

Received: 26.05.2018

Accepted: 09.10.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.427359

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 157-166, 2018

Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi

Yudum Bıyık^{1*}, Gökhan Civelekoğlu¹

Özet: Küresel ısınma geçen on yıllar içerisinde tüm dünyada en dikkat çeken konulardan biri haline gelmiş ve bu olay başta CO₂ olmak üzere sera gazı emisyonları üzerine yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur. Sera gazı üretiminde önemli bir pay ulaştırma sektörüne aittir. Hava kirliliğine ve iklim değişikliğine neden olan fosil yakıt emisyonlarının en önemli kaynaklarından biri motorlu taşıtlardır. Son yıllarda giderek artan kentsel hava kirliliğiyle ve CO₂ emisyonlarıyla günlük hayatımızın bir parçası olan yoğun trafiğin yakından ilgisi vardır. Hava kirliliği ve iklim değişikliğiyle mücadelede ulaşımdan kaynaklanan emisyonlarının düşürülmesi bu nedenle önem kazanmaktadır. Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ifade edilen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsüdür. Birincil ayak izi ve ikincil ayak izi olmak üzere iki ana gruptan oluşmaktadır. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım araba ve uçak dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonları ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise, kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Bu çalışmada Türkiye ve G20 ülkelerinin 1990-2016 yılları arasında ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izi değerleri üzerinde araştırmalar yapılmış ve son 26 yıllık dönemde karbon ayak izi değişimi incelenmiştir.

Keywords: Karbon Ayak izi, Sera Gazları, Ulaşım.

Investigation of Carbon Footprint Change Originated from Transportation Sector

Abstract: Global warming has become one of the most important issue in the world over the past decades, and this has led to increased researches on greenhouse gas emissions, particularly CO₂. An important share in greenhouse gas production belongs to the transportation sector. Motor vehicles are one of the most important sources of fossil fuel emissions that cause air pollution and climate change. In recent years there is a growing interest in urban air pollution and intense traffic, which is part of daily life with CO₂ emissions. Therefore, it is important to reduce emissions originated from transportation sector, while struggling with air pollution and climate change. Carbon footprint, defined in the unit of carbon dioxide, is a measure of damage that is caused by human activities in terms of the amount of greenhouse gases produced. It consists of two main groups; primary footprint and secondary footprint. Primary footprint, domestic energy consumption and transportation (including cars and airplanes) are measures of direct CO₂ emissions from the burning of fossil fuels. Secondary footprint is a measure of the indirect CO₂ emissions associated with the manufacture and eventual degradation of these products from the entire life cycle of the products we use. In this study, the research was conducted on transportation carbon footprint values of Turkey and G20 countries between the years of 1990 to 2016. Furthermore, the carbon footprint over the last 26 years was investigated .

Keywords: Carbon Footprint, GHG Emissions, Transportation

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): gokhancivelekoğlu@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Bıyık, Y., Civelekoğlu, G., 2018. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 157-166.

1. Giriş

Sürekli çoğalan dünya nüfusu ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte artan enerji tüketimi çevre kirliliği açısından önemli sorunlar teşkil etmektedir. Çevre kirliliğinin önemli bir kısmını hava kirliliği oluşturmaktadır. Hava kirliliği oluşumunda birçok etmen bir arada bulunmasına karşın ana etmen yanma olaylarıdır. Dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı fosil yakıtların veya bunların sentetik türevlerinin yakılması sonucu elde edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların içten yanmalı motorlarda temel enerji kaynağı olarak kullanılması, motorlu taşıtları hava kirliliğinin oluşumunda başlıca kaynak haline getirmiştir (Kelen, 2014).

Ulaşım ve taşımacılık yöntemleri konusunda sürdürülebilir kararlar almak ancak ulaşımın çevre üzerindeki etkilerini de göz önüne alarak gerçekleştirmekle mümkün olabilir. Günümüzde küresel ölçekte ulaşım için harcanan enerjinin %95'ten fazlası fosil yakıtlarla çalışan motorlardan elde edilmektedir. Bütün olarak ulaşım faaliyetleri için harcanılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlar küresel sera gazlarının yaklaşık olarak %20'sini oluşturmaktadır. Ulaşım türleri arasında karayolu küresel düzeydeki emisyonların %70'ini, havayolu %12'sini, denizyolu hatları %11'ini ve demiryolu hatları %2'sini oluşturmaktadır (Çalışkan, vd., 2017).

2. Sera Gazları

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nde "Sera gazları hem doğal, hem de insan kaynaklı olup; atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" şeklinde tanımlamıştır. Bu gazlar, atmosferimiz içinde %0,1'lik paya sahip olup, dünya için bitki seralarındaki camlara benzer bir işlev görmektedir (Arıkan, 2006). Bu nedenle "eser gazlar" olarak da tanımlanan ve atmosferin sera etkisinin oluşmasına neden olan gazlara "sera gazları" denilmektedir. Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni bilim insanları tarafından havadaki CO₂ oranının artmasına bağlanmıştır. CO₂ oranının artışıdaki temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve insan faaliyetleridir. (Uzunçakmak, 2014)

Kyoto Protokolü 6 adet sera gazını baz almaktadır. Çizelge 1' de bu sera gazlarının sembolleri, isimleri, CO₂ Eşdeğeri (GWP Global Warming Potential) ve bu gazların ana kaynakları gösterilmiştir. CO₂ Eşdeğeri; CO₂ haricinde diğer sera gazlarının aynı miktar CO₂'e kıyasla kaç kat daha fazla ısı tutabilme kapasitesine sahip olduğunu anlatmaktadır. Bu sayede tüm sera gazları ortak bir paydada toplanarak, yapılan emisyon hesaplamalarının anlaşılması kolaylaştırılmıştır. Bu çizelgeye göre en tehlikeli sera gazı Sülfür Heksaflorür (SF₆), en tehlikesiz sera gazı ise CO₂ gibi görünmektedir. Ancak miktar açısından CO₂ diğer sera gazlarına kıyasla çok yüksek seviyede olmasından dolayı durum tam tersidir. (ÇŞB, 2018)

Çizelge 1. Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları (Bekiroğlu, 2016)

Sembol	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Ana Kaynak
CO ₂	Karbon dioksit	1	Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento üretimi
CH ₄	Metan	21	Landfill sahalar, petrol ve doğal gazın üretim ve dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermantasyon
N ₂ O	Diazot monoksit	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFCs	Hidroflorokarbonlar	140 -11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFCs	Perflorokarbonlar	6.500 ~9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	Sülfür Heksaflorür	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

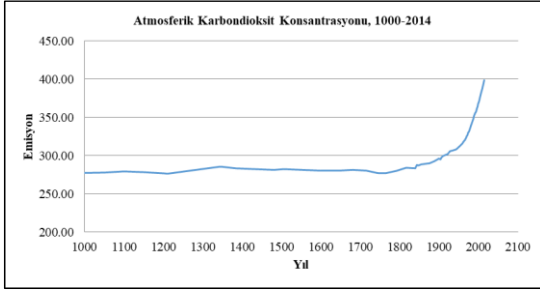
2.1. Karbondioksit (CO₂)

Karbon doğada bir döngü halindedir ve bu döngü; atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz canlıları, mineral rezervleri arasında gerçekleşmektedir. En büyük iki döngüden biri atmosfer ve bitki örtüsü arasında, diğeri ise atmosfer ve okyanus yüzeyi arasındadır. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan CO₂ şeklinde bulunur (EPA, 2002). Normal koşullar altında ekosistem karbon dengesini kendine ait bir döngü ile

sağlamaktadır. Ancak enerji için fosil yakıt kullanımı, çimento gibi bazı sanayi dallarının yapmış olduğu üretim, ulaştırma, arazi, kullanımındaki değişiklik, çeltik ekimi, gübreleme ve hayvancılık gibi faaliyetler sonucunda atmosferdeki diğer sera gazları gibi karbon dengesi de değişime uğramıştır (DPT,2000).

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu, dünyanın ekonomik büyüme için karbon temelli fosil yakıtlara bağımlı hale geldiği Sanayi

Devrimi'nden sonra hızla artmıştır. Karbondioksitin küresel atmosferik konsantrasyonunun sanayi öncesi dönemdeki değeri yaklaşık 280 ppm iken, 1900 yılına kadar seviyeler sağlıklı bir biçimde 260-290 ppm seviyesinde kalmıştır (IPCC, 2007; Uzunçakmak, 2014). Ancak Şekil 1 'de görüldüğü üzere, gezegenin atmosferik karbondioksit konsantrasyonu sanayi devrimi öncesi değerlerinden yaklaşık %30 oranında daha yüksek bir seviyesine ulaşmıştır (EPI, 2018).

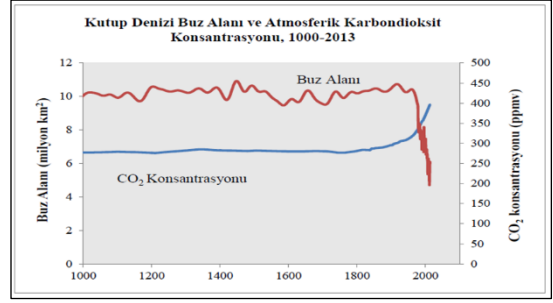


Şekil 1. 1000-2014 yılları arasında atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (EPI, 2018)

2.2. Metan (CH₄)

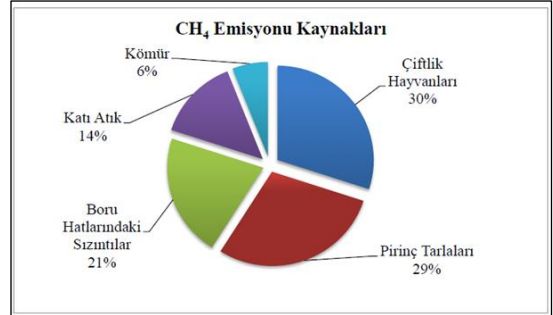
Atmosferin %0,00018'ini oluşturan metan gazı küresel ısınmaya neden olan en önemli ikinci gazdır. Dünyadaki sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit kadar tehlikeli olan metan doğal olarak birçok yerde oluşmaktadır. Metan gazının atmosferdeki yoğunluğu karbondioksit ile kıyaslandığında oldukça düşük ve atmosferde kalış süresi onda biri kadar olmasına rağmen, küresel ısınmaya sebep olan oldukça etkili bir sera gazıdır. Çünkü metanın kızıl ötesi ışınları soğurma gücü karbondioksitten çok daha fazladır (Uzunçakmak, 2014).

Şekil 2' de görüldüğü üzere CO₂ konsantrasyonunun artması buzulların erimesi anlamına gelmektedir. CO₂ konsantrasyonundaki artış dünyanın ısınmasına neden olmakta ve bu ısınma da buzulların erimesine yol açmakta; buzulların erimesi ise metan gazı konsantrasyonunda artışa neden olmaktadır.



Şekil 2. 1000-2013 yılları arası Kutup denizi buz alanı ve atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (EPA, 2014)

IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) verilerine göre, atmosfere katılan CH₄ miktarının yaklaşık %50'si insan aktiviteleri sonucunda gerçekleşmektedir (IPCC, 2007). Şekil 3' de insan faaliyetlerinin neden olduğu metan kaynakları yer almaktadır. Buna göre insan faaliyetlerinden kaynaklı metan gazı salınımlarının %30'u çiftlik hayvanlarından, %29'u pirinç tarlalarından, %21'i boru hatlarındaki sızıntılardan, %14'ü katı atıklardan ve %6'sı kömürden kaynaklanmaktadır (Uzunçakmak, 2014).



Şekil 3. İnsan faaliyetleri kaynaklı metan emisyonu dağılımı (Uzunçakmak, 2014)

2.3. Diazot Monoksit (N₂O)

Azot ve oksijenin 250°C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girmesinden meydana gelen azot oksitler içinde en önemlisi olan diazot monoksit sera gazlarının bir diğeridir. Atmosferde oldukça az bulunan bir gaz olan diazot monoksitin sera etkisinin yaklaşık %8 civarında olduğu bilinmektedir (EPA, 2014). Karbondioksitin atmosferde kalış süresi 100 yıl iken N₂O'nin kalış süresi 150 yılı bulmaktadır. Bu iki gazın sera etkisini kıyaslayacak olursak; N₂O karbondioksitin yaklaşık 300 katı sera etkisine sahiptir

(Uzunçakmak, 2014). Yaklaşık %90'ının toprakta olduğu kabul edilen diazot monoksitinin sanayileşme öncesindeki değeri yaklaşık 270 ppb iken, 2005 yılında atmosferdeki değeri yaklaşık 319 ppb'ye ulaşmıştır. Atmosferdeki konsantrasyonu 1750 yılından beri %16 artmış olan N₂O'nun 1980 yılından itibaren büyüme hızı sabittir (IPCC, 2007).

2.4. Halokarbonlar, Kloroflorokarbonlar CFCs, Perflorokarbonlar PFCs, Hidroflorokarbonlar HFCs Ve Kükürt Heksaflorür (SF₆)

1930'larda üretilmeye başlanan bu gazların küresel ısınmaya etkisi oldukça fazladır. Kimyasal kararlılıkları yüksek olduğu için yaklaşık 100 yıla yakın bir süre atmosferde parçalanmadan kalabilen Kloroflorokarbon bileşikleri ısıyı tutma konusunda karbondioksitten 20.000 kat daha etkilidirler (Uzunçakmak, 2014). Kloroflorokarbonlar doğada bulunan kimyasallar olmayıp, insan üretiminden kaynaklıdır ve sanayileşme ile artış göstermiştir. (EPA, 2014). Işımaya doğrudan ve dolaylı olarak etki eden insan yapımı kimyasallar olan klor (kloroflorokarbonlar-CFC, hidroflorokarbonlar-HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorid) ve brom içerikli (halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlar-HBFC) halokarbonlara, stratosferde bulunan ve güneşin zararlı ışınlarından korunmak için Birleşmiş Milletler tarafından yasal düzenlemeler getirilmiştir. İlk düzenleme 22 Mart 1985'te imzaya açılan 'Ozon Tabakasını İnceltelen Maddeler'e ilişkin yönetmelik olan Montreal Protokolünde bu gazlar ele alınmıştır. Kloroflorokarbonlar ise kullanımdan kaldırılmıştır (Akbulut, 2009).

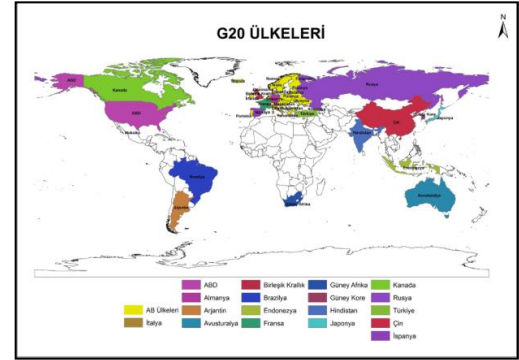
3. Karbon Ayak İzi

Bir birey, topluluk ya da faaliyet tarafından tüketilen kaynakların mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle yeniden üretilmesi ve meydana gelen atığın bertaraf edilebilmesi için gereken biyolojik olarak verimli toprak veya su alanının küresel hektar (kha) cinsinden büyüklüğüne Ekolojik Ayak İzi denilmektedir (Özsoy, 2015). Ekolojik ayak izinin bileşenleri, Karbon Ayak İzi, Orman Ayak izi, Tarım Ayak izi, Yapılaşmış Ayak izi, Otlak Ayak izi ve Balıkçılık Ayak izi şeklinde sıralanmaktadır. Türkiye'nin 2007 yılı Ekolojik Ayak İzi bileşenleri arasında en büyük %46 payı ile Karbon Ayak izi yer almaktadır (WWF, 2012). Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan

faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsüdür. Karbon ayak izi birincil karbon ayak izi ve ikincil karbon ayak izi olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Birincil Karbon Ayak İzi; Evsel enerji tüketimi ve ulaşım dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonunu ifade etmektedir. İkincil Karbon Ayak İzi ise kullanılan ürünlerin üretiminden bozunmalarına kadar geçen yaşam döngüsü sürecinde oluşan CO₂ emisyonunu ifade etmektedir. İkincil karbon ayak izi, birincil ayak izini kapsamaktadır (Atabey, 2013).

4. Türkiye'de ve Dünyada Karbon Ayak İzi Değişimi

G20 ülkeleri dünyanın en büyük ekonomileri arasında yer alan, Avrupa Birliği Komisyonu'ndan ve 19 ülkeden oluşmaktadır. G20 ülkeleri dünya ekonomisinin yaklaşık %85 'ini, dünya ticaretinin ise yaklaşık %80' ini karşılamaktadır. Şekil 4' de G20 ülkeleri gösterilmiştir.



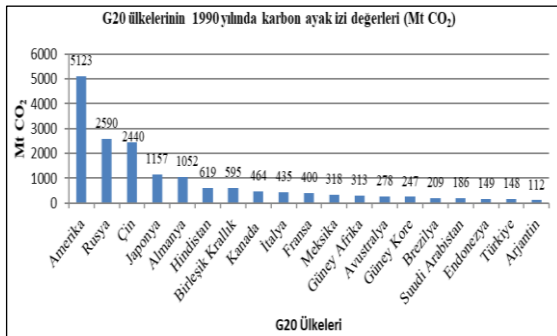
Şekil 4. G20 ülkeleri

G20 ülkelerinin Kyoto Protokolü kapsamında yerine getirmeyi taahhüt ettikleri karbon ayak izi miktarları farklılık göstermiştir. AB ülkeleri 2008-2012 yılları arasında toplam karbon ayak izi miktarlarını %8 oranında azaltmayı hedeflemişlerdir. Birliğe taraf olan ülkeler hedeflenen toplam %8 oranına, farklı miktarlarda karbon ayak izi azaltım hedefleri koyarak ulaşmaya çalışmışlardır. Karbon salınımı yüksek olan Almanya'nın karbon miktarını %21 oranında azaltması istenirken, Portekiz ise %27 oranında arttırabilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin Kyoto Protokolü'nde taahhüt ettikleri karbon ayak izi miktarları Çizelge 2' de gösterilmiştir. CO₂ emisyonu azaltımına tabi olmayan ülkelerin karbon ayak izi değeri ise 0 olarak gösterilmiştir (Çömert vd., 2015).

Çizelge 2. Ülkelerin farklılaştırılmış karbon ayak izi hedefleri (Çömert vd., 2015)

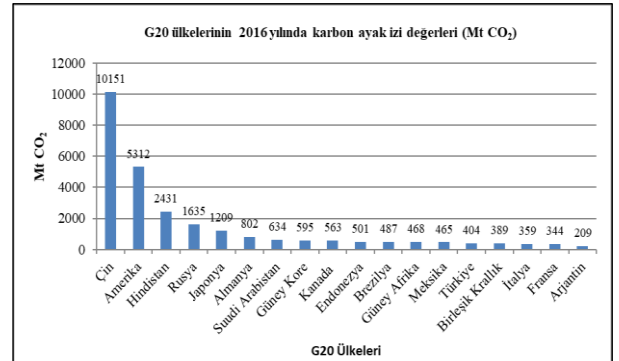
Ülkeler	Hedef	Ülkeler	Hedef	Ülkeler	Hedef
ABD	-%7	İrlanda	%13	Avusturya	-%13
Rusya Federasyonu	%0	İspanya	%15	Belçika	-%7,5
Japonya	-%6	İsveç	%4	Birleşik Krallık	-%12
Kanada	-%6	İsviçre	%8	Bulgaristan	-%8
Çin	%0	İtalya	-%6,5	Çek Cumhuriyeti	-%8
Hindistan	%0	İzlanda	%10	Danimarka	%21
Türkiye	%0	Almanya	-%21	Finlandiya	%0
Arjantin	%0	Kanada	-%6	Fransa	%0
Endonezya	%0	Letonya	-%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
		Slovenya	-8	Yunanistan	%25

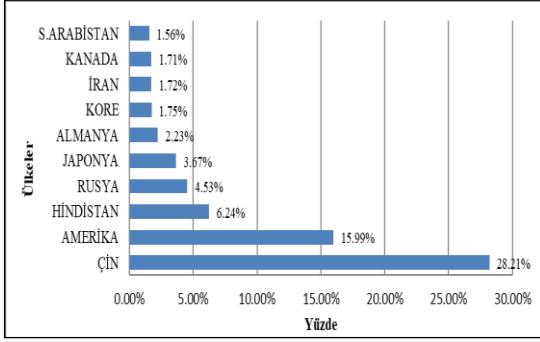
Dünya karbon atlası web sitesinde (<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>) 1990 yılından 2016 yılına kadar dünya ülkelerinin karbon ayak izi verileri yer almıştır. G20 ülkelerinin 1990 yılına ait karbon ayak izi değerleri Şekil 5' de gösterilmiştir. Amerika, Rusya, Çin karbon ayak izi değerlerinde en üst sıralarda bulunmakla birlikte, Endonezya, Türkiye ve Arjantin son sıralarda yer almaktadır. Amerika G20 ülkeleri arasında en üst sırada bulunmaktadır. Amerika'nın karbon ayak izi değeri Rusya ile karşılaştırıldığında iki ülke arasında yaklaşık olarak 2 kat fark olduğu, Rusya ve Çin'in karbon ayak izi değerleri ise birbirine yakın olduğu görülmüştür. Türkiye için durum değerlendirmesi yapıldığında en üst sırada bulunan Amerika ile karbon ayak izi değerleri arasında yaklaşık olarak 34 kat fark olduğu görülmüştür.

**Şekil 5.** 1990 yılında G20 ülkelerinin karbon ayak izi değerleri

2016 yılına ait karbon ayak izi değerleri Şekil 6' da gösterilmiştir. 2016 yılında Çin, Amerika ve

Hindistan karbon ayak izi değerlerinde lider ülke konumunda iken İtalya, Fransa ve Arjantin son sıralarda yer almaktadır. 1990 yılında lider ülke Amerika iken 2016 yılında Çin en üst sıradaki ülke konumuna ulaşmıştır. Türkiye'de 1990 yılından 2016 yılına kadar karbon ayak izi değerini yaklaşık olarak 2,5 kat arttırmıştır. Şekil 7' de 2016 yılında dünya çapında en büyük karbon ayak izi üreticileri sıralaması gösterilmiştir. Çin %28 oranı ile lider ülke konumundadır.

**Şekil 6.** 2016 yılında G20 ülkelerinin karbon ayak izi değerleri



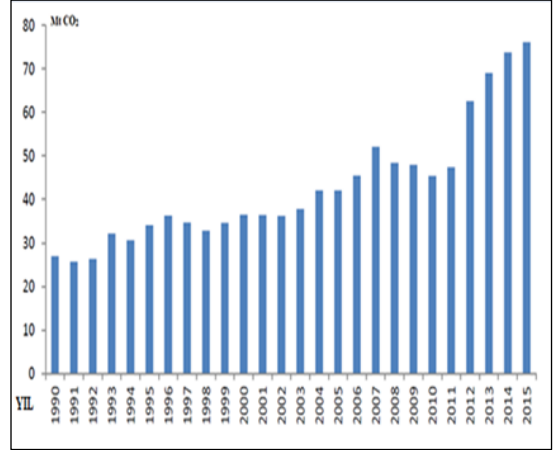
Şekil 7. 2016 yılında dünya çapında en büyük karbon ayak izi üreticileri (Statista, 2018)

5. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak izinin İncelenmesi

Ulaşım sektörü ekonomik büyümenin önemli bileşenlerinden biridir ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki artan ulaşım talebini karşılamak için hızla büyümektedir. Bu durum giderek artan enerji tüketimi ve karbon ayak izi miktarı açısından birçok ülkede sorun teşkil etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre ulaşım sektörü, elektrik ve ısı üretimi sektörlerinden sonra en fazla karbon ayak izi salımı yapan sektör olup, bu emisyonların %70'inden fazlası karayolu ulaşımı kaynaklıdır (Özen ve Tüdeş-Yaman, 2013).

Türkiye'de ulaştırma sektörü kaynaklı karbon ayak izi miktarının enerji sektörü içindeki payı %22,2, ulusal toplam emisyondaki payı ise %15'tir. Ulaşım sektöründe yakıt tüketimini etkileyen her türlü uygulamanın karbon ayak izi miktarına ve iklim değişikliğine etkisi olmaktadır. (Algedik, vd., 2016). 1990-2010 yılları arasında yakıt tüketiminden kaynaklı CO₂ emisyonunun azaltılması konusunda ciddi mesafe kat eden ülkeler Almanya %19,8, İngiltere %12, Ukrayna %61,2 ve Romanya %54,8 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise 1990-2012 döneminde yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonu yaklaşık olarak %100 oranında artış göstermiştir. Bu durum Türkiye'nin Kyoto hedeflerinden oldukça uzakta kaldığını göstermiştir (Işık ve Kılıç, 2014).

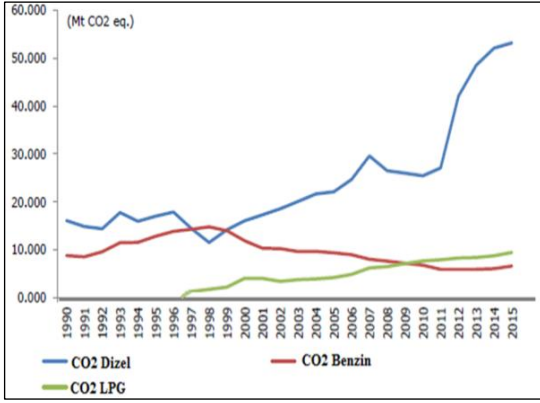
Türkiye'de ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değeri 1990-2015 yılları arasında %181 oranında artmıştır ve her yıl ortalama olarak %7,5 oranında artmaktadır. Şekil 8' de Türkiye'de 1990-2015 yılları arasında karbon ayak izi değişim grafiği gösterilmiştir (TÜİK, 2015).



Şekil 8. Türkiye'de ulaşım sektörlerindeki karbon ayak izi değişimi, 1990-2015 (TÜİK, 2015)

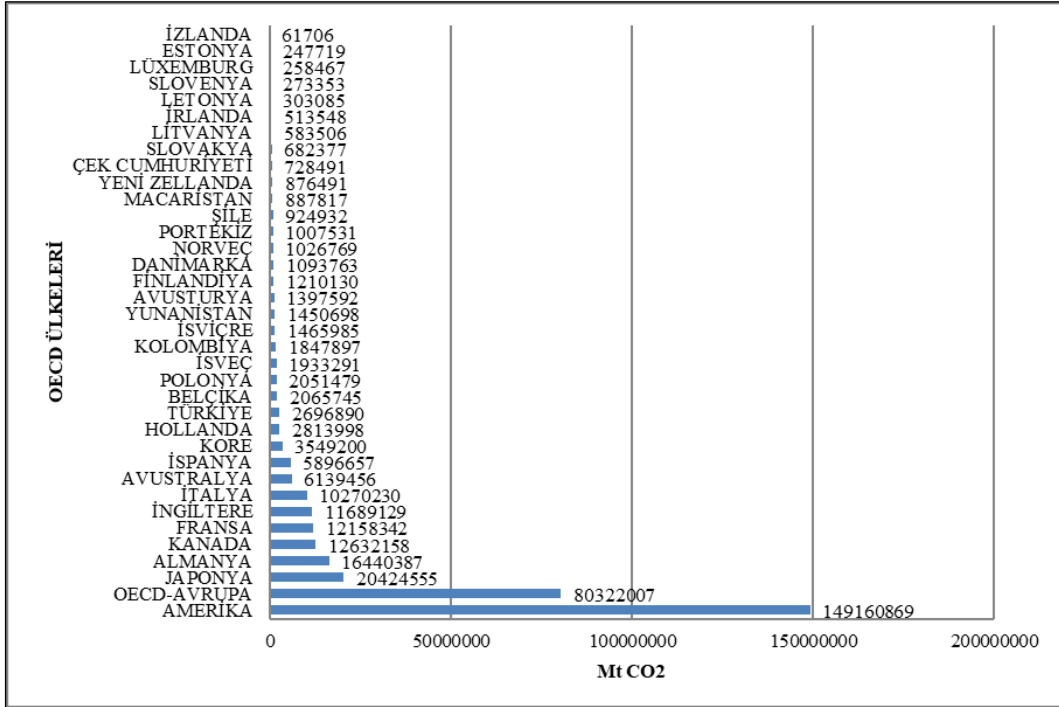
Ülkemizde 2015 yılında ulaşım sektörü 75,8 Mt CO₂ karbon ayak izi değerine ulaşmıştır. Ulaşım sektöründeki sera gazı emisyonları (CO₂ eşdeğeri olarak), 1990 yılında %20,9 iken 2015 yılında bu oran %22,6'ya yükselmiştir (TÜİK, 2015).

1990-2015 yılları arasında karayolu taşımacılığı diğer ulaşım türlerine göre en çok salım yapan karbon ayak izi kaynağı olmuştur. Bu değer 1990 yılında %92 oranında iken 2004 yılında bu değer %83'e düşmüştür. Şekil 9' da Türkiye'de karayolu taşımacılığında yakıt türlerine göre karbon ayak izi dağılımları gösterilmiştir. 1997 yılına kadar karayolu taşımacılığında akaryakıt olarak sadece dizel ve benzin kullanılmıştır. LPG'nin kullanımı 1997 yılında başlamış ve tüketim giderek artmıştır. Ardından benzin tüketimi azalırken, dizel yakıt tüketimi ve LPG tüketimi artmıştır. 2007' den 2010' a kadar, küresel ekonomik kriz nedeniyle dizel yakıt tüketimi azalmıştır. Bundan sonraki yıllarda dizel yakıt tüketiminde dikkate değer bir artış görülmüştür. 2011 yılında 27.035 kt CO₂ eşdeğeri iken 2015 yılında 53,169 kt CO₂ eşdeğeri ile dizel yakıttan kaynaklanan sera gazı emisyonlarında büyük bir artış olmuştur. Bu durum %97'lik bir artış anlamına gelmektedir (TÜİK, 2015).

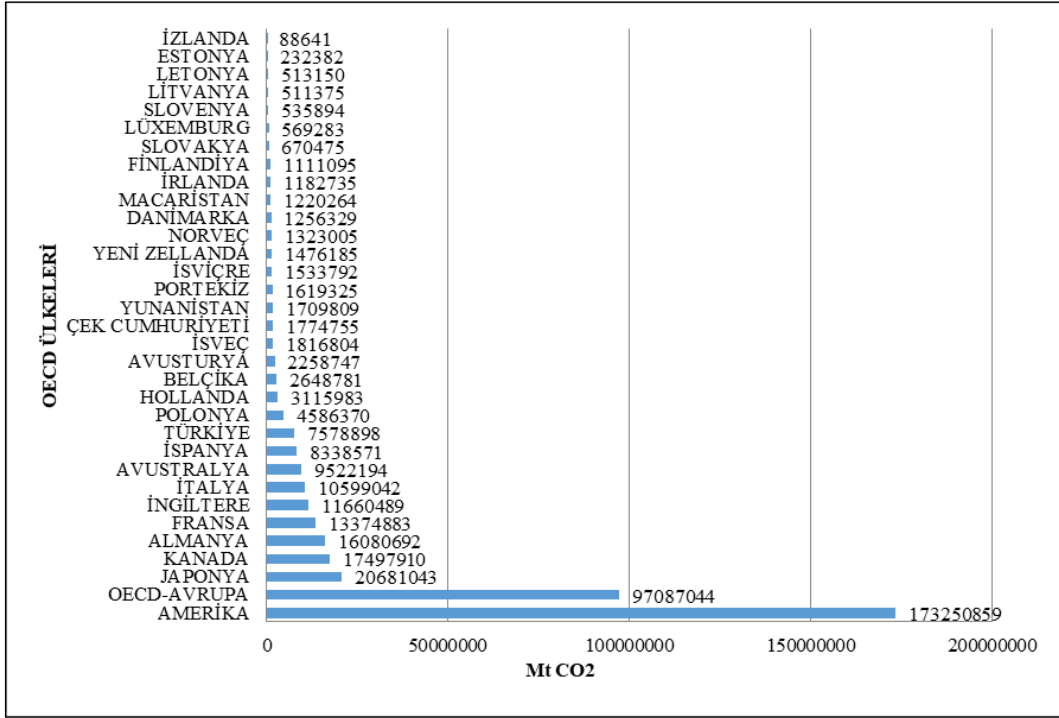


Şekil 9. Karayolu taşımacılığında yakıt türlerine göre karbon ayak izi dağılımları (TÜİK, 2015)

OECD ülkelerinin ulaşımdan kaynaklı CO₂ emisyonları değerleri 1990-2015 yılları arasında karşılaştırılmıştır. 15 yıllık periyotta OECD ülkelerinin hepsi ulaşımdan kaynaklı emisyon değerlerini yükseltmiştir. Amerika 15 yıllık değişimde liderliğini korurken 2015 yılına kadar emisyonlarını yaklaşık 2,5 kat arttırmıştır. Türkiye bu süre zarfında emisyon değerlerini yaklaşık 3 katı arttırmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11’de OECD ülkelerinin 1990 ve 2015 yılları arasında karbon ayak izi değerleri karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 10. 1990 yılında OECD ülkelerinin ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi karşılaştırılması (OECD, 2018)

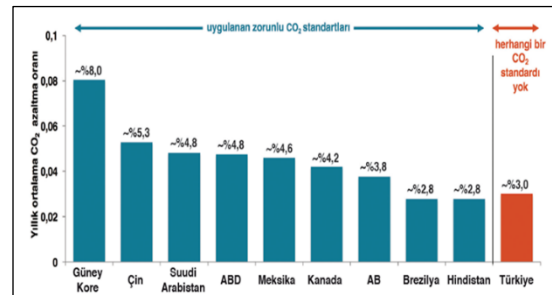


Şekil 11. 2015 yılı ülkeler bazında ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi karşılaştırılması (OECD, 2018)

Türkiye'nin 15 yıllık bir zaman periyodunda karbon ayak izi değerinde yaklaşık 3 kat artış olmasına rağmen alt sıralarda yer almasının başlıca iki sebebi bulunmaktadır. Birincisi, emisyon oluşturan diğer sektörlerde enerji verimliliğini geliştirmiş ülkeler arttırmışken, Türkiye'de henüz bu sektörlerdeki verimin düşük olması; başka bir deyişle bu sektörlerde de yüksek CO₂ emisyonu olması nedeniyle ulaştırma sektöründeki karbon ayak izi payının toplam emisyonlar içinde göreceli olarak az kalmasıdır. İkincisi ise, gelişmiş ülkelerde hareketlilik, yani kişi başına yapılan yolculuk sayısı ve yolculuğun uzunluğu daha fazlayken; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hareketlilik göreceli olarak daha azdır (ÇŞB, 2011).

G20 ülkeleri toplu olarak yılda 80 milyon aracın satışını gerçekleştirmektedir ve bu da yıllık küresel araç satışlarının %90'ından fazlası demektir. Şimdiye kadar, G20 ülkelerinin yarısı yeni binek otomobiller ve hafif ticari araçlar için zorunlu karbondioksit azaltma standartlarını uygulamışlardır (Mock, 2016). G20 ülkeleri binek otomobillerinin yıllık karbondioksit azaltma oranları karşılaştırıldığında, zorunlu karbondioksit standartları uygulayan ülkelerin şu anki tahmini

azaltma oranlarının %2,8 ile %8 arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 12'de Türkiye'nin G20 ülkeleriyle CO₂ emisyonu azaltma oranlarının karşılaştırılması sunulmuştur. Karşılaştırılan 9 G20 ülkesi arasından Türkiye'nin herhangi bir CO₂ standardı yoktur ve %3'lük bir azaltma oranı ile son sıralarda olduğu görülmektedir (Mock,2016).



Şekil 12. Yeni otomobillerin karbon ayak izi azaltma oranlarının karşılaştırılması (Mock,2016)

6. Sonuçlar

Dünya birincil enerji kaynaklarının %81'i fosil kaynaklıdır. Fosil yakıtlara bağımlılık, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferde birikmesine de yol açmaktadır. İklim

değişikliğinin önlemenin tek yolu fosil yakıtların enerji üretimindeki payını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Ancak çeşitli önlemlere rağmen 2035 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların payları nispeten azalacak, bu yakıtların hâkim kaynaklar olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir.

Araştırma sırasında, ulaştırma sektörü nedeniyle açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ emisyonlarının değişimi üzerinde durulmuştur. Araştırmalar sonucunda 2016 yılına kadar CO₂ emisyonlarında artış olduğu görülmüştür. Bu artışın nedenleri arasında toplam yakıt tüketiminin ve araç sayısının artışı önemli bir rol oynamaktadır.

Türkiye’de araç satışları ve emisyonlar hızla artmaktadır. Gelecek yıllarda piyasaya sürülecek yeni araçların mümkün olan en iyi teknolojiye ve en düşük emisyon seviyelerine sahip olmaları çevre ve sağlığın korunması açısından önem taşımaktadır. Ulaştırma sektörü nedeniyle ve özellikle karayolu ulaşımı nedeniyle açığa çıkan karbon ayak izi miktarını düşürmek için bazı çözüm önerileri geliştirilebilir. Bunlar, şahsi araçlar yerine toplu taşımayı tercih ederek %90'lara varan oranlarda ulaşımına bağlı karbon ayak izi azaltılabilir. Özellikle otobüsle gidebilecek mesafelerde uçakla yolculuğu tercih etmemek de CO₂ emisyon değerini azaltacak bir yöntemidir. Bunun sebebi uçak yolculuklarındaki birim mesafedeki emisyon miktarı diğer ulaşım yöntemlerine göre oldukça yüksek olmasıdır. Araçlarda kullanılan fosil yakıtların oluşturduğu emisyonu azaltmak için düşük emisyonlu yakıtları tercih etmek veya hibrit yakıtlı, elektrikli araçların kullanılması, yakıt tüketimlerinin azaltılması aşamasında yeni motor teknolojilerinin uygulanması, taşıt teknolojilerindeki gelişmeler, örneğin; daha küçük boyutlu ve düşük ağırlıklı taşıtların geliştirilmesi, bu işlemler için hafif malzemelerin kullanımı, aerodinamik özelliklerde ve lastik performansında iyileştirmeler ve trafik akışının düzenlenmesine yönelik alınacak önlemler ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izinin azaltılması için uygulanabilir.

Kaynaklar

Akbulut, F., (2009). İklim Değişikliğinde Alternatif Politikaların Etkinliği, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100s, Ankara.

Arıkan, Y., (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye Yayınları, 62s, Ankara.

Algedik, Ö., Bayar, H.İ., Biçer, B.E., Çelik, E., Keleş, M., Kocaman, H., Talu, N., (2016). TMBB'nin İklim Değişikliği Politikasındaki Rolü 'Politikacılar için Özet'. 32s.

Atabey, T., (2013). Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Elazığ.

Bekiroğlu, O., Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. Erişim Tarihi: 06.05.2016. <http://www.emo.org.tr>.

Çalışkan Doğan, Z., Kurt, Ü., Timur, M.C., (2017). İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektörü İlişkisinin Ekonometrik Analizi: Türkiye Örneği. International Congress of Energy, Economy and Policy, 25-26 Mart, İstanbul.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2011). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2020. Ankara.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2018). Kyoto Protokolü. Erişim Tarihi: 02.01.18. <http://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363>.

Çömert, R., Bilget, Ö., Çabuk, A., (2015). Kyoto Protokolüne İmza Atan G20 Ülkelerinin Yıllara Göre Karbon Salımlarının (1990-2012) Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı İle Analizi. Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 883-891.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: İklim Değişikliği Özel İhtisas Raporu. 2532-548, 123.

Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000, US. s.4-9.

Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012. EPA 430-R-14-003. U.S.A.

- Environmental Protection Index EPI,(2018). Climate,EnergyandTransportation, http://www.earthpolicy.org/data_center/C23, (01.02.2018)
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis.1007.
- Işık, N., Kılıç, E.C., (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. Sosyo Ekonomi Dergisi, 140215. 26s.
- Kelen, F., (2014). Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 19 (1-2), 80-87.
- Mock, P., (2016). Policy Options to Reduce Emissions From The Road Transport Sector in Turkey. İPM-Mercator Policy Brief, 1. Basım, 1-13.
- Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD), 2018. Greenhouse Gas Emissions Erişim Tarihi: 03.03.18. <https://stats.oecd.org/>
- Özen, M., Tüdeş-Yaman, H. (2013). Türkiye’de Şehirlerarası Yük Trafiği CO2 Emisyonlarının Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(3), 56.
- Özsoy Erden, C. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi. Emek ve Toplum, 4, 199-215.
- Statista – The portal for statistics. (2018). Worldwide Carbon Footprint. Erişim Tarihi: 04.05.2018. <https://www.statista.com>
- TÜİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu . 1990-2015. National Gas Inventory Report 1990-2015 Annual Report for submission under the ‘United Nations Framework Convention on Climate Change’. 552s.
- Uzunçakmak, M., (2014). Ulaşım Modlarından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ve iklim Değişikliği Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması,Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, 171s, Ankara
- World Wide Fund for Nature(WWF), 2012. Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. 89s.