

ANTROPOJENİK METAN EMİSYONLARININ SEKTÖREL ANALİZİ

Gökhan AYDIN, İzzet KARAKURT*, Kerim AYDINER

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

Özet

Atmosferlerdeki sera gazı miktarının artması, küresel sıcaklıkların yükselmesine yol açmıştır. Bu yükselişin gelecek yıllarda da devam etmesi beklenmektedir. Metan, küresel ısınmaya katkıda bulunan ikinci büyük sera gazıdır ve antropojenik sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 16'sını oluşturmaktadır. Özellikle son dönemlerde atmosferdeki metan oranının yükselmesi, metanı konu alan çalışmaların sayısını arttırmıştır. Antropojenik metan emisyonları; tarım, enerji, atık ve sanayi sektörlerinde gözlenmektedir. Bu çalışmada, her bir sektörde metan oluşumuna yol açan faaliyetler tanımlanmış ve bu sektörlerde oluşan emisyon miktarını etkileyen faktörler belirlenmiştir. Sektörel emisyonlar, genel ve ülkeler bazında değerlendirilerek çeşitli sayısal değerlendirmeler yapılmıştır. Ek olarak her bir sektörün gerçekleştirdiği metan emisyonlarının azaltılabilirliğine yönelik uygulanabilecek yöntemler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Küresel ısınma, Sera gazı, Metan (CH₄)

SECTORAL ANALYSIS OF ANTHROPOGENIC METHANE EMISSIONS

Abstract

Increasing of the amount of greenhouse gas in atmosphere has resulted in rising global temperatures. It is expected that this increase will continue in the future. Methane is the second largest contributor to global warming and responsible for about 16 percent of anthropogenic greenhouse gas emissions. The rising methane concentration in atmosphere especially in recent years has increased the number of studies being interested in methane. Anthropogenic methane emissions are released from agriculture, energy, waste and industry sectors. In this study, activities causing methane emissions in each sector are defined and factors effecting methane emissions in these sectors are determined. Various numerical evaluations are done by considering sectoral methane emissions based on general and countries. Additionally methods that can be applied to reduce methane emissions in the sectors are discussed.

Keywords: Global warming, Greenhouse gas, Methane (CH₄)

* E-posta: karakurt@ktu.edu.tr

1.Giriş

Fosil yakıtların yakılması, enerji üretimi ve taşınması, enerji dönüşümü ve kullanımı, çeşitli endüstriyel faaliyetler ve arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklanan sera gazları atmosferde birikerek atmosferin kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Uzun dönemde ise küresel ölçekte iklim değişikliğine neden olmaktadır [1,2]. Başlıca sera gazları; karbondioksit, metan, azot oksit ve kloroflorokarbon gazlarından oluşmaktadır [3,4]. Sera gazları içerisinde önemli bir yere sahip olan metan, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının % 16'sını oluşturmaktadır. Bu gaz, organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. Küresel ısınmaya katkısı binlerce yıldan beri değişmemiş olan metan gazının atmosferdeki oranı, son birkaç yüzyılda iki katına çıkmıştır. Bu değişiklik karbondioksit seviyesindeki artışa göre az olmasına rağmen en az karbondioksit kadar iklim değişikliklerini etkilemektedir. Bunun başlıca nedeni, metanın küresel ısınma potansiyelinin karbondioksitin 21 katı olmasıdır [3,5].

Metan, doğal yollarla ve insan kaynaklı (antropojenik) olmak üzere iki şekilde açığa çıkmaktadır. İnsan kaynaklı metan emisyonları, küresel metan emisyonlarının % 60'ını oluşturmaktadır. Kalan % 40'luk kısım ise doğal kaynaklardan yayılmaktadır. Doğal kaynaklar bataklıklar, termitler, okyanuslar ve hidratlardan oluşmaktadır. Antropojenik metan oluşumuna yol açan kaynaklar ise çok sayıda olup bunların sektörel olarak gruplandırılabilmesi mümkündür [6]. Bu sektörler tarım, enerji, endüstri ve atık sektörü olarak sıralanabilmektedir.

Bu çalışmada EPA tarafından yayınlanan ve sera gazlarını konu alan raporda sunulan veriler kullanılmıştır. Rapor ışığında her bir sektörde metan emisyonuna yol açan faaliyetler belirlenmiş ve her bir faaliyetin toplam emisyonlara katkısı irdelenmiştir. Her bir sektör için emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ilk on ülke belirlenerek bu ülkelerin 1990 ve 2010 yılları arasındaki metan salım performansları sayısal değerlendirmelerle incelenmiştir. Ek olarak her bir sektörden açığa çıkan metan gazının azaltılabilirliğine yönelik uygulanabilecek çalışmalar ele alınmıştır. Çalışmada sunulan emisyon değerleri ve paralelinde hesaplanan katkı oranları 1990 ve 2010 yılları arasındaki ortalama emisyon değerleri baz alınarak hesaplanmıştır. Endüstriyel faaliyetler sonucu gerçekleşen metan emisyonları (6,30 milyon ton eşdeğer karbondioksit) çok düşük olduğundan çalışma kapsamına alınmamıştır.

2.Sektörel Metan Emisyonları

Tarım

Tarım sektöründe metan emisyonlarına yol açan kaynaklar; enterik fermantasyon, gübre yönetimi, pirinç tarlaları ve diğer faaliyetler olarak sıralanabilmektedir.

Enterik fermantasyon

Enterik fermantasyon, hayvanların sindirim sisteminde mikroorganizmalar vasıtasıyla yiyeceklerin mayalanma işlemini ifade etmektedir [7]. Bu olay sonucunda oluşan metan, hayvanlar tarafından nefes alıp verilirken yan ürün olarak açığa çıkmaktadır. Sığır, bufalo, koyun, keçi ve deve gibi geviş getiren hayvanlar bu sektördeki metan emisyonlarının büyük bir bölümünden sorumludurlar [8,9]. Domuz veya at gibi diğer geviş getirmeyen hayvanlarda metan üretmelerine rağmen tür başına düşen emisyon miktarı önemli derecede çeşitlilik arz etmektedir. Bu tür kaynaklardan oluşan toplam metan emisyonları, çiftlikteki popülasyona bağlıdır ve özellikle beslenme biçimi, alınan besin türü ve miktarına bağlı olarak farklılık arz etmektedir [6,10,11].

Gübre yönetimi

Hayvansal gübrelerin çukur, havuz ya da kıyı gölleri gibi sıvı ortamlarda depolanması durumunda, oksijensiz ortam koşulları gelişir ve bu ortamda oluşan ayrışmalar metan emisyonlarının oluşmasına sebep olur. Gübrelerden açığa çıkan metan miktarı gübrenin depolanma biçimi, depolama alanının havası veya iklimi ve gübre bileşimini göre farklılık arz etmektedir. Örneğin sıcaklık ve nem koşullarının yüksek olduğu ortamlar, daha fazla metanın açığa çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca hayvan türü ve beslenme biçimi gübre bileşimi ile doğrudan ilişkilidir [12]. Sonuç olarak tüm faktörlerin kombinasyonu gübre kaynaklı metan emisyonlarını etkilemektedir [6].

Pirinç Tarlaları

Sulu pirinç tarlalarındaki organik maddelerin oksijensiz ortamda ayrışması, metanın açığa çıkmasına sebep olur. Organik maddelerin ayrışması, pirinç tarlalarının sulanmasıyla birlikte toprak ve su içerisinde var olan oksijeni yavaş

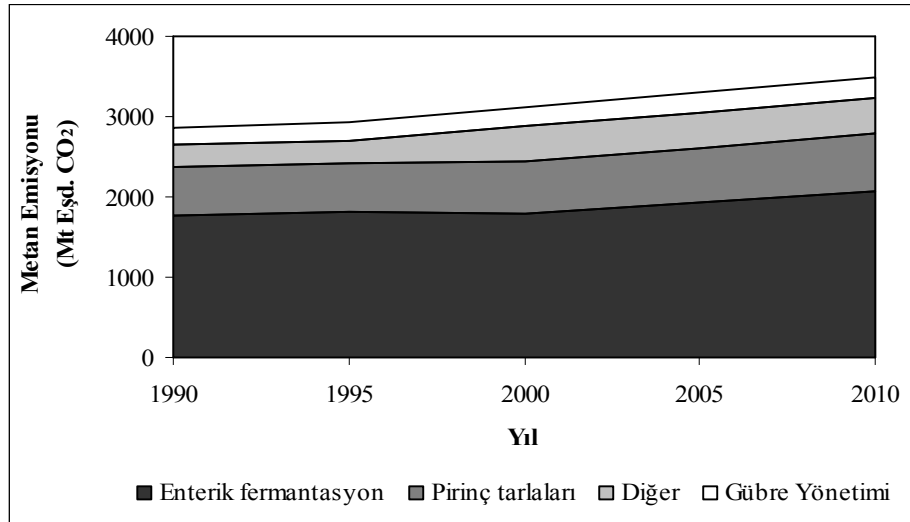
yavaş tüketir. Ortamdaki oksijen tükendiğinde metanojenik bakteriler metanın açığa çıkmasını sağlamaktadır. Pirinç tarlalarından açığa çıkan metan miktarı, ayrışacak organik maddelerin miktarı ve sulama miktarının da içinde olduğu birkaç faktörün kontrolü altındadır [13,14].

Diğer faaliyetler

Metan emisyonlarına yol açan diğer tarımsal kaynaklar sava ve tarımsal atıkların yakılması, zirai topraklar ve biokütlenin açık alanlarda yakılması olarak sıralanabilmektedir [6].

Tarım kaynaklı emisyonların irdelenmesi Genel değerlendirme

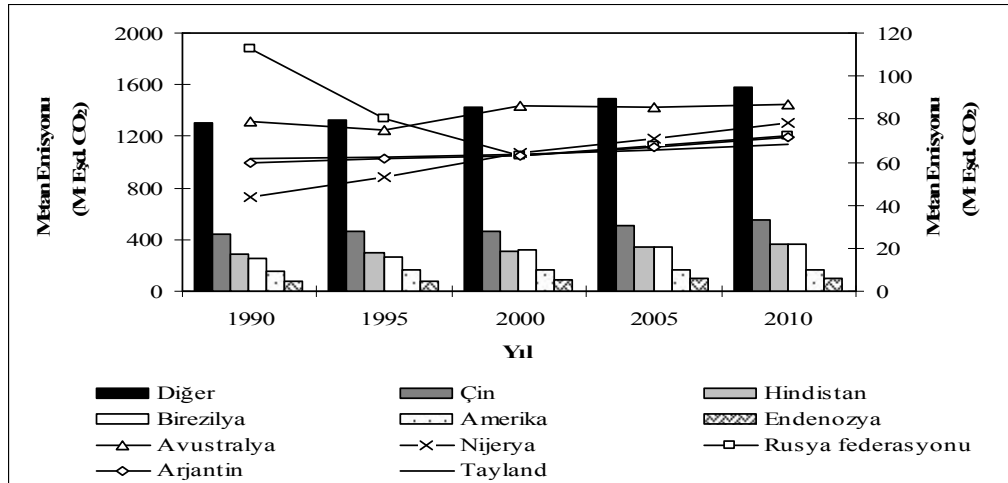
Tarım sektöründen açığa çıkan metan miktarı 3135,76 milyon ton eşdeğer karbondioksit (Mt. Eşd. CO₂) olarak tahmin edilmektedir. Bu değer tarım sektörünü metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu birinci sektör yapmaktadır. Başka bir deyişle antropojenik metan emisyonlarının % 50,63'i tarım sektöründeki faaliyetler sonucunda gerçekleşmektedir. Enterik fermantasyon kaynaklı emisyonlar bu kategorideki emisyonların % 59,84'ünü oluşturmaktadır. Bu emisyonları sırasıyla çeltik ekimi, kategoride diğer tarımsal faaliyetler nitelendirilen kaynaklar ve gübre yönetimine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar takip etmektedir. Şekil 1, 1990 yılından günümüze tarım sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen emisyonlardaki değişimi ifade etmektedir. Emisyonlardaki değişim oranı diğer faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen emisyonlarda en yüksek değerdedir ve bu emisyonlar özellikle 2000 yılından sonra belirgin bir şekilde artmıştır. Bu artışı sırasıyla pirinç tarlaları, enterik fermantasyon ve gübre yönetimine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar takip etmektedir.



Şekil 1. Tarım sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen metan emisyonlarının yıllara göre değişimi

Ülkeler bazında değerlendirme

Şekil 2, tarım sektöründeki metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin 1990 ve 2010 yılları arasında gerçekleştirdiği emisyonlardaki değişimi göstermektedir. Çin bu kategorideki emisyonların % 15,47'sini oluşturmaktadır. Çin'i sırasıyla Hindistan, Brezilya, Amerika ve Çizelge 1'de verilen diğer ülkeler takip etmektedir. Çizelge'deki ülkeler kategorideki emisyonların % 54,59'unu oluşturmaktadırlar. Çalışma döneminde Rusya'nın gerçekleştirdiği emisyonlar azalmış diğer ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlar ise artmıştır. En yüksek değişimler sırasıyla Nijerya, Brezilya, Endonezya ve Rusya'da gözlenirken, en düşük değişimler Amerika, Avustralya ve Tayland'ın gerçekleştirdiği emisyonlarda meydana gelmiştir.



Şekil 2. Yıllara göre ülkelerin tarım kaynaklı metan emisyonları

Çizelge 1. Enerji kaynaklı metan emisyonlarına ait bazı sayısal değerlendirmeler

Ülke	Katkı oranı	Kümülatif katkı (%)	Yüzde değişim
Çin	15,47	15,47	24,30
Hindistan	10,17	25,64	27,79
Brezilya	9,77	35,41	43,14
Amerika	5,16	40,57	3,59
Endonezya	2,78	43,35	38,00
Avustralya	2,63	45,98	9,82
Rusya	2,52	48,50	-35,94
Arjantin	2,06	50,56	19,35
Tayland	2,05	52,61	11,28
Nijerya	1,98	54,59	80,57

Tarım kaynaklı emisyonların azaltılması

Hayvancılıkta metan emisyonlarının kontrolü başlıca 2 şekilde yapılmaktadır; i) metan üretimini azaltıcı yem katkı maddelerinin kullanılması, ii) dışkıdan metan gazlarının toplanması [10]. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde gelişmiş olan hayvansal atıklarından anaerobik arıtma yöntemleri ile biyogaz üretimi oldukça yaygındır. Elde edilen gaz bir enerji kaynağı olup enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır ve ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Günümüzde Avrupa'da Almanya, Fransa, İsviçre, İtalya ve Avusturya'daki biyogaz tesislerinde hayvansal ve tarımsal atıkların arıtımı için anaerobik arıtım kullanarak biyogaz üretilmektedir. Ek olarak Danimarka, hayvan gübresini diğer organik atıklarla karıştırarak biyogaz üretiminde kullanmaktadır [12]. Diğer ülkelerdekine aksine Danimarka'da merkezi biyogaz tesisleri kurulmuştur. Çiftliklerden toplanan atıklar merkezi biyogaz tesislerinde gaz üretiminde kullandıktan sonra elde edilen gaz, merkezi doğal gaz şebekesine verilmekte ve çıkan gübre tekrar çiftçilere dağıtılmaktadır. Benzer şekilde Çin ve Hindistan'da ve daha pek çok ülkede hayvansal ve tarımsal atıklar biyogaz tesislerinde yaygın olarak kullanılmakta ve konuyla alakalı araştırma ve geliştirme faaliyetlerine hızla devam edilmektedir. Güney Amerika'da ise biyogaz tesislerinin en yoğun olarak kullanıldığı ülke Brezilya'dır [15]. Öte yandan pirinç tarlalarından kaynaklanan emisyonların azaltılabilmesi de mümkündür. Çin ve Japonya'nın pirinç yetiştirilen önemli bölgelerinde yaygın olarak kullanılan bir sulama yöntemi olan "Midseason drenajı" ve Hindistan'ın kuzeydoğusunda yaygın olan aralıklı sulama yöntemi ile metan emisyonlarını büyük oranda azaltılabilmektedir. Yağmur suları ile beslenen pirinç tarlalarından oluşan metan emisyonları normal sulama yapılan pirinç tarlalarından oluşan emisyonlardan daha azdır. Pirinç tarlaları sulu kaldığı sürece organik bileşenler metan emisyonlarının oluşmasında tetikleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle, metan emisyonlarını azaltmada bir seçenek olarak, pirinç tarlalarına beslenecek organiklerin (gübre vs.) oksijenli ortama uygun olması gerekir. Bu faktörlerin yanı sıra, pirinç tarlalarından oluşan metan emisyonları, toprak ve iklim özelliklerinden de etkilenir [16].

Enerji

Enerji sektörü, metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu ikinci büyük sektördür. Enerji sektöründeki metan oluşumuna yol açan bu faaliyetler doğal gaz ve petrol üretimi, kömür üretimi, yanma ve biokütle yakılması olarak gruplandırılabilir.

Doğal gaz ve petrol sistemleri

Doğal gazın birincil bileşeni olan metan doğal gazın üretimi, zenginleştirilmesi, depolanması ve dağıtım süreçlerinde serbest kalmaktadır. Doğal gaz genellikle petrol rezervleriyle aynı ortamlarda bulunduğundan petrol üretim ve prosesleri esnasında da önemli miktarlarda metan emisyonları gözlenmektedir. Hem petrol hem de doğal gaz sistemlerinde oluşan bu emisyonlar sistemlerdeki kaçaqlardan meydana gelmektedir [3,17].

Kömür madenciliği

Açık ocak ve yeraltı kömür madenciliğinde kömür üretimi sonucunda metan emisyonları gerçekleşmektedir. Yeraltı kömür madenciliğinde üretim esnasında açığa çıkan metan havalandırma fanları kullanılarak seyreltilmekte ve atmosfere salınmaktadır [18]. Açık ocak çalışmalarında gerçekleşen metan emisyonları ise direkt olarak atmosfere salınmaktadır. Düşük basınç ve ranktan dolayı yüzey madenciliği sonucu gerçekleşen metan emisyonları yeraltı madenciliğiyle kıyaslandığı zaman daha azdır [18,19]. Kömürün rankı ve geçirgenliği, damarın derinliği, jeolojik etkenler, üretim miktarı açığa çıkan metan miktarını etkileyen faktörler olarak sıralanabilmektedir.

Sabit ve hareketli yanlamalar

Tam yanmanın gerçekleştiği ideal koşullarda başlıca su ve karbondioksit oluşmaktadır. Doğal yanmalarda ise yetersiz oksijen desteğinden ötürü tam olarak gerçekleşmeyen yanmalar gözlenebilmektedir. Bu şekilde gerçekleşen fosil yakıt yakılmasında metan emisyonları gerçekleşebilmektedir. Emisyonun miktarı yakıtın içeriğine ve yakma koşullarına bağlı olarak farklılık arz etmektedir [20].

Biokütle yakılması

Metan emisyonları tam olarak gerçekleşmeyen biokütle yanması sonucunda gözlenebilmektedir. Biokütlenin yakıldığı koşullara ve yakıtın içeriğine bağlı olarak farklı miktarlarda metan açığa çıkabilmektedir [3,21].

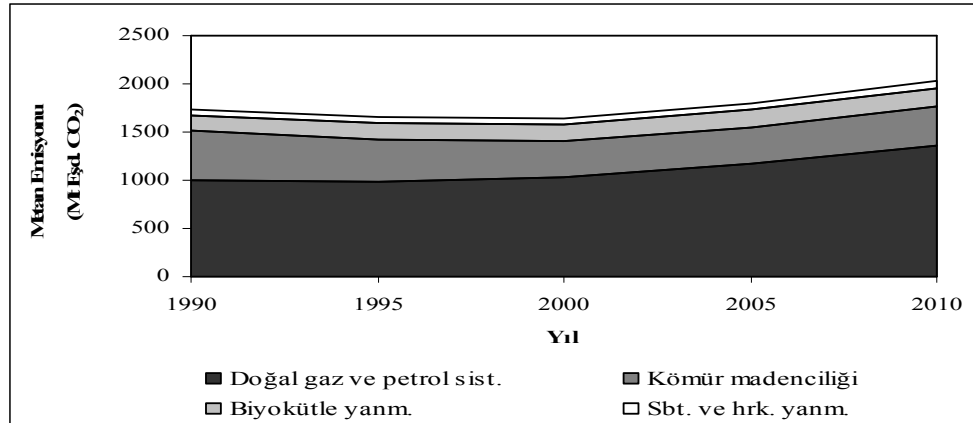
Enerji kaynaklı emisyonların irdelenmesi

Genel değerlendirme

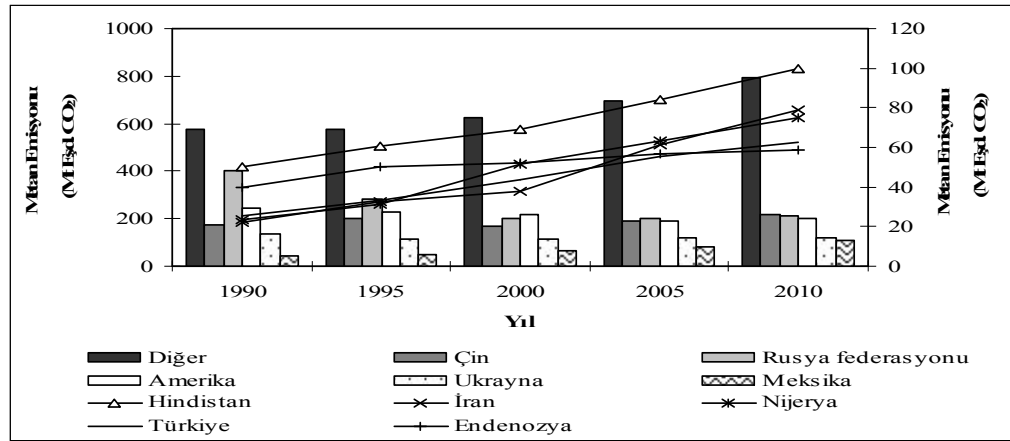
Enerji kaynaklı metan emisyon miktarı 1774,50 Mt. eşdeğer karbondioksit olarak tahmin edilmektedir. Bu değer toplam sera gazı emisyonlarının % 28,65'ini oluşturmaktadır. Enerji sektörü metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu ikinci büyük sektördür. Enerji kaynaklı metan emisyonların % 62,22'si doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu emisyonları sırasıyla ile kömür madenlerine, biyokütle yakılmasına ve sabit ve hareketli yanmalara bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar takip etmektedir. 1990 yılından günümüze enerji sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen emisyonlardaki değişimler incelendiğinde doğal gaz ve petrol sistemlerine, sabit ve hareketli yanmalara ve biokütle yakılmasına bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar artmış, kömür üretimine bağlı olarak oluşan emisyonlar ise azalmıştır (Şekil 3). Artış oranı doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlarda en yüksek değerdedir. Bu özellikle 2000 yılından sonra doğal gaza olan talebin artmasının bir sonucu olarak açıklanabilir.

Ülkeler bazında değerlendirme

Şekil 4, bu kategorideki faaliyetlerin yol açtığı metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin 1990 ve 2010 yılları arasında gerçekleştirdiği emisyonlardaki değişimi göstermektedir. Rusya bu kategorideki emisyonların % 14,61'ini gerçekleştirmektedir. Rusya'yı sırasıyla Amerika, Çin, Ukrayna, Hindistan, Meksika ve Çizelge 2'de yer alan diğer ülkeler takip etmektedir. Sıralamadaki ilk altı ülke enerji kaynaklı metan emisyonlarının % 52,45'ini oluşturmaktadır. Çalışma döneminde Rusya ve Ukrayna'nın gerçekleştirdiği emisyonlar azalmış diğer ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlar ise artmıştır. En yüksek değişimler sırasıyla İran, Nijerya, Türkiye ve Meksika'da gözlenmiş, en düşük değişimler Amerika ve Çin'de gözlenmiştir.



Şekil 3. Enerji sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen metan emisyonlarının yıllara göre değişimi



Şekil 4. Yıllara göre ülkelerin enerji kaynaklı metan emisyonları

Enerji kaynaklı emisyonların azaltılması

Doğal gaz ve petrol sistemlerine ve kömür madenciliğine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar bu kategorideki emisyonların % 86,35'ini oluşturmaktadır. Bu faaliyetlerde ki emisyonların azaltılması enerji kaynaklı emisyonları azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu emisyonların azaltılması mümkündür. Petrol ve doğal gaz üretimine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar sızıntı oluşturan bileşenlerin değiştirilmesi, düzenli olarak sistemlere bakım yapılması ve rutin havalandırma prosedürlerinin sınırlandırılmasıyla azaltılabilmektedir. Kömür damarlarında drenaj işlemleri gazın değişik amaçlarda kullanılabilmesine (doğal gaz hatlarına enjeksiyon, ısınma, maden havasının ve tesislerinin ısıtılması, drenajla birlikte elde edilen suyun bertarafı, kömürün kurutulması, elektrik üretimi vb.) olanak sağlamaktadır [22]. Ek olarak kömür madenlerinden hava çıkış kuyusundan atmosfere salınan gazın yakılarak oksitlenmesi gazın bertarafında uygulanabilecek önemli seçeneklerden bir tanesidir. Ancak bu konuda sınırlı uygulamalar bulunmakta olup araştırmalar devam etmektedir. Kömür damarlarından açığa çıkan metanı atmosfere yaymak yerine yukarıda belirtilen amaçlarda kullanmak, gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini 20 kata kadar azaltarak iklim değişim oranının yavaşlamasına yardımcı olacaktır [23,24].

Çizelge 2. Enerji kaynaklı metan emisyonlarına ait bazı sayısal değerlendirmeler

Ülke	Katkı oranı	Kümülatif katkı (%)	Yüzde Değişim
Rusya	14,61	14,61	-47,24
Amerika	12,22	26,83	-16,67
Çin	10,73	37,57	25,14
Ukrayna	6,83	44,39	-13,32
Hindistan	4,11	48,50	97,21

Meksika	3,94	52,45	139,19
Endonezya	2,90	55,35	47,28
Nijerya	2,76	58,11	216,43
İran	2,62	60,73	258,09
Türkiye	2,48	63,21	146,86

Atık

Atık sektörü, metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu üçüncü büyük sektördür. Atık sektöründe metan oluşumuna yol açan kaynaklar çöp depolama alanları, atık suları ve çeşitli atık bertarafı uygulamalarını da içeren ve bölüm içerisinde diğer faaliyetler olarak belirtilecek olan kısımlardan oluşmaktadır.

Çöp depolama alanları

Kapalı çöp depolama alanlarında ortamda bulunan oksijen, mikroorganizmalar tarafından hızla tüketilmekte ve depo gazları, yüksek kirletici konsantrasyonlarına sahip sızıntı suları ile birlikte stabilize olmuş atıklar oluşturmaktadır [25-27]. Depo gazlarından bir tanesi olan ve depo gazlarının yaklaşık olarak %50'sini oluşturan metan gazı, çöp depolama alanlarında organik materyallerin aneorobik olarak ayrışması sonucunda oluşmakta ve çevreye yayılmaktadır [3,27]. Atık kaynaklı metan emisyonlarını kontrol eden başlıca parametreler depolama alanındaki organik materyalin miktarı, aneorobik ayrışmanın süresi ve açığa çıkan metanın çeşitli amaçlarda kullanılmasına/yakılmasına bağlı olarak değişmektedir.

Atık suları

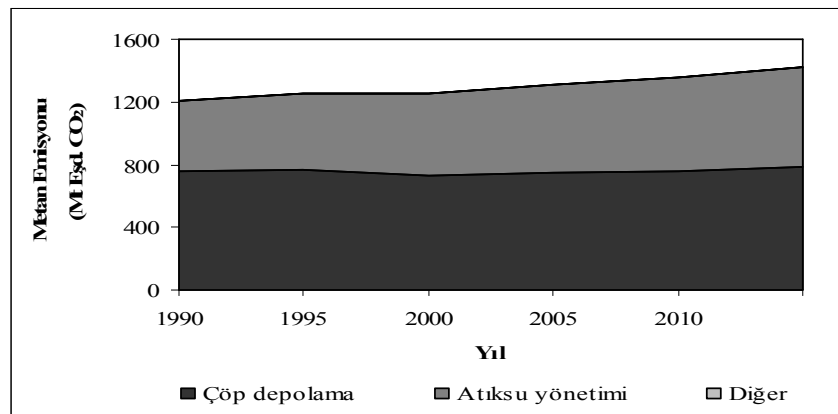
Endüstriyel atık sularının arıtılması aşamasında metan emisyonları gözlenmektedir. Atık suyundaki organik materyaller aneorobik olarak ayrıştıkları zaman metan açığa çıkarmaktadırlar. Gelişmiş ülkelerin çoğu atık suların bertarafında aerobik arıtma yapmaktadırlar. Bu sebepten açığa çıkan metan miktarı oldukça düşüktür. Ancak atık suyunun biriktirilmediği yada çok azının biriktirildiği ve arıtıldığı gelişmekte olan ülkelerde tuvaletler, açık kanalizasyonlar gibi anaerobik sistemler daha çok yaygındır ve önemli miktarlarda metan açığa çıkarmaktadırlar [3].

Atık kaynaklı emisyonların irdelenmesi

Genel değerlendirme

Atık kaynaklı metan emisyon miktarları 1276,32 Mt. eşdeğer karbondioksit olarak tahmin edilmektedir. Toplam sera gazı emisyonlarının % 20,61'i bu sektördeki faaliyetlere bağlı olarak oluşmaktadır. Çöp dolgusu (%59,07) ve atık suyundan (% 40,81) kaynaklanan emisyonlar bu kategorideki emisyonların çoğunluğunu oluşturmaktadır.

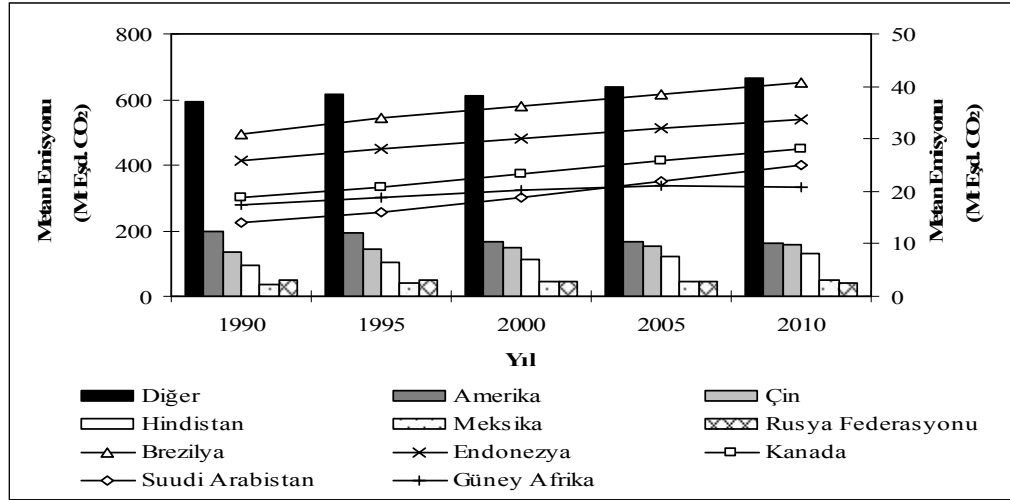
1990 yılından günümüze atık sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar incelendiğinde çöp dolgusu kaynaklı emisyonlarda küçük bir azalma gözlenmiş, diğer kategorilerde ise artışlar meydana gelmiştir (Şekil 5). Bu artış/azalış değerleri çöp dolgusu için % 0,1, atık suyu için % 33,23 ve atık diğer için % 46,43 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Atık kaynaklı faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen metan emisyonlarının yıllara göre değişimi

Ülkeler bazında değerlendirme

Şekil 6, yıllara göre ülkelerin atık kaynaklı metan emisyonlarına katkısını göstermektedir. Amerika bu kategorideki emisyonların % 13,82'sini oluşturmaktadır. Amerika'yı sırasıyla Çin, Hindistan, ve Çizelge 3'de belirtilen ve nispeten daha düşük miktarlarda metan oluşturan diğer ülkeler takip etmektedir. Çalışma döneminde Amerika ve Rusya dışındaki ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlarda artış gözlenmiştir. En yüksek değişim % 59,06 ile Suudi Arabistan'da gözlenirken en düşük değişim % 11,30 ile Rusya'da gözlenmiştir (Çizelge 3).



Şekil 6. Yıllara göre ülkelerin atık kaynaklı metan emisyonları

Atık kaynaklı emisyonların azaltılması

Çöp depolarından açığa çıkan metan gazının atmosfere olan olumsuz etkisinin azaltılması için kullanılan en kolay yol, metanın oksitlenerek atmosfere verilmesidir. Bunun için depo gazı doğrudan yakılabildiği gibi, uygun yerlere nakledilip orda da değerlendirilebilmektedir. Çöp depo yerinde yakma işlemi iki şekilde olabilmektedir. Bunlar; i) enerji kazanma ve ii) sadece yakarak atmosfere verme şeklinde olabilmektedir. Depo gazı enerjisi ile depolarda oluşan sızıntı suları buharlaştırılıp artırılabilir [27,28]. Depo gazı sera ısıtması, tuğla fabrikası vb. endüstriyel veya yerleşim enerji ihtiyaçları için kullanılmak üzere nakledilebilmektedir. Bunun dışında depo gazı artırılıp sıkıştırılarak daha uzak mesafelerde benzer amaçlarda da değerlendirilebilmektedir. Metan gazının metanol vb. gibi maddelerin üretimi için kullanımı söz konusudur [29]. Ek olarak atık suların bertarafında aerobik arıtma yöntemi kullanılarak açığa çıkan metan miktarı azaltılabilmektedir.

Çizelge 3. Atık kaynaklı metan emisyonlarına ait bazı sayısal değerlendirmeler

Ülke	Katkı oranı	Kümülatif katkı (%)	Yüzde değişim
Amerika	13,82	13,82	-18,02
Çin	11,58	25,40	18,14
Hindistan	8,73	34,13	40,29
Rusya	3,51	37,64	-11,30
Meksika	3,35	40,99	36,00
Brezilya	2,82	43,81	31,59
Endonezya	2,34	46,15	30,45
Kanada	1,83	47,98	48,99
Güney Afrika	1,54	49,52	19,53
Suudi Arabistan	1,50	51,02	76,63

3.Sonuçlar

Fosil yakıtların yakılması, çeşitli endüstriyel faaliyetler ve arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklanan sera gazları küresel sıcaklıkların yükselmesine yol açmıştır. Etkili bir sera gazı olan metan, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının % 16'sını oluşturmakta olup atmosferdeki oranı son birkaç yüzyılda iki katına çıkmıştır. Bu artışın

gelecekte de devam etmesi beklenmektedir. Sektörel metan emisyonlarının konu alındığı bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özlenebilir.

- i. Tarım sektöründen açığa çıkan metan, insan kaynaklı metan emisyonlarının % 50,63'ünü oluşturmaktadır. Çalışma döneminde artış göstermiştir. Çin, Hindistan, Brezilya ve Amerika kategorideki emisyonların kayda değer çoğunluğunu oluşturmaktadır. Bu kategorideki emisyonların, hayvancılıkta üretilen metanı azaltıcı yem katkı maddelerinin kullanılması ve dışkıdan metan gazlarının toplanması gibi yöntemlerle azaltılabilmektedir.
- ii. Enerji kaynaklı metan emisyonları, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının % 28,65'ini oluşturmaktadır. Bu emisyonlar çalışma döneminde artış göstermiştir. Rusya, Amerika ve Çin sektöründeki emisyonlara yüksek miktarlarda katkıda bulunmaktadır. Bu kategorideki emisyonlar petrol ve doğal gaz sistemlerinde sızıntı oluşturan bileşenlerin değiştirilmesi, düzenli olarak sistemlere bakım yapılması ve rutin havalandırma prosedürlerinin sınırlandırılmasıyla azaltılabilmektedir. Ek olarak kömür damarlarından üretilen gazın atmosfere salınması yerine çeşitli uygulamalarda kullanılması gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini azaltacaktır.
- iii. Toplam sera gazı emisyonlarının % 20,61'i atık sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak oluşmaktadır. Amerika, Çin ve Hindistan'ın bu kategorideki emisyonlara katkısı yüksek seviyelerdedir. Kategorideki emisyonlar çöp depolama alanlarından açığa çıkan gazın yakılarak bertarafı yada çeşitli sektörlerde bir enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla azaltılabilmektedir.

Kaynaklar

- [1] Doğan, S., "Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri" C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 6(2), 57-73, 2005.
- [2] Doğan, S., "İklim Değişikliği'nde Türkiye'nin Adımları" <http://www.bitem.gazi.edu.tr/pdf/iklimturkiye.pdf>, erişim 10 Ocak 2011.
- [3] Aydın, G., "Kömür Kökenli Metanın Kullanım Teknolojileri ve Enerji Üretiminden Kaynaklanan Antropojenik Metan Emisyonlarının Analizi", Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 2008, Trabzon
- [4] Aksay, C., Ketenoglu, O. ve Kurt, L., "Küresel Isınma ve İklim Değişikliği", SÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 25, 29-41., 2005.
- [5] Kruger, D. and Franklin, P., "The Methane to Markets Partnership: Opportunities for coal mine methane utilization", 11th U.S./North American Mine ventilation symposium, June, 3-8. 2006.
- [6] EPA, "Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020", http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/pdfs/global_emissions.pdf, Erişim 28 Aralık 2010.
- [7] Moss, R.A., Jouany, P.J. and Newbold, J. "Methane production by ruminants: its contribution to global warming" Ann. Zootech. 49, 231-253., 2000.
- [8] Wittenberg, M.K., "Enteric methane emissions and mitigation opportunities for Canadian cattle production systems" <http://www.vido.org/beefinonet/otherareas/pdf/CcbMethaneemissionsWittenburg.pdf>, erişim 20 Ocak 2011.
- [9] Gworgwor, Z.A., Mbahi, T.F. and Yakubu, B., "Environmental Implications of Methane Production by Ruminants: A Review" Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment 2(1), 2006.
- [10] Demir, P ve Cevger, Y., "Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü", 2007. <http://www.vethkimder.org.tr/dergi/archive/2007%28cilt78%29/Sayi1/b13-16.pdf>, erişim 10 Aralık 2010.
- [11] Mangino, J.M. and Peterson, K.M., "Development of an Emissions Model to Estimate Methane From Enteric Fermentation in Cattle", 2010. <http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/agriculture/AG007.pdf>, erişim 5 Ocak 2011.

- [12] Lusk, “Methane Recovery from Animal Manures the Current Opportunities Casebook”, 1998.
<http://biosystems.okstate.edu/Home/robert.frazier/AD%20Case%20Study%20Paper.PDF>, erişim 9 Kasım 2010.
- [13] IPCC, “Methane Emissions from Rice Cultivation: Flooded Rice Fields”, 2009.
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch4ref5.pdf>, Erişim 20 Eylül 2010.
- [14] Anand, S, Dahiya, P.R., Talyan, V. and Vrat, P., “Investigations of methane emissions from rice cultivation in Indian context” Environment International 31 (2005) 469-482., 2005.
- [15] Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S ve Reiter, R., “Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi” VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul
- [16] Wassmann, R., Hosen, Y. ve Sumfleth, K., “Agriculture and Climate Change: An Agenda for Negotiation in Copenhagen: Reducing Methane Emissions from Irrigated Rice”, 2009.
http://www.donorplatform.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1005, erişim 8 Ocak 2011.
- [17] Robinson, D. R., Fernandez, R. and Kantamaneni, R. K., ‘Methane Emissions Mitigation Options in the Global Oil And Natural Gas Industries’, 2009.
<http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/naturalgas/NG020.pdf>, erişim 5 Ocak 2011.
- [18] Aydın, G. ve Karakurt, İ. “Yeraltı Kömür Damarlarından Üretilen Metanın Kullanım Teknolojileri” Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, Sayfa 129-136, 2009.
- [19] Carol, J.C., Marshall S.J. and Pilcher C.R., “Status of Worldwide Coal Mine Methane Emissions and Use”, International Journal of Coal Geology 35, 283–310., 1997.
- [20] Delmas, R, “An Overview of Present Knowledge on Methane Emission from Biomass Burning” Fertilizer Research 37: 181-190, 1994.
- [21] Anon, “Biyokütle Enerjisi”, 2009. http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/biyokutle_enerjisi_6.pdf, erişim 1 Aralık 2010.
- [22] Aydın, G., Karakurt, İ. ve Aydın, K. “Kömür Kaynaklı Metan Gazının Çevresel Etkilerinin Azaltılmasında Metan Drenajının Önemi” 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara Sayfa: 271-278., 2009.
- [23] Karakurt, İ, Aydın, G. ve Aydın, K. “Kömür Madenlerinden Açığa Çıkan Metan Gazının Azaltım Seçenekleri” 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Ankara Sayfa:165-172, 2009.
- [24] Aydın, G., Karakurt, İ. ve Aydın, K. “Enerji Kaynaklı Küresel Metan Emisyonlarının İrdelenmesi: 1990 2010” 7. Enerji Sempozyumu, Ankara, sayfa 129-143, 2009.
- [25] Öztürk, M. “Katı Atık Depolama Alanında Metan Gazı Oluşumu”, 2008.
<http://www.mozturk.net/Upload/DEPO%20GAZI.pdf>, erişim 20 Aralık 2010.
- [26] Öztürk, M. “Çöp Depolama Alanlarında Biyogaz Üretimi”, 2009.
<http://www.mozturk.net/Upload//depolama%20alanlar-1%284%29.pdf>, erişim 3 Ocak 2011.
- [27] Özcan, K.H., Borat, M. ve Bayat, C., “Katı Atık Depo Sahası Gazları ve Çevresel Etkileri” II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK 2005 İstanbul, 2005.
- [28] Güldal, A., “Biogaz Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye’deki Uygulamaları”, 2009.
<http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11271.pdf>, Erişim 21 Ocak 2011.
- [29] Gönüllü, T.M. ve Varınca. B.K., “Çöp Depo Gazlarının Atmosfer Isınmasındaki Yeri”,
<http://www.yildiz.edu.tr/~kvarınca/Dosyalar/Yayinlar/yayin013.pdf>, erişim 21 Ocak 2011.