

## TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN SERA GAZI EMİSYONLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

**Hakan DULKADİROĞLU (ORCID: 0000-0002-2110-1332)\***

*Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, Türkiye*

*Geliş / Received: 07.06.2017  
Kabul / Accepted: 13.10.2017*

### ÖZ

Sera etkisi küresel iklim değişikliğinin başlıca nedenidir ve sera etkisine neden olan gazlar içerisinde en büyük pay karbon dioksit ( $CO_2$ ) aittir.  $CO_2$ 'in başlıca kaynağı elektrik üretimi amacıyla fosil yakıtların kullanımınıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın stratejik hedeflerine göre doğal gazın elektrik üretiminde 2013'te %43,8 olan payının 2019'a kadar %38'e indirilmesi, kömür tüketiminin ise 2 katına yükseltilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, enerji üretiminde kullanılan yakıtlar ile ortaya çıkan emisyonların değişimi incelenmiştir. Bu amaçla 2000-2014 dönemi için emisyon faktörleri hesaplanmıştır. 2000-2004 yılları arasında elektrik üretiminde kömürden doğalgaza geçişin etkisi ile emisyon faktörü 0,65'ten 0,50 seviyesine düşmüştür, sonrasında ise artan kömür tüketimi ile 2008'e kadar hızlı bir artış göstermiş ve dalgalanarak devam etmiştir. 2000-2013 arasında Avrupa ülkelerinde tüm yakıt türlerinden kaynaklı emisyonlar azalırken, Türkiye'de fosil yakıtlardan kaynaklı emisyonlarda %41 artış meydana gelmiştir. Stratejik hedefler doğrultusunda, önümüzdeki dönemlerde de enerji üretiminden kaynaklı sera gazı emisyonu artmaya devam edecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Sera gazı emisyonu, fosil yakıtlar, enerji, karbon dioksit emisyonu

## INVESTIGATION OF ELECTRICITY GENERATION IN TURKEY IN TERMS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

### ABSTRACT

Greenhouse effect is the main cause of global climate change and carbon dioxide has the biggest portion in greenhouse gases. Carbon dioxide sourced mainly from combustion of fossil fuels for energy production. According to strategic targets of the Ministry of Energy and Natural Sources, the portion of natural gas in electricity production will decrease from 43.8% to 38% while coal consumption increases two fold, till 2019. In this study, change of emissions with fuel types used for energy production was investigated and emission factors were calculated for the period of 2000-2014. Emission factor was decreased from 0.65 to 0.50 between 2000 and 2004, as a result of transition from coal to natural gas in electricity production. Then, it increased rapidly with increased coal consumption till 2008 and continued with fluctuations. While the emissions from all types of fuels decreased in European Countries, these increased 41% in Turkey between 2000 and 2013. In the future, greenhouse gas emissions from energy production will decrease according to strategic targets.

**Keywords:** Greenhouse gases emission, fossil fuel, energy, carbon dioxide emission

### 1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, günümüzün en önemli çevre sorunlarından biridir. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) raporlarına göre, kara ve denizdeki bileşik küresel sıcaklık ortalaması 1880-2012

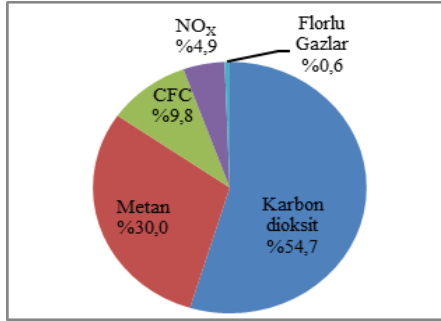
\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 384 228 10 00; e-mail / e-posta: hakandulkadiroglu@nevsehir.edu.tr

## H. DULKADİROĞLU

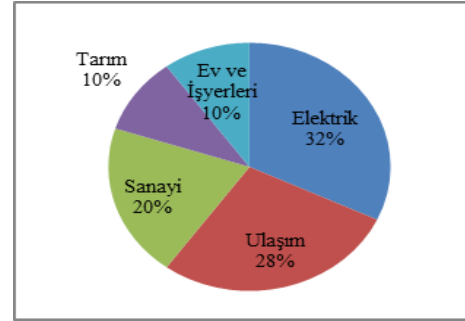
arasında 0,85°C (0,65-1,06°C) yükselmiştir [1]. Küresel ölçekte ortalama sıcaklığın yükselmesinin sonucunda buzullar hızla erimekte ve deniz seviyesi yükselmekte, buharlaşma ve yağış rejimleri değişmekte, buna bağlı olarak kuraklık ve seller artmaktadır [2].

Dünya yüzeyi, güneş ışınları ile gelen enerjiyi absorbe ederek ısınır ve kızılötesi radyasyonu ile bu enerjinin bir kısmını geri vererek soğur. Ancak bu radyasyonun bir kısmı uzaya yayılmadan, atmosferdeki sera gazları tarafından absorbe edilir ve bu da atmosferin ve dünya yüzeyinin ısınmasına neden olur. Sera etkisi adı verilen bu olay, küresel iklim değişikliğinin de başlıca nedenidir ve atmosfere verilen sera gazı emisyonları ile birlikte artmaktadır.

Sera etkisine neden olan başlıca gazlar karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazot monoksit (N<sub>2</sub>O), klorofloro karbonlar (CFC) ve florlu gazlardır. Bu gazların bir kısmı doğal yollarla oluşabildiği gibi, büyük oranda insan faaliyetleri ile ortaya çıkmaktadır. Sera gazlarının küresel ısınmaya etkisi sadece miktarına değil, atmosferde kalış süresi ve enerji absorblama kapasitesine de bağlıdır. Örneğin metanın küresel ısınma potansiyeli karbon dioksitin 21 katıdır. Ancak CO<sub>2</sub> diğerlerine göre çok daha fazla oranda üretildiği için sera etkisinin başlıca nedeni olarak kabul edilmektedir. Şekil 1’de verilen, insan faaliyetleri ile ortaya çıkan gazların sera etkisi içerisindeki payları incelendiğinde, yaklaşık %55 ile CO<sub>2</sub>’in en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir [3].



Şekil 1. Gazların sera etkisi içerisindeki payları [3]



Şekil 2. Sera gazı üreten faaliyetler [4]

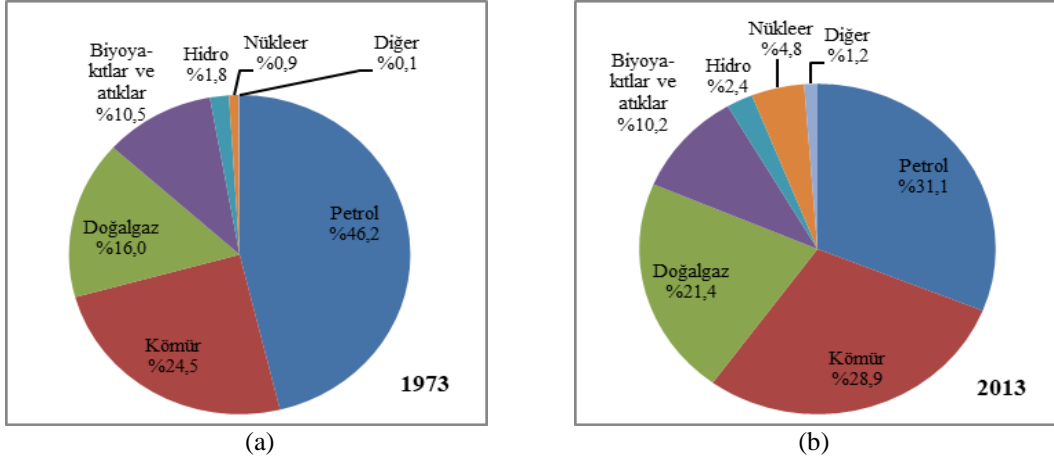
Sera gazlarının en önemli kaynağı fosil yakıtların kullanımı olup kullanım amacına göre sınıflandırıldığında en büyük payın elektrik üretimine ait olduğu görülmektedir (Şekil 2). Şekil 3’te, Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA) verilerine göre dünyada 1973 ve 2013 yıllarındaki birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı verilmektedir [5]. 1973’te 6.100 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtep) olan birincil enerji arzı, 2013’te 13.541 Mtep’ye yükselirken, toplam enerji arzı içerisinde petrolün payı %46,2’den %31,1’e düşmüş, kömürün payı ise %24,5’ten %28,9’a yükselmiştir. Son 10 yılda ise dünya birincil enerji arzındaki artış yaklaşık %30 düzeyinde olup kömürün toplam içindeki payı da %23,4’ten %28,8 seviyesine yükselmiştir. Toplam arz içerisinde fosil kaynak payının %80,4’ten %81,6’ya yükselmesiyle, küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının 23,7 Gt seviyesinden yaklaşık %32 artışla 31,2 Gt düzeyine çıktığı hesaplanmaktadır [6].

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından, günümüzde mevcut enerji politikalarının gelecekte de sürdürüleceği varsayımına göre yapılan tahminlerde; dünya birincil enerji arzının 2011 yılına göre yaklaşık %34 oranında artış göstererek 2030 yılında 17.572 Mtep seviyesine yükseleceği, bu miktarın kaynaklara dağılımında önemli farklılıkların olmayacağı, bununla beraber petrolün birinciliği kaybedeceği öngörülmektedir. Buna göre; 2030 yılında en büyük pay %29,3 ile kömürün olacaktır. Kömürü %27,9 ile petrol ve %22,8 ile doğalgaz izleyecektir [6].

Ülkemizdeki duruma bakıldığında da, dünya genelinde son yıllarda meydana gelen değişimlere paralellik görülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye brüt elektrik enerjisi tüketimi 2014 yılında 257,2 milyar kWh olarak gerçekleşirken, 2015 yılında bir önceki yıla göre %2,7 artarak 264,1 milyar kWh’e yükselmiştir. 2014 yılında 252 milyar kWh olan elektrik üretimimiz ise 2015’te %3,1 oranında artarak 259,7 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretiminde başlıca kaynaklarımız ise kömür ve doğalgazdır [7].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2015-2019 Stratejik Planı’nda birincil enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinin ve ülkemizin sahip olduğu kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılmasının, hem sürekliliğin sağlanması hem de düşük maliyetli enerji arzı için önemli olduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması ve enerji kaynaklarımızın öne çıkarılması için doğalgazın 2013’te %43,8 olan elektrik enerjisi üretimindeki payının dönem sonuna kadar %38 seviyelerine indirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca ülkemizin sahip olduğu yerli kömür kaynaklarının en etkin şekilde değerlendirilmesi temel hedeflerden biri olarak belirlenmiş ve yapılacak yatırımlarla 2013’te 32,9 milyar kWh olan yerli kömür kaynaklı elektrik enerjisi üretiminde, plan dönemi sonuna kadar 60 milyar kWh’lik üretim düzeyine ulaşılması hedeflenmiştir [8].

## TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN SERA GAZI EMİSYONLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ



Şekil 3. Dünyada birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı: (a) 1973, (b) 2013, (Diğer: Jeotermal, rüzgâr, güneş vb.) [5]

Elektrik üretiminde kullanılan kaynaklarda son yıllarda meydana gelen değişimler ve önümüzdeki yıllar için oluşturulan hedefler dikkate alındığında; Stratejik Plan kapsamında yenilenebilir enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payının artırılması da hedefler arasında olmasına karşın [8], fosil yakıtların ve özellikle de kömürün hem payının hem de üretilecek toplam enerji ile birlikte miktarının önemli oranda artacağı anlaşılmaktadır. Bu durumun küresel iklim değişikliğine katkısının hesaplanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü sera gazlarının sadece atmosfere salındığı bölgede etkili olmadığı, atmosferik hareketlerle tüm dünya geneline yayılarak küresel etkilere katkıda bulunduğu bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında, ülkemizde elektrik üretiminde kullanılan başlıca iki kaynak olan kömür ve doğalgazın paylarında son yıllarda meydana gelen değişimlerin sera gazı emisyonuna yansımaları hesaplanmış ve gelecekteki muhtemel gelişmeler değerlendirilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

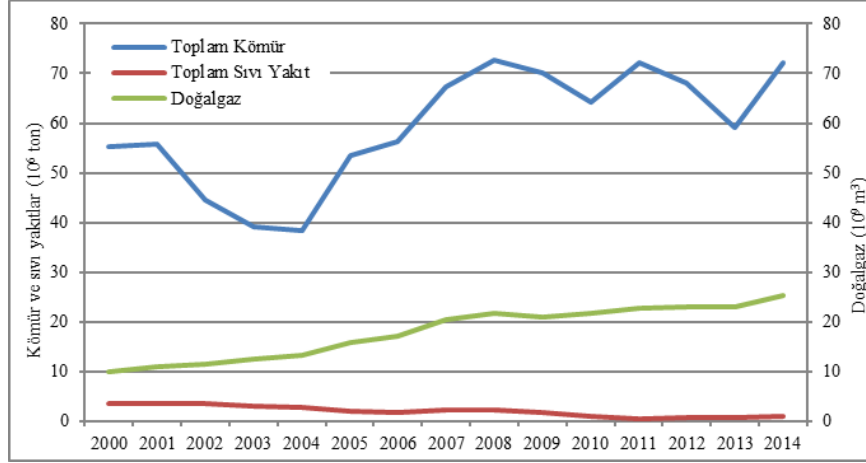
Emisyon faktörü (EF), atmosfere salınan bir kirleticinin miktarı ile bu kirleticinin salınmasıyla bağıntılı bir faaliyeti ilişkilendiren temsil edici bir değerdir [9]. Diğer bir ifadeyle; üretilen kirleticilerin miktarı ile işlenen hammadde veya tüketilen yakıtın arasındaki ilişkidir [10]. Bu çalışma özelinde tanımlanacak olursa; emisyon faktörü, üretilen birim elektrik başına atmosfere verilen CO<sub>2</sub> emisyonunu ifade eder ve elektrik üretiminde kullanılan tüm yakıtların toplam emisyon değerinin, üretilen net elektrik miktarına bölünmesiyle hesaplanır. Bu bakımdan, aslında birincil enerji kaynağına bağlı olarak üretilen elektriğin küresel iklim değişikliği açısından çevresel maliyeti hakkında rakamsal bir değerlendirme yapmaya imkân sağlar. Türkiye'de son yıllarda elektrik üretiminde kömür ve hidroelektrik santrallerine ilave olarak doğalgaz çevrim santralleri de önemli yer almaya başlamıştır. Bu durumun sera gazı emisyonları üzerindeki etkilerinin rakamsal olarak değerlendirilebilmesi için bu çalışmada 2000–2014 yıllarını kapsayan 15 yıllık döneme ait emisyon faktörleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ihtiyaç duyulan yıllık elektrik üretimi ile kullanılan yakıtların tür ve miktarına ait veriler Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından her yıl yayınlanan Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri'nden alınmıştır [11]. Üretilen elektrik karşılığı atmosfere verilen CO<sub>2</sub> emisyonunun hesaplanmasında IPCC tarafından yayınlanan geçerli katsayılar [12] kullanılmıştır. Ayrıca, IEA'nın 2015 yılında yayınladığı, tüm dünyada yakıt kullanımından kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarına ait verilerin yer aldığı rapordan da [13] faydalanılarak Türkiye'nin diğer dünya ve Avrupa ülkeleri ile karşılaştırması yapılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

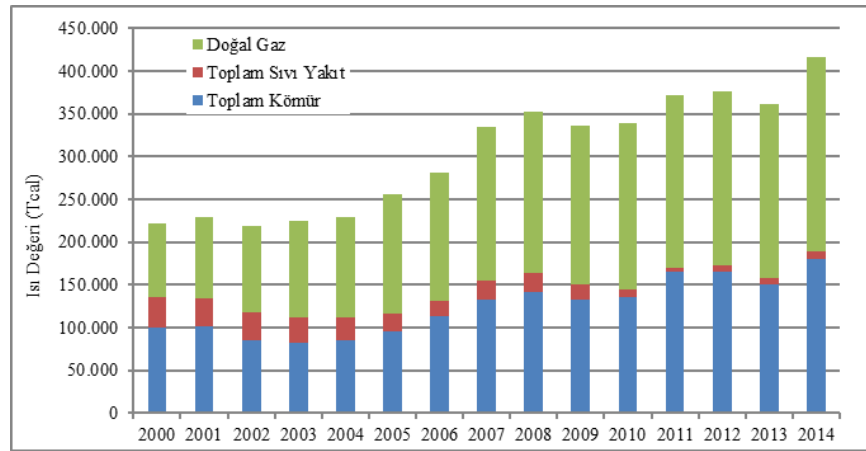
TEİAŞ tarafından yayınlanan verilere göre, Türkiye'de 2000–2014 yılları arasında elektrik üretiminde kullanılan yakıtların miktarları Şekil 4'te grafik halinde verilmiştir [8]. Değerlendirmeye tabi tutulan 15 yıllık dönem içerisinde bazı dönemler dalgalanma olmakla beraber, nihai olarak toplam yakıt tüketiminde %20'nin üzerinde bir artış meydana gelirken, doğalgaz kullanımı özellikle 2000'li yılların ilk yarısında bir artış gösterdikten sonra önemli bir değişim göstermemiştir. Buna karşılık kömür tüketiminin, elektrik üretiminde

H. DULKADİROĞLU

kullanılan toplam yakıt miktarına paralel bir artış gösterdiği söylenebilir. Zaten küçük bir orana sahip olan sıvı yakıt tüketimi ise 2014 yılına gelindiğinde daha da azalmıştır. Ancak bu grafikte verilen yakıt miktarları, yakıtların fiziksel özelliklerinin farklı olmasından dolayı ton ve m<sup>3</sup> olmak üzere iki farklı birimde verilmiştir. Bu durumda miktarların doğrudan karşılaştırılması sağlıklı değildir. Daha doğru bir değerlendirme yapılabilmesi için, yine TEİAŞ tarafından yayınlanmış olan, termik santrallerde söz konusu yakıtların yakılmasıyla elde edilen toplam ısı değerleri kullanılarak Şekil 5'te verilen grafik hazırlanmıştır.



**Şekil 4.** Türkiye'de 2000-2014 yılları arasında elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların miktarları (Toplam Sıvı Yakıt: Fuel-oil, motorin, LPG, nafta; Toplam Kömür: Taşkömürü, ithal kömür, asfaltit, linyit) [9]



**Şekil 5.** Türkiye'de 2000-2014 yılları arasında elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların ısı değerleri (Toplam Sıvı Yakıt: Fuel-oil, motorin, LPG, nafta; Toplam Kömür: Taşkömürü, ithal kömür, asfaltit, linyit)

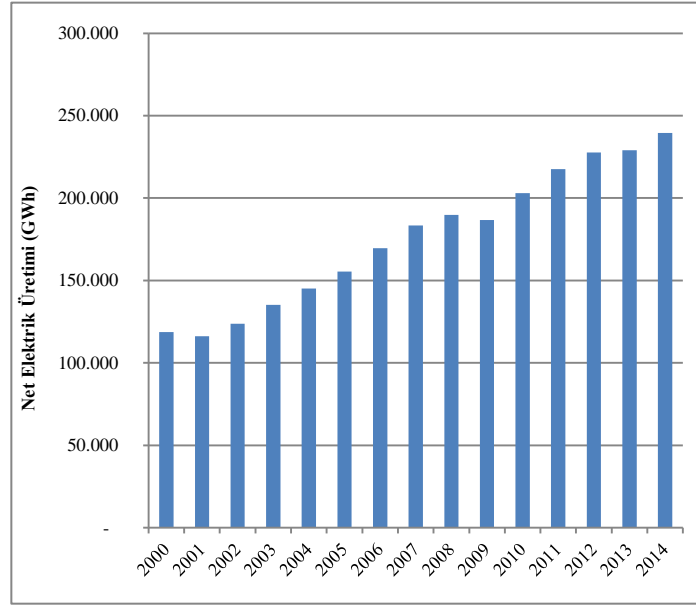
Şekil 5'ten de görülebileceği gibi, 2000 yılında üretilen elektriğin yaklaşık %45'i kömürden karşılanırken, ilerleyen yıllarda sıvı yakıtların kullanımı büyük ölçüde azalmış ve doğalgaz tüketimi artmıştır. 2014 yılına gelindiğinde, kömürün payı sadece %2'lik bir düşüşle %43 düzeyinde kalmış, fakat doğalgazın payı yaklaşık %38'den %54'ün üzerine çıkmıştır. Kömür tüketimi, enerji üretimine paralel şekilde arttığından toplam enerji içerisindeki payı önemli oranda değişmemiş, fakat sıvı yakıtların kullanımı azaltılarak doğalgazın payı artırılmıştır.

TEİAŞ tarafından yayınlanmış olan, Türkiye'de 2000-2014 yılları arasında üretilen brüt ve net elektrik miktarları Tablo 1 ve Şekil 6'da verilmiştir. Net üretim değeri, santrallerin iç tüketimi brüt üretim rakamından çıkarılarak elde edilmektedir. Rakamlar incelendiğinde, ülkemizdeki elektrik üretiminin 2000 yılından 2014 yılına kadar 15 yıllık süre içerisinde 2 katına yükseldiği görülmektedir.

## TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN SERA GAZI EMİSYONLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

**Tablo 1.** TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de üretilen elektrik miktarları [9]

Yıllar	Brüt Üretim (GWh)	Net Üretim (GWh)
2000	124,922	118,698
2001	122,725	116,252
2002	129,400	123,727
2003	140,581	135,248
2004	150,698	145,066
2005	161,956	155,469
2006	176,300	169,543
2007	191,558	183,340
2008	198,418	189,762
2009	194,813	186,619
2010	211,208	203,046
2011	229,395	217,558
2012	239,497	227,707
2013	240,154	228,977
2014	251,963	239,449

**Şekil 6.** TEİAŞ verilerine göre Türkiye'de üretilen net elektrik miktarları [9]

Tablo 2'de IPCC tarafından yayınlanan, çeşitli fosil yakıtlara ait geçerli emisyon faktörleri verilmektedir [10]. Bu faktörler, çeşitli fosil yakıtların yakılmasıyla açığa çıkan sera gazı miktarlarını CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak, birim enerji bazında karşılaştırma olanağı vermektedir ve aynı miktardaki enerji için linyitin doğalgaza göre 2 kata yakın CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olduğu görülmektedir. Tablo 1'de verilen net elektrik üretim miktarları ve Tablo 2'deki emisyon değerleri kullanılarak, üretilen elektrige karşılık atmosfere salınan CO<sub>2</sub> emisyonları her bir yakıt türü için ayrı ayrı hesaplanmış ve Şekil 7'de grafik halinde gösterilmiştir. 2000 yılı ile 2014 yılı karşılaştırıldığında, kömürden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun %80'e yakın oranda artış gösterdiği, fakat toplam CO<sub>2</sub> emisyonu içerisinde kömürün payının değişmeden, %57,3 oranında sabit kaldığı görülmektedir. Doğalgazdan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun ise 15 yıl içerisinde %27 düzeyinden %40'ın üzerine çıktığı, bunun da sıvı yakıt kullanımının azaltılmasının karşılığında artan doğalgaz kullanımından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, son 15 yıl içerisinde artan elektrik üretimine paralel olarak kömür tüketiminin de arttığı, doğalgazın ise kömürün değil, fuel-oil, motorin, LPG ve nafta gibi sıvı yakıtların yerini aldığı söylenebilir. Bu sıvı yakıtlar petrol ürünü oldukları ve petrolün neredeyse tamamen ithal enerji kaynağı olduğu göz önünde bulundurulursa, aslında son yıllarda doğalgazdan elektrik üretimindeki artışın, enerjide dışa bağımlılığı arttırmadığı, sadece ithal enerji kaynaklarının türünün değiştiği ortaya çıkmaktadır. Ancak geline nokta sıvı yakıttan elektrik üretiminin neredeyse sıfıra yaklaşmış olması nedeniyle, sonraki yıllarda artan enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik birincil kaynak tercihleri, dışa bağımlılık ve çevreye duyarlılık açısından daha çok önem kazanacaktır.

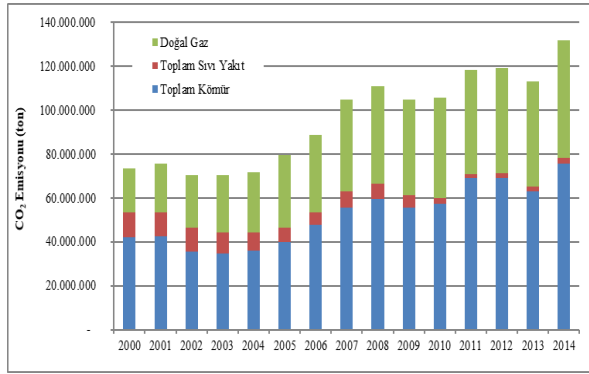
**Tablo 2.** IPCC tarafından verilen, çeşitli fosil yakıtlara ait geçerli emisyon faktörleri [10]

Yakıt Türü	IPCC Geçerli Emisyon Faktörü (tCO <sub>2</sub> /TJ)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Taşkömürü	98,3	1,00	1,50
İthal Kömür	98,3	1,00	1,50
Linyit	101,0	1,00	1,50
Fuel-Oil	77,4	3,00	0,60
Motorin	74,1	3,00	0,60
LPG	63,1	1,00	0,10
Nafta	73,3	3,00	0,60
Doğalgaz	56,1	1,00	0,10

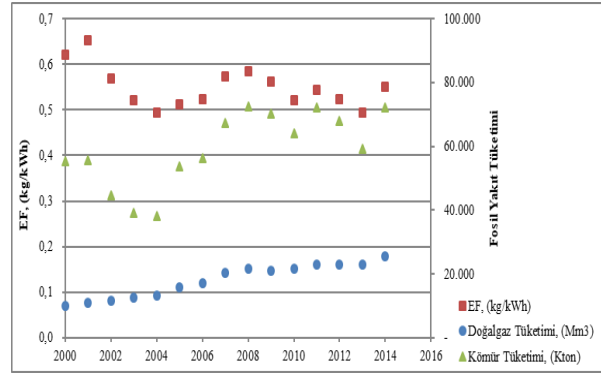
H. DULKADİROĞLU

Bu çalışma kapsamında elektrik üretiminde kullanılan birincil kaynaklarda meydana gelen değişimlerin sera gazı emisyonları açısından etkisini ortaya koyabilmek amacıyla 2000-2014 arasındaki her yıla ait emisyon faktörleri (EF) hesaplanmış ve ortaya çıkan değişim, elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıt miktarları ile birlikte Şekil 8’de gösterilmiştir.

Şekil 8’de verilen grafik incelendiğinde, 2000-2004 yılları arasında elektrik üretiminde kömür kullanımından doğalgaz kullanımına geçişin etkisi ile emisyon faktöründe 0,65’ten 0,50 seviyesine belirgin bir düşüş gözlenmektedir. 15 yıllık periyot süresince elektrik üretiminde doğalgaz kullanımı yaklaşık 2 katına çıkarken, buna karşılık 2004’e kadar azalma eğiliminde olan kömür tüketimi de bu yıldan sonra 2008’e kadar hızlı bir artış göstermekte, sonrasında ise dalgalanan bir grafik oluşturmaktadır. Üretilen toplam emisyon içerisindeki kömürün yüksek payı nedeniyle, emisyon faktörleri kömür tüketimine paralel olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla, emisyon faktörünün düşürülmesi, ancak kömür tüketiminin azaltılması ile mümkün olacaktır.



Şekil 7. Türkiye’de fosil yakıttan elektrik üretimi nedeniyle atmosfere salınan CO<sub>2</sub> emisyonları



Şekil 8. 2000–2014 yılları arasında EF değerlerinin ve doğalgaz tüketiminin değişimi

Dünyada küresel iklim değişikliğinin önlenmesi için sera gazlarının azaltılmasına yönelik olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 1997 yılında Kyoto Protokolü imzalanmıştır [12]. Protokolü imzalayan ülkeler sera gazı emisyonlarını belirlenen hedeflere uygun oranda azaltmakla yükümlüdür. Protokol sonrası özellikle Avrupa ülkelerinde uygulamaya konulan enerji politikaları ve önlemler sayesinde Tablo 3’te de görüldüğü gibi sera gazı emisyonlarında düşüşler sağlanmıştır. Dünya geneline bakıldığında, fosil yakıtlardan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun 2000-2013 arasında %38 oranında arttığı görülmektedir. Türkiye’de de %41 ile dünya geneline benzer ve hatta biraz üzerinde bir artış meydana gelmiştir. Sera gazı emisyonlarının fosil yakıtlar arasındaki dağılımına bakıldığında, dünya genelinde en fazla artışın kömürden kaynaklı emisyonunda meydana geldiği, Türkiye’de ise kömürden kaynaklı emisyonunda dünya ortalamasının yarısı kadar, fakat doğalgazdan kaynaklı emisyonunda dünya ortalamasının 5 katı kadar artış meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. Avrupa ülkelerinde ise tüm yakıt türlerinde düşüş sağlanması başarılıdır. Bunun başarılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin payı olduğu değerlendirilebilir.

Tablo 3. Dünya, Avrupa ve Türkiye’de 2000 ve 2013 yıllarında üretilen CO<sub>2</sub> emisyonları [11]

Emisyon Kaynakları	Dünya			Avrupa			Türkiye		
	2000	2013	Değişim	2000	2013	Değişim	2000	2013	Değişim
Fosil yakıtlardan kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonu, (Mt)	23.322	32.190	%38	3.158	2.771	-%12	201	284	%41
Kömür yakılmasından kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonu, (Mt)	9.133	14.809	%62	866	764	-%12	92	120	%30
Doğalgaz yakılmasından kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonu, (Mt)	4.536	6.381	%40	769	777	-%1	29	88	%203
Elektrik ve ısı üretiminden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonu, (Mt)	–	13.656	–	–	938	–	–	110	–
EF (CO <sub>2</sub> /kWh)	0,533	0,528	-%1	–	–	–	0,621	0,551	-%11



**TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN SERA GAZI EMİSYONLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ**

Emisyon faktörleri karşılaştırıldığında, 2000-2013 arasında Türkiye'nin %11 ile dünya ortalamasının çok üzerinde bir düşüş sağlamakta beraber, hala ortalamanın üzerinde bir emisyon faktörüne sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

Önümüzdeki dönemlerde Türkiye'nin sera gazı emisyonları açısından ne yönde hareket edeceğini değerlendirebilmek için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2015-2019 Stratejik Planı'nın incelenmesi gerekmektedir. Stratejik Plan'a göre 2013'te 32,9 milyar kWh olan yerli kömür kaynaklı elektrik enerjisi üretiminde, plan dönemi sonuna kadar 60 milyar kWh'lik üretim düzeyine ulaşılması hedeflenmiştir [8]. Bu durumda Kyoto Protokolü'ne ve Avrupa'daki gelişmelerin aksine, enerji üretiminden kaynaklı sera gazı emisyonu salımı da büyük oranda artacaktır.

**4. SONUÇLAR**

Çalışmadan çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Türkiye'de üretilen enerji miktarı 2000-2014 arasında yaklaşık 2 katına çıkarken, kömür tüketimi de paralel şekilde arttığından toplam enerji içerisindeki payı önemli oranda değişmemiş, fakat sıvı yakıtların yerini doğalgaz almıştır. Bu nedenle doğalgaz kullanımının artışıyla enerjide dışa bağımlılık açısından değişim olmamıştır.
2. 2000-2014 arasında kömürden kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu %80'e yakın oranda artış gösterirken, toplam içerisindeki oranı değişmeden %57,3 oranında kalmış, doğalgazdan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonunun payı ise 15 yıl içerisinde %27 düzeyinden %40'ın üzerine yükselmiştir.
3. 2000-2004 yılları arasında elektrik üretiminde kömür kullanımından doğalgaza geçişin etkisi ile emisyon faktöründe 0,65'ten 0,50 seviyesine belirgin şekilde düşmüş, sonrasında artan kömür tüketimi ile 2008'e kadar hızlı bir artış göstererek 0,60'ya yaklaşmış ve sonrasında dalgalanan bir grafik oluşturmuştur.
4. Toplam emisyon içerisinde en yüksek katkı kömürün olduğundan, emisyon faktörleri kömür tüketimine paralel olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla, emisyon faktörünün düşürülmesi, ancak kömür tüketiminin azaltılması ile mümkün olacaktır.
5. 2000-2013 arasında Avrupa ülkelerinde tüm yakıt türlerinden kaynaklı emisyonlar azalırken Türkiye'de fosil yakıtlardan kaynaklı emisyonlarda %41 artış meydana gelmiştir.
6. ETKB 2013-2019 Stratejik Planı'na göre enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için yerli kömürden elektrik üretiminin yaklaşık 2 katına çıkarılması hedeflenmektedir. Bu durumda enerji üretiminden kaynaklı sera gazı emisyonu da büyük oranda artacaktır.

Atmosfere verilen CO<sub>2</sub> emisyonlarının çevre ve iklim açısından olumsuz etkileri ilk bölümde açıklanmıştır. Diğer taraftan, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması da stratejik bir hedefdir ve bu hedefe yönelik olarak halihazırdaki yoğun fosil yakıt kullanımının, önümüzdeki dönemde emisyon faktörü en yüksek yakıt olan kömüre ağırlık verilerek artırılacağı öngörülmektedir. Avrupa ülkelerine bakıldığında ise Kyoto Protokolü hedefleri doğrultusunda alınan önlemlerle emisyonların azaltıldığı görülmektedir ve bunun başarılması yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde olmuştur. Dolayısıyla bu çalışma sonucunda yenilenebilir enerji, gerek dışa bağımlılığı azaltması, gerekse küresel iklim değişikliğine olumsuz etkisi olmaması açısından, kömür kullanımına karşılık iyi bir alternatif olarak önerilmektedir.

**KAYNAKLAR**

- [1] IPCC, Technical Summary. In T.F. STOCKER, D. QIN, G.-K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX AND P.M. MIDGLEY (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 33-115), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [2] TÜRKER, M., "IPCC İklim Değişikliği 2013: Fiziksel Bilim Temeli Politikacılar için Özet Raporundaki Yeni Bulgu ve Sonuçların Bilimsel Bir Değerlendirmesi", İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu Paneli Bildiriler Kitapçığı, İstanbul Politikalar Merkezi, Sabancı Üniversitesi, Stiftung Mercator Girişimi, 8-18. İstanbul, 2013.
- [3] IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. PACHAURI AND A. REISINGER (Eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
- [4] EPA, Climate Change Indicators in the United States, 2014 (3rd ed.), EPA 430-R-14-004. www.epa.gov/climatechange/indicators (erişim tarihi 01.07.2016)

*H. DULKADİROĞLU*

- [5] IEA, Key World Energy Statistics, IEA Publications, Paris, Fransa, 2015.
- [6] TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU (TKİ), Kömür Sektör Raporu (Linyit) – 2013, T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Stratejik Planlama Koordinasyon Birimi, Ankara, 2014.
- [7] T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI (ETKB), <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, (erişim tarihi 12.06.2016)
- [8] T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI (ETKB), 2015 – 2019 Stratejik Planı, Ankara, 2015.
- [9] TÜRKİYE ELEKTRİK İLETİM A. Ş., Türkiye Elektrik İstatistikleri, <http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistik2014/istatistik2014.htm>, (erişim tarihi 05.06.2016)
- [10] GÓMEZ, D.R., WATTERSON, J.D., Chapter 2: Stationary Combustion. In S. EGGLESTON, L. BUENDIA, K. MIWA, T. NGARA, K. TANABE (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2: Energy (pp. 2.1-2.47), Institute for Global Environmental Strategies (IGES), on behalf of the IPCC, Hayama, Japan, 2006.
- [11] IEA, CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion – Highlights, 2015 Edition, IEA Publications, Paris, 2015.
- [12] T.C. ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI, BİRLEŞMİŞ MİLLETLER İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÇERÇEVE SÖZLEŞMESİ, Kyoto Protokolü, 13 Mayıs 2009 tarih ve 27227 Sayılı Resmi Gazete, 2009.