

## Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma<sup>□</sup>

A. Üreden<sup>1</sup>, S. Özden<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18000, ÇANKIRI

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18000, ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 20 Haziran 2018

Kabul Tarihi : 19 Kasım 2018

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
ozden@karatekin.edu.tr

<sup>□</sup> Bu çalışma 26-29 Nisan 2018 tarihlerinde Kastamonu'da düzenlenen International Congress on Engineering and Life Science etkinliğinde sunulmuş ve özeti yayımlanmıştır.

### ÖZ

Hızla gelişen sanayileşmeden kaynaklanan sera gazları küresel iklim değişikliğini de beraberinde getirmiştir. İklim değişikliği ise dünyadaki yaşamı olumsuz etkilemektedir. Yerküredeki yaşamı tehdit eden tehlikenin farkına varan dünya milletleri küresel ısınma konusunda birtakım önlemler almaya başlamıştır. Bu kapsamda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmış, sözleşmeye bağlı sera gazı emisyonunun azaltılması için Kyoto Protokolü de imzalanmıştır. Sözleşme ile gelişmiş ülkeler sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre %5 azaltmayı taahhüt etmiştir.

İmzalanan sözleşme ve protokollere bağlı olarak sera gazı emisyonunun hesaplanmasını ve ticaretini düzenleyen bir takım standartlar getirilmiştir. Ürün karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan PAS 2050 standardı, kurumların karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan ISO 14064 standardı bunların en çok tercih edilenleridir. Sera gazı emisyonu hesaplamalarında, en sağlıklı ve detaylı sonucun alınması için kurumun sera gazı salımında direk etki eden faaliyetler, kurumun faaliyetlerine devam edebilmesi için gerçekleştirdiği hizmet ya da ürün alımlarından kaynaklı faaliyetler ve kurumun faaliyetlerini gerçekleştirirken sera gazı salımında etkin olan faaliyetlerle ilişkileri olarak üç kapsamlı hesaplamalar olduğu yapılan literatür çalışmaları ile karşımıza çıkmaktadır. Kurumsal karbon ayak izi hesaplamada takvim yılı ya da mali yıl baz alınması hesaplamanın daha sağlıklı ve doğru sonuç vermesi açısından önemlidir. Kurumların karbon ayak izlerini bilmeleri faaliyetlerinden kaynaklı sera gazlarını kontrol altına almaya yönelik önlemler için önemlidir. Bu çalışmada; kurumların faaliyetlerini gerçekleştirdikleri sırada atmosfere saldıkları sera gazlarından kaynaklı küresel iklim değişikliğine yaptıkları olumsuz etki ve bundan kaynaklı “karbon ayak izlerinin” hesaplanma yöntemleri tanıtarak kurumsal düzeyde karbon ayak izinin küçültülme stratejileri ve önemi tartışılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** İklim değişikliği, Karbon ayak izi, Kurumsal hesaplama, Kyoto protokolü

## How to Calculate Institutional Carbon Footprint: A Theoretical Study

### ABSTRACT

Greenhouse gases arising from rapidly developing industrialization have brought global climate change. Climate change, on the other hand, negatively affects life in the world. The nations of the world who are aware of the danger that threatens life on the earth have begun to take measures against global warming. In this context, the United Nations Framework Convention on Climate Change was signed and the Kyoto Protocol was signed to reduce emissions of greenhouse gases. Under the agreement, developed countries committed to reduce greenhouse gas emissions by 5% compared to 1990. Depending on the contracts and protocols signed, a number of standards have been released to regulate the calculation and trading of greenhouse gas emissions. The PAS 2050 standard used in product carbon footprint calculation and the ISO 14064 standard used in the carbon footprint calculation of institutions are the most preferred ones. In greenhouse gas emission calculations, there are three comprehensive calculations for activities that directly affect the company's greenhouse gas emissions in order to obtain the healthiest and detailed result, activities resulting from the services or product purchases that the institution carries out and activities related to greenhouse gas emissions with the literature studies done. Based on the calendar year or fiscal year, it is important to calculate the corporate carbon footprint in order to make the calculation more accurate and accurate. Knowing the carbon footprint of

*Bu makaleye atf:*

Üreden, A., Özden, S., 2018. Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 98-108.

institutions is important for the measures to control greenhouse gases arising from their activities. In this study, the adverse effects of climate change caused by greenhouse gases on the atmosphere as the institutions perform their activities is to calculate. By introducing the calculation methods of "carbon footprints" originating from this negative effect; is to discuss the downsizing strategies and prejudice of the carbon footprint at the institutional level.

**Keywords:** Carbon footprint, Climate change, Institutional calculation, Kyoto protocol

## 1. Giriş

Bulduğumuz asrın en önemli çevre sorunu olarak kabul edilen küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğindeki, insan etkisi bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Özer, 2012). İnsanlığın enerjiye olan ihtiyacı ve enerjiyi elde etmek için gerçekleştirdiği faaliyetlerde fosil yakıt tüketimi küresel iklim değişikliğinin en önemli nedenidir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (UNFCCC, 1992) (United Nations Framework Convention on Climate Change) iklim değişikliğinin zararlı etkileri; *“İklim değişikliği sonucunda fiziksel çevrede veya biyotat da ortaya çıkan ve doğal haldeki veya yönetim altındaki ekosistemlerin bileşimi, kendilerini onarma yeteneği ve verimliliği veya sosyo-ekonomik sistemlerin çalışması veya insan sağlığı ve refahı üzerinde önemli zararlı etkileri olan değişiklikler demektir.”* olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin başlıca nedeni, giderek artan fosil yakıt tüketimiyle açığa çıkan gazların atmosferdeki varlıklarının artması sonucu doğal sera etkisinden daha fazla sera etkisine sebep olmalarıdır (UNFCCC, 1992).

UNFCCC (1992) Sera etkisi yapan gazları tanımlarken, *“Sera gazları hem doğal, hem de insan kaynaklı olup atmosferdeki, kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları anlamına gelir.”* ifadelerini kullanmıştır. Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), Metan (CH<sub>4</sub>), Nitröz Oksit (N<sub>2</sub>O), Hidroflorür karbonlar (HFCs), Perfloro karbonlar (PFCs), Sülfürhekza florid (SF<sub>6</sub>) gazları, Kyoto protokolünde sera etkisi yaptığı belirtilen, çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olan, insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan gazlardır (Anonim, 1998b; Albayrak ve ark., 2014). Bu gazların atmosferdeki miktarının artması, sera etkisini de artırmaktadır. Her geçen gün şiddetlenerek etkisini artıran küresel ısınma ve devamında iklim değişikliği insanlığın yaşamını olumsuz etkilediği gibi diğer canlıların yaşamını da olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınmada etken olan ve Kyoto protokolü ile belirtilen CO<sub>2</sub> ve diğer 5 sera gazının insanlığın faaliyetleri ile gerçekleştiği belirlendiğinden, kontrol ve denetiminin de insan faaliyetlerinin belirlenmesi ile olacağı anlaşılmıştır (Bekiroğlu, 2011).

İnsanoğlunun doğayı kullanırken yaptığı her faaliyet doğada bir etki bırakır. Özellikle tüketim faaliyetleri doğa üzerinde olumsuz etkiler bırakır. Bugün dünyamızda insanoğlunun karbon emisyonlarını azaltıp küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek gerekliliği konusunda geniş bir uzlaşma vardır (Hua et al., 2011). Karbon ayak izi hesaplamaları bu etkiyi ölçmenin bir yoludur. Başta Kyoto protokolü ile taahhüt veren ülkeler olmak üzere yaşanılabilir bir dünya için sorumluluk hisseden tüm ülkeler, kurumlar ve bireylerin sera gazı salımını azaltmak için, karbon ayak izlerini hesaplamaları ve gerekli önlemleri almaları gerekmektedir. Kurumların karbon ayak izini hesaplamaları, yasal zorunluluğun yanı sıra müşteri ya da yatırımcı talepleri, pazarlama, kurumsal imaj, sosyal sorumluluk gibi zorunluluk ya da gönüllülük esaslarına göre hesaplanarak sera gazı emisyonu azaltımı veya emisyon ticaret mekanizmalarına katılım gereksiniminden dolayı hesaplanabilmektedir (Bekiroğlu, 2011).

İklim değişikliğini küresel sorun olmaktan çıkarmak için yapılan çalışmalarda dönüm noktası Kyoto protokolü olmuştur. Kyoto protokolü, küresel iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında imzalanan protokoldür. Protokol ile sanayisi gelişmiş ülkeler ile sanayisi gelişmekte olan ülkeler sebep oldukları CO<sub>2</sub> ve sera etkisi yaptığı belirtilen diğer 5 sera gazının salımını azaltmak, bunu gerçekleştiriyorlarsa karbon ticareti yolu ile haklarını artırmayı kabul etmişlerdir (UNFCCC, 1992; Anonim, 1998b; Albayrak ve ark., 2014). Kyoto Protokolü, karasal karbon kaynaklarını ve yutakları yasal olarak bağlayıcı bir emisyon azaltma sistemine dahil ederek önemli bir atılım gerçekleştirmiştir (Anonim, 1998a)

Karbon ihracı, diğer adı ile karbon ticareti bir ülkenin ya da kurumun standardın üstünde emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımından kaynaklanan emisyon azaltma sorumluluğunu, başka ülkenin veya kurumun standardın altında kalan emisyon kısmının satın alınmasına dayalı bir önlemdir (Çiçek ve Çiçek, 2012; Narin, 2013; Çıtak, 2016) Kyoto protokolünün 17. maddesi gereği, protokolün EK-B listesindeki tarafların salım sınırlaması ya da azaltım yükümlülüklerini, salım serbestliği olan diğer taraflardan satın alabilme

olanağı sunulmuştur (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 1998b). Tarafların söz konusu ticareti gerçekleştirebilmeleri için belirli şartları sağlamaları gerekmektedir. Karbon ticaretinin sağlıklı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Uluslararası Kayıt Sistemi geliştirilmiştir (Bekiroğlu, 2011).

Sonuçları yeryüzü yaşamını olumsuz etkileyen küresel ısınma ve iklim değişikliğine etki eden olaylarda, insan etkisinin ortaya konabilmesi için küresel değişim sürecinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu süreci yönetmek için kurumların öncelikle kendi yetki sınırları içinde yapılan geniş çaplı eylemlerden kaynaklanan karbon ayak izi yönetim programlarına gereksinim vardır (Anonim, 2017a).

Karbon emisyonu hesaplamalarında, GHG Protokolünde (Anonim, 2017b), belirtilen parametrelere bağlı olarak ISO (International Organization for Standardization - Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu) tarafından geliştirilen, sera gazı emisyonlarının kurum seviyesinde hesaplanması ve raporlanması (ISO 14064-1), sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin hesaplanması, izlenme ve raporlanması (ISO 14064-2) ve sera gazı beyanlarının onaylanması ve doğrulanması (ISO 14064-3) kılavuz ve özellikleri belirten seriler (Anonim, 2011a; Anonim, 2013b), karbon ayak izi hesaplamaları, yapılan hesaplamaların raporlanması ve doğrulayıcı kuruluş tarafından doğrulanması için gerekli hesaplama yöntemlerini ve ilkeleri belirtir (Sreng, 2016). Ayrıca, 3 kitaptan oluşan IPCC kılavuzlarında Aşama (Tier) yaklaşımları olarak belirtilen hassasiyet derecelerine göre belirlenen 3 farklı hesaplama formüllerinden faydalanılmaktadır (Pekin M.A. 2006).

Kurumların Karbon Ayak İzi Yönetim Programlarını geliştirebilmeleri, karbon emisyonlarını belirlemelerine bağlıdır. Karbon ayak izi hesaplamalarının yapılabilmesi ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi için, bu çalışmada materyal ve yöntem olarak da kullanılan protokoller, şartnameler, standartlar ve kılavuzlardan faydalanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Kyoto Protokolünün tarafı olan ülkemizin, küresel iklim değişikliğine yaptığı olumsuz katkının azaltılması için kurumsal bazda alınabilecek önlemleri belirlemek üzere; kurumların karbon ayak izlerini belirlemesine yönelik yol göstermek, yöntemleri uygulamalı olarak Türkçe literatüre kazandırmaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC, 1992), Kyoto Protokolü (Anonim, 1998b), GHG (Sera

Gazı Protokolü) Protokolü (Anonim, 2017b), Ürün karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan PAS 2050 (Publicly Available Specification – “Kamuya Açık Şartname”) (Anonim, 2011b) ve ISO 14067 (Anonim, 2013b) Standartları, kurumların karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan ISO 14064 (International Standard Organization – “Uluslararası Standart Örgütü”) (Anonim, 2013b) standart serisi, karbon nötrlüğünün nasıl gösterileceğini detaylandıran PAS 2060 (Publicly Available Specification – “Kamuya Açık Şartname”) (Anonim, 2018a) standardı ve IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – “Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli”) (Anonim, 2006) kılavuzlarının yanı sıra bilimsel yayınlar ve akademik çalışmalar kullanılmıştır. Bu yöntemleri kullanarak hipotetik bir hesaplama da yapıp değerlendirilmiştir.

## 3. Bulgular

Şüphesiz dünya var olduğu günden bugüne kadar çeşitli değişimlere uğramıştır. Ancak, 18. yüzyılda başlayan sanayi devrimine kadar bu değişimler dünyanın kendi doğal dengesi içerisinde devam etmektedir. Sanayi devrimi ile birlikte insanlık da dünyanın yaşadığı değişime katkı eklemeye başlamıştır. Söz konusu katkının etkisi o kadar şiddetli olmuştur ki, 150-200 yıllık kısa bir sürede dünyadaki doğal değişim olması gerektiğinden çok daha hızlı bir ivme kazanmıştır. Günümüzde iklim değişikliği olarak adlandırdığımız olaylar, aslında dünya var olduğu günden beri meydana gelen atmosferik faaliyetlerdir. İnsanlığın önlenemez teknolojik yükselme isteği iklim değişikliğinin doğal sürecini etkilemiştir.

Küresel ısınmaya etki eden en büyük aktör, gerçekleştirdiği faaliyetlerle doğal dengeyi bozan insanogludur. Gelişmelerin farkına varan dünya milletleri küresel ısınmanın önüne geçebilmek için karbon emisyonuna katkı sağlayan faaliyetleri ilk önce yavaşlatarak küresel ısınmadaki ivmeyi stabil hale getirmek, daha sonra da azaltma eğilimi göstermesini sağlayarak atmosferdeki karbondioksit ve diğer 5 sera gazı varlığını 1990 yılı değerlerinin %5 altına gerilemesini gerçekleştirmeyi amaçlamıştır (Özmen, 2009).

İnsanlık bireysel faaliyetlerinden çok kurumsal faaliyetleri ile küresel iklim değişikliğinde etkili olmaktadır. Bu sebeptendir ki, kurumlar küresel ısınmadaki kendi paylarını belirlemek ve gerekli önlemleri almak için karbon ayak izlerini hesaplamaları gerekmektedir.

Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken tükettikleri elektrik, ısı, fosil yakıtın yanında faaliyetlerinde kullandıkları özel makinalar için gerekli, sera etkisi olan gazların tüketimi, enerjinin

üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonu vb. faaliyetler küresel ısınma ve iklim değişikliğinde etken faktörlerdir. Ayrıca, kurumlar faaliyetlerini gerçekleştirmek için almış oldukları ürün ve hizmetler ile de sera gazı emisyonuna sebep olmaktadır.

Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirmek için direkt olarak emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımları, doğrudan sera gazı salımı olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 1 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a). Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken dışarıdan aldıkları elektrik, ısı, buhar vb. enerjilerin üretilmesi sırasında oluşan sera gazı emisyonu, dolaylı sera gazı emisyonu olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 2 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a). Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken almış oldukları ürün ve hizmetler sebebi ile o ürün ve hizmetlerin tedariki esnasında meydana gelen sera gazı emisyonları, diğer dolaylı sera gazı emisyonu olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 3 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a).

Kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları, ISO 14064-1 serisi kılavuz ve özelliklerinde belirtilen yöntemlerle, GHG Protokolünde belirtilen hesaplama gruplarına göre, IPCC kılavuzlarında belirtilen veri toplama, hesaplama, raporlama ve referans değer tablolarından yararlanılarak gerçekleştirilmektedir.

Kurumsal Karbon ayak izi hesaplamalarının yanı sıra ürün ve hizmetlerin yaşam döngüsü süresince gerçekleşen karbon ayak izi hesaplamalarında BSI (British Standards Institution - İngiliz Standartları Enstitüsü) tarafından geliştirilen ve yayınlanan PAS 2050 standardı ve ISO 14067 standardı kullanılmaktadır (Anonim, 2011a).

Karbon ayak izlerinin boyutunu öğrenen kurumlar, karbon emisyonlarını nötr hale getirmek isteyebilmektedirler. Hatta karbon emisyonlarını nötrlediklerini beyan etmek isteyebilirler. Karbon salımlarını nötrlediklerini doğrulamak isteyen kurumlar PAS 2060 standardından faydalanmaktadır.

Verilen bilgiler ışığında kurumlar karbon ayak izlerini hesaplamak istediklerinde IPCC kılavuzları, uluslararası standardizasyon örgütü ve GHG protokolü ışığında geliştirilen ve Türkçe literatüre kazandırılması amacı ile Aşama 1 ve Aşama 2'nin yanı sıra Aşama 3 kapsamına giren bazı hesaplama denklemleri aşağıda belirtilmiştir.

### 3.1. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 1 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim, 2015; Anonim 2016; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2/\text{yıl}} = \left( \left( \frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}} \times \text{İ\&DK}_{\%} \right) + \left( \frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}} \right) \right) \times 10^{-3} \quad (1)$$

Burada;  
E tCO<sub>2</sub> = Emisyon ton karbondioksit miktarını,

FV = Faaliyet Verisi (kWh/yıl) yıllık tüketilen toplam elektrik miktarını,

EF = Emisyon Faktörünü (kgCO<sub>2</sub>/kWh) (Türkiye için 0,4603 kgCO<sub>2</sub>/kWh olarak alınmış olup, detaylı bilgi TEİAŞ yıllık raporlarından elde edilmektedir)(Anonim, 2015; Anonim 2016).

İ&DK = İletim ve Dağıtım Kayıplarını (%13,3) (Türkiye için ortalama %13,3 olarak alınmış olup, detaylı bilgi TEİAŞ yıllık raporlarından elde edilmektedir) ( Anonim, 2015; Anonim, 2016).

10<sup>-3</sup> = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını göstermektedir.

### 3.2. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 2 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2} = \left( \left( \left( \frac{DOY_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}{\text{m}^3} \times \text{DK}_{\frac{\text{m}^3}{\text{yıl}}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left( \frac{EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}}}{\text{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{\text{TJ}} \times OF \right) \times 10^{-3} \quad (2)$$

Burada;  
 $E_{tCO_2}$  = Toplam doğalgaz emisyonunu,  
 $DOY_{kg/m^3}$  = Doğalgaz ortalama yoğunluğunu  
 (Doğal gazı  $m^3$  cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))  
 $DK_{m^3/yıl}$  = Yıllık doğalgaz kullanım miktarını  
 ( $m^3$  cinsinden yıllık),  
 $10^{-3}$  = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını  
 $EF_{kgCO_2/TJ}$  = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)  
 $YF_{TJ}$  = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)  
 $OF$  = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)  
 $10^{-3}$  = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

Doğalgaza bağlı karbon ayak izi hesaplanırken  $DK_{m^3/yıl}$  değeri “k” düzeltme faktörü uygulanmış değer dikkate alınır. Doğalgaz dağıtım şirketleri faturalarda gerçek tüketim değerini ölçtükten sonra aylık belirlenen “k” düzeltme faktörü ile çarparak düzeltilmiş tüketim değerini hesaplamaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta yıllık doğalgaz tüketim toplamı alınırken “k” düzeltmesi yapılmış değerler aylık olarak ayrı ayrı alınarak toplanır.

### 3.3. Benzin tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Benzin tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 3 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E_{tCO_2} = \left( \left( \left( \left( BOY_{\frac{kg}{m^3}} \times BK_{\frac{\ell}{yıl}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left( EF_{\frac{kgCO_2}{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (3)$$

Burada;  
 $E_{tCO_2}$  = Toplam benzin emisyonunu  
 $BOY_{kg/m^3}$  = Benzin ortalama yoğunluğu  
 (Benzini litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısını) (Anonim, 2018b)  
 $BK_{\ell/yıl}$  = Yıllık benzin kullanımı miktarını  
 (litre cinsinden yıllık)  
 $10^{-3}$  = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını  
 $EF_{kgCO_2/TJ}$  = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)  
 $YF_{TJ}$  = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

$OF$  = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)  
 $10^{-3}$  = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

### 3.4. Mazot tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Mazot tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 4 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E_{tCO_2} = \left( \left( \left( \left( MOY_{\frac{kg}{m^3}} \times MK_{\frac{\ell}{yıl}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left( EF_{\frac{kgCO_2}{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (4)$$

Burada;  
 $E_{tCO_2}$  = Toplam mazot emisyonunu,  
 $MOY_{kg/m^3}$  = Mazot ortalama yoğunluğunu  
 (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))  
 $MK_{\ell/yıl}$  = Yıllık mazot kullanım miktarını  
 (litre cinsinden yıllık)  
 $10^{-3}$  = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını  
 $EF_{kgCO_2/TJ}$  = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)  
 $YF_{TJ}$  = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

$OF$  = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)  
 $10^{-3}$  = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

### 3.5. Acil durum jeneratörleri ve su pompaları kullanımı kaynaklı emisyon hesaplamaları

Acil durum jeneratörleri ve su pompaları kullanımı kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 5 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_2 = \left( \left( \left( \left( \text{MOY}_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \times \text{MK}_{\frac{\ell}{\text{yıl}}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left( \text{EF}_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}} \times 10^{-3} \right) \times \text{YF}_{\text{TJ}} \times \text{OF} \right) \times 10^{-3} \right) \quad (5)$$

Burada;  
 $E \text{ tCO}_2$  = Toplam mazot emisyonunu  
 $\text{MOY}_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$  = Mazot ortalama yoğunluğunu (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))  
 $\text{MK}_{\frac{\ell}{\text{yıl}}}$  = Yıllık mazot kullanım miktarını (litre cinsinden yıllık)  
 $10^{-3}$  = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını  
 $\text{EF}_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}}$  = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)  
 $\text{YF}_{\text{TJ}}$  = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

$\text{OF}$  = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)  
 $10^{-3}$  = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

### 3.6. Yangın koruma sistemleri kaynaklı hfc-227ea (fm200 ticari isim) gazı emisyonu hesaplamaları

Yangın koruma sistemleri kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 6 da verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{THFC}_{\text{HFC-227ea}} \times 10^{-3}) \times \text{TS}_{\%} \times \text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}} \quad (6)$$

Burada;  
 $E \text{ tCO}_{2e}$  = Toplam HFC-227ea gazı emisyonu karbondioksit eşdeğerini  
 $\text{THFC}$  = Sistemde yüklü Toplam HFC-227ea gazını (kg) (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri) (Anonim, 2012)  
 $10^{-3}$  = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını  
 $\text{TS}_{\%}$  = Sisteme emisyonundan dolayı yapılan Toplam Şarj Miktarını (Sisteme yüklenen toplam HFC-227ea gazının % değerinden oranı – yıllık %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.) (Anonim, 2012)

$\text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}}$  = Küresel Isınma Potansiyelini göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü)

### 3.7.Klima, buzdolabı ve su sebilleri kaynaklı r410a karışım gazı emisyonu hesaplamalarında;

Klima, buzdolabı ve su sebilleri kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 7 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{T}_{\text{R410a}} \times 10^{-3}) \times \text{TS}_{\%} \times \left( \text{KIP}_{\frac{\text{tCO}_2}{\text{tR410a}}} \left( (0,5 \times \text{R} - 32) + (0,5 \times \text{R} - 125) \right) \right) \quad (7)$$

Burada;  
 $E \text{ tCO}_{2e}$  = Toplam R410a gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri  
 $\text{T}_{\text{R410a}}$  = Sistemde yüklü toplam R<sub>410a</sub> gazı kg cinsinden (Anonim, 2012; Anonim, 2013b)  
 $10^{-3}$  = kg'ı tona çevirme katsayısını  
 $\text{TS}_{\%}$  = Sisteme emisyonundan dolayı yapılan toplam şarj miktarı (Sisteme yüklenen toplam R<sub>410a</sub> gazının % değerinden oranı – yıllık %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.) (Anonim, 2012)  
 $\text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}}$  = Küresel ısınma potansiyeli (Sera Gazı Protokolü)

R-32 (HFC 32) = CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub> gazını (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri)  
R125 (HFC 125) = CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> gazını göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri)

### 3.8.Elektrik kontrol odası kaynaklı sera gazı emisyonu hesaplamaları

Elektrik kontrol odası kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 8 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{T}_{\text{SF}_6} \times 10^{-3}) \times \text{TS}_{\%} \times \text{KIP}_{\frac{\text{tCO}_2}{\text{tSF}_6}} \quad (8)$$

Burada;  
 $E tCO_{2e}$  = Toplam  $SF_6$  gazı emisyonu  
 Karbondioksit eşdeğeri  
 $T_{SF_6}$  = Sistemde yüklü Toplam  $SF_6$  gazı  
 kg cinsinden (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma  
 Potansiyel Değerleri) (Anonim, 2013b)  
 $10^{-3}$  = kg'ı tona çevirme katsayısını  
 $TŞ\%$  = Sisteme emisyonundan dolayı  
 yapılan Toplam Şarj Miktarı (Sisteme yüklenen  
 toplam  $SF_6$  gazının % değerinden oranı – yıllık  
 %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.)

$KIP_{tCO_2/tSF_6}$  = Küresel Isınma Potansiyelini  
 göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü, Küresel  
 Isınma Potansiyel Değerleri)

### 3.9. Toplu ulaşım kaynaklı emisyon hesaplamaları

Toplu Ulaşım Kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 9 ve 10 da verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left( \left( \left( \left( \frac{MOY_{kg}}{m^3} \times MK_{\ell}}{yil} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left( \frac{EF_{kgCO_2}}{TJ} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (9)$$

$$MK_{\ell/yil} = (YK_{yil} \times 0,25_{\ell}) / KS \quad (10)$$

(Toplu taşıma ve toplu seyahat araçlarından kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan ek formüldür.)

Burada;  
 $YK_{yil}$  = Yıllık yapılan km  
 $0,25_{\ell}$  = Otobüsün km'de yaktığı ortalama mazot. (litre cinsinden)  
 $KS$  = Kişi sayısını  
 $E tCO_2$  = Kişi başı toplam mazot emisyonunu  
 $MOY_{kg/m^3}$  = Mazot ortalama yoğunluğu (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı) (Anonim, 2018b)  
 $MK_{\ell/yil}$  = Mazot kullanımı litre cinsinden yıllık (Kişi başı)  
 $10^{-3}$  = kg'ı tona çevirme katsayısını

$EF_{kgCO_2/TJ}$  = Emisyon Faktörü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)  
 $YF_{TJ}$  = Yükseltgenme Faktörü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)  
 $OF$  = Oksidasyon Faktörü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)  
 $10^{-3}$  = Ton'u Gg'a çevirme katsayısı göstermektedir.

### 3.10. Uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamaları

Uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 11 ve 12 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left( (YT_{kg/LTO} \times EF_{LTOkg/CO_2}) + (SYT_{\ell} \times SEF_{kg/CO_2}) \times 10^{-6} \right) / KS \quad (11)$$

$$SYT_{\ell} = (YK \times BYT_{\ell}) / 100 \quad (12)$$

(Uçuşlardan kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan ek formüldür.)

Burada;  
 $E tCO_2$  = Kişi başı toplam jet yakıtı emisyonunu  
 $YT_{t/LTO}$  = Uçaklarda 914 metreye (3000 feet) kadar tırmanışta harcanan yakıt tüketimini  
 $EF_{LTOkg/CO_2}$  = Uçaklarda 914 metreye (3000 feet) kadar tırmanışta harcanan yakıt tüketimini ait emisyon faktörü (Uluslararası Sivil Havacılık Kurumundan alınan bilgilerdir)  
 $10^{-3}$  = kg'ı tona çevirme katsayısını  
 $SYT_{\ell}$  = Litre cinsinden seyir halindeki yakıt tüketimini  
 $YK$  = Yapılan kilometreyi  
 $BYT_{\ell}$  = Birim yakıt tüketimini (Uçaklarda 100 km mesafedeki yakıt tüketimi hesaplanır.)

$SEF_{kg/CO_2}$  = Seyir emisyon faktörünü  
 $KS$  = Koltuk sayısını göstermektedir.

Uçaklarda yakıt tüketimi koltuk sayısı gibi veriler değişkenlik gösterdiği için uçuş kaynaklı hesaplamalarda emisyon faktörü uçan uçak tipine göre belirlenmelidir. Mümkün olmadığı takdirde IPCC'nin belirlediği ortalama emisyon verileri kullanılmalıdır (Pekin, 2006).

Yukarıda belirtilen denklemler ışığında hipotetik olarak elektrik tüketiminden ve uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamalarına örnek verilecek olursa;

A kurumu yıllık 8.475.245 kWh elektrik tüketmiştir. TEİAŞ Türkiye için iletim ve dağıtım kayıpları olarak %13,3 olarak bildirmiştir. TEİAŞ emisyon faktörünü faaliyet raporlarında 0,4603  $kgCO_2/kWh$  olarak bildirmiştir.

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = \left( \left( \frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \times I\&DK\% \right) + \left( \frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \right) \right) \times 10^{-3} \quad (1)$$

yukarıda verilen veriler 1 nolu denklemde yerine konduğunda;

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = ((8.475.245_{\text{kWh/yıl}} \times 0,4603_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \times 0,133) + (8.475.245_{\text{kWh/yıl}} \times 0,4603_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}})) \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = (520.024,00 + 3.901.155,27) \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = 4.421.179,27 \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = 4.421,18 \text{ tCO}_2/\text{yıl} \text{ olarak belirlenir.}$$

Görüleceği üzere bir kurum yıllık 8.475.245 kWh elektrik tükettiğinde, 4.421,18 tCO<sub>2</sub>/yıl karbon emisyonuna sebep olmaktadır. Bu kurum elektrik tüketimini yukarıda belirtilen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikle gerçekleştirmiş veya tasarruf önlemleri almış olsaydı, gerçekleştirdiği emisyon azaltma faaliyet oranı kadar karbon emisyonunu azaltacaktır.

Diğer bir örnekte de; A kişisi İstanbul'dan Londra'ya uçakla seyahat etmek istemektedir. Uçuş için Airbus firmasının ürettiği A320 tipi uçak

kullanılmıştır. Buna göre öncelikle A320 tipi uçağın teknik bilgileri ilgili firmadan ve hesaplama verileri IPCC kılavuzlarında alınır.

Airbus A320;

180 koltukludur.

İstanbul – Londra arası 3046 km'dir.

A320 tipi uçak, 100 km de 424 litre jet yakıtı tüketmektedir.

IPCC kılavuzuna göre LTO (Landing and Take Off Cycle – İniş ve Kalkış Döngüsü) yakıt tüketimi 770 kg/LTO dur.

IPCC kılavuzuna göre A320 tipi uçak emisyon faktörü 2440 LTOkg/CO<sub>2</sub> dir.

IPCC kılavuzuna göre seyir emisyon faktörü 3150<sub>kg/CO<sub>2</sub></sub> tir.

$$E \text{ tCO}_2(\text{kişi}) = \left( \left( \frac{YT_{\text{kg}}}{\text{LTO}} \times EF_{\text{LTOkg}} \right) + \left( \frac{SYT_{\ell}}{\text{CO}_2} \times SEF_{\text{kg}} \right) \right) \times 10^{-6} / KS \quad (11)$$

$$SYT_{\ell} = (YK \times BYT_{\ell}) / 100 \quad (12)$$

yukarıda verilen veriler 11 ve 12 nolu denklemlerde yerine konduğunda;

$$SYT_{\ell} = (3046_{\text{km}} \times 424_{\ell}) / 100$$

$$SYT_{\ell} = 12.915_{\ell}$$

$$E \text{ tCO}_2(\text{kişi}) = \left( \left( \frac{770_{\text{kg/LTO}} \times 2440_{\text{LTOkg/CO}_2}}{\text{CO}_2} \right) + \left( \frac{12.915_{\ell} \times 3150_{\text{kg/CO}_2}}{\text{CO}_2} \right) \right) \times 10^{-6} / 180$$

$$E_{\text{tCO}_2}(\text{kişi}) = \left( \frac{1.878.800 + 40.682.250}{180} \right) \times 10^{-6}$$

$$E_{\text{tCO}_2}(\text{kişi}) = \frac{42.561.050 \times 10^{-6}}{180}$$

$$E_{\text{tCO}_2}(\text{kişi}) = 42,561_{\text{tCO}_2} / 180$$

$$E_{\text{tCO}_2}(\text{kişi}) = 0,24_{\text{tCO}_2}(\text{kişi}) \text{ olarak bulunur.}$$

#### 4. Tartışma ve sonuç

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (UNFCCC, 1992) iklim değişikliğine etki eden insan faktörü; “*Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişiklik.*” olarak tanımlanmıştır.

İklim değişikliğindeki doğal dengelyi sanayileşme ile birlikte bozan insanlığın, gerçekleştirdiği faaliyetlere daha fazla gelişmişliği ve refahı yakalamak adına kurumsallaşarak devam etmesi, yeryüzü yaşamını tehdit edecek seviyede küresel ısınmaya sebebiyet vermiştir.

Kurumsallaşan sanayileşmenin küresel ısınmaya olan etkisini azaltmak için kurumların gerekli tedbirleri almaları gerekmektedir. Alınması gereken tedbirlerin belirlenebilmesi için kurumlar gerçekleştirdikleri emisyonları karbon ayak izi hesaplama yöntemleri ile belirlemeleri gerekmektedir.

Karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen Kyoto protokolüne taraf ülkeler kurumların emisyon azaltımlarına öncelik vermişlerdir (Bekiroğlu, 2011).

Karbon ayak izi hesaplamalarında kurumun faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi, gerekli enerjinin tedariki esnasında açığa çıkan karbon emisyonlarının hesaplanması için GHG protokolünde belirtilen gruplandırmalarda kapsam 1 ve 2 gruplarında veri toplama mevcut şartlarda kolay olurken kapsam 3 grubunda gerekli alt yapının henüz mevcut olmaması nedeniyle hesaplamalar çok güç olmaktadır. Kapsam 3 grubunda hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için veri toplama sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Adanalı, 2014).

Kaplan (2011), kurumsal karbon salımının azaltılabilmesi için gerekli karbon yönetim sisteminin oluşturulmasında prensip olarak “*ölçülen kontrol edilir*” yaklaşımına göre gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Karbon yönetim sistemleri oluşturulduktan sonra kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları daha kolay olacaktır.



Mevcut mevzuatta sera gazı emisyonu yüksek kuruluşlarda, karbon ayak izi raporlamaları zorunlu olsa da, diğer kuruluşlarda gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bu durum karbon ayak izi hesaplamalarında Kapsam 3 verilerinin yeterli düzeyde elde edilememesine sebep olmaktadır. Ulusal ve global düzeyde küresel ısınmaya dikkat çekildiğinde gönüllülük esasına dayalı hesaplama yapan kuruluşlarda hesaplamalarını gerçekleştirecektir. Böylelikle %100'e yakın doğru, şeffaf ve kolay kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları yapılabilecektir.

Karbon ayak izini hesaplamış bir kurumun emisyon değerini düşürebilmek için çeşitli önlemler alması gerekmektedir. Tatar (2012), küresel ısınmada kurumsal etkinin azaltılması için bilindik tasarruf tedbirlerinin uygulanması karbon ayak izinin azaltılmasında alınması gereken öncelikli tedbir olduğunu belirtmiştir.

İş yerine ulaşımında bireysel araç kullanımı yerine toplu taşıma kullanımı, ulaşım kaleminin sebep olduğu emisyonu ciddi oranda düşürecektir. Bunun yanında aktif olarak kullanılan elektrikli ve elektronik cihazların kapalı tutulması, devamlı kullanımda olmayan elektrik tüketimlerinde sistemin sensörlü ya da otomatik mekanizmalarla desteklenmesi elektriğe bağlı karbon emisyonunda da gerekli tasarrufu sağlayacaktır. Elektrik ihtiyacını karşılaması amacı ile güneş enerjisi panelleri, rüzgâr enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin kurularak elektrik enerjisi sistemine entegre edilmesi elektriğe bağlı karbon emisyonunu azaltacaktır.

Binaların dış cephe yalıtımının yapılması ısı kaynaklı emisyonu azaltacağı gibi bina havalandırmalarının da özellikle kış aylarında kalorifer sistemi üzerinden sağlanması bina içerisindeki ani ısı düşüşlerini önleyecek ve gereksiz karbon emisyonuna sebep olmayacaktır.

Kullanım amaçlı sıcak su ihtiyaçlarını da güneş panelleri yardımı ile ısıtarak hizmete sunulması, kullanım suyunun ısıtılması için gerekli enerji ihtiyacını büyük oranda ortadan kaldıracığından karbon emisyonu açısından büyük tasarruf sağlayacaktır.

Ulaşımında fosil yakıt tüketen araçlar yerine daha çevreci hibrid ya da elektrikli sistemle çalışan araçların kullanılması, mümkün olduğunca yüksek oranda toplu taşıma araçlarıyla seyahat, araç kullanımına bağlı karbon emisyonunu azaltacaktır.

Aydınlatma, ısınma, ulaşım ve diğer mekanik ve elektronik cihaz ve sistemlerin zamanında bakımlarının yaptırılması da sera gazı emisyonunun artmasında önleyici olacaktır.

Belirtilen bütün öneriler karbon emisyonunun azaltılmasının gerçekleştirilmesi yönünde yapılması

gereken aktivitelerdir. Bahsedilen önlemler sera gazı emisyonunu belirli oranda azaltsa da yeterli olmayabilir. Bu durumda alternatif önlemler almak gereklidir.

Alternatif önlemler de karbon yutakları kurmak, karbonu ihraç etmek ya da son zamanlarda gündeme hızla yerleşen karbonu karbon rezervuarlarına hapsedmek şeklinde ortaya çıkmaktadır. Burada seçim yapmak oldukça güçtür.

Metz et al. (2005), karbonu karbon rezervuarına hapsedmeyi, diğer adı ile karbondioksit tutum ve depolaması işlemini karbondioksitin meydana geldiği kaynaklardan alınarak belirlenen saklama bölgesine nakli ve depolanmasının gerçekleştirildiği bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Ancak Metz et al. (2005), bu yöntemin etkilerinin yeterince araştırılmadığından bahsetmektedir.

Karbonu karbon rezervuarlarına hapsedmek ileride daha büyük bir çevre kirliliği sorununa sebep olur mu? sorusunu beraberinde getirmektedir. İleriye dönük bir öngörünün tam ve doğru bir şekilde netleştirilememesi bu öneriye şüphe ile yaklaşılmasına sebep olsa da dünyada bu önlemi uygulayan kurum ve ülkeler mevcuttur.

Kyoto protokolünün 17. maddesinde "*EK-B'de yer alan taraflar, 3. maddedeki taahhütlerini yerine getirmek amacıyla satın ticaretine katılabilirler.*" hükmü ile karbon ticaretinin önünü açmıştır (Anonim 1998b). Protokole taraf ülkeler taahhüt ettikleri hedefe ulaşamadıklarında maddi cezalara maruz kaldıkları gibi itibar kayıplarına da uğramaktadırlar (Bekiroğlu 2011). Taraf ülkeler, bu duruma düşmemek için ilgili madde hükmüne göre karbon azaltım kredisi olarak kotalarını artırmakta ya da taahhütlerini yerine getirmeye çalışmaktadırlar (Bekiroğlu 2011).

Karbon ticareti ilk bakışta karbon emisyonunu azaltmada etkin bir yöntem olarak gözükse de global olarak bakıldığında öyle olmadığı düşünülmektedir. Sonuç itibarıyla Kyoto protokolüne göre bir kurumun ya da ülkenin kendisine belirtilen limitten fazla emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımını başka kurumun ya da ülkenin limitinin altında kalan kısmını satın almaya dayalı bir önlemdir (Çiçek ve Çiçek, 2012; Narin, 2013; Çıtak, 2016). Dünya ölçeğinde bu önlem karbon emisyonunu azaltmaktan çok mevcut durumu stabil hale getirmektedir. Ayrıca kurumların karşısına maddi bir külfet olarak çıkmaktadır.

UNFCCC (1992) karbon yutağını, "*bir sera gazını, bir aerosolü veya bir sera gazının oluşumunda rolü bulunan bir öncü maddeyi atmosferden uzaklaştıran herhangi bir işlem, faaliyet veya mekanizma anlamına gelir.*" olarak tanımlamaktadır. Yer kürede iki önemli yutak alanı mevcuttur, bunlar karasak alanlar ve okyanuslardır

(Karakuş 2010). İnsanın direk etki edebildiği yutaklar ise ormanlardır. Yapılan ağaçlandırma çalışmalarıyla yeni karbon yutakları kurulmaktadır.

Karbon yutaklarının kurulması ve mevcut yutakların korunması her ne kadar kurumlara karbon ticareti kadar maddi yük getirirse de global düzeyde sera gazı emisyonunu azaltacağından tercih edilmesi gereken bir önlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, karbon ticareti her yıl gerçekleşmesi gereken bir önlem iken, karbon yutağı kurmak uzun vadeli bir önlemdir. Karbon yutağı kurulduktan sonra sadece koruyucu önlemler alınması yeterli olacaktır. Karbon yutakları içerisinde en popüler olanı ormanlardır. Çepel (2003), iyi gelişmiş 100 yaşındaki bir kayın ağacının 1200 metre küp karbondioksidi absorbe ederek 6 ton karbon olarak bağladığını belirtmiştir.

İklim Değişikliğinin istenmeyen etkilerinin azaltılması hatta Kyoto Protokolünde belirtilen 1990 yılı değerlerinin %5 altına çekilebilmesi için, karbon emisyonu minimum seviyede olan elektrikli araçlar, güneş enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi yönünde önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bahsedilen önlemler mevcut sera gazı emisyonunu azaltmak için gerçekleştirilmektedir. En kalıcı önlem karbon salımının minimum seviyede olduğu teknolojilerinin geliştirilmesi ve insan hayatına entegre edilmesidir.

## Kaynaklar

Adanalı, K., 2014. Karbon Yönetimi Yaklaşımı ve Örnek Uygulamalar. 7. Uluslar arası Ankiros Döküm Kongresi. İstanbul

Albayrak, B., Çok D., Barça G., Özdemir S. O., 2014. Karbon Ayak İzi. Doğu Üniversitesi İşletme ve Toplum Dersi Sunumu EM356. İstanbul

Anonim, 1998a. The Terrestrial Carbon Cycle: Implications for the Kyoto Protocol by IGBP Terrestrial Carbon Working Group, *Science* 29 MAY 1998: 1393-1394

Anonim, 1998b. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü. Ek A. Birleşmiş Milletler. 1998

Anonim, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Erişim 31.03.2018

Anonim, 2011a. Karbon Yönetimi Standartları 7. Geri Dönüşüm, Çevre Teknolojileri ve Atık Yönetimi Uluslararası Fuarı. Tüyap Fuar ve Kongre Merkezi. 10 Haziran 2011. İstanbul.

Anonim, 2011b. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, ISBN 978 0 580 71382 8, London

Anonim, 2012. Soğutucu alışkanlıkları. Frigo Teknik Soğutma Sistemleri Teknik Bilgiler. 2012. Gebze Kocaeli.

Anonim, 2013a. Antalya Büyük Şehir Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı. 2013. Antalya

Anonim, 2013b. International Organization for Standardization <https://www.iso.org/search.html?q=14064>. Erişim 25.03.2018

Anonim, 2015. <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015> Erişim 14.10.2018

Anonim, 2016. <https://www.teias.gov.tr/tr/x-uluslararası-istatistikler-ve-yil-ortasi-doviz-kurlari-0> Erişim 27.10.2018

Anonim, 2017a. Kurumsal Karbon Ayak İzi Envanteri ve Analizi. Gebze Belediye Başkanlığı 2017. Gebze

Anonim, 2017b. What is GHG Protocol? <http://www.ghgprotocol.org/about-us>. Erişim 25.03.2018

Anonim, 2018a. PAS 2060 Karbon Nötraliyeti. <https://www.bsigroup.com/tr-TR/PAS-2060-Karbon-Notralitesi/> Erişim 25.03.2018

Anonim, 2018b. Enerji Kaynaklarının Alt Isıl Değerleri ve Petrol Eşdeğerine Çevrim Katsayıları. [http://www.yegm.gov.tr/duyurular\\_haberler/document/SENVVER\\_15\\_Usul\\_ve\\_Esaslar\\_Ek2.pdf](http://www.yegm.gov.tr/duyurular_haberler/document/SENVVER_15_Usul_ve_Esaslar_Ek2.pdf) Erişim 18.06.2018

Bekiroğlu, O., 2011. Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. II. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi. 24 – 27/11/2011 İzmir

Çepel, N., 2003. Doğal Bitki Örtüsünün Tahribi, Ekolojik Sonuçları ve Koruma Çareleri. Ekolojik sorunlar ve çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları. ss.53-73. 2003 Ankara

Çiçek, H.G., Çiçek, S., 2012. Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:47. (Ekim 2012). ss.95-119

Çıtak, O. S., 2016. Karbon Ayak İzinin Ne Kadarı Finansal Piyasalarda: Karbon Piyasalarının Performansı ve Karbon Merkez Bankasının Kurulması. Maliye Finans Yazıları, 2016-(105), 31-46

Hua, G., Chenga, T.C.E., Wang, S., 2011. Managing carbon footprints in inventory management. *International Journal of Production Economics*. Volume 132, Issue 2, August 2011, Pages 178-185.

Kaplan, İ. 2011. Karbon Yönetim Sistemi ve ISO 14064. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi. 23-24 Aralık 2011. İzmir

Karakuş, N., 2010. Yutak Alanlarının İklim Değişikliği Üzerine Etkilerinin Türkiye Örneğinde Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 2010. Adana

Metz, B., Davidson, O., Coninck, H., Loos, M., Meyer, L., 2005. Karbon Dioksit Tutum ve Depolaması. IPCC Özel Raporu. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli III. Çalışma Grubuna ait rapor. 2005. New York. ABD

Narin, M., 2013. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizması: Emisyon Ticareti. *International Conference on Eurasian Economies* 2013.

Özmen, T., 2009. Sera Gazı, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*. Sayı, 453. Sayfa 42-46. Ocak – Şubat 2009 Ankara

Özer B., 2012. Türkiye Elektrik Sektöründe CO<sub>2</sub> Emisyonu Azaltma Potansiyeli Üzerine Senaryo Analizleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Programı. Doktora Tezi. Nisan 2012. İstanbul

Pekin, M. A., 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Otomotiv Programı. Yüksek Lisans Tezi. Haziran 2006. İstanbul

Sreng, R., 2016. Otomotiv Endüstrisinde Karbon ayak izi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Bölümü Programı. Yüksek Lisans Tezi. Ağustos 2016. Sakarya

Tatar, O. 2012. Karbon Ayak İzi ve Uluslararası Karbon Ticareti. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara

UNFCCC, 1992. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Rio de Janeiro, Brezilya