

HAYVANSAL GIDALARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ VE ÇEVREYE OLAN ETKİSİ

Hazim Tamer Dodurka¹ Hüseyin Feyzi Özmen² Ömer Çetin¹

Gönderim Tarihi: 30.05.2023 Kabul Tarihi: 15.06.2023

Bu Makaleye Atıf İçin:

Dodurka, HT. Özmen, HF. Çetin, Ö. (2023) “Hayvansal Gıdaların Sürdürülebilirliği ve Çevreye Olan Etkisi” İstanbul Rumeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 1 (2): 82-94.

Özet

Hayvansal gıdalar kaliteli proteinleri ve dünya çapında eksikliği görülen birçok mikro besin ögesini biyoyararlılığı yüksek formlarda içeren ve özellikle bebeklik, çocukluk, adolesan çağ, gebelik ve laktasyon gibi hassas yaşam evrelerinde tüketimi daha da önem kazanan bir besin grubudur. Dünya nüfusunun artması, hayvancılık teknolojilerinin ilerlemesi, ekonomilerin büyümesi ve hayvansal gıdalara olan talebin artması, küresel olarak hayvansal gıda üretimini artırmıştır. Bu artış, beraberinde bazı iklim ve çevre sorunlarını da getirmektedir. Hayvansal kaynaklı gıda üretimi sonucu havaya karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve nitroz oksiti (N₂O) içeren sera gazı emisyonlarıyla birlikte hidrojen sülfür (H₂S) ve amonyak (NH₃) gibi gaz emisyonları salınmakta, kötü kokular açığa çıkmakta ve hava kirliliği meydana gelmektedir. Ayrıca üretimin yoğunlaşması sonucu fazla miktarlarda ortaya çıkan ve uygun bir atık yönetim prosedürü uygulanmayan hayvansal atıklar, içeriğindeki çeşitli ağır metal, hormon, antibiyotik, besin ögeleri (özellikle azot ve fosfor) ve patojen mikroorganizmalarla birlikte toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Bu madde ve organizmalar insanlara geçtiğinde çeşitli sağlık sorunları ve hastalıklara sebebiyet vermektedir. Hayvancılığın diğer etkileri arasında geniş arazi ve fazla miktarda enerji ve su kullanımı vardır. Ormanlık alanlar hayvanların otlatılması için meralara dönüştürülmekte, yem bitkisi yetiştirmek amacıyla ekim için araziye ihtiyaç duyulmaktadır. Su kaynaklarının günden güne artan kullanımı ise, su kıtlığına zemin hazırlamaktadır. Bu etkilerin bir sonucu olarak habitat tahribatı ve biyoçeşitlilik kaybı meydana gelmektedir. Hayvancılığa ek olarak, iklim değişikliği ve çevre kirliliğine neden olan diğer bir sektör ise enerjidir. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar küresel olarak birincil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yakıtlar yenilenebilir olmayıp aynı zamanda çevre dostu değildir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan biyokütle enerjisinin, fosil yakıtlara göre sera gazı emisyonlarını ve kirlilik risklerini azalttığı belirtilmektedir. Biyokütle kaynaklarından birisi olan hayvansal atıklardan, anaerobik çürütme yoluyla biyogaz üretilmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de biyokütle dönüştürme yoluyla biyogaz üreten tesis sayısının artırılması, enerji talebinin karşılanması adına çevre dostu bir katkı sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hayvansal Gıda, hayvansal atık, sürdürülebilirlik, çevre kirliliği, biyogaz

* İstanbul Rumeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: BAP2022 - 002).

¹ İstanbul Rumeli Üniversitesi. Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü. ORCID: 0000-0003-2743-3933, htamer.dodurka@rumeli.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, ORCID: 0009-0002-2203-5856, feyzi.ozmen@hotmail.com ³ İstanbul Rumeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü. ORCID: 0000-0002-5269-090X, omer.cetin@rumeli.edu.tr

SUSTAINABILITY OF ANIMAL FOOD AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Abstract

Animal foods are a food group that contains high quality protein and many micronutrients that are deficient worldwide in high bioavailability forms, and its consumption becomes more important especially in sensitive life stages such as infancy, childhood, adolescence, pregnancy and lactation. The increase in the world population, the advancement of livestock technologies, the growth of economies and the increase in the demand for animal foods have increased the production of animal foods globally. This increase brings with it some climate and environmental problems. As a result of animal source food production, greenhouse gas emissions - including carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) – and other gas emissions such as hydrogen sulfide (H₂S) and ammonia (NH₃) are released into the air, bad odors are released and air pollution occurs. In addition, animal wastes, which occur in large quantities as a result of the intensification of production and where an appropriate waste management procedure is not applied, cause soil and water pollution together with various heavy metals, hormones, antibiotics, nutrients (especially nitrogen and phosphorus) and pathogenic microorganisms. When these substances and organisms pass to humans, they cause various health problems and diseases. Other effects of animal husbandry include the use of large land and large amounts of energy and water. Forest areas are converted into pastures for grazing animals, and land is needed for cultivation in order to grow feed crops. On the other hand, the increasing use of water sources leads to water scarcity. As a result of these impacts, habitat destruction and loss of biodiversity occur. In addition to animal husbandry, another sector that cause climate change and environmental pollution is energy. Fossil fuels such as oil, natural gas and coal are used as primary energy sources globally. However, these fuels are not renewable and also not environmentally friendly. It is stated that biomass energy, which is one of the renewable energy sources, reduces greenhouse gas emissions and pollution risks compared to fossil fuels. Biogas can be produced from animal waste, which is one of the biomass sources, through anaerobic digestion. Increasing the number of plants producing biogas through biomass conversion in the world and in Turkey will make an environmentally friendly contribution to meeting the energy demand.

Keywords: Animal food, animal waste, sustainability, environmental pollution, biogas.

1. Giriş

Dünya nüfusu 1950'lerden günümüze 3 kat artış göstererek yaklaşık 8 milyar insana ulaşmıştır. Birleşmiş Milletler Dünya Nüfus Beklentileri 2022 Raporu'na göre, her ne kadar nüfus çoğalma hızı 2020'den itibaren %1'in altına düşmüş olsa da, 2050 ile birlikte dünya nüfusunun 9.7 milyar olması beklenmektedir (United Nations, 2022). Nüfus artışına ilaveten kentleşme, ekonomik büyüme, gelirlerin artışı ve günlük beslenmede hayvansal gıdalara giderek daha fazla yer verilmesi gibi faktörler nedeniyle (Adesogan vd., 2020, 4) günlük beslenmenin önemli bir parçası olan hayvansal kaynaklı gıdalara olan talep artmaktadır (Global Alliance for Improved Nutrition, 2020, 1). Ancak; hayvansal kaynaklı gıda üretimi ve küresel anlamda protein ihtiyacının karşılanması için yoğunlaşan hayvancılık faaliyetleri bazı çevre sorunlarına sebebiyet vermektedir (Karaman, 2006, 44; Dopelt vd., 2019, 1). Bu faaliyetler sonucunda havaya önemli miktarda sera gazı emisyonları salınmakta ve uygun olmayan atık yönetim uygulamaları nedeniyle kirlilik riskleri meydana gelmektedir (Vera ve Muñoz, 2017, 109). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (Food and Agriculture Organization - FAO) göre hayvan tarımı sonucu toplam 7.1 gigaton CO₂ eşdeğerinde CH₄, N₂O ve CO₂ açığa çıkmakta (Gerber vd., 2013, 15; Kraham, 2017, 6) ve üretilen bu emisyonlar küresel sera gazı emisyonlarının %14,5'ini oluşturmaktadır (Gerber vd., 2013, 15)

Dünya nüfusunun çoğalması (Ayhan, 2015, 48; Onurluba vd., 2015, 259; Akyürek, 2018, 160; Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499; Benali vd., 2019, 91), ülkelerdeki ekonomilerin büyümesi (Elitaş ve Ersöz, 2021, 1171) ve endüstriyel (Ayhan, 2015, 48; Akyürek, 2018, 160; Benali vd., 2019, 91) ve teknolojik gelişmeler (Onurluba vd., 2015, 259; Akyürek, 2018, 160; Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499); hayvansal gıdalara olan talebi artırmanın dışında küresel enerji talebinde de bir artışa sebebiyet vermiştir (Ayhan, 2015, 48; Onurluba vd., 2015, 259; Akyürek, 2018, 160; Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499; Benali vd., 2019, 91; Elitaş ve Ersöz, 2021, 1171). Günümüzde birincil enerji kaynağı olarak çoğunlukla fosil yakıtlar (petrol ve diğer sıvılar, kömür ve doğal gaz) kullanılmaktadır (EIA, 2021). Ancak yenilenebilir olmadığından dolayı fosil yakıtların sınırlı birer enerji kaynağı olması (Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499), büyük miktarlarda sera gazı emisyonları üretmesi [örneğin CO₂ emisyonu (Ayhan, 2015, 1171)], çevre kirliliğine neden olması (su, hava ve toprak kirliliği) (Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499; Benali vd., 2019, 91), böylelikle hem küresel ısınmaya (Ayhan, 2015, 1171) hem de insan sağlığına olumsuz etki etmesi, daha sürdürülebilir olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemini artırmıştır (Daryabeigi Zand vd., 2018, 6499; Benali vd., 2019, 91). Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan, hayvancılık artıkları ve dışkı gibi atıkları da içeren biyokütle enerjisi; ekonomik, basit bir teknoloji gerektiren (Ayhan, 2015, 48; Arifan vd., 2021, 623) ve sera gazı emisyonlarını azaltmada umut vadeci bir enerji kaynağıdır (Akyürek, 2018, 160). Bu derleme çalışmasında hayvansal gıda üretiminin sürdürülebilirliği, çevreye olan etkileri ve çevresel risklerin azaltılmasında yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyokütle enerjisinin ve biyogazın kullanımı değerlendirilecektir.

2. Hayvansal Kaynaklı Gıdaların Beslenmedeki Önemi

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 (Adenle vd., 2020, 348; Miller vd., 2022, 244). Hayvansal proteinler, elzem amino asitlerin tümünü içerdiğinden dolayı tam proteinler

olarak sınıflandırılmaktadır (Adenle vd., 2020, 348; Global Alliance for Improved Nutrition, 2020, 2; White, 2020, 42) ve biyoyararlılıkları yüksektir (Adenle vd., 2020, 348). Birçok mikro besin ögesi, bitkisel kaynaklı gıdalarla kıyaslandığında hayvansal kaynaklı gıdalarda daha kolay emilen ve vücut tarafından daha kolay kullanılan bir yapıda bulunmaktadır (örneğin: A vitamini, folat, D₃ vitamini, demir, çinko, kalsiyum) (Adenle vd., 2020, 348; Adesogan vd., 2020, 2). Bununla birlikte hayvansal kaynaklı gıdalar, B₁₂ vitaminin neredeyse tek kaynağıdır (Adenle vd., 2020, 348; Adesogan vd., 2020, 2; Miller vd., 2022, 244) ve günlük beslenmede bu besinlere yer verilmediğinde B₁₂'nin eksikliği sorun oluşturmaktadır (Adenle vd., 2020, 348). Hayvansal kaynaklı gıdaların tüketimi; özellikle bebekler, küçük çocuklar, ergenler, kadınlar, orta yaşlı geçkin bireyler, düşük ve orta gelirli ülkelerdeki sosyoekonomik düzeyi çok düşük kesim ve gebe ve emzikli kadınlarda beslenme durumunun iyileştirilmesi adına fayda sağlamaktadır (Miller vd., 2022, 244; Beal vd., 2023, 411).

3. Türkiye’de ve Dünya’da Hayvansal Gıda Üretimi ve Tüketimi

Hayvansal gıdalar genel olarak et ve et ürünlerini, süt ve süt ürünlerini, yumurtayı ve balık dahil olmak üzere suda yaşayan ve insanlar tarafından gıda olarak tüketilen diğer canlıları içermektedir (Beal vd., 2023, 409). Tablo 1 ve Tablo 2’de, 2010-2020 yılları arasında Dünya’da ve Türkiye’de hayvansal gıda üretim miktarları yer verilmiştir. Verilere göre 10 yıllık sürede Dünya’daki sığır eti üretiminin %9,2, tavuk eti üretiminin %37,8 ve süt üretiminin %24,1 arttığı; Türkiye’de ise sığır eti üretiminin %102, tavuk eti üretiminin %48,9 ve süt üretiminin %73,5 arttığı görülmektedir. **Tablo 1.** Türkiye’de Hayvansal Gıda Üretimi

| Hayvansal Gıda Türü | 2010 | 2015 | 2020 | 2010-2020 Arasındaki Değişim | Kaynak |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------------------------|-------------------------|
| Sığır Eti (bin ton) | 622 | 1.015 | 1.342 | %102 | (FAO, 2023) |
| Tavuk Eti (bin ton) | 1.444 | 1.909 | 2.136 | %47,9 | (TÜİK, 2021) |
| Hindi Eti (ton) | 31.965 | 52.722 | 58.212 | %82,1 | (FAO, 2023) |
| Tavuk Yumurtası (bin adet) | 11.840.396 | 16.727.510 | 19.788.063 | %67,1 | (TÜİK, 2021) |
| Tavuk Yumurtası (bin ton) | 740 | 1.045 | 1.237 | %67,1 | (FAO, 2023) |
| Süt (bin ton) | 13.544 | 18.662 | 23.504 | %73,5 | (TÜİK, 2021; FAO, 2023) |

Tablo 2. Dünya’da Hayvansal Gıda Üretimi

| Hayvansal Gıda Türü | 2010 | 2015 | 2020 | 2010-2020 Arasındaki Değişim | Kaynak |
|---------------------|--------|--------|--------|------------------------------|-------------|
| Sığır Eti (bin ton) | 66.862 | 68.123 | 73.006 | %9,2 | (FAO, 2023) |

| | | | | | |
|------------------------------|---------|---------|---------|-------|---|
| Tavuk Eti (bin ton) | 86.878 | 103.789 | 119.780 | %37,8 | (TÜİK, 2021) |
| Hindi Eti (bin ton) | 5.517 | 5.654 | 6.024 | %9,2 | (FAO, 2023) |
| Tavuk Yumurtası (bin ton) | 63.572 | - | 86.670 | %36,3 | (YUMBİR, 2015; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022) |
| Süt (bin ton) | 714.196 | 806.066 | 886.321 | %24,1 | (FAO, 2023) |

Et ve Süt Kurumu'nun "2019 Yılı Sektör Değerlendirme Raporu"na göre, dünyada kişi başı et tüketimi 34,4 kg (sığır eti, domuz eti, kanatlı eti ve koyun etinin toplamı), Türkiye'de ise 36,3 kg'dır (sığır eti, kanatlı eti, küçükbaş eti) (Et ve Süt Kurumu, 2020). Süt, peynir ve yumurtaya ait kişi başı tüketim verileri ise Tablo 3'de yer almaktadır (Ulusal Süt Konseyi, 2019; YUMBİR, 2019; Et ve Süt Kurumu, 2020). Hayvansal kaynaklı gıda tüketiminin gıda, coğrafya, gelir ve eğitim durumuna göre büyük farklılık gösterdiği; hayvansal kaynaklı gıdaların yüksek gelirli ülkelerde, kentsel bölgelerde ve eğitilmiş nüfuslar tarafından en fazla tüketildiği, Güney Asya ve Sahra-Altı Afrika'da ise en az miktarlarda tüketildiği belirtilmiştir (Beal vd., 2023, 409)

Tablo 3. Dünya'nın Çeşitli Ülkelerinde ve Türkiye'de Kişi Başı Süt, Peynir ve Yumurta Tüketimi (Ulusal Süt Konseyi, 2019; YUMBİR, 2019; Et ve Süt Kurumu, 2020)

| | Süt (kg/kişi) (2019) | Peynir (kg/kişi) (2019) | Yumurta (adet/kişi) (2017) |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Amerika Birleşik Devletleri | 66,2 | 17,5 | 277 |
| Kanada | 76,8 | 14,5 | 242 |
| Çin | 8,9 | 0,3 | 307 |
| Japonya | 31,3 | 2,8 | 333 |
| Avustralya | 103,1 | 12,1 | 244 |
| Rusya | 49,4 | 8,3 | 305 |
| Avrupa Birliği | 65 | 18,4 | - |
| Brezilya | 52,3 | 3,8 | 192 |
| Türkiye | 39,7 | 17,5 | 214 |

4. Hayvansal Gıda Üretimindeki Artışın Sürdürülebilirlik ve Çevre Açısından Oluşturduğu Endişeler

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987'de yayınladığı "Ortak Geleceğimiz" raporunda sürdürülebilir kalkınmanın "Gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamak" ile gerçekleştirilebileceği ifade edilmiştir (WCED, 1987; Pekcan, 2019, 2). Ancak, mevcut hayvansal gıda üretim düzeyinin sürdürülebilir olmadığı (Espinosa-Marrón vd., 2022, 2) ve çeşitli açılardan bazı önemli çevre sorunlarına katkı sağladığı belirtilmektedir (Pelletier ve Tyedmers, 2010, 18371; Global Alliance for Improved Nutrition, 2020, 1). Hayvansal üretim sera gazı emisyonlarının artmasına, küresel arazinin tarımsal arazi lehine genişlemesine ve tahribatına, ormansızlaşmaya ve fazla su kullanımına sebebiyet vermekte; bunun bir sonucu olarak iklim değişikliği, habitat kaybı, biyoçeşitlilik kaybı ve su kıtlığı görülmektedir (Vera ve Muñoz, 2017, 109; Espinosa-Marrón vd., 2022, 2). Ayrıca, hayvancılık fazla miktarda atık üretiminin meydana geldiği bir sektördür (Dopelt, 2019, 3). Hayvansal atıkların içerisinde besin ögesi, ağır metal, patojen mikroorganizmalar, parazit larva ve yumurtaları, antibiyotik ve hormon gibi çevre ve insan sağlığı açısından riskli birtakım kontaminantlar mevcuttur (Kraham, 2017, 14).

4.1. Sera Gazı Emisyonları

Çiftlik hayvanları, temel olarak 3 çeşit sera gazı yaymaktadır: CH₄, N₂O ve CO₂ (Cheng, 2022, 7). Hayvancılık sektörünün ürettiği sera gazları toplamı nicel olarak 2007 yılındaki hesaplamalarda 7.1 gigaton CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuş ve bu miktarın tüm insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının %14,5'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Sektör dahilindeki sera gazı emisyonlarının her bir gaz için oransal dağılımı ise CH₄ için %44, N₂O için %29 ve CO₂ için %27 olarak tespit edilmiştir (Gerber, 2013, 15). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından farklı gazların küresel ısınmaya etkilerini karşılaştırmak için geliştirilen ve bir gazın 1 tonluk emisyonunun belirli bir zaman içerisinde 1 tonluk CO₂ emisyonuna göre ne kadar enerji emeceği bir ölçüsü olan küresel ısınma potansiyeli değerleri CO₂ için 1, CH₄ için 27, N₂O için 273 olarak hesaplanmıştır (EPA, 2023a).

4.2. Arazi Kullanım Değişikliği

Hayvancılıkta yem bitkisi ekimi ve çiftlik hayvanlarının çayır ve meralarda otlatılması, geniş bir arazi kullanımını gerektirmektedir (FAO, 2020; Beal vd., 2023, 413). Tahminlere göre buzullar haricindeki dünya arazisinin %26'sı çiftlik hayvanlarının otlatılması için kullanılmakta ve küresel ekim alanının %33'ünde hayvan yemi üretilmektedir (FAO, 2012). Hayvansal kaynaklı gıdalara talebin artması, mera ve yem üretimi için gerekli arazinin genişlemesine neden olarak (Beal vd., 2023, 413) ormansızlaşmaya (Kraham, 2017, 28; Beal vd., 2023, 413), habitat tahribatına ve biyoçeşitlilik kaybına sebebiyet vermektedir (Kraham, 2017, 27)

4.3. Su Kullanımı

Hayvansal üretimin önemli girdilerinden bir tanesi olan su; hayvanların su ihtiyaçları, yem bitkisi sulama, ürünlerin işlenmesi ve hijyenik gereksinimler gibi nedenlerle kullanılmaktadır. Tarım sektöründe harcanan toplam su miktarının 1/3'ünün hayvansal üretime ait olduğu belirtilmiştir. Su kaynaklarının aşırı kullanımının, birçok bölgede su kıtlığının şiddetlenmesinde pay sahibi olduğu ve yukarıda bahsedilen arazi kullanım değişikliğinin sonuçlarına benzer şekilde doğal bir ekosistem için gerekli su miktarını azaltarak habitatların bozulmasına ve biyoçeşitlilik kaybına sebebiyet verdiği ileri sürülmüştür (Kraham, 2017, 11).

4.4. Hayvansal Atıklar

Hayvansal üretim sonucu ortaya çıkan hayvansal atıklar ve bunların yönetimindeki sorunlar; hava, su ve toprak kirliliğine sebebiyet vermektedir (Kraham, 2017, 5; Vera ve Muñoz, 2017, 1). Çiftlik hayvanlarının gübrelere H₂S, CH₄, CO₂ ve NH₃ gibi tehlikeli gazlar, farklı kimyasallar ve kötü kokular açığa çıkmakta ve bu durum hava kirliliğine yol açmaktadır (Kraham, 2017, 6). Bunun yanı sıra gübrelere ağır metaller, antibiyotikler ve besin öğeleri (özellikle azot ve fosfor) mevcuttur (Kraham, 2017, 14; Daryabeigi Zand, 2018, 6500). Oluşan fazla miktardaki atığın uygun yönetilememesi nedeniyle atıkların bileşiminde yer alan bu maddeler toprağa, yer altı sularına ve diğer su ortamlarına (deniz, okyanus vb.) geçmekte, çevrede biyolojik birikim yapmakta ve toprak ve su kirliliğine (örneğin, besin öğelerinin fazlalığının yüzey suyu ötrifikasyona yol açması) neden olup aynı zamanda maruziyet durumunda insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Kraham, 2017, 14; Daryabeigi Zand vd., 2018, 6500; Dopelt vd., 2019, 2; Tırınk, 2022, 153; Beal vd., 2023, 415). Örneğin büyümesinin desteklenmesi için çiftlik hayvanlarının yemlerine eklenen ağır metallerin tamamı bu hayvanlar tarafından absorbe edilememekte, atık aracılığıyla çevreye verilmekte ve besin zincirine girmektedir. Yüksek ağır metal maruziyeti ise insanlarda anemi, kanser ve nörolojik problemler gibi sorunlarla ilişkilendirilen bir durumdur (Kraham, 2017, 15). Ayrıca profilaktik, büyümeyi destekleyici ve terapötik amaçlı kullanılan antimikrobiyaller ile yem verimliliğini artırmak için kullanılan hormonlar da atık aracılığıyla çevreye verilip yer altı ve yüzey sularına ve hatta musluk sularına geçebilmektedir. Antimikrobiyallerin gereksiz tüketimi antimikrobiyal direnç açısından bir dezavantaj oluştururken, hormonların ise henüz tam anlamıyla kanıtlanamamış olsa da insanlarda endokrin değişikliklere öncülük ettiği ileri sürülmektedir (Adeel vd., 2017, 108; Kraham, 2017, 16). Hayvansal atıklarda özellikle dışkıda *Bacillus anthracis* ve sporları, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., Parvovirus ve *Giardia lamblia* gibi çeşitli patojenler bulunabilmektedir. Bu hastalık etkenleri insanlara kolayca geçmekte ve insan sağlığına ve dolayısı ile halk sağlığına zarar vermektedir (Kraham, 2017, 15).

5. Hayvansal Atıklardan Biyogaz Eldesi

Eski tarihlerden beri enerji elde etmede kullanılan biyokütle; bitki ve hayvanları içeren biyolojik organizmalardan elde edilen yenilenebilir organik maddeler olarak tanımlanmaktadır (Mirza vd., 2008, 1989; EIA, 2022). Biyokütleyi oluşturan kaynaklar; bitkisel, hayvansal, kentsel ve endüstriyel atıklardır (Elitaş ve Ersöz 2021, 1171; EIA, 2022). Küresel enerji talebi halen esas olarak fosil yakıtlardan karşılanırsa da (Benali vd., 2019, 91), enerji tüketiminin %14'ünü oluşturan biyokütle yakıtlarının payının zamanla artması beklenmektedir (Akyürek, 2018, 160). Çevre üzerinde baskı oluşturan çiftlik hayvanı gübresi (Onurluba vd., 2015, 260), biyokütle dönüşüm teknolojilerinden birisi olan anaerobik çürütme yoluyla biyogaza dönüştürülebilmektedir. Böylelikle atıkların, sera gazı emisyonlarının, hoş olmayan kokuların, kirliliğin ve mikrobiyal patojenlerin azaltılabileceği ve organik gübre üretilabileceği belirtilmektedir (Toma vd., 2016, 629; Akyürek, 2018, 160; Daryabeigi Zand vd., 2018, 6500; Arifan vd., 2021, 623).

Biyogaz esasen CH₄ ve CO₂'den oluşur; aynı zamanda az miktarlarda hidrojen (H₂), H₂S ve NH₃ içeren bir gazdır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010; Arifan vd., 2021, 624). Biyogaz üretimi, hayvansal atıkların veya diğer biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin özel tesislerde anaerobik koşullar altında mikroorganizmalar tarafından kontrollü bir şekilde indirgenmesi ile gerçekleştirilmektedir (Sabusap, 2015, 173; Daryabeigi Zand, 2018, 6499). Üretim süreci hidroliz, asidojeniz, asetojeniz ve metanojenizden oluşan 4 aşamada meydana gelmekte (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010; Toma, 2016, 629; Benali vd., 2019, 92) ve sürecin sonucunda biyogaz ve besin ögesinden-zengin kalıntı ortaya çıkmaktadır (Sabusap, 2015, 173; EPA, 2023b).

Dünya Biyoenerji Derneği'nin "Küresel Biyoenerji İstatistikleri 2021" raporuna göre küresel olarak 2000 yılında 12,4 milyar m³ biyogaz üretilirken bu miktar 2019 yılında 62,3 milyar m³'e (1,43 Eksajul) çıkmıştır. Bununla birlikte biyogaz üretiminin %50'sinin Avrupa'da, %35'inin Asya'da olduğu belirlenmiştir (World Bioenergy Association, 2021). Türkiye'nin tarım ve hayvancılıktan dolayı önemli bir biyogaz enerji potansiyeli olduğu düşünülmektedir (Çağlayan ve Koçer, 2014, 216; Tırnık, 2022, 154). Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası'na göre Türkiye'de yaklaşık 17 milyon büyükbaş hayvan, 46 milyon küçükbaş hayvan ve 359 milyon kanatlı hayvan bulunmakta, yılda yaklaşık 194 milyon ton hayvansal atık üretilmekte ve biyokütle kaynaklı elektrik üreten 199 santral bulunmaktadır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Kayıtlı biyogaz tesisi sayısı ise 49 adettir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023).

6. Sonuç

Küresel olarak hayvansal kaynaklı gıdalara olan talebin artması, bunun sonucunda yoğunlaşan hayvancılık faaliyetleri ve ortaya çıkan fazla miktardaki hayvansal atık; hava, toprak ve su kirliliğini içeren çevre sorunları için bir tehdit oluşturmaktadır. Diğer taraftan sera gazı emisyonlarının doğrudan, arazi kullanımı ve ormansızlaşma gibi etkilerin ise

dolaylı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliğine katkı sunması durumu söz konusudur. Bu sebeple sürdürülebilir kalkınma için 17 küresel amacın göz önünde bulundurulması, israfın önlenmesi, hayvansal kaynaklı gıdaların günlük önerilenden fazla tüketilmeyip günlük beslenmede bitkisel kaynakların da olduğu yeterli ve dengeli bir modelin benimsenmesi, tarımın ve hayvancılığın planlı bir şekilde yapılması, antibiyotik direnci vb. hususlar da göz önünde bulundurularak hayvan hastalıklarının önlenmesi ve uygun hayvansal atık yönetim uygulamalarının benimsenmesi önemli hususlardır. Hayvancılığın yanı sıra; petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar da sera gazı emisyonlarına katkı sunup iklim değişikliği ve çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bu nedenle hayvansal atıkların anaerobik çürütülmesi yoluyla elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaz; hem enerji açığının kapatılmasında, hem de sera gazı emisyonlarının ve kirlilik risklerinin azaltılmasında rol oynadığı için biyogaz üreten tesis sayısının artırılması iyi bir çözüm yolu olarak görülmektedir.

Kaynakça

- Adeel, M., Song, X., Wang, Y., Francis, D. & Yang, Y. (2017). “Environmental Impact of Estrogens on Human, Animal and Plant Life: A Critical Review”, *Environment International*, 99: 107-109.
- Adenle, A. A., Chertow, M. R., Moors, E. H. M. & Pannell, D.J. (2020). *Science, Technology, and Innovation for Sustainable Development Goals: Insights from Agriculture, Health, Environment, and Energy*, Oxford University Press.
- Adesogan, A. T., Havelaar, A. H., McKune, S. L., Eilittä, M. & Dahl, G. E. (2020). “Animal Source Foods: Sustainability Problem or Malnutrition and Sustainability Solution? Perspective matters”, *Global Food Security*, 25, 100325.
- Akyürek, Z. (2018). “Potential of Biogas Energy from Animal Waste in The Mediterranean Region of Turkey”. *Journal of Energy Systems*, 2(4): 160-167.
- Arifan, F., Abdullah, A. & Sumardiono, S. (2021). “Effect of Organic Waste Addition into Animal Manure on Biogas Production Using Anaerobic Digestion Method”, *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3): 623-633.
- Ayhan, A. (2015) “Biogas Production Potential from Animal Manure of Bursa Province”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2): 47-53
- Beal, T., Gardner, C. D., Herrero, M., Iannotti, L. L., Merbold, L., Nordhagen, S. & Mottet, A. (2023). “Friend or Foe? The Role of Animal-Source Foods in Healthy and Environmentally Sustainable Diets”, *The Journal of Nutrition*, 153: 409-425.
- Benali, M., Hamad, T. & Hamad, Y. (2019). “Experimental Study of Biogas Production from Cow Dung as an Alternative for Fossil Fuels”, *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 9(3): 91-97.

Cheng, M., McCarl, B. & Fei, C. (2022). “Climate Change and Livestock Production: A Literature Review”, *Atmosphere*, 13(1), 140.

Çağlayan, G. H. & Koçer, N. (2014). “Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretiminin Araştırılması”, *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 215-220.

Daryabeigi Zand, A., Rabiee Abyaneh, M. & Khodaei, H. R. (2018). “An Overview of Energy Production from Animal Waste during Iran’s Energy Transition: Implication of Manure Chemical Composition”, *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(5): 6499-6523.

Dopelt, K., Radon, P. & Davidovitch, N. (2019). “Environmental Effects of The Livestock Industry: The Relationship between Knowledge, Attitudes, and Behavior among Students in Israel”. *International journal of environmental research and public health*, 16(8), 1359.

EIA (2021). *International Energy Outlook 2021*, <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/narrative/consumption/sub-topic-01.php>, (Erişim: 04.05.2023)

EIA. (2022). *Biomass – Renewable Energy from Plants and Animals*, <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/> (Erişim: 07.05.2023)

Elitaş, M. N. T. & Ersöz, F. (2021). “Investigation the Biomass in OECD Countries and Turkey: Comparative Analysis with Classification Algorithms”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(3): 1170-1183.

EPA. (2023a). *Understanding Global Warming Potentials*, [https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warmingpotentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20\(GWP,carbon%20dioxide%20\(CO2\).](https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warmingpotentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20(GWP,carbon%20dioxide%20(CO2).) (Erişim: 21.04.2023)

EPA. (2023b). *How Does Anaerobic Digestion Work?*, <https://www.epa.gov/agstar/how-doesanaerobic-digestion-work> (Erişim: 27.04.2023)

Espinosa-Marrón, A., Adams, K., Sinno, L., Cantu-Aldana, A., Tamez, M., Marrero, A., Bhupathiraju S. N. & Mattei, J. (2022). “Environmental Impact of Animal-Based Food Production and The Feasibility of A Shift Toward Sustainable Plant-Based Diets in the United States”, *Frontiers in Sustainability*, 3, 19.

Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü (2020). *2019 Yılı Sektör Değerlendirme Raporu*, https://www.esk.gov.tr/upload/Node/10255/files/Et_ve_Sut_Kurumu_2019_Sektor_Degerlendirme_Raporu.pdf (Erişim: 26.04.2023).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Livestock and Landscapes*, <https://www.fao.org/3/ar591e/ar591e.pdf> (Erişim 05.05.2023)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). Sustainable Food and Agriculture, <http://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219/> (Erişim: 11.04.2023)
Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (Erişim: 06.05.2023).

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling Climate Change Through Livestock – A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN). (2020). Animal-source Foods for Human and Planetary Health: GAIN's Position. Available at: <https://www.gainhealth.org/sites/default/files/publications/documents/gain-briefing-paperseries-2-animal-source-foods-for-human-and-planetary-health.pdf> Erişim: 01.05.2023

Karaman, S. (2006). “Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları” KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), 133-139.

Kraham, S. J. (2017). “Environmental Impacts of Industrial Livestock Production”. International Farm Animal, Wildlife and Food Safety Law, 3-40.

Miller, V., Reedy, J., Cudhea, F., Zhang, J., Shi, P., Erndt-Marino, J., Coates, J., Micha, R., Webb, P. & Mozaffarian, D. (2022). “Global, Regional and National Consumption of AnimalSource Foods between 1990 and 2018: Findings from the Global Dietary Database”, The Lancet Planetary Health, 6(3): e243-e256.

Mirza, U. K., Ahmad, N., & Majeed, T. (2008). “An Overview of Biomass Energy Utilization in Pakistan”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12(7): 1988-1996.

Onurluba, E., Yilmaz, N. & Dogan, H. G. (2015). “Conversion to Biogas Energy of Animal Wastesand Expectations for the Future (TR 21 region case in Turkey)”, Research & Reviews in Biosciences, 10(7): 259-266.

Pekcan, A.G. (2019). “Sürdürülebilir Beslenme ve Beslenme Örüntüsü: Bitkisel Kaynaklı Beslenme”, Beslenme ve Diyet Dergisi 47(2): 1-10.

Pelletier, N., & Tyedmers, P. (2010). “Forecasting Potential Global Environmental Costs of Livestock Production 2000–2050”, Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(43): 18371-18374.

Sabusap, A. T. (2015). “Biogas Production of Selected Animal Wastes”, Journal Science, Engineering and Technology, 3: 172-182

Tırınk, S. (2022). “Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Hesaplanması: Iğdır İli Örneği.”, Journal of the Institute of Science and Technology, 12(1): 152-163.

Toma, L., Voicu, G., Ferdes, M. & Dinca, M. (2016). “Animal Manure As Substrate for Biogas Production”, Engineering for Rural Development, 25(27), 5.

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2010). Biyogaz Kılavuzu Üretimden Kullanıma, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/biyogaz%20kilavuzu%20pdf.pdf> (Erişim: 20.04.2023)

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Ajansı, <https://bepa.enerji.gov.tr/> (Erişim: 09.05.2023)

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Tarım Ürünleri Piyasaları, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari> (Erişim: 15.04.2023)

Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Biyogaz Tesisleri, https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Vet_Ilac/hayvansal_yan_urun_isletme/Biyogaz_Tesisleri.pdf (Erişim: 17.05.2023)

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). Yıllık Hayvansal Üretim İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kumes-Hayvanciligi-Uretimi-Haziran-2021-37220> (Erişim: 25.04.2023)

Ulusal Süt Konseyi. (2019). Dünya ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri, <https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Ulusal-Sut-Konseyi-Sut-Raporu-2019.pdf> (Erişim: 06.05.2023)

United Nations (2022). “World Population Prospects 2022: Summary of Results” UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.
https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf (Erişim: 7.05.2023)

Vera, L. & Muñoz, E. (2017). “Environmental Impact of Livestock Production”, Agricultural Research & Technology, 8(4): 109-111

White, R. R. (2020). “Sustainability of Animal Agriculture in the Global Food System”, Advances in Dairy Technology, 32: 37-45

World Bioenergy Association. (2021). Global Bioenergy Statistics 2021, <https://www.worldbioenergy.org/uploads/211214%20WBA%20GBS%202021.pdf> (Erişim: 06.05.2023)

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). “Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development”. Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 17(1): 1-91.

Yumurta Üreticileri Merkez Birliği (YUMBİR). (2015). Yumurta Tavukçuluđu Verileri, <https://www.yum-bir.org/UserFiles/File/Sektor-Verileri-2015.pdf> (Erişim: 28.04.2023)
Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği (YUMBİR). (2019). Yumurta Tavukçuluđu Verileri 2018, <https://www.yum-bir.org/UserFiles/File/yumurta-veriler2019web.pdf> (Erişim: 10.05.2023)

