**EGO OTOBÜS FİLOSUNUN ANKARA KENTİNE**

**ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ebru GÖLLE[[1]](#footnote-2)\*Prof. Dr. Özge YALÇINER ERCOŞKUN[[2]](#footnote-3)**

**Özet**

Sanayi devrimi ve teknolojik gelişmeler, dünyada kontrolsüz nüfus artışı ve hızlı kentleşmeyi beraberinde getirmiştir. Yenilenemeyen kaynakların aşırı kullanımı sonucunda iklim değişikliği, çevre kirliliği gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Ulaşımda fosil yakıt kullanımı, çevre kirliliğinin büyük kısmını oluşturmaktadır. Çalışmada dünyada ve Türkiye’de kentiçi ulaşımdan kaynaklanan karbon emisyonu değerlendirilmiştir. Geçmişten günümüze kentiçi ulaşımda fosil yakıt kullanımı araştırılmıştır. Lastik tekerlekli otobüslerin kentiçi ulaşım sisteminin büyük bir kısmını oluşturması nedeniyle çalışmada EGO Otobüs Filosunun neden olduğu karbon emisyonu Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Metodolojisi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada ulusal ve uluslararası tez ve makaleler, EGO Genel Müdürlüğü’nün yaptığı raporlar, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu raporları ve IPCC raporları incelenmiştir. Ankara kentine ait EGO otobüslerine ilişkin verilerin toplanması amacıyla Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü’nün 2018 yılına ait faaliyet raporu çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada yöntem olarak IPCC Metodolojisi anlatılmıştır. EGO Otobüs Filosu’nun bir yıl içinde neden olduğu karbon emisyonu Tier 1 yöntemine göre hesaplanmıştır. Kentiçi ulaşımdan kaynaklanan karbon emisyonu kent merkezlerinde hava kirliliğini arttırmaktadır. Bu çalışmada EGO otobüs filosunun kentte neden olduğu hava kirliliği bilimsel olarak ölçülmüştür. Toplu taşıma özel taşıtlara göre daha çevreci olsa da yakıt kullanımı, alternatif ulaşım modları ve daha kapsamlı bir planlama anlayışı ile karbon emisyonunun nasıl azaltılabileceğine dair çözümler sunulmuştur. Artan çevre kirliliğinin büyük bir kısmını hava kirliliği oluşturmaktadır. Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı emisyonları ise hava kirliğini oluşturan en büyük faktördür. Bu nedenle karbon emisyonu, karbon ayak izi gibi kavramlar üzerinde durulmalıdır. Ekolojik dengeye daha fazla zarar vermemek için öncelikle küresel ve ulusal ölçekte planlama yapılmalıdır. Planlama çalışmalarının etkili olabilmesi için toplumsal bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmada Ankara’da her gün binlerce insanın kullandığı EGO otobüslerinin neden olduğu karbon emisyonu hesaplanmıştır. Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi oluşturmak için çözüm önerileri sunulmuştur.

***Anahtar Kelimeler: Karbon Ayak İzi, Sürdürülebilir Ulaşım, IPCC Metodolojisi, EGO Otobüs Filosu, Ankara***

**INVESTIGATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF**

**EGO BUS COMPANY IN ANKARA CITY**

**Abstract**

Industrial revolution and technological developments have ledtoun controlled population growth and rapid urbanization in the world. As a result of the over use of non-renewable resources, problems such as climate change and environmental pollution have a risen. The use of fosil fuels in transportation accounts for the majority of environmental pollution. In this study, carbon emissions from urban transportation in the world and Turkey were evaluated. The use of fosil fuels in urban transportation has been investigated from the past to the present. Since, rubber-wheeled buses make up a large part of the urban transport system carbon emissions caused by the EGO Bus Fleet were calculated using the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Methodology in this study. National and international thesis and articles, reports made by EGO General Directorate, Energy Market Regulatory Authority reports and IPCC reports were examined in thestudy. The 2018 annual report of the Ankara Metropolitan Municipality EGO General Directorate was used in the study to collect data on EGO buses belonging to the city of [Ankara. Ipcc](https://ssl.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=TAns&from=&to=en&a=Ankara.Ipcc) Methodology is explained as a method in the study. The carbon emissions caused by ego bus fleet within a year are calculated according to Tier methods. Carbon emissions from urban transportation increase air pollution in urban centers. In this study, the airpollution caused by the EGO bus fleet in the city was scientifically measured. Although public transport is more environmentally friendly than private vehicles, solutions on how to reduce carbon emissions have been presented with fuel use, alternative modes of transport and a more comprehensive planning approach. Air pollution accounts for the majority of the increased environmenta lpollution. Greenhouse gas emissions due to fosil fuel use are the biggest fact or that constitute airpollution. Therefore, concepts such as carbon emissions and carbon footprint should be emphasized. In order not to further damage the ecological balance, planning should be carried out first on a global and national scale. In order for the planning studies to be effective, social awareness studies should be carried out. In this study, carbon emissions caused by EGO buses used by thousands of people everyday in Ankara were calculated. Solutions have been submitted to create a sustainable transportation system.

***Keywords: Carbon Footprint, Sustainable Transportation, IPCC Methodology, EGO Bus Fleet, Ankara***

# 1.GİRİŞ

Dünya’da sürekli olarak artan nüfus ve teknoloji alanında gelişmelerin ivmelenmesiyle birlikte enerji tüketimi her alanda artmaya devam etmektedir. Bu durum çevre kirliliği açısından çok ciddi sorunlara neden olmaktadır. Çevre kirliliğinin büyük kısmı hava kirliliğinden oluşmaktadır. Hava kirliliğinin oluşmasında birçok parametrenin bir arada bulunmasına karşın en etkili neden yanma olaylarıdır. Dünya’daki enerji tüketiminin büyük bir kısmını fosil yakıtların yanma sonucunda atmosfere karışması oluşturur. Fosil yakıtların içten yanmalı motorlarda ana enerji kaynağı olarak kullanılması, motorlu taşıtlarının hava kirliliğinde temel kaynak haline gelmesine neden olmuştur.

Dünyada ulaşımda kullanılan enerjinin büyük bir kısmı hala fosil yakıtlardan üretilmektedir. Ulaşımın neden olduğu emisyon miktarı ise tüm dünyada üretilen sera gazı miktarının beşte birine eşittir. Ulaşım modları arasında fosil yakıt kullanımına en bağımlı olan tür karayolu olması nedeniyle ulaşım sektörü nedeniyle meydana gelen emisyonun % 70’ini karayolu oluşturmaktadır. (Çalışkan, vd., 2017). Türkiye’de karayolu ulaşımı diğer türlerden daha yoğun kullanılmaktadır. Bu sebeple karayolu ulaşımında alınacak tüm çevreci kararların çevre kirliliğiyle mücadelede faydası olacaktır. Toplu taşıma kentiçi ulaşımının en önemli paylarından biridir. Bu nedenle sürdürülebilirlik oranı ne kadar yüksek olursa çevreye olumsuz etkisi minimum olacaktır. Bu bağlama dayalı olarak çevreyle uyumlu, erişimi kolay, sürdürülebilir ulaşım modellerine geçiş kaçınılmazdır.

## 1.1.İklim Değişikliği ve Küresel Isınma

Yeni alanlara ihtiyaç duyulması sonucunda tarım alanların, ormanların yok edilmesi iklim değişikliği ve küresel ısınma kavramıyla doğrudan ilişkilidir. Çünkü bu durum ortalama sıcaklıkların artışı, ormansızlaşma, kuraklaşma, ısı adaları vb. gibi çok büyük sonuçlara neden olmaktadır. Bunun yanı sıra hayvancılık, tarım gibi gerekli faaliyetlerde kullanılan enerjinin büyük bölümünün fosil yakıtlar tarafından kullanılması doğaya zarar vermektedir. Nüfus artışının ve teknolojik gelişmelerin neden olduğu bu kısır döngü beraberinde sera gazlarının atmosfere salımında çok büyük artışlara neden olmuştur. Günümüzde dengenin bozulmasıyla birlikte insanoğlunun karşılaştığı en büyük sorun küresel ısınma gibi görünse de aslında küresel ısınma sadece bir sonuçtur.

“Aynı zamanda insan kaynaklı CO2 ve diğer zararlı gazların üretimi, esas olarak kentleşmenin bir sonucudur. Ancak emisyon değerleri, iklim, arazi kullanım biçimi, yoğunluk ve yaşam tarzı gibi birçok faktöre de bağlıdır. CO2ve diğer zararlı gazların emisyonlarının artmasıyla 2050 yılında 1 dereceden fazla küresel ısınma beklenmektedir.”(Yalçıner Ercoşkun, Karaaslan, 2009)

## 1.2.İklim Değişikliği İle Mücadele

Emisyon değerlerinin sürekli artması ve dünyadaki iklim değişikliğinin fark edilmesiyle birlikte ilk olarak Cenevre’de 1979 yılında 1. Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir. Dünyada meydana gelen değişiklik, doğal kaynaklara verilen zarar ve tahripler sonucunda küresel bir işbirliğinin temelini oluşturmak amacıyla 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kabul edilmiştir. 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe giren anlaşma ilk olması nedeniyle çerçeve sözleşme özelliği taşımaktadır. Sözleşmenin asıl amacı, insan faaliyetlerinden meydana gelen sera gazı üretiminin çevre üzerindeki tehlikeli etkisinin önüne geçmektir. Sözleşme dünya üzerinde geniş kapsamlı yapılan ilk iklim anlaşması olması nedeniyle genel esas ve kuralları açıklamaktadır. Yükümlülükleri net olmadığı için yaptırımı yüksek olmamıştır.

Hukuki nitelikleri bakımından BMİDÇS’den ayrılan Kyoto protokolü ise 1997 yılında BMİDÇS 3. Taraflar Konferansı’nda imzalanmıştır. Sözleşme ülkelerin sera gazı salımında yükümlülük bakımından hukuki yaptırım konusunda eksik kalmıştır. Protokolün özellikle sanayileşmiş ülkeler üzerinde yükümlülük şartı koşmasının küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede oldukça önemli olduğunu söylemek mümkündür. Türkiye 26 Ağutos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü’nde taraf olmuştur. 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci yükümlülük döneminde Türkiye’nin azaltım veya sınırlama yükümlülüğü yoktur. 2008-2012 yıllarını kapsayan dönemdeki yükümlülükleri tarafların karbon emisyon oranlarını %5 azaltmaktır. Protokolü kabul eden her ülkenin farklı hedefleri vardır. Örneğin karbon emisyonu çok düşük olan ülkelerin karbon emisyonu arttırma hedefleri de bulunmaktadır(Portekiz, İrlanda). Türkiye’nin ise son 150 yılda küresel ısınmaya % 0,04 oranında etkisi olmuştur. Bunun asıl nedeni Türkiye’nin çevreci bir ülke olması değil büyük sanayi devlerinin küresel ısınmaya etkisinin yüksek olmasıdır. İlerleyen yıllarda fosil kaynak kullanım oranının daha da düşmesi ile kWh başına türetilen emisyon da azalacaktır.

2020 yılında Kyoto Protokolü’nün bitecek olması nedeniyle 2015 yılında 21. Taraflar Konferansı’nda(COP21) Paris Anlaşması imzalanmıştır. Paris Anlaşması dünyadaki sera gazı emisyonunun toplamda %55’ine neden olan en az 55 taraf ülkenin onayı ile 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Anlaşma BMİDÇS’nin uygulanabilirliğini geliştirmeyi hedeflerken iki bağlam üzerinde durmaktadır: yoksulluğun ortadan kaldırılması ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması. Bu bağlamda iklim değişikliği ile ilgili uzun dönem hedef küresel sıcaklık artışını sanayileşme dönemi öncesinin 2°C altına indirilmesi ve sıcaklık artışının en yüksek 1,5°C olmasını sağlamak amaçlanmaktadır. Ekonomik kalkınmanın düşük emisyon ile sağlanması, dengeli bir büyüme ve bu sırada uyum kabiliyetini arttıran bir yaklaşım hedef alınmaktadır. Bu bağlamda tarafların hedeflere ulaşırken “ortak fakat görece farklılaştırılmış hedefleri” bulunmaktadır. Tarafların temel hedeflerini geçekleştirmek adına faaliyetlerin belirtileceği “Ulusal Katkı Beyanlarını” 5 yılda bir düzenli olarak sunmaları kararlaştırılmıştır.

Ulusal katkı niyet beyanları  ile ülkelerin amaçladığı emisyon azaltım hedefleri bu yüzyılın sonunda 2,7 ile 3,7°C daha sıcak bir dünyada yaşayacağımızı ortaya koymaktadır. Bilim insanlarına göre, küresel ısınma ile mücadelede başarıya ulaşmak için hedeflerin yükseltilmesi her ülkenin radikal kararlar alarak azaltım ve uyum stratejilerini geliştirmesi şarttır. Türkiye, iklim değişikliğinin sonuçlarından en fazla zarar görecek bölgelerden biri olan Akdeniz Çanağı’nda yer almaktadır. Türkiye coğrafi olarak, hem çevresel hem de ekonomik çöküş riskini barındırmaktadır. Nitekim Türkiye anlaşmayı imzalamasına rağmen henüz taraf değildir. Hedeflenen Ulusal Katkı Beyanını 2015 yılında sunmakla birlikte, beyana göre Türkiye 2030 yılına gelindiğinde senaryoya göre %21 oranında azaltılacağı hedeflenmiştir. Fakat Türkiye’nin sera gazı emisyonunu azaltmakla ilgili radikal olarak aldığı bir karar ve çalışmaya rastlanılmamıştır.

## 1.3. Türkiye’nin Karbon Emisyonu

Karbon emisyonu kısaca karbonun atmosfere salınmasıdır. Sera gazı kavramından bahsederken çoğunlukla karbon salımı ya da karbon emisyon değerlerinden bahsedilmesinin sebebi sera gazları karbondioksit eşdeğerlerince hesaplanmaktadır. Kyoto Protokolü’nde bahsedilen sera gazlarının büyük bir kısmında karbon molekülüne rastlanmaktadır. En fazla salınım değerine sahip olan gaz CO2 olması nedeniyle araştırmada değerler CO2 eşdeğerinde hesaplanacaktır.

Global Carbon Atlas’ın verileri yıllara göre incelendiğinde büyük sanayi ülkelerinde 1900’lü yıllardan 2019’a kadar belirgin değişimler gözlenmektedir. Çin en büyük artışı gösterirken, Hindistan artış konusunda onu ikinci sırada izlemektedir. ABD ise geçmişten günümüze CO2 salımında 1900’lü yıllarda ilk sıradayken CO2 salımını azaltma eğilimi göstermektedir. Nitekim hala Çin’den sonra ikinci sıradadır. Türkiye ise CO2 salımı bakımından 16. sıradadır. Sanayi sektöründe çok gelişmiş bir ülke olmamasına rağmen kişi başına düşen karbon miktarının bu kadar yüksek olmasının nedeni fosil yakıt kullanımına olan bağımlılıktır.

Türkiye’de karbon emisyonu her geçen gün nüfus artışı, kentleşme ve yanlış politikalar sebebiyle artmaktadır. Bu durumun gelecekteki yıllarda ülkede büyük felaketlere neden olması beklenmektedir. Ülke özelinde güncel olarak 2020 yılına ait karbon emisyon değeri bulunamamıştır. En güncel veri 2018 yılına aittir. 2018 yılından sonrasında da nüfus artışı, kentleşme gibi kriterlerin artması nedeniyle karbon emisyonunun arttığını söylemek mümkündür. 2018 yılına ait veriler Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1: Türkiye’de Toplam Sera Gazı Emisyonu, 1990-2018 (TÜİK, 2020)**

**Şekil 1’de 1990 yılından 2018 yılına kadar geçen süreçte Türkiye’de** CO2 **salımındaki değişim görülmektedir. 1990 yılında 219 Mt**CO2 **olan değer 2018 yılında % 237,8 oranında yükselerek 521 Mt**CO2 **değerine ulaşmıştır. Kişi başına düşen sera gazı emisyonu ise 1990 yılında 4 ton** CO2 **eşdeğerindeyken 2018 yılında 6.4 ton** CO2 **eşdeğerine ulaşmıştır.**

### 1.3.1.Türkiye’de ve Dünya’da Kentiçi Ulaşımdan Kaynaklanan Karbon Ayak İzininDeğerlendirilmesi

Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) raporlarından alınan verilere göre 2021 yılı itibariyle Türkiye’de motorlu taşıt sayısı bir önceki seneye göre %0,76 oranında artarak 24 328 780 değerine ulaşmıştır. Bu motorlu araçların %54,3’ü otomobildir. TÜİK’ten alınan verilerde 2021 yılında motorlu taşıtların yakıt türüne dair bir veri bulunamamıştır. 2019 yılına göre ise kullanılan araçların % 24,8’i benzinli, %38,1’i dizel, %37,3’ü ise LPG’lidir. Fakat 2019 yılında Türkiye’de bulunan araçlardan sadece %0,1’i hibrit araçtır. Tablo 1’de görüldüğü gibi her yıl araç sayısı artmaktadır. Fosil yakıt kullanımı dışında herhangi bir alternatif yakıt türü ülkemizde neredeyse hiç kullanılmamaktadır.

Tablo 1: Türkiye’de 2005-2021 Yılları Arasında Yakıt Türüne Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı(TÜİK, 2021)



## 1.4.Ankara Kentiçi Ulaşım

Ankara kentinde her geçen gün araç sayısı artmaktadır. Kentteki trafik sıkışıklığı için alınan önlemler yetersiz kalmaktadır. Kentteki toplu taşıma sistemleri yetersiz kalmaktadır. Kent çeperlerindeki nüfus artışı ve kentin tek merkezli olması nedeniyle ulaşımda kaybedilen zaman gün geçtikçe artmaktadır. Kentiçi ulaşımda yolculukların talep yönetimi adına bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte konforlu olmayan toplu taşıma sistemleri kentin bütününde yer almaktadır. Bu nedenle her geçen gün Ankara’da özel araç kullanımı artmaktadır. Aşağıda kentte mevcutta bulunan araçların geçmişten günümüze artışı görülmektedir. TÜİK verileri arasında il bazında araçların yakıt türleri ile ilgili bir veriye ulaşılamamıştır. Kentteki otomobil sayısı 2019 yılında bir önceki yıla göre %3,2 artarak 1489336 değerine ulaşmıştır. Kentteki toplam araç sayısı 2 033 935 değerine ulaşmıştır. Bu durum kentteki özel araç kullanımına bağlılığın her geçen gün arttığını ortaya koymaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2 karşılaştırıldığında, Türkiye’de bulunan araç sayısının yaklaşık %8’i Ankara’da bulunmaktadır. TÜİK verilerinden yola çıkılarak güncel ülke nüfusunun ise %6,8’i Ankara’da yaşamaktadır. Ankara diğer kentlere oranla en yüksek araç sahipliliğinin bulunduğu kentlerden biridir. Kentte yaklaşık olarak her 10 kişiye 3 araba düşmektedir. Bu nedenle Ankara’daki nüfusa oranla araç sahipliliği daha yüksektir.

Tablo 2: 2004-2019 Yılları Arasında Ankara Kentindeki Motorlu Taşıt Sayısı(TÜİK,2020)



### 1.4.1.EGO Otobüs Filosu

Elektrik, Gaz, Otobüs (EGO) Otobüs Filosu 1090 adet doğalgazlı, 950 adet dizel araçtan oluşmaktadır. EGO Ankara’da hizmet ettiği alanları 5 bölgeye ayırmıştır (Tablo 3). Bu bölgeler; 1.bölge Çankaya, 2. Bölge Yenimahalle, 3. Bölge Mamak, 4. Bölge Altındağ-Keçiören ve 5. Bölge Sincan-Etimesgut şeklindedir. Bu çalışma için EGO otobüs filosunun kente çevresel etkileri bu beş bölge üzerinden hesaplanmaktadır.



**Şekil 2: EGO Otobüs Filosu Bölgeleri**

Tablo 3: EGO Otobüs Filosunun Bölgelere Göre Dağılımı



## 2.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada EGO otobüs filosuna ait kullanılacak veriler Ankara Elektrik, Havagazı ve Otobüs İşletme Müessesesi’nin (EGO Genel Müdürlüğü) yapmış olduğu stratejik plandan alınmıştır. Ankara kentine ait halk otobüslerine ilişkin verilerin toplanması amacıyla Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü’nün 2018 yılına ait faaliyet raporu çalışmada kullanılan birincil veri kaynaklarından biridir. IPCC metodolojisi kullanılarak yapılacak hesap için gerekli olan araç yakıt yoğunluğu Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun yayınladığı değerlerdir. Hesap için gerekli olan “otobüslerin kilometrede tükettiği yakıt tüketimi” verisi ise EGO otobüslerinin doğalgaz ve dizel araçlarının ortalama tüketim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm bu veriler kullanılarak IPCC metodolojisi ile EGO otobüslerine ait 5 bölge için yıllık karbon emisyonu gigagram cinsinden hesaplanmıştır. EGO otobüslerinin bölgelerde kullandığı otobüslerin motor teknolojisi verisine erişilemediği için bu çalışmada Tier 1 yöntemi ile hesap yapılmıştır. Tier 2 ve Tier 3 yöntemi ile hesap yapılabilmesi için daha karmaşık verilere ihtiyaç vardır.

## 2.1.IPCC METODOLOJİSİ

IPCC, iklim biliminin bulgularını düzenli aralıklarla değerlendirmek ve özet raporlar halinde yayımlamakla yükümlü uluslararası bir yapıdır. 1988 yılında **Dünya Meteoroloji Örgütü** (WMO) ve **Birleşmiş Milletler Çevre Programı** (UNEP) tarafından bilimsel çalışmaların bulguları ışığında iklim değişikliğinin bilimsel temellerine, etkilerine, gelecekteki bağlantılı risklere, bu risklere uyum ve seragazı azaltım tedbirleri ile ilgili eldeki seçeneklere dair politika yapıcıları düzenli aralıklarla bilgilendirmek amacı ile kurulmuştur(Gündoğan, 2016).

1996 yılında insan kaynaklı emisyon değerlerinin belirlenen hedefe indirgemek adına IPCC kılavuzu oluşturulmuştur. Bu kılavuzun oluşturulmasından bu yana geçen süre zarfında ulaşımdan kaynaklanan emisyon değerinin ölçümü temel olarak bu kılavuzdan yararlanılarak bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada metod olarak kullanılacak yöntem IPCC metodolojisidir. Çalışmada IPCC kılavuzunda yer alan “Enerji” ana başlığının altında bulunan “Araçların neden olduğu emisyonların hesabı” ve Türkiye’nin sera gazı envanterinden faydalanılarak, Ankara kentinde EGO filosunun neden olduğu karbon ayak izi tespit edilecektir.

## 2.1.1.Tier Yaklaşımları

IPCC kılavuzunda belirlenen 3 temel emisyon hesap metodu bulunmaktadır. Formüllerde kullanılan veri sayısı arttıkça hesapların doğruluk oranı artmaktadır. En az veri içeren yöntem Tier 1 yöntemidir. Diğer yöntemlere oranla daha az veriye ihtiyaç duyulan bir yöntemdir.Tier 2 ve Tier 3yöntemi ise daha çok veriye ihtiyaç duyularak hesaplanır, daha doğru sonuçlar verir fakat daha karmaşıktır.

**2.1.1.1.Tier 1 Yaklaşımı**

Temel olarak tüketilen yakıt miktarı ve yakıt tipini kullanarak oluşturulan bu yöntemdir. Kullanılan yakıt türüne göre ortalama emisyon dönüşüm faktörü kullanılır. Tier 1 yönteminin denklemi aşağıdadır.

∑ 𝐸𝑚𝑖𝑠𝑦𝑜𝑛 = ∑ 𝑌𝑎𝑘𝚤𝑡𝑎𝑏 × 𝐸𝐹𝑎𝑏 (1)

Formülü açıklamak gerekirse; Emisyon: Emisyon miktarını (kg), Yakıt: Enerji değeri cinsinden yakıt tüketimini (Tj), EF: Emisyon Faktörünü, a: Yakıt tipini (benzin, dizel, lpg) ve b: sektör faaliyetini (karayolu, denizyolu, havayolu vb.) temsil etmektedir. Tier 1 hesabı şu şekildedir. 1. Aşama: Tüketilen yakıt miktarı, yakıt tipi ve harcandığı sektör faaliyetlerine göre enerji cinsinden (Tj) hesaplanır. 2. Aşama: Yakıt tipi ve sektör faaliyetine göre seçilen emisyon faktörü 1. Adımda hesaplanan enerji cinsinden toplam yakıt tüketim değeri ile çarpılarak o gaza ait emisyon miktarı hesaplanır. 3. Aşama: Yakıt türlerine göre hesaplanan her gazın emisyon değerleri toplanarak toplam emisyon miktarına ulaşılır (IPCC, 2006) (Tablo 4).

Tier 1 yöntemi ile CO2 emisyonu hesabı ise şu şekildedir. 1. aşamada sektörün yakıt tüketim değerleri belirlenir. 2. Aşamada ise yakıt tüketim değerinin enerji içeriği bulunur. Bu adımda, yakıt tüketim değerlerini IPCC Kılavuzunda verilen dönüşüm faktörleri (net kalorifik değerler) ile çarparak, yakıt türünün enerji içeriği bulunur. IPCC Kılavuzunda belirtilen ve bu çalışmanın emisyon hesaplamalarında kullanılan yakıtların net kalorifik değerleri ve karbon emisyon faktörleri aşağıdaki tabloda görülmektedir(IPCC; 1996a, 1996b, 1996c).

Tablo 4: Denklemlerde Kullanılacak Değerler (IPCC, 2006)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Yakıt Cinsi** | **Km Başına Yakıt Tüketimi****(km başına)** | **Yoğunluk** | **Net Kalorifik Değer(TJ/103 ton)** | **Karbon Emisyon Faktörleri(tonkarbon/terajoule)** |
| **CNG** | 0.68 m3 | 0.68 (kg/m3 ) | 48.5 | 15.03 |
| **Dizel** | 0.67 lt | 0.86 (kg/l) | 43,3 | 20.2 |

Bu adımın formülize hali Denklem 2’de sunulmuştur.

𝐸𝑛𝑒𝑟𝑗𝑖𝑇ü𝑘𝑒𝑡𝑖𝑚𝑖 [𝑇𝐽] = 𝑌𝑎𝑘𝚤𝑡𝑇ü𝑘𝑒𝑡𝑖𝑚𝑖 [𝑡] × 10−3 × 𝐷ö𝑛üşü𝑚𝐹𝑎𝑘𝑡ö𝑟ü [ 𝑇𝐽𝑘𝑡 ] (2)

3. aşamadayakıt türleri için karbon emisyon faktörleri seçilir ve bu değer ile yakıtın içeriğindeki toplam karbon miktarı hesaplanır. Her bir yakıt türü için IPCC kılavuzunda belirlenmiş olan karbon emisyon faktörleri (CEF) seçildikten sonra ve bu değer daha önce bulunan enerji tüketim değeri ile çarpılarak yakıtın içeriğindeki toplam karbon miktarına ulaşılır. Ton karbon (tC) cinsinden bulunan emisyon değeri 1000’e bölünerek Gg birimine geçilir (Pekin, 2006).

4. adımda yanma sırasında oksitlenmeyen karbon miktarı bulunur ve böylece tamamen yanmaya katılan karbon değerine ulaşılır. Ulaştırma sektörü hesabında kullanılan yakıtlar sıvı yakıtlar olduğu için buradaki kayıp çok azdır (Pekin, 2006). IPCC tarafından önerilen değerler, petrol ürünlerinin %1’lik bir kayıpla yani 0,99 oranında oksitlendiği, gaz halindeki yakıtların ise 0,995 oranında oksitlendiğini belirtmektedir. Üçüncü adımda hesaplanan toplam karbon miktarı “karbon oksitlenme oranı” ile çarpılarak tamamen yanmaya katılan karbon değerine ulaşılır (Denklem 3). Böylece gerçek karbon emisyon miktarı bulunmuş olur (Pekin, 2006).

𝐶𝐸𝑚𝑖𝑠𝑦𝑜𝑛𝑢[𝐺𝑔𝐶] = 𝐶 İç𝑒𝑟𝑖ğ𝑖 [𝐺𝑔 ] (3)

Son aşamada ise, oksitlenmiş olan karbon değerini (gerçek karbon emisyon değeri) CO2 değerine dönüştürmek gereklidir. Bunun için CO2’in molekül ağırlığının karbonun molekül ağırlığına oranı (44/12) ile bir önceki adımda bulunan karbon emisyon değeri çarpılır (Denklem 4). Bu son aşamada bulunan değer yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan gerçek CO2emisyonu miktarıdır(IPCC, 1996c; IPCC, 1996a).

𝐶𝑂2 [𝐺𝑔𝐶𝑂2 ] = 𝐶𝐸𝑚𝑖𝑠𝑦𝑜𝑛𝑢[𝐺𝑔𝐶] × ( 44/12 ) (4)

# 3.BULGULAR

Çalışmada IPCC metodolojisine göre, EGO otobüs filosuna ait veriler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Ankara kentinde EGO otobüs filosunun 5 ayrı bölge için bir yılda kentte neden olduğu emisyon miktarı hesaplanmıştır. Kullanılan veriler EGO Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. IPCC Metodolojisi kullanılarak Tablo 5’te bölgelere göre araçların bir yılda yapmış olduğu km ve bir yılda araçların yakıt türüne göre tükettikleri yakıt miktarı hesaplanmıştır.

Tablo 5:Ankara Kentinde Bir Yılda EGO Otobüs Filosu Araçlarının Yakıt Kullanımı

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **BÖLGELER** | **TOPLAM SEFER SAYISI** | **YAKIT TÜRÜNE GÖRE YAPILAN YOLCULUK(KM)** | **YILLIK YAKIT TÜKETİMİ** |
| **CNG** | **DİZEL** | **CNG(M3)** | **DİZEL(Lt)** |
| 1.BÖLGE | 265.481 | 5.650.886 | 4.759.980 | 3.842.602 | 3.189.186 |
| 2.BÖLGE | 658.910 | 8.113.695 | 6.520.595 | 5.517.313 | 4.368.798 |
| 3.BÖLGE | 504.315 | 6.881.023 | 11.214.927 | 4.679.096 | 3.134.994 |
| 4.BÖLGE | 490.000 | 10.737.755 | 6.979.540 | 7.301.673 | 4.892.121 |
| 5.BÖLGE | 821.292 | 24.608.784 | 14.875.459 | 16.733.973 | 11.211.761 |
| **TOPLAM** | **2.739.998** | **55.992.144** | **44.350.504** | **38.074.657** | **26.796.862** |

Bu çalışmada kullanılan Tier 1 yönteminde belirtildiği gibi 5 adım izlenmiştir. Sırasıyla bu adımlar öncelikle EGO’ya ait yıllık yolculuk verilerinden yola çıkılarak 5 bölgeye uygulanmıştır. Öncelikli olarak sefer sayısı ve yolculukların hat uzunluğu verisi çarpılarak toplam uzunluk verisine ulaşılmıştır. Daha sonrasında yakıt türüne göre ayrılan yol uzunluğu kullanılan yakıtların yoğunluğu hesaba katılarak yakıt tüketimi verisine ulaşılmıştır. Çalışmada enerji tüketimi verisine ise yakıt tüketimi, yakıtların dönüşüm faktörü standardı ve 10-3 çarpılarak bulunmuştur. Enerji tüketimi ve karbon emisyonu faktörü çarpılarak karbon içeriği verisine ulaşılmıştır. Bulunan karbon içeriği değeri 10-3 ile çarpılarak karbon içeriği verisine ulaşılmıştır. Daha sonrasında ise gerçek karbon emisyonu verisine ulaşmak adına oksitlenen karbon yüzdesi(yakıt türüne göre değişir) ve karbon içeriği çarpılmıştır. Son adım olarak gerçek karbon emisyonu ve 44/12 sayısı çarpılarak gerçek karbon emisyonu değerine ulaşılmıştır.

 Yapılan hesaplama sonucunda kentiçi ulaşımda EGO otobüs filosunun tükettiği 38.074.657 metreküp doğalgazdan toplam 70 Gg CO2emisyonu oluştururken 26.796.862 litre motorin ise kentte toplam 69,7Gg CO2emisyonu oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 6 ve Tablo 7’de Ankara kentinde EGO otobüslerinin CO2 emisyon hesabı görülmektedir. Her bölge için CO2 emisyonu hesabı yapılmıştır.

Tablo 6: Bölgelere Göre Dizel Araçların Karbon Emisyon Hesabı



Tablo 7: Bölgelere Göre Doğalgazlı Araçların Karbon Emisyon Hesabı





Şekil 3: EGO Otobüslerinin 1 Yılda Yolculuklarda Tükettiği Yakıt Türü Ve Yakıt Türlerinin Karbon Emisyonuna Ait Grafikler

Yapılan hesapların sonucunda EGO otobüslerinin bir yıl içinde yaptığı yolculukların yaklaşık %56’sı CNG’li araçlar ile yapılırken, yaklaşık %44’ü ise dizel araçlar ile yapılmaktadır. Fakat çıkan sonuçlara bakıldığında karbon emisyonu değerleri eşittir (Şekil 3). Bu nedenle doğalgazlı araçların dizel araçlara oranla daha çevreci olduğunu söylemek mümkündür. EGO fiosunun neden olduğu karbon emisyonunu ağaç cinsinden açıklamak gerekirse, bir yılda EGO otobüslerinin neden olduğu karbon emisyonunu nötrlemek için yaklaşık 340.000 adet ağaç dikilmelidir.

# 4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Nüfus artışı ve kentleşme sonucunda otomotiv sanayisinde sürekli büyüme ve buna bağlı olarak kentsel alanlarda ulaşım araçlarında küresel bir artış görülmektedir. Ulaşımda direkt ve dolaylı yollardan karbon emisyonu görülmektedir. Bu durum sürekli kent atmosferine sera gazı salımına neden olmaktadır. Kirleticilerin kent merkezlerinde yoğunlaşması sonucunda topoğrafik koşullarla birleşerek özellikle kentlerde canlı sağlığını tehdit eden sonuçlara yol açmaktadır. Ulaşım sektöründeki karbon emisyonunun yaklaşık %70’i karayolu ulaşımından kaynaklanmaktadır. Her geçen gün özel taşıt sahipliliği artmaktadır. Bu durum 2030 yılına gelindiğinde dünya üzerinde 1 milyar kadar taşıt olması beklenmektedir. Bu durum doğal kaynaklar ve dünya üzerinde çok büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Birçok bilim insanı bu durumun önüne geçmek için çözümler aramaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında, Ankara kentinin kentiçi ulaşımda EGO Otobüs Filosunun karbon ayak izi hesabı hesaplanmıştır. IPCC metodolojisi kullanılarak hesaplanan karbon emisyonu bu çalışmada Tier 1 yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, araçların motor teknolojisi verisine ulaşılamadığı için Tier 2 ve Tier 3 yöntemi yerine emisyon hesabında temel yaklaşım olan Tier 1 yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada küresel iklim değişikliği ile ilgili kamusal ve hukuki çerçeve açıklanmıştır. Bu kavramlardan yola çıkarak sera gazı emisyonu, karbon ayak izi gibi birçok kavramın önemi anlatılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de karbon salımının yıllara göre değişiminden bahsedilmiştir. Ankara’da kentiçi ulaşımda yıllara göre araç sahipliliğinin değişimi açıklanmış, Ankara’daki kentiçi ulaşımda toplu taşıma araçlarının önemi belirtilmiştir. EGO otobüs filosunun özellikleri anlatılmıştır. Çalışmada IPCC metodoloji kullanılarak EGO otobüslerinin atmosfere saldığı emisyon hesaplanmıştır.

Kentiçi ulaşım sisteminin neden olduğu karbon emisyonunun azaltılması ve çevreye uyum ancak sürdürülebilir ulaşım ile sağlanabilir. Sürdürülebilir ulaşım için kullanılan araçların kente ve doğaya olan etkileri minimize edilmelidir. Bunu yapabilmek içinde toplumsal işbirliğini politika ve planların her aşamasında gerçekleştirmek gerekir. Fosil yakıt kullanımını azaltmak mutlaka karbon ayak izini küçültmek için fayda sağlayacaktır. Radikal bir değişim ancak fosil yakıt kullanımından yenilenebilir kaynaklara geçiş ile sağlanacaktır. Bu nedenle kentiçi ulaşım sisteminde kullanılan araçların yakıt türünün hibrit-elektirikli araçlara geçilmesini teşvik eden politikaların yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ankara’da 2021 yıında Bel-Ka Çalışanları Yardımlaşma Derneği(BELKA A.Ş) tarafından 100 adet dizel araç dönüştürülerek elektrikli hale getirilmiştir. Bu gibi uygulamaların arttırılması adına çalışmaların teşvik edilmesi ve yerel belediyelerin merkezi yönetim tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Kentiçi ulaşımdan kaynaklanan, karbon emisyonu miktarını düşürmek için bazı önerilerde bulunmak gerekirse; İlk olarak kullanılan araçların motor teknolojisini iyileştirmek vekullanılan yakıt türünü değiştirmek gerekir. Fosil yakıt kullanımı yerine % 100 elektrikli araçlar kentiçi ulaşımda kullanılırsa kentteki hava kirliliği oranı düşecektir. Alternatif yakıt kullanımının yaygınlaştırılması adına kentte vergilendirmelerin getirilmesi kullanıcılar tarafından caydırıcı olacaktır. Eski model araçların trafikten men edilmesi, emisyon muayenelerinin düzenli yapılması adına cezalandırmaların getirilmesi, araçlar için belli bir emisyon sınırı getirilmesi üstüne çıkan kentlilerin emisyon oranına göre ağaç dikmesi gibi öneriler sıralanabilir.

Özetlemek gerekirse iklim değişikliği günümüzün en büyük sorunlarından biridir. Ancak küresel işbirliği ile, iklim değişikliği kontrol altına alınabilir. Sera gazı üretimi fosil yakıt kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle ulaşımda radikal kararlar alarak fosil yakıt kullanımını ortadan kaldırmak gerekir. Bu çalışmada Ankara kentinde EGO otobüslerinin bir yılda kente ve doğaya verdiği zarar Tier 1 yöntemi ile hesaplanmıştır. Eşdeğerlik cinsinden ağaç miktarı ile ifade edilerek toplu taşımanın neden olduğu zarar ortaya konmuştur. Sürdürülebilir bir gelecek için öncelikli olarak küresel, ulusal ve kentsel politikaların üretilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle üst ölçekten alt ölçeğe iklim değişikliği ile ilgili stratejik planlar yapılmalıdır. Kent özelinde toplu taşıma kullanan kentli sayınının arttırılması adına teşviklerin arttırılması, kentler için ulaşım ana planlarının yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda toplu taşımada kullanılan tüm araçları %80 oranında daha az yakıt maliyeti olan elektrikli araçlara dönüştürerek emisyon miktarını minimum seviyeye indirmek ve kentlinin farkındalığını arttırmak amaçlanmalıdır. Teşvik politikaları ön planda tutularak kentli bilinçlendirilmeli sürdürülebilir bir ulaşım hedefi doğrultusunda ekolojik fayda arttırılmalıdır.

**KAYNAKLAR**

1. Akbulut F. E.,(2009). *İklim Değişikliğinde Alternatif Politikaların Etkinliği*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 1-100.
2. Akkoç S., Genç B., (2020). Sürdürülebilir Ulaşım: COVID-19 Sonrası Trendler, Sorunlar ve Çözümler, *Ekoiq*, (20), 32-40. Erişim Adresi: https://ekoiq.com/2020/09/29/surdurulebilir-ulasim-covid-19-sonrasi-trendler-cozumler-ve-sorunlar/
3. Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü, (2020). 2020-2024 Stratejik Plan. EGO Genel Müdürlüğü, Ankara, 29-45.
4. Ankara Büyükşehir Belediyesi, Türkiye'nin İlk Dönüştürülmüş %100 Elektrikli Otobüsünü Üretti, (2021, 19 Mart). Erişim Adresi: https://www.webtekno.com/ankara-donusturulmus-yuzde-yuz-elektrikli-otobus-h106770.html
5. Atabey T. (2013). Karbon *Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1-84.
6. Arıkan, Y., (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi, *REC Türkiye Yayınları*, Ankara,1-62
7. Aydemir, T. (2014). *Elektrikli Araçların Çevresel Etkilerinin ve Yakıt Avantajlarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-96.
8. Babalık-Sutcliffe E., “Ulaştırma Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu”, 4(2010).
9. Bıyık, Y.,(2018). *Isparta İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 1-89
10. Cartenì A.,Henke I., Molitierno C. andDiFrancesco, L. (2020). Strong Sustainability in Public Transport Policies: An e-Mobility Bus Fleet Application in Sorrento Peninsula (Italy),*Sustainability, 12(17), 7033.* doi:10.3390/su12177033
11. ÇŞB,(2011). İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı(ÇŞB),* 54-68.
12. Ercoşkun, Ö.Y. ve Karaaslan, Ş. (2009), “Geleceğin Ekolojik Ve Teknolojik Kentleri”, *YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi,* 3(3), 283-296.
13. Intergovernmental Panel On ClimateChange (IPCC), (2006b). IPCC Guidelines for National Gas Inventories. *Intergovernmentel Panel on ClimateChange*, 2(3), Paris.
14. Bekiroğlu, O., Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi, Erişim Adresi: http://www.emo.org.tr.
15. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), 2019. Petrol Piyasası Yıllık Sektör Raporları. Erişim Adresi: http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Petrol/YayinlarRaporlar/Yillik, Son Erişim Tarihi:02.03.2020.
16. Global Carbon Atlas, Erişim Adresi:http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissionsA, Son Erişim Tarihi: 16.12.2020
17. Gündoğan, A.C. (2016). Paris Anlaşması Sonrası – IPCC Öncelikleri. Erişim Adresi:http://ekoiq.com/paris-anlasmasi-sonrasi-ipcc-ve-oncelikleri/, Son Erişim Tarihi: 03.01.2021
18. TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu),  Kullanılan Yakıt Türüne Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı, Erişim Adresi: https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1, Son Erişim Tarihi: 01.01.2021
19. TÜİK(Türkiye İstatistik Kurumu) - Motorlu Kara Taşıt Sayısı,(2021, 19 Mart). Erişim Adresi: https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1, Son Erişim Tarihi: 01.01.2021
20. Wikipedia- Kyoto Protokolü, Erişim Adresi:https://tr.wikipedia.org/wiki/Kyoto\_Protokol%C3%BC
21. Kadıoğlu, M. (2007). Küresel İklim Değişimi ve Türkiye, *Mühendis ve Makine*, 50(593), İstanbul, 15-25.
22. Koca, H. ve Elbir, T. (2013). Bir Üniversite Yerleşkeşi İçinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi (HKAD)* 2, 45-54.
23. Özsoy Erden, C. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi*., Emek ve Toplum,* 4, 199-215.
24. Pekin, M.A. (2006). *Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 99s İstanbul.
25. Semercioğlu, H. (2011). *“Hibrit Otobüslerin Şehiriçi Koşullarda Seyir Hali Emisyonlarının ve Yakıt Ekonomilerinin İncelenmesi”,* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1-14.
26. TUİK(Türkiye İstatistik Kurumu) Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018 sayı: 33624, Mart 2020, (2020)
27. Türkeş, M. (2000). “ Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma”, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Ankara, Seminerler Dizisi: 1, 187-205.
28. Uçarol, H., Kural, E., “Ulaşımda Enerji Verimliliği İçin Hibrit ve Elektrikli Araçlar”, *Mühendis ve Makine*, 50(594):66-68, 69(2010)
29. Varol S., Öztürk Z. ve Öztürk O. (2018). İstanbul’da Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi*, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 367-386.
1. Gazi Üniversitesi, Türkiye, ebrugolle@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9861-6748 [↑](#footnote-ref-2)
2. Prof. Dr. Özge Yalçıner Ercoşkun , Gazi Üniversitesi, Türkiye, ozgeyal@gazi.edu.tr. ORCID ID 0000-0003-2734-0374

\*ebrugolle@gmail.com [↑](#footnote-ref-3)