

## Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Adet Broiler İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi

İlker Kılıç\*    Büşra Yaylı    Aydın Elekberov

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş tarihi (Received): 09.11.2018

Kabul tarihi (Accepted): 10.12.2018

### Anahtar kelimeler:

Karbon ayak izi, küresel ısınma, sera gazı, broiler kümesi

**Özet.** Türkiye’de nüfusun artması, buna bağlı olarak hayvansal kaynaklı proteine ihtiyacın artış göstermesi, tarımsal arazilerin yok olması, ürün veriminde sürekli artış elde edilmek istenmesi gibi nedenlerle entansif işletmeler yaygınlık kazanmıştır. Birim alanda daha fazla üretim yapılan yoğun işletmecilik sistemlerinin bir sonucu olarak olumsuz çevresel etkileri artmakta ve gaz emisyonlarıyla küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının başında metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diazot oksit (N<sub>2</sub>O) gelmektedir. Bir işletmenin küresel ısınmaya katkısının en önemli göstergelerinden birisi karbon ayak izidir. İşletmenin karbon ayak izi hesaplanmasıyla o işletmenin küresel ısınmaya olan katkısı da belirlenmiş olacaktır. Karbon ayak izinin hesaplanmasında kullanılan en yaygın yöntem Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tier yaklaşımlarıdır. Tier yaklaşımı 1, 2 ve 3 olmak üzere üç çeşittir. Bu çalışmada; Bursa bölgesinde faaliyet gösteren üç farklı broiler kümesinin karbon ayak izi belirlenmesi amacıyla Tier 1 yöntemi kullanılarak küresel ısınmaya etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen broiler kümeslerinde üretilen 1 kg tavuk eti başına karbon ayak izi broiler kümesi 1, 2 ve 3 için sırasıyla 2.2, 3.4 ve 3 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak bulunmuştur.

### \*Sorumlu yazar

ikilic@uludag.edu.tr

## Estimation of Carbon Footprint of Three Broiler Houses Operated in Bursa Region

### Keywords:

Carbon footprint, global warming, greenhouse gas, broiler farm

**Abstract.** Increasing the population in Turkey, accordingly, the increase in the need for animal-derived protein, destruction of agricultural lands, demand continuous input of product yield for reasons such as intensive operation have gained widespread. As a consequence of intensive management system where more production is made in the unit area, negative environmental impacts are increasing and contribute to global warming with gas emissions. Methane (CH<sub>4</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and diazot oxide (N<sub>2</sub>O) are the main greenhouse gases that cause global warming. Carbon footprint is the measure of the damage caused by human activities to the environment in terms of the amount of greenhouse gases that are measured in units of carbon dioxide. The most common method used in calculating carbon footprint are Tier 1-2-3 approaches developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The aim of this study is to determine the effect of three different broiler farms in Bursa region on global warming by using Tier 1 method to determine the carbon footprint. At the end of the study, carbon footprint per kg of produced hen meat in monitored broiler houses 1,2 and 3 were calculated as 2.2, 3.4 and 3 kg CO<sub>2</sub> equivalent, respectively.

## GİRİŞ

Dünya nüfusu sürekli olarak artmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından yapılan son tahminlere göre, dünya nüfusunun 2030 yılında 8.6 milyar, 2050 yılında 9.8 milyar ve 2100 yılında 11.2 milyara ulaşması beklenmektedir. Artan nüfusla birlikte gıdaya olan talep de artmaktadır. Dengeli beslenme için günlük alınması gereken besin ihtiyacının önemli bir kısmını hayvansal kaynaklı proteinler oluşturmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre ülkemizde tavuk etinin az yağlı, protein değerinin yüksek, vitamin ve mineraller açısından zengin olması, hazırlanmasının kolaylığı, çok çeşitli yemeklerde kullanılabilmesi ve fiyatlarının kırmızı ete kıyasla çok daha uygun olması gibi nedenler tavuk eti tüketimini arttırmıştır (Dokuzlu ve ark., 2013). Artan nüfustaki bu istekleri karşılamak için birim alanda yoğun üretim yapılan broyles işletmeleri yaygınlık kazanmaya başlamıştır. Ancak hayvansal üretimde entansifleşmenin olumsuz bir sonucu olarak çevre üzerindeki baskılar ve küresel ısınmaya sebep olan sera gazları emisyonlarının etkileri artmıştır.

Küresel ısınma; çoğunlukla insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının (başlıca karbondioksit, metan ve diazot oksit) dünya üzerinde sıcaklık artışına neden olmasıdır. Kyoto Protokolü'nde küresel ısınmaya neden olan sera gazları ve salınım kaynakları karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazot oksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) ve sülfürhekza florid (SF<sub>6</sub>) olarak belirtilmiştir.

Endüstriyel işletmelerin küresel ısınmaya olan etkilerini belirlemek 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 2007; Kılıç ve Amet 2017). Diğer bir ifadeyle; kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi gibi faaliyetlerden kaynaklanan toplam sera gazları salım miktarının karbondioksit cinsinden ifadesidir. Karbon ayak izi; birincil ayak izi ve ikincil ayak izi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil ayak izi; evsel enerji tüketimi ve ulaşım da dâhil olmakla birlikte fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO<sub>2</sub> emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise; kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden, bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO<sub>2</sub> emisyonlarının ölçüsüdür. Bu çalışmada ikincil karbon ayak izi incelenecektir. IPCC sera gazları emisyonlarının ölçülerinin hesaplanabilmesi için Tier 1-2-3 yöntemlerini geliştirmiştir.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO)'a göre toplam sera gazının %18'i tarımsal faaliyetler sonucunda açığa çıkmaktadır ve bu değer %14.5'i hayvancılık işletmelerinden kaynaklanmaktadır. Gerber *et al.* (2013), küresel ısınma potansiyelinin (CO<sub>2</sub> eşdeğerlik olarak) %14.5'ini hayvansal üretim oluşturmaktadır ve hayvancılık sektöründen kaynaklanan emisyonların %8'inin ise kümes hayvancılığı ve büyükbaş hayvancılıktan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Hayvancılık işletmeleri, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonları açısından önemli üretici kaynaklardır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 100 yıllık bir zaman sürecini göz önüne alarak CO<sub>2</sub> eşdeğerliği cinsinden küresel ısınma potansiyellerinin 1 kg CH<sub>4</sub> gazının 25 kg CO<sub>2</sub> ve 1 kg N<sub>2</sub>O gazının 298 kg CO<sub>2</sub> ile eşdeğer olduğunu belirtmiştir. Bu veriler N<sub>2</sub>O gazının atmosferde ısıyı absorbe etme kapasitesinin CH<sub>4</sub> gazından daha yüksek olduğunu göstermektedir. Broyles kümeslerinden kaynaklanan gaz emisyonlarını N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Bursa ilinde faaliyet gösteren üç adet broyles işletmesinde barınak sınırları içerisinde ortaya çıkan sera gazlarının emisyonlarının ölçülerek karbon ayak izinin tahminlenmesidir.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın materyalini karbon ayak izinin tahminlenmesi amacıyla Bursa'da faaliyet gösteren üç adet broyles işletmesi oluşturmaktadır.

Broyles sektöründe çevresel etkilerde önemli rol oynayan konular şunlardır: üretim performansları (besleme, yem dönüşüm oranı, canlı ağırlığı, ölüm oranı), gübre yönetimi, enerji sarfiyatı ve birim alandaki yoğunluktur (Bengtsson and Seddon 2013; Da Silva *et al.*, 2014; Leinonen *et al.*, 2014). Karbon ayak izi tahminlenirken CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> emisyonları incelenmektedir ve N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> gazlarının CO<sub>2</sub> cinsinden eşdeğerlikleri belirlenmektedir. Dunkley *et al.* (2015)'nin yaptıkları bir çalışmada, hayvancılık işletmelerindeki emisyonları mekanik ve mekanik olmayan emisyonlar şeklinde belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmada barınaklardan oluşan emisyonlar; üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar ve üretimden olan emisyonlar olarak incelenmiştir.

### Üretime Yardımcı Sistemlerden Oluşan Emisyonlar

Broyles işletmelerindeki emisyonların çoğunluğunu üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar

oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen broylar işletmelerinde üretime yardımcı sistemlerden olan emisyon kaynaklarını; havalandırma, aydınlatma ve elektrik tüketimi ile ısıtma için kullanılan yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır.

Barınak ortamında hayvanlar için temiz iç ortam havasının oluşması havalandırmayla mümkün olmaktadır. Havalandırma yapmak tavukların sağlıklı kalabilmesi ve yemlemede randıman açısından önemlidir. Çalışmamız kapsamındaki broylar kümeslerinde havalandırma mekanik yolla sağlanmaktadır. Kümeslerde aydınlatma tavukların fizyolojik davranışları ve verimlilikleri açısından önemlidir. Genel olarak gündüzleri pencere ile akşamları ise lambalar ile aydınlatma yapılmaktadır. İncelenen işletmelerdeki aydınlatma planına göre 12 saat aydınlatma yapılmaktadır. Karbon ayak izinin tahminlenmesi için elektrik emisyon faktörü 0.40 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik kW h<sup>-1</sup> (Jacobsen *et al.*, 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt için emisyon faktörleri (Jacobsen *et al.*, 2014).

Table 1. Electric and fuel emission factors used in carbon footprint.

İsim	Katsayı	Birim
Elektrik	0.40	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği kWh <sup>-1</sup>
Motorin	2.66	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği kg <sup>-1</sup>
Kömür	2.86	kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği kg <sup>-1</sup>

Tavuklar sıcaklığa karşı hassas hayvanlardır ve kümes iç ortam ısısı önemlidir. Barınağın ısıtılmasında yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Ayrıca ölmüş hayvanların imhası için kullanılan yakma fırınlarında da kömür kullanılmaktadır. Yakma işlemi sonucunda salınan en önemli gazlar CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ve CO'dur. Kömürün yakılmasıyla açığa çıkan emisyon faktörü 2.86 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik kg<sup>-1</sup> (EIA 1994) ve dizel yakıt emisyon faktörü ise 2.66 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerlik kg<sup>-1</sup> (Jacobsen *et al.*, 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 1).

Barınak ortamında yem dağıtım gibi çeşitli amaçlarla kullanılan çiftlik ekipmanları için de yararlanılan yakıtlardan emisyonlar ortaya çıkmaktadır.

### Üretimden ya da Kümeslerden olan Emisyonlar

İncelenen broylar işletmelerinden açığa çıkan gübre ve altlık materyalinden oluşan emisyonlar bu gruba girmektedir. Tavuklarda ruminant sistem yoktur, geniş getirmezler. Basit mideye sahiptirler ve çok az mikrobiyal fermantasyon gerçekleştirirler. Organik atıklardan temel olarak (gübre ve altlık malzeme atıkları) NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> gazı emisyonları ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çalışmada, altlık materyal ve

gübrenin karışımından (taşımaya, depolama ve uygulama dâhil) NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve PO<sub>3</sub><sup>-3</sup> emisyonlarının açığa çıktığını belirtilmiştir (González-García *et al.*, 2014).

Çalışmada sera gazı konsantrasyon değerleri kış ve yaz mevsimleri boyunca 24 saat sürekli olarak üç adet broylar işletmesinde çoklu gaz analizörü (Multi RAE Lite, Honeywell, USA) ile ölçülmüştür. Ölçülen sera gazları için aşağıda verilen eşitlik (Eşitlik 1) yardımıyla emisyon değerleri hesaplanmıştır (Hinze and Linke 1998). N<sub>2</sub>O için emisyon değerleri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Burns *et al.*, 2008).

$$E = (C_e - C_i) \cdot Q \quad (1)$$

Eşitlikte;

E = Kümeden olan emisyon miktarı, (g h<sup>-1</sup>)

C<sub>e</sub>=Kirlenici gazların barınak içerisindeki konsantrasyonu, (g m<sup>-3</sup>)

C<sub>i</sub>=Kirlenici gazların giriş konsantrasyonu, (g m<sup>-3</sup>)

Q=Barınakta uygulanan havalandırma miktarı, (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>)

Üretimden olan emisyonlar için CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerlikleri IPCC (2006)'den alınmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon faktör değerleri.

Table 2. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emission factor values.

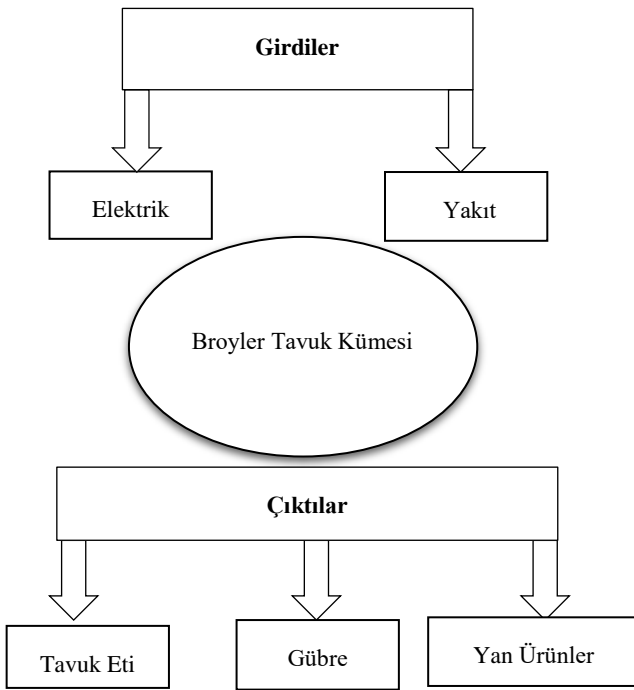
Parametre	Emisyon Faktörü kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	Kaynak
CH <sub>4</sub>	25	IPCC (2006)
N <sub>2</sub> O	298	IPCC (2006)

### Çalışmanın Sistem Sınırları

Bu çalışmanın sistem sınırlarını, ham maddenin işletmeye girmesinden ürünün çiftlik kapısından çıkmasına kadar ki benzin ve ilaç tüketimi dışındaki tüm süreçleri içermektedir. Çalışmada dikkate alınan tüm girdi ve çıktılar Şekil 1'de verilmiştir. İşletmedeki elektrik kullanımı, çiftlik yakıtı, yem takviyeleri girdileri oluştururken; tavuk eti, diğer yan ürünler ve atık gübre çıktıları oluşturmaktadır.

### Fonksiyonel Birim

Çalışmada karbon ayak izi belirlenen fonksiyonel birim başına hesaplanmıştır. Buna göre broylar et üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde (González-García *et al.*, 2014), fonksiyonel birim olarak 1 kg tavuk eti veya marketlerde satışa sunulan 1.2 kg ağırlığında 1 paket tavuk eti olarak alındığı görülmüştür. Bu noktadan hareketle çalışmada, fonksiyonel birim olarak 1 kg çiğ tavuk eti göz önüne alınmıştır.



**Şekil 1.** Çalışmanın sistem sınırları.  
Figure 1. The system boundaries of this study.

**Çizelge 3.** İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri.

Table 3. Structural characteristics of the monitored operations.

Kümesler	İşletme yeri	Yetiştiricilik sistemi	Kapasite	Yerleşim sıklığı tavuk m <sup>-2</sup>	Havalandırma sistemi	Gübre temizleme	Bina yönü
BK1	Akçalar	Altlık Sistem	10000	33	Mekanik	Altlık+Gübre	Kuzey-Doğu
BK2	Gölkıy	Altlık Sistem	12000	10	Mekanik+Doğal	Altlık+Gübre	Kuzey-Doğu
BK3	Görükle	Altlık Sistem	24000	33	Mekanik	Altlık+Gübre	Doğu-Batı

**Çizelge 4.** İncelenen kümeslerin boyutsal özellikleri.

Table 4. Dimensional properties of the examined shelter.

Kümesler	En (m)	Boy (m)	Duvar Yüksekliği (m)
BK1	8.6	39	2.2
BK2	12.5	100	2.9
BK3	14.4	27.7	2.7

İncelenen broylar işletmeleri ile ilgili genel bilgiler Çizelge 5’de verilmiştir. Karbon ayak izi için önemli olan işletme özellikleri emisyonların miktarını önemli düzeyde etkilemektedir.

**Çizelge 5.** İncelenen kümeslerin üretim özellikleri.

Table 5. Productional characteristics of the shelter examined.

Parametre	Miktar
Yem tüketimi (kg)	4.4
Yetiştirme süresi (gün)	40
Ortalama kesim ağırlığı (kg)	2
Tavuk Eti Üretimi (kg)	
BK 1	20000
BK 2	24000
BK 3	48000

**BULGULAR VE TARTIŞMA**

Bu çalışmada; Bursa ilinde faaliyet gösteren üç adet broylar işletmesinde barınak sınırları içerisinde ortaya çıkan sera gazlarının emisyonlarının ölçülerek karbon ayak izinin tahminlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma, hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı Bursa ilinin Nilüfer ilçesine bağlı Akçalar ve Görükle Mahalleleri (Broylar Kümesi (BK) 1 ve 3) ile Karacabey ilçesine bağlı Gökıy Köyü (Broylar Kümesi 2)’nde bulunan kümeslerde yürütülmüştür. İncelenen kümeslere ilişkin yapısal ve boyutsal özellikler Çizelge 3 ve 4’de verilmiştir.

BK1’de mekanik havalandırma sisteminde 150 cm çapında 4 adet fan kullanırken, BK2’de 120 cm çapında 5 adet ve BK3’de ise bir adet 200 cm çapındaki havalandırma fanı kullanılmaktadır. Yaz döneminde BK1 ve BK3’te iç ortam sıcaklığını azaltmak için havalandırma dışında soğutma pedleri de kullanılmaktadır.

Buna göre üretilen 1 kg tavuk eti başına gereksinim duyulan girdi miktarları Çizelge 6’da verilmiştir.

**Çizelge 6.** Üretilen 1 kg tavuk eti için gereksinim duyulan üretim girdileri.

Table 6. Required production inputs per kg of chicken meat.

Parametre	Miktar
<b>Yem tüketimi (kg)</b>	
BK1	0.95
BK2	0.95
BK3	1.05
<b>Kömür kullanımı (kg)</b>	
BK1	0.22
BK2	0.25
BK3	0.20

Çalışmada incelenen kümeslerde, 1 kg tavuk eti başına ortalama 1.76 kg gübre üretilmiştir. İşletmelerde üretilen gübre miktarı üretilen tavuk eti miktarına oranlanarak bu değer hesaplanmıştır. 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 kümeslerden 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gaz emisyon miktarları Çizelge 7’de verilmiştir.

**Çizelge 7.** Üretilen 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gaz emisyonları.

Table 7. N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> gas emissions per kg chicken meat produced.

Kaynak	Kümes	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Kümes</b> (kg/40 gün.1 kg tavuk eti)	BK1	0.0131	0.000004	0.960
	BK2	0.0131	0.000008	1.069
	BK3	0.0131	0.000001	0.420
<b>Gübre</b> (kg/40 gün.1 kg tavuk eti)	BK1	0.0557	0.000019	4.094
	BK2	0.0557	0.000034	4.558
	BK3	0.0557	0.000004	1.789

Üretilen kirlenici gaz emisyonlarından CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> barınak içerisinde yapılan ölçümler sonucunda bulunurken N<sub>2</sub>O değerleri Burns *et al.* (2008)’ten alınmıştır. Bu çalışmada, incelenen broiler kümesi ile benzer özellikler gösteren bir broiler kümesinde yapılan ölçümler sonucunda N<sub>2</sub>O emisyonunu tavuk başına 1.72 gr olarak ölçmüşlerdir. Bu değer kullanılarak çalışmamızda incelenen broiler 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 kümeden iç ortamından kaynaklanmaktadır (Cederberg *et al.*, 2009).

Çizelge 8’de incelenen broiler kümeslerinin karbon ayak izini oluşturan farklı parametreler verilmiştir. Çalışma sınırları içerisinde değerlendirilen her bir parametrenin karbon ayak izinden hareketle işletmenin toplam karbon ayak izine ulaşılmıştır.

Cesari *et al.* (2017), İtalya’da faaliyet gösteren broiler işletmelerinin karbon ayak izini belirledikleri çalışmalarında, 1.6 kg’lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuklar için küresel ısınma potansiyelini 1 kg tavuk eti başına 3.03 kgCO<sub>2</sub> eşdeğerliği olarak bulmuşlardır. Bu değer, çalışmamızda bulduğumuz değerler ile uyum içerisindedir. Gonzalez-Garcia *et al.* (2014), Portekiz et tavukçuluğunun yaşam döngüsü değerlendirmesini yaptıkları çalışmalarında ise 1.2 kg’lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuklar için

küresel ısınma potansiyelini 2.7 kg CO<sub>2</sub> eşdeğerliği olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada incelenen kümesteki tavukların canlı ağırlıklarının çalışmamızda incelenen tavuklara göre daha az olması nedeniyle yem tüketimlerinin azalması ve dolayısıyla üretilen birim tavuk eti başına üretilen CO<sub>2</sub> miktarını azaltmıştır. Ancak, çalışmamızda hesaplanan ortalama karbon ayak izi değeri ile benzerlik göstermektedir.

**Çizelge 8.** İncelenen broiler kümeslerinin karbon ayak izi.  
Table 8. Carbon footprint of the monitored broiler houses.

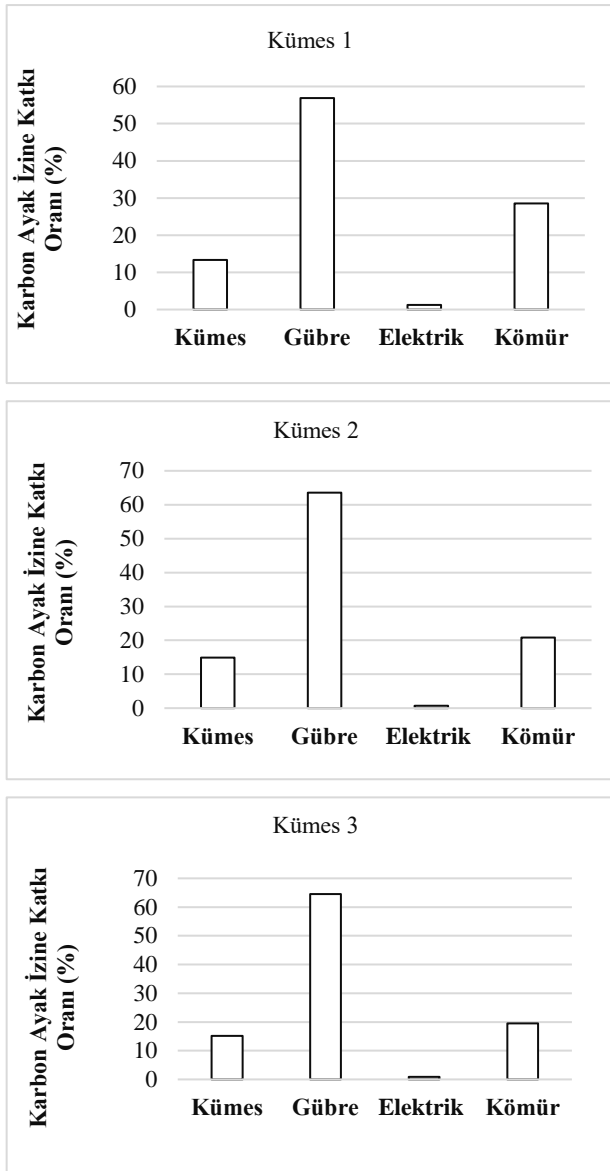
Kaynak	Kümes	Karbon Ayak İzi ( 1 kg tavuk eti için)	
		kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	%
<b>Kümes</b>	BK 1	0.3	13.3
	BK 2	0.5	14.9
	BK 3	0.4	15.1
<b>Gübre</b>	BK 1	1.3	56.9
	BK 2	2.2	63.6
	BK 3	1.9	64.5
<b>Elektrik</b>	BK 1	0.0	1.2
	BK 2	0.0	0.7
	BK 3	0.0	0.9
<b>Kömür</b>	BK 1	0.6	28.5
	BK 2	0.7	20.8
	BK 3	0.6	19.5
<b>Toplam</b>	BK 1	2.2	
	BK 2	3.4	100
	BK 3	3.0	

Çalışmada incelenen kümeslerde karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgeye göre yaz mevsiminde gerçekleşen karbon ayak izi değerleri kış mevsimine göre daha düşük seyretmiştir.

**Çizelge 9.** Karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi.  
Table 9. The variations in carbon footprint of broiler houses in different season.

Kaynak	Kümes	Kış	Yaz
<b>Kümes</b> kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	BK 1	0.07	0.23
	BK 2	0.26	0.25
	BK 3	0.24	0.21
<b>Gübre</b> kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	BK 1	0.29	0.98
	BK 2	1.12	1.06
	BK 3	1.02	0.89
<b>Elektrik</b> kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	BK 1	0.02	0.01
	BK 2	0.01	0.01
	BK 3	0.02	0.01
<b>Kömür</b> kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	BK 1	0.64	-
	BK 2	0.72	-
	BK 3	0.58	-
<b>Toplam</b> kg CO <sub>2</sub> eşdeğerliği	BK 1	1.0	1.2
	BK 2	2.1	1.3
	BK 3	1.8	1.2

Şekil 2’ye göre broiler işletmelerinin karbon ayak izinin önemli bir bölümü gübreten kaynaklanmaktadır. Buna karşın en az katkıyı tüketilen elektriğin neden olduğu CO<sub>2</sub> eşdeğerliğinde sera gazı emisyonları sağlamaktadır.



**Şekil 2.** Parametrelerin karbon ayak izine katkıları.  
Figure 2. Contributions of parameters to carbon footprint.

## SONUÇ

Çalışma sonuçlarına göre incelenen broylar işletmelerinin 1 kg tavuk eti üretimine karşılık BK1, BK2 ve BK3 için sırasıyla 2.2, 3.4 ve 3.0 kg CO<sub>2</sub> ürettiği belirlenmiştir. Çalışmada Bursa bölgesi koşullarında yetiştiricilik yapan broylar kümeslerinin 1 kg tavuk eti üretimi için ortalama 2.9 kg CO<sub>2</sub> ürettikleri hesaplanmıştır.

İşletmenin girdi ve çıktılarının karbon ayak izi üzerindeki etkileri açısından değerlendirildiğinde en büyük kısmını gübreden kaynaklanan emisyonlardan oluştuğu ve işletmede kullanılan elektriğin ise en küçük paya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle Bursa bölgesinde faaliyet gösteren broylar işletmelerinin karbon ayak izinin azaltılması için gübreden kaynaklanan emisyonlar üzerinde durulması gerekmektedir. Özellikle gübrenin uygun koşullarda

depolanması ve gaz emisyonlarının azaltılmasına yönelik işletmelere özgü en uygun azaltma stratejilerinin uygulanması gerekmektedir.

Bu kapsamda, gübreden kaynaklanan emisyonları azaltacak, yem rasyonunda değişiklik, yeme ilave maddeler eklenmesi, iyi planlanmış gübre işletim sistemleri gibi çeşitli stratejilerin uygulanması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Bengtsson J and 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 RT., Li H., Xin H., Gates RS., Overhults DG., Earnest J and 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, USA.
- Cederberg C., Sonesson U., Henriksson M., Sund V and 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., Tamburuni A., Bava L and Toschi I., 2017. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 143: 904-911.
- Çınar E., 2007. İneklerin ekolojik ayak izi raporu. *Animal Science Journal*, 2013(Rum 38): 210-218.
- Da Silva VP., Van der Werf HMG., Soares SR and Corson MS., 2014. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. *Journal of Environmental Management*, 133: 222-231.
- Dokuzlu S., Barış O., Hecer C ve Güldaş M., 2013. Türkiye'de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2):83-92.
- Dunkley CS., Fairchild BD., Ritz CW., Kiepper BH and Lacy MP., 2015. Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case study. *Poultry Science Association*, 24: 73-79.
- EİA 1994. Carbon Dioxide Emission Factors for Coal. [https://www.eia.gov/coal/production/quarterly/co2\\_article/co2.html](https://www.eia.gov/coal/production/quarterly/co2_article/co2.html). [Erişim: 29 Ağustos 2018].
- González-García S., Gomez-Fernández Z., Dias AC., Feijoo G., Moreira MT and Arroja L., 2014. Life cycle assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74: 125-134.
- Gerber PJ., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A and 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), Rome.
- Hinz T and 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.
- IPCC 2006. Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. [Erişim: 26 Ağustos 2018].
- Jacobsen R., Vandermeulen V., Vanhuylbroeck G and Gellynck X., 2014. A life cycle assessment application: the carbon footprint of beef in Flanders (Belgium). *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Springer Science+Business Media, 24(1): 73-79.
- Kılıç İ ve Amet B., 2017. Bir süt sığırlı işletmesinin karbon ayak izinin tahminlenmesi: Bursa örneği. *Gaiosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı): 134-142.
- Leinonen I., Williams AG and Kyriazakis I., 2014. The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry Science*, 93: 256-266.
- United Nations 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/kyoto-protocol-html-version>. [Erişim: 7 Ağustos 2018].