülebilmektedir.



Düşük konsantrasyonlu metan için uygulanan bu oksidasyon sistemi termal dönüştürücü reaktör sistemidir. Ukrayna ve Avustralya'da MEGRAC tarafından kömür kaynaklı metan emisyonunun oksidasyonu üzerine ticari bir termal dönüştürücü reaktör sisteminin kömür madenlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması için pilot çaplı bazı testler yapılmıştır (Carothers v.d., 2003). Konu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

USEPA, Amerika ve Çin'de havalandırma havasında bulunan metanın ele geçirilmesi ve kullanılmasına yönelik projeler yürütmektedir. Avustralya, hava çıkışı kuyusundan atmosfere yayılan metanı ele geçiren ve kullanan tek ülkedir (Kruger ve Franklin, 2006).

### 3. 4. Gazın Yanma Yoluyla İmha Edilmesi

Gazın kullanılmasının ve/veya pazarlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, gaz emisyonunun azaltılması için en iyi yol gazın yanma yoluyla imha edilmesidir. Bu amaçla kullanılan flaresler metanı yakarak karbondioksite dönüştürmekte ve sera gazı potansiyelini azaltmaktadır.

Özellikle gelecek yıllarda artan çevre bilincine bağlı olarak uygulamada artışların gözlenmesi tahmin edilmektedir. Ohio'da Nelms madeninin hava çıkışı kuyusuna yerleştirilen flaresler ile metan yakılmaktadır.

## 4. SONUÇ

Günümüzde, bazı kömür işletmeleri makalede belirtilen kullanım alanlarından birinde veya birkaçında kömür damarlarından elde ettikleri metanı kullanmaktadırlar. İşletmeler gazı kullanarak ekonomilerine katkıda buldukları gibi gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini de minimuma indirmektedirler.

Yüksek kalitedeki gaz (% 95 metan) sıkıştırma ve gaz hattına sevk edilme işlemlerinden önce makul bir zenginleştirme ile doğal gaz yerine kullanılabilir.

%30-95 metan ihtiva eden gazın aynı amaçla kullanılabilmesi için zenginleştirilmesi gerekmektedir. Yukarıda belirtilen miktarlarda metan içeren gazlar zenginleştirme yapılmaksızın kömür ya da diğer yakıtların kullanıldığı buhar kazanlarında bu yakıtlar yerine kullanılabilir. Ayrıca maden tesislerinin ısıtılmasında ve kış mevsiminde işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek amacıyla maden havasının ısıtılmasında kullanılabilir. İçten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri elektrik ve termal

enerji üretmek için kömür kökenli metanı kullanabilmektedir. Ek olarak havalandırma havasında bulunan metan yanma havası olarak kullanılabilir.

Gazın kullanılmasının ve/veya pazarlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, gaz emisyonunun azaltılması için en iyi alternatif gazın yanma yoluyla imha edilmesidir.

Türkiye'de bulunan işletmelerin bir kısmı damarlarda bulunan metan gazını drene etmekle beraber drene edilen gazı atmosfere bırakmaktadırlar. Yüksek ısı değere sahip gazın atmosfere bırakılması söz konusu işletmeler için yapılabilecek en büyük yanlışlardan bir tanesidir. Gazın kullanımı hem işletmelerin gelirini artıracak hem de metan gazının küresel ısınma üzerindeki etkisini minimuma indirecektir.

## 5. KAYNAKLAR

Anonim, 2008. "Küresel ısınma ve küresel ısınmanın sebepleri" [www.kuresel-isinma.org](http://www.kuresel-isinma.org).

Anonymous, 1999. "Guidebook on coalbed methane drainage for underground coal mines" [www.epa.gov/cmop/pdf/red001.pdf](http://www.epa.gov/cmop/pdf/red001.pdf).

Anonymous, 1998a. "Coal mine methane" Environmental Protection Agency United States Air and Radiation EPA 430-F-98-009. [www.ravenridge.com/what%20is%20cmm.PDF](http://www.ravenridge.com/what%20is%20cmm.PDF).

Anonymous, 1998b. "Use of coal mine methane in coal dryers" EPA coalbed methane outreach program technical options series. [www.epa.gov/cmop/docs/016red.pdf](http://www.epa.gov/cmop/docs/016red.pdf).

Anonymous, 1998c. "Coal mine methane use in brine water treatment" EPA coalbed methane outreach program technical options series. [www.epa.gov/cmop/docs/002red.pdf](http://www.epa.gov/cmop/docs/002red.pdf).

Anonymous, 1998d. "Generating electricity with coal mine methane-fueled micro turbines" EPA coalbed methane outreach program technical options series. [www.epa.gov/cmop/docs/microturbine.pdf](http://www.epa.gov/cmop/docs/microturbine.pdf).

Aydın, G. ve Kesimal, A. 2007. "Kömür madenciliğinde metan drenajının uygulanabilirliğinin araştırılması" Madencilik, 46 (4), 11-20, Aralık 2007.

Bibler, C. ve Carothers, P. 2001. "Overview of coal mine gas use Technologies" <http://www.ravenridge.com/Utilization.PDF>.

- Carothers, P. F., Schultz, L. H. ve Talkington C.C. 2003. "Mitigation of methane emissions from coal mine ventilation air: an update" [www.irgltd.com/Resources/Publications/US/2003-05%20Mitigation%20of%20Methane%20Emissions%20from%20Coal%20Mine%20Ventilation%20Air%20Update.pdf](http://www.irgltd.com/Resources/Publications/US/2003-05%20Mitigation%20of%20Methane%20Emissions%20from%20Coal%20Mine%20Ventilation%20Air%20Update.pdf)
- Coşkun, S. 2004. "Doğal gazın sıvılaştırılmasında kullanılan klasik kaskad soğutma sisteminin matematiksel analizi". Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 9 (1).
- Flores, R.M. 1997. "Coalbed methane: from hazard to resource". International Journal of Coal Geology. (35) 3-26.
- Gatnar, K. ve Tor, A. 2003. "Drainage and economic utilization of methane from coal seams in the Jastrzebie mining-field. Applied Energy. (74), 331-341.
- Hartman, H., Mutmansky, J.M., Ramani, R.V., Wang, Y.J. 1997. "Mine ventilation and air conditioning".
- Kruger, D. ve Franklin, P. 2006. The Methane to Markets Partnership: Opportunities for coal mine methane utilization, 11th U.S./North American Mine ventilation symposium, June, 3-8.
- Pilcher, C.R., Coté, M.M., Collings, C.R. ve James S. ve Marshall, S.J., 2004. Recent Trends in Recovery and Use of Coal Mine Methane. <http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/coal-mining/CM056.pdf>
- Schwoebel, J. 2001. Learning from past experiences in Ukraine. <http://www.epa.gov/cmop/pdf/learning.pdf>.
- Sööt, M. P., Jesse, R.D. ve Simith, E.M. 2006. Coal mine methane utilization options. 11th U.S./North American Mine ventilation symposium, June, 407-411.
- Su, S. ve Agnew, J. 2005. Catalytic combustion of coal mine ventilation air methane, *Fuel* 85, 1201-1210.
- Uyarel, Y. A. ve Erşan, K. 1984. İçten yanmalı motorlarda biyogaz kullanımı ve motor performansına etkisi. <http://w3.gazi.edu.tr/web/kersan/biogazypdficin.pdf>.
- Yerebasmaz, G. 1987. Metan Drenajı, TTK yayını, No : 55. 220 s.