T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK ATIK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ YÖNETİMİ: KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI

Duygu YILMAZ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Atakan ÖNGEN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 19.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Atakan ÖNGEN(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Burcu ONAT
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Asude HANEDAR
Tekirdağ 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-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır..

ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan ve tüm süreçte desteğini esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr. Atakan ÖNGEN' e teşekkürlerimi sunarım. Kaynak aramak için yardım talep ettiğim Ankara'da faaliyet gösteren Evciler Kimya Mad. Ve Değ. Met. San. Tic. A.Ş. firmasından başta Levent EVCİLER olmak üzere, tüm çalışanlara ve bu zorlu tez sürecinde benden desteklerini bir an için bile esirgemeyen Serkan TATLIDİL, Murat BACAKSIZ ve Umut Erkan KILINÇARSLAN'a, tüm eğitim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Haziran 2019 Duygu YILMAZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ATIK YÖNETİMİ 3
2.1.1. Sürdürülebilirliğin Tanımı, Kapsamı ve Bileşenleri 3
2.1.2. Çevre İçin Sürdürülebilir Kalkınma 5
2.1.3. Global Düzeyde ve Türkiye'de Atık Yönetim Uygulamaları 7
2.1.4. Atıkların Sınıflandırılması 10
2.1.5. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Dönüşüm Süreci 13
2.2. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ 15
2.2.1. Yaşam Döngüsü Analizi Tanımı ve Kapsamı 18
2.2.2. Yaşam Döngüsü Analizi Kavramının Ortaya Çıkışı ve Tarihçesi 19
2.2.3. Yaşam Döngüsü Analizi'nin Türleri 20
2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMA 22
2.4. SERA GAZLARI 23
2.5. KARBON AYAK İZİ TANIMI VE TARİHÇESİ 28
2.5.1. Kişisel Karbon Ayak İzi 28
2.5.2. Kurumsal Karbon Ayak İzi 29
2.6. ULUSLARARASI SÖZLEŞME VE PROTOKOLLER 32
2.6.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 34
2.6.2. Kyoto Protokolü 35
2.6.3. ISO 14064 Standardı ve Diğer Kılavuzlar 43
3. MALZEME VE YÖNTEM **46**
3.1. KURULUŞ VE FAALİYET SINIRLARI 46

3.2. KARBON AYAK İZİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ 51
3.2.1. Standart Yöntem 52
3.2.2. Kütle Dengesi Yöntemi 53
3.2.3. Ölçüm Temelli Yöntem 54
3.3. TESPİT VE KABULLER 55
3.4. FAALİYET VERİLERİ 58
3.5. BELİRSİZLİK DEĞERLENDİRMESİ VE KADEME YAKLAŞIMI 63
4. BULGULAR 67
4.1. SERA GAZI ENVANTERİ VE KURUMSAL KARBON AYAK İZİ DEĞERLENDİRMELERİ 67
4.1.1. Doğrudan Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 1) 67
4.1.1.1. Isınma faaliyeti sonucu oluşan emisyonlar 67
4.1.1.2. Ulaşım ve Atık Taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar 68
4.1.1.3. İklimlendirme cihazları, soğutucu ekipmanlar ve yangın söndürme sistemlerinden kaynaklanan kaçak emisyonlar 68
4.1.2. Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 2) 70
4.1.2.1. Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonlar 70
4.1.3. Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 3) 72
4.1.3.1. Elektrik tüketiminde iletim ve dağıtım Kayıplarından kaynaklanan emisyonlar 72
4.1.4. Biyokütlenin Yakılması 72
4.1.5. Sera Gazı Emisyon Hesaplarının Belirsizlik Değerlendirmesi 72
4.1.6. Geri Dönüşüm Prosesi ve Emisyon Değerleri 79
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 81
KAYNAKLAR 85
ÖZGEÇMİŞ 89

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Sürdürülebilirliğin Bileşenleri (Özmehmet, 2008).....3

Şekil 2.2 : Sürdürülebilirliğin Bileşenlerine Farklı Bir Bakış Açısı (Hart, 1999). 4

Şekil 2.3 : Atık Yönetimi Piramidi (Clarke, 2018) 8

Şekil 2.4 : Tıbbi Atık Örnekleri (Şenol, 2018). 12

Şekil 2.5 : Elektronik Atık Örnekleri (Şenol,2018). 13

Şekil 2.6 : YDA uygulama alanları (James, 2003). 16

Şekil 2.7 : Yaşam Döngüsü Analizi Aşamaları (EPA, 2006) 18

Şekil 2.8 : İklim Değişikliği Oluşumu ve Etkileri (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).....22

Şekil 2.9 : CO_2, CH_4 ve N_2O gazlarının atmosferik konsantrasyonları (Blasing, 2016).....26

Şekil 2.10 : HFC_S , CFC_S ve SF_6 gazlarının atmosferik konsantrasyonları (Blasing, 2016).....27

Şekil 2.11 : Kurumsal Karbon Ayak İzi ve Kapsam Şeması (Ranganathan, 2004) 31

Şekil 2.12 : Emisyon Ticareti Sistemi'nin Uygulanışı (Pamukçu, 2007).....42

Şekil 2.13 : IPCC Kılavuzları 45

Şekil 3.1 : Tesis İş Akış Şeması 48

Şekil 3.2 : Kuruluş ve raporlamaya dahil edilen tesisler 49

Şekil 3.3 : Fabrika Faaliyet Sınırları.....49

Şekil 3.4 : Tesis Genel Görünümü.....50

Şekil 3.5 : Standart Yöntem.....52

Şekil 3.6 : Kütle Dengesi Yöntemi 53

Şekil 3.7 : Ölçüm Temelli Yöntem.....54

Şekil 3.8 : Tesis 2'nin 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki doğalgaz tüketimi 59

Şekil 3.10 : 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait araç yakıt tüketim verileri 60
Şekil 3.11 : Tesislere ait Elektrik Tüketim Verileri.....62
Şekil 3.12 : Dolaylı emisyonların belirsizlik değerlendirme tablosu örneği 65
Şekil 3.13 : Doğrudan emisyonların belirsizlik değerlendirme tablosu örneği 66
Şekil 4.1 : Doğalgaz kullanımını kaynaklı emisyon değerleri.....67
Şekil 4.2 : Araç kullanımından kaynaklanan emisyon değerleri 68
Şekil 4.3 : Klimalardan kaynaklanan emisyon değerleri 69
Şekil 4.4 : Yangın tüplerinden kaynaklanan emisyon değerleri.....69
Şekil 4.5 : Buzdolapları ve su sebillerinden kaynaklanan emisyon değerleri 70
Şekil 4.6 : Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon değerleri 71
Şekil 4.7 : Elektrik iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklanan emisyon değerleri.....72
Şekil 4.8 : 2015 yılı için belirsizlik değerlendirmesi.....75
Şekil 4.9 : 2016 yılı için belirsizlik değerlendirmesi.....76
Şekil 4.10 : 2017 yılı için belirsizlik değerlendirmesi.....77
Şekil 4.11 : 3 yıllık periyotta toplam karbon emisyon değerleri 79
Şekil 4.12 : İşlenen birim atık başına oluşan karbon emisyon değerleri 80

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Sürdürülebilir Toplulukların Sekiz Özelliği (Oto ve Diğ., 2011). 5

Tablo 2.2 : Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Bileşenleri (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2018). 13

Tablo 2.3 : ISO 14040 Çevre Yönetimi Yaşam Döngüsü Analizi Serisi (Çokaygil ve diğ., 2005).....19

Tablo 2.4 : Yaşam Döngüsü Analizi' nin bazı uygulamalardaki detay seviyesi (EEA, 1997).....21

Tablo 2.5 : BMİDÇS Ek-I ve Ek-II Ülkeleri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018) 34

Tablo 2.6 : Kyoto Protokolü kapsamında azaltılması hedeflenen Sera Gazları (Birleşmiş Milletler Protokolü, 1997) 35

Tablo 2.7 : BMİDÇS ve Kyoto Protokolünün Karşılaştırılması 36

Tablo 2.8 : BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nde Taraflar ve Sorumluluklar 37

Tablo 2.9 : Kyoto Protokolü Mekanizmaları ve Karbon Birimleri 38

Tablo 2.10 : Temiz Kalkınma Mekanizmaları ve Gönüllü Karbon Dengelemeleri Kapsamında Örnek Karbon Dengelemesi Projeleri (Bumpus ve diğ., 2008).....39

Tablo 2.11 : Ortak Yürütme Mekanizmaası Proje Tipleri (Fenhann, 2018) 40

Tablo 2.12 : ISO 14064 - Sera Gazları Serisi 43

Tablo 3.1 : Faaliyet Sınırları ve Rapor Kapsamı 50

Tablo 3.2 : Sera Gazları Küresel Isınma Potansiyelleri (Myhre ve diğ., 2013) 55

Tablo 3.3 : Kuruluşun Elektrik Tüketim Verileri 60

Tablo 3.4 : Kademe Yaklaşımları.....63

Tablo 4.1 : Kuruluş için faaliyet verileri, emisyon faktörleri ve ölçüm belirsizlikleri.....73

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$kgCO_{2-eş}$	: kilogram CO_2 eşdeğeri
lt	: litre
km	: kilometre
t	: ton
TJ	: Terajoule
CO_2	: Karbondioksit
CH_4	: Metan
N_2O	: Diazotmonoksit
HFCs	: Hidroflorokarbonlar
CFCs	: Kloroflorokarbonlar
PFCs	: Peflorokarbonlar
SF_6	: Kükürt hekzaflorür
O_3	: Ozon
E	: Emisyon miktarı
EF	: Emisyon faktörü
FV	: Faaliyet verisi
NKD	: Net kalorifik değer
YF	: Yükseltgenme faktörü
C	: Karbon içeriği

Kısaltmalar	Açıklama
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi
LCA	: Life Cycle Analysis
REPA	: Resource and Environmental Profile Analysis (Kaynak ve Çevresel Profil Analizleri)
FFCA	: Full Fuel Cycle Analysis (Tam Yakıt Döngüsü Değerlendirmesi)
PET	: Polietilen Tereftalat
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklinm Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
KIP	: Küresel Isınma Potansiyeli

GWP : Global Warming Potential

BM : Birleşmiş Milletler (United Nations-UN)

ISO : Uluslararası Standartlar Teşkliatı (International Organization for Standardization)

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

EEA : Avrupa Çevre Ajansı (Europen Environment Agency)

UNEP : Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)

UNFCC : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)

EPA : Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency)

IPCC : Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)

UNESCO : Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Teşkilatı (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)

PEGSÜ : Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler

AB : Avrupa Birliği

CAN : İklim Eylem Ağı (Climate Action Network)

OECD : İktisadi Kalkinma ve İşbirligi Örgütü (Organization For Economic Cooperation And Development)

EEE : Elektronik ve Elektrikli Eşya

AEEE : Atık Elektronik ve Elektrikli Eşya

CRT : Katot ışın tüpleri (Cathode Ray Tube)

LPG : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquified Petroleum Gas)

CNG : Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas)

WRI : Dünya Kaynakları Enstitüsü (World Resources Institute)

WBCSD : Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (World Business Council for Sustainable Development)

WMO : Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK ATIK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ YÖNETİMİ: KARBON AYAK İZİNİN HESAPLANMASI

Duygu YILMAZ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Atakan ÖNGEN

Elektronik atıkların geri dönüşümü, geri dönüşüm sektörü içerisinde ülkemizde öneminin yeni anlaşılmaya başlandığı ve oluşturulan yönetmelikler ile konuyla ilgili çalışmalara hız kazandırıldığı bir olgudur. Elektronik atıklar ekonomik değerleri yanı sıra tekrar değerlendirilebilir bir materyal olmaları ve deponi sahalarındaki kapladıkları alan yönünden yasam döngüleri önemle takip edilmesi gereken bir atık grubudur.

Bu çalışmanın amacı; geri dönüşüm sektöründe karbon ayak izi uygulamasının araştırılması ve bu kapsamda örnek olarak bir elektronik atık geri dönüşümü işleme tesisinde yaşam döngüsü süreci kapsamında karbon ayak izi hesaplamalarının ortaya konulması ve verilerin değerlendirilmesidir.

Haziran 2019, 102 sayfa.

Anahtar kelimeler: Yaşam Döngüsü Analizi, Karbon Ayak İzi, Sürdürülebilirlik, Elektronik Atık Geri Dönüşümü

SUMMARY

M.Sc. THESIS

LIFE CYCLE MANAGEMENT APPROACH IN ELECTRONICAL WASTE RECYCLING FACILITY: CARBON FOOT PRINT ANALYSIS

Duygu YILMAZ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Atakan ÖNGEN

The recycling of the electronic wastes and the importance of the recycling sector in our country has begun to be understood and the studies on the subject have been accelerated. Electronic wastes are a recyclable materials as well as economic values, and life cycles in terms of the area they occupy in the landfill sites are a waste group that should be followed with importance.

The purpose of this study is to investigate the carbon footprint application in the recycling sector and to evaluate the carbon footprint calculations within the scope of the life cycle process in an electronic waste recycling processing plant.

June 2019, 102 pages.

Keywords: Life Cycle Management, Carbon Footprint, Sustainability, Electronic Waste Recycling

1. GİRİŞ

20. yy'da büyük ilerlemeler yaşanmış olsa da toprak, su, hava ve yer altı zenginlikleri gibi doğal kaynakların bilinçsiz tüketimleri; sera etkisi, küresel ısınma, asit yağmurlarının oluşması, ozon tabakasının incelmesi, toprak erozyonu ve çölleşme ve benzeri birçok olumsuz sonucu da beraberinde getirmiştir. Bu etkilerle bağlantılı olarak "sürdürülebilirlik" olgusu üzerinde daha fazla düşülmesi gereken bir kavram haline gelmiştir

Sürdürülebilirlik, genel olarak bir yaşam döngüsü yaklaşımını da beraberinde getirmektedir. Yaşam döngüsü kavramının mantığı, geleneksel olarak çevre mühendisliğinin üretimin sonrasındaki faaliyetlere odaklanması yerine; üretim, kullanım, tüketim ve atık aşamalarını da içeren zincirin tüm aşamalarında çevresel açıdan bakış açısını genişletmektir. Bu, bütünsel ve analiz edilebilen bir yöntem olup, bir ürünün veya sürecin tüm yaşamı boyunca mümkün olduğunca tüm paydaşlarının arasındaki ortak çalışmayı zorunlu hale getirmektedir (Çokaygil ve diğ., 2005).

Ülkemizde fazlasıyla yeni bir teknik olan "Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)", çevre yönetim sistemleriyle ilişkili olarak, bir ürünün ve/veya sürecin tüm tesirlerinin belirlenmesinde faydalı bir yöntemdir. Bu yöntemden olabildiğince yararlanmak Avrupa Birliği uyum sürecinde ve gelecekte sanayi kuruluşları için oldukça mühim açılımlara fırsat verecektir.

YDA, bir ürünün veya hizmetin oluşturulması için kullanılan ham maddelerin ilk üretiminden başlanarak, tüm üretim, sevk, kullanım ve sonrasında oluşan atıkların bertaraf, geri dönüşüm adımlarını da içeren yaşam döngüsünün tüm evrelerinde çevresel etkilerini değerlendirilmesi, raporlanması ve yönetilmesi için kullanılan bir yaklaşımdır.

İnsanlar, şirketler ve ülkelerin çevreye olan hassasiyetlerinde meydana gelen artışla birlikte, geleneksel proje süreç yönetimlerinde yer maliyet hesapları, performans değerlendirmelerine ek olarak artık günümüzde yeni projeler hazırlanırken o projenin doğaya, doğal kaynaklara ve yaşamsal döngüye karşı etkileri de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu bağlamda ise 1990'lı yıllardan bu yana etkin olarak kullanılan ve sürekli geliştirilen yöntem olarak Yaşam Döngüsü Analizi karşımıza çıkmaktadır (Guinee ve diğ., 2011).

Yaşam döngüsü analizi veya yaşam döngüsü değerlendirmesi su dengeleri, karbon ayak izi, malzeme akışı analizlerinden, ilgili oluşumun karşılaştığı ekonomik ve sosyal etkenlere kadar giden çeşitli uygulamalar ile aynı ilkelere dayanmaktadır. Bir ürünün veya hizmetin bütün yaşam döngüsünü değerlendirilerek çevresel etkileri kısmen de olsa önlenebilmekte olup, aynı zamanda bu etkilerin analiz edilmesi sağlanmaktadır. Sürecin aşamalarından hangisinin (ham maddelerin üretilmesinden bertaraf edilmesine kadar olan tüm aşamalar) en fazla çevresel zarara sebep olduğunu belirlenmesine olanak sağlar. Bu nedenle, faydası en yüksek olanın çevresel performansını artıracak şekilde organizasyon ve oluşumların aktivitelerinin belirlenmesi ve ayarlanabilmesi mümkün olmaktadır. (Yılmaz, 2017).

Karbon ayak izi, insan faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel zararın bir ölçüsü olarak, açığa çıkan sera gazı emisyonu miktarının birim karbondioksit eşdeğeri olarak ifade edilen ölçüsüdür. Karbon ayak izi iki temel parçadan oluşmaktadır: Birincil ayak izi (doğrudan) ev/kuruluş içerisindeki faaliyetlerinden ulaşım ve enerji tüketimi de dahil olmak üzere fosil yakıtlarının kullanımından açığa çıkan direkt CO_2 emisyonlarının toplamıdır. İkincil ayak izi (dolaylı) ise kullanılan ürün veya hizmetlerin bütün yaşam döngüsünden, imalat, sevk, kullanım ve en sonunda oluşan atıkların bertarafları ile ilgili olan dolaylı yoldan oluşan CO_2 emisyonlarının toplamıdır (Çektimur, 2013).

Elektronik atıkların geri dönüşümü, geri dönüşüm sektörü içerisinde ülkemizde öneminin yeni anlaşılmaya başlandığı ve oluşturulan yönetmelikler ile konuyla ilgili çalışmalara hız kazandırıldığı bir olgudur. Elektronik atıklar ekonomik değerleri yanı sıra tekrar değerlendirilebilir bir materyal olmaları ve deponi sahalarındaki kapladıkları alan yönünden yaşam döngüleri önemle takip edilmesi gereken bir atık grubudur.

Bu çalışmanın amacı; geri dönüşüm sektöründe karbon ayak izi uygulamasının araştırılması ve bu kapsamda örnek olarak bir elektronik atık geri dönüşümü işleme tesisinde yaşam döngüsü süreci kapsamında karbon ayak izi hesaplamalarının ortaya konulması ve verilerin değerlendirilmesidir.

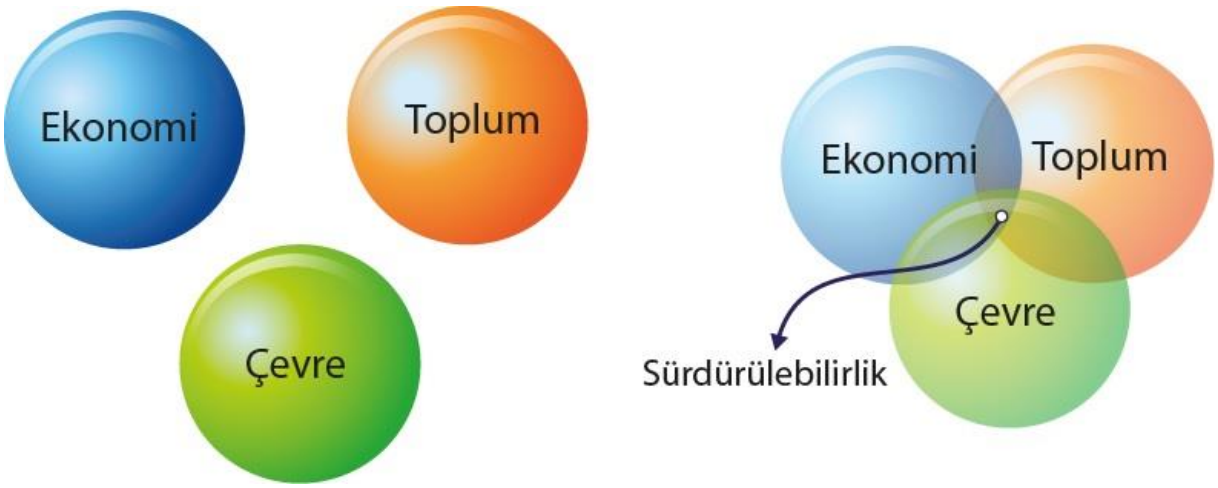
2. GENEL KISIMLAR

2.1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ATIK YÖNETİMİ

2.1.1. Sürdürülebilirliğin Tanımı, Kapsamı ve Bileşenleri

Sürdürülebilirlik kavramı günümüzde pek çok alanda kullanılmakla birlikte, genel anlamıyla sürdürme, destekleme, devam ettirme ve sağlama anlamlarında kullanılmaktadır. Köken itibariyle sürdürülebilirlik (sustainability) kelimesi, Latince 'Sustinere' kelimesinden türemiştir. Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak balıkçılık, ormanlar ve tarım alanlarında kullanılmıştır. Literatürde yerini bulması ise 18. yüzyılın başlarına dayanır. Ayrıca 1987 yılında, Birleşmiş Miletler Dünya Çevre ve Geliştirme Komisyonu'nun hazırlamış olduğu Ortak Geleceğimiz Raporu'nda da yer alan bir kavramdır (Tıraş, 2012).

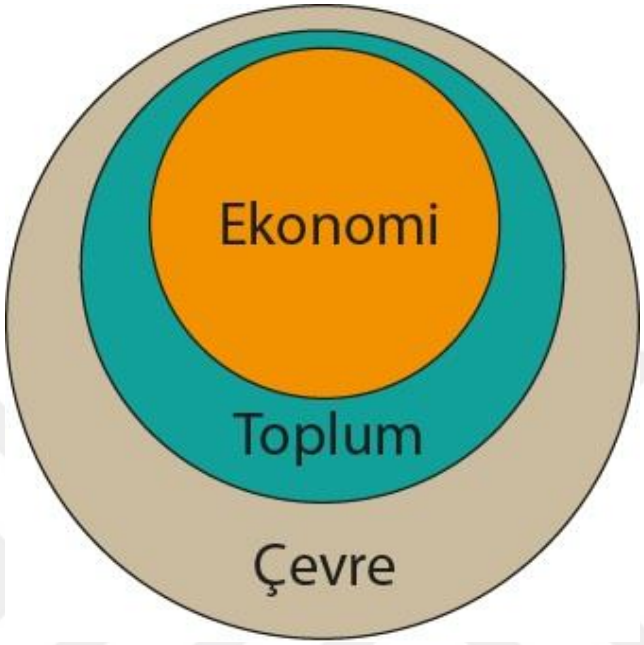
Konu çevresel sürdürülebilirlik olsa dahi çevre toplum ve ekonomiden bağımsız olarak düşünülemez. Çünkü temelde sürdürülebilirlik kavramının üç bileşeni vardır: çevre, toplum ve ekonomi. Sürdürülebilirlik, toplumların yaşam kalitesini ve ekonomisini zedelemeden tüketici düşünceden sıyrılıp, toplumsal sorumlulukları, evrensel işbirliklerini ve ekonomik çözümleri hedefleyen yenilikçi ve bilinçli bir düşünce stilidir. Şekil 2.1'de ekonomi, toplum ve çevre üçlüsünün bir arada düşünüldüğünde sürdürülebilirliğin elde edilebileceğini yansıtan görsel görülmektedir.



Şekil 2.1 : Sürdürülebilirliğin Bileşenleri (Özmehmet, 2008)

Sürdürülebilirliğin bu üç bileşeni Hart (1999) tarafından farklı bir bakış açısı ile ele alınmıştır. Bu bakış açısında çevre; hem toplumu hem de ekonomiyi kapsayan bir mekanizmadır. Ekonomi

ile toplum birleşerek çevreyi oluşturur. Her türlü tanımdan anlaşılacaktır ki, sürdürülebilirlik bahsedilen alanların arasında bir köprü, bağlayıcı bir etkendir. Bulunacak tüm çözümler bu bileşenlere fayda sağlayacak nitelikte olmalıdır.



Şekil 2.2 : Sürdürülebilirliğin Bileşenlerine Farklı Bir Bakış Açısı (Hart, 1999).

Geçmişte ekonomik, toplumsal ve çevresel sürdürülebilirlik ayrı ayrı düşünülmüştür. Ancak çok geçmemiştir ki bu kavramların bağımsız düşünülemeyeceği, herhangi biri için bulunan çözümün diğerleri için uzun vadede bir anlam ifade etmeyeceği anlaşılmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı, kullanım şekli itibariyle bir toplumun her türlü kültürel, sosyal, bilimsel, doğal ve insan kaynaklarını bilinçli bir şekilde kullanılarak, gelecek nesillere aktarılmasını temel alan bir bakış oluşturan süreç olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirlik, birçok alanda kullanılan ve bu alanları birbiri ile birleştiren bir kavramdır. Çevre bilimi başta olmak üzere, adalet, iktisat, işletme, siyaset ve hukuk gibi birçok alanda kullanım bulur. Bunun yanı sıra, hak, dürüstlük ve demokrasiyi de içine alan diyalektik bir bakış açısına da sahiptir. Ancak genel olarak, hangi alanda kullanılırsa kullanılsın bu kavrama ait temel bir özelliğe değinecek olursak; kullanıldığı yerin kaynaklarının korunması ve bilinçli kullanılması, kaynakların gelecek nesillere aktarılabilmesi ve insan geleceğidir. Bir diğer deyişle, sürdürülebilirlik kavramı sürekli gelişmeyi ve bu gelişmenin gelecekte de devam etmesi gerekliliğini yansıtır (Menteşe, 2017).

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere sürdürülebilirlik, her türden kaynağın korunması için toplumlar tarafından öncelik verilmesi gereken hayati bir kavramdır. Şüphesiz ki sürdürülebilir toplumların oluşması için en önemli etken insanlardır. Devletler ve toplumlar sürdürülebilirliğe öncelik vererek birbirlerine bu konuda destek olurlarsa geleceğe umut ile bakan gelişimler yaşanabilir.

En iyi yaşam koşullarının oluşturulmasının yolu, tarihsel, kültürel değerlerin ve doğal kaynakların korunup gelecek nesillere aktarılmasından geçmektedir. Bu bağlamda toplumların sadece çevre alanında değil her alanda sürdürülebilirlik kavramına önem vermesi gerekmektedir. Çünkü sürdürülebilirlik kavramında her alan iç içe ve birleştirici roldedir. Tablo 2.1'de anlatılan kavramlar ışığında sürdürülebilir toplumların sekiz temel özelliği açıklanmıştır.

Tablo 2.1 : Sürdürülebilir Toplulukların Sekiz Özelliği (Oto ve Diğ., 2011).

Aktiflik, Kapsayıcılık, Güvenlik	Güçlü bir yerel kültür ve diğer ortak topluluk faaliyetleriyle ortaya çıkan hoşgörü, bağlılık ve eşitlik.
İyi İdare	Aktif ve kapsayıcı temsil, liderlik ve katılım.
İyi Ulaşım	İnsanları okullarına, işlerine, sağlık hizmetleri ve diğer tüm hizmetlere erişimini sağlayacak olan iyi ulaşım yöntemleri.
İyi Hizmet	Topluluktaki herkes tarafından erişilebilecek kamusal, özel ve gönüllü hizmetler.
Çevreye Duyarlılık	İnsanların daha iyi yaşayabilmesi için, çevreye duyarlı şekilde düzenlemeler.
İyi Gelişim	Gelişen, yenilikçi ve farklı bir yerel ekonomi.
İyi Tasarım ve İnşaat	Doğal çevre ve kaliteli bir yapılaşma.
Herkes İçin Eşitlik	Bugün olduğu kadar ve gelecekteki tüm toplulukları öngören bir anlayış biçimi.

2.1.2. Çevre İçin Sürdürülebilir Kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma, en basit haliyle çevreye karşı duyarlılığın ekonomiye zarar vermeyecek şekilde olmasıdır. Bu anlayışa göre, çevre sorunlarının ekonomiyi de kalkındıracak şekilde ele alınması mümkündür. Çevre ve ekonomi birbirinden ayrı olarak düşünülemez. Çevresel sorunları elimine etmek için yapılan faaliyetler ekonomik kalkınmanın bir aracı olabilir.

Sürdürülebilir kalkınma farklı araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Bu kavram farklı çevrelerde, kültürel, toplumsal, ekonomik, teknik, felsefi ve çevresel olarak her alanda kullanım yeri bulmuştur. Örneğin; Goodland ve Ledec (1987) sürdürülebilir kalkınmayı, günümüzde sağlanan ekonomik ve diğer toplumsal faydaları gelecekteki potansiyel yararları tehlikeye atmadan optimize etmeyi sağlayan bir tür toplumsal ve yapısal ekonomik dönüşüm

olarak tanımlamıştır. Repetto' ya (1986) göre ise sürdürülebilir kalkınma, mali ve fiziksel değerlerin yanı sıra tüm değerlerin, doğal kaynakların ve insan kaynaklarının, insanlığın uzun dönemli refahı ve iyiliği için yönetilmesini ve işletilmesini sağlayan bir geliştirme stratejisidir. Yukarıda da bahsedildiği üzere sürdürülebilir kalkınma birçok alanı içine alan karmaşık ve çok yönlü bir kavramdır. Genel olarak ekonomik büyüme, çevresel kalkınma ve toplumsal gelişim gibi bileşenlerin sürdürülebilir kalkınmayı meydana getirdiğini söyleyebiliriz (Tiryakioğlu ve diğ., 2016).

Sürdürülebilir kalkınma iki aşamada düşünülürse, bunlardan ilki ihtiyaçlar ikincisi ise sınırlamalardır. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma, doğal kaynakların korunması, iyi bir şekilde yönetilmesi, gelecek nesillere sağlıklı doğal, sosyal ve fiziki bir çevre bırakılması adına ekonomiyi kalkındırmaya imkân verecek şekilde insan sağlığının ve doğal dengenin devamlı olarak korunmasıdır (Toprak, 2016).

Sürdürülebilir kalkınmanın amaçları ve hedefleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Kaynakların korunması ve zenginleştirilmesi,
- Teknolojiyi yönlendirerek riskleri yönetilmesi,
- Büyümenin aktifleştirilmesi,
- Nüfusun sürdürülebilirliğinin garantilenmesi,
- Temel ihtiyaçların karşılanması (Yiyecek, su, sağlık, enerji, iş bulma vb.),
- Büyümenin kalitesinin iyileştirilmesi,
- Çevre gözetilirken ekonominin de gözetilmesi.

Bu amaçlar Ortak Geleceğimiz Raporu'nda belirtilmiştir. Ayrıca 2000 yılında Birleşmiş Milletler Genel kurulunda yaklaşık 60 hedef belirlenmiştir (Aksu, 2011).

Sürdürülebilir kalkınma olgusunun analiz edilmesi ve somut olarak ifade edilmesi amacı ile "Sürdürülebilirlik Kalkınma Göstergeleri" geliştirilmiştir. Bu göstergeler kaydedilen ilerlemeyi, hedeflere ulaşma durumunu ülkeler düzeyinde ölçmeye yaramaktadır ve çevresel, sosyal ve ekonomik yönlerde sürdürülebilir gelişmeyi uygulamada karar alma süreçlerindeki mühim araçlardır.

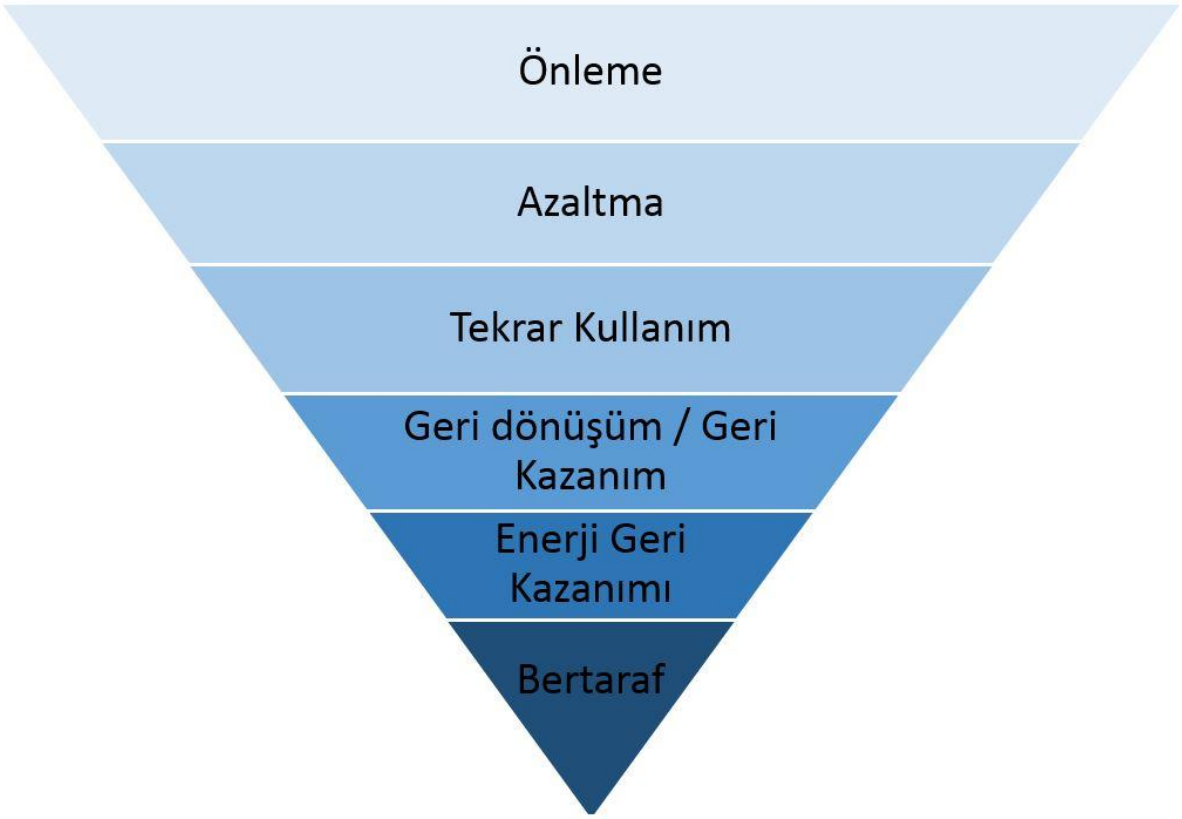
Sürdürülebilir gelişmede doğal kaynakların verimli kullanımı büyük önem arz etmekte ve ayrıca tüketimi sonrasında oluşan atıkların yönetimi ise yine önemli bir gösterge olup yaptığımız bu çalışmanın da temelini oluşturmaktadır.

2.1.3. Global Düzeyde ve Türkiye'de Atık Yönetim Uygulamaları

Globalleşen dünyada teknolojinin gelişmesi, nüfusun, sanayileşme ve kentleşmenin artması ile orantılı olarak tüketim de artmaktadır. Artan tüketim ile yaşamın devamlılığı için yönetilmesi gereken bir atık krizi meydana gelmektedir. Katı atıkların canlılara, çevreye ve doğaya verdiği zararı en aza indirmek, atıkların bertaraf edilmesi, atıkların çeşitli ve atığa uygun yöntemlerle geri kazanılması ya da az atık üretilmesi ile mümkündür.

Atıkların yönetilmesi yaşanabilir bir çevre için büyük önem arz etmektedir. Ülkelerde meydana gelen atık miktarları ülkenin gelişmişlik düzeyi, nüfusu, tüketim alışkanlıkları, kültürel ve sosyoekonomik yapısı gibi birçok parametreye bağlıdır. Atıkların yönetilmesinde en önemli girdilerden biri de atıkların hangi ülkelerde hangi oranlarda oluştuğudur. Ülkelerin atık krizinde ne kadar paya sahip olduklarının daha iyi anlaşılabilmesi için, ülkeler yüksek, orta ve düşük gelirli ülkeler olmak üzere sınıflandırılabilir. Düşük gelirli ülkelerde atık miktarı tüketimin az olmasına, atıkların tekrardan kullanılmasına bağlı olarak daha azdır. Yüksek gelirli ülkelerde ise tüketim fazladır, bu durum yüksek gelirli ülkelerde daha fazla atık oluşumuna sebebiyet vermektedir. Tüm gelir düzeyine sahip ülkeler karşılaştırıldığında, yüksek, orta ve düşük gelirli ülkeler sırasıyla %46, %48 ve %6 oranında atık üretimi yapmaktadır. Türkiye orta gelirli ülke sınıfına girmektedir ve Dünya Bankası verilerine göre ise dünya genelinde üretilen gıdaların yaklaşık 1,3 milyar tonu çöpe atılmaktadır. (Hoornweg ve diğ., 2012).

Atık yönetimi ile ilgili olarak, atıklara uygulanacak işlemler tercih sırasına göre Şekil 2.3' te görülebilmektedir.



Şekil 2.3 : Atık Yönetimi Piramidi (Clarke, 2018)

Geri kazanım, işlevsiz olan atık malzemelerin, geri dönüşüm metotları ve enerji üretim yöntemleri ile tekrar kullanıma sunularak yeni bir ürün elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Geri kazanım sürecinin daha verimli hale getirilmesi, atıkların kaynağında ayrıştırılması ile sağlanabilmektedir.

Kaynağında ayrıştırma ve geri kazanım:

- Mevcut atıklar yeni üretilecek malzeme için hammadde kaynağı olacağı için doğadan fazla hammadde kullanımı engellenir ve hammadde israfının önüne geçilebilir.
- Geri dönüştürülebilir materyallerin organik atıklarla birleşmesini engelleyerek atıkların geri dönüşüm yüzdesi ve toplanan malzemelerin kalitesi arttırılabilir.
- Yok edilecek atık hacmini ve miktarını düşürür, atık malzemelerin saklanması için gerekli alanların kullanım ömrünü uzatır.
- Halkın çevreye karşı bilinçlenmesini sağlar.
- Ekonomiye pozitif katkılar sunar.

- Taşıma giderlerini ve taşıma sırasında oluşabilecek hava kirliliği, gürültü, ve yoğun trafik gibi çevresel etkiler zalatılabilir..
- Doğal kaynak kullanım oranını düşüreceği için var olan doğal kaynakların sürdürülebilir olmasını ve verimli kullanımını sağlar.

Piller, kağıt, cam, tekstil, alüminyum, plastik, motor yağı, organik atıklar, akümülatörler, elektronik atıklar ve ahşap geri dönüştürülebilen atıklara örnek verilebilir. Sıvı gıdaların saklanmasında kullanılan ve polietilen tereftalat (PET) hammaddesinden yapılan kaplardan geri dönüşüm yöntemi ile elyaf üretilebilmekte ve elde edilen elyaflar sanayide kullanılmaktadır

PET ambalaj atıkları geri kazanım sayesinde granül hale getirilmekte ve farklı sanayi kollarına hammadde sağlamaktadır. Metalik ambalajlar ise ergitme yöntemiyle geri dönüştürülmektedir. Ambalaj imalatında büyük paya sahip olan kâğıt/karton atıkları, kâğıt atık geri kazanım noktalarında işlenerek yeniden kâğıt elde edilmektedir. Geri dönüşüm vasıtasıyla kazanılan atıkların ekonomi üzerinde ciddi etkileri vardır.

Geri dönüşüm, atıkların kimyasal ve/veya fiziksel işlemler sonrası ikincil hammadde haline getirilmesi ve üretimde kullanımına olanak sağlanmasıdır. Kâğıt, cam, plastik ve metal malzemelerin kullanım ömrünü tamamladıktan sonra, tekrar işlenmesi ile ekonomiye tekrar kazandırılması örnek verilebilir. 1983 yılında çıkan 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda 2006 yılında yapılan revizyon ile atık ambalajların kaynağında ayrı toplanması için zorunluluk getirilmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2006).

Geri dönüşüm ile, doğal kaynak tasarrufu yanı sıra ciddi enerji tasarruflarının yapılabilmesini sağlamaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre metal ve plastik ambalajların geri kazanılmasında, bunların ilk üretimlerinde tüketilen enerji miktarının yalnızca % 5'i oranında enerji harcanmaktadır. Bir başka deyişle geri dönüşüm bize % 95 oranında tasarruf sunmaktadır. Atık malzemelerin tekrar kullanımı ise temizleme prosesi haricinde diğer hiçbir metot uygulanmadan mevcut haliyle tekrar ve tekrar kullanılmasıdır. Tekrar kullanım, materyallerin toplanması ve temizlenmesi süreçleriyle defalarca kullanılabilmesini ifade eder ve başka bir işlem uygulanmaz. Geri dönüşüm ise atıkların birçok işlemden geçirilerek yeni ürün haline getirilmesidir. Geri kazanım terimi ise bu iki işlemin her ikisini birden kapsamaktadır.

Atıkların minimizasyonu, atık miktarının ve tehlikelilik seviyelerinin azaltılmasını ifade etmektedir. Atık minimizasyonunda hedef atığı kaynağında azaltılmak (atık önleme), atık malzemenin tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi ve yakma yöntemi ile enerji elde edilmesidir. Bu işlemler sayesinde doğaya bırakılan atık miktarı önemli oranda azalmaktadır.

Bu konudaki atılabilecek en önemli adımlardan birisi kaynağında azaltma olabilir. Uygulamada benimsenmesi gereken ana amaç "daha az atık, daha az problem" dir. Bu nedenle atık madde üreten aşamalarda dikkat edilmesi gereken nokta; planlama, üretim ve satın alma süreçlerinde gerekli önlemlerin alınması ile daha az atık oluşumunu sağlamaktır.

Teneke, çinko, sac, demir gibi malzemeler elle veya elektromıknatıs ile tasnif edilerek preslenir ve sanayide kullanılmak üzere satılır. Kemik parçaları, suyu ve yağı çıkartılır ve kullanım amacına uygun olarak ilgili sanayi dallarına hammadde olarak satılır. Bu hammaddeler kullanılarak tarak, düğme gibi eşyalar yapılmakta olup, yem sanayisinde de kullanıldığı bilinmektedir (Gündüzalp ve diğ., 2016).

2.1.4. Atıkların Sınıflandırılması

Katı atıklar yaşadığımız ortamdan uzaklaştırılması gereken, içerisinde akıcı madde bulunmayan, insanların faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kullanılma süresi dolmuş istenmeyen atıklardır. İnsan kaynaklı atıkların oluşması önlenmesi çok zor olan bir durumdur. Amaçları ne olursa olsun ortaya çıkan atıkların ortamdan uzaklaştırılması gerekir.

Türkiye'de atık bertarafından, belediyeler sorumludur ve kontrolü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. Belediyeler için temel şart ise entegre (bütünleşmiş) atık yönetimi oluşturmalarıdır.

Katı atıkları farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Baz alınan kritere göre katı atıkların sınıflandırılması farklılık gösterir. Örneğin, atıklar, atığın doğada bulunma haline göre katı, sıvı ve gaz olarak incelenebileceği gibi, oluştukları yerlere göre katı atıklar; endüstriyel atıklar, evsel katı atıklar, özel atıklar, tehlikeli atıklar, tarımsal ve bahçe atıkları, tıbbi atıklar, inşaat ve moloz şeklinde incelenebilir.

Evsel Atıklar;

Evsel katı atıklar, evlerimizde birtakım ürünlerin tüketimi neticesinde ortaya çıkan çoğu zehirli olmayan ve istenmeyen katı atıklardır. Evsel katı atıklara örnek olarak; teneke ve metal konserve kutuları, plastik, cam ve karton meşrubat şişeleri, yağ tenekeleri, piller, deterjan, şampuan şişeleri ve her çeşit ambalaj verilebilir. Kentleşmenin, teknolojinin ve nüfusun artması ile evsel katı atıklar da zaman içerisinde giderek artmaktadır (Demirbağ ve diğ., 2012). Özellikle nüfusu yoğun olan metropollerde artan trafik ve uzun çalışma saatleri ile insanlar zaman kısıtı sebebiyle hazır tüketime yönelmektedir. Hazır tüketim mantığında her şey ambalajlı olduğundan sadece ambalaj atıkları bile evsel katı atıkların büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır (Çağatay ve diğ., 2015).

Endüstriyel Atıklar;

Endüstriyel atıklar, endüstriyel faaliyetler esnasında ya da sonrasında oluşan atıklardır. Bu tür katı atıklar genellikle hurdalar, kullanım süresini tamamlamış makineler, üretim artıkları, küller, atık yağ ve çamurlardır. Arıtma tesislerinin işletilmesi sonucunda, arıtma suları ve arıtma çamurları ortaya çıkar. Bu maddeler, kokulu, sıvı ya da yarı katı haldeki maddelerdir. Atık yağlar, çevreye en çok zarar veren endüstriyel atıklardan biridir. Bu tür yağlar, sulara ve toprağa ciddi zararlar verir.

Endüstriyel atıkları da kendi içerisinde ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar, endüstriyel faaliyetler ve süreçler sonucunda oraya çıkan atıklar ve endüstriyel işlemlerden kaynaklanmayan atıklardır. Birinci grup atıklar, çevreye atıldığı anda ya da zaman içerisinde doğa ve canlılara zarar verebilecek maddeler ihtiva eden atıklardır. İkinci grup atıklar ise metal, tahta, cam, ambalaj ya da kağıt artıklarından meydana gelmektedir.

Tehlikeli Atıklar;

Tehlikeli atıklar, bulaşıcı, zehirli, patlayıcı veya parçalayıcı özellikleri olan kimyasal ve radyoaktif atıklardır. Bu kategoriye giren atıkların bir yerden bir yere taşınması, bertaraf edilmesi ve depolanması belirli ulusal ve uluslararası yönetmeliklerle kontrol altına alınmaktadır. Evimizde kullandığımız deterjanlar, ilaçlar, flüoresan lambalar, çamaşır suları, deodorant ve spreyler, saç boyaları, ojeler, piller ve kullanım ömrünü tamamlamış elektrikli ve elektronik aletler de tehlikeli maddelere birer örnektir (Gündüzalp ve diğ., 2016).

Özel Atıklar;

Özel atıklar, çeşitli türden atıkları içerisinde bulunduran ve uzaklaştırılması özel önem teşkil eden atıklardır. Örneğin, endüstriyel atıklardan tehlikeli ve zehirli olanları radyoaktif maddeler, evsel atıklardan temizlik malzemeleri, piller, boyalar, tıbbi atıklardan hastane artıkları özel atıklardandır (Palabıyık ve diğ., 2004).

Tıbbi Atıklar;

Tıbbi atıklar çeşitli sağlık kuruluşlarının sebep olduğu hastalığa sebep olup canlılara zarar verebilecek türden atıklardır. Kendi aralarında üç grupta incelenebilir. Bunlar, kullanım tarihleri geçmiş aşılar, serumlar ve ilaçlardan oluşan ecza atıkları, doku, vücut sıvısı, organ, kan ve vücut parçaları içeren patolojik atık ve enjektörler, iğne ve jiletlerden oluşan kesicilerdir. Şekil 2.4.'de tıbbi atık örnekleri görülmektedir (Şenol, 2018).



Şekil 2.4 : Tıbbi Atık Örnekleri (Şenol, 2018).

Tarımsal ve Bahçe Atıkları;

Tarımsal faaliyetler, bahçe düzenleme faaliyetleri, hayvansal ve bitkisel ürünlerin elde edilme faaliyetleri ve besi çiftlik faaliyetleri ile meydana gelen atıkları tarımsal ve bahçe atıkları olarak tanımlayabiliriz. Parklarda bahçelerde oluşan çalı çırpı ve organik kökenli bitki artıkları bu sınıftaki atıklardır.

İnşaat ve Moloz Atıkları;

İnşaat, inşaata hazırlık ya da inşaat sonrası aşamalarda ortaya çıkabilen her türlü atık inşaat ve moloz atıkları sınıfına girmektedir. Konut, bina, fabrika, yol, köprü yapımlarında veya tadilatlarında kullanılan betonların, molozların ve çelik çubukların artması ile ortaya çıkan atıklardır.

2.1.5. Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Geri Dönüşüm Süreci

Elektrikli ve elektronik atıklar, kullanıcısı tarafından istenmeyen, süresini doldurmuş, işe yaramayan veya bozulmuş eşyaların uzaklaştırılması ile oluşan atıklardır. Bu atıklara örnek olarak DVD, VCR, telefon, televizyon, yazıcı, bilgisayar, kablolar, tıbbi cihazlar, faks makineleri, fotokopi makineleri, vb. elektrikle veya pille çalışan tüm cihazlar verilebilir.



Şekil 2.5 : Elektronik Atık Örnekleri (Şenol,2018).

Elektrikli ve elektronik atıklar başlıca metal, plastik ve cam gibi malzemelerden meydana gelmektedir. Elektrikli ve elektronik atıkların kompozisyonu Tablo 2.2'de görülmektedir.

Tablo 2.2 : Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Bileşenleri (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2018).

E-Atık Bileşeni	**İşlem Süreci**	**Potansiyel Çevresel Tehlike**
Katot ışın tüpleri (CRT Televizyonlar, monitörler, ekranlar vb.)	Geri dönüşüm süreci en zor olan e-atıktır. Mümkünse iç ve dış camın birbirinden ayrılması, mümkün değil ise bütün olarak bertarafı.	Pb, Ba gibi ağır metaller, toksik fosfor bileşenleri.
PCB (Baskılı devre)	CPU gibi parçaların sökümü, geri kalan kısmın ergitme veya asit işlemi ile metallerin alınması.	Sn, Pb, Be, Cd, Hg, Br gibi tehlikeli bileşenlerin toprağa ve suya karışması.
Altın içeren devreler (CPU) ve diğer çevre bileşenler	Klorik ve nitrik asitte çözündürülerek, değerli metallerin ayrıştırılması.	Ağır metaller, hidrokarbon, Pb, Sn, Br içeren bileşiklerin toprağa, suya, havaya karışması
Plastik (klavye, yazıcı, monitör vb.)	Öğütme ve ardından tekrar kullanım için mümkün ise ergitme.	Br'li zehirli bileşikler, hidrokarbon, Cd, Pb vb. ağır metaller.
Kablolar	Yakma veya sıyırma ile bakırın ayrılması.	Hidrokarbon küllerinin havaya, suya, toprağa karışımı

Türkiye'de elektronik atık tanımına yasal çerçevede ilk kez Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne 2002 yılında yapılan revizyonda rastlanmaktadır. 22 Mayıs 2012' de Atık

Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği yayınlanmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). Bir yandan ilgili yönetmeliğin yayınlanması diğer yandan da geri kazanım işlemlerinden sağlanacak ekonomik faydanın gittikçe anlaşılması ile ülkemizdeki elektronik atık işleme tesisi sayısının arttığı bilinmektedir. (Güray ve diğ., 2016).

Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Yönetimi Yönetmeliği doğrultusunda atık işleme tesisleri ve aktarma merkezlerinin teknik özellikleri ve yükümlülükleri açıkça belirtilmiştir. Yine yönetmelikle atıkların 6 kategoride toplanması gerektiği belirtilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).

Elektrik ve elektronik malzemelerde toksik özellik gibi zararlı özellikler olabilmektedir. Bu malzemeler kullanım süreleri bitince eğer uygun yöntemlerle yok edilmezse çevreye ve insan sağlığına zarar verebilir.

Monitör ve televizyon tüpleri olarak adlandırılan Katot ışın tüpleri (CRT); kurşun, baryum, fosfor gibi ağır metalleri yoğun şekilde ihtiva eder. Bunlar titiz ve doğru yöntem kullanılarak yok edilirse çevre veya sağlık sorununa yol açmamaktadır (Julius J., 2006) .

Güvenlik önlemleri alınmaksızın uygulanan işlemler ise öncelikle atığı işleyenler olmak üzere işleme yapılan alandaki yeraltı suları ve toprak için ciddi yan etkilere sebep olabilmektedir.. Tehlikeli bileşenlere sahip atıkların yakılması zararlı bir takım gazların oluşmasına sebep olabilir ve bu gazlar sağlık açısından ciddi olumsuz etkilere sebep olabilir. Bunlar genellikle kabloların dış kısmındaki PVC kaplamalarda ve elektronik atıkların dışında plastik kısımlarında yanmayı geciktirici ve önleyici özellikleri sebebiyle kullanılmaktadır. Ancak, yandığında dioksin gazı yaymakta ve atmosfere karışmaktadır.

Elektronik atıkların bertaraf edilmesi genellikle yer altına gömerek yapılmaktadır. Uygulanan bu metot uzun vadede çevreye zarar verebilmektedir. Örneğin bu tür atıklarda bulunan civa ilerleyen yıllarda yeraltı suları ve toprağa karışmakta ve doğaya ve insan sağlığına zarar vermektedir.

Elektronik aletler kullanım ömrünü tamamladığında atık haliyle tehlikeli, geri dönüşümü açısından değerlidir. Bu atıklar çevreye özensizce bırakılmamalıdır. Geri dönüşüm için toplanması bile belirli metod ve prosedüre göre yapılmaldır. Özellikle CRT'lerin (tüplü

televizyon veya bilgisayarlar) camları ve flüoresanlar kesinlikle kırılmamalı, çatlamasına engel olacak şekilde önlemler alınmalıdır (Sunar, 2012).

2.2. YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

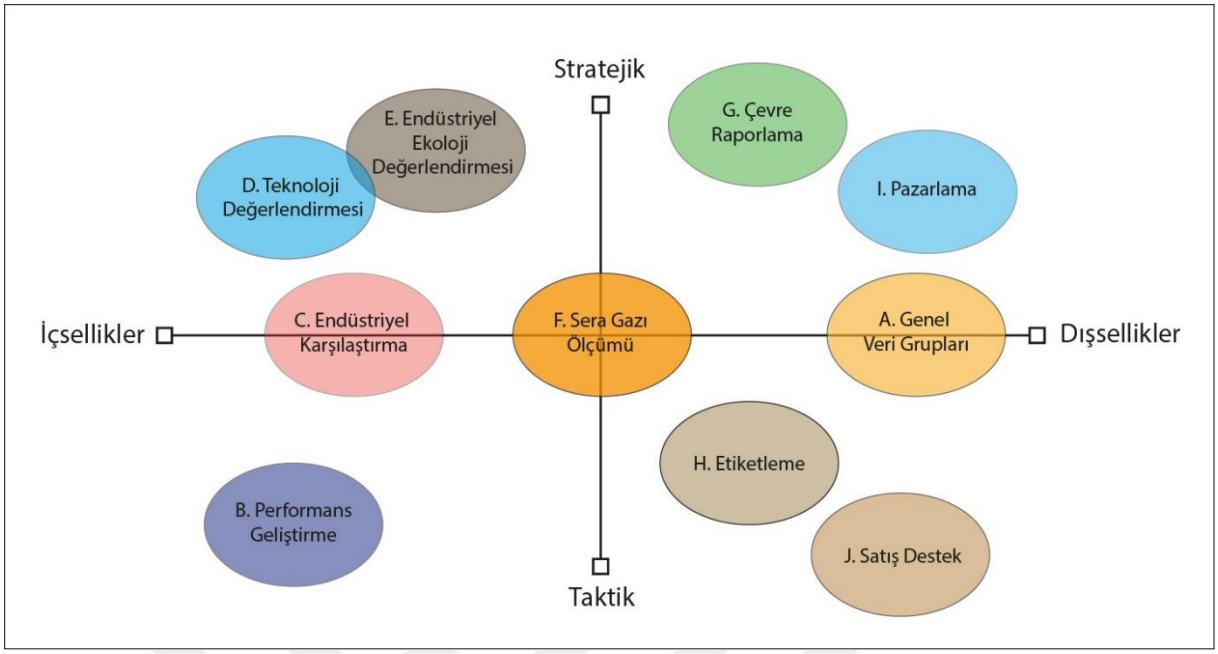
Günümüzde global sorun olarak karşımıza çıkan; kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, çevre kirliliği gibi konular üretim proseslerinin çevre ile barışçıl bir şekilde ilerlemesi gerekliliğini beraberinde getirmiştir. Yaşam alanlarımıza etki ederek, yaşam kalitemizi azaltan bu sorunları en aza indirmek için yapılan projelerde her türlü etkinin göz önünde bulundurularak proseslerin belirli kural ve prensiplerde uygulanması gerekmektedir.

Yaşam Döngüsü Analizi günümüzde etkin bir şekilde farklı alanlarda ve farklı amaçlarda kullanılmaktadır. Farklı alanlarda kullanılması ile ilgili örnekler aşağıda sıralanmıştır:

kullanılmaktadır. Farklı alanlarda kullanılması ile ilgili örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- Projelendirme ve planlama alanlarında,
- Ambalaj, deterjan, yiyecek, ulaşım ve yakıtlar gibi pek farklı ürün ve proseslerde,
- Ürün ve süreç geliştirme, eko-tasarım, eko-paketleme, ürün karşılaştırma, stratejik karar verme, pazarlama ve kamusal faaliyetlerde.

Yaşam Döngüsü Analizi'nin kullanım bulduğu uygulama alanları Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6 : YDA uygulama alanları (James, 2003).

Bu analiz yönteminin farklı amaçlarda kullanılması ile ilgili olarak ise aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Şirketlerin ürün geliştirme proseslerinde ve şirket kararlarının desteklenmesinde,
- Politik kararlarda,
- Eko-paketlemede etkin olan ölçütlerin belirlenmesinde,
- Alıcılar için yeşil noktalı ürünlerin tercih edilmesi önerilerinde (James, 2003)

Yaşam Döngüsü Analizi kullanım amaçları:

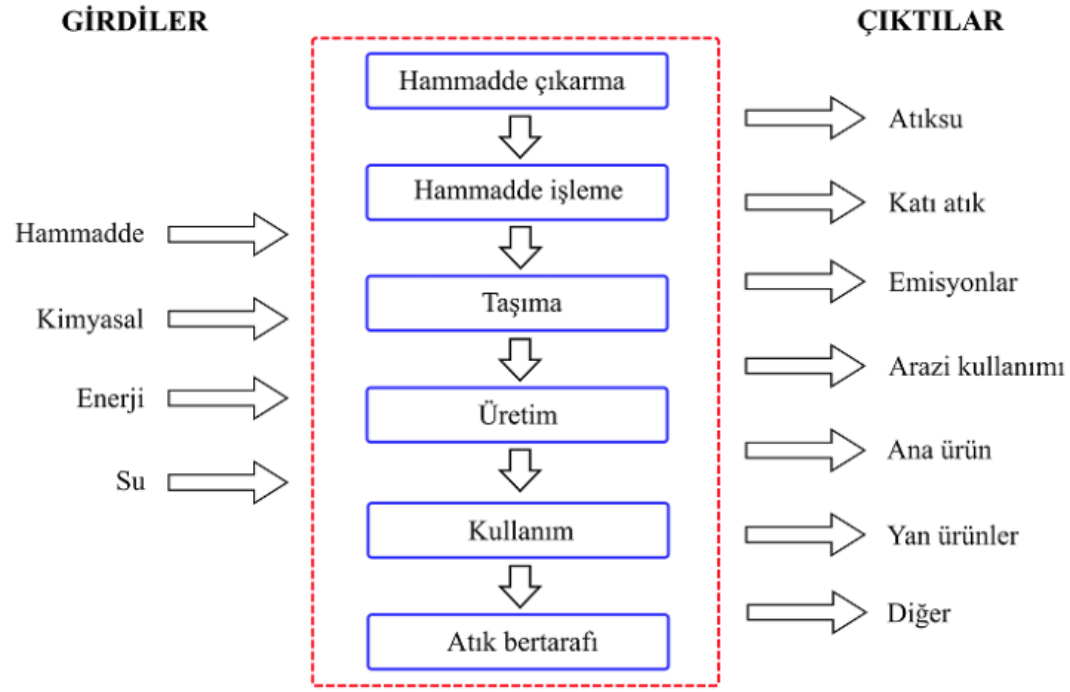
- Çevresel Değerlendirmelerin Desteklenmesi; Yaşam Döngüsü Analizinden elde edilen veriler, kullanılan bir hizmet, ürün veya yapılan bir işlemde zamanla meydana gelen gelişmelerin çevreye karşı oluşturacağı zararların anlaşılmasında kullanılabilir.
- Yaşam Döngüsü Analizinden faydalanılarak, ürünlerin üretim ve dağıtım aşamalarına alternatif olarak geliştirilen yeni işlemlerin veya malzemelerin çevreye karşı olumlu-olumsuz etkilerinin sayısal ve niteliksel etkileri saptanabilir ve süreç olumlu yönde yönetilebilir. Bu durum bir sürece etki eden alternatif ürünler, hizmetler ve süreçlerde de uygulanabilir.
- Referans Bilgilerin Belirlenmesi; Yaşam Döngüsü Analizi uygulamaları, bir ürünün üretimi, sınıflandırılması ve kullanımını içeren süreçleri için var olan veya tahmin

edilen uygulama referans bilgilerinin saptanması için kullanılabilir. Elde edilen bu bilgiler referans niteliği taşımakta olup kaynak ve enerji gereksinimlerinin saptanmasını ve bu üründen dolayı oluşabilecek çevresel maliyetleri içerebilir. Referans olarak kabul ettiğimiz bu bilgilerden faydalanılarak mevcut süreçlerin iyileştirilmesi veya diğer sistemlerle karşılaştırılması yapılabilir.

- Bir Sistemde Her Bir Adıma veya Sürece Yönelik Katkıların Belirlenmesi; Yaşam Döngüsü Analizinden elde edilen sonuçları bir sistemde kullanılan herbir adımın süreç üzerindeki olumlu-olumsuz katkı ve etkileri hakkında önemli ve detaylı bir bilgi kaynağı olabilir. Bu bilgiler doğru şekilde okunulduğu ve değerlendirildiğinde, süreç içindeki basamakların hangisi veya hangilerinin en çok enerjiye veya kaynağa ihtiyaç duyduğunu tespit edebiliriz. Ayrıca bu verilerden hangi basamakların kirletici meydana getirdiği anlaşılarak, geliştirme ve iyileştirmeler için çalışmalar tasarlanabilir. Bu uygulamalar endüstriyel uygulamalarda kirliliğin önlenmesi ile temiz üretim yapılmasını, doğal kaynakların efektif kullanılarak korunmasını ve verimlilik seviyesinin arttırılmasını sağlayabilecek kararların alınmasında temel oluşturabilir.
- Verisel Eksikliklerin Ortaya Çıkarılması; YDA kullanılarak, işlemlerde eksik olup olmadığı ve mevcut verilerin kalitesi belirlenebilir.
- Kamu Politika Geliştirme Aşamalarını Destekler; YDA politikacıların mevzuat oluşturmaları ve ilgili politikaları belirlemelerinde, çevresel etkileri göz önünde bulundurabilmelerine olanak sağlar.
- Ürün Sertifikalandırmasını Destekler; Ürünlere ait sertifikalar belirli ve sınırlı sayıda parametreye bağlı olarak oluşturulmaktadır. Ancak etkili değerlendirmeler ele alınarak YDA uygulandığında, birden fazla ürünün bireysel olarak veya karşılaştırma yaparak çok sayıda kriterde incelenebilinmesini sağlar.
- Karar Vericilere Yön Gösterir ve Bilgi Sağlar; YDA kullanan sanayiciler, hükümet yetkilileri ve tüketicinin temsilcileri alternatif ürün, yöntem ve malzemeler hakkında geniş bilgi elde edebilirler. Karar verme aşamasında bu bilgilerden yararlanarak, üretim ve hatta tüketim politikalarını çevreye uyumlu ve verimli hale getirebilirler.
- Ürün ve Süreç Gelişiminde Yol Gösterir; YDA kaynak ihtiyacının belirlenmesi ve emisyon değerlerinin düşürülmesinde sanayicilere yol gösterici olabilir. Ayrıca yeni ürün, işlem ve faaliyetlerin geliştirilmesinde alternatif uygulamalar sunabilir.

2.2.1. Yaşam Döngüsü Analizi Tanımı ve Kapsamı

Yaşam Döngüsü Analizi (Life Cycle Analysis) bir materyal ve/veya hammaddenin ilk olarak doğadan elde edilme sürecinden, atık malzemelerin tekrar doğaya karışması aşamasına kadar beşikten mezara olarak tabir edilen tüm üretim, nakliye, kullanım, geri dönüşüm süreçlerini etraflıca değerlendiren bir sistemdir. Yaşam Döngüsü Analizi' nin girdileri, çıktıları ve ara aşamaları olan; hammadde çıkarma, hammadde işleme, taşıma, üretim, kullanım ve atık bertarafı Şekil 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.7 : Yaşam Döngüsü Analizi Aşamaları (EPA, 2006)

Yaşam Döngüsü Analizi sadece bu süreçleri değerlendirmek ile kalmaz aynı zamanda tüm bu süreçlerin havaya, suya ve toprağa yani doğaya ve çevreye olan etkilerini de araştırır. Bu analizin amacı yukarıda belirtilen süreçleri değerlendirmek aynı zamanda çevreye olan etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmektir. Yaşam Döngüsü Analizi dar kapsamlı bir çevresel etki analizi değildir. Bu özelliği sayesinde çevresel sorunlar, ürünün bir yaşam seviyesinden diğerine aktarılması önlenmiş olmaktadır.

Genel itibariyle Yaşam Döngüsü Analizi, karar vericiler ve yöneticiler tarafından için atıkların yönetilmesi sırasında meydana gelebilecek çevresel etkileri kontrol altında tutabilmek adına

nelere öncelik verilmesi gerektiğinin anlaşılmasında büyük oranda yardımcıdır (Yay ve diğ., 2017).

2.2.2. Yaşam Döngüsü Analizi Kavramının Ortaya Çıkışı ve Tarihçesi

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından yönetilen Çevre Yönetim Sistemi'ne ISO 14040 serisi olarak giren Yaşam Döngüsü Analizi, ilk olarak 1960'ların başlarında bir katı atık belirleme sisteminden geliştirilmiştir (James, 2003). Yaşam Döngüsü Analizi'nin ilk adımları 1960-1970 yıllarında kullanılan Kaynak ve Çevresel Profil Analizleri (REPAs) ile atılmış olmuştur. Bu analizler Mobil Corporation ve Coca Cola tarafından da yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar Midwest Araştırma Enstitüsü ve Franklin Associates Ltd. Danışmanlık Şirketi tarafından yönetilmiştir (Güler, 2004).

Yaşam Döngüsü Analizi ile yürütülen ilk çalışmalardan biri de net enerji analizi adıyla 1970'li yıllarda yapılmıştır. Bu analiz, nihai ürünün enerji miktarı ile oluşan ürünün yaşam döngüsüne dahil olan toplam enerjinin karşılaştırılmasıdır. 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizi bu analizin çıkış noktası olmuştur. Yaşanan kriz nedeniyle Brezilya, Filipinler ve ABD gibi ülkeler petrole alternatif olabilecek ürünleri keşfetme gereği hissetmişlerdir. Etil alkol-karbonhidrat biyokütlesinin fermentasyonu ile üretilen biyoetanol petrole alternatif bir maddedir. Biyoetanol ticaretinde Brezilya ProAlkol isimli programı geliştirmiştir. Biyoetanol eldesinin yaşam döngüsü sırasında çok enerji kullanıyor olması sebebiyle yeni analizler geliştirilmiş ve bu analizler Yaşam Döngüsü Analizlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bahsedilen analizler günümüzde Tam Yakıt Döngüsü Değerlendirmesi (FFCA) olarak isimlendirilmektedir.

1991 yılında Çevresel Toksikoloji ve Kimya Birliği tarafından Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi için Teknik Yapı adlı uluslararası bir Yaşam Döngüsü Analizi yayınlanmıştır.

1990'lı yıllarda ISO 14000 Çevre Yönetim Standartları'nda yer alacak Yaşam Döngüsü Analizleri yayınlanmıştır. Tablo 2.3'te bu seriler görülebilmektedir.

Tablo 2.3 : ISO 14040 Çevre Yönetimi Yaşam Döngüsü Analizi Serisi (Çokaygil ve diğ., 2005)

Sayı	Yaşam Döngüsü Analizi Standardının Adı	Durum
ISO 14040	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensipler ve Çerçeve	1.Baskı (1997)

ISO 14041	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç ve Kapsam Tarifi İle Envanter Analizi	1.Baskı (1998)
ISO 14042	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi	1.Baskı (2000)
ISO 14043	Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Yorumu	1.Baskı (2000)

2.2.3. Yaşam Döngüsü Analizi'nin Türleri

YDA üç farklı türde incelenebilmektedir. Bunlar kavramsal, basitleştirilmiş ve detaylı Yaşam Döngüsü Analizleridir. Yaşam Döngüsü Analizinin geliştirilmesinde ve standardizasyonunda birçok çalışma detaylı Yaşam Döngüsü Analizine dayanmakla birlikte, pratikte metodolojiye uygun olarak ender sayıda Yaşam Döngüsü Analizi çalışması yapılmıştır.

Kavramsal Yaşam Döngüsü Analizi, Yaşam Döngüsü Analizlerinden en basit ve en temel olanıdır. Karar verici otoriteye hangi ürünün nihai çevresel etkileri azaltma bakımından diğer ürünlere göre daha iyi ve üstün olduğu bilgisini sunabilmekle birlikte, pazarlama ve sonuçlarının kamuya duyurulması amacı ile kullanımı uygun değildir.

Şayet Yaşam Döngüsü Analizi 'Bu ürünün, diğer ürünlerden çok farkı var mı?', 'Bu ürünün dikkate alınan çevresel amaçlar bakımından net bir faydası veya eksiği var mı?' sorularına cevap veriyorsa bu Kavramsal Yaşam Döngüsü Analizidir. Hangi bileşenlerin ve metaryallerin en fazla çevresel etkiye neden olduğunu ve sebebini ortaya koyan nitel ifadeler ve basite indirgenmiş puantaj yöntemleri Kavramsal Yaşam Döngüsü Analizi sonuçlarının sunulma yöntemlerindendir.

Kavramsal Yaşam Döngüsü Analizi mevcut ya da yeni tasarlanan/ üretilen ürünün avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koyar, yeni ürünler tasarlama konusunda bizlere anahtar kararlar aldıracak nicel analizleri yapmaz.

Basitleştirilmiş Yaşam Döngüsü Analizi komplike Yaşam Döngüsü Analizleri' ni basite indirgeyen, yaşam döngüsünün tamamını içinde barındırmakla birlikte döngüyü yüzeysel inceleyen, ürünler ve hizmetler ile ilgili nicel ve nitel verilerin basit değerlendirmelerle araştırıldığı bir analiz yöntemidir. Birincil amacı, daha kısa sürede Detaylı Yaşam Döngüsü Analizi ile aynı detayda veriye ulaşmaktır. Sonuçları değiştirmeyecek şekilde analizlerin

basitleştirilmesini sağlar. Yaşam Döngüsü Analizleri' nin basitleştirilmesi eleme, basitleştirme ve güvenilirliğin değerlendirilmesi aşamaları ile mümkün olmaktadır (Çokaygil ve diğ., 2005).

Basitleştirilmiş Yaşam Döngüsü Analizi ayrıca yüksek orandaki emisyonların oluştuğu prosesleri de belirler. Çevresel risk değerlendirmesi gibi çevresel yönetim araçları uygulamaları ile takip edilebilmektedir. Bahsedilen Yaşam Döngüsü Analizi türlerinin bazı uygulamalardaki detay seviyeleri Tablo 2.4'de görülmektedir.

Tablo 2.4 : Yaşam Döngüsü Analizi' nin bazı uygulamalardaki detay seviyesi (EEA, 1997).

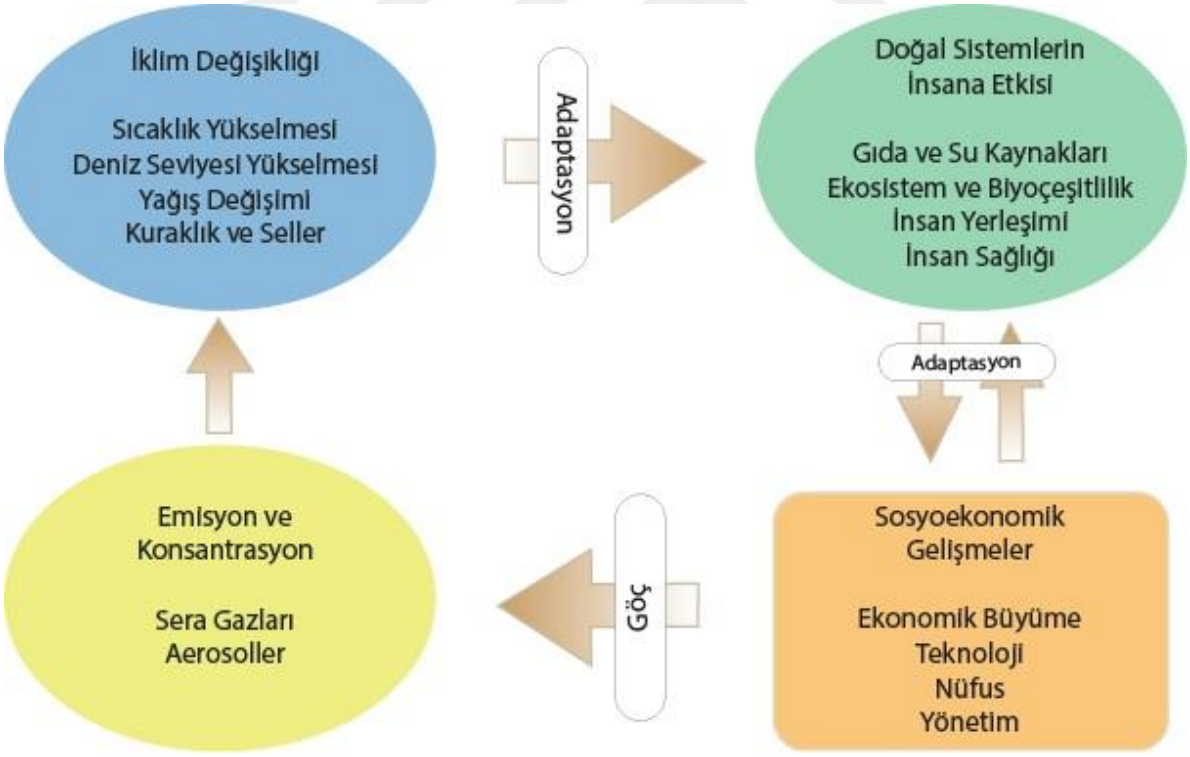
Uygulama	Kavramsal	Basitleştirilmiş	Detaylı	Açıklamalar
Çevresel Tasarım	**X**	**X**		Yaşam Döngüsü Analizi ile yasal bir bağlantısı yoktur.
Ürünü Geliştirme (Development)	**X**	**X**	**X**	Karmaşıklıkta büyük çeşitlenme.
Ürünü Geliştirme (Improvement)		**X**		Genellikle varolan ürünleri kapsayan.
Çevresel Bilgi (ISO Tip II- Etiketleme)	**X**			Bazen Yaşam Döngüsü Analizi'ne dayanan.
Çevresel Etiketleme (ISO Tip I-Etiketleme)	**X**			Sadece kriter geliştirmede Yaşam Döngüsü Analizi'ne gereksinim vardır.
Çevresel Mesaj (ISO Tip-III-Etiketleme)			**X**	Envanterin ve/veya etkinin değerlendirmesi.
Pazarlamanın Organizasyonu		**X**	**X**	Yaşam Döngüsü Analizi'nin çevresel raporlamaya da dahil edilmesi.
Stratejik Planlama	**X**	**X**		Yaşam Döngüsü Analizi kapsamında gittikçe artan bir iyilerşme.
Yeşil Pazarlama	**X**	**X**		Ekoetiketlemedeki Yaşam Döngüsü Analizi'ndeki sayısı azaltılmış parametreler genellikle yeterli olmaktadır.
Depozito Uygulamaları		**X**		Yaşam Döngüsü Analizi'ndeki miktarı azaltılmış parametreler genel olarak yeterlidir.
Çevresel (yeşil) Vergiler		**X**		Yaşam Döngüsü Analizi'ndeki miktarı azaltılmış parametreler genel olarak yeterlidir.
Ambalajların Arasındaki Seçim	**X**		**X**	Detaylı Döküm: Kapsam.

2.3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE KÜRESEL ISINMA

Karbon ayak izi, insanoğlunun iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya ne kadar etkisinin olduğunun bir ölçüsüdür. Bu yüzden karbon ayak izine geçmeden önce iklim değişikliği ve küresel ısınma hakkında kısa bir bilgi vermekte fayda vardır.

İklim değişikliği, kıyaslanabilir zaman aralıklarında gözlemlenebilen olağan iklim değişimlerine ilave olarak, insan faaliyetleri ile doğrudan veya dolaylı olarak atmosferdeki bileşimin bozulması nedeni ile iklimde meydana gelen değişimdir.

İnsanoğlunun yaptığı birtakım faaliyetler sonucunda doğa zarar görmüş ve iklim değişiklikleri baş göstermiştir. Günümüzde dünyanın karşılaştığı en büyük tehdit küresel ısınmadır. Dünyanın ortalama sıcaklığı son 150 yılda 0,8 ^{o}C, Avrupa'da ise 1 ^{o}C arttığı bilinmektedir. 2100 yılında ise ortalama sıcaklığın 1,8 ile 4 ^{o}C daha artacağı ön görülmektedir. Küresel ısınmanın önüne geçilmediği müddetçe sonuçları korkutucu olacaktır (Biçer ve diğ., 2015).



Şekil 2.8 : İklim Değişikliği Oluşumu ve Etkileri (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018)

Küresel ısınma sonucunda yaşanacak bazı olumsuz durumlar aşağıdaki gibidir:

- Canlı türlerinin ve habitatlarının azalması.

- Sıcaklık artışına bağlı olarak çölleşme, kuraklık ve erozyon gibi doğal afetlerin artışı.
- İklim değişikliğindeki dalgalanmalar sonucunda deniz ve okyanus seviyelerindeki artış, bunun sonucunda ise birçok ada, ülke ve şehrin su altında kalması.
- Bulaşıcı hastalıkların artması, özellikle Kuzey Amerika ve Afrika' da sıtmanın yaygınlaşması.
- Isınma sonucunda su kaynaklarının azalması ve tüm canlıların susuzlukla karşı karşıya kalması.
- Oluşacak sıcak havalar sonucunda can kaybının yaşanması.
- Orman yangınlarının artması.
- Kuzey Buz Denizi'nin tamamen kaybolması, kutup ayılarının soylarının tükenmesi.
- Mercan resiflerinin tamamına yakınının yok olması.
- Kuzey Afrika'nın çölleşmesi.
- Özellikle Rusya ve Avrupa'nın tarım faaliyetlerindeki veriminin azalması.
- Göç dalgalarının yaşanması (Bekiroğlu, 2014).

2.4. SERA GAZLARI

Aynı atomdan oluşan ve 2 atomdan oluşan moleküllerin dışındaki moleküller sera etkisi yapmaktadır. Bir gazın sera gazı sayılabilmesi için; insan faaliyetleri sonucunda oluşmalı, atmosferde bir etki/değişim yaratmalı ve gazın kaynağı belli olmalıdır. Su buharı da atmosferde sera gazı gibi etki yaratmakta fakat insan faaliyeti sonucu oluşan bir gaz olmadığı için sera gazları kategorisine girmemektedir.

Temel sera gazları; metan (CH_4), karbondioksit (CO_2), diazotmonoksit (N_2O) Hidroflorokarbonlar (HFC_S), Kloroflorokarbonlar (CFC_S), Kükürt hekzaflorür (SF_6), Peflorokarbonlar (PFC_S), halonlar, ve ozon olarak (O_3) bilinmektedir. Bunların gazların yapısında meydana gelen değişim, atomosferdeki sera gazı miktarını direkt olarak etkilemektedir. Nitrik oksit (NO) ve Karbonmonoksit (CO) ise dolaylı, metan ve ozon doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Sera gazı konsantrasyonu üzerinde, uzun dalga boylu radyasyon emilimi ve atmosfer içerisindeki yarılanma süreleri etki etmektedir. CO_2, en önemli sera etkisi elemanıdır ve atmosferde uzun süre varlığını sürdürebilmektedir.

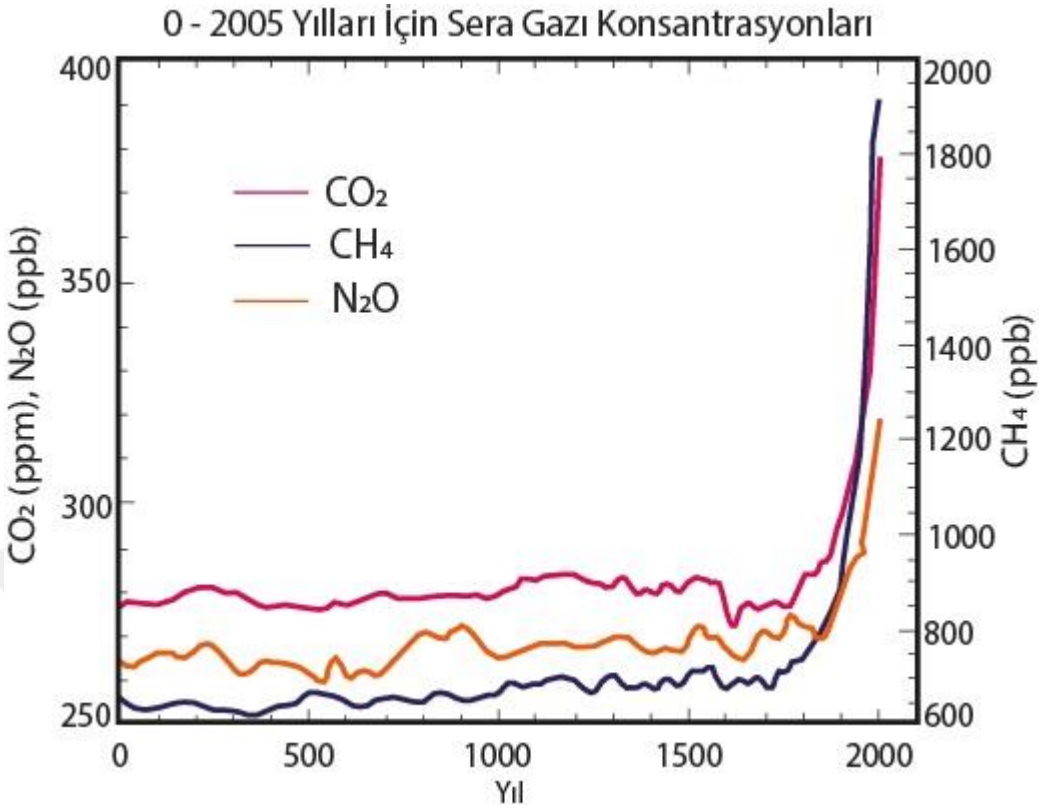
- CO_2 : Atmosferdeki artışının %70'ine kömür gaz, petrol yakıtları ve toprak kullanımı neden olmaktadır. Atmosferde yer alan Karbondioksit oranında meydana gelen artışla

havayolu ile yayılan hastalıklarda artmaktadır. 1957'den beri düzenli olarak Karbondioksit oranı kayıt altına alınmaktadır.

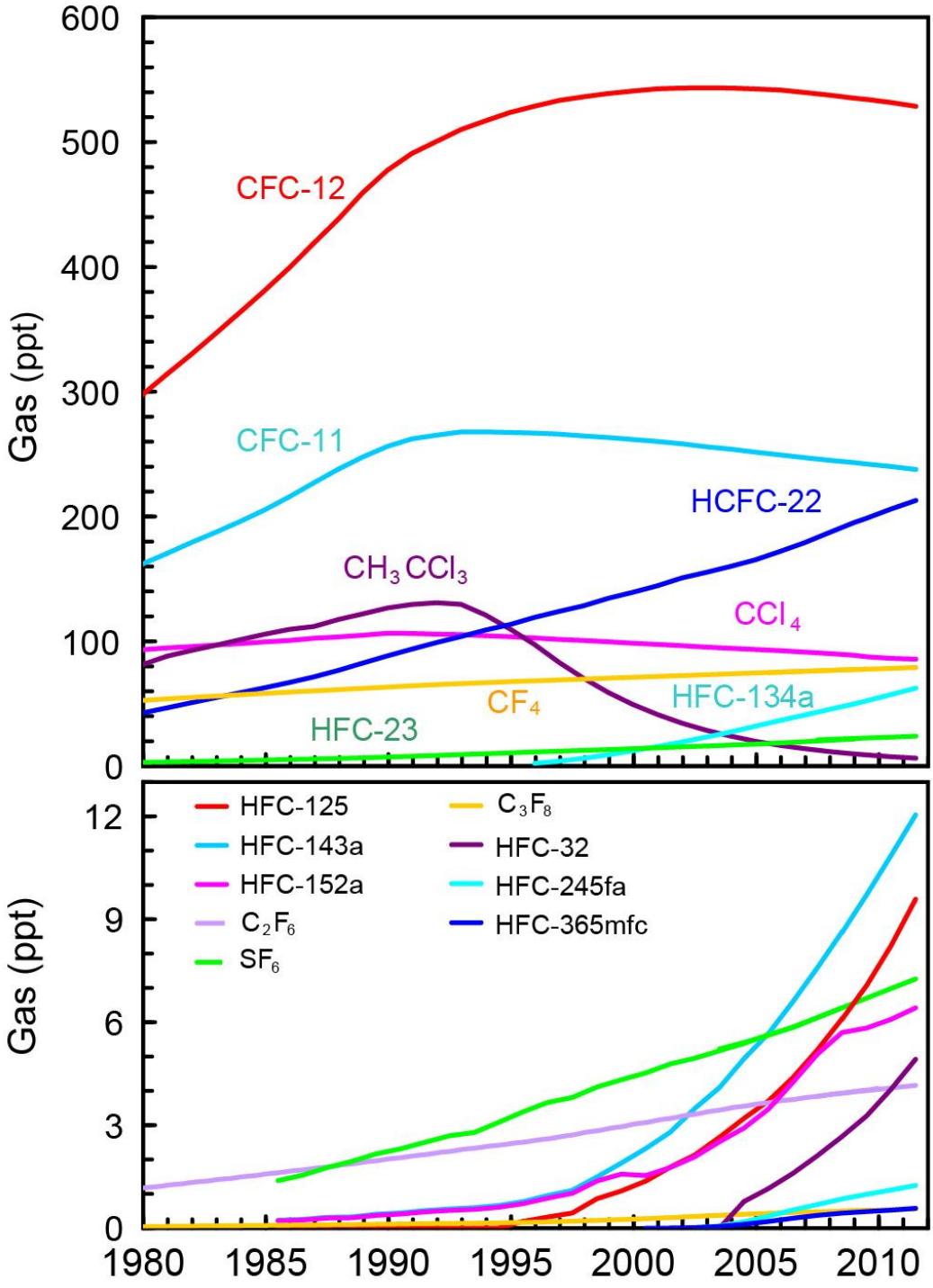
- CH_4 : Anaerobik çevrede mikrobik faaliyetler ile üretilir. Başlıca kaynaklar ise petrol ve gaz çıkarılması, ıslak alanlar, akarsu havzaları, organik çürümeler, geviş getiren hayvanların fermantasyonları ve pirinç üretimidir.
- N_2O : Azotlu gübre kullanımı, fosil yakıt yanması gibi insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınmaktadır. Ana kaynakları sudaki ve karadaki azotlanmalardır.
- HFC_S : Hidrojen, flor ve karbondan oluşan çeşitli organik bileşenlerdir. Hidroflorokarbonlar sentetik olarak üretilmektedir ve özellikle soğutucu cihazlarda kullanılmaktadır. 1980'li yılların sonlarından itibaren Montreal Protokolü'nün yürürlüğe girmesiyle yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandılar. HFC'ler nispeten yanmazlar, kimyasal olarak kararlı bir yapıdadırlar ve insan sağlığına zararlı bir gaz grubu değildirler.
- CFCs : Bütünüyle insandan kaynaklanmaktadır. Klorofluorokarbonlar, CFC-11 (CFC-l3), CCl_4, CFC-113 ($C_2Cl_3F_3$), CFC-12 (CCl_2F_2) ve bileşenleridir. Bunlar solvent, soğuttucu gazlar, köpük ve sprey üretimi kullanım alanlarıdır. Bu gazların konsantrasyon değerleri insan faaliyetleri nedeni ile kuzey yarım kürede daha yüksektir.
- PFC_S : Yüksek oksijen taşıyıcı özellikleri mevcuttur. İlk olarak kan yerine kullanılmak üzerine geliştirilmişlerdir. Günümüzde kullanım alanları birincil alüminyum üretimi, boksit madeninin çıkarılması, yangın söndürme sistemleridir. İnsan sağlığına zararlı bir gaz grubu değildir.
- SF_6 : Kükürt zayıf bağlarla altı flor atomuna bağlı bulunmaktadır. Renksiz, kokusuz ve inorganik bir gazdır. Genel olarak yüksek gerilim hatlarında elektrik atlamalarını engellemek için kesicilerin içerisinde kullanılmaktadır. İnsanda sesi kalınlaştırma özelliği bulunmakta olup sağlığa zararsızdır.
- Halonlar : Özellikle iki brom elementi bileşiminden halon 1211 ($CBrClF_2$) ve halon 1301 ($CBrF_3$) havacılık, yangın söndürme ve askeri sistemlerde çokça kullanılmaktadır. Bu iki bileşiğin atmosferdeki ozonu tahrip ettiği bilinmektedir.
- O_3 : Ozonun %90'nı stratosfer tabakasının 15 km – 30 km arasındaki yükseklikte bulunmaktadır. CFC gazlarının kullanımı ile ozon konsantrasyonu doğrudan etkilenmektedir. Ozon yoğunluğunun atmosferin alt seviyesinde yükselmesi iklim değişikliği üzerinde oldukça etkilidir. Troposferdeki %50'lik bir ozon miktarı artışı,

yeryüzü sıcaklığının 0,3 °C atmasını tetiklemektedir. 1957 yılından beri yer ve balon gözlemleri ve 1978'den de bu yana uydu sensörleri ile uzaydan ozonun atmosferdeki konsantrasyonu takip edilmektedir. Montreal protokolünün 1987 yılında tüm ülkelerce kabulü doğrultusunda ozon seyrelmesinin önlenmesi ve kontrol altına alınması için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

Sera gazlarının atmosferdeki değişimleri Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da görülebilmektedir. Şekil 2.9' da görüleceği gibi sanayi devriminden önceki dönemlerde atmosferdeki CO_2, CH_4 ve N_2O konsantrasyonları sırası ile 280 ppm, 700 ppm ve 270 ppm iken, sonraki dönemlerdeki ortalama konsantrasyonları 390 ppm, 1800 ppm ve 323 ppm'dir. Çağlar öncesi emisyon değerleri; buzullardan kesit alınarak tabakalar arasındaki havanın ölçümü neticesinde bulunmaktadır. Sanayi devriminde değerlerin pik yapmasının başlıca nedeni fosil yakıtların kullanımıdır (EPA, 2018).



Şekil 2.9 : CO_2, CH_4 ve N_2O gazlarının atmosferik konsantrasyonları (Blasing, 2016)



Şekil 2.10 : HFC_S , CFC_S ve SF_6 gazlarının atmosferik konsantrasyonları (Blasing, 2016)

İklim değişikliğinin insan sağlığına doğrudan etkileri fırtınalar, seller, ısı dalgaları ve ekstrem hava olayları ile meydana gelmektedir. Dolaylı etkileri ise enfeksiyon hastalıkları, su kullanımı ve besin temini ile olmaktadır. Bilhassa sıcaklıkların önemli derecede artması ve yağış dağılımının olumsuz yönde değişimi; virüs, enfeksiyon vb. dağılımını ve bağışıklık seviyesini de değiştirebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün yürüttüğü bilimsel çalışmalarda iklim

değişikliği ile artması olası başlıca hastalıklar ; kus gribi, kolera, kene, ebola, veba, parazitler, lyme, kızıl humma, sıtma, verem, uyku hastalığı ve sarı hummadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018).

2.5. KARBON AYAK İZİ TANIMI VE TARİHÇESİ

Karbon ayak izi insan faaliyetlerinin, kişisel veya kurumsal olarak, çevreye verdiği zararın bir diğer deyişle küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine etkisinin bir ölçüsüdür. Kurumların ya da bireylerin ısınma, elektrik tüketimi, ulaşım vb. günlük faaliyetlerinin toplam sera gazı salınımına ne kadar etki ettiğini gösterir.

Karbon ayak izi tanımı bir bileşenini oluşturduğu ekolojik ayak izi tanımından gelmektedir. Ekolojik ayak izi tanımı ise 1990'ların başlarında ortaya atılmış bir kavramdır. Wackernagel ve diğ., (1998) ekolojik sürdürülebilirliği ölçen bir aracın varlığına ihtiyaç duymuşlardır. Ekolojik ayak izini ise; tarım arazisi ayak izi, karbon ayak izi, yapılandırılmış alan ayak izi, orman ayak izi, otlak ayak izleri ve balıkçılık sahası ayak izlerinin bileşimi olarak tanımlamışlardır (Özsoy, 2018).

Karbon ayak izi kişisel ve kurumsal olmak üzere 2 farklı grupta incelenebilmektedir.

2.5.1. Kişisel Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izinin oluşmasının temelinde insan vardır. Kurumların da insanlardan oluştuğu düşünülürse, kişisel karbon ayak izini azaltmak kritiktir. İnsanoğlunun hayatını sürdürebilmesi için yaptığı aktivitelerin doğaya ne kadar emisyon saldığının kişi bazında miktarını gösteren kavramdır. Amaç çevre kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınma hakkında kişisel bilinç oluşturmaktır. Kişisel karbon ayak izi 2 alt başlıkta incelenmektedir;

Birincil Karbon Ayak İzi;

İnsanoğlunun evlerinde ya da araçlarında tükettiği fosil yakıtların sebep olduğu karbondioksit emisyonlarının miktarıdır.

İkincil Karbon Ayak İzi;

İnsanoğlunun kullandığı tüm ürünlerin beşikten mezara olan sürecindeki dolaylı karbondioksit emisyonlarının miktarıdır.

2.5.2. Kurumsal Karbon Ayak İzi

Kuruluşların gerçekleştirdiği yıl içerisindeki faaliyetler sonucunda doğaya saldıkları emisyonları gösteren kavramdır. Şekil 2.11'de de görüleceği üzere 3 grupta incelenebilir.

Doğrudan Karbon Ayak İzi (Kapsam-1);

Kurumun sahibi olduğu araçların kullandığı fosil yakıtlar ile ısınma ya da üretim prosesi için kullandıkları fosil yakıtların çevre etkisini belirten emisyonlar Kapsam-1 kapsamındadır. Kuruluş, sınırları içerisindeki tesislerden kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonlarını ve uzaklaştırmalarını hesaplamalıdır.

Kuruluş tarafından üretilen, ihraç edilen veya dağıtılan elektrikten, ısıdan ve buhardan kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonları ayrı ayrı rapor edilebilir, ancak bunlar kuruluşun toplam doğrudan sera gazı emisyonlarından düşülmemelidir.

Biyo-kütlenin yanmasıyla ortaya çıkan CO_2 emisyonları ayrıca hesaplanmalıdır.

Dolaylı Karbon Ayak İzi (Kapsam-2);

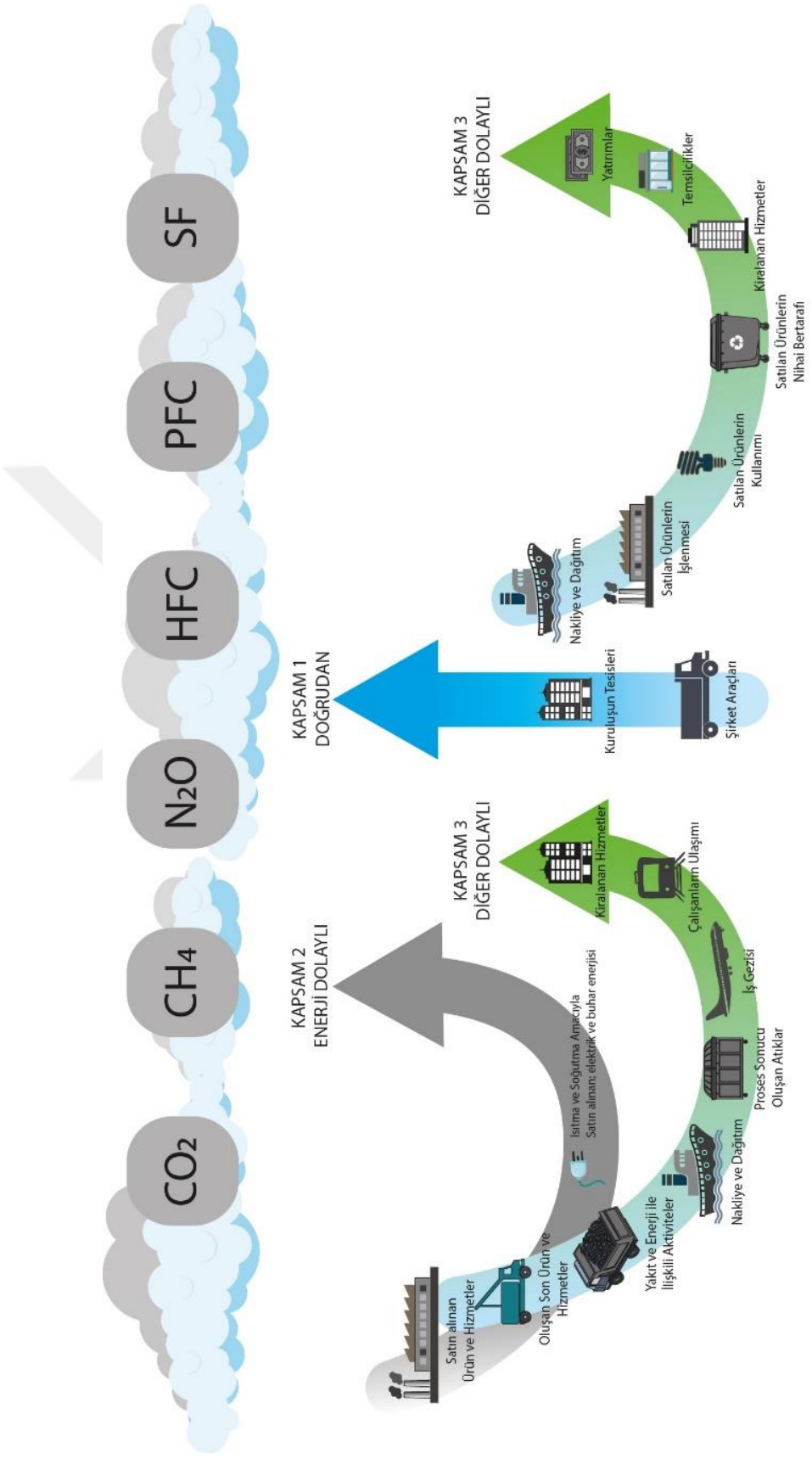
Bir kurumun başka bir kurumdan temin ettiği soğutma suyu, sıcak su ve buharın sebep olduğu emisyonlar ile kurumun kullandığı elektrik enerjisinin neden olduğu emisyonlar Kapsam-2 kapsamındadır.

Diğer Dolaylı Karbon Ayak İzi (Kapsam-3);

Hesaplanması en zor ayak izidir. Sebebi ise gerekli bilgilerin çoğunun diğer kurumlardan sağlanması gerekliliğidir. Kapsam-3 altında, kurumun kiralık araçlarının emisyonları, taşeron faaliyetlerini gerçekleştirmek için kullanılan enerjinin emisyonları ve kurumların kullandıkları tüm ürünlerden meydana gelen emisyonlar sayılabilir (Bekiroğlu, 2014).

- Kaçak Emisyonlar,
- Personelin iş seyahatleri ve işe bireysel/toplu geliş gidişleri,
- Bir kurumun ürünlerinin, malzemelerinin, çalışanlarının veya atığının başka bir kuruluş tarafından taşınması,
- Gelir getiren faaliyetler, imalât sözleşmeleri ve kiralama,

- Kuruluşun ürettiği ve sonrasında başka bir kuruluşa gönderdiği atıkların sebep olduğu emisyonlar,
- Kuruluşun ürettiği ürünlerin ve sunduğu tüm hizmetlerin kullanılmasından ortaya çıkan emisyonlar,
- Kuruluşun tükettiği elektrik, buhar ve ısının dışındaki enerji ürünlerinin üretilmesi ve dağıtılması sırasında ortaya çıkan emisyonlar,
- Satın alınan birincil malzemelerin ve hammaddelerin ilk üretiminden kaynaklanan emisyonlar (Ranganathan, 2004),



Şekil 2.11 : Kurumsal Karbon Ayak İzi ve Kapsam Şeması (Ranganathan, 2004)

2.6. ULUSLARARASI SÖZLEŞME VE PROTOKOLLER

Günümüzde tüm dünyayı alarma geçiren en büyük çevresel sorun iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin giderek artması, uluslararası sözleşmelerin imzalanmasına ve ülkelerin işbirliği yapması gerekliliğine sebebiyet vermiştir. Çevre, doğal kaynaklar, enerji ve ülkelerin kalkınmalarıyla alakalı olarak Birleşmiş Milletler öncülüğünde birçok konferans ve çalışmalar düzenlenmiş ve farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır.

Çevrenin ve doğal kaynakların korunmasına yönelik yapılan ilk Birleşmiş Milletler konferansı, 1949 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Kaynakların Korunması ve Kullanımı Bilimsel Konferansı'dır. Konferansın konusu adından da anlaşılacağı üzere doğal kaynakların bilinçli kullanılması ve korunmasıdır.

1968 yılında Paris'te UNESCO'nun ve alanında uzman kişilerin katılımı ile ilk Uluslararası Biyosfer Konferansı düzenlenmiştir. Konferansın konusu 'Biyosferik kaynakların rasyonel kullanılması ve korunması' için alınabilecek aksiyonlardır.

Çevre sorunları ile mücadele etmek için çalışmalar ve konferanslar artarken bir yandan da bu çalışmaların ulusal ekonomik çıkarlar ile ters düşüp düşmeyeceği de merak konusu olmuştur. Uluslararası programların ülke ekonomisini olumsuz etkileme potansiyeli ilk olarak Roma Kulübü tarafından ortaya atılmıştır. Roma Kulübü 1972 yılında yayınladığı Büyümenin Sınırları isimli raporunda ülkelerin çevrenin korunması ile ekonominin büyümesi arasında bir tercih yapması gerektiğini vurgulamıştır. Yayınlanan bu rapor çevrenin korunması ile ilgili yürütülen çalışmaların ülkelerin ekonomik büyümelerine ket vurmaması konusundaki önemini ortaya koyduğundan önem arz etmektedir. Bu raporda ortaya atılan bu düşünce ile bundan sonra yapılan çalışmalarda çevrenin korunması faaliyetlerinin ülke ekonomisine katkı sağlayacak şekilde uygulanması konuları gündeme gelmiştir.

1972'de Stockholm'de yapılan Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'nda ekonominin büyümesinden taviz vermeden çevresel sorunların nasıl aşılacağı konusu üzerinde durulmuştur. Ayrıca konferansta, katılımcı ülkelere iklim değişikliğinin risklerinin nasıl doğru değerlendirileceği hakkında bilgiler de verilmiştir. Bu konferans sonrasında Birleşmiş Milletler Çevre Programı oluşturulmuş ve konferans, çok taraflı uluslararası çevre politikalarının görüşülmesine zemin hazırlamıştır. Konferansın sonucu olarak ise İnsan Çevresi Eylem Planı

ve Bildirgesi imzalanmıştır. Konferansın 5 Haziran'da gerçekleşmesi sebebiyle 5 Haziran Dünya Çevre Günü ilan edilmiştir.

1979 yılındaki Birinci Dünya İklim Konferansı'nda insanoğlunun gerçekleştirdiği faaliyetlerin iklimi ve çevre koşullarını etkilediğine dair kanıtlar üzerinde durulmuştur.

1980 yılında yayınlanan Brandt Komisyonu raporunda gelişmiş ve ekonomisi yüksek seviyedeki ülkelerin çevre sorunlarını engellemek adına yoksul ve geri kalmış ülkelere yardım etmesi gerekliliği öne sürülmüştür. Ayrıca bu raporda çevresel problemler karşısında uygulama ve faaliyet eksikliğine de dikkat çekilmiştir, Aynı yıl içerisinde Malta Hükümeti'nin teklifi üzerine alınan bir kararla ise 'insanlığın bugünkü ve gelecekteki nesli adına küresel iklimin korunması' çağrısında bulunulmuştur. Yine bu yıldan itibaren, insanları çevresel sorunlar hakkında bilgilendirmek ve duyarlılığı artırmak adına iklim değişikliği konusunda önlemlerin alınması için çeşitli hazırlıklar başlatılmıştır (Brant Report, 2006).

1987 yılındaki Ortak Geleceğimiz isimli rapor Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanmış ve çevrenin korunması ile ekonomik gelişmenin uyumlaştırılması konularını ele almıştır. Rapor' da hem ekonomik kalkınmanın başarılabileceği hem de çevresel dengenin kurulabileceğinden bahsedilmiştir. Aynı yılda imzalanan, şimdiye kadar yapılan en başarılı çevre koruma anlaşmalarından biri olan Montreal Protokolü'nde ise ozon tabakasına zarar veren kimyasalların kontrol altına alınması ve bu kimyasalların yerine kullanılabilecek alternatif malzeme tespitlerinin gerekliliği görüşülmüştü (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1990).

1988 yılında 46 ülkeden 340 katılımcı ile gerçekleşen Değişen Atmosfer: Küresel Güvenliğe Yönelik Etkiler isimli konferans ile atmosferin korunması için uluslararası alanda sözleşmeler yapılması ve bu sözleşmelerin protokollerle desteklenmesi gerekliliği gözler önüne serilmiştir. Yine aynı yılda, Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü tabanında İklim Değişikliği Paneli kurulmuş ve iklim değişikliği ile ilgili düzenli olarak raporlama yapılmaya başlanmıştır.

1989 yılında İsviçre'de tehlikeli atıkların taşınması ve bertarafına ilişkin olarak Basel Konvansiyonu kabul edilmiş ve 1992'de yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin amacı, doğayı ve insan sağlığını tehdit eden zararlı atıkların taşınması, geri dönüşümü veya bertarafı sırasında yaşanabilecek olumsuz durumlara engel olmak adına yapılan çalışmalardır.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü 1990 yılında İkinci Dünya İklim Konferansı'nı gerçekleştirilmiştir. Konferans'ta kentsel yapı, enerji, su gibi konular ikinci plana atılırken, siyasi birlik ve beraberlik oluşumunun önemi ön planda tutulmuştur. Konferans'ın çıktısı olarak Küresel İklim Gözlem Sistemi'nin kurulması önerilmiştir.

Meydana gelen tüm bu gelişmeler çevresel sorunları elimine etmek için uygulanacak faaliyetlerin ekonominin büyümesi ile uyumlu bir şekilde ilerlemesi gerektiğini gözler önüne sermiştir. Bu gelişmelerin ardından çevrenin korunması ve iklim değişikliğinin önüne geçilmesi için çok büyük sınırlamalar getirilmiş ve büyük adımlar atılmıştır. Bunlardan en önemlileri Kyoto Protokolü ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir. Bu iki önemli gelişme aşağıda detaylı olarak incelenecektir.

2.6.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

İklim değişikliğine karşı toplumun bilincinin artırılması, tedbirlerin alınması ve sera gazı miktarının azaltılması için önemli yaptırımları olan BMİDÇS, Rio Dünya Zirvesi Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda 1992'da imzaya açılmakla birlikte 1994'te yürürlüğe girmiştir. 24 Mayıs 2004 tarihinde Türkiye'nin bu sözleşmeye resmen taraf olması gerçekleşmiştir.

Yapılan bu sözleşme ile OECD'ye üye ülkeler, iklim değişikliğine en çok sebebiyet veren ülkeler, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri göz önüne alınarak gruplara ayrılmıştır. Tablo 2.5'te Ek I ve Ek II ülkeleri görülmektedir. Ek II'de bulunan ülkelerin görevleri Ek I'de bulunan ülkelere, emisyon azaltma faaliyetlerinde maddi olarak destek vermek, teknoloji transferi aracılığıyla gelişmelerine yardımcı olmaktır. Güncel olarak sözleşmeyi 41 Ek-I Ülkesi (40+AB) yanı sıra 151 Ek-I Dışı Ülke onaylamıştır. Andora, Vatikan, Irak ve Somali olmak üzere 4 ülke ise gözlemci statüsündedir.

Tablo 2.5 : BMİDÇS Ek-I ve Ek-II Ülkeleri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018)

Ek-I Ülkeleri (40 + AB) **Sanayileşmiş Ülkeler (26 + AB) + PEGSÜ (14)**	**Ek-II Ülkeleri (23 + AB)**
Sanayileşmiş Ülkeler: AB, ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İtalya, İspanya, İsveç, İsviçre, İzlanda, Japonya, Kanada, Lichtenstein, Lüksemburg, Monaco, Norveç, Portekiz, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan.	Sanayileşmiş Ülkeler: AB, ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İtalya, İspanya, İsveç, İsviçre, İzlanda, Japonya, Kanada, Lüksemburg, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.

Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler (PEGSÜ): Beyaz Rusya, Çek Cumhuriyeti, Bulgaristan, Estonya, Hırvatistan, Letonya, Litvanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Slovakya, Slovenya.	

BMİDÇS temel ilkeleri;

- Taraf ülkelerin mutlak işbirliği yapmaları,
- İklim değişikliğinden etkilenecek olan gelişmekte olan ülkelerin özel şartları ve ihtiyaçlarının dikkate alınması,
- Küresel iklimin temelde eşit olarak, ortak ve fakat farklı sorumluluk ilkesi doğrultusunda korunması,
- Sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi ve yürütülecek politika ve alınacak önlemlerin ülkelerin ulusal kalkınma programlarına entegre edilmesi,
- İklim değişikliğinin olası etkileri için önlem planlarının yapılması ve alınacak önlemlerin etkin maliyetli olması ve küresel düzeyde fayda sağlaması (Çetin, 2013).

Aralık 2015'te BMİDÇS kapsamında kabul edilmiş olan Paris Anlaşması ise, tüm ülkelere küresel sıcaklık artışını sınırlamayı, hali hazırda meydana gelen değişikliklere uyum sağlamayı ve zaman içinde çabalarını düzenli olarak artırmayı taahhüt etmektedir.

2.6.2. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin bir eki olarak 1997 yılında imzaya açılan, sera gazı salınımlarını 1990 yılına oranla %5,2 oranında öncelikli olarak gelişmiş ülkelerin azaltması gerektiğini öngören protokoldür. 1977 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde görüşülmeye başlandığı için Kyoto ismini almıştır. Protokol kapsamında azaltılması hedeflenen sera gazları Tablo 2.6' da Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) değerleri ve kaynakları detayları ile verilmektedir.

Tablo 2.6 : Kyoto Protokolü kapsamında azaltılması hedeflenen Sera Gazları (Birleşmiş Milletler Protokolü, 1997)

Sembol	**İsim**	**CO_2 Eşdeğeri**	**Ana Kaynak**
CO_2	Karbondioksit	1	Çimento üretimi, orman yangınları fosil yakıtların yanması,
CH_4	Metan	21	Düzenli depoalma sahaları, petrol ve doğalgazın üretim ve dağıtımı,
N_2O	Nitroksit	298	N_2O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi

HFCs	Hidroflorokarbonlar	1.100 – 1.900	Yarı iletken üretimi, soğutucu ekipman gazları, alüminyum ergitme
PFCs	Perflorokarbonlar	560 – 11.700	Yarı iletken üretimi, yarı iletken üretimi ve alüminyum üretimi,
SF_6	Sülfür Heksaflorit	23.900	Magnezyum üretimi, elektrik iletim ve dağıtım sistemleri,

Güney Afrika'nın Durban kentinde gerçekleştirilen BMİDÇS Taraflar Konferansı'nın 17. Kyoto Protokolü Taraflar Konferansı'nın ise 7. Toplantılarında, gelişmiş ülkelerin tüm ülkelerin dahil olduğu bir küresel anlaşmayı desteklediğinden bahsedilmiştir. AB, çevreyi ve atmosferi en çok kirleten ülkeler için bağlayıcı hedeflerin konması gerektiğini ileri sürmüş, bu ülkelerin görüşmelerde mutlaka bulunması gerektiğinin altını çizmiştir.

Tablo 2.7 : BMİDÇS ve Kyoto Protokolünün Karşılaştırılması

BMİDÇS	**KYOTO PROTOKOLÜ**
Tüm iklim anlaşmaları ve görüşmelerinin temelinde yer alan metnidir.	Sadece 1. Dönem (2008-2012) için yükümlülükler belirlemiştir. 2005'den itibaren 2012 ve sonrası için (süreler, sorumluluk oranları, sorumlu ülkeler) yeni görüşmeler başlayacak, bu amaçla yeni ittifaklar kurulabilecektir.
Yürürlüğe girmesi için 50 ülke yeterlidir.	Yürürlüğe girebilmesi için, 55 ülkenin de taraf olması ve tüm salınımlarının da, Ek-I de yer alan ülkelerin tüm salınımlarının %55'ini aşması gereklidir.
Sera gazları tanımlanmamıştır.	Azaltılması hedeflenen sera gazları Ek-A listesinde tanımlanmıştır.
Sadece ana sektörler (sanayi, enerji, tarım, ulaştırma, atık, ormancılık) belirlenmiştir.	Salınımların sınıflandırılması dahilinde incelenecek alt sektörler tanımlanmıştır. Dolayısıyla Uluslararası sivil havacılıktan kaynaklanan salınımlar gibi bazı alt sektörler kapsam dışı bırakılmıştır.
Ek-I de yer alan ülkeler için 2000 yılı hedeflenmiş fakat zorunluluk yer almamıştır.	1.Dönem'de (2008-2012), tüm Ek-I ülkelerinin emisyon azaltım hedefleri Ek-B' de verilmiştir.
Sadece OECD üyeliği ve sanayileşme derecesi baz alınmaktadır.	Müzakereler sonunda, Ek-I ülkeleri, Ek-B listesinde her ülkenin kendisi için farklı bir sorumluluk tanımlamıştır.
Yaptırım gücü zayıftır.	Hedeflere ulaşılamaması halinde ilerleyem dönemler için ülkenin yükümlülükleri arttırılmaktadır.
Esneklik kuralları sadece Geçiş Ekonomisi Ülkeleri için geçerlidir.	Taraf olan tüm ülkeler, ilgili koşullara uymak kaydı ile, belirlenen Esneklik Mekanizmaları'na (CDM, JI, ET) dahil olabilir.
Taraflar Konferansı'nda onaylanan bir değişiklik, eğer taraf ülkeler 6 ay içinde itirazlarını iletmez ise yürürlüğe girmektedir.	Taraf ülkelerin %75'inin onay belgeleri ile değişikliğin yürülüğe girebilmesi mümkün olmaktadır.
Uyum konusu kısıtlı şekilde olsa ele alınabilir.	Uyum konusu asla ele alınamaz.
Ek-I dışı ülkelerin yükümlülükleri belirtilir.	Ek-I dışındaki ülkelere hiçbir yeni sorumluluk vermez, onlara CDM projelerine ev sahipliği hakkı verir.
Karar alma ve uygulama mercileri vardır.	Ek bir merci olarak Uygunluk Komitesi bulunmaktadır.

Küresel iklim değişikliği sorunu sadece belirli birey ve kuruluşlara ait bir sorun değildir. Bu yüzden BMİDÇS kapsamında yapılan görüşmelere farklı kesimlerden kurum ve kişiler

katılmaya başlamıştır. İklim değişikliği konusunda görüş bildirmek isteyen birçok sivil toplum kuruluşu ve belediye müzakerelerde yerini almıştır. Bazı kuruluşları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Araştırma Kuruluşları
- İklim Eylem Ağı (CAN)
- Uluslararası Yerel evre İnisiyatifleri Birliği (ICLEI)
- İş Dünyası Kuruluşları (BINGO)
- Uluslararası Ticaret Odası (ICC)
- Avrupa Politikaları Çalışma Merkezi (CEPS)
- Tropik Ormanlar Kabile Halkları Birliği

Esneklik Mekanizmaları:

Kyoto Protokolü'nde adı geçen ülkeler Ek-I ve Ek-II olarak kategorize edilmiştir. Doğu Avrupa ülkeleri, eski Sovyetler Birliği ülkeleri ve OECD üyesi olan ülkelerin sera gazı salınımlarını 1990 yılındaki salınım seviyelerinin 2008 ve 2012 yıllarında %5 altına indireceğini bildirir. Ek-I ve Ek-II ülkeleri Tablo 2.8'de görüldüğü gibidir. Ek-I ülkeleri sera gazı salınımlarını azaltmak ile yükümlü iken, Ek-II ü.lkeleri buna ilave olarak Ek-I ülkelerini teknolojik ve finansal açıdan desteklemekle de yükümlüdür (Birleşmiş Milletler Protokolü, 1997).

Tablo 2.8 : BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'nde Taraflar ve Sorumluluklar

Belge	**İsim**	**Tanım**	**Taraflar**	**Temel Konu**
BMİDÇS	Ek-1	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-1'de yer alan Diğer Taraflar	-15 Üyeli Avrupa Birliği -1990 tarihinde OECD üyesi ve AB dışındaki ülkeler -Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri (Rusya ve Ukrayna dahil)	Tarihsel Sorumluluk (Sanayileşmiş Ülkeler)
	Ek-2	Gelişmiş Ülkeler ve Ek-II'deki diğer Gelişmiş Taraflar	-15 Üyeli Avrupa Birliği -1990 tarihinde OECD üyesi ve AB dışındaki ülkeler	Mali Sorumluluk (Zengin Ülkeler)
Kyoto Protokolü	Ek-B	Sayısallaştırılmış Salınım Azaltım Sınırlama ya da Azaltım Yükümlülüğü (2008-2012 arasındaki Salınımların 1990 yılına göre %'si)	Türkiye ve Belarus dışındaki Ek-I Listesi (Türkiye ve Belarus KP'nin kabul edildiği zaman diliminde BMİDÇS taraf ülkesi değillerdi. Belarus, 2006 yılında alınan 10/CMP2 numaralı kararla Ek-B Listesi'ne dahil edildi ancak bu karar henüz yürürlüğe girmedi.)	Kyoto Protokü'nün 1. Dönemi'nde sera gazı salınım miktarını azaltma veya sınırlama sorumluluğa sahip ülkeler

Protokol kapsamında her ülke sera gazı salınımlarını azaltmak için kendi ulusal politikalarını geliştirmektedir. Bunun haricinde, hızlı yol almak adına ülkelere kolaylık sağlayan bazı mekanizmalar geliştirilmiştir. Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation – JI), Temiz

Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism – CDM) ve Emisyon Ticareti Sistemi (Emission Trading System) olmak üzere 3 adet mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizmalar sayesinde, taraflar sadece kendi ülkelerinde değil diğer ülkelerde de sera gazı salınımını kontrol altına alma faaliyetlerinde bulunduğunda yükümlülüklerini yerine getirmiş sayılacaklardır. Ülkeler azaltımını sağladıkları her bir tona eşdeğer karbon emisyonu için 'Karbon Kredisi' olarak belirtilen karbon haklarını ifade eden birimleri kazanacaklardır.

Kyoto Protokolü'nde 'Kyoto Mekanizmaları' ile bunlara karşılık gelen 'Karbon Birimi' listesi Tablo 2.9'da görülmektedir (Birleşmiş Milletler Protokolü, 1997).

Tablo 2.9 : Kyoto Protokolü Mekanizmaları ve Karbon Birimleri

Kyoto Mekanizması	**1 Ton Karbondioksite Eşdeğer Karbon Birimi**
Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism)	Belgeli Emisyon Azaltımları (Certified Emission Reduction – CER)
Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation)	Emisyon Azaltım Birimi (Emission Reduction Unit – ERU)
Emisyon Ticareti Sistemi (Emission Trading System)	Karbondioksit Esaslı Avrupa Birliği Tahsisatları (European Union Allowance – EUA) Sera Gazları Esaslı Belirlenmiş Miktar Birimi (Assigned Amount Unit – AAU)

Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanizm – CDM);

Temiz Kalkınma Mekanizması protokolün 12. Maddesinde düzenlenmiştir. Mekanizmanın temeli, Ek-I ülkelerinin, Ek-I haricindeki ülkelerdeki sera gazı salınım projelerini desteklemesi durumunda kendi kredisinden bu destek oranında yükümlülüğünün azaltılmasına dayanır. Diğer bir deyişle gelişmiş ülkeler, kendisinden daha düşük teknoloji seviyesi ve ekonomik kalkınmaya sahip ülkelere teknoloji transfer edip sürdürülebilir kalkınma teşviki sağladığında kendi gerçekleştirmeleri gereken kredilerinin azalmasını sağlayabilir (Fenhann,2018).

Temiz Kalkınma Mekanizması projelerine bakıldığında projelerin genellikle temiz enerji projeleri (enerji etkinliği, yakıt çevrimi, yenilenebilir enerji vb.) olduğu görülmektedir. Projelere yatırım yapanlar en büyük pay ile AB ülkeleridir. Bu yatırımları yapanlar özel şirketler olduğu gibi zorunlu ya da gönüllü kamu kuruluşları veya sivil toplum örgütleri de olabilmektedir. Bu mekanizmaya paralel şekilde gönüllülük ilkesine dayanan Karbon Ofset Piyasası (VCOs) da geliştirilmiştir. Bu sistem organizasyonların veya bireylerin sera gazi emisyonlarının başka bir alandaki sera gazı emisyonlarını azaltmak için geliştirilecek projelerde kullanılması için karbon kredisinin satın alınması ile uygulanmaktadır. Tablo 2.10'da Temiz Kalkınma Mekanizması proje örnekleri görülmektedir (Bumpus ve diğ., 2008).

Tablo 2.10 : Temiz Kalkınma Mekanizmaları ve Gönüllü Karbon Dengelemeleri Kapsamında Örnek Karbon Dengelemesi Projeleri (Bumpus ve diğ., 2008)

Proje Tipi	Proje Örneği	Başlıca Coğrafi Üreticiler	Proje Sayısı	Bir Yılda Azaltılan CO_2 Miktarı
Endüstriyel Gaz Azaltımı (HFC, PFC, N_2O)	Kimyasal ve üretim sanayii ile ilgili endütriyel gazlar ile yüksek küresel ısınma kapasitesini azaltma ve/veya tamamen önleme; %3 proje ve %37 toplam emisyon azaltımı (CDM).	Çin, Hindistan	56	122.994 t/CO_2e
Metan Gazı (CH_4)	Çöplükler, kömür yatakları, madenlerden, tarım ve hayvancılık alanlarından oluşan yanıcı/ parlayıcı metan gazını enerji üretetimi için kontollü olarak depolamak (CDM, bir kısmı VCO).	ABD (VCO), Brezilya, Şili, Çin, Hindistan, Malezya	413	72.273 t/CO_2e
Yenilenebilir Enerji	Karbon emisyonu yüksek olan enerji üretimini bitirmek veya bunları hidro elektrik santralleri, rüzgâr santralleri, güneş enerjileri gibi kaynaklar ile değişimini sağlamak (CDM ve VCO).	Brezilya, Çin, G. Afrika, Hindistan, Meksika,	1.192	82.147 t/CO_2e
Enerji Etkinliği	Konutlarda ve büyük yerleşim alanlarında enerji tasarruflu ampuller/led kullanmak (VCO)	Karayipler, Kazakistan	285	39.886 t/CO_2e
Akaryakıt Geçişleri	Karbon salınımı yüksek akaryakıtlar yerine düşük karbon salınımlı olanların kullanılması (Kömür, petrolden vb. yerine doğalgaz, biyo-yakıtlar vb. tercih edilmesi)	Çin, Brezilya, Hindistan, G.Afrika, G. Kore, Mısır	69	24.464 t/CO_2e
Ormancılık	Mevcut orman alanını koruma ve ağaçlandırma çalışmaları (CDM ve VCO)	Kolombiya, Uganda, Hindistan, Çin, Meksika	7	831 t/CO_2e

Temiz Kalkınma Mekanizması projelerinde en büyük karbon satıcı Çin'dir. Çin'in ardından Brezilya ve Hindistan gelmektedir. Projelere ait süreçlerin kontrolü Temiz Kalkınma Mekanizması Yürütme Kurulu (Clean Development Mechanism Executive Board) tarafından gerçekleştirilmektedir. Projelerin başvurularının alınması, değerlendirilmesi, onaylanması ve Belgelendirilmiş Emisyon Azaltımı Belgesi(Certified Emission Reduction – CER)'nin verilmesi Temiz Kalkınma Mekanizması Yürütme Kurulu sorumluluğundadır. Kurul değerlendirme yaparken projelerin sosyal, çevresel ve ekonomik kalkınma ölçütlerine uygun olmasına, projelerin Temiz Kalkınma Mekanizması olmadan devam edip edemeyeceklerine ve ev sahibi ülkelerin onayının olup olmadığına dikkat eder (Fenhann,2018).

Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation – JI);

Ortak Yürütme Mekanizması protokolün 6. Maddesi altında düzenlenmiştir. Bu mekanizma ile Ek-I ülkelerinden biri yine Ek-I ülkelerinden biri ile sera gazı azaltımına ait bir proje yapabilir ve bunu kendi kredisinden düşürebilir. Taraf ülke emisyon azaltımı yaptığında Emisyon

Azaltım Kredisi (Emission Reduction Unit – ERU) kazanarak bu miktarın değerini diğer bir ülkeye satabilir. Ortak Yürütme Mekanizması projelerinin denetim ve kontrolü Ortak Yönetim Denetim Komitesi (Joint Implementation Supervisory Committee – JISC)'ndedir. Bu komite projeleri değerlendirir, onaylar ve Emisyon Azaltım Kredisi verir (Fenhann,2018).

Yukarıda bahsedilen Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Yürütme Mekanizması'ndan her ikisi de proje bazlı mekanizmalar olup temelde birbirlerine benzemektedir. Buna rağmen, bu iki mekanizmanın iki önemli farklılığının bulunmasının belirtilmesinde fayda olacaktır. Bu farklılıklardan ilki, Ortak Yürütme Mekanizması'nda Ek-I ülkelerinden birinin yine Ek-I ülkelerinden biri ile çalışma yapıyor olmasıdır. İkincisi ise, Ortak Yürütme Mekanizması'nda iki ayrı doğrulama prosedürünün oluşudur. İlk doğrulma prosedürü, uygunluk kriterini sağlayan ev sahibi ülkenin doğrulaması ikinci doğrulama prosedürü ise uygunluk kriterini sağlamayan ev sahibi ülkelerde Ortak Yürütme Üst Kurulu'nun yapacağı doğrulamadır. Tablo 2.11'de Ortak Yürütme Mekanizması projeleri örnekleri görülmektedir (Fenhann,2018).

Tablo 2.11 : Ortak Yürütme Mekanizmaası Proje Tipleri (Fenhann, 2018)

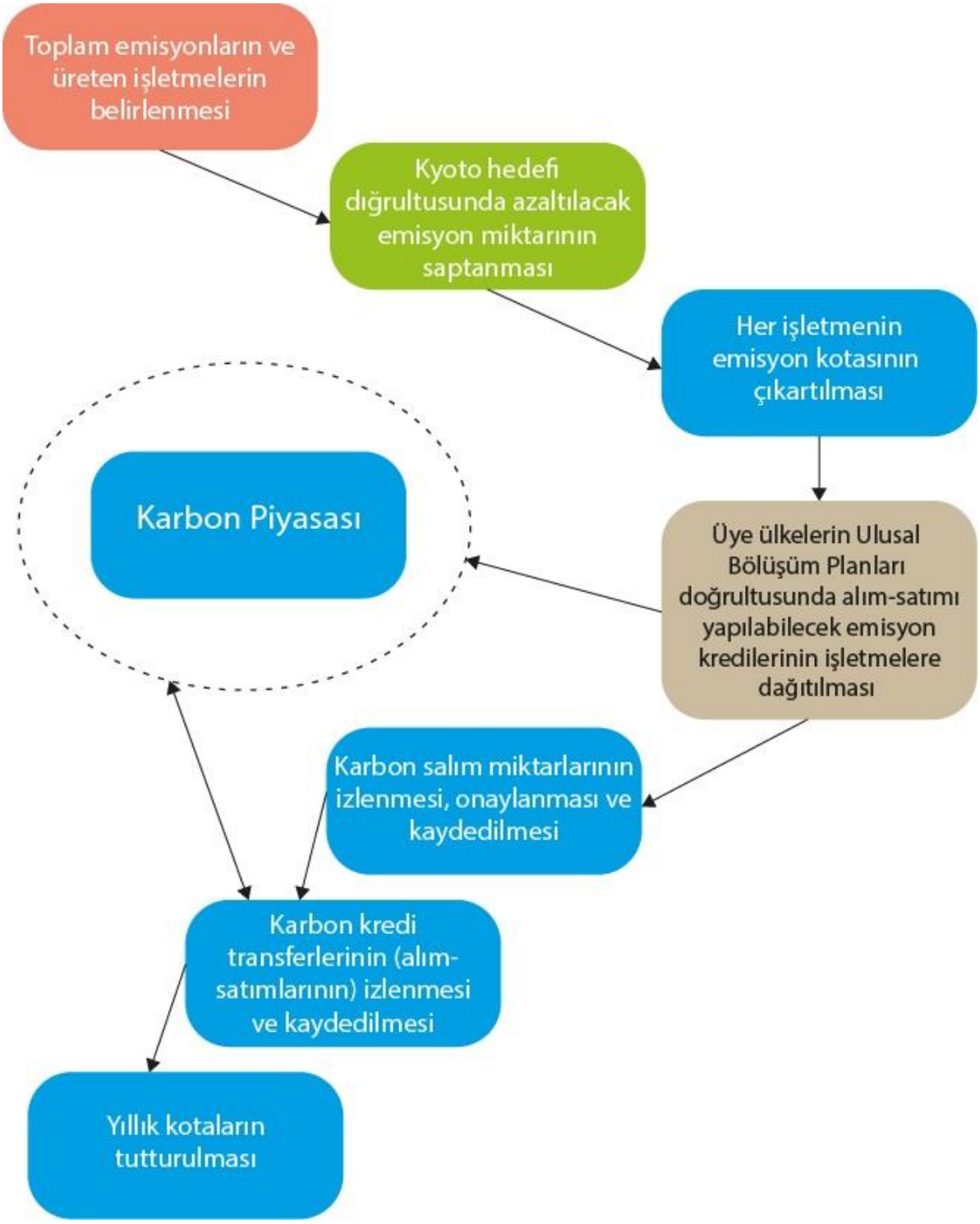
Proje Tipi	**Bir Yıla düşen Emisyon Azaltım Birimi (1000 ERUs per year)**	**Proje Sayısı**
Rüzgâr	3.621	41
Biyokütle Enerji	3.548	47
Fosil Yakıt (fosil fuel switch)	9.363	22
Enerji dağılımı	7.124	38
N2O	26.428	52
Kaçakçılık	57.976	76
Enerji Verimliliği (Endüstri)	38.188	91
Çöp Gazı	3.864	80
Kömür yatağı/maden metanı (mine methane)	9.677	24
Ağaçlandırma	596	3
Tarım	64	1
Toplam	195.369	586

Emisyon Ticareti Sistemi (Emission Trading System – ETS);

Emisyon Ticareti Sistemi, protokolün 17. Maddesi altında düzenlenmiştir. Kyoto Protokolü ile gündeme gelen esneklik mekanizmalarından sonuncusu ve en kritik olanı Emisyon Ticareti Sistemi'dir. Daha önce bahsedilen, Temiz Kalkınma Mekanizması ile Ortak Yürütme Mekanizması, Emisyon Ticareti Sistemi'nin temelini meydana getirmektedir. Bu sistem, emisyonlarını düşürme hedefi olan ülkelerin, kendi aralarında emisyon alım satımı yapabilmelerine izin verir. Örneğin, Ek-I ülkelerinden herhangi biri kendi yükümlülüğünü gerekenden fazlası ile yerine getirirse, diğer bir deyişle belirlenen hedeften daha fazla oranda

emisyonlarını azaltırsa, artan emisyon indirimini diğer bir ülkeye satabilmektedir (Tunahan, 2012).

Emisyon Ticareti Sistemi'nde öncelikle Kyoto Protokolü kapsamında belirlenen hedefler doğrultusunda AB tarafından, üye ülkelere gerçekleştirmeleri gereken emisyon kotaları verilir. Her üye olan ülke için alınan işletmelerin yıllık emisyon miktarı hedefleri saptanır. Ülkelerin yıllık emisyon miktarı hedefleri ve kotaları göz önünde bulundurularak işletmelere emisyon kredileri dağıtılır. Karbon kredisi alım satımları için, kredi miktarları sınırlandırılmıştır. Geliştirdikleri emisyon azaltıcı üretim teknolojileri ile yenilenebilir enerji projeleri ile emisyon salınımını azaltan ülkeler, hedefledikleri emisyon miktarı kotalarının altında kalmakta ve ayrıca kullanmadıkları fazla emisyon miktarı kredilerini karbon borsasında satarak gelir elde edebilmektedir. Emisyonlarını düşürmekte zorlanan ülkeler ise piyasadan karbon kredisi alıp kotalarını istenen seviyelerde tutabilmektedirler. Emisyon Ticareti Sistemi'nin uygulanışını özetleyen görsel Şekil 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.12 : Emisyon Ticareti Sistemi'nin Uygulanışı (Pamukçu, 2007)

Karbon ayak izi ile ilgili bir diğer önemli konu ise karbon ayak izinin hangi amaçlara istinaden hesaplandığıdır. Karbon ayak izi temel olarak sera gazlarının emisyonunu azaltmak, yasal zorunluluk ve sosyal sorumluluk, müşteri taleplerine karşılık verme ve kurum imajını koruma amaçları ile hesaplanmaktadır.

Kyoto Protokolü'nün en önemli çıktılarından biri iklim değişikliği ve küresel sınmaya sebebiyet veren sera gazlarının emisyonunun azaltılmasıyla ilgili mekanizmaları ortaya koymasıdır. Tanımlanan bu mekanizmalar ile Ek-I'de yer alan ülkelerin sera gazı emisyonu oranlarını azaltmaları hedeflenmiştir.

2.6.3. ISO 14064 Standardı ve Diğer Kılavuzlar

Sera gazı emisyon raporlamalarının uluslarası geçerliliği olan standartlar kullanılarak hesaplanması ve izlenmesi mümkündür. Yapılan çalışmalarda en çok kullanılan standartlar ve referans belgeler;

- ISO 14064 serisi
- WRI Sera Gazı Protokolü (Greenhouse Gas Protocol - World Resources Institute)
- IPCC Ulusal Sera Gazı Envanter Kılavuzları
- Uluslararası geçerliliği olan sektörel çalışmalar
- Ulusal/Uluslararası Mevzuat ve Uygulama Kılavuzları (Örn. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik 17 Mayıs 2014 R.G. Sayı : 29003, Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Ve Raporlanması Hakkında Tebliğ 22 Temmuz 2014 R.G. Sayı : 29068)

Tablo 2.12 : ISO 14064 - Sera Gazları Serisi

Sayı	**Yaşam Döngüsü Analizi Standardının Adı**	**Durum**
ISO 14064-1	Sera Gazları – Bölüm 1 : Sera gazı emisyonlarının ve uzaklaştırılmalarınıın kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve rapor edilmesine dair kılavuz ve özellikler	1.Baskı (2006)
ISO 14064-2	Sera Gazları – Bölüm 2 : Sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin hesaplanma, izlenme ve rapor edilme faaliyetleri için kılavuz ve özellikler.	1.Baskı (2006)
ISO 14064-3	Sera gazları - Bölüm 3: Sera gazı beyanlarının onaylanmasına ve doğrulanmasına dair kılavuz ve özellikler	1.Baskı (2006)
ISO 14065	Sera gazları - Akreditasyon veya diğer karşılıklı tanıma formlarında kullanmak için sera gazı geçerli kılınması ve doğrulaması yapan kuruluşlar için şartlar.	2.Baskı (2013)
ISO 14066	Sera gazları - Sera gazlarını geçerli kılma takımları ve doğrulama takımları için yetkinlik gerekleri	1.Baskı (2011)

ISO 14064-1 standardı, sera gazı envanterlerinin şirket veya kuruluş seviyesinde tasarlanması, geliştirilmesi, yönetimi ve raporlanması için prensipler ve prosedürler ile ilgili detaylı bilgi vermektedir. Sera gazı emisyonlarının yönetimini geliştirmek amacı ile sera gazı emisyon miktarı sınırlarının tespit edilmesi, bir kuruluşun faaliyetleri neticesinde açığa çıkan sera gazı emisyon miktarının ve emisyonların uzaklaştırılması ve/veya azaltılması için hesaplamaların yapılması ve şirketin öncelikli önleyici faaliyetlerinin veya aktivitelerinin belirlenmesi için gerekli yöntemleri içermektedir. Ayrıca, sera gazı doğrulama uygulaması için envanter kalite yönetimi, iç tetkik, rapor etme, ve aynı zamanda kurumun yükümlülüklerine ilişkin koşulları ve kılavuzları da içermektedir.

Sera Gazı Protokolü (GHG Ptotocol), özel ve kamu sektörü faaliyetlerinden, farklı ticari yapıların ve girişimlerin sera gazı emisyon miktarlarının hesaplanması ve raporlanması için standartlaştırılmış uluslararası bir yaklaşımdır. Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) arasında 20 yıllık bir ortaklığa dayanan GHG Protokolü hükümetler, sanayi dernekleri, STK'lar, işletmeler ve diğer kuruluşlarla birlikte çalışmaktadır. Sera Gazı Protokolü, WRI ve WBCSD'nin 1990'ların sonlarında kurumsal sera gazı hesaplanması ve raporlanması için uluslararası bir standarda ihtiyaç duyduğunu fark ettiklerinde ortaya çıkmıştır. BP ve General Motors gibi büyük kurumsal ortaklarla birlikte, 1998 yılında WRI "Güvenli İklim, Sağlam İş" adlı bir rapor yayınlamıştır. Bu rapor, küresel iklim değişimiyle mücadele edilmesi kapsamında sera gazı emisyon miktarlarının ölçümünde standartların oluşturulması gerekliliğini vurgulamaktaydı. 2001 yılında ilk baskısı yayınlanan standardın, sonraki dönemlerde şirketlerin elektrik ve diğer enerji kaynaklarının tüketimlerinden kaynaklanan emisyonların nasıl hesaplandığını netleştiren ek rehberle güncellenmiştir. Sera Gazı Protokolü ayrıca şirketlerin sera gazı emisyonlarını hesaplamalarına ve iklim değişikliği azaltma projelerinin faydalarını ölçmelerine yardımcı olacak bir hesaplama araçları paketi de geliştirmiştir.

IPCC Ulusal Sera Gazı Envanter Kılavuzları, uluslararası düzeyde sera gazı salınımlarının hesaplanması ve izlenmesi ile ilgili ayrıntılı metodolojik yönergeleri, belirsizlik değerlendirmeleri ve raporlama yönergelerini içeren rehber kılavuzlardan oluşmaktadır.



Şekil 2.13 : IPCC Kılavuzları

1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından oluşturulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)' nin amacı, her seviyedeki hükümetlere iklim konusundaki politikalarını geliştirmek için kullanabilecekleri bilimsel bilgileri sağlamaktır. IPCC raporları ayrıca uluslararası iklim değişikliği müzakerelerine önemli bir girdidir.

IPCC, Birleşmiş Milletler veya WMO üyesi olan hükümetlerin oluşturduğu organizasyondur ve şu anda 195 üyeye sahiptir. IPCC' nin çalışmasına dünyanın her yerinden binlerce insan katkıda bulunmaktadır. Değerlendirme raporları için, IPCC bilim adamları, her yıl yayınlanan bu kapsamlı özetin sunulması için yayınlanan; iklim değişikliğinin nedenleri, etkileri ve gelecekteki riskleri ve iklim değişikliğine adaptasyon ile bu risklerin nasıl azaltılabileceği hakkında binlerce bilimsel makaleyi değerlendirmek için zaman ayırmaktadırlar.

Tüm dünyadaki uzmanlar ve hükümetler tarafından yapılan açık ve şeffaf bir inceleme, objektif ve eksiksiz bir değerlendirme sağlamak ve çeşitli görüş ve uzmanlık alanlarını yansıtmak IPCC sürecinin önemli bir parçasıdır. IPCC, yaptığı değerlendirmeler yoluyla farklı alanlardaki bilimsel anlaşmanın gücünü ortaya koymakta ve ayrıca daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulan alanları belirlemektedir (Birleşmiş Milletler, 2018).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. KURULUŞ VE FAALİYET SINIRLARI

1982 yılından bu yana değerli metaller alanında faaliyetlerini sürdürmekte olan Evciler Kimya Madencilik ve Değerli Metaller Sanayi Ticaret A.Ş., 1996 yılından itibaren Atık Elektronik ve Elektrikli Eşya (AEEE) toplama, ayrıştırma ve geri dönüşümü faaliyetlerini odak noktası haline getirmiştir. Firma merkezi Türkiye'de olup Avrupa, Orta Doğu, Afrika, Uzak Doğu ve tüm komşu ülkelerde AEEE geri dönüşüm faaliyetlerine halen devam etmektedir.

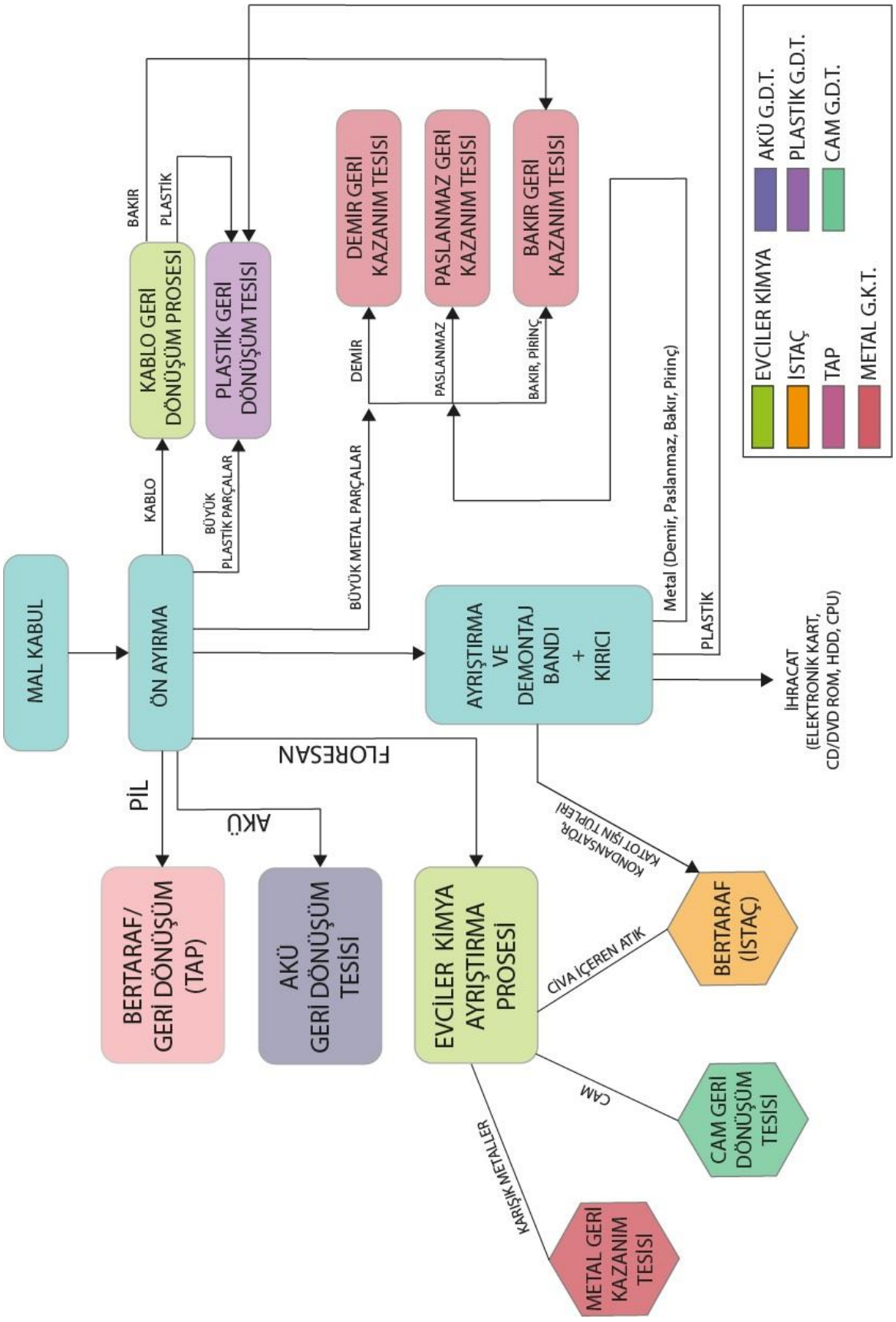
Firma elektronik atık (e-atık) toplama faaliyetleri yanı sıra, ayrıştırma ve geri dönüşüm/geri kazanım süreçlerimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı izniyle yürütmektedir.

Toplanan elektronik atıkların geri dönüşüm tesisine gelmesinin ardından, ilk adım olarak öncelikle elle ayıklanarak kablo, plastik ve metal şeklinde kategorize edilir. Şekil 3.1' de tesisinin proses akış şemasında da görülebildiği üzere ilk olarak gelen atıklar ön ayrıştırma işlemine tabi tutulur. Malzemeler tesise kabul edilirken yapılan "ön ayrıştırma" işleminde floresan, kartuş, toner, akü ve monitör gibi parçalar ayrı bir yerde tasnif edilmektedir. Geriye kalan elektronik atıklar bir sonraki aşamaya geçmek üzere depoya alınmaktadır. Boyutları küçük parçalar direkt olarak kırıcıya gönderilebilmektedir. Uygulanacak prosese göre kategorize edilen parçalar elle demontaj işleminden sonra konveyör bantlar ile çekiçli kırıcıya beslenmektedir. Bu işlem ile bir boyut daha küçültme işlemi uygulanır. Manyetik malzemeler ile manyetik olmayanları birbirinden ayırmak için manyetik ayırma işlemi uygulanır. Manyetik olmayan ürünler daha sonra tekrardan çekiçli kırıcıdan geçirilerek üçüncü boyut küçültme işlemine tabii tutulur. Manyetik olmayan malzemelerden plastikler ve alüminyumlar havalı masalarda ayrıştırılır.

Ayrıştırılan malzemeler prosesin devamında büyük çuvallara dolar ve paketlenerek tartımı yapılır. İşleme sonucunda ortaya çıkan demir, paslanmaz çelik, bakır, pirinç ve plastikler sanayide hammadde olmak üzere metal geri kazanım tesislerine çıkışları yapılır. Değerli metal içeren tehlikesiz elektronik kart parçaları, CPU, RAM, HDD gibi parçalar ayrı bir depolama alanında biriktirilir ve yetkili metal rafinerilerine gönderilerek içeriğindeki değerli/nadir metalerin geri kazanımı sağlanmaktadır. Proses sonucunda oluşan ve geri dönüşümü mümkün

olmayan materyaller ise yetkili bertaraf tesislerine gönderilerek bertarafı sağlanmaktadır (Evciler Kimya, 2018).

Bu çalışmada, Evciler Kimya Mad. Ve Değ. Met. San. Tic. A.Ş. (Kuruluş); Ankara Fabrika (Tesis 1) , İstanbul Aktarma Merkezi (Tesis 2) ve İzmir Aktarma Merkezi (Tesis 3) olmak üzere 3 ayrı tesis olarak değerlendirilmiştir. Kontrol yaklaşımı esas alındığından kuruluşun kendi mali, idari ve operasyonel sorumluluğunda bulunan bütün tesislere ait sera gazı emisyonlarından kuruluş sorumludur. Kuruluşun idari ve mali sorumluluğunda olan kısımlar aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır. Bu çalışmada tüm tesisler için sera gazı emisyonları (karbon ayak izi) ayrı ayrı hesaplanmış olup çalışmanın son kısmında bu hesaplamalar birleştirilerek kuruluşun toplam kurumsal karbon ayak izi hesaplanmıştır.



Şekil 3.1 : Tesis İş Akış Şeması



Şekil 3.2 : Kuruluş ve raporlamaya dahil edilen tesisler



Şekil 3.3 : Fabrika Faaliyet Sınırları



Şekil 3.4 : Tesis Genel Görünümü

Kuruluşun merkezi ve geri dönüşüm faaliyetlerinin gerçekleştirildiği lokasyonda 4.000 m^2 kapalı alan olmak üzere toplam 6.000 m^2 alanda faaliyetlerini devam ettirmektedir. Tesis yıllık 7.445 ton atık işleme kapasitesine sahiptir. Raporlama kapsamında aktarma merkezi olarak kullanılan İstanbul ve İzmir şubelerinin faaliyetleri de incelenmiştir. Kuruluşun yurt dışında gösterdiği faaliyetler kapsam dışı bırakılmıştır. Kuruluşa ait karbon ayak izi hesaplaması yapılırken sadece firmanın idari ve mali sorumluluğunda olan bölümler ve faaliyetler dikkate alınmıştır. Kontrol yaklaşımı doğrultusunda kuruluşun taşeron firma marifeti ile yürüttüğü personel servisleri, yemek yapımı hizmetleri gibi alt yüklenicilere taşere ettiği faaliyetlerden ve hava/kara/deniz yolu ile yapılan seyahatlerden ortaya çıkan, kaynağında oluşan ve kontrol etme şansının doğrudan kuruluşun kontrolünde olmayan emisyonlar hesaplamaya dâhil edilmemiştir. Kuruluşa ait sera gazı emisyonu faaliyet sınırları Tablo 3.1'de detaylı bir şekilde verilmektedir.

Tablo 3.1 : Faaliyet Sınırları ve Rapor Kapsamı

Faaliyet	Faaliyet Kategorisi	Faaliyet Verisi	Kapsam	Sera Gazları	Raporlama Kapsamı
Isıtma Sistemi	Sabit Yanma	Doğalgaz (m^3)	Doğrudan (Kapsam 1)	CO_2 CH_4 N_2O	Evet
Klima Gazları	Kaçak Emisyonlar	Klima Gazı (kg)	Doğrudan (Kapsam 1)	R410a	Evet
Buzdolapları	Kaçak Emisyonlar	Soğutucu Gaz (kg)	Doğrudan (Kapsam 1)	R600a	Evet
Su Sebilleri	Kaçak Emisyonlar	Soğutucu Gaz (kg)	Doğrudan (Kapsam 1)	R134a	Evet

Yangın Tüpleri	Kaçak Emisyonlar	Yangın Söndürücü CO2 (kg)	Doğrudan (Kapsam 1)	CO_2	Evet
Ulaşım ve Atık Taşıma Faaliyetleri	Hareketli Yanma (on-road)	Motorin (lt)	Doğrudan (Kapsam 1)	CO_2 CH_4 N_2O	Evet
Elektrik Tüketimi	Elektrik	Kwh	Enerji Dolaylı (Kapsam 2)	CO_2	Evet
Elektrik Tüketiminde İletim ve Dağıtım Kayıpları	Elektrik	Kwh	Enerji Dolaylı (Kapsam 3)	CO_2	Evet
Taşeron Firma Personelleri Ulaşım Faaliyetleri	Hareketli Yanma (on-road)	Motorin (lt)	Diğer Dolaylı (Kapsam 3)	CO_2 CH_4 N_2O	Hayır
Taşeron Firma Tarafından Yemek Yapımı Faaliyetleri	Sabit Yanma	Doğalgaz (m^3)	Diğer Dolaylı (Kapsam 3)	CO_2 CH_4 N_2O	Hayır
Kuruluşa Ait Atıklarının Bertarafa Taşınması	Hareketli Yanma (on-road)	Motorin (lt)	Diğer Dolaylı (Kapsam 3)	CO_2 CH_4 N_2O	Hayır
Kuruluşa ait Atıklarının Bertarafı	Atık Bertarafı	Atık (ton)	Diğer Dolaylı (Kapsam 3)	CO_2 CH_4 N_2O	Hayır

3.2. KARBON AYAK İZİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Bu çalışma ISO 14064-1 standardı hükümlerine uygun olarak uluslararası geçerliliği olan IPCC 2006 ve GHG Protocol dokümanlarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

ISO 14064-1 "Sera Gazları - Bölüm 1: Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler" standardı çerçevesinde hazırlanan bu rapor, 2015, 2016 ve 2017 yılları için kuruluş faaliyetlerinden kaynaklanan tüm sera gazı emisyonlarının hesaplanarak Kurumsal Karbon Ayak İzi' nin belirlenmesi çalışmasını kapsar. Bu çalışma tamlık, uygunluk, tutarlılık, şeffaflık ve doğruluk prensipleri doğrultusunda, kuruluşun sera gazı emisyon envanterinin tasarımı, geliştirilmesi, yönetimi ve raporlanması için gerekli şartları kapsamaktadır.

Kurumsal Karbon Ayak İzinin hesaplamasında kullanılabilecek diğer tüm yöntemler aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Standart Yöntem

Standart yöntemle hesaplamalarda işletmenin faaliyet verileri ve emisyon faktörleri çarpımı ile toplam CO2 emisyonu bulunur. Yanma kaynaklı emisyonlar ve proses kaynaklı emisyonlar için ayrı formüller kullanılmaktadır. Faaliyet verileri ve seçilen emisyon faktörleri için kademeler belirlenmektedir. Belirlenen kademe numaraları 1'den yukarı çıktıkça faaliyet verilerinin belirsizliği düşer. Kullanılacak emisyon faktörleri IPCC kılavuzlarında bulunmaktadır.

Emisyon faktörü için örnekler:

- Kademe 1: IPCC standart faktörleri
- Kademe 2: Standart faktörler ulusal envanterden alınmaktadır
- Kademe 3: Kimyasal analize bağlıdır

Kademe sistemi izleme ve raporlama zorunluluklarına esneklik katmaktadır.



Şekil 3.5 : Standart Yöntem

- *Yanma emisyonları için :*

$$\text{Emisyon} = \text{FV} \times \text{EF} \times \text{NKD} \times \text{YF} \quad (3.1)$$

Emisyon = [tCO2]
FV = Faaliyet Verisi [TJ, t ya da Nm^3]
NKD = Net Kalorifi k Değer [TJ/Gg]
EF = Emisyon Faktörü [tCO_2/TJ, tCO_2/t ya da tCO_2/Nm^3]
YF = Yükseltgenme Faktörü [birimsiz]

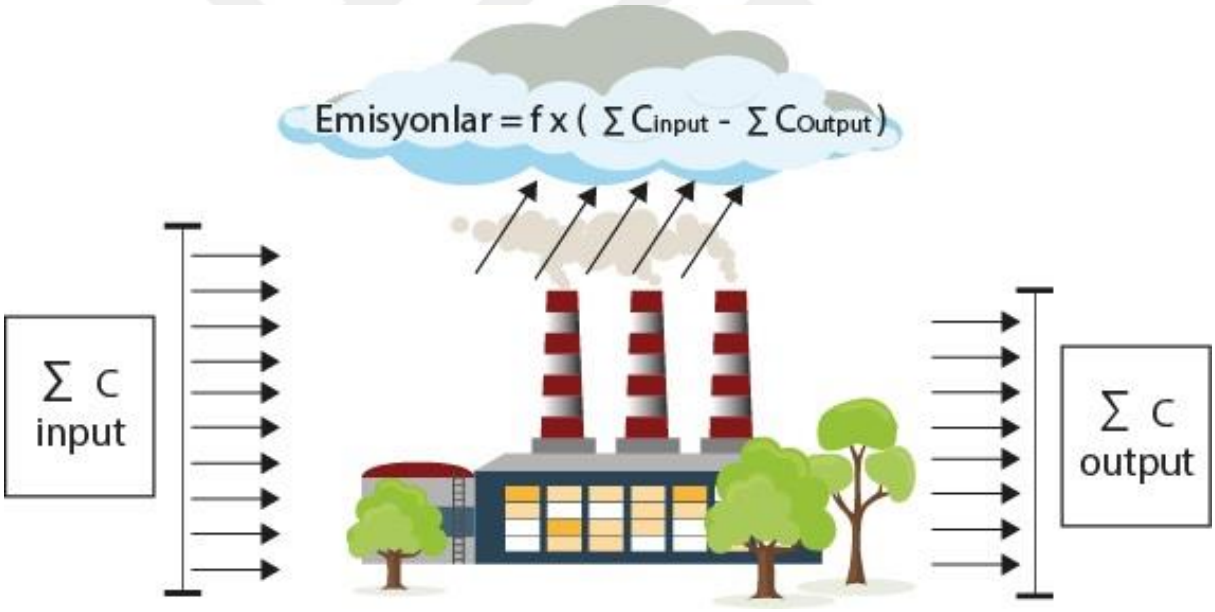
- *Proses emisyonları için :*

$$\text{Emisyon} = \text{FV} \times \text{EF} \times \text{DF} \quad (3.2)$$

Emisyon = [tCO2]
FV = Faaliyet Verisi [TJ, t ya da Nm^3]
EF = Emisyon Faktörü [tCO_2/TJ, tCO_2/t ya da tCO_2/Nm^3]
DF = Dönüşüm Faktörü [birimsiz]

3.2.2. Kütle Dengesi Yöntemi

Bu yöntemde, kuruluşun kütle dengesinin sınırlarına giriş yapan veya terk eden malzemelerin miktarıyla ilgili faaliyetlerinin verisini, malzemelerin karbon miktarı içeriği ve 3,664 tCO_2/t ile çarparak kütle dengesi sınırlarında bulunan her bir kaynak akışına karşılık gelen CO_2 miktarını hesaplar. Kaynak akışı sınıflandırmaları bu yöntem kullanıldığında çok dikkatli yapılmalıdır.



Şekil 3.6 : Kütle Dengesi Yöntemi

$$\text{Emisyon} = \sum(\text{f} \times \text{FV}_\text{i} \times \text{C}_\text{i}) \quad (3.3)$$

f = 3,664 tCO_2/tC
EF = Emisyon Faktörü [tCO_2/TJ, tCO_2/t ya da tCO_2/Nm^3]
NKD = Net Kalorifi k Değer [TJ/t veya Tj/Nm^3]
FV = Faaliyet Verisi [t]
C = Karbon içeriği [-]

tCO_2/TJ olarak ifade edilen emisyon faktörleri için:

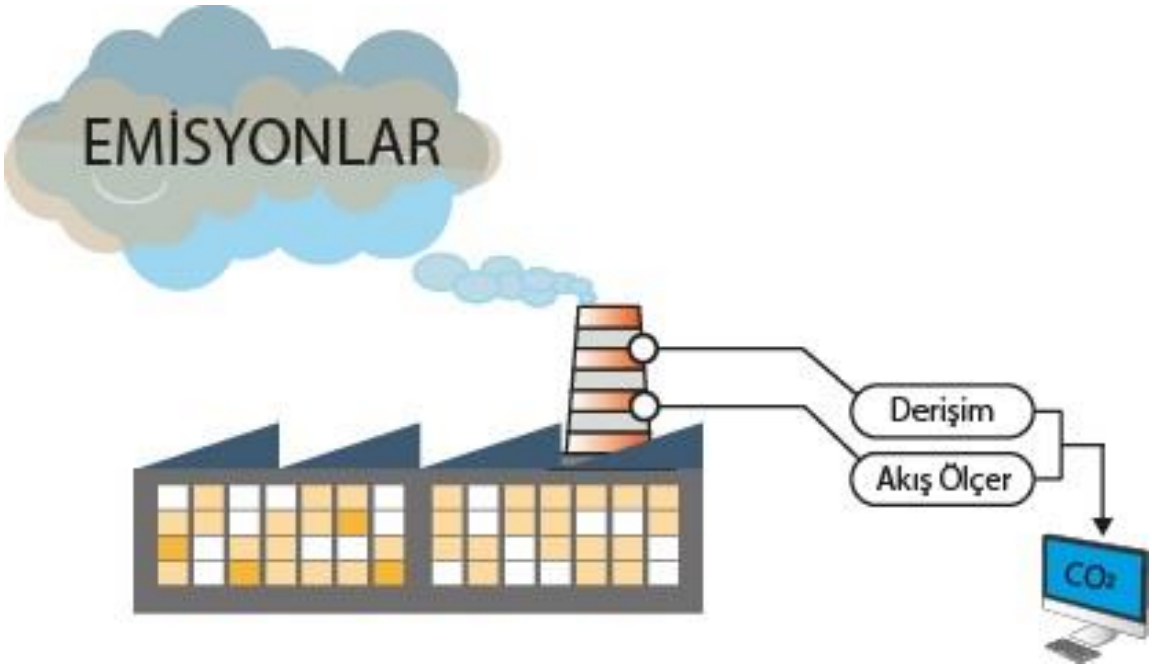
$$C = (EF \times NKD) / f \quad (3.4)$$

tCO_2/Nm^3 veya tCO_2/t olarak ifade edilen emisyon faktörleri için:

$$C = EF / f \quad (3.5)$$

3.2.3. Ölçüm Temelli Yöntem

CO_2 miktarının ve oluşan gaz akışının ölçüldüğü ve tesisler arasındaki CO2 iletimin de izlendiği koşullar da dahil olmak üzere, baca gazı akışındaki sera gazı emisyon miktarlarının sürekli olarak ölçümü ile emisyon miktarlarının tespit edilmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 3.7 : Ölçüm Temelli Yöntem

Bu çalışmada, sera gazı salınımı veya uzaklaştırma faktörleriyle çarpılan faaliyet verilerinin hesaplanmasını içeren Standart Yöntem metodolojisi kullanılmıştır. Faaliyet verileri tespit edilip seçilen emisyon faktörleri ile çarpımı sonucunda sera gazı emisyonu miktarı bulunmaktadır. Emisyon faktörleri CO_2 eşdeğeri olarak sağlanmaktadır. CO_2 dışındaki diğer sera gazlarının emisyonları ayrı ayrı hesaplanmakta ve her bir gazın küresel ısınma potansiyeli değeri ile çarpılarak CO_2 eşdeğerine çevrilmektedir.

Emisyon faktörlerinin belirlenmesinde Kademe yaklaşımı esas alınmış olup, mümkünse Kademe 3, değilse Kademe 2 o da mevcut değil ise Kademe 1 emisyon faktörleri seçilerek belirsizliğin asgari düzeye indirilmesi amaçlanmıştır.

3.3. TESPİT VE KABULLER

Hesaplamalarda kullanılan sera gazlarının Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli (KIP/GWP) Tablo 3.2'de yer almaktadır. Değerler GHG Protokolü'nden alınmıştır.

Tablo 3.2 : Sera Gazları Küresel Isınma Potansiyelleri (Myhre ve diğ., 2013)

Sera Gazı	KIP / GWP
CO_2	1
CH_4	21
N_2O	310
HFC-32	650
HFC-125	2.800
SF_6	23.900
R600a (İzobütan)	3
R134a	1.300

Tesislere ait doğalgaz kaynaklı sera gazı emisyonları hesaplanmasında kullanılan parametreler;

- ✓ Doğalgaza ait ısıl güç ve yoğunluk bilgisi tedarikçi firmadan temin edilemediğinden, bu bilgiler "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (27.10.2011 tarih 28097 sayılı R.G)" Ek-2'de yer alan "Enerji Kaynaklarının Alt Isıl Değerleri ve Petrol Eşdeğerine Çevrim Katsayıları" tablosundan alt ısıl değer 8.250 Kcal/m^3 olarak, yoğunluk 0,670 kg/m^3 olarak alınmıştır. Aşağıda yer alan dönüşüm hesaplamaları ile doğalgaza ait kalorifik değeri 51,54 TJ/Gg olarak bulunmuştur. Bu hesaplamada Kademe 2 yaklaşımı gereği ulusal değerler kullanılmıştır.

  8.250 Kcal/m^3 ÷ 0,670 kg/m^3 = 12.313,4 Kcal/kg

  12.313,4 Kcal/kg x 4,186x10^{-9} TJ/kcal x 10^6 kg/Gg = 51,54 TJ/Gg
- ✓ Doğalgazın aşağıda yer alan emisyon faktörleri 2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri – Cilt 2: Enerji – Bölüm 2: Sabit Yanma - Tablo 2.2'den temin edilmiştir. Ülkemizde yayınlanmış ulusal emisyon faktörleri olmadığından uluslararası değerler alınarak Kademe 1 yaklaşımı uygulanmıştır. Doğalgaz yanma hesabında, oksidasyon katsayısı 1 olarak kabul edilmiştir.

  E.F. CO_2 = 56.100 kg/TJ

  E.F. CH_4 = 1 kg/TJ

  E.F. N_2O = 0,1 kg/TJ

- ✓ Doğalgaz sayacına ait ölçüm belirsizliği ±%2 olarak alınmıştır. Sayacın temin edildiği doğalgaz dağıtım şirketinden sayaca ait ölçüm belirsizliği verisi istenmesine rağmen temin edilememiştir. Bu sebeple sayaç için ölçüm belirsizliği değeri, Ölçü Ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği'nin (24.07.1994-22000 R.G) Üçüncü Bölümünde (madde 100) yer alan diyaframlı doğalgaz sayaçları için izin verilen maksimum hata payı oranı olarak alınmıştır.
- ✓ Emisyon faktörüne (CO_2) ait belirsizlik değeri "1996 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri(Revize) Ek-1 de yer alan Tablo A1-1 dokümanından temin edilmiştir. Bu dokümanda sadece CO_2 gazı için emisyon faktörü belirsizliği bulunduğundan diğer sera gazlarının emisyon faktörü belirsizlikleri hesaplamada değerlendirilmemiştir. CO_2 gazı emisyon faktörü ölçüm belirsizliği ±7% olarak alınmıştır.

Tesislere ait kaçak emisyonların hesaplanmasında kullanılan parametreler :

- ✓ Kuruluşa ait olan herhangi bir tesis içerisinde ortak soğutma sistemi(chiller) bulunmamaktadır.
- ✓ Klimalarda R410a soğutucu gazı kullanılmaktadır. Son 3 yıl içerisinde herhangi bir klimaya soğutucu gaz basılmamıştır.
- ✓ R410a soğutma gazının %50 HFC-32 ve %50 HFC-125 gazlarının karışımı olduğu bilinmektedir.
- ✓ Bir adet klimaya basılan soğutucu gaz miktarı 1,4 kg olarak alınmıştır. Bu bilgi klimaların etiket bilgisinden temin edilmiştir.
- ✓ Klimalar için yıllık kayıp/kaçak miktarı doldurulan gazın %4,5'i olarak kabul edilmiştir. (Belirsizlik=±10%) Kaynak: IPPC- Ozon Tabakası ve Küresel İklim Sisteminin Korunmasına İlişkin Özel Rapor - Bölüm 5: Konut ve Ticari İklimlendirme ve Isıtma / 5.1.1.2.
- ✓ Buzdolaplarında R600a (İsobutan) soğutucu gazı kullanılmaktadır.
- ✓ Ev tipi buzdolabında 0,067 kg soğutucu gaz bulunmaktadır. Bu bilgiler buzdolapların etiket bilgisinden temin edilmiştir.
- ✓ Her bir buzdolabı için yıllık kayıp/kaçak miktarı doldurulan gazın %4,5'i olarak kabul edilmiştir. (Belirsizlik=±10%) Kaynak: IPPC- Ozon Tabakası ve Küresel İklim Sisteminin Korunmasına İlişkin Özel Rapor - Bölüm 4: Soğutma.
- ✓ Su sebillerinde R134a soğutucu gazı kullanılmaktadır

- ✓ Her bir su sebiline basılan soğutucu gaz miktarı 0,031 kg olarak alınmıştır. Bu bilgi su sebillerinin etiket bilgisinden temin edilmiştir.
- ✓ Su sebilleri için yıllık kayıp/kaçak miktarı doldurulan gazın %4,5'i olarak kabul edilmiştir. (Belirsizlik=±10%) Kaynak: IPPC- Ozon Tabakası ve Küresel İklim Sisteminin Korunmasına İlişkin Özel Rapor - Bölüm 4: Soğutma.

Tesislerde bulunan yangın söndürme sistemlerinden kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında kullanılan parametreler :

- ✓ Kuruluş içerisinde yangın söndürme sistemi, sulu spring sistem, tavan detektörleri ve yangın söndürme tüplerinden oluşmaktadır.
- ✓ Taşınabilir CO_2 yangın tüpleri için kaçak oranları tüp içeriğindeki gaz ağırlığının %4'ü (Belirsizlik=±2%) olarak kabul edilmiştir. Kaynak: IPPC- Ozon Tabakası ve Küresel İklim Sisteminin Korunmasına İlişkin Özel Rapor - Bölüm 9: Yangın Koruması – Tablo 9.2.

Binek araç ve atık taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan parametreler :

- ✓ Tüm araçlar dizel olup, hesaplamalarda kullanılan mazot ortalama yoğunluğu 0,85 kg/lt olarak kabul edilmiştir. Oksidasyon faktörü ise 1 olarak alınmıştır. Kaynak: 2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri – Cilt 2: Enerji – Bölüm 2: Sabit Yanma - Tablo 1.4.
- ✓ Motorin için net kalorifik değer (NCV) 43 TJ/Gg olarak alınmıştır. Kaynak: 2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri – Cilt 2: Enerji – Bölüm 2: Sabit Yanma - Tablo 1.2.
- ✓ Motorinin aşağıda yer alan emisyon faktörleri 2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri – Cilt 2: Enerji – Bölüm 2: Sabit Yanma - Tablo 2.2'den temin edilmiştir. Ülkemizde yayınlanmış ulusal emisyon faktörleri olmadığından uluslararası değerler alınarak Kademe 1 yaklaşımı uygulanmıştır.

  E.F. CO2 = 74.100 kg/TJ

  E.F. CH4 = 3 kg/TJ

  E.F. N2O = 0,6 kg/TJ
- ✓ Emisyon faktörüne (CO_2) ait belirsizlik değeri "2006 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri – Cilt 2: Enerji – Enerji- Tablo 2.13" dokümanından temin edilmiştir. CO_2 gazı emisyon faktörü ölçüm belirsizliği ±7% olarak alınmıştır.

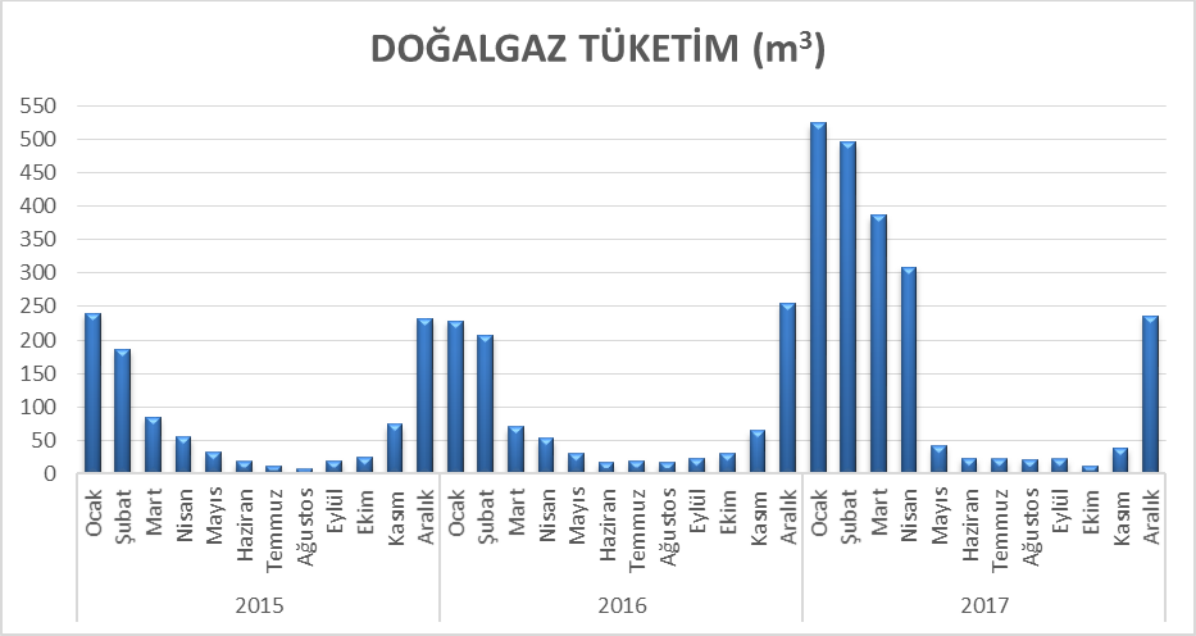
Elektrik tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılan parametreler :

- ✓ Tesis 1'e ait 2 adet ana elektrik sayacı mevcuttur. 1 numaralı sayaç idari binanın, 2 numaralı sayaç ise atık işleme tesisinin elektrik sarfiyatını ölçmek için kullanılmaktadır. Her iki sayacın da kuruluşum idari ve mali sorumluluğunda olan kısımlar olması nedeni ile tüm okunan değerler hesaplamalara dahil edilmiştir. Tesis 2 ve Tesis 3'te 1'er adet elektrik sayacı mevcuttur.
- ✓ Elektrik sayacına ait ölçüm belirsizliği ±%2 olarak alınmıştır. Sayacın temin edildiği elektrik dağıtım şirketinden sayaca ait ölçüm belirsizliği verisi istenmesine rağmen temin edilememiştir. Bu sebeple sayaç için ölçüm belirsizliği değeri, Ölçü Ve Ölçü Aletleri Muayene Yönetmeliği'nin (24.07.1994-22000 R.G) İkinci Bölümünde (Madde 60) yer alan tek fazlı ve çok fazlı elektrik sayaçları için izin verilen maksimum hata payı oranı alınmıştır.
- ✓ Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon faktörü 0,478 kg $CO_{2\text{-eş}}$/kwh olarak alınmıştır. Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı-IEA Ülkelerinin Enerji Politikaları Türkiye 2016 Değerlendirmesi.
- ✓ Emisyon faktörüne (CO_2) ait belirsizlik değeri 1996 IPCC Ulusal Sera Gazı Envanteri (Revize) Ek-1 dokümanından temin edilmiştir. Bu dokümanda sadece CO_2 gazı için emisyon faktörü belirsizliği bulunduğundan diğer sera gazlarının emisyon faktörü belirsizlikleri hesaplamada değerlendirilmemiştir. CO_2 gazı emisyon faktörü ölçüm belirsizliği ±7% olarak alınmıştır.

3.4. FAALİYET VERİLERİ

Kuruluşun detaylı olarak incelenmesinin ardından elde edilen faaliyet verileri:

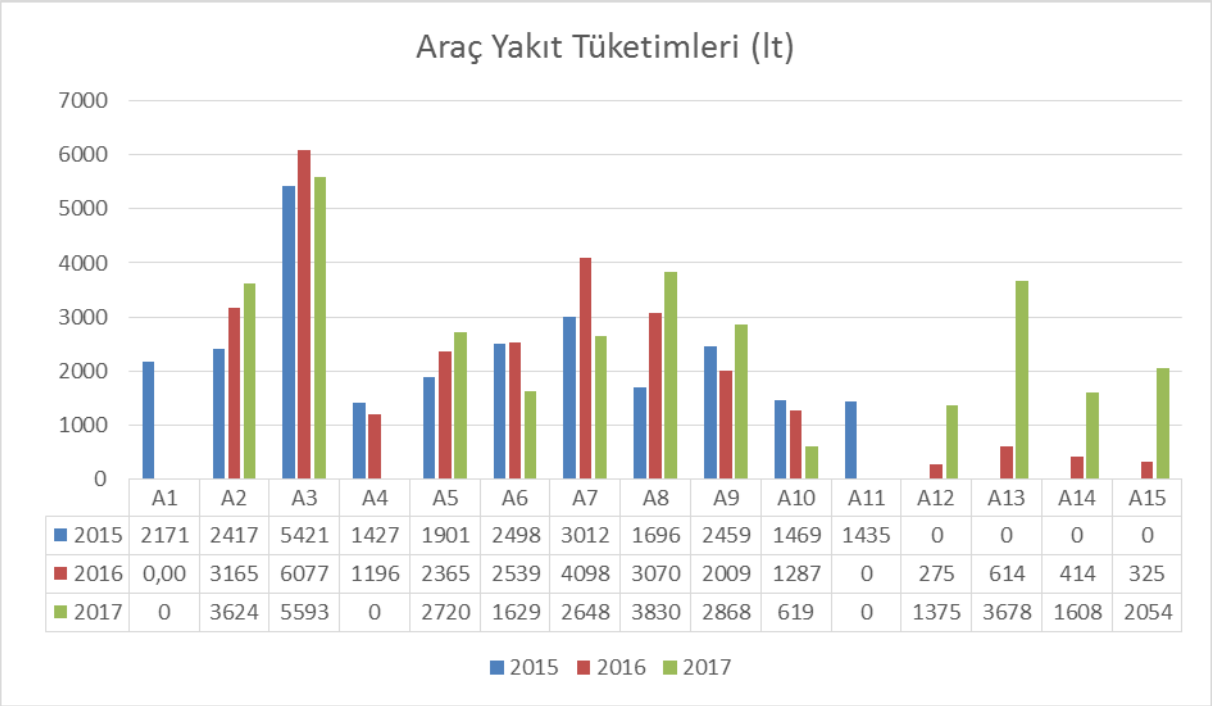
- ✓ Doğalgaz tüketimi ile ilgili faaliyet verisi ana şebekeden temin edilen doğalgazın, doğalgaz sayacından okunması ile temin edilmektedir. Tüketim verisi doğalgaz faturalarından tespit edilmiştir. Tesis 1 ve Tesis 3 te altyapısal nedenler ile doğalgaz kullanımı bulunmamaktadır.



Şekil 3.8 : Tesis 2'nin 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki doğalgaz tüketimi

- ✓ Tesis 1 içerisinde 3 adet, Tesis 2 içerisinde 5 adet, Tesis 3 içerisinde 1 adet olmak üzere toplamda 9 adet split klima bulunmaktadır.
- ✓ Tesis 1 içerisinde; 2 adet ev tipi, Tesis 2 içerisinde; 2 adet ev tipi, Tesis 3 içerisinde; 1 adet ev tipi, olmak üzere toplam 5 adet buzdolabı bulunmaktadır.
- ✓ Tesis 1 içerisinde 1 adet, Tesis 2 içerisinde 2 adet, Tesis 3 içerisinde 1 adet olmak üzere toplam 4 adet su sebili bulunmaktadır.
- ✓ Tesis 1 içerisinde 12 noktada 30 kg'lık, Tesis 2 içerisinde 10 noktada 30 kg'lık, Tesis 3 içerisinde 3 noktada CO_2 yangın söndürme tüpü bulunmaktadır.
- ✓ Kuruluşun mali ve idari sorumluluğunda olan tüm araçlar ve tüketilen yakıt miktarları Şekil 3.9'da görülmektedir. Araçların 3 yıllık periyot içerisinde kullanım süreleri hakkında detaylar aşağıda verilmiştir;
    - o A1 ve A11 araçları 2015 yılı Kasım ayı sonunda satılmıştır.
    - o A4 aracı 2016 yılı Eylül ayı sonunda satılmıştır.
    - o A10 aracı 2017 yılı Ağustos ayı sonunda satılmıştır.
    - o A9 aracı 2017 yılı Ekim ayı sonunda satılmıştır.
    - o A12, A13, A14 ve A15 araçları 2016 yılı Ekim ayında alınmıştır.
- ✓ Kullanılan binek araçlar ve atık taşıma araçlarının tükettiği kayıt miktarı araç takip sistemi kayıtlarından litre cinsinden elde edilmiştir. Kuruluşa ait araçların toplam yakıt

tüketimleri 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla 25.906,19 lt, 27.433,00 lt ve 32.245,11 lt' dir.



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
2015	2171	2417	5421	1427	1901	2498	3012	1696	2459	1469	1435	0	0	0	0
2016	0,00	3165	6077	1196	2365	2539	4098	3070	2009	1287	0	275	614	414	325
2017	0	3624	5593	0	2720	1629	2648	3830	2868	619	0	1375	3678	1608	2054

Şekil 3.9 : 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait araç yakıt tüketim verileri

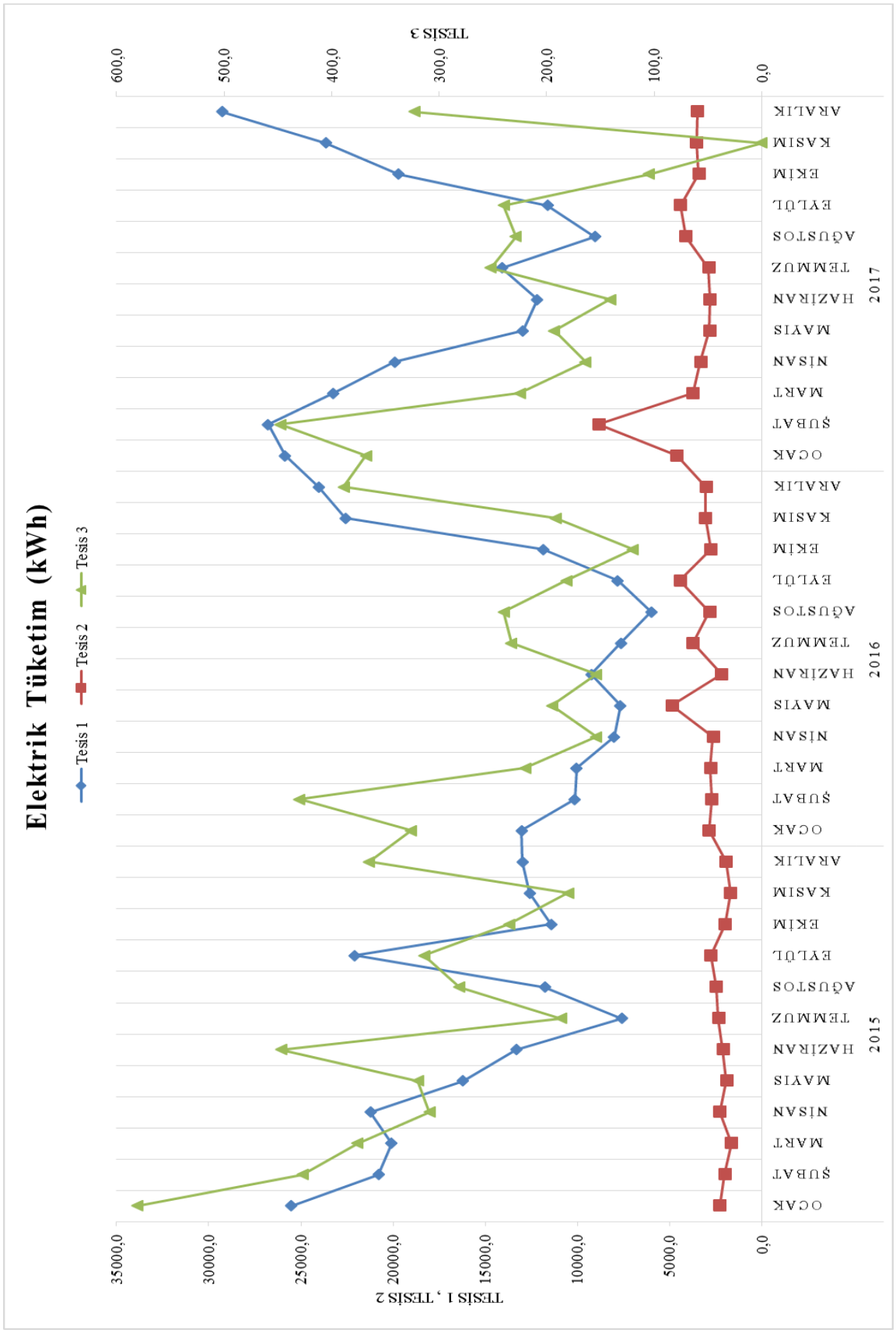
✓ Tesislerin tükettiği kendi idari ve mali sorumluluğunda olan kısımlar için tükettiği toplam elektrik sarfiyatı Tablo 3.3 ve Şekil 3.10'da verilmiştir ;

Tablo 3.3 : Kuruluşun Elektrik Tüketim Verileri

Lokasyon	**Faaliyet Verisi (kWh)**		
	2015	**2016**	**2017**
Tesis 1	195.662,69	138.129,940	228.374,026
Tesis 2	25.545,042	37.969,522	48.120,480
Tesis 3	4.022	2.835	2.688
Toplam	985	1.013	2.131

✓ Elektrik iletim ve dağıtım kayıpları diğer dolaylı sera gazı emisyonlarından olup Kapsam 3 dahilinde değerlendirilmiştir. Kuruluş bünyesindeki Diğer Dolaylı Emisyonlar alt başlığına dahil edilebilecek emisyonlara kaynaklarına ait veriler ulaşılabilir ve tam güvenilir olmadığı için, bu çalışmada Elektrik Tüketiminde İletim ve Dağıtım Kayıplarının Emisyonları hariç Diğer Dolaylı Emisyonlar hesaplanmamıştır. Diğer dolaylı sera gazı emisyonlarının TS/EN/ISO 14064-1 kapsamında hesaplamalara dâhil edilme zorunluluğu bulunmamaktadır. Çalışma kapsamındaki yıllar için iletim ve

dağıtım kayıpları oranları 2015 yılı için 14,2% , 2016 yılı için 13,3% ve 2017 yılı için 12,1% olarak alınmıştır (Bilge ve diğ., 2017).



Şekil 3.10 : Tesislere ait Elektrik Tüketim Verileri

3.5. BELİRSİZLİK DEĞERLENDİRMESİ VE KADEME YAKLAŞIMI

Belirsizlik kavramı genel olarak tespit edilen miktar ile ilişkilendirilebilen ve bulunan değerlerin rasyonel dağılımını da gösteren hesaplamaların sonucu ile ilgili bir parametre olarak tanımlanmaktadır. Belirsizlik sera gazı beyanını etkileyebilen önemli bir kavramdır. Bu çalışmada, hesaplanan tüm parametrelere ait belirsizlik oranları belli bir sistematik çerçevesinde açık, doğru ve tutarlı bir şekilde ele alınmaya çalışılmıştır. Belirsizliğin en aza indirilmesi amacıyla benimsenen yaklaşım Kademe (Tier) yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda hesaplamaya ait parametreler ve bu parametrelere ait belirsizlikler varsa spesifik olarak o parametreye ait bilgileri Kademe 3 (Tier 3), eğer o parametre veya veriye ait spesifik bilgiler mevcut değilse ülkeye özgü değerleri Kademe 2 (Tier 2), eğer o da yoksa uluslararası kabul görmüş değerleri Kademe 1 (Tier 1) ele alacak şekilde tasarlanarak belirsizliği en aza indirmeyi hedeflemektedir.

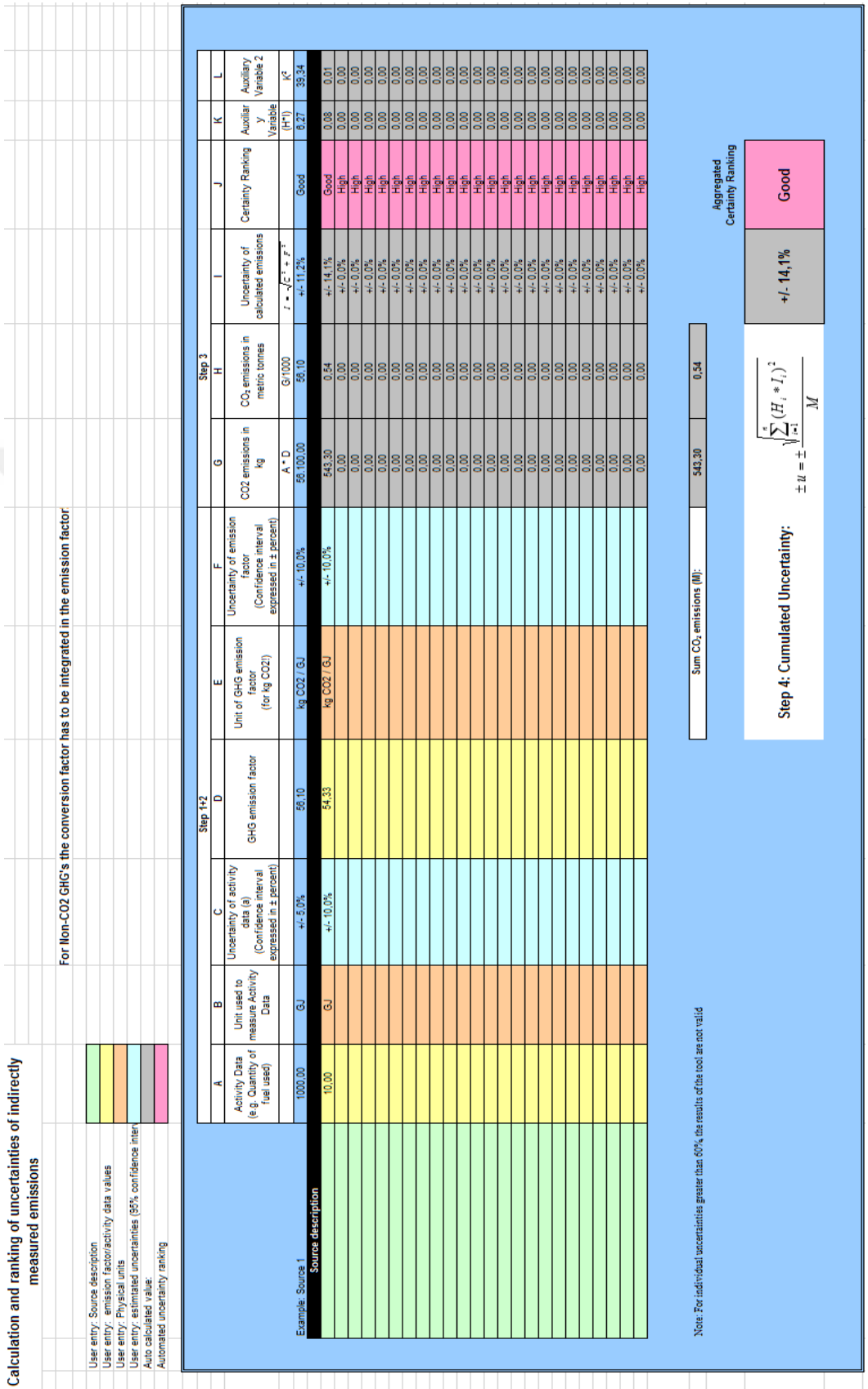
Bu kapsamda; çalışmada kullanılan parametrelere ait kademe yaklaşımları Tablo 3.4'de verilmektedir.

Tablo 3.4 : Kademe Yaklaşımları

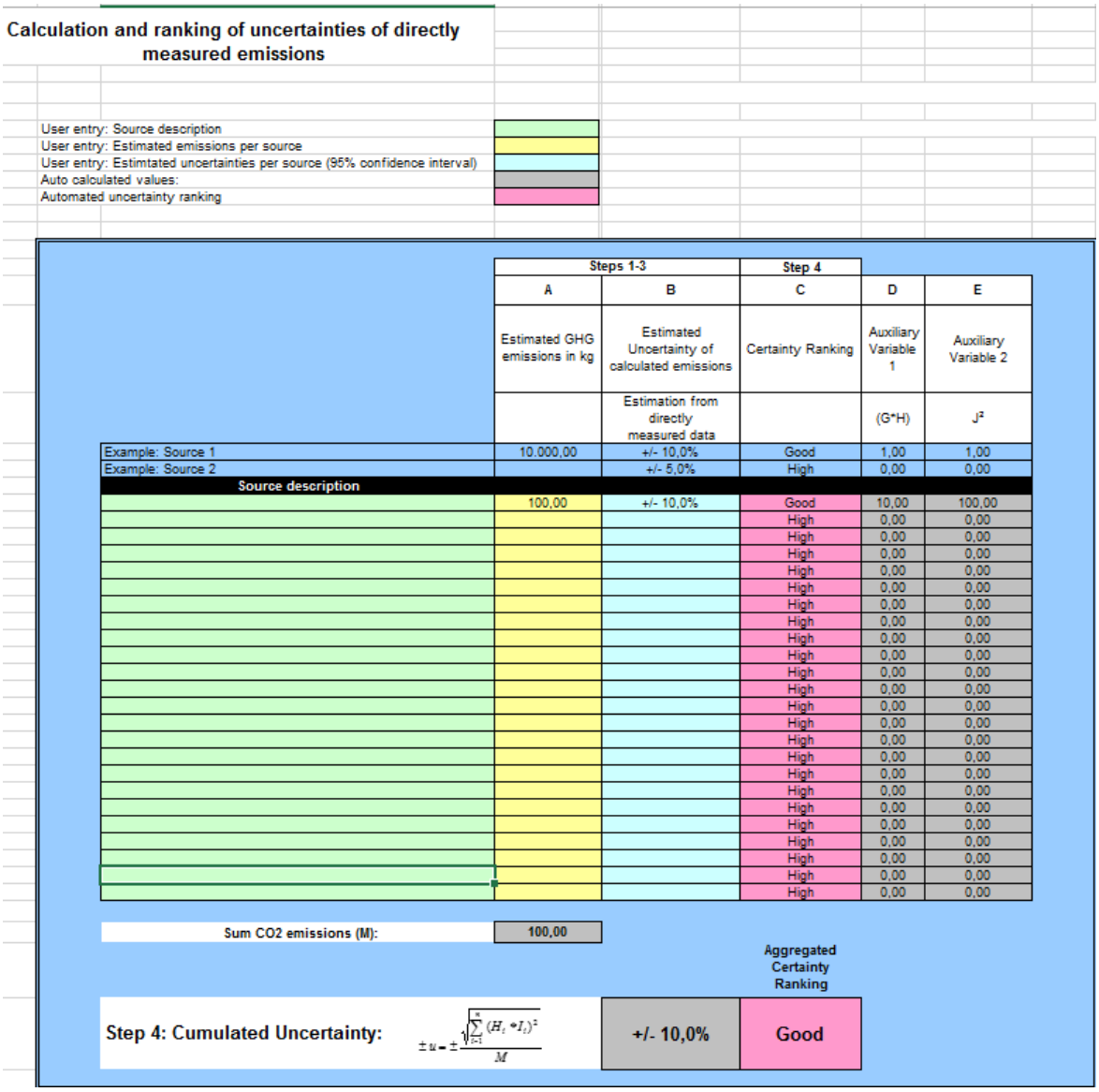
Tesis	Faaliyet	Faaliyet Verisi	Açıklama	Kademe
2	Doğalgaz Tüketim Verisi	m^3	Doğalgaz sayacına ait Ulusal Mevzuatta yer alan belirsizlik oranı kullanılmıştır	Kademe2 (Tier 2)
2	Doğalgaz Kalorifik Değeri	TJ/Gg	Doğalgaza ait Ulusal mevzuatta yer alan yoğunluk ve alt ısıl güç değerleri kullanılmıştır.	Kademe2 (Tier 2)
2	Doğalgaz Emisyon Faktörü	kg $CO_{2\text{-eş}}$/TJ	Ulusal bir emisyon faktörü değerimiz bulunmadığından, Emisyon faktörüne (CO_2) ait belirsizlik değeri "1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas (Revised)" dokümanından temin edilmiştir.	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Araçlarda Kullanılan Motorin Tüketim Verisi	lt	Motorin temin edilen firmayanın taşıt tanıma sistemine ait ölçüm belirsizliği kullanılmıştır.	Kademe3 (Tier 3)
1, 2, 3	Motorin Kalorifik Değeri	TJ/Gg	Motorine ait Ulusal mevzuatta yer alan yoğunluk ve alt ısıl güç değerleri kullanılmıştır.	Kademe2 (Tier 2)
1, 2, 3	Motorin Emisyon Faktörü	kg $CO_{2\text{-eş}}$/TJ	Ulusal bir emisyon faktörü değerimiz bulunmadığından, Emisyon faktörüne (CO_2) ait belirsizlik değeri "1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas (Revised)" dokümanından temin edilmiştir.	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Klima Gazları Şarj Miktarı	kg	Klimalara üretim esnasında basılan soğutucu gaz miktarı klimaların etiket değerlerinden temin edilmiştir.	Kademe3 (Tier 3)

1, 2, 3	Klima Gazları Kayıp/Kaçak Oranları	%	"IPPC-Special Report on Safeguarding the Ozone and the Global Climate System-Chapter 5: Residential and Commercial Air Conditioning and Heating / 5.1.1.3" uluslararası değer kullanılmıştır.	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Buzdolabı Soğutucu Gazları Şarj Miktarı	kg	Buzdolaplarına üretim esnasında basılan soğutucu gaz miktarı buzdolapların etiket değerlerinden temin edilmiştir.	Kademe3 (Tier 3)
1, 2, 3	Buzdolabı Soğutucu Gazları Kayıp/Kaçak Oranları	%	"IPPC-Special Report on Safeguarding the Ozone and the Global Climate System-Chapter 4.2 Domestic Refrigeration" uluslararası değer kullanılmıştır.	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Su Sebilleri Soğutucu Gazları Şarj Miktarı	kg	Su Sebillerine üretim esnasında basılan soğutucu gaz miktarı su sebillerinin etiket değerlerinden temin edilmiştir.	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Su Sebilleri Soğutucu Gazları Kayıp/Kaçak Oranları	%	"IPPC-Special Report on Safeguarding the Ozone and the Global Climate System-Chapter 4.2 Domestic Refrigeration" uluslararası değer kullanılmıştır.	Kademe2 (Tier 2)
1, 2, 3	Yangın Tüpleri Kayıp/Kaçak Oranları	%	IPPC-Special Report on Safeguarding the Ozone and the Global Climate System-Chapter 9: Fire Protection - Table 9.2"	Kademe1 (Tier 1)
1, 2, 3	Elektrik Sayacı Tüketim Verisi	Kwh	Elektrik sayacına ait Ulusal Mevzuatta yer alan belirsizlik oranı kullanılmıştır.	Kademe2 (Tier 2)
1, 2, 3	Enerji Kaynaklı Sera Gazı Emisyon Faktörü	kg $CO_{2\text{-}eş}$/kwh	Ulusal emisyon faktörü değerimiz olmadığından, Emisyon faktörüne ait belirsizlik değeri "Energy Policies of IEA Countries: Turkey-2016 Review" dokümanından temin edilmiştir.	Kademe1 (Tier 1)

Kuruluş için ölçümlere ait faaliyet verileri, faaliyet verilerine ait ölçüm belirsizlikleri, emisyon faktörleri ve emisyon faktörlerine ait ölçüm belirsizlikleri GHG Protocol tarafından yayımlanan hesaplama tablolarında kullanılarak belirsizlik değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de kullanılan belirsizlik değerlendirme tablolarının örnekleri görülebilmektedir.



Şekil 3.11 : Dolaylı emisyonların belirsizlik değerlendirme tablosu örneği



Calculation and ranking of uncertainties of directly measured emissions

User entry: Source description	
User entry: Estimated emissions per source	
User entry: Estimtated uncertainties per source (95% confidence interval)	
Auto calculated values:	
Automated uncertainty ranking	

	Steps 1-3		Step 4		
	A	B	C	D	E
	Estimated GHG emissions in kg	Estimated Uncertainty of calculated emissions	Certainty Ranking	Auxiliary Variable 1	Auxiliary Variable 2
		Estimation from directly measured data		(G*H)	J²
Example: Source 1	10.000,00	+/- 10,0%	Good	1,00	1,00
Example: Source 2		+/- 5,0%	High	0,00	0,00
Source description					
	100,00	+/- 10,0%	Good	10,00	100,00
			High	0,00	0,00
			High	0,00	0,00
			High	0,00	0

4. BULGULAR

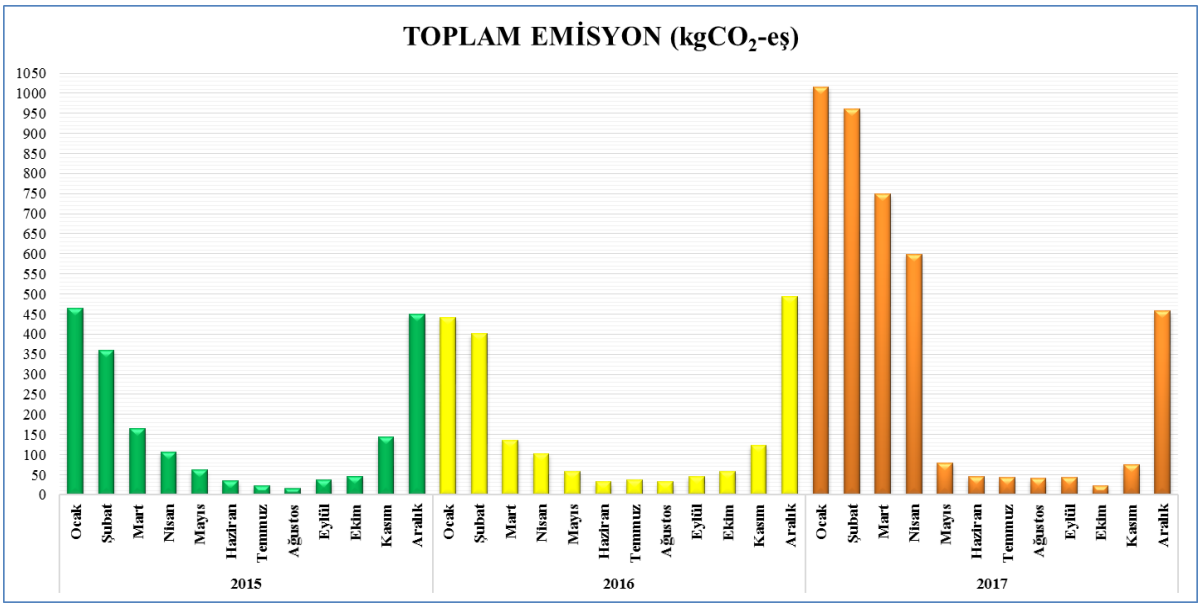
4.1. SERA GAZI ENVANTERİ VE KURUMSAL KARBON AYAK İZİ DEĞERLENDİRMELERİ

Kuruluşun 2015, 2016 ve 2017 yılları için faaliyet verileri incelenmiş, yapılan tespit ve kabuller doğrultusunda faaliyetlerin $CO_{2\text{-eş}}$ cinsinden emisyonlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.1.1. Doğrudan Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 1)

4.1.1.1. Isınma faaliyeti sonucu oluşan emisyonlar

Tesis 1 ve Tesis 3 içerisinde altyapısal nedenlerden dolayı doğalgaz kullanımı yoktur. Isınma ve gerekli diğer faaliyetlerde elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Tesis 2 için doğalgaz tüketiminden kaynaklanan emisyonlar Şekil 4.1' de görülmektedir. Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda tesiste doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonların 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla toplam 1,91 $tCO_{2\text{-eş}}$, 1,96 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 4,13 $tCO_{2\text{-eş}}$ olduğu bulunmuştur. 2017 yılında doğalgaz kullanımında önceki yıllara göre gözle görülür bir fark olduğu saptanmıştır.

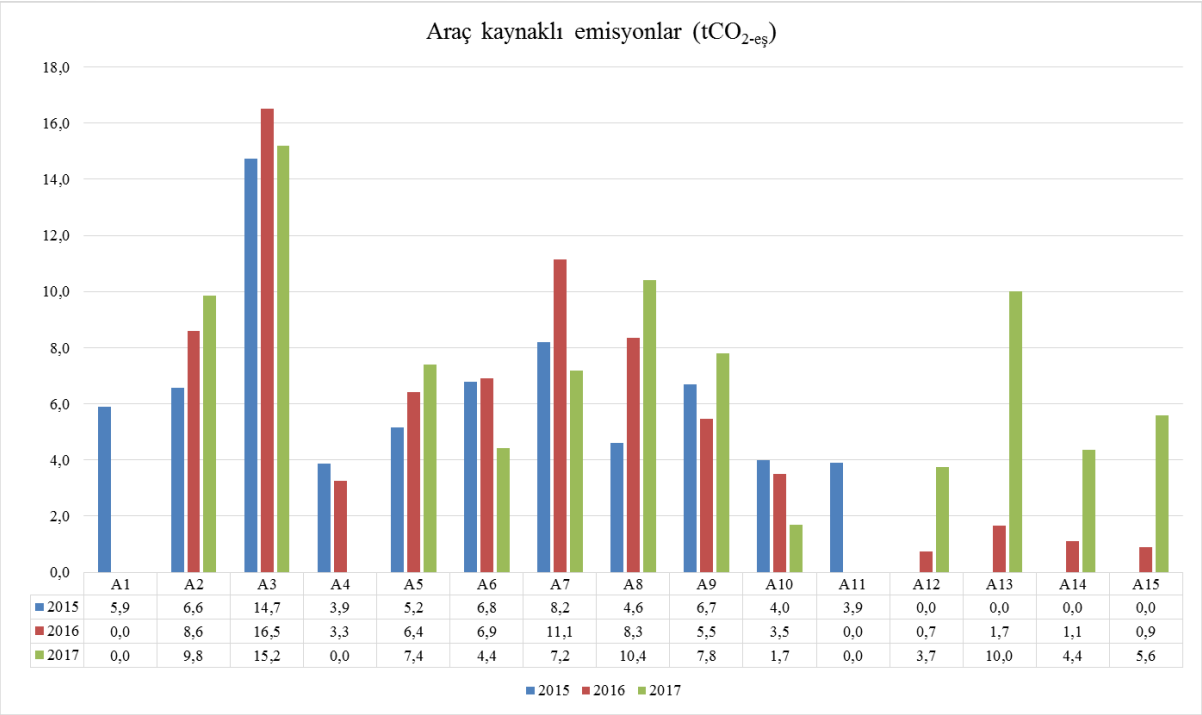


Şekil 4.1 : Doğalgaz kullanımını kaynaklı emisyon değerleri

4.1.1.2. Ulaşım ve Atık Taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar

Kullanılan binek araçlar ve atık taşıma araçlarının tükettiği kayıt miktarı araç takip sistemi kayıtlarından litre cisinden elde edilen veriler doğrultusunda hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken araçların kullanım süreleri ve kullanım amaçları da dikkate alınmıştır.

Ulaşım faaliyetlerinde araç kullanımından kaynaklanan emisyonlar Şekil 4.2' de görülmektedir. Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda emisyonların 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla toplam 70,40 $tCO_{2-eş}$, 74,58 $tCO_{2-eş}$ ve 87,62 $tCO_{2-eş}$ olduğu bulunmuştur. 2017 yılı emisyon değerinde önceki yıllara göre gözle görülür bir fark olduğu saptanmıştır.

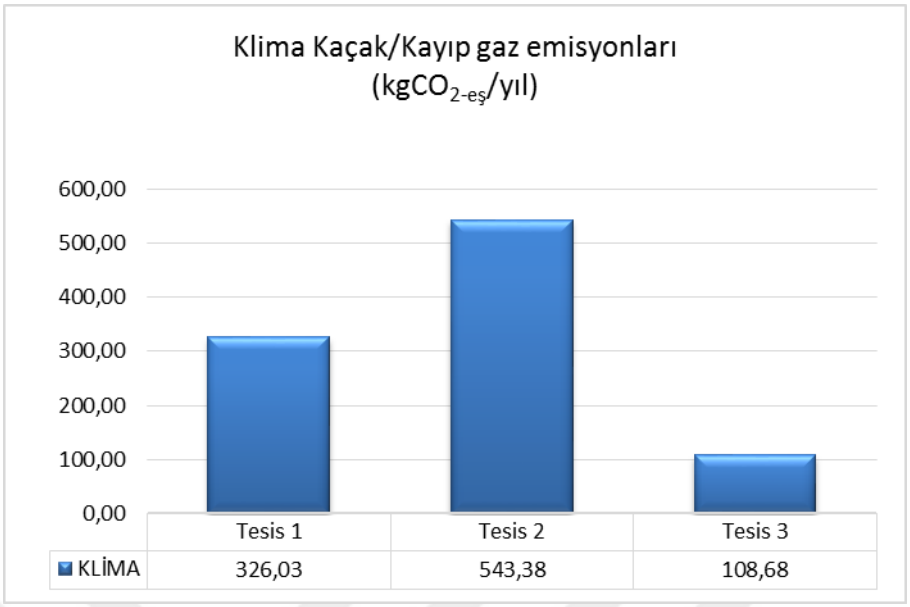


	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
2015	5,9	6,6	14,7	3,9	5,2	6,8	8,2	4,6	6,7	4,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	0,0	8,6	16,5	3,3	6,4	6,9	11,1	8,3	5,5	3,5	0,0	0,7	1,7	1,1	0,9
2017	0,0	9,8	15,2	0,0	7,4	4,4	7,2	10,4	7,8	1,7	0,0	3,7	10,0	4,4	5,6

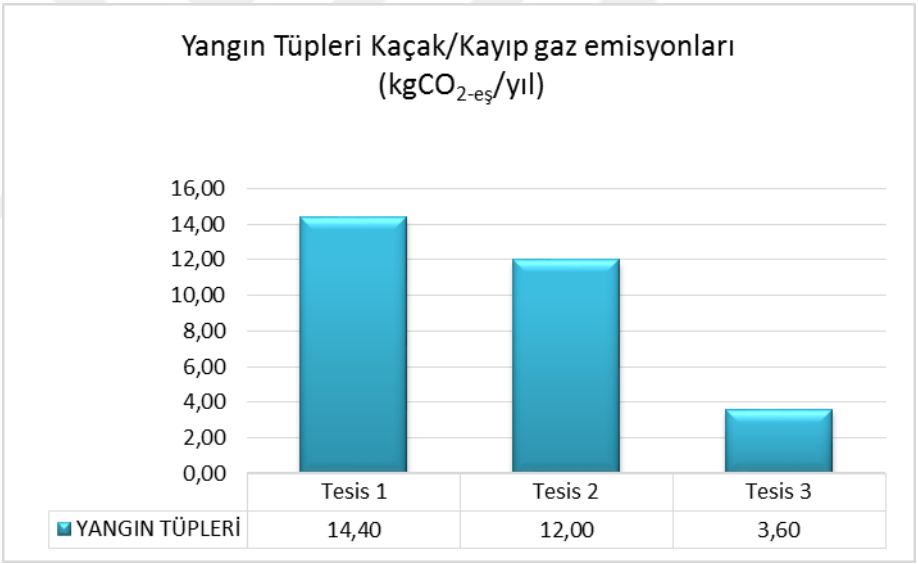
Şekil 4.2 : Araç kullanımından kaynaklanan emisyon değerleri

4.1.1.3. İklimlendirme cihazları, soğutucu ekipmanlar ve yangın söndürme sistemlerinden kaynaklanan kaçak emisyonlar

Kullanılan cihazların yıllık kayıp/kaçak gaz oranları, soğutucu gaz cinsi ve kullanılan ekipman sayısı değişmediğinden yıllar bazında herhangi bir değişim olmadığı ve Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te de görüldüğü üzere, hesaplamalar sonucunda her tesis için yıllık sabit bir emisyon değerlerinin olduğu bulunmuştur. Tesis 2 içerisinde kullanılan klimaların ve su sebillerinin sayısının fazla olması nedeni ile emisyon miktarının da yüksek olduğu görülmektedir.

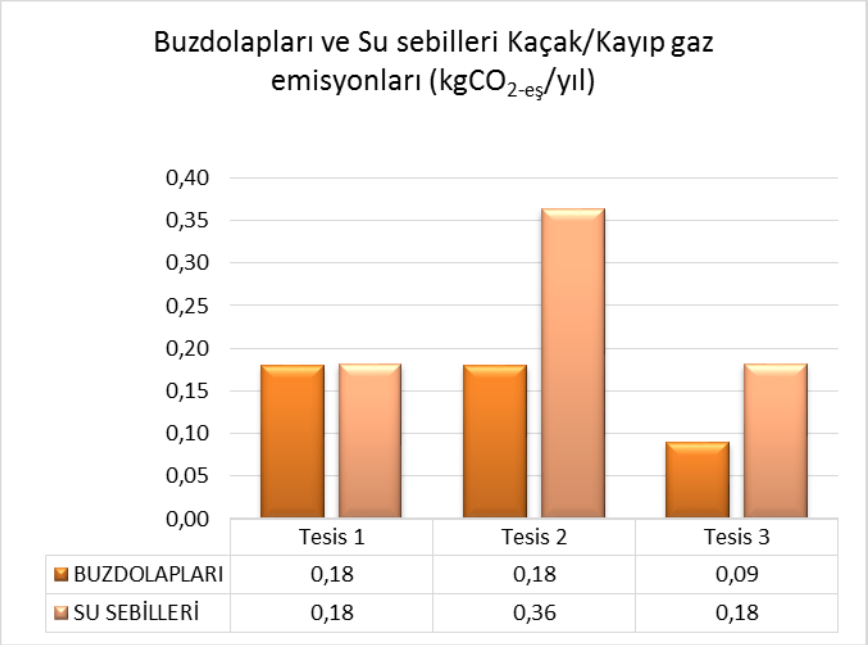


Şekil 4.3 : Klimalardan kaynaklanan emisyon değerleri



Şekil 4.4 : Yangın tüplerinden kaynaklanan emisyon değerleri

Tesis 1 alanının fazla olması nedeni ile kullanılan yangın tüpü sayısı daha fazladır. Bu durum yine kayıp/kaçak gaz oranının yüksek olması ve dolayısı ile emisyon miktarının da yüksek değerlerde okunmasına neden olmuştur.



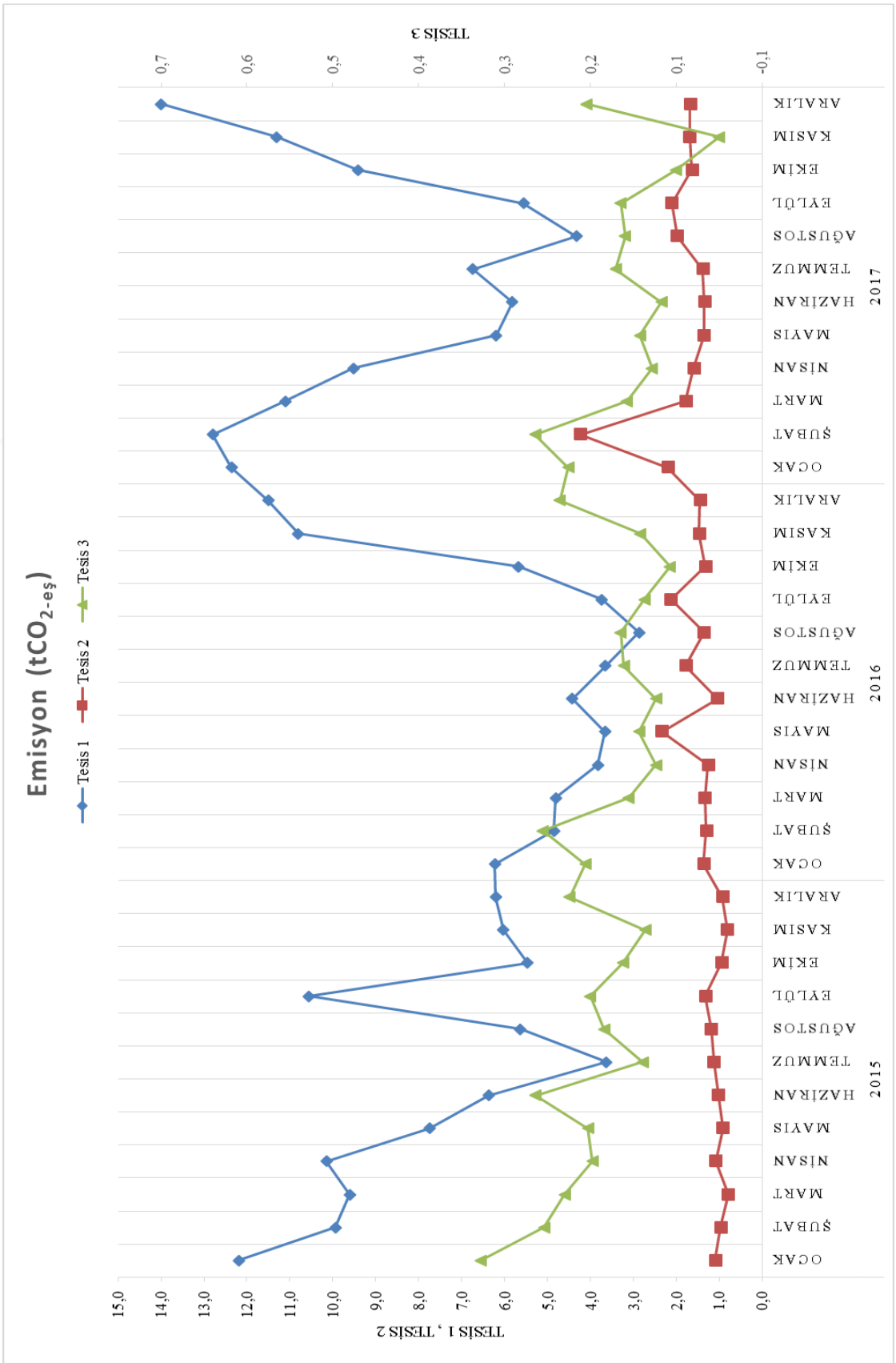
Şekil 4.5 : Buzdolapları ve su sebillerinden kaynaklanan emisyon değerleri

Yapılan incelemeler ve hesaplamaların sonucunda, kuruluşun tüm tesislerinde kayıp/kaçak gaz emisyonlarının toplam miktarının 1,00 $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl olduğu belirlenmiştir. Bu emisyon miktarında en büyük pay ise 0,978 $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl değeri ile klimalara aittir. Bu değeri $3x10^{-2}$ $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl ile yangın tüpleri ve $5x10^{-4}$ $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl ile buzdolapları, su sebilleri izlemektedir.

4.1.2. Enerji Dolaylı Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 2)

4.1.2.1. Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonlar

Kuruluş bünyesinde elektrik kullanımı tüm ofislerde, iç ve dış aydınlatmalarda, forkliftlerin şarj edilmesinde kullanılmakta olup Tesis 1'de ayrıca proses sürecinde kullanılan cihazlar da elektrik ile çalışmaktadır. Tüketim miktarlarından yola çıkılarak yapılan hesaplamalar sonucunda karbon emisyonu miktarının diğer tesislere göre daha yüksek olduğu gözlemlenen Tesis 1' de 2015, 2016 ve 2017 yıllarında toplam karbon emisyonu miktarlarının sırasıyla 93,5 $tCO_{2\text{-eş}}$, 66,0 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 109,2 $tCO_{2\text{-eş}}$ olduğu belirlenmiştir. Diğer tesislerin verileri incelendiğinde karbon emisyon miktarları Tesis 2' de 12,2 $tCO_{2\text{-eş}}$, 18,1 $tCO_{2\text{-eş}}$, 23,0 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve Tesis 3'de 1,9 $tCO_{2\text{-eş}}$, 1,4 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 1,3 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak bulunmuştur. Toplam karbon emisyonu miktarı ise 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 107,7 $tCO_{2\text{-eş}}$, 85,5 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 133,4 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir.

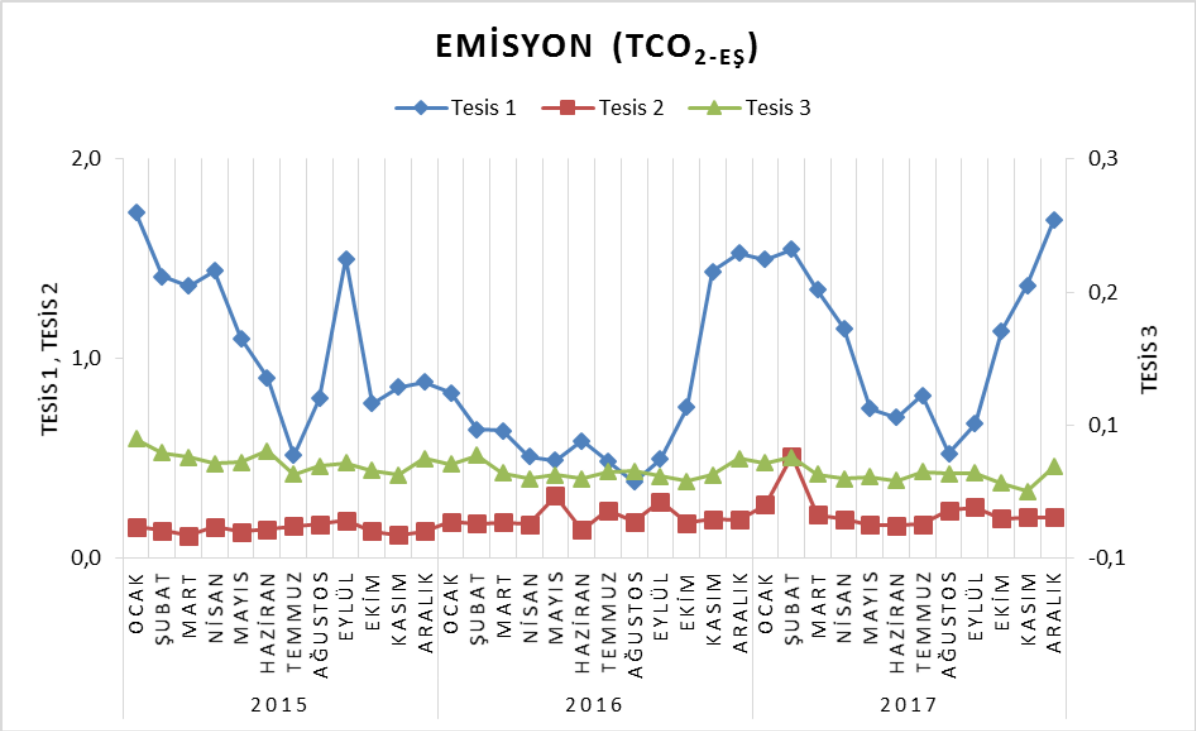


Şekil 4.6 : Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon değerleri

4.1.3. Diğer Dolaylı Sera Gazı Emisyonları (Kapsam 3)

4.1.3.1. Elektrik tüketiminde iletim ve dağıtım Kayıplarından kaynaklanan emisyonlar

Elektrik tüketiminde hatlardaki iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklanan karbon emisyonları, kayıp oranları ve tüketim verilerinin değerlendirilmesi sonucunda 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 15,3 $tCO_{2\text{-eş}}$, 11,4 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 16,2 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir. Elektrik tüketimi ile de doğru orantılı olması nedeni ile en büyük pay yine Tesis 1'e aittir.



Şekil 4.7 : Elektrik iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklanan emisyon değerleri

4.1.4. Biyokütlenin Yakılması

Kuruluş bünyesinde gerekli enerji, doğalgaz ve elektrik enerjisinden karşılamaktadır. Biyokütle sınıfındaki enerji kaynaklarının kullanılmaması nedeni ile biyokütle kullanımı ile alakalı herhangi bir hesaplama yapılmamıştır.

4.1.5. Sera Gazı Emisyon Hesaplarının Belirsizlik Değerlendirmesi

Karbon ayak izi çalışmasındaki belirsizlikler hesaplanırken, her bir emisyon kaynağının faaliyet verisinin belirsizlik değerleri ile emisyon faktörü belirsizlik değerleri birlikte değerlendirilmiştir. Belirsizlik kaynaklarına ait veriler kademe yaklaşımı gereği özelden genele

gidecek şekilde temin edilmeye çalışılmıştır. Ancak üretici veya tedarikçi firmalardan, kullanılan ölçüm aletine ait spesifik ölçüm belirsizlikleri istenmesine rağmen rapor tamamlanma sürecinde temin edilememiştir. Kuruluşa ait sayaçların ölçüm belirsizlikleri muhtemelen çok daha düşük olmasına rağmen ulusal mevzuatta izin verilen maksimum belirsizlik oranları kullanılmış bu da ölçüm belirsizliğinin bir miktar artmasına sebep olmuştur.

Yine ülkemize özgü emisyon faktörlerinin ve bu emisyon faktörlerine ait ölçüm belirsizliklerinin mevcut olmaması nedeniyle bu değerler için IPCC direktifinde yer alan uluslararası değerler (±%7) kullanılmıştır. Ülkemize özgü geliştirilecek ulusal emisyon faktörlerinin ve bunlara ait ölçüm belirsizliklerinin tanımlanmasından sonra bu rapora ait ölçüm belirsizliği yeniden değerlendirilebilir.

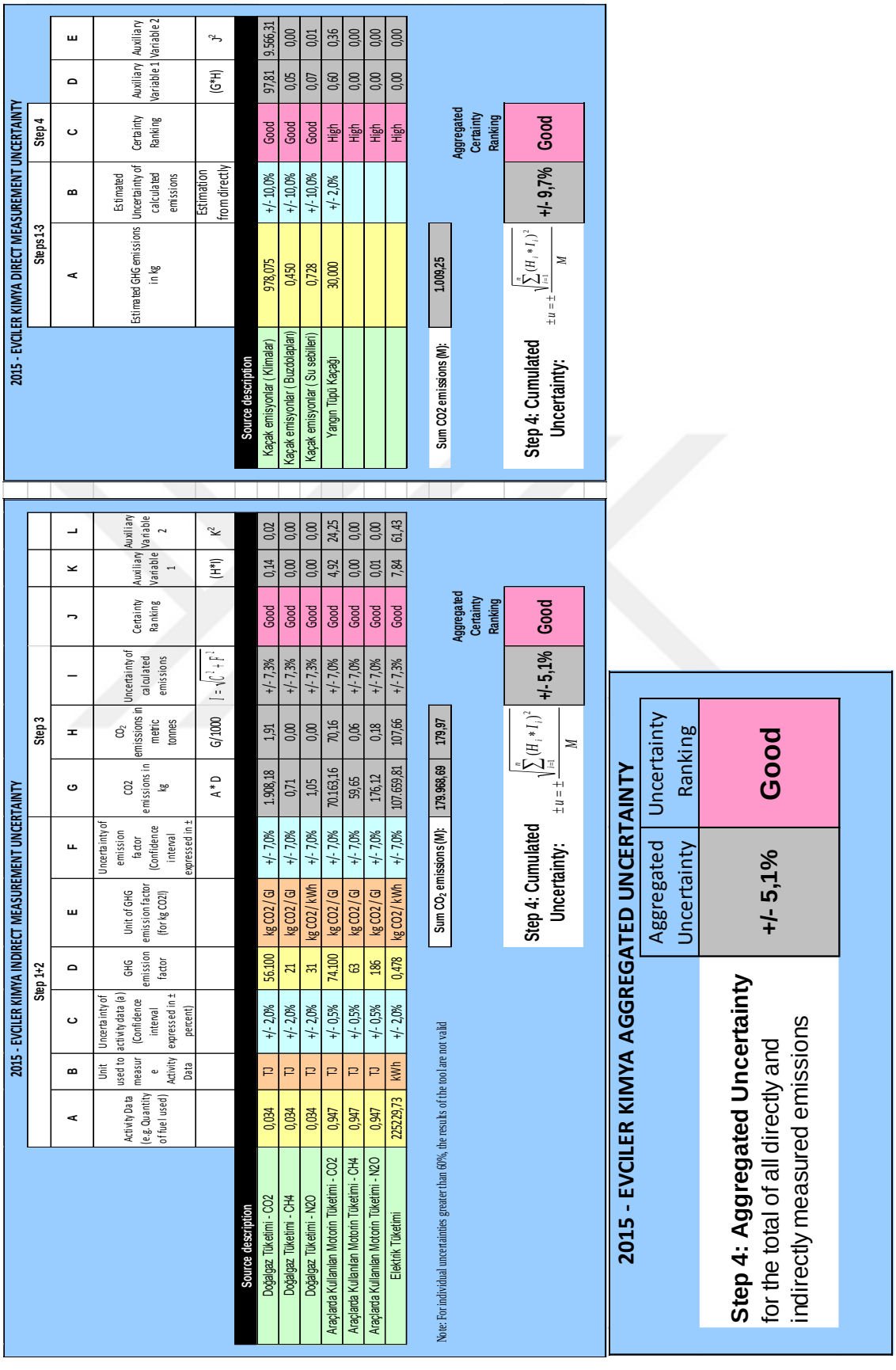
Tablo 4.1'de Kuruluş için ölçümlere ait faaliyet verileri, faaliyet verilerine ait ölçüm belirsizlikleri, emisyon faktörleri ve emisyon faktörlerine ait ölçüm belirsizlikleri verilmiştir. Bu değerler GHG protokolü tarafından hazırlanan hesaplama tablolarında kullanılarak ölçüm belirsizlikleri hesaplanmıştır.

Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görülebileceği üzere kuruluş için 2015 yılı toplam belirsizliği ±% 5,1 olarak, 2016 yılı toplam belirsizliği ±% 5,0 olarak ve 2017 yılı toplam belirsizliği ±% 5,1 olarak belirlenmiştir. Bu puanlar hesaplamalarımızın güvenilir olduğunu göstermektedir.

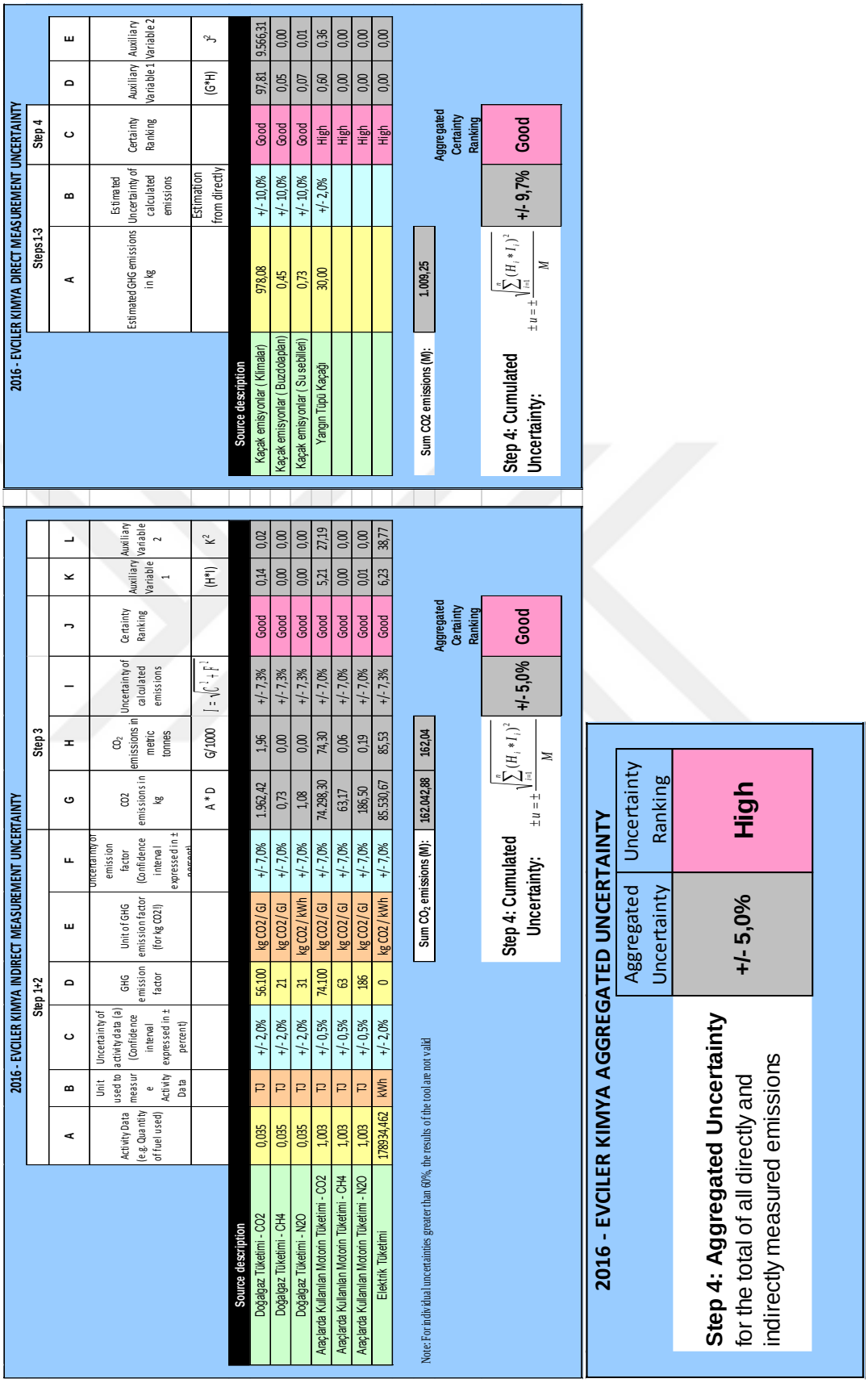
Tablo 4.1 : Kuruluş için faaliyet verileri, emisyon faktörleri ve ölçüm belirsizlikleri

		2015	**2016**	**2017**
Dolaylı ölçüm	Doğalgaz sarfiyatı faaliyet verisi	985 m^3 (0,034 TJ)	1.013 m^3 (0,035 TJ)	2.131 m^3 (0,074 TJ)
	Doğalgaza ait faaliyet verisinin ölçüm belirsizliği	±2%	±2%	±2%
	Doğalgaza ait emisyon faktörü (CO2)	56.100 kg CO_2/TJ	56.100 kg CO_2/TJ	56.100 kg CO_2/TJ
	Doğalgaza ait emisyon faktörünün ölçüm belirsizliği	±7%	±7%	±7%
	Araçların motorin sarfiyatı verisi	25.906,19 lt (0,947 TJ)	27.433 lt (1,003 TJ)	32.245,11 lt (1,179 TJ)
	Motorin sarfiyatına ait faaliyet verisinin ölçüm belirsizliği	±0,5%	±0,5%	±0,5%
	Motorin sarfiyatına ait emisyon faktörü (CO_2) için	74.100 kg CO_2/TJ	74.100 kg CO_2/TJ	74.100 kg CO_2/TJ
	Motorin sarfiyatına ait emisyon faktörünün ölçüm belirsizliği	±7%	±7%	±7%
	Elektrik sarfiyatına ait faaliyet verisi	225.229,732 kWh	178.934,462 kWh	279.182,506 kWh

	Elektrik sarfiyatına ait faaliyet verisinin ölçüm belirsizliği	±2%	±2%	±2%
	Elektrik sarfiyatına ait emisyon faktörü (CO_2)	0,478 kg CO_2/kwh	0,478 kg CO_2/kwh	0,478 kg CO_2/kwh
	Elektrik sarfiyatına ait emisyon faktörünün ölçüm belirsizliği	±7%	±7%	±7%
Direkt ölçüm	Klimalardan kaynaklanan kaçak emisyonların neden olduğu sera gazı emisyonları	978,075 kg $CO_{2\text{-eş}}$	978,075 kg $CO_{2\text{-eş}}$	978,075 kg $CO_{2\text{-eş}}$
	Klimalardan kaynaklanan kaçak emisyonların ölçüm belirsizliği	±10%	±10%	±10%
	Buzdolaplardan kaynaklanan kaçak emisyonların neden olduğu sera gazı emisyonları	0,450 kg $CO_{2\text{-eş}}$	0,450 kg $CO_{2\text{-eş}}$	0,450 kg $CO_{2\text{-eş}}$
	Buzdolaplardan kaynaklanan kaçak emisyonların ölçüm belirsizliği	±10%	±10%	±10%
	Su Sebillerinden kaynaklanan kaçak emisyonların neden olduğu sera gazı emisyonları	0,728 kg $CO_{2\text{-eş}}$	0,728 kg $CO_{2\text{-eş}}$	0,728 kg $CO_{2\text{-eş}}$
	Su Sebillerinden kaynaklanan kaçak emisyonların ölçüm belirsizliği	±10%	±10%	±10%
	Yangın Tüpü CO_2 Kaçağı	30,000 kg $CO_{2\text{-eş}}$	30,000 kg $CO_{2\text{-eş}}$	30,000 kg $CO_{2\text{-eş}}$
	Yangın Tüpünden kaynaklanan kaçak emisyonların ölçüm belirsizliği	±2%	±2%	±2%



Şekil 4.8 : 2015 yılı için belirsizlik değerlendirmesi



Şekil 4.9 : 2016 yılı için belirsizlik değerlendirmesi

2017 - EVCILER KIMYA INDIRECT MEASUREMENT UNCERTAINTY

	Step 1+2						Step 3					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Activity Data (e.g. Quantity of fuel used)	Unit used to measure Activity Data	Uncertainty of activity data (a) (Confidence interval expressed in ± percent)	GHG emission factor	Unit of GHG emission factor (for kg CO2!)	Uncertainty of emission factor (Confidence interval expressed in ± percent)	CO2 emissions in kg	CO_2 emissions in metric tonnes	Uncertainty of calculated emissions	Certainty Ranking	Auxiliary Variable 1	Auxiliary Variable 2
							A * D	G/1000	$\pm = \sqrt{C^2 + F^2}$		(H*I)	K^2
Example: Source 1	1000,00	GJ	+/- 5,0%	56,10	kg CO2 / GJ	+/- 10,0%	56.100,00	56,10	+/- 11,2%	Good	6,27	39,34
Source description												
Doğalgaz Tüketimi - CO2	0,07	TJ	+/- 2,0%	########	kg CO2 / GJ	+/- 7,0%	4.128,25	4,13	+/- 7,3%	Good	0,30	0,09
Doğalgaz Tüketimi - CH4	0,07	TJ	+/- 2,0%	21,00	kg CO2 / GJ	+/- 7,0%	1,55	0,00	+/- 7,3%	Good	0,00	0,00
Doğalgaz Tüketimi - N2O	0,07	TJ	+/- 2,0%	31,00	kg CO2 / kWh	+/- 7,0%	2,28	0,00	+/- 7,3%	Good	0,00	0,00
Araçlarda Kullanılan Motorin Tüketimi - CO2	1,18	TJ	+/- 0,5%	########	kg CO2 / GJ	+/- 7,0%	87.331,20	87,33	+/- 7,0%	Good	6,13	37,56
Araçlarda Kullanılan Motorin Tüketimi - CH4	1,18	TJ	+/- 0,5%	63,00	kg CO2 / GJ	+/- 7,0%	74,25	0,07	+/- 7,0%	Good	0,01	0,00
Araçlarda Kullanılan Motorin Tüketimi - N2O	1,18	TJ	+/- 0,5%	186,00	kg CO2 / GJ	+/- 7,0%	219,21	0,22	+/- 7,0%	Good	0,02	0,00
Elektrik Tüketimi	279182,51	kWh	+/- 2,0%	0,48	kg CO2 / kWh	+/- 7,0%	133.449,24	133,45	+/- 7,3%	Good	9,72	94,39

Note: For individual uncertainties greater than 60%, the results of the tool are not valid

Sum CO_2 emissions (M): 225.205,98 225,21

Aggregated Certainty Ranking

Step 4: Cumulated Uncertainty: $\pm u = \pm \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (H_i * I_i)^2}}{M}$ +/- 5,1% Good

2017 - EVCILER KIMYA DIRECT MEASUREMENT UNCERTAINTY

	Steps 1-3		Step 4			
	A	B	C	D	E	
	Estimated GHG emissions in kg	Estimated Uncertainty of calculated emissions	Certainty Ranking	Auxiliary Variable 1	Auxiliary Variable 2	
		Estimation from directly		(G*H)	J^2	
Example: Source 1	10.000,00	+/- 10,0%	Good	1,00	1,00	
Example: Source 2		+/- 5,0%	High	0,00	0,00	
Source description						
Kaçak emisyonlar (Kilmalar)	978,08	+/- 10,0%	Good	97,81	9.566,31	
Kaçak emisyonlar (Buzdolapları)	0,45	+/- 10,0%	Good	0,05	0,00	
Kaçak emisyonlar (Su sebilleri)	0,73	+/- 10,0%	Good	0,07	0,01	
Yangın Tüpü Kaçağı	30,00	+/- 2,0%	High	0,60	0,36	
			High	0,00	0,00	
			High	0,00	0,00	

Sum CO2 emissions (M): 1.009,25

Aggregated Certainty Ranking

Step 4: Cumulated Uncertainty: $\pm u = \pm \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (H_i * I_i)^2}}{M}$ +/- 9,7% Good

2017 - EVCILER KIMYA AGGREGATED UNCERTAINTY

	Aggregated Uncertainty	Uncertainty Ranking
Step 4: Aggregated Uncertainty for the total of all directly and indirectly measured emissions	+/- 5,1%	Good

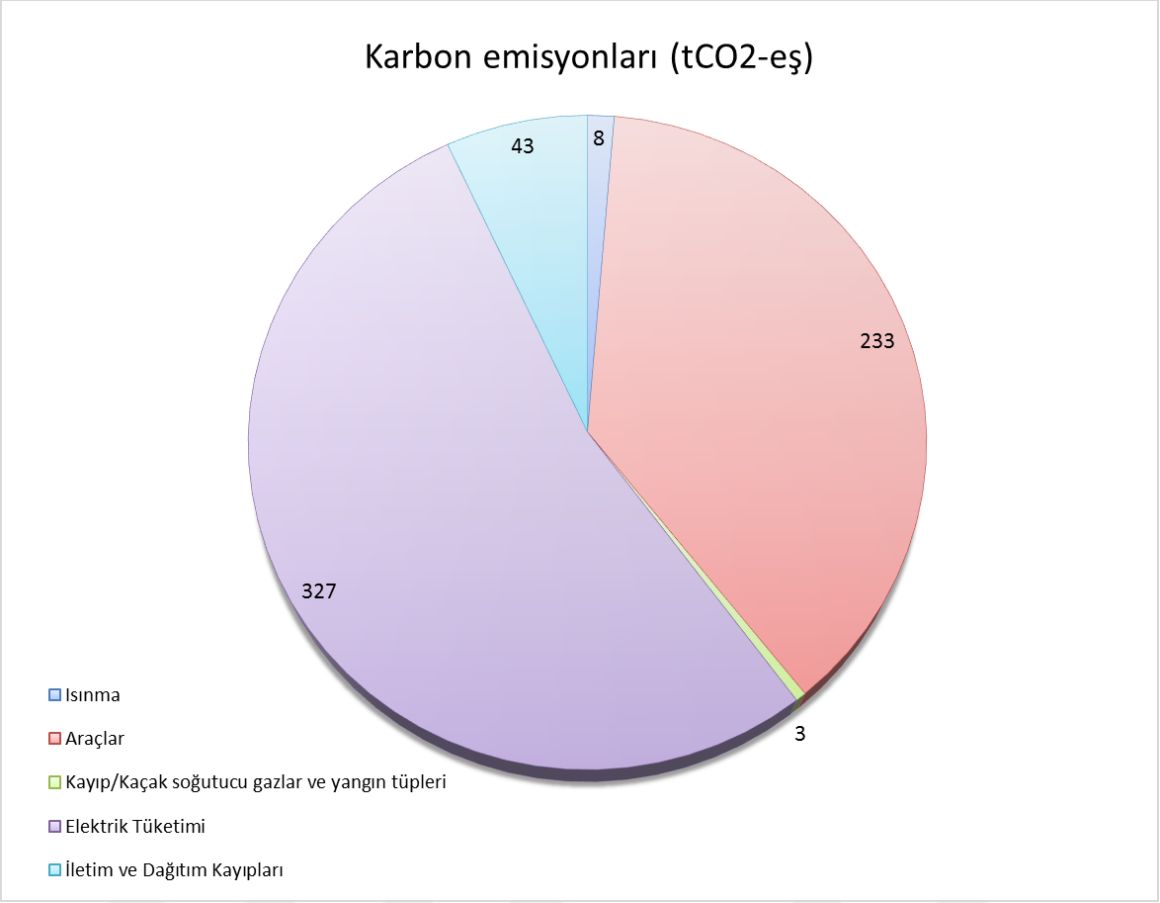
Şekil 4.10 : 2017 yılı için belirsizlik değerlendirmesi

Bu çalışmada, Evciler Elektronik Atık Geri Dönüşüm firmasına ait; Ankara, İstanbul ve İzmir tesislerinin idari sorumluluğunda olan sınırlarında gerçekleştirilen faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları 2015 temel yılı kabul edilerek envanter çalışması gerçekleştirilmiş ve kuruluşun kurumsal karbon ayak izi hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama ve envanter çalışmasında, "ISO 14064-1 Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler" standardı esas alınmıştır.

Kuruluş tarafından sağlanan veriler ile, iklim değişiminin etkilerinin azaltımına yönelik global çabalara, kendi imkân ve şartları dahilinde katkıda bulunabilmek, çevre ve iklim değişikliğine karşı üstlendiği sorumluluğu göstermek maksadıyla sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda yapılan bu çalışmada tespit edilen toplam Doğrudan ve Enerji Dolaylı karbon ayak izi miktarı 2015 yılı için 180,98 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2016 yılı için 163,08 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2017 yılı için 226,22 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir.

ISO 14064-1 kapsamında, diğer dolaylı sera gazı emisyonlarının (Kapsam 3) hesaplamalara dâhil edilme zorunluluğu bulunmaması ve dahil edilebilecek emisyonlara kaynaklarına ait veriler ulaşılabilir ve tam güvenilir olmadığı için bu çalışmada Elektrik Tüketiminde İletim ve Dağıtım Kayıplarının Emisyonları hariç Diğer Dolaylı Emisyonlar hesaplanmamıştır. Elektrik tüketiminde iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklanan emisyon miktarı 2015 yılı için 15,29 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2016 yılı için 11,38 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2017 yılı için 16,15 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.11'de tüm emisyonların kaynak bazında dağılımı görülebilmektedir.



Şekil 4.11 : 3 yıllık periyotta toplam karbon emisyon değerleri

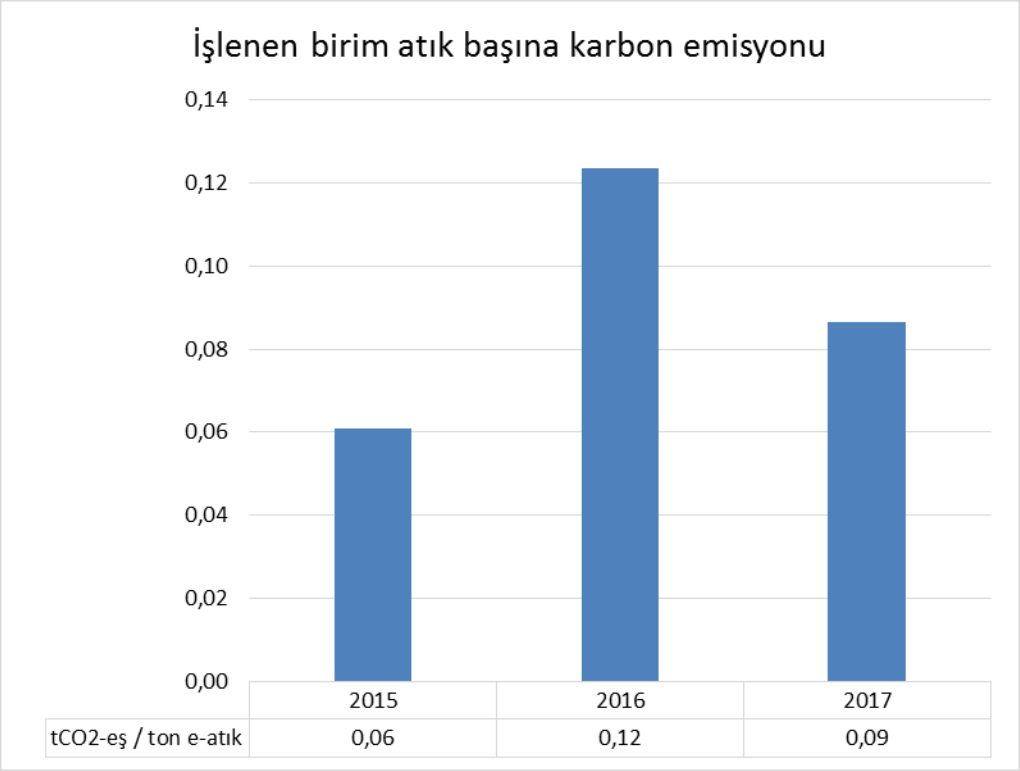
Kuruluşun faaliyetlerinden kaynaklanan en büyük sera gazı emisyonları elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır (Kapsam 2; 326,64 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve Kapsam 3; 42,81 $tCO_{2\text{-eş}}$). Elektrik tüketimini araçların yakıt sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonları takip etmektedir. (232,60 $tCO_{2\text{-eş}}$). Isınmada kullanılan doğalgaz sarfiyatı 8,01 $tCO_{2\text{-eş}}$ sera gazına neden olmaktadır. Isınmada kullanılan doğalgaz sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonları, Kuruluş için en yüksek sera gazı emisyonuna neden olan elektrik sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonlarının yaklaşık %2'si kadardır. Buzdolabı, klima, su sebili ve yangın tüpünden kaynaklanan sera gazları ise Kuruluş için ihmal edilebilir düzeyde düşüktür.

4.1.6. Geri Dönüşüm Prosesi ve Emisyon Değerleri

Karbon emisyonlarının bir kuruluş için hesaplanmasının ardından bu verilerin temiz üretim prensipleri çerçevesinde proseste yapılabilecek iyileştirmelerin tespiti için kullanılması mümkündür. Yapılan çalışmadan elde edilen bulguların, geri dönüşüm tesisinde en basit şekli

ile işlenen atık miktar verileri ile karşılaştırılarak atık malzemenin birim miktarı başına oluşan emisyon değerini elde etmemize olanak sağlamıştır.

Bu kapsamda 2015, 2016, 2017 yıllarında proses sonucu işlenen malzemenin birim miktarı başına atmosfere salınan emisyon değerleri Şekil 4.12 ’de verilmiştir.



Şekil 4.12 : İşlenen birim atık başına oluşan karbon emisyon değerleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, bir elektronik atık geri dönüşüm tesisinden kaynaklanan sera gazı emisyonları belirlenmiştir. Emisyonların hesaplanmasında IPCC' nin önerdiği metodoloji, ve "ISO 14064-1 Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler" standardı esas alınmıştır. Kuruluşun 2015, 2016 ve 2017 yılları için faaliyet verileri incelenmiş, yapılan tespit ve kabuller doğrultusunda faaliyetlerin $CO_{2\text{-eş}}$ cinsinden emisyonlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Belirsizliğin azaltılması amacı ile mümkün mertebe Tier 3 yaklaşımı uygulanmıştır. Yapılan çalışmada, kuruluşun faaliyetleri sonucunda açığa çıkan sera gazlarından CO_2, CH_4 , N_2O, HFC_S gazları hesaplamıştır.

Çalışma kapsamında (i)Doğrudan sera gazı emisyonları (Isınma faaliyeti sonucu oluşan emisyonlar, ulaşım ve atık taşıma faaliyetlerinden kaynaklananan emisyonlar, İklimlendirme cihazları, soğutucu ekipmanlar ve yangın söndürme sistemlerinden kaynaklanan kaçak emisyonlar) (ii) Enerji dolaylı sera gazı emisyonları (Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonlar) (iii) Diğer dolaylı sera gazı emisyonları (Elektrik tüketiminde iletim ve dağıtım Kayıplarından kaynaklanan emisyonlar) (iv) Biyokütlenin yakılması (v) Sera gazı emisyon hesaplarının belirsizlik değerlendirilmesi araştırılmıştır.

Doğrudan sera gazı emisyonlarından, ısınma faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon değerleri 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla toplam 1,91 $tCO_{2\text{-eş}}$, 1,96 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 4,13 $tCO_{2\text{-eş}}$ olduğu bulunmuştur. 2017 yılında doğalgaz kullanımında önceki yıllara göre gözle görülür bir fark olduğu saptanmıştır. Doğalgaz kullanımının artmasının en büyük sebebinin ise Tesis-1'deki personel sayısının artması olduğu bulunmuştur. Ulaşım ve atık taşıma faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlar incelendiğinde ve hesaplamalar sonucunda emisyonların 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla toplam 70,40 $tCO_{2\text{-eş}}$, 74,58 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 87,62 $tCO_{2\text{-eş}}$ olduğu bulunmuştur. 2017 yılı emisyon değerinde önceki yıllara göre gözle görülür bir fark olduğu saptanmıştır. Bu farkın önceki yıllara oranla taşınan atık miktarının ve kullanılan araç sayısının artması olduğu bulunmuştur. Yıllık kayıp/kaçak gaz oranları, soğutucu gaz cinsi ve kullanılan soğutucu ekipman sayısı değişmediğinden yıllar bazında herhangi bir değişim olmadığı ve her tesis için yıllık sabit bir emisyon değerlerinin olduğu bulunmuştur. Tesis 2 içerisinde kullanılan klimaların ve su sebillerinin sayısının fazla olması nedeni ile emisyon miktarının da yüksek

olduğu belirlenmiştir. Yangın tüplerinden kaynaklanan emisyonlarda Tesis 1'de oluşan yıllık emisyonun diğer tesislere kıyasla fazla olmasının nedeni, tesis alanının daha fazla olması ve dolayısıyla yüksek sayıda yangın tüpü bulunmasından kaynaklanmıştır. Yapılan incelemeler ve hesaplamaların sonucunda, kuruluşun tüm tesislerinde kayıp/kaçak gaz emisyonlarının toplam miktarının 1,00 $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl olduğu belirlenmiştir. Bu emisyon miktarında en büyük pay ise 0,978 $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl değeri ile klimalara aittir. Bu değeri $3x10^{-2}$ $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl ile yangın tüpleri ve $5x10^{-4}$ $tCO_{2\text{-eş}}$/yıl ile soğutucu ekipmanlar (buzdolapları ve su sebilleri) izlemektedir.

Enerji dolaylı sera gazı emisyonları incelendiğinde, kuruluşun toplam karbon emisyonu miktarları 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 107,7 $tCO_{2\text{-eş}}$, 85,5 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 133,4 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir. Özellikle Tesis 1 içerisinde geri dönüşüm ekipmanlarının bulunması, forklift ve personel sayısının diğer tesislere oranla daha fazla olması nedeni ile elektrik tüketiminde büyük farklar oluşmasına neden olmaktadır. Elektrik tüketimi ile doğru orantılı olarak karbon emisyonlarında da artış olduğu saptanmıştır.

Diğer dolaylı sera gazı emisyonları kategorisinde, özellikle elektrik tüketiminde iletim ve dağıtım kayıplarından kaynaklanan emisyonlar incelenmiştir. 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 15,3 $tCO_{2\text{-eş}}$, 11,4 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve 16,2 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak bulunmuştur. Elektrik tüketimi ile de doğru orantılı olması nedeni ile en büyük pay yine Tesis 1'e aittir.

Sera gazı emisyonlarının belirsizlik değerlendirilmesi yapıldığında kuruluş için 2015 yılı toplam belirsizliği ±% 5,1 olarak, 2016 yılı toplam belirsizliği ±% 5,0 olarak ve 2017 yılı toplam belirsizliği ±% 5,1 olarak belirlenmiştir. Bu puanlar hesaplamalarımızın güvenilir olduğunu göstermektedir.

Madrid Teknik Üniversitesi'nde atık taşıyan araçların karbon emisyonları üzerine yapılan bir araştırma sonucunda, evsel katı atıkların taşınmasında kullanılan ve mevcutta sıkıştırılmış doğalgaz ile çalışan araç filosunun toplam karbon ayak izi 25,1kg $CO_{2\text{-eş}}$/ton toplanan atık olarak bulunmuştur. Emisyon azaltımı üzerine üretilen senaryolardan biri yakıtın dizel olarak değiştirilmesi olup, bu senaryoda doğalgaz ile çalışan araçlara göre emisyonların %18,5 oranında artacağı ve emisyon değerinin 29,7kg $CO_{2\text{-eş}}$/ton toplanan atık olacağı belirlenmiştir. İkinci senaryo olan evsel atıklardan anaerobik teknoloji ile açığa çıkacak saflaştırılmış biyogazın kullanımında ise doğalgaz kullanımına oranla emisyonların %92 oranında düşürülebileceği görülmüştür (Javier ve diğ, 2017). Atıkların farklı metotlarla işlenmesinden

kaynaklanan emisyonların karşılaştırılması üzerine Malezya'da yapılan bir çalışmada ilk olarak; atıkların düzenli depolama sahalarına dökülmesi, ikinci olarak; organik atıkların anaeronik arıtımının yanısıra geri dönüştürülebilir atıkların (plastik, cam, tekstil vb.) geri dönüştürülmesi ve üçüncü olarak; atıkların kapalı yakma metodu ile yakılması işlemleri değerlendirilmiştir. En düşük emisyona 0,251 $tCO_{2\text{-eş}}$/ton katı atık ile ikinci senaryonun, en yüksek emisyona 0,646 $tCO_{2\text{-eş}}$/ton katı atık ile üçüncü senaryonun sahip olduğu belirlenmiştir (Amirhossein ve diğ., 2017). Birleşik Krallık'ta yapılan bir araştırmada ise; atık elektrikli ve elektronik eşyaların muhtemel geri kazanım-geri dönüşüm olanaklarının incelendiği ve 2010'dan bu yana elde edilen verilerle oluşturulan 2030 perspektifinde yeniden kullanımın en uygun atık yönetim seçeneği olduğu görülmüştür (Christopher ve diğ., 2019).

Kuruluşun faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarında en büyük pay %60,26 ile elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır (Kapsam 2; 326,64 $tCO_{2\text{-eş}}$ ve Kapsam 3; 42,81 $tCO_{2\text{-eş}}$). Elektrik tüketimini %37,94 pay ile araçların yakıt sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonları takip etmektedir (232,60 $tCO_{2\text{-eş}}$). Isınmada kullanılan doğalgaz sarfiyatı toplam emisyonların %1,31 pay ile 3. sırada yer almaktadır (8,01 $tCO_{2\text{-eş}}$). Isınmada kullanılan doğalgaz sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonları, Kuruluş için en yüksek sera gazı emisyonuna neden olan elektrik sarfiyatının neden olduğu sera gazı emisyonlarının yaklaşık %2'si kadardır. Buzdolabı, klima, su sebili ve yangın tüpünden kaynaklanan sera gazları ise %0,49 oranla Kuruluş için ihmal edilebilir düzeyde düşüktür. Kuruluşun toplam emisyon miktarı 2015 yılı için 196,27 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2016 yılı için 174,46 $tCO_{2\text{-eş}}$, 2017 yılı için 242,36 $tCO_{2\text{-eş}}$ olarak belirlenmiştir.

2015, 2016 ve 2017 yıllarında işlenen atık miktarları incelendiğinde; birim atık miktarı (ton) başına oluşan karbon emisyon değerleri sırasıyla 0,06 $tCO_{2\text{-eş}}$/ton e-atık, 0,12 $tCO_{2\text{-eş}}$/ton e-atık ve 0,09 $tCO_{2\text{-eş}}$/ton e-atık olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak; mevcut karbon emisyonların azaltılması için öncelikli olarak fosil yakıt kullanımını azaltılması gerekliliği görülmüştür. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının 'elektronik atık işleme tesislerinde' kullanımının, elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların (en yüksek maliyete sahip) azaltılmasına neden olacağı düşünülmektedir. Dikilen her bir ağaç ile yılda ortalama 12 kg karbondioksit emilimi mümkün olmakla birlikte (Entegre Proje Yönetim, 2019), bu tip tesislerde CO_2 emisyonların emilimini sağlayabilmek amacıyla yapılabilecek bir diğer revizasyon ise tesisin kurulu bulunduğu alanda

ve/veya yine kuruluşa ait olan boş arazilerde ağaçlandırma çalışması yapılmasıdır. Bu kapsamda mevcut örneğimize ait elektronik atık işleme tesisinde yaklaşık olarak 10 dönüm arazinin ağaçlandırmaya uygun olduğu bilinmektedir. Bu tip bir araziye yaklaşık 25000 adet ağaç dikilmesi mümkün olmakta ve CO_2 emisyonu emilimlerinin (yılda 300 tCO_2) %100'nün giderilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

Atık alımlarında araçların rotalarının optimum düzeyde daha az km yapılacak şekilde oluşturulması, yakıt tüketimlerinin azaltılmasında büyük rol oynamaktadır. Mevcut binek araçlarda dizel yakıt kullanılmakta olup daha düşük emisyon değerlerine ulaşmak amacıyla; düşük karbon salınımına sahip çevre dostu hibrit araç veya LPG'li araç kullanımı önerilebilir.

Yukarıda yer alan değerlendirmeler sonucunda elektronik atık işleme ve geri kazanım endüstrisinde temel emisyon kaynaklarının elektrik tüketiminden ve araç kullanımından kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Bu tür proseslere sahip endüstrilerin yenilenebilir enerji ve düşük karbon salınımlı araç kullanımı hususlarında yatırımlarını yönlendirmeleri durumunda; çevre mevzuatları ve ilgili yönetmelikler uyarınca üretimlerine daha efektif bir şekilde devam edebileceği ve emisyon miktarlarının yanı sıra enerji tüketimlerinde de azalma sağlanabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aksu C., 2011, Sürdürülebilir kalkınma ve çevre, *Güney Ege Kalkınma Ajansı*, No:1.

Amirhossein, M., Motasem, S.A., Shamsul, R.M.K., Taher, J.A., 2017, Assessment of carbon footprint emissions and environmental concerns of solid waste treatment and disposal techniques; case study of Malaysia, *Waste Management*, 70 , 282-292.

Bekiroğlu, O., 2014, Sürdürülebilir kalkınmanın yeni kuralı: karbon ayak izi, *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, 24-27 Kasım 2011, İzmir.

Biçer, B., Vaizoğlu, S.A., 2015, Hemşirelik bölümü öğrencilerinin küresel ısınma/iklim değişikliği hakkındaki bilgi ve farkındalıklarının belirlenmesi, *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 2, 1-2.

Bilge, A.N., Toy, A.Ö., Günay, M.E., 2017, *Türkiye elektrik enerjisi 5 yıllık üretim kapasite projeksiyonu (2017-2021)*, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Planlama ve Yatırım Yönetimi Dairesi Başkanlığı, *TEİAŞ Yayınları*, 1, 1–97. ISBN: 3319-160249.

Birleşmiş Milletler Protokolü, 1997, *İklim değişikliği çerçeve sözleşmesi - Kyoto Protokolü*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto_protokol.pdf. [Ziyaret tarihi: 01.09.2015].

Birleşmiş Milletler, 2018, *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, https://www.ipcc.ch/. [Ziyaret tarihi: 04.08.2018].

Blasing, T.J., 2016, Recent greenhouse gas concentrations, *USA Department of Science Report*, http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html. [Ziyaret tarihi: 14.03.2017].

Brant Report, 2006, *The Brandt Report: A Summary*, https://www.sharing.org/information-centre/reports/brandt-report-summary. [Ziyaret tarihi: 18.10.2014].

Bumpus, A.G., Liverman, D.M., 2008, Accumulation by decarbonization and the governance of carbon offsets, *Economic Geography Journal*, 84 (2), 127–155.

Clarke, M., 2013, *Planning for zero waste*, 2013 NYSAR3 Conference Cooperstown, NY, USA.

Çağatay, G., Tekbaş, F., Vaizoğlu, S., 2015, Çevre yönetimi, *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG)*, 2, 4-6.

Çektimur, E.V., 2013, *Karbon ayak izi*, http://www.karbonayakizi.com/. [Ziyaret tarihi: 3 Şubat 2014].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1990, *Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü*, https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/MONTREAL%20PROTOKOLU (2).pdf. [Ziyaret tarihi: 13.08.2015].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2006, *Çevre kanununda değişiklik yapılmasına dair kanun (5491)*, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/05/20060513-1.htm. [Ziyaret tarihi: 14 Mayıs 2014].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012, *Atık elektrikli ve elektronik eşyaların yönetimi yönetmeliği*, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120522-5.htm. [Ziyaret tarihi: 12 Mayıs 2014].

Çetin, R., 2013, KYOTO Protokolü ve bu çerçevede kömür sektörümüzün geleceği, *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları*, 48, 80–84.

Christopher, C., Ian, D.W., David, A.T., 2017, Evaluating the carbon footprint of WEEE management in the UK, *Resources, Conservation & Recycling*, 141, 465-473.

Cokaygil, Z., 2005. *Atık Yönetimi planlamasında Yaşam Döngüsü Analizi*, Ankara Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Çokaygil, Z., Banar, M., 2005, Yaşam döngüsü analizi ve standartlar açısından bir değerlendirme, *VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, İstanbul, Türkiye.

Demirbağ, B.C., Güngörmüş, Z., 2012, Bireylerin evsel katı atık yönetimine ilişkin bilgi ve davranışları, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1, 3.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018, *Enerji çevre ve iklim değişikliği* https://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Cevre-ve-Iklim-Degisikligi, [Ziyaret tarihi: 13.12.2018].

Entegre Proje Yönetim, 2019, *Karbon ayak izi*, https://epy.com.tr/tr-karbon-ayak-izi-93, [Ziyaret tarihi: 14.02.2019].

EPA, 2006, Life Cycle Assessment: Principles and Practice, *U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC*, EPA/600/R-06/060.

EPA, 2018, *Overview of greenhouse gases*, https://www.epa.gov/gh gemissions/overview-greenhouse-gases. [Ziyaret tarihi: 08.02.2018].

Europen Environment Agency (EEA), 1997, A guide to approaches, experiences and information sources, *Environmental Issues, Life Cycle Assessment (LCA)*, 6, 1-18.

Evciler Kimya, 2018, *E-Atık toplama ayrıştırma ve geri dönüşüm*, http://www.evcilerkimya.com/ hizmetler.html. [Ziyaret tarihi: 12.04.2019].

Guinee, J.B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., Rydberg, T., 2011, Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future, *Environmental Science Technology*, 45, 90–96.

Güler, G., 2004, Yasam döngüsü degerlendirmesi ve çevre mühendisligi açisindan uygulama alanlari, Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlik Fakültesi, Çevre Mühendisligi Bölümü*, Eskisehir, Türkiye.

Gündüzalp, A.A., Güven, S., 2016, Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği, *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 16, 1304-2823.

Güray, S., Aslıhan, E.K., 2016, Electrical and electronical waste generation in turkey: Bursa case study, Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 14, 95-106.

Fenhann, J. 2018, CDM and JI pipeline overview, *capacity development for CDM, United Nations Environment Programme (UNEP)*, 1, 47.

Hart, M., 1999, The guide to sustainable community indicators, *North Andover: Hart Environmental Data*, 2, 1–12.

Hoornweg, D., Perinaz, B.T., 2012, What a waste, a global review of solid waste management, *Urban Development Series Knowledge Series*, 15, 12-18.

James, K.L., 2003, Environmental life cycle cost in the australian food packaging supply chain, *Doctoral Thesis, Victoria University, Faculty of Business and Law*.

Javier, P., Julio, L., Encarnación, R., Michel, V., 2017, A methodology for estimating the carbon footprint of waste collection vehicles under different scenarios: Application to Madrid, *Transportation Research Part D*, 52, 156–171.

Julius, J., 2006, Processing of WEEE, Institute and Chair of Processing and Recycling Solid Waste Materials, *RWTH Aachen*, 2, 2-4.

Menteşe, S., 2017, Çevresel sürdürülebilirlik açısından toprak, su ve hava kirliliği: teorik bir inceleme, Journal of International Social Research, 10, 51-53.

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.M., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Koch, D., 2013, Global warming potential values, *IPCC 5. Değerlendirme Raporu*, 1, 73–79.

Oto, N., Çobanoğlu, N., 2011, Sustainable Airports in the Context of Environmental Bioethics, *Mülkiye Dergisi*, 273, 109-142.

Özmehmet, E., 2008, Dünyada ve Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları, *Journal of Yaşar University* , 3.12, 1853-1876.

Özsoy, C.E., 2018, Low-carbon economy and carbon footprint of Turkey, *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4, 199–215.

Palabıyık, H., Altunbaş, D., 2004, Kentsel katı atıklar ve yönetimi, *Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetsel Perspektifler*, 4, 103-124.

Pamukçu, K., 2007, Küresel emisyon ticareti sistemi için bir model: Avrupa Birliği emisyon ticareti programı, *Journal of Political Sciences*, 37, 17–42.

Ranganathan, J., 2004, *A Corporate Accounting and Reporting Standard*, World Resources Institute, Washington DC, USA ISBN: 97815-69737-736.

Sunar, U., 2012, Bir elektronik atık geri dönüşüm tesisinin maliyet fayda analizi, *Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları*, 1, 4-7.

Şenol, A., 2018, *Atıkların oluşumu,* http://insaat.cumhuriyet.edu.tr/wp-content/uploads/1.-SUNUM-ATIKLARIN-OLU%C5%9EUMU.pdf. [Ziyaret tarihi: 8 Şubat 2014].

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018, *Meteoroloji ve sağlık,* https://www.mgm.gov.tr/ genel/saglik.aspx ?s=123. [Ziyaret tarihi: 22 Nisan 2014].

Tıraş, H., 2012, Sürdürülebilir kalkınma ve çevre: teorik bir inceleme, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2.2, 57-73.

Tiryakioğlu, M., Özlem, T., 2016, Kalkınma Ajanslarının Çevresel Sürdürülebilirliği Sağlamadaki Rolü Üzerine Bir Tartışma*, Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21.1, 207-221.

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2018, *E-Atık geri dönüşümü, Teknik Uygulamalar,* İstanbul Şubesi Bülteni, http://www.emo.org.tr/ekler/4468c66c9d1 9bd5_ek.pdf?dergi=985. [Ziyaret tarihi: 18 Mart 2014].

Toprak, D., 2016, Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde çevre vergileri üzerine bir inceleme, *International Congress on Politic, Economic and Social Studies*, 2, 20–46.

Tunahan, H., 2012, Küresel iklim değişikliğini azaltmanın bir yolu olarak karbon finansmanı, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 46, 199–215.

Yay, A. Suna, E. 2017, Yaşam döngüsü analizinin ambalaj atıklarının yönetiminde kullanılması, *Sakarya University, Journal of Science,* 21.5, 1008-1017.

Yılmaz, A., 2017, *Yaşam döngüsü analizi,* İstanbul, Türkiye, 3, ISBN: 1300-2414.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Duygu YILMAZ
Doğum Yeri	Antalya
Doğum Tarihi	26.01.1990
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	+90 537 614 0002
E-Posta Adresi	duygu.yilmaz.07@gmail.com
Web Adresi	https://www.linkedin.com/in/duygu-yılmaz-71990545



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Ünivertsitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Çevre Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler