



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAĞIT-KARTON GERİ DÖNÜŞÜM ÜRÜNLERİNİN KARBON
AYAK İZLERİNİN BELİRLENMESİ**

Rıza ARICI

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN**

Haziran, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma, 26.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

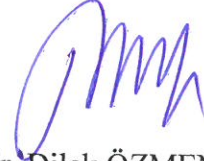
Tez Jürisi



Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



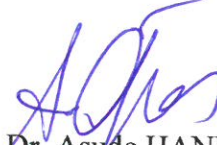
Prof. Dr. Nilgün BALKAYA
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Dilek ÖZMEN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Burcu ONAT
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Asude HANEDAR
Namık Kemal Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

İnsan kaynaklı faaliyetler sonucunda atmosferdeki miktarları sürekli olarak artan sera gazları nedeni ile günümüzde küresel ısınma tehlikesi artmaktadır. Bu konuda her geçen gün insanların bilinci artmakta ve tüketici olarak kullandıkları ürünlerin de daha çevreci olmasına dikkat etmeye başlamışlardır.

Firmalar rekabet ortamında avantaj elde edebilmek için karbon ayak izlerini hesaplayarak, ürettikleri ürünlerin sera etkisine katkılarını azaltmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda kağıt-karton geri dönüşüm ürünlerin karbon ayak izinin hesaplanıp, gelecekte yapılacak olan çalışmalara yardımcı olması amacıyla yaptığım bu çalışmada bana yardımcı olan, yol gösteren yüksek lisans tezi danışmanım, değerli Hocam Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN'e teşekkür ederim. Manevi desteklerinden dolayı kıymetli eşime, oğluma, anne ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2018

Riza ARICI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ...	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SERA ETKİSİ.....	3
2.2. SERA GAZLARI.....	4
2.2.1. Karbondioksit	6
2.2.2. Metan.....	8
2.2.3. Nitroz Oksit	9
2.2.4. Diğer Sera Gazları	11
2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI YAPILAN ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR	11
2.3.1. Montreal Protokolü.....	11
2.3.2. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)	12
2.3.3. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)	13
2.3.4. Kyoto Protokolü	13
2.4. TÜRKİYE’DE SERA GAZI EMİSYONLARI VE SEKTÖREL DAĞILIMI	15
2.5. SERA GAZI EMİSYON HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	18
2.5.1. IPCC Metodolojisi.....	18
2.5.2. IPCC Tier Yaklaşımları.....	19
2.5.2.1. Tier 1 Yaklaşımı.....	19
2.5.2.2 Detaylı Tier Yaklaşımları (Tier 2 ve Tier 3 Yaklaşımı).....	19
2.6. HURDA KAĞIT GERİ DÖNÜŞÜMÜ	20
2.7. KAĞIT ÜRETİM PROSESİ.....	20
2.7.1. Kaba Temizleme Kademeleri	22

2.7.2 İnce Kum Uzaklaştırılması.....	22
2.7.3 Fraksinyasyon.....	22
2.7.4 İnce Temizleme	23
2.7.5 Uzun/Kısa Elyaf Kesafet Arttırıcı Ünitesi.....	23
2.7.6 Refiner (Öğütme/Fibrilleştirme) Ünitesi	23
2.7.7 Elyaf (Uzun/Kısa) Karışım ve Hamur Stoklama.....	23
2.7.8 Kağıt Makinesi	25
2.8. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE KAĞIT ÜRETİMİ.....	29
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	33
3.1. UYGULAMANIN YAPILDIĞI FİRMA FAALİYET TANITIMI	33
3.1.1. Fluting	33
3.1.2. Test Lineri	33
3.1.3. Modkraft	34
3.1.4. NSSC	34
3.2. ATIK SU ARITMA TESİSİ.....	34
3.2.1. Atıksu Oluşumu ve Arıtımı	34
3.2.2. Biyogaz Oluşumu	36
3.2.3. Katı Atık Oluşumu	36
3.3. KARBON AYAK İZİ HESAPLAMASI.....	37
3.3.1. Üretim Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	38
3.3.1.1. Yakıt Kullanımı Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	38
3.3.1.2. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	39
3.3.2. Ulaşım Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	41
3.3.2.1. Hammadde Temininde Tüketilen Motorin Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	41
3.3.2.2. Fabrika Araçlarında Tüketilen Motorin Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	45
3.3.3. Bakım Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	47
3.3.3.1. LPG Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Hesabı	47
4. BULGULAR.....	48
4.1. YAKIT KAYNAKLI EMİSYONLAR.....	48
4.2. ELEKTRİK TÜKETİMİ KAYNAKLI EMİSYONLAR	49
4.3. ULAŞIM KAYNAKLI EMİSYONLAR.....	53
4.4. BAKIM KAYNAKLI EMİSYONLAR.....	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	57
KAYNAKLAR.....	60



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Sera etkisinin şematik gösterimi(UNFCCC, 2004).	3
Şekil 2.2: Sera gazları 1990-2015 yılları arasındaki artış trendi (TÜİK 2017)	4
Şekil 2.3: Küresel iklim değişiminde sera gazlarının dağılımı (Pachauri R.K. and Meyer L.A.,2014)	5
Şekil 2.4: Aylık ortalama küresel yüzey sıcaklık değişimi (NASA, 2017)	5
Şekil 2.5: Yıllık ortalama atmosferdeki CO ₂ artışı (WMO, 2016)	6
Şekil 2.6: Türkiye kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2016 (TÜİK, 2018)	7
Şekil 2.7: Atmosferdeki yıllık CH ₄ değişimi (WMO, 2016)	9
Şekil 2.8: Atmosferdeki yıllık N ₂ O değişimi (WMO, 2016)	10
Şekil 2.9: 1990-2015 Türkiye sektör bazında CO ₂ emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015)	15
Şekil 2.10: 1990-2015 Türkiye sektör bazında CH ₄ emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015)	17
Şekil 2.11: 1990-2015 Türkiye sektör bazında N ₂ O emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015)	17
Şekil 2.12: Hamur hazırlama ünitesi proses akım şeması.....	24
Şekil 2.13: Kağıt makinesi proses akım şeması	28
Şekil 2.14: Türkiye’de atık kağıt alımı, kağıt-karton üretimi ve geri dönüşüm oranlarının yıllara göre değişimi	31
Şekil 2.15: Türkiye’de hurda kağıt ithalat ve ihracat miktarı (TÜİK, 2016)	32
Şekil 3.1: Atık su arıtma tesisi proses akım şeması	36
Şekil 3.2: Ürün karbon ayak izi belirleme çalışmasında takip edilen temel 4 aşama.....	38
Şekil 4.1: Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu gücü dağılımı (EMO, 2018).....	51
Şekil 4.2: 1. ve 2. kağıt makinesi bölümlerinde kullanılan elektrik sonucu oluşan karbon ayak izi	52
Şekil 4.3: Kağıt-Karton üretimi elektrik kullanımı kaynaklı sera gazı oluşumundaki dağılım	53
Şekil 5.1: Faaliyet verileri kaynaklı emisyon miktarları	57

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Ülkelere göre CO2 emisyonları (BMİDÇS, 2011).....	8
Tablo 2.2: Türkiye’de atık kağıt kullanımı ve geri dönüş oranları (TKSV, 2011).....	31
Tablo 3.1: Bölüm bazında elektrik tüketimi ve faaliyet verileri.....	40
Tablo 3.2: Tedarikçi firma sayısı, mesafeler, kullanılan araç tipi ve sayısı	42
Tablo 3.3: Araç türüne göre yakıt tüketimi (Shell Fuel Save).....	45
Tablo 3.4: Tır ve kamyonun aldığı toplam mesafe hesabı.....	45
Tablo 3.5: Fabrika araçlarının yakıt tüketimi	46
Tablo 4.1: FV1 CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O emisyon parametreleri ve hesap özeti.....	49
Tablo 4.2: Doğalgaz tüketimi sera gazı emisyon değerleri	49
Tablo 4.3: FV3 CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O emisyon parametreleri ve hesap özeti.....	54
Tablo 4.4: Motorin tüketimi sera gazı emisyon değerleri.....	54
Tablo 4.5: Ulaşım amacına göre oluşan sera gazı emisyon değerleri	55
Tablo 4.6: FV4 CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O emisyon parametreleri ve hesap özeti.....	55
Tablo 4.7: LPG tüketimi sera gazı emisyon değerleri.....	56
Tablo 4.8: Üretilen ürün kg başına oluşan CO ₂ -e emisyonu	56

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
ppm	: Parts Per Million
kPa	: Kilopascal
°C	: Santigrad Derece
g	: Gram
Gg	: Gigagram
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
kt	: Kiloton
kWh	: Kilowatt-saat
l,L	: Litre
MJ	: Megajoule
t	: Ton
kt	: Kiloton
t C/TJ	: Birim TJ Enerji Başına Düşen Ton Karbon Miktarı
CO2 Eq.	: Karbondioksit Eşdeğeri
TJ	: Terajoule

Kısaltmalar	Açıklama
AKAKDO	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık
AKM	: Askıda Katı Madde
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
COP7	: The Sevent Session of the UNFCCC Conference of the Parties
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EF	: Emisyon Faktörü
EGSB	: Expanded Granular Sludge Bed
FV	: Faaliyet Verisi

IC	: Internal Circulation
IEA	: International Energy Agency
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
LPG	: Likit Petrol Gazı
LULUCF	: Orman Alanlarındaki Değişimden Dolayı Oluşan Emisyonlar
OECD	: Organization for Economic Cooperation and Development
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
Tg	: Tetra Gram (gazın kütlesinin bir ürünü)
TKSV	: Türkiye Kağıt Sanayi Vakfı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: United Nations Environment Programme
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
USD	: Amerikan Doları
USGE	: Ulusal Sera Gazı Envanter



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAĞIT-KARTON GERİ DÖNÜŞÜM ÜRÜNLERİNİN KARBON AYAK İZLERİNİN BELİRLENMESİ

Rıza ARICI

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN

Bu çalışmada kağıt-karton geri dönüşümü yapan bir fabrikanın karbon ayak izi belirlenmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliği, sera etkisi ve sera gazlarının atmosferdeki miktarlarının zaman içerisindeki artışları incelenmiştir. Kağıt karton geri dönüşümü ürünlerin üretimi ve hammadde temini kaynaklı atmosfere salınan CO₂-e miktarı hesaplanmış ve sera gazı emisyonlarının azaltılması için önerilerde bulunulmuştur.

Haziran 2018, 76 sayfa.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, sera etkisi, kağıt-karton, karbon ayak izi, hammadde.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF CARBON FOOT PRINTS OF THE RECYCLING PAPER-CARDBOARD PRODUCTS

Riza ARICI

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN

In this study, the carbon footprint of a paper-cardboard recycling plant was determined. In this context, climate change, greenhouse effect and the increase in atmospheric amounts of greenhouse gases over time have been examined. The amount of CO₂-e released into the atmosphere, which is caused by the production of paper cardboard recycling products and the transport of raw materials, has been calculated and recommendations have been made for reducing GHG emissions.

June 2018, 76 pages.

Keywords: Climate change, greenhouse effect, paper-cardboard, carbon footprint, raw material.

1. GİRİŞ

1950’li yıllarda başlayan endüstrileşme ve buna bağlı olarak sanayinin geliştirilmesiyle ortaya çıkan sera gazları küresel bazda iklim değişikliğine sebep olmuştur. Doğal karbon döngüsünden ziyade insanların yaşam aktiviteleri küresel ısınmanın oluşumunda ve iklim değişikliğinde önemli derecede etkili olmuştur. Küresel ısınma, doğa ve insan aktiviteleri sonucu oluşan sera gazlarının (CO₂, CH₄, N₂O, H₂O, O₃ vb.) atmosferin alt katmanlarındaki ısıyı tutarak atmosferin ısınmasına sebep olan olaydır. Yapılan birçok çalışma göstermiştir ki; nüfus artışı, enerji tüketimi, toprak kullanımı, uluslararası veya yurtiçi ticaret faaliyetleri, ulaşım ve trafik gibi insan aktiviteleri önemli ölçüde sera gazı salınımına sebep olmaktadır. Atmosfer ısısının artması beraberinde çevre ve insan hayatını etkileyen iklim değişimi sürecini oluşturmaktadır. İklim değişimi ise buzulların erimesi, okyanusların yükselmesi, ani yağışların ve büyük kuraklıkların gözlenmesi gibi çevresel felaketlere sebep olmaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023’de, İklim Değişikliği konusunda ulusal stratejik hedefleri arasında yer alan özellikle enerji konusu, yoğun sanayi kuruluşlarında enerji kazanımı ve sera gazı emisyonlarının azaltılması yönünde yapılacak projelere finansal destek sağlayarak teşvik etmek öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları incelendiğinde enerji kaynaklı emisyonların payının en fazla olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak iklim değişikliğinin olası etkileri her geçen gün insanlar tarafından biraz daha anlaşılmakta ve gelecek ile ilgili endişelerini arttırmaktadır. Bu farkındalık ve endişeler insanları daha çevreci ürünler kullanmaya yönlendirmektedir. Bu durum firmalar arasında önemli bir rekabet alanı açmaktadır. Özellikle atık kağıtların hammadde olarak kullanıldığı, bu özelliği ile çevrenin korunmasına önemli katkıları olduğunu vurgulayan, dünyanın pek çok farklı yerine ürünlerini ihraç eden sektörde, özellikle Avrupa pazarında ürünlerinin diğer rakipler ile rekabet edebilmesi için karbon ayak izinin bilinmesi ve azaltılması önemli avantaj sağlayacaktır.

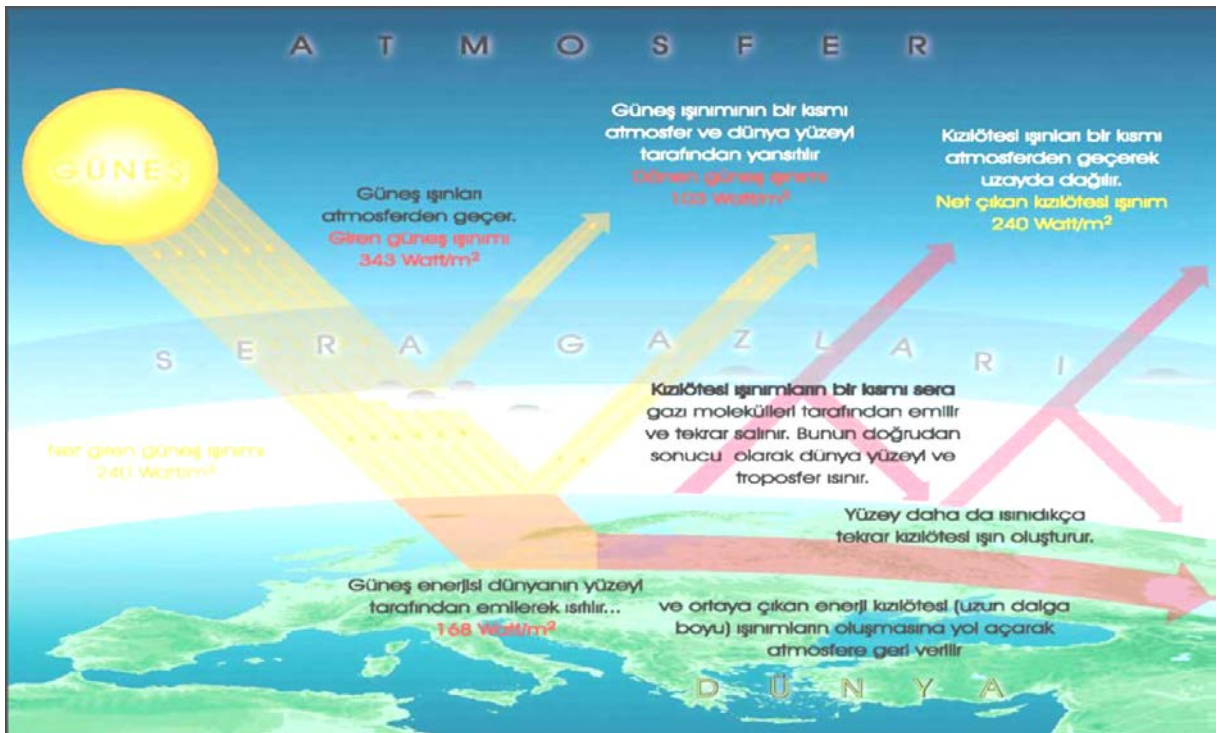
Ülkemizdeki firmaların sera gazı emisyonlarını hesaplaması ve bunları raporlamasının zorunluluk haline getirilmesi ile bir sonraki adımın firmaların karbon ayak izinin hesaplanması ve azaltılmasına yönelik zorunluluklar getirileceği düşünülmektedir. Firmanın karbon ayak izinin hesaplanması ve buna yönelik azaltma çalışmaları sadece rekabeti artırmak ile kalmaz; emisyon azaltma çalışmalarının kaçınılmaz sonucu ile firma enerjisinin daha verimli kullanılmasına yönelecek, doğal kaynakların kullanımını azaltmaya çaba gösterecek, sürdürülebilir yöntemler benimseyecektir. Bu nedenle bu tez ile hurda kağıttan karton üretimi yapan tesisin karbon ayak izinin belirlenmesi çalışması yapılacak ve azaltılması için önerilerde bulunulacaktır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SERA ETKİSİ

Geosfer, Güneş'ten gelen kısa dalga radyasyonunun bir bölümünü yeryüzünde, bir bölümünü atmosferin ilk katmanı olan troposferde emer. Güneş radyasyonunun bir bölümü ise, emilmeden yansıtılarak uzaya kaçar. Yüzeyle ve troposferde tutulan enerji, okyanus ve genel atmosfer dolaşımıyla yeryüzüne dağılır ve uzun dalgalı yer ışınımı olarak atmosfere geri verilir. Yeryüzünden salınan uzun dalgalı ışınımın önemli bir bölümü, tekrar atmosfer tarafından emilir ve sonra atmosfer ve okyanus dolaşımıyla daha az güneş enerjisi alan orta ve yüksek enlemlerde kullanılır. Atmosferdeki gazların gelen güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı daha az geçirgen olması nedeniyle yerkürenin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan süreç "sera etkisi" olarak adlandırılmaktadır (Forster P, 2007). Küresel iklim değişikliği; dünya atmosferinin, insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarının "sera etkisi" nedeni ile sıcaklığının artması sonucu oluşmaktadır. Şekil 2.1 de sera gazlarının güneş ışınları üzerindeki etkisi şematik olarak gösterilmektedir.



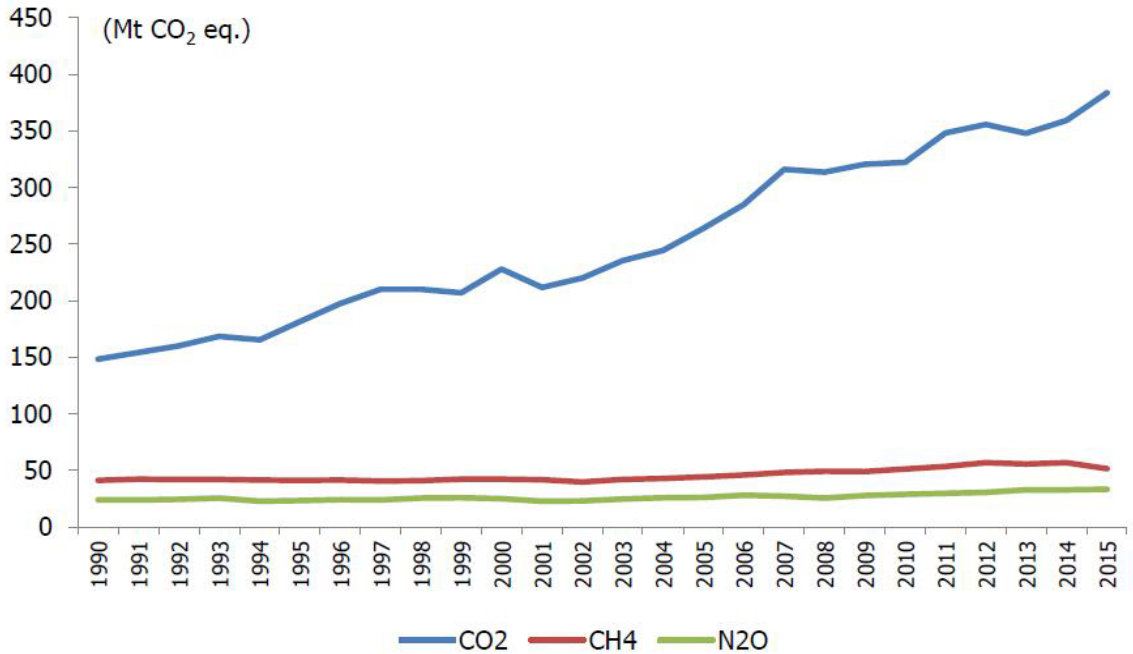
Şekil 2.1: Sera etkisinin şematik gösterimi(UNFCCC, 2004).

Günümüzde karşılaştığımız sera etkisi insan faaliyetlerinden ötürü oluşmaktadır. Sanayi, hızlı nüfus artışı, tarım, ulaşım aktiviteleri insan faaliyetleri kaynaklı sera gazlarının konsantrasyonlarında artışa sebep olmaktadır.

2.2 SERA GAZLARI

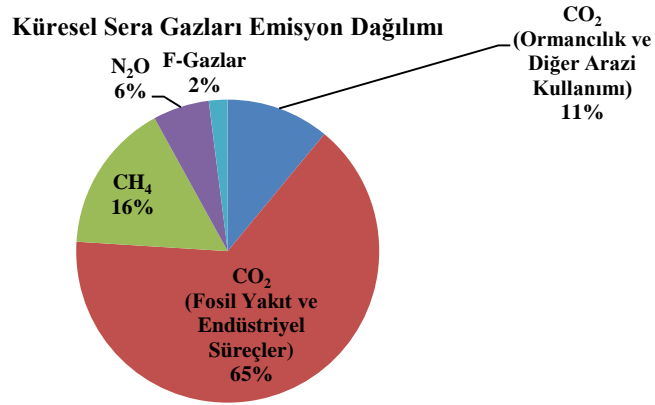
Sera gazlarının bazıları doğal süreçler sonucunda oluşurlar ve insan faaliyetlerinden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenirler. Diğer bazı sera gazları ise tamamen insan faaliyetleri sonucu (antropojenik) meydana gelir. İnsan faaliyetlerinin yanı sıra doğal olarak oluşabilen sera gazlarından bazıları şunlardır; su buharı (H₂O), karbon dioksit (CO₂), ozon (O₃), metan (CH₄), nitrit oksit(N₂O). Tamamen insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları ise, kloroflorokarbon (CFCs), hidrokloroflorokarbon (HCFCs), hidroflorokarbon (HFCs) (halokarbonlar olarak adlandırılırlar) ve tamamen florid bileşiği olan kükürt hekzaflorid (SF₆) gibi gazlardır (Pekin,2006).

İnsan faaliyetleri sonucu atmosfere salınan sera gazlarından CO₂, CH₄ ve N₂O sera etkisinin oluşmasına en büyük katkıyı vermektedir. TÜİK tarafından 2017 yılında yayınlanan Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990-2015 raporunda yer alan bilgiye göre bu gazların artış trendi 1990 ile 2015 yılları arasında süreklilik göstermiştir (Şekil 2.2).



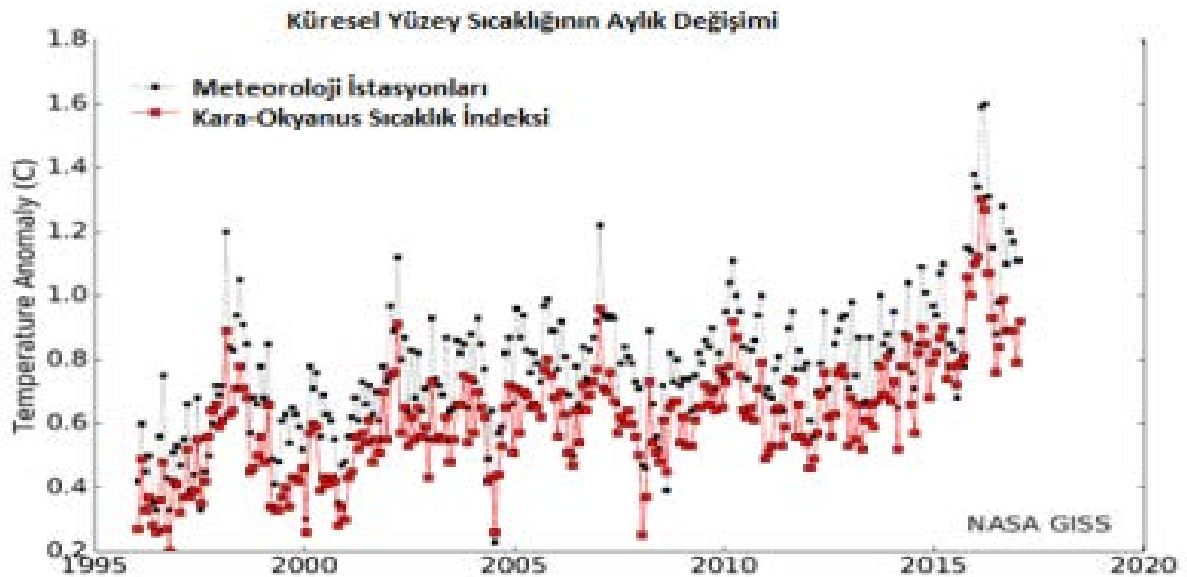
Şekil 2.2: Sera gazları 1990-2015 yılları arasındaki artış trendi (TUİK 2017).

Ulusal Sera Gazı Envanteri raporuna göre 1990 ile 2015 yılları arasında CO₂ gazı emisyonu %170,8, CH₄ gazı emisyonu aynı yıllar arasında %24,7 ve N₂O gazı emisyonu da %39,5 artış göstermiştir. (TUİK 2017)



Şekil 2.3: Küresel iklim değişikiminde sera gazlarının dağılımı (Pachauri R.K. and Meyer L.A.,2014).

Şekil 2.3’de görüldüğü gibi dünya genelinde sera gazı salınımında en yüksek pay CO₂ gazıdır (%76). CO₂ salınımında ise en yüksek payın fosil yakıtların kullanımı ve endüstriyel faaliyetler olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 2.4’te verildiği gibi meteoroloji istasyonları ölçüm verilerine göre dünya yüzey sıcaklığındaki artış 1990’lı yıllarda 0,4 °C civarında iken günümüzde bu değer 1,2 °C ye kadar ulaşmıştır.



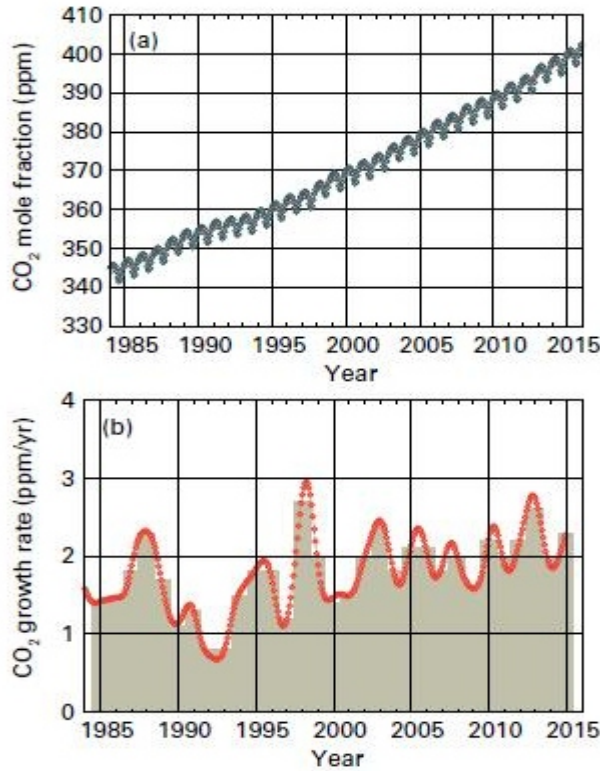
Şekil 2.4: Aylık ortalama küresel yüzey sıcaklık değişimi (NASA, 2017).

2.2.1 Karbondioksit

CO₂, atmosferin doğal bir bileşeni olup, su buharından sonra atmosferde en çok bulunan sera gazıdır. Atmosfere salınan CO₂'in büyük bir kısmı fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır. CO₂'in doğal oluşum süreçleri canlıların solunumu, organik maddelerin bakteri faaliyetleri sonucunda çürümesidir. Doğada bulunduğu diğer alanlar ise toprakta bulunan karbon ve okyanuslardır. Sanayi devrimin başlamasıyla fosil yakıtların kullanımının artması atmosfere daha fazla CO₂ verilmesine sebep olmuştur.

CO₂ serbest gaz halinde volkanların etkin olduğu alanlardan çıkan gazlarda, suda çözülmüş olarak ise maden suyunda bulunur. Kent ve kırsal bölgelerde değişmek üzere atmosferde ortalama %0,03-0,04 oranında egzoz gazında ise %13 oranında bulunur (Wikipedia, 2018).

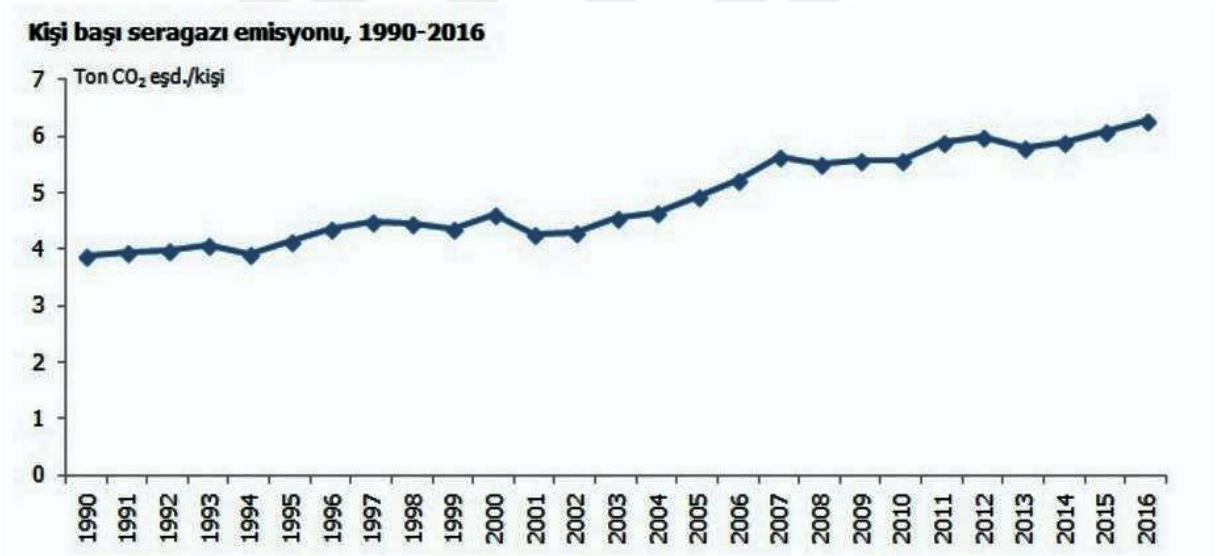
Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (DMÖ) atmosferdeki sera gazlarının durumunu inceleyen "The Global Climate'in 2011-2015" raporuna göre, atmosferdeki karbondioksit miktarı 2013'te 396 ppm, 2014'te de 398 ppm seviyesindedir. 2015 baharında ise atmosferdeki karbondioksit küresel ortalama miktarı 400 ppm'i aşmaktadır (WMO, 2016).



Şekil 2.5: Yıllık ortalama atmosferdeki CO₂ artışı (WMO, 2016).

Şekil 2.5’de 1985 yılından beri dünya genelindeki CO₂ seviyesi artışı gösterilmektedir. Atmosferdeki CO₂ miktarı artarken artış hızı da yıllık olarak artmaktadır. Şekil 2.5’deki yıllık artış hızı incelendiğinde 1992-1994 yılları arasında artış hızının azalarak 1 ppm’in altına düştüğünü ancak 1997-1999 dönemlerinde ise 3 ppm lik bir artış ile en yüksek noktaya ulaştığı görülmektedir.

Türkiye’de 2016 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 496,1 milyon ton (Mt) olarak hesaplanmıştır. 2016 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %72,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %11,4 ile tarımsal faaliyetler ve %3,3 ile atıklar takip etti. CO₂ eşdeğeri olarak 2016 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %135,4 artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,8 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2016 yılında 6,3 ton/kişi olarak hesaplanmıştır (TUİK, 2016).



Şekil 2.6: Türkiye kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2016 (TUİK, 2018).

Tablo 2.1’de dünya genelinde ülkelerin 1990 ve 2010 sera gazı emisyon miktarları ve artış oranları verilmiştir. Bu dönemde en hızlı emisyon artışı Çin, Güney Kore ve Hindistan tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkiye bu artış hızında 4. sırada gelmektedir. Rusya, Almanya ve İngiltere ise artış göstermemiş olup emisyon miktarları azalmıştır.

Tablo 2.1: Ükelere göre CO₂ emisyonları (BMİDÇS, 2011).

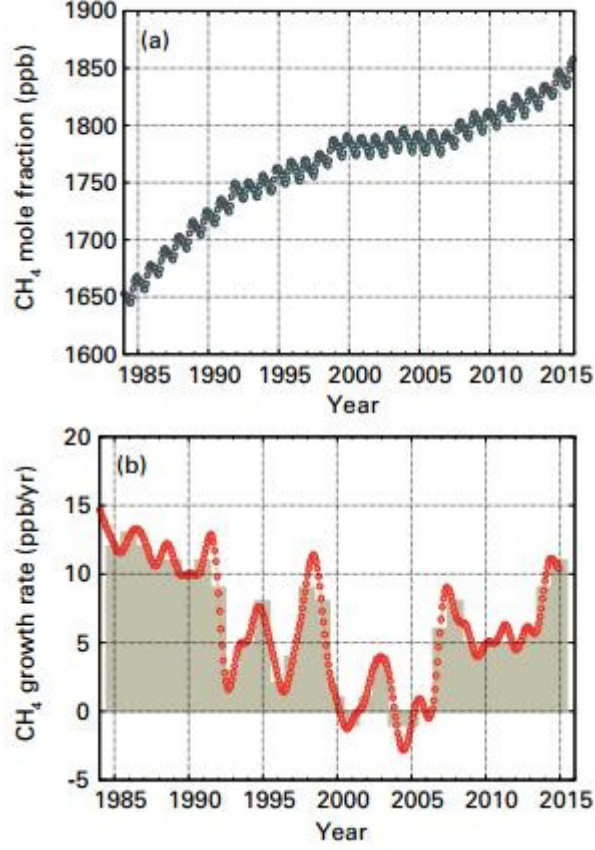
Sıra No	Ülke	1990 CO ₂ Emisyonu (Milyon Ton)	1990 CO ₂ Emisyonu (Milyon Ton)	1990-2010 Artış Yüzdesi %
1	ÇİN	2452	8333	240
2	ABD	5461	6145	13
3	HİNDİSTAN	626	1708	173
4	RUSYA	2369	1700	(-) 28
5	JAPONYA	1179	1308	11
6	ALMANYA	1029	828	(-) 20
7	KANADA	485	605	25
8	İNGİLTERE	625	548	(-) 12
9	FRANSA	416	403	(-) 3
10	İTALYA	440	439	0
11	İSPANYA	238	334	40
13	GÜNEY KORE	257	716	179
14	BREZİLYA	246	464	89
16	TÜRKİYE	142	307	116

2.2.2. Metan

Fiziksel özellik olarak renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. Atmosferde, CO₂'den daha az bulunur. Metan gazı CO₂ gazına göre 20 kat daha fazla ısı tutar. Atmosferdeki ömrü yaklaşık 10 yıldır. Atmosferdeki metan oranı sanayi devriminin başlangıcından bu yana artış göstermiştir. Başlıca metan kaynakları organik maddelerin parçalanması, düşük seviyede oksijen bulunan ortamlarda organik maddelerin parçalandığı bataklık gibi ortamlardaki bozulma faaliyetleri, biyokütlenin bozunması, pirinç tarımı ve büyükbaş hayvancılık gibi zirai faaliyetler, kömür ve doğal gaz üretimidir. Metan üretiminin zamana ve mekana göre değişkenlik göstermesinden dolayı biyosfer kökenli emisyonların miktarının belirlenmesi oldukça zordur. En önemli metan yutağı hidroksil (OH) radikallerinin reaksiyonudur. CH₄, atmosferde hidroksil radikalleriyle reaksiyona girerek karbon monoksit (CO) oluşturur. Bunun yanında karalar ve stratosfer küçük de olsa yutak alanlardır. Metanın atmosferdeki yarı ömrünün yaklaşık 9-12 yıl olduğu tahmin edilmektedir.

Atmosferdeki metan konsantrasyonu, antropojenik kaynaklardan salınan CH₄ emisyonlarının artması nedeni ile 2016 yılında sanayi devrimi öncesindeki değer %257'sine ulaşmıştır.

Yerinde gözlemler ile hesaplanan küresel ölçekte CH₄ miktarı 2016 yılında 1853 ppb seviyesine ulaştı ve bir önceki yıla göre 9 ppb artış gösterdi (WMO, 2016).



Şekil 2.7: Atmosferdeki yıllık CH₄ değişimi (WMO, 2016).

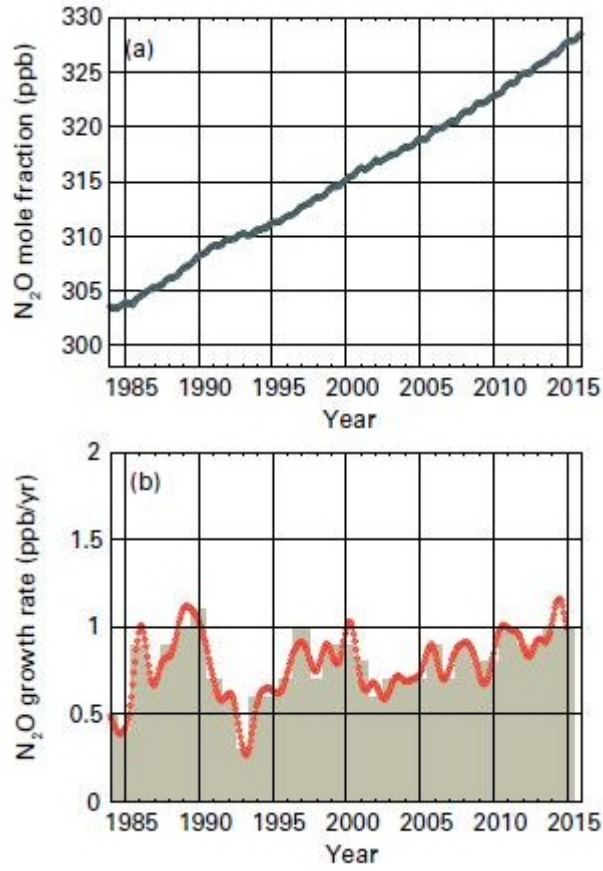
Şekil 2.7'ye göre 1985 yılından bu yana atmosferdeki CH₄ miktarı artış göstermektedir. Ancak bu artış hızı 1990-2006 yılları arasında bu artış durmuştur. Fakat 2007 yılından itibaren artış hızı günümüze kadar yükselme eğiliminde olmuştur.

2.2.3. Nitroz Oksit

Nitroz oksit (N₂O) sera gazlarından biridir, ancak emisyonları diğer sera gazlarına göre daha azdır. N₂O'nun doğada bulunduğu kaynaklar okyanuslar, atmosferde amonyağın kimyasal oksidasyonu ve topraktır. Laterit topraklardan büyük miktarda N₂O atmosfere salınır. Beşeri kaynaklar tarım faaliyetleri, fosil yakıtların kullanımı ve endüstriyel faaliyetlerdir. Özellikle azot kaynağı olarak kullanılan gübrelerin tüketimi ve ısınma ve enerji üretimi amaçlı kömür kullanımı emisyon miktarlarını arttırmaktadır. Aynı zamanda nitrik asit ve naylon üretimi yapan endüstriyel prosesler de N₂O yayar. Atmosferik yarı ömrü oldukça uzundur (yaklaşık 120 yıl). Günümüzde troposferdeki N₂O konsantrasyonu 312 ppb civarındadır. Dünyada

endüstrileşme çağına girmeden önceki değeri ise 275 ppb olarak verilmektedir. (Metcalf 2005). Sanayi devriminden bu yana atmosferdeki miktarı artış göstermiştir. Bu artış trendi şekil 2.8’de görülmektedir.

Dünyada toplam N₂O emisyonu 14,7 Tg/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunun yaklaşık 6,9 Tg/yıl kadarı antropojenik kaynaklıdır. Atmosferde giderilen N₂O 12,6 Tg /yıl, atmosferde oluşan N₂O ise 3,8 Tg/yıl’dır (IPCC 2007).



Şekil 2.8: Atmosferdeki yıllık N₂O değişimi (WMO, 2016).

Şekil 2.8’ e göre 2015 yılında küresel ortalama N₂O mol fraksiyonu 325 ppb üzerine çıkmıştır ve artış hızı 1990-2014 döneminde 1 ppb altında kalırken 2014-2015 döneminde 1 ppb’nin üzerine çıkmıştır.

2.2.4. Diğer Sera Gazları

Halokarbonlar, sera etkisine doğrudan ve dolaylı olarak etki eden beşeri kaynaklı kimyasallardır. Klor içeren CFC, HCFC, metil kloroform, karbon tetrakloridler ve brom içeren halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlardan oluşan halokarbonlar, stratosferde ince bir katman halinde bulunan ve güneşin zararlı ışınlarından canlıları koruyan ozonun azalmasına neden olduğu için Montreal Protokolü ile ozon tabakasına zarar veren gazlar kapsamına alınmıştır. CFC ve HCFC gazları küresel ısınmaya neden olan gazlar içermekle beraber, bir taraftan da stratosferdeki ozonu azalttıkları için, ışımaya olan net etkileri azalmaktadır. Çünkü ozon dünyayı güneşten gelen ultraviyole ışıklardan korumasının yanında aynı zamanda önemli bir sera gazıdır. CFC ve HCFC gazları dışında kalan hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürthekzaflorid (SF₆) ozon tabakasına zarar veren gazlar olmadıkları için Montreal Protokolü kapsamına alınmamıştır. Ozon tabakasına zararı olmasa da bu gazlar da sera etkisine sebep olurlar. Hidroflorokarbonlar ozonu incelten maddeler yerine kullanılmaktadır ve şu anda ışımaya olan zorlayıcı etkileri küçüktür ancak toplamda sera gazı özelliği gösteren maddelere katkısı bulunmaktadır. PFC ve SF₆, alüminyum ergitme, yarı iletken imalatı, elektrik güç aktarımı ve dağıtımı, magnezyum dökümü gibi sanayi işlemlerinde açığa çıkmaktadır. PFC ve SF₆ gazları ışımayı zorlayıcı etkileri düşük olmakla birlikte, hızlı bir büyüme oranına ve çok uzun atmosfer ömürlerine sahip olmaları ve kızılötesi ışınları tutabilme özellikleri nedeniyle gelecekte iklime etki edebilmeleri açısından büyük bir potansiyele sahiptir (Pekin 2006).

Kloroflorokarbon gazı parfüm ve deodorantlarda püskürtme işlemi için kullanılmaktadır. Bu sera etkisi yaratan gazlardan olup aynı zamanda ozon tabakasının incelmesinden de sorumludurlar. Montreal protokolünde alınan kararlar sonrasında Avrupa Ülkelerinde bu gazların kullanımı yasaklanmıştır. Buna bağlı olarak bu gazların artışı zamanla azalmıştır.

2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI YAPILAN ULUSLARARASI ÇALIŞMALAR

2.3.1. Montreal Protokolü

1985 yılında ozon tabakasını incelten maddeleri azaltılmasına yönelik olarak “Viyana Sözleşmesi” kabul edilmiştir. Viyana Sözleşmesi'nden iki ay sonra Mayıs 1985'te, bir İngiliz araştırma grubunun Antartika'da ozon tabakasının hasar görmesinin farkına varması ve

bundan bir süre sonra NASA'nın ozon tabakasındaki incelmenin bütün Antartika bölgesini kapsamasının fotoğraflarını yayınlamasının basında ve kamuoyunda sorunun yeniden gündeme gelmesini sağlayarak uluslararası girişimleri hızlandırmıştır (Duru, 2001). Neticesinde bu maddelerin kullanımının ve üretimlerinin kontrol altına alınmasına yönelik 1987 yılında "Montreal Protokolü" kabul edilmiştir ve 1989 da yürürlüğe girmiştir.

Montreal Protokolüne 196 ülke taraf olmuş ve Türkiye de bu protokole 19 Aralık 1991 tarihinde taraf olmuş, bunun üzerine 12 Kasım 2008 tarih ve 27052 sayılı Resmi Gazete'de Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile beraber protokolde getirilen tüm değişiklikler kabul edilmiştir.

UNEP tarafından 2014 yılında yayınlanan rapora göre, protokolün bir sonucu olarak, Antartika'daki ozon deliğinin yavaş yavaş düzeldiği belirtilmektedir. Montreal Protokolü, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) oluşturulmasına da iyi bir örnek sağlamıştır.

2.3.2. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)

Küresel iklim değişikliği konusunda uluslararası alanda ilk çalışmalar 1980'li yıllarda başlamıştır. Dünya Meteoroloji Örgütü ve UNEP'in iş birliği ile gerçekleştirilen "Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli" (International Panel on Climate Change-IPCC) bir anlamda uluslararası alanda iklim değişikliği üzerindeki tartışmaların temelini oluşturan sözleşme ve protokollerin de başlangıcı olmuştur. İklim değişikliği konusunda yapılan bilimsel çalışmalardan elde edilen veriler başta gelişmiş devletler olmak üzere hükümetleri sera etkisi yaratan gazlar için daha ciddi önlemler almaya yöneltmiştir. Ancak alınması planlanan önlemler günümüzde hala devletler tarafından ön görüldüğü şekilde gerçekleştirilememiş olup, sera gazlarının atmosferde artışı ve sera etkisinin her geçen gün arttığı konusunda görüş birliğine varılmıştır. Sera etkisi yaratan gazların salınımlarını azaltmak için önlemler alınmaya başlanmışsa da ekonomik sebeplerden dolayı bazı ülkeler önlem almada isteksiz kalmaktadır. İleriye dönük yapılan tahminlere göre, devletlerin karbondioksit salınımlarını azaltmaları olanaklı görülmektedir. Eğer öngörülen önlemler gerçekleştirilmezse 21. yüzyılda yeryüzünün sıcaklığının 5 °C'ye kadar artacağı tahmin edilmektedir (Wells,1996). İklim değişikliğinin etkilerinin tartışıldığı, bu konuda uluslararası

alandaki yapılabileceklerin ele alındığı Panel, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin hazırlanmasına da doğrudan etkide bulunmuştur.

2.3.3. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

1992 yılında Rio'da Çevre ve Kalkınma Konferansı gerçekleştirilmiş ve bu konferansta 3 sözleşme yapılmıştır. BMİDÇS bunların üçüncüsüdür. Diğer ikisi Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi ve Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesidir. BMİDÇS, sera gazlarını ve Montreal Protokolü kapsamı dışındaki emisyonları kapsamaktadır. Haziran 1992 yılında 195 ülke tarafından kabul edildiğinde amaç 2000 yılına gelindiğinde karbondioksit ve diğer sera gazı emisyon miktarlarının 1990 yılındaki değerine çekilmesiydi.

Türkiye, bir OECD üyesi olarak, BMİDÇS 1992 yılında kabul edildiğinde gelişmiş ülkeler ile birlikte Sözleşme'nin EK-I ve EK-II listelerine dâhil edilmişti. 2001'de Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda (COP7) alınan 26/CP.7 sayılı Kararla Türkiye'nin diğer EK-I Taraflarından farklı konumu tanınarak, adı BMİDÇS'nin EK-II listesinden çıkarılmış fakat EK-I listesinde kalmıştır. Türkiye 24 Mayıs 2004'te 189. Taraf olarak BMİDÇS'ne katılmıştır.

Ülkemiz 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (BMİDÇS) Taraf olmuştur. BMİDÇS Ek-I Tarafı olarak Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele etmek için politika geliştirmek ve uygulamak ile mevcut sera gazı emisyonlarını ve emisyonlarla ilgili verileri BMİDÇS'ye bildirme yükümlülüğü bulunmaktadır. Bu kapsamda ülkemiz 1. Ulusal Bildirimi'ni 2007 yılında, 5. Ulusal Bildirimini 2013 yılında BMİDÇS'ye sunmuştur (ÇŞB, 2018).

2.3.4. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, karbondioksit ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın salınımını azaltmaya veya bunu yapamıyorlarsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmaya söz vermişlerdir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır. 1997'de imzalanan protokol, 2005'te yürürlüğe girebilmiştir. Çünkü protokolün yürürlüğe girebilmesi

için, onaylayan ülkelerin 1990'daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55'ini bulması gerekmekteydi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya'nın katılımıyla ulaşılabildiği görülmüştür.

Sözleşmeye göre:

- ✓ Atmosfere salınan sera gazı miktarı %5'e çekilecek,
- ✓ Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenecek,
- ✓ Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yerleştirme sağlanacak,
- ✓ Ulaşım, çöp depolamada çevrecilik temel ilke olacak,
- ✓ Atmosfere bırakılan metan ve karbondioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelinecek,
- ✓ Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacak,
- ✓ Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenecek,
- ✓ Termik santrallerde daha az karbon çıkartan sistemler, teknolojiler devreye sokulacak,
- ✓ Güneş enerjisinin önü açılacak, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak,
- ✓ Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üreten daha fazla vergi alınacaktır (Tektanıl, 2008).

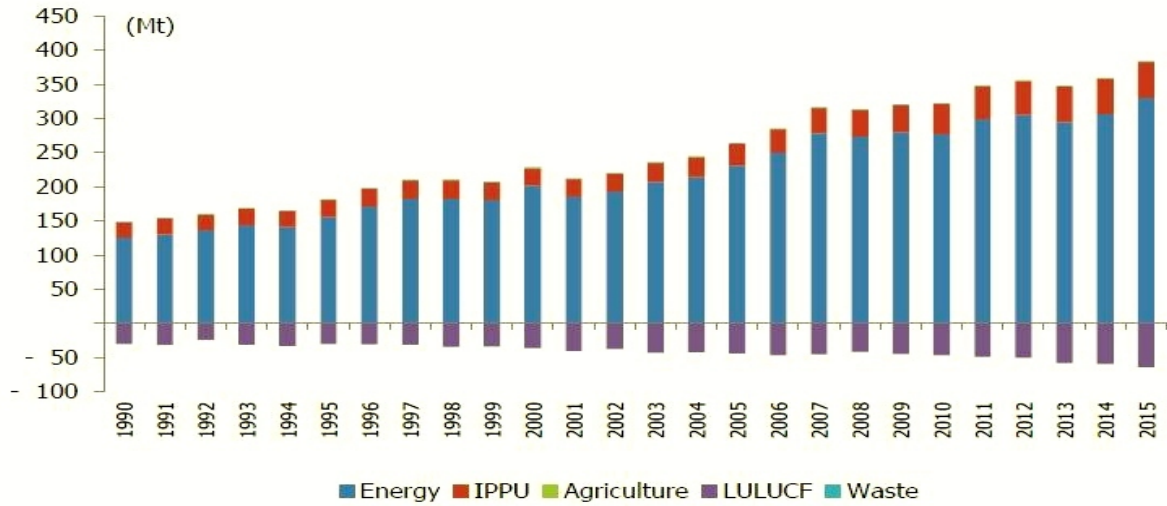
Türkiye, 5386 Sayılı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Yönelik Kyoto Protokolü'ne Katılımının Uygun Bulduğuna Dair Kanun'un 5 Şubat 2009'da Türkiye Büyük Millet Meclisi'nce kabulü ve 13 Mayıs 2009 tarih ve 2009/14979 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı'nın ardından, katılım aracının Birleşmiş Milletlere sunulmasıyla 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne Taraf olmuştur. Protokol kabul edildiğinde BMİDÇS tarafı olmayan Türkiye, EK-I Taraflarının sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüklerinin tanımlandığı Protokol EK-B listesine dâhil edilmemiştir. Dolayısıyla, Protokol'ün 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci yükümlülük döneminde

Türkiye'nin herhangi bir sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır (ÇŞB, 2018).

2.4. TÜRKİYE'DE SERA GAZI EMİSYONLARI VE SEKTÖREL DAĞILIMI

1990-2011 yıllarına ait Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri, 15 Nisan 2013 tarihinde BMİDÇS Sekreteryasına sunulmuştur. Envanter sonuçlarına göre 2011 yılı toplam sera gazı emisyonları 422 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak tahmin edilmiştir. Emisyonlarının %70,9'u enerji, %13,4'ü endüstriyel işlemler, %8,9'u atık ve %6,8'i tarımsal faaliyetler kaynaklıdır.

Türkiye'nin 2011 yılı kişi başı sera gazı emisyonu değeri 5,7 ton CO₂ eşdeğerdır. Aynı dönemde OECD kişi başı emisyonu ortalama 15,0 ton CO₂, ve Avrupa Birliğine üye 28 ülkede ortalama 10,2 ton CO₂ eşdeğerdır (ÇŞB, 2013).



Şekil 2.9: 1990-2015 Türkiye sektör bazında co₂ emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015).

2012 yılı Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanterine göre ise 2012 yılı toplam sera gazı emisyonları 439,9 milyon ton CO₂ eşdeğeri olarak tahmin edilmiştir. 2012 yılı sera gazı emisyonlarının CO₂ eşdeğeri olarak %70,2'si enerji, %14,3'ü endüstriyel işlemler, %8,2'si atık ve %7,3'ü tarımsal faaliyetler kaynaklıdır. Ayrıca 2012 yılı kişi başı emisyon miktarı ise 5,9 ton/kişi olarak hesaplanmıştır (ÇŞB, 2013).

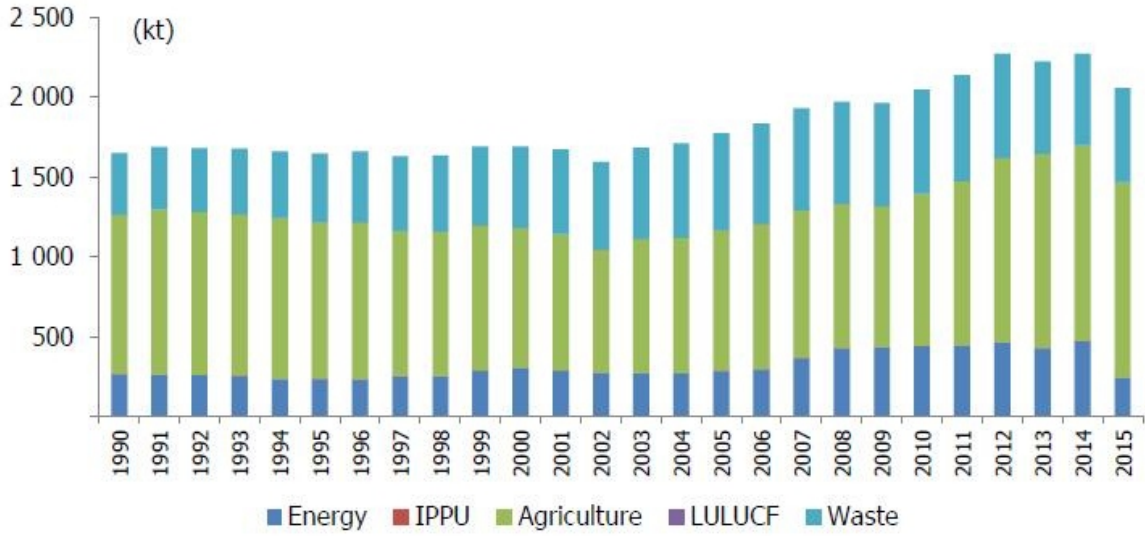
2011 ve 2012 yılları arasında toplam emisyonların CO₂ eşdeğeri türünden karşılaştırma yapıldığında 2012 yılında bir önceki yıla göre 17,9 milyon ton CO₂ eşdeğeri daha fazla

salınım olduğu görülmektedir. Bu yıllardaki sektörlere göre dağılım oranlarını karşılaştırdığımızda enerji alanındaki salınım bir önceki yıla göre toplam emisyonlardaki payının %0,7 daha az, endüstriyel işlemlerin %0,9 daha fazla, atık alanının %0,9 daha az, tarımsal faaliyetlerin %0,5 daha fazla payı olduğu görülmektedir.

Şekil 2.9'daki verilere göre 2015 yılında CO₂ emisyonu 380 Mt değerine ulaşmıştır. Bu değer 2014 yılının %6.7 üzerinde iken 1990 yılının ise % 158.7 üzerindedir. Şekil 2.9'a göre CO₂ emisyonunun en yüksek olduğu sektör enerji sektörüdür. Bu duruma, Türkiye'de nüfusun artması ve sanayinin gelişmekte olması etkilidir.

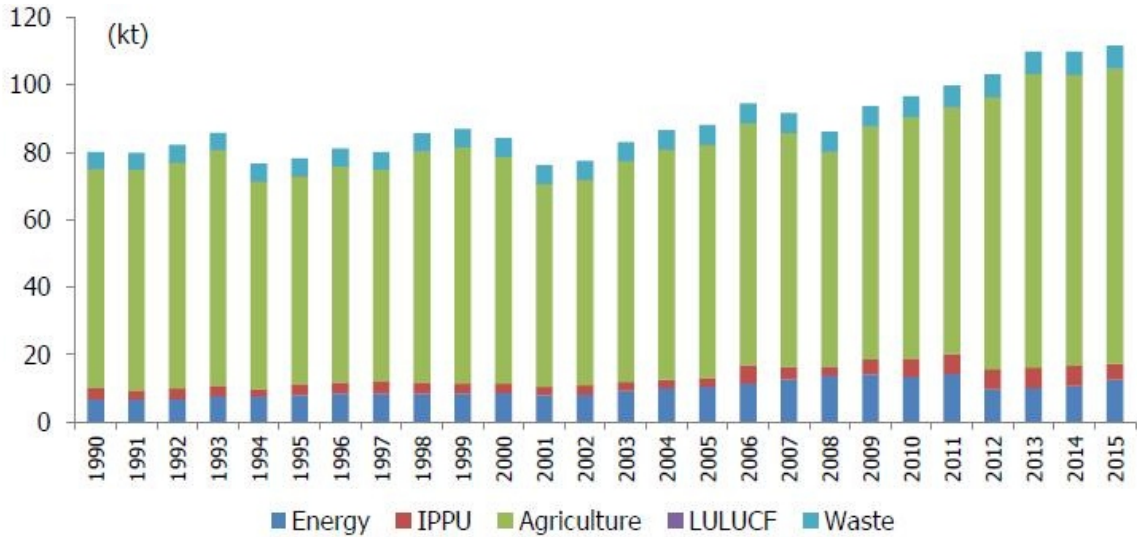
2016 yılında Türkiye'de toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 496,1 milyon ton (Mt) olarak hesaplandı. 2016 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %72,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %11,4 ile tarımsal faaliyetler ve %3,3 ile atık takip etti. 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 (TUİK, 2018).

Bu verilere göre 2016 yılındaki toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri 2012 yılına göre ise 56,2 milyon ton artmıştır. 2016 yılındaki sektörlere göre dağılım oranlarını 2012 yılı ile karşılaştırdığımızda 2016 yılı enerji alanındaki salınımın, toplam sera gazı emisyonlardaki payı %2,6 artmış, endüstriyel işlemlerin payı %1,7 azalmış, atık işlemlerinin payı %4,9 azalmış ve tarımsal faaliyetlerin payı %4,1 artmıştır.



Şekil 2.10: 1990-2015 Türkiye sektör bazında CH_4 emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015).

Şekil 2.10'da Türkiye'deki CH_4 emisyonunun sektörlere göre dağılımı verilmiştir. CH_4 hem miktarsal olarak hem de artış hızı bakımından Türkiye için ikinci öneme sahip sera gazı konumundadır. Şekil 2.10'a göre 2015 yılındaki CH_4 gazı salınımı 2014 yılına göre %9,5 azalırken 1990 yılından bu yana %24,7 artmıştır. 2015 yılında CH_4 2057 kt değerindedir. Türkiye'de CH_4 salınımindaki en büyük pay tarım sektöründedir.



Şekil 2.11: 1990-2015 Türkiye sektör bazında N_2O emisyon dağılımı (USGE, 1990-2015).

2015 yılında Türkiye'de N_2O emisyonu 111,7 kt değerindedir. Şekil 2.11'e göre 2013, 2014 ve 2015 yıllarındaki N_2O emisyon miktarları birbirine yakındır ancak 1990 yılına göre %39,6

değerinde bir artış vardır. Türkiye’de N₂O salınımındaki en büyük pay yine tarım sektöründedir.

2.5. SERA GAZI EMİSYON HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

2.5.1. IPCC Metodolojisi

IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli) 1988 yılında Kanada’nın Toronto kentinde düzenlenen Değişen Atmosfer Konferansı sonucunda Birleşmiş Milletler’ in iki örgütünün, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)’ nün ortak girişimiyle kurulmuştur. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere kurulan Panel, özerk bir uluslararası kuruluştur. Panel bünyesinde çalışan genel olarak gelişmiş ülkelerden bilimsel kuruluşlar, enstitüler ve Birleşmiş Milletler’in uzman kuruluşlarından binlerce deneyimli bilim insanı iklim değişikliğinin anlaşılması için gerekli bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgileri değerlendirerek ve en yeni bilgilerin gözden geçirilmesi, değerlendirmesini yaparak İklim Değişikliği Değerlendirme Raporlarını hazırlar. 2011 yılı itibariyle 194 ülke IPCC üyesidir. İlk Raporu 1990 yılında yayınlanan panel, yaklaşık beş yılda bir düzenli rapor yayınlamaktadır. En güncel rapor 2007 yılına ait Dördüncü değerlendirme raporudur. Kuruluş 2007 yılında Nobel Barış Ödülü’ nü kazanmıştır (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

1992 yılında Rio de Janeiro’da 150 civarında ülke tarafından imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile küresel olarak çevreye ve ekonomik gelişmeye karşı temel tehlikenin iklim değişikliği olduğu kabul edilmiştir. Sözleşme temel olarak, iklim sistemine insan etkisi sonucu verilen sera gazları ile oluşacak zararı düzenlemeyi amaçlamaktadır. Sözleşme ayrıca bütün taraflara; periyodik olarak ulusal envanterlerini geliştirmesi, yenilemesi, yayınlanması ve sera gazı emisyon envanterlerinde kıyaslamalı metodolojiler kullanması için çağrıda bulunmaktadır. IPCC Kılavuzlarıyla, bu bahsedilen hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunması amaçlanmaktadır.

IPCC nin yayımladığı raporlar başlıca 4 ana gruptan oluşmaktadır.

1- Değerlendirme Raporları (Assessment Reports)

2- Özel Raporlar (Special Reports)

3- Yöntem Metodları (Methodology Reports)

4- BM dışı dillere çeviriler (Translations in non-UN languages) (IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997).

2.5.2. IPCC Tier Yaklaşımları

IPCC ye göre emisyonların hesaplama metodları “Tier” şeklinde ifade edilmektedir. Kelime anlamından da anlaşılacağı gibi bu hesaplamalar aşamalara ayrılmıştır. Bu aşamalar; Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 olarak adlandırılmıştır. Bu aşamaların belirlenmesinde etkili olan faktörler faaliyet ve teknoloji detaylarıdır. Tier 1 metodu genel olarak daha az veri içeren basit bir yöntemdir. Tier 2 ve Tier 3 metodları ise daha karmaşık olan ve daha ayrıntılı veriler gerektiren uzmanlık gerektiren bir yöntemdir.

2.5.2.1. Tier 1 Yaklaşımı

Tier 1 yaklaşımı genellikle ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyon değerlerinin hesabı için uygulanmaktadır. Bu emisyon hesabı yakıtın yanması durumunda ortaya çıkan emisyonların miktarları üzerinden yapılır. Ancak Tier 1 yönteminde yanma teknolojisi dikkate alınmaz. Gerçek anlamda bu hesaplar yapılırken, yakıt cinsi, yakıtın yanmasında kullanılan teknoloji, çalışma şartları, kullanılan ekipmanların yaşı ve özellikler hesaba katılmalıdır. Ancak bu şekilde detaylı verilere ulaşmak çoğu ülkede oldukça güçtür. Bu nedenle bu ayrıntılar göz önünde bulundurulmayacak olup yaklaşık bir sonuç vermesi planlanan bir hesaplama yöntemi izlenecektir.

2.5.2.2. Detaylı Tier Yaklaşımları (Tier 2 ve Tier 3 Yaklaşımı)

Tier 1 yöntemlerini, Tier 2 ve 3 yöntemlerinden ayıran en önemli özellik, yakıtın yakıldığı yanma teknolojisi hesaba katılmadan, kolay bir şekilde ulaşılabilen yakıt tüketim değerlerinin kullanılmasıdır. Tier 2 ve 3 arasındaki farkı belirlemek ise bu bakımdan zordur. Tier 2 yöntemiyle, uygun emisyon faktörleri kullanılmasına imkan verecek biçimde yakıt tüketim gruplarını ayırmak hedeflenmektedir. Tier 3 yönteminde ise ulaştırma faaliyetlerinde yakıt tüketim miktarından farklı olarak araçların kat ettikleri mesafe ve taşınan yük miktarı gibi değişken koşullar hesaba katılır ve uygun emisyon faktörleri ile hesaplama yapılır (Atabey, 2013).

2.6. HURDA KAĞIT GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Kağıt; Ağaç liflerinden oluşan elyafların birbiri üstüne gelerek oluşturdukları ince ve esnek tabakadır. Hurda kâğıt denildiğinde işletmeler için oluklu mukavva artıkları, beyaz hurda kâğıtlar ve gazete kâğıtları anlaşılır. Kâğıdın diğer atıklara göre avantajları vardır. Hem dönüşümlüdür hem de zaman içinde tabiatta yok olur. Yeniden kâğıda dönüştürüldüğünde elyafa yeni bir ömür kazandırılmış olur.

Hurda kağıttan kağıt/karton üretimi dünyada yıllık olarak milyonlarca ağacın kesilmesini ve ormanların yok edilmesini önlemektedir. Ormanların yok edilmesi orada yaşayan bitki ve hayvanların yani doğanın yok olmaması anlamına da gelir.

2.7. KAĞIT ÜRETİM PROSESİ

Atık kağıtlar kağıt üretim tesisine balyalar halinde gelmektedir. Kağıtların balya halinde getirilmesinin amacı üretim tesisindeki pulper tanklarına konveyörler vasıtası ile taşınabilmesi içindir. Kağıtlar bu nedenle balya preslerinde sıkıştırılarak tel ile bağlanır ve kamyonlara yüklenerek taşınırlar. Araçlar tesise geldiğinde kantarlara alınarak hammadde miktarı hesaplanır, eksperler aracılığı ile kağıt balyalarından örnekler alınarak hurda kağıdın kalitesi kontrol edilir.

Tesise gelen hurda kağıtlar önce gelen önce girer prensibi ile sahalara koyulur ve ilk gelen hammadde pulperlere beslenir. Pulperlere beslemek için sahadan hurda kağıt balyaları çekilerek konveyörlere yüklenirken diğer yandan stok alanlarına yeni hurda kağıt girişi olmaktadır. Bu şekilde sınırlı alanlarda hammadde stoku yönetilebilir olmaktadır.

Pulperlere hammaddeyi taşıyan konveyörler basit anlamda hareketli bant sistemleridir. Genelde mekanik paletlerden yapılırlar, zincir ile tahrik edilir. Konveyör hızları pulper içerisindeki hamur kesafetine göre ayarlanır. Bazı durumlarda durdurulurlar. Konveyörler ile balyaların taşınması işleminde dikkat edilecek en önemli husus balayaların bağlandığı tellerin kesilmiş olmasıdır. Aksi takdirde balyalar pulpere bütün halinde düşer ve açılması imkansız hale gelir. Bunun sonucunda da kesafet ciddi derecede yükselir üretim için uygun hamur

hazırlanamaz. Balya telleri de pulper içerisine düşer. Bu durum pulper içerisinde kuyruk oluşumuna katkı sağlar.

Kuyruk oluşumu pulper içerisine sarkıtılan halat ile gerçekleşir. Pulper içerisindeki bu halat balya tellerine sarılır balya telleri de hamur içerisindeki ipleri, naylonları vb. atıkları toplayarak kağıt hamurunun temizlenmesini sağlar. Kuyruk belli bir kalınlığa ulaştığında pülperden çekilir. Bu işlemde kuyruğun çok fazla kalınlaşmamasına önem verilir. Kalınlaşan kuyruk pulper motoruna ek yük bindirirken atıkları yakalama kapasitesi de düşer. Bu nedenle belirli bir kalınlığa ulaştıktan sonra pülperden çekilir ve kesilerek uzaklaştırılır.

Pulper; kağıdın balyalar halinde içine döküldüğü su ile karıştırılıp kağıt elyaflarının ayrılmasını ve kaba yabancı maddelerin hamurlaşan kağıttan uzaklaştırılmasını sağlayan tanklardır. Genel olarak iki tip pulper çeşidi bulunmaktadır. Birinci tür pulper doldur boşalt yöntemiyle çalışan, ikinci tür pulper ise sürekli çalışan pulperdir.

Pulperin taban bölgesinde elek bulunur. Bu eleğin üzerinde de elyafı hem karıştırır hem de elyafı parçalar. Yeterli küçüklüğe ulaşan (10 mm altına ulaşan elyaf ve diğer maddeler) elyaflar elekten geçerek boşaltma pompasının emişine gelir ve pompa vasıtası ile elyaf büteye basılır. Bu aşamadan sonra hamur çeşitli temizleme kademelerinden geçer. Pulper süzgecinden geçemeyen maddeler pulper içerisinde yer alan bir kapan vasıtası ile yakalanır ve dışarı atılır.

Pulperde seviye ve kesafet sürekli kontrol edilen önemli parametrelerdir. Bu parametrelerin kontrol altına alınabilmesi için sisteme su girişi sağlanır. Genelde seviye kontrolü otomatik olarak yapılır ve uygun seviyenin sağlanması için su otomatik olarak sisteme alınır. Sisteme sürekli su girmesi halinde kesafetin düşmesi sorunu yaşanır. Sisteme bir yerden su girişi olup kesafet düşme eğilimi gösterirken bir yandan da konveyörler ile hammadde beslemesi yapılarak kesafet değeri korunur.

Pulper eleğinden geçip büteye gelen 10 mm'den küçük hamurun içerisinde istenmeyen yabancı maddeler hala bulunmaktadır. Bu maddelere "rejek" denmektedir. Bu rejekler hafif ve ağır olmak üzere ikiye ayrılırlar. Hafif rejekler genel olarak naylonlar, straforlar, tutkal

artıkları, ip parçalarından oluşur. Bu malzemelerin yoğunlukları düşük olduğu için yüzmeye meyillidirler ve atık su arıtma tesisine gelen atık su içerisinde bol miktarda bulunur ve ön çöktürme havuzlarında yüzerler. Ön çöktürme havuzlarının yüzeyinde bulunan toplayıcılar vasıtası ile toplanarak sudan uzaklaştırılırlar. Ancak bu malzemelerin büyük bir kısmı da hamura tutunurlar bu nedenle hamurdan ayrılmaları gerekmektedir. Sepetli elekler vasıtası ile temizlenirler. Kum, cam parçaları gibi maddeler ise ağır rejeklerdir. Bu malzemeler de buldukları yerin tabanına çökme eğilimindedirler. Ancak koyu hamur içerisinde sıkışabildikleri için temizlenmeleri sırasında kesafet önemli rol oynamaktadır. Kesafetin düşürülmesi temizlenmelerini kolaylaştırır. Bu işlemler kademeli olarak devam ettirilir. Nihai olarak büte ile sonlanır. Bu ağır maddelerin hamurdan temizlenme verimleri arttıkça sistemde aşınma ve tıkanmalar da azalmaktadır.

Hamur hazırlama kısmı büte ile başlar ve makine bütesinin çıkışında son bulur. Bu bölgede de yapılan işlem aslında hamurun içindeki kirliliklerin temizlenmesidir. Bu nedenle pek çok temizleme kademesinden oluşur.

2.7.1. Kaba Temizleme Kademeleri

Pulperden gelen hamur bir ara kuleye gönderilir. Ve buradan delikli kaba eleme ekipmanlarına %3 kesafette olacak şekilde pompalanır. Kaba eleme ekipmanları 3 kademedden oluşur. Son kademenin kirli çıkışı kompaktöre gönderilir.

2.7.2. İnce Kum Uzaklaştırılması

Kaba elemenden geçen hamurun kesafeti %1,3-1,5 arasında düşürülerek hamurun içinde bulunan küçük katı parçacıklar (kum, cam gibi), hamurun içinden alınır.

2.7.3. Fraksinyasyon

İnce kum temizliğinden sonra hamur 0,20 mm yarıklı 2 kademeli çalışan basınçlı eleklerden geçirilerek hamur önce ikiye ayrılır. Yarıklardan geçebilen hamur hafif kirliliklerden uzaklaştırılabilmesi için kesafet ortalama %0,7 olacak şekilde düşürülür ve sulandırılır. Hamurda bulunan waks, parafin gibi hafif malzemelerin önemli bir kısmı bu reverse cleanerlerde uzaklaştırıldıktan sonra hamur kesafeti arttırılmak üzere disk filtreye gönderilir. Buradan alınan hamur, tekrar bir delikli basınçlı elekten geçirilerek ikiye ayrılır. Geçen

kısmına kısa elyaf, geçemeyen kısma orta elyaf denir ve ayrı kulelere gönderilerek burada kağıt makinesinin kullanımı için depolanır.

2.7.4. İnce Temizleme

Fraksinyasyon kademesinde 0,20 mm'den geçemeyen hamur uzun elyaf olarak adlandırılır ve içerisinde halen kirlilikler bulunduğu için ortalama %1,6 kesafette 3 kademeli basınçlı eleklerden geçirilerek ince temizliği yapılmış olur. Bu aşamadan sonra uzun elyafın içerisinde de bulunan waks, parafin gibi hafif kirliliklerin uzaklaştırılabilmesi için reverse cleanerlara gönderilip yine bu kirliliklerin önemli bir kısmı uzaklaştırıldıktan sonra kesafetin %10'a çıkarılabilmesi için uzun elyaf disk filtreye gönderilir. Bundan sonraki aşamada bütün bu eleme kademelerinden geçtikten sonra halen uzun elyafın içerisinde bulunan kirliliklerin ufanabilmesi için dispersiyon kademesine gönderilir. Burada öncelikle hamurun kesafeti % 10'dan hamur presi vasıtasıyla % 30'a çıkarılır. Daha sonra hamurun içerisine buhar verilerek sıcaklık 90-95 °C ye kadar çıkarılır ve dispergerin içerisinden geçirilir. Bu esnada hamurun içinde bulunan kirlilikler ufanarak artık görülemeyecek duruma getirilir. Daha sonra kesafeti tekrar %10'a düşürülerek makinenin kullanımı için depolama kulesine gönderilir.

2.7.5. Uzun/Kısa Elyaf Kesafet Arttırıcı Ünitesi

Proseste devam eden uzun/kısa elyafın (kağıt hamuru) refiner (Öğütme/Fibrilleştirme) öncesi kesafetini arttıran, ayarlayan ve proses suyunun geri kazanılmasını sağlayan sistemlerdir.

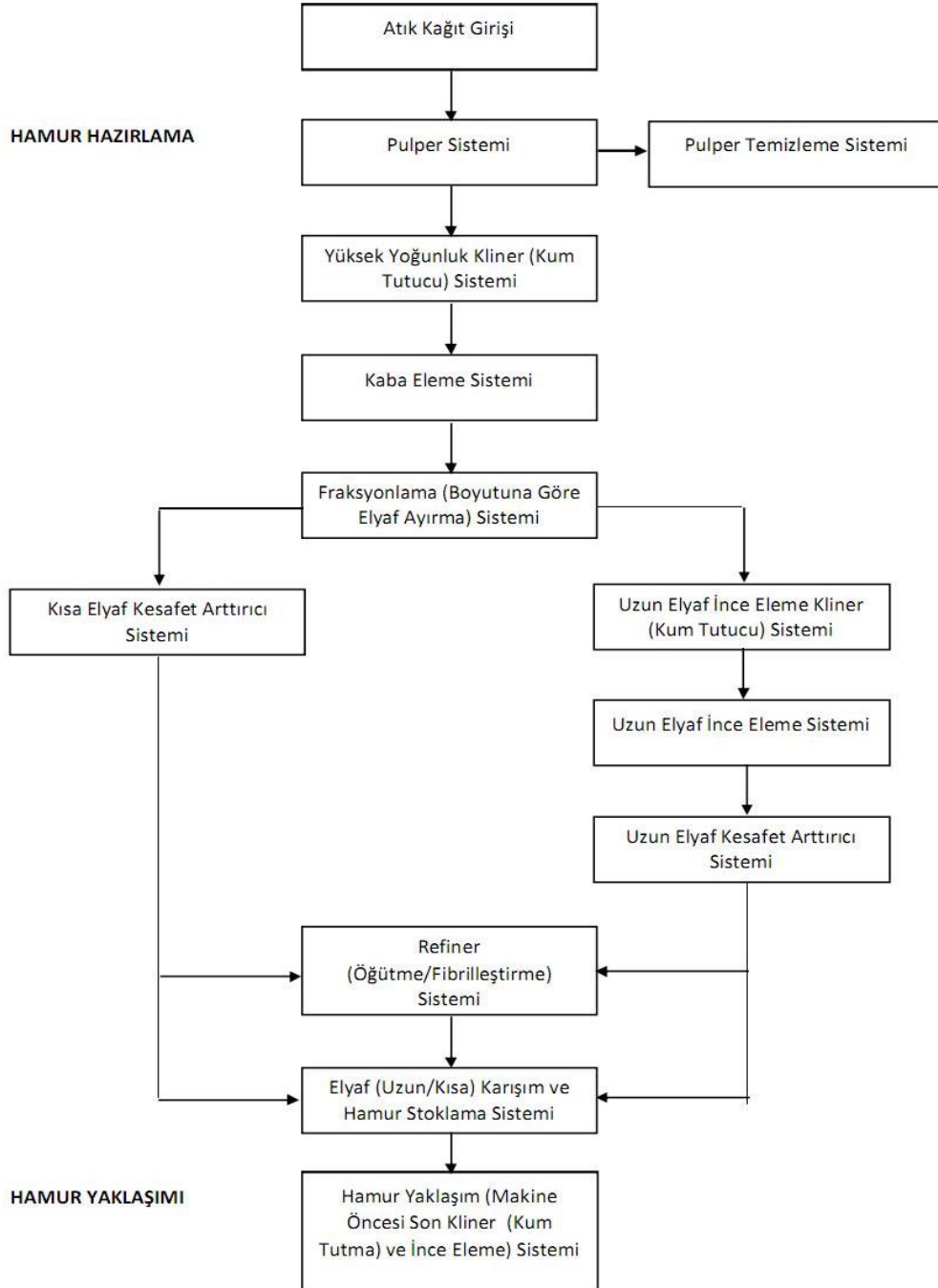
2.7.6. Refiner (Öğütme/Fibrilleştirme) Ünitesi

Kağıt Hamurunun (özellikle uzun elyafın, kısa elyafta tercihe göre öğütme işlemine sokulabilir) kağıt tabakası oluşturması sırasında elyafların birbirleriyle oluşturacakları bağ yapısının daha kuvvetli olabilmesi ve dolayısı ile kağıdın daha mukavemetli olması için öğütülmesi/fibrilleştirilmesi gerekmektedir. Bu işlem refiner (Öğütme/Fibrilleştirme) ekipmanları tarafından yapılmaktadır.

2.7.7. Elyaf (Uzun/Kısa) Karışım ve Hamur Stoklama

Kağıt Hamurunun hamur yaklaşımı sistemine gönderilmeden önce elyaf karışımının istenilen oranda yapılması ve son olarak kesafetinin ayarlanması gerekmektedir. Bunun için 2 tip ünite kullanılmaktadır.

- Statik Mikser ya da Karışım Bütesi (Tankı): Uzun ve Kısa elyafın istenilen oranlarda karıştırılmasını sağlayan ünite.
- Makine Bütesi (Tankı): Kağıt hamurunun hamur yaklaşımı sistemi ve kağıt makinesi gönderimi öncesi kesafetinin ayarlandığı ve stoklandığı ünite.



Şekil 2.12: Hamur hazırlama ünitesi proses akım şeması.

Kağıdın hamurlaştırılması ile makineye gelene kadarki geçtiği aşamalar Şekil 2.12’de proses akım şeması olarak verilmiştir.

2.7.8. Kağıt Makinesi

Toplama hurda kağıtlardan yabancı maddelerden arındırılmış ve pislikleri dağıtılmış olarak hazırlanan kağıt hamuru depolama tanklarına gönderilir. Elyaf boyuna göre uzun ve kısa olarak ayrılmış hamur karıştırma tankına alınarak karıştırılır. Bu arada kesafeti %3-5 değerine getirilir. Daha sonra mukavemet elde etmek için lifler refinerden geçirilerek fibrilleştirilir ve makine tankına alınır. Bu hamur daha sonra 4 kademeli temizleme sisteminden geçirilerek içindeki ağır parçacıklar uzaklaştırılır.

Daha sonra kağıt makinesi elek altı suyu ile seyreltilen hamur iki kademeli basınçlı elek sisteminden geçirilerek yumaklanmış veya açılmamış elyaflardan temizlenerek hamur kasasına gönderilir. Bu sistem kağıdın alt ve üst katı için ayrı ayrı mevcuttur, her iki sistemden ayrı ayrı gelen hamurlar tek kasada birleşerek alt ve üst katı oluşturur. Alt kat hamur sisteminde, kağıdın makine enine gramaj kontrolünü sağlamak için kullanılan bir sulandırma sistemi mevcuttur. Bu sistem bilgileri makine çıkışındaki tampondan alır ve enine profildeki dalgalanmaları minimuma indirerek kağıt gramajının ve rutubetinin homojen olmasına yardımcı olur.

Tamamen temizlenmiş ve karıştırılmış olan hamur pulsasyon önleme sisteminden geçirilerek hamur hazırlama sisteminden ve dağıtıcıdan kaynaklanan hidrolik aksaklıklar giderilir. Böylece hamur süspansiyonunun tüm hamur kasası boyunca düzgün olarak yayılması sağlanır.

Hamur kasası basamaklı yayıcı bloğu ile donatılarak süspansiyonda mikrotürbülans oluşturulmaktadır. Burada elde edilen yoğun türbülans mükemmel bir kağıt formasyonu için gerekli olan optimum elyaf dağılımını büyük ölçüde sağlar.

Kağıt formasyonu, hamurun aralarına beslendiği iki elek vasıtasıyla sağlanır. Burada süspansiyonda su önce kendi ağırlığı ile süzülerek uzaklaşır. Sonra düşük ve yüksek vakumlu kasalar ile uzaklaştırılır. Hamur kasası kesafeti üretim türü ve gramajına göre %0,8-1,2 arasında değişmektedir. Burada kullanılan plastik elekler kolayca değiştirilebilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Formasyonu tamamlanan yaş kağıt emici transfer valsi ile pres partisine taşınır. Pres partisi 3 nipli Duocentre Nipcoflex Pres olarak dizayn edilmiş olup 3.nipi

Nipcoflex pres (Shoe pres) tir. Tamamen kapalı bir kağıt geçişi sağlanması ve kağıda yumuşak muamele etmesi dolayısıyla optimum kuru madde (%49) eldesiyle birlikte kağıt kopmaları büyük ölçüde azalmaktadır. Etkili ve kolay bir keçe değişmesi için pres partisi de konsol kirişlerle tesis edilmiştir.

Baskı yoluyla giderilemeyen su, kurutma partisinde kağıdın buharla kurutulmasıyla giderilir. CombiDuoRun kurutma partisinde toplam 48 adet silindir mevcuttur. Bu uygulama modern bir kurutma tasarımıdır ve optimum çalışabilirlik ve kağıt kalite parametrelerini sağlar.

Tamamen kapalı bir taşıma dolayısıyla kağıdın mukavemet değerleri artarken makinenin çalışabilirliği de gelişmektedir. DuoRun grupları DuoStabilizer'lar ile teçhiz edilmiş olup kağıt safihasının stabilizasyonu, azaltılmış enerji tüketimiyle beraber ipsiz kağıt şerit transferini sağlar ve kağıtta minimum en daralması olur.

Transfer raspalarının yerleştirilmesiyle ipsiz kağıt şeridi transferi sağlanır. Ön kurutma sonundaki kağıdın kuru maddesi % 90 olacaktır.

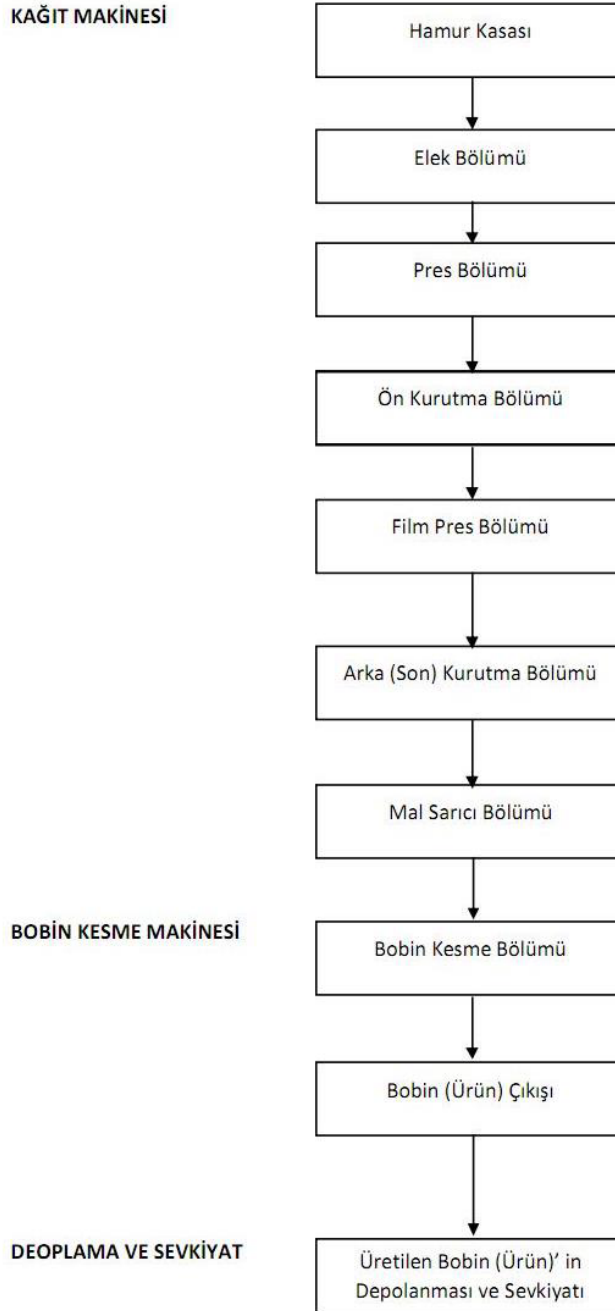
Ön kurutma grubunu speedsizer (Film tutkal presi) takip eder. Kağıt yüzeyinin geliştirilmesinde en son teknolojilerden biri olan speedsizer ile kağıdın her iki yüzeyine 3 gr/m² nişasta filmi kaplanır. Speedsizer sonrası ıslatılan kağıdın kuru maddesi % 65-70 civarındadır.

Bundan sonra kağıt air-turne girer ve burada düşük gergiyle hem daha sonraki silindirlere sevk edilir. Hem de bir miktar kuruması sağlanır. Kağıdın yeterli kuruluğa gelmesini teminen tek sıralı (DuoRun) 4 kurutma grubunu takiben Optidry hava kurutucusuna girer. Bu kurutucunun çıkışında kağıdın kuruluğu %93'e çıkarılarak kurutma partisi sona erer. Kağıt şeridinin sevki ön gruplarda olduğu gibi ipsiz olarak gerçekleştirilir.

Kağıt makinesinin son kısmında kalender ve mal sarıcı vardır. Sert nipli kalenderin üst valsı ısıtılır. Alttaki vals ise tepe kontrollü olup kağıdın yüzey özelliklerini değiştirir.

En sonda kağıt mal sarıcıda tampon sarılır. Mal sarıcı 4 adet tampon yedekleyebilecek ve otomatik olarak tampon değişimini gerçekleştirebilecek bir düzeneğe sahiptir. Üretilen kağıt müşterinin talebine uygun ebat ve çapta bobin kesme makinesinde kesilerek mamül ambarına sevk edilir. Bobin kesme makinesi, tampona sarılan max. 7900 mm eninde ve 4500 mm çapındaki kağıdı daha küçük bobinlere keserek ambalaj hattına gönderir. Yapılan tün bobin kesme işlemleri otomatik olarak bilgisayarla kontrol edilir. Bobin ambalajlama makinesi de otomatik olarak çalışır. Elde edilen ürün dünya piyasasında istenen özellikleri sağlayacak kalitededir. Bu kağıt makinesi kendi üretim türünde hem kapasite hem de hız olarak dünyada sayılı tesislerden biridir. Buraya kadar olan tüm işlemler bilgisayarla otomatik olarak tüm fabrika boyunca DCS (Distributed Control System) ile kontrol edilir. Ayrıca kağıt kalitesi gramaj ve rutubeti otomatik olarak hem makine boyuna hem de makine enine ölçülüp QCS (Quality Control System) ile kontrol edilir.

Kağıt üretimi esnasında hamur hazırlama ve kağıt makinesinde atıksu ve buhar oluşur, kağıt makinesi sonrasında ambalaj bölümünde kırıntı kağıtların oluşturduğu katı atık ve tüm mekanik ekipmanlardan gürültü oluşumu söz konusudur.



Şekil 2.13: Kağıt makinesi proses akım şeması.

Kağıdın hamur haline getirildikten sonra makineye verilmesi ile ürün haline gelmesi arasında gerçekleşen adımların proses akış şeması Şekil 2.13'te verilmiştir.

2.8. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE KAĞIT ÜRETİMİ

M.Ö.4000'de eski Mısırlılar kağıt benzeri ilk maddeyi bulmuşlardır. Papirüs denen bir madde dokunarak hasır haline getirilmiş saz kamışlarının dövülerek sert ve ince bir sayfa haline getirilmesiyle oluşmuştur.

Bildiğimiz şekli ile kağıt Milattan 105 yıl sonra Çinli'ler tarafından bulunmuştur. Türkiye'de Osmanlılar döneminde 18.'inci Yüzyılda İzmir ve Beykoz'da imalathaneler kurulmuş ve kuruluşlarından kısa bir süre sonra kapanmışlardır.

Sürekli kağıt üretimini sağlayan uzun elekli kağıt makinesi 1803 yılında bulunmuştur. Bu buluşun yaşama geçirilmesi 20-25 yıl sürmüş, 1830 -1846 yılları arasında çeşitli tarihlerde Avrupa'daki gelişmiş sanayi ülkelerinde kurulmaya başlanmıştır. İtalya'da 1846 yılında üretime geçen kağıt makinesi ülkemize İtalya'dan 3 yıl önce yani 1843 yılında gelmiştir. İzmir-Halkapınar'da başlayan üretim maalesef 6 ay sürebilmiştir.

O zamanlar, daha çok azınlıkların elinde bulunan ticaretin daha çekici ve ithalatın karlı olması da yerli üretimin engellenmesinde etkili olmuştur. Ulusal Kağıt Sanayimizin Cumhuriyet döneminde bile kurulması çok kolay olmamıştır. Kağıt Sanayimizin öncüsü olan Sayın Mehmet Ali Kağıtçı'nın uğraşları sonucu 1934 yılında İzmit'te temeli atılan 12.000 ton/yıl kapasiteli ilk tesis, 1936 yılında üretime geçerek Ülkemizde ilk kağıdı üretmiştir. Kamu İktisadi Teşekkülü (KİT) olan SEKA üretim kapasitesini 2000 yılında 617.700 ton'a kadar çıkarmıştır. Bu tarihten sonra SEKA, özelleştirme kapsamına alınarak yatırımları durdurulmuş ve 2006 yılına kadar da büyük bir kısmının özelleştirilmesi nedeniyle de sektörden çıkmıştır.

Sermaye yoğun bir Sektör olan Kağıt Sanayinde, özel sektör kağıt sanayine 1960'larda girmiş ve yatırımları 1970'lerde hızlanmıştır. 15.000 ton/yıl civarında bir üretim gücü olan özel sektör kuruluşları bu yıldan sonra modern ve büyük kapasiteli fabrikalarda üretim yapmaya başlamıştır. 2010 yılı sonunda kağıt-karton üretim kapasitesi, 3.687.500 ton/yıl'a ulaşmıştır. Birçoğu çalıştırılmamakta olan özelleştirilmiş SEKA işletmelerini hariç tutarsak, özel sektör fabrikaları hammadde ihtiyacını ithal selüloz ile karşılamaktadırlar. Bunun nedeni, Ülkemizde odun fiyatlarının dünya fiyatları ile kıyaslanamayacak mertebelerde yüksek olması ve kamu işletmelerinden kaynaklanan tedarikteki belirsizliklerin özel sektör tarafından riske

edilememesidir. Kahverengi kağıt üreten fabrikalar da hammadde olarak ikincil elyaf (geri dönüşen kağıt) kullanmaktadırlar.

2010 yılında 2.231.400ton atık kağıt geri kazanılmıştır. Atık kağıt geri kazanma oranı, %41,8 mertebesinde (TKSV, 2011).

Kağıt üretiminde hammadde olarak odun yerine hurda kağıt kullanıldığında daha az enerjiye ihtiyaç vardır. Bu yüzden önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra yurt içinde orman alanlarının sınırlı olması nedeni ile hammadde olarak odun da yurt içinde sınırlı miktarda temin edilmekte yurt dışından ithal etme gereksinimi oluşmaktadır. Hurda kağıt kullanılması ile yurt içindeki hurda kağıtlar kullanılarak hammadde ithal etme gereksinimi de azalmaktadır. Ayrıca atık kağıdın toplanması ve nakliyesi için de yeni iş alanları ortaya çıkmaktadır.

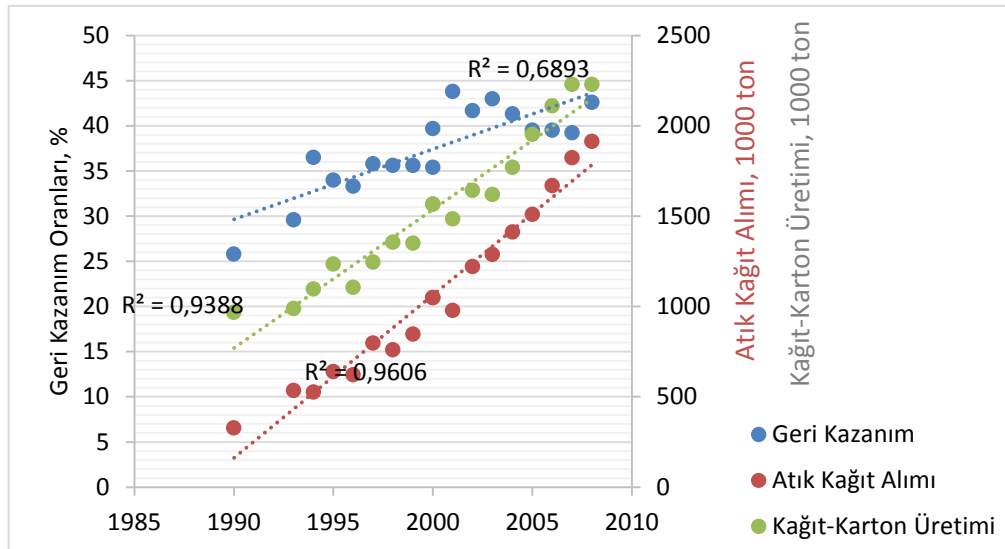
Bu teze konu olan tesis orman kaynaklarını kullanmamakta, hammaddeyi hurda kağıtlar oluşturmaktadır. Hurda kağıtlar yurtiçinden temin edildiği gibi yurt içindeki hurda kağıt geri kazanım oranlarının düşük olması nedeni ile yurtdışından da hurda kağıt ithal edilmektedir. Bu tür geri kazanım tesisleri, her gün artan atık sorunları ve tükenen doğal kaynaklara karşın desteklenmeli ve doğayla uyumlu olarak çalıştırılmalıdır.

Tablo 2.2’de Türkiye’de Atık Kağıt Kullanımı ve Geri Dönüş Oranları verilmiştir. Türkiye Kağıt Sanayi vakfının verilerine göre özel sektörün hurda kağıttan kağıt üretim miktarları sürekli olarak artış göstermiş, 2004 yılından sonra SEKA’nın faaliyetini durdurması ile de bu pay özel sektör üretimine yansımıştır (TKSV, 2011).

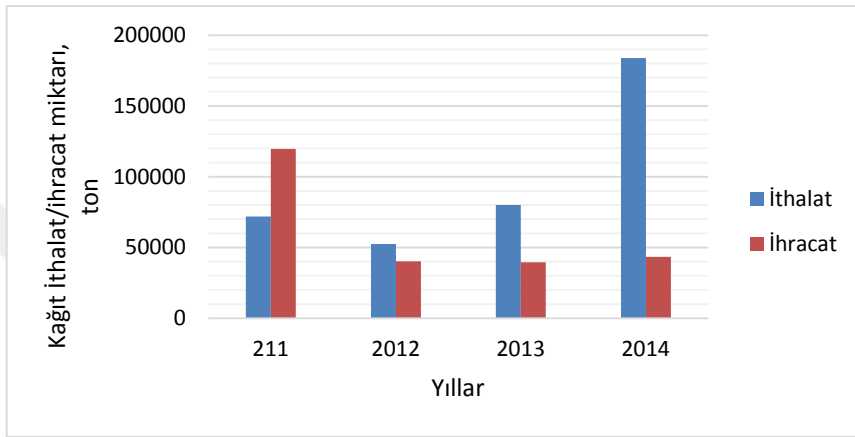
Şekil 2.14’de Türkiye’de Atık kağıt alımı, kağıt-karton üretimi ve geri dönüşüm oranlarının yıllara göre değişim oranları grafiksel olarak gösterilmiştir. Atık kağıt kullanım oranı 1990 yılında %28 değerlerinde iken 2008 yılına gelindiğinde bu değer %82 ye çıkmıştır. Geri kazanım oranı 1990 yılında %25.8 iken 2008 yılında bu değer %42.6 ya yükselmiştir. Üretim oranlarına bakıldığında bu geri dönüşüm oranı yetersiz kalmaktadır. Bu yetersiz geri dönüşüm miktarı kağıt ithalatında yükselmeye sebep olmaktadır.

Tablo 2.2: Türkiye’de atık kağıt kullanımı ve geri dönüş oranları (TKSV, 2011).

Grup /Yıl	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
SEKA (1000 ton)	62,4	69,5	86,4	91	46,8	30,6	17,3				
Özel (1000 ton)	265,5	570,5	963,5	885,9	1.175	1258	1396	1.509	1.669	1.823	1.913
Toplam atık kağıt alımı (1000 ton)	328,2	640	1050	977,8	1222	1289	1413	1.509	1.669	1.823	1.913
Kağıt Karton üretimi (1000 ton)	967,4	1235	1567	1485	1643	1619	1769	1.952	2.110	2.229	2.229
Kullanım oranı (%)	28,8	44	55,2	65,8	74,4	79,6	79,9	77,3	78,8	81,78	82
Atık Kağıt İthalatı (1000 ton)	24,1	75	62,4	91,9	186	63	37	28	43	27	73
Geri Kazanma Oranı (%)	25,8	34	35,4	43,8	41,67	43	41,33	39,53	39,5	39,23	42,6

**Şekil 2.14:** Türkiye’de kağıt-karton üretimi ve geri dönüşüm oranlarının yıllara göre değişimi.

Şekil 2.15’de Türkiye’deki hurda kağıt ithalatının ve ihracatının 2011-2014 yılları arasındaki değişimi gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde 2011 yılında ihracatın ithalatın yaklaşık 1,7 katı olduğu ancak bu durumun 2012 sonrası tersine döndüğü görülmektedir. 2014 yılında ise ihraç edilen hurdanın 4,2 katı ithal edilmiştir. Bu değerler Türkiye’de atık yönetiminde geri dönüşümün ne kadar önemli olduğunu ve ülke ekonomisindeki yansımalarını açıkça ortaya koymaktadır. Ülkemiz ivedilikle atık geri kazanım mekanizmalarını %100 ünü geri kazanma hedefi ile işler hale sokmalıdır.



Şekil 2.15: Türkiye’de hurda kağıt ithalat ve ihracat miktarı (TÜİK, 2016).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. UYGULAMANIN YAPILDIĞI FİRMA FAALİYET TANITIMI

Bu tez çalışmasına konu olan firma, 1981 yılında mevcut yerinde 24.000 ton/yıl kapasite ile atık kağıttan ambalaj üretimine başlamıştır. 1987 yılında sap ve saman üretimi yapan tesislerin yatırımına başlanmış ve 1989 yılında kağıt makinesinin kapasitesi arttırılarak 40.000 ton/yıl kapasiteye ulaşılmıştır. 1991 yılında 50.000 ton/yıl kapasiteli 2. kağıt üretim hattı kurulmuş ve 1997 yılında modernizasyon yatırımı ile birlikte yıllık kapasite 100.000 tona yükseltilmiştir. 2000 yılında 150 milyon USD yatırımla 3. kağıt üretim hattı kurularak kapasite 300.000 ton/yıl'a çıkartılmıştır. Kapasite artışı amacı ile 2007 yılında 4. kağıt üretim hattı kurulmuştur. 1981 ve 1991 yıllarında kurulan kağıt makineleri kaldırılarak yerlerine 2014 yılında 5. kağıt üretim hattı kurulmuştur.

Tesis günümüzde 441.000 m² açık 138.000 m² kapalı alan üzerine kurulmuştur. Türkiye'de oluklu mukavva kağıt ihracatının neredeyse tamamı tek başına bu firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Üretimde % 100 atık kağıt kullanılmaktadır. Tesiste atık kağıttan üretilen ürünler fluting, testliner, modkraft ve imitasyon NSSC kağıt türleridir.

3.1.1. Fluting

Dünya genelinde üretilen kağıt çeşitleri yüzlerce dir. Fluting kağıdı, oluklu mukavvanın ortasında kullanılmaktadır. Gramajı 90-160 gr/m² arasındadır. Bu değerler üretim teknolojisinin gelişmesi ile beraber giderek aşağıya doğru düşmektedir. Fluting kağıdı dayanımı düşük kağıtlardandır. Bu kağıdı üretmek için seçilmiş hurda kağıt kullanılmasına gerek yoktur. Tek kat olarak sadece alt elek kullanılarak üretilirler.

3.1.2. Test Liner

Test liner kağıt türünün günümüzde yaygın kullanımları vardır. Ağırlıkları 125-350 gr/m² Patlama değerleri ise 2-3,5 kPa arasında değişebilir. Testliner kağıtların üst katı boyanarak iki katlı olarak üretilir. Gramajları genellikle 115 gr/m² ve üzerindedir. Oluklu mukavvanın üs ve alt katı olarak kullanılırlar. Üretilmiş olan karton kutunun dışını kapladıkları için renkleri

dalgasız ve görünüşleri temiz olmalıdır. Bu nedenle hurda kalitesi yüksek olmak zorundadır. Bunu sağlayabilmek amacıyla da üretimlerinde özel olarak seçilmiş ve temiz hurda kağıt kullanılmaktadır.

3.1.3. Modkraft

Modkraft ülkemizde yerli olarak üretilen kraft muadili bir üründür. Mukavvaların dış yüzeyinde kullanılan ürünlerden biridir. 115-125-140 g/m² gramaj değerlerinde üretilmektedir.

3.1.4. NSSC

Akağaç, huş, okalıptüs gibi sert ağaçlar kısa elyaflara sahiptir. Bu nedenle bu kağıdın üretiminde tercih edilmektedirler. Bu elyaf yapıları nedeniyle nem ve ısı ile aldıkları şekli korurlar. Bu kağıt türü mekanik ve kimyasal yolla üretilmektedir. Oluklu mukavvaların ondüle (kıvrımlı) tabakasını oluştururlar. Bu kağıt adını üretim yöntemlerini tanımlayan Neutral Sulfite Semi Chemical sözcüklerinin bas harflerinden alır. Gramaj olarak 85-200 gr/m² arasında değerlere sahiptirler.

3.2. TESİS ATIK OLUŞUMU VE KONTROL YÖNTEMLERİ

3.2.1. Atıksu Oluşumu ve Arıtımı

Kağıt üretimi için yüksek miktarlarda su ihtiyacı olduğu gibi açığa çıkan atık su miktarı da yüksektir. Atık su üretimin tek bir aşamasında çıkmayıp hamur hazırlama, temizleme ve kağıt makinesinin çeşitli kademelerinden çıkmaktadır. Açığa çıkan sular kanallar vasıtası ile toplanarak hamur hazırlamada bulunan buffer tankına gelir. Bu tanktan seviye kontrolü ile sabit debi ayarlanarak atık su arıtma tesisine gönderilir. Teze konu olan tesisin iki kağıt makinesi olup her makinenin atık su arıtma tesisi ayrıdır. Ancak arıtma prosesleri bakımından aynı olduğu için ortak bir anlatım yapılacaktır. Şekil 3.1'de atıksu arıtma tesisinin genel akım şeması verilmiştir.

Buffer tankından çıkan sular arıtmaya gelmeden önce hamur hazırlama bölümünde yer alan DAF (Dissolved Air Flotation) ünitesinden geçirilir. Buradaki amaç atık su içerisindeki yüksek AKM değerinin düşürülmesidir. AKM değeri düşürülen suyun bir kısmı hamur

hazırlama tarafından tekrar alınıp hamurlaştırma işleminde kullanılabilirken geri kalan kısmı arıtma tesisine gönderilir. Arıtma tesisi şu ünitelerden oluşur: Ön çöktürme havuzları, Biyolojik Arıtma (Anaerobik, Aerobik), Çamur susuzlaştırma. DAF ünitesinde 500 mg/l AKM değeri sağlanır ve çöktürme sonrası yaklaşık 300 mg/l AKM içeren atıksu şartlandırılarak biyolojik arıtma ünitesine gider. Biyolojik arıtma öncesi atıksu sıcaklığının sağlanması için kış aylarında atıksu ısı eşanjörleri yaz aylarında ise su soğutma kuleleri kullanılmaktadır.

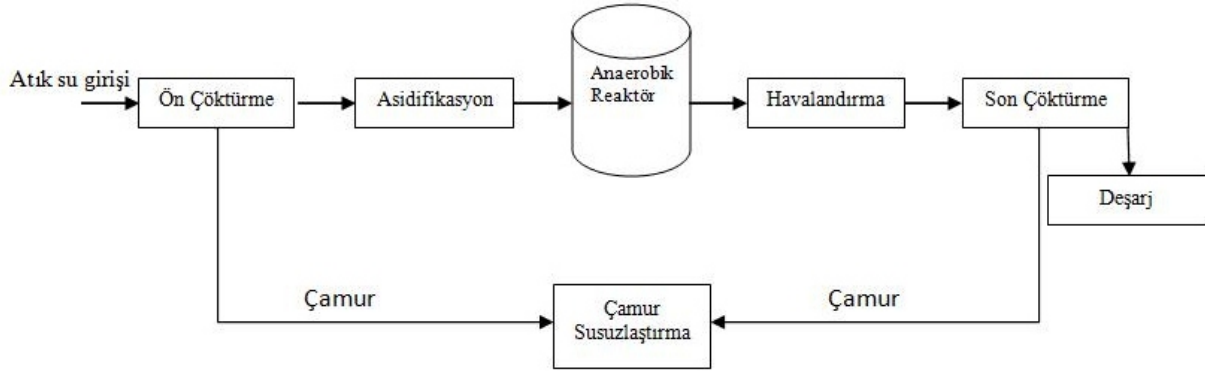
Tesite EGSB ve IC olmak üzere iki farklı anaerobik reaktör bulunmaktadır. Reaktörlerin fiziksel özellikleri farklı olup içerilerinde gerçekleşen biyolojik proses tamamen aynıdır. Atık su içerisinde çözülmüş halde bulunan organik maddeler oksijensiz ortamda asit bakterileri tarafından organik asitlere dönüştürülürler. İkinci aşama olarak organik asitler metan bakterileri (metanojenler) tarafında dönüştürülerek metan, CO₂ ve suya dönüştürülür. Anaerobik arıtma çıkışındaki atıksuyun KOI ve AKM değerleri ülkemiz atıksu deşarj kriterlerini sağlamadığından anaerobik arıtmadan sonra atık su aerobik arıtma kademesine alınır.

Aerobik arıtma kademesi klasik aktif çamur ünitesidir. Bu bölgede havalandırma havuzu mekanik karıştırıcı olan aeratörler ile karıştırılarak atık su içerisindeki mikroorganizmaların askıda kalması sağlanır ayrıca karışımın etkisi ile CO₂ sıyrması işlemi yapılırken atık suya oksijen kazandırılır. Günlük yapılan analizler ile de havalandırma havuzu içerisindeki çamur miktarı ayarlanır. Bunu yapabilmek için düzenli olarak fazla çamur havuzlardan çekilerek susuzlaştırılması için beltpresslere gönderilir.

Havalandırma havuzlarından çıkan arıtılmış su içerisindeki AKM nin alınması için son çöktürme havuzları kullanılır. Son çöktürme havuzlarından savaklanan suyun %60 kadarı hamur hazırlamada kullanılmak üzere tekrar işletmeye gönderilir. Geri kalan %40 deşarj edilir.

Ön çöktürme ve son çöktürme havuzlarından gelen çamurlar çamur tankında karıştırılır. Çamur tanklarında karışan çamur beltpresslere belirli bir debide basılır ve katyonik polimer ilavesi ile alt ve üst elek arasına alınarak preslerin arasında sıkıştırılır ve suyu uzaklaştırılır.

Belirli bir kuru madde oranına ulaşan (yaklaşık %30 kuruluk) çamur tehlikesiz atık olduğu için tehlikesiz atık bertaraf firmasına gönderilir.



Şekil 3.1: Atık su arıtma tesisi proses akım şeması.

3.2.2. Biyogaz Oluşumu

Arıtma prosesinde yer alan anaerobik arıtma kademesinde, anaerobik bakteriler tarafından atık su içerisindeki KOİ biyogaza dönüştürülmektedir. Anaerobik reaktörlerin tavanında toplan biyogaz balon şeklindeki depolama tankına alınır. Üretilen bu gaz firmanın anlaşmalı olduğu enerji firmasına satılır. Biyogazı satın alan enerji firması biyogazdan buhar ve elektrik üretmektedir.

2016 yılı biyogazdan buhar üretimi 8174 ton'dur. brüt elektrik üretimi 13964,83 MW'tır. 2015 yılı biyogazdan buhar üretimi 7221 ton'dur. brüt elektrik üretimi 13323,43 MW'tır. 2017 yılında ise arıtmada 8944280,11 Sm³ biyogaz üretilmiş olup 22058,83 MW brüt elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Katı Atık Oluşumu

Tesiste tehlikeli ve tehlikesiz atıklar oluşmaktadır. Oluşan bu atıklar yönetmeler uygun olacak şekilde kurulmuş tehlikeli atık geçici depolama ve tehlikesiz atık geçici depolama alanlarında bekletilir ve süresi yaklaşan atıklar sözleşmeli olunan bertaraf firmalarına teslim edilir.

2017 yılında tesiste 206,9 ton tehlikeli atık oluşurken, 1510 ton tehlikesiz atık oluşmuştur. Tesisten çıkan arıtma çamuru tehlikesiz atık olup bu miktara dahil değildir. 2017 yılında tesiste oluşan arıtma çamuru 14982,7 ton olup biyogazın satıldığı enerji firmasına

satılmaktadır. Enerji firmasının katı atık yakma tesisinde elektrik üretimi için kullanılmaktadır.

3.3. KARBON AYAK İZİ HESAPLAMASI

Karbon Ayak İzi, bir kişinin, kurumun veya herhangi bir ürünün veya hizmetin doğaya saldığı sera gazlarının genel toplam içindeki payıdır. Birim karbondioksit (CO₂) cinsinden ölçülen karbon ayak izi, üretilen sera gazları miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsüdür. Sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azot oksit (NO₂), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürt hekzaflorürden (SF₆) oluşur. Bütün bu sera gazları bir sera gazının ısıtma kuvvetinin karbondioksit ile karşılaştırılmasında kullanılan birim olan karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) cinsinden belirlenir. Karbon ayak izi CO₂ eşdeğeri (CO₂-e) olarak hesaplanır. CO₂-e, bu altı sera gazına ait emisyonların her birinin 100 yıllık global ısıtma potansiyelleri (GWP) ile çarpılmasıyla hesaplanır.

Karbon ayak izinin hesaplanmasında yayınlanan birçok metodoloji mevcuttur. Bunlardan ISO TS 14067:2013 kapsamında Karbon Ayak İzi hesaplama metodu bu tez kapsamında dikkate alınmıştır. Üretilen ürüne ait Karbon Ayak İzi hesabı kapsamında, üretim sürecinin başlangıcı olan hammaddelerin ilgili firmalardan temini ve tesise taşınması, üretim süreci dikkate alınmıştır. Son aşama olan sevkiyat kapsam dışında bırakılmıştır. Bunun sebebi tesisin ürettiği ürünlerin kutu üretiminde kullanılan hammadde olması ve temininden kutu üretimi yapan firmaların sorunlu olmasıdır. Karbon ayak izi belirleme çalışmasında temel 4 aşama dikkate alınmış ve bu doğrultuda hesaplamalar yapılmıştır. Bu aşamalar Şekil 3.2'de kısaca tanımlanmıştır.



Şekil 3.2: Tesiste ürün karbon ayak izi belirleme çalışmasında takip edilen temel 4 aşama.

Bu tez çalışmasının yapıldığı tesis faaliyetleri tek tek herbir aşamasında birim aktivite verileri incelenerek sera gazı oluşturma kaynakları belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında üretim süreci tanımlanmış ve sera gazlarının oluşumunda etkin olan aşamalar dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Kağıt-Karton üretimi süreci incelendiğinde prosese 98 farklı tedarikçi firmadan hammadde girişi mevcuttur. Bu hammaddelerin ilgili firmalardan tesise ulaştırılmasına ait ulaşım bilgileri temin edilmiştir. Ulaşım bilgileri dikkate alınarak birim kg ürün başına yakıt sarfiyatları (aktivite verileri) hesaplanmıştır.

3.3.1. Üretim Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

3.3.1.1. Yakıt Kullanımı Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

2. kağıt makinesinin teknolojisinden kaynaklı olarak kağıdın daha verimli kurutulması için doğalgaz kullanan özel bir kurutucu ekipman bulunmaktadır. Burada tüketilen yıllık doğal gaz miktarı 772675,80 Sm³'tür. Doğalgaz tedarikçi firmasından alınan Nm³'e dönüşüm katsayısı 0,948 dir. Bu kat sayı kullanılarak;

$$772675,8 \times 0,948 = 732496,66 \text{ Nm}^3 \text{ değerine çevrilir.} \quad (3.1)$$

Yine doğalgaz tedarikçisinde alınan doğalgaz yoğunluğu değeri 0,75 kg/Nm³'tür. Bu değere göre;

$$732496,66 \times 0,75 = 549372,495 \text{ kg/yıl} \quad (3.2)$$

$$FV1 = 549372,495 \text{ kg/yıl}$$

Doğalgaz kullanımını kaynaklı sera gazı emisyon hesabı Tier 1 metoduna göre şu şekilde hesaplanmıştır;

$$E = FV * NKD * EF \text{ (formül 3.1)}$$

E İlgili faaliyetin yıllık emisyon miktarı (tCO₂)

FV İlgili faaliyete ait yıllık tüketimin yıllık üretime oranı

NKD İlgili faaliyet verisinin net kalorifik değeri (TJ/ton, TJ/Gg...)

EF İlgili faaliyet verisinin emisyon faktörü değeri (tCO₂/ton, tCO₂/Nm³...)

3.3.1.2. Elektrik Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

Tesiste belli başlı üretim kademelerinin enerji sarfiyatları takip edilebilmektedir. Anlık kayıtların tutulabildiği elektrik sarfiyatının yıllık olarak bölümlere dağılmış şekilde değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir;

Tablo 3.1: Bölüm bazında elektrik tüketimi ve faaliyet verileri.

Makine Adı/Makine Bölümleri	Elektrik Tüketimi kwh/yıl	Üretilen Ürün kg /yıl	Faaliyet Verisi, kwh/kg
1. KAĞIT MAKİNESİ	117931631	229092215	0.515
HH Pulperler	2755968		0.012
HH Disperger 1HD50	1389691		0.006
HH Disperger 2HD50	1253289		0.005
HH Reject	2130774		0.009
HH Genel	17804993		0.078
DRIVE	28449387		0.124
Refiner 1	2755968		0.012
Refiner 2	2830828		0.012
Refiner 3	3859429		0.017
İşletme ve Kimyasal	49896447		0.218
Aydınlatma Genel	4804857		0.021
2. KAĞIT MAKİNESİ	209319568		362647749
Kimyasal	485916	0.001	
Aydınlatma	285770	0.001	
HH Genel + Reject + Pulper + İşl.	65608298	0.181	
Disperger	1983265	0.005	
Aydınlatma Genel	963269	0.003	
İşletme + Kimyasal+ Genel + Drive	119605985	0.330	
Refiner 1	727803	0.002	
Refiner 2	4045732	0.011	
Refiner 3	789881	0.002	
Blower 1	7770375	0.021	
Blower 2	7053274	0.019	
ARITMA	10497693	591739964	
GENEL TOPLAM	337748892	591739964	0.571

Elektrik sarfiyatından kaynaklı sera gazı emisyon hesabı Tier 1 metoduna göre şu şekilde hesaplanır;

$$E = FV * EF \text{ (formül 3.2)}$$

E İlgili faaliyetin yıllık emisyon miktarı (tCO₂)

FV İlgili faaliyete ait yıllık tüketimin yıllık üretime oranı

EF İlgili faaliyet verisinin emisyon faktörü değeri (tCO₂/ton, tCO₂/Nm³...)

Tablodaki verilere göre FV₂= 337748.892 kwh/yıl dır.

Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EUAŞ) verilerine göre Türkiye için elektrik üretim ve dağıtım şebekesi birim kwh elektrik için hesaplanan CO₂-e emisyon değeri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır. Elektrik tüketimi emisyon faktörü 0,551 kg/kWh olarak alınmıştır (IEA, 2015).

3.3.2. Ulaşım Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

3.3.2.1. Hammadde Temininde Tüketilen Motorin Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

Fabrika yurt içi ve yurt dışı olmak üzere toplam 98 adet tehlikesiz atık ve ambalaj atığı toplayan firmadan hammadde tedarik etmiştir. Bunlardan 15 tanesi yurt dışı firması olup tamamı Balkan Ülkelerinde bulunmaktadır. Bu firmaların her birinden alınan atık kağıt miktarları fabrika kantar kayıtlarından alınmıştır. Atık kağıt alınan firmaların lokasyonları ile fabrika lokasyonu arasındaki mesafeler Yandex Navigasyon Sürüm 1.91 programı kullanılarak bulunmuştur.

Fabrika hammaddeyi tedarik ederken iki tip araç kullanmaktadır. Birincisi dört dingilli yarı römorklu araçlar (tır), ikincisi üç dingilli motorlu araç (kamyon) olarak değerlendirilmektedir. 18.07.1997 tarihli, 23053 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Karayolları Trafik Yönetmeliği madde 128 e göre; dört dingilli yarı römorklu araçlar (tır) en fazla 36 ton yük taşıyabilirken, yönetmeliğin aynı maddesine göre ikincisi üç dingilli motorlu araç (kamyon) en fazla 25 ton yük taşıyabilir.

Fabrika verileri incelendiğinde 2017 yılı içerisinde 14657 adet tır, 1185 adet kamyonun hammadde temininde kullanıldığı tespit edilmiştir. Tablo 3.2’de tedarikçi firma sayısı, mesafeler, kullanılan araç tipi ve sayısı verilmiştir.

Tablo 3.2: Tedarikçi firma sayısı, mesafeler, kullanılan araç tipi ve sayısı.

Tedarikçi Firma	Yıllık Toplam Alınan Hammadde (kg)	Fabrika İle Tedarikçi Arasındaki Mesafe (km)	Araç Tipi	Araç Sayısı (adet)
FİRMA 1	91414	793	TIR	3
FİRMA 2	239615417	129	TIR	6656
FİRMA 3	3838211	84	KAMYON	154
FİRMA 4	1377818	1215	TIR	38
FİRMA 5	493199	209	TIR	14
FİRMA 6	6310331	569	TIR	175
FİRMA 7	20920	595	TIR	1
FİRMA 8	2084988	83	KAMYON	83
FİRMA 9	5711552	130	TIR	159
FİRMA 10	968930	1246	TIR	27
FİRMA 11	963235	1072	TIR	27
FİRMA 12	5119021	148	TIR	142
FİRMA 13	7171531	95	KAMYON	287
FİRMA 14	611983	183	TIR	17
FİRMA 15	142988	470	TIR	4
FİRMA 16	512930	159	TIR	14
FİRMA 17	31784405	166	TIR	883
FİRMA 18	624411	392	TIR	17
FİRMA 19	35244	157	TIR	1
FİRMA 20	350581	158	TIR	10
FİRMA 21	17587154	573	TIR	489
FİRMA 22	2260597	588	TIR	63
FİRMA 23	1499749	600	TIR	42
FİRMA 24	3621862	589	TIR	101
FİRMA 25	590576	1322	TIR	16
FİRMA 26	71321	160	TIR	2
FİRMA 27	635580	96	KAMYON	25
FİRMA 28	970062	361	TIR	27
FİRMA 29	341298	1838	TIR	9
FİRMA 30	29345	194	TIR	1
FİRMA 31	392253	111	TIR	11

Tablo 3.2(devam): Tedarikçi firma sayısı, mesafeler, kullanılan araç tipi ve sayısı.

Tedarikçi Firma	Yıllık Toplam Alınan Hammadde (kg)	Fabrika İle Tedarikçi Arasındaki Mesafe (km)	Araç Tipi	Araç Sayısı (adet)
FİRMA 32	3550541	126	TIR	99
FİRMA 33	16357346	302	TIR	454
FİRMA 34	853948	355	TIR	24
FİRMA 35	5610541	2094	TIR	156
FİRMA 36	1949650	343	TIR	54
FİRMA 37	138710	16	KAMYON	6
FİRMA 38	590187	475	TIR	16
FİRMA 39	202700	430	TIR	6
FİRMA 40	1100236	325	TIR	31
FİRMA 41	36794676	297	TIR	1022
FİRMA 42	2996165	101	TIR	83
FİRMA 43	298043	96	KAMYON	12
FİRMA 44	138284	181	TIR	4
FİRMA 45	3040839	117	TIR	84
FİRMA 46	767849	39	KAMYON	31
FİRMA 47	235804	413	TIR	7
FİRMA 48	680381	917	TIR	19
FİRMA 49	721562	1000	TIR	20
FİRMA 50	36594	697	TIR	1
FİRMA 51	1809352	22	KAMYON	72
FİRMA 52	7367472	303	TIR	205
FİRMA 53	13428354	119	TIR	373
FİRMA 54	1565922	94	KAMYON	63
FİRMA 55	428216	349	TIR	12
FİRMA 56	17428	692	TIR	1
FİRMA 57	1652819	457	TIR	46
FİRMA 58	1458967	497	TIR	41
FİRMA 59	283622	111	TIR	8
FİRMA 60	33360	111	TIR	1
FİRMA 61	1000161	9	KAMYON	40
FİRMA 62	244997	12	KAMYON	10
FİRMA 63	1637986	577	TIR	45
FİRMA 64	2488759	244	TIR	69
FİRMA 65	973304	204	TIR	27
FİRMA 66	149838	547	TIR	4
FİRMA 67	1600535	132	TIR	44

Tablo 3.2(devam): Tedarikçi firma sayısı, mesafeler, kullanılan araç tipi ve sayısı.

Tedarikçi Firma	Yıllık Toplam Alınan Hammadde (kg)	Fabrika İle Tedarikçi Arasındaki Mesafe (km)	Araç Tipi	Araç Sayısı (adet)
FİRMA 68	2683583	132	TIR	75
FİRMA 69	413332	23	KAMYON	11
FİRMA 70	18669	578	TIR	1
FİRMA 71	1835709	96	KAMYON	73
FİRMA 72	2393259	495	TIR	66
FİRMA 73	33997	1473	TIR	1
FİRMA 74	1823306	701	TIR	51
FİRMA 75	603797	157	TIR	17
FİRMA 76	1352345	163	TIR	38
FİRMA 77	1916150	521	TIR	53
FİRMA 78	5937210	170	TIR	165
FİRMA 79	1359273	113	TIR	38
FİRMA 80	376684	810	TIR	10
FİRMA 81	258900	317	TIR	7
FİRMA 82	2455697	214	TIR	68
FİRMA 83	484752	117	TIR	13
FİRMA 84	24650	722	TIR	1
FİRMA 85	4686194	192	TIR	130
FİRMA 86	21238489	160	TIR	590
FİRMA 87	15430719	241	TIR	429
FİRMA 88	3552725	283	TIR	99
FİRMA 89	15294459	121	TIR	425
FİRMA 90	191389	115	TIR	5
FİRMA 91	671764	59	KAMYON	19
FİRMA 92	168968	778	TIR	5
FİRMA 93	2566245	385	TIR	71
FİRMA 94	235706	10	KAMYON	9
FİRMA 95	226899	111	TIR	6
FİRMA 96	13450670	116	TIR	374
FİRMA 97	7248804	8	KAMYON	290
FİRMA 98	637037	588	TIR	18

Hammadde temini kaynaklı emisyon hesabı için kullanılan araçların km başına motorin tüketim değerleri tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Araç türüne göre yakıt tüketimi (Shell Fuel Save).

ARAÇ	YAKIT TÜKETİMİ (l/km)
KAMYON	0.25
TIR	0.35

Motorinin satın alındığı firmanın verilerine göre; motorinin özgül ağırlığı 821,5 kg/m³ tür.

Hammadde tedariğinden kaynaklı motorin tüketiminin hesabı;

Tablo 3.4: Tır ve kamyonun aldığı toplam mesafe hesabı.

TOPLAM TIR SAYISI	TOPLAM KAMYON SAYISI	TIRLA GİDİLEN TOPLAM MESAFE (Km)	KAMYON İLE GİDİLEN MESAFE (Km)
14657	1185	6779764	141450

Araçların kat ettiği yollar gidiş dönüş olarak hesaplandığı için lokasyonlar arası mesafelerin toplamı 2 ile çarpılmıştır.

Mesafelerden yola çıkılarak tüketilen motorin miktarı şu şekilde hesaplanır;

Tır

$$1 \text{ km de } 0,35 \text{ litre tüketilirse; } 6779764 \times 0,35 = 2372917,4 \text{ litre} \quad (3.3)$$

Kamyon

$$1 \text{ km de } 0,25 \text{ litre tüketilirse; } 141450 \times 0,25 = 35362,5 \text{ litre} \quad (3.4)$$

Hammadde Tedariği İçin Kullanılan Toplam Motorin Miktarı;

$$2372917,4 + 35362,5 = 2408279,9 \text{ litre} \quad (3.5)$$

3.3.2.2. Fabrika Araçlarında Tüketilen Motorin Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

Fabrikada kullanılan araçlar için tesis içerisinde mazot tankı bulunmaktadır. Araçlar bu tanktan mazot dolumu yapıp tüketim miktarları kayıt altına alınmaktadır. Tüketim miktarları tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Fabrika araçlarının yakıt tüketimi.

Araç Adı	Yakıt Tüketimi lt/yıl (dizel)
Servis ve Kiralık Araçlar	12031
Forklift	471126
Traktör	11031
Kamyon	3369
Kepece	96260
İtfaiye	8206
FABRİKA TOPLAM	602023

Motorin tesiste CO₂ emisyonuna sebep olan kaynaklardan biridir. Tüketilen motorin miktarının üretilen kağıt miktarına bölünmesine faaliyet verisi 3 adı verilecektir. Faaliyet verisi 3 hesabı;

Toplam Motorin Tüketimi;

$$FV3 = 2408279,9 + 602023 \quad (3.6)$$

$$FV3 = 3010302,9 \text{ L/yıl}$$

Motorin tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonu hesaplaması;

Motorin kaynaklı emisyonların CO₂ hesaplaması yakıt bazlı Tier 1 metodu dikkate alınarak yapılmıştır. Bu yönteme göre formül 3.1 kullanılmıştır.

$$E = FV * NKD * EF * YF$$

E İlgili faaliyetin yıllık emisyon miktarı (tCO₂)

FV İlgili faaliyete ait yıllık tüketimin yıllık üretime oranı

NKD İlgili faaliyet verisinin net kalorifik değeri (TJ/ton, TJ/Gg...)

EF İlgili faaliyet verisinin emisyon faktörü değeri (tCO₂/ton, tCO₂/Nm³...)

YF Yükseltgenme faktörü (1 olarak alınacaktır)

NKD değerleri NATIONAL GREENHOUSE GAS İNVENTORY REPORT 1990-2015 Ulusal Sera Gazı Envanteri tablo 3.12'den alınmıştır. Doğal gaz NKD değeri 48 Tj/kt, Motorinin NKD değeri 43 Tj/kt, LPG NKD değeri 47,3 Tj/kt 'dur.

3.3.3. Bakım Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

3.3.3.1. LPG Tüketimi Kaynaklı Sera Gazı Hesabı

Tesiste bakım işleri sırasında metallerin kesilmesi için şaloma kullanılmaktadır. Şaloma kullanımı sırasındaki LPG tüketimleri firmanın satın alma siparişlerinden tespit edilmiş ve yıllık 540 kg olduğu görülmüştür. Bu değer FV4 olarak kullanılacaktır.

Aynı şekilde LPG tüketimi kaynaklı sera gazı emisyonu için de formül 3.1 kullanılmıştır.

$$E = FV * NKD * EF * YF$$

E İlgili faaliyetin yıllık emisyon miktarı (tCO₂)

FV İlgili faaliyete ait yıllık tüketimin yıllık üretime oranı

NKD İlgili faaliyet verisinin net kalorifik değeri (TJ/ton, TJ/Gg...)

EF İlgili faaliyet verisinin emisyon faktörü değeri (tCO₂/ton, tCO₂/Nm³...)

YF Yükseltgenme faktörü (1 olarak alınacaktır)

4. BULGULAR

4.1. YAKIT KAYNAKLI EMİSYONLAR

Bu tez çalışması kapsamında incelenen tesis genelinde yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Tesiste doğalgaz kullanımının sebebi optidry adı verilen ekipmanda kağıt hamurunun daha etkili kurutulmasıdır. Üretimde yılda yaklaşık 730 bin m³ doğalgaz tüketilmektedir. Tablo 4.1'de doğalgaz tüketimi için hesaplanan sera gazı emisyonlarının parametreleri kısaca özetlenmiştir. Tablo 4.2'de ise doğalgaz kullanımı sonucu tesiste oluşan yıllık sera gazlarının miktarları verilmiştir. İncelenen tesiste üretim süreçlerinde doğalgazın enerji ve ısı eldesi için kullanımı neticesinde yılda yaklaşık 1479 ton CO₂, 26,3 kg CH₄ ve 2,6 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır. Tüm sera gazlarını CO₂ eşdeğeri (CO₂-e) olarak ifade etmek için CH₄ ve N₂O' in değerliğinin CO₂'e göre ısı potansiyelleri olan 21 ve 310 ile çarpılması gerekmektedir. Bu hesaplama neticesinde doğalgaz kullanımı kaynaklı CO₂-e sera gazı miktarı yaklaşık 1.480 ton/yıl'dır. Tesiste incelenen yılda yaklaşık 591739,9 ton kağıt üretimi yapılmıştır. Bu durumda tesiste 1 kg ürün (kağıt-karton) üretilmesi için doğalgaz kullanımı kaynaklı karbon ayak izi 0,00250 kg CO₂-e / kg-ürün olmaktadır.

Doğalgaz kullanımı kaynaklı emisyonlar, tesisin üretim faaliyetleri sonucu oluşturduğu doğrudan sorumlu olduğu emisyonlardır. Buradan kaynaklanan emisyonların azaltılması ve ürün üzerindeki karbon ayak izi miktarının düşülmesi doğrudan doğalgaz kullanımında yaratılacak azaltma çalışmaları ile mümkün olabilecek ve direk etkisi ürün karbon ayak izinde gözlenecektir. Bu amaçla tesis doğalgaz kullanımını azaltıcı kayıp-kaçak kontrolü, ısının etkili kullanımı ve enerji yönetimi çalışmalarını düzenli yapmakta ve yeni yatırımlarında doğalgaz kullanımı olmadan kurutma yapılan teknolojilere yer vermektedir.

Tablo 4.1: FV1 CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon parametreleri ve hesap özeti.

FV1 Doğalgaz		
Parametreler	Miktar	Birimi
FV1 Yıllık Tüketim Miktarı	772675,80	Sm ³
FV1 Yıllık Tüketim Miktarı	732496,66	Nm ³
EF (Emisyon Faktörü Doğalgaz)*	56,1 1 0,1	ton CO ₂ /TJ, kgCH ₄ /TJ ve kg N ₂ O/TJ
NKD (Net Kalorifik Değer Doğalgaz)	48	TJ/kt
d (Doğalgaz Yoğunluk)	0,75	kg/Nm ³
Yıllık Tahmini Emisyon Formülü	FV*EF*NKD*d*BM	

*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Table 2.2

Tablo 4.2: Doğalgaz tüketimi sera gazı emisyon değerleri.

	Sera Gazıları		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Sera Gazı miktarları, ton/yıl	1479	0,0263	0,0026
TOPLAM, CO₂-e, ton/yıl	1480,3		

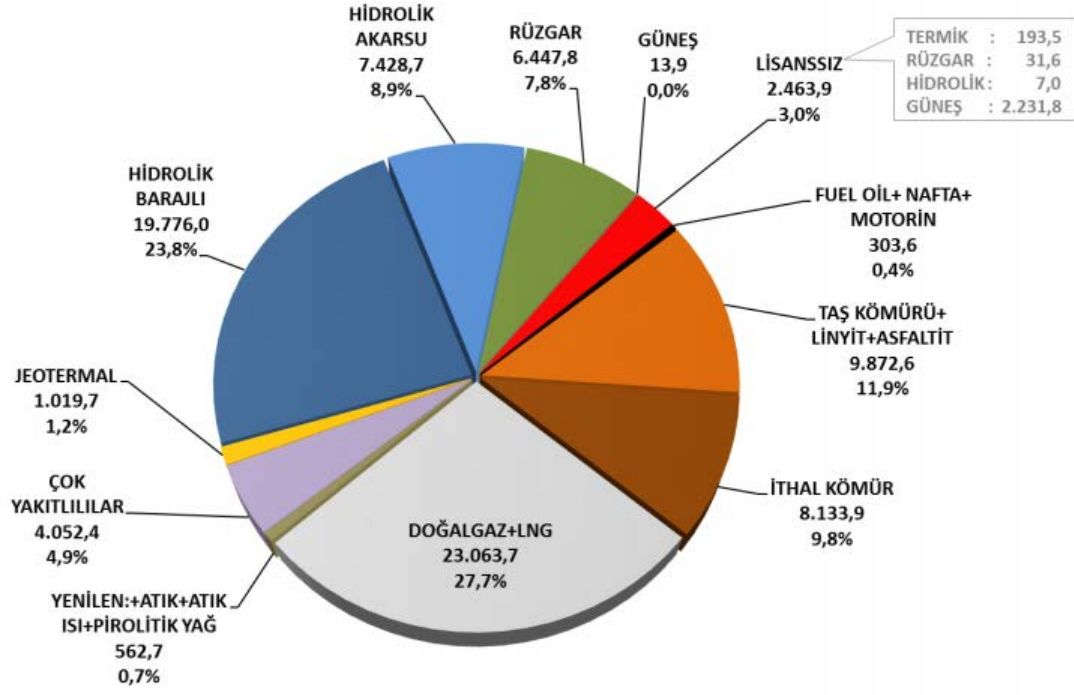
4.2. ELEKTRİK TÜKETİMİ KAYNAKLI EMİSYONLAR

Tesis üretim sürecinde birçok yerde elektrik kullanılmaktadır. Tüm üretim sürecinde 1. kağıt makinesi ve 2. kağıt üretimi bölümlerinde olmak üzere toplam 22 adet üretim kademesinde yılda yaklaşık 337 750 000 kWh elektrik kullanılmaktadır. Bu miktarın 10 500 000 kWh kadarı tesis genelinde oluşan proses atıksularının arıtılması için işletilen arıtma tesisinde kullanılmaktadır.

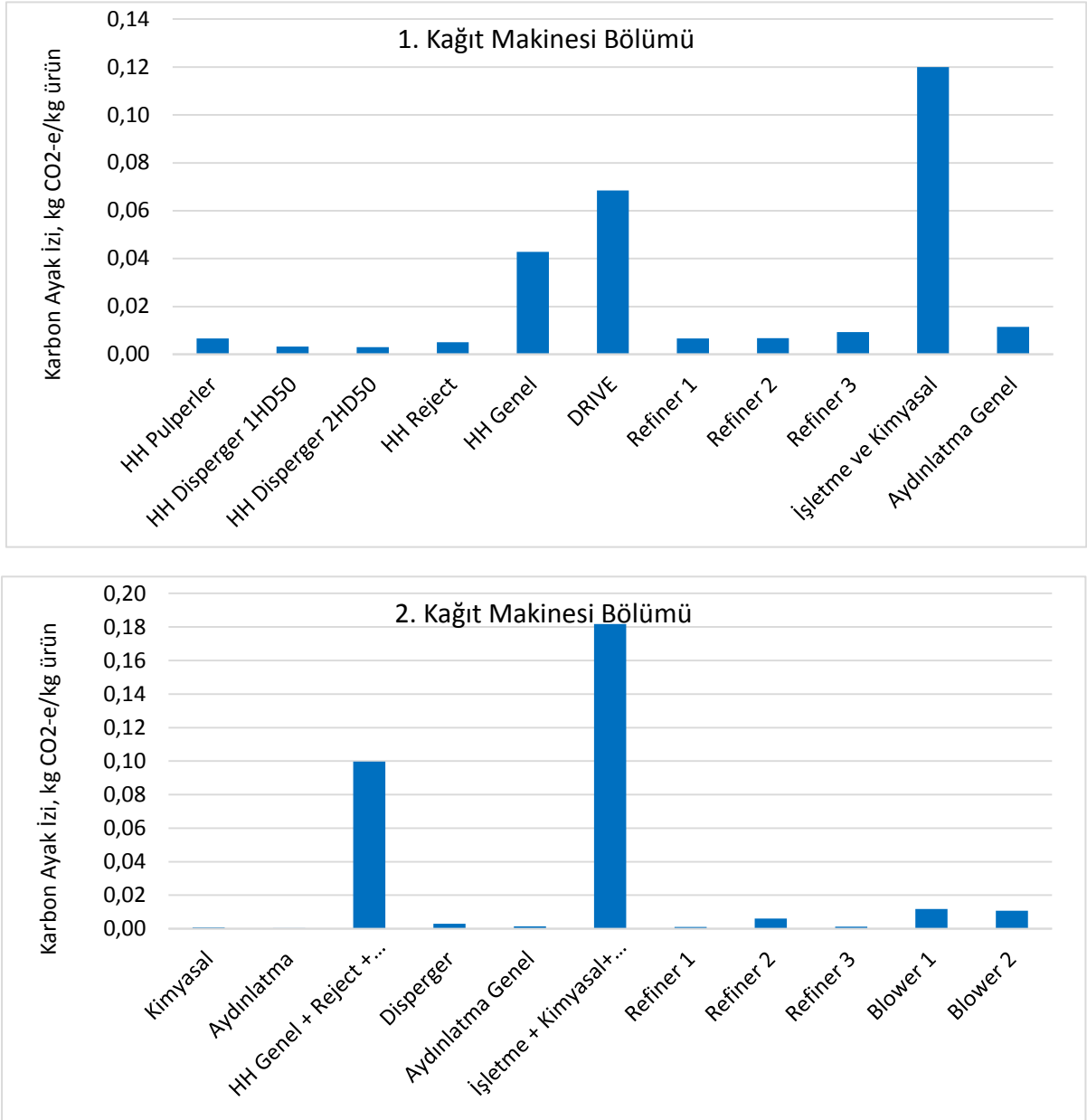
Türkiye’de elektrik üretimi fosil yakıtlı termik santrallerden, hidrolik enerji santrallerinden ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olmak üzere değişkenlik göstermektedir. 2017 yılı kasım

ayı itibarı ile Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücü 83 GW’ı aşmıştır (EMO, 2018). Şekil 4.1’de 2017 Kasım ayı itibarı ile Türkiye Elektrik enerjisi kurulu gücündeki dağılım görülmektedir. Yapılan son çalışmalar Türkiye’de elektrik üretimi kaynaklı CO₂ salımının 2010’lu yıllarda 110 milyon ton iken 2017’de 140 milyon ton değerlerine ulaştığını göstermektedir (Ari ve Köksal, 2011;El-Khozondar ve Köksal, 2017). Elektrik tüketimine bağlı CO₂ emisyon faktörü tamamen ülke genelinde sürekli değişken olan elektrik üretimindeki enerji kaynak dağılımına bağlıdır. Ayrıca santrallerde sürekli yeni teknolojilerin kullanımı ve yenilenebilir enerji payındaki ve fosil yakıt kullanımındaki payın değişmesi ile de kWh elektrik tüketimi başına salınacak CO₂ emisyonu değişmektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında literatürde elektrik üretimi kaynaklı CO₂ oluşumuna yönelik yapılan çalışmalar irdelenmiş ve Emisyon Faktörü 0,551 olarak alınarak kullanılmıştır (IEA, 2015).

Şekil 4.2’de 1. ve 2. kağıt makinesi bölümlerinde kullanılan elektrik sonucu oluşan karbon ayak izi (kg CO₂/kg ürün) miktarları karşılaştırılmıştır. 1. kağıt makinesi üretimi bölümünde bulunan 11 noktanın 1 kg ürün elde etmek için kullandığı toplam elektrik miktarı 0,515 kWh ve oluşturduğu toplam CO₂ emisyonu 0,28 kg’dır. 2. kağıt makinesi üretimi bölümünde bulunan 11 noktanın 1 kg ürün elde etmek için kullandığı toplam elektrik miktarı ise 0,577 kWh ve oluşturduğu toplam CO₂ emisyonu 0,31 kg’dır. Makineler arasındaki bu fark temelde farklı teknolojilere sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. 2. Kağıt makinesinde genelde daha yüksek hızlara çıkılması ve daha ağır gramajlı üretim yapılması ilave teknolojiler gerektirmektedir. Bu farkın bir kısmı da kimyasal bölümlerinden kaynaklanmaktadır. 2. Makinenin daha büyük kapasitede olması, daha ağır gramajlarda çalışması nedeni ile kimyasal ihtiyacı daha fazla olmaktadır. Bunu sağlayabilmek içinde gerekli olan kimyasal hazırlama üniteleri, pompalar vs. gibi ekipmanların kapasiteleri büyümekte ve enerji sarfiyatları daha yüksek olmaktadır. Atıksu arıtma tesisi ise 1 kg ürün başına 0,018 kWh elektrik tüketmekte ve 0,01 kg CO₂ emisyonu sadece elektriğe bağlı oluşturmaktadır. Şekil 4.3’de Kağıt-Karton üretimi elektrik kullanımı kaynaklı sera gazı oluşumundaki dağılım gösterilmiştir. Tesiste üretim sürecinde 1 kg ürün elde etmek için elektrik kullanımı kaynaklı toplam 0,61 kg CO₂ emisyonu oluşmaktadır.

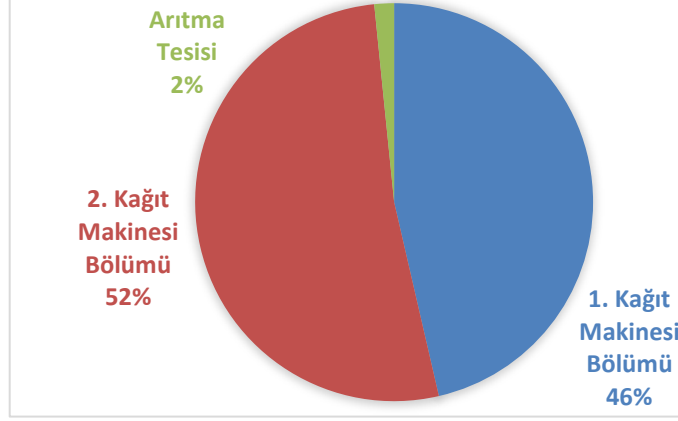


Şekil 4.1: Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu gücü dağılımı (EMO, 2018).



Şekil 4.2: 1. ve 2. Kağıt Makinesi Bölümlerinde kullanılan elektrik sonucu oluşan karbon ayak izi.

Makineler arasındaki karbon ayak izi farkları temelde teknolojilerinin ve kapasitelerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle 2. Kağıt makinesinin kapasitesinin daha yüksek olması, daha ağır gramajlarda çalışabilmesi ve daha yüksek hızlara çıkılması kimyasal hazırlama ünitelerinin daha yüksek kapasiteli olmasına sebep olmaktadır. Şekil 4.2’de kimyasal ünitelerinden kaynaklı bu fark görülebilmektedir. 1. kağıt makinesinin daha eski olması nedeni ile aydınlatma ünitelerinde de daha eski ekipmanların kullanılmasına devam edilmesi sonucunu doğurmuştur. Aydınlatmalardaki fark da aynı şekilde görülebilmektedir.



Şekil 4.3: Kağıt-Karton üretimi elektrik kullanımı kaynaklı sera gazı oluşumundaki dağılım.

4.3. ULAŞIM KAYNAKLI EMİSYONLAR

Ulaşım kaynaklı emisyonlar hammadde temininde kullanılan araçların tükettiği motorin miktarları ve fabrika içerisindeki araçların tükettiği motorin miktarının toplamından oluşmaktadır. Tablo 4.3'te tüketilen motorin miktarları ve sera gazı emisyonu hesabında kullanılan değerler verilmiştir.

Tesiste yılda yaklaşık 3010 m³ motorin tüketimi gerçekleşmiştir. Ulaşım amacı ile kullanılan motorinden yılda yaklaşık olarak 7879 ton CO₂, 319 kg CH₄ ve 63,8 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır. Tüm sera gazlarını CO₂ eşdeğeri (CO₂-e) olarak ifade etmek için CH₄ ve N₂O'nun değerliğinin CO₂'e göre ısı potansiyelleri olan 21 ve 310 ile çarpılması gerekmektedir. Bu hesaplama neticesinde motorin kullanımı kaynaklı CO₂-e sera gazı miktarı yaklaşık 7905 ton/yıl'dır. Tablo 4.4'te bu değerler verilmiştir. Tesiste incelenen yılda yaklaşık 591739,9 ton kağıt üretimi yapılmıştır. Bu durumda tesiste 1 kg ürün (kağıt-karton) üretilmesi için motorin kullanımı kaynaklı karbon ayak izi 0,0133 kg CO₂-e / kg-ürün olmaktadır.

Tablo 4.3: FV3 CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon parametreleri ve hesap özeti.

FV3 Motorin		
Tanımlar	Miktar	Birimi
FV3 Yıllık Tüketim Miktarı	3010302,90	lt
FV3 Yıllık Tüketim Miktarı	3010,303	m ³
EF (Emisyon Faktörü Motorin)*	74,1	ton CO ₂ /TJ
	3	kgCH ₄ /TJ
	0,6	TJ ve kg N ₂ O/TJ
NKD (Net Kalorifik Değer Motorin)	43	TJ/kt
d (Motorin Yoğunluk)	821,5	kg/m ³
Yıllık Tahmini Emisyon Formülü	$FV * EF * NKD * d * B$ M	ton CO ₂

*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Table 2.2

Tablo 4.4: Motorin tüketimi sera gazı emisyon değerleri.

	Sera Gazıları		
	CO ₂ ,	CH ₄	N ₂ O
Sera Gazı miktarları, ton/yıl	7879	0,319	0,0638
TOPLAM, CO₂-e, ton/yıl	7905,3		

Tesiste motorin tüketiminin büyük bir kısmı hammadde temininden kaynaklanmaktadır. Hammadde temininden kaynaklı olarak yılda yaklaşık 6303 ton CO₂, 255 kg CH₄ ve 51 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır. Fabrika içi araçlarının kullanımı kaynaklı olarak ise yılda yaklaşık 1576 ton CO₂, 64 kg CH₄ ve 12,8 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Ulaşım amacına göre oluşan sera gazı emisyon değerleri.

Sera Gazları	Hammadde Temini	Tesis İçi Kullanım
CO ₂ (ton/yıl)	6303	1576
CH ₄ (ton/yıl)	0,255	0,064
N ₂ O (ton/yıl)	0,051	0,0128

4.4. BAKIM KAYNAKLI EMİSYONLAR

Tesiste bakım işleri sırasında metallerin kesilmesi için şaloma kullanılmaktadır. Şaloma kullanımı sırasında tüketilen LPG yaklaşık olarak yılda 540 kg'dır. Bu amaçla kullanılan LPG gazından kaynaklı olarak yılda yaklaşık olarak 1,6117 ton CO₂, 0,0255 kg CH₄ ve 0,0025 kg N₂O emisyonu oluşmaktadır (tablo 4.7). Tüm sera gazlarını CO₂ eşdeğeri (CO₂-e) olarak ifade etmek için CH₄ ve N₂O' in değerliğinin CO₂'e göre ısı potansiyelleri olan 21 ve 310 ile çarpılması gerekmektedir. Bu hesaplama neticesinde motorin kullanımı kaynaklı CO₂-e sera gazı miktarı yaklaşık 1,613 ton/yıl'dır. Tablo 4.7'de bu değerler verilmiştir.

Tesiste LPG tüketiminden kaynaklanan CO₂-e sera gazı miktarı 1 kg ürüne oranlandığında 0,00000273 kg CO₂-e / kg-ürün sonucu çıkmaktadır.

Tablo 4.6: FV4 CO₂, CH₄ ve N₂O emisyon parametreleri ve hesap özeti.

FV4 LPG		
Tanımlar	Miktar	Birimi
FV4 Yıllık Tüketim Miktarı	540	kg
EF (Emisyon Faktörü LPG)*	63,1	ton CO ₂ /TJ
	1	kgCH ₄ /TJ
	0,1	ve kg N ₂ O/TJ
NKD (Net Kalorifik Değer LPG)	47,3	TJ/kt
Yıllık Tahmini Emisyon Formülü	FV*EF*NKD*B M	ton CO ₂

*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Table 2.2

Tablo 4.7: LPG tüketimi sera gazı emisyon değerleri.

	Sera Gazları		
	CO ₂ ,	CH ₄	N ₂ O
Sera Gazı miktarları, kg/yıl	1611,7	0,0255	0,0025
TOPLAM, CO₂-e, ton/yıl	1,613		

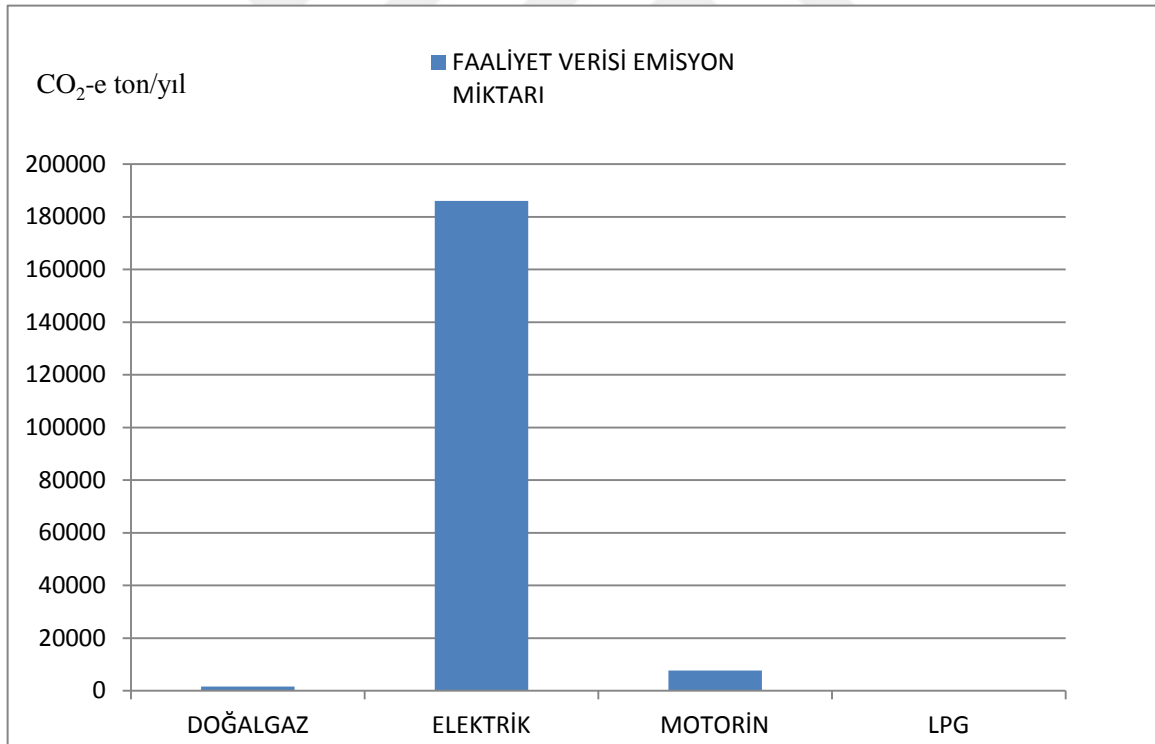
Elde edilen ton CO₂-e değerlerinin toplamının üretilen ürüne bölünmesi ile 1 ton geri dönüştürülmüş kağıt/kartonun karbon ayak izi bulunur.

Tablo 4.8: Üretilen ürün kg başına oluşan CO₂-e emisyonu.

Faaliyet Verisi	1 Kg Ürün Başına Oluşan CO₂-e Emisyon Miktarı (kg CO₂-e / kg-ürün)
Doğal Gaz	0,00250
Elektrik	0,61
Motorin	0,0133
LPG	0,00000273
Toplam	0,625

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye, Kyoto Protokolü kabul edildiğinde BMİDÇS tarafı olmadığı için, Kyoto Protokolü'nün 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci yükümlülük döneminde herhangi bir sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğüne tabi değildi. Ancak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülen, 29068 sayılı, 22 Temmuz 2014 tarihli “Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında tebliğ” ve 29003 sayılı, 17 Mayıs 2014 tarihli “Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmeliği’ne” göre firmaların sera gazı emisyonlarını hesaplaması, 5 yıllık projeksiyon yapmaları ve bakanlık tarafından akredite doğrulayıcı kuruluşlara doğrulatmaları ve emisyon raporlarını bakanlığa sunmaları gerekmektedir. Bu noktada firmalar sera gazları emisyonlarını sürekli takip etmeleri zorunluluk haline gelmiştir.



Şekil 5.1: Faaliyet verileri kaynaklı emisyon miktarları.

Firmanın Sera gazı emisyonuna neden olan en yüksek faaliyet verisi elektrik kullanımınıdır. Bu noktada karbon ayak izinin düşürülmesi için ilk adım olarak elektrik kullanımının azaltılmasına yönelik uygulamalara odaklanılması gerekmektedir. Enerji yönetim uygulamaları ile önemli başarılar elde edilebilir. Firma bünyesinde “ISO 50001 Enerji

Yönetimini Sistemini uygulayarak” elektrik tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapabilir. Bu kapsamda:

- Enerji Yöneticisi belirlenebilir,
- Farklı departmanların personellerinden oluşan Enerji Yönetim Birimi oluşturulabilir,
- Bu birim Enerji Yöneticisi başkanlığında düzenli olarak toplantılar yaparak enerji tüketim noktalarının belirlenmesi, sürekli takibi, hedefler belirlenmesi ve bu hedeflere ulaşmak için enerji tüketiminin azaltımına yönelik projeler geliştirebilir.

Ayrıca firma satın alımlarında elektrikli ekipmanların enerji sınıflarının en az “A” sınıfı olmasını talep edebilir. Tercih olarak “A+” sınıfı enerji verimliliğine sahip ekipmanlar kullanılabilir.

Tesisin çok büyük bir arazi içerisinde kurulu olması nedeni ile ciddi bir aydınlatma ihtiyacı bulunmaktadır. Aydınlatma için kullanılan eski armatürler değiştirilerek yüksek enerji verimliliğine sahip LED aydınlatmalar takılabilir.

Bunun yanı sıra şirket içi eğitimlerde füzuli elektrik tüketimlerinin azaltılmasına yönelik çalışanlara elektrik tüketimine yönelik düzenli ve sürekli olarak eğitimler verilebilir.

Sanayi tesislerinin alacağı önlemlerinin yanı sıra ülke olarak yenilenebilir enerji üretimi yapan tesislerin kurulumu ve kullanımın yaygınlaştırılması, bu tesislerin elektrik üretim paylarının artırılması ile sanayi tesislerinin elektrik kullanımından kaynaklanan karbon ayak izlerinin de düşmesine fayda sağlanacaktır. Bu tesislerde üretilen elektrik nedeni ile elektrik tüketimi EF değerleri düşer. Örneğin ağırlıklı olarak termik santral kullanılarak elektrik üreten bir ülkenin EF değeri, yenilenebilir enerji tesislerinde elektrik üretimi yüksek olan bir ülkenin EF değerinden daha yüksek olacaktır.

Elektrik tüketiminden sonra firmanın sera gazı emisyonuna sebep olan diğer bir faaliyet verisi motorin tüketimidir. Buradaki en büyük pay hammaddenin taşınması kaynaklıdır. Bu noktada karbon ayak izini azaltmaya yönelik olarak firma nakliye işini yaptığı araçlarında Euro 6 standardına uygun olanları tercih edebilir.

Küresel ısınma ve sera etkisinin her geçen gün etkisini arttırdığı ve ülkelerin buna karşı önlem alma zorunluluklarının artmasıyla beraber sanayi tesislerinin sera gazı emisyonlarını ve karbon ayak izini takip edip, azaltılması yönünde çalışmalar yapması gerektirecektir. Bu alanda küresel anlamda toplumun farkındalığının da artmasıyla düşük karbon ayak izine sahip ürünlerin pazarda rekabet gücü de yüksek olacaktır.



KAYNAKLAR

- Ari, I., Köksal M.A., 2011, *Carbon dioxide emission from the Turkish electricity sector and its mitigation options*, Energy Policy, 39, 6120–6135.
- Atabey T., 2013, *Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duru B., 2001, *Viyana'dan Kyoto'ya İklim Değişikliği Serüveni*, Mülkiye, C.XXV, S. 230, s.301-333.
- El-Khozondar, B., Köksal M.A., 2017, *Elektrik Üretiminde Su Tüketimi Ve Co2 Salımı İlişkisi*, VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017-Antalya.
- EMO, 2018, *Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri*, http://www.emo.org.tr/ekler/7f85aa510d25018_ek.pdf?tipi=41&turu=X&sube=0 [Ziyaret Tarihi: 21 Mayıs 2018].
- Forster P., (2007) *Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, eds Solomon S, et al.(Cambridge UnivPress, Cambridge, UK, and New York), s. 747–845.
- GISTEMP Team, 2018, *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)* <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/customize.html> [Ziyaret Tarihi: 18 Nisan 2018]
- IPCC 2007, *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997, *Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development*, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1, International Energy Agency, Paris, ; pages: 1-4.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997, *Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development*, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1, International Energy Agency, Paris, pages: 3-23.
- IEA 2015, *CO₂ Emissions from Fuel Combustion – Highlights, 2015 edition*, IEA Publications, Paris, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2016.html>, [Ziyaret Tarihi 15.Haziran 2016]

- Metcalfe S, Derwent D. (2005) *Atmospheric pollution and environmental change*, Editor: Matthews J., Oxford University Press Inc., New York.
- Pachauri R.K. and Meyer L.A.,2014, *Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>, [Ziyaret Tarihi: 17.Nisan.2018)].
- Pekin M.A., 2006, *Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Shell 2018, *Fuel Save Diesel filonuz için daha düşük yakıt harcamaları ve emisyon oranları* <https://www.shell.com.tr/kurumsal-musteriler/shell-ticari-yakitlar/urunlerimiz/textimage.stream>. [Ziyaret Tarihi 10 Haziran 2016].
- Tektanlı M., 2008, *Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri*,Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi*, <http://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362> [Ziyaret Tarihi: 21 Ocak 2018].
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, *Kyoto Protokolü*, <http://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363> [Ziyaret Tarihi: 21 Ocak 2018].
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013, *Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları; 2011 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri*, <http://iklim.csb.gov.tr/turkiye-nin-2011-ulusal-sera-gazi-emisyon-envanteri-i-4392> [Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2017].
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013, *Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları; 2011 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri*, <http://iklim.csb.gov.tr/turkiye-nin-2011-ulusal-sera-gazi-emisyon-envanteri-i-4392> [Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2017].
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2013, *Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları; 2012 Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri*, <http://iklim.csb.gov.tr/turkiye-nin-2012-ulusal-sera-gazi-emisyon-envanteri-i-4398> [Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2017].
- TÜİK 2017, National Greenhouse Gas Inventory Report1990-2015, *Annual Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Sayfa 28.
- TÜİK 2017, National Greenhouse Gas Inventory Report1990-2015, *Annual Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Sayfa 27.
- TÜİK 2016, *Seragazı Emisyon İstatistikleri* <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675> (Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2018).

Türkiye Kağıt Sanayi Vakfı 2011, *Türkiye'nin Kağıt Üretiminde Dünyadaki Yeri*, <http://www.sksv.org/tr/turkkagit.php>, [Ziyaret Tarihi: 31 Aralık 2017].

UNFCCC 2004, İklim Özen Göstermek: *İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü İçin Kılavuz*, Türkçe basım Çevre ve Orman Bakanlığı ile UNDP ortak projesi eşgüdümünde UNFCCC Sekreteryasından sağlanan teknik destekle gerçekleştirilmiştir, Sayfa 2.

Wikipedia katılımcıları (2017). *Karbondiyoksit*. Vikipedi, Özgür Ansiklopedi. <url://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Karbondiyoksit&oldid=18149892>. [Ziyaret Tarihi 18 Nisan 2018]

World Meteorological Organization (WMO) 2016, *The Global Climate in 2011–2015*, Geneva 2, Switzerland, ISBN 978-92-63-11179-1.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Rıza ARICI
Doğum Yeri	Kırklareli/Vize
Doğum Tarihi	19.05.1987
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05454204763
E-Posta Adresi	rizaarici@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2010

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı