



Bir Süt Sığırı İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi: Bursa Örneği

İlker KILIÇ^{1*} Begüm AMET¹

¹ Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü 16059, Nilüfer / Bursa
* e-posta: ikilic@uludag.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 29.05.2017

Kabul tarihi (Accepted): 21.07.2017

Online Baskı tarihi (Printed Online): 19.12.2017

Yazılı baskı tarihi (Printed): 29.12.2017

Öz: Dünya nüfusunun ve insan gereksinimlerinin giderek artması, günümüz toplumsal yaşam tarzlarının gereklilikleri varolan kaynakların zaman içinde tükenmesine ve gıda maddelerinin üretiminin artmasına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak azalan kaynaklar üzerindeki üretimin artırılması süt sığırı işletmelerinde olduğu gibi birim alanda daha fazla üretim yapılmasına olanak sağlayan yoğun yetiştiricilik sistemlerinin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bunların sonucunda birçok çevresel problem ortaya çıkmış olup iklim değişiklikleri ve küresel ısınma bunlardan birisidir. Küresel ısınma; atmosfere salınan başlıca gazların neden olduğu düşünülen sera etkisi sonucunda dünya üzerinde yıl boyunca kara, deniz ve havada ölçülen ortalama sıcaklıklarda görülen artışa verilen isimdir. Yoğun yetiştiricilik sistemlerini kullanan süt sığırı işletmeleri küresel ısınmaya neden olan gazların (karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄)) önemli bir kaynağıdır. İnsanların faaliyetlerinde, üretim ve tüketim çıktılarını net bir şekilde görebilmeleri karbon ayak izi kavramını ortaya çıkarmıştır. Karbon ayak izi; birim CO₂ cinsinden üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Süt sığırcılığında olduğu gibi diğer bütün endüstriyel üretimlerin karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan en yaygın yöntem, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tier 1-2-3 yaklaşımlarıdır. Bu çalışmada Bursa bölgesinde faaliyet gösteren bir süt sığırı işletmesinin karbon ayak izi Tier 1 yöntemine göre hesaplanarak küresel ısınmaya katkısı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, karbondioksit, metan, sera gazı, süt sığırı işletmeleri

Estimation of Carbon Footprint of a Dairy Cattle Operation: Bursa Case Study

Abstract: Increasing world population and human needs, the necessities of today's social lifestyles lead to the depletion of existing resources over time and the increase of the production of foodstuffs. As a result, increasing production on decreasing resources has led to widespread use of intensive aquaculture systems, which allow for more production in the unit area as well as in milk-based operations. The end result is that many environmental problems have arisen and climate change and global warming are one of them. Global warming; Is the name given to the increase in average temperatures measured in land, sea and air throughout the year as a result of the greenhouse effect, which is thought to be the main gas released to the atmosphere. Dairy cattle operations using intensive aquaculture systems are an important source of global warming gases. Carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) are the leading gases of greenhouse effect. The ability to see clearly the output of production and consumption in people's activities reveals the concept of carbon footprint. For this reason, the concept of carbon footprint has become very popular in recent years. Carbon footprint; Is a measure of the damage that human activities cause to the environment in terms of the amount of greenhouse gas produced as a unit of carbon dioxide. In order to determine greenhouse gas concentration values, a wide range of fleet calculation methods have been developed, from simple online calculators to advanced life cycle circles and input-output based methods. The most common method used in carbon footprint calculations of all other industrial crops, such as in dairy cattle, is the Tier 1-2-3 approach developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In this study, carbon footprint of a dairy cattle operations in Bursa region was calculated using Tier 1 method to determine global warming potential.

Keywords: Carbon footprint, carbon dioxide, dairy cattle enterprises, green house gas, methane

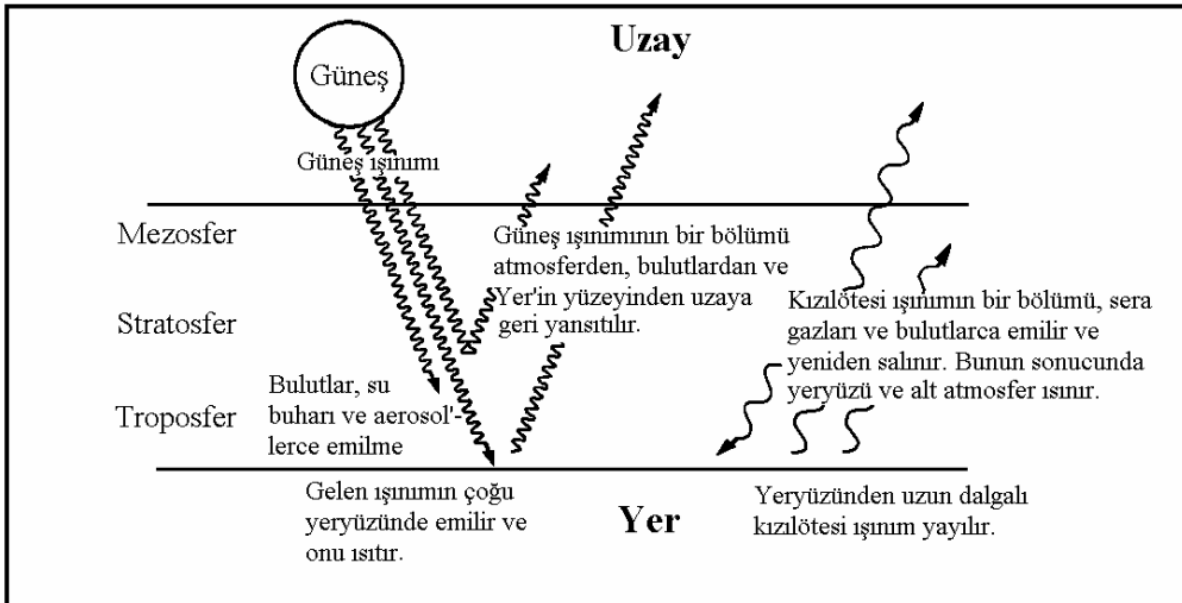
1. Giriş

Dünya nüfusu en güncel tahminlere göre 7.44 milyarı geçmiştir. Bu rakamın Birleşmiş Milletler Nüfus Projeksiyonuna göre 2050 yılında 12 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonim 2017).

Dünya nüfusunun ve insan ihtiyaçlarının giderek artması, günümüz toplumsal yaşam tarzlarının gereklilikleri varolan kaynakların zaman içinde tükenmesine ve gıda maddelerinin üretiminin artmasına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak azalan kaynaklar üzerindeki üretimin artırılması süt sığırcı işletmelerinde olduğu gibi birim alanda daha fazla üretim yapılmasına olanak sağlayan yoğun yetiştiricilik sistemlerinin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ayrıca, 18.-19. yy'da sanayi devriminin ortaya çıkmasıyla ulaşılabilir ve kullanılabilir nitelikte olan doğal kaynakların tükenmesi günümüzde hızlı bir şekilde devam etmektedir. Bunların sonucu birçok çevresel problem baş göstermiş olup dünya

üzerinde iklim değişiklikleri ve küresel ısınma bunlardan birisidir.

Küresel ısınma; insanların çeşitli faaliyetleri sonucu oluşan ve sera gazları olarak adlandırılan gazların atmosferde yoğun şekilde artması ile yeryüzüne yakın atmosfer tabakaları ile yeryüzü sıcaklığının yapay olarak artması sürecidir. Başka bir anlatımla küresel ısınma, bütün dünyada sıcaklığın sistematik bir şekilde artması sürecidir (Bayraç 2010). Başka bir tanıma göre küresel ısınma; atmosfere salınan başlıca gazların neden olduğu düşünülen sera etkisinin sonucunda dünya üzerinde yıl boyunca kara, deniz ve havada ölçülen ortalama sıcaklıklarda görülen artışa verilen isimdir (Şekil 1). Yoğun yetiştiricilik sistemlerini kullanan süt sığırcı işletmeleri küresel ısınmaya neden olan gazların önemli bir kaynağıdır. Sera etkisine neden olan gazların başında karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) gelmektedir (Türkeş 2000).



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi (Türkeş, 2000)

Figure 1. Schematic presentation of the greenhouse effect

İnsanların faaliyetlerinin küresel ısınma üzerine etkilerini görebilmeleri için karbon ayak izi kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle karbon ayak izi kavramı son yıllarda çok popüler bir hale gelmiştir. Lynas (2009) insan gereksinimlerinin karşılanması üzerine

gerçekleştirilen her türlü tüketim faaliyetlerinin doğa üzerinde oluşturduğu etkiyi karbon ayak izi olarak tanımlamıştır. Diğer bir anlatımla; karbon ayak izi, bireylerin veya ülkelerin tüketim faaliyetlerinin gezegen üzerinde yol açtığı etkinin boyutunun belirlenmesinde, karşılaştırılmasında

ve ortaya çıkan gerek küresel gerekse yerel sorunlara çözümler getirilmesinde önemli bir ölçme aracıdır (Lynas 2009, Wiedmann ve Minx 2008). Karbon ayak izinin hesaplanmasında sera gazlarının emisyon konsantrasyonlarındaki değişikliği ölçmek için çeşitli ölçüm aletleri ve mekanizmaları tasarlanmıştır. Ayrıca ölçüm sonuçlarının detaylı hesaplanması için basit çevrimiçi hesaplayıcılardan gelişmiş hayat döngüsü çemberlerine ve girdi-çıkı temelli yöntemlere kadar çok geniş bir yelpazede hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir (Güven ve İlker 2016).

Tüm bu bilgilerin ışığında bilim insanları ve araştırmacılar her sektörde olduğu gibi tarım sektöründe ve tarımsal faaliyetlerde de küresel ısınmayı etkileyecek kadar gaz emisyonunun karbon ayak izine etkisi olduğunu fark etmişlerdir. Tarımsal alanda küresel ısınmayı tetikleyen faktörlerin başlıcaları hayvansal üretim ve çeltik tarlalarıdır. Karbon ayak izinin hesaplamaları sonucunda karbon emisyonuna ve dolayısıyla sera gazlarına sebep olan parametrelerin yaklaşık olarak %17'si gıda ürünleri tüketimi sonucu ortaya çıkmaktadır (WWF 2012).

Hayvancılık faaliyetleri et, süt, yün ve deri gibi ürünlerin esas kaynağını teşkil ederler ve bu nedenle tarım sektörünün alt kategorileri olarak vazgeçilmez unsurlardır. Ancak hayvansal üretimde süt sığırcılığı gibi geviş getiren hayvanların bazı sakıncaları da vardır. Bu hayvanlarda ruminal sindirimin doğal sonucu olarak, CH₄ gazı oluşur. Yemle alınan brüt enerjinin %2-12'si rumendeki mikrobiyal sindirim esnasında CH₄ gazına dönüşerek kaybedilmektedir. CH₄ ile kaybedilen enerji hem ekonomik, hem de ekolojik açıdan sorun oluşturmaktadır. Çünkü CH₄ küresel ısınmaya yol açan önemli bir sera gazıdır (Öztürk 2007). CH₄, sera gazları içerisinde CO₂'den sonra gelen ve sera gazları oluşumunda etkisi %18'lere kadar çıkan en önemli gazdır. Ruminantların insan faaliyetleri sonucunda küresel ısınma üzerindeki rolü de buradan kaynaklanmaktadır. Yetişkin bir sığırın rumeninde günde 500–1500 litre gaz oluşmakta ve bu gazın %50-60'ını CO₂,

%30-40'ını da CH₄ oluşturmaktadır. Yüz yıllık bir zaman dilimi zarfında CH₄ gazı CO₂ gazına göre, kızıl ötesi ışınları 58 kat daha fazla absorbe etme yeteneğine ve atmosferi de 23 kat daha fazla ısıtma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle atmosferdeki ömrü ortalama 10 yıl olan CH₄ gazının küresel ısınmadaki rolü oldukça büyüktür (IPCC 2006a, Öztürk 2007).

Ayrıca hayvansal üretim sonucu açığa çıkan CH₄ gazının diğer bir kaynağı da hayvansal gübredir. Gübrenin gübre çukurunda biriktirilmesi ya da yanma işlemi tamamlandıktan sonra toprağa uygulanması aşamasında anaerobik bakteriyel faaliyetlerin devamlılığı ile ortaya çıkan CH₄'da enterik fermantasyon sonucu ortaya çıkan CH₄ gazı kadar önemli bir kirleticidir (Lusk 1998).

Bu çalışmanın amacı Bursa bölgesinde faaliyet gösteren kapalı sistem yetiştiricilik yapan bir süt sığırcılığı işletmesinin 2014-2015 yılları arasında bir yıllık karbon ayak izini tahminlemektir. Böylece bu işletmenin küresel ısınmaya katkısı ortaya çıkarılmış olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma materyali olarak Bursa bölgesinde faaliyet gösteren kapalı, serbest duraklı ve gübre küreyici sistemli bir süt sığırcılığı işletmesi incelenmiştir. Süt sığırcılığı barınağı doğal havalandırma sistemine sahip olup, 72 baş sağmal süt sığırcılığı kapasitesine sahiptir. Genç hayvanlar ve kurudaki hayvanlar sağmal hayvanlar ile aynı barınakta fakat farklı yetiştiricilik sisteminde barındırılırken, buzağular kulübede barındırılmaktadır. Sağmal hayvanlar serbest duraklarda ve halatlı gübre küreme sisteminde yetiştirilirken genç hayvanlar, erkekler ve kurudaki inekler serbest sistemde gruplar halinde bölmelerde yetiştirilmektedir. Serbest bölmelerden gübre ara kapıların açılmasıyla traktör ile kürenerek gerçekleştirilmektedir. Kürenen gübre işletmede yer alan katı gübre deposunda depolanmaktadır. Sağmal ahırında gübre, barınağı boydan boya olacak şekilde kürendikten sonra kısa kenarında açılan çukur ile sağmal barınağı altında inşa edilmiş gübre deposunu düşmektedir. Sağmal inekler için silaj

ağırlıklı besleme programı uygulanmakla birlikte günde iki defa sağım yapılmaktadır.

Çalışmada incelenen süt sığırları işletmesinin karbon ayak izi Tier 1 yaklaşımı kullanılarak tahmin edilecektir. Bu yaklaşıma göre önce karbon ayak izi hesaplanacak faaliyete ilişkin sistemin sınırlarının çizilmesi, sonrasında fonksiyonel birimin belirlenmesi gerekmektedir (IPCC 2006a).

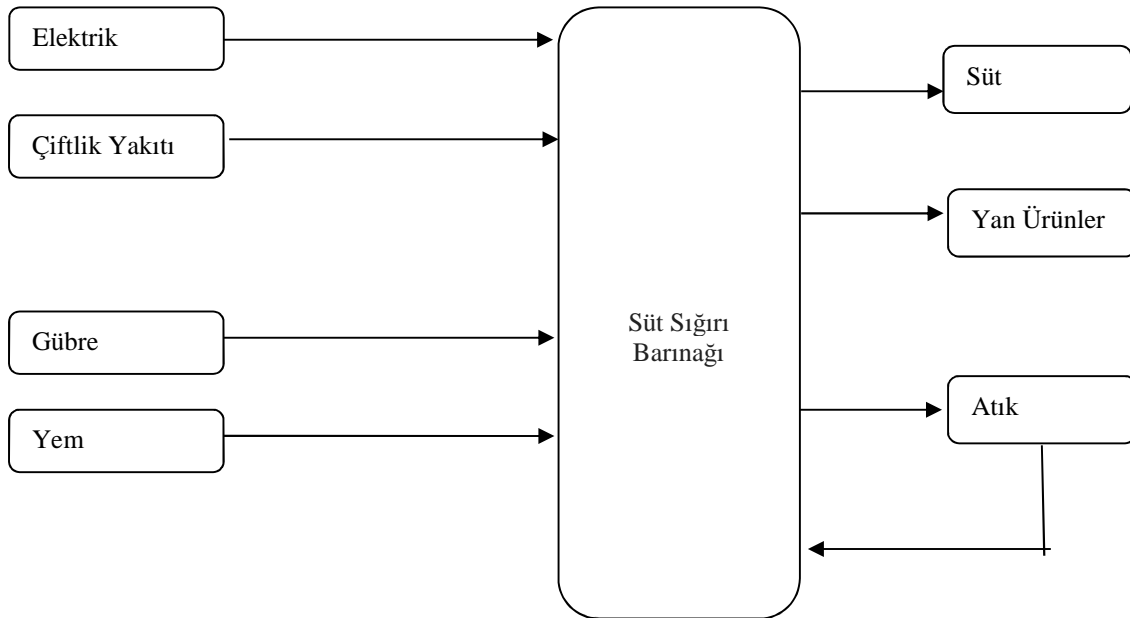
2.1.Sistem Sınırları

Çalışmanın sistem sınırları, ham maddenin işletmeye girmesinden ürünün çiftlik kapısından çıkmasına kadar ki benzin ve ilaç tüketimi dışındaki tüm süreçleri içermektedir. Çalışmada

göz önüne alınan tüm girdi ve çıktılar Şekil 2’de verilmiştir. İşletmedeki elektrik kullanımı, çiftlik yakıtı, bitkisel kimyasal ve organik gübre, yem takviyeleri girdileri oluştururken, süt, diğer yan ürünler ve atık gübre çıktıları oluşturmaktadır.

İşletme serbest duraklı yetiştirme sistemi kullanmakla beraber, dışarda gezinme yeri mevcuttur.

Gübre günde 8 defa, servis yolu boyunca hidrolik küreme sistemi ile dışarı alınmakta ve yer altındaki depoda yaklaşık 3 ay biriktirilmektedir. Sağmal ineklerin bulunduğu barınaktan çıkan gübre sıvı niteliktedir. Besleme programı silaj ağırlıklı olup kesif yem ve kuru ot da verilmektedir.



Şekil 2. Çalışmanın sistemi sınırı

Figure 2. System boundary of this study

Silaj işletme tarafından üretilmesine karşın kuru ot ve kesif yem dışardan temin edilmektedir. Süt sığırları günde iki defa sağıma gelmekte ve otomatik sağım sistemi ile sağılmaktadır. Sağımdan sonra hayvanlar gezinme yerine yönlendirilmektedir.

2.2. Sistem Girdileri

Çalışmada ele alınan işletmede süt üretimi için kullanılan yem, yem üretimi için kullanılan gübre

ve her ikisi içinde kullanılan enerji kaynakları sistemin girdilerini oluşturmaktadır.

İncelenen süt sığırları işletmesi kendi yemini kendi üretmektedir. Bununla ilgili olarak yem üretimi için kullanılan dizel yakıtı miktarları Çizelge 1’de verilmiştir. Bu değerler işletmede bir günde tüketilen silaj, yonca, kuru ot ve kesif yem miktarları kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir yem grubu için tüketilen dizel yakıt miktarları literatürden alınmıştır (Rotz ve ark. 2010).

Ayrıca, yem üretiminde kullanılan kimyasal ve organik gübre miktarları da işletmenin karbon ayak izinin belirlenmesinde sisteme dahil edilmiştir. Buna göre, Bursa bölgesindeki tarım arazilerine 170 kg N ha⁻¹ kullanılmaktadır (Kılıç ve ark. 2015). Kimyasal ve organik gübrenin toprakta parçalanması sonucunda ortaya çıkan N₂O emisyonunun hesaplanması için IPCC 2006b'de verilen, sırasıyla 0.01 ve 0.02 kg N₂O kg⁻¹ gübre emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Çizelge 1. Yem üretimi için gerekli olan dizel yakıt kullanım miktarları (Rotz ve ark. 2010)

Table 1. Diesel amount required for feed production

Yem Çeşidi	Yakıt kullanımı (litre ton ⁻¹ yem ⁻¹)
Silaj	19
Kesif yem	12
Yonca	17
Kuru ot	10

2.3.Fonksiyonel Birim

Çalışmada karbon ayak izi belirlenen fonksiyonel birim başına hesaplanmıştır. Buna göre süt üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde (Rotz ve ark. 2010 ve Flysjö ve ark. 2011), fonksiyonel birim olarak bunların 1 kg işlenmiş süt veya 1 ha tarım arazisi olarak alındığı görülmüştür. Bu noktadan hareketle çalışmada, fonksiyonel birim olarak 1 litre süt göz önüne alınmıştır.

2.4.Emisyonların Hesaplanması

2.4.1.Barınaktan olan emisyonlar

Süt sığırları barınaklarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının başlıca kaynakları, gübre, sindirim sistemi ve solunumlarıdır. Süt sığırlarının geviş getiren hayvanlar grubu içerisinde yer almasından dolayı mideleri dört bölmeleridir. Bu bölmelerden birisi olan işkembede yem sindirilirken önemli miktarlarda CH₄ açığa çıkar. Yapılan çalışmalar, süt sığırları barınaklarında ölçülen konsantrasyonların yaklaşık %80'inin sindirim sisteminden, %20'sinin ise gübreden kaynaklandığını bildirmişlerdir (Johnson ve Johnson 1995, Moss ve ark. 2000).

Çalışmada incelenen süt sığırları işletmesinde bir kış ve yaz mevsimi boyunca 24 saat sürekli çoklu gaz ölçer (Model: Ibrid MX6, Industrial Scientific Corporation, ABD) ile ölçüm yapılarak iç ortamdaki CO₂ ve CH₄ gazlarının konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Ölçümler barınak içerisinde yatayda ve düşeyde orta noktası olacak şekilde belirlenmiş ölçüm noktasında yapılmıştır. Cihazla dakikada bir ölçüm yapılarak saatlik, günlük, aylık ortalamalar ile hayvan başına düşen gazların konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. Süt sığırları barınaklarından kaynaklanan bir diğer sera gazı olan N₂O için konsantrasyon değerleri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Kılıç ve Şimşek 2009, Jungbluth 2001).

Çalışmada konsantrasyon değerleri ölçülen sera gazları için aşağıda verilen eşitlik yardımıyla emisyon değerleri hesaplanmıştır (Hinze ve Linke 1998). N₂O için emisyon değerleri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Wu ve ark. 2012).

$$E = C.Q \quad (1)$$

Eşitlikte;

E = Barınaktan olan emisyon miktarı, (gh⁻¹)

C = Kirleticinin barınak içerisindeki konsantrasyonu (gm⁻³)

Q = Barınakta uygulanan havalandırma miktarı (m³ h⁻¹)

2.4.2.Süt üretimi için girdilerden kaynaklanan emisyonlar

Süt üretimi için girdi olan yem, kimyasal gübre, elektrik ve yakıttan kaynaklı sera gaz emisyonları, işletmenin tüketim miktarı ve birim girdi başına CO₂ eşdeğerliği emisyonlarına bağlı olarak hesaplanmıştır. Tüketim verileri (girdiler) incelenen süt sığırları işletmesinden alınmıştır. Girdi ve çıktılar için karbon ayak izi hesabında kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 2'de verilmiştir.

İncelenen süt sığırları işletmesi için sistem sınırları içerisinde alınan girdilerin ve barınaktan olan emisyonların karbon ayak izinin hesaplanmasında CH₄ için 25 ve N₂O için 298

CO₂ eşdeğerlik katsayıları kullanılmıştır (IPCC 2006a). Elektrik ve dizel için emisyon faktörleri ise sırasıyla 0.138 ve 2.68 kg CO₂ eşdeğerliği olarak alınmıştır (Anonim 2015 ve EPA 2014).

Çizelge 2. Çalışmada karbon ayak izi hesabında kullanılan emisyon faktörleri

Table 2. Emission factors used in carbon footprint calculations

Parametre	Emisyon Faktörü Kg CO ₂ eşdeğerliği	Kaynak
Elektrik (kWh)	0.14	Anonim (2015)
Dizel (litre)	2.68	EPA (2014)
CH ₄	25	IPCC (2006a)
N ₂ O	298	IPCC (2006a)
Kimyasal gübre	0.01	IPCC (2006b)
Organik gübre	0.02	IPCC (2006b)

3. Bulgular ve Tartışma

İncelenen süt sığırı barınağında, işletme ile ilgili genel bilgiler Çizelge 3’de verilmiştir. Karbon ayak izi için önemli olan işletme özellikleri, emisyonların miktarını önemli düzeyde etkilemektedir.

Çalışma süresince yapılan ölçümler sonucunda incelenen süt sığırı işletmesinde iklimsel çevre koşullarından sıcaklık 16-26 °C, bağıl nem %52-82 ve hava hızı 0.14-0.98 m s⁻¹ arasında değişmiştir. Buna karşın karbon ayak izi için önemli parametrelerden havalandırma oranı 5.4-12.6 m³ saat⁻¹. BHB⁻¹ aralığında, CH₄ emisyonu 30-317 g gün⁻¹ barınak⁻¹ ve CO₂ emisyonu 28-102 kg gün⁻¹ barınak⁻¹ aralığında gerçekleştiği belirlenmiştir. Ölçülen değerler literatür ile uyum göstermektedir.

Çizelge 3. İncelenen süt sığırı işletmesinin genel özellikleri

Table 3. Characteristics of monitored dairy cattle operation

Parametre	Miktar
Süt sığırı (adet)	72
Ortalama süt verimi (kg gün ⁻¹ süt sığırı ⁻¹)	30
Süt üretimi (kg gün ⁻¹ barınak ⁻¹)	2160
Laktasyon süresi (gün)	305
Kuruda kalma süresi (gün)	60
Yerleşim sıklığı (hayvan m ⁻²)	10
Canlı ağırlık (kg)	550
Tarım arazisi (ha)	29

Kadzere ve ark (2001), sağmal ineklerin 5-25°C arasındaki sıcaklıkları tercih ettiğini ve bu aralığın konfor bölgesi olarak adlandırıldığını belirtmektedir. Choi ve ark. (2001)’na göre

sağmal inekler için uygun bağıl nem aralığı %40-70’dir. Chastain (1996), hayvan başına 4.8 m³ dak⁻¹’lık havalandırma miktarının optimum değerler içerisinde olduğunu bildirmektedir.

Çalışmada incelenen işletmeden alınan bilgilere ve literatürde verilen değerler kullanılarak 1 litre süt için hesaplanmış olan tüketilen yem, kullanılan kimyasal ve organik gübre, elektrik ve dizel yakıt miktarları ile bunların karşılığında üretilen kirletici gaz miktarları Çizelge 4’de verilmiştir.

Üretilen kirletici gaz emisyonlarından CH₄ ve CO₂ barınak içerisinde yapılan ölçümler sonucunda bulunurken N₂O değerleri literatürden alınmıştır. Wu ve ark. (2012), incelenen süt sığırı barınağı ile benzer özellikler gösteren bir süt sığırı barınağında yaptıkları ölçümler sonucunda N₂O konsantrasyonlarını 0.37 ppm olarak belirlemişlerdir. Bu değer incelenen süt sığırı barınağında uygulanan havalandırma oranı ile çarpılarak N₂O emisyonu bulunmuştur. Barınak iç ortamında ölçülen CH₄ konsantrasyonunun yaklaşık %80’i enterik fermentasyon sonucunda oluşmaktadır. Kalan %20’lik kısım ise gübrenin mikrobiyal olarak parçalanması sonucu ortaya çıkmaktadır (Clark 2009).

Çizelge 4. Üretilen 1 litre süt için girdi tüketimi ve çıktı üretimi miktarı

Table 4. Inputs and outputs for 1 liter milk production

Parametre	Miktar
Yem Üretimi	
Silaj (kg)	0.84
Kesif yem (kg)	0.17
Yonca (kg)	0.34
Kuru ot (kg)	0.34
Toplam (kg)	1.69
Kimyasal gübre (g N)	16
Organik gübre (g N)	32
Enerji kullanımı	
Elektrik (MJ)	0.13
Dizel (MJ)	5.49
Emisyonlar	
Enterik CH ₄ (g gün ⁻¹)	83.73
Gübrede CH ₄ (g gün ⁻¹)	20.94
Barınaktan N ₂ O (g gün ⁻¹)	0.23
Kimyasal gübrede N ₂ O (g gün ⁻¹)	0.16
Organik gübrede N ₂ O (g gün ⁻¹)	0.64
CO ₂ (g gün ⁻¹)	47.73

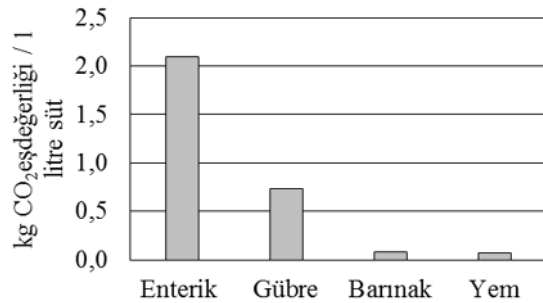
Çizelge 5, incelenen süt sığırı işletmesinin karbon ayak izini oluşturan farklı parametreleri göstermektedir. Çalışma sınırları içerisinde alınan her bir parametrenin karbon ayak izinden hareketle işletmenin toplam karbon ayak izine ulaşılmıştır. Buna göre incelenen süt sığırı işletmesinde 1 litre süt üretimi için yaklaşık olarak 3 kg CO₂ üretilmektedir. Şekil 3, süt üretimindeki farklı aktivitelerin sera gazı emisyonlarına katkısını göstermektedir. Şekil 3 ve Çizelge 5'e göre süt sığırı işletmesinin karbon ayak izinin önemli bir bölümü enterik CH₄ emisyonundan kaynaklanmaktadır. Buna karşın en az katkıyı tüketilen elektriğin neden olduğu CO₂ eşdeğerliğinde sera gazı emisyonları sağlamaktadır.

Çizelge 5. İncelenen süt sığırı işletmesinin karbon ayak izi değerleri

Table 5. Carbon footprint of monitored dairy cattle operation

Parametre	Karbon Ayak İzi (1 litre süt üretimi için)	
	kg CO ₂ eşdeğerliği	%
Enterik CH ₄	2.09	70.51
Gübrede CH ₄	0.52	17.63
Barınaktan N ₂ O	0.08	2.54
Kimyasal gübrede	0.05	1.77
Organik gübrede	0.21	7.07
Elektrik	0.00	0.00
Dizel	0.01	0.48
Toplam	2.97	100

Flysjö ve ark. (2011), Yeni Zelanda ve İsveç'te faaliyet gösteren süt sığırı işletmeleri üzerinde yaptıkları çalışmada enterik CH₄ emisyonunun işletmenin karbon ayak izi üzerindeki etkisinin %62 olduğunu, en az katkının ise elektrik tüketimine bağlı olarak kaynaklanan sera gazı emisyonlarının olduğunu belirtmişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren süt sığırı ahırlarının karbon ayak izinin belirlendiği bir çalışmada, hayvan ve barınaktan olan CO₂ eşdeğerliğinde sera gazı emisyonlarının toplam emisyonlar içerisinde en büyük paya sahiptir (Rotz ve ark. 2010). Robertson ve ark. (2015) keçi sütü üretim işletmesinin karbon ayak izini hesapladıkları çalışmalarında karbon ayak izinin enterik CH₄ emisyonundan oluştuğunu ve en az katkıyı elektrik tüketiminin yaptığını bulmuşlardır.



Şekil 3. Karbon ayak izinin alt kategorilere dağılımı

Figure 3. Distribution of sub-categories' carbon footprint

Kuzey İspanya'da koyunculuk işletmelerinin karbon ayak izinin belirlenmesi ile ilgili bir çalışmada işletmenin karbon ayak izine en fazla

4. Sonuç

Çalışma sonuçlarına göre, incelenen süt sığırtı işletmesinin 1 litre süt üretimine karşılık 2.9 kg CO₂ ürettiği belirlenmiştir. İşletmenin girdi ve çıktılarının karbon ayak izi üzerindeki etkileri açısından değerlendirildiğinde en büyük kısmını enterik CH₄ emisyonunun oluşturduğu ve işletmede kullanılan elektriğin ise en küçük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Bursa bölgesinde faaliyet gösteren süt sığırtı işletmelerinin karbon ayak izinin azaltılması için enterik CH₄ emisyonu üzerinde durulması gerekmektedir. Bu kapsamda, enterik CH₄ emisyonunu azaltacak, yem rasyonunda değişiklik, yeme ilave maddeler eklenmesi, sindirim oranını artıracak kimyasal maddeler ve enterik metan üretiminde büyük rol oynayan işkembedeki mikroorganizma sayısının azaltılması gibi çeşitli stratejilerin uygulanması önerilmektedir. Ayrıca, konu ile ilgilenen bilim insanlarının da süt sığırtı işletmelerinde CH₄ ve N₂O emisyonlarının ortaya çıkmasına neden olan çeşitli biyolojik ve kimyasal prosesleri daha iyi anlamaları için kendilerini yetiştirmeleri gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim (2015). Summary of emissions factors for the guidance for voluntary corporate greenhouse gas reporting. The Ministry for the Environment. INFO 734.
- Anonim (2017). Dünya Nüfusu. https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnnya_n%C3%BCfusu
- Batalla I, Knudsen MT, Mogensen L, Hierro O, Pinto M, Hermansen JE (2015). Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production*. 104: 121-129.
- Bayraç, HN (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (2): 229-260
- Chastain, J.P. 1996. Improving mechanical ventilation in dairy barns. Fascsheet, AEU-3, University of Minnesota, USA, 10p.
- Choi, D.Y., Kang, H.S., Choi, H. C., Yoo, Y.H., Lee, D.S., Han, J.D. 2001. Establishment the standart environmental guidelines of domestic animal. Annual

katkısı satın alınan fabrika yemi yapmıştır (Batalla ve ark.2015).

- Research Report, National Livestock Research Institute, Korea.
- Clark H (2009). Methane emissions from ruminant livestock; are they important and can we reduce them? *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 71: 73-76.
- Doğan S (2015). Küresel Isınma ve Biyolojik Çeşitlilik. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3: 63-88
- EPA 201. Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf
- Flysjö A, Henriksson M, Cederberg C, Ledgard S, Englund JE (2011). The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. *Agricultural Systems* 104: 459-469.
- Flysjö A, Cederberg C, Henriksson M, Ledgard S (2011). How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16 (5): 420-430
- Güven G ve İlker A (2016). Food footprint in daily life: opinions about the consumption of convenience food. *Journal of Theory & Practice in Education* 12: 403-426.
- IPCC, (2016a). Guidelines for national greenhouse gas inventories – Volume 4 agriculture, forestry and other land use, emissions from livestock and manure management (Chapter 10)
- IPCC, (2006b). Guidelines for national greenhouse gas inventories – Volume 4 Agriculture, Forestry and Other land use, N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application (Chapter 11).
- Johnson K.A., Johnson D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73 (8): 2483-2492.
- Jungbluth, T., Hartung, E., Brose, G. (2001). Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 133-145.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. 2001. Heat stress in lactating dairy cows. *Livestock Production Science*, 1: 33p.
- Kılıç İ, Şimşek E. (2009). Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz emisyonları ve çevresel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 151-160.
- Kılıç İ, Uguz S, Asik BB (2014). Soil pollution by trace metals derived from animal feed and manure in the Bursa region of Turkey. *Toxicological & Environmental Chemistry* 96 (10): 1476-1488.
- Lusk P (1998). Methane recovery from animal manures the current opportunities casebook. National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado.
- Lynas M (2009). Karbon ayak iziniz. Neşet Kutluğ (Çev.). İstanbul: Açık Radyo Kitapları. Nüfusun Ülkeler İçin Önemi ve Nüfus Artışı;

- <http://www.bilgiustam.com/nufusun-ulkeler-icin-onemi-ve-nufus-artisi/>
- Moss A.R., Jouany J.P., Newbold J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann Zootech* 49: 231-253.
- Özmen T (2009). Sera gazı, küresel ısınma ve kyoto protokolü. *İnşaat Mühendisleri Odası Dergisi*, 4531: 42-46.
- Öztürk H (2007). Küresel ısınmada ruminantların rolü. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78: 17-22.
- Pekin M (2015). Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Peter C (2014) Improving the accounting of land-based emissions in Carbon Footprint of agricultural products: comparison between IPCC Tier 1, Tier 2 and Tier 3 approaches. *Proceedings of the 9th International Conference LCA of Food*, San Francisco, CA, 8-10 October. 2014.
- Robertson K, Symes W, Garbham M (2015). Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of Dairy Science* 98: 4279-4293.
- Rotz CA, Montes F, Chianese DS (2010). The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of Dairy Science* 93:1266-1282.
- Türkeş M (2000). Hava, iklim, şiddetli hava olayları ve küresel ısınma. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü: 187-205.
- Wiedman T and Minx J (2008). A definition of 'carbon footprint'. Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- Wu W, Zhang G, Kair P (2012). Ammonia and methane emissions from two naturally ventilated dairy cattle buildings and the influence of climatic factors on ammonia emissions. *Atmospheric Environment* 62:232-243.
- WWF (2012). Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu <http://awsassets.wwftr.panda.org>