



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 19.01.2020  
Kabul Tarihi : 20.02.2020

Received Date : 19.01.2020  
Accepted Date : 20.02.2020

### DİYARBAKIR İLİNDE FARKLI SEKTÖRLERDEN KAYNAKLANAN KARBONDİOKSİT SALINIMININ HESAPLANMASI

### CALCULATION OF CARBON DIOXIDE RELEASE FROM DIFFERENT SECTORS IN DIYARBAKIR PROVINCE

Gülşad USLU ŞENEL\*<sup>1</sup>(ORCID: 0000-0002-5304-9436)

Teknur ATABEY<sup>2</sup>(ORCID: 0000-0002-24104-4071)

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi Mühendislik Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü, 23100 Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup> Çevre Yüksek Mühendisi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: *Gülşad USLU ŞENEL*, [guslu@firat.edu.tr](mailto:guslu@firat.edu.tr)

#### ÖZET

İklim değişikliği, dünya var olduğundan bugüne kadar yaşanan doğal bir süreç olarak kendini göstermektedir. Ancak sanayi devrimiyle birlikte insan faaliyetlerinin de iklimi değiştiren önemli faktörlerin basında gelmesi, durumun doğal bir süreç olarak değil, büyük bir çevre felaketi haline dönüşmesine neden olmuştur.

Bu çalışmada, küresel ısınmanın bir sonucu olan iklim değişikliği sorunun ne olduğu ve Diyarbakır' da ki olası etkilerinin neler olabileceği incelenmiştir. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş ve Tier yaklaşımlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılmıştır. İnsan faaliyetleri sonucunda açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO<sub>2</sub> gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO<sub>2</sub> gazlarının analizi üzerinde durulmuştur. Hesaplamalar sonucunda yakıt tüketimlerinin artması sonucunda CO<sub>2</sub> emisyonlarının hızla arttığı gözlemlenmiştir. Antropojenik sera gazı üretiminde önemli bir pay ulaştırma sektörüne aittir. Ulaştırma sektöründeki alt gruplar içinde en büyük emisyon kaynağının karayolu olduğu bilinmektedir. Karayolu emisyonlarının toplam içinde oran olarak azalmasında havayolu ulaşımının kullanımındaki artış etken olmuştur. Ancak karayolu ulaşımından kaynaklanan emisyon miktarı sürekli artış göstermeye devam etmektedir.

Elde edilen bulgular ışığında, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması, toplu taşıma araçlarının kullanımının artması, karayolu dışında alternatif ulaşım gruplarının kullanılması, trafik akımının düzenlenmesi, yakıt tüketimlerine göre vergilendirmeye gidilmesi ve araç performanslarının iyileştirilmesini sağlayacak yasal düzenlemeler getirilmesi ile özellikle karayolu kaynaklı emisyonlarda belirgin bir iyileşme sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** : İklim değişikliği, sera gazı, karbon salınımı.

#### ABSTRACT

Climate change has shown itself as natural process lived since the world was formed. But with the industry revolution, human activities are the head of the important factors which change climate. So this situation caused changing from natural process to a huge environment calamity.

In this study, what the climate change problem is and what the possible effects are in Diyarbakır are examined. Greenhouse gas emissions are calculated by using the methodologies explained as Tier approaches which are recommended by the IPCC. Due to the fact that the great amount of greenhouse gases as a result of human activities is CO<sub>2</sub> emissions, this study focuses on the analysis of the CO<sub>2</sub> emissions. As a result of the calculations, it is observed that the amount of CO<sub>2</sub> emissions has increased rapidly due to the increase in total fuel consumption. Transportation sector has significant effects on anthropogenic production of greenhouse gases. It is known that the road transport is the main source of greenhouse gases. As a result of increased use of air transportation, the rate of emissions produce by road transport has decreased. However, the amount of greenhouse gases produced by road transportation continues to rise.

According to the data obtained, some solutions can be suggested, low fuel consumption, using the alternative energy resources, increasing the use of public transportation systems, creating new transportation options alternative to road transport, regulating the traffic, adapting supplementary taxation system for high fuel consumption, approval of legal arrangement for optimizing the vehicle performance.

**Keywords:** Climate change, greenhouse gases, carbon emissions

## GİRİŞ

Kontrolsüz bir şekilde artan dünya nüfusu ve her geçen gün gelişerek büyüyen sanayileşme faaliyetleri, dünya atmosferine salınan gaz miktarının artmasına sebep olmaktadır. Dünyanın İklim Sistemi, eksen eğikliği gibi dünyanın kendi iç dinamikleri ve dış faktörlerin etkisi sonucu oluşmaktadır. Volkanik faaliyetler, okyanus akıntıları, güneş ışınları gibi doğal dış faktörlerin yanı sıra insan faaliyetlerinin atmosferin bileşimi üzerindeki etkileri de dış faktörleri oluşturur. İklim sistemi, yerkürenin yaklaşık 4.5 milyar yıllık jeolojik tarihi boyunca, milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde değişme eğilimi göstermiştir. Son yapılan çalışmalara göre, atmosferdeki CO<sub>2</sub> birikimi yaklaşık 280±10 ppm dolaylarında değişen bir dalgalanma göstermiştir (Kılıç vd., 2004).

19. yüzyılın ortalarından (sanayi devriminden) itibaren, iklimdeki doğal değişikliklere ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. Özellikle fosil yakıtların yakılması, arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri gibi insan etkinlikleri sonucunda, atmosferdeki sera gazı birikimleri hızla artış göstermiştir. Sonuç olarak küresel ortalama hava sıcaklıklarının geçen yüzyılda 0.4 ile 0.8 °C arasında arttığı bilinmektedir. Bu ısınma, geçen 1000 yılın herhangi bir dönemindeki artıştan daha büyük ve dikkat çekicidir. Can ve Baygüven (2004) Küresel iklimde gözlenen ısınmanın yanı sıra, en gelişmiş iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 1990-2100 döneminde 1.4 ile 5.8 °C arasında bir artış olacağını öngörmektedir. Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak hidrolojik döngünün değişmesi, kara ve deniz buzullarının erimesi, kar ve buz örtüsünün alansal daralması, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve yüksek sıcaklıklara bağlı salgın hastalıkların artması gibi dünya ölçeğinde sosyoekonomik sektörleri, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir.

Buradan çıkışla, en büyük küresel sorunlardan biri olarak karşımıza çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliği, çözüm arayışları ile birlikte acil önlemler almayı gerektirmektedir. Ülkemiz, küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının azaltılması konusunda, sorumlulukların ülkelere adil ve hakkaniyet ilkeleri çerçevesinde dağıtılması ve bu küresel problemle mücadelede ülkelerin kendi imkânları ölçüsünde üzerine düşen görevleri yerine getirmesi gerektiğine inanmaktadır. İklim değişikliğinin; kuraklık, kıtlık, göç gibi etkileri de dikkate alındığında bu son derece önemli çevre sorununun; ekonomik ve uluslar arası işbirliğini gerektiren önemli bir sorun olduğu görülmektedir. İklim değişikliği 21. yy'ın baskın sosyoekonomik politika konularından biri haline gelmiştir. Bu nedenle atmosferdeki sera gazı birikimini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek düzeyde durdurmayı amaçlayan ve bu amaca yönelik olarak bazı hedefler belirleyerek bu hedeflere ulaşmak için izlenecek stratejileri gösteren çeşitli yaklaşımlar, küresel işbirliği çerçevesinde geliştirilmiştir. 1992 Rio Zirvesi'yle başlayan ve 1992 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve 1997 Kyoto Protokolü ile devam eden süreçte, sorunun çözümüne yönelik önemli adımlar atılmıştır. Özellikle Birleşmiş Milletler, Avrupa Birliği gibi oluşumların "Doğal kaynakların gelecek kuşakların yaşam hakkını tehlikeye sokmadan, bugünden rasyonel yönetimini sağlayarak kalkınma" anlayışını benimseyerek "sürdürülebilir üretim ve tüketim" çerçevesinde politikalarını şekillendirmeleri atılan adımların temelini oluşturmuştur. İklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, yapılacak çalışmaların daha verimli olabilmesi, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon ve görev dağılımının sağlanması ve bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi amacıyla 2001/2 sayılı Genelge ile oluşturulmuş ve 2004/13 sayılı Genelge ve 2010/18 sayılı Genelge ile yeniden düzenlenmiş olan İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu, 2012/2 sayılı Genelge ile Çevre ve Şehircilik Bakanı'nın Başkanlığında, Bilim, Sanayi ve Teknoloji, Dışişleri, Ekonomi, Enerji ve Tabii Kaynaklar, Gıda, Tarım ve Hayvancılık, Kalkınma, Maliye, Orman ve Su İşleri, Sağlık ve Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlıklarının Müsteşarları, Hazine Müsteşarı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) Başkanı ile Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) Genel Sekreterinin katılımıyla yeniden yapılandırılmıştır. Ülkemiz, 24 Mayıs 2004 tarihi itibarıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine 189. taraf olarak katılmıştır. Bu çerçevede ihtiyaç duyulan çalışmaların

yapılabilmesi amacıyla alt çalışma grupları oluşturulmuştur. Bu çalışma gruplarından biri de Sera Gazları Emisyon Envanteri Çalışma Grubu'dur. Bu çalışma grubunun koordinatör kurumu Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı (TÜİK) olup üyeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Üretim A.Ş., üniversiteler ve ilgili özel kurum/kuruluşlardır. 18 Mayıs 2004 tarihinde Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE /TÜİK) Başkanlığınca gerçekleştirilen toplantı ile, emisyon hesaplamalarında IPCC 1996 rehberinde önerilen metodolojinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır. Türkiye, 2009 yılında da Kyoto Protokolü'ne de taraf olmuştur. Sözleşmenin Ek-1 ülkesi olarak Türkiye, Montreal Protokolü ile kontrol edilemeyen seragazi emisyonları ile yutaklarını Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) metodolojisi ile hazırlayıp, ulusal seragazi emisyon envanterini BMİDÇS Sekreteryası'na göndermekle yükümlüdür. Türkiye'nin, 1990-2004 yılları için hazırlanan ilk Ulusal Sera gazı Emisyon Envanteri Raporu ve Genel Raporlama Formatı (CRF) tabloları 2006 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Sekreteryası'na gönderilmiştir. Bu çalışmadaki amaç, İnsan hayatı, canlı çeşitliliği ve ekolojik sistem için vazgeçilmez niteliği olması sebebiyle temiz havanın kullanılmasında ve korunmasında birinci önceliğe ve öneme haiz olan; hava kirliliğini artıran etmenleri ortaya koyan genel bir çatı sunmak, Küresel ısınmaya önemli oranda etkisi olan fosil yakıtların tüketimi sonucu, ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının içinde yapılan araştırmada, en büyük paya sahip olan CO<sub>2</sub> üzerinde özellikle durularak, karbon salınımının Diyarbakır İline ait kaynaklarının tespiti; miktar ve değerlerinin belirlenmesi ile karbon ayak izlerinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplamalarda IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından önerilen metotlar kullanılmıştır. Bu kapsamda IPCC Tier 1 metoduyla ve daha detaylı hesaplamaya imkân tanıyan Tier 2 metodu ile hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca çevre yönetimi konularında ISO14001 ve Karbon Ayak İzi hesaplamalarında ise ISO 9001:2008 sertifikalı Kalite Yönetim Sistemi olan Carbon Footprint Ltd. şirketine ait online hesap makinesi bazı birincil ve ikincil Karbon ayak izi hesaplarında kullanılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, nüfus ve gelişmişlik açısından Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en büyük şehirlerinden biri olan Diyarbakır İlinin ulaşım, barınma, enerji, atıklar ve diğer etkenler dolayısıyla meydana gelen karbon dioksit gazı emisyonlarının saptanması ve Diyarbakır İlinin karbon ayak izinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Karbon ayak izinin belirlenmesi için ildeki trafikte bulunan araçların sayısı ve kayıtlı araçların yakıt durumu, Diyarbakır İlinin 2011-2013 yıllarında aylara bağlı olarak hava kirliliği verileri gibi veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada, karbon ayak izi hesaplamalarında Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır (IPCC, 2006) ve IPCC klavuzunda belirtilen 3 ayrı hesap yöntemi ongormektedir. **Tier 1 yönteminde** Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre yakıt miktarı ve sadece varsayılan emisyon faktörleri ile yapılan hesaplamalar, **Tier 2 yönteminde** Ulusal enerji istatistiklerinden yakılan yakıt türüne göre yakıt miktarı, yakıt karakteristiğine bağlı olarak belirlenmiş ülkeye veya belirli bölgelere göre belirlenen özel emisyon faktörleri, yakma teknolojileri bilgilerini kullanarak yapılan hesaplamalar, **Tier 3 Yönteminde ise** Yakıt istatistikleri ve yakma teknolojisine göre belirlenmiş teknolojiye bağlı emisyon faktörleri, daha fazla detaylı verilerin olduğu yakma tesislerinin ısı güçleri, beslenme tipi vb bilgilerin kullanılarak yapılan hesaplamalardır. Tier 3 yönteminin daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyması ve istenilen dokümanlara ulaşamaması nedeniyle bu çalışmada sadece Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımı kullanılmıştır (IPCC, 2006).

## SONUÇLAR

Diyarbakır İli üç yıllık emisyon envanteri çalışmasında, verilerin elde edilebilmesi kaydıyla, 2010-2012 yılları arasında hesaplamalar yapılmıştır. Burada belirleyici olan faktör, temel verilerin resmi makamlardan alınabilmesidir.

### *CO<sub>2</sub> Emisyonu Hesaplanması*

Tier 1 metodu ile emisyon hesaplamalarında İlk aşamada Diyarbakır' ın tüm ulaştırma sektörlerindeki yakıt tüketim değerleri belirlenmektedir. Burada yakıt tüketim değerleri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan alınan dokümanlardan elde edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Diyarbakır İli 2010-2012 Yılları Arasında Her Sektörün Yakıt Kullanımı (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

| YIL  | KARAYOLU (L) |           |          | HAVAYOLU (L) |        |
|------|--------------|-----------|----------|--------------|--------|
|      | Benzin       | Motorin   | LPG      | Jet Yakıtı   | Benzin |
| 2012 | 8823582      | 130613999 | 44434768 | 18948750     | 0      |
| 2011 | 10024709     | 121021831 | 38550377 | 23256938     | 0      |
| 2010 | 10401628     | 112358617 | 36133952 | 19276356     | 0      |

Yakıt tiplerine göre tüketim değerleri (ton biriminde) her sektör için belirlendikten sonra, uygun olan dönüşüm faktörü ile çarpılmıştır. Böylece tüketilen yakıtın enerji içeriğine veya enerji tüketimi birimine (TJ) geçilmiş olur.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (1)$$

Bir sonraki adımda karbon emisyon faktörleri yardımıyla, tüketilen yakıtın karbon içeriği bulunur. Burada uygun olan karbon emisyon faktörleri seçilip (TJ enerji birimi başına ton karbon içeriği), Denklem 1'de bulunan enerji tüketimi değeri ile çarpılıp, yakıtın karbon içeriği bulunur. Ardından bu değer  $10^{-3}$  ile çarpılarak IPCC tarafından kullanılan Gg (gigagram) birimine geçilir.

$$\text{Karbon İçeriği [t C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [t C/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \quad (2)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [t C]} \times 10^{-3} \quad (3)$$

Dördüncü adımda, oksitlenen karbon yüzdesi (oksitlenme oranı) değerleri yardımıyla, ne kadar karbonun yanma sırasında oksidasyona uğradığı hesaplanır. Petrol ürünlerinde, sıvı yakıtlar 0,99 gaz yakıtlarda ise 0,995 oranında oksitlenmektedir (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı} \quad (4)$$

Son olarak CO<sub>2</sub> emisyonunu bulmak için, CO<sub>2</sub> ve karbonun mol ağırlıklarının oranından yararlanılır. CO<sub>2</sub>'in mol ağırlığı 44, karbonun mol ağırlığı 12 olduğu için, Denklem 4 ile bulunan karbon emisyonu değeri 44/12 oranı ile çarpılarak gerçek CO<sub>2</sub> emisyonu değeri elde edilir.

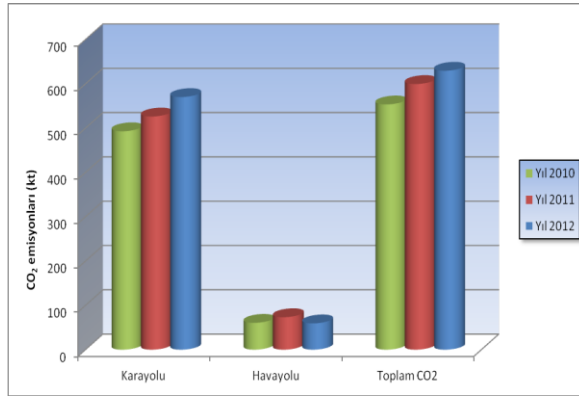
$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg CO}_2] = \text{Karbon Emisyonu [Gg C]} \times (44/12) \quad (5)$$

Bu şekilde yapılan hesap ile 2012 yılında, karayollarında tüketilen 8.823.582 lt benzin, 27,12 Gg CO<sub>2</sub> emisyonu vermektedir. Bu da 0,27 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonuna eşittir.

### ***Diyarbakır' da Farklı Sektörlerden Kaynaklanan Emisyonların Değişimlerinin İncelenmesi***

Diyarbakır İli' nde ulaşırmadan kaynaklanan CO<sub>2</sub> salınımı her geçen yıl artmaktadır. Şekil 1 Havayolu Ulaşımında satılan jet yakıtı göre yapılmıştır. Yakıt miktarının 2012 yılında azalmasının sebebi alanın belli bir süre kapatılarak bakıma alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

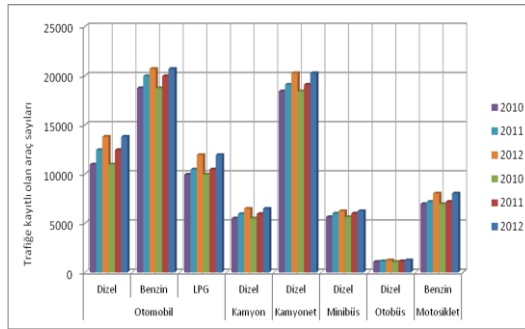
Diyarbakır İli'nde . Ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları (kt) Şekil 1'de, trafiğe kayıtlı olan araç sayıları Şekil 2'de, Karayollarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının araç gruplarına göre dağılımı (kt) ise Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 2 ve Tablo 2'den de görüldüğü gibi ilde otomobil türü araçlarda benzin ve dizel kullanımının azaldığı LPG kullanımının ise arttığı görülmektedir. Azalan dizel ve benzin yakıtıyla doğru orantılı olarak bu yakıt tipli araçlarda CO<sub>2</sub> salınımının da azaldığı görülmektedir. Benzinli otomobillerden, dizel otomobillerden, LPG'li otomobillerden kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı, dizel kamyon kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı, dizel kamyonet kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı, dizel minibüs kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı, dizel otobüs kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı ve benzinli motosiklet kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı Şekil 3'te verilmiştir. Özellikle Diyarbakır İli'nde kamyon, otobüs ve kamyonetlerin CO<sub>2</sub> salınımından büyük oranda sorumlu olduğu söylenebilir. Benzilli otomobillerin yakıt tüketim değerlerinin iyileşmesiyle birlikte, açığa çıkardıkları CO<sub>2</sub> emisyonlarında azalma görülmektedir. Ayrıca bu otomobillerin daha az yakıt tüketme eğilimleri ve kullanıcıları tarafından daha az kullanılarak gittikleri mesafelerin kısalmış olması, açığa çıkardıkları CO<sub>2</sub> emisyonları benzinli otomobil sayısına oranlanırsa, bu emisyonların değerinin azaldığı görülmektedir.



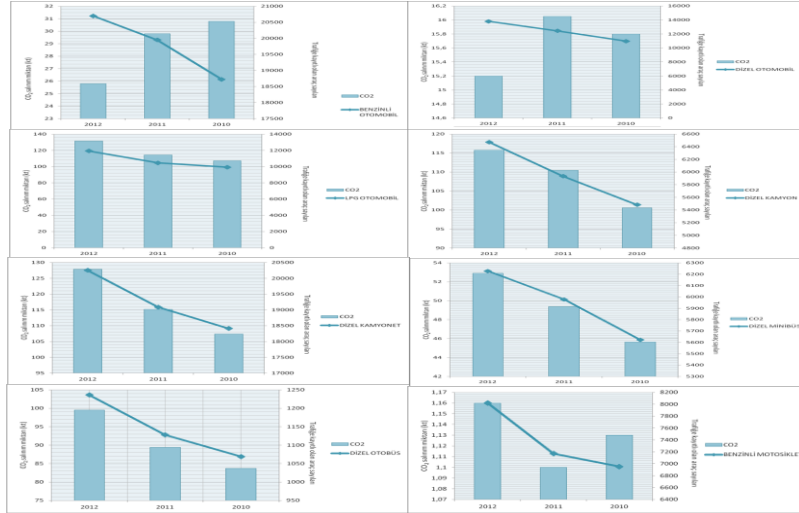
Şekil 1. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan CO<sub>2</sub> Emisyonları (kt)

Tablo 2. Karayollarından Kaynaklanan CO<sub>2</sub> Emisyonlarının Araç Gruplarına Göre Dağılımı (kt)

| YIL  | Otomobil |       |        | Kamyon | Kamyonet | Minibüs | Otobüs | Motosiklet |
|------|----------|-------|--------|--------|----------|---------|--------|------------|
|      | Benzin   | Dizel | LPG    | Dizel  | Dizel    | Dizel   | Dizel  | Benzin     |
| 2012 | 25,8     | 15,2  | 131,78 | 115,75 | 127,87   | 52,9    | 99,5   | 1,16       |
| 2011 | 29,5     | 16,05 | 114,40 | 110,5  | 115,2    | 49,4    | 89,4   | 1,1        |
| 2010 | 30,79    | 15,8  | 107,27 | 100,6  | 107,37   | 45,65   | 83,7   | 1,13       |

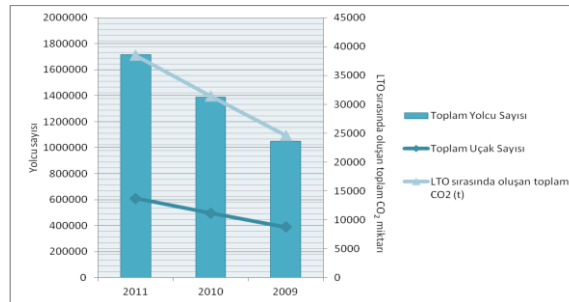


Şekil 2. Diyarbakır İli Trafikçe Kayıtlı Olan Araç Sayıları

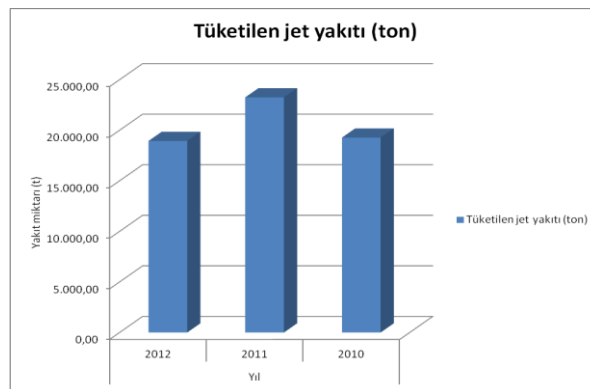


Şekil 3. Diyarbakır İli'nde Trafikten Kaynaklı CO<sub>2</sub> Salınımı

Yurtiçi havacılıkta toplan yakıt tüketimi; LTO (landing-take off) ve Cruise olmak üzere iki aşamada değerlendirilmektedir. Her uçak tipi için Emisyon Faktörleri kullanılarak LTO ve Cruise kaynaklı emisyonlar hesaplanmaktadır. Havayolu ulaşımından kaynaklanan emisyonların hesabında, 1996 ve 2006 IPCC Kılavuzunda önerilen metotlar kullanılmaktadır. LTO sırasında oluşan toplam CO<sub>2</sub> (kt) miktarı Şekil 4'de, yurt içi uçuşlarda tüketilen jet yakıtı (t) ise Şekil 5'de verilmiştir. Yakıt tüketimlerinin artmasıyla orantılı olarak CO<sub>2</sub> emisyonları artmaktadır. Ancak bu artış 2011 yılı için 115,2 kt olan dizel kamyonetlerden kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımının yanında oldukça küçük kalmaktadır.



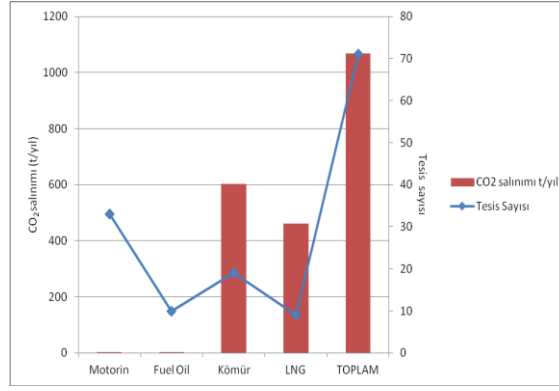
Şekil 4. LTO Sırasında Oluşan Toplam CO<sub>2</sub> (kt) Miktarı



Şekil 5. Yurt İçi Uçuşlarda Tüketilen Jet Yakıtı (t)

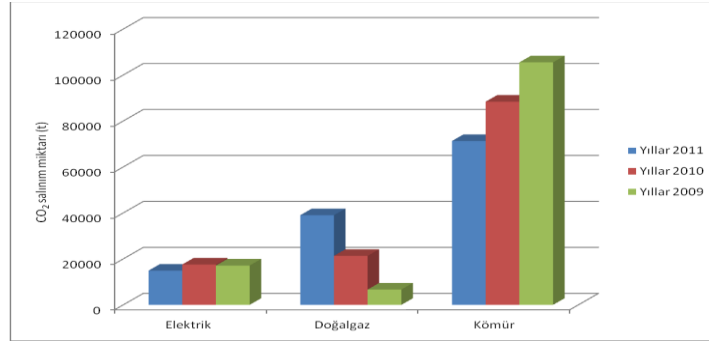
Diyarbakır İlinde bulunan ve Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan Endüstriyel Tesislerinin emisyon raporlarında bulunan hesap ve bilgiler baz alınarak sera gazı (CO<sub>2</sub>) salınımlarının 2012 yılı için hesaplaması yapılmıştır. Tesislerin yakıt tüketimleri büyük oranda motorin, kömür, fuel oil'dür. Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı Şekil 6'da verilmiştir.





Şekil 6. Diyarbakır İli Endüstriyel İşletmelerden Kaynaklı CO<sub>2</sub> Salınımı

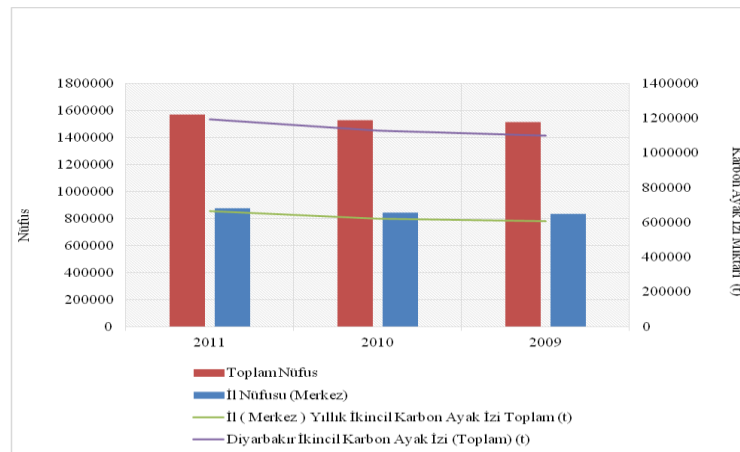
Şekil 6' dan da görüldüğü gibi Diyarbakır İli' nde motorin yakıtı kullanan endüstriyel işletme sayısı fazla olduğu halde motorin kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımı oldukça azdır. Kömür ve LNG kullanan tesis sayısı motorine göre oldukça az olmasına rağmen, CO<sub>2</sub> salınımı açısından yüksek oranlardadır. Bu yakıt türünü kullanan Endüstriyel İşletmelerin CO<sub>2</sub> salınımı açısından daha az kirlilik boyutu olan farklı yakıt türlerine yönlendirilmeleri gerekmektedir. Diyarbakır İli yakıt türüne göre CO<sub>2</sub> salınımları Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Diyarbakır İli Yakıt Türüne Göre CO<sub>2</sub> Salınımları

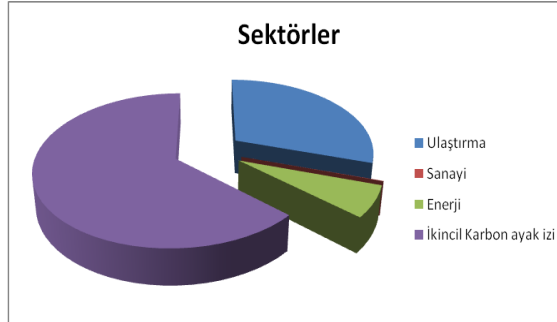
İlde CO<sub>2</sub> salınımı açısından en önemli rolün 2006' dan sonra hızla yaygınlaşan doğalgaz kullanımına rağmen kömüre ait olduğu görülmektedir. Ancak sevindirici olan yön, kömür kullanımının ve buna bağlı olarak CO<sub>2</sub> salınımının her geçen gün azaldığıdır. Elektrikten kaynaklı CO<sub>2</sub> salınımında nüfusa göre hesaplama yapılmış ve resmi kurumlardan kaynaklı elektrik hesaba katılmamıştır.

İlde her geçen yıl ikincil karbon ayak izinin arttığı dolayısıyla Diyarbakır da tüketimin yıl geçtikçe arttığı söylenebilir (Şekil 8).



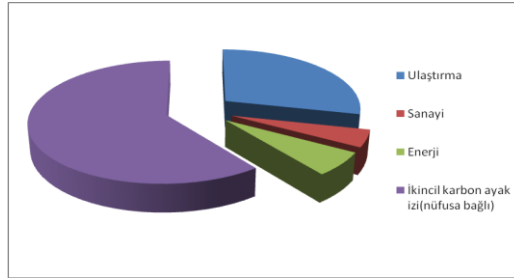
Şekil 8. Diyarbakır İli Yıllara Göre İkincil Karbon Ayak İzi

Diyarbakır İline ait karbon salınımında en önemli payın ikincil karbon ayak izi bir başka deyişle tüketimden kaynaklanan karbon salınımı olduğu görülmüştür. Tüketim fazlalığına rağmen Diyarbakır da sanayinin ve sanayiden kaynaklı karbon salınımının ikincil karbon ayak izine oranla oldukça az olduğu tespit edilmiştir. Ulaştırma sektörünün de CO<sub>2</sub> salınımında yüksek payı vardır (Şekil 9).



Şekil 9. Diyarbakır İli CO<sub>2</sub> Salınımının Sektörlere Göre Dağılımı

Sanayide kullanılan 173376006 kWh faturalanmış elektrik enerjisinden kaynaklanan 90155,5 ton CO<sub>2</sub> sanayi sektörüne eklenirse grafik Şekil 10'da görüldüğü gibi değişir. Ancak Şekil 9 ve Şekil 10'a konut ve sanayide kullanılan faturalanamayan elektrik enerjisi bilgisine ulaşılamadığından bu enerjiden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salınımı eklenememiştir. Faturalanamayan elektrik enerjisi miktarının faturalanan elektrik enerjisi miktarı ile eşit ya da daha fazla olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 10. Sanayide Kullanılan Elektrik Enerjisinin Diyarbakır İli CO<sub>2</sub> Salınımına Etkisi

TÜİK' in Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) metodolojisi ile hazırlayıp, BMİDÇS Sekreteryası'na göndermekle yükümlü olduğu raporlardan sonuncusu olan 1990-2009 ulusal sera gazı emisyon envanterine göre Türkiye' nin tüm sera gazı emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden 2009 yılı için yaklaşık olarak 370 milyon ton olduğu bilinmektedir. Diyarbakır' ın 2010 yılına ait (diğer sera gazları dikkate alınmadan) sadece CO<sub>2</sub> salınımı ise 1,7 milyon ton, 2011 yılı ise yaklaşık 1,9 milyon tondur. Diyarbakır İli' nde Orman ve Su İşleri Müdürlüğü'nden direk alınan ve Tablo 3' te verilen verilere göre 2011 yılında dikilen fidan ve tohum sayısı yaklaşık olarak 2398 ağaç ve bu ağaçların her birinin ömür boyu yaklaşık olarak 0,73 ton CO<sub>2</sub> emdiği bir başka deyişle yaklaşık olarak yılda 12 kg CO<sub>2</sub> emdiği bilindiğine göre sadece 2011' de dikilen ağaçların gelişmiş olduğu kabul edilerek o yıl içerisinde 28,776 ton CO<sub>2</sub> soluduğunu toplamda ise her yıl 92,208 ton CO<sub>2</sub> emilimi yaptığı göz önüne alınarak Diyarbakır İline ait 2011 yılı CO<sub>2</sub> salınımı bertarafının tamamını ağaçlarla yapılması durumunda sadece Diyarbakır da 2,5 milyar ağacın olması gerektiği ve bu nedenle ağaçlandırma işlemlerinin artırılmasının önemi açıkça görülmektedir.



**Tablo 3.** Diyarbakır İli' Ne Ait Dikilen Fidan Ve Tohum Sayısı (Orman ve Su Bakanlığı, 2013)

| Yıllar                        | 2009 | 2010 | 2011 | Toplam (2002-2011 yılları arası) |
|-------------------------------|------|------|------|----------------------------------|
| Dikilen fidan ve tohum (adet) | 425  | 1253 | 2398 | 7684                             |

2007 yılında Boğaziçi Üniversite'sinin yaptığı araştırmada Güneydoğu Anadolu' da ulaşımdan kaynaklı kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salınımı 133 kg olarak tespit edilmiştir. Diyarbakır İli' ne ait 2010 yılı ulaşımdan kaynaklı kişi başına düşen CO<sub>2</sub> salınımı ise 362 kg olarak bulunmuştur. Bu veriler gün geçtikçe CO<sub>2</sub> salınımının arttığını göstermektedir.

### ÖNERİLER VE TARTIŞMA

İnsan faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan ve atmosferdeki miktarları sanayi devriminden günümüze kadar hızla artmış olan sera gazı emisyonlarının ısı tutma kapasiteleri nedeniyle küresel ısınmaya neden oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada, Diyarbakır dan kaynaklanan sera gazları içerisinde en önemli paya sahip olan CO<sub>2</sub> emisyonları kaynakları ve miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş olan metodoloji kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalara göre CO<sub>2</sub> emisyonlarında en büyük payın kamyonetlere ait olduğu bulunmuştur. 2012 yılında CO<sub>2</sub> emisyonları içinde, kamyonlar % 21 paya sahipken, benzinli otomobiller % 4,5 paya sahiptir. Otomobillerin tamamına bakıldığında ise (benzin, LPG ve dizel toplamı) toplam karayolu CO<sub>2</sub> emisyonları içinde % 30 oranında bir payı bulunmaktadır. Karayolu emisyonlarının toplam içinde oran olarak azalmasında havayolu ulaşımının kullanımındaki artış etken olmuştur. Ancak 2011 yılı için toplam değeri 73,3 kt CO<sub>2</sub> olan havayolu kaynaklı bu artış; 2011 de sadece dizel kamyonetlerden kaynaklı 115,2 kt olan CO<sub>2</sub> salınımının yanında oldukça küçük kalmaktadır. Sanayi den kaynaklanan toplam CO<sub>2</sub> salınımı ise yaklaşık 92 kt olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin tüm sera gazı emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden 2009 yılı için yaklaşık olarak 370 milyon ton olduğu bilinmektedir. Diyarbakır' ın 2010 yılına ait (diğer sera gazları dikkate alınmadan) sadece CO<sub>2</sub> salınımı ise 1,7 milyon ton, 2011 yılı ise yaklaşık 1,9 milyon ton bulunmuştur.

Bir ağacın yılda 12 kg CO<sub>2</sub> emdiği bilindiğine göre Diyarbakır' da sadece 2011 yılında dikilen ağaçların gelişmiş olduğu kabul edilerek o yıl içerisinde 28,776 ton CO<sub>2</sub> soluduğunu, toplamda ise her yıl 92,208 ton CO<sub>2</sub> emilimi yaptığı göz önüne alınarak Diyarbakır İline ait 2011 yılı CO<sub>2</sub> salınımı bertarafının tamamını ağaçlarla yapılması durumunda ise 2,5 milyar ağacın olması gerektiği görülmüştür. Ancak Diyarbakır İlinde 2002-2011 yılları arasında 7684 fidanın dikildiği ve bu fidanların yaklaşık 4000' inin 2009-2011 yılları arasında dikildiğine dikkat edilirse son yıllarda artan ağaçlandırma çalışmalarının sevindirici olmasına rağmen yetersiz olduğu ve bu nedenle ağaçlandırma işlemlerinin artırılmasının önemi açıkça görülmektedir.

2006 yılı itibariyle ilde kullanılmaya başlayan doğalgaz ile şehrin hava kirliliği büyük ölçüde azalmıştır. Ancak doğalgaz fiyatının evlerde sıcak su temini açısından çok uygun olması sebebiyle ilde yoğun şekilde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklı çatı tipi güneş enerji sistemleri şehirde atıl durumdadır. Yeni yapılan binalarda ise hiç kullanılmamaktadır. Bu konuda belediyelerin ve devlet kuruluşlarının, halkın sıcak su temini için fosil yakıt olan doğalgazı en azından yaz aylarında kullanmak yerine güneş enerji sistemlerinin kullanılması için özendirilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde daha az fosil yakıt kullanımı ile Türkiye ekonomisine de katkıda bulunmuş olacaktır.

Günümüzde karbon ayak izimizi en aza indirmek her zaman olduğundan daha önemlidir. Gelişmiş ülkeler daha çok karbon emisyonu üretmekte ve Avrupa ve Asya'da ülkelerin yaşam tarzları da daha çok enerji tüketir hale gelmektedir. Küresel kirlenmeye etki etmeden daha sağlıklı enerji olan yenilenebilir yeşil enerji sektörlerine bir an önce geçilmesi gerekmektedir. Otelde kaldığımız zaman odadan çıkarken ışıkları ve klimanın kapatılması,

Birincil karbon ayak izinin yanı sıra bir de ikincil ayak izi de vardır ve alışveriş alışkanlıklarına bağlıdır. Süpermarkette mevsimi dışında yiyecek satın alındığında bunlar uzak ülkelerden veya şehirlerden uçakla, gemiyle ya da karayoluyla getirilmiş demektir; bu da karbon ayak izine katkı da bulunur.

## KAYNAKLAR

DHMİ, (2012). Hava Trafığı Raporları, T.C. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara.

DHMİ, (2013). Hava Trafığı Raporları, Diyarbakır Devlet Hava Meydanları İşletmesi.

EPA, (2006). United States Environmental Protection Agency.

Houghton, J. T., Filho, L. G. M., Griggs, D. J. & Maskell, K., (1997). An Introduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report, IPCC Technical Paper, p: 8-10.

IPCC/UNEP/OECD/IEA, (1997). Revised 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1; p: 1-4, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.

IPCC/UNEP/OECD/IEA, (1997). Revised 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1; p: 3-23, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.

IPCC/UNEP/OECD/IEA, (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1; Pages: 4-44, 62-98, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.

IPCC/UNEP/OECD/IEA, (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II, Energy, Mobile Combustion; pages: 8-73;

KGM, (2005). Karayolları Ulaşım İstatistikleri 2004, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Kılıç, G., Tanış, A., Karaca, Ö. & Özdemir, D., (2004). İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması Çalışma Grubu Raporu, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

Meyer L., Loos M., Deconinck H., Davidson O., & Metz, B., (2005). IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage.

Muslu, Y., (2000). Ekoloji ve Çevre Sorunları, pages: 223, 255-260, Aktif Yayınevi, İstanbul.

OSD, (2006). Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bülteni: 2005, Bölüm I ve Bölüm 2, Otomotiv Sanayii Derneği, İstanbul, <http://www.osd.org.tr/>.

Şen, Z. (2004). Türkiye'nin Temiz Enerji imkânları', Mimar ve Mühendis Dergisi, 33.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2012). İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları, Ankara, <http://iklim.cob.gov.tr>. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Diyarbakır İl Müdürlüğü.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirilmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, İl Çevre Durum Raporları, (2012). <http://www.csb.gov.tr>

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012). Hava Kalitesi İzleme İstasyonları, <http://www.havaizleme.gov.tr>

T.C. Orman ve Su Bakanlığı, Diyarbakır İl Müdürlüğü Verileri, (2013).

TÜİK, (2013). 1990-2009 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu.

URL-1. <http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>, Erişim Tarihi 2013.

URL-2. <http://www.diyarbakir.gov.tr>, Erişim Tarihi 2013.

URL-3. <http://www.diyarbakir.dhmi.gov.tr>, Erişim Tarihi 2013.

URL-4. [http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs\\_nedir.aspx](http://www.eie.gov.tr/teknoloji/ccs_nedir.aspx), Erişim Tarihi 2013.

URL-5. <http://gunesenerjisistemleri.com>, Erişim Tarihi 2013.

URL-6. <http://www.karbonayakizi.com/>; <http://www.wingscard.com.tr>, Erişim Tarihi 2013.

URL-7. <http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/content/climate.html>, Erişim Tarihi 2013.

Zeydan, N., Koçer, A. Ü. & Tanboğa, L, (2005). Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltım Çalışma Grubu İkinci Raporu, T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara.