

Araştırma Makalesi/Research Article

Süt Sığırı İşletmelerinin Küresel Isınma Potansiyelinin Tier-1 Yöntemi ile Tahminlenmesi

Büşra YAYLI^{1*}, İlker KILIÇ¹

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE

^{1*}Orcid: 0000-0002-0198-3550, ¹Orcid: 0000-0003-0087-6718

Alınış tarihi: 09 Aralık 2020

Düzeltilme tarihi: 28 Aralık 2020

Kabul tarihi: 30 Aralık 2020

Özet: Türkiye’de süt sığırı işletmelerinin entansif hale gelmesiyle, atık ve kirletici miktarı da artmaktadır. Ruminant hayvanlar olmaları nedeniyle önemli CH₄ (metan) emisyon kaynağı olarak görülmektedir. Ayrıca gübre yönetiminden kaynaklanan N₂O emisyonları da atmosferde tehlike oluşturmaktadır. CH₄ ve N₂O gazlarının atmosferde ısıyı absorbe kapasiteleri yüksektir, bu nedenle küresel ısınmaya etkileri üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’deki mevcut süt sığırı işletmelerinin enterik fermantasyon ve gübre yönetiminden kaynaklanan küresel ısınma potansiyeli ve Bursa ilinin katkısı, IPCC tarafından tanımlanan Tier-1 yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda Türkiye’deki süt sığırı işletmelerinin küresel ısınma potansiyeli 53.5 Tg CO₂ ve Bursa’nın potansiyeli ise 0.70 Tg CO₂ olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma potansiyeline en büyük negatif etkiyi N₂O emisyonlarının oluşturduğu görülmüş ve çeşitli önleme önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Emisyon, enterik fermantasyon, gübre yönetimi, süt sığırı, Tier-1

Estimation of Global Warming Potential by Tier-1 Method of Dairy Cattle Farms

Received: 09 December 2020

Received in revised: 28 December 2020

Accepted: 30 December 2020

Abstract: In Turkey, as dairy cattle farms become more intensive, there is also an increase in waste and emissions. They are important sources of CH₄ (methane) gas production, mainly because they are ruminant animals. Besides, N₂O emissions from manure management pose a danger to the atmosphere. CH₄ and N₂O gases have a high capacity to absorb heat in the atmosphere, so it is significant to focus on their effects on global warming. In this paper, was estimated global warming potential occur from manure management and enteric fermentation by IPCC Tier-1 was using the method of dairy cattle farms in Bursa and Turkey. Global warming potential calculated as of dairy cattle farms in Turkey 53.5 Tg CO₂ and in Bursa’s potential is 0.70 Tg CO₂. N₂O emissions have observed to have the highest negative impact on global warming potential, and various prevention recommendations are presented.

Key words: Emission, enteric fermentation, manure management, dairy cattle, Tier-1

To Cite: Yaylı B Kılıç İ, 2020. Süt Sığırı İşletmelerinin Küresel Isınma Potansiyelinin Tier-1 Yöntemi ile Tahminlenmesi. Biosystems Müh Derg 1(2):79-86.

1. Giriş

Türkiye’de tarım sektörü, gıda üretiminin sağlanması, ihracatta payının olması, gıda sanayisine sermaye sağlaması, istihdam oluşturması gibi çeşitli yönlerden önemlilik arz etmektedir. Artan refahla birlikte insanların et, süt, yumurta gibi hayvansal kaynaklı proteinleri tüketme eğilimleri de artmaktadır. Ulusal Süt Konseyi 2018 Raporu’na göre Türkiye’de 2017 yılında 1 160 400 adet süt sığırı çiftliği ve 5 969 000 baş süt sığırı bulunmaktadır. Süt sığırlarından elde edilen süt miktarı ise 18 762 000 ton süt olarak belirtilmiştir (Ulusal Süt Konseyi, 2018). 2020 yılının ilk yarısında 5 110 499 ton süt üretimi ile 2019 yılının aynı dönemine oranla %3,7 artış göstermiştir ve diğer yarısında da artış eğilimini sürdürmüştür (TÜİK, 2020a, 2020b). En fazla süt üretimi yapılan

ilk üç şehir sırasıyla Konya, İzmir ve Erzurum olmuştur. Bursa'da ise en fazla süt üretimi gerçekleştirilen ilçe 70 390 ton ile Karacabey ilçesi olmuştur (TÜİK, 2019). Hayvancılığın artan öneminin yanında sera gazı emisyonlarının da artmasıyla küresel ısınma üzerindeki negatif etkisi göz ardı edilememektedir. CH₄ (metan), N₂O (diazot monoksit) ve CO₂ (karbondioksit) ruminant çiftlik hayvanlarından üretilen en önemli üç sera gazıdır. Bu gazlar en çok enterik fermantasyon, yem üretimi, gübre üretim ve yönetim süreçlerinden oluşmaktadır (Gerber ve ark., 2010).

Süt üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları temel olarak yemin sindirilmesiyle ortaya çıkan CH₄ ve yemin yetiştirilmesinde kullanılan gübreden kaynaklanan N₂O emisyonlarından oluşmaktadır (Henriksson ve ark., 2011). Süt sığırlarının geniş bağırsaklara sahip ruminant sindirim sistemleri olduğu için enterik fermantasyon gerçekleştirirler. Bundan dolayı önemli CH₄ (metan) üreticisi sayılmaktadır (IPCC, 2006). Hayvanlarda yemin sindirilme oranı ne kadar düşük olursa enterik metan emisyonları o ölçüde artış gösterir. Yem ve hayvan gübresinin mikrobiyal ayrışmasıyla CH₄, H₂S, CO₂ ve NH₃ gazları ortaya çıkmaktadır. CH₄ gazı emisyonlarının artmasıyla birlikte endişelerin de artması, bilim insanlarının emisyon kaynakları üzerinde önemle durmaya başlamasını ve önleme ile azaltma çalışmalarında hız kazanmasını sağlamıştır.

Tarımsal üretimden kaynaklanan N₂O emisyonlarının %30-50'si hayvancılık işletmelerinden kaynaklanmaktadır (Oenema ve ark., 2005). N₂O emisyonları topraktaki ya da gübrenin içeriğindeki azotun mikrobiyal aktivitesi sonucu (NH₄'ün NO₃'e nitrifikasyonu ve NO₃'ün N₂'ye denitrifikasyonu) ve azotlu gübrelerden oluşmaktadır (Kara ve ark., 2019). N₂O emisyonları doğrudan ve dolaylı olarak oluşmaktadır. Doğrudan N₂O emisyonları, gübrenin içeriğindeki organik azotun nitrifikasyon ve denitrifikasyona uğramasıyla meydana gelmektedir. Dolaylı N₂O emisyonları ise gübreden temel olarak NH₃ ve NO_x bileşiklerinden oluşan uçucu azot kayıplarından meydana gelmektedir (IPCC, 2006).

IPCC, 100 yıllık bir zaman sürecini göz önüne alarak sera gazlarının CO₂ (karbondioksit) eşdeğerliklerini belirlemiştir. Buna göre, 1 kg CH₄ gazı 25 kg CO₂ ve 1 kg N₂O gazının 298 kg CO₂ eşdeğerliğinde etki oluşturmaktadır. Dolayısıyla N₂O gazının ısıyı daha fazla absorbe etme kapasitesi CH₄ gazından daha yüksektir (Kılıç ve ark., 2018). Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) hayvancılık ve gübre yönetiminden olan emisyonların hesaplanması için Tier 1-2-3 yöntemlerini geliştirmiştir. Tier-1 yöntemi mevcut ulusal ve uluslararası istatistikleri ve varsayılan emisyon faktörlerinden yararlanılarak emisyon hesaplama yöntemidir.

Bu çalışmada, Bursa ve Türkiye'deki süt sığırı işletmelerinin enterik ve gübre CH₄ emisyonları ve gübre yönetiminden oluşan N₂O emisyonları Tier-1 yöntemi ile hesaplanarak küresel ısınma potansiyelleri CO₂ (karbondioksit) eşdeğerliğiyle belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Yapılan çalışmada Türkiye ve Bursa'daki mevcut işletmelerde süt sığırlarından kaynaklanan enterik fermantasyon ve gübre yönetiminden kaynaklanan emisyonların küresel ısınma potansiyelinin tahminlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada genel bir değerlendirme yapılmak amaçlandığından, emisyonlar IPCC tarafından geliştirilen Tier-1 yöntemi ile hesaplanmıştır. Tier-1 yöntemi ile IPCC'nin yayınlamış olduğu kılavuzda varsayılan emisyon faktörlerinden yararlanılarak N₂O ve CH₄ emisyonları hesaplanmaktadır. Elde edilen emisyonlar CH₄ ve N₂O gazlarının CO₂ eşdeğerlikleri ele alınarak süt sığırı işletmelerinin küresel ısınma potansiyelleri ortaya konulmuştur.

Süt sığırı işletmelerinde hayvanların yemleri sindirmesiyle oluşan enterik fermantasyondan kaynaklanan CH₄ emisyonları Eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (IPCC, 2006):

$$CH_{4\text{Enterik}} = EF_e \cdot (N/10^6) \quad (1)$$

CH₄Enterik = Enterik fermantasyondan oluşan CH₄ emisyonları (Gg CH₄ yıl⁻¹)

EF_e=Tanımlanan hayvan kategorisi için emisyon faktörü (kg CH₄ baş⁻¹ yıl⁻¹)

N=Ülke/şehirdeki hayvan sayısı

Süt sığırı işletmelerindeki gübre yönetiminden kaynaklanan CH₄ emisyonları Eşitlik (2) ile hesaplanmıştır (IPCC, 2006).

$$CH_{4\text{Gübre}} = (EF_g \cdot N) / 10^6 \quad (2)$$

CH₄Gübre = Gübre yönetiminden kaynaklanan CH₄ emisyonları (Gg CH₄ yıl⁻¹)

EF_g= Gübre yönetimi CH₄ emisyon faktörü (kg CH₄ baş⁻¹ yıl⁻¹)

Gübre yönetiminden kaynaklanan N₂O emisyonları doğrudan ve dolaylı olarak iki şekilde hesaplanmaktadır. Burada gübrenin hem katı hem de sıvı şekilde bulamaç olarak depolanması söz konusudur. Bu emisyonlar Eşitlik (3) ve Eşitlik (4) ile hesaplanmıştır (IPCC, 2006).

$$N_{2O_D} = [(N \cdot N_{ex} \cdot MS) \cdot EF_3] \cdot 44/28 \quad (3)$$

N₂O_D=Gübre yönetiminden olan doğrudan N₂O emisyonları (kg N₂O yıl⁻¹)

N_{ex}=Hayvan başına yıllık ortalama N atılımı (kg N baş⁻¹ yıl⁻¹)

MS= Hayvan türüne göre farklılık gösteren gübre yönetiminden yıllık toplam N atılım fraksiyonu

EF₃=Doğrudan N₂O emisyonları için emisyon faktörü (kg N₂O-N kg N⁻¹)

44/28= (N₂O-N) emisyonlarının N₂O emisyonlarına dönüşüm sabiti

$$N_{2O_{DL}} = (N_{uçuculuk-MMS} \cdot EF_4) \cdot 44/28 \quad (4)$$

N₂O_{DL}= Gübre yönetiminden azotun uçuculuğundan kaynaklanan dolaylı N₂O emisyonları (kg N₂O yıl⁻¹)

N_{uçuculuk-MMS}=NH₃ ve NO_x gazlarının uçucu olmaları nedeniyle kayıp olan gübre N miktarı (kg N yıl⁻¹)

EF_4 =Toprakta ve su yüzeyinde depolanan atmosferik azottan oluşan N_2O emisyonları için emisyon faktörü ($kg N_2O-N (kg NH_3-N+NO_x-N uçucu)^{-1}$)

Eşitliklerdeki ilgili emisyon faktörleri (EF_e , EF_g , EF_3 ve EF_4) tanımlanan hayvan kategorileri, gübre yönetim sistemleri, ülkenin sıcaklığı ve bulunduğu bölge dikkate alınarak IPCC kılavuzundan elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

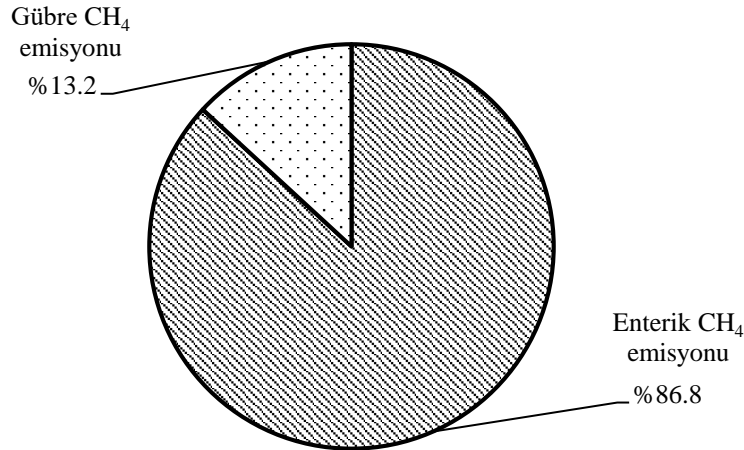
Bu çalışmada Türkiye'deki mevcut süt sığırları işletmelerinden sindirim ve gübre kaynaklı CH_4 ve N_2O emisyon değerleri hesaplanmıştır. CH_4 için 25 $kg CO_2$ ve N_2O için 298 $kg CO_2$ eşdeğerlikleri kullanılarak işletmelerinin küresel ısınma potansiyelleri tahminlenmiştir.

Türkiye'deki süt sığırları işletmelerinden yılda toplam 759.2 Gg CH_4 emisyonu oluşurken Bursa'da ise 10.1 Gg CH_4 emisyonu oluşmaktadır. Yıldaki N_2O emisyonları ise Türkiye ve Bursa için sırasıyla 115.81 Gg ve 1.48 Gg N_2O 'dur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Süt sığırları işletmeleri sera gazı emisyonları

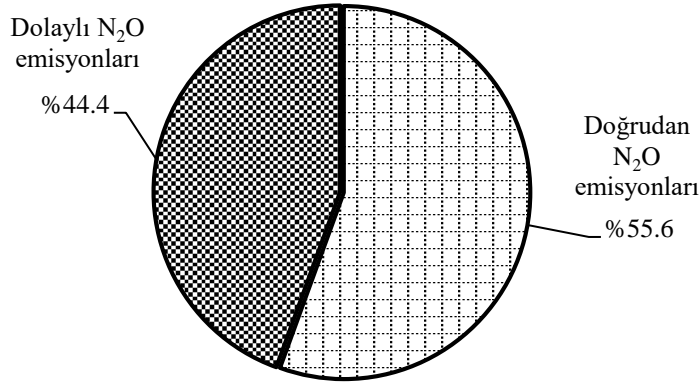
	CH_4 Emisyonları (Gg CH_4 yıl ⁻¹)		N_2O Emisyonları (Gg N_2O yıl ⁻¹)	
	Enterik	Gübre	Doğrudan	Dolaylı
Bursa	8.4	1.7	0.82	0.66
Türkiye	659.3	99.9	64.34	51.47

Hesaplamalar sonucunda Türkiye'deki süt sığırları işletmelerinden kaynaklanan CH_4 emisyonlarının %86.8'i enterik fermantasyon sonucu oluşarak en büyük etkide bulunduğu görülmüştür (Şekil 1). Ruminant çiftlik hayvanlarıyla ilgili yapılmış çeşitli çalışmalarda da sera gazı emisyonlarına en büyük katkının enterik fermantasyon sonucu oluşan CH_4 'dan kaynaklanmakta olduğu belirtilmiştir (Robertson ve ark., 2015; Buratti ve ark., 2017; Kılıç ve Amet, 2017; Kiggundu ve ark., 2019).



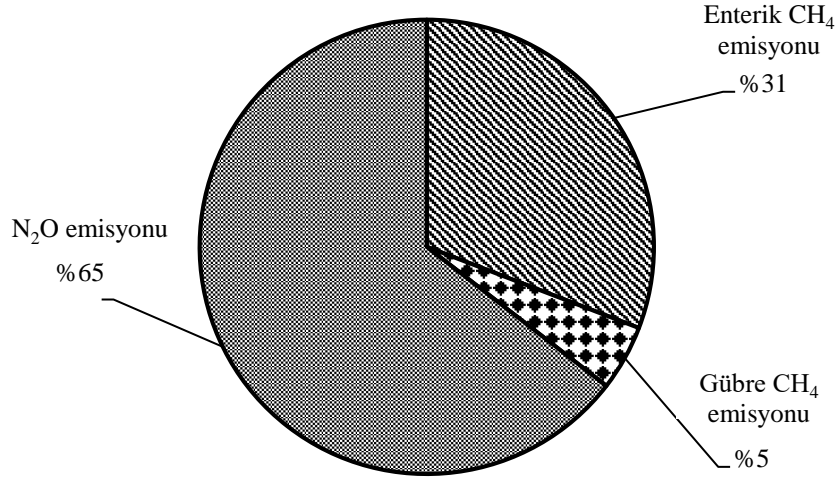
Şekil 1. CH₄ emisyon kaynakları katkı oranları (%)

Gübre yönetiminden kaynaklanan N₂O emisyonlarının %55.6'sı doğrudan, %44.4'lük kısmı dolaylı olarak oluşmaktadır (Şekil 2). Doğrudan N₂O emisyonları aerobik ortamda depolanan gübrenin nitrifikasyon ve denitrifikasyona uğramasıyla daha çok topraktan gerçekleşmektedir. Lesschen ve ark., (2011), yaptıkları bir çalışmada Avrupa'da yapmış oldukları bir çalışmada, çiftlik hayvanları sektöründen oluşan sera gazı emisyonlarını incelemişlerdir. Sera gazı emisyonlarının ana kaynağının enterik fermantasyon olduğunu ve ardından N₂O'nun topraktaki emisyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir.



Şekil 2. N₂O emisyonları oluş şekillerine göre katkısı (%)

Bu çalışmada, Türkiye'de bulunan süt sığırları işletmelerinin yıldaki küresel ısınma potansiyeli 53.5 Tg CO₂ ve Bursa'nın küresel ısınma potansiyeli 0.70 Tg CO₂ olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin süt sığırları işletmelerinin küresel ısınma potansiyelinin %1.3'ü Bursa'dan kaynaklanmakta olduğu görülmektedir. Sera gazlarına en fazla katkıyı enterik CH₄ gazı oluştururken, küresel ısınma potansiyeli içerisinde N₂O gazı %65'lik oranla en fazla potansiyele sahiptir (Şekil 3). Bunun nedeni N₂O gazının ısıyı tutma kapasitesi CH₄ gazından daha fazla olduğundan dolayı, küresel ısınma potansiyeline oluşturduğu etki de daha yüksektir. Ancak atmosferde CH₄ gazı N₂O gazından daha fazla bulunmaktadır. CH₄ gazının daha fazla üretilmesi ve atmosferde daha yoğun bulunması, bu gazın üretim kaynaklarına ve önleme stratejileri üzerinde daha çok yoğunlaşılması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 3. Küresel ısınma potansiyeli kaynakları katkı oranları (%)

Sera gazı emisyonu enerji ve sanayi sektöründen sonra en fazla tarım sektöründen kaynaklanmaktadır. Hayvansal üretim CO₂ emisyonunun %9'u, CH₄ emisyonunun %35-40'ı ve N₂O emisyonunun %65'ini oluşturan payı ile küresel ısınmaya etki etmektedir (Koyuncu ve Akgün, 2017). Hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazlarının etkisinin azaltılması ya da önlenmesi geleceğimizi tehdit eden küresel ısınmanın yavaşlatılmasına katkı sağlaması açısından çok önemlidir. Sera gazlarının azaltılması küresel ısınmanın azaltılmasına sağladığı katkının yanında işletmelerde verim artışını da sağlamaktadır.

4. Sonuç

Ruminant hayvan yetiştiriciliğinde, bu hayvanların ruminal olarak oluşan enterik CH₄ itici güç olduğundan dolayı hayvan ve sürü verimliliğinin iyileştirilmesi çevresel etkilerin azaltılmasında yardımcı olmaktadır (Zucali ve ark., 2020). Süt sığırları hayvanlarının yem rasyonlarının içerikleri, enterik CH₄ oluşumunda önemli bir faktördür. Ayrıca süt sığırları işletmelerinin gübre yönetimlerinden havaya karışan emisyon ve partiküller küresel ısınmaya önemli düzeyde etkide bulunmaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda süt sığırları işletmelerinde, toplam CH₄ emisyonları içerisinde, enterik CH₄'ın büyük kısmını oluşturduğu görülmektedir. Bundan dolayı yem rasyonlarında kaba yemlere kıyasla silaj yemlerin kullanılması, yemlere yağ ilavesi ve çeşitli yem katkı maddeleri ilave edilmesi rumendeki CH₄ oluşumunu baskılayabilmektedir. Ayrıca entansif yetiştiricilik ve yüksek verimli hayvanların yetiştiriciliği de CH₄ gazının azaltılmasında önemli bir faktör olmaktadır. Gübre kaynaklı N₂O ve CH₄ emisyonlarını azaltmak için ise düşük salımlı gübre yönetim sistemlerinin uygulanması ve bu konuya ilgili bilim insanlarının daha fazla odaklanması

gerekmektedir. Aynı zamanda, yapılan çalışma süt sığırcılığı sektöründen olan sera gazı emisyonlarının, diğer sektörlerle ve dünyadaki sistemler arasındaki farklılıklar hakkında fikir verebilmektedir.

Kaynaklar

- Buratti, C., Fantozzi, F., Barbanera, M., Lascaro, E., Chiorri, M., Cecchini, L., 2017. Carbon footprint of conventional and organic beef production systems: An Italian case study. *Science of the total environment*, 576: 129-137.
- Gerber, P., Vellinga, T., Opio, C., Henderson, B., Steinfeld, H., 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector. <http://www.fao.org/3/k7930e/k7930e00.pdf>. Accessed 26 May 2020.
- Henriksson, M., Flysjö, A., Cederberg, C., Swensson, C., 2011. Variation in carbon footprint of milk due to management differences between Swedish dairy farms. *Animal*, 5(9): 1474-1484.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Emissions From Livestock And Manure Management. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf. Accessed 19 May 2020.
- Kara, Gülnihal, Yalınz, İ., Sayar, M. 2019. Konya ili hayvansal gübre kaynaklı sera gazı emisyonları durumu. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2): 57-60.
- Kılıç, İ., Amet, B., 2017. Bir süt sığırcılığı işletmesinin karbon ayak izinin tahminlenmesi: Bursa örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34: 134-142.
- Kılıç, İ., Yaylı, B., Elekberov, A., 2018. Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Adet Broyler İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 224-230.
- Kiggundu, N., Ddungu, S.P., Wanyama, J., Cherotich, S., Mpairwe, D., Zziwa, E., Mutebi, F., Falcucci, A., 2019. Greenhouse gas emissions from Uganda's cattle corridor farming systems. *Agricultural systems*, 176: 102649.
- Koyuncu, M., Akgün, H., 2018. Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1): 151-164.
- 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.
- Oenema, O., Wrage, N., Velthof, G.L., van Groenigen, J.W., Dolfing, J., Kuikman, P.J., 2005. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 72(1): 51-65.

- Robertson, K., Symes, W., Garnham, M., 2015. Carbon footprint of dairy goat milk production in New Zealand. *Journal of dairy science*, 98(7): 4279-4293.
- TÜİK, 2019. Hayvansal istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>. Erişim 18 Aralık 2020.
- TÜİK, 2020a. Süt ve Süt Ürünleri Üretimi, Haziran 2020. Haber Bülteni Sayı No: 33700, Ankara.
- TÜİK, 2020b. Süt ve Süt Ürünleri Üretimi, Ekim 2020. Haber Bülteni Sayı No: 33704, Ankara
- Ulusal Süt Konseyi, 2018. 2018 Dünya Süt Zirvesi Raporu. <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/2019-raporu-tamami.pdf>. Erişim 18 Mayıs 2020.
- Zucali, M., Lovarelli, D., Celozzi, S., Bacenetti, J., Sandrucci, A., Bava, L., 2020. Management options to reduce the environmental impact of dairy goat milk production. *Livestock Science*, 231: 103888.