

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ VE ENERJİ
ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ANTROPOJENİK METAN
EMİSYONLARININ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Müh. Gökhan AYDIN

**TEMMUZ 2008
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

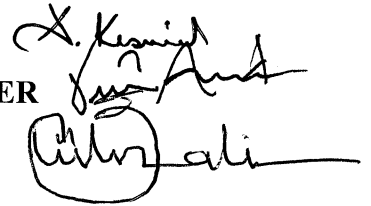
**KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ VE ENERJİ
ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ANTROPOJENİK METAN
EMİSYONLARININ ANALİZİ**

Maden Müh. Gökhan AYDIN

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Maden Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.07.2008
Tezin Savunma Tarihi : 16.07.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayhan KESİMAL
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Tülin BALI**



Enstitü Müdürü V.: Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak yapılmıştır. Çalışmada kömür kökenli metanın kullanım teknolojileri üzerinde durulmuş ve enerji üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının analizi yapılmıştır.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitim-öğretim hayatım boyunca, ders aldığım bütün Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerine başta danışman hocam Prof. Dr. Ayhan KESİMAL olmak üzere teşekkürlerimi ve en derin saygılarımı sunarım.

Ayrıca, özellikle istatistiksel analizlerin yapılmasında engin istatistiksel bilgilerini benimle paylaşan değerli arkadaşım Dr. Zafer ALĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son söz olarak bu tez çalışmasını, evlatları olmaktan onur duyduğum ve daima onlara layık olmak üzere gayret göstereceğim Anne ve Babama adıyor ve hediye ediyorum.

Gökhan AYDIN
Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No.</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Sera Etkisi ve Sera Gazları.....	2
1.2.1. Karbondioksit (CO ₂).....	4
1.2.2. Metan (CH ₄).....	4
1.2.3. Azotoksit ve Su Buharı.....	5
1.2.4. Kloroflorokarbonlar (CFCs).....	6
1.3. Sera Gazlarının Miktarı ve Gaz Emisyonlarında Meydana Gelen Yıllık Değişimler.....	6
1.4. Küresel Isınmanın Ekolojik Sonuçları.....	8
1.5. Enerji Sektöründen Kaynaklanan Metan Emisyonları.....	10
2. KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ.....	13
2.1. Kömür Kökenli Metan.....	14
2.2. KKM Üretiminin Önemi.....	15
2.2.1. Üretim Aksamaları.....	15
2.2.1.1. Metan Patlaması.....	15
2.2.1.2. Kömür Tozu Patlaması.....	16
2.2.1.3. Ani Metan Püskürmesi.....	17
2.2.1.4. Metandan Ötürü Oluşan Patlamalar.....	17
2.2.3. Havalandırma ve Hazırlık Maliyetleri.....	18
2.2.4. Çalışma Koşulları.....	20
2.2.5. Su Problemi.....	21
2.2.6. Rezerv.....	21
2.2.7. Satılabilir Bir Gaz Ürününün Elde Edilmesi.....	21

2.3.	Metan Üretim Yöntemleri.....	21
2.3.1.	Yüzeyden Delinen Düşey Kuyularla Drenaj.....	22
2.3.2.	Yüzeyden Göçük Bölgesine Delinen Kuyularla Drenaj.....	24
2.3.3.	Tavan ve Taban Galerilerinden Arın Önüne Delinen Yatay Deliklerle Drenaj.....	25
2.3.4.	Çevreleyen Tabakaya Doğru Delinen Çapraz Deliklerle Drenaj.....	26
2.3.5.	Drenaj Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	27
2.4.	KKM'nın Drene Edilmesine Karar Verilmesi.....	28
2.5.	Kömür Madenlerinden Açığa Çıkan Gazın Kullanım Alanları.....	29
2.5.1.	Gazın Üretilmesi.....	30
2.5.2.	Kömür Kökenli Gazı kullanım Teknolojileri.....	31
2.5.2.1.	Doğal Gaz Yerine Gazın Kullanılması.....	32
2.5.2.2.	Zenginleştirme.....	33
2.5.2.3.	Kömür Kökenli Metanın Direkt Kullanımı.....	34
2.5.2.4.	Kömürün Kurutulması.....	35
2.5.2.5.	Ağır Metaller İçeren Maden Suyunun Buharlaştırılması.....	36
2.5.2.6.	Maden Tesislerinin ve Havaasının Isıtılması.....	36
2.5.2.7.	Diğer Sanayiler Tarafından Gazın Kullanılması.....	37
2.5.2.8.	Elektrik Üretiminde Gazın Kullanılması.....	38
2.5.2.9.	Çeşitli Araçlar Vasıtasıyla Gazın Elektrik Üretiminde Kullanılması.....	38
2.5.2.10.	Ocak Çıkış Havaasının Oksidasyonu Sayesinde Elektrik Üretilmesi.....	39
2.5.2.11.	Gazın Yanma Yoluyla İmha Edilmesi.....	40
3.	ENERJİ ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ANTROPOJENİK METAN EMİSYONLARININ ANALİZİ.....	41
3.1.	Doğal Gaz ve Petrol Kaynaklı Metan Emisyonları.....	42
3.2.	Kömür Üretiminden Kaynaklanan Metan Emisyonları.....	46
3.3.	Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Metan Emisyonları.....	50
3.4.	Biyokütle Yanmasından Kaynaklanan Metan Emisyonları.....	55
4.	SONUÇLAR.....	60
5.	KAYNAKLAR.....	61
6.	EKLER.....	64
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Çalışma kapsamında kömür madenlerinden açığa çıkan kömür kökenli metanın kullanım teknolojileri incelenmiş ve enerji üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonları analiz edilmiştir. Ülkeler ve oluşturulan gruplardan açığa çıkan emisyon miktarı kullanılarak çeşitli istatistiksel analizler yapılmıştır. Enerji sektöründen ve enerji sektörünü oluşturan (petrol ve doğal gaz sistemleri, kömür madenciliği, fosil yakıtların yakılması ve biyokütle yanması) faaliyetlerden açığa çıkan metan emisyon miktarı belirlenmiş ve emisyon miktarlarında meydana gelen değişimleri yorumlanmıştır.

Bu çalışma doğal gaz ve petrol sistemleri, kömür üretimi, fosil yakıtların yakılması ve biyokütle yakılmasına bağlı olarak 1990-2020 yılları arasında açığa çıkan küresel metan gazı emisyon miktarlarını içermektedir. Enerji sektörü metan emisyon oluşumuna katkıda bulunan en büyük ikinci sektördür. 1990 yılında enerji sektöründen açığa çıkan emisyon miktarı 1737 milyon ton eşdeğer karbondioksit olarak hesaplanmıştır. Doğal gaz ve petrol sistemlerinden açığa çıkan metan emisyonları, 1990 ve 2020 yıllarında sırasıyla enerji sektöründen açığa çıkan emisyonların % 57'sini ve % 71'ini oluşturmaktadır. Enerji sektöründeki ikinci büyük kaynak kömür madenlerinden açığa çıkan emisyonlardır. Ancak bu kaynaktan açığa çıkan emisyonlar zamanla azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, Metan, Kömür Kökenli Metan, Kömür Madenciliği, Enerji

SUMMARY

COALBED METHANE USE TECNOLOGIES AND ANALYSIS OF METHANE EMISSIONS FROM ENERGY PRODUCTION

In this study coalbed methane use technologies that are currently available to reduce methane emissions released from coal mines are examined and methane emissions from energy production activities are analyzed. Various statistical analyses are carried out by using fugitive methane emissions of countries and composed groups. Fugitive methane emissions released from energy sector and activities constituting energy sector (natural gas and oil systems, coal mining activities, fossil fuel combustion, biomass combustion) are determined and methane emission changes between 1990 and 2020 are evaluated.

This study presents global methane emissions for 1990 to 2020 for natural gas and oil systems, coal mining activities, fossil fuel combustion, biomass combustion. The energy sector is the second largest contributor (22 percent) to global emissions of methane emissions. In 1990, the energy sector accounts for 1737 MtCO₂eq of methane emissions. Fugitive emissions from natural gas and oil systems are the largest source of methane emissions from this sector, accounting for 57 and 71 percent of energy related emissions in 1990 and 2020, respectively. The next largest source in this sector is fugitive emissions from coal mining, but this source has a declining share over time.

Key Words: Global Warming, Methane, Coalbed Methane, Coal Mining, Energy

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No.

Şekil 1.1.	CO ₂ dışında kalan sera gazlarının emisyon miktarının yıllara göre değişimi..	7
Şekil 1.2.	CO ₂ haricindeki sera gazlarının yıllar içerisindeki oranları.....	8
Şekil 2.1.	a) Düşey bir drenaj kuyusu ve düşey kuyularla üretime örnek bir uygulama.....	22
Şekil 2.2.	a) Yaygın olarak kullanılan yardımcı yöntemler ve b) gazın akışının gerçekleştiği açıklıklar.....	23
Şekil 2.3.	a) Bir uzun ayaktaki göçük kuyularının tasarımı ve b) örnek bir uygulama.....	24
Şekil 2.4.	Bir kömür damarına, tavan ve taban yolundan delinen delikler vasıtasıyla drenajın a) şematik gösterimi, b) örnek bir uygulama.....	26
Şekil 2.5.	a) Bir uzun ayakta çapraz deliklerin tasarımı ve b) örnek bir uygulama.....	27
Şekil 2.6.	a) Termal kurutucularda kömür kökenli metanın kullanımı ve b) örnek bir tesis.....	35
Şekil 2.7.	a) Kömür madeninden üretilen suyun yakıt olarak kömür kökenli metanın kullanıldığı bir prosesle bertaraf edilmesi b) örnek bir tesis.....	36
Şekil 2.8.	a) Bir maden havası ısıtıcısı, b) gerekli bağlantılar.....	37
Şekil 2.9.	Japonya’da Akabira madeninden elde edilen metanın türbinlerde elektrik üretiminde kullanılması.....	38
Şekil 2.10.	a) İngiltere ve b) Amerika’daki kömür madenlerinden atmosfere yayılan metanın oksitlenmesi için kurulan bir sistem	39
Şekil 2.11.	Ohio kentinde Nelms madeninde bulunan flaresler.....	40
Şekil 3.1.	Doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı.....	42
Şekil 3.2.	Doğal gaz ve petrol üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının miktarının 1990-2020 yılları arasındaki değişimi.....	44
Şekil 3.3.	Doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi.....	45
Şekil 3.4.	Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı.....	47
Şekil 3.5.	Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının miktarının yıllara göre değişimi.....	48
Şekil 3.6.	Kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının	

	ülkeler bazında yıllara göre değişimi.....	50
şekil 3.7.	Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı.....	51
şekil 3.8.	Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyon miktarının yıllara göre değişimi.....	53
şekil 3.9.	Fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi.....	54
şekil 3.10.	Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının, gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı.....	56
şekil 3.11.	Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyon miktarının yıllara göre değişimi.....	57
şekil 3.12.	Biyokütle yakılması sonucunda açığa çıkan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi.....	58

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No.</u>
Tablo 1.1. Sera gazlarının küresel ısınma potansiyeli.....	3
Tablo 1.2. 1990-2020 yılları arasında açığa çıkan CO ₂ dışındaki sera gazlarının miktarları.....	7
Tablo 1.3. CO ₂ dışında kalan sera gazlarında yıllara göre meydana gelen yüzde değişimler.....	7
Tablo 1.4. Çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan metan emisyon miktarları.....	10
Tablo 2.1. Zonguldak taşkömür havzasında grizu patlaması sonucu hayatını kaybedenlerin sayısı.....	17
Tablo 2.2. Zonguldak taşkömür havzasında grizu patlaması sonucu meydana gelen yaralanma sayısı.....	18
Tablo 2.3. Metan drenajının havalandırma maliyetine etkisi.....	19
Tablo 2.4. Drenaj yöntemlerinin karşılaştırılması.....	27
Tablo 2.5. Gaz üretim yöntemlerinin kıyaslanması.....	31
Tablo 2.6. Kömür kökenli metanın kullanım/ emisyon azaltım seçenekleri.....	32
Tablo 3.1. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan doğal gaz ve petrol kaynaklı metan emisyonlarının miktarları.....	42
Tablo 3.2. Doğal gaz ve petrol üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarında 1990-2020 yılları arasında meydana gelen yüzde değişimler.....	43
Tablo 3.3. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	44
Tablo 3.4. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	46
Tablo 3.5. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının 1990-2020 yılları arasındaki miktarları.....	46
Tablo 3.6. Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler.....	48
Tablo 3.7. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	49
Tablo 3.8. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	50
Tablo 3.9. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları.....	51

Tablo 3.10.	Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler.....	52
Tablo 3.11.	1990-2020 yılları arasında gruplar bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	53
Tablo 3.12.	1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	54
Tablo 3.13.	Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları.....	55
Tablo 3.14.	Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler.....	56
Tablo 3.15.	1990-2020 yılları arasında gruplar bazında biyokütle kaynaklı metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	57
Tablo 3.16.	1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları.....	59

SEMBOLLER DİZİNİ

KKM:	:Kömür kökenli metan
KIP	:Küresel ısınma potansiyeli
EPA	:Çevre koruma ajansı
YPG	:Yüksek potansiyelli gazlar

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanlar tarafından atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sonucunda dünya yüzeyinde sıcaklığın artması 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 yakılması, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı ve toplumlardaki tüketim eğiliminin artması gibi nedenlerle karbondioksit, metan ve diazot monoksit gazların atmosferdeki yığılması artış göstermiştir. Bu artış küresel ısınmaya neden olmaktadır. 1860'tan günümüze kadar tutulan kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0.5 ila 0.8 derece kadar arttığını göstermektedir. Hiçbir önlem alınmazsa bu yüzyıl sonunda küresel sıcaklığın ortalama 2 derece artacağı tahmin edilmektedir. 2008'in de dünya genelinde kayıtların tutulmaya başlandığı son 150 yıllık dönem içinde en sıcak yıl olabileceği öngörüsü bulunmaktadır.

Küresel ısınmaya yol açan sera gazları; esas olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili; kimyasal süreçler ve çimento üretimi, vb. enerji dışı), ulaştırma, arazi kullanımı değişikliği, katı atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili; anız yakma, çeltik üretimi, hayvancılık ve gübreleme vb. enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanmaktadır. Küresel hesaplamalara göre, atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazı salımları nedeniyle, küresel karbon dengesi denk kapanmamaktadır. Küresel karbon döngüsünün normal akışlarına ek olarak, esas olarak arazi kullanımı değişiklikleri ve ormansızlaştırma yoluyla 1.6 milyar ton (Mt) ve fosil yakıt yanmasından 6.3 Mt olmak üzere her yıl toplam 7.9 Mt karbon (K) atmosfere salınır. Küresel karbon döngüsünün iki büyük ana bileşenini oluşturan karasal ekosistemler (ormanları da içeren tüm bitki örtüsü ve topraklar) ve okyanuslar, toplam tutarın 4.6 (2.3+2.3) Mt K'luk bölümünü tutar. Karasal ekosistemlerin ve okyanusların tuttuğu ya da uzaklaştırdığı karbon tutarı atmosfere salınan toplam tutardan çıkarıldığında, her yıl insan kaynaklı net 3.3 Mt K'un atmosferde kaldığı bulunur. İklim değişikliğinin önlenebilmesinin odak noktasını da, her yıl atmosferde kalan

bu yaklaşık 3.3 Mt K'luk fazla karbonun kontrol edilmesi ve atmosferden uzaklaştırılması (azaltılması) oluşturur.

Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak da, hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların ve zararlıların artması gibi, dünya ölçeğinde sosyo-ekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir.

Tarım, enerji, sanayi ve atık sektörlerinden metan emisyonları açığa çıkmaktadır. Antropojenik metan emisyonlarının % 50,2'sini enerji sektörü, % 29,7'sini enerji sektörü, % 20,1'ini atık sektörü, % 0,1'ini atık sektörü oluşturmaktadır. Enerji sektörü antropojenik metan emisyonlarından sorumlu ikinci sektördür. Enerji sektöründen açığa çıkan metan emisyonları, petrol ve doğal gaz sistemleri, kömür madenciliği, fosil yakıtlar ve biyokütle yakılmasından kaynaklanmaktadır.

Bu tezde ülkeler belirli özellikler bakımından sınıflandırılarak oluşturulan gruplar bazında enerji üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda enerji üretimine bağlı olarak metan emisyonlarında 1990-2020 yılları arasında meydana gelmesi beklenen değişimler oluşturulan gruplar ve ülkeler bazında incelenerek çeşitli istatistiksel analizler yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Bu tez içeriğinde; konuya anlam ve gerekece bakımından girişin, konuya esas olan maddeler hakkında genel bilginin bulunduğu "Genel Bilgiler" bölümü, kömür damarlarından elde edilen metanın kullanım alanlarının belirtildiği "Kömür Kökenli Metanın Kullanım Teknolojileri" bölümü, enerji sektörü başlığı altında incelenen petrol ve doğal gaz istemleri, kömür madenciliği, fosil yakıtlar ve biyokütle yakılmasına bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının ele alındığı "Enerji Üretiminden Kaynaklanan Antropojenik Metan Emisyonlarının Analizi" bölümü ve son olarak bu çalışma sonucunda açığa çıkan sonuç cümlelerinin yer aldığı "Sonuçlar" bölümü yer almaktadır.

1.2. Sera Etkisi ve Sera Gazları

Nüfus yoğunluğunun giderek artmasına bağlı olarak hızla artış gösteren ihtiyaçların tam anlamıyla karşılanabilmesi, sanayileşmenin giderek artmasına neden olmuştur. Bu artışın etkisiyle sera gazlarının atmosfere salımlarının giderek artışı sonucu küresel ısınma

belirtileri yavaş yavaş ortaya çıkmıştır ve günümüzde de bu etkiler artarak devam etmektedir. Dünyayı saran dört ana sistemden biri olan atmosfer, güneşten gelen zararlı ışınları süzer, meteorların dünyamıza düşmesini engeller, canlı yaşamı için gerekli gazları bulundurur, dünyamızın aşırı ısınmasını ve soğumasını önler, güneş ışınlarını dağıtır ve iklim olayları burada meydana gelir. Genel anlamda küresel ısınma; insanların faaliyetleri sonucunda oluşan sera gazlarının atmosferde birikmesiyle dünyadan yansıyan güneş ışınlarının, uzay boşluğuna verilmesi yerine tekrar dünyaya dönmesi sonucu yeryüzü sıcaklığının giderek artmasıdır.

Tablo 1.1. Sera gazlarının küresel ısınma potansiyeli (EPA-5, 2006).

Gaz	KIP
Karbondiyoksit (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	21
Nitrik oksit (N ₂ O)	310
HFC-23	11,7
HFC-32	650
HFC-125	2,8
HFC-134a	1,3
HFC-143a	3,8
HFC-152a	140
HFC-227ea	2,9
HFC-236fa	6,3
HFC-4310mee	1,3
CF ₄	6,5
C ₂ F ₆	9,2
C ₄ F ₁₀	7
C ₆ F ₁₄	7,4
SF ₆	23,9

En önemli sera gazları karbondiyoksit (CO₂), kloroflorokarbonlar (CFC'ler), metan (CH₄), azot oksitler (NO_x), ve ozon (O₃) olup bu gazlar toplam sera etkisinin %97'sini teşkil ederler. Kalan % 3 ise su buharı (H₂O) ve diğer gazlardan ibarettir. Küresel ısınmanın sonuçları arasında buzulların erimesi ve denizlerin yükselmesi, hava sıcaklıklarının artması ve ekolojik dengenin sarsılması en önemli olanlarıdır.

Küresel bazda sera gazları incelendiği zaman karbondiyoksit % 69,6'lık oranla ilk sırayı almaktadır. Karbondiyoksiti sırasıyla % 22,9'luk oranla metan, % 7,1'lik oranla

nitritoksit ve % 0,4'lük oranla yüksek potansiyeye sahip gazlar takip etmektedir (EPA-5, 2006).

Tablo 1.1'de sera gazlarının küresel ısınma potansiyelleri verilmiştir. En yüksek potansiyeye sahip sera gazı HFC'ler iken en düşük potansiyeye sahip sera gazı ise karbondioksittir.

1.2.1. Karbondioksit (CO₂)

Dünya'nın ısınmasında önemli bir rolü olan CO₂, Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması sırasında bu ışınlara karşı geçirgendir. Böylece yeryüzüne çarpıp yansındıklarında onları soğurmaktadır.

Bu gaz, fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) sanayide kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmaktadır. Atmosfere karışan karbondioksitin % 80-85'i fosil yakıtlardan, %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle sanayileşme devriminden önce atmosferdeki toplam karbondioksit miktarı 600 Mt edildiği halde, bugün bu miktarın yaklaşık 750 Mt'a çıktığı bildirilmektedir. Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaştırmıştır. Yapılan ölçümler, bu artışın devam ettiğini göstermektedir.

Son zamanlarda geliştirilen matematiksel bilgisayar modellere göre, CO₂ yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığın 3°C artacağı hesaplanmıştır. Bu sonuç, karbondioksitin küresel ısınmadaki etki derecesinin ne kadar yüksek olduğu konusunda bir fikir vermektedir. Gerçekten sera gazları içinde karbondioksit, küresel ısınmada yüksek bir paya sahiptir. Bunun nedeni, hem miktarının çok hem de karbondioksit moleküllerinin atmosferdeki ömrünün 50-100 yıl gibi çok uzun olmasıdır (Çepel ve Ergün, 2005).

1.2.2. Metan (CH₄)

Bu gaz organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. Başlıca kaynakları pirinç tarlaları, çiftlik gübreleri, çöp

yıgınları ve bataklıklardır. Oranı binlerce yıldan beri değişmemiş olan metan gazı, son birkaç yüzyılda iki katına çıkmış ve 1950'den beri de her yıl %1 artmıştır. Bu değişiklik CO₂ seviyesindeki artışa göre az olsa da, metanın CO₂'den 21 kat daha kalıcı olması nedeniyle en az CO₂ kadar dünyamızı etkilemektedir.

Antropojenik metan emisyonları küresel metan emisyonunun % 60'ını oluşturmaktadır. Kalan % 40'lık kısım ise doğal kaynaklardan yayılmaktadır. Doğal kaynaklar bataklıklar, termitler, okyanuslar ve hidratlardan oluşmaktadır.

Bataklıklar, organik materyallerin ayrışması sürecinde metan üreten bakterilerin oluşabilmesi için uygun bir ortam sağlarlar. Bu bakteriler oksijensiz ve organik maddelerce zengin ortama ihtiyaç duymaktadırlar. Bataklıklarda bu iki özellikte mevcuttur. Metan termitlerin normal sindirim proseslerinin bir parçası olarak üretilmektedir ve üretilen miktar türlere bağlı olarak değişmektedir. Okyanus kaynaklı metan tamamıyla açık değildir. Ancak iki tanımlanmış kaynak deniz plankton ve balık ve ayrıca sedimentlerdeki methanogenesislerden ve kıyı boyunca uzanan drenaj bölgelerinden açığa çıkmaktadır. Metan hidratlar metan molekülleri içeren su moleküllerinden oluşan katı depozittir. Katılar okyanus sedimentlerinde ve kutuplarda derin bölgelerde bulunabilmektedir. Metan sıcaklık, basınç, tuz konsantrasyonu ve diğer faktörlere bağlı olarak hidratlardan ayrışır ve serbest kalır. Antropojenik metan oluşumuna yol açan kaynaklar ilerleyen bölümlerde ele alınmıştır.

1.2.3. Azotoksit ve Su Buharı

Azot ve oksijen 250 °C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona giren azotoksitleri meydana getirir. Azotoksit, tarımsal ve endüstriyel etkinlikler ve katı atıklar ile fosil yakıtların yanması sırasında oluşur. Arabaların egzozundan da çıkmakta olan bu gaz, çevre kirlenmesine neden olmaktadır.

Sera etkisine yol açan gazlardan en önemlilerinden biri de su buharıdır. Fakat troposferdeki yoğunluğunda etkili olan insan kaynakları değil iklim sistemidir. Küresel ısınmayla artan su buharı iklim değişimlerine yol açacaktır (URL-1, 2008)

1.2.4. Kloroflorokarbonlar (CFCs)

CFC'ler klorin, flüorin, karbon ve çoğunlukla da hidrojenin karışımından oluşur. Bu gazların çoğunluğu 1950'lerin ürünü olup günümüzde buzdolaplarında, klimalarda, sprelerde, yangın söndürücülerde ve plastik üretiminde kullanılmaktadır. Bu gazların ozonu yok ederek önemli iklim ve hava değişikliklerine neden oldukları kanıtlanmıştır. Bu gazlar; DDT, Dioksin, Civa, Kurşun, Vinilklorid, PCB'ler, Kükürtdioksit, Sodyumnitrat ve Polimerlerden oluşmaktadır.

CFC'ler soğutucu ve aerosol püskürtücü olarak sprey kutularında kullanılan son derece stabil bileşiklerdir. Birçok ülkede sprelerde artık kullanılmıyor olsa da dünya çapında bir yasaklama getirilmemiştir. Kasıtlı veya kasıtsız, atmosfere CFC sızıntıları son yıllarda artmıştır. Bu artış yıllık % 4 civarındadır. Atmosferik sera etkisinin yaklaşık % 10-25 inin CFC'lerden kaynaklandığı sanılmaktadır. CFC'lerin neden olduğu potansiyel atmosferik ısınma oldukça fazladır. Çünkü bu gazlar atmosferik pencerede absorbe edilir ve her CFC molekülü bir CO₂ molekülünün absorbe ettiğinden yüzlerce hatta binlerce kez daha fazla yeryüzünden yansıtılan kızılötesi ışınları absorbe eder. Dahası CFC'ler son derece stabil olduklarından atmosferdeki kalış süreleri uzundur. Bu kimyasalların üretimi önümüzdeki birkaç yılda azaltılsa veya durdurulsa bile atmosferdeki konsantrasyonları uzun yıllar belki de bir yüzyıl içinde önemli olarak kalabilecektir (Aksay vd., 2005).

1.3. Sera Gazlarının Miktarı ve Gaz Emisyonlarında Meydana Gelen Yıllık Değişimler

Bu bölümde karbondioksit harici sera etkisine sahip gazların 1990-2020 yılları arasındaki miktarları ve bu gazların miktarlarında meydana gelen yıllık değişimlere değinilmiştir.

CO₂ haricindeki sera gazlarının toplam miktarı 1990 yılında 8926,49 Mt, 1995 yılında 9018,62 Mt, 2000 yılında 9513,96 Mt, 2005 yılında 10196,53 Mt, 2010 yılında 10991,52 Mt, 2015 yılında 11914,83 Mt ve son olarak 2020 yılında 12897,42 Mt eşdeğer karbondioksit olarak tahmin edilmektedir. Tablo 1.2'de 1990-2020 yılları arası tahmin edilen emisyon oranları verilmiştir. Tablo incelendiği zaman karbondioksit harici sera etkisine sahip gazlardan küresel ısınmaya en fazla katkıda bulunan gazın metan olduğu anlaşılmaktadır. Metanı sırasıyla nitrik oksit ve yüksek potansiyele sahip gazlar takip etmektedir.

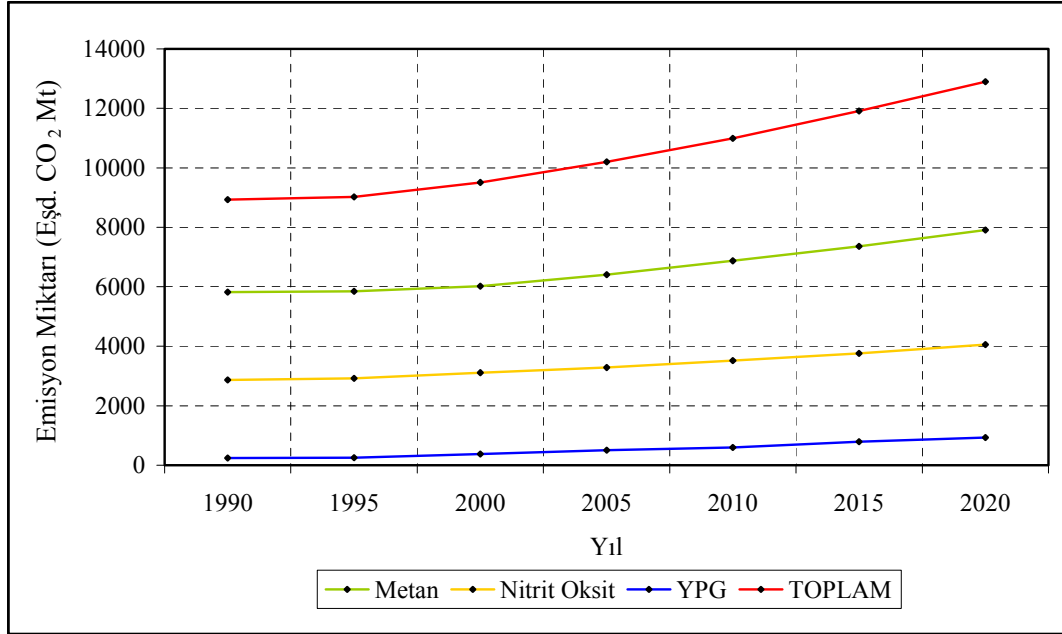
Tablo 1.2. 1990-2020 yılları arasında açığa çıkan CO₂ dışındaki sera gazlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt) (EPA-5, 2006).

Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Metan	5816,07	5845,57	6020,16	6407,49	6875,14	7358,43	7904,22
Nitrik Oksit	2871,28	2914,86	3113,76	3285,63	3514,88	3764,03	4057,84
YPG	239,14	258,19	380,04	503,41	601,5	792,37	935,36
Toplam	8926,49	9018,62	9513,96	10196,53	10991,52	11914,83	12897,42

Not. Metan, nitrik oksit ve yüksek potansiyele sahip gazlar için verilen değerler eşdeğer karbondioksit değerlerine dönüştürülerek hesaplanmıştır.

Tablo 1.3. CO₂ dışında kalan sera gazlarında yıllara göre meydana gelen yüzde değişimler

Yıllar	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
Metan	0,51	2,99	6,43	7,30	7,03	7,42	35,90
Nitrik Oksit	1,52	6,82	5,52	6,98	7,09	7,81	41,33
YPG	7,97	47,19	32,46	19,49	31,73	18,05	291,13



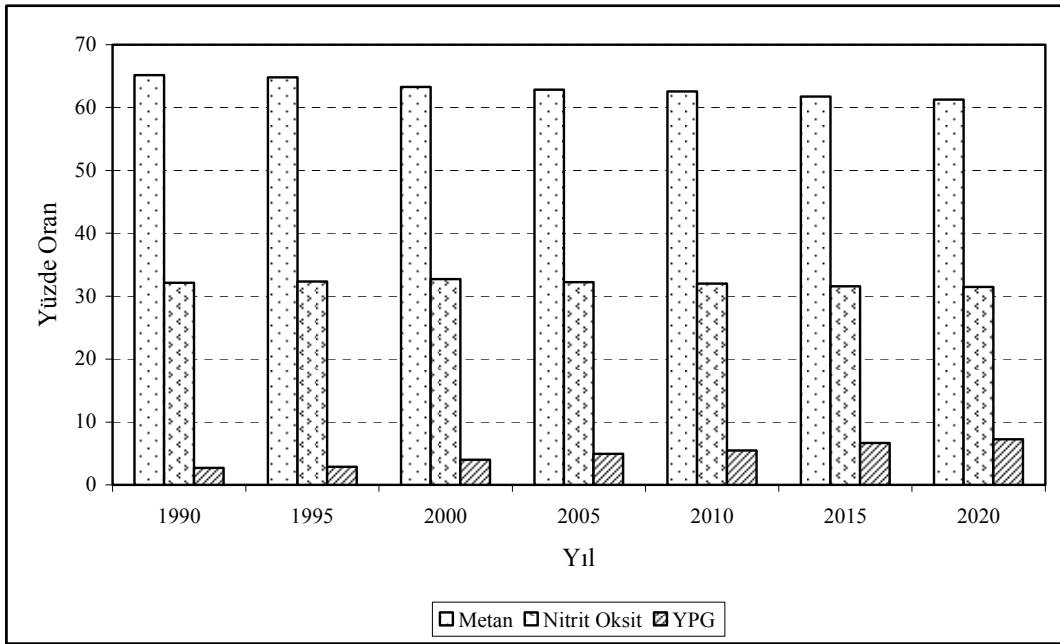
Şekil 1.1. CO₂ dışında kalan sera gazlarının emisyon miktarının yıllara göre değişimi

Tablo 1.3 yıllar bazında gaz emisyonlarındaki değişimleri göstermektedir. Gazların belirtilen dönemlerdeki değişimlerine bakıldığında zaman metan gazında en yüksek değişim 2015-2020 tarihleri arasında, nitrik oksitteki en büyük değişim 2015-2020 tarihleri arasında, yüksek potansiyele sahip gazlardaki (YPG) en yüksek değişimin ise 1995-2000 yılları arasında meydana gelmektedir. En düşük değişimler ise metan, nitrik oksit ve

yüksek potansiyeye sahip gazlar için 1990-1995 yılları arasında meydana gelmektedir. 1990-2020 yılları arasında gaz emisyonlarındaki toplam yüzde değişimler incelendiği zaman en yüksek değişimin yüksek potansiyeye sahip gazlarda olduğu gözlenmektedir.

Şekil 1.1 yıllara bağlı olarak çeşitli sektörlerden açığa çıkan CO₂ harici gazlardaki değişimleri ifade etmektedir. Gaz emisyonlarındaki değişimler 2000 yılına kadar sabit değerde, takip eden yıllarda ise belirli bir eğimde artışlar gözlenmiştir.

Şekil 1.2 yıllar bazında metanın gazlar içerisindeki yüzde miktarını göstermektedir. Metan emisyon miktarı 1990 yılında ele alınan gazların 65,2 sini, 1995 yılında 64,8' ini, 2000 yılında 63,3' ünü, 2005 yılında 62,8'ini, 2010 yılında 62,5'ini, 2015 yılında 61,8'ini, 2020 yılında ise 61,3'ünü oluşturmaktadır. Metan gazı emisyon miktarlarında diğer gazlarla kıyaslama yapıldığı zaman keskin değişimler gözlenmemektedir.



Şekil 1.2. CO₂ haricindeki sera gazlarının yıllar içerisindeki oranları

1.4. Küresel Isınmanın Ekolojik Sonuçları

Küresel ısınma ve buna bağlı olarak meydana gelen iklim değişimi sürecinin yaratacağı veya yaratmış olduğu ekonomik, ekolojik ve sosyolojik sonuçlar, dünyanın her yerinde henüz tam anlamıyla yaşanmamıştır. O nedenle, bu sürecin potansiyel tehlikeleri tam anlamıyla kavranılamamıştır. Ancak, bilim insanları yapmış oldukları araştırmalarda,

insanların bu tehlikelerle er geç karşılaşacağını ve bunların yaratacağı sonuçların neler olabileceğini bilimsel verilere dayanarak açıklamaktadırlar. Bunlara ait bazı somut örnekler aşağıda verilmiştir:

1) Sıcaklıklar artınca, büyük su yüzeylerinden (deniz, göl, baraj, akarsu vb) buharlaşma artacak, toprak kuruyacaktır. Bunun sonucunda bölgesel olarak iklim değişecek, tarımsal ürünler ve ormanlar zarar görecektir. Büyük su yüzeylerine yakın yerlerde hava nemi ve buna bağlı olarak yağışlar artacak, sel afetleri meydana gelecek ve karasal kısımlarda toprak suyunu kaybederek kuraklaşacak, tarımsal ürün verimi azalacak, ormanların alanı daralacak, hidrolojik enerji üretimi düşecektir.

2) Buzullar eriyecek, bunun sonucunda göller, denizler ve akarsularda su düzeyi yükselecek, kıyı bölgeleri sular altında kalacaktır, sel afetleri yaşanacak ve toplumsal göçler başlayacaktır. Bunun somut örnekleri son yıllarda İngiltere, Almanya ve İtalya'da görülmüştür. Bu ülkelerde meydana gelen sel afetleri son 50 yılın en büyük sel afetleri olup İngiltere'de 1 milyar, İtalya'da (2000 Ekim ayında) 1,5 milyar Euro tutarında zarar meydana gelmiştir. Ayrıca 1994 Kasım ayında İtalya'da meydana gelen sel afeti 64 can; 1991 yılında Çin'de meydana gelen sel afeti 3074 can, aynı ülkede 1994 baharında meydana gelen sel afetleri 1846 can almıştır. Bunun yanında milyarlarla ifade edilen maddi zararlar meydana gelmiştir.

2002 Ağustos'unda Almanya'da yaşanan sel afetinde 21 kişi sellere kapılarak ölmüş; on binlercesinin mekânları boşaltılmış; binlercesi evsiz kalmıştır. 800 km uzunlukta nehir kıyısı boyunca dehşet yaşanmıştır. En azından 25 milyar Euro tutarında maddi zarar meydana gelmiştir. 740 km devlet yolu ve 180 köprü şiddetli zarar gördü. Bazı kentler harabeye döndü. 50 000 asker ve gönüllü, kurtarma ve selleri önlemede çalışmıştır. Ülkemizde de son yıllarda meydana gelen sel afetlerinin nedeni, hiç kuşkusuz aynı nedenlerden kaynaklanmaktadır.

3) Dengesiz küresel ısınmalar hem sayı hem de şiddet bakımından son derece zararlı kasırgalar yaratacaktır.

4) Küresel ısınma ile Sibiryaya ve Kanada'daki buzlu tundra toprakları çözünecek ve bataklık haline gelecektir. Buralarda bol miktarda bataklık gazı (metan) oluşarak atmosfere karışacak, artan sera gazları nedeniyle küresel ısınma daha da artacak ve böylece kısır döngüye girilmiş olunacaktır. Örnekler daha da arttırılabilir. Ancak bu sınırlı sayıdaki örnekler bile, insanlığın karşı karşıya bulunduğu ekolojik tehlike potansiyelinin ne kadar büyük olduğunu göstermektedir (Çepel ve Ergün, 2005).

1.5. Enerji Sektöründen Kaynaklanan Metan Emisyonları

Antropojenik metan emisyonlarının oluşmasına yol açan sektörler Tablo 1.4’de belirtilmiştir. Metan doğal gazın birincil bileşenidir ve doğal gaz üretimi, zenginleştirilmesi, depolanması ve dağıtım süreçlerinde serbest kalmaktadır. Doğal gaz genellikle petrol rezervleriyle aynı anda bulunduğundan dolayı petrol üretim ve prosesleri esnasında da önemli miktarlarda metan salınımları gerçekleşmektedir. Hem petrol hemde doğal gaz sistemlerinde oluşan metan emisyonları sistemlerdeki kaçaklardan meydana gelmektedir. Kaçaklar ekipmanlardan, üretim faaliyetleri sırasında, ulaştırma hatları boyuca, depolama esnasında ve gaz dağıtım hatlarında meydana gelmektedir.

Tablo 1.4. Çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan metan emisyon miktarları (EPA-5, 2006)

Sektör	Yıllar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Enerji	Doğal gaz ve petrol	993,57	977,25	1029,87	1165,03	1354,42	1569,74	1827,58
	Kömür madenciliği	516,74	451,55	376,88	388,14	407,56	425,56	449,48
	Fosil yakıtlar	66,58	63,08	61,6	63,84	68,09	73,03	79,2
	Biokütle yanması	160,98	167,68	177,61	186,25	195,79	204,15	212,87
Sanayi	Sanayi	6,31	6,44	6,47	6,16	6,17	6,17	6,2
Atık	Çöp Dolgusu	761,4	769,71	730,32	747,38	760,63	788,07	816,86
	Atık Suyu	445,87	483,82	522,54	558,11	594,04	629,93	664,97
	Diğer	1,12	1,42	1,86	1,75	1,64	1,55	1,51
Tarım	Enterik Fermantasyon	1772,14	1804,1	1798,61	1928,87	2079,05	2204,23	2344,3
	Prinç	601,19	620,84	633,55	671,89	708,25	743,74	776,12
	Gübreleme	222,52	225,26	225,38	234,57	243,95	256,65	269,47
	Diğer Kimyasal	267,64	274,43	455,48	455,51	455,56	455,61	455,66

Madencilik faaliyetlerine bağlı olarak yayılan emisyon miktarı iki ana faktörün fonksiyonudur. Bunlar kömür damarının derinliği ve kömürün rankıdır. Rank kömürün karbon içeriğinin bir ölçüsüdür ve artan derinliğe bağlı olarak artış gösterir. Linyit düşük miktarlarda metan ihtiva ederken antrasit ve semiantrasit gibi kömürler yüksek karbon içeriğine sahiptir ve genellikle yüksek miktarlarda metan ihtiva ederler. Derinlikle birlikte basıncın artmasına bağlı olarak kömür damarı içerisinde bulunan metan gazının yüzeye ulaşması engellenmiş olur. Bu nedenle yeraltı madencilik üretimleri yerüstü üretimlere kıyasla daha çok metan emisyonu yaymaktadırlar.

Yeraltı kömür madenleri, kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumludur. Üretim faaliyetleri esnasında metan açığa çıkmakta ve bu emisyon havalandırma fanları kullanılarak seyreltilmektedir. Seyreltilen metan çıkış kuyusundan atmosfere bırakılmaktadır. Yüzey madenciliği çalışmalarında açığa çıkan metan direk olarak atmosfere yayılmaktadır. Düşük basınç ve ranktan dolayı yüzey madenciliğinde açığa çıkan metan miktarı yeraltı madenciliğiyle kıyaslandığı zaman daha azdır. Madencilik sonrası işlemler zenginleştirme, depolama ve kömürün nakliyesini içermektedir. Kömür, madencilik işlemlerinin tamamlanmasından aylar sonra da metan emisyonu yaymaya devam edebilmektedir. En yüksek yayılımlar kömürün kırıldığı, sınıflandırıldığı ve kurutulduğu zaman meydana gelmektedir.

Kömür damarından metanın açığa çıkması kömür üretildikten sonra da devam etmektedir. Genellikle madenler üretim sonrasında ana giriş ve çıkışların çimentolanmasıyla kapatılmaktadır. Havalandırma boruları ve drenaj delikleri de benzer yöntemler kullanılarak kapatılmaktadır. Madencilik işlemleri sona erdiği zaman ortama yayılan metan emisyonları azalmaktadır ancak metan yayılımı tamamen sonlanmamaktadır. Eğer yukarıda belirtilen açıklar etkin bir şekilde kapatılmamışsa gaz bu kanallar vasıtasıyla ortamdaki göç etmektedir. Ek olarak metan kömür damarlarında ve yan kayaçlarda bulunan çatlaklar vasıtasıyla yüzeye göç etmektedir. Burada anahtar parametre çevreleyen tabakanın geçirgenliğidir.

Kömür kaynaklı metan salınımlarının azaltılabilmesi mümkündür. Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar incelendiği zaman, emisyonlar içindeki en yüksek payın yeraltı madenlerine ait olduğu anlaşılacaktır. Havalandırma ile birlikte yürütülecek drenaj çalışmaları havalandırma sistemleri tarafından atmosfere bırakılan gaz emisyonunun azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Üretilen gaz metan içeriğine ve içerdiği kirleticilerin oranlarına bağlı olarak çeşitli alanlarda kullanılabilir. Yanma kökenli bu uygulamalarla gaz yakılarak karbondioksit dönüşürülür ve enerji elde edilmektedir. Gazın karbondioksit dönüşmesi küresel ısınma üzerindeki etkisinin yirmi kat kadar azaltılması anlamına gelmektedir. İlerleyen bölümlerde bu uygulamalar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Küresel ısınmanın sıkça gündeme geldiği bu günlerde her sektörün üzerine düşen görevi yerine getirmesi gerekmektedir.

Metan, tam olarak gerçekleşmeyen biyokütle yanması sonucunda açığa çıkan emisyonlardır. Yakıt odunu, mangal kömürü, tarımsal atıklar ve kentsel atık yakılması bu kategorideki emisyon oluşumuna katkıda bulunan kaynakların başında gelmektedir. Metan

emisyonları biyokütlenin aydınlatma, pişirme ve ısınma amaçlarıyla küçük ölçekli yanma ünitelerinde yakılmasından oluşmaktadır.

2. KÖMÜR KÖKENLİ METANIN KULLANIM TEKNOLOJİLERİ

Gazın kullanılabilmesi için öncelikle üretilmesi gerekmektedir. Bu bölümde gazın üretim teknikleri ele alınmış ve kömür kökenli metanın kullanım teknolojileri sunulmuştur. Son yıllarda artan hammadde gereksinimi ve yüzeye yakın madenlerin tüketilmesi, özellikle kömür madenciliğinde daha derinlere inme ve daha fazla ilerleme hızıyla, fazla üretim yapma (mekanize sistemle) zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle de metan emisyon oranında artışlar meydana gelmiştir.

Hazırlık ve üretim çalışmaları esnasında damarlarda oluşturulan boşluklara metan akışı gerçekleşmektedir. Çalışmaların verimli bir şekilde sürdürülebilmesi için boşluklara sızan bu gazın zararsız bir şekilde çalışma bölgelerinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlemler genellikle iyi şekilde tasarlanmış havalandırma sistemleri ile yapılmaktadır. Ancak metan gelişinin yüksek olduğu bölgelerde ocağı havalandırmak için sadece havalandırma sistemlerinin kullanılması yetersiz kalmakta ve tehlikeli çalışma koşullarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu koşulların olduğu bir işletmede çalışma güvenliği iki şekilde sağlanabilmektedir.

i. Metan gelişini azaltmaya kadar uzun bir süre, (haftalarca, aylarca) çalışmayı durdurmak,

ii. Metanı üretmek.

Birinci önlem uzun zaman gerektirdiğinden ve üretim aksamalarına yol açmasından ötürü önerilmemektedir. Kömür üreten gelişmiş ülkelerde devamlı ve güvenli üretim metan drenajıyla sağlanmaktadır.

Çalışılan damarın veya civar kayaçların geçirgenlik özelliklerinin ve gaz basınçlarının bilinmesi, bunların gaz iletme kabiliyetlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesinde önemlidir. Bunun bilinmesi metan emisyonu tahmini ile havalandırma koşullarının düzenlenmesi ve drenaj olayının tasarımında temel oluşturmaktadır.

Geçtiğimiz yıllarda, madencilik sektöründeki ilerlemelere bağlı olarak verimliliğin artması ve daha derin damarlara ulaşılmasıyla açığa çıkan metan miktarında önemli derecede bir artış gözlenmiştir. Mevcut yasalara göre metan konsantrasyonu ayakta ve ocak içerisindeki diğer bölgelerde kontrol edilmelidir. Bu işlem genellikle iyi bir şekilde planlanmış havalandırma sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Büyük işletmeler kömürün her bir tonu için 5- 20 ton havayı yeraltına göndermektedir. Bu işlem çoğu

durumda hava çıkış kuyularında metan konsantasyonunun izin verilebilir maksimum seviye olan %1'in altında tutulması için yeterli olmaktadır. Ancak, geleneksel havalandırma sistemlerinin modern kömür madenlerinde tek başına kullanılmasının yeterli olmadığı görülmüştür.

Madencilikte güvenlik koşullarını geliştirmek ve maden açıklıklarındaki metan gazının oluşturabileceği aksama sürelerini azaltmak için, birçok madencilik şirketi madencilik öncesi veya madenin ömrü boyunca damarın bünyesinde bulunan metanı kazanmak için bir drenaj sistemi kullanmaktadır.

2.1. Kömür Kökenli Metan (KKM)

Kömürleşme olayı sırasında başlıca metan, karbondioksit, azot ve su oluşmaktadır. Metan oluşumunda iki temel mekanizma söz konusudur. Bunlar biyojenik ve termojenik metan oluşumudur (Dallegge ve Barker, 1999). Bitkisel kökenli organik maddelerin kömürleşme sürecinin ilk aşamalarında, genellikle 50 °C' ye kadar olan sıcaklıklarda, mikrobiyolojik ayrışma sonucunda biyojenik metan oluşumu gözlenir. Gerek miktarının azlığı, gerekse oluşan metanın birikebileceği bir rezervuar kayanın böyle bir ortamda bulunmayışı nedeniyle fosil biyojenik metan birikimleri çok ender olup, ancak çok hızlı çöken az sayıda havzaya özgüdürler. Artan gömülmenin sonucu olarak ulaşılan yüksek sıcaklık değerleri kömürleşme derecesinin artması ve termojenik gaz oluşumunun başlamasına neden olur. Gaz oluşumunun kinetiğine bağlı olmakla birlikte yaklaşık 55 °C den itibaren karbondioksit, 100°C den itibaren de metan ve azot gazları oluşmaya başlar. Artan kömürleşmeyle birlikte oluşan metan miktarı da artar (Yalçın ve Durucan, 1983).

Kömürün kolloidal yapısı, bir kömürün hacminin 1 ile 40 misli kadar metan gazını içinde tutmasına imkân verir (Dallegge ve Barker, 1999). Yeraltında, katı kömürle beraberindeki metan gazı bir basınç altında denge durumundadır. Bu basıncın miktarı kömürleşme derecesi (rank), damar derinliği ve kömürün gözenekliliği ile bağıntılıdır. Kömür damarları içerisinde depolanmış olan metan;

- i. Çatlaklarda, kırıklarda ve gözenek içinde serbest gaz olarak,
- ii. Çatlaklarda ve gözeneklerde kömür yüzeyine tutunmuş olarak ve
- iii. Su içerisinde çözülmüş olarak bulunur.

Bunlar arasında yalnızca ilk ikisi metan emisyonu açısından önemlidir. Kömürde oluşan gaz önce adsorpsiyon yoluyla tutulmaktadır. Adsorplama kapasitesinin üzerine

çıkıldığı durumlarda, gaz, formasyon suyu içerisinde çözünmekte ve/veya serbest gaz olarak gözenek ve çatlaklarda birikmektedir (Gürdal ve Yalçın, 1992).

2.2. KKM Üretiminin Önemi

Maden işletmelerinde, kömür kökenli metan üretimi madenlerdeki patlamaları önleyerek güvenilir çalışma koşullarını muhafaza etmek amacıyla başlatılmıştır. Drenaj işleminin kömür işletmelerine sağlayacağı avantajlar değişik parametreler değerlendirilerek ele alınmıştır. Bunlar;

2.2.1. Üretim Aksamaları

Metan patlaması, patlama sonucu oluşan kömür tozu patlamaları ve ani metan püskürmesinin oluşmasıyla kömür işletmelerinde üretim aksamakta/durmakta ve can kayıpları meydana gelmektedir. Bu bölümde bu olayların meydana gelme koşulları ve metan drenajı uygulanmasının bu olayları önlenmesindeki payı tartışılmıştır.

2.2.1.1. Metan Patlaması

Metan ve hava karışımı bir beher mol hacim metana 2 mol hacim oksijen veya 10 mol hacim hava düştüğünde patlama en kuvvetli şekilde olur. Bu nedenle en şiddetli patlamayı meydana getiren karışım oranı % 9,5 metan ile % 90,5 havadır. Metan patlaması % 5,4'de başlar % 14,5'te biter. Bu miktarın altında ve üstünde metan yanar. Metanın yanması da patlaması kadar tehlikeli olabileceği daima hatırdta tutulmalıdır. Madencilikte metan hava karışımına grizu denilmektedir. Genel olarak grizunun tutuşması üç faktöre tabidir. Bu faktörler yeterli miktarda bir karışım, sıcaklık ve zamandan oluşmaktadır. Bu üç faktör birbirini tamamlamaktadır. Bunlardan herhangi eksik olması durumunda patlama gerçekleşmemektedir (Ergin, 1977).

Kömür ocaklarında ana patlayıcı gaz metandır. Kömürün oluşumu sırasında açığa çıkan bu gaz, kömür yapısındaki çatlak ve mikro gözenekler içinde basınç altında tutulmaktadır. Üretim çalışmaları ile bu basınç dengesi bozulduğunda yeraltı açıklarına doğru metan emisyonu başlamaktadır. Ocak atmosferinde hacimce % 5-15 oranlarında bulunan metan patlayıcı özellik kazanmaktadır.

Metan drenajı yüksek metan içeriğinden kaynaklanan üretim aksamalarını önlemektedir. Drenajın yapılmadığı, havalandırmanın klasik havalandırma sistemleriyle sağlandığı ocaklarda belirli bölgelerde metan birikimi olduğu zaman üretim yavaşlamakta veya durmakta ve gazın bölgeden uzaklaştırılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu işlemler çok zaman almaktadır ve istenmeyen durumlardır. Belirtilen aksaklıkların önüne geçilmesi için drenaj sistemlerinin uygulanması yeterli olacaktır.

2.2.1.2. Kömür Tozu Patlaması

Kömürün diğer enerji kaynakları içinde, verim ve maliyet açısından üstün özellikler göstermesinden dolayı tercih edilmesine karşın, verimliliği etkileyen gaz ve/veya kömür tozu patlamaları önemli bir problem olarak yeraltı kömür işletmelerinde gündeme gelmektedir. Yeraltı madencilik işlemleri sonucu oluşan 1 mm'den küçük taneler kömür tozu olarak tanımlanmakta olup, uçucu madde, sabit karbon, kül içerikleri ve sertlik, yoğunluk, süreksizlik artışları ile oluşumları artış göstermektedir.

Bir toz patlamasının olması için havada askıya geçmiş bir toz bulutunun bir ateşleyici kaynakla teması geçmesi gerekmektedir. Araştırmalar ocaklarda metan-hava karışımlarını patlatabilecek her türlü kaynağın bir toz bulutunu da patlatabileceğini göstermektedir. Ancak, ocakların en tozlu yerlerinde bile askıdaki tozlar patlayıcı bir toz bulutu oluşturamazlar. Patlama için önemli olan tavan, taban ve yan duvarlarda birikmiş (çökmüş) olan toz olup bunun bir darbe etkisiyle girdaplaşarak havaya karışması gerekmektedir. Yani, bir patlamanın olabilmesi için çökmüş toz havalandırarak bir etken ile bu bulutu ateşleyecek bir etkenin bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu koşulun en kolay olduğu durumlar grizu patlamaları ve patlayıcı maddelerle yapılan ateşlemeler olmaktadır.

Yerel bir grizu patlamasında yanma sonucu oluşan sıcak gazların genişmesiyle güçlü bir hava darbesi oluşmakta olup eğer çökmüş toz uygun durumdaysa bu darbe kolayca bir toz bulutu yaratabilmektedir. Yanmakta olan metan ise bu bulutu ateşleyebilmektedir (Didari, 1985).

Drenaj uygulandığı takdirde damar içerisindeki boşluklarda yüksek basınç altında bulunan gaz ortamdan uzaklaştırılacağından, bu ve benzeri olayların meydana gelme olasılığı dikkate değer bir şekilde azalacaktır (Kocal, 1985).

2.2.1.3. Ani Metan Püskürmesi

Kömür damarlarında meydana gelen ani metan püskürmeleri onlarca ve hatta yüzlerce kişinin ölümüne yol açmakta ve üretim aksamalarına neden olmaktadır. Bu bölümde ani metan püskürmesinin oluşumu hakkında bilgiler verilip drenaj uygulamalarının püskürme olasılığı üzerine bir etkisi olup olmadığı araştırılmıştır.

Ani metan püskürmesi kömür içerisinde ve alın ilerisinde yüksek basınç altında bulunan metan gazının alındaki kömürü parçalayarak kömür ve yantaş ile birlikte ocak boşluğunu doldurması olarak tanımlanmaktadır. Metan üretim yöntemlerinin uygulanmasıyla yüksek basınç altında bulunan bu gaz ortamdan uzaklaştırılmış ve çalışmalar için güvenli bir ortam sağlanmış olacaktır.

2.2.1.4. Metandan Ötürü Oluşan Patlamalar

Zonguldak Taşkömür Havzası'nda üretim faaliyetleri yeraltı ve yerüstü servisleri ile yapılmaktadır. Yeraltı, ocak içi ve yerüstü, ocak dışı diye tanımlanmaktadır. Buradaki iş kazaları ocak içi kazalar ve ocak dışı kazalar olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.

Ocak içi kazalar; grizu ve gazlar, göçükler, nakliyat ve muhtelif (makine ve elektrik, patlayıcı maddeler, malzeme kullanımı ve taşıma v.s.) olarak belirtilebilecek olan unsurlar nedeniyle meydana gelen kazalardır. Ocak dışı kazalar ise; nakliyat, makine ve elektrik, malzeme kullanımı ve taşıma, muhtelif iş ya da teçhizat nedeniyle olan kazalardır. Zonguldak Taşkömür Havzası'ndaki iş kazalarının en yoğun olduğu kesim ocak içi servislerdir.

Tablo 2.1. Zonguldak taşkömür havzasında grizu patlaması sonucu hayatının kaybedenlerin sayısı (üretim işçisi) (Buzkan ve Ofluoğlu, 2007).

Yıl	Ö.S	Yıl	Ö.S	Yıl	Ö.S	Yıl	Ö.S	Yıl	Ö.S
1970	19	1978	25	1986	-	1994	1	2002	-
1971	4	1979	7	1987	-	1995	-	2003	1
1972	32	1980	5	1988	-	1996	-	2004	-
1973	6	1981	-	1989	2	1997	-	2005	9
1974	8	1982	1	1990	5	1998	-	-	-
1975	19	1983	116	1991	-	1999	-	-	-
1976	10	1984	-	1992	264	2000	1	-	-
1977	7	1985	-	1993	-	2001	-	TOP.	542

Zonguldak Taşkömür Havzası'nda 1970-2005 yılları arasında meydana gelen iş kazalarındaki ölü sayısı toplam 1422 kişidir. Bunun % 38,11'i grizu ve gazlar, % 42,26'sı göçük, % 13,08'i nakliyat, %8,43' ü muhtelif iş kazaları gruplarında bulunmaktadır.

Tablo 2.2. Zonguldak Taşkömür Havzası Kazalarında grizu patlaması sonucu meydana gelen yaralanma sayısı (üretim işçisi) (Buzkan ve Ofluoğlu, 2007).

Yıl	Y.S	Yıl	Y.S	Y.S	Y.S	Yıl	Y.S	Yıl	Y.S
1970	14	1978	2	1986	218	1994	-	2002	3
1971	6	1979	6	1987	243	1995	-	2003	7
1972	102	1980	7	1988	270	1996	-	2004	2
1973	9	1981	-	1989	1	1997	-	2005	4
1974	2	1982	1	1990	5	1998	-	-	-
1975	7	1983	110	1991	-	1999	-	-	-
1976	11	1984	-	1992	78	2000	2	-	-
1977	1	1985	1	1993	-	2001	3	TOP.	1114

1992 yılında ölüm sayısı olarak toplam 275 kişi gibi çok büyük bir sayı ile karşılaşılmaktadır. Bu toplam içindeki 264 kişi grizu ve gazlar sınıfında bulunmaktadır. İncelenen dönemlerde toplam 181419 kişinin yaralandığı görülmektedir. Bu toplamın % 50,91'i muhtelif, % 37,9'u göçükler, % 10,56'sı nakliyat, % 0,61'i grizu ve gazlar iş kazaları sınıfında bulunmaktadır (Buzkan ve Ofluoğlu, 2007).

2.2.2. Havalandırma ve Hazırlık Maliyetleri

Çoğu madenlerde kesintisiz üretimi sağlamak için kullanılan geleneksel havalandırma sistemleri oldukça pahalıdır. Drenaj maliyetleri havalandırma maliyetlerinden düşük olduğundan, metan drenajını artan havalandırma gereksinimleri yerine kullanmak daha karlı olacaktır. Yapılan çalışmalarda drenaj sistemlerinin havalandırma gereksinimlerini yarıya kadar azalttığı gözlenmiştir (EPA-1, 1999).

Ocak havasına karışan gazları belirli bir değerin altında tutabilmek için gereken temiz hava miktarı, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q = (Q_g / \text{MAC} - B) - Q_g$$

Q_g: Ocak havasına karışan gaz miktarı, m³/s

B: Giriş havasında o gazın konsantrasyonu, %

MAC: İzin verilebilir en yüksek gaz konsantrasyonu, % (Güyağüler, 1991)

Örneğin bir uzun ayakta ocak havasına karışan gaz miktarı 0,1 m³/s ise gönderilmesi gereken hava miktarı 9,9 m³/s olacaktır.

Metan gazı miktarı arttıkça, gazı seyreltmek için gerekli hava miktarı da artmaktadır. Artan hava gereksinimlerini karşılayabilmek için daha büyük boyutlu fanların seçilmesine ve tali havalandırmanın uygulanmasına gerek duyulacağından enerji sarfiyatı artacaktır.

Tablo 2.3. Metan drenajının havalandırma maliyetine etkisi (EPA-1, 1999).

Durum	İşçi üretimi (ton)	Uzun ayak üretimi (ton)	Havalandırma Maliyetleri (\$)	Hazırlık Maliyetleri (\$)	Drenaj maliyetleri (\$)
Drenaj yok	12 463 200	36 333 500	26 863 400	12 071 200	-
%60 Drenaj	7 321 900	51 729 800	14 561 100	7 076 200	32 528 000
%60 Drenaj ve üretim aksamalarında %5 azalma	7 321 900	51 729 800	15 688 000	7 076 200	32 528 000

Bir maden için 20 yıllık maden ömrü boyunca, birkaç durum için havalandırma maliyet analizi yapılmıştır. Sonuçlardan biri 11 m³/ ton'luk gaz içeriğine sahip bir kömür damarında yüzeyden delinen düşey kuyularla drenajda, enerji maliyetlerinin yirmi yıllık zaman diliminde 11 000 000 \$ civarında azalmasıdır. Yüzeyden delinen kuyulara ek olarak tavan ve taban galerilerinden arın önüne delinen deliklerin metan üretimi için uygulandığı durumda ise 3 000 000 \$'lık bir tasarrufun sağlandığı gözlenmiştir (EPA-1, 1999).

Başka bir çalışmada ise çeşitli parametreler kullanılarak birkaç durum için drenajın havalandırma maliyetleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tablo 2.3'te belirtilen değerlerden de anlaşılacağı gibi drenajın uygulandığı durumda havalandırma maliyetleri yarı yarıya azalmıştır. Drenaja ek olarak, metandan kaynaklanan üretim kesilmelerinde % 5 azalmanın söz konusu olduğu durumda ise maden ömrü iki üç yıl azalmaktadır. Ayrıca gaz yayılımının azalmasının bir sonucu olarak pano boyutlarının seçiminde daha serbest kalacaktır. Dolayısıyla daha büyük pano boyutları seçilmesinde daha rahat hareket edilecektir. Pano boyutlarının yüksek seçilmesi madenin üretilmesi için gerekli hazırlık galerilerinin sayısını azaltacaktır.

Gerçek maliyetler maden açıklıklarının boyutlarının, enerji maliyetlerinin ve gerekli hava miktarının bir fonksiyonu olarak değişecektir.

2.2.3. Çalışma Koşulları

Maden, drenaj sistemleri kullanılmadan geleneksel havalandırma sistemleriyle havalandırılacaksa, ortamda bulunan gazın drenajı için yüksek hızlar gerekecektir (Güyağüler, 1991). Havalandırma ile drenaj eş zamanlı olarak uygulanırsa gazın büyük bir çoğunluğu üretileceğinden açıklıklara daha az gaz akımı olacak ve dolayısıyla gazı seyreltmek için ortama gönderilecek hava miktarı düşecektir. Bu olay toz oluşumunu büyük bir oranda azaltacaktır.

Maden işçileri bazı hastalıklara sebebiyet veren çeşitli tozlara, buharlara ve dumanlara maruz kalırlar. Bu hastalıkların içinde en önemlisi inorganik tozun sebep olduğu pnömokonyoz' dur. Türkiye'deki madenlerde de en çok görülen ve en önemli hastalık pnömokonyoz' dur. Memleketimizde toz problemine gereken önem henüz verilmemiştir. Bilhassa yeraltı maden işçilerimiz toz ve tozun sebep olduğu hastalıklardan dolayı hem sağlıklarını kaybetmekte hem de daha az randımanla çalışmaktadır. Bunun yanında maden işletmeleri de meslek hastalıklarına ödenen yüksek maliyet tazminatlarından dolayı oldukça zarara girmektedir (Üstünkol, 1975).

Hava içinde bulunan toz, başta madencilik olmak üzere çeşitli endüstri kollarında zararlı olmaktadır. Normal şartlar altında, temiz bir atmosfer içinde 70-80 sene yaşayan bir kimsenin ciğerlerinde toplanan toz miktarı çok azdır ve hiçbir şekilde zararlı olamaz. Fakat yaşamın bir kısmını tozlu bir atmosferde geçiren bir kimsenin ciğerleri temizleme mekanizması vazifesini tam olarak yapamaz. Solunum sonucu akciğerlere giren tozun bir kısmı orada yerleşir ve devamlı orada kalır. İnsan sağlığına bu tozun zararı, cins ve miktarına bağlıdır. Bütün tozların zararlı olduğu muhakkaktır. Ancak bazılarının, silika gibi, zararları çok fazladır. Akciğerlerde toplanan 1-9 gram arasında % 20 silika ihtiva eden toz silikosis hastalığına, 15 gram silika ise ağır silikosis'e sebep olur. Eğer 50 gram ile 175 gram %1-2 siliko ihtiva eden toz akciğerlerde toplanmış ise pnömokonyoz hastalığına sebep olur.

Drenaj sistemlerinin uygulandığı işletmelerde hava hızının azalmasının bir sonucu olarak toz oluşumu azalacak ve işçilerin tozdan zarar görmesi engellenmiş olacaktır. Ayrıca drenajın işçi psikolojisi üzerine pozitif etkileri vardır. İşçiler kendilerini daha güvenilir bir ortamda hissedeceklerinden, daha verimli bir şekilde çalışmalarını sürdürecektir.

2.2.4. Su Problemi

Drenajın uygulandığı durumlarda gazla birlikte su da üretileceğinden, ortamda bulunan su alınmış ve çalışmalar için daha elverişli bir ortam hazırlanmış olacaktır.

2.2.5. Rezerv

Metanlı damarlarda ki çalışmalar yüksek metan içeriğinin söz konusu olduğu durumlarda sınırlandırılmaktadır. Metan gelirinin yüksek olduğu ve metan drenajının yapılmadığı damarlar, yüksek gaz içeriği yüzünden işletilememektedirler. Drenajın yapıldığı durumlarda ise bu durum ortadan kalkacak ve rezervden mümkün olduğunca faydalanılacaktır.

2.2.6. Satılabilir Bir Gaz Ürününün Elde Edilmesi

Batı Avrupa ocaklarında üretilen metan çeşitli yollarla demir çelik endüstrisi, kok fırınları, tuğla fırınları, cam fabrikaları, plastik üreten kimya endüstrisi gibi yerlerde yakıt olarak kullanılmaktadır (Flores, 1997). Gaz ayrıca elektrik üretiminde kullanılabilir. Gazın pazarlanması, gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini azaltacağı gibi kömür işletmelerine ek kazanç da sağlayacaktır. İlerleyen kısımlarda bu bölüm detaylarıyla ele alınacaktır.

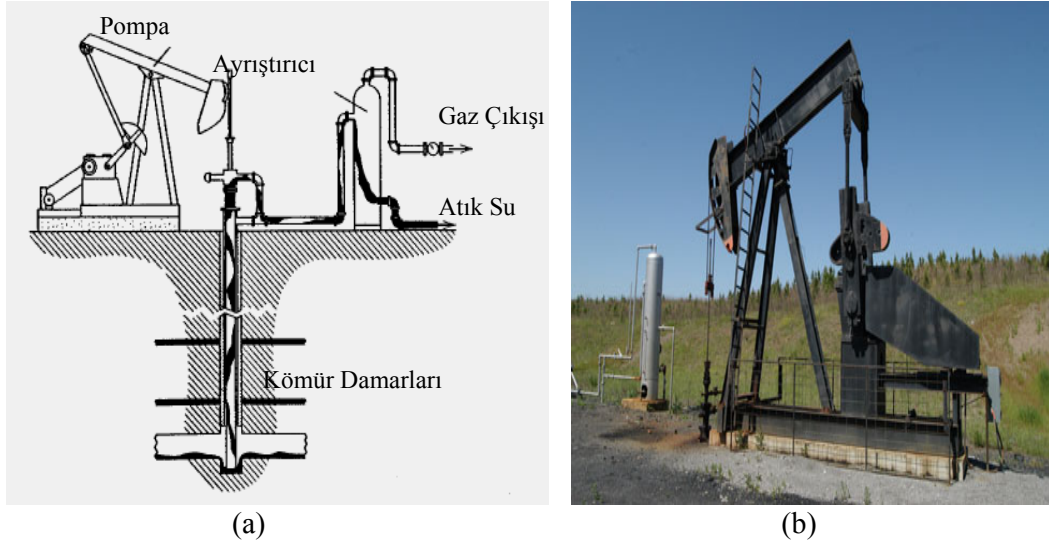
2.3. Metan Üretim Yöntemleri

Genel olarak, üretim faaliyetleri sonucu uzun ayak gerisinde sondaj delikleri vasıtasıyla grizu birikinti veya kaynağı ile temasa geçilmesi ve gazın emilmesi metan drenajı terimi ile tarif edilir. Drenaj işlemi, metanın bir boru sistemine dahil edilmesi, emici bir tulumadan geçirilmesi ve atmosfere bırakılması veya kullanılmak üzere endüstriyel tesislere ulaştırılması ile tamamlanır. Böylece, ortalama % 50-60 oranında ve bazı hallerde % 90'a kadar saf metan yeraltı işyerlerine erişmeden önce ocak dışına atılmış olur. Metan gazının kaynağından emilerek saf dışı bırakılması, nispeten gazlı sınıfa dahil edilen kömür ocaklarının kartiye, pano ve uzun ayak havalandırma sistemlerinin verimini hissedilir derecede artırır (Güney, 1971).

Drenaj sistemleri madencilik öncesinde, madencilik döneminde ve madencilik sonrasında kömür damarı içerisinde bulunan metan gazını üretirler. Drenaj sistemleriyle eş zamanlı olarak yürütülen havalandırma, çoğu madende metan konsantrasyonunu düşük tutmanın en ekonomik yöntemi olabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan drenaj yöntemleri, yüzeyden damara delinen düşey kuyular, yüzeyden göçük bölgesine delinen düşey kuyular, hazırlık galerilerinden arın önüne delinen yatay delikler ve çevreleyen tabakaya doğru delinen çapraz deliklerden oluşmaktadır (EPA-1, 1999).

2.3.1. Yüzeyden Delinen Düşey Kuyularla Drenaj

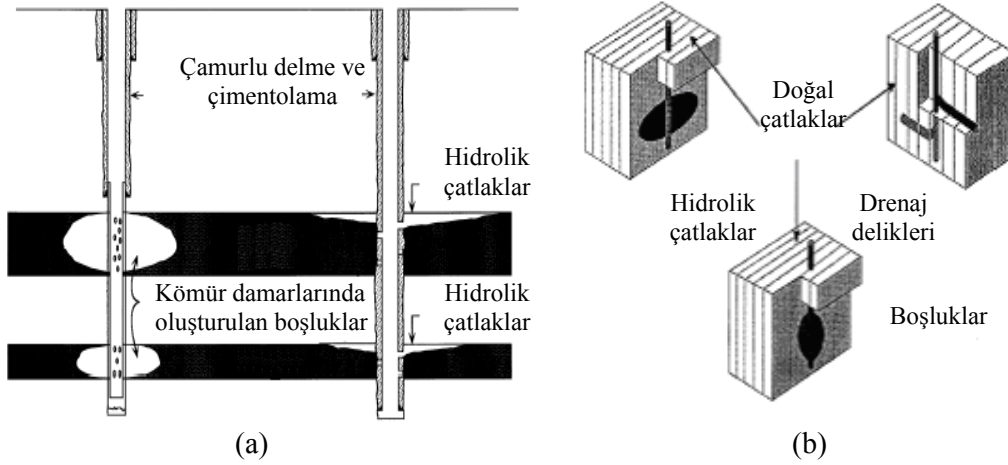
Bu yöntemde tek bir kömür damarı ya da birkaç damar boyunca delinen kuyular vasıtasıyla metanın madencilik işlemleri öncesinde drenajı sağlanır. Üretilen gaz bir pompayla ya da pompa kullanılmaksızın yeryüzüne alınır ve bir ayırıştırıcıya gönderilir. Düşey kuyular genellikle madencilik işlemleri başlamadan 2-7 yıl önce açılırlar ve damar işletilmeye başlamadan önce damardaki gazı üretirler. Yöntemde, kömür damarı gaz içeriğinin %50- 90'ı üretilir (Hartman vd., 1999)



Şekil 2.1. a) Düşey bir drenaj kuyusu ve düşey kuyularla üretime örnek bir uygulama (Hartman vd, 1999).

Kömür damarında bulunan su, çeşitli problemlere yol açmaktadır ve iyi bir gaz akışının sağlanması için ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Şekil 2.1 düşey bir kuyu boyunca

yapılan drenajı ve suyun ortamdan uzaklaştırılmasını göstermektedir. Uzaklaştırılan su ayrıştırılıp işlenmeli ya da çevresel açıdan kabul edilebilir bir seviyede imha edilmelidir.



Şekil 2.2. a)Yaygın olarak kullanılan yardımcı yöntemler ve b) gazın akışının gerçekleştiği açıklıklar

Yöntemde ayrıca gaz akışının artırılması için bir dizi tamamlayıcı metot kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan yöntem yüksek basınçta damara beslenen bir sıvı vasıtasıyla damar içerisinde çatlakların oluşturulması ve bu çatlaklardan gaz akışının sağlanması için katı taneciklerin kullanılmasıdır. Yaygın olarak kullanılan diğer bir prosedür ise her bir kömür damarında boşlukların oluşturulması ve gazın bu boşluklara akışının sağlanmasıdır (Şekil 2.2).

Düşey kuyular, kömür damarı ve çevreleyen tabakadan yüksek kaliteli gazı bünyelerine alırlar. 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 (Xue ve Guo, 2003).

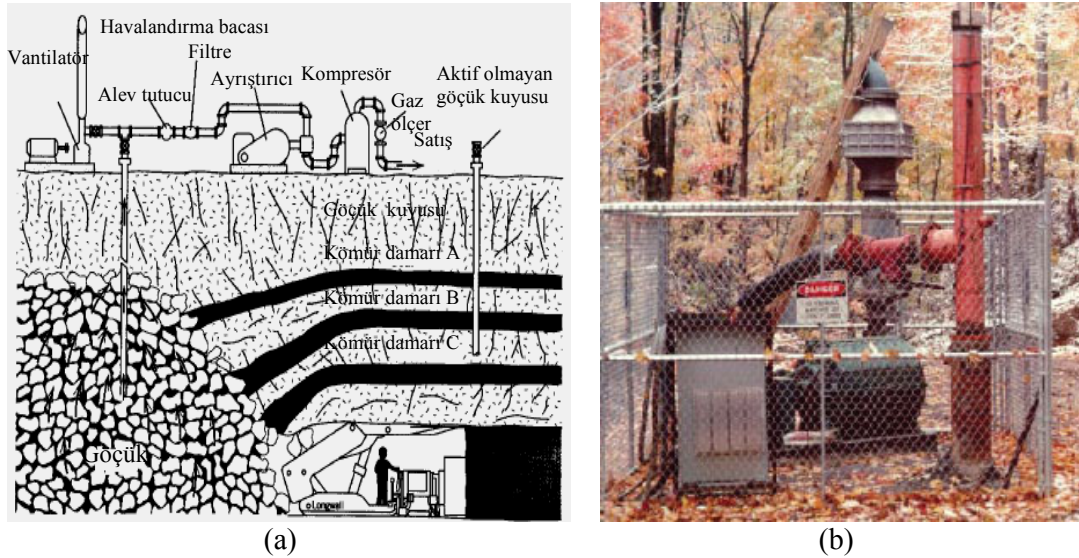
Yöntemin birçok kömür damarına eş zamanlı olarak uygulanabilmesi, özellikle damarların üst üste bulunduğu durumlarda işletmeye büyük avantajlar sağlamaktadır. Yöntemle madende gaz potansiyelinin azaltılmasının yanı sıra ticari açıdan ekonomik değere sahip kaliteli gaz ürün elde edilir. Yaygın olarak kullanılan drenaj yöntemlerine oranla daha yüksek kalitede gaz elde edilir. Gazın ısı değeri genellikle 8.426 kcal/m^3

değerinden daha büyüktür (EPA-1, 1999). Dolayısıyla doğal gaz olarak kullanılabilir. (EPA-1, 1999). Dolayısıyla doğal gaz olarak kullanılabilir.

Yöntemle ilgili problemler; ortamdaki gazın uzaklaştırılması gereken suyun varlığı ve/veya gazın izin verilebilir limit üzerinde azot yada karbondioksit içermesidir. Bu problemlerin her biri mevcut teknoloji kullanılarak bertaraf edilebilir, ancak bu masraflar metanın drenaj maliyetini arttıracaktır. Damarın metan içeriği yüksek ve metanın pazarlanması sonucu elde edilen gelirin yeterli olduğu düşünülürse bu problemler önemsiz olarak değerlendirilebilir. Metodun en büyük dezavantajları yüzey girişi gerektirmesi ve madencilik öncesinde zamana ihtiyaç duyulmasıdır.

2.3.2. Yüzeysel Göçük Bölgesine Delinen Kuyularla Drenaj

Yöntemle, kömür kazılıp göçertme işlemi gerçekleştirildikten kısa bir süre sonra göçük bölgesinde bulunan metan gazı üretilir. 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 2.3. a) Bir uzun ayaktaki göçük kuyularının tasarımı ve b) örnek bir uygulama (Hartman vd., 1999).

Yöntemde metan göçük bölgesinden kuyulara emilir ve kuyu boyunca hareket ederek yüzeye ulaşır. Akış oranları yüzeye yerleştirilen bir pompa sayesinde ya da düşük yoğunluklu metan gazı tarafından yaratılan doğal basıncın etkisiyle kontrol edilir (EPA-1, 1999). Şekil 2.3 bir madenin göçük bölgesinden metanı üretmek için kullanılan aktif bir göçük kuyusunu ve uzun ayak altına doğru ilerlediğinde çalıştırılacak olan bir kuyuyu göstermektedir. Bir uzun ayaktaki göçük kuyularının sayısı üretim oranı ve çevreleyen tabakanın gaz içeriğinin bir fonksiyonu olarak değişmektedir.

Yüzeyden göçük bölgesine delinen delikler, pano içerisindeki kuyu sayısına ve jeolojik koşullara bağlı olarak metan emisyonunun %30-70'ini kazanabilirler. Yöntemde elde edilen gaz, kömür temizleme işlemlerinde, kömürün kurutulmasında, binaların ısıtılmasında, elektrik üretiminde, gaz tribünlerinde ve içten yanmalı motorlarda kullanılabilir (Gatnar ve Tor, 2003).

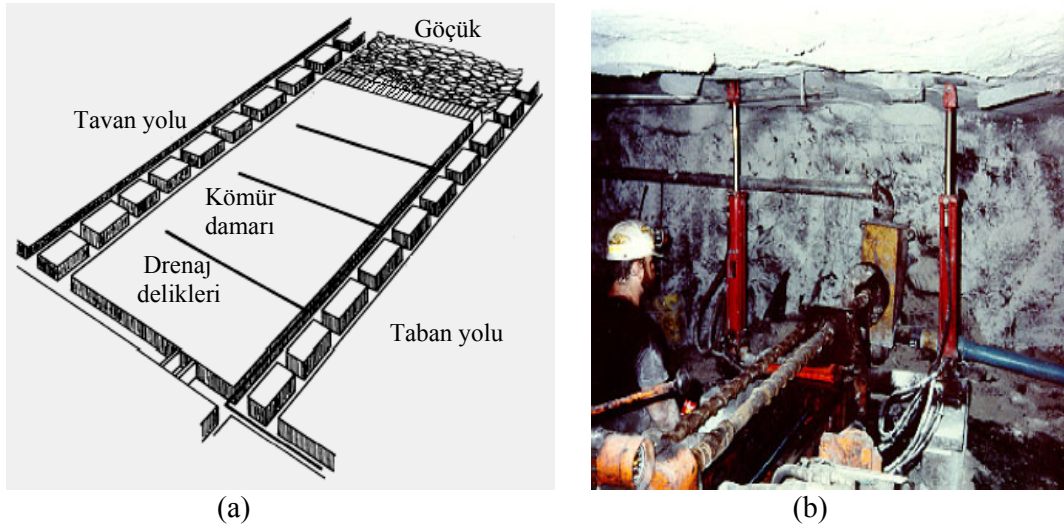
Yöntem hızlı ilerleyen uzun ayak aynalarında metan içeriğinin azaltılması için en etkili seçenektir. Yöntem düşey kuyularla karşılaştırıldığı zaman bazı dezavantajlara sahiptir. Bunlar; yüksek gaz içeriğinden yoksun olmaları, nispeten kısa üretim yaşamı ve üretimin sadece çevreleyen tabakalardan gerçekleştirilmesidir.

2.3.3. Tavan ve Taban Galerilerinden Arın Önüne Delinen Yatay Deliklerle Drenaj

Yatay delikler metan gazını üretmek için hazırlık galerilerinden damar içerisine doğru delinirler. Şekil 2.4 damar boyunca delinen yatay delikleri göstermektedir. Yöntemde, arının kazılmasından kısa bir süre önce arın gerisinde bulunan metan gazı üretilir ve çalışılan bölgeye sızması muhtemel metan gazı potansiyeli azaltılır.

Metan drenajı bu yöntem kullanılarak gerçekleştirileceği zaman deliklerden elde edilen gazı ocak içerisinde belirli bir bölgede toplamak için bir iletim hattı ve gazın yüzeye çıkarılması için bir düşey kuyuya ihtiyaç duyulacaktır.

Yatay delikler kısa ve uzun olarak delinmektedir. Kısa delikler, boyları 300 m' den daha küçük olan deliklerdir ve drenaj verimleri genellikle % 20' den daha azdır. Kısa delikler, metan konsantrasyonu yüksek ve damar geçirgenliğinin düşük olduğu ayaklarda uygulanır (EPA-1, 1999). Uzun deliklerin boyları 300 m' den daha büyüktür ve drenaj verimleri % 40'a kadar ulaşabilmektedir.

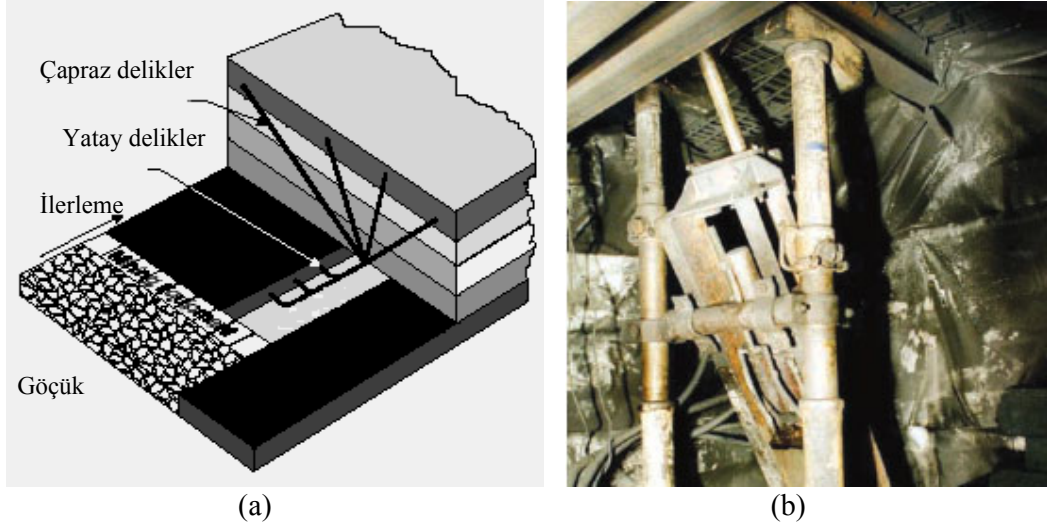


Şekil 2.4. Bir kömür damarına, tavan ve taban yolundan delinen delikler vasıtasıyla drenajın a) şematik gösterimi, b) örnek bir uygulama (McPherson, 2004).

Metan drenajı sadece kazılmamış kömür damarından yapıldığından ve drenaj zamanı kısa olduğundan dolayı yöntemin drenaj verimi düşüktür. Ele geçirilen metan miktarı az olmasına karşın gazın kalitesi yüksektir.

2.3.4. Çevreleyen Tabakaya Doğru Delinen Çapraz Deliklerle Drenaj

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). Drenaj verimi genellikle %20' den düşüktür ve metan saf değildir. Şekil 2.5 bir uzun ayakta çapraz deliklerle gerçekleştirilen metan drenajını göstermektedir.



Şekil 2.5. a) Bir uzun ayaktakta çapraz deliklerin tasarımı ve b) örnek bir uygulama (McPherson, 2004).

2.3.5 Drenaj Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Tablo 2.4'te drenaj yöntemlerinin tanımları yapılmış ve yöntemler drenaj verimi ve gaz kalitesi açısından birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Tablodan da anlaşılacağı gibi en verimli yöntem düşey kuyularla drenaj yöntemidir ve yöntemde elde edilen gazın kalitesi çok yüksektir.

Tablo 2.4. Drenaj yöntemlerinin karşılaştırılması (Hartman vd., 1999).

Drenaj yöntemi	Yöntem tanımı	Drenaj verimi	Gaz kalitesi
Düşey kuyularla drenaj	Yüzeyden damara doğru delinirler ve damar işletilmeden gazı drene ederler	≤ 70	Oldukça saf metan
Göçük kuyuları	Madencilik öncesinde, çalışılacak olan damardan 3- 15 m daha yukarıdaki bir seviyeye kadar delinirler ve sadece göçertme işlemi gerçekleştirildikten sonra faaliyete geçirilirler	≤ 50	Maden havasıyla kirletilmiş metan
Yatay delikler	Hazırlık galerilerinden damar içerisine doğru delinirler	≤ 20	Saf metan
Çapraz delikler	Maden açıklıklarından kömür damarını çevreleyen tabakalara doğru delinen deliklerdir	≤ 20	Maden havasıyla kirletilmiş metan

2.4. KKM'nın Drene Edilmesine Karar Verilmesi

Yeraltı kömür madenlerinde metan emisyonunun kontrol altına alınabilmesi amacıyla uygulanan, metan drenaj yöntemlerinin tasarımında karar verme aşamasında oluşacak metan emisyonunun tahmini önemli bir yer tutmaktadır. Metan emisyonunun tahmininde başlıca veriler, kömür damarlarının geçirgenliği ve metan içeriğidir. İlk olarak bu özelliklerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Metan içeriğinin 2,8 m³/ ton'dan daha küçük değerlerde olduğu durumlarda, gaz klasik havalandırma sistemleri kullanılarak seyreltilir (EPA-1, 1999). Damarın gaz içeriği belirtilen değerden büyükse gecikmeler hesaplanmalıdır. Burada bahsedilen gecikme drenaj yapılmadığı durumlarda metanın ortamdan uzaklaştırılıp ortamın çalışmaya elverişli koşullara erişinceye kadar geçen süredir. Gecikme süreleri mümkünse hesaplanarak, aksi halde tahmin edilerek üretim yapılmayan bu günler için bir kar-zarar durumu belirlenmelidir.

Drenaj yapılması durumunda kömür üretim veriminde, rezervde, havalandırmada, toz kontrolünde ve güvenlikte birçok ekonomik kazanç sağlayacaktır. Örneğin, daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi bir bölgede drenaj işlemleri yapılmaksızın klasik havalandırma sistemleri ile havalandırma sağlanıyorsa, metan konsantrasyonlarını yasal limitin altında tutabilmek için ortama fazla miktarda hava gönderilmesi gerekmektedir. Fazla miktarda havanın yeraltına gönderilmesi enerji tüketimini artıracığından havalandırma maliyetlerinde bir artma söz konusu olacaktır. Aynı zamanda fazla miktarda toz oluşacak ve tozların bastırılması için sistemler kurulacaktır. Bu bölümde drenajın sağlayacağı yararlar belirlenecektir.

Daha sonra en verimli yöntem olan düşey kuyu yöntemi için zaman mevcut olup olmamasına bakılmalıdır. Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi düşey kuyular madencilik çalışmaları öncesinde uygulandıklarından dolayı 2-7 yıl arası zamana ihtiyaç duymaktadırlar. İşletmenin hemen üretime başlaması söz konusu değilse düşey kuyu yönteminin uygulanması işletmenin yararına olacaktır. Şayet düşey kuyular için zaman mevcutsa düşey kuyu maliyeti ve drene edebilecekleri gaz miktarı hesaplanmalıdır. Sonraki aşamada göçük kuyularının gerekli olup olmadığına karar verilmelidir. Bu kararın verilmesindeki en büyük etken çevrede başka kömür damarlarının bulunmasıdır. Göçük işlemi gerçekleştirildikten sonra tavanda bulunan bu damarlardan gaz akışı sağlanabilmektedir. Bu damarların sayısı ve gaz içeriğine bağlı olarak gerek duyulursa

göçük kuyuları açılabilir. Göçük kuyularının uygulanmasına karar verilmişse yöntem maliyetinin ve yöntemle drene edilecek gaz miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Hazırlık galerilerinden damar içerisine delinen yatay deliklerin ve çevreleyen tabakaya doğru delinen çapraz deliklerin gerekli olup olmadığı araştırılmalıdır. Şayet gerekli ise bunlar için de yukarıda ki işlemler tekrarlanmalıdır.

Sonraki aşamada metanın satılabilirlik durumunun incelenmesine ihtiyaç vardır. Metan zenginleştirilmeden veya zenginleştirilerek pazarlanabiliyorsa bu seçenekler ayrı ayrı değerlendirilip iyi bir analiz yapılmalıdır. Metanın doğal gaz olarak kullanımının yanı sıra diğer bazı seçenekler mevcut ise bunlar değerlendirilmelidir. Yukarıdaki işlemler tamamlandıktan sonra toplam bir maliyet analizi yapıp drene edilen metanın kullanılıp kullanılmamasına karar verilmelidir.

2.5. Kömür Madenlerinden Açığa Çıkan Gazın Kullanım Alanları

Günümüzde küresel ısınma gittikçe kendini hissettirmeye başlamıştır. Ülkeler değişik miktarlarda metanı atmosfere yayarak küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır.

Küresel ısınmanın sık sık gündeme geldiği bu günlerde her ülke, her sektör kendi üzerine düşeni yerine getirmek zorundadır. Sektörel bazda olay ele alındığı zaman antropojenik metan emisyonunun % 8'i madencilik üretim faaliyetleri sonucunda serbest kalmaktadır. Drenaj işlemleri gazın değişik amaçlarda kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak, çoğu şirket drene edilen gazı direk olarak atmosfere bırakmaktadır. Metan bir sera gazı olarak karbondioksit oranla 21 kat daha fazla etkiye sahip olduğundan dolayı metan 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.

Geçtiğimiz yıllarda, ticari kullanımlar için kömür madenlerinden gazın ele geçirilmesinde büyük artışlar gözlenmiştir. 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.

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 20. asrın sonuna veya 21. asrın başlarında enerji kaynakları azalacak, böylece enerjinin korunması ve milli kaynakların maksimum kullanılması gerekecektir (Yerebasmaz, 1987).

Batı Avrupa ocaklarında 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 ve orta ısıl değere sahip gazın kullanılmasına yönelik bir takım teknolojiler bulunmaktadır (Bibler, ve Carothers, 2001).

2.5.1. Gazın Üretilmesi

Çeşitli kullanım alanlarında gazın kullanılabilmesi için ilk olarak gazın üretilmesi 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 (Xue ve Guo, 2003). Gazın üretilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlere önceki bölümlerde değinildiği için burada tekrar ele alınmamıştır.

Tablo 2.5'te gaz üretim yöntemleri değişik parametreler bakımından kıyaslanmış ve yöntemlerle elde edilen gazın kullanılabilirliği hakkında bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.5. Gaz üretim yöntemlerinin kıyaslanması (Bibler ve Carothers, 2001; EPA-1, 1999).

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 ₄ ; 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 gazın elektrik üretim amacına kullanılması	- 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 uygulanabilir	Geniş çapta uygulanabilir	Uygulanabilirlik geçirgenlik vb. gibi parametrelere bağlı

2.5.2. Kömür Kökenli Gazı Kullanım Teknolojileri

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

- 1) Doğal gazın yerine kullanma,
- 2) Maden işletmesinde ya da maden işletmesi civarında uygun amaçlarda gazın kullanılması,
- 3) Elektrik üretiminde kullanma,
- 4) Gazın imhası gibi seçeneklerden oluşmaktadır (Tablo2.6).

Tablo 2.6. Kömür kökenli metanın kullanım/emisyon azaltım seçenekleri (Bibler ve Carothers, 2001).

Doğal gaz yerine gazın kullanılması	
Kullanım/azaltım seçenekleri	Direkt olarak metanın kullanılması
	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)
	Elektirik üretimi
	Kömürle birlikte gazın müşterek yakılması (elektrik üretmek için)
	İçten yanmalı motorlar
	Türbinler
	Yakıt hücreleri
	Havalandırma havası oksidasyonu
	İmha (yakma, havalandırma havasının oksidasyonu)

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 kömür ya da diğer yakıtların kullanıldığı buhar kazanlarında bu yakıtlar yerine 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 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.

2.5.2.1. Doğal Gaz Yerine Gazın 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' den fazla nonhirokarbon gazları 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 gaz ile karıştırılması ile gaz zenginleştirilebilmektedir (URL-2, 1998).

Amerika’ da gazlı kömür madenlerinden elde edilen kömür kökenli metan doğal gaz dağıtım şirketlerine pazarlanmaktadır. (Bibler vd., 1997).

2.5.2.2. Zenginleştirme

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 vd., 2006)

Yaygın olarak kullanılan nitrojen arındırma teknolojileri krojenik uygulamalar, basınç salınımıyla emilme sistemi ve selektif absorpsiyon teknolojileridir. Krojenik uygulamalarda (düşük sıcaklık uygulamaları) yüksek basınçta beslenen gaz kümesini sıvılaştırmak için bir dizi ısı değiştirici kullanılmaktadır. Yöntemde karışım hareketlendirilir. Böylece azotça zengin akış damıtma ayırıştırıcı kanalına yönlendirilirken, metanca zengin karışım içte kalır. Basınç salınımıyla emilme sisteminde farklı konsantrasyonlarda ve oranlarda metan ve azotu selektif olarak adsorplamak için değişik maddeler kullanılmaktadır. Selektif absorpsiyonda ise değişik gaz türlerine bağlı olarak farklı absorpsiyon kapasitelerine sahip çözücüler kullanılmaktadır.

Gazın zenginleştirmesindeki başka bir seçenek gazın minimum doğal gaz standartlarını karşılaması için gerekli ve yeterli ısı değere sahip bir karışım oluşturmak amacıyla yüksek ısı değere 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 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 yönteme 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 vd., 2006).

KKM'nin kullanımında başka bir seçenek bir araç yakıtı olarak gazın kullanılmasıdır. Kömür gazının 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. Yüzeyle alınan gaz sıkıştırıldıktan sonra işletmede faaliyet gösteren üretim araçlarında yakıt olarak kullanılmaktadır (Pilcher vd., 2004).

2.5.2.3. KKM'nin Direkt Kullanımı

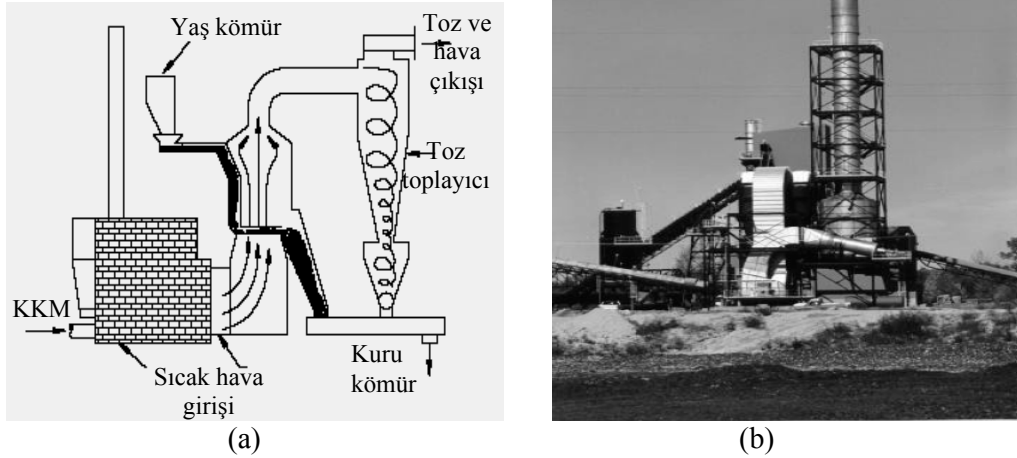
Kömür gazının madende veya madene yakın bölgelerde direkt olarak kullanımına yönelik birçok seçenek vardır. Kömür kökenli metan kömür yada petrolün kullanıldığı bazı uygulamalarda kullanılabilir. Ayrıca elektrik yada ısı üretmek için kullanılan yöntemlerde kaynak olarak bu gazın kullanılması bir seçenektir. Maden işletmelerinde yakın bölgelere yerleştirilen (40 kilometreden daha az) kazanlar gazın pazarlanmasında muhteşem bir pazar olabilmektedir. Yıllardan beri Avrupa, Rusya ve Çin ısı ve/veya elektrik üretmek için kazanlarda kömürle birlikte metanı eş zamanlı olarak yakmaktadırlar.

Batı Avrupa ocaklarında 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).

2.5.2.4. Kömürün Kurutulması

Kömürün kurutulmasında gazın 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 kullanılabilmekte ve kurutma sırasında nem oranı %3'e kadar düşürülebilmektedir.



Şekil 2.6. a) Termal kurutucularda kömür kökenli metanın kullanımı ve b) örnek bir tesis (EPA-2, 1998).

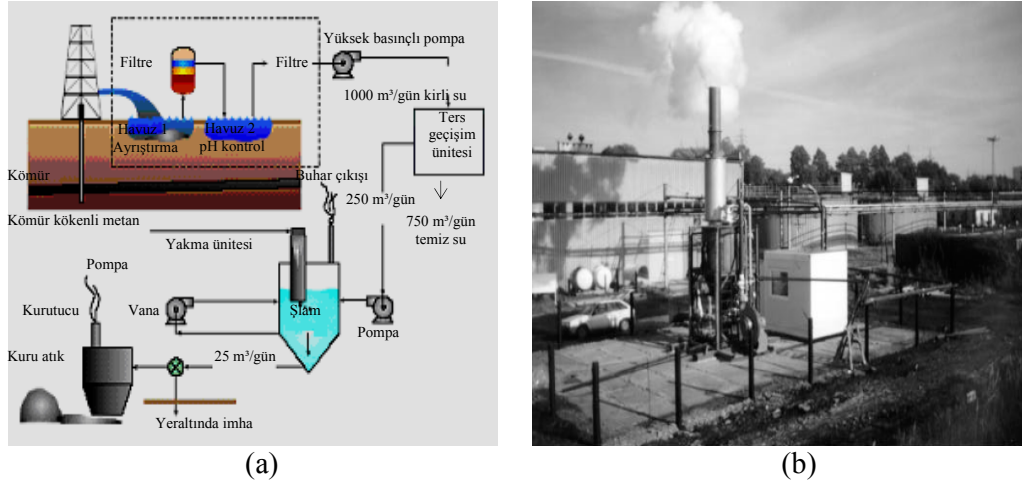
Uçucu gazlı kurutucularda sıcak gaz beslenen kömürle birlikte, yüksek bir hızla (20-40 m/s) boru şebekesinin içinden üflenmektedir. Böylelikle gaz sadece kurutma görevi yapmayıp kömürün nakliyesinde yardım etmektedir (Şekil 2.6). Gaz ve kömür arasındaki relatif hız farkından dolayı açığa çıkan su buharı 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; işletme ve bakım masraflarının azaltılması, düşük maliyette hazırlıktan

dolayı düşük fiyata kömürün satılabilmesi ve atmosfere yayılan SO_2 ve NO_x ve kirletici emisyon miktarlarında azalma meydana gelmesidir.

2.5.2.5. 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.



Şekil 2.7. a) Kömür madeninden üretilen suyun yakıt olarak kömür kökenli metanın kullanıldığı bir prosesle bertaraf edilmesi b) örnek bir tesis (EPA-3, 1998).

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. Şekil 2.7'de böyle bir sistem şematik olarak gösterilmiştir. 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 (Biber vd., 1997).

2.5.2.6. Maden Tesislerinin ve Havasının 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 kullanımını diğer kullanım seçenekleriyle kıyaslandığı zaman metan emisyonunun azaltılmasında daha az etkiye sahiptir. Şekil 2.8’de bir maden ısıtıcısını ve gerekli bağlantıları gösterilmektedir.



Şekil 2.8. a) Bir maden havası ısıtıcısı, b) gerekli bağlantılar (Jacobson, 2001)

Uygulama özellikle Çin’ de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çin madenlerinden elde edilen metanın büyük bir kısmı maden tesislerinin ısıtılmasında kullanılmaktadır (Bibler vd., 1997). Şekil de Colorada kentinde West Elk madeninde uygulanan sistemi göstermektedir. Şekildeki gibi yerleştirilen ve metanı yakarak ısı üreten üç ısıtıcı sayesinde ocak giriş havası ısıtılmaktadır.

2.5.2.7. 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.

2.5.2.8. Elektrik Üretiminde Gazın Kullanılması

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

2.5.2.9. Çeşitli Araçlar Vasıtasıyla Gazın Elektrik Üretiminde Kullanılması

İçten yanmalı motorlar % 45 konsantrasyonlarında metan gazını kullanarak elektrik üretebilecek şekilde adapte edilebilmektedir. Kömür gazının içten yanmalı motorlarda kullanılmasının birçok ticari başarılı uygulaması bulunmaktadır.

Almanya, İngiltere, Japonya ve Avusturalya'da elektrik üretimi için kömür gazını yakıt olarak kullanan türbinler kullanılmaktadır. Birçok modern türbin modeli değişik oranlarda metana uyuma sağlayabilecek biçimde üretilebilmektedir. Şekil 2.9 elektrik üretiminde Akbira madeninden elde edilen gazın kullanıldığı bir türbin sistemini göstermektedir.



Şekil 2.9. Japonyada Akbira madeninden elde edilen metanın türbinlerde elektrik üretiminde kullanılması (EPA-4, 1998).

2.5.2.10. Ocak Çıkış Havaının Oksidasyonu Sayesinde Elektrik Üretilmesi

İşletmeler metanın bir kısmını herhangi bir drenaj sistemiyle üretip değişik amaçlar için kullanmaktadır. Ancak kömür kökenli metanın büyük bir çoğunluğu havalandırma çıkış kuyusundan atmosfere yayılmaktadır. 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 CO₂' 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 karbondioksite dönüştürülebilmektedir. Düşük konsantrasyonlu metan için uygulanan bu oksidasyon sistemi termal dönüştürücü reaktör sistemidir. Ukrayna ve Avustralya'da kömür kaynaklı metan emisyonunun oksidasyonu üzerine ticari bir termal dönüştürücü reaktör sisteminin kömür madenlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması için pilot çaplı bazı testler yapılmıştır . Konu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

Şekil 2.10'da İngiltere ve Amerika'da test edilen sistemler gösterilmektedir. Hava çıkış kuyusundaki metan sisteme alınıp oksitlenerek karbondioksite dönüştürülmektedir.



Şekil 2.10. a) İngiltere ve b) Amerika'daki kömür madenlerinden atmosfere yayılan metanın oksitlenmesi için kurulan bir sistem (Carothers vd., 2003).

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

2.5.2.11. Gazın Yanma Yoluyla İmha Edilmesi

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

Özellikle ileriki yıllarda artan çevre bilincine bağlı olarak uygulamada artışların gözlenmesi tahmin edilmektedir. Ohio’ da Nelms madeninin çıkış hava çıkış kuyusuna yerleştirilen flaresler ile metan yakılmaktadır. Şekil 2.11’de gazın imhasında kullanılan 6 adet flares gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Ohio kentinde Nelms madeninde bulunan flaresler (Sööt vd., 2006).

3. ENERJİ ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN ANTROPOJENİK METAN EMİSYONLARININ ANALİZİ

Bu çalışmada, 1990-2020 yılları arasında EPA tarafından yayınlanan CO₂ harici antropojenik sera gazlarının emisyon tahminleri kullanılmıştır. Çalışmada ülkeler belirli özellikler bakımından gruplandırılmıştır. Gruplar ve ülkeler bazında açığa çıkan metan emisyonlarının istatistiksel analizi yapılarak emisyon miktarlarındaki değişimler yorumlanmıştır.

Oluşturulan gruplar Afrika, Çin ve Merkezi Planlı Asya, Latin Amerika, Orta Doğu, Doğu Avrupa, Bağımsız devletler, Güney ve Güneydoğu Asya ve OECD ülkelerinden oluşmaktadır. Grupları oluşturan ülkeler aşağıdaki gibidir.

Afrika: Cezayir, Kongo Cumhuriyeti, Mısır, Etiyopya, Nijerya, Senegal, Güney Afrika, Uganda, diğer ülkeler.

Çin ve Merkezi Planlı Asya: Kamboçya, Çin, Laos, Moğolistan, Kuzey Kore, Vietnam, diğer ülkeler.

Latin Amerika: Arjantin, Bolivya, Brezilya, Şili, Kolombiya, Ekvador, Meksika, Peru, Uruguay, Venezuela, diğer ülkeler.

Orta Doğu: İran, Irak, İsrail, Ürdün, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, diğer ülkeler.

Doğu Avrupa: Arnavutluk, Hırvatistan, Makedonya, diğer ülkeler

Bağımsız Devletler: Ermenistan, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Gürcistan, Kazakistan, Kırgızistan, Moldova, Rusya, Tacikistan, Türkmenistan, Ukrayna, Özbekistan, diğer ülkeler.

Güney ve Güneydoğu Asya: Bangladeş, Hindistan, Endonezya, Myanmar, Nepal, Pakistan, Filipinler, Singapur, Güney Kore, Tayland, diğer ülkeler.

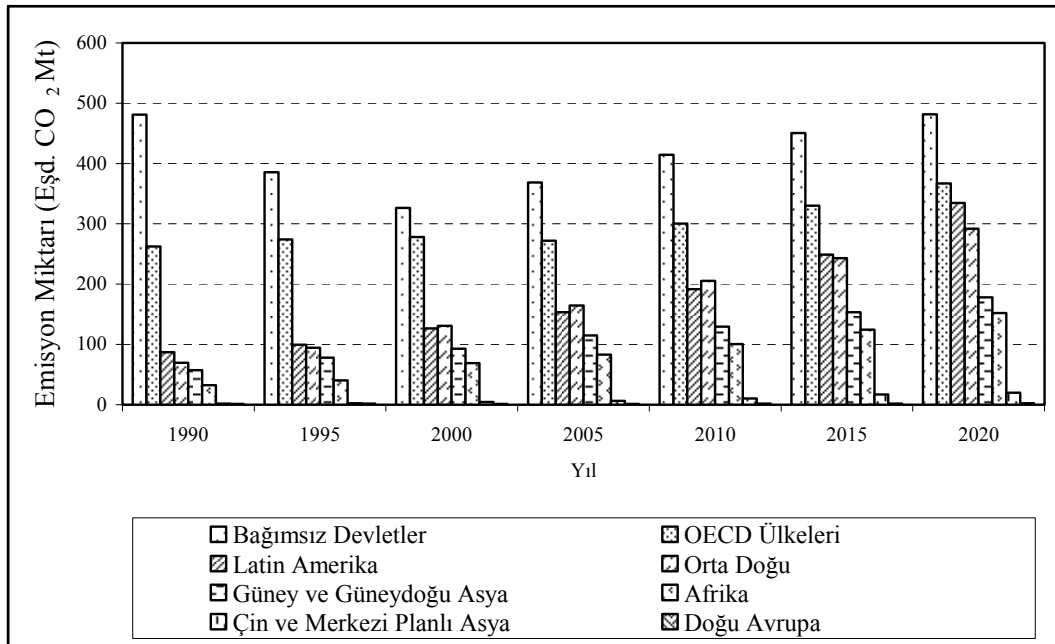
OECD ülkeleri: Avusturya, Avustralya, Belçika, Bulgaristan, Kanada, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İtalya, Japonya, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Monaco, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, İngiltere, Amerika, diğer ülkeler.

3.1. Doğal Gaz ve Petrol Kaynaklı Metan Emisyonları

Tablo 3.1’de gruplar bazından açığa çıkan metan emisyonlarının miktarları verilmiştir. Doğalgaz ve petrol kaynaklı emisyonlar toplam metan emisyonunun 1990 yılı için %17,08’i, 1995 yılı için % 16,72’si, 2000 yılı için %17,11’i, 2005 yılı için %18,18’i, 2010 yılı için %19,70’i, 2015 yılı için %21,33’ü ve son olarak 2020 yılı için % 23,12’si olarak hesaplanmıştır. Ele alınan dönemlerdeki ortalama değerlere bakılacak olursa doğal gaz ve petrol kaynaklı emisyonlar metan emisyonlarının % 19,29’unu oluşturmaktadır.

Tablo 3.1. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan doğal gaz ve petrol kaynaklı metan emisyonlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt.) (Ek Tablo 5-12)

Gruplar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bağımsız Devletler	481,2	385,66	326,43	368,38	414,57	450,53	481,4
OECD Ülkeleri	262,7	274,04	278,11	272,23	300,53	329,91	366,97
Latin Amerika	86,93	99,71	126,31	153,44	191,3	249,1	334,72
Orta Doğu	69,43	94,63	131,1	164,45	205,44	243,09	291,97
Güney ve Güneydoğu Asya	57,29	77,81	93,12	115,16	129,74	153,51	178,05
Afrika	32,29	40,72	69,1	83,18	100,4	124,41	151,85
Çin ve Merkezi Planlı Asya	2,22	2,75	4,32	6,56	10,49	17,07	20,21
Doğu Avrupa	1,55	1,92	1,37	1,62	1,95	2,13	2,41



Şekil 3.1. Doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı

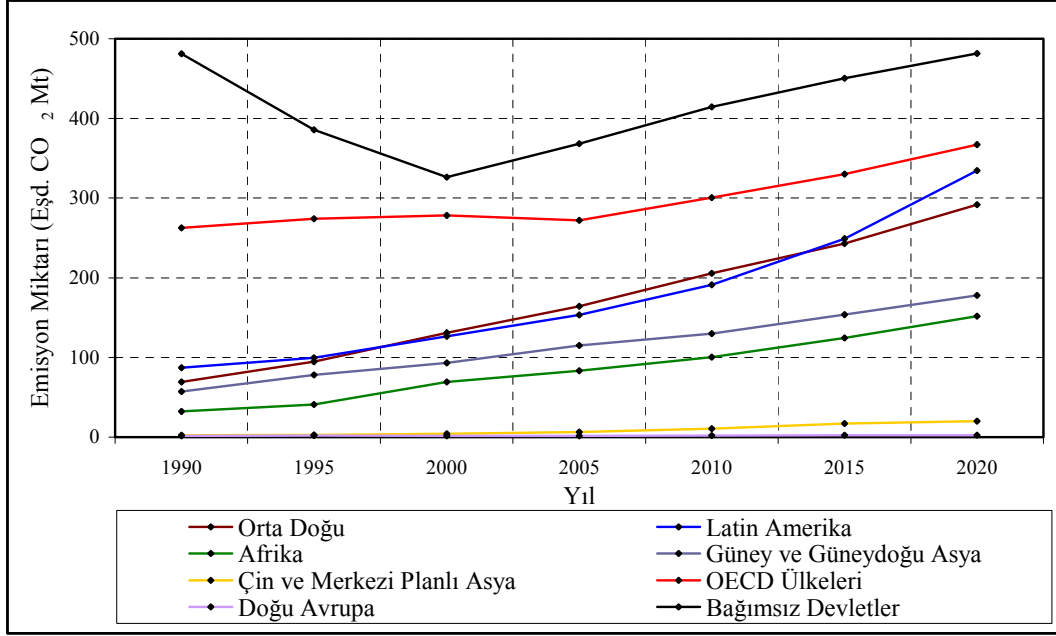
Petrol ve doğal gaz sistemlerinden en fazla emisyon açığa çıkaran grup Bağımsız Devletler'dir. Bağımsız devletleri sırasıyla OECD ülkeleri, Latin Amerika, Orta Doğu, Güney ve Güneydoğu Asya, Afrika, Çin ve Merkezi Planlı Asya takip etmektedir. Şekil 3.15'te belirlenen grupların metan emisyon miktarlarına yüzde olarak katkısı verilmiştir. 30 yıllık dönem için ortalama değerler ele alınacak olursa Bağımsız devletler emisyon miktarının % 33'ünden, OECD ülkeleri % 23'ünden, Latin Amerika % 14'ünden, Orta Doğu ülkeleri % 13'ünden, Güney ve Güneydoğu Asya % 9 'undan, Afrika % 7'sinden, Çin ve Merkezi Planlı Asya ise % 1'inden sorumludur.

Emisyon miktarlarındaki en yüksek değişimler Bağımsız Devletler için 1990-1995 yılları arasında % -19,85, OECD ülkeleri için 2015-2020 yılları arasında % 11,23, Latin Amerika için 2015-2020 yılları arasında % 34,37, Orta Doğu için 1995-2000 yılları arasında %38,54, Güney ve Güneydoğu Asya için 1990-1995 yılları arasında 35,82, Afrika için 1995-2000 yılları arasında % 69,7 ve Çin ve Merkezi Planlı Asya için 2010-2015 yılları arasında % 62,7 olarak hesaplanmıştır. Toplam değişimler ise Bağımsız Devletler için % 0,05, OECD ülkeleri için %39,7, Latin Amerika için 285,05, Orta Doğu için 320,52, Güney ve Güneydoğu Asya için % 210,79, Afrika için% 370,27, Çin ve Merkezi Planlı Asya için 810,36 olarak hesaplanmıştır. Toplam değişimler bakımından en yüksek değişim Çin ve Merkezi Planlı Asya'da meydana gelirken, en düşük değişim ise Bağımsız Devletlerde meydana gelmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Doğal gaz ve Petrol üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarında 1990-2020 yılları arasında meydana gelen yüzde değişimler (Eşd. CO₂ Mt.)

Gruplar	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
Bağımsız Devletler	-19,85	-15,36	12,85	12,54	8,67	6,85	0,05
OECD Ülkeleri	4,32	1,49	-2,11	10,40	9,78	11,23	39,70
Latin Amerika	14,70	26,68	21,48	24,67	30,21	34,37	285,05
Orta Doğu	36,30	38,54	25,44	24,93	18,33	20,11	320,52
Güney ve Güneydoğu Asya	35,82	19,68	23,67	12,66	18,32	15,99	210,79
Afrika	26,11	69,70	20,38	20,70	23,91	22,06	370,27
Çin ve Merkezi Planlı Asya	23,87	57,09	51,85	59,91	62,73	18,39	810,36

Şekil 3.2'de gruplardan açığa çıkan metan emisyonlarının yıllar bazında değişimleri gösterilmektedir. Bağımsız devletler için emisyon miktarı 2000 yılına kadar bir düşüş gösterirken ilerleyen yıllarda bir miktar artmıştır. OECD ülkelerindeki değişimler daha yavaşken diğer ülkelerdeki değişimlerin daha hızlı olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.2. Doğal gaz ve petrol üretiminden kaynaklanan metan emisyonları miktarının 1990-2020 yılları arasındaki değişimi

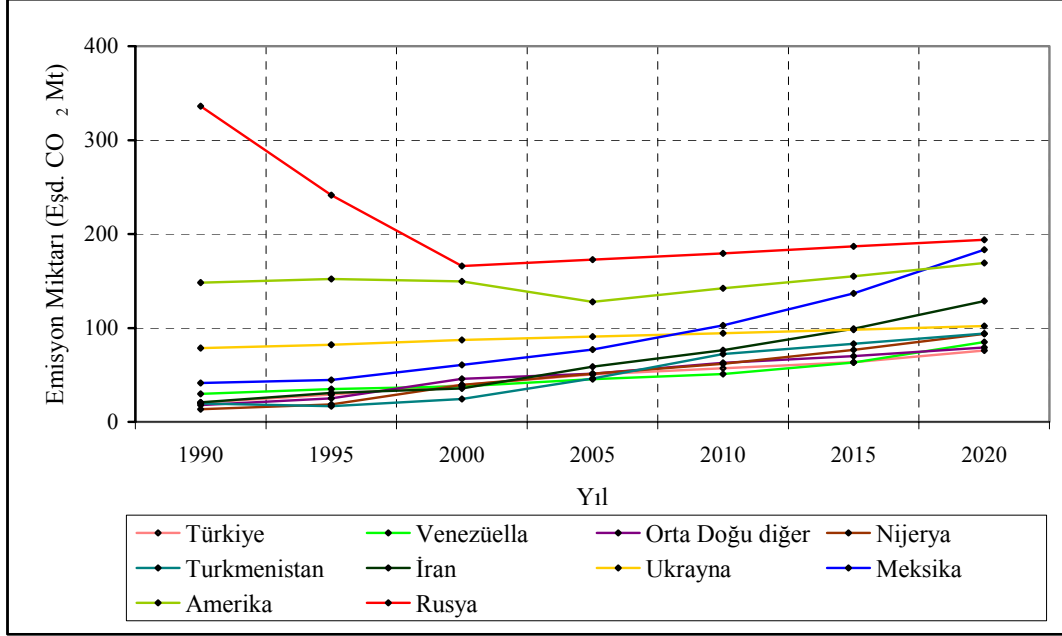
1990-2020 yılları arasında gruplar bazında doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları hesaplanmış ve tablo daki değerler elde edilmiştir.

Tablo 3.3. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Gruplar	Ortalama	S.S.
Bağımsız Devletler	415,45	59,06
OECD Ülkeleri	297,78	37,99
Latin Amerika	177,35	88,96
Orta Doğu	171,44	80,41
Güney ve Güneydoğu Asya	114,95	42,55
Afrika	85,99	43,29
Çin ve Merkezi Planlı Asya	9,08	7,1
Doğu Avrupa	1,85	0,36

Elde edilen veriler, normal dağılıma uygunluk gösterdiğinden dolayı varyans analizi ile test edilmiştir. Test sonucunda Latin Amerika, Orta Doğu, Güney ve Güneydoğu Asya ve Afrika ülkelerinden doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak açığa çıkan

metan emisyonları arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı saptanmıştır. Grupların toplam emisyonu katkılarını incelendiğinde doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan emisyonlarda birinci sırayı Bağımsız Devletler almaktadır. Bağımsız Devletleri OECD ülkeleri, yukarıda bahsedilen ve aralarında istatistiksel açıdan fark olmayan gruplar, Çin ve Merkezi Planlı Asya ve Doğu Avrupa takip etmektedir (Tablo 3.3).



Şekil 3.3. Doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi

Ülkelerin 1990-2020 yılları arasındaki dönemde yaydıkları ortalama emisyonlar dikkate alındığında Rusya petrol ve doğal gaz üretiminden kaynaklanan emisyonların % 16,55'ini oluşturmaktadır. Rusya'yı %11,71 ile Amerika, %7,25 ile Meksika, %7,10 ile Ukrayna, %5,05 ile İran, %3,99 ile Türkmenistan, %3,98 ile Nijerya, %3,95 ile Orta Doğu'nun resti, %3,90 ile Venezüella, %3,78 ile Türkiye takip etmektedir. Şekil 1990-2020 yılları arasında yukarıda adı geçen ülkelerden doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarındaki değişimleri göstermektedir. Ele alınan dönemde bahsedilen ülkelerden açığa çıkan emisyonlarda artışlar gözlenmiştir.

Tablo 3.4. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Yıl	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ortalama	13,1253	12,9808	13,5571	15,1243	17,5210	20,2347	23,4911
Ortanca değer	1,1300	1,1300	1,1700	1,5900	1,6300	1,7100	1,8900
Standart Sapma	42,6704	35,5742	31,1666	31,9923	35,8786	40,1938	46,0443
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Maximum	336,00	241,50	165,90	172,65	179,40	190,74	216,19

Petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan ülkelerin ortalama metan emisyonlarının yıllara göre dağılımı hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.4'teki gibidir. Veriler normal dağılıma uymadığından freadman varyans analizi ve bonferroni düzeltmesi ile Wilcoxon işaretli sıralar testi analiz için uygulanmıştır. Analiz sonucunda yıllar arasında ülkelerin ortalama metan emisyonları açısından fark olduğu gözlenmiştir. Yıllar bazında ülkelerin petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan ortalama metan emisyonları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir artış saptanmıştır.

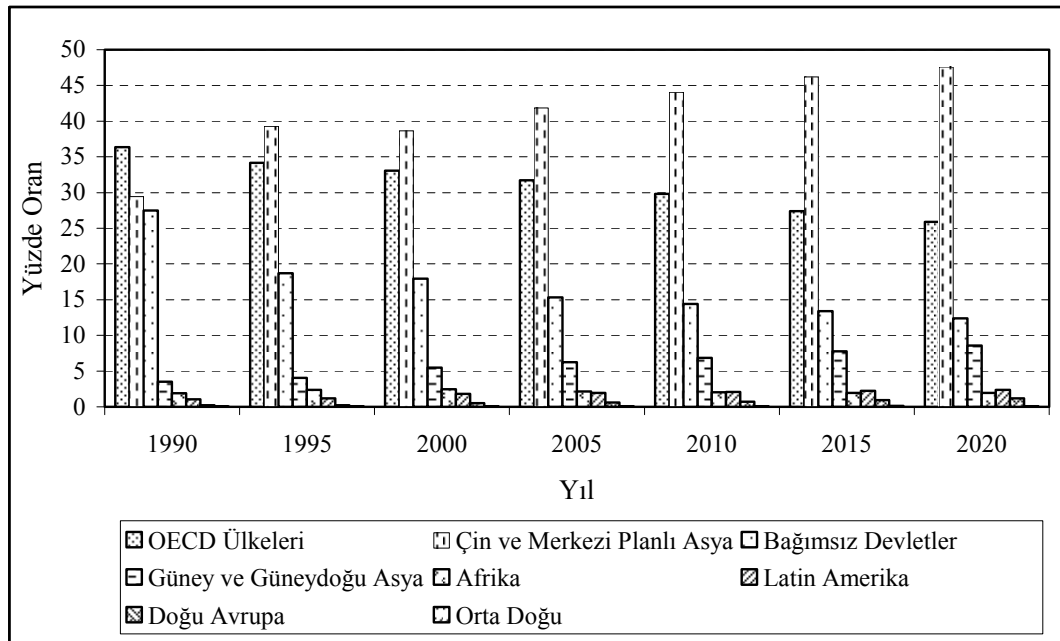
3.2. Kömür Üretiminden Kaynaklanan Metan Emisyonları

Kömür üretiminden kaynaklanan emisyonlar toplam metan emisyonunun 1990 yılı için % 8,88, 1995 yılı için % 7,72, 2000 yılı için % 6,26, 2005 yılı için % 6,06, 2010 yılı için % 5,93, 2015 yılı için % 5,78 ve son olarak 2020 yılı için % 5,69 olarak hesaplanmıştır. Ele alınan dönemlerdeki ortalama değerlere bakılacak olursa kömür üretiminden kaynaklanan emisyonlar metan emisyonlarının % 6,52' sini oluşturmaktadır.

Tablo 3.5. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının 1990-2020 yılları arasındaki miktarları (Eşd. CO₂ Mt.) (Ek Tablo 13-20).

Topluluk Adı	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
OECD Ülkeleri	187,99	154,3	124,56	123,17	121,5	116,71	116,31
Çin ve Merkezi Planlı Asya	152,05	177,3	145,55	162,47	179,5	196,63	213,89
Bağımsız Devletler	142,04	84,4	67,59	59,51	58,63	57,02	55,58
Güney ve Güneydoğu Asya	18,13	18,28	20,75	24,28	27,85	33,14	38,52
Afrika	9,74	10,69	9,31	8,41	8,25	8,22	8,68
Latin Amerika	5,44	5,33	6,89	7,6	8,44	9,46	10,7
Doğu Avrupa	1,05	0,96	1,85	2,3	2,97	3,93	5,34

Kömür madenciliğinden kaynaklı metan emisyonlarından sorumlu olan grupların başında Çin ve Merkezi Planlı Asya gelmektedir. Çin ve Merkezi Planlı Asya'yı sırasıyla, OECD ülkeleri, Bağımsız devletler, Güney ve Güneydoğu Asya, Afrika, Latin Amerika ve Doğu Avrupa takip etmektedir. Şekil 3.4 yıllara bağlı olarak her bir grubun yaydığı emisyon miktarının toplam içerisindeki payı gösterilmiştir. 1990-2020 yılları arasındaki ortalama değerler ele alınırsa Çin ve Merkezi Planlı Asya toplam emisyon miktarının % 41' ini, OECD ülkeleri % 31' ini, Bağımsız Devletler % 17'sini, Güney ve Güneydoğu Asya % 6'sını, Afrika % 2'sini, Latin Amerika %2'sini, Doğu Avrupa ise % 1'ini oluşturmaktadır.



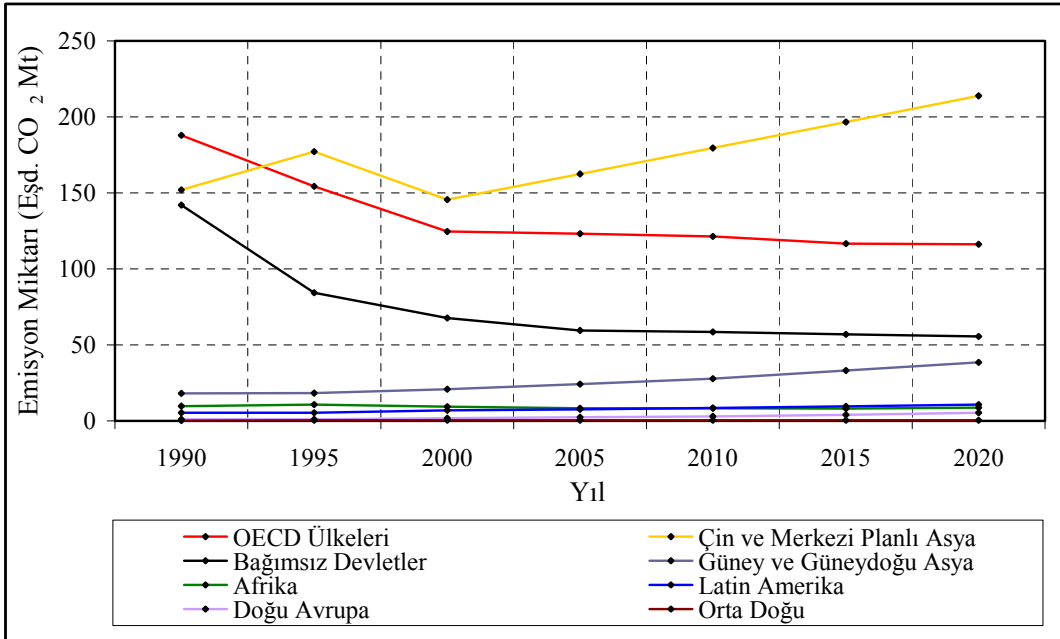
Şekil 3.4. Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında içerisindeki oranı

Emisyonlardaki en yüksek artışlar OECD ülkeleri için 1995-2000 yılları arasında % -19,28, Çin ve Merkezi Planlı Asya için 1995-2000 yılları arasında % -17,89, Bağımsız Devletler için 1990-1995 yılları arasında % -40,58, Güney ve Güneydoğu Asya için 2010-2015 yılları arasında % 18,99, Afrika için 1995-2000 yılları arasında % -12,91, Latin Amerika için 1995-2000 yılları arasında 29,27, Doğu Avrupa ülkeleri için 1995-2000 yılları arasında % 92,71 olarak hesaplanmıştır. 30 yıllık dönemde ise en yüksek değişim Doğu Avrupa ülkelerinde meydana gelmektedir. Doğu Avrupa ülkelerini sırasıyla Güney

ve Güneydoğu Asya, Latin Amerika, Bağımsız Devletler, Çin ve Merkezi Planlı Asya, OECD ülkeleri ve Afrika takip etmektedir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler (Eşd. CO₂ Mt.)

Topluluk Adı	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
OECD Ülkeleri	-17,92	-19,28	-1,12	-1,36	-3,94	-0,34	-38,13
Çin ve Merkezi Planlı Asya	16,58	-17,89	11,62	10,48	9,54	8,78	40,67
Bağımsız Devletler	-40,58	-19,92	-11,95	-1,48	-2,75	-2,53	-60,87
Güney ve Güneydoğu Asya	0,83	13,51	17,01	14,70	18,99	16,23	112,47
Afrika	9,75	-12,91	-9,67	-1,90	-0,36	5,60	-10,88
Latin Amerika	-2,02	29,27	10,30	11,05	12,09	13,11	96,69
Doğu Avrupa	-8,57	92,71	24,32	29,13	32,32	35,88	408,57



Şekil 3.5. Kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonları miktarının yıllara göre değişimi

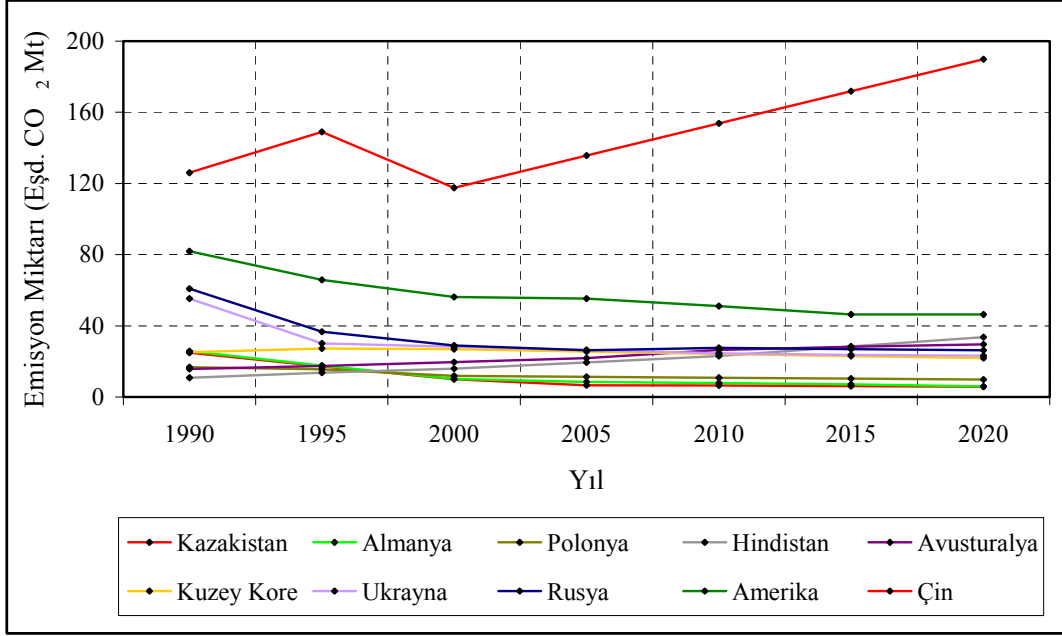
Şekil 3.5 yıllara göre kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyon miktarlarındaki değişimleri göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi 30 yıllık zaman periyodunda OECD ülkeleri, Bağımsız Devletler ve Afrika ülkeleri için açığa çıkan emisyonlar zamanla azalırken Çin ve Merkezi Planlı Asya, Güney ve Güneydoğu Asya, Latin Amerika, Doğu Avrupa ve Orta Doğu ülkeleri için artmaktadır.

Tablo 3.7. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Gruplar	Ortalama	S.S.
Çin ve Merkezi Planlı Asya	175,34	26,75
OECD Ülkeleri	134,93	24,34
Bağımsız Devletler	74,96	31,21
Güney ve Güneydoğu Asya	25,85	7,77
Afrika	9,04	0,92
Latin Amerika	7,69	2,00
Doğu Avrupa	2,62	1,58
orta doğu	0,38	0,06

Elde edilen veriler, normal dağılıma uygunluk gösterdiğinden dolayı varyans analizi ile test edilmiştir. Test sonucunda Güney ve Güneydoğu Asya, Afrika, Latin Amerika, ve Doğu Avrupa ülkelerinden kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonları arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı saptanmıştır. Grupların toplam emisyonu incelendiğinde kömür üretiminden kaynaklanan emisyonlarda birinci sırayı Çin ve Merkezi Planlı Asya almaktadır. Çin ve Merkezi Planlı Asya'yı OECD ülkeleri, Bağımsız Devletler, yukarıda bahsedilen ve aralarında istatistiksel açıdan fark olmayan gruplar takip etmektedir (Tablo 3.7).

Ülkelerin 1990-2020 yılları arasındaki dönemde yaydıkları ortalama emisyonlar dikkate alındığında Çin petrol kömür üretiminden kaynaklanan emisyonların % 34,62'sini oluşturmaktadır. Çin'i % 13,37 ile Amerika, % 7,75 ile Rusya, % 7,02 ile Ukrayna, % 5,78 Kuzey Kore, % 5,27 ile Avustralya, % 4,81 ile Hindistan, % 2,86 ile Polonya, % 2,74 ile Almanya, %2,55 ile Kazakistan takip etmektedir. Türkiye ise % 0,43'lük oranla 19. sırada yer almaktadır. Şekil 1990-2020 yılları arasında yukarıda adı geçen ülkelerden kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan emisyonlardaki değişimleri göstermektedir. Ele alınan dönemde Kazakistan'dan açığa çıkan emisyonlar artarken, diğer ülkelerde bir düşüş gözlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi

Tablo 3.8. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Yıl	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ortalama	9,2094	7,9583	6,6629	7,0708	7,4374	7,6825	8,0943
Ortanca değer	0,6100	0,7000	0,6100	0,4900	0,4900	0,4900	0,4700
Standart Sapma	22,9404	22,1559	18,0199	20,4025	22,3530	24,0761	26,2051
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	126,13	149,10	117,57	135,66	153,75	171,84	189,93

Kömürden kaynaklanan ülkelerin ortalama metan emisyonlarının yıllara göre dağılımı hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.8'deki gibidir. Veriler normal dağılıma uymadığından freadman varyans analizi yapılmış ve sonuç olarak ülkelerin yıllara göre kömürden kaynaklanan metan emisyonları açısından arasında fark olmadığı saptanmıştır.

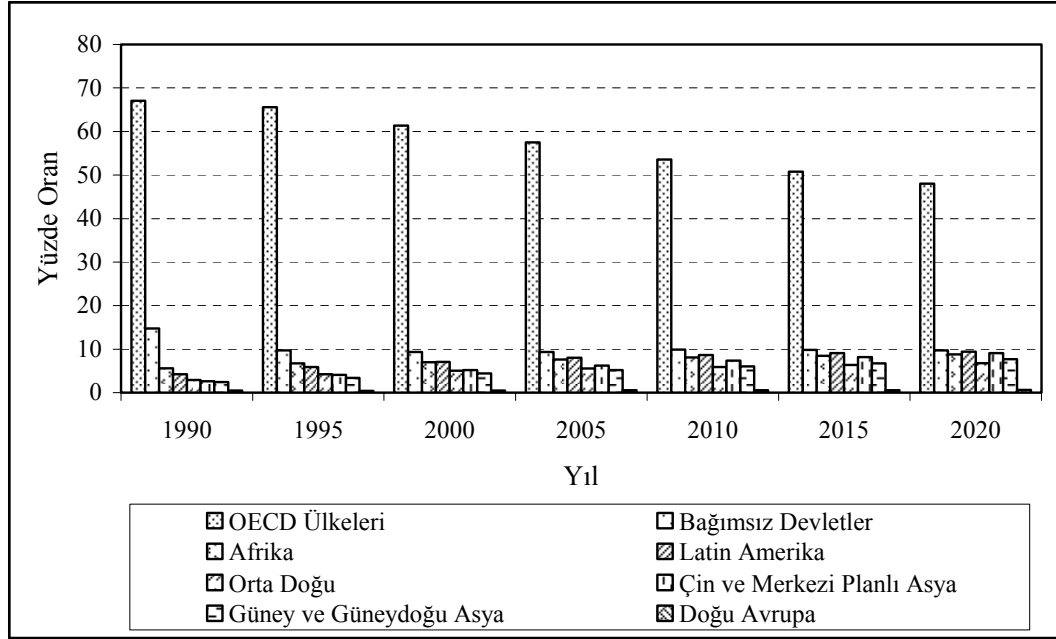
3.3. Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Metan Emisyonları

Fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları toplam metan emisyonununun 1990 yılı için % 1,14' ü, 1995 yılı için % 1,08'i, 2000 yılı için % 1,02'si, 2005 yılı için % 1,00'i, 2010 yılı için % 1,00'i, 2015 yılı için % 1,00'i ve son olarak 2020 yılı için % 1,00'i olarak

hesaplanmıştır. 30 yıllık dönemde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları toplam metan emisyonlarının % 1,03'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 3.9. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt.) (Ek Tablo 21-28).

Topluluk Adı	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
OECD Ülkeleri	44,64	41,37	37,81	36,68	36,44	37,1	38,01
Bağımsız Devletler	9,81	6,12	5,75	5,98	6,73	7,2	7,69
Afrika	3,74	4,22	4,33	4,88	5,52	6,18	6,95
Latin Amerika	2,81	3,72	4,36	5,14	5,91	6,62	7,44
Orta Doğu	1,93	2,65	3,12	3,53	4,01	4,64	5,38
Çin ve Merkezi Planlı Asya	1,75	2,58	3,2	3,97	4,98	5,96	7,18
Güney ve Güneydoğu Asya	1,6	2,14	2,73	3,32	4,11	4,91	6,07



Şekil 3.7. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı

OECD ülkeleri fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların büyük bir çoğunluğundan sorumludur. OECD ülkelerini sırasıyla, Bağımsız Devletler, Afrika, Latin Amerika, Orta Doğu, Çin ve Merkezi Planlı Asya ve Güney ve güneydoğu Asya takip etmektedir. Ortalama değerler ele alınırsa OECD ülkeleri toplam emisyon miktarının % 57'sini, Bağımsız Devletler % 10'unu, Latin Amerika % 8'ini, Afrika %8'ini, Çin ve

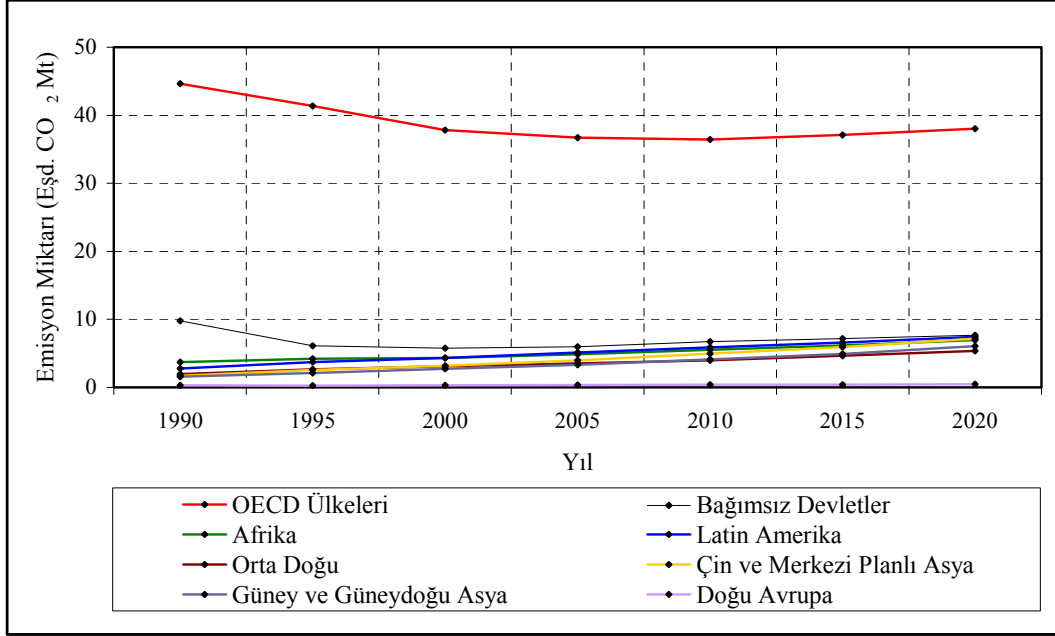
Merkezi Planlı Asya %6'sını, Orta Doğu %5'ini, Güney ve Güneydoğu Asya %5'ini, Doğu Avrupa ise % 1'ini oluşturmaktadır (Şekil 3.7).

Tablo 3.10. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler

Ülkeler Topluluğu	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
OECD Ülkeleri	-7,33	-8,61	-2,99	-0,65	1,81	2,45	-14,85
Bağımsız Devletler	-37,61	-6,05	4,00	12,54	6,98	6,81	-21,61
Afrika	12,83	2,61	12,70	13,11	11,96	12,46	85,83
Latin Amerika	32,38	17,20	17,89	14,98	12,01	12,39	164,77
Orta Doğu	37,31	17,74	13,14	13,60	15,71	15,95	178,76
Çin ve Merkezi Planlı Asya	47,43	24,03	24,06	25,44	19,68	20,47	310,29
Güney ve Güneydoğu Asya	33,75	27,57	21,61	23,80	19,46	23,63	279,38

Tablo 3.10 emisyon miktarlarındaki değişimleri göstermektedir. En yüksek değişimler OECD ülkeleri için 1995-2000 yılları arasında % -8,61, Bağımsız Devletler için 1990-1995 yılları arasında % -37,61, Afrika için 2005-2010 yılları arasında %13,11, Latin Amerika için 1990-1995 yılları arasında %32,38, Orta Doğu için 1990-1995 yılları arasında % 37,31, Çin ve Merkezi Planlı Asya için 1990-1995 yılları arasında % 47,43 ve son olarak Güney ve Güneydoğu Asya için 1990-1995 yılları arasında %33,75 olarak hesaplanmıştır. Ele alınan yıllarda emisyonlardaki en yüksek değişim % 310,29'luk bir oranla Çin ve Merkezi Planlı Asya' da meydana gelmiştir. Çin ve Merkezi Planlı Asya'yı sırasıyla Güney ve Güneydoğu Asya, Orta Doğu, Latin Amerika, Afrika, Bağımsız Devletler ve OECD ülkeleri takip etmektedir.

Şekil 3.8'de grupların yıllara bağlı olarak açığa çıkardıkları metan miktarları gösterilmektedir. OECD ülkeleri ve Bağımsız Devletler için açığa çıkan emisyon miktarı 2000 yılına kadar azalmış, takip eden yıllarda ise küçük miktarlarda artışlar göstermiştir. OECD ülkeleri ve Bağımsız Devletler dışında kalan gruplarda yayılan emisyon miktarları ise yıllara göre artmaktadır.



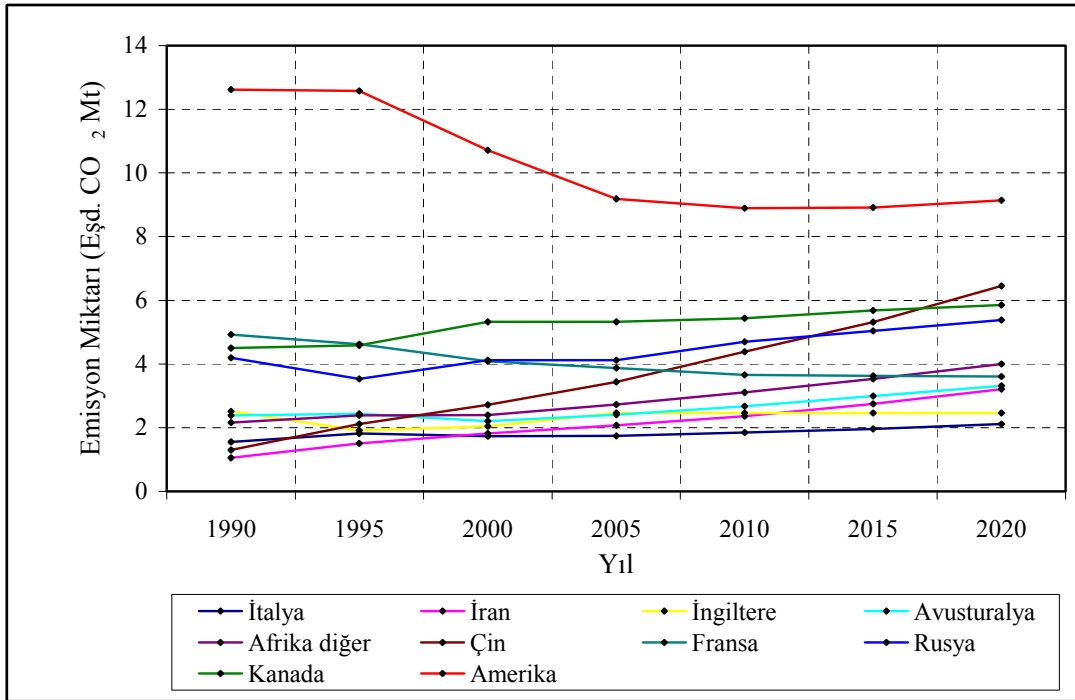
Şekil 3.8. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyon miktarının yıllara göre değişimi

Elde edilen veriler, normal dağılıma uygunluk gösterdiğinden dolayı varyans analizi ile test edilmiştir. Test sonucunda Bağımsız Devletler, Latin Amerika, Afrika, Çin ve Merkezi Planlı Asya Orta Doğu, Güney ve Güneydoğu Asya ülkeleri arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı saptanmıştır. Grupların toplam emisyonu katkılarını incelendiğinde fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlarda birinci sırayı OECD ülkeleri almaktadır. OECD ülkelerini yukarıda bahsedilen ve aralarında istatistiksel açıdan fark olmayan gruplar ve Doğu Avrupa ülkeleri takip etmektedir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Gruplar	Ortalama	S.S.
OECD Ülkeleri	38,86	3,03
Bağımsız Devletler	7,04	1,40
Latin Amerika	5,14	1,63
Afrika	5,11	1,15
Çin ve Merkezi Planlı Asya	4,23	1,92
Orta Doğu	3,60	1,17
Güney ve Güneydoğu Asya	3,55	1,58
Doğu Avrupa	0,35	0,07

Ülkelerin 1990-2020 yılları arasındaki dönemde yaydıkları ortalama metan emisyonları dikkate alındığında Amerika fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların %15,15'ini oluşturmaktadır. Amerika'yı %7,72 ile Kanada, %6,54 ile Rusya, %5,97 ile Fransa, %5,41 ile Çin, %4,27 ile Afrikanın Resti, %3,87 ile Avustralya, %3,43 ile İngiltere, %3,11 ile İran, 2,68 ile İtalya takip etmektedir. Türkiye bu sıralamada %0,78 ile 22. sırada yer almaktadır. Şekil 1990-2020 yılları arasında yukarıda adı geçen ülkelerden biyokütle yakılmasına bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarını göstermektedir. Ele alınan dönemde Amerika ve Fransa'dan açığa çıkan emisyonlarda bir azalma meydana gelirken, diğer ülkelerde artışlar meydana gelmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi

Tablo 3.12. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Yıl	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ortalama	0,7161	0,6785	0,6624	0,6862	0,7322	0,7851	0,8522
Ortanca değer	0,1800	0,2200	0,2400	0,2600	0,2800	0,3000	0,3300
Standart Sapma	1,6317	1,5239	1,3948	1,3045	1,3411	1,4126	1,5127
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maximum	12,62	12,58	10,71	9,19	8,89	8,91	9,14

Fosil yakıtlardan kaynaklanan ülkelerin ortalama metan emisyonlarının yıllara göre dağılımı hesaplanmıştır (Tablo 3.12). Veriler normal dağılıma uymadığından freedman varyans analizi ve bonferroni düzeltmesi ile Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulanmıştır. Yıllar arasında ülkelerin ortalama metan emisyonları açısından fark olduğu gözlenmiştir. 1990-2000 yılları arasında ülkelerin ortalama metan emisyonları arasında fark yokken takip eden yıllarda istatistiksel açıdan anlamlı bir artış saptanmıştır.

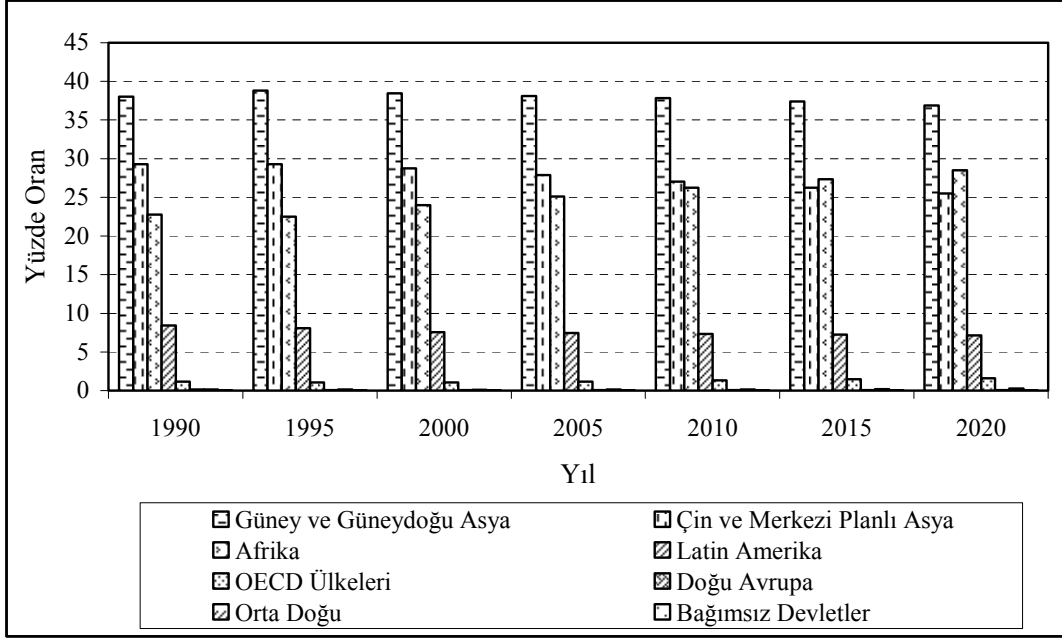
3.4. Biyokütle Yanmasından Kaynaklanan Metan Emisyonları

Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları toplam metan emisyonunun 1990 yılı için % 2,77'sini, 1995 yılı için % 2,87'sini, 2000 yılı için % 2,95'ini, 2005 yılı için % 2,91'ini, 2010 yılı için % 2,85'ini, 2015 yılı için % 2,77'sini ve son olarak 2020 yılı için % 2,69'unu oluşturmaktadır. 30 yıllık dönemdeki ortalama değerlere bakılırsa biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları toplam metan emisyonlarının % 2,82' sini oluşturmaktadır.

Tablo 3.13. Yıllar bazında gruplardan açığa çıkan biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt.) (Ek Tablo 29-36).

Gruplar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Güney ve Güneydoğu Asya	61,23	65,05	68,28	70,97	74,03	76,35	78,52
Çin ve Merkezi Planlı Asya	47,14	49,14	51,03	51,96	52,9	53,59	54,28
Afrika	36,63	37,74	42,6	46,77	51,35	55,8	60,64
Latin Amerika	13,57	13,53	13,41	13,89	14,39	14,8	15,22
OECD Ülkeleri	1,9	1,79	1,84	2,19	2,61	2,99	3,41
Doğu Avrupa	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Orta Doğu	0,22	0,23	0,23	0,26	0,28	0,4	0,57

Biyokütle yanmasından kaynaklanan emisyonlarda ilk sırayı Güney ve Güneydoğu Asya almaktadır. Güney ve Güneydoğu Asya ülkelerini sırasıyla Çin ve Merkezi Planlı Asya, Afrika, Latin Amerika, Latin Amerika, OECD ülkeleri, Doğu Avrupa ve Orta doğu takip etmektedir. Ortalama değerler göz önünde bulundurulursa Güney ve Güneydoğu Asya emisyonların % 38'inden, Çin ve Merkezi Planlı Asya % 28'inden, Afrika % 25'inden, Latin Amerika %8'inden OECD ülkeleri % 1'inden sorumludur (Şekil 3.10).



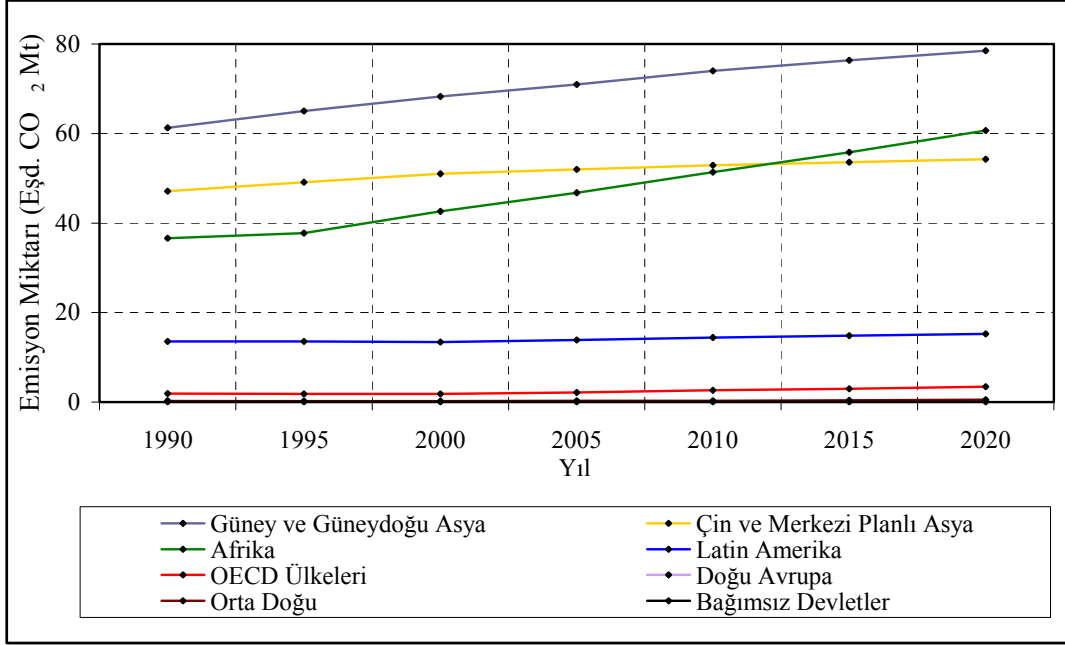
Şekil 3.10. Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan metan emisyonlarının gruplar bazında yıllar içerisindeki oranı

Tablo 3.14. Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarında yıllar bazında meydana gelen yüzde değişimler

Topluluk Adı	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
Güney ve Güneydoğu Asya	6,24	4,97	3,94	4,31	3,13	2,84	28,24
Çin ve Merkezi Planlı Asya	4,24	3,85	1,82	1,81	1,30	1,29	15,15
Afrika	3,03	12,88	9,79	9,79	8,67	8,67	65,55
Latin Amerika	-0,29	-0,89	3,58	3,60	2,85	2,84	12,16
OECD Ülkeleri	-5,79	2,79	19,02	19,18	14,56	14,05	79,47
Doğu Avrupa	-33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-33,33
Orta Doğu	4,55	0,00	13,04	7,69	42,86	42,50	159,09

Tablo 3.14 yıllar bazında emisyon miktarlarında meydana gelen değişimleri göstermektedir. En yüksek değişimler Güney ve Güneydoğu Asya için 1990-1995 yılları arasında %6,24, Çin ve Merkezi Planlı Asya için 1990-1995 yılları arasında %4,24, Afrika için 1995-2000 yılları arasında %12,88, Latin Amerika için 2005-2010 yılları arasında %3,6, OECD ülkeleri için 2005-2010 yılları arasında %19,18, Doğu Avrupa ülkeleri için 1990-1995 yılları arasında %-33,33 ve Orta Doğu için 2010-2015 yılları arasında %42,86 olarak hesaplanmıştır. Ele alınan yıllarda emisyonlardaki en yüksek değişimler % 159,09'luk bir değişimle Orta Doğu'da meydana gelmiştir. Orta Doğu'yu sırasıyla OECD

ülkeleri, Afrika, Doğu Avrupa, Güney ve Güneydoğu Asya, Çin ve Merkezi Planlı Asya ve Latin Amerika takip etmektedir.



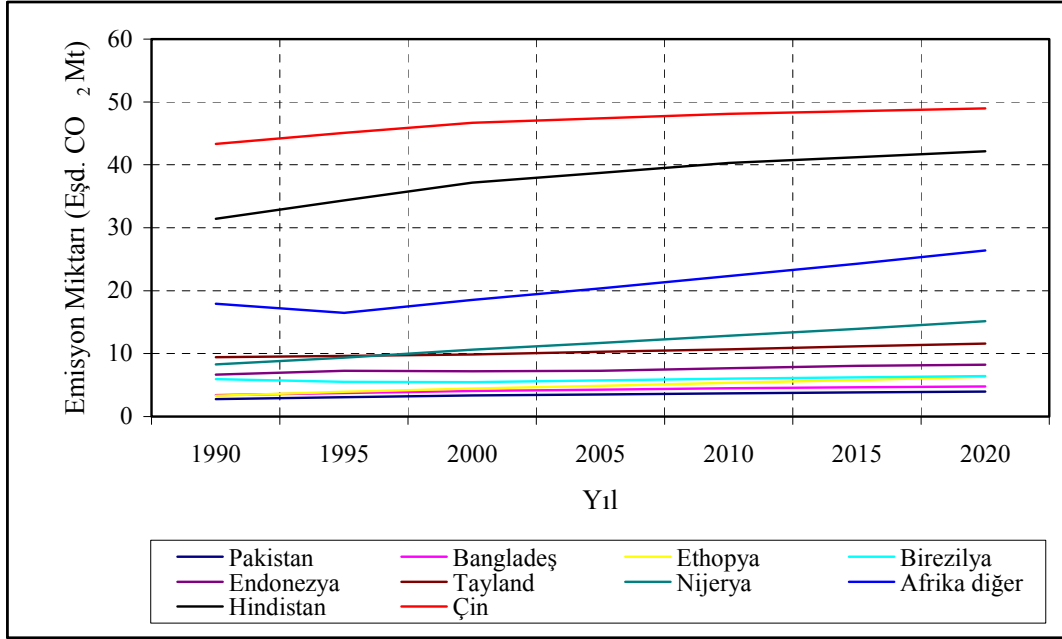
Şekil 3.11. Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyon miktarının yıllara göre değişimi

Şekil 3.11 yıllar bazında biyokütle yanması sonucu açığa çıkan emisyonların zamana bağlı olarak değişimini göstermektedir. Doğu Avrupa ülkeleri için açığa çıkan emisyonlar yıllar bazında azalırken diğer ülkelerden açığa çıkan emisyonlar artmaktadır.

Tablo 3.15. 1990-2020 yılları arasında gruplar bazında biyokütle kaynaklı metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Gruplar	Ortalama	S.S.
Güney ve Güneydoğu Asya	70,63	6,21
Çin ve Merkezi Planlı Asya	51,43	2,55
Afrika	47,36	9,07
Latin Amerika	14,11	0,70
OECD Ülkeleri	2,39	0,63
Doğu Avrupa	0,17	0,03
Orta Doğu	0,31	0,12
Bağımsız Devletler	0,05	0,004

Elde edilen veriler, normal dağılıma uygunluk gösterdiğinden dolayı varyans analizi ile test edilmiştir. Test sonucunda Çin ve Merkezi planlı Asya ve Afrika (1. grup) arasında ve OECD ülkeleri, Doğu Avrupa, Orta Doğu ve Bağımsız Devletler (2. grup) arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı saptanmıştır. Grupların toplam emisyon katkılarını incelendiğinde biyokütle yakılmasından kaynaklanan emisyonlarda birinci sırayı Güney ve Güneydoğu Asya almaktadır. Güney ve Güneydoğu Asya'yı 1. grup, Latin Amerika ve 2. grup oluşturmaktadır. takip etmektedir (Tablo 3.15).



Şekil 3.12. Biyokütle yakılması sonucunda açığa çıkan metan emisyonlarının ülkeler bazında yıllara göre değişimi

Ülkelerin 1990-2020 yılları arasındaki dönemde yaydıkları ortalama emisyonlar dikkate alındığında Çin biyokütle kaynaklanan emisyonların %25,14'ünü oluşturmaktadır. Çin'i %20,33 ile Hindistan, %11,21 ile Afrikanın resti, %6,28 ile Nijerya, %5,57 ile Tayland, %4,01 ile Endonezya, %3,17 ile Brezilya, %2,61 ile Ethopya, %2,26 ile Bengladeş, %1,86 ile Pakistan takip etmektedir. Türkiye ise %1,28 ile 15. sırada yer almaktadır. Şekil 1990-2020 yılları arasında yukarıda adı geçen ülkelerden biyokütle yakılmasına bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarını göstermektedir (Şekil 3.12)

Tablo 3.16. 1990-2020 yılları arasında ülkeler bazında fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonlarının ortalama ve standart sapmaları

Yıl	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ortalama	3,3533	3,4927	3,7000	3,8806	4,0790	4,2531	4,4352
Ortanca değer	0,6850	0,7850	0,8450	0,8750	0,9300	0,9950	1,0550
Standart Sapma	7,9416	8,3215	8,8088	9,0904	9,3954	9,6240	9,8696
Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Maximum	43,34	45,10	46,70	47,41	48,12	48,56	48,99

Biyokütleden kaynaklanan ülkelerin ortalama metan emisyonlarının yıllara göre dağılımı hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.16'daki gibidir. Veriler normal dağılıma uymadığından freadman varyans analizi ve bonferroni düzeltmesi ile Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulandı. Yıllar arasında ülkelerin ortalama metan emisyonları açısından fark olduğu gözlenmiştir. Buna göre ileryen yıllarda ülkelerin ortalama biyokütleden kaynaklanan metan emisyonları arasında isatistiksel açıdan anlamlı bir artış saptanmıştır.

4. SONUÇLAR

Kömür madenciliğinden kaynaklanan metan emisyonları daha derin damarların işletilmeye başlaması ve daha büyük çapta ekipmanların kullanılmasıyla artışlar göstermiştir. Kömür damarlarında havalandırma çalışmalarıyla birlikte metan drenajının uygulanması gazın çeşitli uygulamalarda kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Gazı direkt olarak atmosfere salmak yerine bu teknolojilerde kullanarak karbondioksite dönüştürmek gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini 20 kata kadar azaltacaktır. Türkiye’ de belirtilen kullanım alanlarında metanın kullanıldığı hiçbir işletme bulunmamaktadır. Özellikle Zonguldak’ta bulunan gazlı kömür damarlarında drenaj çalışmalarının uygulanmaması gazın bu alanlarda kullanılmasını engellemektedir.

Petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan emisyonlar çalışma döneminde artışlar göstermiştir ve gruplar bazında açığa çıkan emisyonlardaki değişimler çok yüksek çıkmıştır. Bağımsız devletler ve OECD ülkelerinden petrol ve doğal gaz sistemlerine bağlı olarak açığa çıkan emisyonlar petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan toplam emisyonun büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bahsedilen gruplardaki emisyonların yüksek çıkmasının sebebi Rusya ve Amerika’dır.

Kömür madenciliği kaynaklı emisyonlar 2005 yılına kadar azalmıştır. Takip eden yıllarda ise hafif yükselişlerle artmaya devam etmiştir. Çalışma dönemi ele alındığı zaman kömür madenciliğinden kaynaklanan metan emisyonları artış göstermemiştir. Kömür madenciliğinden kaynaklanan metan emisyonlarının büyük bir çoğunluğundan Çin ve Merkezi Planlı Asya, OECD ülkeleri, Bağımsız Devletler sorumludur. Bahsedilen gruplardaki emisyonların yüksek çıkmasının sebebi Çin, Amerika ve Rusya’dır ve bu ülkelerden açığa çıkan metan emisyonlarının azaltılması gerekmektedir.

Fosil yakıtların yakılması sonucu açığa çıkan emisyonların büyük bir çoğunluğundan OECD ülkeleri sorumludur. Amerika’dan açığa çıkan değerler yıllar bazında azalmaktadır. Diğer ülkelerde meydana gelen artışlar ise ihmal edilecek seviyededir.

Çin ve Merkezi Planlı Asya biyokütle yanması sonucu açığa çıkan metan emisyonlarının çoğunluğunu oluşturmaktadır. Ülkelerden biyokütle yanmasına bağlı olarak açığa çıkan emisyonlar yıllara göre hafif artışlar göstermiştir.

5. KAYNAKLAR

- Aksay, C., Ketenoğlu, O. ve Kurt, L., 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, SÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 25, 29-41.
- Aydın, G. ve Kesimal, A., 2007. Kömür madenciliğinde metan drenajının uygulanabilirliğinin araştırılması, Madencilik, 46, 4, 11-20.
- Bibler, C. ve Carothers, P., 2001. Overview of Coal Mine Gas Use Technologies. <http://www.ravenridge.com/Utilization.PDF> 13 Aralık 2007.
- Buzkan, S. Ve Ofluoğlu G., 2007. Zonguldak Taşkömür Havzası İş Kazalarının Sayısal Analizi, Kamu-İş, 9, 3, 1-18.
- Carol, J.C., Marshall S.J. ve Pilcher C.R., 1997. Status of Worldwide Coal Mine Methane Emissions and Use, International Journal of Coal Geology 35, 283–310.
- Carothers, P.F., Schultz L.H. ve Talkington C.C., 2003. Mitigation of Methane Emissions from Coal Mine Ventilation Air: An Update. <http://www.irg ltd.com/Resources/Publications/US/2003-05> 08 Ağustos 2007.
- Coşkun, S., 2004. Doğal Gazın Sıvılaştırılmasında Kullanılan Klasik Kaskad Soğutma Sisteminin Matematiksel Analizi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 9, 1, 31-40.
- Çepel, N. ve Ergün, C., 2005. Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği. <http://www.tema.org.tr/CevreKutuphanesi/KureselIsinma/pdf/KureselIsinma.pdf> 05 Mayıs 2008.
- Dallegge, T. ve Barker, C., 1999. Coal-Bed Methane Gas-In-Place Resource Estimates Using Sorption Isotherms and Burial History Reconstruction: An Example from the Ferron Sandstone Member of the Mancos Shale, http://pubs.usgs.gov/pp/p1625b/Reports/Chapters/Chapter_L.pdf 13 Nisan 2007.
- Didari, V., 1985. Kömür Tozu Patlaması, Madencilik, 4, 23-29.
- EPA-1, 1999. Guidebook on Coalbed Methane Drainage for Underground Coal Mines, http://www.epa.gov/cmop/pdf/red_001.pdf 28 Temmuz 2007.
- EPA-2, 1998. Use of Coal Mine Methane in Coal Dryers, www.epa.gov/cmop/docs/016red.pdf 28 Temmuz 2007. 28 Temmuz 2007.
- EPA-3, 1998. Coal Mine Methane Use in Brine Water Treatment, <http://www.epa.gov/cmop/docs/002red.pdf> 30 Temmuz 2007.
- EPA-4, 1998. Generating Electricity with Coal Mine Methane-Fueled Micro Turbines, <http://www.epa.gov/cmop/docs/microturbine.pdf> 12 Mayıs 2008.

- EPA-5, 2006. Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020, http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/pdfs/global_emissions.pdf 28 Aralık 2007
- Ergin, Z., 1977. Kömür Ocaklarındaki Patlamalar. http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/0ece1e1e0931919_ek.pdf 18 Şubat 2007.
- 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.
- Güney, M., 1971. Metan Drenajı ve Zonguldak Kömür Ocaklarında Uygulanma İmkanları, Türkiye 2. Kömür Kongresi, Haziran, Bildiriler Kitabı, 222-235.
- Gürdal, G. ve Yalçın, E., 1992. Kömürde Gaz Birikmesini Kontrol Eden Parametreler-Genel Bakış, Türkiye 8. Kömür Kongresi, Mayıs, Bildiriler Kitabı, 307-318.
- Güyagüler, T., 1991. Ocak Havalandırması, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 110 s.
- Hartman, H., Mutmansky, J.M., Ramanı, R.V. ve Wang, Y.J., 1999. Mine Ventilation and Air Conditioning, New York, 730 s.
- Jacobson, Z.M., 2001. Soot Causes Global Warming. http://www.ace.mmu.ac.uk/Resources/Fact_Sheets/Key_Stage_3/Global_Warming/pdf/Global_Warming.pdf 20 Ağustos 2007.
- Jakubow, A. ve Tor A., 2006. Methods and Means of Recovery and Utilization of Methane from Mines. 11th U.S./North American Mine ventilation symposium, 413-420.
- Kocal, K., 1985. Ani metan ve Kömür Püskürmeleri, Madencilik, 4, 25-34.
- 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.
- Mattus, R., 2006. VAM to electricity-Large-scale installation, 11th U.S./North American Mine ventilation symposium, June, 421-424.
- McPherson, J. M., 2004. Subsurface Ventilation and Environmental Engineering, New York.
- 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> 08 Haziran 2007.

- Saltoğlu, S., 1970. Madencilik İşletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele, İstanbul Teknik Üniversitesi yayını, İstanbul, 557 s.
- Schwoebel, J., 2001. Learning from Past Experiences in Ukraine. <http://www.epa.gov/cmop/pdf/learning.pdf> 23 Aralık 2007.
- 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.
- Xue, S. ve Guo H., 2003. Control Drainage Gas Quality And Quantity From Underground Coal Mines To Enhence Its Utilisation Options. <http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/coal-mining/CM009.pdf> 23 Mayıs 2008.
- URL-1, 2008. www.kuresel-isinma.org, Küresel Isınma ve Küresel Isınmanın Sebepleri 28 Temmuz 2007.
- URL-2, 1998. www.ravenridge.com/what%20is%20cmm.PDF, Coal Mine Methane 11 Mart 2008.
- 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> 16 Haziran 2007.
- Üstümkol, Ş., 1975. Toz Problemi ve E.K.İ. Kilimli Bölümü Kömür Ocaklarındaki Tozlanma Durumunun Etüdü. http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/0640c93b05097a9_ek.pdf 23 Mayıs 2007.
- Yalçın, E. ve Durucan, Ş.,1983. Zonguldak Kömürlerinin Açığa Çıkabilen Metan İçerikleri, Madencilik Dergisi, 5, 319-331.
- Yerebasmaz, G., 1987. Metan Drenajı, TTK yayını, No:55. 220 s.

6. EKLER

Ek Tablo 1. 1990-2020 yılları arasında ülkelerin petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının miktarı (Eşd. CO₂ Mt) (EPA-5, 2006)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Cezayir	9,37	10,71	14,94	15,15	18,3	22,71	27,76
Arjantin	8,13	11,1	15,13	15,13	16,96	21,07	28,36
Ermenistan	1,68	0,48	0,73	1,13	1,3	1,49	1,67
Avustralya	6,96	7,04	5,84	7,55	9,27	12	14,72
Avusturya	0,27	0,29	0,3	0,31	0,3	0,29	0,29
Azerbaycan	9,3	7,78	5,57	7,63	9,55	17,74	21,32
Bangladeş	0,15	0,24	0,31	0,32	0,34	0,43	0,54
Beyaz Rusya	2,12	2,32	2,52	2,74	2,99	3,11	3,18
Belçika	0,45	0,44	0,4	0,39	0,38	0,37	0,37
Bolivya	1,7	1,94	2	2,36	2,64	3,28	4,42
Brezilya	0,99	1,13	2,05	3,68	7,21	11,34	15,45
Bulgaristan	0,62	0,65	0,6	0,67	0,83	0,92	1,01
Kamboçya	0	0	0	0	0	0	0
Kanada	26,18	35,09	38,27	38,27	39,12	40,82	42,09
Şili	0,72	0,73	1,17	1,45	1,63	2,02	2,72
Çin	2,2	2,6	4,07	6,28	10,2	16,7	19,75
Kolombiya	1,38	1,48	1,85	1,91	2,14	2,65	3,55
Hırvatistan	1,19	1,1	1,11	1,33	1,56	1,67	1,89
Çek Cum.	0,68	0,8	0,6	0,63	0,66	0,74	0,74
Kango	0	0	0	0	0	0	0,01
Danimarka	0,04	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Ekvator	0,44	0,5	0,56	0,66	0,73	0,9	1,16
Mısır	3,11	4,72	6,88	8,3	10,01	12,42	15,16
Estonya	0,79	0,38	0,43	0,39	0,36	0,35	0,34
Ethopya	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	0,01	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Fransa	2,47	2,02	1,92	1,82	1,72	1,71	1,69
Georgia	1,06	0,87	0,52	0,59	0,66	0,75	0,84
Almanya	7,01	7,54	7,35	7,7	7,72	7,91	8,09
Yunanistan	0,04	0,03	0,18	0,18	0,19	0,2	0,21
Macaristan	1,13	1,56	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
İzlanda	0	0	0	0	0	0	0
Hindistan	8,08	12,62	15,95	26,02	35,95	49,86	61,79
Endonezya	32,49	42,37	44,02	48,61	49,78	47,97	46,53
İran	20,73	30,74	35,79	58,66	76,25	99,12	128,85
Irak	3,74	3	3,2	2,8	3,4	3,81	4,33
İrlanda	0,15	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
İsrail	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
İtalya	6,63	5,67	5,37	5,41	5,74	6,09	6,57
Japonya	0,37	0,42	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43
Jordan	0,05	0,11	0,11	0,11	0,14	0,15	0,17
Kazakistan	3,19	2,65	3,79	5,88	8,64	12,44	15,95
Kuveyt	5,32	5,73	9,08	8,87	10,82	12,07	13,69
Kırgızistan	0,47	0,17	0,13	0,17	0,19	0,21	0,24
Laos	0	0	0	0	0	0	0
Letonya	0,27	0,22	0,17	0,18	0,19	0,2	0,22
Lihtenştayn	0	0	0	0	0	0	0
Litvanya	0,55	0,5	0,44	0,55	0,62	0,7	0,79
Lüksemburg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Makedonya	0	0	0	0	0	0	0
Meksika	41,54	44,61	60,65	77,16	102,7	136,69	183,36
Moldova	1,08	0,53	0,8	0,91	1,02	1,16	1,3
Monako	0	0	0	0	0	0	0
Mogolistan	0	0	0	0	0	0	0

Ek Tablo 1'in devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Myanmar	0,41	0,62	1,02	1,9	1,98	2,51	3,2
Nepal	0	0	0	0	0	0	0
Hollanda	2,04	1,97	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Yeni Zelanda	0,32	0,29	0,39	0,46	0,47	0,55	0,76
Nijerya	13,4	18,53	39,56	51,29	61,9	76,67	93,58
Kuzey Kore	0	0	0	0	0	0	0,01
Norveç	0,35	0,59	0,65	0,66	0,67	0,69	0,7
Pakistan	3,6	4,82	6,38	6,29	6,54	8,3	10,56
Peru	0,09	0,15	0,06	0,06	0,07	0,09	0,12
Filipinler	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Polonya	4,1	3,9	4,32	5,78	7,24	9,59	11,95
Portekiz	0,04	0,04	0,2	0,23	0,26	0,27	0,28
Romanya	20,07	11,39	8,34	9,28	12,01	14,65	17,3
Rusya	336	241,5	165,9	172,65	179,4	186,7	194,01
Suudi Arabis.	1,6	2	2,61	2,77	3,38	3,76	4,27
Senegal	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Singapur	0,01	0,29	0,29	0,49	0,51	0,64	0,81
Slovakya	0,51	0,61	0,72	0,72	0,88	1,02	1,19
Slovenya	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Güney Afrika	0,01	0,21	0,18	0,21	0,25	0,31	0,38
Güney Kore	0,58	1,64	3,24	4,07	6,08	7,58	8,57
İspanya	0,58	0,73	0,83	0,93	1,04	1,17	1,3
İsveç	0	0	0	0	0	0	0
İsviçre	0,31	0,27	0,26	0,24	0,23	0,23	0,23
Tacikistan	0,79	0,19	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08
Tayland	2,86	3,73	6,88	7,72	8,04	10,19	12,96
Türkiye	20,7	29,18	39,22	50,88	57,2	63,5	76,12
Türkmenistan	19,51	16,72	24,35	46,2	72,13	83,27	93,99
Uganda	0	0	0	0	0	0	0
Ukrayna	78,72	82,08	87,22	90,77	94,32	98,15	101,99
Bir. Arap E.	19,98	27,91	34,35	39,83	48,65	54,2	61,41
İngiltere	10,66	10,04	8,33	8	7,67	7,51	7,35
Amerika ¹	148,32	152,08	149,61	127,61	142,37	155,03	169,29
Amerika ²	148,32	152,08	149,61	150,78	169,88	190,74	216,19
Uruguay	0	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Özbekistan	27,26	30,37	34,84	39,65	44,32	45,43	46,81
Venezuela	29,98	35,12	37,93	45,44	50,96	63,26	85,11
Vietnam	0,01	0,15	0,24	0,28	0,29	0,36	0,45
Afrika Diğer	6,39	6,54	7,52	8,23	9,92	12,28	14,96
Latin Diğer	1,97	2,95	4,89	5,58	6,25	7,77	10,45
Orta Doğu D.	18	25,11	45,95	51,39	62,78	69,95	79,22
Doğu Av. D.	0,17	0,8	0,24	0,26	0,36	0,42	0,46
OECD D.	0	0	0	0	0	0	0
Asya Diğer	9,11	11,46	15,02	19,72	20,51	26,01	33,05

Ek Tablo 2. 1990-2020 yılları arasında ülkelerden kömür üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarının miktarı (Eşd. CO₂ Mt) (EPA-5, 2006)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,07	0,06	0	0	0	0	0
Cezayir	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Arjantin	0,19	0,1	0,25	0,23	0,21	0,19	0,19
Ermenistan	0	0	0	0	0	0	0
Avustralya	15,82	17,48	19,64	21,82	26,38	28,18	29,67
Avusturya	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Azerbaycan	0	0	0	0	0	0	0
Bangladeş	0	0	0	0	0	0	0
Belçika	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Bolivya	0	0	0	0	0	0	0
Brezilya	1,24	1,11	1,32	1,22	1,12	1,03	0,95
Bulgaristan	1,59	1,45	1,2	1,34	1,65	1,84	2,01
Kamboçya	0	0	0	0	0	0	0
Kanada	1,91	1,71	0,95	0,88	0,88	0,85	0,82
Şili	0,61	0,29	0,1	0,12	0,11	0,1	0,1
Çin	126,13	149,1	117,57	135,66	153,75	171,84	189,93
Kolombiya	1,86	1,99	2,95	3,44	4,02	4,68	5,46
Hırvatistan	0,05	0,02	0	0	0	0	0
Çek Cum.	7,6	5,81	5,02	4,82	3,91	3,11	2,97
Kango	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Danimarka	0,07	0,13	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Ekvator	0	0	0	0	0	0	0
Mısır	0	0	0	0	0	0	0
Estonya	0,41	0,25	0,24	0,21	0,2	0,19	0,19
Ethopya	0	0	0	0	0	0	0
Finlandiya	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0
Fransa	4,33	4,43	2,56	2,6	2,63	2,66	2,69
Gürcistan	0,07	0,01	0	0	0	0	0
Almanya	25,77	17,59	10,18	8,39	7,75	7,15	5,9
Yunanistan	1,1	1,22	1,35	1,32	1,4	1,47	1,53
Macaristan	1,12	0,7	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33
Hindistan	10,87	13,65	15,84	19,46	23,08	28,37	33,65
Endonezya	0,33	0,43	0,45	0,49	0,5	0,49	0,47
İran	0,29	0,3	0,37	0,39	0,42	0,45	0,47
Irak	0	0	0	0	0	0	0
İrlanda	0	0	0	0	0	0	0
İsrail	0	0	0	0	0	0	0
İtalya	0,12	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
Japonya	2,81	1,34	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Jordan	0	0	0	0	0	0	0
Kazakistan	24,87	17,19	9,98	6,67	6,38	6,1	5,81
Kuveyt	0	0	0	0	0	0	0
Kırgızistan	0,3	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Laos	0	0	0	0	0	0	0
Lüksemburg	0	0	0	0	0	0	0
Makedonya	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Meksika	1,48	1,76	2,15	2,47	2,84	3,26	3,74
Moldova	0	0,01	0	0	0	0	0
Monako	0	0	0	0	0	0	0
Moğolistan	0,2	0,1	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03
Myanmar	0,01	0,01	0,09	0,13	0,19	0,28	0,41
Nepal	0	0	0	0	0	0	0
Hollanda	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Yeni Zelanda	0,27	0,28	0,34	0,41	0,41	0,48	0,67
Nijerya	1,83	2,86	1,24	0,02	0	0	0
Kuzey Kore	25,26	27,23	26,91	25,56	24,28	23,07	21,91
Norveç	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Ek Tablo 2'nin devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Pakistan	0,9	0,99	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15
Peru	0,04	0,02	0,02	0	0	0	0
Filipinler	0,16	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23
Polonya	16,77	15,57	11,9	11,33	10,77	10,26	9,75
Portekiz	0,07	0	0	0	0	0	0
Romanya	3,66	3,93	2,67	2,77	2,76	2,75	2,74
Rusya	60,9	36,75	28,98	26,25	27,51	26,91	26,3
Suudi Arabis.	0	0	0	0	0	0	0
Senegal	0	0	0	0	0	0	0
Singapur	0	0	0	0	0	0	0
Slovak	0,57	0,62	0,61	0,46	0,49	0,5	0,49
Slovenya	0,3	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Güney Afrika	6,72	6,66	7,08	7,4	7,21	7,1	7,44
Güney Kore	4,83	1,61	1,17	0,91	0,71	0,56	0,44
İspanya	1,79	1,43	1,2	1,2	0,98	0,71	0,44
İsveç	0	0	0	0	0	0	0
Tacikistan	0,1	0,01	0	0	0	0	0
Tayland	0,22	0,34	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48
Türkiye	1,63	1,56	1,7	1,83	1,96	2,1	2,25
Türkmenistan	0	0	0	0	0	0	0
Uganda	0	0	0	0	0	0	0
Ukrayna	55,34	30,12	28,33	26,32	24,48	23,77	23,23
Bir. Arap E.	0	0	0	0	0	0	0
İngiltere	18,29	12,59	7	6,73	6,6	6,41	6,22
Amerika ¹	81,89	65,78	56,22	55,33	51,09	46,44	46,42
Amerika ²	81,89	65,78	56,22	71,5	75,86	73,82	76,67
Uruguay	0	0	0	0	0	0	0
Özbekistan	0,46	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
Venezüella	0,02	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,25
Vietnam	0,46	0,83	1	1,19	1,42	1,69	2,02
Afrika Diğer	1,16	1,15	0,96	0,96	1	1,08	1,2
Latin Diğer	0	0	0	0	0	0	0
Orta Doğu D.	0	0	0	0	0	0	0
Doğu Av. D.	0,81	0,75	1,72	2,16	2,82	3,77	5,16
OECD D.	0	0	0	0	0	0	0
Asya Diğer	0,82	1,04	1,64	1,64	1,65	1,66	1,69

Ek Tablo 3. 1990-2020 yılları arasında ülkelerden fosil yakıtlardan dolayı ülkelerden açığa çıkan metan emisyonlarının miktarı (Eşd. CO₂ Mt) (EPA-5, 2006)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,12	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cezayir	0,13	0,11	0,13	0,15	0,18	0,2	0,24
Arjantin	0,2	0,68	0,77	0,91	1,07	1,23	1,43
Ermenistan	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Avustralya	2,39	2,43	2,21	2,41	2,67	2,99	3,32
Avusturya	0,47	0,41	0,3	0,31	0,3	0,29	0,29
Azerbaycan	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08
Bangladeş	0,11	0,11	0,11	0,16	0,22	0,3	0,41
Beyaz Rusya	0,55	0,45	0,35	0,4	0,42	0,45	0,47
Belçika	0,26	0,24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Bolivya	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Brezilya	0,58	0,74	0,92	1,09	1,29	1,43	1,61
Bulgaristan	0,1	0,08	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
Kamboçya	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kanada	4,5	4,58	5,32	5,32	5,44	5,68	5,85
Şili	0,08	0,1	0,13	0,15	0,18	0,2	0,23
Çin	1,3	2,11	2,72	3,44	4,39	5,31	6,45
Kolombiya	0,18	0,24	0,25	0,3	0,36	0,42	0,48
Hırvatistan	0,19	0,11	0,13	0,16	0,19	0,2	0,23
Çek Cum.	1,25	0,67	0,41	0,39	0,31	0,25	0,25
Kango	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Danimarka	0,19	0,47	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46
Ekvator	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
Mısır	0,23	0,25	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36
Estonya	0,09	0,12	0,11	0,1	0,09	0,09	0,09
Ethopya	0,15	0,18	0,24	0,27	0,31	0,36	0,41
Finlandiya	0,48	0,48	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Fransa	4,93	4,62	4,08	3,87	3,66	3,63	3,61
Gürcistan	0,06	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Almanya	4,56	1,68	1,26	1,26	1,15	1,1	1,05
Yunanistan	0,41	0,44	0,47	0,41	0,4	0,4	0,41
Macaristan	0,85	0,73	0,68	0,71	0,71	0,71	0,71
İzlanda	0	0	0	0	0	0	0
Hindistan	0,15	0,19	0,2	0,25	0,32	0,39	0,49
Endonezya	0,16	0,22	0,28	0,31	0,43	0,5	0,76
İran	1,05	1,51	1,82	2,07	2,36	2,75	3,21
Irak	0,18	0,21	0,22	0,25	0,28	0,33	0,38
İrlanda	0,15	0,1	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14
İsrail	0,06	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	0,16
İtalya	1,55	1,82	1,73	1,74	1,85	1,96	2,11
Japonya	0,6	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63
Ürdün	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Kazakistan	0,13	0,13	0,1	0,1	0,11	0,11	0,12
Kuveyt	0,04	0,08	0,1	0,11	0,13	0,15	0,17
Kırgızistan	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Letonya	0,27	0,28	0,25	0,26	0,28	0,3	0,32
Lihtenştayn	0	0	0	0	0	0	0
Litvanya	0,11	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lüksemburg	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Makedonya	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Meksika	0,71	0,81	0,88	1,06	1,1	1,14	1,17
Moldova	0,15	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Monako	0	0	0	0	0	0	0
Moğolistan	0	0	0	0	0	0	0
Myanmar	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Nepal	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02

Ek Tablo 3'ün devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Hollanda	0,67	0,66	0,62	0,68	0,7	0,74	0,74
Yeni Zelanda	0,21	0,18	0,12	0,14	0,15	0,17	0,24
Nijerya	0,22	0,25	0,28	0,32	0,37	0,43	0,49
Kuzey Kore	0,41	0,43	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57
Norveç	0,25	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Pakistan	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23	0,29
Peru	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14
Filipinler	0,18	0,25	0,28	0,33	0,34	0,35	0,36
Polonya	0,79	1,16	1	1,04	1,09	1,14	1,19
Portekiz	0,45	0,44	0,43	0,48	0,54	0,56	0,58
Romanya	0,44	1,07	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Rusya	4,2	3,53	4,12	4,12	4,7	5,04	5,38
Suudi Arabis.	0,32	0,39	0,46	0,51	0,58	0,67	0,77
Senegal	0,07	0,14	0,24	0,29	0,34	0,4	0,47
Singapur	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12	0,14
Slovak	0,37	0,21	0,17	0,17	0,18	0,18	0,16
Slovenya	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Güney Afrika	0,75	0,86	0,69	0,75	0,82	0,87	0,94
Güney Kore	0,49	0,67	0,9	1,12	1,4	1,67	2,01
İspanya	1,18	1,09	1,01	0,96	0,91	0,9	0,89
İsveç	0,56	0,57	0,48	0,43	0,38	0,35	0,33
İsviçre	0,17	0,13	0,11	0,1	0,1	0,09	0,09
Tacikistan	0,13	0,01	0	0	0	0	0
Tayland	0,04	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,1
Türkiye	1,06	0,97	0,76	0,7	0,66	0,65	0,65
Türkmenistan	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,1
Uganda	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Ukrayna	4,12	1,51	0,74	0,88	0,97	1,02	1,07
Bir. Arap E.	0,07	0,09	0,1	0,12	0,13	0,16	0,19
İngiltere	2,51	1,91	2,05	2,46	2,46	2,46	2,46
Amerika	12,62	12,58	10,71	9,19	8,89	8,91	9,14
Uruguay	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Özbekistan	0,26	0,22	0,22	0,24	0,26	0,29	0,33
Venezüella	0,25	0,29	0,31	0,37	0,45	0,54	0,65
Vietnam	0,04	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,15
Afrika Diğer	2,16	2,39	2,4	2,73	3,11	3,53	4,00
Latin Diğer	0,67	0,7	0,92	1,07	1,25	1,42	1,61
Orta Doğu D.	0,18	0,25	0,29	0,32	0,36	0,41	0,47
Doğu Av. D.	0	0,15	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21
OECD D.	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Asya Diğer	0,34	0,46	0,64	0,8	1	1,21	1,48

Ek Tablo 4. 1990-2020 yılları arasında ülkelerden biyokütle yakılmasından dolayı ülkelerden açığa çıkan metan emisyonlarının miktarı (Eşd. CO₂ Mt) (EPA-5, 2006)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cezayir	0	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Arjantin	0,08	0,14	0,18	0,18	0,19	0,19	0,2
Ermenistan	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Azerbaycan	0	0	0	0	0	0	0
Bangladeş	3,4	3,74	4,07	4,28	4,5	4,65	4,81
Bolivya	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18
Brezilya	5,95	5,49	5,48	5,76	6,05	6,24	6,44
Bulgaristan	0,39	0,5	0,71	0,8	0,89	0,99	1,09
Şili	0,52	0,66	0,76	0,78	0,8	0,82	0,84
Çin	43,34	45,1	46,7	47,41	48,12	48,56	48,99
Kolombiya	1,26	1,38	0,93	0,95	0,97	1	1,03
Democratic	2,11	2,37	2,73	3	3,3	3,58	3,89
Ekvator	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45
Mısır	1,55	1,75	1,96	2,15	2,37	2,57	2,79
Ethopya	3,33	3,93	4,44	4,88	5,36	5,82	6,33
Gürcistan	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Hindistan	31,42	34,36	37,19	38,7	40,28	41,21	42,17
Endonezya	6,66	7,29	7,2	7,3	7,67	8,05	8,23
İran	0,18	0,18	0,19	0,21	0,23	0,32	0,46
Irak	0	0	0	0	0	0,01	0,01
İsrail	0	0	0	0	0	0	0
Ürdün	0	0	0	0	0	0	0
Kazakistan	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Kuveyt	0	0	0	0	0	0	0
Kırgızistan	0	0	0	0	0	0	0
Laos	0,48	0,5	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54
Makedonya	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Meksika	1,56	1,59	1,61	1,65	1,69	1,74	1,78
Moldova	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Moğolistan	0,24	0,28	0,29	0,3	0,31	0,32	0,34
Myanmar	2,34	2,38	2,44	2,54	2,64	2,76	2,87
Nepal	1,49	1,66	1,82	1,92	2,01	2,08	2,15
Hollanda	0	0	0	0	0	0	0
Nijerya	8,29	9,34	10,65	11,7	12,85	13,96	15,16
Kuzey Kore	0,25	0,27	0,27	0,28	0,29	0,3	0,31
Pakistan	2,8	3,08	3,35	3,52	3,7	3,83	3,96
Peru	0,85	0,91	0,97	1	1,02	1,05	1,08
Filipinler	2,41	1,65	1,03	1,07	1,12	1,16	1,21
Suudi Arabis.	0	0	0	0	0	0	0
Senegal	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42
Singapur	0	0	0	0	0	0	0
Güney Afrika	1,64	1,8	1,96	2,16	2,37	2,57	2,8
Güney Kore	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Tacikistan	0	0	0	0	0	0	0
Tayland	9,46	9,65	9,89	10,29	10,71	11,15	11,62
Türkiye	1,9	1,79	1,83	2,19	2,61	2,99	3,41
Türkmenistan	0	0	0	0	0	0	0
Uganda	1,56	1,76	1,97	2,17	2,38	2,59	2,81
Bir. Arap E.	0	0	0	0	0	0,01	0,01
Uruguay	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Özbekistan	0	0	0	0	0	0	0
Venezüella	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Vietnam	2,45	2,49	2,55	2,66	2,77	2,88	3
Afrika Diğer	17,9	16,5	18,57	20,37	22,35	24,29	26,41
Latin Diğer	2,68	2,66	2,77	2,84	2,91	2,99	3,07
Orta Doğu D.	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09

Ek Tablo 4'ün devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Doğu Av. D.	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
OECD D.	0	0	0	0	0	0	0
Asya Diğer	1,2	1,2	1,24	1,3	1,36	1,41	1,46

Ek Tablo 5. 1990-2020 yılları arasında Afrika ülkelerinde petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Cezayir	9,37	10,71	14,94	15,15	18,30	22,71	27,76
Kango	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mısır	3,11	4,72	6,88	8,30	10,01	12,42	15,16
Ethopya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nijerya	13,40	18,53	39,56	51,29	61,90	76,67	93,58
Senegal	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Afrikanın Güneyi	0,01	0,21	0,18	0,21	0,25	0,31	0,38
Uganda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer	6,39	6,54	7,52	8,23	9,92	12,28	14,96
Toplam	32,29	40,72	69,1	83,18	100,4	124,41	151,85

Ek Tablo 6. 1990-2020 yılları arasında Çin ve Merkezi Planlı Asya ülkelerinde petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının miktarları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Çin	2,20	2,60	4,07	6,28	10,20	16,70	19,75
Kamboçya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Laos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moğolistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kuzey Kore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Vietnam	0,01	0,15	0,24	0,28	0,29	0,36	0,45
Toplam	2,22	2,75	4,32	6,56	10,49	17,07	20,21

Ek Tablo 7. 1990-2020 yılları arasında Latin Amerika ülkelerinde petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arjantin	8,13	11,10	15,13	15,13	16,96	21,07	28,36
Bolivya	1,70	1,94	2,00	2,36	2,64	3,28	4,42
Brezilya	0,99	1,13	2,05	3,68	7,21	11,34	15,45
Şili	0,72	0,73	1,17	1,45	1,63	2,02	2,72
Kolombiya	1,38	1,48	1,85	1,91	2,14	2,65	3,55
Ekvator	0,44	0,50	0,56	0,66	0,73	0,90	1,16
Meksika	41,54	44,61	60,65	77,16	102,70	136,69	183,36
Peru	0,09	0,15	0,06	0,06	0,07	0,09	0,12
Uruguay	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Venezüella	29,98	35,12	37,93	45,44	50,96	63,26	85,11
Diğer	1,97	2,95	4,89	5,58	6,25	7,77	10,45
Toplam	86,93	99,71	126,31	153,44	191,3	249,1	334,72

Ek Tablo 11'in devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Singapur	0,01	0,29	0,29	0,49	0,51	0,64	0,81
Güney Kore	0,58	1,64	3,24	4,07	6,08	7,58	8,57
Tayland	2,86	3,73	6,88	7,72	8,04	10,19	12,96
Diğer	9,11	11,46	15,02	19,72	20,51	26,01	33,05
Toplam	57,29	77,81	93,12	115,16	129,74	153,51	178,05

Ek Tablo 12. 1990-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde petrol ve doğal gaz sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Avustralya	6,96	7,04	5,84	7,55	9,27	12,00	14,72
Avusturya	0,27	0,29	0,30	0,31	0,30	0,29	0,29
Belçika	0,45	0,44	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37
Bulgaristan	0,62	0,65	0,60	0,67	0,83	0,92	1,01
Kanada	26,18	35,09	38,27	38,27	39,12	40,82	42,09
Çek Cum.	0,68	0,80	0,60	0,63	0,66	0,74	0,74
Danimarka	0,04	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Estonya	0,79	0,38	0,43	0,39	0,36	0,35	0,34
Fillandiya	0,01	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Fransa	2,47	2,02	1,92	1,82	1,72	1,71	1,69
Almanya	7,01	7,54	7,35	7,70	7,72	7,91	8,09
Yunanistan	0,04	0,03	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21
Macaristan	1,13	1,56	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
İzlanda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İrlanda	0,15	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
İtalya	6,63	5,67	5,37	5,41	5,74	6,09	6,57
Japonya	0,37	0,42	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43
Letonya	0,27	0,22	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22
Lihtenştayn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Litvanya	0,55	0,50	0,44	0,55	0,62	0,70	0,79
Lüksemburg	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Monako	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hollanda	2,04	1,97	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Yeni Zelanda	0,32	0,29	0,39	0,46	0,47	0,55	0,76
Norveç	0,35	0,59	0,65	0,66	0,67	0,69	0,70
Polonya	4,10	3,90	4,32	5,78	7,24	9,59	11,95
Portekiz	0,04	0,04	0,20	0,23	0,26	0,27	0,28
Romanya	20,07	11,39	8,34	9,28	12,01	14,65	17,30
Slovakya	0,51	0,61	0,72	0,72	0,88	1,02	1,19
Slovenya	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
İspanya	0,58	0,73	0,83	0,93	1,04	1,17	1,30
İsveç	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İsviçre	0,31	0,27	0,26	0,24	0,23	0,23	0,23
Türkiye	20,70	29,18	39,22	50,88	57,20	63,50	76,12
İngiltere	10,66	10,04	8,33	8,00	7,67	7,51	7,35
Amerika	148,32	152,08	149,61	127,61	142,37	155,03	169,29
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	262,7	274,04	278,11	272,23	300,53	329,91	366,97

Ek Tablo 16'nın devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Suudi Ar.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Arap Emir.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	0,29	0,30	0,37	0,39	0,42	0,45	0,47

Ek Tablo 17. 1990-2020 yılları arasında Doğu Avrupa ülkelerinde kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,07	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hırvatistan	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Makedonya	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Diğer	0,81	0,75	1,72	2,16	2,82	3,77	5,16
Toplam	1,05	0,96	1,85	2,3	2,97	3,93	5,34

Ek Tablo 18. 1990-2020 yılları arasında Bağımsız Devletlerde kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ermenistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azerbaycan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beyaz Rusya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gürcistan	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kazakistan	24,87	17,19	9,98	6,67	6,38	6,10	5,81
Kırgızistan	0,30	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Moldova	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rusya	60,90	36,75	28,98	26,25	27,51	26,91	26,30
Tacikistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Türkmenistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukrayna	55,34	30,12	28,33	26,32	24,48	23,77	23,23
Özbekistan	0,46	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21
Toplam	142,04	84,4	67,59	59,51	58,63	57,02	55,58

Ek Tablo 19. 1990-2020 yılları arasında Güney ve Güneydoğu Asya ülkelerinde kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bangladeş	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hindistan	10,87	13,65	15,84	19,46	23,08	28,37	33,65
Endonezya	0,33	0,43	0,45	0,49	0,50	0,49	0,47
Myanmar	0,01	0,01	0,09	0,13	0,19	0,28	0,41
Nepal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pakistan	0,90	0,99	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15
Filipinler	0,16	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23
Singapur	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Güney Kore	4,83	1,61	1,17	0,91	0,71	0,56	0,44
Tayland	0,22	0,34	0,32	0,36	0,39	0,43	0,48
Diğer	0,82	1,04	1,64	1,64	1,65	1,66	1,69
Toplam	18,13	18,28	20,75	24,28	27,85	33,14	38,52

Ek Tablo 20. 1990-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde kömür üretiminden kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Avustralya	15,82	17,48	19,64	21,82	26,38	28,18	29,67
Avusturya	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Belçika	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Bulgaristan	1,59	1,45	1,20	1,34	1,65	1,84	2,01
Kanada	1,91	1,71	0,95	0,88	0,88	0,85	0,82
Çek Cum.	7,60	5,81	5,02	4,82	3,91	3,11	2,97
Danimarka	0,07	0,13	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09
Estonya	0,41	0,25	0,24	0,21	0,20	0,19	0,19
Fillandiya	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Fransa	4,33	4,43	2,56	2,60	2,63	2,66	2,69
Almanya	25,77	17,59	10,18	8,39	7,75	7,15	5,90
Yunanistan	1,10	1,22	1,35	1,32	1,40	1,47	1,53
Macaristan	1,12	0,70	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33
İzlanda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İrlanda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İtalya	0,12	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09
Japonya	2,81	1,34	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73
Letonya	0,27	0,22	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22
Lihtenştayn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Litvanya	0,55	0,50	0,44	0,55	0,62	0,70	0,79
Lüksemburg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Monako	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hollanda	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Yeni Zelanda	0,27	0,28	0,34	0,41	0,41	0,48	0,67
Norveç	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Polonya	16,77	15,57	11,90	11,33	10,77	10,26	9,75
Portekiz	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Romanya	3,66	3,93	2,67	2,77	2,76	2,75	2,74
Slovakya	0,57	0,62	0,61	0,46	0,49	0,50	0,49
Slovenya	0,30	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
İspanya	1,79	1,43	1,20	1,20	0,98	0,71	0,44
İsveç	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İsviçre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Türkiye	20,70	29,18	39,22	50,88	57,20	63,50	76,12
İngiltere	1,63	1,56	1,70	1,83	1,96	2,10	2,25
Amerika	18,29	12,59	7,00	6,73	6,60	6,41	6,22
Diğer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	187,99	154,3	124,56	123,17	121,5	116,71	116,31

Ek Tablo 21. 1990-2020 yılları arasında Afrika ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Cezayir	0,13	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,24
Kango	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Mısır	0,23	0,25	0,33	0,33	0,34	0,35	0,36
Ethopya	0,15	0,18	0,24	0,27	0,31	0,36	0,41
Nijerya	0,22	0,25	0,28	0,32	0,37	0,43	0,49
Senegal	0,07	0,14	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47
Afrikanın Güneyi	0,75	0,86	0,69	0,75	0,82	0,87	0,94
Uganda	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Diğer	2,16	2,39	2,40	2,73	3,11	3,53	4,00
Toplam	3,74	4,22	4,33	4,88	5,52	6,18	6,95

Ek Tablo 22. 1990-2020 yılları arasında Çin ve Merkezi Planlı Asya ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Çin	1,30	2,11	2,72	3,44	4,39	5,31	6,45
Kamboçya	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Laos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moğolistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kuzey Kore	0,41	0,43	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57
Vietnam	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
Toplam	1,75	2,58	3,2	3,97	4,98	5,96	7,18

Ek Tablo 23. 1990-2020 yılları arasında Latin Amerika ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arjantin	0,20	0,68	0,77	0,91	1,07	1,23	1,43
Bolivya	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Brezilya	0,58	0,74	0,92	1,09	1,29	1,43	1,61
Şili	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23
Kolombiya	0,18	0,24	0,25	0,30	0,36	0,42	0,48
Ekvator	0,05	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
Meksika	0,71	0,81	0,88	1,06	1,10	1,14	1,17
Peru	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14
Uruguay	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Venezüella	0,25	0,29	0,31	0,37	0,45	0,54	0,65
Diğer	0,67	0,70	0,92	1,07	1,25	1,42	1,61
Toplam	2,81	3,72	4,36	5,14	5,91	6,62	7,44

Ek Tablo 24. 1990-2020 yılları arasında Orta Doğu ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
İran	1,05	1,51	1,82	2,07	2,36	2,75	3,21
Irak	0,18	0,21	0,22	0,25	0,28	0,33	0,38
İsrail	0,06	0,08	0,1	0,11	0,12	0,14	0,16
Ürdün	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Kuveyt	0,04	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17
Suudi Ar.	0,32	0,39	0,46	0,51	0,58	0,67	0,77
B. Arap Emir.	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,16	0,19
Diğer	0,18	0,25	0,29	0,32	0,36	0,41	0,47
Toplam	1,93	2,65	3,12	3,53	4,01	4,64	5,38

Ek Tablo 25. 1990-2020 yılları arasında Doğu Avrupa ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,19	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Hırvatistan	1,19	1,10	1,11	1,33	1,56	1,67	1,89
Makedonya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer	0,17	0,80	0,24	0,26	0,36	0,42	0,46
Toplam	0,31	0,28	0,30	0,34	0,39	0,42	0,47

Ek Tablo 26. 1990-2020 yılları arasında Bağımsız Devletlerde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ermenistan	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Azerbaycan	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08
Beyaz Rusya	0,55	0,45	0,35	0,40	0,42	0,45	0,47
Gürcistan	0,06	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Kazakistan	0,13	0,13	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
Kırgızistan	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Moldova	0,15	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Rusya	4,20	3,53	4,12	4,12	4,70	5,04	5,38
Tacikistan	0,13	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Türkmenistan	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10
Ukrayna	4,12	1,51	0,74	0,88	0,97	1,02	1,07
Özbekistan	0,26	0,22	0,22	0,24	0,26	0,29	0,33
Toplam	9,81	6,12	5,75	5,98	6,73	7,2	7,69

Ek Tablo 27. 1990-2020 yılları arasında Güney ve Güneydoğu Asya ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bangladeş	0,11	0,11	0,11	0,16	0,22	0,30	0,41
Hindistan	0,15	0,19	0,20	0,25	0,32	0,39	0,49
Endonezya	0,16	0,22	0,28	0,31	0,43	0,50	0,76
Myanmar	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Nepal	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Pakistan	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,23	0,29
Filipinler	0,18	0,25	0,28	0,33	0,34	0,35	0,36
Singapur	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14
Güney Kore	0,49	0,67	0,90	1,12	1,40	1,67	2,01
Tayland	0,04	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10
Diğer	0,34	0,46	0,64	0,80	1,00	1,21	1,48
Toplam	1,6	2,14	2,73	3,32	4,11	4,91	6,07

Ek Tablo 28. 1990-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde fosil yakıtlardan kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Avustralya	2,39	2,43	2,21	2,41	2,67	2,99	3,32
Avusturya	0,47	0,41	0,30	0,31	0,30	0,29	0,29
Belçika	0,26	0,24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Bulgaristan	0,10	0,08	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Kanada	4,50	4,58	5,32	5,32	5,44	5,68	5,85
Çek Cum.	1,25	0,67	0,41	0,39	0,31	0,25	0,25
Danimarka	0,19	0,47	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46
Estonya	0,09	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09
Fillandiya	0,48	0,48	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Fransa	4,93	4,62	4,08	3,87	3,66	3,63	3,61
Almanya	4,56	1,68	1,26	1,26	1,15	1,10	1,05
Yunanistan	0,41	0,44	0,47	0,41	0,40	0,40	0,41
Macaristan	0,85	0,73	0,68	0,71	0,71	0,71	0,71
İzlanda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
İrlanda	0,15	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14
İtalya	1,55	1,82	1,73	1,74	1,85	1,96	2,11

Ek Tablo 28'in devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Japonya	0,60	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63
Letonya	0,27	0,28	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32
Lihtenştayn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Litvanya	0,11	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lüksemburg	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Monako	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hollanda	0,67	0,66	0,62	0,68	0,70	0,74	0,74
Yeni Zelanda	0,21	0,18	0,12	0,14	0,15	0,17	0,24
Norveç	0,25	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Polonya	0,79	1,16	1,00	1,04	1,09	1,14	1,19
Portekiz	0,45	0,44	0,43	0,48	0,54	0,56	0,58
Romanya	0,44	1,07	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Slovakya	0,37	0,21	0,17	0,17	0,18	0,18	0,16
Slovenya	0,15	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
İspanya	1,18	1,09	1,01	0,96	0,91	0,90	0,89
İsveç	0,56	0,57	0,48	0,43	0,38	0,35	0,33
İsviçre	0,17	0,13	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
Türkiye	1,06	0,97	0,76	0,70	0,66	0,65	0,65
İngiltere	2,51	1,91	2,05	2,46	2,46	2,46	2,46
Amerika	12,62	12,58	10,71	9,19	8,89	8,91	9,14
Diğer	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Toplam	44,64	41,37	37,81	36,68	36,44	37,1	38,01

Ek Tablo 29. 1990-2020 yılları arasında Afrika ülkelerinde biyokütle yakılmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Cezayir	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Kango	2,11	2,37	2,73	3,00	3,30	3,58	3,89
Mısır	1,55	1,75	1,96	2,15	2,37	2,57	2,79
Ethopya	3,33	3,93	4,44	4,88	5,36	5,82	6,33
Nijerya	8,29	9,34	10,65	11,70	12,85	13,96	15,16
Senegal	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42
Afrikanın Güneyi	1,64	1,80	1,96	2,16	2,37	2,57	2,80
Uganda	1,56	1,76	1,97	2,17	2,38	2,59	2,81
Diğer	17,90	16,50	18,57	20,37	22,35	24,29	26,41
Toplam	36,63	37,74	42,6	46,77	51,35	55,8	60,64

Ek Tablo 30. 1990-2020 yılları arası Çin ve Merkezi Planlı Asya ülkelerinde biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Çin	0,39	0,50	0,71	0,80	0,89	0,99	1,09
Kamboçya	43,34	45,10	46,70	47,41	48,12	48,56	48,99
Laos	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,54
Moğolistan	0,24	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34
Kuzey Kore	0,25	0,27	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31
Vietnam	2,45	2,49	2,55	2,66	2,77	2,88	3,00
Toplam	47,14	49,14	51,03	51,96	52,9	53,59	54,28

Ek Tablo 31. 1990-2020 yılları arasında Latin Amerika ülkelerinde biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arjantin	0,08	0,14	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20
Bolivya	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18
Brezilya	5,95	5,49	5,48	5,76	6,05	6,24	6,44
Şili	0,52	0,66	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
Kolombiya	1,26	1,38	0,93	0,95	0,97	1,00	1,03
Ekvator	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45
Meksika	1,56	1,59	1,61	1,65	1,69	1,74	1,78
Peru	0,85	0,91	0,97	1,00	1,02	1,05	1,08
Uruguay	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Venezüella	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Diğer	2,68	2,66	2,77	2,84	2,91	2,99	3,07
Toplam	13,57	13,53	13,41	13,89	14,39	14,8	15,22

Ek Tablo 32. 1990-2020 yılları arasında Orta Doğu ülkelerinde biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
İran	0,18	0,18	0,19	0,21	0,23	0,32	0,46
Irak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
İsrail	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ürdün	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kuveyt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suudi Ar.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Arap Emir.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Diğer	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,09
Toplam	0,22	0,23	0,23	0,26	0,28	0,4	0,57

Ek Tablo 33. 1990-2020 yılları arasında Doğu Avrupa ülkelerinde biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Arnavutluk	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Hrvatistan	0	0	0	0	0	0	0
Makedonya	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Diğer	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Toplam	0,24	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

Ek Tablo 34. 1990-2020 yılları arasında Bağımsız Devletlerde biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Ermenistan	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Azerbaycan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beyaz Rusya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gürcistan	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Kazakistan	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Kırgızistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moldova	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Ek Tablo 34'ün devamı

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Rusya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tacikistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Türkmenistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ukrayna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Özbekistan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

Ek Tablo 35. 1990-2020 yılları arasında Güney ve Güneydoğu Asya ülkelerinde biyokütle yakılmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bangladeş	3,4	3,74	4,07	4,28	4,5	4,65	4,81
Hindistan	31,42	34,36	37,19	38,7	40,28	41,21	42,17
Endonezya	6,66	7,29	7,2	7,3	7,67	8,05	8,23
Myanmar	2,34	2,38	2,44	2,54	2,64	2,76	2,87
Nepal	1,49	1,66	1,82	1,92	2,01	2,08	2,15
Pakistan	2,8	3,08	3,35	3,52	3,7	3,83	3,96
Filipinler	2,41	1,65	1,03	1,07	1,12	1,16	1,21
Singapur	0	0	0	0	0	0	0
Güney Kore	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Tayland	9,46	9,65	9,89	10,29	10,71	11,15	11,62
Diğer	1,2	1,2	1,24	1,3	1,36	1,41	1,46
Toplam	61,22	65,05	68,27	70,97	74,04	76,35	78,53

Ek Tablo 36. 1990-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde biyokütle yakılmasından kaynaklanan metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt)

Ülke	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Türkiye	1,06	0,97	0,76	0,70	0,66	0,65	0,65
Toplam	44,64	41,37	37,81	36,68	36,44	37,1	38,01

Ek Tablo 37. Gruplar bazında enerji üretimine bağlı olarak açığa çıkan antropojenik metan emisyonları (Eşd. CO₂ Mt.)

Gruplar	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
OECD Ülkeleri	1553	1513	1393	1364	1373	1400	1445
Güney ve Güneydoğu Asya	993	1072	1149	1254	1353	1449	1547
Doğu Avrupa	925	720	598	640	693	737	776
Çin ve Merkezi Planlı Asya	857	920	916	989	1067	1144	1219
Latin Amerika	751	798	925	1004	1097	1201	1335
Afrika	563	614	783	853	932	1016	1109
Orta Doğu	144	179	227	273	328	377	438,6
Bağımsız Devletler	26	25	25	27	28	30	32

Ek Tablo 38. Gruplar bazında enerji üretimine bağlı olarak açığa çıkan metan emisyonlarında meydana gelen yüzde değişimler (Eşd. CO₂ Mt.)

Gruplar	90-95	95-00	00-05	05-10	10-15	15-20	T.D.
OECD Ülkeleri	-2,56	-7,98	-2,06	0,68	1,99	3,14	-6,99
Güney ve Güneydoğu Asya	7,96	7,15	9,15	7,87	7,11	6,75	55,73
Doğu Avrupa	-22,17	-16,92	7,07	8,21	6,32	5,27	-16,15
Çin ve Merk. Pln. Asya	7,32	-0,35	7,90	7,94	7,19	6,53	42,24
Latin Amerika	6,28	15,87	8,52	9,24	9,51	11,16	77,72
Afrika	9,05	27,54	8,93	9,24	9,03	9,19	97,01
Orta Doğu	24,25	26,46	20,14	20,15	15,03	16,12	202,96
Bağımsız Devletler	-2,48	0,59	5,96	6,14	4,78	6,08	22,60

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Samsun'da doğan Gökhan AYDIN ilk ve orta öğretimini Samsun'da tamamladı. 2001 yılında KTÜ Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2005 yılında bölümünü bölüm birinciliği derecesiyle bitirdi ve aynı yıl Maden Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Bir yıllık yabancı dil eğitiminden sonra KTÜ Maden Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevi sürdürmekte olan Aydın iyi derecede İngilizce bilmektedir.