



KARBON EMİSYONU



Dünya nüfusunda son yıllarda yaşanan kontrolsüz artış, sanayileşme, şehirleşme gibi faktörler doğal kaynaklara olan talebi hızla artırmıştır. Diğer bir söyleyiş ile insanoğlunun günlük yaşamını devam ettirmesi için yaptığı her faaliyette enerjiye ihtiyaç vardır ve enerjiye olan talep yıllar içerisinde katlanarak artırmıştır. Günümüzde enerji, fosil yakıtlar ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere başlıca iki kaynaktan elde edilmektedir. Küresel enerji talebinin %87 gibi büyük bir kısmı petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmektedir.¹ Fosil yakıtların yoğun ve bilinçsizce kullanımı çevre kirliliği, küresel ısınma, sera gazı ve iklim değişikliği gibi pek çok sorun ortaya çıkmıştır. Karbon emisyonu, bunlardan bir tanesidir.

Karbon Emisyonu Nedir?

Karbon emisyonu, en basit anlamda karbonun atmosfere salınması anlamına gelir. Karbon emisyonu denildiğinde akla birçok farklı tanım gelmektedir fakat karbon emisyonu aslında sera gazı emisyonundan bahsetmektir. Sera gazı emisyonları genellikle karbondioksit eşdeğerleri olarak hesaplandığından dolayı, herhangi bir küresel ısınma veya sera gazı etkisi tartışmasında genellikle “*karbon emisyonu veya karbon salınımı*” şeklinde adlandırılır. Ayrıca, sera gazlarının büyük bir çoğunluğunda karbon molekülüne rastlanmaktadır. Örneğin, Kyoto Protokolü’nde sera gazı olarak kabul edilen altı gazın dört tanesinde karbon molekülü vardır (karbondioksit, metan, hidroflorür karbonlar, perfloro karbonlar). Karbon emisyonu ve sera gazının dünyada artmasının başlıca sebepleri;

- Kontrolsüz nüfus artışı
- Sanayileşme
- Küresel enerji talebinde artış
- Artan şehirleşme ihtiyacı
- Yeşil alanların azalması
- Sera gazlarının kontrolsüz bir biçimde doğaya salınmasıdır.

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı yoğunluğu, özellikle 1850’li yıllarda başlayan sanayi devrimi ile artmaya başlamıştır. Bunun bir sonucu olarak, küresel enerji talebinde bir artış gözlemlenmiş ve bu artışı karşılayabilmek için doğal kaynakların (özellikle fosil yakıtların) kullanımında ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Tablo-1’de sera gazının geçmişten günümüze olan artışı görülebilir.²

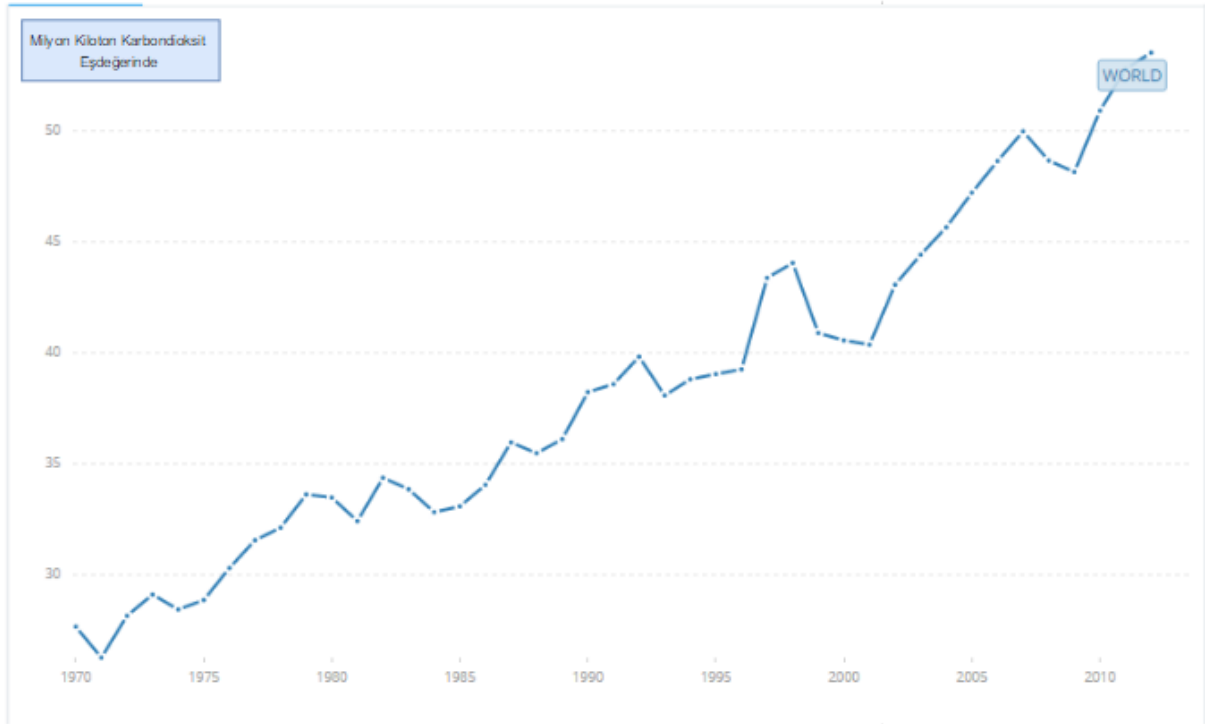
Tablo 1-1850-2011 Arası Sera gazı değerleri

Sera Gazı	1850 öncesi	2011	Artış Oranı
CO ₂	280 ppm*	391 ppm	40%
CH ₄	715 ppb**	1803 ppb	152%
N ₂ O	270 ppb	324 ppb	20%

*parts per million (milyonda bir anlamına gelen kütleli yoğunluk birimi)

**parts per billion (milyarda bir anlamına gelen kütleli yoğunluk birimi)

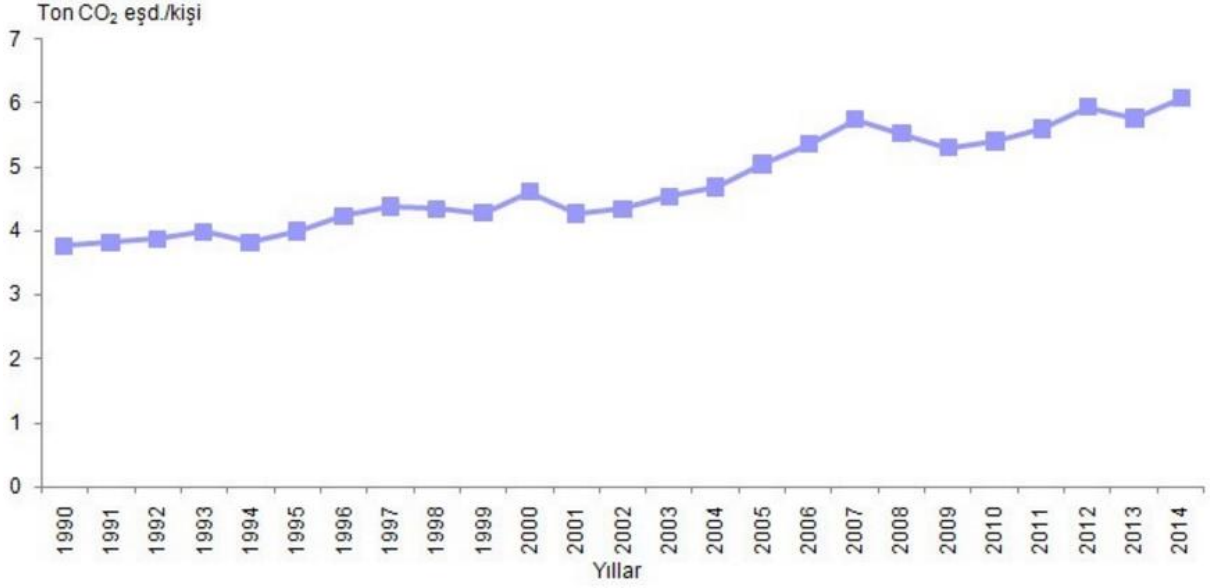
Uluslararası Enerji Ajansı'nın ön görülerine göre 2050 yılına kadar fosil yakıtlara olan talep artacak ve buna bağlı olarak karbon emisyonu değerlerinde %130'luk artış gözlemlenecektir. Buna ek olarak, Uluslararası Enerji Ajansı'nın ön görülerine göre önümüzdeki yirmi yıllık süreçte küresel yüzey sıcaklıklarında ortalama 0,5 °C civarlarında bir artış beklenmektedir. Hava sıcaklıklarına baktığımızda ise 19. yüzyıldan günümüze kadar olan süreçte küresel hava sıcaklığı ortalama 0.3-0.6 °C derece artmıştır ve önümüzdeki yıllarda da sera etkisine yol açan tüm gazlar katlanarak artmaya devam edecek, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çok önemli sorunlar ilerleyen yıllarda dünya için daha büyük tehdit haline gelecektir. Şekil 1'de toplam sera gazı emisyon değeri karbondioksit eşdeğerinde görülebilir.



Şekil 1- 1970-2010 Yılları Arasında Toplam Sera Gazı Emisyon Değerleri (Kaynak: data.worldbank.org)

Türkiye'de TÜİK tarafından düzenlenen "2014 Sera Gazı Emisyon Envanteri" sonuçlarına göre toplam sera gazı emisyonu (CO₂ eşdeğerinde)* 467,6 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Yüzdesele olarak bakıldığında ise 1990 yılından 2014 yılına kadar toplam sera gazı emisyonu (CO₂ eşdeğerinde) %125 artış göstermiştir. Kişi başına düşen emisyon değerlerine bakıldığında ise 1990 yılında kişi başı (CO₂ eşdeğerinde) 3,77 ton/kişi iken 2014 yılında bu rakam 6,08 ton/kişi seviyelerine ulaşmıştır. Aşağıdaki şekilde, 1990-2014 yılları arasında Türkiye'de kişi başına düşen sera gazı emisyonu (CO₂ eşdeğerinde) verileri görülmektedir. ³

*Sera gazları arasında, en fazla salınım değerine sahip gaz CO₂'dir. Bu sebeple, tüm değerler CO₂ eşdeğerinde hesaplanmıştır.



Şekil 3-1990-2014 yılları arasında Türkiye'de kişi başına düşen sera gazı emisyonu (Kaynak: tuik.org.tr)

Artan emisyon değerleri, çevre kirliliği, iklim değişikliği gibi ortaya çıkan problemler ve bu problemlerin canlı yaşamı üzerinde yarattığı olumsuz etkiler fark edildikten sonra, tüm dünyada bir çevre bilinci oluşmaya başlamıştır. Bu bağlamda, uluslararası alanda sera gazı ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla birçok adım atılmıştır. İlk adım olarak, 1979 yılında Cenevre'de Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir. Cenevre ve Rio başta olmak üzere dünyanın çeşitli yerlerinde konferanslar düzenlenmiş ve çeşitli kararlar alınmıştır. Rio'daki Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)" imzalanmıştır. Bu sözleşmenin amacı havadaki karbon emisyon değerini iklim değişikliğini ve çevre kirliliğini önleyecek bir düzeyde tutmaktır. Emisyon değeri hedeflerinin kontrolleri için, yükümlülüklerin yerine getirilip getirilmediğini incelemek amacıyla her yıl "Taraflar Konferansı" düzenlenmeye başlanmıştır. Bu konferanslar kapsamında, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde bir protokol imzalanmıştır. Kyoto Protokolü, 1997 yılında imzalanmasına rağmen 16 Şubat



Şekil 2 Kyoto Protokolü Katılım Grafiği (Kaynak: wikipedia.com)

2005 yılında Rusya'nın protokolü kabul etmesi ile yürürlüğe girmiştir (Protokolün yürürlüğe girmesi için karbon emisyon miktarının en az %55'nden sorumlu 55 ülkenin protokolü onaylaması gerekmektedir).¹ Türkiye ise Kyoto Protokolü'ne katılma kararını 17 Şubat 2009 tarihinde Resmî Gazete'de yayınlamıştır.

Bu protokolün amacı, sanayileşmiş ülkelerin karbon emisyonu oranlarını 2008-2012 yılları arasında %5 oranında azaltmasıdır. Protokolde yer alan her ülkenin, ayrı hedefleri vardır. Örneğin, Avrupa Birliği ülkelerinde mevcut olan karbon salınımı oranlarının %8, Japonya'nın ise %5 oranında azaltılması beklenmektedir. Ayrıca, Tablo-2'de görüldüğü gibi, düşük karbon salınımı oranına sahip bazı ülkelerin ise (Örnek: Portekiz, Danimarka), bu oranları yükseltmesine izin verilmektedir. Türkiye'de ise kişi başına düşen sera gazı salınımı (6,08 ton/kişi) OECD ülkeleri ortalamasının 1/3'ü, Avrupa Birliği ortalamasının 1/2 'si kadardır. Türkiye'nin küresel ısınmaya son 150 yılda katkısı %0,04 oranındadır.

Tablo 2-Çeşitli Ülkelerin Karbon Emisyon Hedefleri

ABD	-7	İspanya	15	Avusturya	-13
Rusya	0	İsveç	4	Belçika	-7,5
Japonya	-6	İsviçre	8	Birleşik Krallık	-12
Kanada	-6	İtalya	-6,5	Bulgaristan	-8
Çin	0	İzlanda	10	Çek Cumhuriyeti	-8
Hindistan	0	Almanya	-21	Danimarka	21
Türkiye	0	Kanada	-6	Finlandiya	0
Arjantin	0	Letonya	-8	Fransa	0
Endonezya	0	Liechtenstein	-8	Hırvatistan	-5
Brezilya	0	Lüksemburg	-28	Hollanda	-6
Japonya	0	Macaristan	-6	Polonya	-6
Avustralya	8	Monaco	-4	Portekiz	27
Güney Kore	0	Norveç	1	Romanya	-8
Güney Afrika	0	Slovakya	-8	Ukrayna	0
İrlanda	13	Slovenya	-8	Yunanistan	25

Kyoto Protokolü'nün en dikkat çekici önlemi, gaz salınımı düşürme yükümlülüğüdür. Bu yükümlülük, devletlerin sözleşmede kabul ettiği fakat uygulamada sınıfta kaldığı bir yükümlülük olmuştur. Sanayisi gelişmiş bazı ülkeler, sınırlamaların üstüne çıkmıştır ve yükümlülüğünü yerine getirememiştir. Bunu önlemek için, belirlenen seviyeden daha fazla salınım yapacağını anlayan ülkeler bir şekilde başka bir yerden karbon kredisi bulmak zorunda kalmışlardır. Bu durum, karbon piyasası ve borsasını ortaya çıkarmıştır.

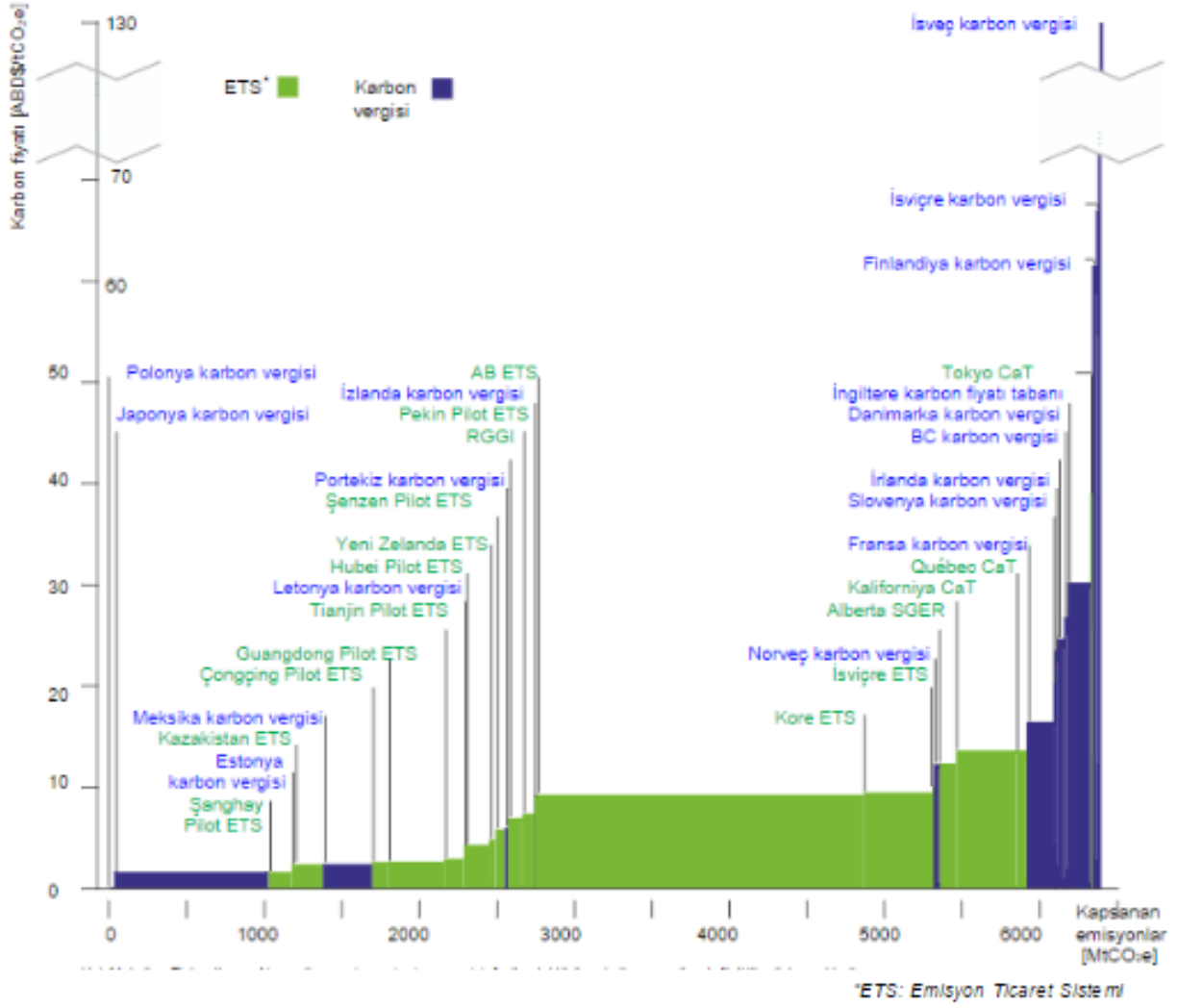
Karbon Piyasası Nedir?

Karbon piyasası, emisyon ticareti mekanizması çerçevesinde, belli bir emisyon hedefi olan ülkelerin kendi aralarında emisyon izinlerinin bir bölümünün alınıp satılabilmelerini sağlamaktadır. Bu kapsamda ülkelere karbon emisyon kotası tahsis edilmekte ve ülkelerin bu kotaları, üreticileri arasında paylaşması beklenmektedir. Herhangi bir ülke kendi emisyon kotasını aşarsa, daha az üreten ülkeden karbon emisyon kotası satın alabilmektedir. Bu durum, emisyon değerlerinin düşürülmesine dayalı bir piyasanın oluşmasını sağlamıştır. Bu piyasalara da “*karbon ticareti piyasası*” adı verilmektedir.⁴

Karbon ticareti piyasası günden güne büyüyen bir ekonomi haline gelmiştir. Küresel piyasalarda, 2005 yılında 10 milyar \$ işlem hacmi olan karbon piyasası, 2016 yılı itibariyle yaklaşık olarak 150 milyar \$'lık bir piyasa haline gelmiştir.

Karbon piyasaları, zorunlu ve gönüllü olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Zorunlu karbon piyasaları, Kyoto Protokolünde tanımlanan esneklik mekanizmaları ile ülkelerin düşük maliyetle karbon salınımı azaltımı yapabilmelerine olanak sağlayan bir mekanizmadır. Bu mekanizma, Ortak Uygulama (*Joint Implementation-JI*), Temiz Kalkınma Mekanizması (*Clean Development Mechanism- CDM*) ve Salınım Ticareti (*Emission Trading- ET*) olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir. Gönüllü karbon piyasaları ise, bireylerin, kurum ve kuruluşların, firmaların, sivil toplum örgütlerinin faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı salınımlarının gönüllü olarak azaltımını, dengeleyebilmesini kolaylaştırmak amacıyla oluşturulan bir pazardır.⁵

Karbon piyasasının en önemli unsurlarından bir tanesi fiyatlandırma politikasıdır. Karbon fiyatlandırması, emisyon değerlerini azaltmak için uygulanan bir politika olmakla beraber ülkeler için aynı zamanda bir gelir kaynağıdır. Karbon fiyatları, kullanılan hesaplama araçlarına göre 1\$ ile 130\$ (*Fiyatlar, CO₂ eş değerinde ton içindir*) değişmektedir. Aşağıdaki şekil Dünya Bankası İklim Değişikliği raporundan alınmış olup, çeşitli ülkelerde vergilendirme ve enerji ticaret sistemlerindeki karbon fiyatlarını göstermektedir.



Şekil 4- Çeşitli Ülkelere Göre Karbon Fiyatları (Kaynak: data.worldbank.org)

Enerji Sektörünün Karbon Salınımındaki Rolü

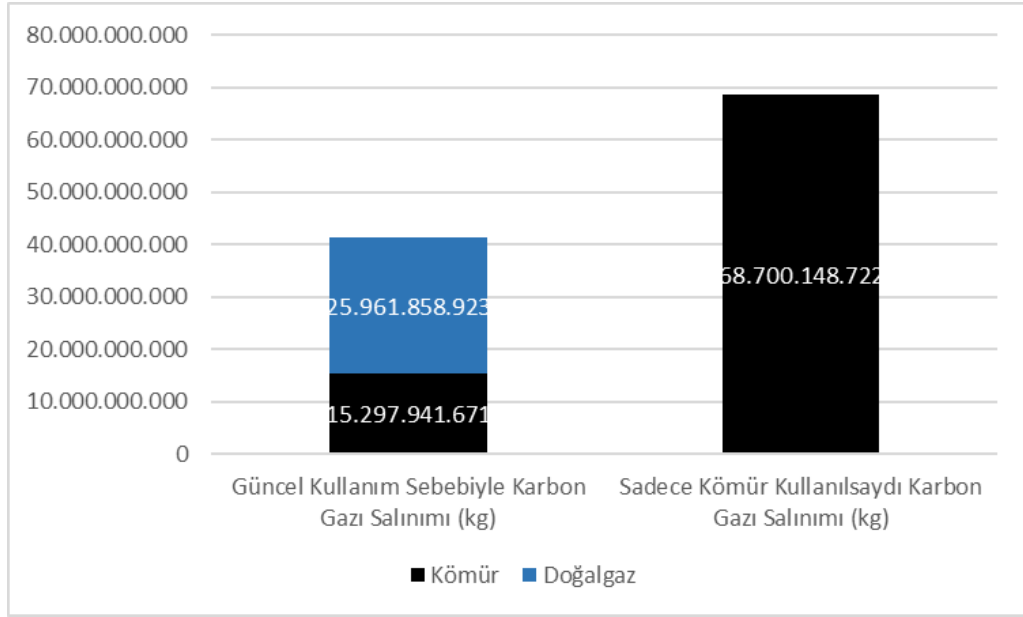
Enerji, karbon emisyonlarının temel belirleyicisi konumundadır ve üretim sürecinde en önemli girdilerden birisidir. Üretim yapacak firmalar ve hane halkları gereksinim duyduğu enerjinin yaklaşık olarak %87'lik kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Farklı enerji türlerinin de farklı türlerde ve miktarlarda sera gazı salınımı olduğu bilinmektedir. “*TÜİK 2014 Sera Gazı Envanterine*” göre 1990 yılında 132,5 milyon ton (CO₂ eşdeğerinde) iken 2014 yılında bu rakamın 340 milyon tona (CO₂ eşdeğerinde) çıkmıştır. Diğer bir ifade ile 1990-2014 yılları arasında enerji sektörünün karbon salınımı %156 artmıştır. Tablo-3'te, sektörlerin 1990-2014 yılları arasında sera gazı salınımı milyon ton cinsinden (CO₂ eşdeğerinde) verileri görülmektedir.

Tablo 3- 1990-2014 Yılları Arasında Sektörlere Göre Sera Gazı Salınımı Değerleri (Kaynak: tuik.gov.tr)

Yıl	Enerji	Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	Tarımsal faaliyetler	Atık	Toplam	1990 yılına göre değişim (%)
1990	132,5	23,1	41,2	10,9	207,8	-
1991	136,6	24,4	41,9	11,2	214,1	3,1
1992	142,6	24,7	42,1	11,4	220,8	6,3
1993	150,5	25,5	43,0	11,7	230,6	11,0
1994	147,0	25,5	40,3	11,9	224,7	8,2
1995	160,1	27,0	39,8	12,2	239,0	15,0
1996	175,2	28,0	40,8	12,6	256,7	23,5
1997	188,1	29,6	39,1	13,1	269,9	29,9
1998	187,7	29,8	40,8	13,4	271,8	30,8
1999	187,4	28,7	41,3	13,9	271,4	30,6
2000	214,4	28,4	39,6	14,4	296,8	42,9
2001	198,3	28,6	37,0	14,9	278,8	34,2
2002	206,0	30,0	35,7	15,4	287,1	38,2
2003	219,1	31,6	37,1	15,8	303,7	46,2
2004	229,2	34,3	37,0	16,4	316,9	52,5
2005	252,7	37,8	37,9	16,9	345,2	66,2
2006	275,2	39,8	38,9	17,4	371,3	78,7
2007	306,1	41,1	38,5	17,7	403,4	94,2
2008	295,3	43,5	36,5	17,8	393,1	89,2
2009	280,9	45,8	38,0	17,9	382,5	84,1
2010	286,0	51,8	39,3	18,1	395,3	90,2
2011	298,2	58,2	41,1	18,4	415,9	100,2
2012	321,3	62,4	45,8	18,0	447,5	115,4
2013	310,0	63,2	49,3	16,2	438,8	111,2
2014	339,1	62,8	49,5	16,1	467,6	125,0

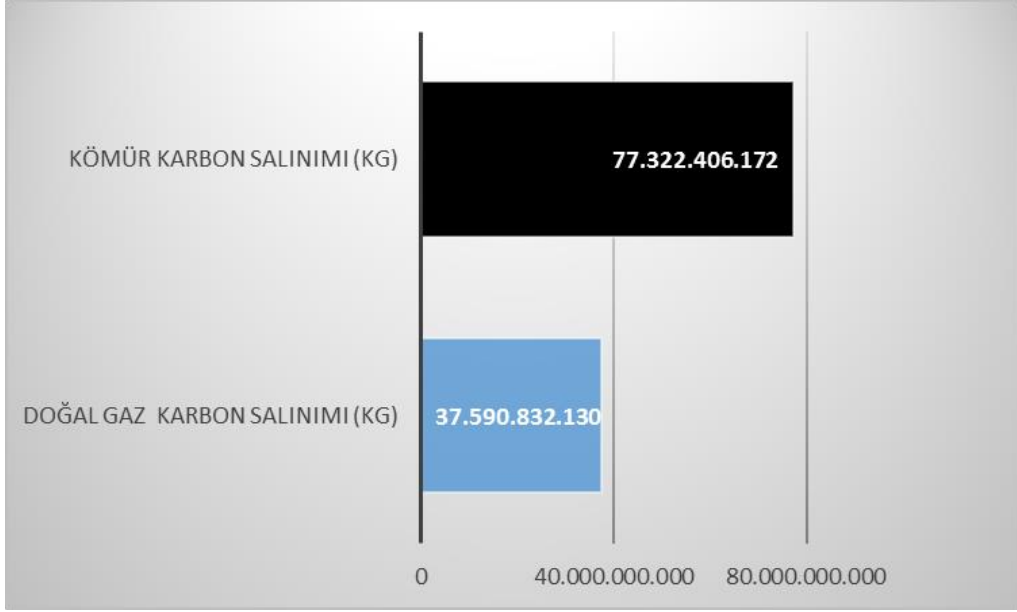
Sera gazı miktarlarındaki önlenemez artış, tüm dünyayı bu konuda yeni politikalar geliştirmeye mecbur bırakmıştır. Tablo 3'te görüldüğü gibi, enerji sektörü, sektörler içerisinde sera gazı emisyonu değerlerinde büyük pay sahibidir. *Temiz ve yeşil dostu enerji* ilkesini edinmeye başlayan ülkeler, enerji arzını bu ilke doğrultusunda şekillendirmeye başlamıştır. Ülkemizde doğalgazın yaygınlaşması ile diğer fosil yakıtlara olan ihtiyaç gün geçtikçe azalmaktadır. Türkiye'de, 2016 yılı sonu itibarıyla doğalgaz 76 ilde kullanılmaktadır. Doğalgaz abone sayısı 12,5 milyon seviyelerine ulaşmıştır. Buna ek olarak, sanayi, enerji ve taşıma sektörlerinde de

doğalgaz kullanımı her geçen gün artmaktadır. 2016 yılı istatistiklerine göre, Türkiye’de bir hane yıllık ortalama 934 standart m³ gaz kullanmaktadır. Isınma için kömür kullanan haneler ise yıllık ortalama 1,9 ton kömür kullanmaktadır. 2016 yılında hanelerde ısınma için harcanan kömür ve doğalgaz yakımı sonucu doğaya yaklaşık olarak 41,3 milyar kg gaz salınımı yapılmıştır. Eğer yakıt olarak sadece kömür kullanılsaydı toplam salınım değeri 68,7 milyar kg olacaktı. Diğer bir ifade ile doğalgaz kullanımıyla karbon salınım değeri 27,4 milyar kg (yüzde %40) azaltılmıştır.



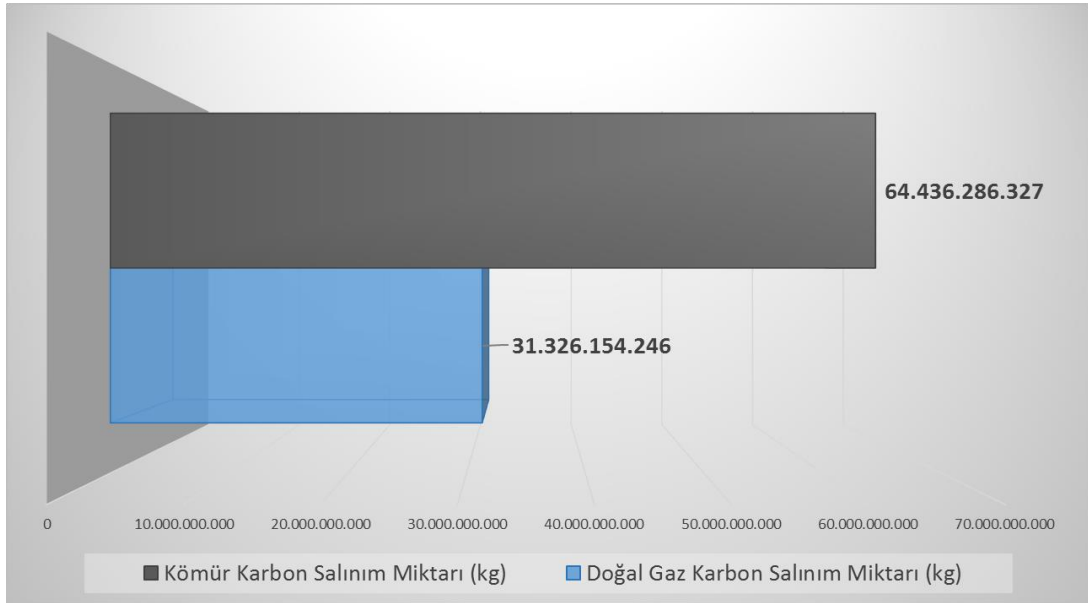
Şekil 5-Konutlarda Doğal Gaz- Kömür Karbon Salınımı Değerleri Karşılaştırması

Türkiye’de elektrik üretiminde doğalgazın payı yıllar içerisinde düşüşe geçmiş olmasına rağmen üretilen elektriğin yaklaşık %30’u doğalgaz çevirim santrallerinden elde edilmektedir. Karbon emisyon değeri fazla olan kömür yerine kullanılan doğal gaz ile havaya salınan karbon miktarı %50 seviyelerinde azalmıştır. 2016 yılında elektrik üretimi için kullanılan doğal gaz miktarı 16,7 milyar standart m³’dür. Aynı elektrik enerjisini elde etmek için doğal gaz yerine kömür kullanılsaydı bu rakam 33 milyar kg civarlarında olurdu. Doğal gaz kullanımı ile karbon salınımı 40 milyar kg (%48,6) daha az gerçekleşmiştir. Şekil 6’da elektrik üretimi için doğal gaz ve kömür kullanıldığında ortaya çıkan karbon salınım değerleri görülmektedir.



Şekil 6- Elektrik Üretimi İçin Doğalgaz-Kömür Karbon Salınımı Miktarları

2016 yılı sanayi tüketim verilerine bakıldığında ise, elektrik üretimi ile benzer bir tabloya rastlanmaktadır. 13,9 milyar standart m³ doğalgaz tüketimine sahip Türk sanayi sektörü, doğaya 31 milyar kg civarında karbon salınımı gerçekleştirmiştir. Eğer doğalgaz yerine, kömür kullanılsaydı karbon salınımı miktarı 64 milyar kg civarında olacaktı. Yani güncel karbon salınımı miktarının tam 2 katı karbon salınmış olacaktı.



Şekil 7- Sanayi Sektöründe Doğal Gaz ve Kömür Karbon Salınım Miktarları

Ulaşım Sektörünün Karbon Emisyonundaki Rolü

Petrol, mazot ve gaz gibi yakıtların kullanıldığı ulaştırma sektörü de karbon emisyonu değerlerini artırmaktadır. Son yıllarda gelişen teknoloji, artan verimlilik ve araçlarda kullanılmaya başlanan alternatif yakıt kaynaklarına rağmen ulaşım sektöründe net bir azaltım sağlanamamaktadır. Emisyon değerlerinin istenilen seviyelere gelmemesinin en büyük sebebi yük ve yolcu trafiğindeki sürekli artış, araç sayısındaki önlenemez yükseliş ve insanların toplu taşıma araçlarını tercih etmemesidir. 2017 yılı başı itibariyle Türkiye’de trafiğe kayıtlı otomobil sayısı 11.317.998’dir. Kayıtlı otomobillerin %39,2’si LPG, %33,6’sı motorin ve %26,8’i benzin kullanmaktadır. Trafiğe kayıtlı araçların hepsinin 100 kilometrelik mesafede ortalama 7,5 litre yakıt tükettiğini kabul ettiğimizde yaklaşık 190 bin ton karbon salınımı ortaya çıkmaktadır. Bu salınım değeri yaklaşık 550 bin ağaç dikimine eşdeğerdir. Diğer ortalama tüketim verileri ile ilgili rakamlar aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4 Otomobillerin Yakıt Türlerine ve Ortalama Tüketimlerine Göre Karbon Emisyon Değerleri

Yakıt Tipi	Araç Sayısı	Ortalama Tüketim	Emisyon Değeri (ton)
Benzin	3.033.223	5 lt/100 km	30.332
		7,5 lt/100km	60.664
		10 lt/100 km	90.997
Dizel	3.802.847	5 lt/100 km	76.057
		7,5 lt/100km	79.860
		10 lt/100 km	121.691
LPG	4.436.655	5 lt/100 km	44.367
		7,5 lt/100km	48.803
		10 lt/100 km	88.733

Ulaşımından ortaya çıkan bu emisyon değerlerini “sıfır emisyon” hedefi olan araçlarla azaltmak mümkündür. Gelişen teknoloji ile ilerleyen yıllarda ulaşımda daha fazla yer alacak olan elektrikli ve doğal gazlı araçlar ile mevcut emisyon değerleri aşağılara düşecektir. Doğal Gaz Kullanan Araçlar Birliği Avrupa ayağının yaptığı hayat boyu değerlendirmeye göre yakıt olarak doğal gaz kullanan araçlar benzinli araçlara göre %23, dizel araçlara göre ise %7 ile %17 arasında daha az karbon salınımı gerçekleştirmektedir.

Sonuç olarak, artan küresel enerji talebi, Şehirleşme, kontrolsüz nüfus artışı gibi sebepler doğal kaynakların kullanımını oldukça artırmıştır. Bu doğrultuda ülkeler, birçok nlem paketini yürürlüğe koymuŐtur. Kyoto Protokolü ile dünya karbon salınımı miktarlarında az da olsa azalmalar görülmüŐtür (Bazı AB ye lkeleri, Rusya). Ancak bu azalma değerleri dünya karbon salınımının çok küçük bir bölümüne karŐılık gelmektedir. İŐte bu sebeplerden dolayı, ilerleyen yıllarda ülkelerin daha temiz ve daha yeşil bir dünya için, temiz enerji kaynaklarına yani doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi beklenmektedir.

Kaynakça

1)Resul Çömert, Ö. B. (tarih yok). *Kyoto Protokolüne İmza Atan G20 Ülkelerinin Yıllara Göre Karbon Salınımlarının CBS Yardımı ile Analizi.*

2)Anonim. (tarih yok). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Yenilenebilir Enerji.* Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.eie.gov.tr> adresinden alındı

Birliği, D. G. (2017). *Araçlarda Doğal Gaz Kullanımı.*

Burak Çavdar, U. D. (2016). İki farklı yöntemle göre karbon birikiminin tahmin edilmesi: Artvin Orman İşletme Şefliği örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi.*

Işıksungur, Ö. D. (tarih yok). Karbon Ticaretinden Kazanç. *Gas&Power.*

Resul Çömert, Ö. B. (tarih yok). *Kyoto Protokolüne İmza Atan G20 Ülkelerinin Yıllara Göre Karbon Salınımlarının CBS Yardımı ile Analizi.*

TUİK. (2016, Nisan 18). *TUİK Sera Gazı Envanteri.* www.tuik.gov.tr:
<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582> adresinden alındı