



Sürdürülebilir Hayvancılık Perspektifinden Keçi Yetiştiriciliği: Beslenme Güvencesi ve Karbon Ayak İzi

Hatice YILMAZ TİLKİ^{1*}, Mahmut KESKİN², Sabri GÜL³

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootehni Anabilim Dalı, Antakya, Hatay, TÜRKİYE

^{2,3}Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Antakya, Hatay, TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-9308-2169>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8147-2477>, ³<https://orcid.org/0000-0001-6787-8190>

*Sorumlu Yazar: hatice.tilkiyilmaz@tarimorman.gov.tr

Derleme Makalesi	ÖZ
Makale Tarihçesi: Geliş Tarihi: 20 Ağustos 2025 Kabul Tarihi: 30 Eylül 2025 Online Yayınlanma: 15 Aralık 2025 Anahtar Kelimeler: Sera Gazı Emisyonları Karbon Ayak İzi Keçi Yetiştiriciliği Sürdürülebilirlik Dengeli Beslenme	Dünya nüfusu 10 milyara yaklaşırken ve beslenme biçimleri daha fazla et içecek şekilde değişirken, sığır gibi geviş getiren hayvanlardan elde edilen et tüketiminin 2050 yılına kadar yaklaşık %90 oranında artması beklenmektedir. Aynı şekilde artan nüfus, süt üretiminde de artışı beraberinde getirecektir. Bu durum gıda dışındaki sanayi, enerji, atık gibi tüm sistem emisyonları ortadan kaldırılsa bile, yalnızca gıda üretim sistemlerinden kaynaklanan emisyonların, küresel ısınmayı 1.5°C'nin üzerine çıkarmasının muhtemel olduğunu göstermektedir. Özellikle sığırlardan elde edilen süt ve et tüketiminin, gelecekteki ısınmanın yarısından fazlasından sorumlu olması ve yalnızca et üretiminden kaynaklanan emisyonların yüzyılın sonuna kadar 0.2-0.44°C'lik bir ısınmaya katkıda bulunması beklenmektedir. Hayvancılığın çevresel etkisi, gıda üretimi için de en çok tartışılan konulardan biridir. Türkiye, hem CO₂ hem de genel sera gazı bakımından küresel emisyonların %1.3'ünü oluşturmaktadır. Bu oran Çin, ABD, Hindistan gibi büyük salım yapan ülkelerle karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır. AB'nin "2030 İklim Hedefi Planı", sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %40, 2050 yılına kadar ise %55 oranında azaltmayı ve nihayetinde yüzyılın ortasına kadar net sıfır emisyonu ulaşmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda ülkeler çevresel etkisi düşük alternatif hayvansal protein kaynaklarına yönelmektedir. Ülkemizin coğrafi konumu ve sosyolojik yapısı göz önünde bulundurulduğunda geleneklerden farklı bir yönelim olması kısa vadede öngörülmemektedir. Bu bağlamda literatürde yapılan çalışmalar, ruminant hayvanlar arasında sığır gibi çevresel etkisi yüksek türlerin yerine, yetiştirilmesinde bitkisel üretim ve su kullanımı açısından ekonomik ve iklimsel açıdan yük oluşturmayacak olan keçi yetiştiriciliği tercih edilebilir. Bu çalışmada, keçi yetiştiriciliğinin sera gazı oluşumuna etkisi, avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Goat Farming in the Context of Sustainable Livestock Systems: Food Security and Carbon Footprint

Review Article

Article History:

Received: 20 August 2025

Accept: 30 September 2025

Available online: 15 December 2025

Keywords:

Greenhouse Gas Emissions

Carbon Footprint

Goat Farming

Sustainability

Balanced Diet

ABSTRACT

As the global population approaches 10 billion and dietary patterns shift toward higher levels of meat consumption, the demand for ruminant-derived meat, particularly beef, is projected to increase by approximately 90% by 2050. Parallel to this trend, the rising population will also necessitate a substantial increase in milk production. Projections indicate that, even if emissions from non-food sectors such as industry, energy, and waste were entirely eliminated, emissions originating solely from food production systems would be sufficient to drive global warming beyond the 1.5°C threshold. Notably, the consumption of beef and dairy products is anticipated to account for more than half of future warming, while emissions from meat production alone are expected to contribute an additional 0.2–0.44°C of warming by the end of the century. The environmental impact of livestock production therefore constitutes one of the most intensively debated issues in the context of global food systems. Türkiye contributes approximately 1.3% of global emissions, both in terms of CO₂ and total global greenhouse gas output. Although this share is relatively small when compared to major emitters such as China, the United States, and India, it nevertheless represents a significant challenge in the context of climate commitments. The European Union's "2030 Climate Target Plan" sets out to reduce GHG emissions by 40% by 2030, by 55% by 2050, and to ultimately achieve net-zero emissions by mid-century. Within this framework, many countries are exploring alternative animal protein sources characterized by lower environmental footprints. Given Türkiye's geographical characteristics and sociocultural context, a substantial departure from traditional livestock practices does not appear likely in the near term. In this regard, literature suggests that, among ruminant species, goats may represent a viable alternative to cattle. Goat production exerts lower environmental pressures in terms of feed crop cultivation and water consumption, and may therefore present both economically and climatically favorable attributes. This study aims to assess the contribution of goat farming to greenhouse gas emissions, while critically evaluating its potential advantages and disadvantages in comparison to other ruminant production systems.

Atıf İçin :	Yılmaz Tilki H, Mahmut Keskin M, Gül S., 2025. Sürdürülebilir Hayvancılık Perspektifinden Keçi Yetiştiriciliği: Beslenme Güvencesi ve Karbon Ayak İzi. Tarım, Gıda, Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 6(2): 441-454.
To Cite :	Yılmaz Tilki H, Mahmut Keskin M, Gül S., 2025. Goat Farming in the Context of Sustainable Livestock Systems: Food Security and Carbon Footprint. Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences, 6(2): 441-454.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar %32'lik bir oranla artarak yaklaşık 10 milyara ulaşacağı ve dolayısıyla gıda talebinin ikiye katlanacağı tahmin edilmektedir (Kurtgil ve ark. 2021). Nüfus artışı, iklim değişikliği, küresel ısınmanın beraberinde getirdiği zorluklar küresel bir sorun haline gelmiş olup, tüm dünya ülkeleri tarafından bertaraf edilmesi gereken bir gelecek kaygısına dönüşmüştür. Son yıllarda değişik üretim faaliyetlerinin küresel sonuçları üzerine dikkat çekilmektedir. İnsanların yoğun üretim ve tüketim faaliyetlerinden kaynaklı olarak atmosfere CO₂ (Karbon dioksit), CH₄ (Metan), N₂O (Nitroksit), CFC (Kloroflorokarbonlar) HFCs (Hidrofloro Karbonlar), PFCs (Perfloro Karbonlar) ve SF₆ (Sülfür Heksaflorit) gibi gazlar salınmaktadır (Atabey ve ark., 2025). Bu gazlar atmosferdeki oran ve etkisine göre sera etkisi potansiyeli açısından en tehlikeli gazlar olarak belirlenmiş (Şentürk ve ark., 2023) ve yeryüzünün ortalama sıcaklığını yükseltmektedir (Yardımcıoğlu, 2024). Birleşmiş Milletler son on yılda sera gazı emisyonlarındaki artışın hızlandığını belirtmiş olup, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Altıncı Değerlendirme Raporunda, sera gazı emisyonlarında erken dönemde büyük bir azalma olmazsa, küresel ısınmayı 1.5°C - 2°C'nin altında tutmanın mümkün olmayacağı belirtilmiştir (Gürçam, 2025). Bu artışın önüne geçilemezse; iklim değişikliği, biyoçeşitliliğin azalması, su kıtlığı gibi küresel gıda güvencesini tehlikeye atan durumların gerçekleşmesi kaçınılmaz gibi görünmektedir (Kurtgil ve ark., 2021).

Her geçen gün artan dünya nüfusuna rağmen toplumların besin madde ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan üretim artışı aynı oranda gerçekleşmemektedir. Tarımda entansifleşmeye gidilmesi beraberinde çevre sorunlarını ortaya çıkarmış, bu da tarımsal üretimde sürdürülebilirlik kavramını gündeme getirmiştir. Bu kapsamda sürdürülebilir hayvan yetiştiriciliğinde doğal kaynaklara zarar vermeyecek şekilde üretim sistemlerinin iyileştirilmesi hedeflenmelidir. Organik keçi yetiştiriciliğine, özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde, son yıllarda artan bir ilgi oluşmaya başlamıştır. Organik yetiştiricilik ile ülkemizde yoğun olarak uygulanan ekstansif yetiştiricilik değerlendirildiğinde her iki sistemde de meraya dayalı ve yoğun yem kullanımından uzak sistemler olduğu görülmüştür. Ülkemizde keçi yetiştiriciliği, daha çok meraya dayalı olarak yürütülmekte ve çoğu bölgelerde hayvanların yem gereksinimlerinin %80-90'ı doğal otlatma alanlarından sağlanmaktadır (Behrem ve Keskin, 2013; Koyuncu ve ark., 2017; Behrem ve ark., 2022).

Akdeniz orman ekosistemine çok iyi uyum sağlamış ve yıllardır yetiştiriciliği yapılan Kıl keçisi, bu bölgede yaşayan insanların, en başarılı olduğu hayvansal üretim sistemlerinden biridir. Ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan ve önemli bir gen kaynağı olan Kıl keçileri, her türlü arazi koşullarına adapte olma ve manevra yeteneği yüksek, hastalıklara karşı dayanıklı, genelde orman ve kayalık alanda beslenmeyi tercih eden türlerdir (Türkoğlu ve ark., 2018). Türkiye'nin her bölgesinde

yetiştirilebilen Kıl keçisi sürüleri, özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde, orman içi ve kenarı alanlarda, ekstansif sistem dâhilinde yönetildiği ve neredeyse tüm yıl sadece doğaya bağlı bir şekilde yetiştirilmektedir. Kıl keçileri günde 15-20 km civarında yürüyebilmektedir. Bu durum hem gübrelerin daha geniş bir alana yayılmasını hem de son yıllarda çok büyük sorun haline gelen orman yangınlarıyla mücadelede erken müdahale ve önlem alma durumu açısından sürdürülebilir çevreye önemli katkı sağlamaktadır (Keskin ve ark., 2017).

Bu çalışmada, keçi yetiştiriciliğinin sera gazı oluşumuna etkisi, avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Tarımsal Faaliyetlerde Sera Gazı Emisyonları ve Karbon Ayak İzi

Nüfus artışı, yüksek yüzey sıcaklığı ve daha yüksek sera gazı emisyonları, ekosistem sürdürülebilirliği konusunda ciddi endişelere yol açmaktadır (Özlü ve ark., 2022). Sürdürülebilir kalkınma kavramı, küresel ekonomide, tarım ve gıda sektöründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Uluslararası faaliyetler, endüstrinin çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltarak verimliliğini artırmak için yürütülmektedir. Zararlı insan faaliyetlerinin belirlenmesine yardımcı olmak için, ürün ve hizmetlerin çevresel ayak izleri, yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. Enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, su ve hammaddelerin çıkarılması, işlenmesi, üretimi, taşınması, tüketimi ve atık oluşması gibi çevresel faktörler, ürünlerin yaşam döngüsünü değerlendirerek farklı türdeki ürünlerin çevresel ayak izlerini hesaplamak için kullanılan yaygın bir hesaplama yöntemidir. Tarımsal faaliyetlerde elde edilen ürünün "tarladan tabağa" bütün üretim aşamalarının ve organizasyonlarının analizini gerektirir. Örneğin; bitkisel üretim ürünlerini analiz ederken, tarım araçları, gübre ve tarımsal ilaç kullanımını, topraktan kaynaklanan emisyonları, atıkların işlenmesini, taşınmasını ve değerlendirilmesi içerirken, hayvansal ürünlerin üretimini analiz ederken, yem, süt, et, yumurta üretimi, gübre yönetimi, kesim ve atık kullanımı dikkate alınmalıdır (Karwacka ve ark., 2020). Çevre bilimciler tarafından son yıllarda geliştirilen "Ayak İzi" hesaplamaları, insan faaliyetlerini genel olarak, ekolojik ayak izi, karbon ayak izi ve su ayak izi olmak üzere üç boyutta ölçmektedir (Gökçek ve ark., 2019). Artık dünya çapında yaygın hale gelen karbon ayak izi, bir birey, bir kuruluş, hatta bir ürün tarafından doğrudan veya dolaylı olarak neden olunan toplam sera gazı emisyonlarının bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Karbon ayak izi, karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) olarak ifade edilir. Su ayak izi, birey, toplum ve üretici tarafından kullanılan mal ve hizmetlerin tükettiği toplam temiz su miktarıdır (Avanoz, 2020). Küresel düzeyde kullanılan bütün suyun %92'si besin üretimi için kullanılmaktadır. Bu durum suyun besin üretiminden kaynaklı kullanımında önemli bir paya sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle hayvansal besinlerin, bitkisel besinlere göre su ayak izine katkıları daha yüksek olmaktadır. Yapılan çalışma sonuçlarında dana eti, tavuk yumurtası, beyaz peynir ve inek sütünün

su ayak izinin en yüksek olduğu belirlenmiştir (Ermumcu ve ark., 2024). Son yıllarda bilimsel literatürlerde, farklı bölgelerden ve üretim sistemlerinden elde edilen hayvansal ürünlerin karbon ayak izlerine ilişkin raporlar sunulmaktadır. Buna göre sığır eti üretimi ile domuz ve kümes hayvanları etinin üretimi arasında yaşam döngüsü emisyonları açısından büyük bir fark olduğu, 1 kg sığır eti üretiminin karbon ayak izinin monogastrik hayvanlardan elde edilen 1 kg ete göre beş ile on kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Aradaki farklılığın sebebinin, ruminant hayvanların enterik fermantasyonundan kaynaklanan metan emisyonu ve düşük yem verimlilikleri olduğu belirtilmiştir (Persson, 2015).

AB'nin "2030 İklim Hedefi Planı", sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %40, 2050 yılına kadar ise %55 oranında azaltmayı ve nihayetinde yüzyılın ortasına kadar net sıfır emisyona ulaşmayı hedeflemektedir. Bu çerçevede, belirli hayvancılık üretim sistemlerinin küresel ısınmaya yol açan başlıca sera gazlarının emisyonlarına önemli ölçüde katkıda bulunduğu kabul edilmektedir. Örneğin küçükbaş hayvanların, küresel hayvancılık sektöründen kaynaklanan emisyonların yaklaşık %6.5'inden sorumlu olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle, daha sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve desteklenmesi büyük önem taşımaktadır (Lalotıs ve ark., 2025).

Tarım ve gıda hem ekonominin hem de sosyolojinin birbirini tamamlayan iki sektörünü temsil eder. Gıda sektörüne hammadde temini sağlayan tarım sektörü gıdanın lokomotifi görevindedir. Gıdanın üretimi ve güvenliği açısından sürdürülebilir tarım sistemlerinin oluşturulması önemlidir (Ceritlioğlu ve ark., 2024). 2011 yılında yapılan araştırmalara göre gıda üretiminin küresel enerji tüketiminin yaklaşık %30'undan sorumlu olduğu belirtilmektedir. Gıda sistemlerinin, üretim ve dağıtım aşamasında kullanılan enerji ile birlikte, iklim değişikliğini doğrudan etkileyen karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitrojen dioksit (NO₂) gibi sera gazı emisyonlarının üçte birinden sorumlu olduğu belirtilmiştir. Ekonomideki en fazla emisyonun yaklaşık %57 metan ve %90'a kadar nitrojen dioksit ile tarım ve gıda sektörüne ait olduğu bildirilmiştir (Karwacka ve ark., 2020).

Tarım sektöründe sera gazı emisyonlarının başlıca kaynakları; geviş getiren hayvanların enterik fermantasyonu ile toprak ve hayvansal gübre yönetimidir. Tarımsal faaliyetler, metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O) gazlarının en önemli kaynakları arasında yer almaktadır (Aydın, 2023). Enterik fermantasyon, alınan besinlerin ruminant hayvanların sindirim sisteminde, mayalanma esnasında, mikroorganizmalar tarafından üretilen hidrojenin (H₂), metanojenler tarafından enerji kaynağı olarak kullanılması ile metan (CH₄) oluşma ve gaz atımı şeklinde gerçekleşmektedir (Önel, 2021). Sığır, koyun, keçi ve deve gibi geviş getiren hayvanlar, metan emisyonlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Domuz veya at gibi monogastrik hayvanlar ise metan üretmelerine rağmen türlere göre emisyon miktarları önemli derecede farklılık göstermektedir (Şahin ve ark., 2016). Enterik

fermantasyon kaynaklı toplam metan emisyonlarının, dünya genelinde hayvanlar tarafından salınan metan miktarının 72–99 Tg/yıl (1 Tg = 1 milyon ton) arasında olduğu tahmin edilmektedir. Küresel metan salınımının yaklaşık %16'sının enterik fermentasyon sonucu olduğu öngörülmektedir. Ancak ruminant hayvancılık sistemlerindeki emisyon iklim, toprak tipi, rakım gibi çevresel koşullara, yetiştirilen türeve üretim amacına işletmedeki popülasyona, rasyonun türüne, miktarına ve özellikle beslenme biçimine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Gutiérrez-Peña ve ark. 2019; Aydın ve ark. 2011). Metanın karbondioksit nazaran 20 kat daha ısı tutucu bir rol oynadığı ve sera etkisinin %15'inin bu gazdan kaynaklandığı belirtilmektedir. Toplam nitroz oksit (N_2O) emisyonları, karbondioksit (CO_2) emisyonlarına kıyasla miktar olarak daha düşük olsa da, N_2O 'nun atmosferde neden olduğu ısınma etkisi CO_2 'ye göre yaklaşık 300 kat daha fazladır (Güler, 2018).

Metan emisyonlarının %50–60'ının tarımsal faaliyetlerden, özellikle de çiftlik hayvanlarından kaynaklandığı; ruminantların ise metan (CH_4) üretiminin başlıca kaynağı olarak sınıflandırıldığı bildirilmektedir. Çeşitli araştırmalara göre, dünya genelinde yılda yaklaşık 80 milyon ton CH_4 salındığı ve bunun yaklaşık %47'sinin bitkisel üretimden, %39'unun ise hayvansal üretimden kaynaklandığı belirtilmiştir (Önel ve ark., 2021). Et ve süt ürünleri üretimi, gıda tedarik zincirindeki sera gazı emisyonlarına büyük katkı sağlar. Gıda tedarik zinciri her yıl 13,7 BMT (bin metrik ton) karbondioksit eşdeğeri üretir ve bu toplam insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %26'sını oluşturur. Özellikle, sığır eti çeşitli et türleri arasında en büyük karbon ayak izine sahiptir ve onu kuzu eti takip eder. Sığır eti üretimindeki temel emisyon kaynakları sığır metan emisyonları ve gübresinden kaynaklanır (Samad ve ark., 2025)

Ülkemizin 2023 yılı toplam sera gazı emisyonlarında CO_2 eşdeğer olarak %71.6 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %13.0 ile tarım, %12.8 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %2.5 ile atık sektörü takip etmektedir. Tarım sektörü emisyonları 2023 yılında, 1990 yılına göre %38.4, 2022 yılına göre ise %0.3 artarak 71.8 Mt CO_2 eşdeğer olarak hesaplanmıştır. Atık sektörü emisyonları ise 1990 yılına göre %36.4 artarken bir önceki yıla göre %12.2 azalarak 14.1 Mt CO_2 eşdeğer olarak hesaplanmıştır. 2023 yılında toplam CO_2 emisyonlarının %86.2'si enerji sektöründen, %13.5'i endüstriyel işlemlerden ve %0.4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. CH_4 emisyonlarının 2023 yılında %57.4 kadarı enterik fermentasyon kaynaklı olmak üzere %66'sı tarım sektöründen, %18.5'i atık sektöründen ve %15.5'i ise enerji sektöründen kaynaklandığı, N_2O emisyonlarının %79.1 kadarı tarım sektöründen, %11.3 kadarı enerji sektöründen, %6.1 kadarı atık sektöründen ve %3.5'inin ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklandığı belirtilmiştir (TÜİK, 2023).

Dünyada atmosferik CO_2 emisyonları açısından, Çin ve ABD önde gelen ülkeler olarak bildirilmiştir. Bu ülkeleri sırasıyla Hindistan, Rusya ve Japonya takip

etmektedir. Metan (CH_4) emisyonları açısından tropikal Güney Amerika ve Güneydoğu Asya lider bölgeler olup, bunu sırasıyla Çin, Orta Avrasya, Japonya ve Güney Afrika takip etmektedir. Küresel ölçekte tarımsal ve atık faaliyetli nedeniyle en fazla CH_4 emisyonuna Hindistan ve Çin sahipken, sulak alanlardan kaynaklı CH_4 emisyonlarının çoğu tropikal Güney Amerika'daki sulak alanlardan gelmektedir (Özlü ve ark., 2022).

Sürdürülebilir Beslenmede Hayvansal Gıdaların Çevresel Etkileri

Toplum sağlığının korunmasında, yeterli ve dengeli beslenmenin yanı sıra sürdürülebilir beslenmenin de önemi vurgulanmaktadır. Hızla artan nüfus ve değişen iklim şartlarının gıda sistemlerinin geleceği ile gıda güvenliği açısından endişelere neden olmaktadır. Sürdürülebilir beslenme; sağlıklı yaşamı destekleyerek hem gıdanın geleceğine ve güvenliğine hem de çevresel etkileri düşük beslenme modelleri oluşturmaya katkı sağlamaktadır. Yeterli ve dengeli beslenmenin yanı sıra su ve karbon ayak izi düşük besinlerin tercih edilmesi toplum sağlığı ile birlikte çevre sağlığını da korumuş olacaktır. Dünya nüfusunun artması hayvansal ürünlere olan talepleri de artırırken, pazardaki küreselleşme, ülkeler arası gıda transferini hızlandırmış bu da hayvansal üretime dayalı sanayinin hızlı bir şekilde büyümesine neden olmuştur (Koyuncu ve ark., 2018). Dünya nüfusu 10 milyara yaklaşırken ve beslenme biçimleri daha fazla et içerecek şekilde değişirken, sığır gibi geviş getiren hayvanlardan elde edilen et tüketiminin 2050 yılına kadar yaklaşık %90 oranında artması beklenmektedir. Bu kapsamda gıda dışındaki sanayi, enerji, atık gibi tüm sistem emisyonları ortadan kaldırılsa bile, yalnızca gıda üretim sistemlerinden kaynaklanan emisyonların küresel ısınmayı $1.5^{\circ}C$ 'nin üzerine çıkarmasının muhtemel olduğunu gösteriyor. Özellikle sığırlardan elde edilen süt ve et tüketiminin, gelecekteki ısınmanın yarısından fazlasından sorumlu olması ve yalnızca et üretiminden kaynaklanan emisyonların yüzyılın sonuna kadar $0.2-0.44^{\circ}C$ 'lik bir ısınmaya katkıda bulunması bekleniyor (Rejto ve Gambino, 2023)

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, küresel hayvancılık sektörü sınırlı kaynakları kullanarak artan tüketici talebini karşılamakta zorlanmaktadır. Hayvancılığın çevresel etkisi, gıda üretimi içinde en çok tartışılan konulardan biridir (Gürbüz, 2019). Hayvansal üretim; toprak, su ve enerji gibi kaynakları yoğun şekilde tüketmekte ve ekosistemlerin bozulmasına yol açan biyolojik kirliliğin önemli bir kaynağı olmaktadır (Karwacka ve ark., 2020). Hayvancılık sektörü, bir yandan çevresel etkileri azaltmaya çalışırken, diğer yandan da artan dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu hayvansal protein miktarını karşılamakta büyük bir zorlukla karşı karşıyadır. Hayvansal üretim, küresel CO_2 emisyonlarının %9'unu, metan (CH_4) emisyonlarının %35-40'ını ve nitroz oksit (N_2O) emisyonlarının %65'ini oluşturarak küresel ısınmaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Öte yandan, küresel ısınmanın yol açtığı yüksek sıcaklıklar ve kuraklık, sürdürülebilir hayvansal üretim sistemleri ile çeşitli ekosistemlerin devamı

için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Hayvansal üretim, mera alanları, yem bitkisi, yem hammaddesi üretim miktarı ve kalitesi, fiyatlar, hastalık ve zararlıların yayılması ile mücadelesi, iklim koşulları ve su kaynaklarındaki değişikliklerden doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca, hayvancılık en fazla arazi kullanan sektör olup, küresel biyokütlenin yaklaşık %60'ını kapsamaktadır (Koyuncu ve ark., 2017).

Dengeli ve düzenli beslenme insanın yaşam kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Hayvansal kaynaklı proteinler ise dengeli beslenmenin en önemli kaynaklardandır. Hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarının tüketim miktarından ziyade faydasının önemli ve hayvansal proteinlerin biyoyararlılığının %70-90 olduğu, bitkisel protein kaynaklı olanların ise %40-70 olduğu bildirilmiştir. Hayvansal kaynaklı gıdalar; kaliteli protein içeren ve bileşiminde A vitamini, riboflavin, folat, B12 vitamini, demir, çinko ve kalsiyum gibi vücut için önemli birçok mikro besin ögesi bulunan bir besin grubudur. Hayvansal proteinler, esansiyel amino asitlerin tümünü içerdiği için tam olarak sınıflandırılmaktadır ve biyoyararlılıkları yüksektir (Dodurka ve ark., 2023). Türkiye hem CO₂ hem de genel sera gazı bakımından küresel emisyonların %1.3 ünü oluşturuyor. Bu oran Çin (yaklaşık %30), ABD, Hindistan gibi büyük salım yapan ülkelerle karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır (TÜİK, 2023). Türkiye'nin gıda endeksinde yer alan ülkeler içinde kalite ve güvenlik açısından 39. sırada olduğu, erişilebilirlikte 47. ve bulunabilirlik açısından ise 53. sırada olduğu görülmektedir. Yetersiz beslenme yaygınlığı değerlendirmesinde ise % 2.5 ile gelişmiş ülkeler düzeyindedir. Türkiye her ne kadar gıdaların kalite ve güvenliğinin sağlanmasında ön sıralarda yer alsada dünyanın önemli ülkeleriyle kıyaslandığında hayvansal protein arzında yetersizliğinin olduğu görülmektedir. Ülkemizde bitkisel kaynaklı proteinlerin ağırlıklı olarak tüketiliyor olması, beslenmede dengesizliklere yol açmaktadır. AB ve ABD ile kıyaslandığında hayvansal protein arzının ve tüketiminin gerilerde olduğu görülmektedir. Bunun en önemli nedeni hayvansal gıda arzını karşılayacak şekilde üretimin yapılmamasıdır. Gıda güvencesinin sağlanmasında özellikle bulunabilirlik boyutunda bitkisel ve hayvansal ürünlerde kendine yeterliliğin sağlanması gerekmektedir (Koca ve ark., 2021).

Türkiye' de 2023 yılında 2.384.047 ton olan kırmızı et üretiminin, 2024 yılında %11.7 azalarak 2.105.895 ton olarak tahmin edildiği bildirilmektedir. Buna göre, sığır eti üretimi bir önceki yıla göre %11,2 azalarak 1.483.042 ton, koyun eti üretimi %10.5 azalarak 509.539 ton, keçi eti üretimi %22.8 azalarak 99.532 ton ve manda eti üretimi ise %10.4 azalarak 13.781 ton seviyesine gerilemiştir. 2023 yılında 21.481.567 ton olan çiğ süt üretimi, 2024 yılında %4.7 artarak 22.487.757 tona ulaşmıştır. Bir önceki yıla göre inek sütü üretimi %5.4, manda sütü üretimi ise %35.1 artarken; koyun sütü üretimi %2.9 ve keçi sütü üretimi %11.2 oranında azalmıştır. 2024 yılında çiğ süt üretiminin %93.6'sını inek sütü, %4'ünü koyun sütü, %2.1'ini keçi sütü ve %0.3'ünü manda sütü oluşturmaktadır (TÜİK, 2024).

Keçi Yetiştiriciliği ve Karbon Ayak İzi

Bu konuda dünyanın değişik bölgelerinde yapılmış değişik çalışmalar bulunmaktadır. Güney Yunanistan'ın dağlık bölgesinde bulunan yarı entansif koyun ve keçi çiftliklerinin sera gazı emisyonlarını tahmin etmek amacıyla, iki farklı metodoloji kullanılarak çevresel etki değerlendirmeleri kapsamında çiftliklerin karbon ayak izini hesaplamak ve kullanılan her iki metodolojinin sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla çalışma yapılmıştır. Birinci metodoloji, yalnızca genel hayvan popülasyonu büyüklüğündeki değişiklikleri ele almıştır. Bu kapsamda ayrıntılı sürü bileşimini hesaba katmadan, toplam hayvan sayısının, metan ve nitröz oksit için türlere özgü emisyon tahminleri yapılmıştır. Dolayısıyla bu metodolojide yaş, verim, laktasyon, kuru dönem gibi, rasyon ve gübre yönetim sistemleri gibi değişiklikler göz ardı edilmiştir. Keçi ve koyun çiftlikleri için bu metodoloji üzerinden tahmin edilen ortalama karbon ayak izi değerleri sırasıyla 2.12 ve 2.87 kg CO₂ -eq./kg yağ-protein düzeltilmiş süt olarak hesaplanmıştır. İkinci metodolojide ise sürü yapısı, yönetim sistemleri, hayvan sayısı, cinsiyet, yaş, canlı ağırlık, enerji gereksinimleri, rasyon ve verimlilik düzeyleri, gübre yönetim işlemiyle ilgili parametreleri dâhil ederek daha rafine bir değerlendirme sağlanması amacıyla yapılmıştır. İkinci metodoloji kullanıldığında, bu değerler 2.73 ve 3.99 kg CO₂ -eq./kg yağ-protein düzeltilmiş süt olarak yükselmiştir. Her iki yöntemde kullanılan farklı matematiksel yaklaşımlar nedeniyle 1. ve 2. metodoloji sera gazı emisyonları ve karbon ayak izi tahminleri arasında tutarsızlıklar gözlemlenmiştir (Lalotıs ve ark., 2025).

İspanya'nın güneybatısında, çeşitli bölgelerde organik hayvancılığın karbon ayak izine etkisini analiz etmek amacıyla çiftliklerde yetiştirilen et sığırı, etlik koyun, İber domuzu ve süt keçisi türleri ile mevcut tarım sistemlerini kapsayan bir çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamındaki çiftliklerde tespit edilen emisyonların konvansiyonel çiftliklere göre daha düşük olduğu, et sığırlarında 16.27 ve 10.43 kg CO₂ eşdeğeri / kg canlı ağırlık, koyunlarda 13.24 ve 11.42 kg CO₂ eşdeğeri/kg canlı ağırlık, keçilerde 1.19 kg CO₂ eşdeğeri / kg süt ve domuzlarda 4.16 ve 2.94 kg CO₂ eşdeğeri /kg canlı ağırlık değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Süt keçisi çiftliğinin fonksiyonel birim başına en düşük karbon ayak izi seviyelerine sahip olduğu belirtilmiştir. Aynı türe ait çiftlikler karşılaştırıldığında, çiftlik içinde buzağı besiciliği yapan çiftliğin, süttten kesilmiş sığır satan çiftliğe göre daha düşük karbon ayak izi seviyeleri ortaya koymaktadır. Koyun çiftlikleri için de durum aynıdır, daha ağır (23 kg) koyun satan çiftliğin, koyunları 18.5 kg'da satan çiftliğe göre daha düşük karbon ayak izi seviyeleri ortaya koymaktadır. Sera gazı grubu, kaynaklarına göre çiftlik yönetiminden ve girdilerden kaynaklanan toplam emisyon olarak ikiye ayrılmıştır. Et üretimi amacıyla yetiştiricilik yapılan sığır ve koyun çiftliklerinde, çiftlik yönetimi, emisyonların %90'ından fazlasını oluşturduğu görülmüştür. Ancak, yarı entansif keçi ve İber domuzu çiftliklerinde, yem temini, çiftlikten kaynaklanan sera gazı emisyonlarının %65'i olduğu ve bunun, geviş getiren diğer hayvan çiftliklerinden daha düşük bir

değer olduğu bildirilmiştir. Girdilerden kaynaklanan emisyonlar, enterik fermentasyondan kaynaklanan metan (CH_4) emisyonlarında olduğu gibi türler arasında büyük farklılıklar yaratmaktadır ve hayvan yemi alımı olmak üzere girdi alımından kaynaklanan emisyonların oranını arttırdığı bildirilmiştir. Bu durum yarı entansif keçi çiftliklerinde, özellikle hayvan yemi satın alımı açısından, çiftliklerin otlatmaya veya yem üretmeye dayalı kendine yeterliliğinin esas olduğunu ve yem satın alımının sınırlandırılması gerektiği bildirilmiştir. Ayrıca organik hayvancılıkta hayvanlar, hava koşulları ve arazinin durumu elverdiği sürece, tercihen mera olmak üzere açık hava alanlarına sürekli erişime sahip oldukları için bırakılan gübrenin toprak tarafından yeterli karbon tutulmasını sağlaması ve bunun nicelendirilmesi, özellikle iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında güncel bir öneme sahiptir. İncelenen çiftliklerde, geviş getiren hayvanlar söz konusu olduğunda, emisyonlar %35 ile %89 oranında telafi edilir ve süt keçisi çiftlikleri söz konusu olduğunda sera gazı emisyonlarının %100'ü oranında telafi edilir (Horrrillo ve ark., 2020)

Yeni Zelanda'daki entansif ve ekstansif süt keçisi üretim sistemlerinin beşikten çiftliğe karbon ayak izini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada, kapalı çiftlikler için ortalama karbon ayak izi 11.05 t CO_2 e/ha ve 0.81 kg CO_2 e/kg yağ-protein düzeltilmiş süt iken, açık çiftlikler için ortalama 5.38 t CO_2 e/ha ve 1.03 kg CO_2 e/kg yağ-protein düzeltilmiş süt olduğu bildirilmiştir. Sonuçların, çiftlikler arasındaki yönetim uygulamalarındaki farklılıklar nedeniyle yüksek değişkenlik gösterdiği ve enterik fermentasyondan kaynaklanan metan gazının önemli bir emisyon kaynağı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ek yem kullanımının karbon ayak izine önemli bir katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Kapalı alanda keçi yetiştiriciliği sistemleri, açık alanda yetiştirilenlere kıyasla, ekilen arazi başına önemli ölçüde daha yüksek karbon ayak izine sahip süt üretmiştir. Enterik metan tayininde kullanılan metodoloji, doğru ve anlamlı bir değerlendirme için önemlidir. Gübre yönetim sistemi ve ek yem seçimi, karbon ayak izini önemli ölçüde etkileyebilir (Robertson ve ark., 2015).

Endülüs'te (Güney İspanya) bulunan dört farklı yerli süt keçisi ırkı ve üretim sisteminde, bitki örtüsünün karbon tutma kapasitesi de göz önünde bulundurularak, sera gazı emisyonlarını hesaplamak ve çevresel etkilerini en aza indirebilecek sistem ve uygulamaları belirlemek amacıyla çalışma yapılmıştır. Analiz edilen sistemler için sonuçlar benzer karbon ayak izi değerleri göstermiştir. Yem üretimi bulunmayan iç mekan sistemleri 1.42 CO_2 -eq kg⁻¹ yağ-protein düzeltilmiş süt, yem üretimi bulunan iç mekan sistemleri 1.04 CO_2 -eq kg⁻¹ yağ-protein düzeltilmiş süt, yüksek yem arzına sahip otlatma sistemleri 1.15 CO_2 -eq kg⁻¹ yağ-protein düzeltilmiş süt ve mera ve otlaklara dayalı sistemler için 1.17 CO_2 -eq kg⁻¹ yağ-protein düzeltilmiş süt olarak hesaplanmıştır. Hesaplamanın zorluklarına rağmen, türe özgü bir standardizasyon denklemi kullanmanın ve arazi karbon tutma kapasitesini hesaba katmanın önemi gösterilmiştir. Analiz edilen dört üretim sistemi benzer karbon ayak izi değerleri elde etmiş ve hepsinde iyileştirme alanları bulunmuştur (Leytón ve ark., 2023).

SONUÇ

Çiftlik hayvanları ekosistemin yüzlerce yıldan beri bir parçasıdır. Küresel ısınma sorununun sanayinin kontrolsüz büyüdüğü son elli yıllık süreçte dünya gündemine geldiğini dikkate aldığımızda, Türkiye’de hali hazırda hayvansal üretim açısından kendi kendine yeterlilikte eksiklikler söz konusuysa hayvansal üretimden kaynaklı metan gazı salınımını tartışmaktan ziyade sanayi ve enerji sektörlerinde alınması gereken önlemlere yönelmek daha gerçekçi olacaktır. Ulusal ekonomilerdeki önemli rolüne rağmen, küçükbaş hayvanların karbon ayak izi üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde önemli sosyo ekonomik ve ekolojik öneme sahip olan keçi yetiştiriciliği, diğer hayvanların tüketemediği dağlık alanlar, çalılıklar ve orman içi mera alanlarını kullanır. Bu koşullara adapte olmuş olan yerli keçi ırkları mevcut yem kaynaklarını en iyi şekilde kullanarak birçok yetiştiricinin kırsalda geçimini sağlamasına katkı sağlar. Kırsal toplulukların yaşamlarının sürdürülebilir olmasında, geleneklerin korunmasında önemli role sahiptir. Yapılan çalışmalarda keçi yetiştiriciliğinin sera gazı salınımı ve karbon ayak izi bakımından çevresel etkisinin diğer ruminantlara göre daha az olduğu görülmüştür. Yetiştiricilikte genellikle ekstansif ve yarı entansif sistemler uygulandığı için yem girdisinin neredeyse %75’inden fazlasını diğer ruminantların değerlendiremediği otlak ve çalılıklardan sağlamaktadır. Keçiler otlatılan alanlarda ekosistemlerin karbon tutma kapasitesini artırmakta ve atmosfere salınan sera gazının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle keçi yetiştiriciliği düşük karbonlu hayvansal üretimde önemli bir yere sahiptir. Toprağın karbon tutma kapasitesinin nicelendirilmesi, özellikle iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında yapılan hesaplamalarda önemli bir parametre olabilir. İyileştirilmiş sürü yönetimi ve optimize edilmiş besleme stratejileriyle üretkenliğin artırılması, keçi işletmelerinin genel karbon ayak izinin daha da azaltılmasına yardımcı olabilir. Aynı zamanda bölgeye uygun ırk ile çalışılması, genetik iyileştirme ve seleksiyon uygulamaları, besleme yönetimi, gübre ve diğer yan ürünlerin yönetimi, otlatma alanlarının rasyonel kullanımı, konsantre yemlerin aşırı ve gereksiz kullanımının ortadan kaldırılmasına katkı sağlayacaktır. Bir diğer önemli husus ise hayvan beslemede kullanılan hammaddelerin yerel tarımsal üretim ile sağlanması ve bölgenin tarımsal ve gıda üretim faaliyetlerinden elde edilen yan ürünlerin hayvan beslemede kullanılması ile gübrenin yönetimi atmosfere sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir.

Küresel iklim değişikliğinin etkisinin kendini daha fazla göstermeye başladığı günümüz koşullarında uygun alanlarda keçi sayısının artırılması orman içi örtü bitkileri üzerine otlatma baskısını artıracak ve orman yangınlarının azalmasına da katkı sağlayacaktır.

Bu nedenlerle ülke genelinde süt sığırcılığını destekleme politikalarının gözden geçirilmesi ve kentsel bazda hangi hayvan türlerinin öne çıkarılacağına karar verilerek

destekleme politikalarının bu doğrultuda gerçekleştirilmesi Türkiye hayvancılığı ve toplumumuzun hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir adım olacaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Yazarların Katkısı

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Aydın G, Karakurt İ, Aydın K., 2011. Antropojenik metan emisyonlarının sektörel analizi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Dergisi*, 4(1): 42-51.
- Atabey S, Aykaç Z, Toprak ZF., 2025. Türkiye’de sera etkili gazları kavramsal olarak tanımlama hassasiyeti. *Hendese Teknik Bilimler ve Mühendislik Dergisi*, 2(1): 13-19.
- Avanoz Z., 2020. Türkiye’de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması (Yüksek lisans tezi). *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Behrem S, Keskin M., 2013. Kilis ilinde keçi yetiştiriciliğinin mevcut durumu. *MKU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 69-72.
- Behrem S, Keskin M, Gul S, Unay E, Satılmış M, Unal M, Erisek A., 2022. Investigation on the hair characteristics of damascus and kilis goats. *Journal of Natural Fibers*, 19(14): 9562-9568.
- Ceritlioğlu M, Erman M, Uçar Ö., 2024. Sürdürülebilir tarımda su ayak izi kavramı: Tarla bitkilerinde verimlilik ve sürdürülebilirlik. *Bölüm 5*, 81-92.
- Dodurka HT, Özmen HF, Çetin Ö., 2023. Hayvansal gıdaların sürdürülebilirliği ve çevreye olan etkisi. *İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(1): 82-94.
- Ermumcu MŞK, Aloğlu B, Akdağ N, Köroğlu NB., 2024. Türkiye beslenme rehberinde yaş gruplarına özgü önerilen menülerin yaşam döngüsü göstergeleriyle incelenmesi: Su ve karbon ayak izi. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(1): 144-164.
- Gökçek B, Bozdağ A, Demirbağ H., 2019. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi örneğinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2): 721-730.
- Gutiérrez-Peña R, Mena Y, Batalla I, Mancilla-Leytón JM., 2019. Carbon footprint of dairy goat production systems: A comparison of three contrasting grazing levels in the Sierra de Grazalema Natural Park (Southern Spain). *Journal of environmental management*, 232: 993-998.

Güler Y., 2018. Sera gazları, iklim değişikliğinde sera gazı emisyonlarının rolü ve emisyon ticareti. ISHAD 2018, 517-527. <http://www.ishad.info>

Gürbüz İB, Özkan G., 2019. Hayvancılığın geleceğine eleştirel bir bakış: Geleneksel ve modern hayvancılığın karbon ayak izi karşılaştırması. XIII. IBANESS Congress Series on Economics, Business and Management – Tekirdağ-Fall / Turkey.

Gürçam S., 2025. İklim kriziyle mücadele mi, sermaye için piyasa mekanizmaları mı? Türkiye'nin iklim değişikliği kanunu teklifi üzerine bir inceleme. Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik, 26(1): 37-52.

Horrrillo A, Gaspar P, Escribano M., 2020. Organic farming as a strategy to reduce carbon footprint in dehesa agroecosystems: A case study comparing different livestock products. Animals, 10(1): 162.

Karwacka M, Ciurzyńska A, Lenart A, Janowicz M., 2020. Sustainable development in the agri-food sector in terms of the carbon footprint: A review. Faculty of Food Sciences, Department of Food Engineering and Process Management, Warsaw University of Life Sciences, SGGW, Poland.

Keskin M, Gül S, Biçer O, Gündüz Z., 2017. Kıl keçisi yetiştiriciliğinin organik üretim bakımından uygunluğu. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(13): 1700-1704.

Koca R, Somuncu M., 2021. Gıda güvencesi konusunda Türkiye için bir değerlendirme. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 8(2): 1-11.

Koyuncu M, Taşkın T., 2017. Ekolojik koyun ve keçi yetiştiriciliği. Hayvansal Üretim, 57(1): 56-62.

Koyuncu M, Akgün H., 2018. Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(1): 151-164.

Kurtgil S, Beyhan Y., 2021. The role of life cycle and sustainable nutrition. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11: 425-430.

Lalot GP, Bizelis I., 2025. Assessment of greenhouse gas emissions and carbon footprint in mountainous semi-extensive dairy sheep and goat farms in Greece. Environments, 12(7): 232.

Leytón J M, Morales-Jerrett E, Muñoz-Vallés S, Mena Y., 2023. A comparative analysis of carbon footprint in the Andalusian autochthonous dairy goat production systems. Animals, 13(18): 2864.

Önel E, Aksu T, Alaşahan S., 2021. Ruminantlarda enterik metan emisyonunu azaltma stratejilerinde tanenlerin rolü ve önemi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 1(2): 127-138.

- Özlü E, Arriaga FJ, Bilen S, Gozukara G, Babur E., 2022. Carbon footprint management by agricultural practices. *Biology*, 11(10): 1453.
- Persson UM, Johansson DJ, Cederberg C, Hedenus F, Bryngelsson D., 2015. Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: Where's the beef *Environmental Research Letters*, 10(3): 034005.
- Rejto DB, Gambino C., 2023. Livestock don't contribute 14.5% of global greenhouse gas emissions. <https://thebreakthrough.org/>
- 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.
- Samad HA, Eshwaran VK, Muquit SP, Sharma L, Arumugam H, Kant L, Fatima Z, Sharun K., Parameshwarappa MA, Latheef SK, Chouhan VS, Maurya VP, Singh G, Kaniyamattam K., 2025. Sustainable livestock solutions: Addressing carbon footprint challenges from Indian and global perspectives. *Sustainability*, 17(5): 2105.
- Şahin G, Onurbaş Avcıoğlu A., 2016. Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3): 157-162.
- Şenturk GO, Gök G, Koçyiğit H., 2023. Tarımda karbon ayak izi ve iklim değişikliğine etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1): 12-24.
- TÜİK., 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2023-53974>. Erişim Tarihi: 15.07.2024.
- TÜİK, 2024. www.tuik.gov.tr (resmi web sitesi). Erişim Tarihi: 15.07.2024.
- Türkoğlu T, Şahin MT, Büyüksakallı H., 2018. Türkiye'de keçi yetiştiriciliğinin mevcut durumu. *ISNOS-MED 2018*.
- Yardımcıoğlu D., 2024. İklim değişikliğinin çalışma hayatına etkileriyle mücadele: Adil bir geçiş için toplu iş hukuku düzenlemelerinden yararlanılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 26(1): 467-511.