



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

**ASFALT PLENT TESİSİNDE KARBON AYAK İZİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuğçe ÖZCAN
(20169220006)**

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fuat ÖZYONAR

**SİVAS
AĞUSTOS 2019**

Tuğçe ÖZCAN'ın hazırladığı ve “ASFALT PLENT TESİSİNDE KARBON AYAK İZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Doç. Dr. Fuat ÖZYONAR

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi Prof. Dr. Yalçın Şevki YILDIZ

Erciyes Üniversitesi

Jüri Üyesi Doç. Dr. Ülker Ashı Güler

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Özlem Pelin CAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Tuğçe ÖZCAN, 2019

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

26.08.2019

Tuğçe ÖZCAN

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Fuat ÖZYONAR'a çok teşekkür ederim.

Bu tezin teknik verileri ile ilgili her türlü yardımı ve desteği esirgemeyen Sivas İl Özel İdaresi, Yol ve Ulaşım Hizmetleri Müdürlüğünde görev yapan çalışma arkadaşlarıma ve Asfalt Şefimiz Ahmet GÜMÜŞ'e;

Manevi destekleriyle her zaman yanımda olan annem Nuriye ÖZCAN ve babam Mithat ÖZCAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

**ASFALT PLENT TESİSİNDE KARBON AYAK İZİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuğçe ÖZCAN

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fuat ÖZNOYAR

2019, 59+xiii sayfa

Sera gazlarının atmosferdeki birikimlerinin çeşitli insan etkinlikleri nedeniyle sanayi devriminden beri hızla artması ile kuvvetlenen sera etkisinin en önemli sonucu, dünya ikliminin daha sıcak, bazı bölgelerde daha kurak ve daha değişken olmasını sağlamasıdır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının hepsi birden karbon ayak izini oluşturmaktadır. Bu gazlar, insanların bireysel ve toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan tüm aktiviteler ile ortaya çıkmaktadır, günümüzde karbon salımı için en büyük etken sanayidir.

Bu çalışma, asfalt üretim işlemine bağlı emisyonların karbon eşdeğeri olarak hesaplanmasını içermektedir. Asfalt üretim faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izi IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) Tier 1 ve Tier 2 metodolojisi kullanılarak hesaplanmış yapılan hesaplamalar sonucunda tesiste oluşan karbon ayak izleri; ulaşımdan kaynaklı 1,772 Gg CO₂, doğalgazdan kaynaklı 1,47 Gg CO₂, elektrik kaynaklı 0,86 Gg CO₂ ve su kaynaklı 0,008 Gg CO₂ toplamda 4,11 Gg CO₂ bulunmuş ve azaltım önerileri araştırılmıştır.

Tesis için en çok karbon ayak izi ulaşım kaynaklı çıkmıştır. Hesaplama ve raporlama yöntemleri, insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine karbon ayak izi etkileri ve karbon azaltım önerilerine değinilmiştir. Karbon ayak izi, üretim sürecinde yaşam döngüsünün her aşamasında hesaplanmalıdır.

Hesaplama kullanılan tüm veriler Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plent Tesisinden, ilgili emisyon faktörleri ise Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Dünya

Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) gibi çeşitli uluslararası organizasyonları tarafından geliştirilmiş Sera Gazı Protokolü gibi ISO 14064-1 standardına göre alınmıştır.

Sonuçta, asfalt üretiminden kaynaklanan karbon emisyonlarının çok yüksek değerlerde olmadığı ancak diğer sektörlerle göre sayıca fazla plant tesisi olduğu için asfalt plant üretim sektörel olarak bu emisyon miktarında diğer üretim tesisleriyle kıyaslandığında küresel açıdan önemli CO₂ salım miktarı verdiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, Asfalt plant tesisleri, Tier yöntemi.



ABSTRACT

EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT ON ASPHALT PLENT PLANT

Tuğçe ÖZCAN

Master Thesis

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Fuat ÖZNOYAR

2019, 59+xiii pages

The most important result of the greenhouse effect, which is strengthened by the rapid increase in the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere since the industrial revolution due to various human activities, world climate is warmer, drier and more variable in some regions. All of the greenhouse gases that cause global warming all form a carbon footprint. These gases emerge with all activities to meet the individual and social needs of people, industry is the biggest factor for carbon emissions today.

This work, and the carbon equivalent of emissions from asphalt production. Carbon footprint resulting from asphalt production activities IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Tier 1 and Tier 2 methodology calculated as a result of the calculations made using carbon footprints at the plant; 1,772 Gg CO₂ from transport, 1,47 Gg CO₂ from natural gas, 0,86 Gg CO₂ from electricity and 0,008 Gg CO₂ from water were found in total 4,11 Gg CO₂ and reduction suggestions were investigated.

The most carbon footprint for the facility is transportation related. Calculation and reporting methods, carbon footprint effects on human health and climate change; and carbon reduction recommendations. The carbon footprint must be calculated at every stage of the life cycle in the manufacturing process.

All data used in the calculation from Sivas Special Provincial Administration Asphalt Plant, the relevant emission factors are the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), World Resources Institute (WRI) and the World Business

Council for Sustainable Development (WBCSD) developed by various international organizations such as Greenhouse Gas Protocol.

As a result, it is considered that carbon emissions from asphalt production are not very high, but as there are more plant facilities compared to other sectors, asphalt plant production gives a significant amount of global CO₂ emissions in this emission amount compared to other production plants.

Keywords: Carbon footprint, Asphalt plant facilities, Tier method.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
İÇİNDEKİLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KÜRESEL ISINMAVE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	3
2.1 İnsan ve Çevre.....	4
2.2 Küresel İklim Değişikliğinin Nedenleri	4
2.2.1 Güneş etkisi	6
2.2.2 Dünyanın prezisyon hareketi	6
2.2.3 El nino.....	7
2.2.4 Sera gazları	9
2.2.4.1 Karbondioksit (CO ₂)	13
2.2.4.2 Metan (CH ₄)	13
2.2.4.3 Diazot monoksit (N ₂ O).....	14
2.2.4.4 Kloroflorokarbon (CFC)	14
2.3 İklim Değişikliği Müzakereleri	14
2.3.1 Kyoto protokolü	17
2.3.2 Paris antlaşması	18
3. KARBON AYAK İZİ.....	20
3.1 Karbon Ayak İzi ve Bileşenleri.....	20
3.1.1 Karbon ayak izinin bileşenleri	20
3.2 Karbon Ayak izinin Çevreye Etkileri.....	21
3.2.1 Karbon ayak izinin insan sağlığına etkileri	23
3.3 Türkiye’de ve Dünyada Karbon Ayak İzi Uygulamaları.....	24
3.4 IPCC Metodolojisi ile Karbon Ayak İzinin Hesabı	26
3.4.1 Karbon ayak izinin hesaplanması	29
3.4.2 IPCC metodolojisi	30
4. ASFALT PLENT TESİSLERİ VE İŞ AKIM ŞEMALARI	33
4.1 Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plent Tesisi.....	33
4.1.1 Asfalt üretim faaliyeti ve iş akım şeması.....	33
5. MATERYAL VE METOT	40
5.1 Ulaşım Kaynaklı Karbon Ayak İzi.....	42
5.2 Doğalgaz Kaynaklı Karbon Ayak İzi	45
5.3 Elektrik Kaynaklı Karbon Ayak İzi	47
5.4 Su Kaynaklı Karbon Ayak İzi	48
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	49
7. SONUÇ.....	52
KAYNAKÇA	54
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	2014 yılı Sera gazı emisyonları sektörel dağılımı.	1
Şekil 2.1	Kişi başı sera gazı emisyonu grafiksel gösterimi.	3
Şekil 2.2	Toplam yıllık insan kaynaklı sera gazı emisyon miktarları.....	6
Şekil 2.3	Normal durumda Aralık-Şubat ayları Doğu-Batı döngüsü.....	8
Şekil 2.4	El Nino dönemi Aralık-Şubat ayları Pasifik okyanusu.....	9
Şekil 2.5	İklim değişikliği ana yönlendiricileri.....	10
Şekil 2.6	İnsan kaynaklı karbondioksit emisyon miktarı.....	12
Şekil 3.1	Sıcaklık değişiminin tarihsel gelişimi.....	22
Şekil 3.2	İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri	23
Şekil 3.3	Karayolu taşımacılığında kaynaklanan emisyonların tahmininde atılacak adımlar	27
Şekil 3.4	Karayolu taşıtlarında akaryakıtın yanmasından kaynaklanan CO ₂ emisyonu için karar ağacı.....	28
Şekil 4.1	Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plant Tesisi vaziyet planı.....	35
Şekil 4.2	Asfalt üretim ünitesi iş akım şeması.....	37
Şekil 5.1	Asfalt Plant Tesisi ve Kırıkkale TÜPRAŞ Rafinerisi arasındaki mesafe	43

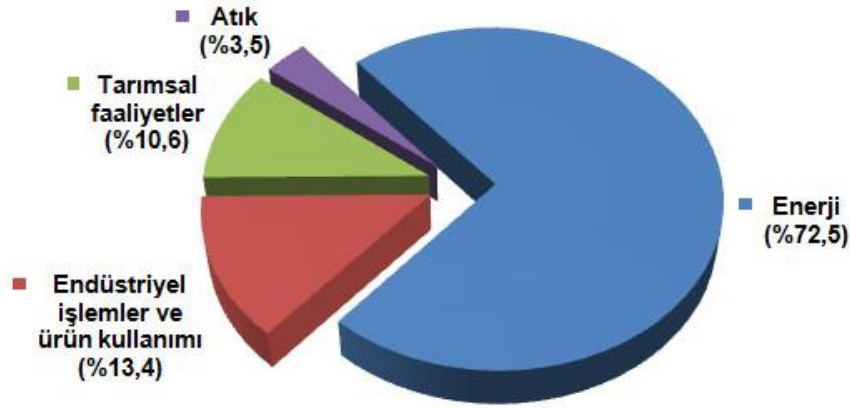
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 İnsan kaynaklı sera gazları.....	5
Çizelge 2.2 1972-2015 Müzakere kronolojisi.....	16
Çizelge 3.1 Karbon ayak izi parametreleri	21
Çizelge 3.2 Türkiye’de karbon ayak izinin bileşenleri.	25
Çizelge 3.3 Ükelere göre karbon ayak izi miktarı	26
Çizelge 5.1 Yakıtların net kalori değerleri.....	40
Çizelge 5.2 Karbon emisyon faktörleri.....	41
Çizelge 5.3 Hesaplama faktörleri için referans değerler.....	41
Çizelge 5.4 CH ₄ ve N ₂ O emisyon faktörleri	41
Çizelge 5.5 Sera gazları küresel ısınma potansiyelleri	41
Çizelge 5.6 Ulaşım kaynaklı karbon ayak izi oranları.....	45
Çizelge 5.7 Yıllık kullanılan toplam doğalgaz miktarları.....	46
Çizelge 5.8 Su Tüketimi için Emisyon Faktörleri	48
Çizelge 6.1 Tesiste oluşan karbon ayak izi miktarı	49
Çizelge 6.2 Çalışma sonuçlarının farklı sektörlerle karşılaştırılması	50

1. GİRİŞ

Güneş radyasyonunda, arazi yüzey özelliklerinde ve atmosfer içinde sera gazları ile aerosollerin değişimleri, iklim sisteminde enerji dengesini değiştirmektedir. Bu değişiklikler, küresel iklim üzerinde ısınma veya soğumayı oluşturan insan ve doğal faktörlerin oranlarının karşılaştırılması ile ifade edilir (www.iklimin.org). Sera gazlarının çoğu atmosferde uzun sürede kalmaktadır. Sonuç olarak, emisyonların artması durdurulsa bile, atmosferik sera gaz konsantrasyonları artmaya devam edebilir ve yüzlerce yıl yüksek kalabilir. Eğer konsantrasyonlar dengelenir ve bugünkü atmosferik kompozisyon sabit kalırsa, yüzey hava sıcaklığı artmaya devam edebilir. Bundan dolayı, sıcaklık depolayan okyanusların daha yüksek sera gazı konsantrasyonlarına karşılık vermesi onlarca yıl almaktadır. Okyanusun daha yüksek sera gazı konsantrasyonları ve daha yüksek sıcaklıklara karşılık vermesi onlarca yıldan binlerce yıla kadar iklime etki etmeye devam edecektir.

Küresel olarak sera gazı emisyonu üreten ekonomik faaliyetler, sınıflandırılmış olarak Şekil 1.1’de gösterilmektedir:



Şekil 1.1 2014 yılı Sera gazı emisyonları sektörel dağılımı, (TÜİK, 2016).

Taşıma sektörü 2010 yılında 7.0 GtCO₂ direkt sera gazı emisyonu (CO₂ olmayan gazlar dahil) üreterek enerji ilgili toplam CO₂ emisyonlarının (6.7 GtCO₂) yaklaşık %23’ünden sorumlu olmuştur. Sera gazı emisyonları, verimli araçlara (karayolu, demiryolu, su taşıtları ve uçaklar) ve politikalar ile kabul edilen yasalara rağmen artmaktadır. Agresif ve sürekli hafifletme azaltma uygulamaları olmadan, taşıt

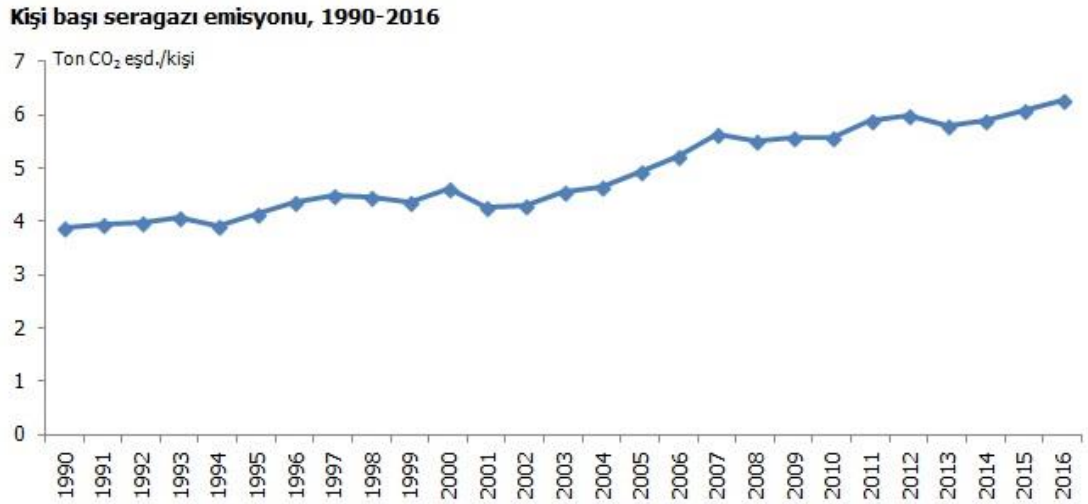
emisyolları diğer enerji son-kullanım sekt6rlerinden daha y6ksek oranda artabilecek ve 2050 yılında 12 Gt CO₂/yıl 6zerine ulaşabilecekdir (IPCC, 2014). Kişi başına d6şen taşıma talebi, gelişen ve y6kselen ekonomilerde Ekonomik İş birliği ve Kalkınma 6lkelerinden daha çok d6ř6k olmaktadır. Fakat, 6n6m6zdeki yıllarda artan gelirler ve altyapı gelişimi nedeniyle daha hızlı bir oranda artması beklenmektedir.

İl 6zel İdaresine ait veriler ışığında bu çalışmada, asfalt 6retim faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izi hesaplanması yapılmış ve azaltım 6nerileri verilmiştir. Çalışmada, asfalt 6retim işlemine bağlı emisyonların karbon eşdeğeri olarak hesaplanması yapılmıştır. Çalışmanın içeriğini; karbon ayak izi genel tanımları, yaşam d6ng6s6 değerlendirmesi, Uluslararası Standart Teşkilâtı (ISO) standartları, karbon ayak izi hesaplama ve raporlama y6ntemleri, insan sağlığı ve iklim değişikliği 6zerine karbon ayak izi etkileri, asfalt plant tesislerinde karbon ayak izi değerlendirilmesi ve azaltım 6nerileri oluşturmaktadır.

2. KÜRESEL ISINMAVE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Küresel iklim değişikliği atmosferde biriken sera gazları etkisiyle dünya yüzeyinde ve okyanuslar üzerinde meydana gelen ortalama sıcaklık artışı olup fosil yakıt tüketimindeki artış, mevcut ormanların kesilerek yok edilmesi, artan sanayi aktiviteleri etkisiyle meydana gelmiştir. İklim değişikliğinde dünyanın güneş çevresinde dönüşü esnasında meydana gelen dış etmenler, volkan aktiviteleri de etkilidir. 19. yy. sonlarından bu yana dünya yüzeyinde ölçülen sıcaklık değeri 0,6°C'lik bir artış yaşamış olup bu artış miktarı dünya çapında düzgün bir dağılımda değildir. Dünyanın bazı bölümlerinde soğuma yaşanmıştır (Jadhav, 2009).

İnsan kaynaklı sera gazı emisyonu endüstri devrimi öncesinden bu yana gerek ekonomik etkenlerin varlığı gerekse nüfus oranlarında artış miktarları dolayısıyla artış göstermektedir. TÜİK tarafından 13 Nisan 2018'de paylaşılan verilere göre kişi başı sera gazı emisyonları CO₂ eşdeğeri olarak 2016 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %135,4 artış gösterdi. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,8 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2016 yılında 6,3 ton/kişi olarak hesaplandı Şekil 2.1'de kişi başı sera gazı emisyonu grafiksel gösterimi sunulmuştur (TÜİK, 2018).



Şekil 2.1 Kişi başı sera gazı emisyonu grafiksel gösterimi (TÜİK, 2018).

2.1 İnsan ve Çevre

Çevreyi oluşturan faktörler 4 ana başlık altında sınıflandırılabilir.

- Atmosfer
- Hidrosfer
- Litosfer
- Biyosfer (Jadhav, 2009).

İklim sistemleri bir bölge üzerinde, atmosferdeki değişimler ve bunların ortalaması ile uzun zaman periyodunda elde edilen hava şartlarının bir bütünüdür (Altunok ve Altunok, 2013).

İklim sistemleri ise 5 ana ögeyi içerir.

- Atmosfer
- Okyanus
- Krayosfer (buzul)
- Biyosfer
- Jeosfer

İklim sistemlerinin oluşum süreci, güneşten gelen kısa dalga radyasyonu ile ısınma süreci ve uzaydan gelen uzun dalga kızılötesi radyasyonu ile soğuma sürecinden meydana gelir (IPCC, 2015). Sıcaklığın dünya yüzeyinde en baskın olduğu yer tropikal bölge iken, her iki yarıkürede kutup noktalarında kış dönemleri en soğuk dönemi gösterir. Atmosfer, okyanuslar ve ısı transferi bir döngü halinde dünyadaki dengenin varlığını sağlar (IPCC, 1991).

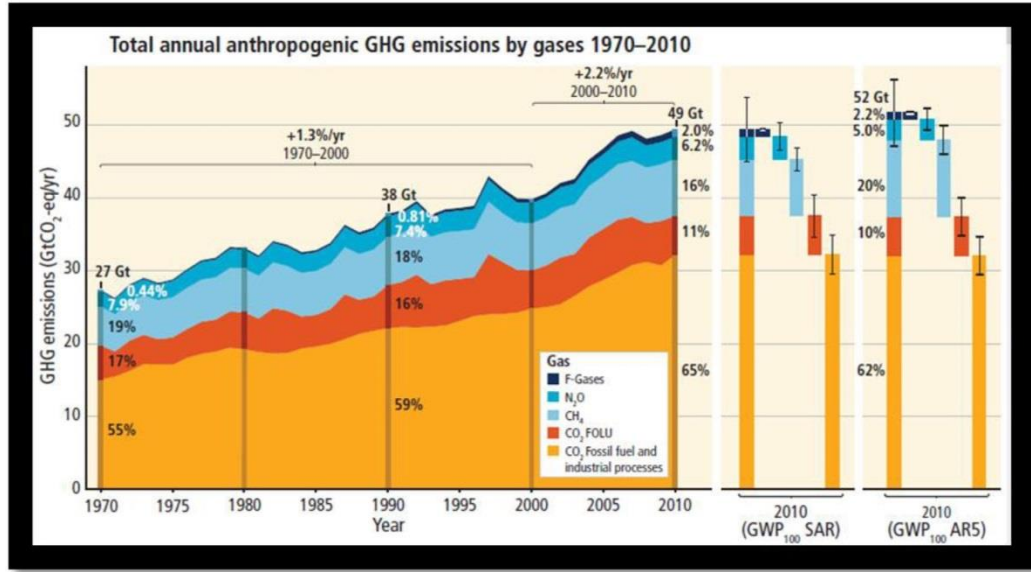
2.2 Küresel İklim Değişikliğinin Nedenleri

Ana başlıklar halinde incelersek güneşten gelen radyasyon miktarındaki değişiklikler, atmosferin içerdiği gazlardaki miktar değişimleri ve dünya yüzeyindeki değişimler dış etkenler olarak sıralanabilir. Bu bahsedilen üç mekanizmadaki değişimlerden son ikisinde ise insan etkisi yadsınamaz. Dış etkenlerin yanı sıra iklim değişikliğine neden olan iç etkenler de mevcuttur, bunlar; okyanus ve atmosfer iç döngüsünde meydana gelen değişimler, yani enerji döngüsünde ki değişimlerdir. Çizelge 2.1’de insan kaynaklı sera gazları verilmiştir.

Çizelge 2.1 İnsan kaynaklı sera gazları (Patterson, 1996).

Karbon dioksit	Fosil yakıt tüketimi Ormanların tahribi, toprak kullanım yöntemleri Beton üretimi
Metan	Pirinç yetiştiriciliği Geviş getiren hayvanlar Atık biyokütle yakma prosesleri Fosil yakıt tüketimi
Kloroflorokarbon	Aerosol sprey, çözücü, sabun, soğutucu madde, paket üretimi
Öncü gazlar	Metan ve ozon kimyası
Nitrojen oksit	Fosil yakıt tüketimi
Metan olmayan hidrokarbonlar	Sıvı yakıt ve çözücülerin buharlaşması
Karbon monoksit	Fosil yakıt ve biyo-kütle yakımı

IPCC (hükümetlerarası iklim değişikliği paneli) verilerine göre, karbon dioksit, metan, diazot monoksit ve kloroflorokarbon gazlarının atmosferdeki konsantrasyonundaki artış insan etkisinin bir sonucudur ve bu artışın temel nedeni olan fosil yakıt tüketimiyle birlikte bu durum 1750 yılından bu yana devam etmektedir. Bu gazlar radyasyonu absorbe ederek dünyanın mevcut enerji sirkülasyonunu bozmakta ve iklim düzenini de etkilemektedir. IPCC raporları 20. yy. sonunda dünya yüzeyinde ki sıcaklıkta 0,6 derecelik bir artış meydana geleceğini ve bu artış ile birlikte iklim elemanlarında birtakım bozulmalar ve değişimler göstereceğini belirtmektedir. Bu bozulma; ortalama deniz seviyesinde 0,1-0,2 m yükselme, karla kaplı alanlarda azalma, El Nino ve La Nina iklimsel değişimleri, Asya ve Afrika kıtalarında artan kuraklıklar olarak gözlemlenebilir (Betsill ve Bulkeley, 2003). Şekil 2.2’de yıllara göre toplam sera gazı emisyon miktarı (gigaton karbondioksit-yıllık eşdeğeri) 1970-2010 yılları için grafikte gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Toplam yıllık insan kaynaklı sera gazı emisyon miktarları (IPCC, 2014).

F-gaz Kyoto protokolünde florlu gazlar olarak açıklanmıştır. IPCC ikinci değerlendirme raporu (SAR) ve beşinci değerlendirme raporu (AR5) değerleri göz önünde bulundurularak tablo hazırlanmıştır (IPCC, 2014).

2.2.1 Güneş etkisi

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) bilim insanlarından olan Paal Brekke'in ifadesine göre, iklim bilimciler yıllar boyunca güneş beneklerini incelemiş ve beneklerin 11 yıllık döngüsel hareketi ile güneşin her yüzyıllık periyotta bir parlaklık değişim durumunu gözlemlemiştir (Saya, 2016). Araştırma sonucunda, Güneş'in manyetik alanı ile birlikte proton ve elektronlardan oluşan güneş rüzgârı, güneş sisteminde meydana gelen kozmik ışımalarından korunmaya yarayan bir kalkan görevi görür. Bu kalkan, güneşin değişim gösteren aktiviteleri ile beraber zayıflama gösterebilir ve bu durumda kozmik ışınları geçirir. Kozmik ışın miktarında meydana gelen artış, bulutlanma yaratarak, güneşten gelen radyasyon miktarını değiştirerek küresel ısınmaya neden olmaktadır (Batan, 2014).

2.2.2 Dünyanın prezyon hareketi

1930'lu yıllarda Sırp gökbilimci ve jeofizikçi bilim insanı Milutin Milankoviç, Dünya yörüngesindeki elementlerin belirli aralıklar çerçevesinde değişim gösterdiğine dair gözlemleriyle buzul çağının astronomik teorisi üzerine bir çalışma düzenledi.

Uzun dalga boylarında kızıl ötesi radyasyon miktarının hesaplanması 1930'lu yıllarda tamamlandı. 1938 yılında, G. S. Callender isimli bilim insanı son 50 yılda fosil yakıt kaynaklı CO₂ miktarında artış söz konusu olduğu ve bu artış miktarının Dünya sıcaklığını 1 derecenin dörtte biri oranında artırdığını Kraliyet Meteorolojik Topluluğuna bildirdi (Fleming, 1998).

Milankovitch, her 100.000 yılda bir Dünya'nın yörüngesinde bir esneme söz konusu olduğunu ve yörünge'nin daireselden eliptik şekle geçtiğini, her 41.000 yılda bir ise dünyanın eğiminde 3 derecelik farklılık oluştuğunu, her 19.000 - 20.000 yılda bir ise Dünya'nın dönüş hareketinde bir sarsılma mevcut olduğu söylemektedir (Levy, 2011).

Dünya yörüngesinin oluşumunu etkileyen faktörlerde meydana gelen değişim süreçleri, binlerce yıl içerisinde dünya iklimi üzerinde birtakım periyodik etkilerin varlığına sebep olmuştur. Buzul çağı ve buzullar arası çağlardaki bu değişimlerin açıklanmasında Milankovitch teorisi isimli bu teori kullanılabilir.

Günümüzde bilindiği üzere buzul çağları ve sıcak dönemler arasındaki döngüler haricinde özellikle güneşin yaydığı ışınların varlığı da dünya yüzeyinde meydana gelen değişimleri etkilemektedir (Stehr ve Storch, 2009).

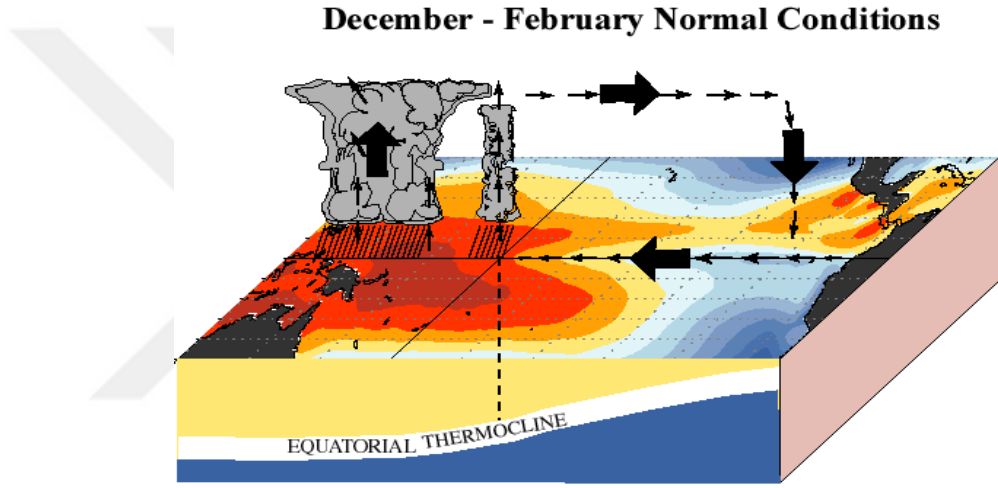
Her 97 yıllık periyotta bir dünya dönüş yörüngesi eliptikten yuvarlak bir hale gelmekte olup, dahası dünya ekseninin yatış eğimi her 40.000 yılda bir 21° 59' dan 24° 36' ya değişim gösterir. Bu durumların varlığı yaz-kış dönemlerinde meydana gelen sıcaklık farkında belirleyici rol oynayıp, buzul çağlarında daha sıcak kış aylarının görülmesinde veya daha soğuk ve buzul erimesinin az olduğu yaz aylarının görülmesinde etkili olmuştur. (Geerts ve Linacre, 1997).

2.2.3 El Nino

Nino kelime anlamı olarak İspanyolca "küçük çocuk" ya da "küçük/bebek İsa" anlamına gelmektedir. Noel zamanı Peru ve Ekvator kıyılarında okyanus üzerinde güney yönlü oluşan sıcaklık dalgalanması meydana gelmekte olup bu sıcaklık dalgalanması bölgenin ekolojisini belirli periyotlarda değiştirmektedir. Pasifik havzasında meydana gelen bu olay ise dünya ikliminin mevcut durumdaki anormalliğiyle bağlantılıdır. El Nino terim olarak "El Nino Güney Salınımı (El Nino Southern Oscillation/ENSO)" olarak adlandırılır. El Nino, bir sıcaklık, ısınma evresi

iken bu durumun tam tersi olgu La Nina (İspanyolca “küçük kız”) Pasifik bölgesinde soğumayı gösterir (Trenberth, 1997).

Yıllık iklim değişikliğinin ölçümünde uzun dönemde ortalama koşullar ve gözlemlenen koşullar kıyaslanır. Pasifik okyanusunda yüzey ve derin okyanus karakteristiği ortalama durumu belirler. Yıl boyunca okyanus yüzeyi batıda daha sıcakken, doğuda daha soğuktur. En büyük fark ise Eylül-Ekim aylarında görülür, doğu bölgesinde yıllık en düşük sıcaklığa bu aylarda ulaşılır. Sıcaklık Kasım-Aralık aylarında artmaya başlarken, en yüksek sıcaklığa Mart-Nisan aylarında ulaşılır. Yıl boyunca en fazla yağmur ve konveksiyonel akım Endonezya ve batı tropikal Pasifikte gözlenirken, en az yağış ise batı ekvatorial Pasifikte oluşur.



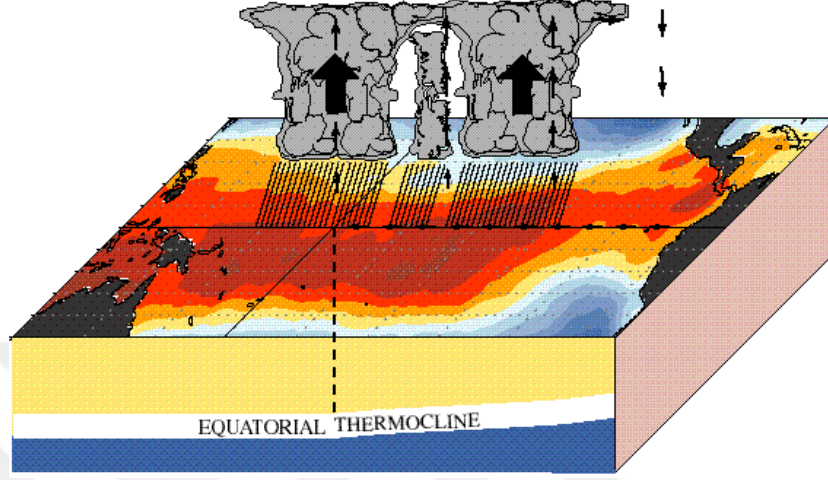
Şekil 2.3 Normal durumda Aralık-Şubat ayları Doğu-Batı döngüsü (<https://www.weather.gov/fwd/basics>).

Şekil 2.3’de normal durumda Aralık-Şubat ayları için doğu-batı döngüsü gösterilmiştir. Okyanus yüzeyinde sıcaklık durumu gösterilirken, sıcak üst yüzey suları soğuk derin okyanus sularından termoklin adlı bir bölgede ayrılır (Changnon, 2000).

Her iki ila yedi yılda Güney Amerika’nın batı yakasında yüksek sıcaklıklar görülmeye başlanmış olup Ekvator ve Peru bölgelerinin kurak kıyı kesiminde yoğun yağışlar görülmüştür. Bu sıcak zaman dilimlerinin tümü zamanla El Nino olarak adlandırılmıştır. Doğu tropik Peru’da normalden düşük hava basıncı ve Endonezya civarında normalden yüksek hava basıncı ile gözlemlenir. Şekil 2.4’ de ise El Nino dönemi Pasifik okyanusu gösterilmiştir, bu dönemlerde okyanus yüzey sıcaklıkları

normalden daha yüksek ölçülürken (Ocak-Nisan) çok güçlü bir El Nino döneminde Haziran'a dek sürer ya da 9-12 ay boyunca devam edebilir.

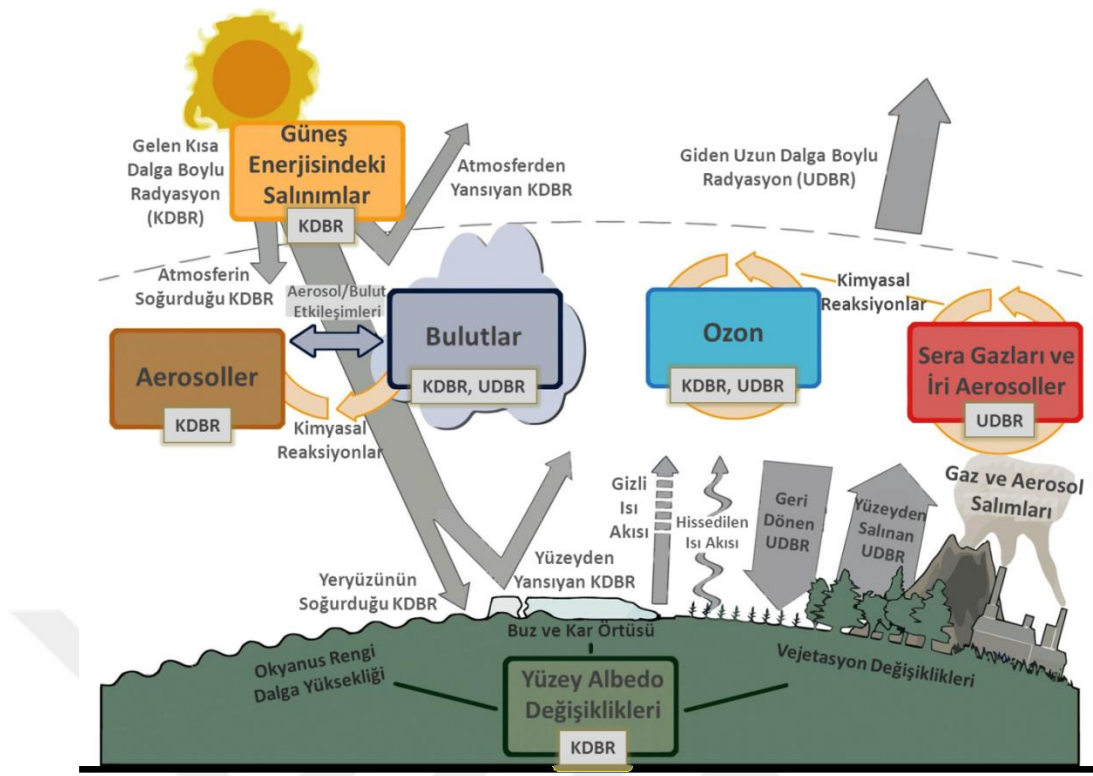
December - February El Niño Conditions



Şekil 2.4 El Nino dönemi Aralık-Şubat ayları Pasifik okyanusu
(<https://www.weather.gov/fwd/basics>)

2.2.4 Sera gazları

Dünya yüzeyinde sıcaklık güneş enerjisi ve bu gelen enerjinin yansiyarak uzay boşluğunda kayboluşu arasındaki dengeyle sağlanır. Atmosferdeki belirli gazlar ise bu dengenin sağlanmasında rol oynar. Bu gazlar sera gazları olarak isimlendirilir. Yüzeğe gelen güneş ışınları ultraviyole radyasyona sahip olup kısa dalga boyundadır. Bu ışınların 3'te 1 oranı dünya yüzeyinden uzaya yansır. Geriye kalan kısım toprak ve okyanus yüzeyi tarafından tutulur. Yeryüzü ısınırken uzun dalga boyunda kızılötesi radyasyon dalgası yayar. Sera gazları bu uzun dalga boyundaki radyasyonu tutarak atmosferde ısınmayı sağlar. Bu durum battaniye etkisi olarak açıklanırken dünya sıcaklığı yaklaşık 35°C'ye ısınır (Maslin, 2009).



Şekil 2.5 İklim değişikliği ana yönlendiricileri (<http://www.iklimin.org/moduller/bilimmodulu.pdf>)

Atmosferdeki birikimleri (konsantrasyon) değişken, pek çok insan etkinliğinden etkilenen ve doğal sera etkisi düzeneğinin çalışmasından sorumlu olan başlıca doğal sera gazları, karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O), diazot monoksit (N₂O), metan (CH₄) ve ozon (O₃) ile insan ürünü (yapay) kloroflorokarbonlar (CFC'ler), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler) ve bunların çok çeşitli türevlerini içerir. Şekil 2.5 Güneş'ten atmosferin üst sınırına ulaşan kısa dalga boylu radyasyondan (KDBR) ve yeryüzünden salınan uzun dalga boylu radyasyondan (UDBR), aerosoller, bulutlar, ozon katmanı, sera gazları ve iri aerosollerin iklim sistemi ile olan etkileşimleri ve ısınımsal zorlamalarına, yeryüzündeki ve atmosferdeki enerji akılarından yeryüzündeki albedo (Cisimlerin gelen kısa dalga boylu Güneş ışınımını (radyasyon) yansıtma oranı.) ve vejetasyon değişikliklerine kadar çok geniş bir perspektifte iklim değişikliğinin ana yönlendiricilerinin ve nedenlerinin çizimsel bir bireşimini göstermektedir. Güneş radyasyonu (ışınım) ve yer ışınımı arasındaki ısınımsal denge, küresel ölçekte birçok iklim yönlendiricisi (sürücüler) tarafından etkilenmektedir.

Güneş akısı çıktılarındaki doğal salınımlar (Güneş döngüleri), Güneş ışınımı değerindeki ya da şiddetindeki salınımlar yoluyla Yerküre'nin enerji dengesinde

değişikliklere neden olabilmektedir. Fosil yakıtların yakılması, sanayi süreçleri, arazi kullanımını değişiklikleri ve ormansızlaşma vb. insan etkinlikleri, havadaki ozon ve aerosol tutarlarındaki değişikliklerle sonuçlanan atmosferdeki kimyasal tepkimelerle bağlantılı gaz ve aerosol emisyonlarını değiştirmektedir. Atmosferdeki O₃ (Ozon) ve aerosol parçacıkları, Güneş radyasyonunu emerek, saçarak ve yansıtarak enerji dengesini değiştirmektedir. Bazı aerosol türleri, bulut yoğunlaşma (yoğuşma) çekirdeği olarak görev yaparak, bulut (su) damlacıklarının özelliklerini değiştirerek ya da bozarak olasılıkla yağış oluşumunu ve karakteristiklerini etkileyebilmektedir (Şekil 2.5). Bulutların KDBR ve UDBR ile olan etkileşimleri etkili ya da kuvvetli olduğu içinde bulut özelliklerindeki küçük değişiklikler bile iklim sisteminin ışıınım ya da enerji bütçesi açısından önemli sonuçlar doğurabilmektedir. (<http://www.iklimin.org/moduller/bilimmodulu.pdf>)

Küresel iklim değişikliğinde farkındalık başlangıcı 1992 yılında, Rio de Janeiro' da dünyanın pek çok ülkesinin buluşarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (BMİDÇS) imzalanması sonucu olmuştur. Doğal sera gazlarını tanımlayan ilk kişi 1824 yılında Fransız biliminsanı Jean Baptiste Fourier olup ve Fourier dünyanın atmosferinin işleyişini cam kaplı bir seraya benzeterek modelini oluşturmuştur (Frankhauser, 1995).

Kirchhoff kanununa göre belirli dalga boyunda iyi absorban maddeler iyi birer emisyon yayıcı ve aynı dalga boyunda ise zayıf absorbanlar zayıf emisyon yayıcıdır.

Su buharı ve karbon dioksit kızılötesi ışınlarda güçlü birer absorbanken görünür güneş radyasyonunda zayıftır. Atmosfer gazlarından diğerleri olan diazotmonoksit oksit, metan ve ozon dünya yüzeyine gelen radyasyonu absorbe etmek suretiyle bir kinetik enerji kazanırlar.

Bu gazların tamamını bir çiçekçi serası içerisinde düşünürsek, seranın üzerindeki cam yüzey güneşten gelen radyasyonun içeri girmesine müsaade ederken, dışarı çıkacak olan radyasyon dalgasının çıkışını engeller. Buradan hareketle, su buharı ve karbon dioksit gazlarının absorbe ettiği kızılötesi radyasyon sera gazı etkisi olarak isimlendirilir (Ahrens, 2009).

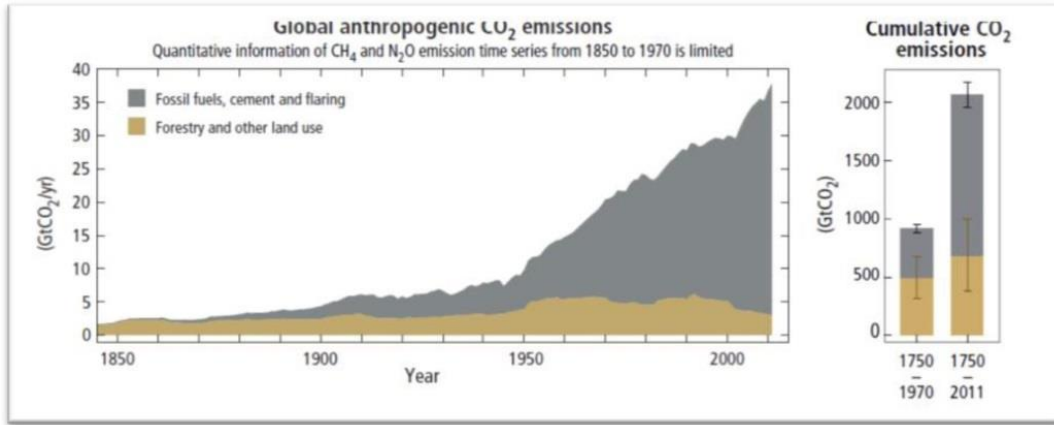
Bu tarihten yaklaşık 70 yıl sonrasında ise İsveçli bilim insanı Svante Arrhenius, sanayileşme ve fosil yakıt kullanımının sonucunda atmosferdeki CO₂ miktarının artmakta olduğu ve bunun sonucunda dünya yüzey sıcaklığında artış olduğu tezini

sunarak antropojenik sera gazlarının varlığını literatüre ekledi. Ancak Arrhenius bu artışın okyanuslar tarafından absorbe edilerek tutulacağı ve bu sıcaklık artışının göz ardı edilebileceği görüşünü savundu (Frankhauser, 1995).

Fourier'in bahsetmiş olduğu doğal sera gazları dünyanın yaşanabilir bir yer olması için gereklidir. Yeryüzündeki sıcaklığın ortalama olarak 15 °C'de tutulmasında bu sera gazlarının etkisi bulunmaktadır. Sera gazları var olmasaydı yeryüzünde ölçülen sıcaklık değeri -18 °C olurdu ve bu durum dünya üzerindeki canlı yaşamını imkânsız hale getirirdi. Dünya yüzeyinde bu ısının tutulmasında atmosferde mevcut bulunan sera gazları etkili olur (Spence, 2007).

Bilim insanları tarafından yapılan araştırmalar sonucunda atmosferdeki varlığı ve bulunma miktarı insan aktivitesi ile orantılı olarak etkileşim gösteren 4 önemli değişken sera gazı tespit edilmiştir, bunlar karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O) ve kloroflorokarbonlardır (CFCs) (Morrissey ve Justus, 2001).

Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, 1910 yılında 200 ppm, 1958 de 300 ppm iken, 1965 yılına ulaşıldığında bu değer 320 ppm olmuştur. Mayıs 2019 da ilk kez 415 ppm CO₂ konsantrasyonu Hawaii'deki Mauna Loa Gözleminde ölçülmüştür.



Şekil 2.6 İnsan kaynaklı karbondioksit emisyon miktarı (IPCC, 2015)

Şekil 2.6'da insan kaynaklı karbondioksit emisyon miktarında artış ve biriken miktarlarla karbondioksit oranı gösterilmiştir (IPCC, 2015).

Küresel iklim değişikliği dünyanın yüzleşmekte olduğu en mühim sorunlardan biridir. Küresel iklim değişikliğinin esas nedeni olarak insan etkisi ile yüksek oranda

sera gazının atmosfere salınımı gösterilebilir. Bu gazların en önemlisi ise, fosil yakıtlardan meydana gelen CO₂'dir. İklim değişikliğine neden olan yegâne gaz karbondioksit olmamakla birlikte en önemlisi karbondioksit olup, metan, diazot monoksit ve flor içeren gazların varlığı da küresel iklim değişikliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Remuzgo ve Trueba, 2017).

Tüm bu gaz konsantrasyonları içerisinde, su buharı sera gazı miktarının %60'lık kısmını oluştururken, CO₂ %26'lık miktarı ve diğer gazlar ise %14'lük miktarı oluşturmaktadır. İklim tahmin modellerindeki hesaplamalar göstermiştir ki, CO₂ ve diğer sera gazlarındaki artış şu anki haliyle devam ederse, 21. yy. sonunda dünya yüzeyinde ölçülen sıcaklık değeri 3°C artacaktır (Ahrens, 2009).

2.2.4.1 Karbondioksit (CO₂)

Yer altında depolanmış olan fosil yakıtlar (kömür, doğal gaz, petrol ve kaya gazı) da ayrı bir havuzdur. Milyonlarca yıldır yer altında kalan ve karbon döngüsüne katılmayan fosil yakıtlardaki karbonun sanayi devriminden sonra atmosfere verilmesi ile birlikte karbon döngüsü bozulmuş ve doğal döngüye fazladan karbon girdisi olmuştur. Bu durum da küresel ısınma ve iklim değişikliği olayları ile sonuçlanmıştır. Fosil yakıt kaynaklı CO₂ ve diğer sera gazları emisyonlarına ek olarak arazi kullanım değişikliği olarak adlandırılan orneğin orman alanlarının tarıma ya da yerleşime dönüştürülmesi gibi süreçler de CO₂ emisyonlarına yol açmaktadır. Sanayi Devrimi'nin başlangıcı sayılan 1750 yılından 2011 yılına kadar geçen sürede atmosfere kümülatif olarak fosil yakıt tüketimi ve çimento sektöründen 375 milyar ton karbon (1,38 trilyon ton CO₂ eşdeğeri), arazi kullanım değişikliği ve ormansızlaşmadan ise 180 milyar ton karbon (0,66 trilyon ton CO₂ eşdeğeri) olmak üzere 555 milyar ton karbon (2 trilyon ton CO₂ eşdeğeri) emisyonu gerçekleştiği hesaplanmıştır (IPCC, 2013).

2.2.4.2 Metan (CH₄)

Atmosferde bulunma süresi 12 yıl olan metan karbondioksitin 25 katı etkinliğine sahiptir. Sanayi devriminden önce atmosferde 700 ppb miktarında bulunan metan gazı konsantrasyonu 2005 yılına geldiğinde 1000 ppb'lik bir artışla 1774 ppb'ye yükselmiştir (Oğuz, S., 2007). Ayrıca doğalgazın ana elemanı olan metan gazı, sera gazlarının doğal ortama etkisinin %20'sini meydana getirir (Pekin, A., 2006). Bataklık gibi oksijeni az bulunan ortamlarda oluşur. IPCC, atmosfere bırakılan metan

gazı konsantrasyonunun çoğunun insan faaliyetlerinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. İnsan faaliyetlerinden dolayı oluşan metan kaynakları arasında çöp depolama alanları, doğalgaz ve petrol üretim tesisleri, tarımsal faaliyetler, gübre üretimi, kömür madenciliği, ısınma faaliyeti, motorlu taşıtlar, atıksu arıtma tesisleri ve çeşitli endüstriler sayılabilir (Oğuz, 2007). Atmosferden metan gazının giderilmesi için hidroksil radikali (OH) ile oksidasyon reaksiyonuna sokulur ve doğal ortamda bulunan metan gazının büyük çoğunluğu bu reaksiyonla giderilir. Metan gazını atmosferden gidermek için başvurulan diğer yollar arasında toprakta bulunan organizmaların metanı alması veya metanın klor ile reaksiyona girmesidir.

2.2.4.3 Diazot monoksit (N₂O)

Azot oksitler sera gazları içinde önemli bir yere sahiptir. Atmosferde 120 yıl gibi bir ömre sahip olmakla beraber yüksek ısı tutma potansiyeline de sahiptir (IPCC, 2007). N₂O'nun insan aktiviteleri sonucunda üretilmesinde büyük payı, tarım arazilerinde yapay ve doğal gübre kullanımı, ulaşımda kullanılan fosil kaynaklı yakıtların kullanımı, nitrik asit (HNO₃) üretimi, atık su arıtımı, atıkların ve biyokütlelerin yakılması oluşturmaktadır. Stratosferde güneş ışığının fotolitik davranışı sonucu N₂O atmosferden eksilmektedir (Baird, 1999).

2.2.4.4 Kloroflorokarbon (CFC)

CFC gazlarının doğal kaynak emisyonları yoktur ve sadece insan faaliyetlerinden kaynaklı meydana gelir. CFC gazları soğutma, ısıtma sistemleri, alüminyum ve yarı iletken imalatı gibi çeşitli sanayi süreçlerinde oluşur. Birçok CFC gazları diğer sera gazlarına göre çok yüksek GWP'ye sahiptir ve bu nedenle küçük atmosferik konsantrasyonları küresel sıcaklıklar üzerinde büyük etkilere neden olur. CFC gazları insan faaliyetlerinden yayılan sera gazlarının en güçlü ve en uzun süren türüdür. (<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>)

2.3 İklim Değişikliği Müzakereleri

Gerçek anlamda, uluslararası camiada iklim değişikliğinin ilk kez tartışılması, 1972 yılında İsveç'in başkenti Stockholm'de düzenlenen BM'nin "İnsan Çevre Konferansı" ile başlamıştır. Aynı yıl kurulan BM Çevre Programı (UNEP) ise çevre konularında iş birliği çalışmalarının öncüsü niteliğindedir. 1979 yılındaki Birinci Dünya İklim Konferansı ve 1988 yılında düzenlenen Hükümetlerarası İklim

Değişikliği Paneli'nin (IPCC) kurulması, uluslararası müzakerelere teknik altyapı hazırlıklarını sunmada dönüm noktalarını oluşturmaktadır. IPCC'nin ilk raporunun 1990 yılında yayımlanmasıyla, bilimsel verilerin şeffaflığı 1992 yılında Rio'da gerçekleşen Yeryüzü Zirvesi'nde tartışılmış ve BMİDÇS'nin temelleri bu zirvede atılmıştır. BMİDÇS; atmosferdeki sera gazı emisyonlarının artması sonucu daha detaylı emisyon kaynaklarına, yani tarım, fosil yakıt, enerji, ulaştırma, atık, ormancılık ve arazi kullanımı gibi temel emisyon kaynaklarındaki azaltım çalışmalarına yönelik uluslararası çevre sözleşmesidir.

9 Mayıs 1992 tarihinde New York'ta kabul edilen ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren BMİDÇS, “ortak fakat farklılaşmış sorumluluklar ve göreceli kapasiteler”, “gelişme yolundaki ülkelerin gereksinimlerinin ve özel koşullarının tam olarak tanınması”, “önceden önlem alma yaklaşımı” ve “gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarının ve ekonomik büyümelerinin desteklenmesi” gibi önemli temel ilkeler etrafında şekillenmiştir.

(<https://www.ikv.org.tr/images/files/Kyoto.pdf>)

İklim değişikliği müzakere sürecinin önemli adımları ise Çizelge 2.2'de özetlenmektedir.

Çizelge 2.2 1972-2015 Müzakere kronolojisi
(<https://www.ikv.org.tr/images/files/Kyoto.pdf>)

Tarih	Konu	Sonuç/Gelişme
1972	Stockholm-BM “İnsan Çevresi” Konferansı	Stokholm Deklerasyonu: Uluslararası çevre konularında iş birliği kapsamında, gelecekteki gelişmeler için 26 adet prensip İnsan Çevre İçin Eylem Planı ve BM Çevre Programı’nın (UNEP) kurulması ve Çevre Fonu’nu üzerinde kararlar alınmıştır.
1979	Birinci Dünya İklim Konferansı	Fosil yakıtlardan ve CO ₂ birikiminden kaynaklanan küresel iklim değişikliği vurgulanmıştır.
1988	IPCC’nin kurulması	BM şemsiyesi altında uluslararası sözleşmelere teknik altyapı oluşturulmuştur.
1990	Birinci IPCC Değerlendirme Raporu	İkinci WCC’de de belirtilen, uluslararası bir anlaşma için çağrı yapılmıştır.
1992	Rio “Çevre ve Kalkınma” BM Konferansı	BMİDÇS imzaya açılmış; INC tarafından UNFCCC metni kabul edilmiş ve Biyoçeşitlilik Sözleşmesi imzalanmıştır (Gündem 21).
1994	BMİDÇS’nin yürürlüğe girmesi	BMİDÇS, Rio Sözleşmeleri’nden biridir. Rio’da yapılan Yeryüzü Zirvesi’nde kabul edilen diğer sözleşmeler BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi ve BM Biyoçeşitlilik Sözleşmesi’dir.
1995	COP 1, Berlin, Almanya	Ülkeler, karbon gazı salımlarını, 1990 yılına göre, 2005 yılına kadar yüzde 20 oranında azaltma sözü vermiş ancak protokol kabul edilmediği gibi iki yıllık süreç başlatılmıştır.
1995	IPCC İkinci Değerlendirme Raporu	İklim değişikliğinin insan kaynaklı olduğu açıklanmıştır.
1997	Kyoto Protokolü’nün kabul edilmesi (COP 3, Kyoto, Japonya)	2012 yılı itibarıyla gelişmiş ülkeler sera gazları emisyonlarını yüzde 5 düşürme kararı almış; ABD anlaşmada yer almazken, Çin gibi gelişmekte olan ülkeler hedef belirlememiştir.
2001	IPCC’nin Üçüncü Değerlendirme Raporu (COP 7, Marakeş, Fas)	Bu tarihe kadar olan ve COP 4’teki (Buenos Aires, 1998) Buenos Aires Eylem Planı’na dayalı Bonn Metinleri kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü’nün uygulanmasını, uyum için yeni mekanizmaların ve teknoloji transferinin detaylandırılmasını içeren Marakeş Uzlaşım Metni kabul edilmiştir.
2005	Kyoto Protokolü’nün yürürlüğe girmesi	Tüm taraflar, uluslararası tek çerçeve metni ile küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede sorumluluk altına girmiştir.
2007	IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu, (COP13, Bali)	Müzakerelerin iki müzakere hattı üzerinden (Sözleşme ve Kyoto) yapılmasına karar verilmiştir.
2009	Kopenhag Mutabakatı (COP 15, Kopenhag, Danimarka)	2012 sonrasını içeren dönemde yeni bir anlaşmaya yönelik bir adım atılmamış; iki müzakere hattına yönelik sonuç çıkmamış, sadece yetersiz hükümleri içeren “Kopenhag Mutabakatı” kabul edilmiştir.
2010	COP 16, Cancun, Meksika	“Yeşil İklim Fonu”, Teknoloji Yürütme Komitesi, İklim Teknoloji Merkezi ve Ağı kurulmasına karar verilmiştir.
2011	COP 17, Durban, Güney Afrika	2015 tarihinde imzalanıp 2020 yılında yürürlüğe girmesi beklenen uluslararası bir anlaşma taslağının hazırlanması için Geçici Çalışma Grubu oluşturulmuş ve Gayri Resmi Toplantılar (Bonn/Almanya ve Güney Kore) yapılmasına karar verilmiştir.

2.3.1 Kyoto protokolü

Kyoto Protokolü, sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte artmaya devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderek daha fazla hissedilir olması üzerine, gelişmiş ülkelerin bağlayıcı yükümlülükler üstlenmelerini sağlamak ve BMİDÇS yi güçlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Protokol, sanayileşmiş ülkelerin sera gazı emisyon oranlarını 1990 yılı baz alarak, birinci taahhüt dönemi olan 2008-2012 yılları arasında %5 oranında azaltmayı taahhüt etmelerine dayandırılmıştır.

Protokol, 1997 yılında kabul edilmiş, atmosfere verilen sera gazlarının %55'i oranında salım yapan ülkeler tarafından imzalanması şartının gerçekleştiği 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşme'nin uygulama akdi olan Kyoto Protokolü'ne Türkiye 2009 yılında taraf olmuştur. Türkiye 2010 yılındaki 16. Taraflar Konferansı'nda (Cancun, COP16) mevcut pozisyonunu korumuş; EK 1 "gelişmiş" ülkesi olarak Sözleşme'de ki özel şartları haiz pozisyonu Sözleşme taraflarınca bir kez daha teyit edilmiştir. 2012 yılındaki 18. Taraflar Konferansı'nda (Doha, COP18), EK 2 ülkelerinin özel şartlara sahip ülkelere teknoloji transferi, kapasite oluşturma ve finansman desteği vermelerini teşvik eden kararlar birlikte Türkiye'nin özel konumuna tekrar atıfta bulunulmuştur.

Kyoto Protokolü uygulama sürecinde 2012'de Taraflar Konferansı'nda (Doha, COP18) "Kyoto Protokolü Doha Değişiklikleri" kabul edilmiştir. Doha Değişiklikleri ile Kyoto Protokolü'nün 2013-2020 yıllarını kapsayan ikinci taahhüt dönemi için ülkelere göre salım azaltma yükümlülüklerini içeren Ek B listesi yeniden düzenlenmiş; ülkelerin emisyonlarını 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararlaştırılmış; 2020 yılından sonra Kyoto Protokolü'nün yerini yeni bir iklim antlaşmasının alması benimsenmiştir. Türkiye, Kyoto Protokolü Doha Değişikliklerini 2 Ekim 2017 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Bakanlar Kurulu kararı ile onaylamıştır. Sözleşme Sekreteryası'na gerekli bildirimler iletildiğinde, taraf olma süreci de tamamlanmış olacaktır. Türkiye'nin Kyoto Protokolü'nün birinci ve ikinci döneminde herhangi bir sayısallaştırılmış sera gazı azaltım hedefi bulunmamaktadır (<http://www.iklimin.org/moduller/turkiyemodulu.pdf>).

Türkiye'nin iklim değişikliği müzakereleri kapsamındaki konumu aşağıdaki biçimde özetlenebilir. 1. Türkiye Ek-I ülkesidir. Ancak, 2001 yılında Marakeş'te

gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP 7), BMİDÇS altında Türkiye'ye ilişkin olarak alınan 26/CP.7 numaralı karar ile, "sözleşmenin Ek-I listesinde yer alan diğer taraflardan farklı bir konumda olan Türkiye'nin özel koşullarının tanınarak, isminin EKI'de kalarak EK-II'den silinmesi" yönünde karar alınmıştır. 2. Türkiye Kyoto Protokolüne taraftır. Ancak Ek-B dışı bir ülkedir (salım sınırlandırma veya azaltım taahhüdü yoktur). 3. Türkiye OECD üyesi bir ülkedir. 4. Türkiye G20 üyesidir. 5. AB üyeliğine aday bir ülkedir. Bu özelliklerin tümü birlikte düşünüldüğünde de Türkiye, dünyada tek ülke olma özelliğine sahiptir (http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf?sfvrsn=2)

2.3.2 Paris antlaşması

İklim değişikliği ile ilgili en son uluslararası antlaşma, Sözleşme'ye Taraf ülkelerin katılımıyla Paris'te gerçekleştirilen 21. Taraflar Konferansı'nda (COP21) 12/12/2015 tarihinde kabul edilen Paris Anlaşması'dır. İklim değişikliğine karşı küresel çapta verilen mücadelede tarihi bir dönüm noktası olarak nitelendirilen Paris İklim Anlaşması, uzun süren müzakereler sonunda üzerinde uzlaşılarak kabul edilmiştir. Paris Anlaşması, uluslararası camiada 22/04/2016 tarihinde imzaya açılmıştır. Anlaşma, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması şartının karşılanmasıyla imzaya açıldıktan sadece aylar sonra 04/11/2016 tarihi itibarıyla resmen yürürlüğe girmiştir. Bu haliyle Birleşmiş Milletler tarihinde en hızlı onaylanan uluslararası akit niteliği taşımaktadır.

Anlaşma, Sözleşme'nin uygulamasını güçlendirmek üzere ilk kez uzun dönemli sıcaklık artış hedefi koymuştur. Uluslararası toplum Paris Anlaşması ile küresel sıcaklıklardaki artışı 1,5°- 2°C bandında sınırlama hedefini kabul etmiştir. Anlaşma küresel sıcaklık artışının Endüstri Öncesi Dönem'e göre 2°C'nin oldukça altında tutulmasını ve iklim değişikliğinin etki ve risklerini önemli ölçüde düşürebileceğini dikkate alarak sıcaklık artışının 1,5°C'de sınırlandırılması yönünde çaba harcanmasını amaçlamış ve 2020 sonrasının uluslararası iklim rejimini etkileyen en önemli çıktısı da bu olmuştur. Paris İklim Anlaşması nihai bir ürün olmaktan ziyade, iklim değişikliği risklerinden arındırılmış düşük karbonlu bir geleceğe doğru yeni bir kilometre taşı olarak kabul görmektedir. Anlaşma'nın uygulanmasına dair kararlar ve

kurallar peyderpey hazırlanmakta ve uluslararası müzakereler bu yönde genişlemeye devam etmektedir.

Bugün birçok taraf devletin yürürlüğe koyduğu Anlaşma ile özellikle iklim değişikliğinin en kritik alanı olan enerji politikalarında tüm dünyada yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına dönüşüm başlamıştır. Birçok ülke fosil yakıtlardan enerji üretmenin ekonomik ve çevresel maliyetlerinin giderek arttığını ve bu artışın, uzun vadede iktisadi sistemleri olumsuz yönde etkileyeceğini kabul etmiştir. Bu meyanda, Anlaşma'nın işaret ettiği sorumluluklar çerçevesinde ülkeler mevcut iklim politikalarında yeni gelişmelere ve açılımlara ihtiyaç duymaktadır. Özellikle G20 ülkelerinin emisyon azaltım hedeflerini gerçekleştirmedeki daha sıkı uygulamaları, iklim değişikliği etkilerini minimize etmesi beklenmektedir. Paris Anlaşması belirlediği sıcaklık artışı hedefine ulaşabilmek için gerekli emisyon azaltımı çabalarının izlenmesi gereken yönü de belirlemiştir. Buna göre taraflar bu yüzyılın ikinci yarısında insan kaynaklı emisyonlarla yutaklarca tutulan emisyonlar arasında bir dengeye ulaşabilmek için sera gazı emisyonlarını en kısa sürede tepe noktaya çıkarıp, ardından çok hızlı şekilde azaltmayı sağlayacak önlemler alacaktır.

Emisyonların tepe noktasına ulaşması hedefinin gerçekleştirilmesinde gelişmekte olan ülkeler açısından farklılaştırmaya gidilmiş ve bu sürenin onlar için daha uzun olabileceği tespit edilmiştir. Burada esasen, iklim değişikliği ile mücadelenin küresel iş birliğini gerektirdiği, devletler nezdinde sorunun ortak olduğu, ancak sorumlulukların farklılaştırılması gerektiğinin altı çizilmektedir. Bu soruna neden olan, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere her ülke sorumluluğu nispetinde, imkân ve kabiliyetlerine göre üzerlerine düşen görevleri yerine getirmelidirler. Bu durum “her ülkenin kendi imkân ve kabiliyetlerine göre değerlendirilmesi” ilkesi çerçevesinde, küresel ölçekte optimum fayda ile sonuçlanacak ve tüm ülkelerin katkısını sağlayacak adil ve somut verilerle sorumluluk talep edilen bir sistemin kurulması ihtiyacına işaret etmektedir. Paris Anlaşması, Sözleşme'deki ülkelerin konumlarını belirleyen EK listelerini referans almamıştır. Anlaşma, ülkeleri sadece “gelişmiş” ve “gelişmekte” olan ülkeler olarak ayırmıştır. Ancak Paris Anlaşması Sözleşme'nin uygulama aracı olduğundan ve Sözleşme halen yürürlükte olduğundan EK sisteminden tam anlamıyla uzaklaşmış olduğu söylenemez. (<http://www.iklimin.org/moduller/turkiyemodulu.pdf>)

3. KARBON AYAK İZİ

3.1 Karbon Ayak İzi ve Bileşenleri

Bireylerin doğaya bıraktıkları ekolojik ayak izlerinin büyük bir bölümü, karbon ayak izinden oluşmaktadır. Karbon ayak izi, artan tüketim faaliyetleri ile diğer ekolojik ayak izi bileşenlerine oranla daha hızlı büyümektedir. Isı tutma kapasitesi, atmosferdeki oranı ve atmosferde kalma süresi göz önüne alındığında karbondioksit gazı doğada uzun süreli ve canlı sistemleri yok edici izler bırakmakta ve biyolojik kapasitenin aşılmasına neden olmaktadır (Reeves ve Lenoir, 2006; Lynas, 2009). Bu nedenle bireylerin küresel ısınmadaki paylarının farkına varmaları ve azaltmaları yönünde gerekli önlemleri alabilmeleri için karbon ayak izi hesaplamaları büyük önem taşımaktadır.

Karbon ayak izi, insanın tüketim faaliyetlerinin doğa üzerinde oluşturduğu etkinin büyüklüğünü ifade etmenin bir yoludur. Literatür araştırması yapıldığı zaman karbon ayak izi tanımı ile ilgili farklı tanımlamalar yapılmıştır. Wiedmann ve Minx 'e göre karbon ayak izi, insan faaliyetleri sonucu oluşturulan bir ürünün yaşam evresi boyunca doğrudan ya da dolaylı bir şekilde biriktirdiği karbondioksit emisyonlarının toplam miktarıdır.

Karbon ayak izini başka bir tanıma göre tanımlarsak, ekolojik ayak izinin en büyük bileşenini oluşturan “karbon ayak izi”, küresel ısınmaya neden olan sera gazları arasında yer alan karbondioksit gazının emisyonunun absorbe edilmesi için gerekli biyolojik üretken alan miktarıdır. Lynas'a göre ise, ihtiyaçlarımızı karşılamak üzere gerçekleştirdiğimiz her türlü tüketim faaliyetimizin doğa üzerinde oluşturduğu etkiye ve küresel ısınmadaki paya “karbon ayak izi” denilmektedir. Karbon ayak izi tanımlarında sera gazlarından sadece karbondioksit gazı miktarının göz önüne alınmasındaki sebep, diğer sera gazları için gerekli biyolojik kapasite ölçümlerinde yeterli bilginin sağlanmasında zorluk yaşanmasıdır. Bu yüzden bazı çalışmalarda yer alan hesaplamalarda diğer sera gazları karbondioksit eşdeğerliğine çevrilerek yorumlanmaktadır (Kitzes vd. , 2007; Wiedmann ve Minx; 2008).

3.1.1 Karbon ayak izinin bileşenleri

Ulaşım, gıda, ısınma aydınlanma gibi geniş bir alanı kapsayan karbon ayak izi, bireylerin oluşturdukları tabloyu daha net anlayabilmeleri açısından belirli parametreler altında incelenmektedir (Kitzes vd., 2007). Bu parametreler, karbon

ayak izinin hesaplanmasında, ülkelerin sosyoekonomik ve sosyokültürel durumlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Jones ve Kammen (2011)'in yaptıkları bir çalışmada karbon ayak izi parametreleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Karbon ayak izi parametreleri (Jones ve Kammen, 2011).

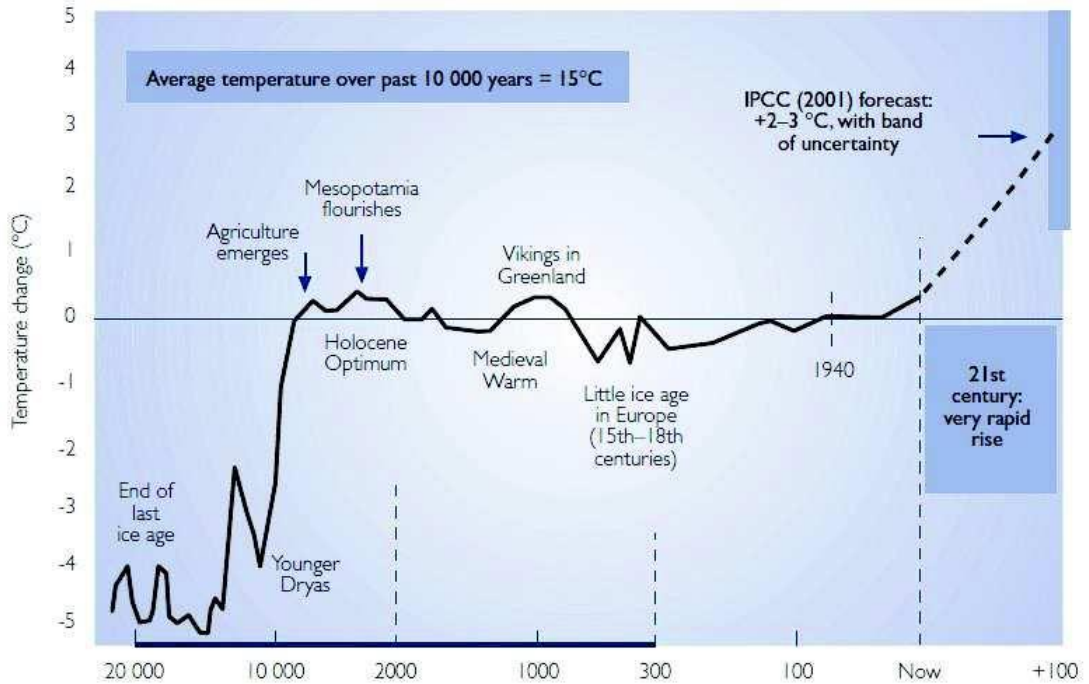
Parametre	Birincil ayak izi	İkincil ayak izi
Ulaşım	Yakıt	-Toplu taşıma -Hava ulaşımı -Otomobil
Barınma	Doğal gaz	-Elektrik -Su ve atık -Isınma
Gıda		-Tahıl -Sebze -Meyve -Et
Ürün		-Giyim -Ev ürünleri -Kişisel bakım
Hizmet		-Sağlık -Eğlence -Eğitim

Karbon ayak izi ikiye ayrılır. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ salınımlarının, ikincil ayak izi ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsüyle (ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmaları) ilgili olan dolaylı CO₂ salınımlarının ölçüsüdür. Öte yandan karbon ayak izinin belirli kategorilere ayrılması bireylerin kaynak kullanımının ve sürdürülebilirliklerinin takibinde kolaylık sağlamaktadır. Bununla beraber bu kategoriler, bireylerin hangi bileşen açısından daha çok sorumluluk almaları gerektiği konusunda farkındalık oluşturmaktadır. Ayrıca bireyler, bu kategoriler altında bireysel ve toplumsal durumlarını Kyoto protokolü ile belirlenen CO₂ salınım standartları çerçevesinde değerlendirerek diğer ülkeler ile kıyaslama şansı bulmakta ve yerel çözümler oluşturma fırsatını yakalamaktadırlar (Mattila v.d., 2011).

3.2 Karbon Ayak izinin Çevreye Etkileri

Karbon ayak izi insan aktivitelerinin ürettiği CO₂ emisyonlarının ton birimindeki ağırlığı olarak ifade edilir. CO₂, iklim değişikliğinin nedeni olan en önemli sera gazıdır. Üstelik, IPCC'nin en son raporu birkaç zorlayıcı net nokta oluşturur. Birincisi, insan aktivitesinden dolayı indüklenen ısınma görüşüne göre: geçmiş

çeyrek yüzyılda yükselen sıcaklığın, sera gazları artışından kaynaklandığını gösteren parmak izleri mevcuttur. İkincisi, bağlantılı bir modelde, örneğin, buzulların geri çekilmesi, deniz buz eritmesi, permafrost çözülme, kuşlar tarafından daha erken yumurta bırakılması gibi fiziksel ve biyolojik sistemler içinde değişiklikler bütün kıtalar için bariz olmaktadır. Üçüncüsü, beklenen ortalama yüzey sıcaklığının bu yüzyılda 1,4 ile 5,8°C aralığında artması tahmin edilmektedir. Sıcaklıkta bu değişiklik oranı birçok ekosistemler ve türler üzerinde belli bir stres oluşturur. Aynı şekilde, IPCC raporuna göre: insanlar sonraki yarı-yüzyıl içinde sera gazı emisyonlarını durdurabilse bile, dünya okyanuslarında sıcaklık 1000 yıl kadar artmaya devam edecektir. Bu durumda, deniz seviyesinin artışı yaklaşık 1-2 metreye ulaşabilecektir (McMichael v.d., 2003).

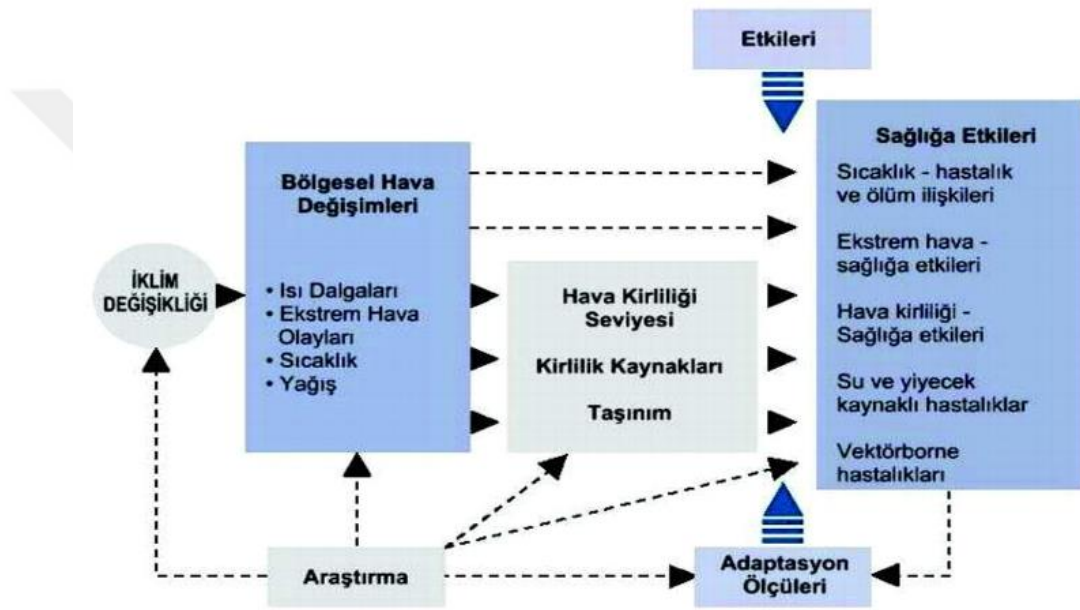


Şekil 3.1 Sıcaklık değişiminin tarihsel gelişimi
(Quasi-log skalası) (McMichael vd., 2003).

Şekil 3.1’de geçmiş 20.000 yıl içindeki dünyanın ortalama yüzey sıcaklığında değişimi göstermektedir. 1860 yılından önce, sıcaklık ölçümü için ağaç halkaları, buz çekirdeklerinde oksijen izotop oranları ve göl çökelleri vb. kullanılmaktadır. Periyot boyunca önemli ölçüde doğal dalgalanmalar görülür. Bu yüzyıldaki dünya sıcaklığı artışının 15.000 yıl önceki son buzullaşmadan sonra meydana gelenden 20-30 kere daha hızlı olması önemlidir.

3.2.1 Karbon ayak izinin insan sağlığına etkileri

Küresel iklim değişiklikleri farklı zaman ile skalada, değişimler üzerinden insan sağlığını etkileyebilir. Benzer bir şekilde, etkiler yerel nüfus etkinlikleri, topografya ve çevreye bağlı olarak değişebilir ve bu etkiler pozitif veya negatif olabilir. İnsanlar dünya üzerinde hayat şartlarına göre iklim değişikliğine katkıda bulunurlar. İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki önemli etkileri ve kategorileri Şekil 3.2'de gösterilmektedir (McMichael v.d., 2003).



Şekil 3.2 İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri (McMichael v.d., 2003).

Isı dalgası, soğuk kış gibi aşırı hava olaylarına maruz kalmak sağlık üzerine daha direkt bir etki olmaktadır. Seller, siklonlar, fırtınalar, kuraklıklar gibi diğer aşırı hava olaylarında ve aeroallerjenler ve hava kirleticileri ile sağlık etkisi artar. Daha az soğuk olan kışlardan dolayı, kış ölüm oranının azalması yanında, ısı dalgaları yaz ölüm oranının artırmasına sebep olabilir. , iklim değişikliğinin nedeniyle aşırı hava olaylarının yeri ve yoğunluğunun belirsizliği değişikliğin frekans kapsamı ile alakalıdır. Vektör kaynaklı enfeksiyonlar için, vektör organizmalar ve konakların dağılımı; sıcaklık, yağış, nem, yüzey su ve rüzgâr gibi fiziksel ve bitki, konaklı türler, yırtıcı hayvan, rakipler, parazitler ve insan müdahalesi gibi biyotik faktörlerden etkilenebilir. Bazı yerel azaltmalara rağmen, dünya çapında ortam

sıcaklığındaki artış, sıtma sivrisinekleri gibi özel vektör organizmalarının coğrafi dağılımında artışı getirebilir. Ayrıca, vektör türleri ve karaciğer kelebekleri, tek hücreliler, bakteri ve virüsler gibi patojen organizmaların yaşam döngüsü dinamiklerinde sıcaklık ilgili değişiklikler olabileceği gibi, sıtma, dang humması ve leishmaniasis gibi birçok vektör kaynaklı hastalıkların potansiyel transmisyonuna sebep olur.

3.3 Türkiye’de ve Dünyada Karbon Ayak İzi Uygulamaları

Ülkelerin Ayak İzi ve biyolojik kapasite sonuçları Küresel Ayak İzi Ağı (Global Footprint Network) tarafından yıllık olarak hesaplanmaktadır. Küresel Ayak İzi Ağı, her yıl dünya çapında 150’den fazla ülkenin biyolojik kapasite talebini ölçmekte ve ulusal ayak izi hesaplarını yayınlamaktadır.

Dünya Yabani Yaşam Vakfı (WWF) Yaşayan Gezegen Raporu 2012’ye göre, 2008 yılı verileriyle Türkiye’nin kişi başına düşen ekolojik ayak izi 2,55 kha, biyolojik kapasitesi ise 1,31 kha’dır. Türkiye’de üretimin ekolojik ayak izi, biyolojik kapasitesinin yaklaşık 2 katına çıkmıştır. Diğer bir deyişle, Türkiye’de insanların 1 yılda tükettikleri doğal kaynakların yeniden üretimi ve atmosfere saldıkları CO₂’nin tutulması için 2 yıla ihtiyaç vardır. Bu durum, Türkiye’nin mevcut üretim ve tüketim kalıbının sürdürülebilir olmadığı gerçeğini gözler önüne sermektedir. Türkiye’nin toplam ekolojik ayak izinde en büyük payı %46 (kişi başı 1,17 kha) gibi yüksek bir oranla karbon ayak izi almaktadır (WWF, 2012).

Karbon Ayak İzini oluşturan CO₂ emisyonları içinde en büyük pay ise (%26) ile elektrik sektörüne aittir. Bunu sırasıyla imalat sanayi ve inşaat (%22), ithalat (%16), ulaştırma (%15), elektrik dışı konut ve hizmetler (%12) ve diğer bileşenler izlemektedir. Türkiye’nin karbon ayak izinin bileşenleri Çizelge 3.2’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2 Türkiye’de karbon ayak izinin bileşenleri (WWF, 2012).

Ekolojik Ayak İzinin Bileşenleri	Payları
Elektrik üretimi	0,26
İmalat sanayi ve inşaat	0,22
İthal ürünlerin gömülü emisyonları	0,16
Ulaştırma	0,15
Konut ve hizmetler	0,12
Uluslararası taşımacılık kaynaklı emisyonlar	0,04
Tarım, orman, balıkçılık	0,02

Toplumların ve bireylerin doğal işleyişle uyumlu olmayan tüketim kalıplarının gittikçe yaygınlaşması gezegen üzerindeki karbon ayak izinin büyümesine yol açmaktadır. Bu bağlamda karbon ayak izi, toplumsal ve bireysel tüketim faaliyetlerinin gezegen üzerinde yol açtığı etkinin boyutunu belirlemede, karşılaştırmada ve ortaya çıkan gerek küresel gerekse yerel sorunlara çözümler üretebilmede önemli bir ölçme aracıdır (Wiedmann ve Minx, 2008; Lynas, 2009).

Ülkeler sahip oldukları ortalama karbon ayak izleri ile yaşam tarzlarını ve tüketim felsefelerini yansıtmaktadırlar. Hertwich ve Peters (2009) çalışmalarında farklı ülkelerdeki kişi başına düşen ortalama karbon ayak izi büyüklüklerini hesaplamışlardır. Ükelere göre karbon ayak izi miktarı Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Ülkelere göre karbon ayak izi miktarı (Hertwich ve Peters, 2009).

Ülke	Karbon ayak izi(ton CO ₂ /kişi)	Evsel karbon Ayak izi payı (%)	Nüfus (Milyon)
Almanya	15, 1	63	82, 0
Amerika	28, 6	82	277, 5
Arjantin	6, 5	88	37, 5
Bangladeş	1, 1	86	132, 1
Belçika	16, 5	46	10, 3
Birleşik Krallık	15, 4	62	59, 3
Bulgaristan	6, 1	81	8, 1
Brezilya	4, 1	88	172, 3
Endonezya	1, 9	89	213, 3
Finlandiya	18, 0	67	5, 2
Fransa	13, 1	64	59, 5
Güney Amerika	6, 0	90	43, 4
Hindistan	1, 8	95	1032, 1
Hollanda	16, 7	53	16, 0
İtalya	11, 7	62	57, 5
Japonya	13, 8	68	126, 8
Kanada	19, 6	75	31, 2
Lüksemburg	33, 8	56	0, 4
Madagaskar	1, 5	90	16, 0
Malta	13, 0	35	0, 4
Malawi	0, 7	83	11, 3
Malezya	4, 2	81	23, 7
Mozambik	1, 1	86	18, 0
Norveç	14, 9	44	4, 5
Peru	2, 6	83	26, 1
Romanya	5, 2	84	22, 3
Rusya	10, 1	92	145, 7
Tunus	3, 0	68	9, 7
Türkiye	4, 6	82	66, 2
Uganda	1, 1	91	22, 6
Vietnam	1, 7	80	79, 5

Türkiye'nin karbon ayak izi kişi başına yaklaşık 4,6 ton CO₂ olarak ölçülmüştür. Bu ölçüm ülkemizin karbon ayak izinin ortalama düzeyde olduğunu göstermektedir. Ayrıca toplumların ekolojik ayak izlerini ortaya koyan çalışmalar da benzer sonuçlara rastlanmaktadır (WWF, 2012).

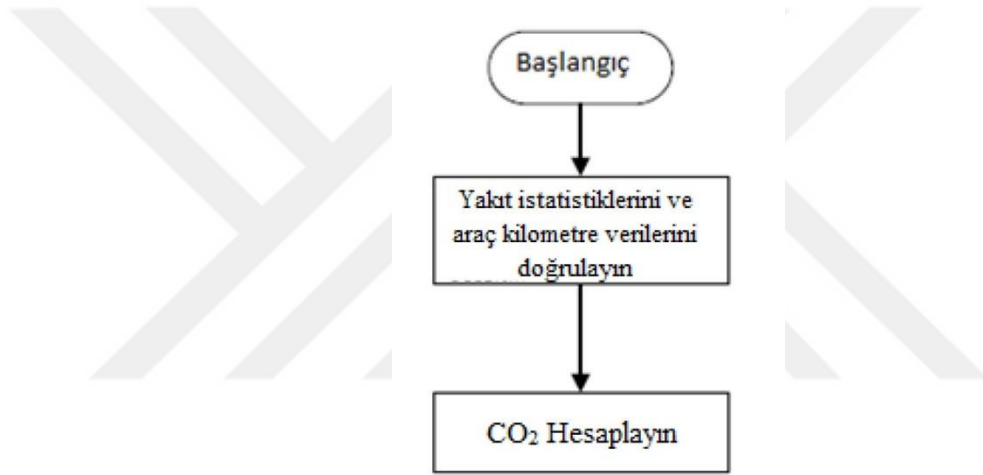
Sonuç olarak toplumların ve bireylerin aşırı tüketim alışkanlıkları, ayak izini büyütücü ve dolayısıyla da doğaya yapılan baskıyı artırıcı etki yaratmaktadır.

3.4 IPCC Metodolojisi ile Karbon Ayak İzinin Hesabı

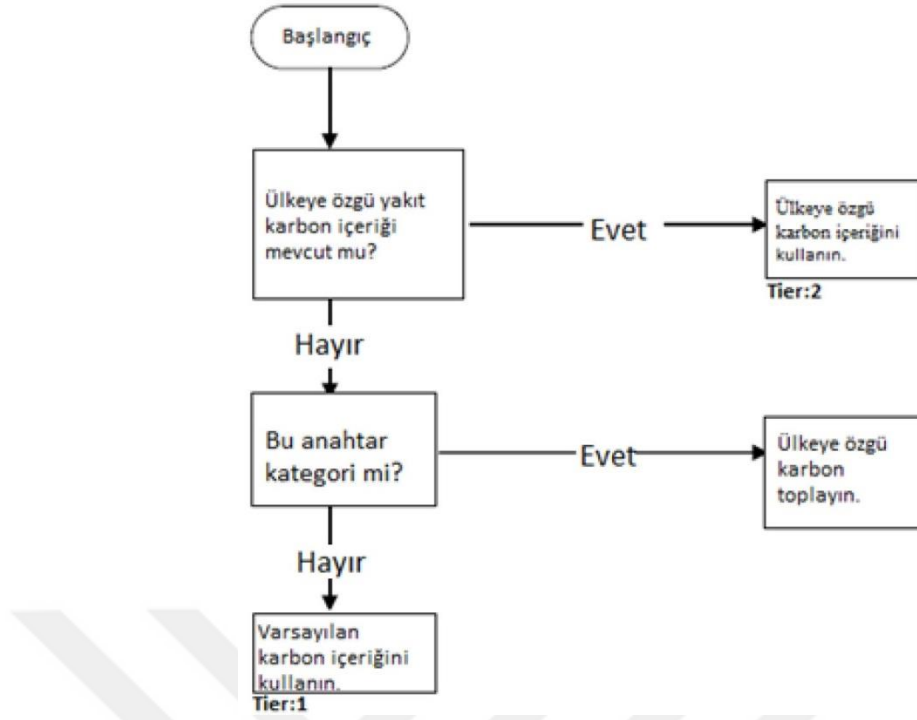
İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının sorununun çözülebilmesi amacıyla, 1996 yılında emisyon hedeflerini gerçekleştirmek isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunabilmesi için IPCC kılavuzu tekrar düzenlenerek oluşturulmuştur (Pekin, 2006). 1996 IPCC kılavuzunun yayınlanmasından bu yana sera gazı

emisyonlarının ulaşımdan kaynaklı emisyonlarının tahmini için kullanılan temel metotlar değişmemiştir. Karayolu taşımacılığından kaynaklanan tahmini emisyonlar, akaryakıt satışı ve araç kilometre sayısı olarak iki bağımsız veri grubuna dayanmaktadır (IPCC, 2006).

Emisyonlar, tüketlenen akaryakıttan (satılan akaryakıtla temsil edilir) veya araçların yolculuk ettiği mesafeden (km) tahmin edilebilir. CO₂ emisyonları akaryakıt miktarı, akaryakıt türü ve karbon içeriğine göre hesaplanır. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 'de sırasıyla Tier 1 ve Tier 2 hesaplama yönteminin seğimini yönlendiren CO₂ kararı ağacı görölmektedir (IPCC, 2006).



Şekil 3.3 Karayolu taşımacılığından kaynaklanan emisyonların tahmininde atılacak adımlar (IPCC, 2006).



Şekil 3.4 Karayolu taşıtlarında akaryakıtın yanmasından kaynaklanan CO₂ emisyonu için karar ağacı (IPCC, 2006).

Karbon ayak izi; doğrudan ve dolaylı olarak bir kişinin, kurumun ya da herhangi bir ürünün ortaya çıkmasında doğaya saldıgı sera gazlarının genel toplamını ifade etmektedir. Sera gazları doğal ve insan kaynaklı oluşmaktadır. Doğal olarak oluşan sera gazlarından bazıları şunlardır; su buharı (H₂O), karbon dioksit (CO₂), ozon (O₃), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O). İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları ise, kloroflorokarbon (CFCs), hidrokloroflorokarbon (HCFCs), hidroflorokarbon (HFCs) ve tamamen florid bileşigi olan kükürt hekzaflorid (SF₆) gibi gaz kirleticileridir (IPCC, 2006).

Küresel Isınma Potansiyeli sera gazlarının sera etkisini gösterme gücünün ifadesidir. Burada referans seçilen gaz CO₂ e göre, birim gazın belli bir süre içinde doğrudan ve dolaylı olarak sera gazı tesiri gösterme özelliği belirlenmektedir. Yani CO₂ haricinde diğer sera gazlarının aynı miktar CO₂'e kıyasla kaç kat daha fazla ısı tutabilme kapasitesine sahip olduğunu ifade etmektedir. Bu sayede tüm sera gazları için ortak bir ifade kullanılmış olacaktır. En düşük küresel ısınma potansiyeli olan sera gazı karbondioksit olmasına karşı salınan miktar açısından değerlendirildiğinde CO₂ diğer

sera gazlarına kıyasla çok yüksek seviyede olmasından dolayı durum tam tersi bir hal almaktadır (Binboğa ve Ünal., 2018).

3.4.1 Karbon ayak izinin hesaplanması

Karbon ayak izi; insanların ulaşım, ısınma faaliyetleri, enerji tüketimi veya satın aldığı her ürün ve hizmetin sonucunda atmosfere yayılan sera gazlarının, karbondioksit (CO₂) eşdeğeri ile ölçümüdür. Bir başka ifadeyle, gerçekleştirdiğimiz tüm faaliyetler veya aldığımız ürün ve hizmetin gerçekleştirilmesi, üretilmesi için harcanan enerjinin atmosfere yaydığı karbondioksit miktarını hesaplama çalışmasıdır. Karbon yayılımı; petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtların yakılması sonucu gerçekleşir. Fosil yakıtlar karbon içerirler ve yakılmaları sonucunda karbon açığa çıkar. Karbon ayak izi ise, bu yakımı direkt veya dolaylı olarak gerektiren tüm insan faaliyetlerini hesaba katar.

Karbon ayak izine neden olan insan faaliyetleri dünyanın gereğinden fazla ısınmasına neden olur. Bunun sonucunda ise iklim değişikliği, küresel ısınma, doğal hayatın tehlikeye düşmesi ve doğal kaynakların yetmemesi hatta tükenmesi riskiyle karşı karşıya kalırız. Sanayileşme, kentleşme, hızlı nüfus artışı, üretim ve tüketim alışkanlıkları gibi insan faaliyetleri sonucu doğada oluşan hasar, 1900'lü yılların ortalarından itibaren gözle görülür seviyeye ulaşmış, insanların doğa üzerinde bıraktıkları zararı belirlemek ve çözüm bulmak için çeşitli çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. 1990'lı yılların başında ortaya atılan ve doğaya verilen zararı ölçmek için belirlenen kavramlardan biri olan ekolojik ayak izi, çalışmalar detaylandıkça özelleşmiş ve nihayet 2000'li yılların ortalarında ekolojik ayak izinin bir parçası olarak karbon ayak izi kavramı geliştirilmiştir.

Günümüzde bireylerin, kurumların, şehirlerin, ülkelerin, hatta tüm dünyanın karbon ayak izi %100'e yakın doğrulukta tahmin edilebilir. Bunun için geliştirilen bazı uluslararası standartlar, sınıflandırmalar ve hesaplama yöntemleri vardır. Bu hesaplamalar profesyonel firmalar tarafından yapılır.

Bir kişinin araba kullanımı sırasında harcadığı yakıt, evinde kullandığı elektrik, bir şirketin ürün imalatı sırasında kullandığı fosil yakıtlar ya da çalışanlarının iş seyahatleri ayrı ayrı karbon salınımına neden olur. Bu salınımları kişisel, bölgesel ve kurumsal olarak hesaplayarak üretim ve tüketim alışkanlıklarımızın etkilerini

görebilir ve karbon ayak izini düşürmek için çeşitli yollar bulabiliriz. (<https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-hesaplama-yontemleri>)

3.4.2 IPCC metodolojisi

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), sera gazı emisyonlarını 3 farklı aşama (tier) ile hesaplayan metodolojileri paylaşmıştır.

Aşama, metodolojinin karmaşıklığını belirtir. Karbon ayak izi de gereken data ve metodolojinin karmaşıklığına göre Tier 1, Tier 2 ya da Tier 3 yöntemleriyle hesaplanır.

Tier 2 ve Tier 3 genellikle yüksek aşama yöntemleri (higher-tier) olarak ifade edilirler ve daha fazla bilgiyi değerlendirdiği ve daha çok data elde ettiği için Tier 1'e kıyasla daha doğru olarak kabul edilirler. Raporlayan kuruluşun kaynaklarına göre kullanılacak yöntem değişebilir. Örneğin bir şirket karbon emisyonunu hesaplarken elektrik tüketimini göz önünde bulundurduğunda Tier 2 yöntemini, doğal gaz tüketiminin neden olduğu salınım için Tier 1'i kullanabilir.

Tier 1

IPCC kılavuzunda açıklanan emisyon faktörlerini ve diğer parametreleri kullanır. Bu yöntemin bazı basitleştirici varsayımları vardır ve dışarıdan aldığı bazı verileri kendi bulgularıyla birleştirebilir.

Bu yöntem iki veriye ihtiyaç duyar;

Tüketilen yakıt miktarı ve Standart emisyon faktörü Formülü ise şu şekildedir;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) × Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ)

Tier 2

Aslında Tier 1 ile aynı yaklaşıma sahiptir ama ülkeye özgü emisyon faktörleri ve diğer parametrelerine başvurulur. Ülkeye özgü emisyon faktörleri ve parametreleri, o ülkedeki ormanlara, iklim bölgelerine ve arazi kullanım sistemlerine daha uygundur. Bu parametrelerden bazıları yakıtın kalitesi, karbon içeriği ve kullanılan yakma teknolojisidir.

Bu yöntem ile hesaplama yapabilmek için;

Tüketilen yakıt miktarı ve her yakıt için ülkeye özel emisyon faktörünün belirlenmesi gerekir. Formülü ise şu şekildedir;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) × Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ)

Tier 3

Daha karmaşık modeller içerir ve daha çok data gerektirir. Sonuçların şeffaflığının ve verilerin modelle entegrasyonunun artması için geliştirilmiştir. Genellikle alt aşamalardan daha doğru hesapladığı kabul edilir.

Tier 3 yöntemi kullanacağı yakıt tüketimi ve emisyon faktörünü tesise özgü olarak hesaplar. Bu nedenle de gerçeğe yakın hesaplama yaptığı düşünülür.

Yöntem, tesise özgü parametreleri bulabilmek için aşağıdaki gibi spesifik bilgilere ihtiyaç duyar;

Kullanılan yakıt tipi

Yakma teknolojisi

Çalışma şartları

Kontrol teknolojisi

Bakımın kalitesi

Yakıtı yakan ekipmanların yaşı

Tier 1'den Tier 3'e ilerleme genel olarak, sera gazı emisyonları tahminlerinin kesinleşmesini temsil etse de ölçüm süreçlerinin uzamasını ve analizlerin karmaşıklaşmasını gerektirir. Bu nedenle ölçüm firmaları bu yöntemleri bazı alternatif sıralarla da kullanırlar.

Örneğin daha düşük aşamalar gerektiğinde yüksek aşamadaki bazı parametrelerle birleştirilebilir. Tier 3'e ulaşmak için ise her aşama boyunca ilerlemeye gerek yoktur ve Tier 1'den Tier 3'de doğrudan geçiş yapılabilir. Birçok durumda Tier 1'den direkt Tier 3'e geçmek, arada daha sonra değiştirilmesi gereken Tier 2'yi uygulamaktan daha basit ve masrafsız olabilir. Tier 3 sistemini geliştirmek için toplanan veriler, geçici Tier 2 tahminlerini geliştirmek için kullanılabilir.

Bu yöntemlerin doğru hesaplama yapabilmesi için sağlanan verilerin kesinliği çok önemlidir. Verilerin toplanması, hesaplama ve raporlama aşamasında gerçekleşecek

herhangi bir hata sürecin baştan başlamasına neden olabilir. Ancak doğru ilerlendiği takdirde, %100'e kadar kesin sonuç elde edilebilir (<https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-hesaplama-yontemleri>).



4. ASFALT PLENT TESİSLERİ VE İŞ AKIM ŞEMALARI

4.1 Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plent Tesisi

Sivas İli, Merkez İlçesi, Kadı Burhanettin mah., tapununun 371 ada, 141 parsel numarasında kayıtlı, 87.695,01 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 117 m² yüzölçümlü kapalı alanda yer almaktadır. İşletme asfalt plent üretimi konusunda, yukarıda belirtilen adreste bina sahibi olarak faaliyet göstermektedir. Tesisin kapasitesi 200 ton/saat olup yıllık ortalama 100.000 ton/yıl asfalt üretilmektedir.

4.1.1 Asfalt üretim faaliyeti ve iş akım şeması

Asfaltın ham maddesi bitüm ham petrolün doğal çökmesiyle veya rafinerilerde damıtılması yolu ile elde edilen hidrokarbon bileşimli koyu kahverengiden siyaha kadar değişen, kuvvetli bağlayıcılığı olan, kıvamlılık bakımından katı, yarı katı veya sıvı olabilen maddedir. Kuyudan çıkarılan ham petrolün damıtma işleminden sonra bileşenlerine ayrılmasıyla bitüm, parafin, benzin elde edilir. Bu işlemden sonra da normal hava sıcaklığında kullanılmayacak kadar katı olan bitüm; benzin, mazot, gazyağı ve bunlardan farklı bir teknik olan su ile karıştırılarak inceltir ve kullanılabilir hale getirilir. Bu işlemlerden sonra asfalt, zemin kaplamalarında kullanılmaya hazır duruma getirilmiş olur.

Asfalt üretiminin temel girdileri, agrega ve bitümdür. Bunlar özel teknikler kullanılarak mamul asfalt haline dönüştürülmektedir.

Asfalt; havaalanlarında ve karayollarında beton asfalta bağlayıcı olarak kullanıldığı gibi, ayrıca su yalıtımında, elektrik sanayinde, karo ve parke döşemesinde yapıştırıcı olarak da kullanılmaktadır.

Soğuk Asfalt; Özellikle asfalt uygulama sezonu dışında trafik güvenliğini azaltıcı düzeyde bozulmuş olan ve acil olarak onarım yapılması gerekli yol bozulmalarında, hava şartlarının müsait olmaması sıcak asfalt uygulamalarının sağlıklı bir şekilde yapılmasını engellemektedir. Bu gibi durumlarda onarım çalışmalarında soğuk asfalt karışım çözümlerine gidilmesi zorunlu olmaktadır. Bitüm oranının %4,5 altında olduğu asfalt malzemesidir. Bu asfalt tipinde kaba agrega yüzdesi yüksek olarak kullanılır.

Sıcak Asfalt; BSK üretiminde, 145-160°C sıcaklıkta kurutulmuş ve ısıtılmış agregayla, yaklaşık aynı sıcaklığa kadar ısıtılarak sıvı hale getirilmiş bitüm, karışım oranlarına uygun olarak plentte karıştırılmaktadır. Karışımındaki agrega ve bitüm oranları karışımın kullanılacağı tabakaya ve özelliğine bağlı olarak değişmekle birlikte karışımın yaklaşık %95'i agrega %5'i bitümdür. Agrega kaba, ince ve mineral filler içerecek şekilde en az 3 ayrı tane boyutu grubunun belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir.

Bitüm; baskın hidrokarbon kökenli yapıdan oluşmakla birlikte içeriğinde hidrojen, çok az miktarda sülfür, oksijen ve nitrojen bulunmaktadır. Çeşitli ham petrollerden üretilmiş bitümlerin elementsel analizleri yapılmış olup, çoğunluğunun aşağıdaki bileşimde olduğu görülmüştür (Malkoç, 2000).

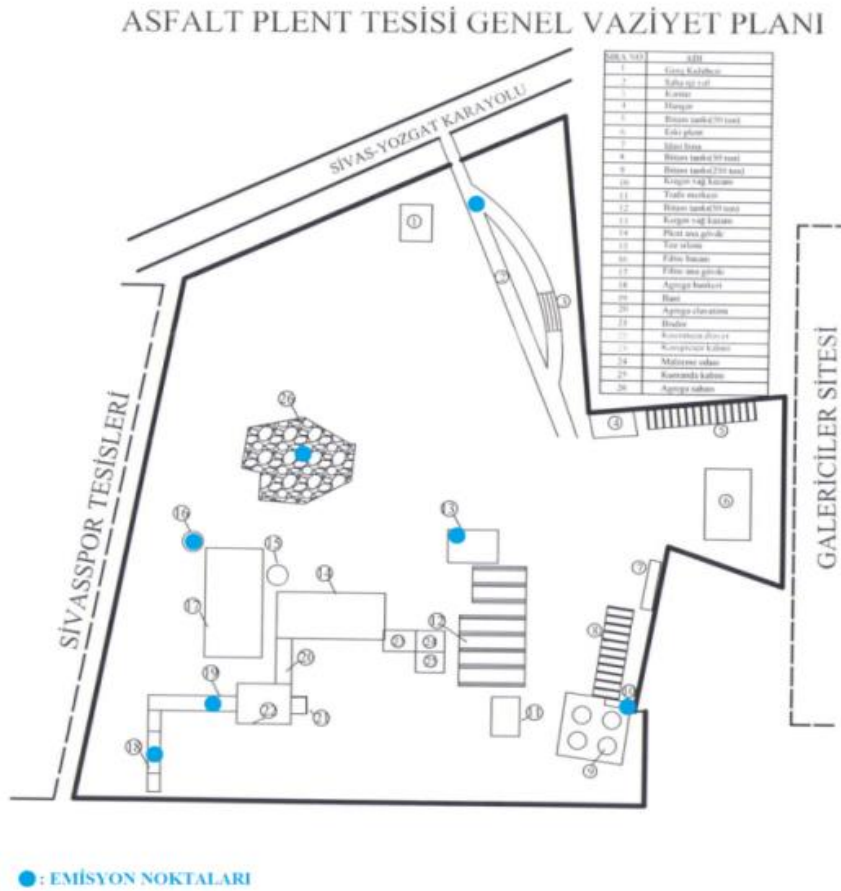
Bir petrol yatağında doğal asfaltın çökmesi milyonlarca yıl gerektiren uzun bir süreçtir. Yataktaki petrol, yeraltındaki basıncın etkisiyle kum yataklarından ve gözenekli kayaların arasından geçip yerüstüne çıkar. Petrolün uçucu bileşenleri ayrıldıkça kayaların arasında katışıksız bir asfalt birikintisi kalır. Daha sonra bu bileşik hemen hemen katışıksız bir sıvı halinde kayaktan dışarıya sızar. Dünyanın en ünlü doğal asfalt ya da doğal bitüm yatağı, Batı Hint Adaları'ndan Trinidad'da bulunan asfalt gölüdür. 40 hektardan daha geniş bir alanı kaplayan bu asfalt gölünün orta kesimdeki derinliği yaklaşık 87 metredir. Asfalt blokları kazmalarla parçalanarak çıkarılır. Bütün gün çalışarak büyük miktarda asfalt çıkarıldığı halde göl her gece yeniden dolmaktadır. Gölün yüzeyine döşenmiş raylar üzerinden vagonlarla taşınan bu gerçek asfalt Trinidad'da artılmakta ve varillere doldurularak bütün dünya ülkelerine satılmaktadır.

Bazı asfalt yatakları da tarih öncesi hayvanların fosillerini barındırdığı için ünlüdür. Örneğin ABD'de, Los Angeles yakınındaki La Brea asfalt yataklarında soyu tükenmiş hayvanların fosilleri bulunur. Irak'ta da bazıları çok eski çağlarda oluşmuş birçok asfalt kaynağı vardır.

Önceden belirtildiği üzere asfaltın en yaygın kullanım alanı yol kaplama işidir. Bununla birlikte kullanılan asfaltın ancak 12'de biri bitüm, geri kalan bölümü ince taneler halinde ufalanmış mineraller ve kırma taştır. (Genel olarak üretilen asfaltın %5'i bitüm, geriye kalan %95'lik kısmı ise filler ve agrega malzemedir oluşur.)

Asfalt suyu geçirmediği için yapıların çatı kaplamalarında da çok kullanılan bir gereçtir. Çatıların su yalıtımı için, kiremitlerin altına asfalt emdirilmiş keçe, onun üstüne de ince kırma taş yayılır. Yapılarda toprak düzeyinin altında kalan temel duvarları da su sızıntılarını ve nemi önlemek için yine asfaltla kaplanır. Tünellerin tavanları, kanalların ve su depolarının içi, bazı köprülerin tabanları asfaltlanarak su geçirmez duruma getirilebilir. Bunun yanı sıra yapay asfalt genellikle bitüm ve kireçtaşı karışımıdır. Doğal asfalta çok benzeyen bu asfalt da yol kaplamalarında, yapıların çatı ve temellerinde, su kulelerinde ve su depolarında yalıtım amacıyla kullanılabilir.

Türkiye’de asfaltın ana kullanım alanı tüm dünyada olduğu gibi yollardır. Asfalt endüstrisinde kullanılan bitüm, Türkiye Petrol Rafinerileri A. Ş. (TÜPRAŞ)’ye ait 4 rafineride üretilmektedir.



Şekil 4.1 Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plant Tesisi vaziyet planı

Tesis yerleşimi Genel Vaziyet Planı'nda gözüktüğü gibidir. Tesiste kapalı alan yoktur. Üretim ünitesi aşağıda açıklandığı gibidir.

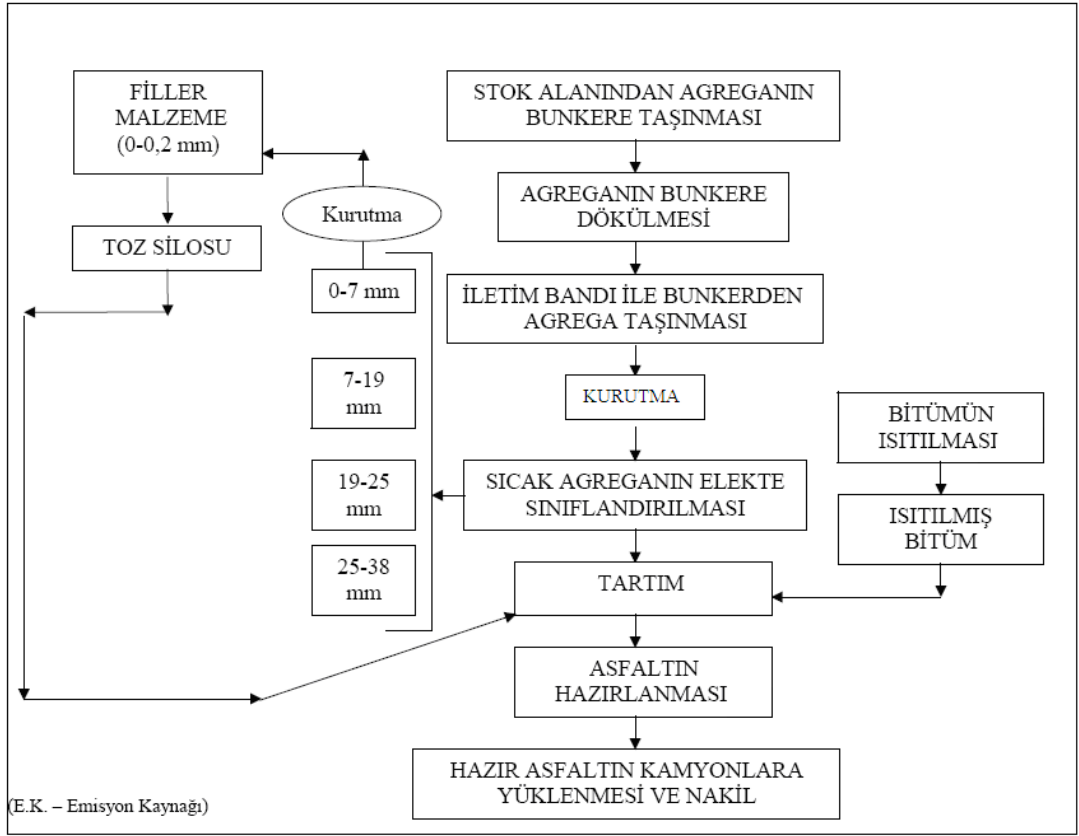
Asfalt üretim ünitesi, 87.695,01 m²'lik tahsis alanının yaklaşık 65.000 m²'lik kısmında yer almakta olup herhangi bir kapalı alanı bulunmamaktadır. Tesiste agrega malzemesi ile bitüm malzemesinin ayrı ayrı ısıtılıp belirli bir oranda karıştırılması ile asfalt ürünü elde edilmektedir.

Asfalt üretiminde; elek ve karıştırıcı ekipmanının üzerinde yer aldığı plent ana ünitesi, agrega cinsi malzemenin tartılarak plente aktarılmasını sağlayan bunker ve bunker-plent arası iletim bandı, agrega malzemenin neminin uzaklaştırılması için kurutulduğu kurutucu (dryer) ve bunu takiben brülör, tüm üretim faaliyetinin otomatik olarak kontrol edilebildiği bir kumanda odası, kurutucudan oluşan çok küçük boyutlu malzemenin (filler malzeme olarak da adlandırılabilir) tutulmasını sağlayan bir toz tutucu siklon ve tutulan toz malzemenin kullanım öncesi biriktirildiği bir toz silosu, agrega malzemenin yanı sıra üretimde kullanılan bir diğer bileşen olan bitümün depolandığı her biri 45 m³(50 ton) kapasiteli 15 adet 250 ton kapasiteli 4 adet tank ve bitümün ısıtılması amacıyla kullanılan yağın ısıtıldığı 2 adet kızgın yağ ünitesi yer almaktadır.

Bu ünitenin yanı sıra saha içinde, tesise giriş çıkışların yapıldığı noktada bir bekçi kulübesi, adet kantar ve üretimde kullanılan agrega malzemesinin depolandığı geniş bir stok sahası da yer almaktadır.

Üretim esnasında;

- Stok sahasındaki agrega malzemesinin bunkere taşınması amacıyla 135 HP gücünde 2 adet lastik tekerlekli yükleyici,
- Elde edilen asfalt ürününün ihtiyaç noktalarına taşınması için değişik sayıda, 180 HP gücünde, 18 tonluk kamyonlar kullanılmaktadır.



Şekil 4.2 Asfalt üretim ünitesi iş akım şeması

- **Agreganın Taşınması:** Öncelikle, tesis alanı içinde stok halinde bulunan çeşitli boyutlarda olan karışık agrega malzemesi, kepçe ile bunkere taşınır.
- **Agreganın Bunkere Dökülmesi:** Kepçe ile getirilen 0-5 mm ince agrega, 5-13 mm 1 numara mıcır, 13-19 mm 2 numara mıcır ve 19-25 mm 3 numara mıcır olmak üzere toplam 4 fraksiyon agrega malzemesi 4 gözlü bunker silosuna dökülür.
- **Agreganın İletim Bandı ile Taşınması:** Bunkere dökülen karışık agrega malzemesi, önce yatay bir banta dökülür ve daha sonra bu bant ile de 45 derece eğimli, dikey bir banta aktarılır. Bu dikey bant yardımıyla agrega kuruyucu üniteye (dryer) taşınır.
- **Isıtma:** Kurutucuya gelen agrega malzemesi, burada brülör vasıtasıyla 150-160 °C'ye kadar ortalama 1 dakika boyunca ısıtılarak kurutulur. Böylelikle agrega içerisindeki nem uzaklaştırılarak, bağlayıcılık özelliğinin artırılması sağlanır. Kurutulan agrega malzemesi plant ana ünitesine gönderilirken kurutma sırasında ortaya çıkan 0-0,2 mm boyutlu filler malzeme, bir fan aracılığıyla toz tutucu siklona alınır ve buradan da bir elevatör aracılığıyla toz silosuna taşınır. Toz silosunda

biriken filler malzeme, daha sonra asfalt üretiminde kullanılmak üzere yine ana plant ünitesindeki bekleme odasına(silosuna) gönderilir.

- **Sıcak Agreganın Elek ile Sınıflandırılması:** Kurutucudan gelen sıcak agrega, asfalt plantinin ana ünitesine gelir. Plant ana ünitesi bünyesinde;
 - a. Sıcak agreganın 0-5 mm, 5-13 mm, 13-19 mm ve 19-25 mm olarak 4 fraksiyon halinde sınıflandırılmasını sağlayan elek,
 - b. Sınıflandırılmış agrega malzemesinin geçici olarak stoklandığı bekleme silosu,
 - c. Kullanılacak agrega, filler malzemesi ile ilave edilen bitüm malzemesinin, elde edilecek asfalt içindeki karışım oranına göre tartımının gerçekleştirildiği tartı,
 - d. Tartılarak hazır hale gelen agrega, filler ve bitüm malzemelerinin karışımının yapıldığı mikser kısımları bulunur.

Ayrıca asfalt ana ünitesinden ayrı olarak, ana ünitenin hemen yanında; üretim aşamalarının tamamının otomatik sistemle takip edilerek yönetiminin sağlandığı bir kumanda odası da mevcuttur.

- **Sınıflandırılmış Agreganın Bekleme Silolarına Alınması:** 4 sınıf agrega malzemesi ile toz silosundan gelen filler malzeme, tartım öncesi bekleme silolarına aktarılır ve buradan ihtiyaç ve üretim durumuna göre tartım ünitesine gönderilir.
- **Tartım:** Karışım oranlarına göre gerekli büyüklükte, agregalar pistonlu klapeler vasıtası ile tartı bunkerine alınır ve tartılır. Agregalar tartımı ile eş zamanlı olarak bekleme silosundan filler malzemesi ile bitüm servis tankından bitüm pompası ile tartı bunkerine alınan bitüm malzemesi de tartılırlar. Hazırlanacak asfaltın bileşimindeki karışım oranına göre tartılan agrega filler ve bitüm, mikserde alınır.
- **Asfaltın Hazırlanması:** Mikserde; agrega, filler ve bitüm karıştırılarak asfalt elde edilir. Üretilen asfalt, mikser altında bulunan pistonlu kapaklar açılarak sıcak siloya alınır. Sıcak siloda biriktirilen asfalt, sıcak silo altındaki kapakların açılması ile silo altında bekleyen nakil aracına boşaltılır ve ihtiyaç yerlerine sevk edilir.

İşletmede atık ara depolama, geri kazanım veya bertaraf işlemleri yapılmamaktadır.

Araçların ve makinelerin bakım onarım faaliyetleri Sivas İl Özel İdaresi'ne ait Makine İkmal Tesisinde yapılmaktadır. Oluşan atık yağ ve kontamine atık – ambalajlar Makine İkmal tesisi içinde geçici olarak depolanıp lisanslı firmaya teslim edilmektedir.

Tesiste proses kaynaklı atık oluşmamaktadır.

Asfalt üretim tesisinde alansal ve noktasal emisyon kaynakları mevcuttur.

Alansal Emisyon Kaynakları:

- Saha içi araç hareketleri
- Agregada malzemenin stoklandığı alanda yükleme-boşaltılma işlemleri sonucu oluşacak emisyon
- Bantlardan malzeme geçişi sırasında oluşacak toz emisyonu
- Agregada bunkerleri

Noktasal Emisyon Kaynakları:

- Filtre bacası
- Kızgın yağ kazanı bacaları

5. MATERYAL VE METOT

Sera gazı emisyonlarının belirlenmesinde IPCC, ISO 14064 ve UNFCCC gibi standartlar yol gösterici olmaktadır. IPCC kılavuzuna göre, sera gazı salınımlarının ayak izi hesaplanmasında üç farklı Tier yaklaşımı kullanılabilir (IPCC, 2006; IPCC, 2007). Bu çalışmada, Sivas İl Özel İdaresine ait Asfalt Plant Tesisinin üretim ve nakliye sonucu ulaşım ve ısınmadan aynı zamanda elektrik ve sudan kaynaklanan karbon ayak izinin belirlenmesinde Tier 1 yöntemi kullanılmıştır.

- Enerji Tüketimi [TJ] = Yakıt Tüketimi [t] $\times 10^{-3} \times$ Dönüşüm Faktörü [TJ/kt] (Eşitlik 1.)
- Karbon İçeriği [Gg C] = Karbon Emisyon Faktörü [TC/TJ] \times Enerji Tüketimi [TJ] $\times 10^{-3}$ (Eşitlik 2.)
- Karbon Emisyonu [Gg C] = Karbon İçeriği [Gg C] \times Karbon Oksitlenme Oranı (Eşitlik 3.)
- Karbondioksit Emisyonu [Gg CO₂] = Karbon emisyonu [Gg C] $\times 44/12$ (Eşitlik 4.)

Tesiste elektrik kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi için denklem;

- Karbondioksit Emisyonu [ton CO₂] = Elektrik Tük. [kW] \times Emisyon Fak. [kg/kW] (Eşitlik 5.)

Su kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi ise;

- Karbondioksit Emisyonu [kg CO₂] = Emisyon Faktörü [kg/L] \times Su Tük. [L] (Eşitlik 6.)

Çizelge 5.1 Yakıtların net kalori değerleri (IPCC 2006).

YAKIT	Net Kalori Değerleri (TJ/kt)
Benzin	44,8
Jet Yakıtı	44,59
Dizel	43,33
Fuel Oil	40,19
LPG	47,31

Çizelge 5.2 Karbon emisyon faktörleri (IPCC 2006).

YAKIT	Karbon Emisyon Faktörü (TC/TJ)
Benzin	18,9
Jet Yakıtı	19,5
Dizel	20,2
LPG	17,2
Doğalgaz	15,3

Çizelge 5.3 Hesaplama faktörleri için referans değerler (Sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması hakkında tebliğ, 2014).

Yakıt Tipi	Emisyon Faktörü (t CO₂/TJ)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Kaynak
Doğal Gaz	56.1	48.0	IPCC 2006 Kılavuzu

Çizelge 5.4 CH₄ ve N₂O emisyon faktörleri (IPCC, 2006).

Yakıt Türü	CH₄	N₂O
Benzin	33	3,2
Motorin	3,9	3,9
LPG	62	0,2

Çizelge 5.5 Sera gazları küresel ısınma potansiyelleri (GWP)
(<http://www.ghgprotocol.org/>)

Sera Gazı	Küresel Isınma Potansiyeli		
	İkinci Değerlendirme Raporu (SAR)	Dördüncü Değerlendirme Raporu (AR4)	Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5)
CO₂	1	1	1
CH₄	21	25	28
N₂O	310	298	265

Söz konusu Asfalt Plant Üretim Tesisinde sera gazı salınımına ağırlıklı olarak ulaşım, elektrik ve doğalgaz kaynaklı prosesler sebep olmaktadır. Ulaşım sektöründe tesiste üretim sonucu oluşan Sivas merkez ve ilçe köylerine nakledilen rotmiks (asfalt yama malzemesi) ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen bitüm 50/70, bitüm 160/220 ve bitümlü bağlayıcı (astar) FM2B2 nakli karbon ayak izi parametrelerini oluşturmaktadır.

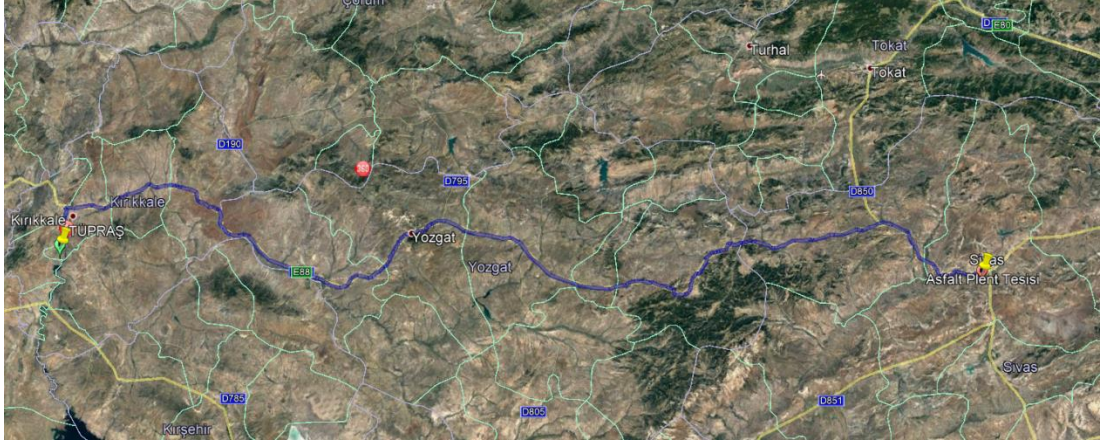
5.1 Ulaşım Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Ulaşım kaynaklı oluşan karbon ayak izinde değerlendirilen 2 ana nakil vardır. Bunlardan biri rotmiks diğeri ise bitüm ve astar naklidir. Rotmiks naklinde 18 kamyon kullanılmaktadır. Bunların her biri günlük ortalama 300 km yol yapmaktadır. Tesis yılda 270 gün aktif haldedir.

Bitüm nakli ise Kırıkkale TÜPRAŞ rafinerisinden yapılmaktadır. Nakli yapan 4 adet roley tankı mevcuttur. Tankların her biri kapasitesi ortalama 23 tondur. Tüm Araçlarda dizel yakıt kullanılmaktadır.

Tesiste bulunan araçların tükettiği toplam yakıt bilgisi alınarak üretilen CO₂ emisyonunun hesaplanması için tesis ile rafineri arasındaki noktaların ortalama uzaklığı baz alınarak araçların yaktığı yakıt değeri hesaplanmıştır. Roley tankları için tesis ile Kırıkkale TÜPRAŞ Rafinerisi arasında ki nokta Google Maps uzaklık hesaplama aracı kullanılarak gidiş-geliş için toplamda 760 km olarak ölçülmüştür. Asfalt plant tesisi ve Kırıkkale TÜPRAŞ Rafinerisi arasındaki mesafe Şekil 5.1'de verilmiştir. 4 adet tank 2018 yılında toplam 349 sefer yapmış olup 7655 ton FM2B2 (astar), 160/220 bitüm ve 50/70 bitüm malzemesi taşımışlardır. Toplamda roley tankları

$349 \times 760 \text{ km} = 265.240 \text{ km/yıl}$ yol yapmaktadır.



Şekil 5.1 Asfalt Plant Tesisi ve Kırıkkale TÜPRAŞ Rafinerisi arasındaki mesafe

Rotmiks taşıyan 18 kamyonun her biri ortalama;

$300\text{km/gün} \times 270\text{gün/yıl} = 81.000 \text{ km/yıl}$ yol yapmaktadır.

Toplamda ise;

$18 \times 81.000 \text{ km/yıl} = 1.458.000 \text{ km/yıl}$ dır.

Tesiste çalışan kamyon ve roley tankları araç başına 100 km de 40 L yakıt tüketmektedir. 18 kamyon ve 4 tank toplam 22 araç yılda;

$1.458.000 \text{ km/yıl} + 265.240 \text{ km/yıl} = 1.723.240 \text{ km/ yıl}$ yol yapmaktadır.

$1.723.240 \text{ km/yıl} \times 0,4 \text{ lt/km} = 689.296 \text{ lt/yıl}$ dizel yakıt kullanılmaktadır.

Enerji tüketimini hesaplamak için yakıtın ton cinsinden değerini bulmak gerekmektedir. Bunun için dizel yakıtın özgül ağırlığından kullanılmıştır. Dizel yakıtın özgül ağırlığı 0,7798 kg/L'dir (Elçin ve Erdoğan, 2007).

Yakıtın ton cinsinden değeri

$689.296 \text{ L/yıl} \times 0,7798 \text{ kg/L} \times 10^{-3} = 537,513 \text{ ton/yıl}$

CO₂ hesabı;

Çizelge 5.1'de verilen dönüşüm faktörü ve tüketilen yakıt miktarı kullanılarak Eşitlik 1.'in yardımıyla enerji tüketim miktarı belirlenmiştir.

Enerji Tüketimi [TJ] = $537,513 \text{ ton} \times 10^{-3} \times 43,33 \text{ TJ/kt} = 23,290 \text{ TJ}$ (Eşitlik 1).

Bir sonraki adımda, Çizelge 5.2'de verilen karbon emisyon faktörleri kullanılarak Eşitlik 2. nin yardımıyla tüketilen yakıtın karbon içeriği bulunmuştur. Ardından bu değer 10^{-3} ile çarpılarak gigagrama çevrilmiştir.

Karbon İçeriği [Gg C] = $20,2 \text{ TC/TJ} \times 23,29 \text{ TJ} \times 10^{-3} = 0,47 \text{ Gg C}$ (Eşitlik 2).

Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. yardımıyla karbondioksit emisyonu hesaplanmıştır. Son adımda karbondioksit emisyonunu bulmak için karbondioksit ve karbonun mol ağırlığının oranından yararlanmak gerekmektedir.

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = 0,47 \text{ Gg C} \times 0,99 = 0,475 \text{ Gg C (Eşitlik 3).}$$

$$\text{Karbendioksit Emisyonu [Gg CO}_2] = 0,475 \times 44/12 = \mathbf{1,742 \text{ Gg CO}_2} \text{ (Eşitlik 4).}$$

N₂O hesabı;

Çizelge 5.1’de verilen dönüşüm faktörü ve tüketilen yakıt miktarı kullanılarak Eşitlik 1’in yardımıyla enerji tüketim miktarı belirlenmiştir.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = 537,513 \text{ ton} \times 10^{-3} \times 43,33 \text{ TJ/kt} = 23,290 \text{ TJ}$$

Motorinin N₂O Emisyon Faktörü Çizelge 5.4 de 3,9 kg/TJ

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu [kg]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu} = 23,290 \times 3,9 = 90,831 \text{ kg N}_2\text{O}$$

$$1\text{kg}=10^{-6} \text{ Gg}$$

$$\text{N}_2\text{O Emisyonu} = 90,831 \times 10^{-6} = 0,00009 \text{ Gg N}_2\text{O}$$

Küresel ısınma potansiyeli Çizelge 5.5’den alınmıştır.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg]} = \text{CH}_4\text{- N}_2\text{O Emisyonu [Gg]} \times \text{Küresel Isınma Potansiyeli}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (N}_2\text{O)} = 0,00009 \times 310 = \mathbf{0,028 \text{ Gg CO}_2}$$

CH₄ hesabı;

Çizelge 5.1’de verilen dönüşüm faktörü ve tüketilen yakıt miktarı kullanılarak Eşitlik 1.’in yardımıyla enerji tüketim miktarı belirlenmiştir.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = 537,513 \text{ ton} \times 10^{-3} \times 43,33 \text{ TJ/kt} = 23,290 \text{ TJ}$$

Motorinin CH₄ Emisyon Faktörü Çizelge 5.4 de 3,9 kg/TJ

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu [kg]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [kg/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]}$$

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu} = 23,290 \times 3,9 = 90,831 \text{ kg N}_2\text{O}$$

$$1\text{kg}=10^{-6} \text{ Gg}$$

$$\text{CH}_4 \text{ Emisyonu} = 90,831 \times 10^{-6} = 0,00009 \text{ Gg CH}_4$$

Küresel ısınma potansiyeli Çizelge 5.5’den alınmıştır.

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu [Gg]} = \text{CH}_4\text{- N}_2\text{O Emisyonu [Gg]} \times \text{Küresel Isınma Potansiyeli}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (N}_2\text{O)} = 0,00009 \times 21 = \mathbf{0,002 \text{ Gg CO}_2}$$

$$\text{Eşdeğer CO}_2 \text{ Emisyonu} = \text{CO}_2 \text{ Emisyonu} + \text{CH}_4 \text{ Emisyonu} + \text{N}_2\text{O Emisyonu}$$

Eşdeğer CO₂ Emisyonu (Ulaşım) = 1,742+0,028+0,002= **1,772 Gg CO₂**

Ulaşımdan kaynaklanan karbon ayak izi, rotmiks nakli ve bitüm nakli olmak üzere 2 kategoride hesaplanmıştır. Değerlendirme sonucunda oluşan ulaşım kaynaklı karbon ayak izi oranları ve miktarları Çizelge 5.6'da verilmiştir. Ayrıca, asfalt serim ekibinde çalışan iş makineleri üretim dışında kaldığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Sonuç olarak, ulaşım kaynaklı oluşan karbon ayak izi miktarı 1,772 Gg CO₂ olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.6 Ulaşım kaynaklı karbon ayak izi oranları

Türü	Oran (%)
Bitüm ve Bitümlü Bağlayıcı Alımı	15
Rotmiks Nakli	85

5.2 Doğalgaz Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Ülkenin en büyük ithalat sektörlerinden birisi olan doğalgaz, elektrik üretiminde kullanıldığı gibi ısınma ve diğer evsel faaliyetler amaçlıda kullanılmaktadır. Asfalt plant tesisinde doğalgaz kurutucu (drayer), 2 adet brülör ve idari binanın ısınması, sıcak su amacıyla kullanılmaktadır. Tüketilen doğalgaz bilgisi, tesise gelen faturalardan yararlanılarak alınmıştır. Çizelge 5.7 de toplam kullanılan m³ değerleri verilmiştir. Tesisten alınan bu değer ile doğalgazın özgül ağırlığından yararlanılarak tüketilen miktarın kütlesi bulunup karbon ayak izi hesabına geçilmiştir. Doğalgaz yapısı nedeniyle yakıt türleri arasında yer aldığından IPCC metodolojilerinden Tier 1 yöntemine göre, ulaşımdan kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplanmasına benzer şekilde yapılmıştır.

Çizelge 5.7 Yıllık kullanılan toplam doğalgaz miktarları (m³)

	Hizmet binası (m ³)	Brülör- 1 (m ³)	Brülör- 2 (m ³)	Drayer (m ³)
Oca.18	544			
Şub.18	489	1.642		
Mar.18	409	2.015	2.163	3.243
Nis.18	85	9.516	5.470	82.208
May.18	44	9.052	14.720	77.129
Haz.18	20	8.519	17.398	84.480
Tem.18	20	9.957	24.123	111.496
Ağu.18	20	6.030	10.814	51.565
Eyl.18	50	6.742	6.928	58.154
Eki.18	94	4.741		32.592
Kas.18	363	432		40.302
Ara.18	342	691		
Toplam	2.480	59.337	81.616	541.169
Genel Toplam				684.602

Tesisten alınan bilgiye göre yıllık 684.602 m³ doğalgaz tüketilmektedir. Doğalgazın özgül ağırlığı 0,798 kg/m³'tür (Özkan, 2009). 684.602 m³ doğalgazın ağırlığı 546.312,4 kg ve yaklaşık olarak 546,31 ton'dur.

Çizelge 5.1'de doğalgaz verisi olmadığı için net kalori değeri Çizelge 5.3'den alınmıştır. Verilen dönüşüm faktörü ve tüketilen yakıt miktarı kullanılarak Eşitlik 1.'in yardımıyla enerji tüketim miktarı belirlenmiştir.

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = 546,31\text{ton} \times 10^{-3} \times 48 \text{ TJ/kt} = 26,22 \text{ TJ (1kt=1Gg)}$$

Bir sonraki adımda, Çizelge 5.2'de verilen karbon emisyon faktörleri kullanılarak Eşitlik 2.'nin yardımıyla tüketilen yakıtın karbon içeriği bulunmuştur. Ardından bu değer 10⁻³ ile çarpılarak Gg birim cinsinden ifade edilmiştir.

$$\text{Karbon İçeriği [tC]} = 26,22 \text{ TJ} \times 15,3 \text{ tC/TJ} = 401,17 \text{ tC}$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = 401,17 \text{ tC} \times 10^{-3} = 0,401 \text{ Gg C}$$

Sonraki adımda, oksitlenen karbon miktarını bulmak için gaz yakıtların oksidasyon yüzdesini kullanılarak karbondioksit cinsine çevrilmiştir. Gaz yakıtların oksidasyon yüzdesi 0,995'tir. Baz alınan bu oranın yüzdesi çok yüksek olduğundan dolayı, oksitlenen karbon miktarı karbon içeriği neredeyse aynı değere sahip olmaktadır. Son

adımında, CO₂ emisyonunu bulmak için karbondioksit ve karbonun mol ağırlığının oranından yararlanmak gerekmektedir. Eşitlik 3. ve Eşitlik 4. ün yardımıyla karbondioksit emisyonu hesaplanmıştır.

Karbondioksit Emisyonu [Gg CO₂] = 0,401 Gg C × 44/12 = **1,47 Gg CO₂** olarak bulunmuştur.

5.3 Elektrik Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Tesiste bulunan makineler enerjisini şebekeden gelen elektrikten sağlamaktadır. Tesisten alınan verilere göre elektrik kullanan makineler arasında bitüm pompaları, kurutucu (drayer), ve agrega bantları yer almaktadır. Elektrik plentte ve idari binada kullanılmaktadır.

Elektrik tüketim miktarı asfalt plent tesisine gelen faturadan belirlenerek CO₂ emisyon miktarı hesaplama yöntemine gidilmiştir.

Tesisten sağlanan bilgiye göre aylık elektrik tüketim değeri ortalama 150.000 kW'tır. Yıllık hesabı yapıldığında 1.800.000 kW elektrik tüketimi gerçekleşmektedir.

Hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörü Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporundan alınmıştır. Bu raporda, ülkelere özel olarak belirlenmiş emisyon faktörleri yer almaktadır. Her ülke için ayrı bir değer belirlenmesinden dolayı, IPCC Metodolojilerinden Tier 2 yöntemi seçilmiştir. Türkiye için belirlenen emisyon faktörü değeri 0,478 kg CO₂/kW'tır (Uluslararası Enerji Ajansı, 2016). Metan (CH₄) ve nitroz oksit (N₂O) gazları için emisyon faktörleri tanımlanmadığından hesaplamada yer verilmemiştir. İlk aşamada oluşan CO₂ miktarını ton değerinden bulmak için verilen emisyon faktörü, kW değeriyle tesisten alınan elektrik tüketim değeriyle çarpılmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Karbondioksit Emisyonu [kt CO}_2\text{]} &= 1.800.000 \text{ kW} \times 0,478 \text{ kg CO}_2\text{/kW} \times 10^{-3} \\ &= 860,4 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Bulunan karbondioksit emisyon değeri gigagram (Gg) birimine çevrildiğin de elektrik kaynaklı karbondioksit emisyon miktarı yaklaşık olarak

$$860,4 \text{ ton CO}_2 \times 10^{-3} = \mathbf{0,86 \text{ Gg CO}_2}$$
 olarak elde edilmektedir.

5.4 Su Kaynaklı Karbon Ayak İzi

Tesiste üretim amaçlı su kullanılmamaktadır. Sadece çalışanların kullanma amaçlı su tüketim ihtiyacı mevcuttur. Aylık ortalama 470 m³ su kullanılmaktadır. Aylık 470.000 L su \times 12 = 5.640.000 L/yıl ortalama su kullanılmaktadır.

Çizelge 5.8 Su Tüketimi için Emisyon Faktörleri (Sawant ve diğ.,2015)

Faaliyet	Tip	Birim	kg CO _{2e}
Su Tüketiminden Dolayı Oluşan Emisyonlar	Su Kullanımı	m ³	1,4E-06
		L	0,0014

Çizelge 5.8 de Su tüketimi için emisyon faktörü verilmiş olup, karbondioksit emisyonunu bulmak için Eşitlik 6. dan faydalanılacaktır.

Karbondioksit Emisyonu [kgCO₂] = 0,0014 [kg/L] \times 5.640.000 [L] (Eşitlik 6.)

Karbondioksit Emisyonu [kgCO₂] = 7.896 kg CO₂ = 0,008 Gg CO₂ olarak hesaplanmıştır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Sivas İl Özel İdaresine ait Asfalt Plent Tesisin 2018 yılı verileri kullanılarak ortalama yıllık karbon ayak izi hesaplamaları yapılmıştır.

Asfalt plent tesisine ait karbon ayak izi ulaşım, doğalgaz, elektrik ve su kaynaklı olmak üzere dörde ayrılmıştır. Sonuç olarak tesisin oluşturduğu karbon ayak izi miktarları Çizelge 6.1’de de belirtildiği üzere ulaşımdan kaynaklı 1,772 Gg CO₂, doğalgaz kaynaklı 1,46 Gg CO₂, elektrikten kaynaklı 0,86 Gg CO₂ sudan kaynaklı 0,008 Gg CO₂ olarak hesaplanmış olup, yüzdeleri de çizelgede verilmiştir.

Çizelge 6.1 Tesiste oluşan karbon ayak izi miktarı

Türü	Miktarı (Gg CO₂)	Yüzdesi
Ulaşım Kaynaklı Karbon Ayak İzi	1,772	43,12
Elektrik Kaynaklı Karbon Ayak İzi	0,86	20,92
Doğalgaz Kaynaklı Karbon Ayak İzi	1,47	35,77
Su Kaynaklı Karbon Ayak İzi	0,008	0,19
Toplam	4,11	

Burada en büyük pay %43,12 ile ulaşım kaynaklı karbon ayak izidir. Doğalgaz kaynaklı karbon ayak izi hesabında, tesisin idari bina, brülörler ve kurutucuda (drayer) kullanılan yakıt baz alınmıştır. Öncelikle dönüşüm faktörü ve özgül ağırlığından yararlanılarak tüketilen yakıt miktarı belirlenen doğalgazın enerji tüketim miktarı 26,07 TJ olarak hesaplandı. Karbon emisyon faktörü yardımıyla tüketilen yakıtın karbon içeriği 401,17 tC ve toplam CO₂ emisyonu 1,47 Gg CO₂ olarak elde edilmiştir.

Karbon ayak izi hesabında dikkate alınan bir diğer faktör elektrik kullanımıdır. IPCC metodolojilerinden yararlanılarak Tier 2 yöntemiyle hesaplanan elektrik kaynaklı karbon ayak izinde baz alınan değer tüketilen elektrik miktarıdır. Elektrik kaynaklı karbon ayak izi, Türkiye için Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından belirlenen

emisyon faktörü kullanılarak yıllık CO₂ emisyonu 0,86 Gg CO₂ olarak bulunmuştur. Tesiste elektrik kullanımı yoğun olarak kurutucudan kaynaklıdır. Tesiste elektrik kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi dağılımında en düşük paya sahip olup %20 dir. 4 kaynaktan oluşan toplam karbon ayak izi miktarı 4,11 Gg CO₂ olarak hesaplanmıştır. Asfalt plant tesisi yıllık ortalama 100.000 ton/yıl asfalt üretmektedir. $4,11 \text{ Gg CO}_2 \times 10^3 = 4110 \text{ ton CO}_2$ dir. Birim ürün miktarı ise; $4110 \times 10^3 \text{ kg CO}_2 / 100.000 \times 10^3 \text{ kg/yıl} = 0,04 \text{ kg CO}_2\text{e/kg ürün}$

Çizelge 6.2 Çalışma sonuçlarının farklı sektörlerle karşılaştırılması

Sektörler	Karbon Ayak İzi Yaklaşık Değerleri (kg CO ₂ e/kg ürün)	Kaynak
Asfalt Plant	0,04	Bu çalışmanın sonucu
Kauçuk	3,15	Mutlu vd. (2018)
Fiber Optik	72	Inakollu vd. (2017)
Tekstil Kumaşı	86	Yan vd. (2016)
Kâğıt	1,5	Wang vd. (2016)
Şeker	0,55	Garcia vd. (2016)
Çimento	0,80	Çagiao vd. (2011)

Çalışma kapsamında hesapladığımız plant sektörü karbon ayak izini farklı endüstriyel çalışmaların sonuçlarıyla birim ürün cinsinden Çizelge 6.2 de karşılaştırılmıştır. Farklı sektörlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında tüm sektörlerden daha azdır. Bu sonuçlara göre genel olarak her sektörün kendine özgü bir karbon ayak izinin olduğunu göstermektedir. Bu konuda önemli olan ayrım yapılmadan her sektör ve her ürün için tek tek karbon ayak izi çalışmalarının yürütülmesidir ancak bu sayede devletlerin sera gazı salınım politikalarının ve sektörlerle göre emisyon sınır değerlerinin belirlenmesini sağlayacak yeterli ve güncel veri birikimi sağlanabilir. 2017 yılında TÜİK tarafından yayımlanan sera gazı emisyonları raporunda Türkiye'nin toplam karbon ayak izi miktarı 475,1 milyon ton CO₂ olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2017).

Tesisin sebep olduğu karbon ayak izinin ürün miktarı çok düşük olsa bile sadece Sivas ilinde 4 asfalt plant vardır ve bunların dışında ihale edilen yollar için mobil asfalt plantler kurulmaktadır. Türkiye'de bu rakam çok daha fazladır dolayısıyla

sektör olarak düşünülürken daha fazla karbon salınımına sebep olduğu düşünülebilir. Karbon ayak izinin azaltılmasında çözüm üretilebilecek kaynak, tesiste en yüksek karbon ayak izine sebep olan ulaşımın optimizasyonudur. Gidiş sıklığı azaldıkça yakılan yakıt oranı azalacak ve doğal ortama bırakılan karbon ayak izi miktarı azalacaktır. Buna çözüm olarak daha küçük ton/saat kapasiteli birkaç asfalt plant tesisi kurulması olabilir. Bu şekilde aradaki nakliye mesafesi kısılacak ve araçların yakıt tüketimi azalacaktır. Doğalgaz kaynaklı karbon ayak izi miktarının azaltılması için yapılması gereken uygulamalar ulaşım kaynaklı karbon ayak izine göre daha kısıtlıdır. Tesiste üretimde su kullanılmamasından dolayı su tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi diğer kaynakların yanında ihmal edilebilir seviyedir.



7. SONUÇ

Bu tez kapsamında Sivas İl Özel İdaresi Asfalt Plent Tesisi karbon ayak izi hesabında doğalgaz kullanımı, elektrik tüketimi, ulaşım ve su tüketimi gibi emisyon yayan faaliyetler 2018 yılı verileri kullanılarak incelenmiştir.

CO₂ emisyonlarının hesabını şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Kullanılan yakıt miktarının belirlenmesi,
2. Yakıt cinsine göre ve tüketime göre enerji içeriğinin bulunur.
3. Yakıt cinsine göre uygun karbondioksit emisyon faktörleri seçilir ve bu faktör değeri ile tüketilen yakıtın içerisindeki toplam karbondioksit miktarı hesaplanır.

Karbon ayak izinin hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi, plent tesisinin karbon ayak izini azaltacak önlemlerin belirlenebilmesi açısından önemlidir.

Tesisin karbon ayak izinin hesabında 684.602 m³/yıl doğalgaz, 689.296 L/yıl motorin, 1.800.000 kW/yıl elektrik ve 5.640.000 L/yıl su kullanımı üzerinden hesap yapılmıştır. Sonuç olarak toplam 4,11 Gg CO₂ den, ısınma amaçlı doğalgaz kullanımından kaynaklı karbon ayak izi 1,47 Gg CO₂, ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izi 1,772 Gg CO₂, elektrik tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi 0,86 Gg CO₂ ve su tüketiminden kaynaklı karbon ayak izi 0,008 Gg CO₂ olarak hesaplanmıştır.

Sivas İl Özel İdaresine ait asfalt plent tesisi 200 ton/saat kapasiteye sahiptir. Sivas'ta Özel İdaresinin dışında Belediyeye ait 240 ton/saat kapasiteli bir plent ve özel çalıştırılan 160 ton/saat kapasiteli plent mevcuttur. Karayollarının Kovalı'da bakım onarımında kullandıkları 60 ton/saat kapasiteli plentleri vardır. Karayolları yol çalışmalarını ihale usulü ile yaptığı için BSK (bitümlü sıcak karışım) yol çalışmalarında mobil plent kurulmaktadır.

Araçların nakliye sırasında tam kapasite çalışmaması eski araçların kullanılması fazla hız ulaşımdan kaynaklı emisyonlar karbon ayak izini etkilemektedir ve karbon ayak izini arttırmaktadır. Karbon ayak izine katkısı olan ulaşımdan kaynaklı emisyonları azaltmak için özellikle CO₂ emisyonu azaltılmış çevreye duyarlı araçlar kullanılmalıdır.

Sivas ili çok geniş bir coğrafyaya sahip olduğu için tesis çoğu ilçeye çok uzak mesafede kalmaktadır. Bunun için birkaç ilçeye daha küçük kapasiteli asfalt plent

Üretim tesisi kurmak ulaşım kaynaklı karbon ayak izini azaltmak için bir çözüm olacaktır.

Enerji tüketimi ve doğalgaz kullanımı tesiste yoğun karbon ayak izi oluşturan diğer faktörlerdir. Emisyonları azaltmak için yapılabilecek projelere örnek olarak, yeni yakma teknolojileri, yakıt değiştirme, enerji tasarrufu, akıllı ofis sistemleri (yalıtım, ısıtma, soğutma, ışıklandırma), atık ısıdan enerji elde edilmesi, ağaçlandırma ve yenilebilir enerji yatırımları sayılabilir.

Fakat tesis öncesinde zaten fuel oil kullanmakta olup daha temiz bir yakma sistemi olan doğalgaza geçmiştir. Bunlar genel önlemler olup bu önlemleri emisyonların fazla olduğu tesislere de uyarlamak gerekmektedir.

Bu çalışmada üretilen asfaltın yola serilmesi ve yolun alt temel ve temel yapımı sırasında kullanılan araçların karbon ayak izi hesaplanmamıştır.

Karbon salınımını azaltmanın bir diğer yolu ise binanın kendi elektriğini kendi üretmesidir. Dolayısıyla güneş panelleri ve rüzgâr türbini gibi yenilenebilir enerjiye dayalı prosesler kullanılarak çözüm sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Altunok, E., ve Altunok A. E.** (2013), AB İklim Değişikliği Politikaları, KİDDER Denetim, 2013/12, 45-55.
- Ahrens C. D.,** (2009), *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 9. Basım, USA.
- Baird C.,** 1999. *Environmental Chemistry Part IV: The Greenhouse Effect and Global Warming*. 173-213.
- Batan, M.** (2014), *Küresel İklim Değişikliği ve Beklenen Sonuçları*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Betsill, M., Bulkeley H.** (2003), *Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance*, Londra.
- Binboğa, G., ve Aylin, Ü.** (2018). Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 187-202.
- BM, (Birleşmiş Milletler).** (1994). *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*, Dünya Zirvesi, 1992, New York, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Changnon, S. A.** (2000), *El Nino 1997-1998, The Climate Event of the Century*, Oxford University Press, New York, 30.
- Climate Change,** 2014, IPCC Synthesis Report, (2015), WMO, İsviçre.
- Climate Change, The IPCC Scientific Assessment,** (1991). Cambridge University Press, Cambridge.
- Elçin, K., ve Erdoğan, D.** (2007). Fındık yağı metil ve etil esteri ile diesel yakıtı karışımlarının küçük güçlü bir diesel motorda yakıt olarak kullanım olanaklarının belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13: 137-146.
- Fleming, J. R.** (1998), *Historical Perspectives on Climate Change*, New York, Oxford University Press, USA.
- Frankhauser, S.** (1995), *Valuing Climate Change: The Economics of the Greenhouse*, Earthscan Publications Ltd., Londra.
- Garcia, C., A., Garcia-Trevino, E., S., Aguilar- Rivera, N., Armendariz, C.,** 2016. Carbon footprint of sugar production in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2632- 2641.
- Geerts, B., ve Linacre E.,** (1997), *Climates and Weather Explained: An Introduction from a Southern Perspective*, Routledge, London.
- Göksel, N. D.** (2011). *Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları*, 19-22s, İstanbul.
- Hanna, P., Minna, N., Marjukka, K., Tuomas, H., Merja, K., Tiina, P., Helena, D.** (2010). Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave, Finland, *Research Notes (25)60*, 208p.
- Heliuss., Brighton., Rochester.,** Guide to PAS 2050, (2008). *How To Assess The Carbon Footprint Of Goods An Services*, Carbon Trust, Department for Environment Food and Rural Affairs (Defra), British Standards (BSİ), 6.

- Hertwich, E. G. and Peters, G. P.** (2009). Carbon Footprint Of Nations: A Global, Trade- Linked Analysis, *Environmental Science And Technology*, 43 (1): 6414-6420p.
- Inakollu, S., Morin, R., Keefe, R.,** 2017. Carbon Footprint Estimation in Fiber Optics Industry: A Case Study of OFS Fitel, LLC. *Sustainability*, MDPI, 9, 865.
- IPCC**, International Panel on Climate Change, (2006). 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC**, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (der.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC**, (Intergovernmental Panel on ClimateChange)., 2007.Changes in Atmospheric Constituentsin Radiative Forcing, , IPCC 4th Assessment Report Chapter 2., s.214.
- IPCC**, (2014). Climate Change 2013- The Physical Science Basis. (Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed.), *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jadhav, H. V., ve Prohit, S. H.,** (2009), **Global Warming and Environmental Concerns**, Himalaya Publishing House, Mumbai.
- Jay, W., ve Tod, D.** (2006). ISO 14064 International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification, Geneva, Switzerland, 1-4p.
- Jones, C.M. ve Kammen, D.M.** (2011). Quantifying Carbon Footprint Reduction Opportunities For U.S. Households And Communities, *Environmental Science And Technology*, 45 (9): 4088-4095p.
- Kirana, C., Nathan, P., Rana, P., David, P., ve Constantin, C.** (2011). Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organizations: Recommendations, Rationale, and Alignment, Joint Research Center 15p.
- Kitzes, J. ve Wackernagel, M.** (2009). Answers to Common Questions in Ecological Footprint Accounting, *Ecological Indicators*, 9 (4): 812-817p.
- Kumru, A.,** Karbon Yönetimi Yaklaşımı ve Örnek Uygulamalar, Carbon Clear, Ankara, Türkiye 2013.
- Levy, M.** (2011), *Why the WindBlows: A History of Weather and Global Warming*, Upper Access Inc.
- Long, J. A., ve Wells D. S.** (2009), *Ocean Circulation and El Nino: New Research*, Nova Science Publishers, New York, 267.
- Lynas, M.** 6 Derece, (Çev: Duygu Akın, Kutlukhan Kutlu, Aysun Yavuz). NTV Yayınları. 66s. İstanbul.
- Maslin, M.** (2009), *Global Warming A Very Short Introduction*, Oxford, İngiltere, 5.

- Mattila, T., Kujanpaa, M., Dahlbo, H., Soukka, R., ve Myllymaa, T.** (2011). Uncertainty And Sensitivity in The Carbon Footprint Of Shopping Bags, *Journal Of Industrial Ecology*, 15 (2): 217-227.
- McMichael, A.J., Campbell-Lendrum, D.H., Corvalan, C.F., Githeko, A.K., Scheraga, J.D., ve Woodward, A.** (2003). *Climate Change and Human Health, Risks and Responses*, 16-22p, Geneva.
- Morrissey, W. A., ve Justus J. R.** (2001), *Global Climate Change*, Congressional Research Service, The Library of Congress, 01-12-2001.
- Mutlu, V.,** (2018). “Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, ss 43.
- Mutlu, V., Özgür, C., ve Bekaroğlu, Ş.** (2018). *Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi Bilge*, SCI, 1-8ss.
- Oğuz, S.,** (2007). İklim değişikliği ve kuraklık, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü, Su Vakfı İstanbul Teknik Üniversitesi, ss 485.
- Özkan, E.** (2009). Erdemir Ereğli Demir Çelik Fabrikası Kojenerasyon ve Konvansiyonel Elektrik Üretim Tesislerinin Ekserji Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Patterson, M.** (1996), *Global Warming and Global Politics*, Routledge Publishing, New York.
- Pekin, M., A.** (2006). Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 99s İstanbul.
- Pre.** *Life Cycle-Based Sustainability Standards and Guidelines.* (2012). <https://www.pre-sustainability.com/download/Life-Cycle-Based-Sustainability-Standards-Guidelines.pdf> Erişim Tarihi: 18.06.2019.
- Reeves, H., ve Lenoir, F.** (2006). *Yeryüzünün Acısı, Yapı Kredi Yayınları.* 224s. İstanbul.
- Remuzgo, L., ve Trueba C.** (2017), *Statistical Polarization in Greenhouse Gas Emissions: Theory and Evidence*, *Environmental Pollution*, 230(2017) pp.291-301.
- Saya, M.,** (2016), *Küresel İklim Değişikliğinin Sektörel Düzeyde ve Türkiye Tarım Sektörü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Sawant B.,** (2015), *A New Method of Assessment and Equations on Carbon Footprint*, *J. Appl. Geology and Geophysics.* (vol.3). 52-59.
- Spence, C.,** (2007), *Küresel Isınma Sağlıklı Bir Dünya İçin Çözümler*, Pegasus Yayınları.
- Stehr, N., ve Storch H.** (2009), *Climate and Society: Climate as Resource, Climate as Risk*, World Scientific Publishing Co. Ptc. Ltd., Singapur.
- Tebliğ** (2014). Sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması hakkında tebliğ (29068) TC Resmi Gazete, 22 Temmuz, EK-5.

- Trenberth, K. E.**, (1997), The Definition of El Nino, Bulletin of the American Meteorological Society, 78(12): 2771-2778, Colorado.
- Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı**, (2017). Sera gazı emisyon envanteri, Sektörel Su ve Atıksu İstatistikleri, Sayı: 24588.
- Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı**, (2016). Basın Odası Haberleri, Sayı: 52.
- Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı**, (2018). Basın Odası Haberleri, Sayı: 27675.
- Uluslararası Enerji Ajansı**. (2016). Energy Policies of IEA Countries-Turkey.
- Virpi, V.** (2015). Introduction to Life Cycle Assessment (LCA), University of Oulu, Faculty of Technology, Environmental and Chemical Engineering Research Group, 13-27p.
- Yan, Y., Wang, C., Ding, D., Zhang, Y., Wu, G., Wang, L., Liue, X., Due, C., Zhang, Y., Zhao, C.**, 2016. Industrial carbon footprint of several typical Chinese textile fabrics. Acta Ecologica Sinica, 36, 119–125.
- Wiedmann, T., and Minx, J.** (2008). A Definition Of Carbon Footprint. Hauppauge Ny: Nova Science Publishers.
- WWF** (2010). Yaşayan Gezegen Raporu [http://www.wwf.org.tr/Pdf/Yasayangezegen Raporu2010.Pdf](http://www.wwf.org.tr/Pdf/Yasayangezegen_Raporu2010.Pdf). Erişim Tarihi: 18.06.2019.
- WWF** (2012), Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf Erişim Tarihi: 18.06.2019.
- ISO 14040, 2006** <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- İklim Nedir? İklim Çeşitleri.** (<http://www.harabe.net/topic/22080-iklim-nedir-iklim-%C3%A7e%C5%9Fitleri/>) 14.06.2019.
- Url-1** <http://www.isobelgesi.gen.tr/iso-14064-belgesi-nedir-nasil-alinir-dogrulamasi-nasil-ve-kim-tarafindan-yapilir-danismanlik-hizmetinde-neler-yapilir>, Erişim Tarihi: 13.06.2019.
- Url-2** <https://www.haber3.com/guncel/atlas-okyanusu-iklimi-etkiliyor-haberi-173879> Erişim Tarihi: 21.07.2019.
- Url-3** www.milliyet.com.tr Erişim Tarihi: 14.06.2019.
- Url-4** www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf. Erişim Tarihi: 19.07.2019.
- Url-5** www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions Erişim Tarihi: 20.07.2019.
- Url-6** <http://www.iklimin.org/> Erişim Tarihi: 19.07.2019.
- Url-7** <https://www.weather.gov/fwd/basics> Erişim Tarihi: 20.07.2019
- Url-8** <http://www.iklimin.org/moduller/bilimmodulu.pdf> Erişim: 04.09.2019
- Url-9** <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases/>, Erişim:31.10.2017
- Url-10** <https://www.semtrio.com/karbon-ayak-izi-hesaplama-yontemleri> Erişim:04.09.2019

Url-11 <http://www.iklimin.org/moduller/turkiyemodulu.pdf> Erişim: 04.09.2019

Url-12 <https://www.ikv.org.tr/images/files/Kyoto.pdf> Erişim: 07.09.2019

Url-13 http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/iklim_degisikligi_cerceve_sozlesmesi_ve_turkiye.pdf?sfvrsn=2
Erişim: 07.09.2019





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Tuğçe ÖZCAN
Doğum Yeri ve Tarihi Sivas, 07.09.1990
Medeni Hali Bekar
Yabancı Dil İngilizce
İletişim Adresi Sivas İl Özel İdaresi Yol ve Ulaşım Hiz. Müdürlüğü
E-posta Adresi tuceozcan@gmail.com
Telefon Numarası 0(506) 812 8448

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Sivas Milli Piyango Lisesi, 2007
Lisans Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği, 2012

İş Tecrübesi

Vizyon Çevre Danışmanlık Çevre Mühendisi, 2012-2013
Seta Çevre Danışmanlık Çevre Mühendisi, 2013-2014
Sivas Demir Çelik A.Ş. Çevre Mühendisi, 2014
Sivas İl Özel İdaresi Çevre Mühendisi, 2015-

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası