



Çiftlik Hayvanları ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim

Mehmet KOYUNCU^{1*}, Hilal AKGÜN¹

¹Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bursa, Türkiye
*e-posta: koyuncu@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 14.04.2017; Kabul Tarihi: 10.05.2017

Öz: İnsanlar tarafından atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sonucunda küresel ısınma ortaya çıkmaktadır. Hayvancılık sektörü antropojenik metan emisyonların %25-40'ını oluşturmaktadır. Bu değer enterik fermantasyon sürecinde geviş getiren hayvanların selülozu parçalaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Hayvancılıkta metan üretiminin yaklaşık % 10'u anaerobik gübre depolanmasından üretilmektedir. Ancak hayvanlar otlatıldığında gübre doğrudan topraklara bırakılır bu da hayvan gübresinden kaynaklanan emisyonları azaltır.

Hayvansal üretim CO₂ emisyonunun %9'u, CH₄ emisyonunun %35-40'ı ve N₂O emisyonunun %65'ini oluşturan payı ile küresel ısınmaya etki yapmaktadır. Diğer taraftan küresel ısınma ile ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve kuraklık, sürdürülebilir hayvansal üretim sistemleri ve çeşitli ekosistemlerin hayatta kalmasına karşı tehdit olarak görülmektedir. Hayvansal üretim, mera/yem bitkisi miktar ve kalitesi, yoğun yem hammaddesi üretimi ve fiyatı, hastalık, zararlıların gelişimi, yayılması ile sıcaklık ve su varlığındaki değişimlerden etkilenir. Hayvan yetiştiriciliği, en büyük arazi kullanan sektör olup, küresel biyokütlenin yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır. Gelecek yıllarda gelişmesi beklenen iklim değişikliği olguları, hayvansal üretiminin doğal kaynağını oluşturan arazi ve yem bitkisinin verimliliğini de etkileyecektir. Çiftlik hayvanlarının üretim sisteminde sera gazı salınımını azaltma yüksek öncelikli olarak görülmesine rağmen, emisyonun azaltılması stratejileri ile işletmelerin ekonomik güçlerinin zayıflaması kaçınılmazdır. Bu derlemede; hayvancılığa bağlı sera gazı emisyonlarını azaltma yolları ve küresel ısınma ile hayvancılık sektörü arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sera gazı, Küresel ısınma, Antropojenik, Çiftlik hayvanları, Emisyon, Enterik fermantasyon.

Interaction between Livestock and Global Climate Change

Abstract: Global warming occurs as a result of gases emitted by humans into the atmosphere, creating greenhouse effect. The livestock sector contributes between 25 and 40 % of anthropogenic methane emissions. This value arises as a result of cellulose disintegration of ruminant animals in the enteric fermentation process. Approximately 10% of methane production in animal husbandry is produced from anaerobic fertilizer storage. However, when the animals are grazed, the fertilizer is left directly in the soil, which reduces the emissions from animal manure.

Human-derived animal production effects to global warming by providing 9 % of CO₂ emissions, 35-40 % of CH₄ emissions and 65 % of N₂O emissions. On the other hand, as a result of global warming and high temperature and drought, sustainable animal production systems and threats to the survival of various ecosystems are seen. Livestock production will be affected by changes in temperature and water source through impacts on pasture and forage quantity and quality, concentrate feed and price, and disease and pest development.

Animal production is the world's largest land use sector and utilizes around 60 % of the global biomass harvest. In future years, climate change will affect the natural resource base of animal production, especially the productivity of range land and feed crop. Reducing greenhouse gas emissions in the livestock production system is not a high priority, but it is necessary to reduce the economic power of the business and the strategies to reduce emissions. In this review, ways to reduce greenhouse gas emissions due to animal husbandry and the interaction between global warming and the livestock sector will be discussed extensively.

Keywords: Greenhouse gases, Global warming, Anthropogenic, Livestock, Emission, Enteric fermentation.

Giriş

İnsanlar tarafından atmosfere verilen gazların artması sera etkisine neden olmakta ve dünya yüzeyinde meydana gelen sıcaklık artışı da küresel ısınma olarak tanımlanmaktadır. İklimsel değişimlerde önemli bir yere sahip olan sera gazları, atmosfere geri yansıtılan uzun dalgalı kızılötesi ışınlarla tutunarak, atmosferin ısınmasına sebep olmaktadır. Sera gazları, doğal olarak bulunmanın yanında insanların çeşitli faaliyetleri sonucunda da ortaya çıkmaktadır (Köknaoğlu ve Akunal, 2010). Bugün dünya, sanayileşme ve şehirleşmenin yanında artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması noktasında, bitkisel ve hayvansal üretimi artırmak için kullanılan teknolojik ve kimyasal uygulamaların yarattığı küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği ile de karşı karşıyadır. IPCC (2007) raporuna göre 20.yüzyılın ortasından beri küresel sıcaklık ortalamalarında gözlenen artışın nedeni; %90'dan fazla oranda sera gazı emisyonlarındaki artıştan yani insan kaynaklıdır. Dünyayı tehdit eden bu sorunların yaratmış olduğu olaylar, henüz tam anlamıyla anlaşılmamış olmakla birlikte küresel ısınmanın ekonomik, ekolojik ve sosyolojik sorunları da beraberinde getirmesi kaçınılmaz görünmektedir (Demir ve Cevger, 2007).

Gelişmekte olan ülkelerdeki yaklaşık 2.5 milyar insanın geçimlerini tarımdan kazandıkları düşünüldüğünde iklim değişikliğinin insan refahı ve tarımsal üretimi ne oranda tehdit edeceği açık bir şekilde görülmektedir. Tarımsal faaliyetler sonucunda (enerji tüketimi, bitkisel ve hayvansal üretim, gübreleme, ilaç kullanımı vb.) meydana gelen CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazları iklim değişikliğinin nedenleri arasında sayılmaktadır (Akalin, 2014). Ayrıca su buharı düzeyinin atmosferde artması da küresel ısınmaya neden olan bir

diğer faktör olarak görülmektedir. Doğal olarak üretilen bu gazlar atmosfere zararlı bir etkisi olmasının aksine atmosferde dünyadan uzaklaşan bir kısım ısının tutulmasına ve dünyada hayatın sürdürülebilmesine olanak sağlamaktadır.

20. yüzyılda dünyaya yakın yüzey sıcaklığı ortalama 0.6 °C derece artmış ve bunun yaklaşık olarak yarısı, yüzyılın ikinci yarısında meydana gelmiştir. Artan bu yüzey sıcaklığı antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durumda, ortalama yüzey sıcaklığının 6 °C'ye kadar yükselmesinin 1000 yıl gibi uzun bir zaman alacağı tahmin edilmektedir. Ancak bugün meydana gelen gelişmeler sıcaklık artışının tahminlerin üstünde gerçekleşeceğini göstermektedir (Stern, 2007). Son 10.000 yıldaki verilere bakıldığında, iklim değişikliği ve buna bağlı olarak meydana gelebilecek olumsuz etkiler ile karşı karşıya kalılabileceğini öngörülmektedir. Bunun temel nedeni olarak da doğal sürecin yanı sıra insan faktörünün de devreye girmiş olması gösterilmektedir. Ancak bu süreçte hem etkileyen hem de etkilenen hayvancılık faaliyetleri büyük bir tehlikeyle karşı karşıyadır. Tarımsal faaliyetler, dünya üzerinde artan sera gazlarının yaklaşık %20'sinden sorumludur (Pathak ve Wassmann, 2007). Tarımsal faaliyetler sonucu (enerji tüketimi, üretim, hayvan yetiştirme, gübreleme, ilaç vb) CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazları açığa çıktığından, tarımsal üretim iklim değişikliğinin nedenleri arasında sayılmaktadır (Houghton, 2003). Her ne kadar tarımsal üretim ve uygulamalarının, sera gazı emisyonu üzerinde olumsuz etkileri olsa da, bu faaliyetlerin dünya nüfusunun sağlıklı bir biçimde yaşamayı sürdürebilmesi için de son derece önemli olduğu da unutulmamalıdır (Akalin, 2014).

Çiftlik Hayvanları Üretim Sistemleri İle Ekosistem Arasındaki İlişki

Dünya nüfusunun artması, et, süt ve yumurta gibi hayvansal ürünlere olan talepleri artırırken, pazardaki küreselleşme, ülkelerarası gıda giriş ve çıkışını hızlandırmış bu da hayvansal üretime dayalı sanayinin hızlı bir şekilde büyümesine neden olmuştur. Bu noktada, hayvancılık sektörü teknik ve coğrafi değişimin yaşandığı karmaşık bir süreç geçirmektedir (Anonim 2015a). Diğer taraftan kentlerin kırsal alanlara doğru kayması hayvancılığın sürdürüldüğü mera ve yem bitkileri üretim alanlarının azalmasına neden olmuştur. Özellikle domuz ve kanatlı üretiminde (genellikle endüstriyel) büyüme ile sığır, koyun ve keçi üretim potansiyelinde bazı bölgelerde bir duraklama sonucunu doğurmuştur. Bugün hayvancılıkta tahmin edilen büyümenin %80'nin endüstriyel hayvancılık işletmeleri temelinde dayandığı belirtilmektedir. Gelinen noktada yaşanan bu değişimler hayvancılık sektörünü azalan toprak, su ve diğer doğal kaynaklar ile doğrudan rekabetin içine sokmuştur. Her yıl yaklaşık 56 milyar kara hayvanı insan tüketimi için kesilmektedir (Anonim, 2015b). Tarım kaynaklı sera gazı salınımı, endüstriyel hayvancılık temelinde ele alındığında geleneksel karma üretim sistemlerine göre 2 kat, mera bazlı üretim yapan sistemlere göre ise 6 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Verge ve ark., 2007). Ekili tarım alanlarının %70'i ve dünya karasal alanlarının %30'u hayvansal üretim ile doğrudan ilişkilidir (FAO, 2006). Yem bitkileri üretimi için tüm ekilebilir arazinin yaklaşık üçte birine gereksinim duyulurken, otlama uygulaması dünya karasal alanının %26'sını kaplamaktadır. Kurak bölgelerdeki otlama arazilerinin yaklaşık % 70'inin genellikle aşırı otlamaya bağlı bozulma sonucu erozyona uğradığı ifade edilmektedir.

FAO (2009) bir raporunda hayvansal üretimin, küresel ısınma, arazilerin bozulması, hava ve su kirliliği ile biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi dünyanın en önemli çevre

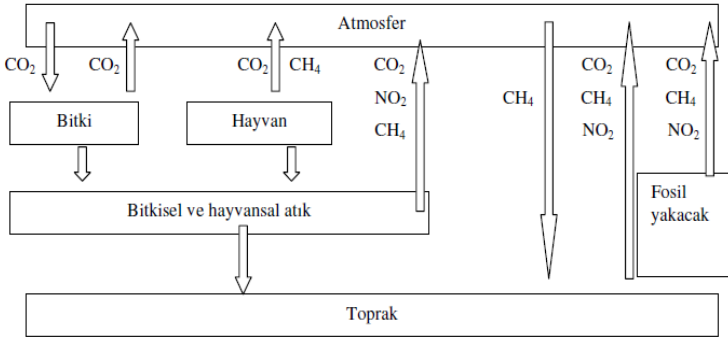
sorunlarının önemli nedenlerinden biri olduğunu ifade etmektedir. Tahminlere göre 2050 yılına kadar çiftlik hayvanları üretiminin tarımın diğer alt sektörlerine göre gelişmekte olan dünyada iki kat daha hızlı büyüyeceği tahmin edilmektedir. Sanayileşmiş hayvansal üretimin, sera gazı salınımının artması, topraklardaki verimsizleşme, su kirliliği gibi çevresel sorunlara ciddi katkı sağladığı ifade edilmektedir. Bu sorunlar işletmelerin daha fazla hayvana sahip entansif işletmelerden geleneksel ve ekstansif işletmelere dönüşemedikleri sürece daha da artarak devam edeceği belirtilmektedir. Entansif işletmeler; yüksek hayvan yoğunluğu, ekonomik ölçütler, mekanizasyon ve biyoteknoloji uygulamaları ile öne çıkmaktadırlar. Entansif hayvansal üretim Avrupa ve Kuzey Amerika’da varlığını uzun süredir devam ettirirken, Asya ve Latin Amerika’da da gelişme göstermeye başlamıştır. Afrika ve Asya’nın bazı bölgelerinde entansif yetiştiricilik uygulamaları görülmekle birlikte, genellikle geleneksel (ekstansif veya mera temelli) yetiştiricilik halen sürdürülmektedir (Anonim, 2010).

Ekosistemde Mevcut Sera Gazı Üretimi

Sera gazları dünya atmosferine çok az (<%1) katkıda bulunmaktadır. Fakat bu gazlar insan, bitki ve hayvanların oluşturduğu ekosisteminin atmosfer sıcaklığını korunmak için önemli rol oynamaktadır (**Şekil 1**). Bu da sera gazları olmadan gezegendeki bitki ve hayvanların yaşamlarını sürdüremeyeceklerinin bir göstergesidir. Sera gazlarındaki artışın temel kaynağı olan antropojen etkiler ise; %49 enerji kullanımı; %24 endüstri; %14 ormansızlaşma ve %13 oranında tarımsal faaliyetlerdir. Bu tür etkinlikler sonucu atmosferde CO₂, CH₄, N₂O, CFC gibi sera gazları birikerek doğal olmayan, antropojen etkenlere dayalı iklim değişikliğini meydana getirmektedir (Türkeş, 2007).

Çizelge 1. Sera gazının küresel ısınma potansiyeli (Naqvi ve Sejian, 2011)

Sera Gazları	Ömür (yıl)	Radyoaktif verim	Küresel ısınma potansiyeli
Karbon dioksit (CO ₂)	>100	1.4 x 10 ⁻⁵	1
Metan (CH ₄)	12	3.7 x 10 ⁻⁴	21
Diazot oksit (N ₂ O)	114	3.03 x 10 ⁻³	310



Şekil 1. Tarımsal ekosisteme bağlı sera gazı kaynakları ve depoları (Köknaroglu ve Akünal, 2010)

Metan (CH₄) Emisyonu

Metan birincil olarak sera gazı etkisi yaratırken, CO₂ etkisi ikinci derecedir. Metanın atmosferde ısı yakalama kapasitesi, CO₂'e göre 21 kat daha fazla olup, diğer gazlara göre ise ömrü daha kısadır (**Çizelge 1**). Toplam metan emisyonunun %30'unu doğal kaynaklar oluştururken, %70'ini insan kaynaklı faaliyetler oluşturmaktadır. Metan kömür, doğal gaz ve petrol üretimi ve taşınması sırasında atmosfere dahil olmaktadır. Ruminant hayvanlar başta olmak üzere gübrenin depolanması ve bununla ilişki faaliyetler sonucu metan gazı ortaya çıkmaktadır. Merada depolanan gübrelerde az miktarda da olsa metan salınımının olduğu ifade edilmektedir (Sherlock ve ark., 2002). Sanayi devriminden buyana atmosferdeki konsantrasyonunun yaklaşık iki kat arttığı belirtilmektedir (Atalık, 2005). Bundan dolayı, insan kaynaklı metan emisyonunun kontrolünü gerçekleştirebilmek için yüksek maliyetli teknolojilere ihtiyaç vardır. Ayrıca metan emisyonunun tüm ışımaya katkısı ise %13 civarındadır (**Çizelge 2**).

Ruminantlar özel bir sindirim sistemine sahip yapılarıyla tanımlanırlar. Bu sayede düşük kaliteli selülozca zengin materyalleri rahat sindirmeleri sonucunda ortaya çıkardıkları sera gazları ile ruminantlar önemli bir metan üreticisidirler. Aslında hayvanlar bireysel olarak çok az miktarda metan üretirler. Örneğin bir inek yılda yaklaşık 80-110 kg metan üretir. Ancak bu noktada ruminantların sorumlu tutulmalarındaki esas sorun üretmiş oldukları gaz miktarından ziyade dünya genelindeki ulaştıkları sayısal varlık öne çıkmaktadır. Bu da emisyonla önemli katkıda bulunmaları sonucunu doğurmaktadır.

Çizelge 2. Farklı kaynakların küresel metan emisyonuna etkileri (Naqvi ve Sejian, 2011)

Doğal kaynaklar (%30)	İnsan kaynaklı faaliyetler (%70)
Nemli toprak	Hayvancılık
Termitler	Pirinç ekimi
Okyanus	Kömür madenciliği
Gaz hidrat	Biokütle yakma
	Arazi dolguları
	Hayvan gübresi
	Atık su artıkları
	Doğalgaz ve petrol

Çiftlik hayvanlarında metan emisyonunu azaltmanın yolları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Naqvi ve Sejian, 2011);

1. Genetik seleksiyonda düşük metan üreten hayvanlar geliştirmek.
2. Hayvan beslemenin kaliteli ve stratejik temel besin maddeleri takviyesiyle iyileştirilmek
3. Otlak yönetimi ve kullanımını geliştirmek
4. Hayvanlara uygun bakım ve sağlık koşulları sağlamak
5. Rasyonlarında kaba yem oranı azaltıp, kesif yem oranını yükseltmek
6. Rasyonda amonyak ve melas yönünde yapılan değişikliklerle metan üretimini azaltmak
7. Daha az sera gazı salınımını sağlayan kaba yem ve mera yem bitkisi üretmek

8. Tanen ve saponin içeriği yüksek alternatif yem bitkileri ve kesif yemler kullanmak
9. Rumende protozoonların yok edilmesi ve rumene mikrobiyel müdahale etmek
10. Hayvansal ürün üretimini azaltmak
11. Rekombinant ve bağışıklık teknolojileri geliştirmek
12. Hayvanlarda verimliliğin artırılarak hayvan sayısının azaltmak
13. Uçucu yağlar gibi ikincil bitki bileşenlerinin hayvan beslemede kullanmak
14. Rasyona bitkisel yağları eklemek
15. Metanojen mikroorganizmaları baskılayacak ve onla yarışabilecek probiyotikleri kullanmak

Karbondiyoksit (CO₂) Emisyonu

Atmosferde yüksek düzeyde bulunan ve üzerinde önemle durulması gereken diğer bir sera gazı CO₂ dir. Atmosferdeki CO₂ düzeyinin son 250 yıl içinde artış göstermesi, orman alanlarındaki hızlı azalmalar ve fosil yakıtların yoğun olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan organik maddelerin çürümesi, hayvan ve insanların solunumu gibi doğal olaylar ile de atmosfere salınmaktadır. CO₂ emisyonunda beslenme zincirinde kullanılan enerji ihtiyacı toplam emisyonun %10'unu oluşturmaktadır. Ortaya çıkan CO₂ emisyonunun en önemli kaynağının hayvansal üretim olduğu ve toplam emisyonun %9'una eşdeğer olduğu ifade edilmektedir (Clarke, 2001). Ortaya çıkan emisyonun kaynağı doğrudan hayvanın kendisi olmayıp, yem üretimi, gübre işleme, ürünlerin işlenmesi ve taşınmasında kullanılan enerji ile ortaya çıkan CO₂ de önemli bir pay oluşturmaktadır (Anonim, 2012).

Diazot oksit (N₂O) Emisyonu

Dünyada üretilen mısırın yaklaşık %50'si ve soyanın %80'i hayvansal üretimde kullanılmaktadır. Mısır üretimi önemli miktarda azotlu gübre kullanılmasını gerektirmektedir (HSUS, 2008). Bu zorunluğa karşılık azot toprak, su ve havayı önemli düzeyde kirletmektedir. Diğer taraftan büyük kapasiteli çiftliklerdeki gübre depolarında oluşan sızıntılar su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilmektedir. Ayrıca işletmelerin gübre depolarından önemli miktarlarda diazot oksit gazı salınımı gerçekleşmektedir. Merada otlama sonucu biriken idrar ve gübre veya meraya uygulanan gübre önemli N₂O kaynağıdır (Janzen ve ark., 1998). Küresel olarak N₂O sonucu ortaya çıkan emisyonun %70'i hayvansal ve bitkisel üretimden, bunun da %65'i hayvansal üretimden kaynaklanmaktadır (Görgülü ve ark., 2009). Diazot oksit emisyonunu azaltmak için gübreyle atılan azot miktarının düşürülmesinde hayvan sayısını azaltıp, verimliliği artırmak, toprağa verilen azot miktarını azaltmak ve rasyondaki azot miktarının düşürülmesi gibi hususlar öne çıkmaktadır.

Türler Bazında Üretilen Sera Gazının İklim Değişikliğine Etkisi

Sığır

Sığırların neden olduğu sera gazı emisyonu, hayvancılık sektöründen kaynaklanan toplam emisyonun yaklaşık % 65'ini (4.6 milyar ton CO₂ eşdeğeri) meydana getirir. Bu değer hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazının büyük bir kısmının sığır

kaynaklı olduğunu göstermektedir. Sığırlarda et üretimi toplam sera gazı emisyonunun % 41'ini oluştururken, süt üretimi ise sera gazı emisyonunun % 20 sini içermektedir. Diğer mal ve hizmetlerin meydana getirdiği emisyon ise 0.3 milyar tondur (**Çizelge 3**). Hayvanların beslenmesinde kullanılan yem hammaddelerinin üretimi için enerji ihtiyacı, toplam CO₂ emisyonunun %10'unu oluştururken, et ve süt üretiminde tüketilen enerji miktarı ise emisyonunda önemsiz kabul edilmektedir.

Çizelge 3. Sığır et ve süt üretimi, emisyon miktarı ve emisyon yoğunluğu (Anonim, 2013a)

Üretim Tipi	Sistem	Üretim (milyon ton)		Emisyon (milyon ton, CO ₂)		Emisyon Yoğunluğu (kg CO ₂ eşdeğeri / kg ürün)	
		Süt	Et	Süt	Et	Süt	Et
Süt	Mera	77.6	4.8	227.2	104.3	2.9	21.9
	Karma	430.9	22.0	1104.3	381.9	2.6	17.4
	Toplam Süt	508.6	26.8	1331.5	486.2	2.6	18.2
Et	Mera		8.6		875.4		102.2
	Karma		26.0		1462.8		54.2
	Toplam Et		34.6		2338.2		67.6
Ürün İşleme				87.6	12.4		
Toplam		508.6	61.4	1419.1	2836.8	2.8	46.2

Manda

Manda üretim faaliyeti sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonu toplam emisyonun %9'unu oluşturmaktadır. Bu değer süt üretiminde 390 milyon ton, et üretiminde 180 milyon ton diğer mal ve hizmetlerle birlikte toplamda 618 milyon ton CO₂ eşdeğerdır (**Çizelge 4**).

Enterik fermantasyon ve yem bitkileri fertilizasyonu; Manda gübresi ve süt üretiminde meydana gelen enterik fermantasyon % 60'ın üzerinde gerçekleşirken, sığırlarda bu oran %45 civarındadır. Ortaya çıkan bu fark, yemlerin sindirilebilirliğinden kaynaklanır. Yem bitkilerindeki üretiminde kullanılan gübreleme ise süt üretiminde %17 ve et üretiminde % 21 olarak ikinci en büyük emisyon kaynağıdır.

Çizelge 4. Mandalarda süt ve et üretimi, emisyon miktarı ve emisyon yoğunluğu (Anonim, 2013a)

Sistem	Üretim (milyon ton)		Emisyon (milyon ton, CO ₂)		Emisyon Yoğunluğu (kg CO ₂ eşdeğeri / kg ürün)		
	Süt	Et	Süt	Et	Süt	Et	
Mera	2.7	0.1	9.0	4.7	3.4	36.8	
Karma	112.6	3.2	357.9	175.2	3.2	54.8	
Ürün işleme			23.0	0.3			
Toplam		115.3	3.3	389.9	180.2	3.4	53.4

Koyun ve Keçi

Küçükbaş hayvanlardan elde edilen sera gazı emisyonu toplam emisyonun % 6.5' unu meydana getirmektedir. Koyun ve keçiden elde edilen yaklaşık 299 milyon ton et, 130 milyon ton süt, diğer mal ve hizmetlerle birlikte toplam 475 milyon ton CO₂ eşdeğer emisyon ortaya çıkmaktadır (**Çizelge 5**). Genellikle keçilerin süt veriminin koyunlara göre daha yüksek olması nedeniyle süt üretiminde koyuna göre daha düşük emisyon yoğunluğuna sahiptirler. Et üretimindeki emisyon yoğunluğu noktasında ise koyun ve keçi arasında büyük fark bulunmamaktadır.

Enterik fermantasyon ve yem bitkileri fertilizasyonu; Koyun ve keçiden elde edilen et ve süt kaynaklı emisyonun %55'inden fazlası enterik fermantasyon sonucu meydana gelmektedir. Ortaya çıkan bu değer % 35'ten fazlası yem üretiminden kaynaklanır. Küçükbaş hayvanlarda gübre emisyonlarının diğer hayvanlara göre daha düşük olmasında gübrenin genelde merada bırakılması etkilidir.

Lif üretimi ve emisyon arasındaki ilişki; Doğal kaynaklı lif üretimi noktasında öne çıkan ve yüksek ekonomik fayda sağlayan bölgelerde, elde edilen bu ürünlerin önemli bir kısmının emisyon salınımları temelinde süt ve et üretiminden kaynaklı emisyonlarının payını azaltıcı yönde fayda sağlamaktadır. Küresel olarak, dünyada elyaf üretimi sonucunda 45 milyon ton CO₂, üretimi olduğu ifade edilmektedir.

Çizelge 5. Küçükbaş hayvanların üretimi, emisyon miktarı ve emisyon yoğunluğu (Anonim, 2013a)

Tür	Sistem	Üretim (milyon ton)		Emisyon (milyon ton, CO ₂)		Emisyon Yoğunluğu (kg CO ₂ eşdeğeri / kg ürün)	
		Süt	Et	Süt	Et	Süt	Et
Koyun	Mera	3.1	2.8	29.9	67.3	9.8	23.8
	Karma	5.0	4.9	37.1	115.0	7.5	23.2
	Toplam	8.1	7.7	67.0	182.3	8.4	23.4
Ürün işleme				0.3	4.1		
Keçi	Mera	2.9	1.1	17.7	27.2	6.1	24.2
	Karma	9.0	3.7	44.3	84.5	4.9	23.1
	Toplam	11.9	4.8	62.0	111.7	5.2	23.3
Ürün işleme				0.4	1.0		
Toplam		20.0	12.5	129.7	299.1	6.55	23.85

Domuz

Domuz eti üretiminde oluşan sera gazı emisyonu toplam emisyonun % 9'unu oluşturmaktadır. Bu değer yaklaşık olarak 668 milyon ton CO₂'e eşdeğer gelmektedir. Dünyada çiftlik hayvanları gübresinden kaynaklanan metan emisyonunun yaklaşık yarısı domuz gübresinden kaynaklanmaktadır (**Çizelge 6**).

Çizelge 6. Domuz üretim değerleri, emisyon miktarı ve emisyon yoğunluğu (Anonim, 2013a)

Sistem	Üretim (milyon ton)	Emisyon (milyon ton, CO ₂)	Emisyon Yoğunluğu (kg CO ₂ eşdeğeri / kg ürün)
Mera	22.9	127.5	5.6
Yarı entansif	20.5	133.9	6.5
Endüstriyel	66.8	406.6	6.1
Toplam	110.2	668.0	6.1

Enterik fermantasyon ve yem bitkileri fertilizasyonu; Domuz üretiminde yem kaynaklı emisyon %48'dir. Meydana gelen emisyonların yaklaşık %27'si makine ve nakliye kullanımından, yaklaşık % 17'si ise sentetik gübre ve gübrelemeden (N₂O) kaynaklanmaktadır.

Tavuk

Dünya'da tavuk üretimi kaynaklı ortaya çıkan emisyon salınımı 606 milyon ton CO₂ olup, bu miktar sektördeki emisyonun % 8'ini temsil etmektedir (**Çizelge 7**). Yem üretimi kaynaklı salınımın tavuk eti ve yumurta üretimine katkısı yaklaşık olarak %57 dir. Ortaya çıkan emisyon değerlerinin yaklaşık % 30'unu gübre yönetimini kaynaklı olup, et üretiminin % 7'si ve yumurta üretiminin ise %20'sini sentetik gübre ve gübre kalıntıları oluşturmaktadır.

Çizelge 7. Tavuk et ve yumurta üretimi, emisyon miktarı ve emisyon yoğunluğu (Anonim, 2013a)

Sistem	Üretim (milyon ton)		Emisyon (milyon ton CO ₂)		Emisyon Yoğunluğu (kg CO ₂ eşdeğeri / kg ürün)	
	Yumurta	Et	Yumurta	Et	Yumurta	Et
Mera	8.3	2.7	35.0	17.5	4.2	6.6
Kafes	49.7	4.1	182.1	28.2	3.7	6.9
Broiler		64.8		343.3		5.3
Toplam	58.0	71.6	217.0	389.0	3.7	5.4

Küresel Isınmanın Hayvancılık Üzerine Etkileri

Küresel ısınma hayvancılık üzerinde önemli etkiye sahip olup, hayvanların verimleri, yaşam biçimleri, dayanıklılığı ve çeşitliliği üzerinde yoğunlaşmaktadır (Öziş Altınçekiç ve Koyuncu, 2013). Hayvanlar üzerine biyolojik, fiziksel ve kimyasal çevre koşulları ya da iklim direk etkiye sahiptir. Aşırı sıcaklar, üretim performansı (büyüme, et, süt, yumurta verimi, vb.), üreme fizyolojisini, metabolizmayı ve bağışıklık sistemini olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınmanın neden olduğu çölleşme süreci, yem bazlı ekili alanların taşıma kapasitesi ile tarımsal sistemlerin tamponlama kapasitelerinin azalmasına da neden olmaktadır.

Meraya dayalı olmayan hayvancılık sistemleri, yeme dayalı maliyetin yüksek ve hayvan genotiplerinin adaptasyon yeteneklerinin düşük olmasına bağlı birçok riskle karşı karşıya kalabilirler (Nardone, 2002). Bunun yanı sıra yüksek sıcaklığın, sağmal hayvanlarda süt kalite ve kantitesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığı, bazı çalışmalarda ise laktasyon süresinin kısalmasına neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yaz aylarında süt sığırlarının süt verimi ve besi sığırlarının ise canlı ağırlık artışında azalma olduğu, süt sığırlarının yaz mevsimi boyunca gebelik oranında da %36'lık bir azalmanın olduğu saptanmıştır (Nardone ve ark., 2010). Bu noktada küresel ısınma nedeniyle hayvanların kış uykusuna ve yumurtlama dönemine beş gün erken başladığı, ayrıca göç etme süresinin de 2-3 gün geciktiği de örnek olarak verilebilir (Anonim, 2017a). Küresel ısınmanın, hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı ülkelerde doğrudan etkilerinin yanı sıra su kıtlığı, kaba/kesif yem üretiminde azalma ve patojenler gibi dolaylı etkiler ile de hayvansal üretimi çok daha olumsuz etkileyebilmektedir.

İklim değişikliğinin dolaylı etkileri, hayvanların değişen iklim koşullarına adaptasyonu olumsuz etkileyen yem ve su kıtlığı, beslenme kaynaklı hastalıklar, bulaşıcı konukçuların direnci, vektör kaynaklı hastalıkların yayılması şeklinde ortaya çıkabilir. Yüksek sıcaklık patojen veya parazitlerin gelişimini desteklerken, rüzgarlardaki değişimler ise bazı patojen ve hastalık taşıyıcıların daha geniş bir alana yayılmasına yol açabilir. İklim değişikliği hastalıkların yayılımında değişimler yaratabildiği gibi bazı şiddetli hastalıklar önceden görülmeyen sürülerde de ortaya çıkabilir (Petrovica ve ark., 2015). Birçok araştırmada sıcak ve nemli ortamların bulaşıcı hastalıkların yanı sıra çiftlik hayvanlarında sıcaklık stresi meydana getireceği ve hayvanların iklim değişikliğine uyum sürecinde sıcaklık değişiklikleri ile başa çıkmaya çalışırken yem tüketiminde azalma, sağlığın bozulması, üreme etkinliği ve verimin düşmesi ile bağlantılı birçok fizyolojik fonksiyonlarda değişiklik, hastalıklara karşı hassasiyet gibi davranışsal ve metabolik değişimlere sebep olacağı belirtilmektedir (Thorne, 2007; Tirado ve ark., 2010). Çevresel uyarılara karşı yanıt olarak hedef dokuları etkileyen hormonal salgı düzeylerindeki değişiklikler hayvanlarda yem tüketiminin azalmasına, solunum hızı ve su tüketiminin artmasına neden olmaktadır.

Hayvan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İklim değişikliği insanlarda olduğu gibi, çiftlik hayvanların da doğrudan veya dolaylı olarak sağlıklarını etkilemektedir. Doğrudan etkiler, sıcaklığa bağlı meydana gelen hastalık ve ölüm gibi olaylardır. Dolaylı etkiler ise hayvanların üzerindeki termal çevre etkisi, vektör kaynaklı hastalıklar, enfeksiyon yapıcı patojenlere karşı direncin azalması, yem/su sıkıntısı ve beslenme kaynaklı hastalıklar olarak görünür. Ele alınan bazı hastalıklar tedavi masrafları, verim kayıpları ve bağışıklık sisteminde oluşturdukları hasarlardan dolayı hayvancılık faaliyetleri için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Nardone ve ark., 2010). Hayvanlarda üretilen tükürük miktarı ve tükürük HCO₃ (Bikarbonat) içeriğinde azalmanın rumene giren tükürük miktarında azalmaya ve bu da yem alımında düşmeyi ortaya çıkarmaktadır. Bu durumda hayvanlarda sıcaklık stresine bağlı olarak alt klinik ve akut rumen asidozuna karşı duyarlılıkları artar (Nardone ve ark., 2010). Wittmann ve ark. (2001) göre, sıcaklık değerlerindeki 2 °C'lik bir artış sonrası mevcut koşullar altında oluşturulan modeller, mavi dil virüsünün ana vektörünü temsil eden *Culicoides imicola*'nın önemli bir oranda yayılma olasılığını arttırdığını ortaya çıkarmıştır. Diğer taraftan potansiyel iklim

değişikliğine bağlı olarak vektör kenelerin yaşama sürelerinin uzayıp dirençlerinin yükseleceği ve bunun sonucunda hayvan hastalıklarının artacağı ifade edilmektedir.

Hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde mastitise yakalanma riskinin daha yüksek olduğunu saptanmış olmakla birlikte, yaz aylarda meme bezi enfeksiyonlarında artışa neden olan mekanizmalar halen aydınlatılamamıştır. Bu olayı açıklamak için öne sürülen varsayım, meydana gelen sıcaklık artışının patojen mikroorganizmaların hayatta kalmasına ve çoğalmasına neden olduğudur. Ayrıca vektörlerin bunu kolaylaştırabileceği olasılığı veya sıcaklık stresinin savunma mekanizmalarını olumsuz etkilediği de dikkate alınmaktadır (Nardone ve ark., 2010). İklim değişikliği nedeniyle epidemik hastalıklarda da artış beklenmektedir. Anılan sorunlara karşı daha dayanıklı olan ırkların geliştirilmesi yönünde ıslah çalışmalarına ağırlık verilmesi hayati bir önem taşımaktadır.

Üreme Üzerindeki Etkisi

Yüksek çevre sıcaklıkları, çiftlik hayvanlarının her iki cinsiyetinde de üreme performansını olumsuz yönde etkiler. Dolayısıyla ortaya çıkan bu durumun hem verimliliği hem de seleksiyonu olumsuz yönde etkilenmesi kaçınılmazdır. Dünya sığır varlığının yaklaşık % 50'si tropik bölgelerde bulunmaktadır. Ayrıca sıcaklık stresinin dünyadaki süt sığırını işletmelerinin yaklaşık % 60'ında ekonomik kayıplara neden olduğu tahmin edilmektedir. Sıcaklık stresi, östrüs döngüsü sırasında LH, FSH ve progesteron salınımını etkileyerek hayvanların yumurta hücresi gelişimini olumsuz etkilemektedir. Kanatlıların, tavşanların ve atların yüksek sıcaklığa maruz kalması, hayvanlarda doğurganlığın azalmasına neden olmaktadır. Erkek kuşlarda sıcaklık stresine bağlı olarak kısırılık sorunları dişilere oranla daha fazla görülürken, sperma kalitesi iyi olan erkeklerde yüksek sıcaklığın daha fazla etkili olduğu saptanmıştır (Nardone ve ark., 2010).

Üreme üzerine yürütülen çalışmalarda genel olarak ortaya çıkan noktalar; döl veriminin düşmesi, östrüsün tam tespit edilememesinden dolayı ilk tohumlama süresinde uzama ve gebelik oranında düşme olarak sıralanabilir. Aynı zamanda yüksek atmosfer sıcaklığı ile artan vücut sıcaklığından dolayı uterusu gelen kan miktarında azalma ve buna bağlı olarak uterus içi sıcaklıkta artış, dölllenme oranında düşme, embriyonik gelişmede yavaşlama ve erken embriyonik ölümlerde artış olarak sıralanmaktadır (Lacetera ve ark., 2003).

Otlatma veya Mera Sistemleri Üzerine Etkisi

İklim değişkenliğinin etkilerinin artması ile iklim belirsizliğine karşı koyma ve uyum yeteneği geliştirmiş olmasına rağmen meraya dayalı sistemler üzerinde güçlü bir etki yaratmaktadır (Nardone ve ark., 2010). Soğuk bölgelerde ısınmaya bağlı olarak çayır ve otlak alanların artmasının hayvancılığın gelişmesine katkıda bulunacağı, yüksek sıcaklığın olduğu bölgelerde ise kuraklığa bağlı olarak yem bitkileri üretiminin azalması ve hava sıcaklığındaki artış sonucunda şekillenecek sıcaklık stresinin hayvanlarda yem alımının düşmesine dolayısıyla verim kaybına neden olacağı belirtilmiştir (Demir ve Cevger, 2007).

İklim Değişikliğinin Hayvan Refahı Üzerindeki Etkileri

Hayvansal üretimde sağlık ve refah çevresel sürdürülebilirliğin ayrılmaz birer parçasıdır. Entansif yetiştiricilikte hayvanlar yüksek yoğunlukta bir arada tutulmakta ve hayvanların normal davranışlarını sergilemeleri engellenmektedir. Üretim sırasında ortaya çıkan gübre ve çamur, iklim değişikliğini olumsuz etkilemenin yanında hayvanların refahını da azaltmaktadır. Bu da hayvanların sağlığını ve refahını tehdit eden önemli bir sorundur. Ayrıca kesim için uzak mesafelere hayvanların nakli hem taşıma sektörünün emisyonunu artırmakta hem de hayvanların refahını olumsuz etkilemektedir (Anonim 2013b). İklim değişikliği, hayvancılık üretim sistemlerinin güvenlik açığını artırırken, kuraklık gibi etkilerle mevcut sorunlar daha da derinleşecektir. Yerli ırklar endüstriyel işletmelerde yetiştirilen kültür ırklarından daha güçlü ve dayanıklıdır. Bu nedenle hayvanların refahının iyileştirilmesi iklim değişikliğinden kaynaklanan sorunların üstesinden gelmeleri noktasında avantaj sağlayacaktır.

Sonuç olarak küresel iklim değişikliği hayvanlara verilen yemin kalite ve miktarı, besleme stratejileri, meraların mevsimsel olarak kullanılabilirliği, genetik çalışmalar (melezleme vb.), hayvan sayısı, hayvan sağlığı gibi olgular doğrudan ve dolaylı etkili olabilmektedir. Hayvancılık sistemlerinde iklim değişikliğinin gelecekteki olası etkilerini önlemek büyük ölçüde bu süreçte yer alan bileşenlerin etkileşimlerine bağlı olacaktır. Hayvansal üretimin sürdürülebilir sistemlere dönüştürülmesi iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya önemli ölçüde katkı sağlayabilir. Bu kapsamda çiftlik düzeyinde uyarlanabilecek kısa ve uzun vadede adapte edilebilecek çözümler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Anonim, 2017b);

- 1.İşletme yem kaynaklarının ekim tarihlerini doğru bir şekilde ayarlama
- 2.Hayvanları aşırı soğuk veya sıcaklardan koruma noktasında bina iklimlendirmesi noktasında teknik çözümler
- 3.Yetiştirme istekleri ve su kullanımı noktasında uygun aynı zamanda normalin dışındaki sıcaklık ve nem koşullarına uygun bitki çeşitlerinin seçilmesi
- 4.Var olan genetik çeşitlilik ve biyoteknoloji tarafından sunulan yeni olanaklar yardımıyla bu koşullara uygun bitkilerin kullanılması
- 5.Zararlı ve hastalık kontrolünün etkililiğini artırmak, örneğin daha iyi izleme, çeşitlendirilmiş ürün rotasyonları veya entegre haşere yönetimi yöntemlerini iyileştirmek
- 6.Su kayıplarını azaltarak, sulama uygulamalarını geliştirerek, suyun daha verimli bir şekilde kullanılması ve suyun geri dönüşümü veya depolanması
- 7.Toprak nemini korumak için su tutma oranını artırarak toprak yönetimini geliştirip ve arazi yönetimindeki yapılan girişimlerin hayvanların yaşamsal faaliyetlerinin sürdürülmesinde kolaylık sağlamak.
- 8.Yüksek sıcaklığa dayanıklı hayvan ırklarının tanıtılması ve hayvanlara verilecek rasyon modellerinin ısı stres koşulları altında onları rahatlatarak şekilde uyarlanması

Kaynaklar

- Akalın, M. 2014. İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Sayı 2: 351-357.
- Anonim, 2010. Livestock and Climate Change, Livestock Thematic Papers Tools for Project Design, pp: 1-20, Rome, Italy.
- Anonim, 2012. The Impact of Livestock Agriculture on Climate Change, Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, New Zealand.
- Anonim, 2013a. Emissions By Species, Tackling Climate Change Through Livestock, A Global Assessment of Emissions And Mitigation Opportunities, pp:23-44 (FAO), Rome.
- Anonim. 2013b. Impact of Climate Change on Animal Welfare. Veterinary Record, 2009: 165:7-8.
- Anonim, 2015a. Değişen Bir İklimde Yaşamak, Avrupa Çevre Ajansı (AÇA) İşaretler, s: 32-40.
- Anonim, 2015b. İklim Değişikliğinin Türler Üzerindeki Etkisi, WWF Küresel İklim ve Enerji Girişimi (14.11.2016).
- Anonim, 2017a. docplayer.biz.tr/3770982-kuresel-isinma-ve-iklim-degisiklikleri-ile-hayvansal-beslenmenin-hayvancilik-sektoru-iliskileri-ve-sonuclari-bitkisel-gida-sektoru-ile.html. (10.01.2017).
- Anonim, 2017b. Environmental Impacts on Food Production and Consumption. http://www.defra.gov.uk/science/project_data/DocumentLibrary/EV02007/EV02007_4601_FRP.pdf (14.02.2017).
- Atalık, A. 2005. Küresel Isınma, Su kaynakları ve tarım Üzerine Etkileri. http://www.zmo.org.tr/odamiz/kuresel_isinma.pdf (10.02.2017)
- Clarke, J. 2001. Potential Management Practices and Technologies to Reduce Nitrous Oxide, Methane and Carbon Dioxide Emissions From New Zealand Agriculture. <http://www.maf.govt.nz/mafnet/rural-nz/sustainable-resource-use/climate/green-house-gas-migration/ghg-mitigation.pdf>.
- Demir P., Cevger, Y. 2007. Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 78/1, S: 15-16, Ankara, Türkiye.
- FAO, 2006. Livestock a Major Threat to the Environment: Remedies Urgently Needed. Retrieved from: <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2006/1000448/index.html>.
- FAO, 2009. Coping With A Changing Climate: Considerations for Adaptation and Mitigation in Agriculture Environment and Natural Resources, Management Series 15.
- Görgülü M., Darcan N., Göncü S. 2009. Hayvancılık ve Küresel Isınma, V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi.
- Houghton, R.A. 2003. Why are Estimates of The Terrestrial Carbon Balance So Different, Global Change Biology, Vol.9, pp.500-509.
- HSUS, 2008. HSUS Fact Sheet: Animal Agriculture and Climate Change. http://www.hsus.org/farm/resources/research/enviro/fact_sheet_climate_change.html.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007, Impacts, Adaptation, Vulnerability. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf
- Janzen, H.H., Desjardins, R.L., Asselin, J.M.R., Grace, B. 1998. The Health of Our Air: Toward Sustainable Agriculture in Canada. Agriculture and Agri-Food Canada Ottawa, ON. 98 pp.
- Köknaoğlu H., Akünel T. 2010. Küresel Isınmada Hayvancılığın Payı ve Zooteknist Olarak Bizim Rolümüz, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 5/1 s:67-75.

- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., Nardone, A. 2003. Physiological and Productive Consequences of Heat Stress. The Case of Dairy Ruminants. In: Lacetera,N., Bernabucci,U., Khalifa,H.H.,Ronchi, B.,Nardone,A. (Eds.), Proc. of the Symposium on Interaction between Climate and Animal Production: EAAP Technical Series, No. 7, pp. 45-60.
- Naqvi, S.M.K., Sejian V. 2011. Global Climate Change: Role of Livestock, Asian Journal of Agricultural Sciences, 3:19-25.
- Nardone, A. 2002. Evolution of Livestock Production and Quality of Animal Products. Proc. 39th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science Brazil, 29th July-2nd August, pp. 486-513.
- Nardone A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. 2010. Effects of Climate Changes on Animal Production and Sustainability of Livestock Systems, Livestock Science, Sy. 57-69, Viterbo, Italia.
- Öziş Altınçekiç, Ş., Koyuncu, M. 2013. İklim Değişikliğinin Çiftlik Hayvanları Üzerindeki Etkileri. 8. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi, Çanakkale 5 – 7 Eylül 2013. s: 330-336.
- Pathak, H., Wassmann, R. 2007. Introducing Greenhouse Gas Mitigation as A Development Objective in Rice-Based Agriculture: I. Generation of Technical Coefficients, Agricultural Systems, Vol.94, pp.807–825
- Petrovica Z., Djordjevic, V., Milicevic, D., Nastasijevic, I., Parunovic, N. 2015. Meat Production and Consumption: Environmental Consequences Procedia Food Science 5, Sy.235 – 238, Belgrade, Serbia.
- Sherlock, R.R., Sommer, S.G., Khan, R.Z., Wood, C.W., Guertal, E.A., Freney, J.R., Dawson, C.O., Cameron, K.C. 2002. Ammonia, Methane and Nitrous Oxide Emission from Pig Slurry Applied to a Pasture in New Zeland, Journal Environmental Quality, 31: 1491-1501.
- Stern, N. 2007. The Economics of Climate Change, The Stern Review, Cambridge.
- Thorne, P.S. 2007. Environmental Health Impacts of Concentrated Animal Feeding Operations: Anticipating Hazards-Searching For Solutions. Environ Health Perspect. 115: 296-297.
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A., Frank, J.M. 2010. Climate Change and Food Safety: A review. Food Research International, 43 (7): 1745-1765.
- Türkeş, M. 2007. Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul.
- Verge XPC, De Kimpe C, Desjardins RL. 2007. Agricultural Production, Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Potential. Agric. Forest Meteorol. 142:255–261.
- Wittmann, E. J., P. S. Mellor, and M. Baylis. 2001. Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties 20:731-740.