



**BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN ÜÇ  
ADET BROYLER İŞLETMESİNİN KARBON VE SU  
AYAK İZLERİNİN HESAPLANMASI VE ÇEVRESEL  
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**Büşra YAYLI**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN ÜÇ ADET BROYLAR  
İŞLETMESİNİN KARBON VE SU AYAK İZLERİNİN HESAPLANMASI VE  
ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**Büşra YAYLI**  
0000-0002-0198-3550

Doç. Dr. İlker KILIÇ  
0000-0003-0087-6718  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

**Her Hakkı Saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN ÜÇ ADET BROYLAR İŞLETMESİNİN KARBON VE SU AYAK İZLERİNİN HESAPLANMASI VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ

**Büşra YAYLI**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. İlker KILIÇ

Bu çalışmada, Bursa’da faaliyet gösteren üç adet broyler işletmesinde (Kümes-1 [K1], Kümes-2 [K2], Kümes-3 [K3]), 1 kg beyaz et olarak belirlenen fonksiyonel birim başına işletme sınırları içerisinde karbon ayak izi, su ayak izi ve çevresel sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Karbon ayak izinin değerlendirilmesi üç farklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Gaz konsantrasyonu verileri ile hesaplama yönteminde; karbon ayak izi fonksiyonel birim başına K1, K2, K3 için sırasıyla 2,2, 3,4 ve 3,0 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri elde edilmiştir. IPCC’nin geliştirmiş olduğu Tier-1 yöntemi ile N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları ayrı ayrı hesaplanmış ve toplam kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden belirtilmiştir. Buna göre işletmelerde fonksiyonel birim başına 5,1 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik gaz emisyonu olduğu ortaya konulmuştur. Karbon ayak izinin değerlendirildiği son yöntemde CCaLC2 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yazılım sonuçlarına göre işletmelerin fonksiyonel birim başına oluşturdukları emisyonlar sırasıyla K1, K2 ve K3 için 2,3, 3,6 ve 3,1 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmanın ikinci amacı; işletmelerde su ayak izlerinin belirlenmesidir. İşletmelerin mavi su ayak izi CCaLC2 bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 1 kg beyaz etin üretiminde hayvanların içme suyu ve kullanım su miktarları dikkate alındığında 0,003 m<sup>3</sup>su / fonksiyonel birim elde edilmiştir.

Çalışmanın diğer bir amacı olarak işletmelerin çevresel sürdürülebilirlikleri değerlendirilmiştir. Küresel ısınma potansiyeli, NH<sub>3</sub> kullanımı, alan kullanımı ve enerji kullanımı olmak üzere 4 adet çevresel gösterge parametresi seçilmiştir. Buna göre tüm işletmeler için NH<sub>3</sub> emisyonu ve küresel ısınma potansiyeli sürdürülemez sınırlarda gözlemlenirken alan kullanımı ve enerji kullanımı ise tüm işletmeler için sürdürülebilir sınırdaki gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon ayak izi, su ayak izi, çevresel sürdürülebilirlik, broyler, broyler kümesleri

**2019, viii + 57 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### CALCULATION OF CARBON AND WATER FOOTPRINTS OF THREE BROILER OPERATIONS IN BURSA REGION AND DETERMINATION OF THEIR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITIES

**Büşra YAYLI**

Bursa Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystem Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Ilker KILIC

In this study, it is aimed to evaluate carbon footprint, water footprint and environmental sustainability within operational boundaries per functional unit determined as 1 kg of white meat production in three broiler enterprises operating in Bursa (House-1 [H1], House-2 [H2], House-3 [H3]).

The evaluation of the carbon footprint was performed by three different methods. In the calculation method with gas concentration data; 2,2, 3,4 and 3,0 kg CO<sub>2</sub> equivalents were obtained for the carbon footprint functional units for H1, H2, H3, respectively. With the Tier-1 method developed by IPCC, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions were calculated separately and expressed in terms of total kg CO<sub>2</sub> equivalents. Accordingly, it has been shown that 5,1 kg CO<sub>2</sub> equivalent gas emission per functional unit occurs in the enterprises. According to the results, the emissions generated by the enterprises per functional unit were found to be 2,3, 3,6 and 3,1 kg CO<sub>2</sub> equivalents for H1, H2 and H3 respectively.

The second objective of the study was the determination of water footprints in all three enterprises. Blue water footprint of enterprises was evaluated with CCaLC2 software. According to the results, 0,003 m<sup>3</sup> water / functional unit was obtained by considering the drinking water and usage water amount in the production.

As a comprehensive objective of the study, environmental sustainability of enterprises was evaluated. Four environmental indicator parameters were selected including global warming potential, NH<sub>3</sub> use, area usage and energy use. It was found that, NH<sub>3</sub> emissions and global warming potential were observed within unsustainable limits for all enterprises, while land and energy use were within sustainable limits for all enterprises.

**Key words:** Carbon footprint, water footprint, environmental sustainability, broiler, broiler houses

**2019, viii + 57 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmaları boyunca ilgisini eksik etmeyen, fikirleriyle yolumu aydınlatan, güler yüzü ve destek veren sözleriyle çalışma azmimi perçinleyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. İlker KILIÇ' a, desteğiyle yanımda olduğunu hissettiren Prof. Dr. Ercan ŐİMŐEK ve Doç. Dr. Erkan YASLIOğLU'na, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan, hayatımın her döneminde sevgisi, desteği ve emekleriyle her zaman yanımda olan canım annem, babam ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Büşra YAYLI  
04/09/2019



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği.....	4
2.2. Sera Gazları ve Sera Gazı Envanteri.....	5
2.3. Karbon Ayak İzi ve Karbon Yönetimi ile İlgili Hesaplama Teknikleri.....	8
2.4. Su Ayak İzi.....	11
2.5. Broyler Kümeslerinden Kaynaklanan Kirleticiler.....	14
2.6. Çevresel Sürdürülebilirlik.....	16
3. MATERYALVE YÖNTEM.....	18
3.1. İncelenen Broyler Kümesleri.....	20
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması.....	21
3.2.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması.....	30
3.2.3. Çevresel Sürdürülebilirliğin Hesaplanması.....	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
4.1. İncelenen Broyler İşletmelerinde Girdiler ve Çıktılar.....	31
4.2. İncelenen Broyler İşletmelerinin Karbon Ayak İzleri.....	32
4.3. İncelenen Broyler İşletmelerinin Su Ayak İzleri.....	43
4.4. İncelenen Broyler İşletmelerinin Çevresel Sürdürülebilirlik Performansı.....	44
5. SONUÇ.....	48
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	57

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
K1	Kümes-1
K2	Kümes-2
K3	Kümes-3
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Etilen
CH <sub>4</sub>	Metan
CO	Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
DCB	Diklorobenzen
eşd.	Eşdeğerlik
f.b.	Fonksiyonel Birim
gr	Gram
Gg	Gigagram
HFCs	Hidroflorür karbonlar
H <sub>2</sub> O	Su Buharı
kg	Kilogram
kW	Kilovat
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
mm	Milimetre
MJ	Megajoule
N	Azot
NF <sub>3</sub>	Azot Triflorür
NH <sub>3</sub>	Amonyak
NO <sub>x</sub>	Azot monoksitler
N <sub>2</sub> O	Diazot monoksit
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfat
R11	Trikloromonoflorometan
PFCs	Perfloro karbonlar
s	Saat
SF <sub>6</sub>	Sülfürhekza florid
SO <sub>2</sub>	Kükürt dioksit
\$	Dolar
%	Yüzde

**Kısaltmalar**    **Açıklama**

AB	Avrupa Birliği
CCaLC	Carbon Calculations over the Life Cycle
DCB	Paradiklorobenzen
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
GHG	Greenhouse Gas Protocol
ISO	International Organization for Standardization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PAS	Publicly Available Specification
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNESCO-IHE	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VOC	Volatile Organic Compound
WCED	World Commission on Environment and Development
WFN	Water Footprint Network



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Bursa haritası.....	18
Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırları.....	23
Şekil 4.1. Parametrelerin karbon ayak izine katkı oranları.....	34
Şekil 4.2. Gaz konsantrasyonlarına göre işletmelerin karbon ayak izi.....	35
Şekil 4.3. İşletmelerin doğrudan ve dolaylı N <sub>2</sub> O emisyonları .....	36
Şekil 4.4. CH <sub>4</sub> emisyonları .....	36
Şekil 4.5. Broylerden kaynaklanan CO <sub>2</sub> emisyonları.....	37
Şekil 4.6. Tier 1 yaklaşımına göre işletmelerin karbon ayak izleri.....	38
Şekil 4.7. Kaynaklarına göre karbon ayak izleri .....	39
Şekil 4.8. İşletmelerin karbon ayak izleri .....	39
Şekil 4.9. K1 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler.....	40
Şekil 4.10. K2 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler.....	41
Şekil 4.11. K3 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler.....	41
Şekil 4.12. İşletmelerin su ayak izleri.....	43

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Sera gazları ve CO <sub>2</sub> eşdeğerlikleri.....	7
Çizelge 2.2. CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyon kaynaklarına göre yüzdeleri.....	7
Çizelge 3.1. Bursa ilçelerinin broyler varlığı.....	20
Çizelge 3.2. İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri.....	20
Çizelge 3.3. İncelenen kümeslerin boyutsal özellikleri.....	21
Çizelge 3.4. Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt için emisyon faktörleri...24	24
Çizelge 3.5. CH <sub>4</sub> ve N <sub>2</sub> O emisyonlarının CO <sub>2</sub> eşdeğerlikleri .....	25
Çizelge 3.6. Bazı kümes hayvanları için azot atılım oranları.....	26
Çizelge 3.7. Gübre yönetiminden doğrudan olan N <sub>2</sub> O emisyonları için emisyon faktörleri (kümes hayvanları için).....	27
Çizelge 3.8. Kümes hayvanları için sıcaklığa göre gübre yönetimi CH <sub>4</sub> emisyon faktörleri .....	29
Çizelge 4.1. Üretilen 1 kg tavuk eti için gereksinim duyulan üretim girdileri.....	31
Çizelge 4.2. Üretilen 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N <sub>2</sub> O, CH <sub>4</sub> ve CO <sub>2</sub> gaz emisyonları.....	32
Çizelge 4.3. İncelenen broyler kümeslerinin karbon ayak izi .....	33
Çizelge 4.4. Karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi.....	34
Çizelge 4.6. Çevresel göstergeler ve parametreleri.....	44
Çizelge 4.7. Temel göstergeler için sürdürülebilirlik sınırları.....	45
Çizelge 4.8. Çalışmada incelenen işletmelerin çevresel göstergelerin değerleri.....	46
Çizelge 4.9. Çalışmalara göre çevresel göstergelerin değerleri.....	47

## 1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler tarafından yapılan son tahminlere göre dünya nüfusu 2030 yılında 8,6 milyar, 2050 yılında 9,8 milyar ve 2100 yılında 11,2 milyara ulaşması beklenmektedir (UN 2017). Son yıllarda hızla artan nüfus, temel yaşamsal ihtiyaçların artışı da beraberinde getirmektedir. Yaşam için gerekli ihtiyaçların en önemlisi olan gıda gereksinimi öncelikli olmak üzere sağlık, giyecek, ulaşım, iletişim gibi ihtiyaçların karşılanması için sanayi, endüstri, entansif tarım ve hayvancılık işletmelerinin hızlı bir gelişim gösterdiği görülmektedir.

Bir insanın yeterli, dengeli ve sağlıklı beslenmesi için günlük olarak alması gereken proteinin önemli bir kısmını hayvansal kaynaklı gıdalar oluşturmaktadır. Kanatlı hayvan ürünleri dünyada en çok tüketilen hayvansal kaynaklı gıdalardan birisidir ve dünyadaki tavuk popülasyonunun 2005 ve 2050 yılları arasında %90 artacağı tahmin edilmektedir (Alexandratos ve Bruinsma 2012, Cesari ve ark. 2017). Türkiye’de de artan nüfus paralelinde ekonomik bir protein kaynağı olarak tavuk eti tüketimi artış göstermiştir. Yapılan bir çalışmada ülkemizde tavuk etine olan ilginin artmasının az yağlı ve protein değerinin yüksek olması, vitamin ve mineraller açısından zengin olması, hazırlanmasının kolaylığı, çok çeşitli yemeklerde kullanılabilmesi ve fiyatlarının kırmızı ete kıyasla çok daha uygun olması gibi nedenlerden dolayı olduğu belirtilmiştir (Dokuzlu ve ark. 2013). Artan nüfusun gereksinimlerinin ve belirtilen sebeplerle tavuk etine olan talebin karşılanması, et tavukçuluğu sektörünün gelişmesinde etkin rol oynamış ve birim alanda yoğun üretim yapılan broyler işletmeleri yaygınlık kazanmaya başlamıştır.

Türkiye 2018 yılı verilerine göre 229 506 689 adet broyler sayısı ile 2017 yılına oranla %3,7 oranında artış göstermiştir (TÜİK 2017). Türkiye 342 801 000 baş toplam yumurta ve broyler tavuğu sayısı ile dünya sıralamasında 10. sırada yer almaktadır (FAO 2017). 2016 yılı verilerine göre dünya ihracat sıralamasında 13.sırada, ihracattan elde edilen gelir değeri ise 24 575 000 \$ ile 15. sırada yer almaktadır (FAO 2016). Endüstriyel broyler tavukçuluğunun yaygınlaşması ve kümes içerisinde otomasyon sistemlerinin kullanılması gibi gelişmeler, gerçekleştirilen üretim potansiyelinin yükselmesinde önemli katkılar sağlamıştır.

Broyler tavukçuluğu üretimindeki bu artış, geleneksel (ektansif) yöntemlerle yapılan üretimin yerini hızla alan, birim alanda yoğun üretim yapılan ve yüksek verim elde edilen entansif işletmelerdeki üretim sonucunda oluşan atık miktarları da yapılan üretim paralelinde artış göstermiştir. Ancak üretimde entansifleşmenin olumsuz sonucu olarak işletmelerdeki hammadde girdisi, işletme içerisinde üretim periyodu boyunca oluşan emisyonlar ve son istenen ürünün yanı sıra ortaya çıkan istenmeyen atıkların oluşturduğu etkiler çevre üzerinde çeşitli baskılar ve küresel ısınmaya sebep olan sera gazı emisyonlarının etkilerini artırmaktadır.

Hayvancılık işletmelerinde arazi, su, enerji gibi sınırlı kaynakların kullanımında rekabet artmıştır ve tüm üretim aşamaları boyunca açığa çıkan emisyonlar, hava, su ve toprak ekosistemleri üzerinde ciddi etkiler oluşturmaktadır (De Vries ve De Boer 2010). Kümes hayvancılığında yemin önemli bir yeri bulunmaktadır. Yem üretiminde su kullanımı ve yakıt kullanımıyla ortaya çıkan ve yem içeriğindeki bazı bitkisel ürünlerden oluşan sera gazı emisyonlarının oluşturduğu küresel ısınma en fazla çevresel etki oranına sahiptir. Yem üretimi dışında gerçekleşen kümes içerisinde ve kümes dışında açığa çıkan gübre, su tüketimi, elektrik tüketimi, fosil yakıt ve dizel yakıt tüketimleri, ölü tavuklar, yem tüketiminden kaynaklanan emisyonlar, katı ve sıvı atıklar, işletme yapısından kaynaklanan toz ve partikül maddeler broyler üretim süreci boyunca oluşan emisyon kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu emisyonlar doğal ortam üzerinde başta küresel ısınma olmak üzere ötrofikasyon, asidifikasyon, enerji kullanımı, ozon oluşturma etkisi, karasal toksisite, biyotik ve abiyotik bozunma gibi çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır (González-García ve ark. 2014, Leinonen ve ark. 2014, Cesari ve ark. 2017).

Bu çevresel problemlerin en önemlisi olan küresel ısınma, dünyamızın geleceği ve doğrudan ya da dolaylı olarak kaynakların yok olması tehdidini oluşturmaktadır. Küresel ısınma; çoğunlukla insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının (başlıca karbondioksit, metan ve diazot monoksit) dünya üzerinde sıcaklık artışına neden olmasıdır. Antropojenik faaliyetlerin sonucunda oluşan emisyonların küresel ısınmaya olan etkilerini belirlemek amacıyla karbon ayak izi kavramı ortaya çıkmıştır. Karbon ayak izi; antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının karbondioksit eşdeğeri cinsinden ölçülmesidir. Uluslararası İklim

Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından sera gazları emisyon miktarlarının ölçülmesi için Tier 1-2-3 metotları geliştirilmiştir (IPCC 2006a).

Artan nüfus, gelişen sanayi ve entansifleşen tarımın olumsuz bir sonucu da su kullanımı ve arazi kullanımı gibi doğal kaynak kullanımının artışıdır. Özellikle tarım sektöründe sonlu bir kaynak olan suyun ihtiyacı fazla olmaktadır. Yoğun tarım ile birlikte artan su tüketimi ve sonrasında oluşan atıkların su kaynaklarında oluşturdukları kirlilikler, var olan su kaynakları için tehdit oluşturmaktadır. Su kaynakları tüketimini ve kirliliklerinin oluşturduğu etkileri belirleyebilmek amacıyla su ayak izi kavramı ortaya çıkmıştır. Su ayak izi, gerçekleştirilen faaliyetlerden ya da bir birim ürünün üretimi için tüketilen toplam su miktarını ya da bu süreçlerden kaynaklanan su kirliliğini belirlemek için bir ölçüttür.

Bu çevresel problemlerin zamanla oluşturacağı kümülatif etki, gelecekte kaynakların yok olması ve çevre üzerinde onarılamaz kirliliklerin oluşması tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır. Hem çevrenin kirlenmemesi ve kaynakların korunması hem de üretimde devamlılığın sağlanabilmesi için çevresel sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde yoğun olarak hayvancılığın yapıldığı alanlarda faaliyet gösteren üç adet broyler işletmesine ait veriler kullanılarak üç farklı kategoride değerlendirme yapılmıştır:

- 1) Çalışmanın birinci amacı; işletmelerin küresel ısınmaya olan etkisinin, belirlenen fonksiyonel birim üzerinden karbon ayak izlerini hesaplamaktır.
- 2) Çalışmanın ikinci amacı; fonksiyonel birim ve incelenen işletmelerin su ayak izinin belirlenmesidir.
- 3) Yapılmış çalışmanın diğer bir amacı olarak da incelenen broyler işletmelerindeki çevresel sürdürülebilirliğinin hesaplanması için temel göstergeler belirlenip, bu göstergelerin incelenen işletmelerdeki sayısal büyüklükleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar yapılan çalışmalar ile karşılaştırılarak işletmelerin çevresel sürdürülebilirliği değerlendirilmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Güneşten, dünyanın yüzeyine gelen kısa dalgalı radyasyon, ışıktan ısıya dönüşerek dünyayı ısıtmaktadır. Yeryüzü, bu radyasyonun bir kısmını uzun dalgalı kızılötesi ışın olarak uzaya geri yansıtır. Bu uzun dalgalı kızılötesi ışınların büyük bölümü uzaya geri dönerken, bir bölümü dünya atmosferinde su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve metan (CH<sub>4</sub>) gibi çeşitli gazlar tarafından absorbe edilir ve atmosferde hapsolür. Böylece dünyanın yüzeyi ve atmosfer, olması gerekenden daha sıcak bir hal alır, ısınan hava dünya atmosferi içerisinde kalır. Bu olaya sera etkisi, dünyanın ısınmasını sağlayan bu gazlara ise sera gazları adı verilmektedir (Korkmaz 2007).

18. yüzyılda başlayan sanayi devrimi ile endüstrileşme hareketleri her geçen yüzyıl hız kazanmıştır. Sanayi Devrimi'nde buharlı makinelerde kömür kullanımının başlamasıyla ve daha sonra petrol ve türevi diğer yakıtların da kullanılması en önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub> miktarının aşırı artışına neden olmuştur. Gelişen sanayi ile birlikte nüfus artışı, artan fosil yakıt kullanımı, gelişen teknoloji, ormanların azalması, yoğun tarım gibi faaliyetlerin artış göstermesi sonucu sera gazlarının atmosferdeki emisyonunun artması sera etkisini de artırarak dünyanın sıcaklığını yükseltmektedir. Bu durum dünyamızın geleceği için ciddi bir problem olan küresel ısınmayı tetiklemektedir (Köse 2018).

Küresel ısınma; insan kaynaklı faaliyetlerin neticesinde özellikle kömür, petrol, benzin gibi fosil yakıtların yanmasıyla ve geniş ölçekli ormanlık alanların azalması sonucu ortaya çıkan başta karbondioksit olmak üzere önemli sera gazlarının atmosfere olan emisyonlarıdır (Houghton 2005). Diğer bir tanımda ise küresel ısınma; 20. yüzyılın başlarında özellikle 1970'li yılların sonundan itibaren Sanayi Devrimi'nden kaynaklanan fosil yakıt tüketimi emisyonlarının dünyada uzun süreli artması olarak belirtilmektedir (Anonim 2019a).

Küresel ısınma, sera gazlarının (başta CO<sub>2</sub> olmak üzere CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O en önemli sera gazlarıdır) atmosfere olan emisyonları ile iklim değişikliğinin en büyük sebebi olarak gösterilmektedir. Küresel ısınmaya neden olan sera gazları temelde fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi ve üretim (kimyasal süreçler ve çimento üretimi),

ulaştırma ve taşımacılık, arazi kullanım değişikliği, katı atıkların yönetimi ve saklanması, tarımsal üretim ve yönetim (hayvancılık, gübreleme, anız yakmak, eltik üretimi) etkinliklerden kaynaklanmaktadır (şahin ve Avcıoğlu 2016). Sanayi devriminden sonra sera gazlarının kontrolsüz bir biçimde artması dünyanın ortalama sıcaklığının 1 °C yükselmesine neden olmuştur. Küresel ısınmanın iklim değişikliği üzerindeki en belirgin etkileri; dünyanın giderek ısınması, buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi, yağış desenlerinin değişmesi, sıra dışı hava olaylarının şiddetinde ve sıklığında önemli artışlar ve bunlara bağlı olarak ekolojik yapının değişime uğramasıdır (Bayraç 2010).

İklim değişikliği; nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ya da değişkenliğinde onlarca yıl veya daha uzun sreler boyunca gerçekleşen değişikliklerdir (MGM 2019). İklim değişikliği sorunu ile mücadelede sera gazı emisyonunun sınırlandırılması ve azaltılmasına yönelik 1992 yılında uluslararası bir atılım Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği ereve Sözleşmesi (UNFCC) ile gerçekleştirilmiştir. Japonya'nın Kyoto şehrinde 1997 yılında bu sözleşmenin içerisinde Kyoto Protokolü görüşülmüş fakat dünya çapındaki emisyonların en az %55'inden sorumlu olan ülkeler tarafından imzalanması gerektiğinden Rusya'nın protokolü imzalamasıyla bu orana ancak ulaşılmış ve 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir (Anonim 1998).

Kyoto Protokolü'nn 2020 yılında sona erecek olması sebebiyle 2015 yılında UNFCC 21. Taraflar Konferansı tarafından 2020 yılı itibariyle iklim değişikliği çerçevesini belirleyen Paris Antlaşması imzalanmıştır. 2020 yılında yürürlüğe girmesi beklenen Paris Antlaşması ile küresel ortalama sıcaklığın en fazla 2 °C yükselmesine müsaade edilmesine ve 1,5 °C'de sabit kalınarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik daha sınırlayıcı bir hedef ortaya konulmuştur (Anonim 2019b).

## **2.2. Sera Gazları ve Sera Gazı Envanteri**

Sanayi Devrimi'nden sonra endüstrileşme sürecinin çok hızlı bir biçimde gerçekleşmesi, artan nüfusun kırsal alanlardan kentlere göç etmeleri ile kentleşmenin artması, tarım sektöründe yoğun üretime geçilmesi gibi başlıca nedenler ile atmosferdeki sera gazı emisyon yoğunluğunun hızla artmasına neden olmuştur. Entansif

hayvancılık işletmelerinde üretim potansiyelinin büyümesi, ekili alanlarda kullanılan gübre, pestisit ve kimyasal içerikli ilaçların daha fazla kullanılması gibi faaliyetler sonucu atmosfere karışan sera gazı emisyonları artmaktadır. Bu durum tarım sektörünün ciddi bir sera gazı emisyon kaynağı olduğunu göstermektedir ve küresel ısınma üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır (Korkmaz 2007). Gerber ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, insan kaynaklı küresel ısınma potansiyelinin %14,5'inin hayvansal üretimden kaynaklandığını ve bunun %8'inin tavuk eti ve yumurta üretiminden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Kyoto Protokolü'nde küresel ısınmaya neden olan sera gazları ve emisyon kaynakları olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazot monoksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) ve sülfürhekza florid (SF<sub>6</sub>) belirtilmiştir. 2020 yılında sona erecek olan Kyoto protokolüne ikinci uyum sürecinde eklenen yedinci sera gazı NF<sub>3</sub> (azot triflorür)'dür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPPC)'nin belirlediği emisyon faktörlerine göre CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gazları kgCO<sub>2</sub> eşdeğerliği cinsinden ifade edilmektedir. Çizelge 2.1'de sera gazları ve CO<sub>2</sub> cinsinden eşdeğerlikleri belirtilmiştir. Çizelge 2.1'e bakıldığında CO<sub>2</sub>'in az tehlikeli, SF<sub>6</sub>'in ise çok tehlikeli bir sera gazı olduğu görülmektedir. Fakat atmosferde en fazla bulunan sera gazı CO<sub>2</sub>'dir. Bu nedenle en tehlikeli sera gazı olarak kabul edilmektedir. Sülfürhekza florid gazı ise atmosferde yoğun bulunan bir sera gazı olmadığından dolayı henüz tehlike arz etmemektedir (IPCC 2006b).

IPCC'nin 100 yıllık bir zaman sürecini göz önüne alarak CO<sub>2</sub>'den sonra atmosferde en fazla bulunan N<sub>2</sub>O ile CH<sub>4</sub> sera gazlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerliği cinsinden küresel ısınma potansiyellerinin 1 milyon ton CH<sub>4</sub> gazının 25 milyon ton CO<sub>2</sub> ve 1 milyon ton N<sub>2</sub>O gazının 298 milyon ton CO<sub>2</sub> ile eşdeğer olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu veriler N<sub>2</sub>O gazının atmosferde ısıyı absorbe etme kapasitesinin CH<sub>4</sub> gazından daha yüksek olduğunu göstermektedir (IPCC 2006b).



**Çizelge 2.1.** Sera gazları ve CO<sub>2</sub> eşdeğerlikleri (IPCC 2007)

Sera Gazı	CO <sub>2</sub> Eşdeğerliği
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	1
Metan (CH <sub>4</sub> )	25
Diazot Oksit (N <sub>2</sub> O)	298
Hidroflorür karbonlar (HFCs)	124 - 14 800
Perfloro karbonlar (PFCs)	7 390 - 12 200
Sülfürhekza florid (SF <sub>6</sub> )	22 800

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'ne göre toplam sera gazının %18'i tarımsal faaliyetler sonucunda açığa çıkmaktadır ve bu değer %14,5'i hayvancılık işletmelerinden kaynaklanmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin son olarak yayınladığı 2016 yılı verilerine göre toplam sera gazı emisyonları 1990 yılına göre %135,4 artış göstererek 496,1 milyon ton (Mt) CO<sub>2</sub> eşdeğeri olduğu belirtilmiştir. Yüzde 72,8 oranı ile en büyük pay enerji kaynaklı emisyonlardan kaynaklanırken, %12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %11,4 ile tarımsal faaliyetler ve %3,3 ile de atıklardan kaynaklanan emisyonlardan oluşturmaktadır (TÜİK 2018a).

Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar 1990 yılında 42,4 milyon ton iken 2016 yılında %33,25'lik bir artış göstererek 56,5 milyon tona ulaşmıştır. CH<sub>4</sub> emisyonlarının %55'i ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının ise %77,6'sı tarımsal faaliyetlerden ortaya çıkmıştır (Çizelge 2.2) (TÜİK 2018a).

**Çizelge 2.2.** CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon kaynaklarına göre yüzdeleri

Sera gazı kaynakları	CH <sub>4</sub> (%)	N <sub>2</sub> O(%)
Tarımsal faaliyetler	%55,54	%77,6
Enerji	%18,63	%12,1
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	%0,03	%3,8
Atık	%25,8	%6,5
<b>Toplam (bin ton)</b>	<b>2 188,7</b>	<b>107,3</b>

### 2.3. Karbon Ayak İzi ve Karbon Yönetimi ile İlgili Hesaplama Teknikleri

Sanayi Devrimi'nden sonra dünyanın hızlı bir gelişim sürecine girmesiyle ısınmaya neden olan sera gazlarının artışıyla iklimsel özellikler değişmeye başlamıştır. Sanayileşme ile fosil yakıtların kullanımındaki artış, artan ihtiyaçların karşılanması için yeni alanların açılmasının yarattığı ormansızlaşma, sanayinin farklı kollarından kaynaklı sera gazlarının atmosfere salınması küresel ısınmanın ortaya çıkışının en büyük kaynaklarından (Bekiroğlu 2011). Ürünlerin, işletmelerin ve hizmetlerin oluşum süreçleri boyunca küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyon salımlarını CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden ortaya koyabilmek amacıyla karbon ayak izi kavramı ortaya çıkmıştır.

Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür (Çınar 2013, Kılıç ve Amet 2017). Wiedmann ve Minx (2008) yaptıkları bir çalışmada karbon ayak izini “bir faaliyet ya da bir ürünün yaşam döngüsü boyunca her bir sürecinde ortaya çıkan doğrudan ya da dolaylı olarak CO<sub>2</sub> emisyonlarının toplam ölçümüdür.” şeklinde tanımlamışlardır. Diğer bir ifadeyle; kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi gibi faaliyetlerden kaynaklanan toplam sera gazları salım miktarının karbondioksit cinsinden ifadesidir. Atmosferde en yoğun bulunan sera gazı karbondioksit olduğundan dolayı, karbon ayak izi CO<sub>2</sub> eşdeğeri cinsinden hesaplanmaktadır (Wiedmann ve Minx 2008).

Karbon ayak izi; birincil (doğrudan) ayak izi ve ikincil (dolaylı) ayak izi olmak üzere kapsamlarına göre iki grupta incelenebilmektedir. Birincil ayak izi; evsel enerji tüketimi ve ulaşım da dâhil fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan karbondioksit emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise; ürünlerin ya da faaliyetlerin yaşam döngüsü boyunca, imalatı, işleyiş süreci ve kullanımları sonucunda bozulmalarıyla ilişkili olan tüm dolaylı karbondioksit emisyonlarının ölçüsüdür. Ekolojik ayak izinin en önemli bileşenini karbon oluşturmaktadır. Türkiye’de ekolojik ayak izi %46 oranı ile karbon ayak izi etkisi ile meydana gelmektedir (Özsoy 2015).

Küresel ısınma ve karbon ayak izi ile ilgili karbon salımlarının belirlenmesinde uluslararası bazı standartlar bulunmaktadır. Bu standartların en güncel ve yaygın olarak kullanılanları ISO 14067:2018, GHG Protokolü ve PAS 2070'tir. Bu standartlar sera gazı emisyonlarının çıkış kaynaklarını belirlemede, verilerin hesaplanmasında, süreç haritasının oluşturulmasında, ölçümlerin hassasiyetinin belirlenmesinde yol gösterici olmakta ve bütüncül bir sera gazı değerlendirmesi yapılmasına yardımcı olmaktadır. Karbon ayak izinin hesaplanmasında gerekli sera gazı konsantrasyonlarını ölçen çeşitli cihaz ve mekanizmalar geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra ölçülen konsantrasyonların sonuçlarının detaylı hesaplanması için basit yöntemlerden gelişmiş yaşam döngüsü değerlendirmesi ve girdi-çıkı temelli yöntemlere kadar çok geniş kapsamda hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir.

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli sera gazları emisyon ölçümlerinin hesaplanabilmesi için Tier 1-2-3 yaklaşımlarını geliştirmiştir:

- Tier 1 yöntemi; mevcut ulusal ve uluslararası istatistikleri ve varsayılan emisyon faktörlerinden yararlanarak hesaplama yöntemidir.
- Tier 2 yöntemi; ulusal enerji istatistikleri ve bölgelere özel emisyon faktörlerinden yararlanarak yapılan hesaplama yöntemidir.
- Tier 3 yöntemi; karmaşık ve daha fazla veriye gereksinim duyan detaylı bir modelleme içeren hesaplama yöntemidir.

Yapılan çalışmalar sonucunda bilim insanları tarım sektörünün küresel ısınma üzerinde oluşturduğu etkilerin yadsınamaz bir gerçek olduğunu belirtmişlerdir. Hayvancılık işletmeleri küresel ısınmaya etki eden önemli üretici kaynaklarıdır. Hayvancılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği işletmelerde gıda ürünlerinin yaşam döngüsü boyunca açığa çıkan atık ve gaz emisyonlarının neden oldukları küresel ısınma ve su kullanımı gibi çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla çevresel ayak izleri önemli bir yöntemdir. Karbon ayak izi hesaplamaları sonucunda karbon emisyonuna ve dolayısıyla sera gazlarına neden olan en yüksek değeri %52 ile gıda tüketimi oluştururken %17 ile gıda ürünleri için kullanılan kaynaklar oluşturmaktadır (Anonim 2012a). Hayvansal üretim diğer gıda ürünlerinin üretiminden ziyade daha fazla sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır (De Vries ve De Boer 2010, Kebreab ve ark. 2016). Karbon ayak izi ile ilgili

Türkiye’de belli alanlarda yapılmış çalışmalar var olup tarımsal üretim için gerçekleştirilen yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Leinonen ve ark. (2014), İngiltere’de yaptıkları bir çalışmada broyler tavukçuluğunda barınak içerisinde hayvan refahını geliştirmek ve yumurta üretiminde kullanılan iki farklı yetiştiricilik sisteminin (batarya kafes ve zenginleştirilmiş kafes sistemleri) çevresel etkilerini ortaya koymuşlardır. Broyler tavukçuluğu sistemlerinde düşük yoğunluklu sistemin standart kapalı sistem ile kıyaslandığında ısıtma ihtiyacından dolayı küresel ısınma potansiyeline %2 daha fazla etki etmekte olduğu, ısı eşanjörü eklendiğinde ise %3 oranında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yumurta tavuğu kümeslerinde ise zenginleştirilmiş kafes sistemlerinin batarya kafes sistemlerine göre %8 daha az enerji kullanımı ve %3 daha düşük küresel ısınma potansiyeli etkisine sahip olduğunu ve farklı sistemlerin kullanılmasından kaynaklı asidifikasyon ve ötrofikasyonun etkisinin çok küçük farklar oluşturduğu belirtmişlerdir.

Dunkley ve ark. (2015), yaptıkları bir çalışmada, broyler, yarka ve damızlık işletmeleri incelemiştir. Bu işletmelerde ürünlerin yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan emisyonlar mekanik (yanma, ulaşım ve elektrik) ve mekanik olmayan (gübre) emisyonlar altında ortaya çıkan sera gazlarını ( $CO_2$ ,  $N_2O$  ve  $CH_4$ ) incelemiştir ve toplam  $CO_2$  eşdeğeri olarak hesaplanarak karbon ayak izini belirlemiştir. İnceleme yapılan 4 çiftlikte sera gazı emisyon değerleri 917 ton  $CO_2$ /yıl ve 1757,8 ton  $CO_2$ /yıl arasında elde edilmiştir.

Shepherd ve ark. (2015), üç farklı ticari yumurta üretim sisteminde (konvansiyonel kafes sistemi, zenginleştirilmiş kafes sistemleri ve tünekli alternatif kafes sistemi) tavuk başına, hayvan birimi başına (500 kg canlı vücut ağırlığı) ve 1 kilogram yumurta başına oluşan gaz emisyonlarını kümes iç ve dış ortamlarında sürekli olarak gözlemlemiştir. Gözlemler sonucunda  $NH_3$  emisyon miktarı tünekli alternatif kafes sisteminde kümes içerisinde 0,112 gr/tavuk/gün değer ile en yüksek değer ölçülürken,  $CH_4$  emisyonları ise her sistemde benzer ve küçük değerler (0,07-0,08 gr/tavuk/gün) çıkmıştır. Gübre depolarından açığa çıkan  $NH_3$  emisyonlarının, çiftlik içerisindeki emisyonların %60-70’ini oluşturduğu belirlenmiştir.

Ibidhi ve ark. (2017), Tunus'ta gerçekleştirdikleri bir çalışmada farklı sistemlerdeki koyun ve tavuk işletmelerinde 1 kg et üretimi için doğal kaynak kullanımı ve sera gazı emisyonları için su, toprak ve karbon ayak izi hesaplamıştır. Yapılan çalışmaya göre 1 kg tavuk etinin üretimi için oluşan karbon ayak izini 3 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak belirlemişler ve tavuk etinin karbon ayak izinin koyunun karbon ayak izinden daha küçük olduğunu belirtmişlerdir.

#### **2.4. Su Ayak İzi**

Dünya'nın  $\frac{3}{4}$ 'ü sular ile kaplıdır. Toplam suyun %97,5'lik dilimini okyanuslardaki tuzlu sular oluştururken, kalan %2,5'lik kısmının ise yalnızca %0,5'ini içilebilir su oluşturmaktadır. Tatlı suyun %90'dan fazlası kutuplarda ya da yeraltı kaynaklarında bulunmaktadır. Küresel ısınmanın artması ile süregelen iklim değişikliği, su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Sanayileşmenin artmasıyla su tüketimine olan talebin artması ve sera gazı emisyonlarının ciddi boyutlara ulaşarak iklim değişikliğini tetiklemesi su kaynaklarının hızla azalmasına, kirlenmesine ve zamanla yok olmasına neden olmaktadır (Anonim 2012b, Turan 2017 ).

Her sektörde su kullanımının önemli bir yeri bulunurken tarımsal faaliyetler için bu oran çok daha önemli bir paya sahiptir. Küresel su kıtlığı ve gıda güvenliği konusundaki endişeler kapsamında su ayak izi, tarım ve gıda sektörleri için önemli bir sürdürülebilirlik göstergesi olarak ortaya çıkmaktadır (Ridoutt ve ark. 2010). Su ayak izi kavramı 2002 yılında UNESCO-IHE Araştırma Enstitüsü'nde çalışırken Arjen Hoekstra tarafından geliştirilmiştir. Twente Üniversitesi, Su Yönetimi Bölümü'nde Profesör olan Arjen Hoekstra, su yönetimi, tüketimi ve ticareti arasındaki ilişkileri inceleyen disiplinlerarası araştırma alanı Su Ayak İzi Ağı (WFN)'ni 2008 yılında kurmuştur.

Su ayak izi ile ilgili yapılmış birçok tanım bulunmaktadır. Genel olarak su ayak izi, ürünlerin veya hizmetlerin gerçekleştirilmesinde tüketilen su miktarını ya da suyun neden olduğu kirliliğin boyutunu ölçmek için kullanılan bir terimdir. Hoekstra (2003) ve Gerbens-Leenes (2013) su ayak izini, tüketilen ürünler ile ilgili su kullanımının bir göstergesi olduğunu ve su ayak izi kapsamının su tüketimi ve su kirliliğinin değerlendirilmesiyle ortaya konulduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir tanımla, su ayak izi

insanlar tarafından kullanılan temiz su kullanımı ya da kullanılmış kirli suların bir ölçüsüdür (Anonim 2019c). Başka bir ifade ile su ayak izi; bireyin veya toplumun tükettiği malların ve hizmetlerin üretimi için kullanılan veya üreticinin mal ve hizmet üretimi için kullandığı toplam temiz su kaynaklarının miktarıdır (Anonim 2014).

Su ayak izi, su kullanımını hem doğrudan hem de dolaylı şekilde mercek altına almaktadır. Su ayak izi suyun kullanım türlerine ve kalitesine göre üç ayrı başlıkta incelenebilmektedir. Bunlar; yeşil su ayak izi, mavi su ayak izi ve gri su ayak izidir:

- Yeşil su ayak izi; bir ürünün ya da hizmetin yaşam döngüsü boyunca kullanılan yağmur suyu miktarıdır. Yağış miktarı, yeşil su arzını ve talebini etkilediği için, bir bölgenin yeşil su gereksinimi değerlendirilirken iklim değişikliği ve değişkenliği göz önünde bulundurulmalıdır (Anonim 2014).
- Mavi su ayak izi; bir ürünün üretimi ya da hizmetin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan su tüketiminin yüzey ve yer altı tatlı su kaynaklarından kullanılan su miktarının ölçüsüdür (Anonim 2014).
- Gri su ayak izi; tatlı su kaynaklarında kirliliğe yönelik bir göstergedir. Üretim faaliyetleri sonucunda doğrudan ya da dolaylı bir biçimde su kaynaklarına kirleticilerin bulaşması sonucu kirli sudaki kirleticilerin bertarafı ya da azaltılması için gerekli olan tatlı su miktarıdır (Anonim 2014).

Küresel temiz su ayak izinin %92'sini tarımsal üretim oluşturmaktadır Tarımsal üretiminin toplam su ayak izinin yaklaşık üçte birini hayvansal üretimden kaynaklanan su ayak izi oluşturmaktadır (Hoekstra ve Mekonnen 2012). Hayvan üretiminde su ihtiyacının çok olması hayvanların içme ve temizlik için kullanılan su miktarından ziyade, yemlerinin üretimi için gerekli olan su ihtiyacından kaynaklanmaktadır. ISO su ayak izinin tanımlanması ve değerlendirilmesi amacıyla uluslararası bir standart geliştirmiştir. ISO 14046 başlıklı standartta; yerel, bölgesel ve küresel düzeylerde temiz su ayak izini değerlendirmek ve raporlamak konusundaki ilkeleri, gereklilikleri ve kılavuzları tanımlamıştır (ISO 2014).

Su kısıtı olan ülkeler arasında bulunan Türkiye, ayrıca gerçekleştirdiği hayvansal ve bitkisel üretimler ile bir tarım ülkesi sayılmaktadır. Bu durum su varlığının Türkiye için daha da stratejik bir konu haline getirmektedir. Bu nedenle su ayak izi değerlendirmesi ile su tüketiminin ve kirliliğin ölçüsünün belirlenmesi gelecek için su kaynaklarının korunmasına yönelik doğru tedbirlerin alınmasına öncelik edecek ve yol gösterici olacaktır. Fakat henüz Türkiye’de su ayak izi konusu üzerine önemle durulmamış ve yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır. Yabancı literatürde ise tarımsal sektörde hayvancılık üretimlerinde su ayak izi üzerine yapılmış bazı çalışmalar yer almaktadır.

Ridoutt ve ark. (2011), Güney Avustralya’da altı farklı sığır eti üretim sistemlerinde karbon ayak izi ve su ayak izlerini hesaplamışlardır. Beşikten çiftlik kapısına kadar olan süreçler incelendiğinde işletmelerin ayak izleri canlı ağırlık başına 10,1-12,7 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik/kg olarak karbon ayak izi ve 3,3-221 L H<sub>2</sub>O eşdeğerlik/kg su ayak izine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mekonnen ve Hoekstra (2012), yaptıkları bir çalışmada farklı üretim sistemlerini dikkate alarak farklı ülkelerde (Çin, Hindistan, Hollanda ve Amerika Birleşik Devletleri) farklı hayvansal ürünlerin (sığır eti, koyun eti, keçi eti, domuz eti, tavuk eti, yumurta, süt, tereyağı, süttozu, peynir ve deri) yeşil, mavi ve gri su ayak izlerini hesaplamışlardır. Seçilmiş ülkelerin ağırlıklı ortalamalarına bakıldığında et üretimleri değerlendirildiğinde toplamda en düşük su ayak izi değeri 4,325 m<sup>3</sup>/ton ile tavuk eti üretiminden elde edilirken en yüksek su ayak izi değeri ise 15,415 m<sup>3</sup>/ton ile sığır eti üretiminden elde edilmiştir.

Gerbens-Leenes ve ark. (2013) yaptıkları bir çalışmada, kümes hayvanları, domuz ve sığır çiftliklerinde su ayak izini incelemişlerdir. Su ayak izinin en fazla oluştuğu sürecin yem üretimi olduğunu ve bu sürecin yem dönüşüm oranı, yem bileşimi ve yemin cinsine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak kümes hayvanlarının oluşturduğu su ayak izi, domuz eti ve sığır eti üretiminden daha küçük bir değere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. En fazla su ayak izi ise sığır üretiminden gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

Krauß ve ark. (2015), Almanya’da yaptıkları bir çalışmada su verimliliğini ölçmek amacıyla dört farklı broyler besi sisteminde yem üretimi, içme suyu, temizlik ve

yerleşim sıklığı için kullanılan su kullanımlarını incelemişlerdir. Tüm besi sistemlerinde toplam su kullanımının % 90-93'ünün yem üretiminden kaynaklanmaktadır. Damızlık tavuklar için su kullanımı %7-10 ve içme suyu ile temizleme suyu kullanımı ise % 1'den az bir pay oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Tüm besi sistemleri için su verimliliği değerleri; m<sup>3</sup> su girdisi başına 0,5 kg karkas ağırlığı, 2,8 MJ enerji ve 57 gr protein oluştuğu ortaya konulmuştur.

## **2.5. Broiler Kümeslerinden Kaynaklanan Kirleticiler**

Hayvancılık sektörü yerel üretimden küresel ölçekli üretimlere kadar her kapsamda su ekosistemi, toprak ekosistemi ve atmosfer üzerinde oluşturduğu çevresel etkiler ile önemli kirletici kaynaklardan biridir.

Broiler yetiştiriciliğinde özellikle entansif işletmelerde üretim için gerekli birçok faktör bulunmaktadır. Yem, mekanizasyon, elektrik ve su, ısıtma ve soğutma sistemleri ile havalandırma sistemi gibi faaliyetler üretim sürecindeki girdileri oluşturmaktadır. Üretim sonucu istenilen ürün, yan ürün ve atıklar üretim sürecinin çıktılarını oluşturmaktadır. Tavuk eti üretiminin yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirilecek her faaliyet ve oluşacak ürün ve atıklardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının küresel ısınma üzerine olumsuz etkisi olacaktır (Da Silva ve ark. 2014, González-García 2014, Leinonen 2014 ).

Hayvancılık işletmelerinde hayvanlar, yem, gübre ve barınak iç ortamında bulunan altlık materyali, ısıtma sistemleri gibi etmenlerden açığa çıkan karbon, azot, fosfor, uçucu partiküller ve mikroorganizmalar çevre ayak izinin potansiyel kaynaklarını oluşturmaktadır (Xin ve ark. 2011).

Birçok hayvan yetiştiriciliğinde olduğu gibi broiler tavukçuluğunda da etin üretim aşamalarında, en önemli emisyon miktarının ortaya çıktığı süreci yem üretimi oluşturmaktadır. Genellikle yemler arpa, buğday, mısır, soya küspesi, soya fasulyesi gibi bitkilerden elde edilmektedir ve içeriğinde çeşitli vitamin ve mineraller bulunmaktadır. Yem üretimi boyunca kullanılan su, makine kullanımında tüketilen dizel yakıt, gübre ve pestisit kullanımları bu süreçteki emisyon kaynaklarını oluşturmaktadır. Yem üretim sürecinde su ve alan kullanımı kaynak tüketiminde en önemli etmenleri



oluşturmaktadır. Hasat için kullanılan mekanizasyonda tüketilen dizel yakıt, bitki gelişiminde doğal ve kimyasal gübre kullanımı ve istenmeyen yabancı ot ve haşeratin yok edilmesinde pestisit kullanılması CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> ve uçucu organik bileşikler(VOC)'in atmosfere olan emisyonlarını artırmaktadır.

Üretim periyodu boyunca sürekli olarak açığa çıkan ve kümes içerisindeki en önemli emisyon kaynağı anaerobik fermantasyon ve gübredir. Gübrenin kümes içerisinde oluşması, depolanması ve araziye uygulanması ile açığa çıkan NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O ve az miktarda CH<sub>4</sub> emisyonları doğrudan gaz emisyon kaynaklarını oluşturmaktadır (Leinonen ve ark. 2014). Kümes hayvanları az miktarda mikrobiyal fermentasyonun meydana geldiği basit yapıya sahip ruminant olmayan hayvanlardır (Dunkley ve ark. 2015). Ruminant sisteme sahip hayvanlar anaerobik fermantasyon gerçekleştirirler ve bunun sonucunda ortama CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O gaz emisyonları yayarlar. Kanatlı hayvanların ise basit mideli sindirim sistemine sahip olmalarından dolayı ruminant olan hayvanlara kıyasla daha az etkileri bulunsa da sera gazı emisyon kaynağı olarak sayılmaktadırlar. Vergé ve ark. (2009), kanatlı hayvanların sindirim sistemlerinde enterik fermantasyonu ruminant hayvanlarda gerçekleşen fermantasyon miktarı kadar kayda değer oranda olmamasından dolayı kanatlı sektörde CH<sub>4</sub> kaynağını yalnızca gübrenin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Broyler tavukçuluğunda kümes ortamında çalıştırılan yem dağıtma sistemleri, gübre bantları, otomatik yemlik ve suluklar, havalandırma ve aydınlatma sistemleri gibi tavuklar için daha iyi iç ortam koşulunu oluşturmak amacıyla çeşitli alet, donanım ve sistemler kullanılmaktadır. Bunların kullanımı elektrik tüketimi ile gerçekleşmektedir ve bunun sonucunda CO<sub>2</sub> emisyonları açığa çıkmaktadır. Tavuklar vücut ısı olarak hassas hayvanlardır ve kış mevsiminde çeşitli ısıtma yöntemleri kullanılarak ısıtma yapılmaktadır. Üretim sonucunda ölü tavukların ortaya çıkması durumunda bunların yakıldığı yakma fırınları bulunmaktadır. Bu faaliyetler ile yakılma işlemi sonucu CO<sub>2</sub>, CO ve SO<sub>2</sub> gaz emisyonları açığa çıkmaktadır.

## 2.6. Çevresel Sürdürülebilirlik

Günümüz dünyasında her geçen gün nüfus artmaktadır ve bununla birlikte yükselen yaşam standartlarıyla ihtiyaçların artması tüketici bir toplumu beraberinde getirmektedir. İnsanların başta gıda ihtiyacı olmak üzere sağlık, ulaşım, iletişim, giyim vb. gibi birçok yaşamsal ihtiyacı vardır. Sağlıklı bir insanın günlük olarak alması gereken protein miktarının önemli bir kısmını hayvansal proteinler oluşturmaktadır. Hem dünya genelinde hem de ülkemizde tüketimi fazla olan tavuk eti önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Oluşan fazla talebin karşılanabilmesi için endüstrileşme ve entansifleşme yaygınlık kazanmıştır. Tavuk etine olan talep artışının karşılanabilmesi için entansif işletmecilik ile üretim miktarının artması, ortaya çıkan atık miktarının da o ölçüde büyük olmasına neden olmaktadır. Oluşan atıklar ve açığa çıkan gaz emisyonları çevre üzerinde zamanla kümülatif etkiler oluşturmakta, çevreyi tahrip etmekte ve ciddi hasarlar vermektedir. Zamanla çevre üzerinde geri döndürülemez tahribatların oluşmaması ve gelecek nesil için kaynakların yok olmaması ve korunması için çevresel sürdürülebilirlik üzerinde durulması gereken önemli bir konudur (Hellstrand 2013).

Sürdürülebilirlik kelime anlamı olarak; var olan kaynakların günümüz ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesil için de devamlılığını ve üretkenliğini sağlayabilmektir. Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından 1987 yılında yayınlanan 'Ortak Geleceğimiz' adlı raporda sürdürülebilir kalkınmayı sürdürülebilirlik kavramı ile açıklamıştır. Bu raporda, insanlığın gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeden günümüz insanının ihtiyaçlarını karşılayarak sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilebileceği belirtilmektedir. Bütüncül bir sürdürülebilir kalkınma; ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasıyla gerçekleşebilmektedir ve bunun temelini de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi oluşturmaktadır. Çünkü çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması beraberinde ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında aktif rol oynayacak, sürdürülebilir kalkınmanın da alt yapısını oluşturacaktır (UN 1987).

Çevresel sürdürülebilirlik; çevresel ortam ile doğadaki kaynakların hem bugünün ihtiyaçlarını karşılayarak hem de gelecek nesil için en az günümüz düzeyiyle korunarak ve temiz bir şekilde daimi olarak kullanılmasının sağlanmasıdır. Entansif işletmelerdeki

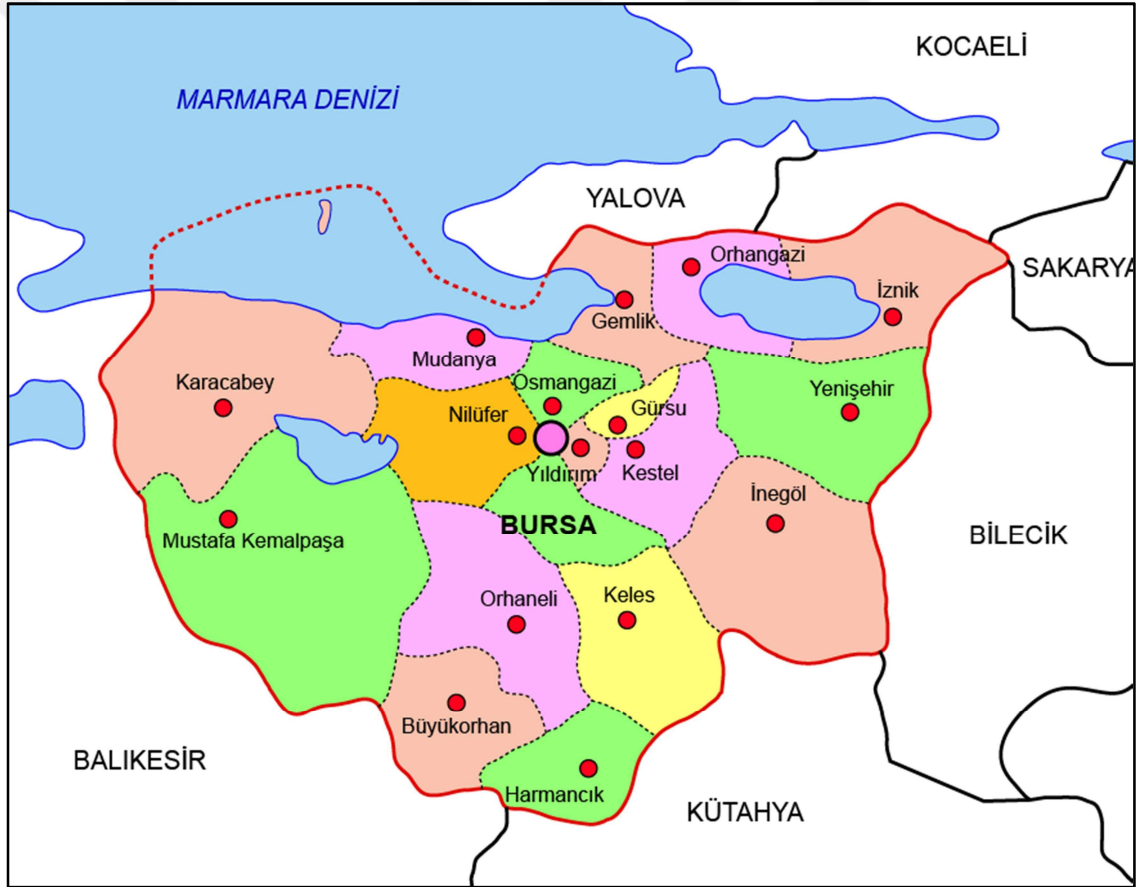
Üretim potansiyelinin fazla olmasıyla oluşan yoğun atık miktarı hem işletmenin üretimdeki devamlılığının sağlanması açısından hem de doğal ortamda oluşturacağı etkiler açısından sorun oluşurmaktadır. Oluşan atıkların evre üzerinde gösterdiği etkiler onarılamaz boyuta gelmeden değerlendirilmeli ve önlem alınmalıdır. Çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi; atıkların zararlarının azaltılması, değerlendirilmesi veya kontrol altına alınması, kaynakların korunması ve temiz şekilde kullanımının sağlanmasının yanı sıra üretimde devamlılığı sağlamak açısından şirketler ve kurumlar için de ayrıca önemli hale gelmiştir (Toprak 2006, Akgl 2010).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada; Bursa'da faaliyet gösteren üç adet broyler işletmesi, çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

Araştırmanın yapıldığı Bursa ili, 40° boylam ve 28°- 30° enlem daireleri arasında Türkiye'nin kuzeybatısında ve Marmara Denizi'nin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.1). Toplamda 11 027 km<sup>2</sup>'lik alana sahip olan Bursa ilinin %17'sini ovalar oluşturmaktadır. Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, Yenişehir, Orhangazi, Orhaneli, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Kestel, Keles, Karacabey, İznik, İnegöl, Harmancık, Gürsu, Gemlik ve Büyükorhan olmak üzere 17 ilçesi bulunmaktadır (Anonim 2018).



Şekil 3.1. Bursa haritası

Denizden yükseklik seviyesi 155 metre olan Bursa ili, Marmara ve Ege bölgeleri arasında yer aldığından dolayı iklimi karmaşık bir yapı göstermektedir. Kuzey kesiminde Akdeniz ikliminin Marmara kıyılarına özgü çeşidi etkili olurken, güney ve iç

kesimlerde iç batı Anadolu'nun karasal iklimi görülmektedir (Anonim 2019d). Bursa'da 1928-2018 yılları periyodunca görülen yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 20,3° iken, ortalama en düşük sıcaklık 9,1° olarak ölçülmüştür. Yine aynı dönem boyunca yıllık düşen ortalama yağış miktarı 707,6 mm ve ortalama güneşlenme süresi 75,4 saattir (MGM 2019).

Hayvancılık sektöründe gelişen tekniklerin uygulanmasıyla öne çıkan Bursa'da büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık, kanatlı yetiştiriciliği, ipek böcekçiliği ve arıcılık gibi çeşitli hayvanların yetiştiriciliği yapılmaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinin yapılmasının yanında Bursa sanayisinin de gelişmiş olması ve hayvan ürünlerinin sanayide yer bulması, hayvancılık sektörünün önemli bir gelir kaynağı olmasını sağlamaktadır.

Türkiye'de kanatlı eti sektörünün gıda sektörü içinde AB ile rekabete girebilecek birkaç alt sektörden biri olması, sektörün geniş işgücü istihdamı oluşturması ve en iyi örgütlenmiş gıda alt sektörlerinden biri olması, kanatlı eti sektörünün Türkiye için önemini ortaya koymaktadır (Keskin ve Demirbaş 2012). TÜİK verilerine göre ülkemizde tavuk eti üretimi 2018 yılında 2017 yılına oranla %0,9 büyüyerek 2 156 669 ton gerçekleştirilmiştir (TÜİK 2019).

Türkiye'deki gelişmelerle birlikte Bursa ilindeki broyler işletme sayısı da artış göstermiştir. Entansifleşen işletmeler üretim kapasitelerini artırmış; daha kaliteli, modern ve sistematik bir üretim zinciri elde edilmeye başlanmıştır. Bursa'daki broyler sayısının ilçelere göre dağılımları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Bursa ilçelerinin broyler varlığı (TÜİK 2018b)

İlçeler	Broyler (adet)
Büyükorhan	0
Gemlik	0
Gürsu	0
Harmancık	0
İnegöl	484 690
İzmit	298 000
Karacabey	1 289 451
Keles	0
Kestel	42 000
Mudanya	0
Mustafakemalpaşa	1 171 634
Nilüfer	92 790
Orhaneli	0
Orhangazi	77 500
Osmangazi	0
Yenişehir	1 238 512
Yıldırım	0
<b>Toplam</b>	<b>4 694 577</b>

### 3.1. İncelenen Broyler Kümesleri

Kılıç (2011), hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı Bursa ilinin Nilüfer ilçesine bağlı Akçalar (Kümes 1) ve Görükle Mahalleleri (Kümes 3) ile Karacabey ilçesine bağlı Gökıy Mahallesi (Kümes 2)'nde bulunan kümeslerde incelemelerde bulunmuştur. İşletmeler ile ilgili veriler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Tüm işletmelerde altlık materyali olarak çeltik kavuzu kullanılmaktadır ve ülke çapında satış yapan bir tavuk eti markası için sözleşmeli üretim gerçekleştirmektedir.

**Çizelge 3.2.** İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri (Kılıç 2011)

Kümesler	İşletme Yeri	Yetiştiricilik Sistemi	Kapasite	Havalandırma Sistemi	Gübre Temizleme	Bina Yönü
K1	Akçalar	Altlıklı Sistem	10000	Mekanik	Altlık+Gübre	Kuzey-Doğu
K2	Gökıy	Altlıklı Sistem	12000	Mekanik+Doğal	Altlık+Gübre	Kuzey-Doğu
K3	Görükle	Altlıklı Sistem	24000	Mekanik	Altlık+Gübre	Doğu-Batı

K1'de mekanik havalandırma sisteminde 150 cm çapında 4 adet fan, K2'de 120 cm çapında 5 adet ve K3'de ise bir adet 200 cm çapındaki havalandırma fanı

kullanılmaktadır. Yaz döneminde K1 ve K3'te iç ortam sıcaklığını azaltmak için havalandırma dışında soğutma pedleri de kullanılmaktadır. İncelenen kümeslere ilişkin boyutsal özellikler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** İncelenen kümeslerin boyutsal özellikleri

Kümesler	En (m)	Boy (m)	Duvar Yüksekliği (m)
K1	12	34,3	2,45
K2	12,5	100	2,9
K3	14,4	27,7	2,7

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Karbon Ayak İzinin Hesaplanması

Broyler sektörünün neden olduğu çevresel etkilerin oluşumunda önemli rol oynayan konular: üretim performansları (besleme, yem dönüşüm oranı, canlı ağırlığı, ölüm oranı), gübre yönetimi, enerji tüketimi ve birim alandaki yerleşim yoğunluğudur (Bengtsson ve Seddon 2013; Da Silva ve ark., 2014; Leinonen ve ark., 2014). İşletmeler içerisinde gerçekleştirilen üretim ve işletim yönetimi faaliyetlerinden kaynaklanan gaz emisyonları küresel ısınma üzerine etki etmektedir. Yapılan çalışmada bu faaliyetlerden oluşan sera gazlarının küresel ısınma üzerine oluşturduğu etki karbon ayak izi ile belirlenmiştir. Broyler kümeslerinden kaynaklanan en önemli gaz emisyonlarını  $N_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$  ve  $CO_2$  oluşturmaktadır. Fakat  $NH_3$  sera gazı olmadığından dolayı karbon ayak izinin tahminlenmesine dâhil edilmemiştir. Karbon ayak izinin hesaplanmasında  $N_2O$  ile  $CH_4$  gazlarının  $CO_2$  cinsinden eşdeğerlikleri belirlenmektedir. Bu çalışmada karbon ayak izinin belirlenmesi üç farklı yöntem ile gerçekleştirilmiştir:

- **Gerçek Zamanlı Gaz Konsantrasyonu Verileri ile Hesaplama**

Karbon ayak izinin gaz konsantrasyon ölçüm verileri ile hesaplanması yönteminde incelenen işletmelerde ölçülen gaz konsantrasyonlarından yararlanılmıştır. Çalışmada, Kılıç (2011) tarafından Aralık 2008 ve Ağustos 2009 tarihlerinde  $CO_2$  ve  $CH_4$  gaz konsantrasyon değerleri kış ve yaz mevsimleri boyunca 24 saat sürekli olarak üç adet broyler işletmesinde çoklu gaz analizörü (Model: İbrid MX6, Industrial Scientific Corporation, ABD) ile ölçülmüştür. Ölçülen sera gazları konsantrasyon değerleri

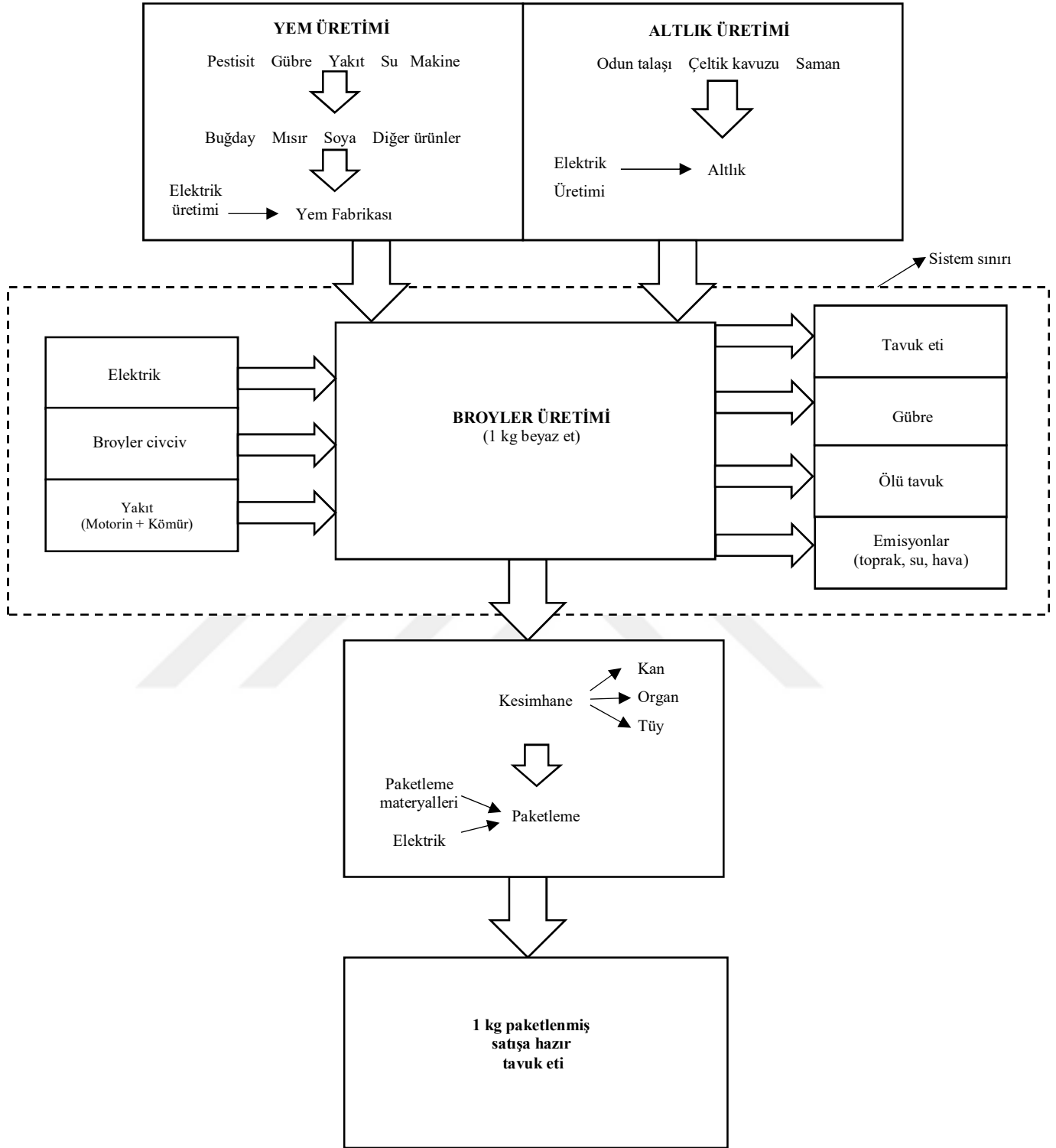
kullanılarak emisyon hesabı gerçekleştirilmiştir (Hinz ve Linke 1998). N<sub>2</sub>O için ölçüm cihazı bulunmadığından emisyon değerleri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Burns ve ark. 2008).

### **Çalışmanın Sistem Sınırı**

Bu yöntemde çalışmanın sistem sınırları, tavuğun işletmeye girmesinden tavuk etinin çiftlik kapısından çıkmasına kadarki ilaç tüketimi dışında tüm faaliyetler olarak belirlenmiştir. İşletmedeki elektrik kullanımı, çiftlik yakıtı, yem takviyeleri girdileri oluştururken; tavuk eti, gübre ve diğer yan ürünler çıktıları oluşturmaktadır. Şekil 3.2’de beyaz et üretiminin yaşam döngüsü sistem sınırları belirtilmiştir. Bu çalışmada sistem sınırları barınak iç ortamı (Şekil 3.2’de kesik çizgi ile belirtilen kısım) olarak belirlenmiştir.

Karbon ayak izinin hesaplanması bu yöntem ile gerçekleştirilirken kümeslerden ortaya çıkan emisyonlar; üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar ve üretimden olan emisyonlar olmak üzere iki grupta incelenmiştir.





Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırları

### *Üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar*

Broyler işletmelerindeki emisyonların çoğunluğunu üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen broyler işletmelerinde üretime yardımcı sistemlerden olan emisyon kaynaklarını; havalandırma, soğutma, aydınlatma ve elektrik ile yakıt tüketiminden (dizel yakıt + kömür) kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır. Çalışma kapsamındaki broyler kümeslerinde havalandırma mekanik yolla sağlanmaktadır ve yaz aylarında soğutma pedleri ile soğutma gerçekleştirilmektedir. Genel olarak gündüzleri pencere ile akşamları ise lambalar ile aydınlatma yapılmaktadır. İncelenen işletmelerdeki aydınlatma planına göre 16 saat aydınlatma yapılmaktadır. Karbon ayak izinin tahminlenmesinde elektrik emisyon faktörü 0,40 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik kw/h (Jacobsen ve ark. 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 3.4).

Kümeslerin ısıtılmasında ve ölmüş hayvanların imhası için kullanılan yakma fırınlarında kömür kullanılmaktadır. Kömürün yakılmasıyla açığa çıkan emisyon faktörü 2,86 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik/kg (EİA 1994) ve dizel yakıt olarak kullanılan motorinin emisyon faktörü ise 2,66 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik/kg (Jacobsen ve ark. 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 3.4). Ayrıca kümes iç ortamında çeşitli amaçlarla kullanılan çiftlik ekipmanları için yararlanılan dizel yakıt kullanımından emisyonlar da ortaya çıkmaktadır.

**Çizelge 3.4.** Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt için emisyon faktörleri (Jacobsen ve ark. 2014, EİA 1994)

<b>Kaynak</b>	<b>Katsayı</b>	<b>Birim</b>
Elektrik	0,40	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği kW/saat
Motorin	2,66	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği/kg
Kömür	2,86	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği/kg

### *Üretimden olan emisyonlar*

İncelenen broyler işletmelerinden açığa çıkan gübre ve altlık materyalinden oluşan emisyonlar bu gruba girmektedir. Üretimden olan emisyonlar için gazların konsantrasyon ölçüm verileri ile karbon ayak izinin hesaplanmasında CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerlikleri IPCC'nin belirlemiş olduğu değerlerden alınmıştır (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3.5.** CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerlikleri

Parametre	Emisyon Faktörü (kg CO <sub>2</sub> eşdeğeri)	Kaynak
CH <sub>4</sub>	25	(IPCC 2006b)
N <sub>2</sub> O	298	(IPCC 2006b)

- **Tier-1 Yaklaşımı ile Hesaplama**

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli; insan faaliyetlerinden kaynaklanan iklim değişikliğinin etkilerini, risklerini ve alınması gereken önlem ve kısıtlamaların görüşüldüğü uluslararası bir platformdur. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli ülkelere ve bölgelere göre sera gazı envanterlerini farklı kategorilere göre açıklamaktadır. Karbon ayak izi Tier-1 yöntemi ile belirlenmesinde, işletme özellikleri için IPCC'nin sunmuş olduğu bilgilerden yararlanılmıştır. İşletmelerin gübre uygulamaları, ülkenin iklim koşulları ve bölgesel koşullar dikkate alınarak gübre yönetiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon faktörleri dikkate alınmıştır.

Buna göre emisyonların belirlenmesinde bölgesel özellik olarak Bursa'nın sıcaklığı 15°C'den küçük olduğu (ortalama 14,6°C) ve işletmede uygulanan gübre işletim yönetimi olarak kuru gübrenin depolandığı göz önüne alınmıştır. Emisyonların hesaplanmasında kullanılan çeşitli parametrelerin seçiminde, kanatlı sektörünün Avrupa ile yarışabilecek düzeyde olması ve gübre yönetim sistemlerinin de benzerlik göstermesi nedeniyle Türkiye Doğu Avrupa ülkesi olarak değerlendirilmiştir. Gübre yönetiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> gazı emisyonları ve N<sub>2</sub>O gazı emisyonları için kullanılan Tier denklemleri ile farklı başlıklarda hesaplanmıştır. Karbondioksit emisyonu için Tier yöntemi ve emisyon faktörü bulunmadığından dolayı, bu emisyonun hesaplanmasında farklı bir çalışmadan yararlanılmıştır.

Gübre yönetiminden kaynaklanan N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> emisyonlarının hesaplanması için kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir:

#### *N<sub>2</sub>O Emisyon Denklemleri*

IPCC tarafından belirtilen N<sub>2</sub>O emisyon hesabı, doğrudan ve dolaylı emisyonlar olmak üzere iki ayrı aşamadan oluşmaktadır. Bu emisyonun hesaplanması için gerekli olan

azot atılım oranı, bölgelere ve çeşitli hayvan kategorilerine göre verilmiştir. Çalışma bölgesi IPCC 2006 kılavuzunda Doğu Avrupa uygun bölge olarak kabul edilmiş ve broyler için uygun değerler ele alınmıştır (IPCC 2006a). Çizelge 3.6’te bazı kümes hayvanları için azot atılım oranları verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Bazı kümes hayvanları için azot atılım oranları

Hayvan Kategorisi	Azot Atılım Oranları (kg N / (1000 kg hayvan ağırlığı).gün)
Broyler	1,10
Yarka	0,60
Yumurta tavuğu	0,82
Diğer tavuklar	0,82
Ördek	0,83
Hindi	0,74

İşletmelerin gübre yönetiminden kaynaklanan doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonlarının hesaplaması için 3.1 ve 3.2 eşitlikleri kullanılmıştır (IPCC 2006a).

$$N_{2O_D} = [ \sum [ \sum ( N_{(T)} \times N_{ex(T)} \times MS_{(T,S)} ) ] \times EF_{3(S)} ] \times (44/28) \quad (3.1)$$

N<sub>2O<sub>D</sub></sub>: Doğrudan diazot monoksit (N<sub>2</sub>O) emisyon miktarı (kg N<sub>2</sub>O/yıl)

S: Gübre yönetim sistemi

T: Hayvan türü/kategorisi

N<sub>(T)</sub>: İşletmedeki hayvan sayısı

N<sub>ex(T)</sub>: Hayvan başına yıllık ortalama azot atılım miktarı (kg N/baş.yıl)

MS<sub>(T,S)</sub>: Her bir hayvan türüne göre farklılık gösteren gübre yönetim sistemindeki yıllık toplam azot atılımı fraksiyonu (Yapılan çalışmada gübre yönetim sistemi olarak yalnızca kuru depolama yöntemi seçilmiştir.)

EF<sub>3(S)</sub>: Doğrudan N<sub>2</sub>O Emisyonları için Emisyon Faktörü (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N)(Bu değer IPCC 2006 kılavuzunda altlıklı broyler için belirtilen 0,001 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N değeri alınmıştır.) (Çizelge 3.7)

44/28: (N<sub>2</sub>O-N) emisyonlarının N<sub>2</sub>O emisyonlarına dönüşüm sabiti

Eşitlik 3.1’de gerekli olan hayvan başına oluşan yıllık azot atılım miktarı Eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır.

$$N_{ex(T)} = N_{oran(T)} \times (TAM/1000) \times 365 \quad (3.2)$$

$N_{oran(T)}$ : Varsayılan azot atılım oranı (kg N/[1000 kg hayvan ağırlığı].gün]) (Çizelge 3.6'den 1,10 kg N/1000 kg hayvan ağırlığı.gün] değeri ele alınmıştır.)

TAM: Hayvan ağırlığı (kg/hayvan)

**Çizelge 3.7.** Gübre yönetiminden doğrudan olan  $N_2O$  emisyonları için emisyon faktörleri (kümes hayvanları için (IPCC 2006a) )

Sistem	Tanım	EF <sub>3</sub> (kg $N_2O$ -N/kg N)
Altlıklı kanatlı gübresi	Derin altlıklı sistemlere benzemektedir. Tüm damızlık kümes hayvanları yetiştiriciliği ve broyler ile diğer kümes hayvanlarının et üretimi için kullanılmaktadır.	0,001
Altlıksız kanatlı gübresi	Kapalı kümeslerde açık çukurlarda biriktirilir ya da gübre kurudukça yönetilebilir. İkincisi yüksek katlı gübre yönetim sistemi ve uygun şekilde tasarlanıp çalıştırıldığında gübrelerin sıra sıra yığıldığı yöntemdir.	0,001

İşletmelerden kaynaklanan dolaylı  $N_2O$  emisyonları aşağıda verilen 3.3 ve 3.4 eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

$$N_{2O_{DL}} = (N_{uçuculuk-MMS} \times EF_4) \times (44/28) \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$N_{2O_{DL}}$ : Dolaylı diazot monoksit ( $N_2O$ ) emisyon miktarı (kg  $N_2O$ /yıl)

EF<sub>4</sub>: Topraklarda ve su yüzeylerinde depolanan atmosferik azottan oluşan  $N_2O$  emisyonları için emisyon faktörü (kg  $N_2O$ -N/kg  $NH_3$ -N+ $NO_x$ -N uçucu) (Bu değer IPCC 2006 kılavuzu Bölüm 11, Tablo 11-3'te verilen 0.01 kg  $N_2O$ -N/kg  $NH_3$ -N+ $NO_x$ -N uçucu değeri kullanılmıştır)

44/28: ( $N_2O$ -N)<sub>(mm)</sub> emisyonlarının  $N_2O$ <sub>(mm)</sub> emisyonlarına dönüşüm sabiti

$N_{uçuculuk-MMS}$ :  $NH_3$  ve  $NO_x$  gazlarının uçucu olmaları nedeniyle kayıp olan gübre azotu miktarı (kg N/yıl)

Eşitlik 3.3'te bulunan  $NH_3$  ve  $NO_x$  gazlarının uçucu olmaları nedeniyle kayıp olan gübre azotu miktarı Eşitlik 3.4 ile hesaplanmıştır.

$$N_{\text{u\u00e7uculuk-MMS}} = \left[ \sum \left[ \sum (N_{(T)} \times N_{\text{ex}(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times \left( \text{Fraksiyon}_{\text{GazMS}} / 100 \right)_{(T,S)} \right] \quad (3.4)$$

E\u015ftlikte;

Fraksiyon<sub>GazMS</sub>: G\u00fcbre y\u00f6netim sisteminde NH<sub>3</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarının u\u00e7uculuklarına ba\u011fl\u0131 olarak hayvan kategorisine g\u00f6re y\u00f6netilen azot g\u00fcbresinin y\u00fczdesi (%) (IPCC 2006 kılavuzunda altl\u0131kl\u0131 k\u00fcmes sistemleri i\u00e7in olan %40 de\u011feri ele alınm\u0131\u015ft\u0131r.)

N<sub>oran (T)</sub>: Varsayılan azot atılım oran\u0131 (kg N/(1000 kg hayvan a\u011fr\u0131l\u0131\u011f\u0131).g\u00fcn)

### *CH<sub>4</sub> Emisyon Denklemleri*

Metan gaz\u0131 emisyonları, IPCC'nin belirledi\u011fi y\u00f6nteme g\u00f6re enterik fermantasyon ve g\u00fcbre y\u00f6netiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyon hesaplamalarını kapsamaktadır. Fakat k\u00fcmes hayvanları ruminant hayvanlar olmad\u0131\u011f\u0131ndan dolayı, ger\u00e7ekle\u015ftirilen enterik fermantasyon yok denecek kadar azdır. Bu nedenle IPCC, k\u00fcmes hayvanları i\u00e7in enterik fermantasyondan olu\u015fan CH<sub>4</sub> hesaplamasını g\u00f6z ard\u0131 etmektedir. \u00c7alı\u015fmanın bu kısmında yalnızca g\u00fcbre y\u00f6netiminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonları hesaplanm\u0131\u015ft\u0131r. Hesaplama i\u00e7in (3.5) e\u015ftli\u011fi kullanılm\u0131\u015ft\u0131r.

$$CH_{4\text{G\u00fcbre}} = \sum (EF_T \times N_T) / 10^6 \quad (3.5)$$

E\u015ftlikte;

CH<sub>4G\u00fcbre</sub>: G\u00fcbre y\u00f6netimi kaynaklı metan emisyonları (Gg CH<sub>4</sub>/yıl)

EF<sub>(T)</sub>: Emisyon fakt\u00f6r\u00fc (kg CH<sub>4</sub>/ba\u015f.yıl) (IPCC 2006 kılavuzunda belirtilen broyler i\u00e7in T\u00fcrkiye'nin geli\u015fen \u00fclke olması ve Bursa'nın ortalama sıcaklı\u011f\u0131 14,6°C [Meteoroloji Genel M\u00fcd\u00fcr l\u00fc\u011f\u00fc verilerine g\u00f6re] dikkate alınarak 0,01 kg CH<sub>4</sub>/ba\u015f.yıl de\u011feri ele alınm\u0131\u015ft\u0131r.) (\u00c7izelge 3.8)

N<sub>(T)</sub>: \u013\u015letmedeki hayvan kapasitesi

T: Hayvan t\u00fcr\u00fc/kategorisi

### *CO<sub>2</sub> Emisyonları*

Yapılan \u00e7alı\u015fmada broyler tavuklarının solunumundan ve altl\u0131klarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu i\u00e7in gerekli olan emisyon fakt\u00f6r\u00fc Calvet ve ark. (2011)'in yapm\u0131\u015f oldukları bir \u00e7alı\u015fmadan elde edilmi\u015ftir. Calvet ve ark. (2011) kesime gitmeden \u00f6nce bir tavu\u011fun (30-33 g\u00fcnl\u00fck) her metabolik kilogram a\u011fr\u0131l\u0131\u011f\u0131 ba\u015fına saatte CO<sub>2</sub> üretimini 2,60 litre oldu\u011funu bildirmektedirler. Buradan hareketle CO<sub>2</sub> emisyon hesab\u0131 yapılm\u0131\u015ft\u0131r.

**Çizelge 3.8.** Kümes hayvanları için sıcaklığa göre gübre yönetimi CH<sub>4</sub> emisyon faktörleri

	<b>Soğuk</b> (<15° C)	<b>Ilıman</b> (15-25° C)	<b>Sıcak</b> (>25° C)
<b>Gelişmiş ülkeler</b>			
Yumurtacı tavuk (kuru gübre)	0,03	0,03	0,03
Yumurtacı tavuk (ıslak gübre)	1,2	1,4	1,4
Broyler	0,02	0,02	0,02
Hindi	0,09	0,09	0,09
Ördek	0,02	0,03	0,03
<b>Gelişen ülkeler</b>			
	0,01	0,02	0,02

- **Yaşam Döngüsü Yaklaşımı ile Karbon Ayak İzi**

Bu yöntemde karbon ayak izinin belirlenmesi yaşam döngüsü yöntemi izlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, çalışmada belirlenen fonksiyonel birim üzerinden ürünün üretim sürecinin sistem sınırları dâhilinde üretimin her aşamasından oluşan sera gazı emisyonları kullanılmaktadır.

Bu yöntemin uygulanmasında CCaLC2 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, ürünün tedarik zinciri boyunca yaşam döngüsünden oluşan sera gazı emisyonlarının kolay ve hızlı bir şekilde sağlayan karbon ayak izi aracı CCaLC aracının ikinci ve güncel versiyonudur. Manchester Üniversitesi'nde Profesör Adisa Azapagic liderliğinde Sürdürülebilir Endüstriyel Sistem isimli araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. Yazılım ISO 14044 ve PAS 2050 tarafından tanımlanan uluslararası kabul görmüş yaşam döngüsü metodolojisini takip etmektedir. Yazılımda CCaLC veri tabanının sunulmasının yanı sıra dünyada en yaygın olarak kullanılan, en tutarlı ve kapsamlı veri tabanı olan Ecoinvent veri tabanını içermektedir. Ayrıca Ecoinvent veri tabanı asidifikasyon, ötrofikasyon, fotokimyasal oksidasyon, ozon incelmeleri ve insan zehirlenme potansiyeli gibi diğer çevresel etkilerin de tahminlenmesini sağlamaktadır.

### 3.2.2. Su Ayak İzinin Hesaplanması

İşletmelerin su ayak izleri CCaLC2 bilgisayar yazılımı ile ortaya konulmuştur. CCaLC2 yazılımı karbon ayak izinin belirlenmesinin yanı sıra farklı ülkelerdeki su kıtlığına dikkat çekmek için su ayak izi hesaplamalarını da içermektedir. Bu çalışmada da kümes içerisinde tüketilen su miktarları işletmelerin su faturalarından yararlanılarak fonksiyonel birim ve işletmeler başına su ayak izi hesaplanmıştır.

### 3.2.3. Çevresel Sürdürülebilirliğin Hesaplanması

Çalışmanın en kapsayıcı amacı; işletmelerin çevresel sürdürülebilirliklerini değerlendirmektir. Çeşitli nedenler ile tavuk eti üretiminin artışı, sürdürülebilirlik konusunu önemli hale getirmiştir. Çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin altyapısını da oluşturmaktadır. İncelenen işletmelerde karbon ayak izinin ve su ayak izinin hesaplanması, çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

İşletmelerin çevresel sürdürülebilirliklerinin değerlendirilmesinde Van Asselt ve ark. (2015) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak, sürdürülebilirlik göstergeleri belirlenmiştir. Bu göstergeler; küresel ısınma potansiyeli, amonyak (NH<sub>3</sub>) emisyonu, alan kullanımı ve enerji kullanımınıdır. Van Asselt ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada belirlenen göstergeler için sürdürülebilirlik sınırları göz önüne alınarak işletmelerin sürdürülebilirlik değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Hayvansal üretim için çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirildiği diğer çalışmalar incelenmiş ve yapılan çalışma ile literatürde yapılmış çalışmalar ile karşılaştırılmış, dünya ile karşılaştırmalı bir değerlendirme elde edilmiştir.



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. İncelenen Broylar İşletmelerinde Girdiler ve Çıktılar

Yapılan çalışmada incelenen broylar işletmelerinde, belirlenen sistem sınırı dâhilinde tüm yöntemler için aynı girdi ve çıktılar göz önüne alınmıştır.

Kümeslerdeki işletme ve üretim özellikleri karbon ayak izi miktarını önemli düzeyde etkilemektedir. İncelenen broylar kümeslerinde tavukların yetiştirilme süresi 40 gündür ve ortalama kesim ağırlığı 2 kg'dır.

Üretilen 1 kg tavuk eti için gerekli olan girdi miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Üretilen 1 kg tavuk eti için gereksinim duyulan üretim girdileri

Parametre	Miktar
<b>Yem Tüketimi (kg)</b>	
K1	0,95
K2	0,95
K3	1,05
<b>Yakıt Kullanımı (kg)</b>	
K1	0,22
K2	0,25
K3	0,20
<b>Elektrik Kullanımı (kWh)</b>	
K1	0,069
K2	0,061
K3	0,068

İşletmelerde toplam tavuk eti üretimi K1, K2 ve K3 için sırasıyla 20000, 24000 ve 48000 kg'dır.

İncelenen işletmelerin gübrelerini çevrede bitkisel üretimde organik gübre olarak kullanmak üzere diğer çiftçilere ücretsiz olarak verdikleri belirlenmiştir. Ancak gübrelerin işletme içerisinde uygun koşullarda depolanmadığı da gözlemlenmiştir.

Çalışmada incelenen kümeslerde 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gaz emisyonları miktarları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Üretilen 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gaz emisyonları

Kaynak	Kümes	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
Kümes (kg/40 gün.1 kg tavuk eti)	K1	0,0131	0,000004	0,960
	K2	0,0131	0,000008	1,069
	K3	0,0131	0,000001	0,420
Gübre (kg/40 gün.1 kg tavuk eti)	K1	0,0557	0,000019	4,094
	K2	0,0557	0,000034	4,558
	K3	0,0557	0,000004	1,789

Üretilen kirletici gaz emisyonlarından CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> barınak içerisinde yapılan ölçümler sonucunda bulunurken N<sub>2</sub>O değerleri Burns ve ark. (2008)'ten alınmıştır. Bu çalışmada, incelenen broyler kümesi ile benzer özellikler gösteren bir broyler kümesinde yapılan ölçümler sonucunda N<sub>2</sub>O emisyonunu tavuk başına 1,72 gr olarak ölçmüşlerdir. Bu değer kullanılarak çalışmada incelenen broyler kümeslerinden kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonları hesaplanmıştır. Barınak iç ortamında ölçülen CH<sub>4</sub> konsantrasyonunun yaklaşık %81'i altlık ile karışmış olan gübre sonucunda oluşmaktadır. Kalan %19'luk kısım ise kümes iç ortamından kaynaklanmaktadır (Cederberg ve ark. 2009).

#### 4.2. İncelenen Broyler İşletmelerinin Karbon Ayak İzleri

Bu bölümde, çalışmanın yürütüldüğü üç adet broyler işletmesinin küresel ısınmaya olan etkilerini belirlemek amacıyla hesaplanan işletmelerin karbon ayak izlerine ilişkin bulgular verilmiştir. İncelenen işletmeler ile ilgili temel özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir. Karbon ayak izi hesaplamaları kullanılan yöntemlere göre farklı başlıklar altında aşağıda anlatıldığı gibi ortaya konulmuştur:

- **Gerçek zamanlı gaz konsantrasyon verileri ile hesaplanan karbon ayak izi**

Çalışmada, karbon ayak izi belirlenen fonksiyonel birim başına kümeslerde gerçek zamanlı yapılan gaz ölçümlerinden elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre tavuk eti üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, fonksiyonel birim olarak 1 kg tavuk eti alındığı görülmüştür (Lesschen ve ark. 2011, González-Garcia ve ark. 2014, Cesari ve ark. 2017). Bu noktadan hareketle çalışmada, fonksiyonel birim olarak 1 kg çiğ tavuk eti göz önüne alınmıştır.

İncelenen broyler kümeslerinde sistem sınırları içerisinde karbon ayak izine etki eden farklı kaynaklar bulunmaktadır. Çizelge 4.3'te incelenen broyler kümeslerinin karbon ayak izini oluşturan farklı parametreler verilmiştir ve değerlendirilen her bir parametrenin kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliğinden hareketle işletmenin toplam karbon ayak izine ulaşılmıştır. Bir tavuğun bir günde oluşturduğu karbon ayak izi ise K1, K2 ve K3 işletmeleri için sırasıyla 0,11 kg CO<sub>2</sub>, 0,17 kg CO<sub>2</sub> ve 0,15 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** İncelenen broyler kümeslerinin karbon ayak izi

Kaynak	Kümes	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği
<b>Kümes</b>	K1	0,3
	K2	0,5
	K3	0,4
<b>Gübre</b>	K1	1,3
	K2	2,2
	K3	1,9
<b>Elektrik</b>	K1	0,03
	K2	0,02
	K3	0,03
<b>Yakıt</b>	K1	0,6
	K2	0,7
	K3	0,6
<b>Karbon ayak izi (kg CO<sub>2</sub>/ kg et)</b>	K1	2,2
	K2	3,4
	K3	3,0

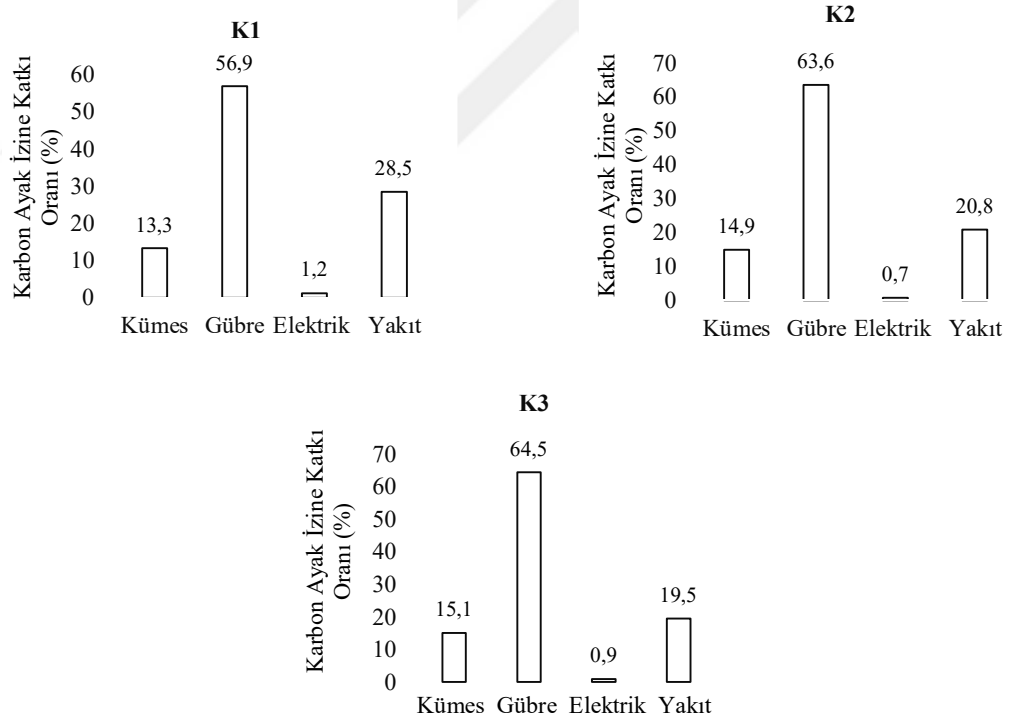
Çalışmada incelenen kümeslerde karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi Çizelge 4.4'de verilmiştir. Çizelgeye göre yaz mevsiminde gerçekleşen karbon ayak izi değerleri birinci broyler kümesi dışında kış mevsimine göre daha düşük seyretmiştir.

Şekil 4.1'de gaz emisyonlarına neden olan parametrelerin karbon ayak izine olan katkıları verilmiştir. Şekil incelendiğinde işletmelerin karbon ayak izinin önemli bir kısmının gübreden kaynaklanmakta olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra işletmelerin karbon ayak izine en az katkıyı tüketilen elektrikten kaynaklanan CO<sub>2</sub> eşdeğerliğinin verdiği anlaşılmaktadır.

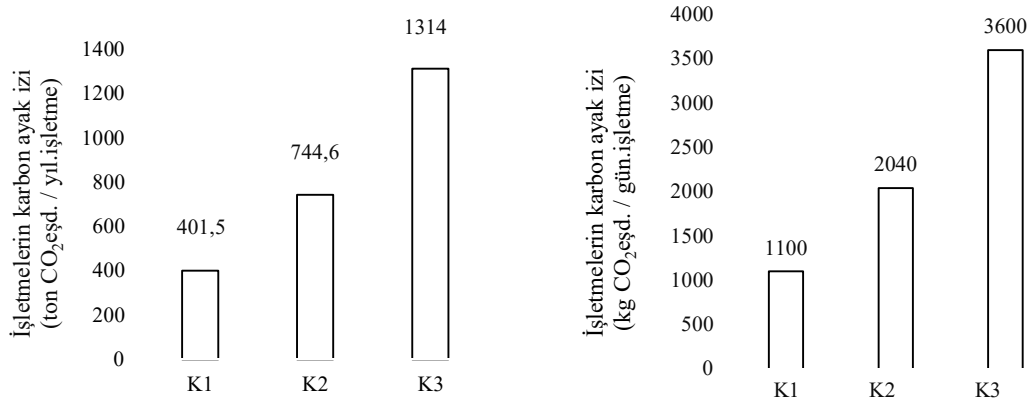
Şekil 4.2'de işletmelerin günlük ve yıllık olarak karbon ayak izleri verilmiştir. Şekil incelendiğinde en fazla karbon ayak izi K3 işletmesine ait olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** Karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi

Kaynak	Kümes	Kış (kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği)	Yaz (kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği)
Kümes	K1	0,07	0,23
	K2	0,26	0,25
	K3	0,24	0,21
Gübre	K1	0,29	0,98
	K2	1,12	1,06
	K3	1,02	0,89
Elektrik	K1	0,02	0,01
	K2	0,01	0,01
	K3	0,02	0,01
Yakıt	K1	0,64	-
	K2	0,72	-
	K3	0,58	-
Toplam	K1	1,0	1,2
	K2	2,1	1,3
	K3	1,8	1,2



**Şekil 4.1.** Parametrelerin karbon ayak izine katkı oranları



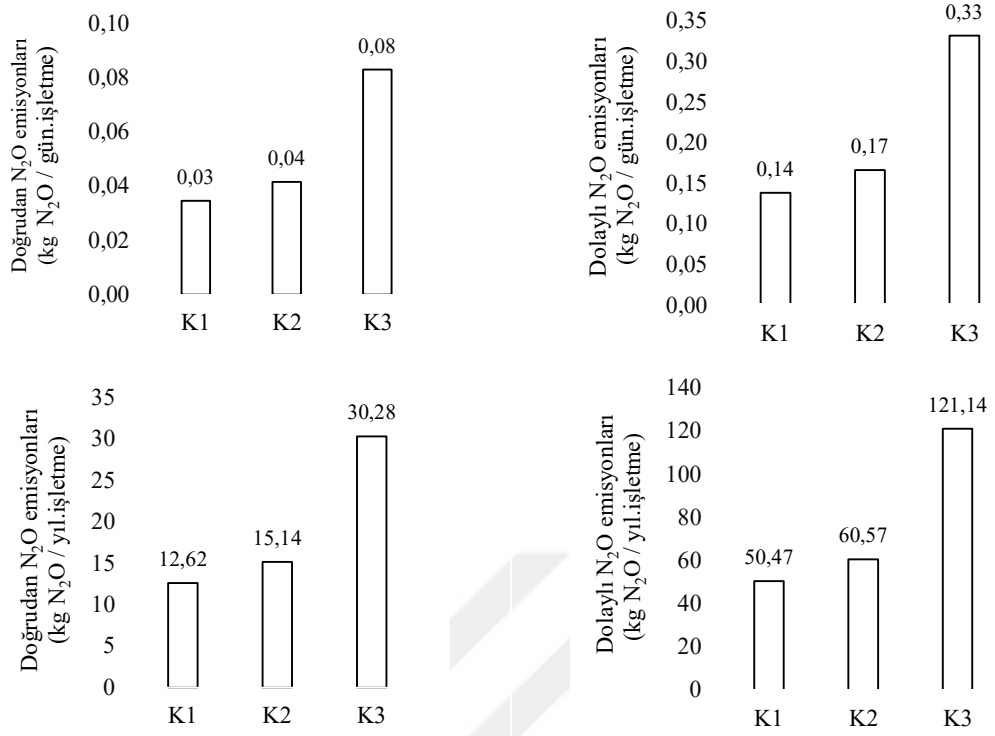
**Şekil 4.2.** Gaz konsantrasyonlarına göre işletmelerin karbon ayak izi

- **Tier-1 Yaklaşımı ile Karbon Ayak İzi**

Bu yöntemde, IPCC tarafından belirlenen parametrelere göre N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> emisyon faktörleri de ele alınarak yine IPCC tarafından geliştirilen Tier-1 yöntemi kullanılarak işletmelerin karbon ayak izleri belirlenmiştir.

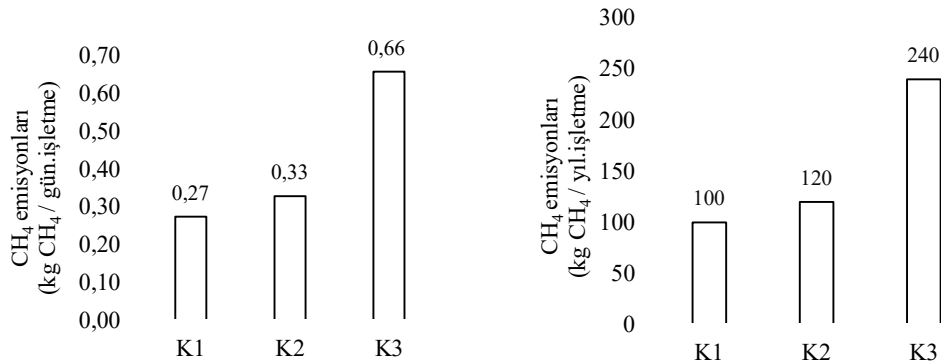
Çalışmaya uygun parametreler seçilerek işletmelerde gübre ve altlığın depolanmasından oluşan doğrudan emisyonlar ile gübrenin toprağa ve oradan da su kaynaklarına sızması, uçucu organik bileşiklerin havaya karışması gibi çeşitli yollarla oluşan işletmelerdeki dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları IPCC raporlarında belirtilen değerler alınarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda; işletmelerden 1 kg tavuk eti başına doğrudan N<sub>2</sub>O emisyonu 0,000069 kg N<sub>2</sub>O ve bir günde hayvan başına 0,0000035 kg N<sub>2</sub>O elde edilmiştir. Dolaylı emisyonlar ise 0,00028 kg N<sub>2</sub>O/kg tavuk eti ve 0,000014 kg N<sub>2</sub>O/baş.gün olarak hesaplanmıştır. Toplam olarak 1 kg tavuk eti üretimi için ortaya çıkan N<sub>2</sub>O emisyonları 0,00035 kg N<sub>2</sub>O ve bir tavuk için 0,000017 kg N<sub>2</sub>O olarak elde edilmiştir.

İşletmelerin günlük ve yıllık olarak ortaya çıkardığı doğrudan ve dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları Şekil 4.3'te verilmiştir. İşletmelerin toplam oluşturdukları yıllık N<sub>2</sub>O emisyonları K1, K2 ve K3 için sırasıyla 63,1 kg N<sub>2</sub>O, 75,7 kg N<sub>2</sub>O ve 151,4 kg N<sub>2</sub>O'tir. Günlük olarak ortaya çıkardıkları emisyonlar ise K1, K2 ve K3 için sırasıyla 0,173 kg N<sub>2</sub>O, 0,207 kg N<sub>2</sub>O ve 0,415 kg N<sub>2</sub>O'tir.



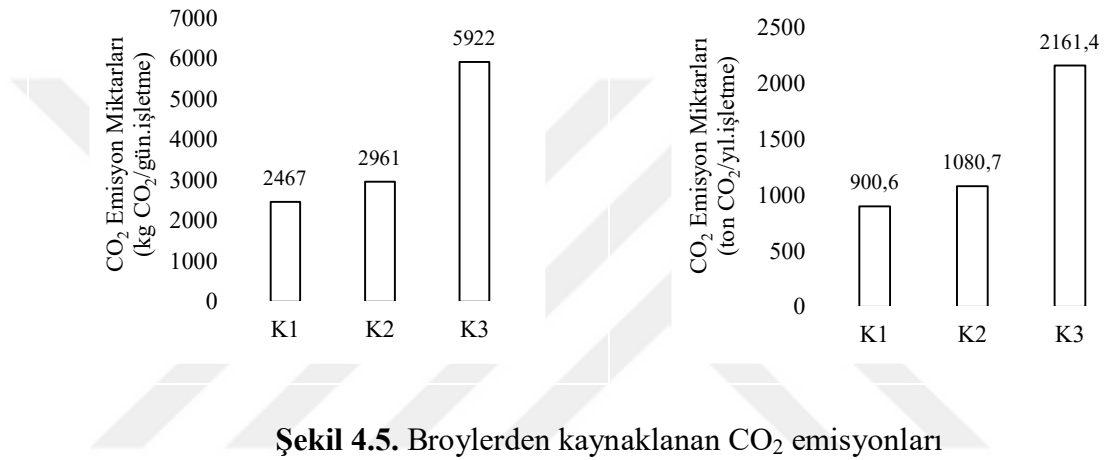
**Şekil 4.3.** İşletmelerin doğrudan ve dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları

İşletmelerde üretim boyunca açığa çıkan gübre, kuru olarak depolanmakta ve üretim süresi tamamlanınca diğer çiftçilere ücretsiz olarak verilmekte veya satılmaktadır. İşletmelerin kuru olarak uygulanan gübre yönetiminden kaynaklı CH<sub>4</sub> emisyonları Şekil 4.4'te verilmiştir. İşletmelerden fonksiyonel birim başına 0,000548 kg CH<sub>4</sub> gazı açığa çıkarken, bir tavuk günde 0,0000137 kg CH<sub>4</sub> gazı emisyonuna neden olduğu yapılan hesaplamalarda ortaya konulmuştur.



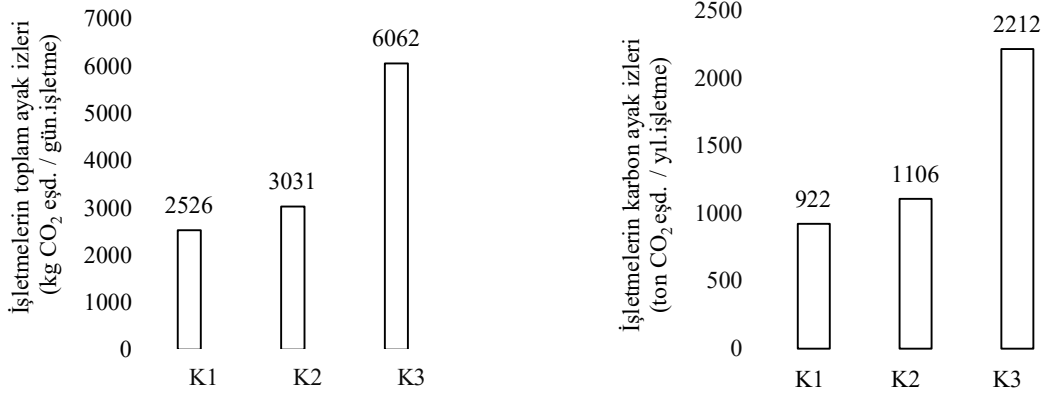
**Şekil 4.4.** CH<sub>4</sub> emisyonları

İşletmelerden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonlarının hesaplanmasında Calvet ve ark. (2011) yapmış oldukları bir çalışmadan yararlanılmıştır. Bu çalışmada, tavuk için bir kg metabolik ağırlık başına 2,60 L CO<sub>2</sub> üretimi gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Bu değer dikkate alınarak bir günde tavuk başına oluşan CO<sub>2</sub> emisyon değeri 0,247 kg/gün.tavuk olarak hesaplanırken, fonksiyonel birim başına 4,935 kg CO<sub>2</sub> üretilmiştir. Hesaplamalar sonucunda en fazla CO<sub>2</sub> emisyonunun K3'ten gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4.5). Bu sonucun ortaya çıkmasında K3 işletmesinin en fazla hayvan kapasitesine sahip olması etkili olmuştur.



Şekil 4.5. Broylerden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları

Son olarak Tier yaklaşımı hesaplanan N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyon değerleri toplam CO<sub>2</sub> eşdeğerlik cinsine dönüştürülmüş ve işletmelerin karbon ayak izleri belirlenmiştir. İşletmelerde karbon ayak izleri değerlendirildiğinde bir günde tavuk başına 0,253 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik karbon ayak izi oluşurken, 1 kg beyaz et üretimi için 5,051 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik karbon ayak izi oluşmaktadır. Şekil 4.6'da işletmelerin günde ve yılda oluşturdukları karbon aya izi verilmiştir. Karbon ayak izleri incelendiğinde K3 diğer işletmelere göre daha fazla hayvan kapasitesine sahip olması nedeniyle karbon ayak izi en yüksek olan işletme olmuştur.

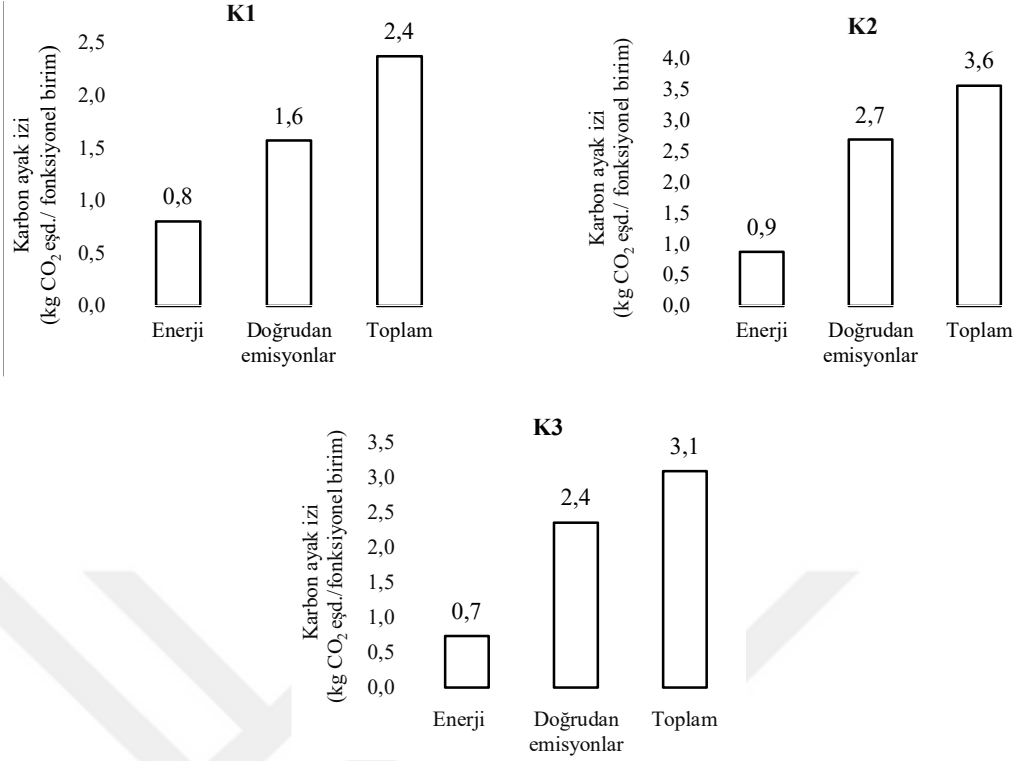


**Şekil 4.6.** Tier 1 yaklaşımına göre işletmelerin karbon ayak izleri

- **Yaşam Döngüsü Yaklaşımı ile Karbon Ayak İzi**

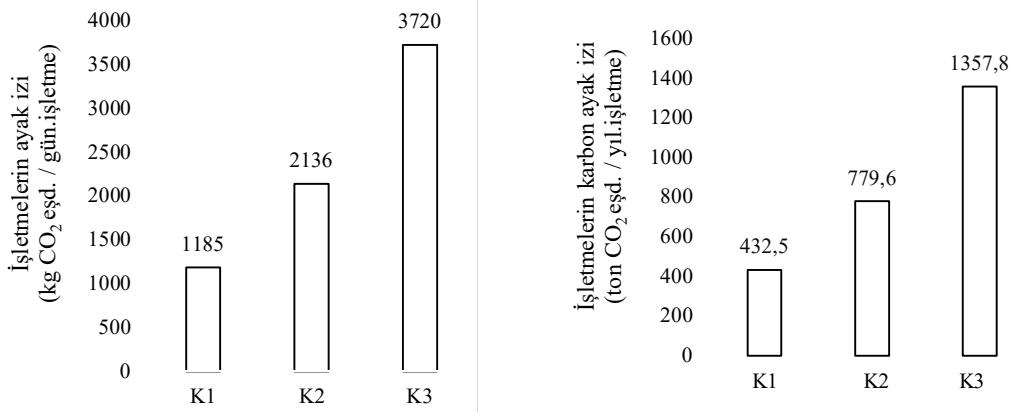
Karbon ayak izinin hesaplandığı bu yöntemde CCaLC2 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yazılım, ürünün yaşam döngüsünü temel alarak karbon ayak izlerini belirlemektedir. Burada fonksiyonel birim 1 kg tavuk eti olarak belirlenmiştir. Sistem sınırları ise kümes sınırları olarak belirlenmiş, tavuk üretiminde gerçekleşen faaliyetler alınmıştır. Karbon ayak izinin hesaplanmasında tavuk etinin üretimine kadar olan kümes, gübre, elektrik ve yakıt tüketiminden oluşan emisyonlar dâhil edilmiştir. Yazılımda çalışmaya uygun olduğundan dolayı elektrik tüketimi verisi için Ecoinvent veri tabanı ve kömür kullanımı verisi için CCaLC veri tabanı kullanılmıştır. Söz konusu yazılımında kullanılan parametrelerin 1 kg tavuk eti başına düşen CO<sub>2</sub> eşdeğerlik cinsinden emisyon verileri girilmiştir. Enerjiden kaynaklı emisyonlar elektrik, yakıt ve kömür tüketiminden kaynaklanırken, doğrudan emisyonlar kümes ve gübreden kaynaklanan emisyonları içermektedir. İşletmelerde fonksiyonel birim başına oluşan kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik cinsinden karbon ayak izleri olduğu kaynaklara göre Şekil 4.7’de verilmiştir. Buna göre fonksiyonel birim başına işletmelerde sırasıyla K1, K2, K3; 2,34 kg CO<sub>2</sub>, 3,6 kg CO<sub>2</sub> ve 3,1 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik emisyonları elde edilmiştir. Bir tavuğun bir günde oluşturduğu karbon ayak izi ise K1, K2 ve K3 işletmeleri için sırasıyla 0,12 kg CO<sub>2</sub>, 0,18 kg CO<sub>2</sub> ve 0,16 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak elde edilmiştir.





**Şekil 4.7.** Kaynaklarına göre karbon ayak izleri

İşletmelerin günlük ve yıllık olarak ortaya çıkardığı karbon ayak izleri Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde K3 işletmesinin en fazla karbon ayak izine sahip olduğu görülmektedir.

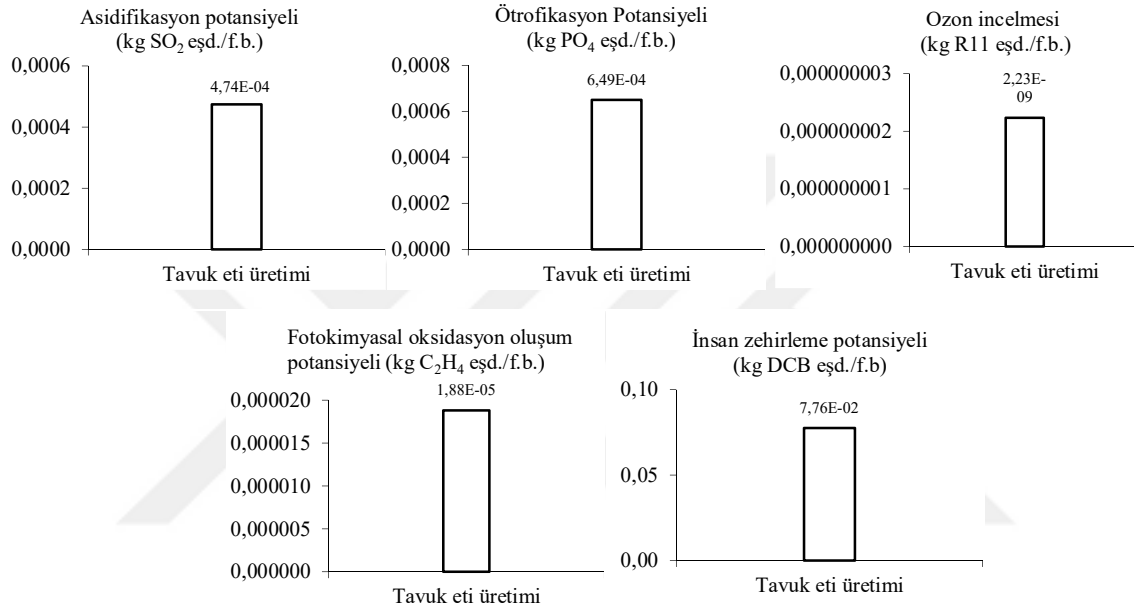


**Şekil 4.8.** İşletmelerin karbon ayak izleri

CCaLC2 bilgisayar yazılımı karbon ayak izini belirlerken çevresel etkileri de ortaya koyabilmeye olanak sağlamaktadır. Çalışmada incelenen işletmelerin asidifikasyon,

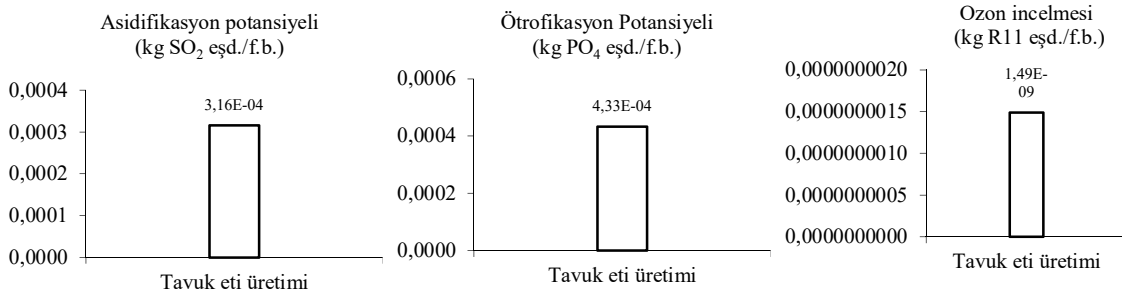
ötrofikasyon, ozon incelmesi, fotokimyasal oksidasyon oluşum potansiyeli ve insan zehirlenme potansiyeli üzerinde etki oluşturduğu gözlemlenmiştir.

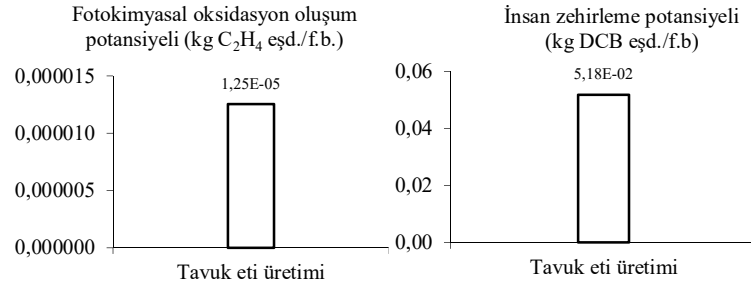
K1 işletmesinden kaynaklanan çevresel etkiler incelendiğinde; ortaya çıkan emisyonlar en fazla 0,0776 kg DCB eşd./fonk.birim değeri ile insan zehirlenme potansiyeli üzerinde etki oluştururken, en az etki 2,23E-09 kg R11 eşd./ fonk. birim ile ozon incelmesi üzerine gerçekleşmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. K1 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler

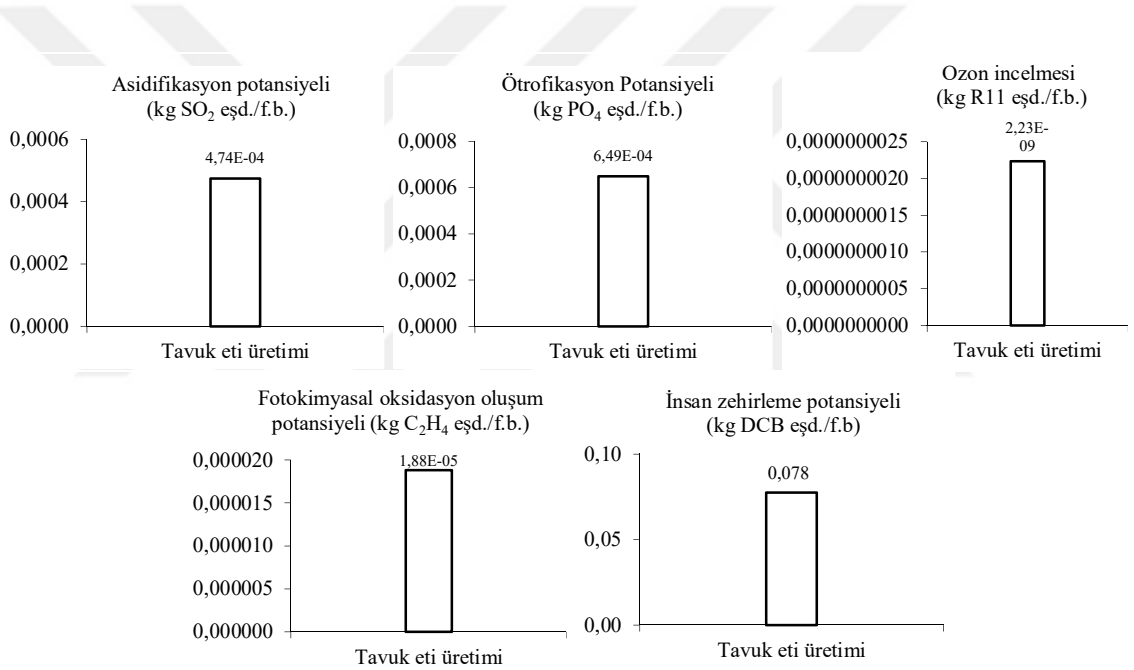
K2 işletmesinden kaynaklanan emisyonların oluşturduğu çevresel etkiler incelendiğinde; 0,0518 kg DCB eşd./fonk.birim değeri ile insan zehirlenme potansiyeli üzerine en fazla etki oluşurken, en az etki 1,49E-09 kg R11 eşd./ fonk. birim ile ozon incelmesi üzerine gerçekleşmiştir (Şekil 4.10.).





**Şekil 4.10.** K2 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler

K3 işletmesi incelendiğinde ise; en fazla çevresel etki 0,078 kg DCB eşd./fonk.birim değeri ile insan zehirlenme potansiyeli üzerinde oluşurken, en az etki 2,23E-09 kg R11 eşd./ fonk. birim ile ozon incelmesi üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.11.).



**Şekil 4.11.** K3 fonksiyonel birim başına çevresel etkiler

Yapılan çalışmada çevresel etki değerlendirmelerine bakıldığında; tüm işletmelerin neden olduğu en fazla çevresel etki insan zehirlenme potansiyeli olduğu gözlemlenmiştir. En az büyüklüğe sahip çevresel etki ise ozon incelmesi olmuştur.

Çalışma kapsamında hesaplanan karbon ayak izi değerleri literatürde daha önce yapılmış benzer çalışmalarda elde edilen karbon ayak izi değerleri ile karşılaştırıldığında, bu çalışmada hesaplanan karbon ayak izlerinin benzerlik taşıyarak literatürdeki, çalışmalar ile uyum gösterdiği söylenebilir.

Ibidhi ve ark. (2017), Tunus'ta endüstriyel bir tavuk işletmesinde 1 kg tavuk etinin oluşturduğu karbon ayak izini araştırmışlardır. Sistem sınırları içerisinde yem üretimi, gübre yönetimi, taşıma ve kesimhanede gerçekleşen işlemlerden ortaya çıkan emisyonlar göz önüne alınmıştır. Çalışma sonucunda 1 kg tavuk eti için 3 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik karbon ayak izine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Cesari ve ark. (2017), İtalya'da faaliyet gösteren broyler et üretiminin küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon, karasal toksisite ve yenilenemeyen fosil enerji kullanımı açısından çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Küresel ısınma potansiyeli, 1,6 kg'lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuklar için 1 kg tavuk eti başına 3,03 kg CO<sub>2</sub>, 2,5 kg'lık canlı ağırlığa sahip tavuklar için 3,25 kg CO<sub>2</sub> ve 3,8 kg'lık canlı ağırlığına sahip tavuklar için ise 3,84 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği elde etmişlerdir.

Gonzalez-Garcia ve ark. (2014), Portekiz'de yaptıkları bir çalışmada broyler et üretiminin yaşam döngüsü boyunca çevresel değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Portekiz'de marketlerde yaygın olarak satışa sunulan 1,2 kg paketlenmiş et dikkate alınarak 1,2 kg'lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuk için çiftlik sınırlarında (kesimhane dâhil değil) küresel ısınma potansiyelini 2,7 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği olarak hesaplamışlardır.

Çalışmada incelenen tüm yöntemlerden elde edilen karbon ayak izinin ortalama değerleri alındığında işletmelerde fonksiyonel birim başına elde edilen karbon ayak izi değerleri K1, K2 ve K3 için sırasıyla 3,21 kg CO<sub>2</sub>, 4,0 kg CO<sub>2</sub> ve 3,7 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliktir.

İşletmelerin alansal özellikleri incelendiğinde en büyük alana sahip kümes K2, en küçük alana sahip kümes ise K3'tür. Daha dar alanda fazla kapasite ile yapılan üretimin yoğun olması emisyonların da artışına neden olabilmektedir. İşletmelerin yerleşim sıklığı incelendiğinde en yoğun üretim K3'te gerçekleştirilmektedir. İncelenen işletmelerin yılda m<sup>2</sup> başına oluşturdukları karbon ayak izi K1, K2 ve K3 için sırasıyla 1,42 ton CO<sub>2</sub>, 0,70 ton CO<sub>2</sub> ve 4,08 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerliktir.

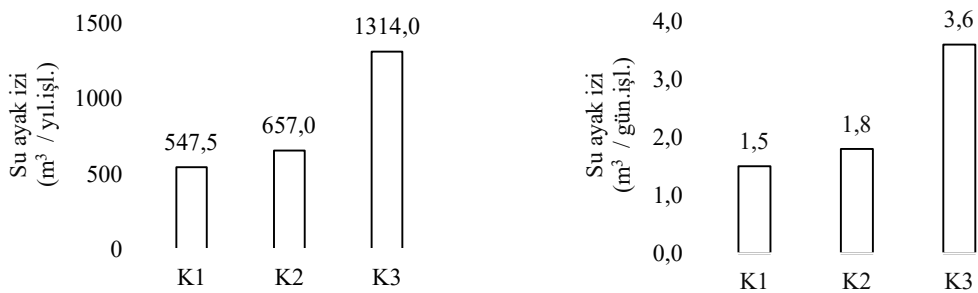
İşletmelerin mahya yükseklikleri değerlendirildiğinde en büyük mahya yüksekliğine sahip işletme K2, en küçük mahya yüksekliğine sahip işletme ise K1'dir. Mahya

yükseklikleri dikkate alınarak işletmelerin yılda birim hacim başına oluşturdukları karbon ayak izleri K1 için 0,58 ton CO<sub>2</sub>, K2 için 0,24 ton CO<sub>2</sub> ve K3 için 1,51 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak hesaplanmıştır.

### 4.3. İncelenen Broyler İşletmelerinin Su Ayak İzleri

Yapılan çalışmada incelenen işletmelerin su ayak izlerinin belirlenmesi, çalışmanın başka bir amacını oluşturmaktadır. İncelenen işletmelerin su ayak izleri kümes sınırları içerisinde belirlenmiştir. Burada kümes içerisinde gerçekleştirilen üretimde kullanılan su ve tavukların tükettikleri su miktarları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada, işletmelerde kümes içi dikkate alındığı ve şebeke suyu kullanıldığından dolayı yalnızca mavi su ayak izi değerlendirilmiştir. Broyler tavuklarının üretim periyotları olan ortalama 40 günün sonunda kesime gitmektedirler. Bu süreç boyunca tavukların tükettikleri ve kümes içerisinde gübre temizliği için kullanılan toplam su miktarı dikkate alınarak 1 kilogram beyaz et başına 0,003 m<sup>3</sup> veya 3 litre mavi su ayak izi oluşmaktadır. Bu değerden hareketle bir tavuğun günde oluşturduğu mavi su ayak izi ise 0,15 L'dir.

İşletmelerin yıllık ve günlük olarak mavi su ayak izleri değerlendirildiğinde sırasıyla 1314 m<sup>3</sup>/yıl ve 3,6 m<sup>3</sup>/gün ile en fazla ayak izine sahip işletme K3 olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Çalışmada incelenen K3 işletmenin en fazla hayvan sayısına sahip olması su ayak izinin fazla olmasına neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.12. İşletmelerin su ayak izleri

Çalışmada fonksiyonel birim için elde edilen değer, kümes hayvanları için yapılmış çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Mekonnen ve Hoekstra (2012), yaptıkları çalışmada 1 kg tavuk eti üretimi için 4,3 m<sup>3</sup>'lük su ayak izi oluştuğunu belirtmişlerdir. Burada yem üretimi de su ayak izi değerlendirmesine dâhil edildiği için daha büyük

değer elde edilmiştir. Bu çalışmada, yem üretiminden kaynaklanan su kullanımı sistem sınırında olmamasından dolayı su ayak izi değerlendirmesine dâhil edilmemiştir.

#### 4.4. İncelenen Broyler İşletmelerinin Çevresel Sürdürülebilirlik Performansı

Yapılan çalışmada hedeflenen diğer amaç ise incelenen işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performanslarının ortaya konulmasıdır. Çevresel sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi işletmelerin çevre üzerinde oluşturdukları ve gelecekte oluşturacakları etkilerin azaltılmasında önemli rol oynayacaktır. İncelenen işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik performansları, küresel ısınma, amonyak emisyonu, alan kullanımı ve enerji kullanımı olarak belirlenen çevresel göstergeler üzerinden gerçekleştirilmiştir ve bunların fonksiyonel birim başına oluşan eşdeğerlikleri göz önüne alınmıştır (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6.** Çevresel göstergeler ve parametreleri

<b>Emisyonlar</b>	<b>Birim</b>
Küresel ısınma potansiyeli	kg CO <sub>2</sub> eşdeğeri/kg tavuk eti
Amonyak (NH <sub>3</sub> ) emisyonu	kg /tavuk /yıl
Alan kullanımı	m <sup>2</sup> /kilogram tavuk eti
Enerji kullanımı	MJ/kg tavuk eti

Çalışmada çevresel sürdürülebilirlik değerlendirmesi, Van Asselt ve ark. (2015)'nin çalışmalarında kullanılan yöntem temel alınarak gerçekleştirilmiştir. (Çizelge 4.7).

Dekker ve ark. (2011)'nin çalışmasında elde edilen sürdürülebilir sınır üzerinden yarı sürdürülebilir ve sürdürülemez sınırlar belirlenmiştir. Burada sürdürülebilir, yarı sürdürülebilir ve sürdürülemez sınırlar olarak belirlenen sınır değerlerine göre yapılan çalışmada incelenen broyler kümeslerinin çevresel sürdürülebilirlikleri tahminlenmeye çalışılmıştır. Sürdürülebilirlik sınır değerlerinin dönüşümü Haverkort ve ark. (2009)'ın yapmış olduğu çalışmaya benzer oranlar ele alınarak belirlenmiştir. Bu dönüşümlerde sürdürülebilirlik sınırının %118'i alınarak yarı sürdürülebilir sınır değeri elde edilmiştir. Sürdürülemez sınır değeri ise sürdürülebilir sınır değerinin %143'ü alınarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.7.** Temel göstergeler için sürdürülebilirlik sınırları

	Sürdürülebilir Sınır (1)	Yarı sürdürülebilir Sınır (2)	Sürdürülemez Sınır (3)	Kaynakça
Küresel ısınma	2,235	2,629	3,193	(1) : en iyi performans gösteren sistem (Dekker ve ark. 2011), (2): (1)'in %118'i, (3): (1)'in %143'ü (Haverkort ve ark. 2009)
NH <sub>3</sub> Emisyonu	0,028	0,059	0,125	(1): Zenginleştirilmiş kafes sistemleri için sınır, (3): kafessiz sistemler için sınır (Anonim 2005), (2): geometrik ortalama
Alan kullanımı	3,26	3,85	4,66	(1): en iyi performans gösteren sistem (Dekker ve ark. 2011), (2): (1)'in %118'i, (3): (1)'in %143'ü (Haverkort ve ark. 2009)
Enerji kullanımı	20,3	23,95	29,02	(1): en iyi performans gösteren sistem (Dekker ve ark. 2011), (2): (1)'in %118'i, (3): (1)'in %143'ü (Haverkort ve ark. 2009)

Yapılan çalışmadaki işletmelerde elde edilen 1 kilogram tavuk eti başına oluşan çevresel emisyonlar Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelgeye göre küresel ısınma potansiyeli değerlendirildiğinde 4,02 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik ile en fazla K2 ve 3,20 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik emisyonu ile en az küresel ısınma potansiyeline sahip işletme K1 olmuştur.

İşletmelerden bir yılda bir tavuktan kaynaklanan amonyak (NH<sub>3</sub>) emisyonu en fazla 0,818 kg NH<sub>3</sub> ile K1 oluştururken, en az emisyon ise 0,205 kg NH<sub>3</sub> ile K3'den kaynaklanmaktadır. Amonyak emisyonunun fonksiyonel birim başına hesaplanmamasının nedeni; Van Asselt ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmada da kilogram/tavuk/yıl olarak alınması ve yapılan çalışma ile kıyaslanabilmesidir.

İncelenen işletmelerde kilogram tavuk eti başına kullanılan alan hesaplandığında en az alan kullanımı 0,33 m<sup>2</sup> ile K3 olurken, 2,08 m<sup>2</sup> ile en fazla alan kullanımı K2 'den kaynaklanmaktadır. K3'de daha fazla tavuk bulunmasından dolayı tavuk başına düşen alanın daha az olması bu işletmede daha yoğun bir üretim yapıldığını göstermektedir.

Bu çalışmada işletmelerdeki fonksiyonel birim başına enerji kullanımı incelendiğinde; en az enerji 0,287 MJ ile K3 ve en fazla enerji ise 0,350 MJ ile K1 işletmesinde kullanılmıştır.

**Çizelge 4.8.** Çalışmada incelenen işletmelerin çevresel göstergelerin değerleri

<b>Göstergeler</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
Küresel ısınma (kg CO <sub>2</sub> eşdeğeri/f.b.)	3,20	4,02	3,72
Amonyak emisyonu (kg/tavuk/yıl)	0,818	0,316	0,205
Alan kullanımı (m <sup>2</sup> /f.b.)	0,82	2,08	0,33
Enerji kullanımı (MJ/f.b.)	0,350	0,305	0,287

Yapılan çalışmada elde edilen değerler sürdürülebilir, yarı sürdürülebilir ve sürdürülemez sınırlar ile karşılaştırılmıştır.

Değerlendirme sonucunda tüm işletmelerin alan kullanımı ve enerji kullanımı kategorilerinde sürdürülebilir olarak nitelendirilirken, küresel ısınma ve amonyak emisyonu açısından sürdürülemez sınırlar içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Kümes hayvancılığının çevre üzerinde oluşturduğu etkiler üzerine yapılmış yabancı literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmakla birlikte her bir etkinin aynı birim başına hesaplanmış olması çalışmaların kıyaslanmasında yarar sağlamaktadır.

Diğer yapılan çalışmalar ile bu çalışmadaki küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli ve enerji emisyonu incelendiğinde, bu çalışmada incelenen işletmelerin daha az emisyon ve tüketim oluşturduğu ve değerlerin düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirme için çalışmadaki üç işletmenin ortalama emisyon değeri göz önüne alınmıştır (Çizelge 4.9). Bu çalışmanın diğer çalışmalar ile arasındaki farklar temel olarak metodolojik yaklaşım ve sistem sınırlarının tanımından kaynaklanmaktadır. Burada üretim potansiyelinin de incelenen çalışmalardaki kadar yüksek olmaması çevresel sürdürülebilirlik açısından fayda sağlamaktadır.



**Çizelge 4.9.** Çalışmalara göre çevresel göstergelerin değerleri

Gösterge	Kaynak							
	González-Garcia ve ark. (2014)	Cesari ve ark. (2017)	Pelletier ve ark. (2008)	Leinonen ve ark. (2014)	Leinonen ve ark. (2012)	Kalhor ve ark. (2016)	Leinonen ve Kyriazakis (2013)	Bu çalışma (2019)
Küresel ısınma potansiyeli (kg CO <sub>2</sub> eşd.)	2,25	5,52	1,39	4,35	4,06	1,4	4,41	3,64
Asidifikasyon potansiyeli (g SO <sub>2</sub> eşd.)	43,45	28,4	15,8	47,02	43,45	51,82	46,8	0,42
Ötrofikasyon potansiyeli (g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eşd.)	20,33	18,4	3,9	20,51	18,64	17,02	20,3	0,58
Amonyak emisyonu (kg/tavuk/yıl)	-	-	-	-	-	-	-	0,446
Alan kullanımı (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	0,56	-	-	1,08
Enerji kullanımı (MJ eşd.)	15,5	20,3	14,95	24,9	23,44	31,86	25,4	0,314

Amonyak emisyonu yalnızca González-Garcia ve ark. (2014)'nın yapmış oldukları çalışmada ele alınmış fakat birim olarak kilogram tavuk eti başına gram NH<sub>3</sub> olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ise bir tavuğun bir yıl içerisinde ne kadar NH<sub>3</sub> emisyonuna neden olduğu verilmiştir. Birimlerin birbirini tutmaması sebebiyle kıyaslama yapılamamıştır.

Alan kullanımı ise Leinonen ve ark. (2012)'nin yapmış oldukları çalışmadaki 1 kilogram tavuk eti başına 0,56 m<sup>2</sup> alan kullanımı göz önüne alındığında bu çalışmadaki incelenen işletmelerdeki ortalama alan kullanımı daha düşük bir değer göstermiştir. Bu durum, çalışmadaki işletmelerin alan kullanımları karşılaştırılan çalışmalardaki işletmelere göre çevresel olarak daha sürdürülebilir bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışma literatürde yapılmış diğer çalışmalar ile kıyaslandığında küresel ısınma potansiyeli yaklaşık ortalama bir değer gösterirken, asidifikasyon ve ötrofikasyon potansiyeli için daha düşük değerler elde edilmiştir. Burada en önemli faktör bu çalışmadaki işletmelerin kapasitelerinin fazla olmamasıdır. Kapasite düşük olduğundan dolayı emisyon miktarı ve çevresel üzerindeki baskılar daha az etkiye bulunmaktadır.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı alanlarda faaliyet gösteren üç adet broyler işletmesi göz önüne alınmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak, işletmelerin küresel ısınma üzerinde oluşturdukları etkiler karbon ayak izi ve kümes içerisinde üretim süreçleri boyunca tükettikleri su miktarının mavi su ayak izi ve çevresel etkiler yapılmış çalışmalar ile kıyaslanarak çevresel sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda işletmelerin barındırdığı hayvan sayılarının, açığa çıkan gaz emisyonlarına ve su tüketim miktarına önemli düzeyde etki ettiği görülmüştür. Ayrıca işletmeler içerisinde kümes koşullarının gerektirdiği ölçüde elektrik ve yakıt kullanımlarının artması sera gazı emisyonlarının artırması yönünde etki ettiği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerde yetiştirilen tüm broyler tavuklarının türleri aynı olduğundan türlere göre bir kıyaslama yapılamamıştır. İşletmeler boyutsal özelliklerine göre değerlendirildiğinde, daha büyük boyutlarda olan işletmelerin temizlik için kullanılan su miktarının daha fazla olmasından dolayı su ayak izine kısmen de olsa katkısı olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerin yıl boyunca oluşturdukları karbon ayak izleri üç farklı yöntem ile belirlenmiştir. Gerçek zamanlı gaz konsantrasyon ölçüm verileri ile hesaplama yöntemi sonucu elde edilen karbon ayak izi değerleri fonksiyonel birim başına yaz mevsiminde K1, K2 ve K3 için sırasıyla; 1,2 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 1,3 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 1,2 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri. Kış mevsimi için elde edilen CO<sub>2</sub> emisyon değerleri ise K1, K2, K3; 1,0 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri, 2,1 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri ve 1,8 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri. Toplamda fonksiyonel birim başına oluşan karbon ayak izi K1, K2 ve K3 için 2,2, 3,4 ve 3,0 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik elde edilmiştir. Tavuk başına ise günde oluşan karbon ayak izi ise K1, K2 ve K3 işletmeleri için sırasıyla 0,11 kg CO<sub>2</sub>, 0,17 kg CO<sub>2</sub> ve 0,15 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik ortaya çıkmıştır.

Çalışmanın karbon ayak izinin belirlenmesinde kullanılan Tier-1 yaklaşımı ile işletmelerin karbon ayak izleri belirlenmiştir. Diazot monoksit ve metan gazları için

Tier-1 denklemleri kullanılırken, CO<sub>2</sub> gazı bir çalışmadan yararlanılarak hesaplanmıştır. Fonksiyonel birim başına gübre yönetiminden olan doğrudan ve dolaylı N<sub>2</sub>O emisyonları 0,00035 kg iken, CH<sub>4</sub> emisyonları ise 0,000548 kg CO<sub>2</sub>/fonksiyonel birim değeri elde edilmiştir. Tavuklardan kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonları ise fonksiyonel birim başına 4,935 kg olarak elde edilmiştir. Fonksiyonel birim başına oluşan karbon ayak izi 5,051 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik ve bir günde bir tavuğun oluşturduğu karbon ayak izi ise 0,253 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliktir. İşletmelerin bir günde oluşturdukları karbon ayak izleri sırasıyla K1, K2, K3; 2525,657 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün, 3030,788 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün ve 6061,576 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün'dür.

Çalışmada karbon ayak izinin tahminlendiği son yöntem yaşam döngüsü yaklaşımıdır. Bu yöntemde CCalc2 bilgisayar yazılımı ile işletmelerin karbon ayak izleri tahminlenmiştir. Fonksiyonel birim için işletmelerde sırasıyla K1, K2, K3; 2,37 kg CO<sub>2</sub>, 3,56 kg CO<sub>2</sub> ve 3,10 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik ve günde bir tavuğun oluşturduğu karbon ayak izi ise sırasıyla 0,12, 0,18 ve 0,16 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerler işletmelerin günde oluşturduğu emisyonlar sırasıyla K1, K2, K3; 1185 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün, 2136 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün ve 3720 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği/gün'dür. İşletmelerde üretim sonucu oluşturdukları çevresel etkiler değerlendirildiğinde insan zehirlenme potansiyeli daha önemli bulunmuştur.

Çalışmada karbon ayak izinin hesaplanmasında kullanılan üç farklı yöntem karşılaştırıldığında en yüksek karbon ayak izi değeri, Tier-1 yaklaşımı yöntemi ile elde edilmiştir. IPCC'nin belirlemiş olduğu Tier-1 yöntemi için daha fazla veri ve parametre kullanılması, karbon ayak izini etkileyen parametrelerin hesaplamalara daha fazla yansımaya ve bu nedenle de en yüksek karbon ayak izi değerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca IPCC'nin raporlarında bölgelere, yörenin iklim koşullarına ve işletmelerde uygulanan gübre işletim sistemlerine göre verilen emisyon faktörleri daha genel bir broyler işletmesi durumunu temsil etmektedir. Bu genellemeden dolayı da dikkate alınan emisyon faktörleri yüksek olabilmektedir. Bu nedenle faktörler doğrudan Türkiye'ye özgü emisyon faktörleri olmadığından dolayı IPCC'nin sunmuş olduğu verilerin kullanılması, işletmelerin emisyon miktarlarının gerçekten varolan durumdan ve diğer yöntemlere göre daha fazla olmasına neden olmuş olabilir. Tier-1 yöntemi dışında kullanılan diğer yöntemler karşılaştırıldığında, gerçek zamanlı ölçülen gaz

konsantrasyonları ve yaşam döngüsü yaklaşımı yöntemlerinde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen broyler işletmelerine özgü karbon ayak izi değerleri kullanılarak başta Bursa ili, Marmara bölgesi ve Türkiye genelinde 2020 yılı için bir projeksiyon yapılabilir. Buna göre Bursa bölgesinde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nin verilerine göre 2018 yılında yaklaşık 4 milyon 700 broyler tavuğu bulunmaktadır. Çalışmada tavuk başına bir günde ortaya çıkan karbon ayak izi değerine göre Bursa ilinde toplam broyler varlığının günde oluşturdukları karbon ayak izi 845 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerliği ve Marmara bölgesi broyler varlığı karbon ayak izi ise günde 19 497 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak hesaplanmıştır. Benzer yöntem kullanılarak TÜİK'in 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de bulunan 230 milyon baş broyler tavuğu için karbon ayak izi günde 41 311 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerliği olduğu belirlenmiştir. TÜİK'in son 10 yıldaki broyler varlığı ile ilgili verileri incelendiğinde Türkiye'de broyler tavuk sayısının yıllık ortalama %3,5'lük artış bir gösterdiği belirlenmiştir. Bu artış oranının 2020 yılı içinde devam edeceği öngörülerek yapılan projeksiyon sonucunda 2020 yılında yaklaşık 246 milyon başa ulaşması beklenmektedir. Beklenen bu broyler varlığının 44 253 ton CO<sub>2</sub> eşdeğerlik karbon ayak izine neden olması öngörülmektedir.

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerin su ayak izleri CCaLC2 bilgisayar yazılımı ile belirlenmiştir. Üretimde su tüketimine yönelik elde edilen veriler yazılıma girilerek 1 kg tavuk eti başına 3 litre su tüketilmiştir. İşletmelere göre yıllık oluşturdukları su ayak izleri için elde edilen değerleri sırasıyla K1, K2, K3; 547,5 m<sup>3</sup>, 657 m<sup>3</sup> ve 1314 m<sup>3</sup>'tür. Günlük olarak oluşturdukları su ayak izleri ise K1, K2 ve K3 için sırasıyla 1,5 m<sup>3</sup>, 1,8 m<sup>3</sup> ve 3,6 m<sup>3</sup>'tür.

Çalışmada elde edilen broyler tavuğu başına su ayak izi kullanılarak Bursa'nın 2018 yılı broyler tavuğu varlığının, bir günde oluşturduğu mavi su ayak izi 704 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Benzer bir değerlendirme Türkiye genelinde yapılırsa su ayak izi 2018 yılı için 34 426 m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Su ayak izinin 2020 projeksiyonu ise 36 878 m<sup>3</sup> olarak tahminlenmiştir.

Su ayak izi, farklı ürünlerin ya da faaliyetlerin su isteklerinin karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada broyler kümeslerinde aynı kümes tipleri üzerinde mavi su ayak izi değerlendirilmiştir. Tarımsal alanda su ayak izinin belirlenmesine yönelik olarak farklı hayvanlar, hayvansal üretim sistemleri, bölge ya da ülke çapında çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Kurak bölgelerde ya da mevsimlerde su kullanımı daha büyük bir etkiye sahip olmaktadır. Su ayak izi ile birlikte yerel su kıtlığı, atık asimilasyon kapasitesi ve su kullanımının oluşturacağı çevresel etkiler üzerinde durulabilir. Ayrıca ülkemizin de içinde olduğu su kısıtı ülkeler broyler işletmelerinde su ayak izini azaltmak için kullanım suyu olarak yağmur suyu kullanılabilir. Broyler işletmelerinin boyutsal özelliklerine bağlı olarak geniş çatı yüzey alanına sahip olması yeterli miktarda yağmur suyu toplanması açısından olumludur. Özellikle yıllık yağış miktarının yüksek olduğu bölgeler için işletmelerde yağmur suyu hasadı sistemlerinin projelenmesi önerilir.

Çalışmanın diğer bir amacı olarak işletmelerin çevresel sürdürülebilirlik değerleri tahminlenmeye çalışılmıştır. Burada çevresel sürdürülebilirlik göstergesi olarak 4 adet parametre seçilmiştir. Sürdürülebilir, yarı sürdürülebilir ve sürdürülemez sınırlar üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Tüm işletmeler birlikte değerlendirildiğinde alan kullanımı ve enerji kullanımı açısından sürdürülebilir olarak değerlendirilmiştir. NH<sub>3</sub> emisyonu ve küresel ısınma potansiyeli açısından ise tüm işletmeler sürdürülemez sınırlarda gözlemlenmiştir ve kritik bir konu olduğu ortaya konulmuştur. İşletmelerde NH<sub>3</sub> emisyonu gübreden kaynaklanmaktadır ve kötü kokulu bir gaz olmasından dolayı koku problemine de yol açmaktadır. Bu sebeple NH<sub>3</sub> emisyonunu azaltmaya yönelik çalışma yapılmalıdır. Küresel ısınma potansiyelini azaltmak için ise önce kaynakta oluşan üretim azaltılmalıdır. Daha düşük proteinli rasyonlar sunularak ortaya çıkan emisyonlar azaltılabilmektedir. Eğer sorunlar kaynakta önlenemiyor ise ortamda önlenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Akgül, U. 2010.** Sürdürülebilir kalkınma: Uygulamalı antropolojinin eylem alanı. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Antropoloji Dergisi*, 24: 133-164.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J. 2012.** World Agriculture Towards 2030/2050: the 2012 Revision, FAO, Roma.
- Anonim, 1998.** Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kyoto Protokolü. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto\\_protokol.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto_protokol.pdf) (Erişim Tarihi: 24.04.2019).
- Anonim, 2005.** Ministry of Infrastructure and the Environment. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019211/>.- (Erişim Tarihi: 1.07.2019).
- Anonim, 2012a.** Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu, <http://awsassets.wwftr.panda.org> – (Erişim Tarihi:22/04/2019).
- Anonim, 2012b.** Konya su potansiyeli ve kuraklığın suya etkilerinin analizi projesi raporu, <http://planlama.mevka.org.tr/index.php>- (Erişim Tarihi: 20.04.2019).
- Anonim, 2014.** Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu. Su, Üretim ve Uluslararası Ticaret İlişkisi. [http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/su\\_ayak\\_izi\\_raporweb.pdf](http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf)- (Erişim Tarihi: 5.04.2019).
- Anonim, 2018.** Bursa ili Genel Bilgiler, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Bursa İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <http://www.bursakulturturizm.gov.tr>- (Erişim Tarihi: 27.03.2019).
- Anonim, 2019a.** NASA, Global Climate Change Vital Signs of the Planet, <https://climate.nasa.gov/>- (Erişim Tarihi: 22.03.2019).
- Anonim, 2019b.** İklim Değişikliği ve Uluslararası Müzakereler. <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Iklim-Degisikligi>- (Erişim Tarihi: 15.04.2019).
- Anonim, 2019c.** Water footprint Network. What is a water footprint? <https://waterfootprint.org/en/>- (Erişim tarihi: 5.04.2019).
- Anonim, 2019d.** Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://bursa.tarimorman.gov.tr>- (Erişim Tarihi: 05.11.2018).
- Bayraç, H.N. 2010.** Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2): 229-259.
- Bekiroğlu, O. 2011.** Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi, II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, 24-27 Kasım 2011, İzmir.
- Bengtsson, J., Seddon, J. 2013.** Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 41: 291-300.
- Burns, R.T., Li, H., Xin, H., Gates, R.S., Overhults D.G., Earnest, J., Moody, L. 2008.** Greenhouse gas (GHG) emissions from broiler houses in the Southeastern United States. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, June 29-July 2 2008, USA.
- Calvet, S., Estellés, F., Cambra-López, M., Torres, A.G., Van den Weghe, H.F.A. 2011.** The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*, 90: 2449-2458.
- Cederberg, C., Sonesson, U., Henriksson, M., Sund, V., Davis, J. 2009.** Greenhouse Gas Emissions from Swedish Production of Meat, Milk and Eggs 1990 and 2005. SIK Report No 794, SIK-the Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg.

- Cesari, V., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A., Bava, L., Toschi, I. 2017. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *Journal of Clean Production*, 143: 904-911.
- Çınar, E., 2013. İneklerin ekolojik ayak izi raporu. [https://www.trouwnutrition.com.tr/contentassets/5ad87435a1d34111bb0d24d2c5a878b9/ruminant-katk-servisler/katk-servis\\_ubat-ruminant.pdf](https://www.trouwnutrition.com.tr/contentassets/5ad87435a1d34111bb0d24d2c5a878b9/ruminant-katk-servisler/katk-servis_ubat-ruminant.pdf) (Erişim Tarihi: 15.04.2019).
- Da Silva, V.P., Van der Werf, H.M.G., Soares, S.R., Corson, M.S. 2014. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. *Journal of Environmental Management*, 133: 222-231.
- Dekker, S.E.M., De Boer, I.J.M., Vermeij, I., Aarnink, A.J.A., Koerkamp, P.G. 2011. Ecological and economic evaluation of Dutch egg production systems. *Livestock Science*, 139: 109-121.
- De Vries, M., De Boer, I.J.M. 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessment. *Livestock Science*, 128: 1-11.
- Dokuzlu, S., Barış, O., Hecer, C., Güldaş M. 2013. Türkiye’de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27: 83-92.
- Dunkley, C.S., Fairchild, B.D., Ritz, C.W., Kiepper, B.H., Lacy, M.P. 2015. Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case Study. *Poultry Science Association*, 24: 73-79.
- EİA, 1994. U.S. Energy Information Administration. Carbon Dioxide Emission Factors for Coal. Energy Information Administration. [https://www.eia.gov/coal/production/quarterly/co2\\_article/co2.html](https://www.eia.gov/coal/production/quarterly/co2_article/co2.html) (Erişim Tarihi: 29.08.2018).
- FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim Tarihi:04.03.2019).
- FAO, 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> - (Erişim Tarihi:04.03.2019).
- Gerbens-Leenes, P.W., Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2013. The water footprint of poultry, pork and beef: A comparative study in different countries and production systems. *Water Resources and Industry*, 1: 25-36.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G. 2013. Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Italy, 115 pp.
- González-García, S., Gomez-Fernández, Z., Dias, A.C., Feijoo, G., Moreira, M.T., Arroja, L. 2014. Life cycle assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74: 125-134.
- Hellstrand, S. 2013. Animal production in a sustainable agriculture. *Environment, Development and Sustainability*, 15(4): 999-1036.
- Hinz, T., Linke, S. 1998. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings Part 2: Methods. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70: 111-118.
- Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No. 12.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M. 2012. The water footprint of humanity. *Proceedings of the national academy of sciences*, 109(9): 3232-3237.

- Houghton, J. 2005.** Global Warming. Reports on Progress in Physics, 68: 1343-1403.
- Haverkort, A.J., Bindraban, P.S., Conijn, J.G., De Ruijter, F.J. 2009.** A crop production ecology (CPE) approach to sustainable production of biomass for food, feed and fuel. *Outlook on Agriculture*, 38(3): 249-258.
- IPCC, 2006a.** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_10\\_Ch10\\_Livestock.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf) (Erişim Tarihi: 31.05.2019).
- IPCC, 2006b.** Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (Erişim Tarihi: 21.05.2019).
- IPCC, 2007.** The International Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. <https://www.ipcc.ch/> (Erişim Tarihi: 4.04.2019).
- ISO, 2014.** ISO 14046- Environmental management - Water footprint - Principles, requirements and guidelines. <https://www.iso.org/standard/43263.html> (Erişim Tarihi: 5.04.2019).
- Ibidhi, R., Hoekstra, A.Y., Gerbens-Leenes, P.W., Chouchane, H. 2017.** Water, land and carbon footprints of sheep and chicken meat produced in Tunisia under different farming systems. *Ecological indicators*, 77: 304-313.
- Jacobsen, R., Vandermeulen, V., Vanhuylenbroeck, G., Gellynck, X. 2014.** A life cycle assessment application: the carbon footprint of beef in Flanders (Belgium). *Springer*, 24: 73-79.
- Kalhor, T., Rajabipour, A., Akram, A., Sharifi, M. 2016.** Environmental impact assessment of chicken meat production using life cycle assessment. *Information Processing in Agriculture*, 3(4): 262-271.
- Kebreab, E., Liedke, A., Caro, D., Deimling, S., Binder, M., Finkbeiner, M. 2016.** Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production: A life cycle assessment. *Journal of Animal Science*, 94(6): 2664-2681.
- Keskin, B., Demirbaş, N. 2012.** Türkiye’de kanatlı eti sektöründe ortaya çıkan gelişmeler: Sorunlar ve öneriler. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 117-130.
- Kılıç, İ. 2011.** Hayvan Barınaklarında Hava Kirleticilerinin Karakterizasyonu. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Kılıç, İ., Amet, B. 2017.** Bir süt sığırı işletmesinin karbon ayak izinin tahminlenmesi: Bursa örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı): 134-142.
- Korkmaz, K. 2007.** Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. *Alatarım dergisi*, 6(2): 43-49.
- Köse, İ. 2018.** İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye’nin Paris Anlaşması’nı İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1): 55-81.
- Krauß, M., Keßler, J., Prochnow, A., Kraatz, S., Drastig, K. 2015.** Water productivity of poultry production: The influence of different broiler fattening systems. *Food and Energy Security*, 4: 76-85.
- Leinonen, I., Williams, A.G., Wiseman, J., Guy, J., Kyriazakis, I. 2012.** Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. *Poultry science*, 91(1): 8-25.
- Leinonen, I., Kyriazakis, I. 2013.** Quantifying the environmental impacts of UK broiler and egg production systems. *Lohmann Information*, 48(2): 45-50.



- Leinonen, I., Williams, A.G., Kyriazakis, I. 2014.** The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry Science*, 93: 256-266.
- Lesschen, J.P., Van den Berg, M., Westhoek, H.J., Witzke, H.P., Oenema, O. 2011.** Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166:16-28.
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A.Y. 2012.** A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15: 401-415.
- MGM, 2019.** T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/>- (Erişim Tarihi: 15.04.2019).
- Özsoy, C.E. 2015.** Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak-İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9): 198-215.
- Pelletier, N. 2008.** Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural Systems*, 98(2): 67-73.
- Ridoutt, B.G., Williams, S.R.O., Baud, S., Fraval, S., Marks, N. 2010.** The water footprint of dairy products: Case study involving skim milk powder. *Journal of Dairy Science*, 93(11): 5114-5117.
- Ridoutt, B.G., Sanguansri, P., Harper, G.S. 2011.** Comparing carbon and water footprints for beef cattle production in Southern Australia. *Sustainability*, 3: 2443-2455.
- Shepherd, T.A., Zhao, Y., Li, H., Stinn, J.P., Hayes, M.D., Xin, H. 2015.** Environmental assessment of three egg production systems—Part II. Ammonia, greenhouse gas, and particulate matter emissions. *Poultry science*, 94: 534-543.
- Şahin, G., Avcıoğlu, A.O. 2016.** Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3): 157-162.
- Toprak, D. 2006.** Sürdürülebilir kalkınma çevresinde çevre politikaları ve mali araçlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4: 146-169.
- Turan, E.S. 2017.** Türkiye'nin su ayak izi değerlendirmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(Ek-1): 55-62.
- TÜİK, 2017.** TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu Hayvancılık İstatistikleri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1002-](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002-) (Erişim Tarihi: 6.07.2018).
- TÜİK, 2018a.** TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu Seragazi Emisyon İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675-> (Erişim Tarihi: 25.03.2019).
- TÜİK, 2018b.** TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu Hayvancılık İstatistikleri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1002-](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002-) (Erişim Tarihi: 27.03.2019).
- TÜİK, 2019.** TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu Kümes Hayvancılığı, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=80&locale=tr-> (Erişim Tarihi: 27.03.2019).
- UN, 1987.** Report of the world commission on environment and development: our common future, World Commission on Environment and Development.
- UN, 2017.** United Nation Population Found Report. <https://www.unfpa.org/annual-report-> (Erişim Tarihi: 5.07.2018).
- Van Asselt, E.D., Van Bussel, L.G.J., Van Horne, P., Van der Voet, H., Van der Heijden, G.W.A.M., Van der Fels-Klerx, H.J. 2015.** Assessing the sustainability of egg production systems in The Netherlands. *Poultry Science*, 94: 1742-1750.
- Vergé, X.P.C., Dyer, J.A., Desjardins, R.L., Worth, D. 2009.** Long-term trends in greenhouse gas emissions from the Canadian poultry industry. *The Journal of Applied Poultry Research*, 18: 210–222.

**Wiedmann T., Minx, J. 2008.** A definition of ‘carbon footprint’. *Ecological economics research trends*, 1: 1-11.

**Xin, H., Gates, R.S., Green, A.R., Mitloehner, F.M., Moore J.R., P.A., Wathes, C.M. 2011.** Environmental impacts and sustainability of egg production systems. *Poultry Science*, 90: 263-277.

