

# ENERJİ KAYNAKLI KÜRESEL METAN EMİSYONLARININ İRDELENMESİ: 1990-2010

Arş. Gör. Gökhan AYDIN  
[gaydin@ktu.edu.tr](mailto:gaydin@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. İzzet KARAKURT  
[karakurt@ktu.edu.tr](mailto:karakurt@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Kerim AYDINER  
[aydiner@ktu.edu.tr](mailto:aydiner@ktu.edu.tr)

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

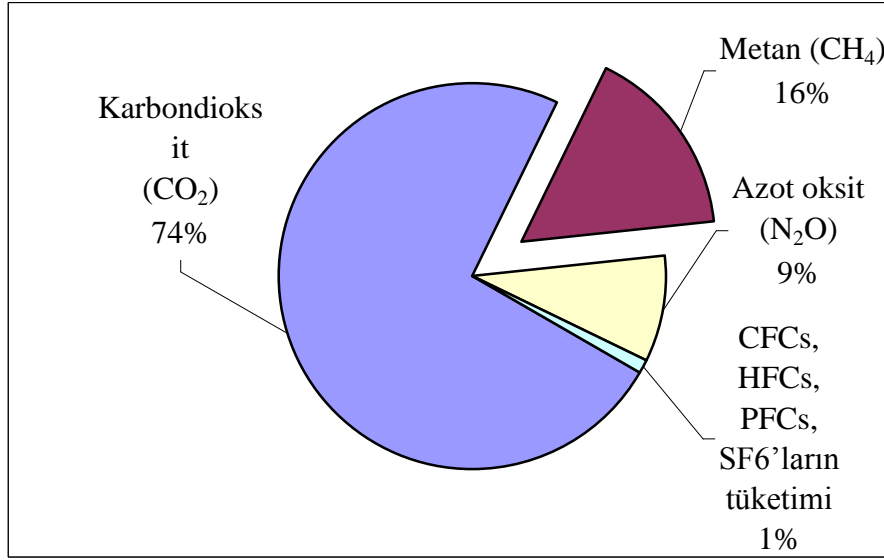
## ÖZET

Fosil yakıtların kullanımı, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı ve toplumlardaki tüketim eğiliminin artması gibi nedenlerle atmosferdeki sera gazlarının miktarı zaman içerisinde önemli artış göstermiştir. Bu artış küresel sıcaklıkların artmasına neden olmuştur. Metan küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık olarak % 16'sını oluşturmaktadır ve başlıca emisyonlar tarım, atık, enerji ve endüstri sektörlerinde gözlenmektedir.

Enerji sektörü tarım sektöründen sonra metan emisyonlarına katkıda bulunan ikinci büyük sektör olup ve küresel metan emisyonlarının % 28,7'sinden sorumludur. Enerji kaynaklı emisyonlar, petrol ve doğal gaz sistemlerine, kömür madenciliğine ve yanma kökenli faaliyetlere bağlı olarak oluşturmaktadır. Bu çalışmada enerji sektöründeki bu faaliyete bağlı olarak oluşan emisyonlar ülkeler bazında incelenmiş ve çeşitli sayısal değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak oluşan metan emisyonlarının enerji kaynaklı emisyonların büyük bir çoğunluğunu oluşturduğu tespit edilmiştir. Petrol ve doğal gaz kaynaklı emisyonları sırasıyla, kömür madenciliği ve yanma kaynaklı emisyonlar takip etmektedir.

## 1. Giriş

Yeryüzüne çarpan güneş ışınlarının bir kısmı atmosfere yansıtılırken diğer bir kısmı su buharı, karbondioksit ve metan gazının dünyanın üzerinde oluşturduğu doğal bir örtü tarafından tutulmaktadır. Bu da yeryüzünün yeterince sıcak kalmasını sağlamaktadır (Çepel ve Ergün, 2005). Ancak son dönemlerde fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, hızlı nüfus artışı ve toplumlardaki tüketim eğiliminin artması gibi nedenlerle atmosferdeki karbondioksit, metan ve azot oksit gazların miktarları artış göstermiştir. Atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sıcaklıkların artmasına neden olmuştur. Şekil 1'de her bir sera gazının toplam sera gazı emisyonları içerisindeki oranı verilmiştir (Aydın, 2008; Aksay vd., 2005). Anlaşılacağı gibi metan sera gazlarının %16'sını oluşturmaktadır.



Şekil 1. Antropojenik sera gazı emisyonları

Metan organik artıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. Oranı binlerce yıldan beri değişmemiş olan bu gazının atmosferdeki oranı son birkaç yüzyılda iki katına çıkmıştır. Bu değişiklik karbondioksit seviyesindeki artışa göre az olsa da en az karbondioksit kadar dünyamızı etkilemektedir. Bunun nedeni metanın küresel ısınma potansiyelinin karbondioksitin 21 katı olmasından kaynaklanmaktadır (Kruger ve Franklin, 2006; Aydın, 2008).

Antropojenik (insan kaynaklı) metan emisyonları küresel metan emisyonlarının % 60'ını oluşturmaktadır. Kalan % 40'lık kısım ise doğal kaynaklardan açığa çıkmaktadır. Doğal kaynaklar bataklıklar, termitler, okyanuslar ve hidratlardan oluşmaktadır. Antropojenik metan emisyonlarına yol açan kaynaklar Tablo 1'de dört başlık altında toplanmıştır (EPA, 2006)

Tablo 1. Antropojenik metan oluşumuna yol açan faaliyetler

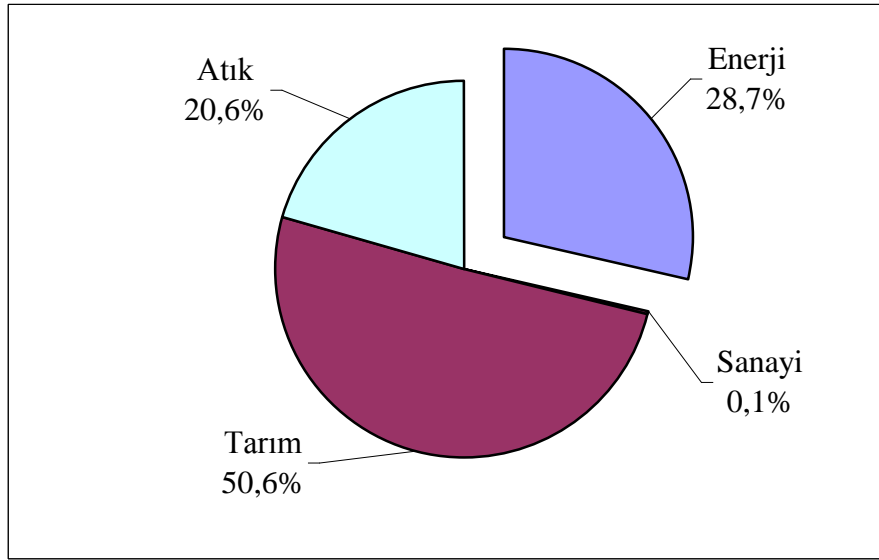
Metan oluşumuna yol açan sektörler			
Enerji	Endüstri	Tarım	Atık
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kömür madenciliği</li> <li>▪ Doğal gaz ve petrol sistemleri</li> <li>▪ Fosil yakıtlar</li> <li>▪ Biyokütle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kimyasal üretimi</li> <li>▪ Demir ve çelik üretimi</li> <li>▪ Metal üretimi</li> <li>▪ Mineral ürünleri</li> <li>▪ Petrokimyasal üretimi</li> <li>▪ Silikon karbit üretimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gübreleme</li> <li>▪ Enterik fermantasyon</li> <li>▪ Pirinç tarlaları</li> <li>▪ Diğer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Katı atık dolgusu</li> <li>▪ Atık suyu</li> <li>▪ Atık yakılması</li> <li>▪ Çözücü ve diğer ürünlerin kullanımı</li> </ul>

Bu çalışmada EPA tarafından 2006 yılında yayınlanan ve sera gazlarını konu alan raporda sunulan veriler kullanılmıştır. Rapor ışığında enerji sektöründe metan oluşumuna yol açan faaliyetler belirlenmiş ve bu faaliyetlerin enerji kaynaklı metan emisyonlarına katkısı irdelenmiştir. Ek olarak her bir kategorideki emisyonların çoğunluğundan sorumlu ülkeler

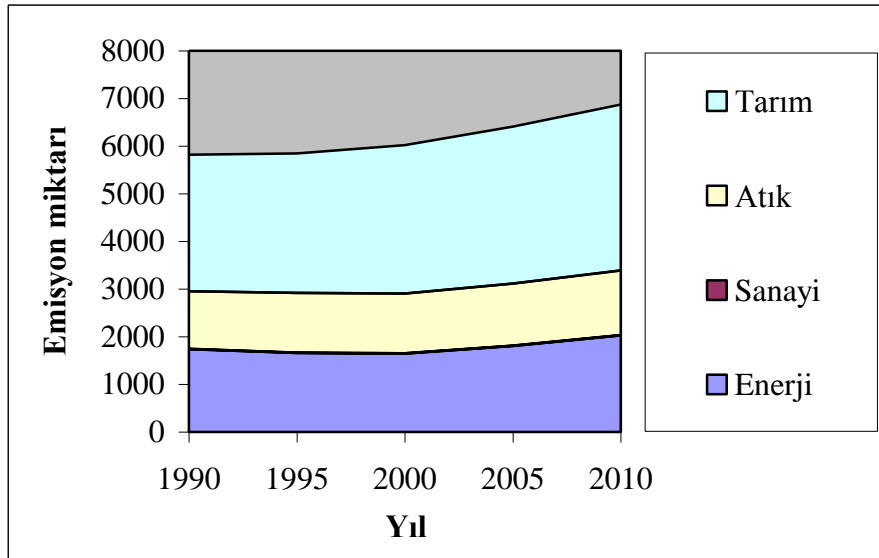
belirlenmiş (ilk on ülke, 1990-2010 yılları arasındaki değerler için) ve bu ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlara yönelik sayısal değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. Enerji Sektöründen Kaynaklanan Metan Emisyonları

Enerji sektörü, metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu ikinci büyük sektördür ve küresel sera gazı emisyonlarının % 28,7'ini oluşturmaktadır. Şekil 2'de daha önceden belirlenen ve metan oluşumuna yol açan sektörlerin küresel metan emisyonlarına katkısı verilmiştir. Şekil 3, 1990 yılından günümüze sektörel bazdaki küresel metan emisyonlarında meydana gelen değişimleri ifade etmektedir. Bu dönemde enerji kaynaklı emisyonlarda artış (% 16,7) gözlenmiştir (Aydın ve Karakurt, 2009a).



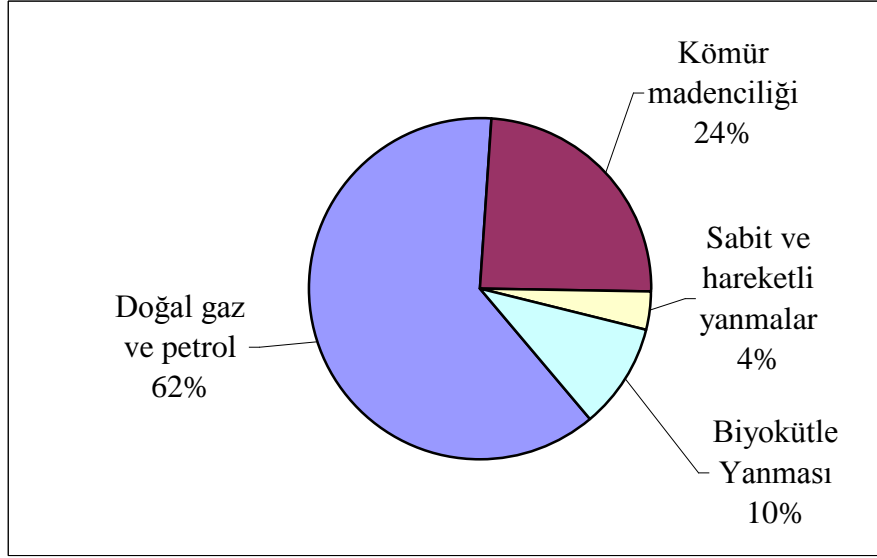
Şekil 2. Sektörlerin küresel emisyonlarına katkısı



Şekil 3. Sektörel metan emisyonlarının yıllara göre değişimi

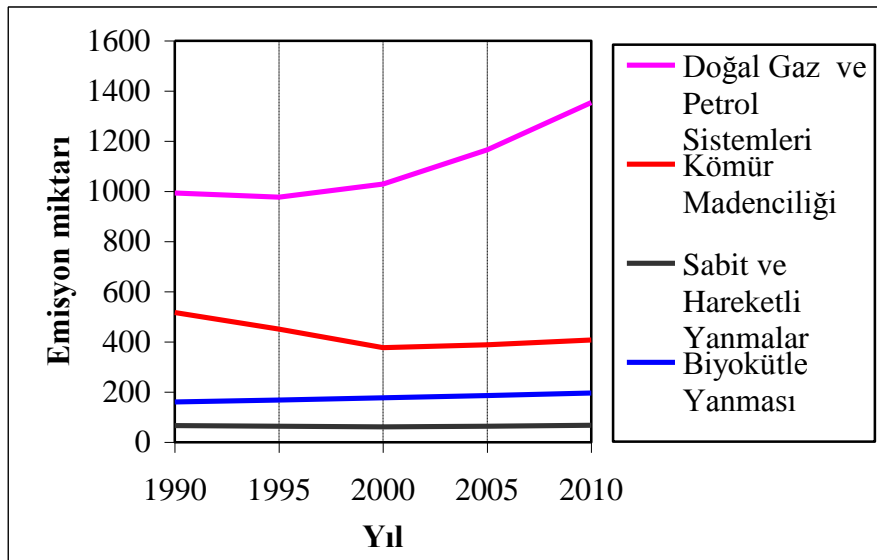
Not: Şekillerde verilen metan emisyon değerleri eşdeğer CO<sub>2</sub> Mt cinsindedir.

Enerji sektöründe metan emisyonlarına yol açan faaliyetler doğal gaz ve petrol üretimi, kömür üretimi, sabit ve hareketli yanmalar ve biyokütle yakılması olarak gruplandırılabilir. Doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı emisyonlar enerji kaynaklı emisyonların büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Doğal gaz ve petrol sistemlerini sırasıyla % 24 ile kömür madenciliği, % 10 ile biyokütle yanması ve % 4 ile sabit ve hareketli yanmalar sonucu gerçekleşen emisyonlar takip etmektedir (Şekil 4)



Şekil 4. Enerji sektöründeki faaliyetlerin metan emisyonlarına katkısı

Şekil 5 1990 yılından günümüze enerji sektöründeki faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşen emisyonlardaki değişimleri göstermektedir. Bu dönemde doğal gaz ve petrol sistemlerine (% 36), sabit ve hareketli yanmalara (% 2) ve biyokütle yanmasına (% 22) bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar artış gösterirken kömür üretimine bağlı olarak gerçekleşen emisyonlar (% 21) azalma gözlenmiştir.

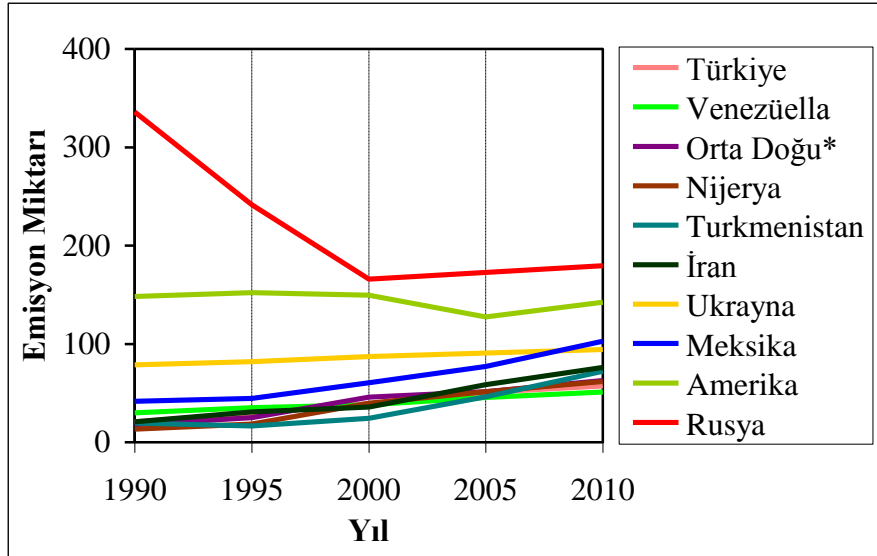


Şekil 5. Enerji sektöründeki faaliyetlerin gerçekleştirdiği emisyonların yıllara göre değişimi

## 2.1. Doğal gaz ve petrol sistemleri

Metan doğal gazın birincil bileşenidir ve doğal gaz üretimi, zenginleştirilmesi, depolanması ve dağıtım süreçlerinde serbest kalmaktadır. Doğal gaz genellikle petrol rezervleriyle aynı ortamlarda bulunduğundan dolayı petrol üretim ve prosesleri esnasında da önemli miktarlarda metan emisyonları gözlenmektedir. Hem petrol hemde doğal gaz sistemlerinde gerçekleşen metan emisyonları sistemlerdeki kaçaklardan meydana gelmektedir. Kaçaklar ekipmanlardan, üretim faaliyetleri sırasında, ulaştırma hatları boyuca, depolama esnasında ve gaz dağıtım hatlarında meydana gelebilmektedir (Aydın 2008; Robinson vd., 2009)

Şekil 6 doğal gaz ve petrol sistemlerinden kaynaklanan metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonların 1990-2010 yılları arasındaki değişimini göstermektedir. Rusya bu kategorideki emisyonların % 19,84'ini gerçekleştirmektedir. Rusya'yı sırasıyla % 13,04 ile Amerika, % 7,85 ile Ukrayna, % 5,92 ile Meksika, % 4,82 ile İran ve Tablo 2'de belirtilen diğer ülkeler takip etmektedir. Sıralamadaki ilk beş ülke doğal gaz ve petrol kaynaklı emisyonların % 50,67'sinden sorumludur. Türkiye ise bu sıralamada % 3,57'lik bir değer ile 9. sırada yer almaktadır.



Şekil 6. Doğal gaz ve petrol kaynaklı emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonların 1990-2010 yılları arasındaki değişimi

\* Orta Doğu'da yer alan ve İran, Irak, İsrail, Ürdün, Kuveyt, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri dışındaki ülkelerden salınan emisyonlar

Çalışma döneminde Rusya ve Amerika'nın gerçekleştirdiği emisyonlar azalmış diğer ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlar ise artmıştır. En yüksek değişimler sırasıyla Nijerya, Orta Doğu\* ve İran'ın gerçekleştirdiği emisyonlarda gözlenirken, en düşük değişim Amerika'nın gerçekleştirdiği emisyonlarda gözlenmiştir (Tablo 2).

Notlar:

1. Tablolardaki ↓ simgesi değişimin azalan yönde olduğunu gösterirken, ↑ simgesi değişimin artan yönde olduğunu ifade etmektedir.

2. Bu ve bundan sonraki tablolarda hesaplanan katkı oranları 1990-2010 yılları arasındaki ortalama metan emisyon değerleri baz alınarak hesaplanmıştır

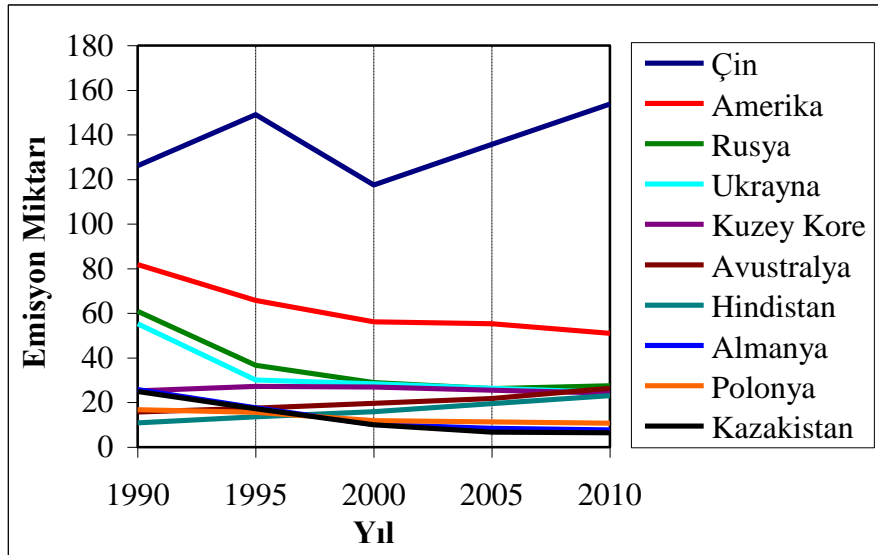
Tablo 2. Doğal gaz ve petrol kaynaklı emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlara ait bazı sayısal veriler

Ülke	Katkı Oranı	Kümülatif Katkı	Yüzde Değişim
Rusya	19,84	19,84	46,61 ↓
Amerika	13,04	32,88	4,01 ↓
Ukrayna	7,85	40,73	19,82 ↑
Meksika	5,92	46,65	147,23 ↑
İran	4,02	50,67	267,82 ↑
Orta Doğu*	3,68	54,35	248,78 ↑
Venezüella	3,61	57,96	69,98 ↑
Türkiye	3,57	61,53	176,33 ↑
Nijerya	3,35	64,88	361,94 ↑

## 2.2. Madencilik faaliyetleri

Açık ocak ve yer altı madencilik faaliyetleri sonucunda metan emisyonları gerçekleşmektedir. Yeraltı kömür madenciliğinde üretim esnasında ayak içine sızan metan havalandırma fanları kullanılarak seyreltilmekte ve hava çıkış kuyusundan atmosfere bırakılmaktadır (Aydın ve Karakurt, 2009b). Yüzey madenciliği çalışmalarında açığa çıkan metan ise direkt olarak atmosfere yayılmaktadır. Düşük basınç ve ranktan dolayı yüzey madenciliğinde açığa çıkan metan miktarı yeraltı madenciliğine kıyasla daha azdır (Carol vd., 1997; Aydın ve Karakurt, 2009a).

Şekil 7’de bu kategorideki emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği metan emisyonlarının 1990-2010 yılları arasındaki değişimi verilmiştir.



Şekil 7. Kömür kaynaklı metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonların 1990-2010 yılları arasındaki değişimi

Çin bu kategorideki emisyonların % 27,38'ini gerçekleştirmektedir. Çin'i sırasıyla % 12,45 ile Amerika, % 7,24 ile Rusya ve Tablo 3' de belirtilen diğer ülkeler takip etmektedir. Sıralamadaki ilk üç ülke doğal gaz ve petrol kaynaklı emisyonların % 47,07'sinden sorumludur.

Çin, Ukrayna, Avustralya ve Hindistan'ın gerçekleştirdiği emisyonlar çalışma döneminde artmış diğer ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlar ise azalmıştır. En yüksek değişimler sırasıyla Hindistan ve Nijerya'nın gerçekleştirdiği emisyonlarda gözlenirken en düşük değişim Kuzey Kore'nin gerçekleştirdiği emisyonlarda meydana gelmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Kömür kaynaklı metan emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlara ait bazı sayısal veriler

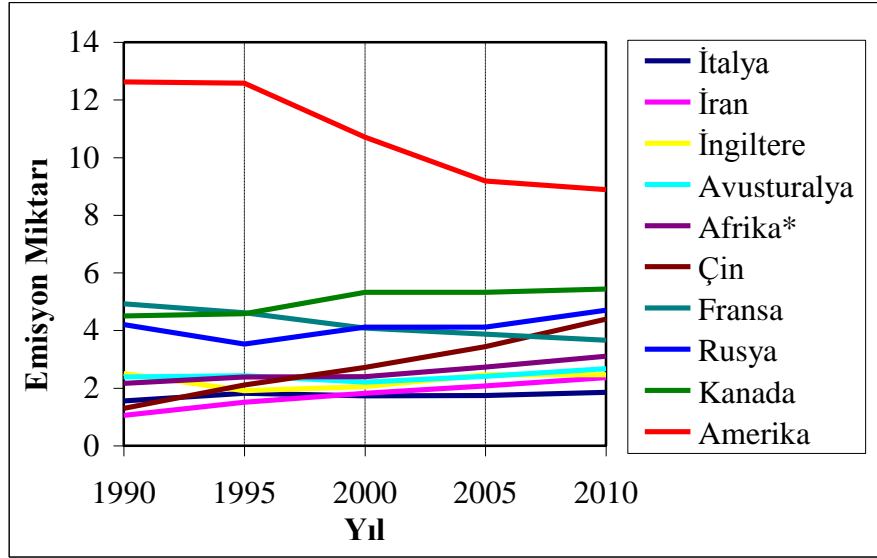
Ülke	Katkı Oranı	Kümülatif Katkı	Yüzde Değişim	
Çin	27,38	27,38	21,90	↑
Amerika	12,45	39,83	37,61	↓
Rusya	7,24	47,07	54,83	↓
Ukrayna	6,60	53,67	55,76	↓
Kuzey Kore	5,19	58,86	3,88	↓
Avustralya	4,06	62,92	66,75	↑
Hindistan	3,33	66,24	112,33	↑
Polonya	2,80	69,04	69,93	↓
Almanya	2,66	71,70	35,78	↓
Kazakistan	2,61	74,31	74,35	↓

### 2.3. Sabit ve hareketli yanmalar

Metan, tam olarak gerçekleşmeyen sabit ve hareketli yanma sonucunda açığa çıkabilmektedir. Bu kategorideki emisyonlar enerji sektörüne bağlı olarak gerçekleşen metan emisyonlarının yaklaşık olarak % 4'ünü oluşturmaktadır. Bu oran diğer faaliyetlerle kıyaslandığı zaman oldukça düşüktür.

Şekil 8 bu kategorideki emisyonların çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği metan emisyonlarının 1990-2010 yılları arasındaki değişimini göstermektedir. Amerika bu kategorideki emisyonların % 16,7'sini gerçekleştirmektedir. Amerika'yı sırasıyla % 7,78 ile Kanada, % 6,55 ile Rusya, % 6,40 ile Fransa ve Tablo 4'de belirtilen diğer ülkeler takip etmektedir. Tablo 4'deki ülkeler bu kategorideki emisyonların 58,4'ünden sorumludur.

Amerika, Rusya ve İngiltere'nin gerçekleştirdiği emisyonlar çalışma döneminde azalmış diğer ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlar ise artmıştır. En yüksek değişimler sırasıyla Çin ve İran'ın gerçekleştirdiği emisyonlarda gözlenirken en düşük değişimler İngiltere'nin gerçekleştirdiği emisyonlarda meydana gelmiştir.



Şekil 8. Sabit ve hareketli yanma kaynaklı metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonların 1990-2010 yılları arasındaki değişimi

\* Afrika'da yer alan ve Cezayir, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Mısır, Etiyopya, Nijerya, Senegal, Güney Afrika, Uganda dışındaki ülkelerden salınan emisyonlar

Tablo 4. Sabit ve hareketli yanma kaynaklı metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonlara ait bazı sayısal veriler

Ülke	Katkı Oranı	Kümülatif Katkı	Yüzde Değişim
Amerika	16,70	16,7	29,56 ↓
Kanada	7,78	24,48	20,89 ↑
Rusya	6,55	31,03	25,76 ↓
Fransa	6,40	37,43	11,90 ↑
Çin	4,32	41,75	237,69 ↑
Afrika*	3,96	45,71	43,98 ↑
Avustralya	3,75	49,46	11,72 ↑
İngiltere	3,52	52,98	1,99 ↓
İran	2,73	55,71	124,76 ↑
İtalya	2,69	58,4	19,35 ↑

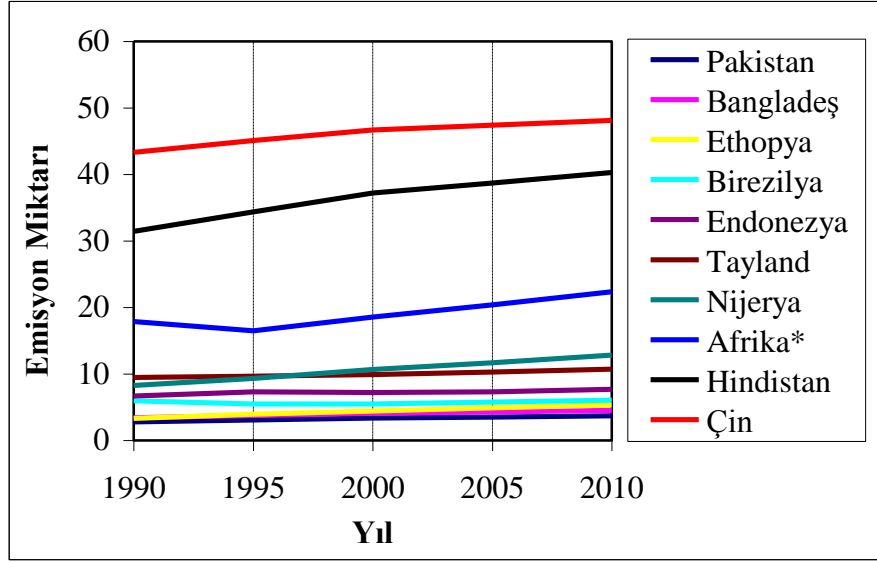
## 2.4. Biyokütle yakılması

Metan, tam olarak gerçekleşmeyen biyokütle yanması sonucunda açığa çıkmaktadır. Biyokütlenin yakıldığı koşullara ve yakıtın içeriğine bağlı olarak farklı miktarlarda metan açığa çıkabilmektedir (Anon, 2009; EPA, 2006).

Şekil 9 biyokütle kaynaklı metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği metan emisyonlarının 1990-2010 yılları arasındaki değişimini göstermektedir. Çin bu kategorideki emisyonların % 25,97'sini gerçekleştirmektedir. Çin'i sırasıyla % 20,48 ile Hindistan, % 10,77 ile Afrika diğer ve Tablo 4'te belirtilen diğer ülkeler takip etmektedir. Tablo 5'teki ilk üç ülke bu kategorideki emisyonların % 57,22'sinden sorumludur.



Çalışma döneminde biyokütle yanmasına bağlı olarak gerçekleşen metan emisyonlarında artış gözlenmiştir. En yüksek değişimler sırasıyla Etiyopya ve Nijerya'nın gerçekleştirdiği emisyonlarda gözlenirken en düşük değişimler Brezilya'nın gerçekleştirdiği emisyonlarda meydana gelmiştir (Tablo 5)



Şekil 9. Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarının çoğunluğundan sorumlu olan ülkelerin gerçekleştirdiği emisyonların 1990-2010 yılları arasındaki değişimi

\* Afrika'da yer alan ve Cezayir, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Mısır, Etiyopya, Nijerya, Senegal, Güney Afrika, Uganda dışındaki ülkelere salınan emisyonlar

Tablo 5. Biyokütle yanmasından kaynaklanan metan emisyonlarına ülkelerin katkısı ve emisyonlardaki değişimler

Ülke	Katkı Oranı	Kümülatif Katkı	Yüzde Değişim
Çin	25,97	25,97	11,03 ↑
Hindistan	20,48	46,45	28,20 ↑
Afrika*	10,77	57,22	24,86 ↑
Nijerya	5,95	63,17	55,01 ↑
Tayland	5,63	68,80	13,21 ↑
Endonezya	4,07	72,87	15,17 ↑
Brezilya	3,23	76,10	1,68 ↑
Etiyopya	2,47	78,57	60,96 ↑
Bangladeş	2,25	80,82	32,35 ↑
Pakistan	1,85	82,67	32,14 ↑

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- i. Enerji sektörü metan emsiyonlarından sorumlu ikinci büyük sektördür. Enerji sektöründe metan oluşumuna yol açan faaliyetler doğal gaz ve petrol sistemleri, kömür madenleri, sabit ve hareketli yanmalar ve biyokütle yanması olarak sıralanmaktadır.
- ii. Doğal gaz ve petrol sistemleri ile kömür madenciliğine bağlı olarak gerçekleşen metan emsiyonları enerji kaynaklı metan emsiyonların % 86'sını oluşurmaktadır. Bu kategorilerdeki emsiyonların azaltılması ve ülkelerin enerji politikalarını buna göre şekillendirmesi gelecek açısından büyük önem taşımaktadır.
- iii. Rusya, Amerika, Ukrayna, Meksika ve İnan doğal gaz ve petrol sistemlerine bağlı olarak gerçekleşen metan emsiyonlarının % 50,67'sinden sorumludur. Bu kategorideki emsiyonlar sızıntı oluşturan bileşenlerin değiştirilmesi, düzenli olarak sistemlere bakım yapılması ve rutin havalandırma prosedürlerinin sınırlandırılmasıyla azaltılabilmektedir.
- iv. Çin, Amerika, ve Rusya kömür madenciliğine bağlı olarak gerçekleşen emsiyonların % 54,8'inden sorumludur. Çin ve Amerika özellikle son dönemlerde kömür madenlerinden açığa çıkan metan miktarının azaltılmasına yönelik oldukça yoğun çalışmalar yürütmektedir. Rusya'nın ve kategorideki diğer ülkelerin bu yöndeki çalışmalara hız vermesi emsiyonların azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Kömür damarlarında uygulanan drenaj işlemleri gazın değişik amaçlarda kullanılabilmesine (ısınma, maden havasının ve tesislerinin ısıtılması, elektrik üretimi vb.) olanak sağlamaktadır. Drenajla birlikte elde edilen metanı atmosfere yaymak yerine bu uygulamalarda kullanmak, gazın küresel ısınma üzerindeki etkisini 20 kat azaltacaktır.

#### 5. Kaynaklar

Aksay, C., Ketenoğlu, O. ve Kurt, L., 2005. Küresel Isınma ve İklım Değişikliği, S Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 25, 29-41.

Anon, 2009 'Biyokütle enerjisi' [http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/biyokutle\\_enerjisi\\_6.pdf](http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/biyokutle_enerjisi_6.pdf)

Aydın, G. 2008. 'Kömür Kökenli Metanın Kullanım Teknolojileri ve Enerji retiminden Kaynaklanan Antropojenik Metan Emisyonlarının Analizi' KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon

Aydın, G. ve Karakurt, İ., 2009a 'çeşitli Kaynaklara Bağlı Olarak Enerji Sektöründen Açığa ıkan Küresel Metan Emisyonlarının Bölgesel Analizi' Türkiye 21. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi TUMKS'09, Antalya, 6-8 Mayıs, Sayfa: 629-637

Aydın, G. ve Karakurt, İ., 2009b 'Yeraltı Kömür Damarlarından retilen Metanın Kullanım Teknolojileri' Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 15, Sayı 1, Sayfa 129-136

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.

Çepel, N. ve Ergün, C., 2005. Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği.  
<http://www.tema.org.tr/CevreKutuphanesi/KureselIsinma/pdf/KureselIsinma.pdf>

EPA, 2006. Global Anthropogenic Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020,  
[http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/pdfs/global\\_emissions.pdf](http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/pdfs/global_emissions.pdf) 28

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.

Robinson, D. R., Fernandez, R. ve Kantamaneni, R. K., 2009 'Methane Emissions Mitigation Options in the Global Oil And Natural Gas Industries'  
<http://www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/naturalgas/NG020.pdf>