



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY İLİNDE KARAYOLU KAYNAKLI KARBON AYAK
İZİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samed AKSOY

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

AKSARAY, 2023



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY İLİNDE KARAYOLU KAYNAKLI KARBON AYAK
İZİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samed AKSOY

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK**

AKSARAY, 2023

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 202301416 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, Samed AKSOY, tarafından hazırlanan “**AKSARAY İLİNDE KARAYOLU KAYNAKLI KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gamze SÖNMEZ

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İlker BALCILAR

Üniversite Adı: Eskişehir Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 17/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Samed AKSOY

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK'a, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen BOTAŞ TUZ GÖLÜ PROJE MÜDÜRÜ Sayın İlker BEKTAŞOĞLU'na ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli eşim Merve AKSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Samed AKSOY

AKSARAY, 2023

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çevre	2
1.1.1 Çevre kirliliği.....	2
1.1.1.1 Fiziksel kirlenme.....	3
1.1.1.2 Kimyasal kirlenme	3
1.1.1.3 Biyolojik kirlenme	3
1.1.1.4 Toprak kirliliği	3
1.1.1.5 Su kirliliği	4
1.2 Hava Kirliliği.....	5
1.2.1 Motorlu taşıtlardan kaynaklı hava kirliliği	6
1.2.2 Sanayiden kaynaklı hava kirliliği	7
1.2.3 Isınmadan kaynaklı hava kirliliği	8
1.3 Küresel Isınma.....	9
1.3.1 Sera gazları	10
1.3.1.1 Karbondioksit (CO ₂)	10
1.3.1.2 Diazot monoksit (N ₂ O)	11
1.3.1.3 Metan (CH ₄).....	11
1.3.1.4 Florlu bileşikliler.....	12
1.4 Karbon Ayak İzi	12
1.4.1 Türkiye’de karbon ayak izi.....	12
1.5 Aksaray İlinin Mevcut Durumu	14
1.5.1 Aksaray ilinin hava kirliliği açısından değerlendirilmesi.....	14
1.5.2 Aksaray ilinde karayolu kaynaklı hava kirliliğinin durumu	18
2. KAYNAK ÖZETLERİ	19
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1 Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemleri	24
3.1.1 IPCC metodolojisi	24
3.1.2 IPCC tier yöntemleri.....	24
3.1.2.1 Tier 1 yöntemi.....	25
3.1.2.2 Tier 2 yöntemi.....	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI TARTIŞMA	28
4.1 Tier 1 Yöntemiyle CO ₂ Emisyonu Hesaplanması	28
4.2 Tier 2 Yöntemiyle CO ₂ Emisyonu Hesaplanması	43
4.3 Hesaplanan Sonuçların Karşılıklı Değerlendirilmesi	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKÇA	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY İLİNDE KARAYOLU KAYNAKLI KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

Samed AKSOY

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

ÖZET

Çevremiz ve doğal kaynaklar sürekli gelişen teknoloji, hızlı nüfus artışı, farklılaşan tüketim alışkanlıkları, bireysel ve sosyal refah seviyesindeki artışın gittikçe artan etkilerine maruz kalmakta ve istemeyerek de olsa doğal denge tahribata uğramaktadır. Enerji üretimi sonucunda ortaya çıkan gazlar, yani sera gazları atmosfere salınarak atmosferik kirliliğe ve sera etkisine neden olduğundan bu tahribatta enerji üretimi en önde gelen sebebi oluşturmaktadır. Taşıt motorlarında yakılan akaryakıt atmosfere salınarak atmosferik kirliliğe neden olmaktadır, bu nedenle çevre kirliliğinde önemli bir yere sahip olan karbon ayak izlerinin hesaplanarak gerekli önlemlerin alınması kaçınılmaz hale gelmektedir.

Bu çalışmada CO₂'nin neden olduğu karbon ayak izinin Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken IPCC'nin Tier I ve Tier II metodu kullanılmıştır. Bu çalışma 2016, 2017, 2018, 2019 ve 2020 yıllarında Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izini belirtmesinin yanı sıra, yıllar arasında bir kıyaslama ve belirlenen zaman aralığında CO₂ miktarının değişimlerini analiz etme imkanını da sağlamaktadır. Bu çalışma Aksaray ilinde yapılmış ilk kapsamlı karayolu kaynaklı karbon ayak izinin belirlenmesi çalışmasıdır. Hesaplama sonuçlarına göre 2016 ve 2020 yılları arasında toplam karbon ayak izi miktarı Tier 1 metoduna göre sırasıyla 456.986,99 ton, 479.602,77 ton, 621.087,01 ton 742.941,29 ton ve 752.550,97 ton, Tier 2 metoduna göre ise 600.463,75 ton, 666.158,04 ton, 644.697,45 ton, 644.359,16 ton ve 660.704,17 tondur.

Anahtar Kelimeler: Çevre, Sera Gazı, Karbon Ayak İzi, Yenilenebilir Enerji.

Ocak, 2023; 69 sayfa

M.Sc. THESIS

**DETERMINATION OF CARBON FOOTPRINT FROM HIGHWAY IN
AKSARAY**

Samed AKSOY

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

ABSTRACT

Our environment and natural resources are being exposed to cumulative effects of ever-developing technology, rapid population growth, diversified habitual consumption, progressive social and individual welfare, hence a destruction in natural balance albeit unintentionally. Generation of energy is among the foremost causes of this destruction, as gases, namely greenhouse gases ingenerated in consequence of energy generation and exhausted to atmosphere cause atmospheric pollution and greenhouse effect. Gases generated as a result of fuel combustion at vehicle motors are exhausted into the atmosphere and cause atmospheric greenhouse effect, thus it becomes inevitable to figure out carbon footprints which have a considerable concern in environmental pollution and take nec.

In this study, calculations of highway-origin pollution caused by CO₂, carbon footprint, in AKSARAY Province were made. IPCC Tier I and Tier II methods were used at calculations. Besides determining highway-origin carbon footprints in the last 5 years in Aksaray Province, study results also enable inter-annual comparison and analysis and CO₂ quantity variation within defined time period. This study is the first broad-based highway-origin carbon footprint determination study in Aksaray Province. According to the calculation results, the total carbon footprint amount between 2016 and 2020 is 456.986,99 tons, 479.602,77 tons, 621.087,01 tons 742.941,29 tons and 752.550,97 tons according to Tier 1 method, respectively, and 600.463,75 tons, 666.158,04 tons, 644.697,45 tons, 644.359,16 tons and 660.704,17 tons according to Tier 2 method.

Keywords: Environment, Greenhouse Gas, Carbon Footprint, Renewable Energy.

January, 2023; 69 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Toprak kirlenmesi örneği.....	4
Şekil 1.2. Su kirlenmesi örneği.....	5
Şekil 1.3. Son 18 yılın motorlu taşıt araç sayısı.....	7
Şekil 1.4. 2019 ve 2020 yılları konut Doğal Gaz tüketimi Milyon Sm ³	8
Şekil 1.5. Sera gazlarının neden olduğu sera etkisi	10
Şekil 1.6. Türkiye’de karbon ayak izi.....	13
Şekil 1.7. Türkiye’de kişi başına düşen karbon ayak izi.....	14
Şekil 1.8. Aksaray ilinde bulunan hava kirliliği ölçüm cihazlarının yerleri.	16
Şekil 4.1. Aksaray ili 2016 yılı akaryakıt dağılımı.	28
Şekil 4.2. Aksaray ili 2017 yılı akaryakıt dağılımı.	29
Şekil 4.3. Aksaray ili 2018 yılı akaryakıt dağılımı.	30
Şekil 4.4. Aksaray ili 2019 yılı akaryakıt dağılımı.	31
Şekil 4.5. Aksaray ili 2020 yılı akaryakıt dağılımı.	32
Şekil 4.6. 2016 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.....	34
Şekil 4.7. 2017 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.....	36
Şekil 4.8. 2018 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.....	38
Şekil 4.9. 2019 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.....	40
Şekil 4.10. 2020 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.....	42
Şekil 4.12. 2017 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.....	53
Şekil 4.13. 2018 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.....	55
Şekil 4.14. 2019 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.....	57
Şekil 4.15. 2020 yılı Aksaray CO ₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.....	59
Şekil 4.16. Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izi (ton), tier 1 metodu. .	60
Şekil 4.17. Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izi (ton), tier 2 metodu. .	61
Şekil 4.18. Karbon ayak izi hesaplama sonuçları Tier 1 ve Tier 2 metodu.	62
Şekil 5.1. Yıllara göre karbon ayak izi.	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Aylara göre Doğal Gaz tüketim verileri (milyon Sm ³).....	9
Çizelge 1.2. Türkiye’de listeye giren ilk 6 şehir.....	13
Çizelge 1.3. Aksaray İlinde 2018 Yılında Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi, Yakıtların Özellikleri ve Bu Yakıtların Temin Edildiği Yerler.....	15
Çizelge 1.4. Aksaray ilinde 2018 yılında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi, yakıtların özellikleri ve bu yakıtların temin edildiği yerler	16
Çizelge 1.5. Aksaray ilinde 2018 yılında kullanılan doğalgaz miktarı.....	16
Çizelge 1.6. 2016-2020 yıllarında Aksaray ilinde trafiğe kayıtlı araçların egzoz emiyon ölçümü verileri.....	18
Çizelge 3.1. Yakıt türlerine ait dönüşüm faktörleri	25
Çizelge 3.2. Yakıt türlerinin CO ₂ emiyon faktörleri	26
Çizelge 4.1. Aksaray ili için 2016 yılı akaryakıt tüketim değerleri	28
Çizelge 4.2. Aksaray ili için 2017 yılı akaryakıt tüketim değerleri	29
Çizelge 4.3. Aksaray ili için 2018 yılı akaryakıt tüketim değerleri	30
Çizelge 4.4. Aksaray ili için 2019 yılı akaryakıt tüketim değerleri	31
Çizelge 4.5. Aksaray ili için 2020 yılı akaryakıt tüketim değerleri	32
Çizelge 4.6. Aksaray ili 2016 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	33
Çizelge 4.7. Aksaray ili 2016 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	33
Çizelge 4.8. Aksaray ili 2016 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	34
Çizelge 4.9. Aksaray ili 2017 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	35
Çizelge 4.10. Aksaray ili 2017 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	35
Çizelge 4.11. Aksaray ili 2017 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	36
Çizelge 4.12. Aksaray ili 2018 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	37
Çizelge 4.13. Aksaray ili 2018 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	37
Çizelge 4.14. Aksaray ili 2018 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	38
Çizelge 4.15. Aksaray ili 2019 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	39
Çizelge 4.16. Aksaray ili 2019 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	39
Çizelge 4.17. Aksaray ili 2019 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	40
Çizelge 4.19. Aksaray ili 2020 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	41
Çizelge 4.20. Aksaray ili 2020 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	42
Çizelge 4.21. Aksaray İl’inin araç sayıları, akaryakıt ve sınıflarına göre dağılımı ...	44
Çizelge 4.22. Aksaray İli araçların ortalama Km menzilleri	44
Çizelge 4.23. Araçların 100 km’deki ortalama yakıt tüketimleri	44
Çizelge 4.24. Tier 2 metodu ile Benzinli araçların akaryakıt tüketimi hesabı.....	46
Çizelge 4.25. Tier 2 metodu ile LPG’li araçların akaryakıt tüketimi hesabı.	46
Çizelge 4.26. Tier 2 metodu ile Dizel otomobil araçların akaryakıt tüketimi hesabı.....	47
Çizelge 4.27. Tier 2 metodu ile Dizel minibüs araçların akaryakıt tüketimi hesabı..	47
Çizelge 4.28. Tier 2 metodu ile Dizel otobüs araçların akaryakıt tüketimi hesabı. ...	48
Çizelge 4.29. Tier 2 metodu ile Dizel kamyonet araçların akaryakıt tüketimi hesabı.....	48
Çizelge 4.30. Tier 2 metodu ile Dizel kamyon araçların akaryakıt tüketimi hesabı..	49
Çizelge 4.31. Aksaray ili 2016 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	50
Çizelge 4.32. Aksaray ili 2016 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	51
Çizelge 4.33. Aksaray ili 2016 yılı LPG CO ₂ emiyon hesabı değerleri	51
Çizelge 4.34. Aksaray ili 2017 yılı benzin CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	52
Çizelge 4.35. Aksaray ili 2017 yılı dizel CO ₂ emiyon hesabı değerleri.....	52

Çizelge 4.36. Aksaray ili 2017 yılı LPG CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	53
Çizelge 4.37. Aksaray ili 2018 yılı benzin CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	54
Çizelge 4.38. Aksaray ili 2018 yılı dizel CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	54
Çizelge 4.39. Aksaray ili 2018 yılı LPG CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	55
Çizelge 4.40. Aksaray ili 2019 yılı benzin CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	56
Çizelge 4.41. Aksaray ili 2019 yılı dizel CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	56
Çizelge 4.42. Aksaray ili 2019 yılı LPG CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	57
Çizelge 4.43. Aksaray ili 2020 yılı benzin CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	58
Çizelge 4.44. Aksaray ili 2020 yılı dizel CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	58
Çizelge 4.45. Aksaray ili 2020 yılı LPG CO ₂ emisyon hesabı değerleri.....	59
Çizelge 5.1. Türkiye ve Aksaray karayolu kaynaklı karbon ayak izi değerleri ton...	63



SİMGELER VE KISALTMALAR

BM	Birleşmiş Milletler
CO	Karbonmonoksit
CO₂	Karbondioksit
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
Gg	Gigagram
GHG	Sera Gazı
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
Kg	Kilogram
LPG	Likit Petro Gaz
O₃	Ozon
PM	Partikül Madde
SO₂	Kükürt Dioksit
t	Ton
TJ	Tera Joule
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz gezegende günden güne artan çevre sorunları önemli bir boyuta ulaşmıştır. Bu sorun önemli ölçüde büyümektedir ki insan sağlığını ve doğal ortamı tehdit etmektedir. Çevre kirliliğinin ana unsurlarından olan hava kirliliği ise bu tehdidin en başında gelmektedir. En genel tanımıyla hava kirliliği, çeşitli kaynakların meydana çıkarmış olduğu emisyonların havada asılı kalarak doğal yapının bozulmasıdır. Kirlilik aslında havada su buharı, gaz ve koku türünde bulanabilir ki bu da en başta insanlara ve diğer canlılara veya doğal ortama tehdit edecek şekilde gerçekleşir.

Başlangıcı sanayi devrimi olan ve fosil yakıtların tüketilmesinin artışına eş zamanlı olarak yükselen bir seyrinde giden atmosferik kirlilik, ne yazık ki içinde bulunduğumuz zamanda küresel seviyede yaşanan çok büyük çevre sorunları olmaktan kurtulamamıştır. Kirletici gazlar sınıfına karbondioksit de dahil edilecek olunursa, havadaki konsantrasyonları gün geçtikçe artan kirletme etkisine sahip gazlar, küresel ölçekte en önemli sorun olan iklim değişikliği ve çevre sorunlarını meydana getirmiştir. Karbondioksit gazı aslında kirletme etkisinde ziyade, havada tutulma özelliği vardır. Bu tutulma sonucunda güneş ısıları yansması yeterince sağlanamadığından iklim değişiklikleri meydana gelmektedir. Dolayısıyla karbondioksit gazının yapmış olduğu kirlilik veya sera etkisi, özellikle sanayi tesislerinden, motorlu taşıtların petrol ürünlerini yakarak emisyon çıkarmasından ve konutlarda ısınma amaçlı yakılan yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Tüm bu faaliyetler sonucu sera etkisi açığa çıkmaktadır (Alkan, 2018).

Havadaki sera etkisine neden olan kirletici gazların oranındaki süratli artış ile meydana gelen bu problemler iklim değişikliği diye tabir edilen çölleşme, doğal kaynakların yok olması ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi dünya çapında bir sorun oluşturmaktadır. Sera etkisini meydana getiren bu gazları, insanlar yapmış olduğu faaliyetler sonucunda açığa çıkarmaktadır. Bunun sonucu olarak karbondioksit gazının üzerinde incelemeler başlatılmış olup karbon ayak izi fikri geliştirilmiştir (Gökçek vd., 2019).

Bu çalışmada, ulaşımdan kaynaklı meydana gelen, sera gazlarının içinde önemli bir yeri olan, CO₂ emisyon bazlı karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. IPCC tarafından

yayınlanmış ve Tier metotlarıyla belirlenmiş olan metodoloji kullanılarak Aksaray ilinde son 5 yıla ait (2015-2020) yılları arasında karayolundan (motorlu taşıtlardan) kaynaklı karbon ayak izi hesaplanmıştır.

1.1 Çevre

Çevre kavramı gün geçtikçe hayatımızda önem arz eden bir terim olmuştur. Çevrenin sınırlamasını yapmak oldukça güç olmakla beraber, sosyal disiplinden doğal faktörler disiplinine aktarılan bir kavramdır (Olhan, 2012).

Doğal çevrede, insan faaliyetleri cansız varlıklar üzerinde dolaylı veya dolaysız bir etkide bulunabilmektedir. En geniş yaklaşımıyla çevre, insanların ve diğer canlıların birbiri içinde sosyal etkileşim oluşturduğu fiziki, biyolojik ve toplumsal ortamlardır (URL-1).

1.1.1 Çevre kirliliği

Çevrenin canlı öğelerinin, olumsuz yönde etkileyen yaşamsal faaliyetlerini, cansız öğeler üzerinde kalıcı zararlar verebilen ve özelliklerini olumsuz yönde etkileyen kirli maddelerin suya, toprağa ve havaya nüfuz etmesine ya da bir başka deyişle absorbe olmasına çevre kirliliği denir (URL-2).

Süratle artan nüfus sayısı insani ihtiyaçları arttırmakta, bunun sonucunda da doğaya verilen çevre zararı artmaktadır. Daha çok insan, daha çok araç kullanacak, daha çok plastik şişede su içecek veya daha çok ısınma için kömür kullanacak. Aslında insan kendi temel ihtiyaçları için uzun vade de bir çevre kirliliği oluşturduğu kaçınılmazdır. Toprağı, havayı ve suyu kirleten insanlar, bu kirliliği minimize etmek için gerekli aksiyonları almaz ise tüm canlılar doğrudan veya dolaylı şekilde en başta sağlık olmak üzere kuraklık, çölleşme, sel felaketi vb. doğal afetler karşısında yenik düşeceği kaçınılmazdır.

Çevre kirliliğini daha detaylı bir yaklaşımla inceleyecek olursak, doğal tabiat belirli bir düzen içindedir ki bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere mensuptur. İşte bu nedenden dolayı fiziksel, kimyasal ve biyolojik çevre kirlenmesi sınıflaması yapılabilir.

1.1.1.1 Fiziksel kirlenme

Fiziksel kirlenme aslında bir şekil değişme olayıdır. Zira gören maddenin iç yapısı bozulmadan sadece görüntü değişmesidir. Çevre kirliliği açısından fiziksel kirlenme de hava, toprak ve suyun bir kısmının ya da tamamının canlı sağlığını tehdit edecek, negatif yönde etkileyecek şekilde biçiminin değişmesi veya şeklinin değişmesi olayıdır.

1.1.1.2 Kimyasal kirlenme

Çevre açısından kimyasal kirlilik sanayide kullanılan maddelerden kaynaklı bir takım element ve maddelerin diğer alıcı ortamlara nüfuz etmesiyle oluşur. Bu kirlenme genelde tahmin edilemez olup bazen toksik yani zehirli bazen de öldürücü olabilir. Buna bağlı olarak bu kirlenme kontrolsüz kimyasal kullanımından kaynaklanmaktadır. Şunu açıkça ifade edebiliriz ki bütün kirlilik türleri kimyasal bir kökene sahiptir. Diğer bir ifade şekliyle bütün bulaşmalar, zararlı olan maddelerin yabancı olan alıcı ortamlara absorbe olmasıdır.

1.1.1.3 Biyolojik kirlenme

Doğal çevreyi meydan getiren ve çevre kirliliğinin üç ana etmeni olan hava, su ve toprağın değişik mikroorganizmalarla kirlenmesi sonucu biyolojik kirlenme oluşur. En genel açıdan bakılırsa bu üç ana etmen aslında insan sağlığını tehdit eden boyutlar ulaşabilir. Su, hava ve toprak kirlenmesi doğrudan veya dolaylı hastalık sebebi olabileceği gibi hastalıkların gidişatını da negatif yönde etkileyebilir (İbadullayeva vd., 2019).

1.1.1.4 Toprak kirliliği

Toprak kirliliği insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duyduğu bazı zorunlu faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirlilikten toprağın etkilenmesidir. Bu bağlamda toprağın jeolojik, fiziksel, biyolojik ve kimyasal yapısı bozulabilir. Bahse konu bu kirlilik zirai mücadele ilaçları, toprağa aşırı gübre bırakılması, uygun olmayan tarım metotları, katı atıklar, tehlikeli ve toksik maddelerin toprağa atılması sonucunda meydana geldiği açıktır (Türküm, 1998).

İçinde bulunduğumuz zamanda kirliliğin tüm dünyada büyük sorun arz ettiği kaçınılmaz bir gerçektir. Toprağı kirleten en önemli ve bilinen maddeler kurşun, kadmiyum, arsenik, nikel ve cıva gibi ağır metalleri sıralayabiliriz (Şekil 1.1). Bunların yanı sıra tarımsal mücadele ilaçları ve radyoaktif maddelerde toprağı yüksek oranda kirletirler (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).



Şekil 1.1. Toprak kirlenmesi örneği (URL-3).

1.1.1.5 Su kirliliği

İnsan vücudu yaklaşık olarak %70 sudan oluşur. İnsanlar su içmeden iki veya üç gün yaşayabilirler. Birtakım hastalıklar, insan bedenindeki suyun azalmasında sebep olarak, sağlık açısından bir tehlike oluşturabilir. İshal hastalığının meydana getirdiği ölümle sonuçlanmalarda en önemli etken susuzluktur. İnsan vücudunda su, doku ve kan sıvılarının ana ögesidir. İnsan vücudu tüm yaşamsal faaliyetlerini yürütebilmesi için temiz suya ihtiyacı vardır. Hayati öneme sahip olan suyun kirlenmeden hastalığa neden olan mikroorganizmalardan ve zararlı kimyasallardan arındırılarak kullanılması önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak da kullanılmış suların canlılara zarar vermeyecek biçimde uzaklaştırılması sağlıklı yaşam için çok önemlidir (İbadullayeva vd., 2019).

Şehirlerdeki yerleşim bölgelerinde kanalizasyon ile atık su bertaraf edilirken, kırsal bölgelerde ise atık suyun ve diğer atıkların bertarafın da gerek kuru gerekse sulu çukurlar kullanılmaktadır. İmkânı olmayan alt yapısız yerlerde kullanılan suyun veya diğer atıkların doğrudan ya da dolaylı göllere, akarsulara hatta denizlere ulaşması olabilir. Bunun sonucunda yer altı ve yer üstü sularının kirlenmesine sonuç olarak da

bir su kirliliğine neden olunmuş gerçeği açığa çıkar (İbadullayeva vd., 2019) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Su kirlenmesi örneği (URL-4).

1.2 Hava Kirliliği

İnsan olarak akciğerlerimize çektiğimiz havanın temiz olması gerekmektedir. Bu soluduğumuz havanın temizliği sağlımız açısından doğrudan etkilidir. Solunum yaptığımız hava %78 azot, %21 oksijen, %0,9 argon ve %0,03 karbondioksit içerir. Geriye çok düşük oranlarla da olsa %0,001'i metan, neon, helyum, kripton ve hidrojen de vardır. Ayrıca %0,25 su buharı da bunlara ek olarak vardır. Bilindiği üzere, bu gazların içinde yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için insanın, en önemlisi oksijendir. Oksijen oranındaki düşüş, havadaki gazların oranında ki değişkenlik ve havadaki kirletici gazların yoğunluğu hava kirliliği olarak adlandırılır (Kardeşoğlu vd., 2011).

Gün geçtikçe artan teknoloji, insanların yaşam standartlarındaki artışın temel içgüdü ihtiyacı, sanayinin gelişmesi, nüfusun artması ve ulaşımında önemli bir ihtiyaç olduğu günümüzde bunların sonucu olarak beraberinde soluduğumuz havanın içeriği de değişmektedir. 3 ana maddeden kaynaklanan hava kirliliği sanayi, ulaşım ve ısınma dan ziyade topografik yapı, meteorolojik olaylar ve kimyasal dönüşüm süreçleri de iklim ve hava kalitesi üzerinde kötü etkilere neden olmaktadır (URL-5).

Hava kalitesinin bozulması insani faaliyetler sonucu olabileceği gibi aynı zamanda doğal aktiviteler sonucu da olabilir. Şimşek çakması veya ormanlarda çıkan yangınlar havada ki azotun artmasına sebebiyet verir. Zaman zamanda ev yangınlarını, fabrika

yangınları, bilinçli yakılan ateşler, ev bacalarından çıkan dumanlar, motorlu taşıtların egzozundan çıkan emisyonlar atmosfere yüksek oranda karbon monoksit, nitrik asit ve kükürt dioksit vb. zehirli gazlar salınımına sebep olur. Sonuç olarak insanın kendi elleriyle yaptığı hava kirliliğinde ziyade, doğal yollarla da bir kirlilik oluştuğu açıktır. Unutulmamalıdır ki, doğal yollarla oluşan hava kirliliği her zaman, insanın kirlettiği havadan daha düşük orandadır (Koren, 1996).

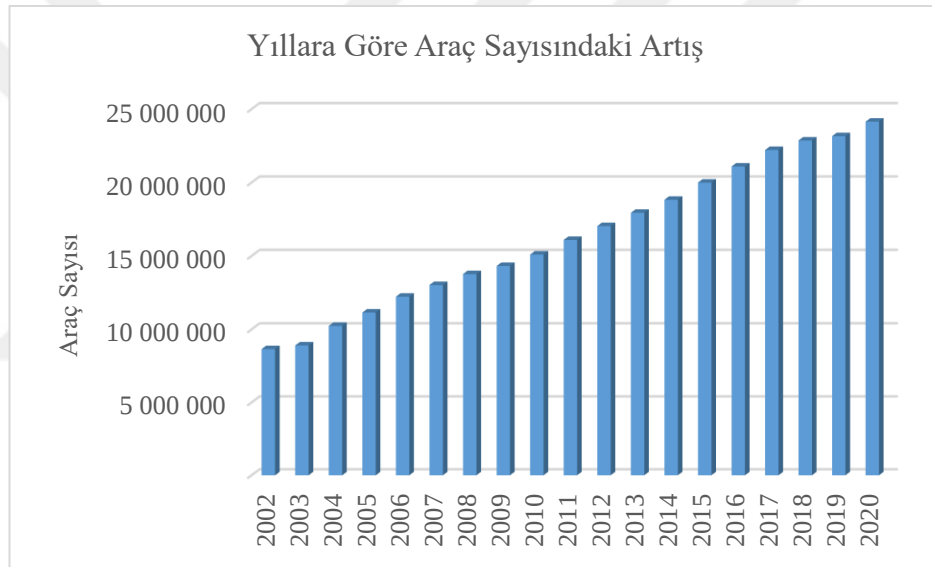
1.2.1 Motorlu taşıtlardan kaynaklı hava kirliliği

Hava kirliliği bilindiği üzere insan sağlığını ve çevre kalitesini önemli ölçüde kötü etkilemektedir. Hava kirliliği oluşurken en önemli etken yanma olayıdır. Dünyada enerji tüketiminin büyük bir bölümü fosil kökenli yakıtların yakılması sonucu meydana gelir. Hava kirliliğinin meydana gelmesinde en önemli paya sahip olan kaynaklardan birisi de içten yanmalı motorlarda yanma sonucu oluşan egzoz emisyonlarıdır. Bunun sonucunda günümüzde sayıları isteğe bağlı veya istek dışı da olsa hızla artan içten yanmalı motorlu taşıtlar hava kalitesi açısından önemli sorunlar doğurmaktadır. Bilhassa kentlerdeki hava kirliliğinin önemli bir bölümüne içten yanmalı motorlu taşıtlar sebep olmaktadır. Bu içten yanmalı motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların özellikleri ve yoğunlukları motor hacmine, motor ayarına, kullanım şekline, yakıt türüne ve hava şartlarına bağlıdır (Çakıroğlu, 1996).

Son dönemlerde artan çevre bilinciyle beraber hava kirliliği de oldukça önem arz etmektedir. Hava kirliliğinin belirli nedenleri sanayi gazları, konut ısıtmalarından kaynaklı meydana gelen gazlar, motorlu taşıtlar ve termik santrallerin emisyonlarıdır diyebiliriz. Hava kirlleticileri içinde motorlu taşıtlardan kaynaklanan ve atmosfere salınan, egzoz emisyonları kirleticiler değerlerinin önemli bir bölümünü kapsamaktadır. İçten yanmalı motorlarda tüketilen fosil kökenli yakıtlar (HC), optimum şartlarda oksijen ile reaksiyona girmesiyle, meydana çıkan emisyonlar karbondioksit (CO₂), azot oksit (NO_x) ve su buharı (H₂O) bileşikleridir. Ancak gerçekte optimum koşulların sağlanması zor olduğundan tam yanma olayı gerçekleşmemekte ve doğal olarak diğer kirleticiler de meydana gelmektedir. Bu kirleticiler: olefinler, parafinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, ketonlar, aldehytler, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x, SCb, kurşun bileşikleri ve partikül maddeler barındırmaktadır (Alkaya ve Yıldırım, 200).

Hava kirliliğine neden olan faktörler arasında şüphesiz motorlu taşıtların etkisi büyüktür. Ülkemizde mevcut durumu inceleyecek olursak: Özellikle büyük şehirlerde hava kirliliğinin artmasındaki en büyük nedenler trafiğe kayıtlı araç sayısının gün geçtikçe artmasıdır. Trafikte araç sayısı ve trafik sıkışıklığı arttıkça ulaşım kaynaklı hava kirleticiler de o oranda artmaktadır.

Türkiye’de motorlu kara taşıtı sayısında önemli derecede artışlar göze çarpmaktadır. TÜİK verilerine göre, 2002 yılında 8.655.170 olan taşıt sayısı 2020 yılı sonu ile 24.144.857’ye çıkmıştır (Şekil 1.3). Son 18 yılda motorlu taşıt sayısı 2,8 kat artmıştır. Unutulmamalıdır ki motorlu taşıtlar yaşlandıkça tükettiği yakıt miktarı arttığı gibi, bununla doğru orantılı olarak kirletici emisyonu da artar (Öztürk, 2017).



Şekil 1.3. Son 18 yılın motorlu taşıt araç sayısı (TÜİK, 2020).

1.2.2 Sanayiden kaynaklı hava kirliliği

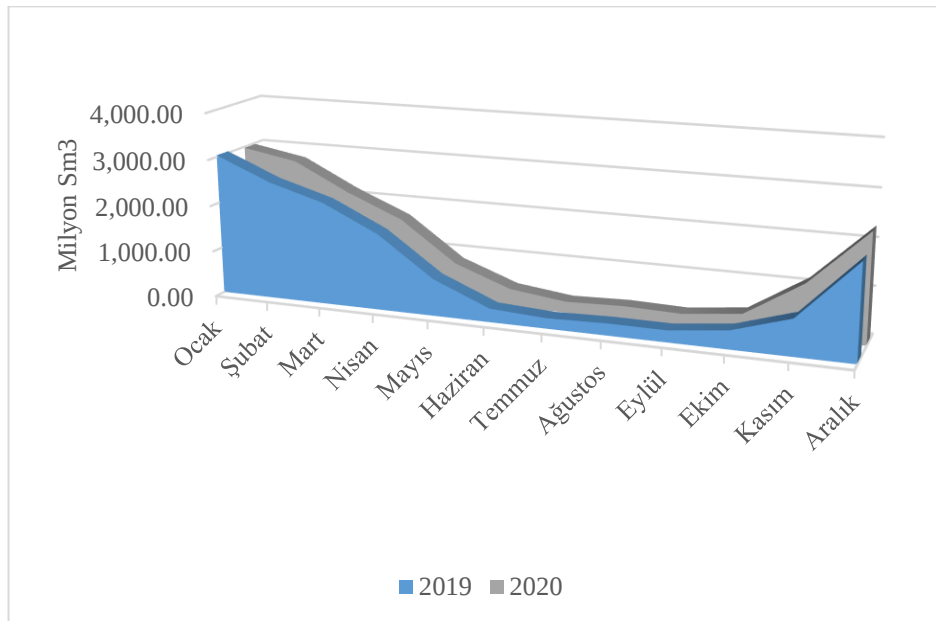
Endüstriyel tesislerin bacalarından salınan kimyasal gazlar, dumanlar ya da tozlar hava kirliliğine neden olmaktadır. Fabrikaların çalışması zorunlu bir ihtiyaçtır fakat önemli nokta şudur ki bu faaliyetler yapılırken çevreye verilen zararı minimuma indirmek ya da çıkan gazlardan geri dönüşüm yapılarak yeniden kullanım vb. alternatifler yapılması gerekir. Bu tesisler gerekli önlemleri almak için çaba göstermesi gerekmektedir. Sanayi tesisinin kurulacağı yerde büyük önem arz etmektedir. Kente yakın yerler olmamalıdır. Bu tesisler kurulurken çevre açısından gerekli olan izinler

alınmalı ve denetlenmelidir. Ayrıca tesiste çalışan personel de çevre bilincinin artması için eğitilmelidir (URL-6).

1.2.3 Isınmadan kaynaklı hava kirliliği

Şehirlerdeki ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği özellikle kış aylarında ciddi bir artış göstermektedir. Özellikle kış mevsiminde ısınmadan kaynaklı hava kirliliğinin ana nedenleri, ısınmada kaliteli olmayan kömür, nem oranı fazla kalorisi düşük kömürler ve kül vb. yakıtların iyileştirme yapılmadan yakılması, yakma işleminde kullanılan kazanların düzenli olmayan bakımları ve uygun olmayan yakma işlemleri olarak tabir edilebilir. Kış mevsiminde ısınma nedeniyle yerleşim yerine göre değişebilen kömür, odun, doğal gaz veya fuel-oil yakılmaktadır. Bu yakıtların yanmasıyla oluşan kirletici gazlar genel kirletici gazlardır. Bu ana kirletici gazların en başında karbonmonoksit gelmektedir ki zehirli bir gazdır. Ayrıca kükürdioksit, azotoksitler ve partikül madde dediğimiz (toz, is, kurum vb.) gazlarda ana kirletici gazlarda yer almaktadır (URL-6).

Özellikle kış aylarında ısınma ihtiyacı arttığı için hava kirliliğinde, yaz aylarına göre doğru orantılı olarak artmaktadır. Şekil 1.4'te Türkiye'de 2019 ve 2020 yıllarındaki aylara göre doğalgaz tüketim miktarları gösterilmiştir.



Şekil 1.4. 2019 ve 2020 yılları konut Doğal Gaz tüketimi Milyon Sm³ (EPDK, 2020).

Grafikten de anlaşılacağı üzere Türkiye'de Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında Doğal gaz tüketimi oldukça düşüktür. Buradan çıkan bilgiye göre Türkiye'nin

hava kalitesi kış aylarına göre, yaz aylarında daha temizdir. Veriler sadece Doğal Gaz tüketimlerini göstermektedir, diğer fosil yakıtlar kapsam dışı tutulmuştur ki bunun sebebi sağlıklı veri kaynağı olmadığı içindir. Ancak bu veri yetersizliği, yukarıda bahsedilen yorumu çürütmez. Çizelge 1.1’de Doğal Gaz verilerinin net rakamları gösterilmektedir.

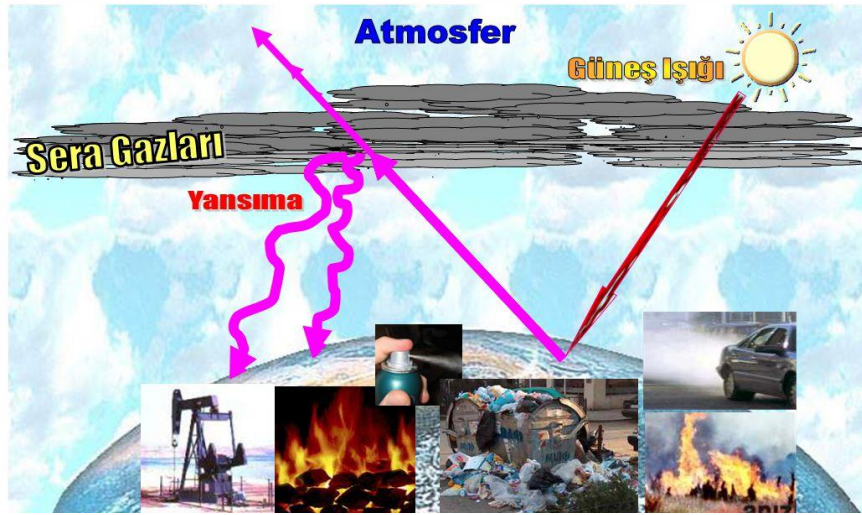
Çizelge 1.1. Aylara göre Doğal Gaz tüketim verileri (milyon Sm³) (EPDK, 2020).

2019		2020	
Ocak	3.032,92	Ocak	2.974,63
Şubat	2.540,56	Şubat	2.762,43
Mart	2.198,45	Mart	2.172,27
Nisan	1.635,65	Nisan	1.676,80
Mayıs	788,6	Mayıs	825,25
Haziran	288,99	Haziran	384,02
Temmuz	221,61	Temmuz	236,09
Ağustos	254,38	Ağustos	274,43
Eylül	250,41	Eylül	244,28
Ekim	390,13	Ekim	380,65
Kasım	768,12	Kasım	1.145,15
Aralık	2.025,56	Aralık	2.315,98

1.3 Küresel Isınma

Gezegelimizde sanayinin yüksek bir hızda gelişmesi, diğer açıdan hammadde ihtiyacı için doğal rezervlerin yüksek oranda kullanılması, endüstriyel kirliliğin artması, beşerî faaliyetlerin farkında olmaksızın doğaya zarar vermesi sonucunda dünyamız, büyük çevre sorunlarıyla karşılaşmaktadır. Gün geçtikçe insanların sayısındaki artış ve teknolojik faaliyetlerin yükselmesiyle beraberinde çevre sorunları dünya çapında bir boyuta ulaşmıştır. Diğer bir ifade şekliyle gezegenimizin herhangi bir ortamındaki uygunsuz bir çevresel faaliyet, dünyanın diğer yerlerini de olumsuz yönde ve önemli ölçüde etkilemektedir. Başlıca en büyük sorunumuz ozon tabakasının incilmesi nedeni ile artan sera etkisi ve beraberinde karşımıza çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliğidir (Seçgin vd., 2010) (Şekil 1.5).

Sera Etkisinin Şematik Açıklaması



Şekil 1.5. Sera gazlarının neden olduğu sera etkisi (URL-7).

Küresel ısınmayı en basit tabirle şu şekilde tanımlayabiliriz. Sera gazlarının (CO_2 , N_2O , CH_4 , CO) güneşten dünyaya gelen ışınların dünyadan yansıyıp yeniden atmosfere yansımalarını kısmen engellemesi sonucunda dünyanın olması gerektiğinden çok daha fazla ısınmasıdır. Çevre sorunlarının en önemlisi olan sera etkisi 21. Yüzyılda ki başlıca konuşulan konular arasındadır. Küresel ısınma, beşerî faaliyetlerle açığa çıkan ve sadece kirliliğin olduğu bölgelerde değil, aynı zamanda dünyanın diğer bölgelerinde de olumsuz etkiler yapabilmektedir. Son zamanlarda gezegenimizin birçok yerinde görülen doğal afetler, uluslararası bir çözüme kavuşturulmaktan ziyade, çevrenin korunmasına yönelik de eğitilmiş insanlar yetiştirilmesini zorunlu kılmıştır (Bozdoğan, 2011).

1.3.1 Sera gazları

Sera gazları Kyoto protokolünde belirtildiği gibi, başta Karbondioksit olmak üzere Metan, Nitroz Oksit ve F bileşikli gazlardır. F bileşikli gazlar: Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Perfluorokarbonlar (PFCs) ve Sülfür Heksaflorür (SF_6) gazlarından oluşur.

1.3.1.1 Karbondioksit (CO_2)

En basit tabiriyle CO_2 gazı kokusuz, renksiz, toksik olmayan ve tatsız bir gazdır. Doğal döngüde ciddi bir yere sahip olduğu bir gerçektir. İnsanlar ve hayvanlar oksijen alır,

karbondioksit verir. Bitkiler ise bu meydana çıkan karbondioksiti solur ve oksijen verir. Genel özelliklerine bakacak olursak:

- Havadan daha ağırdır. (Yaklaşık 1,5 katı)
- CO₂ gazı yüksek konsantrasyonlarda asidik bir kokuya sahip olabilir.
- Molekül ağırlığı 44,08 g/mol
- Suda çözünürlüğü 1,45 kg/m³.
- Erime noktası -78 °C (195 K)
- Kaynama noktası -57 °C (216 K)

1.3.1.2 Diazot monoksit (N₂O)

Diazot monoksit (nitröz oksit) gazı hepimizin bildiği gibi halk arasında “güldürücü gaz” olarak hafızalarımızda yerini almıştır. Fakat diazot monoksit esasen sera gazları arasında önemli bir paya sahiptir. Karbondioksit ve metandan sonra en güçlü sera gazıdır. Diazot monoksit yanıcı olmayan, renksiz ve oda sıcaklığında hafifçe metalik kokusu olan bir gazdır. Suda iyi çözünür. Daha öncede bahsettiğimiz gibi üçüncü önemli sera gazıdır. Küresel ısınmanın nedenlerinden sayılır.

Günümüzde atmosferdeki diazot monoksit gazının tahmini %30'u tarımdan kaynaklı olmaktadır. Diazot monoksit gazı fosil yakıtlar, tarım topraklarının kullanılması atık su arıtımı, nitrik asit üretimi ve biokütlelerin yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır (Gillenwater vd., 2002).

1.3.1.3 Metan (CH₄)

Sera gazlarının etkisi içerisinde metan gazı ikinci sırada gelmektedir. Petrol, doğal gaz ve kömürün taşınması ve üretimi aşamasında havaya geçmektedir. Normal şartlar altında gaz halinde bulunur. Kokusuz ve renksizliğinin yanı sıra, karbonlu bileşiklerin reaksiyonu ile oluşur. Metan gazı insan faaliyetleri sonucu oluşabileceği gibi atmosferde doğal olarak da bulunur ancak doğal metan gazı havayı kirletmez. Sonuç olarak her ne kadar CO₂ gazı sera etkisinde ilk Sırada yer alsaydı da metan gazı da aynı şekilde küresel anlamda arttıkça iklimin daha süratli ısınması kaçınılmaz olacaktır.

1.3.1.4 Florlu bileşikliler

HFCs (Hidroflorür karbonlar), PFCs (Perfloro karbonlar), SF₆ (Sülfürhekza florid) olarak tanımlanan F bileşikli gazlar endüstriyel işlemler neticesinde atmosfere bırakılan sera gazlarıdır. Karbondioksit (CO₂) eşdeğerleri yüksek çıkan F bileşikli gazlar, çok düşük oranlarda atmosfere bırakılan aynı zamanda sadece insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen sentetik gazlardır. Emisyon miktarları düşüktür ancak sera etkisi potansiyelleri yüksektir. Yukarıda bahsedilen diğer sera gazlarına göre atmosfere daha kolay dağılıp karışabilirler. Diğer sera gazlarında olduğu gibi ozon tabakasına yerleşip sera etkisinin artmasına neden olurlar.

1.4 Karbon Ayak İzi

Küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden bir tanesi olan CO₂ gazı incelenecek olursa, aslında karbon ayak izinin bir göstergesidir. Karbon ayak izi, en genel tanımıyla: her bir bireyin insansal faaliyetleri sonucu doğada meydana getirdiği karbondioksitin ton veya metreküp cinsinden miktarıdır. Karbon ayak izi kendi içerisinde 2'ye ayrılmaktadır. Birincil ve ikincil ayak izi olarak ayrılan karbon ayak izi, çevreye verilen zararın anlaşılması noktasında son derece önemlidir.

Birincil karbon ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım (sözelimi araba ve uçak) dahil olmak üzere fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür.

İkincil olan ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden, bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür.

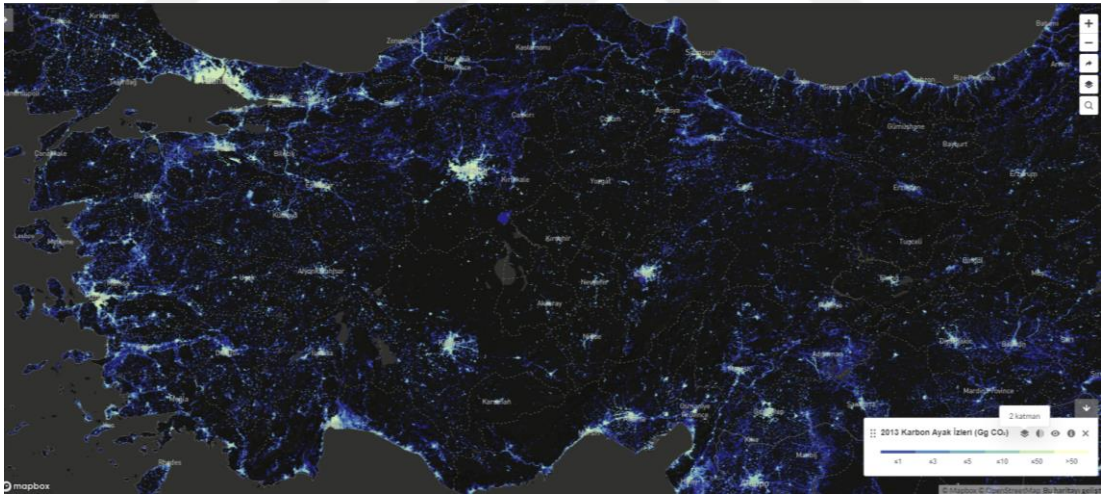
1.4.1 Türkiye’de karbon ayak izi

Çizelge 1.2’de küresel karbon ayak izi modeli projesinden alınan verilerde, Türkiye’den listeye giren ilk 6 şehrimizin verileri mevcuttur.

Çizelge 1.2. Türkiye’de listeye giren ilk 6 şehir (GGMCF, 2013).

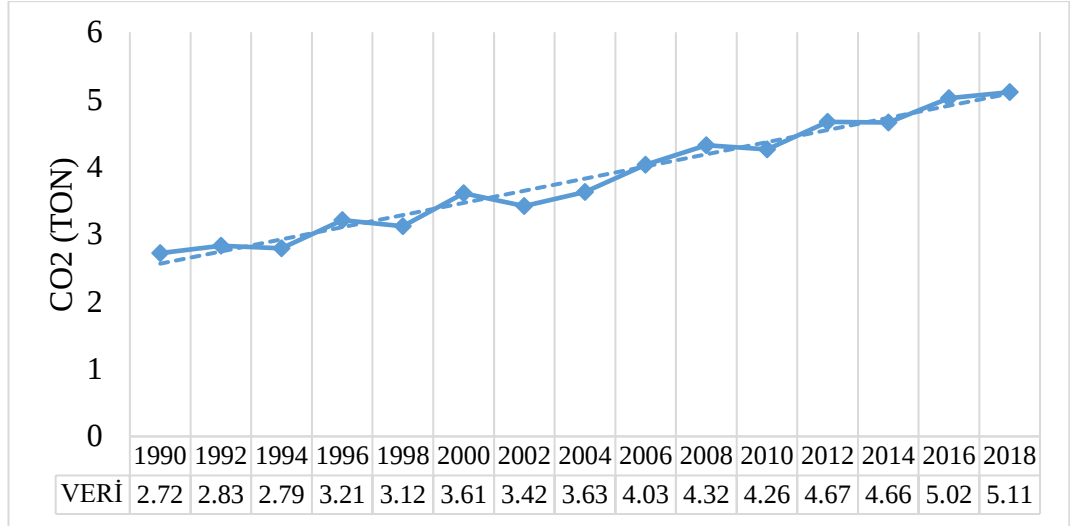
Şehir	Kişi başına düşen Ayak İzi (ton CO ₂)	Nüfus (~)	Ayak İzi (Milyon Ton CO ₂)	Dünya Sırası	Ülke Sırası
İstanbul	5,2 ± 1,2	13.587.000	70,9 ± 16,0	26	1
Ankara	6,9 ± 2,1	4.269.000	29,3 ± 9,1	80	2
Antalya	8,7 ± 4,0	888.000	7,8 ± 3,5	285	3
Bursa	5,1 ± 2,9	1.365.000	7,0 ± 3,9	318	4
Kayseri	6,5 ± 2,9	875.000	5,7 ± 2,5	385	5
Gaziantep	4,1 ± 2,8	1.198.000	4,9 ± 3,4	454	6

Yukarıdaki çizelgede Yer alan sıralama toplam ayak izi (Milyon Ton CO₂) cinsinden yapılmıştır. Toplam ayak izinde İstanbul ilk sırada yer alırken, kişi başına düşen CO₂ de ton cinsinden baktığımızda 4. Sırada yer almaktadır. Bu sıralamanın değişmesinde nüfus, çevre ve toplumsal bilinçlenme, eğitim seviyesi, coğrafi yapı, turizm ve devlet politikaları etkili olabilir. Küresel karbon ayak izi modeli projesinde Türkiye haritasının durumu Şekil 1.6’da görülmektedir. Şekilde mavi renkten açık yeşile gidildikçe CO₂ salınımının fazla olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1.6. Türkiye’de karbon ayak izi (GGMCF, 2013).

Türkiye istatistik kurumundan alınan verilere göre Türkiye’de kişi başına düşen karbon ayak izi ortalama 4 tondur. Şekil 1.7’de TÜİK 2021 verilerine göre hazırlanan kişi başına düşen karbon ayak izi sunulmuştur. Bu grafiğe göre yıllar içerisinde artan bir trend kaydedilmiştir.



Şekil 1.7. Türkiye’de kişi başına düşen karbon ayak izi (TÜİK, 2021).

Grafikten de anlaşılacağı üzere yıllar arttıkça CO₂ salınımı artmaktadır. Buda havayı gün geçtikçe daha çok kirlettiğimizin bir göstergesidir.

1.5 Aksaray İlinin Mevcut Durumu

Aksaray ili Selçuklu hâkimiyetine 1142 yılında girmiştir. İl olma yılı ise 1923 tür. 1923’te Niğde iline ilçe olarak bağlansa da tekrar il olma şansını 1989 yılında kazanmıştır. Toplam 7 ilçesi bulunan Aksaray’ın TÜİK 2019 verilerine göre Nüfusu 412 172’dir.

İç Anadolu’nun güney doğusunda yer alır. Kapadokya bölgesinde bulunan Aksaray’da karasal iklim hâkimdir. Yaz günleri kurak ve sıcak, kış günleri ise karlı ve soğuk geçmektedir. Aksaray’ın bitki örtüsü çayırılar, papatya, gelinciktir (Aksaray Valiliği, 2020).

1.5.1 Aksaray ilinin hava kirliliği açısından değerlendirilmesi

Modern ve teknolojik hayatın beraberinde getirdiği kentleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği gerek bölgesel gerekse yerel olduğu kadar global ölçekte de dikkat çekmektedir. Çevre ve hava kirliliğinin insan ve toplum sağlığına önemli derecede etkileri olması nedeniyle, havanın kalitesine küresel ölçekte büyük önem arz etmektedir. Hava kirliliği sorunlarını irdelemek, çözüme kavuşturmak ve strateji belirlemek için, bilimsel veya teknik topluluk ve ilgili idarenin her ikisi de hava

kirletici emisyonlarını analiz etmek ve incelemek konusunu önemli bulmuşlardır (Kyrkilis vd., 2007).

Gezegelimizde hava kirliliğinden dolayı alınan mecburi önlemler, bilhassa nüfusun fazla olduğu ülkelerde yeterince fazladır. Bundan dolayı hava kirliliğini minimuma indirmek için eylem planları ve ihtiyatlı yaklaşım gelecek günlerde insan sağlığını olumlu veya olumsuz etkilemesi, küresel ve yerel anlamda iklim değişikliklerine neden olması sebebiyle öncelik teşkil etmektedir. Hava kalitesini daha yukarı seviyeye çıkarmak için minimum karbonlu araç tavsiyesi, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği teşvikine benzer eylem planları yapılmaktadır. İşte bu bahsedilen planları yapmak için insanları bilinçlendirmek ve sürdürülebilir yaklaşımı teşvik etmek için ise insanların katılımının devamlı sağlanması kaçınılmaz olmuştur (Sharma, 2014).

Genellikle yaygın olarak dünyamızın tamamında kullanılan, Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) diye bilinen tanımlama sistemi ile atmosferdeki kirleticilerin yoğunluklarına göre hava kalitesini derecelendirerek tehlikeli, kötü, orta ve iyi şeklinde sınıflandırma yapılmaktadır. Dünyanın hemen hemen birçok ülkesinde indeks tahlilinde ve hesaplanmasında uygulanan metotlar ve kriterler, kendi ülkelerinde uygulamaya konulan hava kalitesi indeksi standartlarına uyumlu bir şekilde oluşturulmuştur. Aslında hava kalite indeksini belirlemenin diğer bir yöntemi, bütün kirleticilerin yoğunluklarını kabul edilebilir sınırlara (standartlara) raporlamaktır (Sharma, 2014).

Aksaray iline ait 2018 verileri Çizelge 1.3, 1.4, 1.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Aksaray İlinde 2018 Yılında Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Cinsi, Yakıtların Özellikleri ve Bu Yakıtların Temin Edildiği Yerler (Çevre Yönetimi ve Denetimi Şube Müdürlüğü, 2019).

Yakıtın Cinsi (*)	Temin Edildiği Yer	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
			Alt Isıl Değeri (Kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
İthal-Yerli	Rusya-Afrika-Türkiye	38.324	6.400	12-31	0,9	10	16

(*) Yerli kömür, ithal kömür, briket, biyokütle, Sosyal Yardımlaşma Vakfı kömürü, odun gibi

Çizelge 1.4. Aksaray ilinde 2018 yılında sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi, yakıtların özellikleri ve bu yakıtların temin edildiği yerler (Aksaray OSB Müdürlüğü, 2019).

Yakıtın Cinsi (*)	Temin Edildiği Yer	Tüketim Miktarı (ton)	Yakıtın Özellikleri				
			Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
İthal Kömür	Yurt Dışı Menşei	65	7.493	22,63	0,32	5,25	2,58
İthal Kömür	Yurt Dışı Menşei	1.200	7.500	17,59	0,3	6,78	2,83
İthal Kömür	Yurt Dışı Menşei	90	6.400	12-13	0,9	10	16
İthal Kömür	Yurt Dışı Menşei	100	7.576	25,64	0,26	2,82	2,81

(*) Yerli kömür, ithal kömür, briket, biyokütle, Sosyal Yardımlaşma Vakfı kömürü, odun gibi.

Çizelge 1.5. Aksaray ilinde 2018 yılında kullanılan doğalgaz miktarı (Enerya, Aksaray Gaz Dağıtım A.Ş. 2019).

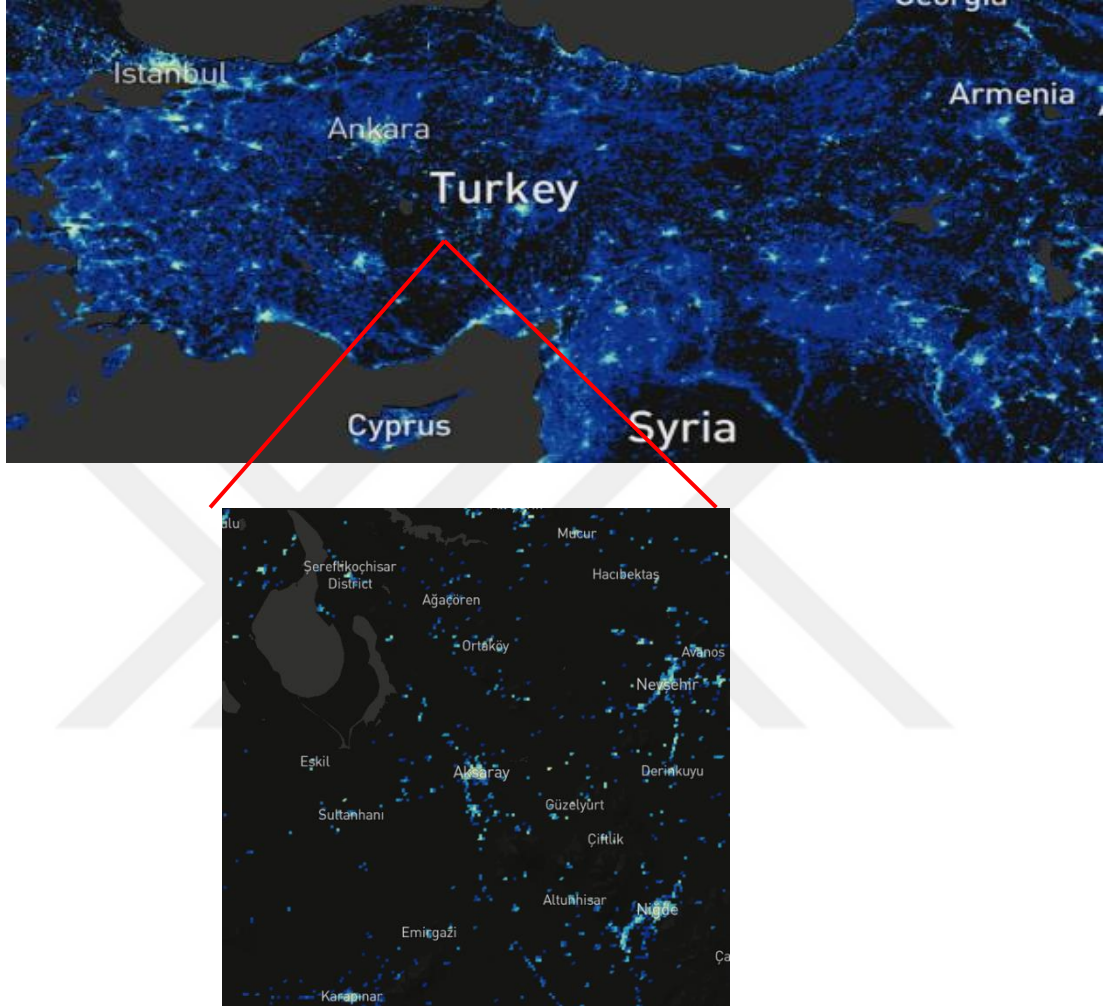
Yakıtın Kullanıldığı Yer	Tüketim Miktarı (m ³)	Isıl Değeri (kcal/kg)
Konut	46.565.998,373	9.353 (kcal/sm ³)
Sanayi	5.433.939,27	9.353 (kcal/sm ³)

Aksaray’da bir adet hava kalitesi ölçüm istasyonu vardır (Şekil 1.8). Ölçüm istasyonunda SO₂ (Kükürt Dioksit), PM (Partikül Madde), CO (Karbon Monoksit) ve O₃ (Ozon) olmak üzere dört parametre ölçümü yapılabilmektedir. Aksaray ilinde ulusal izleme ve kontrol etme ağı haricinde ayrıca bir hava kalitesi izleme istasyonu mevcut değildir (Aksaray Valiliği, 2020).



Şekil 1.8. Aksaray ilinde bulunan hava kirliliği ölçüm cihazlarının yerleri (Çevre Yönetimi ve Denetimi Şube Müdürlüğü, 2019).

Küresel karbon ayak izi modeli projesinde Aksaray ilinin toplam CO₂ salınım miktarı hesaplanmamıştır. Hesaplama yapılan şehirler genellikle ülkelerin büyükşehirlerini kapsamaktadır. Aksaray ilinin küresel karbon ayak izi modeli projesinde haritadaki görüntüsü Şekil 1.9’da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Aksaray ilinin karbon ayak izi seviyesi (GGMCF, 2013).

Şekilde açık yeşile doymun olan yer en çok CO₂ salınımının yapıldığı yeri temsil etmektedir. Harita daha yakından detaylıca incelendiğinde, il merkezi yoğun bir CO₂ miktarına sahiptir. Merkezden sonra sırası ile en çok CO₂ salınımı yapan ilçeler ise Ortaköy, Sultanhanı, Güzelyurt, Gülağaç, Ağaçören, Eski ve Sarıyahşi ilçeleri olduğu gözlenmektedir. Bu sıralama aynı zamanda ilçe nüfus sayılarının da CO₂ miktarı ile paralel doğrultuda gittiğini göstermektedir.

1.5.2 Aksaray ilinde karayolu kaynaklı hava kirliliğinin durumu

İlimizdeki karayolu taşıtlarının havayı kirletme oranını tahmin etmek için, trafiğe kayıtlı araçların egzoz emisyon kontrolüne bakmak elzemdir. Ayrıca 30 Kasım 2013 tarih ve 28837 sayılı resmî gazete yayınlanarak yürürlüğe giren “Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği” ile “Benzin ve Motorin (dizel) Kalitesi Yönetmeliği” bize rehber olmaktadır.

Yönetmelik egzoz gazı emisyonu ölçüm zamanları; Hususi ve resmi olan otomobillerde ilk üç yaşın sonunda ve devamında iki yılda bir, diğer motorlu taşıtlar ise ilk yaşından sonra ve devamında her yıl olarak kontrol edilmesi gerekmektedir (Aksaray Çevre İl Müdürlüğü 2014).

“Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği” ile “Benzin ve Motorin (dizel) Kalitesi Yönetmeliği” nin amacı karayolundaki motorlu taşıtların egzozlarından çıkan kirleticilerin yol açtığı hava kirliliğini kontrol altına almak, insanları ve doğayı kirleticilerden doğacak tehlikelerden korumak, bu kirleticileri kaynağında azaltmak ve ortama çıkmasındaki kabul edilebilir koşulları belirlemektir.

Aksaray ilindeki egzoz ölçümü yaptıran araç sayıları Çizelge 1.6’da verilmiştir. Verilerin kapsamı hesaplama yapılacak olan 2016 ve 2020 yıllarını kapsayacak şekilde düzenlenmiştir.

Çizelge 1.6. 2016-2020 yıllarında Aksaray ilinde trafiğe kayıtlı araçların egzoz emisyon ölçümü verileri (Aksaray Valiliği).

Yıllar	İldeki Toplam Araç Sayısı	Egzoz Ölçümü Yaptıran Araç Sayısı
2016	98.602	19.019
2017	122.195	35.505
2018	126.517	44.210
2019	128.766	44.866
2020	133.883	47.555

Çizelgede egzoz ölçümü yaptıran araç sayıları yıllık bazda olup, hususi ve resmi araçların 2 yılda bir muayene zorunluluğu göz önüne alınırsa, azda olsa egzoz emisyonu yaptırmayan araçlar hala mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Bu araçlar Aksaray ilinin hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Karbon ayak izi hesaplama, inceleme ve yorumlamada literatürde çeşitli kaynaklar mevcuttur. Aşağıdaki paragraflarda yerli ve uluslararası alanda yapılan çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

2018 yılında Celal Bayar Üniversitesine özel bir karbon ayak izi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada Dünyada ve Türkiye’de sera gazlarının tehdidine değinilmiş çevreye duyarlı olmanın önemi vurgulanmıştır. Özellikle bilimsel araştırmalar yapan ve yayan kurumlar yani üniversitelerin sürdürülebilir bir dünyanın var olmasında, bu kurumlara çok fazla görev düştüğüne değinilmiştir. Hesaplamalar Tier 1 yöntemine göre yapılmıştır. Hesaplamaya dahil edilen yakıt türleri ise: Benzin, Dizel, LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı), Linyit Kömürü ve Doğal Gaz olarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda ise Celal Bayar Üniversitesinde 2016 yılı için 8.954 ton CO₂ bulgusuna rastlanılmıştır (Binboğa ve Ünal, 2018).

Bursa Uludağ Üniversitesi tarafından yapılan bir çalışmada, Çanakkale ili için CO₂ miktarı hesaplamaları yapılmıştır. Çalışma öncelikle Kyoto protokolünden bahsederek konunun önemine vurgu yapmıştır. Özellikle Kyoto protokolünde belirtilen ülkelere öz emisyon salınım kotaları konunun ciddiyetini artırmaktadır. Karbon ayak izi genel tanımıyla da meydana çıkan sera gazlarının insan aktivitelerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsü olarak nitelendirmektedir. Çalışma kapsamı Çanakkale ilindeki karayolu kaynaklı 2015-2018 yıllarını kapsayacak şekilde düzenlenmiş ve IPCC’nin Tier 1 ve Tier 2 yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda Tier 1 metodu ile çıkan sonuç 2015 yılı için 701.435 ton iken Tier 2 metodu ile çıkan sonuç 686.850 ton olmuştur. 2018 yılında Tier 1 metodu ile 752.536 ton çıkan CO₂ değeri, Tier 2 metodu ile 736.890 ton olmuştur (Dönmez vd., 2021).

Bir başka çalışmada ise Erciyes Üniversitesi tarafından onaylanmış yüksek lisans tezi, geri kazanım tesisinde karbon ayak izi çalışması yapmıştır. Çalışma Kayseri ili sınırları içinde yapılmıştır. Bu kapsamda tesisin dışında ve içindeki ulaşım, ısınma ve elektrik enerjisi kaynaklı CO₂ miktarları hesaplanmıştır. Hesaplama CO₂ emisyon ve dönüşüm faktörleri kullanılarak IPCC’nin Tier 1 ve Tier 2 metodu kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda atık temini için kullanılan ulaşım %76 ile en yüksek paya sahip olmuştur. Isınma amaçlı yakıt tüketimi ise %23 elektrik tüketimi ise %1

olarak hesaplanmıştır. Tesisin CO₂ miktarları ulaşım için 102.000 ton, ısınma için 30.726 ton ve elektrik için 8,6 ton bulunmuştur. Bu geri kazanım tesisinde toplam CO₂ miktarı ise 132.734,6 ton dur (Demirbaş, 2018).

Örnek teşkil edecek diğer bir çalışma ise Türkiye’de ulaştırma kaynaklı sera gazları hesaplaması yapılmıştır. Yapılmış bu yüksek lisans tez çalışması detaylı tier yöntemleri ile hesaplanmış, Türkiye’deki araç sayıları, araçların ortalama yıllık km menzilleri ve 100 km’de ortalama yakıt tüketimleri detayına kadar incelenmiştir. İnceleme sonucunda ise eski modelli araçların trafikten men edilmesi, daha düşük yakıt tüketimli araçların teşviki ve tercihi, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması, özel araç yerine toplu taşıma tercih edilmesi, yakıt tüketimi oranında göre vergi usulü, trafik yoğunluğunun düzenlenmesi gibi sonuçlar ve öneriler çıkmıştır. Sayısal verilerde ise, 1998 ile 2004 yılları arasında çıkan sonuçlara göre sırasıyla 30.376.000, 34.535.000, 35.856.000, 35.906.000, 36.772.000, 39.251.000 ve 42.517.000 (milyon ton) CO₂ sera gazı hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler Türkiye’deki ulaşım kaynaklı (Havayolu, karayolu, denizyolu ve demiryolu) CO₂ sera gazıdır (Pekin, 2006).

Pendik belediyesi tarafında yapılan bir karbon ayak izi hesaplama çalışmalarında, Pendik ilçesinin 2012, 2013 ve 2014 yıllarında toplam karbon ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplama kapsamı ısınma ihtiyacı, ulaşım ihtiyacı, Endüstriyel ve ticari kullanımı kapsamaktadır. Hesaplamalar IPCC’nin Tier 1 metoduna göre yapılmıştır. Pendik belediyesi tarafından yapılan hesaplamalar sonucunda 2012, 2013 ve 2014 yıllarında sırasıyla toplam CO₂ miktarı 2.232.490,3 milyon ton, 4.028.250,1 milyon ton ve 7.092.922,2 milyon ton olarak bulunmuştur. Ayrıca 2014 yılı için kişi başına düşen CO₂ miktarı ise 10,69 ton/yıl olarak açıklanmıştır (Pendik Belediyesi, 2016).

Karbon ayak izi hesaplama çalışmalarından bir tanesi de bir tekstil fabrikasında yapılmış hesaplamalardır. VII. Ulusal hava kirliliği ve kontrolü sempozyumunda yayınlanan bu bildiride, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının en baskınının CO₂ olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada fabrikanın her türlü enerji ihtiyacı, makinelerin çalışması, aydınlatma, ısınma ve ulaşım gibi etkenler incelenmiştir ve kapsam içi olarak değerlendirilmiştir. Tüm bu hesaplamalar sonucunda elde edilen bulgular ise şu şekilde çıkmıştır: 1 kg kumaşta 52,8 kg-CO₂/kg-kumaş bulunmuştur. Tesisin günlük

kumaş üretim metrajı değişmektedir. Üretilen net kg bağlı, karbon ayak izi hesaplamaları daha belirgin olabilmektedir (Keskin vd., 2017).

Çin Dalian Üniversitesinde yapılan bir çalışmada, bilimsel bir yayının karbon ayak izi incelenmiştir. Küresel ısınmayı azaltmak için davranış değişikliklerine rehber olması amaçlanmıştır. Doğrudan veya dolaylı olarak emisyonların kapsadığı yayın süreçlerinde arama, indirme okuma ve yazma işlemlerinde kullanılan enerji tüketimi nicelleştirilmiştir. İncelemeler sonucunda bilimsel bir yayın ortalama 5,44 Kg CO₂ üretmiştir. CO₂ üretiminde en çok literatürü okumak daha sonra yazmak ve araştırmak izledi. Önerileri ise e-okuma yerine basılı kitapları okumak ve masaüstü bilgisayarları dizüstü bilgisayarlarla değiştirmek olmuştur (Song vd., 2016).

Diğer bir uluslararası bilimsel çalışmada ise Bournemouth Üniversitesinde durum analizi yapılmıştır. Birleşik krallıkta ki Bournemouth Üniversitesi orta ölçekli bir yüksek öğrenim devlet okuludur. COVID-19 salgınında, kampüs içinde ve dışında verilen yükseköğrenimin karbon yoğunluğunu karşılaştırmak için iyi bir fırsat meydana gelmiştir. Tüm dünyada olduğu gibi bu üniversitede de online eğitime geçilmiştir. Çalışma COVID-19 karantinası Nisan- Haziran 2020 arasında meydana gelen karbon ayak izini ve diğer etkin yıllardaki Nisan- Haziran aylarını karşılaştırma imkânı sunmuştur. Üniversitenin karbon ayak izi karantina döneminde %30 azaldığı görülmüştür. Çalışmada ki öneri ise çevrimiçi eğitim aktarımına ilişkin politika ve yönetim kararlarının dikkatlice gözden geçirilmesi ve uygulamaya konulmasını uygun görmüştür (Filimonau vd., 2021).

Oregon Eyalet Üniversitesi, Sürdürülebilirlik Ofisi tarafında her yıl kapsamlı bir şekilde sera gazlar hesaplaması yapılır. Hesaplama CO₂ ye bağlı kalmaksızın CH₄ ve N₂O da hesaplamalara katılır. Kategoriler 3 bölüme ayrılmış ve devamında Oregon Eyalet Üniversitesi'nin tümünü temsil edecek biçimde alt bölümlere ayrılır. 1. Bölümde elektrik, taşıma, soğutucu akışkanları, kimyasalları ve tarımı kapsar. 2. Bölümde satın alınan elektriği temsil eder. 3. Bölümde ise ulaşım hizmetlerinde tüketilen enerjiyi kapsar. Tüm bu işlemlerin sonucunda 2012 yılı için Oregon Eyalet Üniversitesinde 126.815 ton eşdeğer CO₂ hesaplanmıştır (Melendez, 2013).

Tajen üniversitesi kampüsündeki karbon ayak izi çalışmaları 2014 yılında bir grup araştırmacı tarafından yapılmıştır. Bu çalışma, okul yılı süresi içinde Tajen

Üniversitesi'nde öğrencilerin kampüs ve sosyal faaliyetlerine göre gözlemlenen karbondioksit emisyonlarını araştırmış ve tahlil etmiştir. Çalışma ulaşım için kullanılan araçlar, atık miktarı, geri dönüşüm ve elektrik tüketimini kapsamaktadır. Toplanan veriler karbon ayak izi hesaplamalarına entegre edilerek sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda Tajen Üniversitesi öğrencilerinin ortalama karbon ayak izi 2,31 kg/kişi gün olduğu gözlemlenmiştir (Chung vd., 2014).

Doğalgaz şebekesi ve doğalgaz arzı olmayan Avrupa ülgerinin ısınma ihtiyacı için LPG ve kalorifer sistemleri kullanılmaktadır. Bu yakıtların kendi aralarında karbon salınımı karşılaştırılmıştır. Çalışma AB ülkelerinden 7 tanesinde (Fransa, Almanya, İtalya, İngiltere, İrlanda, Belçika ve Polonya) LPG ve kalorifer (kömür) yakıtlarını kapsayacak şekilde yapılmıştır. Bulgular ise LPG ile çalışan konut yakıtlarının, Kalorifer yakıtlarına göre %20 daha az karbon ve %15 daha düşük genel çevresel kirliliğe sahip olmasıdır. Çıkan sonuçlar bir kez daha LPG yakıtının her zaman kömürden daha çevreci olduğunu kanıtlamıştır. Makalenin önerisi ise, eskiyen kalorifer sistemlerinin kaldırılarak LPG sistemlerinin kurulması ve böylece %50 daha karbon salınımının düşürüleceği yönündedir (Johnson, 2012).

Bangladeş'te yapılan bir çalışmada ise farklı yapı malzemelerinin, karbon emisyonunu önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Çalışmanın amacı düşük karbonlu inşaat tekniklerini benimsemek ve özendirmektir. Örneğin: Tuğla ile yapılan bir konut çamurdan yapılmış bir konuta göre 6,75 kat, keresteden yapılan bir konuta göre ise 3,86 kat daha fazla CO₂ üretmiştir. Mimari tasarım, inşaat süreçleri ve malzeme seçimi konusunda bu çalışma insanlara ışık tutmaktadır (Islam vd., 2022).

Birleşik krallıkta yapılan bir çalışmada, hane halklarının talebini karşılamada mal ve hizmet üretiminde kullanılan enerjiden kaynaklı CO₂ emisyonları incelenmiştir. Çıkan sonuçlar 2004'te 1990 yılına göre %15 arttığı gözlemlenmiştir. Birleşik Krallık 1990 yılında kömürden gaza geçmiş olmasına rağmen küçük bir nispi ayrışma gözlemlenmiştir. Çalışma birleşik krallığın farklı kesimlerinde de yapılmış sonuçlar ise en düşük kesime göre %64 daha fazla CO₂ yaymıştır. Burada yaşam tarz isteklerinin artması hane halklarının daha fazla CO₂ kullandığı gerçeğini kanıtlamaktadır (Druckman ve Jackson, 2009).

Hindistan’da yapılan bir çalışmada Hint gıda maddelerin arasındaki sera gazları hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Doğal olarak gıda maddeleri yaşam döngüsü çeşitli aşamalardan meydana gelmektedir. CO₂ emisyonu çiftlik çalışmalarında, Çiftlik girdilerinin üretimi, Taşınması, İşlenmesi ve gıdanın hazır hale gelmesi esnasında meydana gelmektedir. Hintli insanlar çoğunlukla taze gıdalar tüketirler ve bu tüketimde %87 gıdanın üretimi, %10 hazırlama, %2 işleme ve %1 nakliye olarak oranlanmıştır. Sonuç olarak çıkan veriler ise, Hintli yetişkin bir insan günde 1165 gr yiyecek tüketmiş ve 723,7 gr CO₂ sera gazı meydana getirmiştir. Et içeren bir yemek, et içermeyen bir yemeğe göre 1,8 kat daha fazla sera gazı üretmiştir. Tavuk eti olan yemek tavuk eti olmayan yemeğe göre 1,5 kat daha fazla sera gazı üretmiştir. Öneriler ise, gıda alışkanlığındaki değişkenlikler sera gazları için azaltıma neden olabileceği söylenmiştir (Pathak vd., 2010).

İrlanda da yapılan bir çalışmada 3 kişilik bir hanede tipik veriler kullanılarak CO₂ hesaplaması yapıldı. Hesaplamalar sürecinde İrlanda’ya özgü emisyonların kullanılması ihmal edilmedi. Hesaplamaların kapsamı enerji ve ulaşım kategorisinde 1 yıllık tüketimden hesaplandı. Tüm bu incelemeler ve çalışmalar neticesinde çıkan sonuçlar 10.540 kg CO₂ ila 17.361 kg CO₂ arasında değişkenlik göstermiştir (Kenny ve Gray, 2009).

CO₂ emisyonlarını araştırmada farklı bir bakış açısı da küreselleşmeden kaynaklı üretim ürünlerinin karbon ayak izleri analiz edilmiştir. Sanayileşmiş ülkeler ve ekonomisi iyi olan olan ülkeler bu çalışmada ön planda tutulmuştur. Bu çalışmada üretimin İngiltere veya Danimarka’dan Çine taşındığında üretilen ürünlerin karbon ayak izlerindeki değişiklikleri inceler ve bu ülkeler arasındaki ticarete karbon ayak izini hesaplamak için çevresel girdi-çıktı analizlerini kullanmıştır. Sonuç olarak Avrupa’da ve Çin’de ki üretim sisteminin farklılıklarından dolayı, ulaşım taşımacılık kapsam dışı tutulsa bile, ticareti yapılan ürünlerin karbon ayak izinde büyük derecede artışlara yol açabileceği kanıtlanmıştır (Herrmann ve Hauschild, 2009).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Karbon Ayak İzi Hesaplama Yöntemleri

Gün geçtikçe artan teknoloji, hızlı nüfus artışı, kentleşme, ekonomik faaliyetler, çeşitlenen tüketim alışkanlıkları; çevre ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu artan baskı sonucunda, çevre kirliliğinde önemli bir paya sahip olan karbon ayak izlerinin hesaplamalarının yapılması ve tedbirlerinin alınması kaçınılmaz olmaktadır.

Karbon ayak izi hesaplamak için 3 aşama uygulanabilir. Bunlardan ilki sınır belirleyerek hangi faaliyet alanında hesaplamaların yapılacağıdır. Daha sonra belirlenen alandaki verileri toplayarak hangi hesaplama metodunu kullanacağımıza karar vermektir. Hesaplama metodlarındaki emisyon faktörleri ülkeye özgüdür ve zamanla değişkenlik gösterebilmektedir. Emisyon faktörlerine ulaşmada GHG protokolü, pas 2050, IPCC gibi birçok kaynak vardır. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra bir rapor oluşturulmalıdır. Bu raporda yıllara göre değişimlerin kıyaslamaları yapılmalıdır. Çıkan sonuçlar sayısal ifade ile açık ve net bir şekilde rapora yazılmalıdır (URL-11).

3.1.1 IPCC metodolojisi

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, kısaca IPCC) 1988 senesinde BM ye bağlı olarak alanında faaliyet sergileyen 2 profesyonel kuruluş, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından, iklim değişikliği alanında var olan teknik, teknik, sosyoekonomik veri ve çalışmaların incelenmesi, bilimsel sonuçlar ışığında iklim değişikliğine uyum ve iklim sorunu ile mücadele alanlarında karar vericilere rehber olmak için kurulmuştur. Aynı zamanda IPCC, WMO ve BM ye üye ülkelerden oluşan, içinde Türkiye'nin de var olduğu IPCC'ye üye olmuş ülkeler tarafından seçilmiş bağımsız bir sürece göre çalışmalarını devam ettirmektedir (URL-9).

3.1.2 IPCC tier yöntemleri

IPCC, sera etkisine neden olan sera gazlarının emisyonlarını hesaplamak için 3 farklı yöntem metodolojisi paylaşmaktadır. Tier diye ifade edilen kavramın sayısı arttıkça

metodolojinin karmaşıklığı da artmaktadır. Hesaplanacak olan sera gazı da gerekli olan data ve metodolojinin karışıklığına göre Tier1, Tier2 ve Tier3 yöntemleriyle hesaplama yapmak mümkündür.

3.1.2.1 Tier 1 yöntemi

Bu yöntem hesaplamada kullanılan en sade yöntem olmakla birlikte net sonuçlara ulaşma imkânı sağlar. Tier1 yöntemi ile yapılacak hesaplamada akaryakıt tüketimi referans alınır. Bu hesap yöntemi sonucunda yanmayla meydana gelen ve atmosfere salınan emisyonlar, yakılan akaryakıt cinsine ve miktarına göre emisyon değeri kullanılarak hesaplanır (IPCC, 2006).

İlk olarak tüketilen yakıt miktarı, enerji birimine çevrilir. Bu çeviri esnasında yine IPCC tarafından yayınlanmış olan yakıtın dönüşüm faktörü kullanılır. Burada amaç toplam enerji tüketimine yani toplam net kalorifik değere, daha sonra toplam karbon içeriğine ulaşmaktır.

Formülü ise şu şekildedir (Denklem 1.1);

$$\text{Enerji Tüketimi (TJ)} = \text{Yakıt Tüketimi (t)} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)} \quad (1.1)$$

Çizelge 3.1. Yakıt türlerine ait dönüşüm faktörleri (IPCC, 2006).

Yakıt Türü	Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg) CO ₂ Hesabı	Dönüşüm Faktörü (Tj/kt) CO ₂ Hesabı
Benzin	44,3	44,8
Dizel (Motorin)	43	43,33
LPG	47,3	47,31

Burada yakıt tüketimi verileri ton (t) cinsinden alındığı için 10^{-3} ile çarpıp Gigagrama (Gg) çevirme işlemi yapılır. Eşitlik 1.1 de gösterilmiştir.

Çizelgedeki değerlerden de anlaşılacağı üzere yakıtların dönüşüm faktörlerinde en çok enerji dönüşüm değerine sahip olan akaryakıt ilk sırada LPG daha sonra benzin ve dizel gelmektedir. Bunun nedeni ise LPG'nin benzinden daha çabuk motorda yanması veya benzinin dizelden daha çabuk yanmasıdır. İkinci hesaplanacak formülde ise buradaki durumun tam tersi olacaktır. İlk formülden çıkan değerler hesaplandıktan sonra CO₂ emisyonu bulunabilir.

Formülü ise şu şekildedir (Denklem 1.2);

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (Kg)} = \text{Emisyon Faktörü (Kg/TJ)} \times \text{Enerji Tüketimi (TJ)} \quad (1.2)$$

Çizelge 3.2. Yakıt türlerinin CO₂ emisyon faktörleri (IPCC, 2006).

Yakıt Türü	Emisyon Faktörü (kgCO₂/TJ)	Emisyon Faktörü (t C/Tj)
Benzin	69.300	18,9
Dizel (Motorin)	74.100	20,2
LPG	63.100	17,2

Bulunan enerji tüketimini (TJ) ülkeye özgü emisyon faktörleriyle çarpıldığında toplam CO₂ miktarına Kg cinsinden ulaşılmış olunur, eşitlik (1.2) de gösterildiği üzere. Bu sonuçlar bulunduktan sonra Ton (t) birimine çevirme işlemi yapılarak hesaplamalar tamamlanır. Hesaplamaya ilişkin sayısal veriler ve detaylar bilahare materyal ve metot bölümünde detaylıca anlatılacaktır.

Emisyon faktörü olarak en yüksek değere sahip akaryakıt sırası ile dizel, benzin ve LPG'dir. Burada ki en önemli etken, dizelin benzine göre atmosfere daha çok CO₂ emisyonu bıraktığıdır.

Bu çalışma kapsamında sera gazları arasında önemli bir yere sahip olan CO₂ gazının emisyonları irdelenmiştir. Aksaray iline ait karayolu taşıtları ve egzozlarından çıkan CO₂ gazlarının, dönüşüm ve emisyon faktörleri ile ilişkilendirilerek atmosfere salının ve sera etkisinde önemli bir yere sahip olan karbon ayak izi verileri paylaşılmıştır.

Çalışmalarda kullanılan kaynak ise IPCC tarafından 2006 yılında yayınlanan kılavuzdur. Bu kılavuz ülkelere özel emisyon faktörleri belirlemiştir. Hesaplama aşamasında ise bize gerekli olan veriler T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) 'dan alınmıştır.

3.1.2.2 Tier 2 yöntemi

Tier 2 metodunda yakıt tüketimleri birtakım verilerden hesaplanır. Hesaplama verileri için araçların yıllık km menzilleri, araç sayıları ve araçların 100 km'deki ortalama yakıt tüketim değerleri kullanılır. Bu değerlerden yola çıkılarak yıllık toplam yakıt tüketimleri bulunur (IPCC, 2006).

Yine bu metotta araçların motorlarında yanan akaryakıtlar tier 1 metodunda olduğu gibi aynı şekilde hesaplanır. Tier 2 metodu hesaplama yapılan ülkedeki emisyonlar hakkında daha kapsamlı bilgiler edinilmesini sağlamaktadır (Bıyık, 2018).

Esasen Tier 1 ile benzer yaklaşım barındıran bu yöntem ülkelere özgü emisyon faktörlerine ve diğer parametrelere ihtiyaç doğurur. Ülkelere özgü emisyon faktörleri ve parametreleri, ülkeye özgü ormanlara, arazi kullanım sistemlerine ve iklim bölgelerine daha uyumludur. Bu parametrelerin bir örnekleri ise: yakıtın kalitesi, kullanılan yakma teknolojisi ve karbon içeriğidir.

Hesaplama da kullanılacak emisyon faktörleri ve dönüşüm faktörleri Tier 1 yönteminde Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. Ayrıca Denklem 1.1 ve Denklem 1.2’de hesaplama ya ait formüller yer almaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI TARTIŞMA

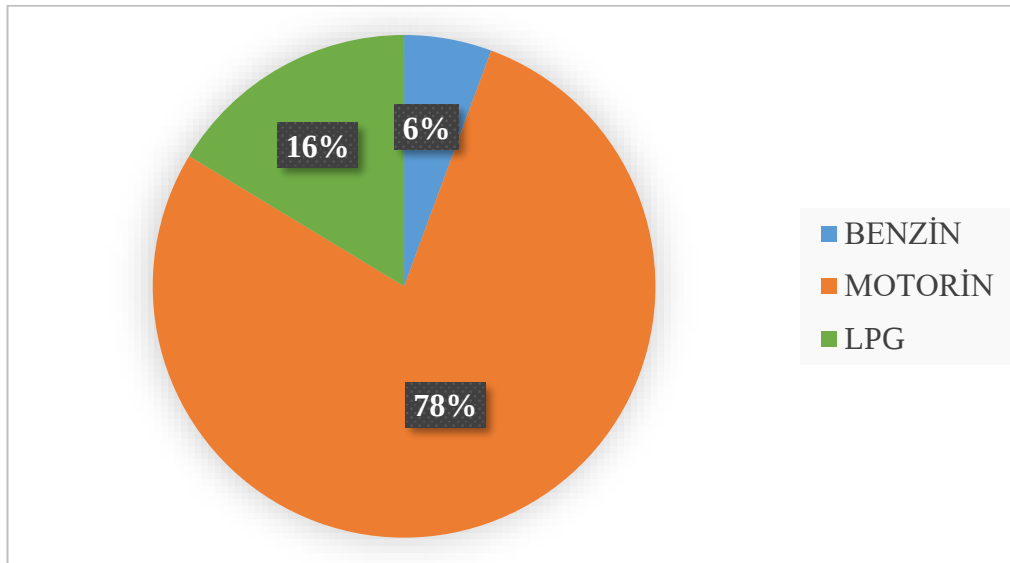
4.1 Tier 1 Yöntemiyle CO₂ Emisyonu Hesaplanması

2016 yılı için akaryakıt tüketim verileri şu şekildedir:

Çizelge 4.1. Aksaray ili için 2016 yılı akaryakıt tüketim değerleri (EPDK, 2017).

AYLAR	BENZİN (ton)	2016 DİZEL (ton)	LPG (ton)
Ocak	479,034	6.294,91	1.530,23
Şubat	473,643	7.832,53	1.561,73
Mart	560,948	9.402,46	1.782,68
Nisan	653,978	11.246,49	1.740,91
Mayıs	610,045	9.551,54	2.048,70
Haziran	730,833	9.297,65	1.882,98
Temmuz	980,089	10.987,72	2.664,47
Ağustos	1.010,68	11.021,71	2.500,21
Eylül	888,93	10.258,45	2.523,82
Ekim	614,894	10.335,53	2.047,39
Kasım	632,521	9.485,88	1.867,92
Aralık	554,372	7.598,39	1.568,44
TOPLAM	8.189,96	113.313,25	23.719,48

Şekil 4.1’de Aksaray ilinde tercih edilen akaryakıt türleri paylaşılmıştır. Akaryakıt cinsleri arasında dizel türünün diğer akaryakıtlara göre fazla tercih edildiği gözükmemektedir. Bunun en belirgin nedenlerinden biri olan fiyat ekonomisinin yanı sıra, motorlu araçların cinslerinin çoğunlukla (traktör, kamyon, kamyonet, otobüs vb.) dizel yakıt olmasıdır.



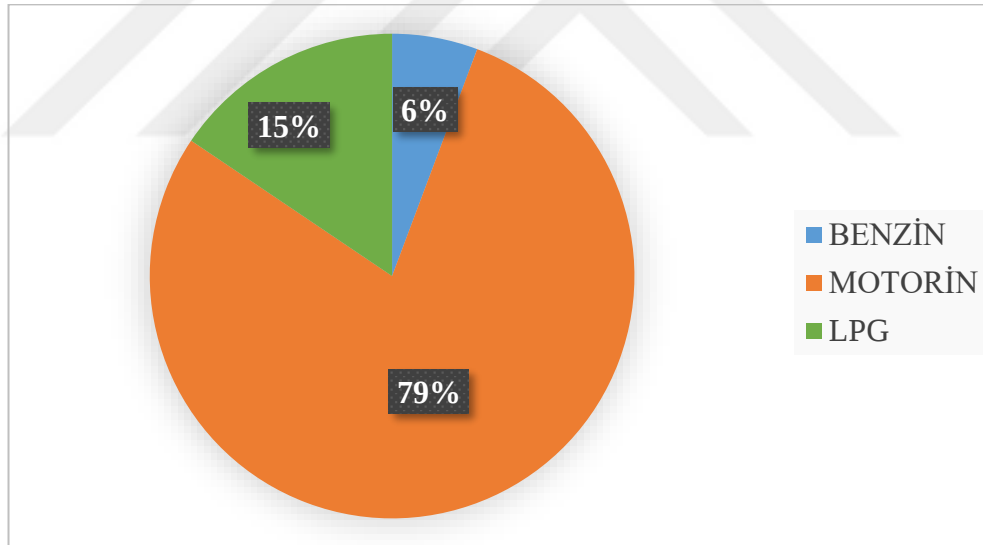
Şekil 4.1. Aksaray ili 2016 yılı akaryakıt dağılımı.

2017 yılı için akaryakıt tüketim verileri şu şekildedir (Çizelge 4.2):

Çizelge 4.2. Aksaray ili için 2017 yılı akaryakıt tüketim değerleri (EPDK, 2018).

AYLAR	2017		
	BENZİN (ton)	DİZEL (ton)	LPG (ton)
Ocak	478,854	5.762,65	1.406,75
Şubat	473,736	5.458,75	1.378,08
Mart	651,844	9.096,05	1.752,96
Nisan	603,255	9.316,51	1.840,02
Mayıs	793,856	10.204,04	2.097,99
Haziran	816,502	9.736,72	2.072,90
Temmuz	990,831	14.250,01	2.433,63
Ağustos	1.133,67	11.361,51	2.685,57
Eylül	862,203	11.210,30	2.462,66
Ekim	707,736	13.961,85	2.004,02
Kasım	581,279	10.174,88	1.797,37
Aralık	612,809	9.388,40	1.778,65
TOPLAM	8.706,58	119.921,65	23.710,58

Şekil 4.2’de paylaşılan akaryakıt verileri 2016 yılındaki gibi sabit oranlarda devam etmiştir.



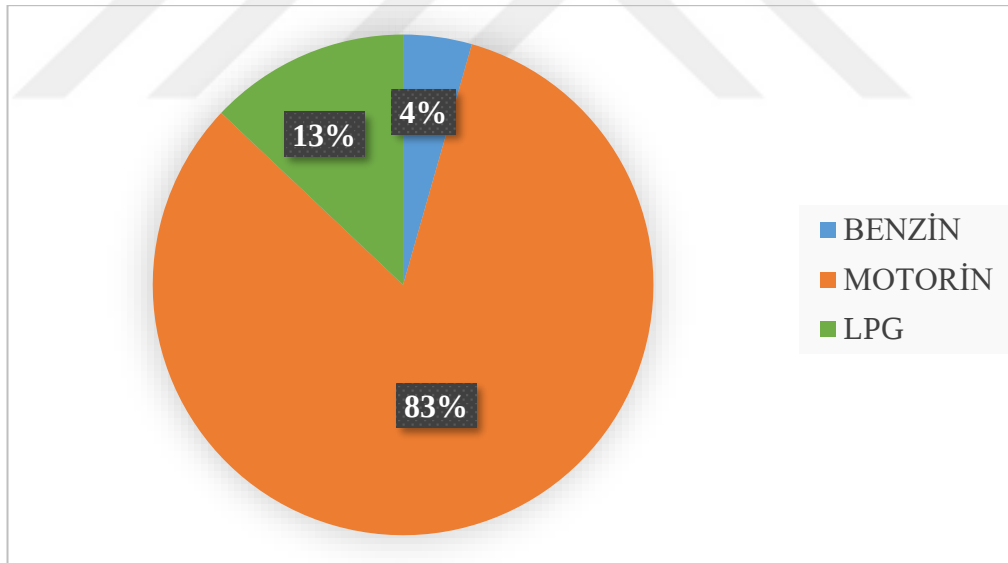
Şekil 4.2. Aksaray ili 2017 yılı akaryakıt dağılımı.

2018 yılı için akaryakıt tüketim verileri şu şekildedir (Çizelge 4.3):

Çizelge 4.3. Aksaray ili için 2018 yılı akaryakıt tüketim değerleri (EPDK, 2019).

AYLAR	2018		
	BENZİN (ton)	DİZEL (ton)	LPG (ton)
Ocak	554,34	8.837,39	1.729,72
Şubat	570,423	9.348,41	1.681,73
Mart	496,217	7.850,85	1.964,32
Nisan	563,473	8.830,17	1.983,61
Mayıs	726,323	13.805,87	2.112,48
Haziran	883,72	13.539,02	2.495,11
Temmuz	985,008	17.045,61	2.507,43
Ağustos	1.251,08	17.514,34	2.944,19
Eylül	779,667	17.143,82	2.372,17
Ekim	675,349	19.399,57	2.156,80
Kasım	629,591	16.695,62	1.853,95
Aralık	609,106	12.624,73	1.695,23
TOPLAM	8.724,30	162.635,40	25.496,74

Şekil 4.3’de paylaşılan akaryakıt verilerinde 2017 yılına göre LPG’de %2’lik bir düşüş, dizelde %4’lük bir artış ve benzinde ise %2’lik bir düşüş gözlemlenmiştir.



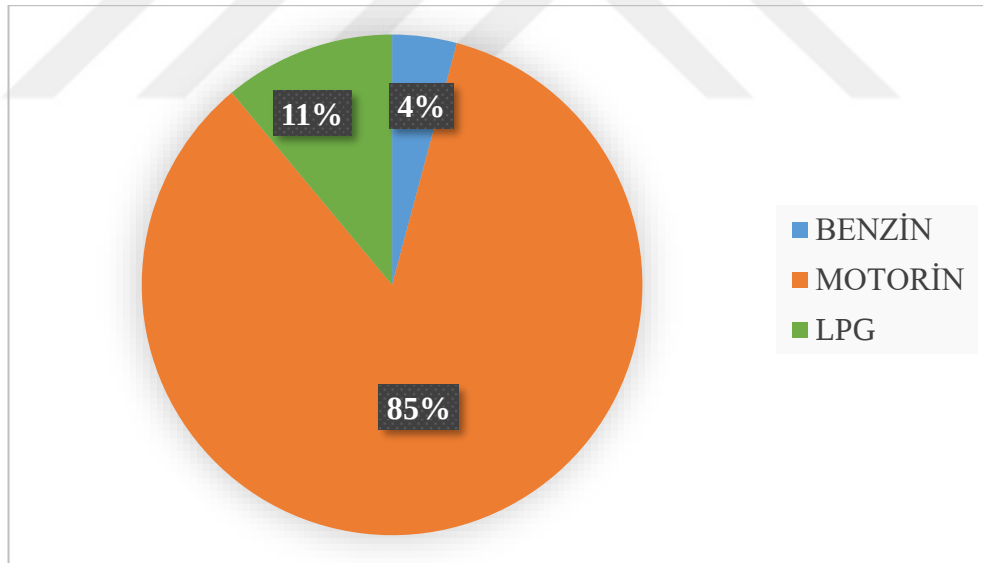
Şekil 4.3. Aksaray ili 2018 yılı akaryakıt dağılımı.

2019 yılı için akaryakıt tüketim verileri şu şekildedir (Çizelge 4.4):

Çizelge 4.4. Aksaray ili için 2019 yılı akaryakıt tüketim değerleri (EPDK, 2020).

AYLAR	BENZİN (ton)	2019	
		DİZEL (ton)	LPG (ton)
Ocak	598,185	10.664,54	1.746,26
Şubat	608,788	11.932,88	1.652,12
Mart	713,353	15.069,03	1.831,50
Nisan	751,277	17.383,92	1.998,03
Mayıs	745,915	18.677,62	2.023,17
Haziran	945,505	16.209,11	2.425,68
Temmuz	1.024,60	22.100,91	2.553,86
Ağustos	1.337,45	19.877,00	3.202,89
Eylül	818,754	17.190,82	2.363,98
Ekim	780,476	18.233,31	2.224,03
Kasım	777,522	16.064,58	2.062,98
Aralık	704,34	15.944,29	1.933,44
TOPLAM	9.806,16	199.348,01	26.017,94

Şekil 4.4’de paylaşılan akaryakıt verilerinde 2018 yılına göre LPG’de %2’lik düşüş, dizelde %2’lik artış söz konusudur.



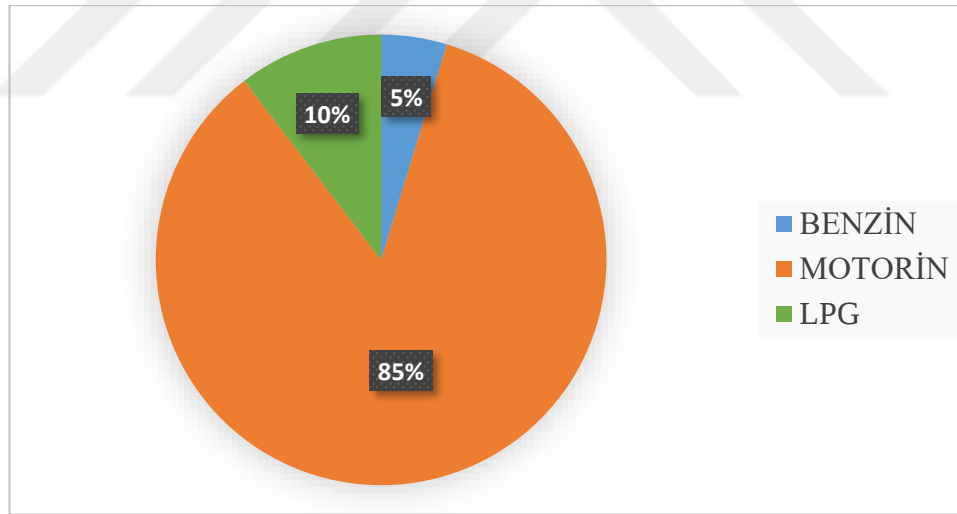
Şekil 4.4. Aksaray ili 2019 yılı akaryakıt dağılımı.

2020 yılı için akaryakıt tüketim verileri şu şekildedir (Çizelge 4.5):

Çizelge 4.5. Aksaray ili için 2020 yılı akaryakıt tüketim değerleri (EPDK, 2021).

AYLAR	2020		
	BENZİN (ton)	DİZEL (ton)	LPG (ton)
Ocak	702,034	12.180,44	1.940,47
Şubat	649,13	11.798,00	1.728,24
Mart	752,243	16.165,61	1.583,52
Nisan	622,512	12.952,72	1.664,76
Mayıs	737,432	13.044,30	1.816,47
Haziran	962,93	15.672,94	2.246,19
Temmuz	1.491,47	21.282,16	2.808,13
Ağustos	1.420,29	20.201,88	2.771,69
Eylül	1.007,84	20.015,66	2.301,75
Ekim	1.026,02	20.778,98	2.255,75
Kasım	1.068,72	19.631,33	2.042,94
Aralık	782,079	18.481,87	1.569,71
TOPLAM	11.222,71	202.205,89	24.729,61

Şekil 4.5'te ki verilerde ise 2019 yılına göre, LPG %1 düşüş ve benzinde %1 artış görülmüştür.



Şekil 4.5. Aksaray ili 2020 yılı akaryakıt dağılımı.

Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5' te hesaplama yapmak için gerekli olan tüm veriler toplanmıştır. Ayrıca yıllardaki yüzde değişimleri de görülmektedir. Buradaki tüm veriler ton cinsinden olup, CO₂ miktarının bulmak için daha önce bahsedilen CO₂ dönüşüm ve CO₂ emisyon faktörlerinden yararlanılmıştır. Buradaki önemli nokta akaryakıtların motorlarda yanması sonucu birçok sera gazı atmosfere salınmaktadır. Bu çalışmada sadece CO₂ miktarı emisyonu hesabı yapılacağından, CO₂ dönüşüm ve

CO₂ emisyon faktörleri kullanılarak diğer sera gazlarından ayırt edilip saf CO₂ miktarı bulunacaktır. Hesaplamalar tüm akaryakıtlarda ayrı ayrı yapılmıştır.

2016 yılı için Tier 1 benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.6):

Çizelge 4.6. Aksaray ili 2016 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	8.189,96
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	362,82
Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Benzin CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	25.143.107,58
CO ₂ Emisyonu (Gg)	25,14
CO ₂ Emisyonu (t)	25.143,11

2016 yılı için dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.7):

Çizelge 4.7. Aksaray ili 2016 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

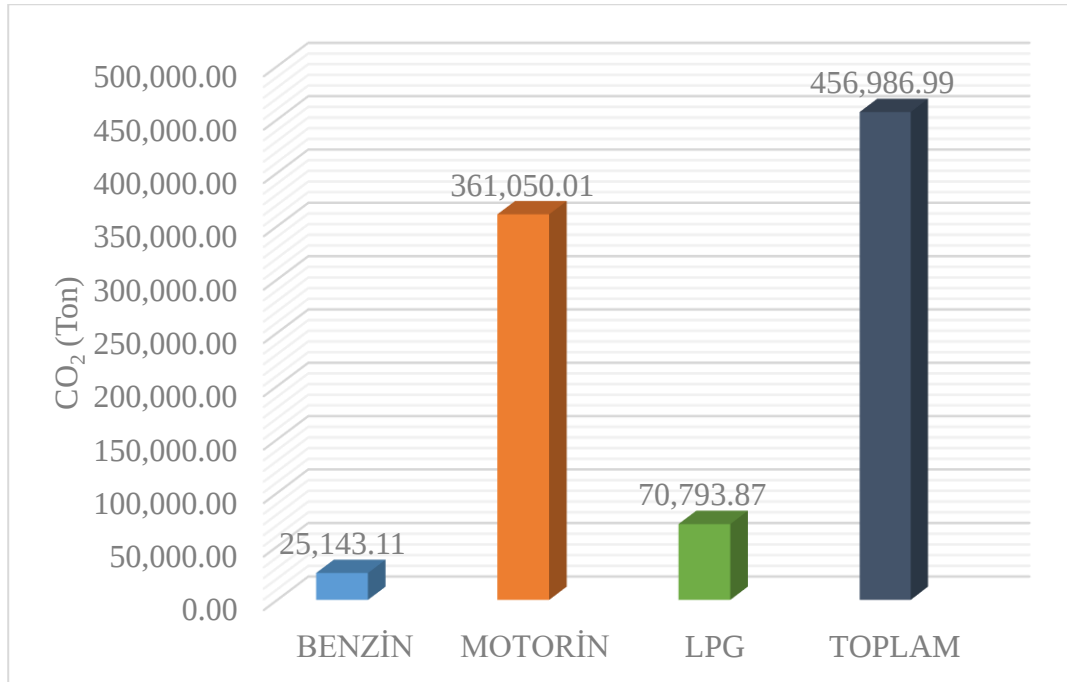
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	113.313,25
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	4.872,47
Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Dizel CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	361.050.008,48
CO ₂ Emisyonu (Gg)	361,05
CO ₂ Emisyonu (t)	361.050,01

2016 yılı için LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.8):

Çizelge 4.8. Aksaray ili 2016 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	23.719,48
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	1.121,93
LPG CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{LPG CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	70.793.871,59
CO ₂ Emisyonu (Gg)	70,79
CO ₂ Emisyonu (t)	70.793,87

Şekil 4.6’da Aksaray ili için 2016 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 456.986,99 ton çıkmıştır. 2016 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.595.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2016 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,6’sıdır.



Şekil 4.6. 2016 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.

2017 yılı için benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.9):

Çizelge 4.9. Aksaray ili 2017 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	8.706,58
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	385,70
Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Benzin CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	26.729.110,46
CO ₂ Emisyonu (Gg)	26,73
CO ₂ Emisyonu (t)	26.729,11

2017 yılı için dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.10):

Çizelge 4.10. Aksaray ili 2017 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

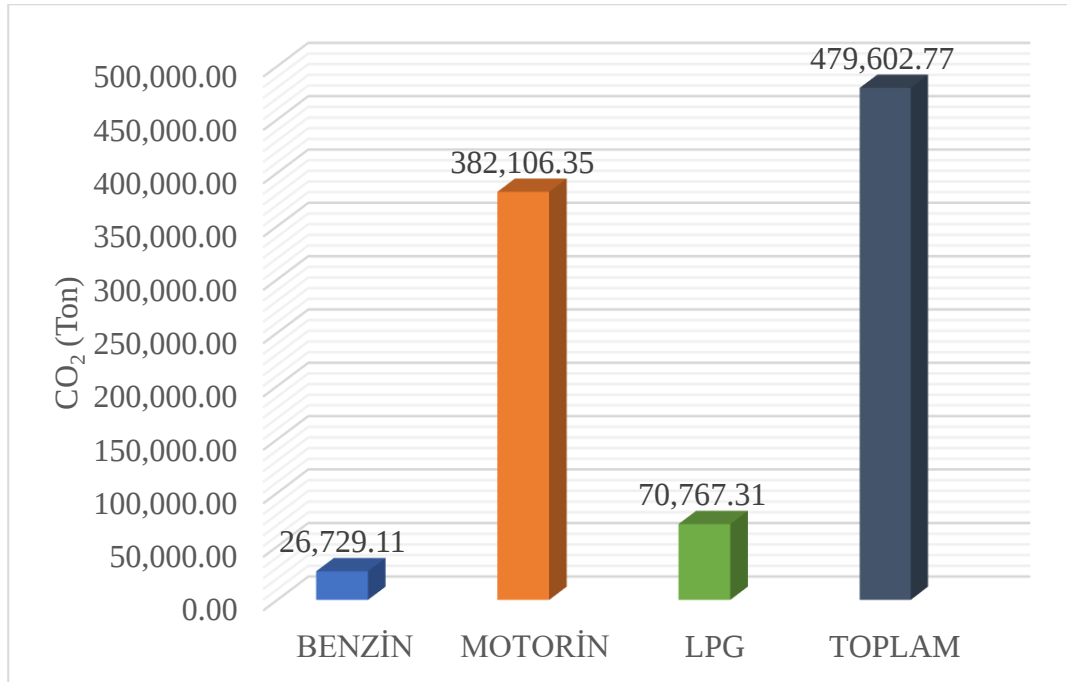
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	119.921,65
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	5.156,63
Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Dizel CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	382.106.353,40
CO ₂ Emisyonu (Gg)	382,11
CO ₂ Emisyonu (t)	382.106,35

2017 yılı için LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.11):

Çizelge 4.11. Aksaray ili 2017 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	23.710,58
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	1.121,51
LPG CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{LPG CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	70.767.308,39
CO ₂ Emisyonu (Gg)	70,77
CO ₂ Emisyonu (t)	70.767,31

Şekil 4.7’de Aksaray ili için 2017 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 479.602,77 ton çıkmıştır. 2017 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.620.673,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2017 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,63’ ü dür.



Şekil 4.7. 2017 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.

2018 yılı için benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.12):

Çizelge 4.12. Aksaray ili 2018 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	8.824,30
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	Yakıt Tüketimi [t] × 10 ⁻³ × Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]
Enerji Tüketimi (TJ)	386,49
Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü [kg/TJ] × Enerji Tüketimi [TJ]
CO ₂ Emisyonu (Kg)	26.783.501,48
CO ₂ Emisyonu (Gg)	26,78
CO ₂ Emisyonu (t)	26.783,50

2018 yılı için dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.13):

Çizelge 4.13. Aksaray ili 2018 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

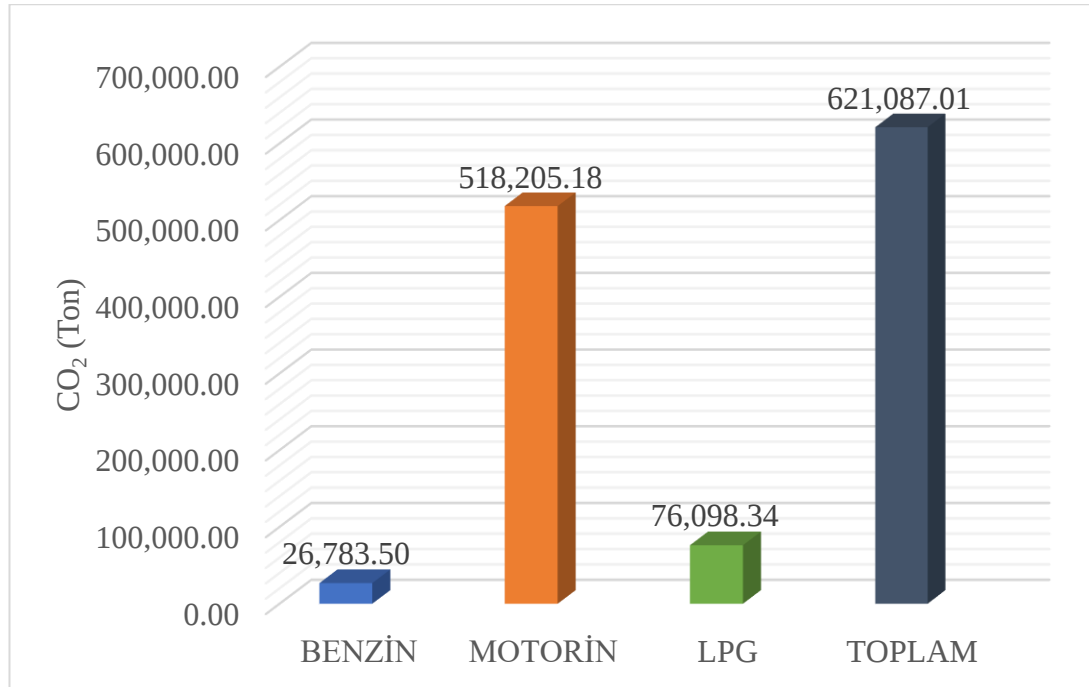
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	162.635,40
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	Yakıt Tüketimi [t] × 10 ⁻³ × Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]
Enerji Tüketimi (TJ)	6.993,32
Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü [kg/TJ] × Enerji Tüketimi [TJ]
CO ₂ Emisyonu (Kg)	518.205.175,02
CO ₂ Emisyonu (Gg)	518,21
CO ₂ Emisyonu (t)	518.205,18

2018 yılı için LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.14):

Çizelge 4.14. Aksaray ili 2018 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	25.496,74
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	1.206,00
LPG CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{LPG CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	76.098.335,11
CO ₂ Emisyonu (Gg)	76,10
CO ₂ Emisyonu (t)	76.098,34

Şekil 4.8’de Aksaray ili için 2018 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 621.087,01 ton çıkmıştır. 2018 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 77.289.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2018 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,8’idir.



Şekil 4.8. 2018 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.

2019 yılı için benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.15):

Çizelge 4.15. Aksaray ili 2019 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	9.806,16
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	434,41
Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Benzin CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	30.104.803,93
CO ₂ Emisyonu (Gg)	30,10
CO ₂ Emisyonu (t)	30.104,80

2019 yılı için dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.16):

Çizelge 4.16. Aksaray ili 2019 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

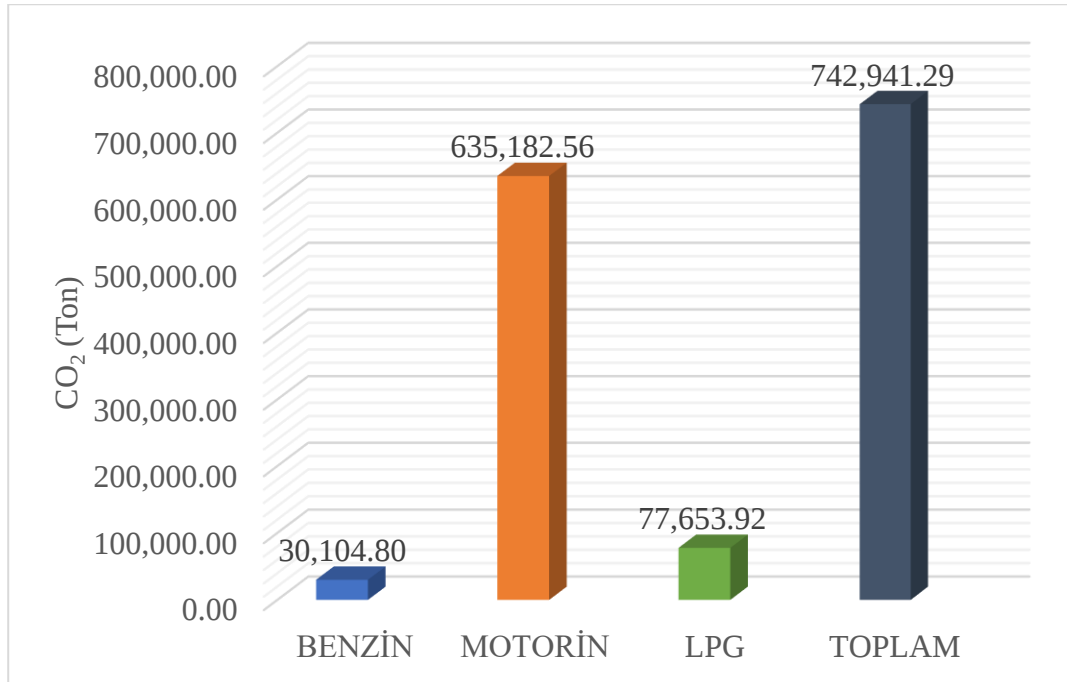
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	199.348,01
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	8.571,96
Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Dizel CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	635.182.564,26
CO ₂ Emisyonu (Gg)	635,18
CO ₂ Emisyonu (t)	635.182,56

2019 yılı için LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.17):

Çizelge 4.17. Aksaray ili 2019 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	26.017,94
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	1.230,65
LPG CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{LPG CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	77.653.924,26
CO ₂ Emisyonu (Gg)	77,65
CO ₂ Emisyonu (t)	77.653,92

Şekil 4.9’da Aksaray ili için 2019 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 742.941,29 ton çıkmıştır. 2019 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.130.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2019 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,98’ i dir.



Şekil 4.9. 2019 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.

2020 yılı için benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.18):

Çizelge 4.18. Aksaray ili 2020 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	11.222,71
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	497,17
Benzin CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Benzin CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	34.453.607,47
CO ₂ Emisyonu (Gg)	34,45
CO ₂ Emisyonu (t)	34.453,61

2020 yılı için dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.19):

Çizelge 4.19. Aksaray ili 2020 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

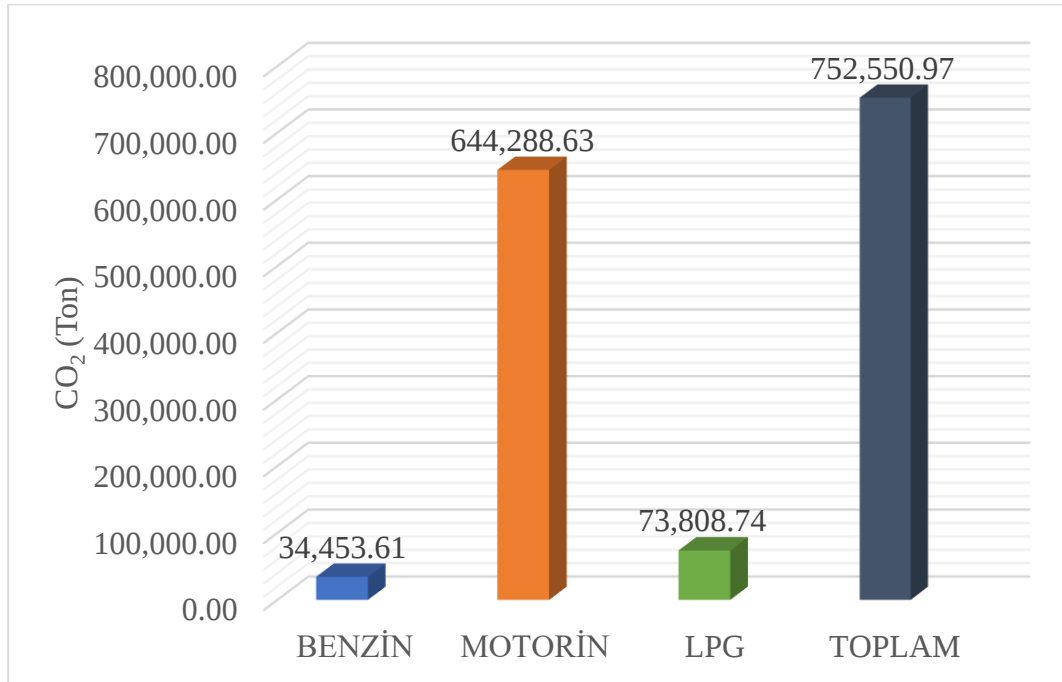
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	202.205,89
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	8.694,85
Dizel CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Dizel CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	644.288.627,31
CO ₂ Emisyonu (Gg)	644,29
CO ₂ Emisyonu (t)	644.288,63

2020 yılı için LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.20):

Çizelge 4.20. Aksaray ili 2020 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	24.729,61
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	1.169,71
LPG CO ₂ Emisyon Faktörü (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{LPG CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	73.808.735,89
CO ₂ Emisyonu (Gg)	73,81
CO ₂ Emisyonu (t)	73.808,74

Şekil 4.10'da Aksaray ili için 2020 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 752.550,97 ton çıkmıştır. 2020 yılında Türkiye'de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 72.368.679,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2020 yılında Türkiye'de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %1,03 üdür.



Şekil 4.10. 2020 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 1 metodu.

Yukarıda ki çizelgelerde gerekli olan hesaplamalar detaylıca yapılmıştır. Tier 1 yöntemi kısmında hesaplama ait spesifik bilgiler ayrıca verildiği göz önünde bulundurulursa, tier 1 yöntemi karbon ayak izi hesaplama çalışmaları tamamlanmıştır.

4.2 Tier 2 Yöntemiyle CO₂ Emisyonu Hesaplanması

IPCC'nin yayınlamış olduğu Tier 2 yönteminde ise Tier 1 yöntemine göre daha detaylı veriler ile hesaplamalar yapılmıştır. Bu yöntemde yakıt tüketimleri doğrudan elde edilmemiştir. Yakıt tüketim verilerine ulaşmak için, araç km menzilleri ve araç sayıları dikkate alınmıştır. Hesaplamalara ulaşmak için gerekli olan veriler TÜİK ve IPCC'den alınmıştır. Aşağıdaki çizelgelerde gerekli olan veriler paylaşılmıştır (Çizelge 4.21, 4.22, 4.23).

Çizelge 4.21. Aksaray İl'inin araç sayıları, akaryakıt ve sınıflarına göre dağılımı (TÜİK, 2022).

Yıllar	İl	Toplam	Benzin	Otomobil		Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon
		Araç Sayısı		Dizel	LPG			Dizel	
2020	Aksaray	95.563	16.559	25.993	25.110	1.472	1.377	18.535	6.517
2019	Aksaray	91.581	15.759	24.449	24.644	1.405	1.403	17.619	6.302
2018	Aksaray	90.514	16.004	23.652	24.359	1.396	1.416	17.424	6.263
2017	Aksaray	87.451	16.019	21.895	23.750	1.400	1.477	16.650	6.260
2016	Aksaray	82.092	15.511	19.447	22.688	1.368	1.469	15.527	6.082

Çizelge 4.22. Aksaray İli araçların ortalama Km menzilleri (TÜİK, 2022).

Yıllar	Benzin	Otomobil		Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon
		Dizel	LPG			Dizel	
2020	6.811	18.449	12.162	22.747	41.272	16.132	47.400
2019	7.315	19.348	13.312	24.636	45.100	16.562	44.346
2018	7.770	19.755	13.804	27.077	48.826	16.871	42.791
2017	7.381	18.767	13.113	28.172	50.141	18.659	50.114
2016	7.307	18.579	12.982	26.396	44.491	17.845	45.735

Çizelge 4.23. Araçların 100 km'deki ortalama yakıt tüketimleri (IPCC, 1996c).

Yıllar	Otomobil			Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs
	Benzin	Dizel	LPG				
2020	8,5	7,3	11,2	29,9	10,9	10,9	29,9
2019	8,5	7,3	11,2	29,9	10,9	10,9	29,9
2018	8,5	7,3	11,2	29,9	10,9	10,9	29,9
2017	8,5	7,3	11,2	29,9	10,9	10,9	29,9
2016	8,5	7,3	11,2	29,9	10,9	10,9	29,9

Çizelge 4.21’de Aksaray ilindeki araç sayıları TÜİK verilerinden detaylıca araştırılmıştır. Araştırmada traktör ve özel araçlar yeterli veriler bulunamadığı için kapsam dışı tutulmuştur.

Çizelge 4.22’de tüm araçların yıllık ortalama menzilleri (Km) TÜİK’ten alınmıştır. Burada paylaşılan veriler bize yakıt tüketimi konusunda hesaplama yapmamamıza yardımcı olmuştur.

Çizelge 4.23’de araçların 100 km’deki ortalama yakıt tüketimleri görülmektedir. Yük ve sayıca fazla yolcu taşıyan araçların, yakıt tüketimleri diğer araçlara göre 3 kat daha fazladır. Bunun sonucunda daha çok yanma ve daha çok kirli gaz atmosfere salınacaktır. Tier 2 yöntemi için gerekli olan verilen toplandıktan sonra, bu verilere ışığında toplam yakıt tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplama adımları şu şekildedir:

1. Aracın 100 km’deki ortalama yakıt tüketiminden, toplam katettiği km ile toplam yakıt tüketimi litre biriminden bulunur.
2. Yalnızca bir araca ait bulunan toplam yakıt tüketimi o yılki toplam araç sayısı ile çarpılır ve toplam o yılki araçların toplam tükettiği yakıt tüketimi litre biriminden bulunur.
3. Bulunan toplam litre yakıtın özgül ağırlığı katsayısı ile çarpılarak ton birimine çevrilir.

Benzinin özgül ağırlığı 0,0007 ton, Dizelin özgül ağırlığı 0,00084 ton ve LPG’nin özgül ağırlığı 0,00055 ton kabul edilmiştir.

Akaryakıt tüketim hesaplamaları aşağıdaki Çizelge 4.24, 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30’da detaylıca paylaşılmıştır.

Çizelge 4.24. Tier 2 metodu ile Benzinli araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Benzinli Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ortalama Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Benzin (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	6.811	8,50	100,00	578,94	16.559,00	9.586.584,67	0,00070	6.710,61
2019	7.315	8,50	100,00	621,78	15.759,00	9.798.552,23	0,00070	6.858,99
2018	7.770	8,50	100,00	660,45	16.004,00	10.569.841,80	0,00070	7.398,89
2017	7.381	8,50	100,00	627,39	16.019,00	10.050.080,32	0,00070	7.035,06
2016	7.307	8,50	100,00	621,10	15.511,00	9.633.804,55	0,00070	6.743,66

Çizelge 4.25. Tier 2 metodu ile LPG'li araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

LPG'li Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı LPG (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	12.162	11,20	100,00	1.362,14	25.110,00	34.203.435,84	0,00055	18.811,89
2019	13.312	11,20	100,00	1.490,94	24.644,00	36.742.823,94	0,00055	20.208,55
2018	13.804	11,20	100,00	1.546,05	24.359,00	37.660.183,23	0,00055	20.713,10
2017	13.113	11,20	100,00	1.468,66	23.750,00	34.880.580,00	0,00055	19.184,32
2016	12.982	11,20	100,00	1.453,98	22.688,00	32.987.988,99	0,00055	18.143,39

Çizelge 4.26. Tier 2 metodu ile Dizel otomobil araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Dizel otomobil Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam Litre (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Dizel (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	18.449	7,30	100,00	1.346,78	53.893,68	72.582.765,98	0,00084	60.969,52
2019	19.348	7,30	100,00	1.412,40	51.178,20	72.284.300,04	0,00084	60.718,81
2018	19.755	7,30	100,00	1.442,12	50.151,10	72.323.647,81	0,00084	60.751,86
2017	18.767	7,30	100,00	1.369,99	47.681,90	65.323.773,86	0,00084	54.871,97
2016	18.579	7,30	100,00	1.356,27	43.893,01	59.530.638,28	0,00084	50.005,74

Çizelge 4.27. Tier 2 metodu ile Dizel minibüs araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Dizel Minibüs Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam Litre (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Dizel (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	22.747	10,90	100,00	2.479,42	1 472	3.649.710,66	0,00084	3.065,76
2019	24.636	10,90	100,00	2.685,32	1 405	3.772.880,22	0,00084	3.169,22
2018	27.077	10,90	100,00	2.951,39	1 396	4.120.144,63	0,00084	3.460,92
2017	28.172	10,90	100,00	3.070,75	1 400	4.299.047,20	0,00084	3.611,20
2016	26.396	10,90	100,00	2.877,16	1 368	3.935.960,35	0,00084	3.306,21

Çizelge 4.28. Tier 2 metodu ile Dizel otobüs araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Dizel Otobüs Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam Litre (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Dizel (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	41.272	29,90	100,00	12.340,33	1 377	16.992.631,66	0,00084	14.273,81
2019	45.100	29,90	100,00	13.484,90	1 403	18.919.314,70	0,00084	15.892,22
2018	48.826	29,90	100,00	14.598,97	1 416	20.672.147,18	0,00084	17.364,60
2017	50.141	29,90	100,00	14.992,16	1 477	22.143.418,84	0,00084	18.600,47
2016	44.491	29,90	100,00	13.302,81	1 469	19.541.826,42	0,00084	16.415,13

Çizelge 4.29. Tier 2 metodu ile Dizel kamyonet araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Dizel Kamyonet Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam Litre (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Dizel (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	16.132	10,90	100,00	1.758,39	18 535	32.591.721,58	0,00084	27.377,05
2019	16.562	10,90	100,00	1.805,26	17 619	31.806.840,70	0,00084	26.717,75
2018	16.871	10,90	100,00	1.838,94	17 424	32.041.673,14	0,00084	26.915,01
2017	18.659	10,90	100,00	2.033,83	16 650	33.863.286,15	0,00084	28.445,16
2016	17.845	10,90	100,00	1.945,11	15 527	30.201.645,34	0,00084	25.369,38

Çizelge 4.30. Tier 2 metodu ile Dizel kamyon araçların akaryakıt tüketimi hesabı.

Dizel Kamyon Araçlar								
	A	B	C	D	E	F	G	H
				A x B / C = D		D x E = F		F x G = H
Yıllar	Ort. Km	Ort. Yakıt Tüketimi (Litre/100)	Km Katsayısı	1 Araç Toplam Litre (Litre/yıl)	Yıldaki Toplam Araç Sayısı	Toplam Akaryakıt (Litre)	Akaryakıt Özgöl Ağırlığı Dizel (Ton)	Toplam Akaryakıt (Ton)
2020	47.400	29,90	100,00	14.172,60	6 517	92.362.834,20	0,00084	77.584,78
2019	44.346	29,90	100,00	13.259,45	6 302	83.561.079,11	0,00084	70.191,31
2018	42.791	29,90	100,00	12.794,51	6 263	80.132.009,87	0,00084	67.310,89
2017	50.114	29,90	100,00	14.984,09	6 260	93.800.378,36	0,00084	78.792,32
2016	45.735	29,90	100,00	13.674,77	6 082	83.169.920,73	0,00084	69.862,73

Çizelge 4.24'te benzinle kullanılan araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.25'te LPG ile kullanılan araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.26'da dizel yakıt yakan otomobil sınıfı araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.27'da dizel yakıt yakan minibüs sınıfı araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.28'da dizel yakıt yakan otobüs sınıfı araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.29'da dizel yakıt yakan kamyonet sınıfı araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Çizelge 4.30'da dizel yakıt yakan kamyon sınıfı araçların 1 yıldaki toplam tükettikleri akaryakıtlar ton cinsinden bulunmuştur.

Bulunan toplam akaryakıt verileri Tier 1 metodunda yapıldığı gibi dönüşüm faktörleri ve emisyon faktörleri ile çarpılarak CO₂ salınımları bulunmuştur. Hesaplamaya ait bilgiler aşağıdaki çizelgelerde detaylıca paylaşılmıştır.

2016 yılı için Tier 2 benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.31):

Çizelge 4.31. Aksaray ili 2016 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	6.743,66
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	298,74
Benzin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	20.702.968,76
CO ₂ Emisyonu (Gg)	20,70
CO ₂ Emisyonu (t)	20.702,97

2016 yılı için Tier 2 dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.32):

Çizelge 4.32. Aksaray ili 2016 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

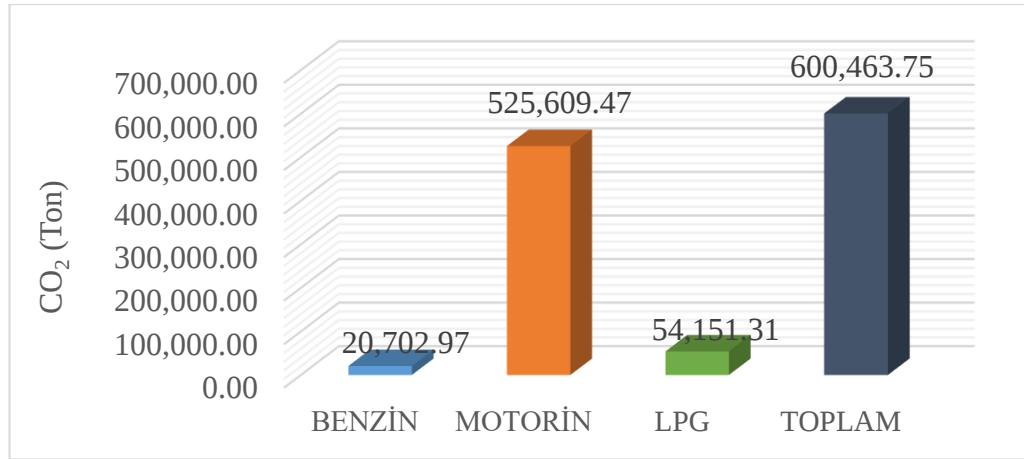
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	164.959,19
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	7.093,25
Motorin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	525.609.467,10
CO ₂ Emisyonu (Gg)	525,61
CO ₂ Emisyonu (t)	525.609,47

2016 yılı için Tier 2 LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.33):

Çizelge 4.33. Aksaray ili 2016 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	18.143,39
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	858,18
LPG CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	54.151.306,10
CO ₂ Emisyonu (Gg)	54,15
CO ₂ Emisyonu (t)	54.151,31

Şekil 4.11’de Aksaray ili için 2016 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi tier 2 metoduna göre 600.463,75 ton çıkmıştır. 2016 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.595.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2016 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,79 u dur.



Şekil 4.11. 2016 yılı Akşaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.

2017 yılı için Tier 2 benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.34):

Çizelge 4.34. Akşaray ili 2017 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	7.035,06
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$Yakıt\ Tüketimi\ [t] \times 10^{-3} \times Dönüşüm\ Faktörü\ [TJ/Gg]$
Enerji Tüketimi (TJ)	311,65
Benzin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	69.300,00
Co ₂ Emisyonu (Kg)	$Karbon\ Emisyon\ Faktörü\ [kg/TJ] \times Enerji\ Tüketimi\ [TJ]$
Co ₂ Emisyonu (Kg)	21.597.563,85
Co ₂ Emisyonu (Gg)	21,60
Co ₂ Emisyonu (t)	21.597,56

2017 yılı için Tier 2 dizel CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.35. Akşaray ili 2017 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

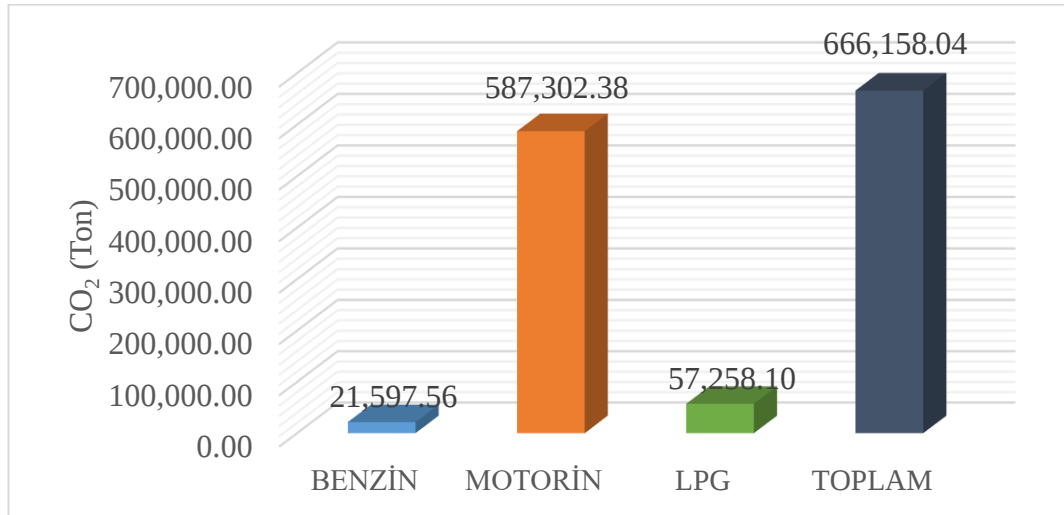
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	184.321,12
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$Yakıt\ Tüketimi\ [t] \times 10^{-3} \times Dönüşüm\ Faktörü\ [TJ/Gg]$
Enerji Tüketimi (TJ)	7.925,81
Motorin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$Karbon\ Emisyon\ Faktörü\ [kg/TJ] \times Enerji\ Tüketimi\ [TJ]$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	587.302.384,66
CO ₂ Emisyonu (Gg)	587,30
CO ₂ Emisyonu (t)	587.302,38

2017 yılı için Tier 2 LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.36):

Çizelge 4.36. Aksaray ili 2017 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	19.184,32
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	907,42
LPG CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	57.258.097,00
CO ₂ Emisyonu (Gg)	57,26
CO ₂ Emisyonu (t)	57.258,10

Şekil 4.12’de Aksaray ili için 2017 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi tier 2 metoduna göre 666.158,04 ton çıkmıştır. 2017 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.620.673,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2017 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,88’idir.



Şekil 4.12. 2017 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.

2018 yılı için Tier 2 benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.37):

Çizelge 4.37. Aksaray ili 2018 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	7.398,89
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	327,77
Benzin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	22.714.518,31
CO ₂ Emisyonu (Gg)	22,71
CO ₂ Emisyonu (t)	22.714,52

2018 yılı için Tier 2 dizel CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.38):

Çizelge 4.38. Aksaray ili 2018 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

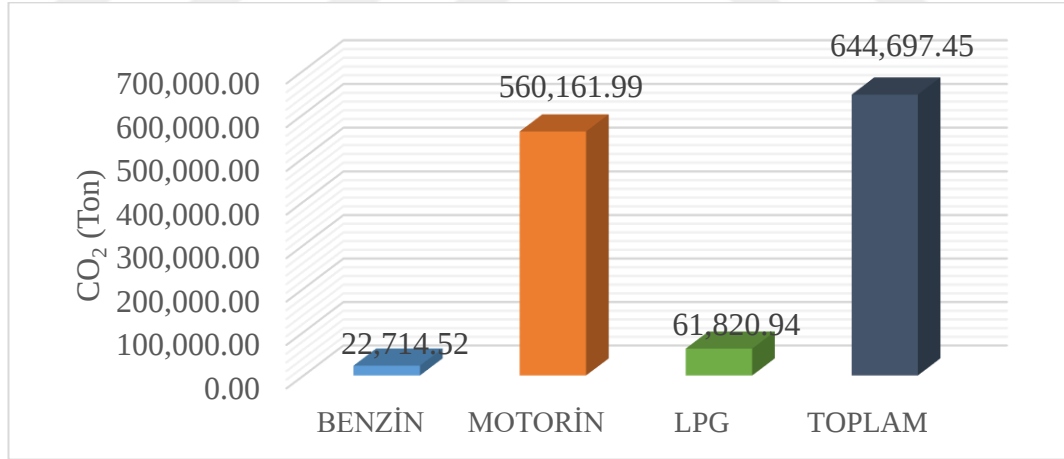
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	175.803,28
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	7.559,54
Motorin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	560.161.991,06
CO ₂ Emisyonu (Gg)	560,16
CO ₂ Emisyonu (t)	560.161,99

2018 yılı için Tier 2 LPG CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.39):

Çizelge 4.39. Aksaray ili 2018 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	20.713,10
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	979,73
LPG CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	61.820.939,65
CO ₂ Emisyonu (Gg)	61,82
CO ₂ Emisyonu (t)	61.820,94

Şekil 4.13'te Aksaray ili için 2018 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi tier 2 metoduna göre 644.697,45 ton çıkmıştır. 2018 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 77.289.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2018 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,83 ü dür.



Şekil 4.13. 2018 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.

2019 yılı için Tier 2 benzin CO₂ emisyonu hesabı (Çizelge 4.40):

Çizelge 4.40. Aksaray ili 2019 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	6.858,99
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	303,85
Benzin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	21.057.030,71
CO ₂ Emisyonu (Gg)	21,06
CO ₂ Emisyonu (t)	21.057,03

2019 yılı için Tier 2 dizel CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.41. Aksaray ili 2019 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

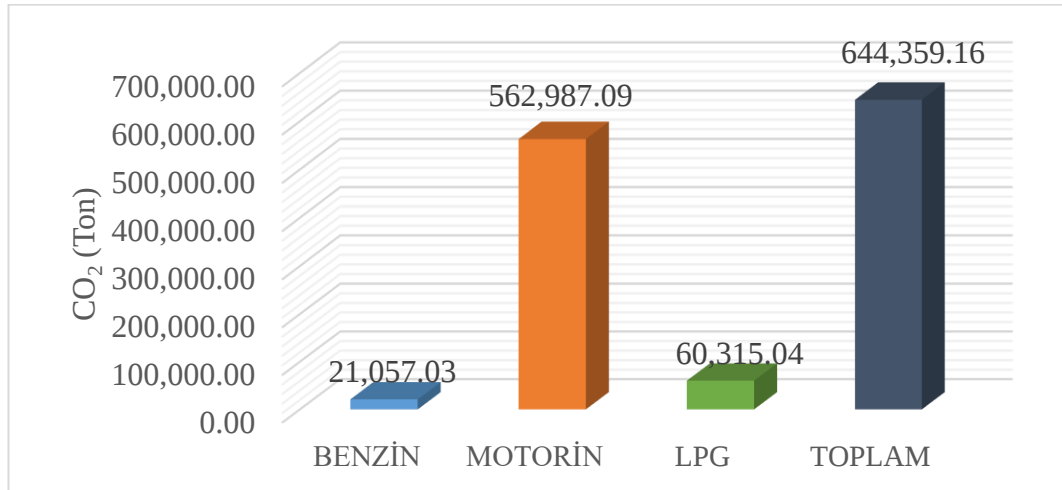
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	176.689,92
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	7.597,67
Motorin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	562.987.092,10
CO ₂ Emisyonu (Gg)	562,99
CO ₂ Emisyonu (t)	562.987,09

2019 yılı için Tier 2 LPG CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.42. Aksaray ili 2019 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	20.208,55
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	955,86
LPG CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	60.315.044,59
CO ₂ Emisyonu (Gg)	60,32
CO ₂ Emisyonu (t)	60.315,04

Şekil 4.14’de Aksaray ili için 2019 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi tier 2 metoduna göre 644.359,16 ton çıkmıştır. 2019 yılında Türkiye’de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 75.130.000,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2019 yılında Türkiye’de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,86’sıdır.



Şekil 4.14. 2019 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.

2020 yılı için Tier 2 benzin CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.43. Aksaray ili 2020 yılı benzin CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (Benzin)	6.710,61
Dönüşüm Faktörü TJ/Gg	44,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	297,28
Benzin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	69.300,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	20.601.505,59
CO ₂ Emisyonu (Gg)	20,60
CO ₂ Emisyonu (t)	20.601,51

2020 yılı için Tier 2 dizel CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.44. Aksaray ili 2020 yılı dizel CO₂ emisyon hesabı değerleri.

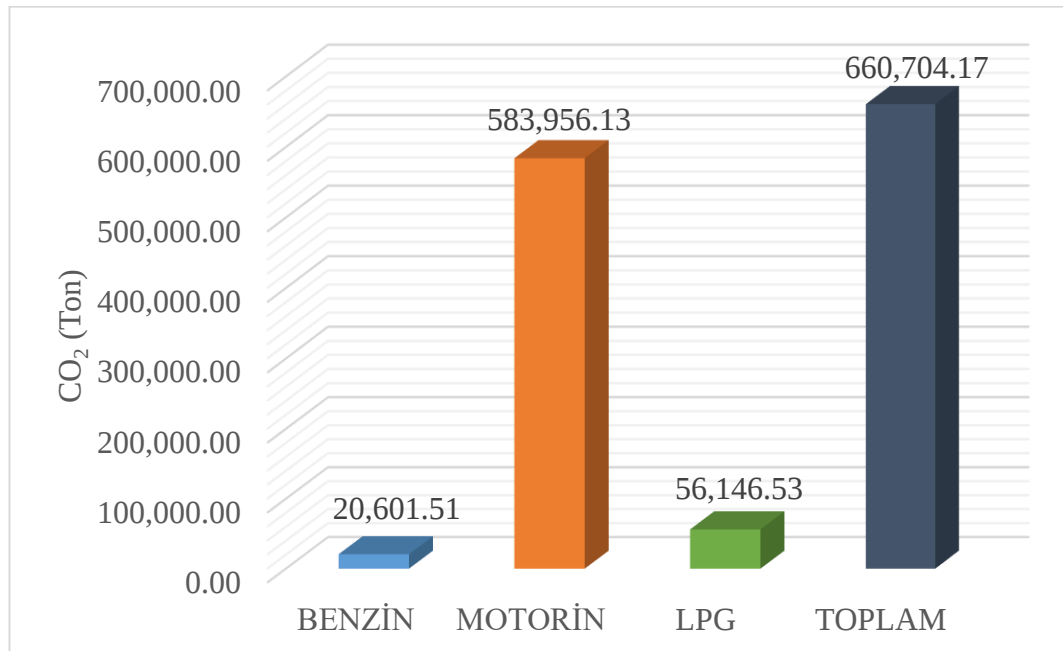
Yakıt Tüketimi (t)(Dizel)	183.270,92
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	43,00
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	7.880,65
Motorin CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	74.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	583.956.132,40
CO ₂ Emisyonu (Gg)	583,96
CO ₂ Emisyonu (t)	583.956,13

2020 yılı için Tier 2 LPG CO₂ emisyonu hesabı:

Çizelge 4.45. Aksaray ili 2020 yılı LPG CO₂ emisyon hesabı değerleri.

Yakıt Tüketimi (t) (LPG)	18.811,89
Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)	47,30
Enerji Tüketimi (TJ)	$\text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/Gg]}$
Enerji Tüketimi (TJ)	889,80
LPG CO ₂ Emisyonu (Kg/TJ)	63.100,00
CO ₂ Emisyonu (Kg)	$\text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$
CO ₂ Emisyonu (Kg)	56.146.531,25
CO ₂ Emisyonu (Gg)	56,15
CO ₂ Emisyonu (t)	56.146,53

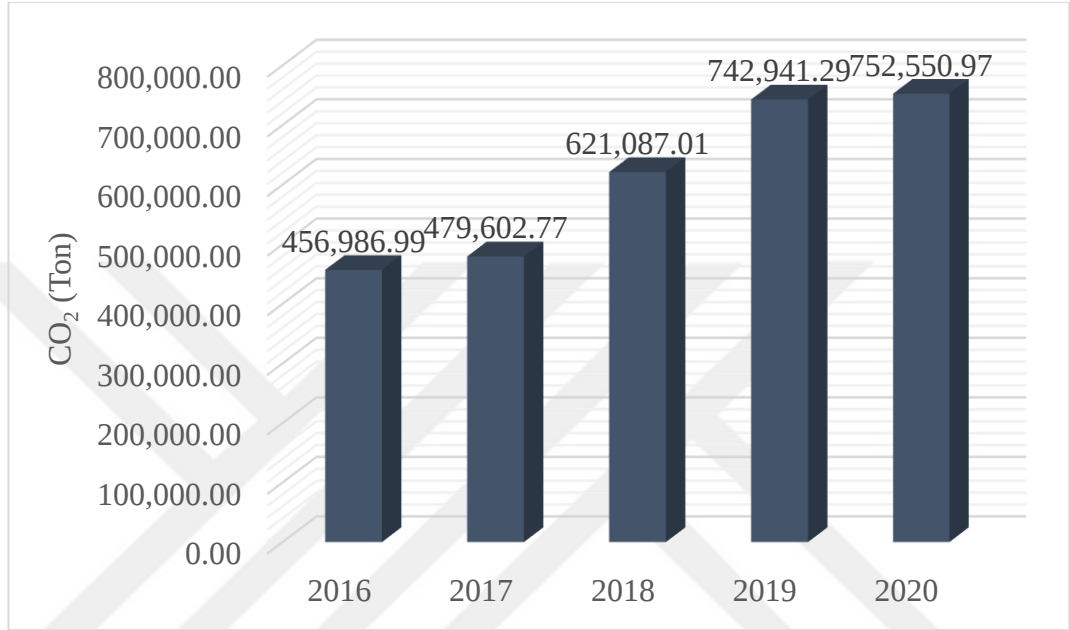
Şekil 4.15'te Aksaray ili için 2020 yılı karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi tier 2 metoduna göre 660.704,17 ton çıkmıştır. 2020 yılında Türkiye'de meydana gelen karayolu kaynaklı karbon ayak izi ise 72.368.679,00 tondur. Aksaray ilindeki karayolu kaynaklı karbon ayak izi, 2020 yılında Türkiye'de açığa çıkan karayolu kaynaklı karbon ayak izinin %0,9'idir.



Şekil 4.15. 2020 yılı Aksaray CO₂ emisyonları dağılımı Tier 2 metodu.

4.3 Hesaplanan Sonuçların Karşılıklı Değerlendirilmesi

IPCC' nin yayınlamış olduğu kılavuza göre tier 1 metodu ve tier 2 metodu ile karayolu kaynaklı CO₂ emisyonu hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda tier 1 metoduna göre Şekil 4.16'da görüldüğü üzere karbon ayak izinde sürekli bir artış söz konusudur.

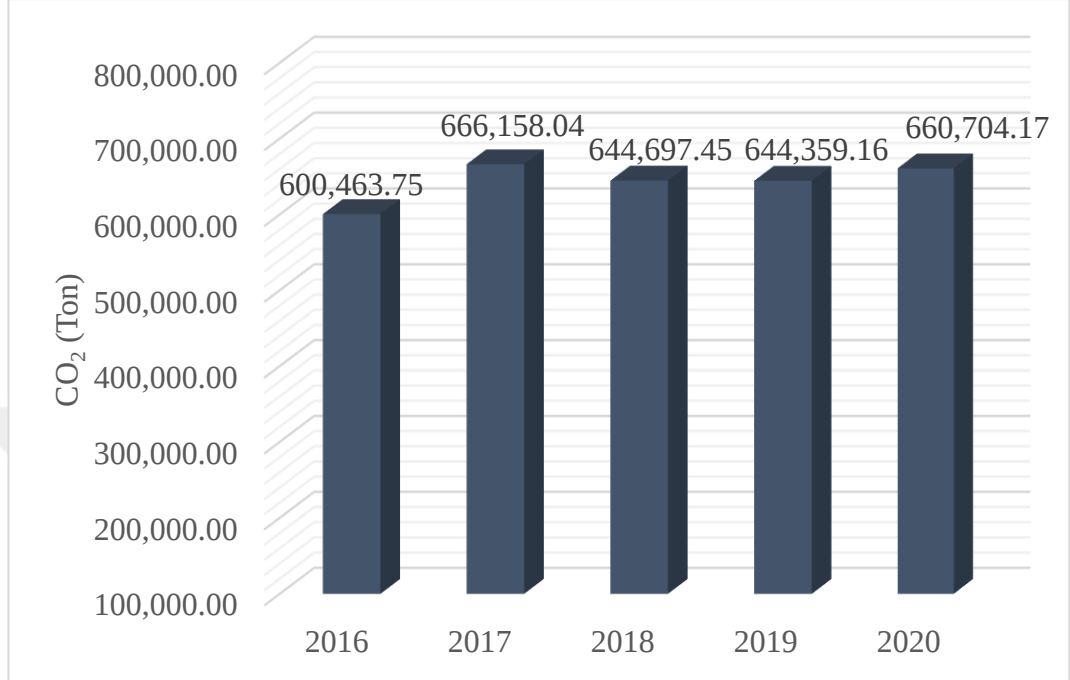


Şekil 4.16. Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izi (ton), tier 1 metodu.

Tier 1 metoduna göre, 2016 yılında toplam CO₂ emisyonu 456.986,99 ton, 2017 yılında toplam CO₂ emisyonu 479.602,77 ton, 2018 yılında toplam CO₂ emisyonu 621.087,01 ton, 2019 yılında toplam CO₂ emisyonu 742.941,29 ton ve 2020 yılında toplam CO₂ emisyonu 752.550,97 tona ulaşmıştır.

Yine tier 1 metoduna göre, 2016 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %15,49 LPG, %79 Dizel ve %5,5 Benzin; 2017 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %14,75 LPG, %79,68 Dizel ve %5,57 Benzin; 2018 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %12,25 LPG, %83,44 Dizel ve %4,31 Benzin; 2019 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %10,45 LPG, %85,5 Dizel ve %4,05 Benzin; 2020 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %9,8 LPG, %85,61 Dizel ve %4,57 Benzin tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Tier 2 metodu ile karayolu kaynaklı CO₂ emisyonu hesaplamalarında ise Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Çıkan sonuçlara göre tier 2 metodunda dengeli bir seyir gözlemlenmiştir.



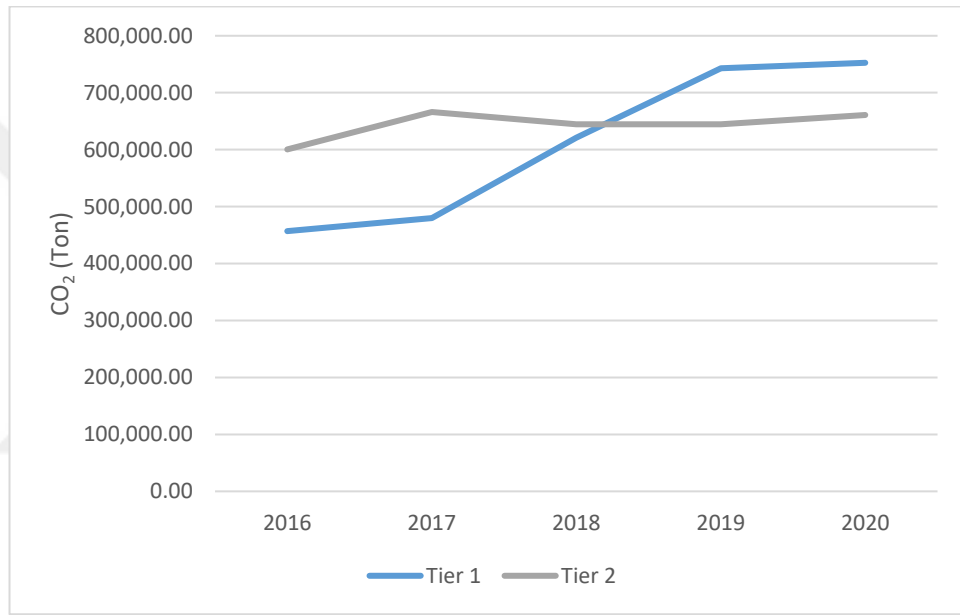
Şekil 4.17. Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izi (ton), tier 2 metodu.

Tier 2 metoduna göre, 2016 yılında toplam CO₂ emisyonu 600.463,75 ton, 2017 yılında toplam CO₂ emisyonu 666.158,04 ton, 2018 yılında toplam CO₂ emisyonu 644.697,45 ton, 2019 yılında toplam CO₂ emisyonu 644.359,16 ton ve 2020 yılında toplam CO₂ emisyonu 660.704,17 tona ulaşmıştır.

Yine tier 2 metoduna göre, 2016 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %9,01 LPG, %87,53 Dizel ve %3,44 Benzin; 2017 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %8,59 LPG, %88,16 Dizel ve %3,24 Benzin; 2018 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %9,58 LPG, %86,88 Dizel ve %3,52 Benzin; 2019 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %9,36 LPG, %87,37 Dizel ve %3,26 Benzin; 2020 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %8,49 LPG, %88,38 Dizel ve %3,11 Benzin tüketiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.18’de Tier 1 ve Tier 2 metoduna göre hesaplanmış, Aksaray ilinin karayolu kaynaklı karbon ayak izi sonuçlarının karşılaştırılması görülmektedir. Tier 1 metodunda yıllar ilerledikçe artış söz konusudur.

Tier 2 metodunda ise daha dengeli bir ilerleme görülmüştür. Tier 1 metodunda her geçen gün artan yakıt tüketimleri bu eğrinin devamlı artan bir trend izlemesine neden olmuştur. Tier 2 de ki dengeli seyir ise, hesaplamalarda doğrudan yakıt tüketim verileri kullanılmamasından ve daha çok araçların sınıf, km ve sınıflarındaki yakıt tüketimlerinden yapılan hesaplamalar sonucu çıkan sonuçlardır. Tier 1 metoduna göre karayolu kaynaklı toplam karbon ayak izi 3.216.382,57 ton çıkmıştır ve Tier 2 metoduna göre ise 3.053.169,03 ton çıkmıştır. Her iki yöntemde belirli noktalarda kesişmiş ve çıkan iki yöntemin sonucu da birbirine yakın değerler olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.18. Karbon ayak izi hesaplama sonuçları Tier 1 ve Tier 2 metodu.

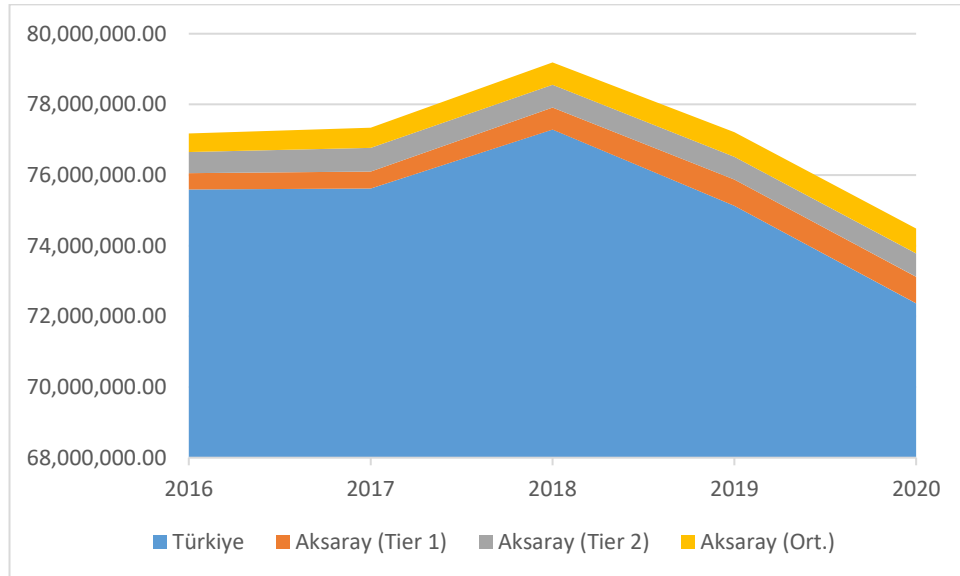
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çizelge 5.1’de literatür bilgileri paylaşılırken, TÜİK’ten alınan verilerin en güvenilir ve net bilgiler olduğu düşünülerek TÜİK karşılaştırılması yapılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) alınan verilerine göre Türkiye’de 2016 ve 2020 yılları arasında karayolu kaynaklı karbon ayak izi miktarı sırasıyla 75.595.000 ton, 75.620.673 ton, 77.289.000 ton, 75.130.000 ton ve 72.368.679 ton dur.

Çizelge 5.1. Türkiye ve Aksaray karayolu kaynaklı karbon ayak izi değerleri ton (TÜİK, 2022).

Yıllar	Türkiye	Aksaray (Tier 1)	Aksaray (Tier 2)	Aksaray (Ort.)
2016	75.595.000,00	456.986,99	600.463,75	528.725,37
2017	75.620.673,00	479.602,77	666.158,04	572.880,40
2018	77.289.000,00	621.087,01	644.697,45	632.892,23
2019	75.130.000,00	742.941,29	644.359,16	693.650,22
2020	72.368.679,00	752.550,97	660.704,17	706.627,55

Şekil 5.1’de paylaşılan grafikte ise hesaplama sonucunda çıkan verilerin analizi görülmektedir. Aksaray ilinde hesaplanan karayolu kaynaklı karbon ayak izi tier 1 ve tier 2 ortalaması, Türkiye verilerinin 2016 ve 2020 yılları sırasıyla %0,7 si, %0,75’i, %0,82’si, %0,92’si ve %0,98’idir.



Şekil 5.1. Yıllara göre karbon ayak izi.

Mevcut veriler eşliğinde yapılan çalışmalar sonucu, Aksaray ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izi hesaplamaları tamamlanmıştır. Çıkan sonuçlara göre yıllar arasında

düzenli bir artış söz konusudur. Burada ki çizelge bize her yeni bir günde havayı daha çok kirlettiğimiz gerçeğini yansıtmaktadır. Daha öncede belirtildiği üzere gün geçtikçe artan teknoloji, yaşam kalitesi, refah seviyesini, insanların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan ihtiyaçlarındaki beklentinin artması vs. tüm bunlar, karbon ayak izimizdeki yükselme oranını olumsuz yönde etkilemektedir. İnsanlar kendi kirlettikleri havayı yine kendileri çözüm bularak temizlemelidir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda sıfır emisyonu yakalamak pek kolay olmasa da en aza indirmek için önlemler alınmalı ve ihtiyatlı davranılmalıdır. Bu politikaları izlemek devlet, yerel yöneticiler ve halk arasındaki iş birliği ile mümkün olacaktır. Genç nesillerin eğitim seviyesinin yükselmesi bu bağlamda çok önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra ise halkın bilinçlendirilmesi de unutulmaması gereken bir gerçektir.

Hesaplamalar yapılırken irdelenen akaryakıt türleri benzin, dizel ve LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) olarak seçilmiştir. Bu akaryakıtlara ikame olabilecek, günümüzde yavaşta olsa yaygınlaşmaya başlayan elektrik ve CNG (sıkıştırılmış doğal gaz) ile çalışabilen motorlu araçları tercih etmek, havayı çok daha az kirletecektir. Bu teknoloji ile üretilmiş araçları ülkeye almak, bu araçları üretmek, teşvik etmek ve özendirmekte devlet politikalarının kalitesi önem arz etmektedir.

EPDK verilerinden de anlaşılacağı üzere ülkemizde en çok tercih edilen akaryakıt türü dizeldir. Dizel yakıt motorlu taşıtlarda hem litre bazında hem de benzine göre uygun fiyatından dolayı ilk tercihler arasında yer almaktadır. Dizel yakıt, akaryakıtlar arasında en çok havayı kirleten bir petrol türevidir. Dizel akaryakıtın IPCC' nin yayınlamış olduğu kılavuzda da açıkça belirtildiği üzere emisyon faktörü 74100 kgCO₂/TJ dır. Bu katsayı benzinde 69300 kgCO₂/TJ iken LPG de ise 63100 kgCO₂/TJ dır. Buradan da anlaşılacağı üzere kirletici katsayı oranı sıralamasında en çok emisyon salınımı yapan akaryakıt dizeldir. Benzin ikinci hava kirletici sıralamasında yerini alsa da ülkemizde en az tercih edilen akaryakıt olmuştur ki bunun en belirgin sebebi fiyat yüksekliği ve benzinin 100 km'de ki ortalama yakıtı dizele göre yüksek olmasıdır. LPG ise, havayı en az kirleten bir petrol türevidir. Ülkemizde LPG fiyat uygunluğundan dolayı çokça tercih edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aksaray Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2014. Aksaray ili 2014-2019 temiz hava eylem planı.
- Aksaray Valiliği, 2020. Aksaray İli 2019 yılı Çevre Durum Raporu, ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Aksaray.
- Alkan, A., 2018. Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7, 2, 641.
- Alkaya, B. ve Yıldırım, M. A., 2000. Taşıt kaynaklı kirleticilerin azaltılma yöntemleri, Ekoloji Çevre Dergisi, Ocak-Şubat-Mart 2000, 9,34, 15-20.
- Bıyık, Y., 2018. Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Binboğa, G. ve Ünal, A., 2018. A research on the calculation of carbon footprint of Manisa Celal Bayar University at sustainability axis, International Journal of Economic and Administrative Studies, 21, 187.
- Bozdoğan, E., 2011. Küresel Isınma sorunu hakkında eğitim alanında yapılan çalışmalardan bir derleme, Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 11, 3, 1609-1624.
- Chung, C., Miaw, C., Huang, Y., Chung, C., ve Lo, T., 2014. Investigation of Carbon Footprint on Campus - A Case Study of Tajen University, In Advanced Materials Research Vols. 962–965, 1495–1499, Trans Tech Publications, Ltd. 962, 965, 1495.
- Çağlarırnak, N ve Hepçimen, A., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi, Akademik Gıda, 8, 2, 31-35.
- Çakıroğlu, M., 1996. Motorlu taşıt trafiğinde egzoz emisyonları, I. Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İstanbul.
- Demirbaş, F., 2018. Geri kazanım tesisinde karbon ayak izinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Dönmez, T., Adalı, S. ve Yalılı Kılıç, M., 2021. Karayolu ulaşımında yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi: Çanakkale örneği, GÜFBED/GUSTIJ, 11, 3, 943.
- Druckman, A., ve Jackson, T., 2009. The carbon footprint of UK households 1990–2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input–output model, Ecological Economics, 68, 7, 2066-2077.

- Filimonau, V., Archer, D., Bellamy, L., Smith, N., ve Wintrip R., 2021. The carbon footprint of a UK University during the COVID-19 lockdown, *Science of The Total Environment*, 756, 143964, 0048-9697.
- Gillenwater, M., Van Pelt, M., ve Peterson, K., 2002. Greenhouse gases and global warming potential values, Exerpt From The Inventory of US Greenhouse Emissions And Sinks, 1990-2000, 4-9, US Environmental Protection Agency, USA.
- Gökçek, Ö., Bozdağ, A. ve Demirbağ, H., 2019. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi örneğinde karbon ayak izinin belirlenmesi, *ÖHÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8, 2, 721.
- Herrmann, I. T. ve Hauschild, M. Z., 2009. Effects of globalisation on carbon footprints of products, *CIRP Annals*, 58, 1, 13-16.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC), 2006. IPCC Guidelines for National Gas Inventories 2, 2, Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris.
- Islam, R., Chowdhury, S., Jannat, N. ve Paul, P., 2022. Carbon footprint evaluation of local dwellings in Bangladesh towards low carbon society, *Built Environment Project and Asset Management*, 12, 3, 433-446.
- İbadullayeva, J., Jumaniyazova, K., Azimzadeh, S. ve Esen, F., 2019. Çevre Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri, *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, 1, 3, 52-58.
- Johnson, E., 2012. Carbon footprints of heating oil and LPG heating systems, *Environmental Impact Assessment Review*, 35, 11-12.
- Kardeşoğlu, E., Yalçın, M. ve Işılak, Z., 2011. Hava kirliliği ve kardiyovasküler sistem, *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 10, 1, 97-106.
- Kenny, T., ve Gray, N., 2009. Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland, *Environmental Impact Assessment Review*, 29, 1, 1-6.
- Keskin, S., Erdil, M. ve Sennaroğlu, B., 2017. Bir tekstil fabrikasının kumaş üretiminde enerji ve karbon ayak izlerinin belirlenmesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Antalya, 95.
- Koren, H.ve Bisesi, M., 1996. Handbook of Environmental health and safety principles and practices, 3 rd ed. Vol. I, II. Lewis Publishers, CRC press.
- Kyrkilis, G., Chaloulakou, A. ve Kassomenos, P. A., 2007. Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environment International*, 33, 5, 670-690.

Melendez, K., 2013. Carbon footprint calculations for Oregon State University and guadalupe, Cerro Punta, Panama, Master's Thesis, Oregon State University, Corvallis, United States of America.

Olhan, E., 2012. Çevresel Tarım Politikaları Ders Notları, Ankara.

Öztürk, M., 2017. Ulaşım kaynaklı hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileri, Ders Notları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Patel, J., ve Aggarwal, P.K., 2010. Carbon footprints of Indian food items, Agriculture, Ecosystems & Environment, 139, 1-2, 66-73.

Pekin, M.A., 2006. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Pendik Belediyesi, 2016. Pendik ilçesi karbon ayak izi çalışması, Strateji Geliştirme Müdürlüğü, İstanbul.

Seçgin, F., Yalvaç, G. ve Çetin, T., 2010. İlköğretim 8. sınıf öğrencilerinin karikatürler aracılığıyla çevre sorunlarına ilişkin algıları, International Conference on New Trends in Education and Their Implications, 11-13. Antalya.

Sharma, M., 2014. National air quality index, control of urban pollution, indiaenvironmentportal.org URL Adres: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Air%20Quality%20Index.pdf>, Erişim Tarihi: 12.06.2022.

Song, G., Che, L., ve Zhang, S., 2016. Carbon footprint of a scientific publication: A case study at Dalian University of Technology, China, Ecological Indicators, 60, 275-282.

Türküm, S., 1998. Çağdaş toplumda çevre sorunları ve çevre bilinci, Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi Yayını, Eskişehir.

URL-1 <https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/icerikler/01_cvre_brosur20191128080426.pdf>Erişim Tarihi: 16.12.2021

URL-2 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Çevre_kirliliği> Erişim Tarihi: 15.12.2021

URL-3 <https://www.mozaweb.com/tr/Extra-3B_goruntuler-Toprak_Kirliligi-146877> Erişim Tarihi: 09.09.2022

URL-4 <<https://www.mebilgi.com/su-kirliligi-nedir-cozum-icin-neler-yapilabilir/>> Erişim Tarihi: 09.09.2022

URL-5 <<https://cevreonline.com/hava-kirliligi/>> Erişim tarihi: 17.12.2021

URL-6 <<https://www.cevreportal.com/hava-kirliligi-nedir/>> Erişim tarihi: 11.01.2022

URL-7 <<https://www.slideserve.com/gagan/k-resel-kl-m-de-kl-ve-k-resel-isinma>>
Erişim Tarihi: 12.05.2022

URL-9 <<https://www.wwf.org.tr/?2340/IPCC5degerlendirmeraporuaciklandi/>>
Erişim tarihi 08.08.2022

URL-10 <<https://www.havaizleme.gov.tr/>> Erişim tarihi 14.09.2022

URL-11 <<https://www.semtrio.com/blog/karbon-ayak-izi-hesaplama-yontemleri>>
Erişim tarihi 27.10.2022



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Samed AKSOY

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 2016-2020

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., Çevre İzleme Birimi/Yaz Stajı
2. Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş., 2013-Devam Etmekte

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Koçak, E. ve Aksoy, S., 2022. Estimation of carbon footprint in highways: A preliminary study in Aksaray, 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences.