



## Türkiye'de Hayvancılık Kaynaklı Sera Gazı Üretimi ve Azaltma Yöntemleri

Şeyda ÖZKAN

Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü, Kayseri-TÜRKİYE

**Özet:** Hayvancılık işletmelerinde üretilip küresel ısınmaya etkisi olan başlıca sera gazları, metan ( $CH_4$ ) ve diazot monoksit ( $N_2O$ )'tir. Türkiye'de toplam sera gazı üretiminin %7'si tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Ruminantlar tarafından enterik fermantasyon sonucu üretilen  $CH_4$  gazı, alınan yem miktarı, yemin sindirilebilirlik oranı ve bileşimi gibi faktörler ile yakından ilgilidir. Bu gaz, çevre için bir tehlike unsuru olması dışında, hayvanlarda verim düşüklüğüne sebep olması açısından da önemlidir. Hayvancılık işletmelerinde,  $CH_4$  gazı çıkışı, enerji kaybı ile ilişkilendirilmekte,  $CH_4$  gazı çıkışının azaltılması ile de dışarı salınmayan enerjiyi işletmeye ürün, yani et ve süt olarak kazandırılmaktadır. Bu sebeple başta enterik fermantasyon sonucu üretilen  $CH_4$  gazı olmakla birlikte sera gazları yayılımının azaltılması gerekmektedir. Dünyada yapılan çalışmalarda, hayvancılık işletmeleri tarafından üretilen sera gazlarının azaltılmasına katkıda bulunabilecek pek çok seçeneğin olduğu bildirilmektedir. Bu seçenekler arasında, yemden yararlanma yeteneği yüksek hayvan ırklarının yetiştirilmesi, kaliteli ve enerjisi yüksek yemlerin kullanılması, rasyondaki kaba-kesif yem oranına dikkat edilmesi, rasyona yağ ve tanen gibi mitigant özelliği olan katkı maddelerinin ilavesi ve stratejik gübre yönetimi gibi yöntemler vardır. Ancak bu yöntemlerin işletme sahipleri tarafından kullanılabilmesi için, verim artışı sağladığının kanıtlanması ve uygulama maliyetinin getirisinden düşük olması gerekmektedir. Dolayısıyla, Türkiye'de hayvancılık kaynaklı sera gazı yayılımını azaltıcı etkisi olabilecek yöntemler ile bu yöntemlerin verimlilik ve kârlılık artışına etkisinin araştırılmasına yönelik çalışmaların yapılması için büyük bir potansiyel bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Azaltma, hayvancılık, kârlılık, sera gazı, verimlilik

### The Greenhouse Gas Emissions Produced from Turkish Livestock Production and Mitigation Options

**Summary:** The main greenhouse gases produced from livestock production systems and contribute to the global warming are methane ( $CH_4$ ) and nitrous oxide ( $N_2O$ ). The agricultural activities in Turkey contribute 7% of the total national greenhouse gas emissions. Methane emissions produced by ruminants via enteric fermentation are closely related with to the amount of feed consumed; and digestibility and content of the feed. Apart from being hazardous for environment,  $CH_4$  emissions may also result in production losses from animal production systems. Methane emissions produced from livestock production systems are associated with energy losses, and there is potential to re-gain some of the energy that is not lost through  $CH_4$  production in animal products such as meat and milk. Therefore, the greenhouse gas emissions, especially  $CH_4$  emissions produced from enteric fermentation should be mitigated. Research suggests that there are various mitigation options available to reduce the greenhouse gas emissions from animal production systems. These include breeding animals that are more efficient converters of feed; using feeds with high quality and high digestibility; considering a sufficient forage-concentrate ratio; the inclusion of mitigants such as fat and tannins into the ration; and strategic management of manure. However, it is important to note that in order for these options to be adapted by farmers and managers, their impacts on improved productivity should be proven. In addition, the cost of implementing a strategy should fall below its benefit. It can be concluded that there is a huge potential in Turkey to conduct studies on mitigation options of greenhouse gas emissions from animal production systems and their impacts on farm productivity and profitability.

**Key Words:** Animal production, greenhouse gas, mitigation, productivity, profitability

### Giriş

Küresel iklim değişikliği ve bu konuda gerekli önlemlerin alınması konularındaki başlıca kanuni düzenlemeler, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü'dür (50). Türkiye, BMİDÇS'ne 2004 yılında taraf olmuş; Kyoto Protokolü'nü ise 2009 yılında imzalamıştır. Gelişmekte olan bir ülke statüsünde olan ve sera gazları yayılımını azaltma yükümlülüğü bulunmayan Türkiye'nin Çerçeve Sözleşmesinin belirlediği esaslara dayanan Kyoto Protokolü'ne dahil olmasındaki temel hedefleri, enerji etkinliğinin iyileştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması ve iklim değişikliği politikalarından faydalanarak kalkınmanın artırılmasıdır (13). Bu bağlamda, 2010 yılında Ulusal İklim Değişikliği

Eylem Planı (İDEP), ülkemizde sera gazları çıkışının azaltılması için gerekli politika ve tedbirlerin alınarak BMİDÇS'de belirtilen esaslara uyulacağı amacı ile hazırlanmıştır. Tarım ve hayvancılık sektörü ise, İDEP'in hem Sera Gazı Emisyon Kontrolü Bölümü, hem de İklim Değişikliğine Uyum Bölümü'nün öncelikli eylem alanlarından birisi olarak listelenmiştir (13).

Tarım ve hayvancılık sektörü içinde tarımsal ve hayvansal ürünler ile ifade edilip toplam ulusal sera gazları üretimine katkıda bulunan kaynaklar: (i) tarım ürünlerinin üretimi ve işlenmesi; (ii) hayvan sayısı (enterik fermantasyon ve gübre yönetimi); (iii) çeltik üretimi, tarımsal ve hayvansal artıkların açıkta yakılması; ve (iv) tarımsal topraklardır. Türkiye'de 2009 yılında tarımsal faaliyetlerin [25.7 milyon ton karbon dioksit eşdeğeri (Mt CO<sub>2</sub>-e)] toplam sera gazı üretimine (369.65 Mt CO<sub>2</sub>-e) katkısı yaklaşık olarak % 7 oranında olmuştur (48).

Hayvancılık kaynaklı sera gazlarının negatif etkileri, azaltma yöntemleri ve hayvansal üretimin iklim değişikliğine duyarlılığı giderek önem kazanan bir çalışma alanı haline gelmiştir (3,11,20,42,45). Türkiye'de sera gazı üretiminin hem genel ekonomi (2,47), hem de tarım ve hayvancılık (16,46) sektörü üzerinde olumsuz etkileri olacağı tahmin edilse de, özellikle ruminantlar tarafından salınan sera gazlarının azaltılması yönünde çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu derlemede, Türkiye hayvancılık sektörünün sera gazı üretimi, sera gazı hesaplanmasında kullanılan yöntemler ile hayvancılık işletmelerinde sera gazı üretiminin azaltılmasına yönelik metotlar üzerinde durulmuştur.

### Hayvancılık kaynaklı sera gazı üretimi

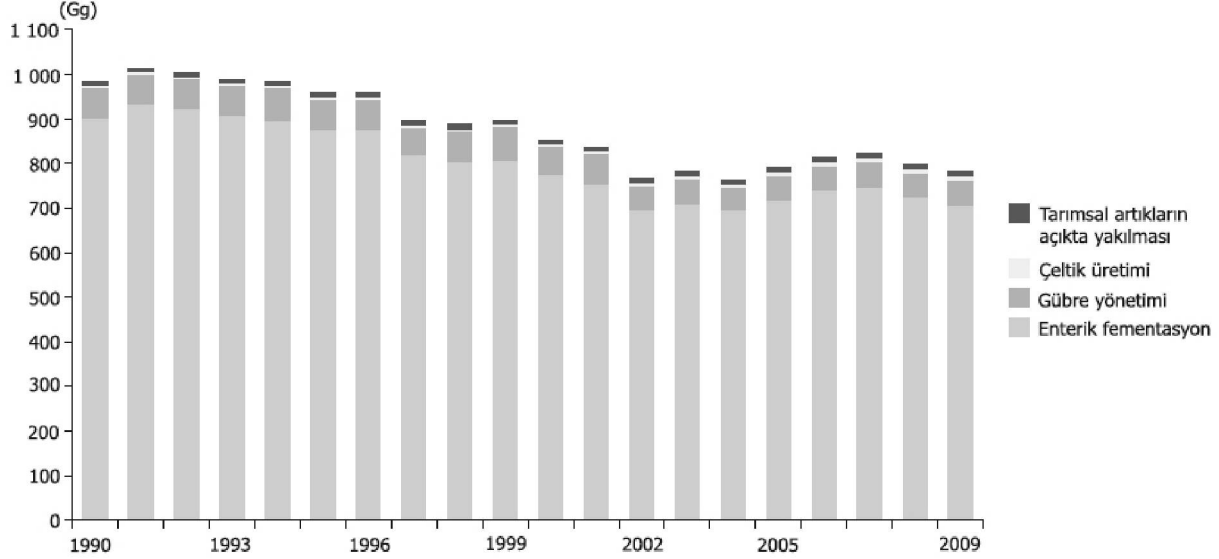
Türkiye'de tarım ve hayvancılık kaynaklı en çok üretilen sera gazları  $CH_4$  ve  $N_2O$  (48) olup, bu gazların küresel ısınma potansiyelleri  $CO_2$ 'den, sırasıyla 21 ( $CH_4$ ) ve 310 ( $N_2O$ ) kat daha fazladır (25). Ayrıca Türkiye'de anız yakılması sonucunda karbon monoksit (CO) ve azot monoksit (NO) de üretilmektedir (48). Tarım ve hayvancılıkta üretilen toplam  $CH_4$  ve  $N_2O$ 'nin oranı ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, Avrupa'da 75:25 (%) (7), Amerika'da 47:53 (%) (51)'dir. Avustralya'daki süt ineği işletmelerinde ise bu oran 69:31 (%)

olarak bildirilmiştir (42). Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada süt ineği işletmelerinin  $N_2O$  salınımının diğer gazlara oranı %32 olarak bulunmuştur (15). Bu oran Türkiye'de ise 85:15 (%) olarak bildirilmiştir (26). Ancak bu oranlar, hayvan türü, yaşı ve cinsiyetinin yanı sıra (17), rasyondaki yem çeşidi (35), alınan yem miktarı, yemdeki enerji düzeyi ve yem bileşimi ile de yakından ilişkilidir (39).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde,  $CH_4$  gazı çıkışı ile üzerinde durulan hayvanların ruminantlar olduğu göze çarpmaktadır. Çünkü monogastrik hayvanlardan salınan  $CH_4$  emisyonu, toplam global  $CH_4$  emisyonunun ancak %5'ini oluşturacak kadar azdır (31). Bu  $CH_4$  gazının (i) enterik fermentasyon; ve (ii) gübre yönetimi olmak üzere iki temel kaynağı vardır (6). Ayrıca, Türkiye'de tarımsal artık (anız) yakılması, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yasaklanmış olsa da anızların yakılması neticesinde de  $CH_4$  gazı üretilmektedir (48) (Şekil 1).

Enterik fermentasyona esas teşkil eden  $CH_4$  gazının %87'si rumende üretilip, bunun da %95'i erüktasyon ile dışarı atılır. Metan gazının %10'luk bir kısmı aşağı sindirim sisteminde üretilirken, bunun %90'a yakını solunum vasıtasıyla, geri kalan yaklaşık %10'luk kısmı da anüsten atılır (40). Metan gazının üretilmesi, hidrojen (H) gazının rumenden uzaklaştırılması

**Şekil 1.** Tarımsal faaliyetler sonucu üretilen  $CH_4$  emisyonları (1990-2009). Kaynak: (48).



amacıyla anaerobik bir reaksiyon sonucunda gerçekleşir (3). Türkiye'de  $CH_4$  emisyonu, 2009 yılında 707.6 bin ton olarak bildirilmiş olup, 2007'den itibaren, hayvan sayılarındaki azalmaya bağlı olarak Türkiye'nin  $CH_4$  emisyonunda bir düşüş trendi göze çarpmaktadır (48). Görgülü ve ark. (26)'nın 2001 yılı tarım sayımı sonuçlarını dikkate alarak hesapladığı sığır, koyun ve keçilerin enterik ve gübre kaynaklı yıllık  $CH_4$  gazı yayılımları Tablo 1'de verilmiştir. Türkiye'de ruminant beslemede kullanılan kaba

yemin ve meranın düşük kaliteli olması sebebiyle bu rakamlar gerçekte daha da yüksek olabilir (26). Diğer taraftan,  $N_2O$  emisyonunun temel kaynağında tarımsal toprak ve anızların yakılması bulunmaktadır (48) (Şekil 2). Tarımsal toprak denilince akla gelen azot (N) kaynaklı ve doğal gübre kullanımı sonucunda oluşan doğrudan, ve amonyak ( $NH_3$ ) volatilizasyonu ve nitrat ( $NO_3$ ) salınımı sonucunda oluşan dolaylı  $N_2O$  emisyonlarından bahsedilmektedir (19,24). Tarımsal kökenli  $N_2O$  emisyonlarının %70'i N kaynaklı ve doğal

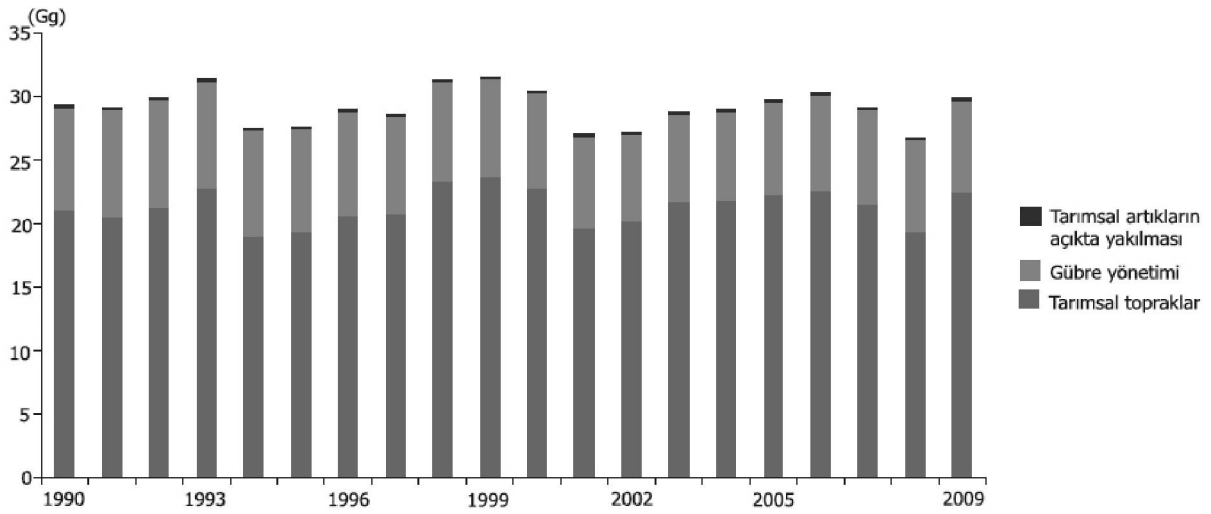
**Tablo 1.** Türkiye’de sığır, koyun ve keçilerin enterik ve gübre kaynaklı yıllık metan emisyonları. Kaynak: (26).

Türler	Enterik, ton	Gübre, ton	Toplam, ton	Enterik,%	Tür, %
Sığır	675 394	108 457	783 850	86.16	76.53
Koyun	203 800	6 114	209 914	97.09	20.49
Keçi	29 600	888	30 488	97.09	2.98
Toplam	908 794	115 459	1 024 252		

gübre kullanımına dayanmaktadır (33). Özellikle N kaynaklı gübrelerin doğru miktar ve zamanda uygulanmaması neticesinde kullanılan N; NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> ya da N<sub>2</sub>O olarak havaya, suya ve toprağa salınmaktadır (5,30,32).

Çoğunlukla yanlış gübre yönetimi sonucunda ortaya çıkan bu gazlar doğada kaybolmakta ve artan toplam ulusal sera gazı üretiminin bir parçası olmaktadır.

**Şekil 2.** Tarımsal faaliyetler sonucu oluşan N<sub>2</sub>O emisyonları (1990-2009). Kaynak: (48)



### Sera gazlarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler

Hayvancılık işletmelerinde üretilen sera gazlarının miktarının hesaplanmasında en sık kullanılan yöntemlerden birisi yüksek maliyetli saha çalışmaları gerektirmeyen matematiksel modellerdir (4,22,23,38). Ancak, bu modellerin en önemli özellikleri oluşturdukları sistemlere özgü olmaları ve başka sistemlerde kullanılabilme potansiyellerinin çok düşük oluşu ya da hiç olmayışdır. Bu yüzden, bütün sistemlerden elde edilmesi kolay verileri kullanan modeller daha çok tercih edilmektedir. Örneğin, kuru madde alımı ya da rasyondaki enerji miktarı, enterik fermentasyon kaynaklı CH<sub>4</sub> gazının ölçümünde en sık kullanılan parametrelerdir (23).

Türkiye’de enterik fermentasyondan kaynaklanan CH<sub>4</sub> emisyonlarının hesaplanmasında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin belirlediği Tier 1 tekniği ismi verilen bir metot kullanılmaktadır (41,48). Her ne kadar bu yöntem birçok ülkede, hayvan türü, kategorisi ve yıllık hayvan sayısı gibi veriler elde edilebildiği sürece yeterli olsa da, Tier 2 olarak bilinen

ve Tier 1’den farklı olarak, alınan yem miktarı ve kalitesine ilişkin verilere de ihtiyaç duyan teknik, daha doğru tahminler vermektedir. Bunun için de belirlenen her bir hayvan kategorisi için yıllık ortalama hayvan sayısı (baş/yıl), günlük ortalama yem alımı (MJ/gün ya da kg kuru madde/gün) ve CH<sub>4</sub> dönüşüm faktörü gibi verilere ihtiyaç vardır.

Günlük yem alımının ölçülemediği durumlarda, bunun hesaplanması amacıyla canlı ağırlık (kg), günlük canlı ağırlık artışı (kg/gün), yemleme durumu, günlük süt üretimi (kg/gün) ve sütteki yağ oranı (%), bir gündeki ortalama çalışma durumu (saat/gün), bir yılda yavru veren dişi oranı (%), yün verimi, yavru sayısı, ve yemin sindirilebilirlik oranı (%) gibi verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu iki teknik dışında bir de ülke-spesifik verilerin kullanılıp çok yönlü modellerin oluşturulmasına dayalı Tier 3 tekniği bulunmaktadır (18) (Tablo 2).

**Tablo 2.** Sera gazlarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler. Dong ve ark. (18)'dan uyarlanmıştır.

<b>Hesaplanacak olan sera gazı çeşidi ve kaynağı</b>			
<b>Enterik fermentasyon sonucu üretilen CH<sub>4</sub></b>	<b>Gübre yönetimi sonucu üretilen CH<sub>4</sub></b>	<b>Gübre yönetimi sonucu üretilen N<sub>2</sub>O</b>	<b>Kullanılacak teknik</b>
Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler mevcut değil. Enterik fermentasyon temel kategori ve hayvan türleri önemli değil	Gübre yönetimi temel kaynak kategorisi değil, hayvan türlerinin emisyonu katkısı önemli değil	Gübre yönetimi temel kaynak kategorisi değil, hayvan türlerinin emisyonu katkısı önemli değil	Tier 1
1) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler mevcut 2) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler mevcut değil; ancak enterik fermentasyon temel kategori ve hayvan türleri önemli ise gerekli veriler toplanmak suretiyle	1) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler, ülke spesifik uçucu katı (VS) oranları, CH <sub>4</sub> dönüşüm faktörleri, emisyon potansiyeli (B <sub>0</sub> ) değeri, ve gübre yönetim sisteminin kullanımına ilişkin veriler mevcut 2) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler, ülke spesifik N çıkarım oranları, N kayplarının fraksiyonları, emisyon faktörleri ve gübre yönetim sisteminin kullanımına ilişkin veriler mevcut 2) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler, ülke spesifik N çıkarım oranları, N kayplarının fraksiyonları, emisyon faktörleri ve gübre yönetim sisteminin kullanımına ilişkin veriler mevcut değil, ancak gübre yönetimi temel kaynak kategorisi olup hayvan türlerinin emisyonu katkısı önemli ise gerekli veriler toplanmak suretiyle	1) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler, ülke spesifik N çıkarım oranları, N kayplarının fraksiyonları, emisyon faktörleri ve gübre yönetim sisteminin kullanımına ilişkin veriler mevcut 2) Hayvan varlığının karakterizasyonuna ilişkin veriler, ülke spesifik N çıkarım oranları, N kayplarının fraksiyonları, emisyon faktörleri ve gübre yönetim sisteminin kullanımına ilişkin veriler mevcut değil, ancak gübre yönetimi temel kaynak kategorisi olup hayvan türlerinin emisyonu katkısı önemli ise gerekli veriler toplanmak suretiyle	Tier 2
Ülke spesifik Tier 3 metodoloji var	Ülke spesifik Tier 3 metodoloji var	Ülke spesifik Tier 3 metodoloji var	Tier 3

Gübre yönetimi sonucu ortaya çıkan CH<sub>4</sub> gazının hesaplanmasında Türkiye'de yine Tier 1 yöntemi kullanılmakta (48) olup bu gaz, gübrenin depolanması, işlenmesi ve merada depolanması sırasında üretilir. Gübre yönetimi sonucu yayılan diğer bir gaz N<sub>2</sub>O ise, gübrenin depolanması ve işlenmesi sırasında üretilir ve hesaplanmasında gübre yönetimi sonucu ortaya çıkan CH<sub>4</sub> gazının hesaplanmasındaki yol izlenir. Gübrenin depolanması ve işlenmesinin ardından tarımsal alana uygulanması sırasında ve sonrasında üretilen N<sub>2</sub>O emisyonları yönetilen topraktan salınan N<sub>2</sub>O emisyonları altında incelenir (18).

Ayrıca IPCC formül ve katsayılarını kullanarak hazırlanmış süt, et, koyun (21) ve besi (feedlot) (43) işletmelerinin sera gazı profillerini çıkarabilen araçlar da bulunmaktadır. Bu araçların temel amacı, hazırlanmış oldukları sektör içinde kullanıldıklarında üretilen toplam sera gazları miktarı ve bu miktarın kaynaklarını göstermektir (21,43). Örneğin bu araçlar, toplam sera gazının ne kadarının enterik fermantasyon sonucu üretilen CH<sub>4</sub>'ten kaynaklandığını kolaylıkla hesaplayabilmektedirler. Bu araçları kullanan kullanıcı gerekli işletme verilerini programa girerek işletmesinin ne kadar sera gazı yaydığını hesaplayabilir ve değişik azaltma seçeneklerinin senaryo analizini yapabilir.

#### **Sera gazlarının hayvancılık işletmelerinde azaltılmasının dayanağı ve azaltma yöntemleri**

Sera gazlarının azaltılmasındaki en büyük neden bu gazların atmosferde oluşturdukları sıcaklık artışı, başka bir ifade ile küresel ısınmadır. Ancak, hayvancılık sektöründe sera gazlarının azaltılması ile elde edilecek başka önemli faydalar da vardır. Örneğin, CH<sub>4</sub> gazı çıkışı hayvancılık işletmelerinde verim kaybı ile ilişkilendirilmektedir (49). Bunun da temelinde, Brouwer (8)'in 1 kg CH<sub>4</sub> çıkışı ile 55.22 MJ'lik enerjinin sistemden kaybolduğu denklemi yatmaktadır. Dolayısıyla, sistemden çıkmayan her 1 kg CH<sub>4</sub> ile sisteme 55.22 MJ'lik ürünün (süt, et gibi) kazandırılması potansiyeli söz konusudur (19).

Sera gazlarının hayvancılık işletmelerinde azaltılmak istenmesindeki tek sebep sadece verim artışı sağlamak değildir. Bazı ülkelerde bu durum sera gazlarının azaltılmasına yönelik oluşturulmuş politikalarla yönetilmektedir. Bu politikaların temelinde de bu ülkelerin Kyoto Protokol'üne olan yasal sorumlulukları yatmaktadır. Örneğin, bu konuda Avustralya ve Yeni Zelanda'da yapılan bazı çalışmalar olası bir karbon vergisinin süt ineği işletmelerinde oluşturabileceği ekonomik etkiyi incelemişlerdir (27,28,37,44). Şayet sera gazları emisyonunu azaltmak için bir girişimde bulunulmazsa, 15 AUD/t CO<sub>2</sub>-e'lik bir verginin süt ineği işletmelerinin ortalama kârında %7'lik bir azalmaya sebep olduğu, üretilen sera gazları için alınan karbon vergisinin arttırılması durumunda bu oranın daha da arttığı bildirilmiştir (44). Böyle bir vergi ile işletme maliyetlerindeki artış ise işletmenin

dış piyasalardaki rekabet gücünü düşürebilir (34). Böyle bir vergilendirme sistemi Türkiye'de henüz mevcut olmamakla birlikte, sera gazlarını azaltmak için yapılan çalışmaların önem kazanmasıyla uygulanacak politikaların değişeceği düşünülmektedir. Bu politikalar ile gelecekte hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin sera gazlarını azaltma girişimlerinde bulunmaları hukuki bir sorumluluk haline getirilebilir. Böyle bir durumda ise işletmeler ürettikleri sera gazları için doğrudan bir vergilendirme sistemine tabi tutulabilecekleri gibi, enerji sektöründe meydana gelecek maliyet artışı hayvancılık sektörünü dolaylı olarak da etkileyebilir.

Ruminantlar tarafından üretilen CH<sub>4</sub> gazının azaltılması için dünyada yapılmış pek çok araştırmada enterik CH<sub>4</sub> gazının azaltılması için rasyona yapılabilecek müdahaleler çalışma konusu olmuştur (3,11,12,20,35). Metan gazı çıkışının azaltılmasına yönelik seçeneklerden birisi, yemden yararlanma oranı yüksek hayvan ırkları yetiştirmektir (1). Rasyonda kullanılan yemin kaliteli ve enerjisinin yüksek olması (42), tanen, yağ gibi mitigant özelliği olan maddelerin rasyona katılması CH<sub>4</sub> emisyonunu azaltabilir (12). Yağlar, rasyona en fazla %6-7 oranında olacak şekilde katılmazlarsa hayvanların kuru madde alımını kısıtlayabilirler (3). Rasyondaki kaba yemin kesif yeme oranı rumendeki asetat:propiyonat oranını belirlediğinden, sindirilebilirliği düşük kaba yemlerle ağırlıklı beslenen hayvanlarda rumendeki asetat oranındaki artışa bağlı olarak, sindirilebilirliği yüksek konsantre yemle beslenen hayvanlara göre daha fazla CH<sub>4</sub> gazı çıkarımı olmaktadır (35). Diğer kontrol yöntemleri arasında metanojenlere, bakteriyofajlara veya bakteriyosinlere karşı yapılan aşılama yöntemleri ve monensin gibi antibiyotik kullanımı bulunmaktadır (19). Ancak, monensin kullanımı Avrupa'da yasaklanmıştır (3). Metan gazı emisyonunun azaltılması amacıyla değişik yöntemler uygulanırken unutulmaması gereken nokta, CH<sub>4</sub> gazı emisyonunu azaltıcı etkisi olduğu düşünülen bir stratejinin, işletme sahipleri tarafından kullanılabilmesi için, verim artışı yaptığının kanıtlanmış olması gereklidir. Bir diğer husus da getirdiği faydanın uygulama maliyetinden yüksek olması gerekliliğidir (52). Mevcut seçeneklerin kullanımı ile Avrupa'da tarım ve hayvancılık kökenli CH<sub>4</sub> gazı çıkışını %12'ye kadar azaltma potansiyeli bulunmaktadır (7).

Benzer şekilde, N<sub>2</sub>O gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik tedbirler de vardır. Brink ve ark. (7) mevcut yöntemler kullanılarak, Avrupa'da tarım ve hayvancılık sektöründen N<sub>2</sub>O çıkışının %19 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Bu yöntemlerden birincisi yine yemden yararlanması yüksek hayvan ırklarının yetiştirilmesi hususudur. Bu tip hayvanlarda N'nin vücuttan kaybı daha düşük düzeyde olmaktadır. Yine, N verimliliği yüksek kaba yemlerin seçimi ile hayvanlara protein ve enerji yönünden dengeli rasyonların sunulması da N<sub>2</sub>O gazı çıkışını azaltabilir

(14). Örneğin, yemde bulunması gereken N oranı %18-20 civarındadır. Bu oranın üzerinde yem kullanıldığında sistemden çıkan N oranında da bir artışın olması muhtemeldir (9). Gübre kullanımına bağlı olarak oluşan N<sub>2</sub>O emisyonunu azaltmak için ilk olarak gübre kullanımı ile ilgili zaman, miktar ve gübre çeşidi gibi faktörlerin dikkate alınması gerektiği gibi, N inhibitörleri de bu amaçla kullanılabilir (20,29,36). İşletmenin bütününde net bir azaltmadan bahsedebilmek için ise, azaltılan sera gazının işletmenin başka bir bölümünde artmadığından emin olmak gereklidir (10). Ayrıca, hayvancılık işletmelerinde üretilen sera gazlarının azaltılması için kullanılan yöntemler karşılaştırılırken, işletmelerin kendine özgü yapıları dikkate alınmalı ve genelleme yapılmasından kaçınılmalıdır.

## Sonuç

Türkiye’de hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazlarının hesaplanmasına ve güncel bilgiler ışığında bu gazların azaltılmasına yönelik çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Sera gazlarının azaltılmasında kullanılacak tekniklerin ekonomik analizlerinin yapılması, diğer bir deyişle, sera gazının azaltılması neticesinde elde edilmesi muhtemel verim artışının, kullanılan tekniğin maliyetini karşılayabilme olasılığının hesaplanması gereklidir. Belirli bir sera gazını azaltmak için kullanılan bir yöntemin net bir azaltma sağladığından emin olmak için işletmenin başka bir bölümünde söz konusu ya da başka bir sera gazı miktarının artmaması beklenir. Dolayısıyla, hayvancılık kaynaklı sera gazlarını azaltmak için yapılan çalışmalarda işletmelerin bir kısmı değil, bütünü ele alınmalı, her işletmenin kendine özgü bir yapısı olduğu hatırd tutularak sonuçların genellenmesinden kaçınılmalıdır. Hayvancılık sektörü, dünyada hızla artmakta olan hayvansal ürün talebine cevap verebilme potansiyeline sahiptir. Bu sebeple, Türkiye’de hayvancılık işletmelerinde verim ve kârlılığın artırılabilmesi için sera gazları emisyonunun azaltılmasına yönelik bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## Kaynaklar

1. Alford AR, Cacho OJ, Griffith GR, Hegarty RS. Jointly achieving profitability and environmental outcomes: methane abatement from genetic improvement in the Australian beef industry. Australian Agricultural and Resource Economics Society 50th Annual Conference. February, 8–10, 2006; Sydney-Australia.
2. Alper D, Anbar A. Küresel ısınmanın dünya ekonomisine ve Türkiye ekonomisine etkileri. DEÜ Sos Bil Ens Der 2007; 9(4): 15–54.
3. Beauchemin KA, Kreuzer M, O’Mara F, McAllister TA. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Aus J Exp Ag 2008; 48(2): 21–7.
4. Blaxter KL, Clapperton JL. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. Brit J Nutr 1965; 19(1): 511–22.
5. Brentrup F, Küsters J, Lammel J, Kuhlmann H. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. Int J Life Cyc Ass 2000; 5(6): 349–57.
6. Brink C, Kroeze C, Klimont Z. Ammonia abatement and its impact on emissions of nitrous oxide and methane - part 2: application for Europe. Atm Env 2001; 35: 6313–25.
7. Brink JC, Hordijk L, van Ierland EC, Kroeze C. Cost-effective N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and NH<sub>3</sub> abatement in European agriculture: interrelations between global warming and acidification policies. Expert Workshop on Assessing the Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation Strategies. March, 27–29, 2000; Washington, DC.
8. Brouwer E. Report of sub-committee on constants and factors. Blaxter KL. ed. In: Proceedings of the Third Symposium on Energy Metabolism. London: Academic Press, 1965; 411-3
9. Bryant RH, Walpot V, Dalley DE, Gibbs SJ, Edwards GR. Manipulating dietary N in perennial ryegrass pastures to reduce N losses in dairy cows in spring. Edwards GR, Bryant RH. eds. In: Meeting the Challenges for Pasture-based Dairying. Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium. Christchurch: Caxton Press, 2010; pp. 97–100.
10. Casey JW, Holden NM. Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system. Agr Sys 2005; 86: 97–114.
11. Clark H, Eckard RJ. Mitigating methane in a systems context. Edwards GR, Bryant RH. eds. In: Meeting the challenges for pasture-based dairying, Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium. Christchurch: Caxton Press, 2010; pp. 78–85.
12. Czerkawski JW, Blaxter KL, Wainman FW. The metabolism of oleic, linoleic and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. British J Nutr 1966; 20(2): 349–62.
13. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı 2011–2020. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Temmuz 2011.
14. de Klein CAM, Monaghan RM, Ledgard SF, Shepherd M. A system’s perspective on the effectiveness of measures to mitigate the environmental impacts of nitrogen losses from pastoral dairy farming. Edwards GR, Bryant RH. eds. In: Meeting the Challenges for Pasture-based Dairying. Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium. Christchurch: Caxton Press, 2010; pp. 14–28.
15. de Klein C, Pinares-Patiño C, Waghorn G. Greenhouse gas emissions. McDowell R. ed. In: Environmental Impacts of Pasture-based Farming. Oxfordshire: CAB International, 2008.

16. Demir P, Cevger Y. Küresel ısınma ve hayvancılık sektörü. *Vet Hek Dern Derg* 2007; 78(1): 13–6.
17. Department of Climate Change and Energy Efficiency (DCCEE). *Agriculture emissions projections 2010*. Canberra: Australian Government Department of Climate Change and Energy Efficiency, 2010.
18. Dong H, Mangino J, McAllister TA, Hatfield JL, Johnson DE, Lassey KR, de Lima MA, Romanovskaya A, Bartram D, Gibb D, Martin JH. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Chapter 10. Emissions from livestock and manure management, 2006.
19. Eckard RJ. *Greenhouse gas emissions from agriculture - reduction options*. Victoria: Victorian Department of Primary Industries and The University of Melbourne, 2010.
20. Eckard RJ, Grainger C, de Klein CAM. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. *Livestock Sci* 2010; 130: 47–56.
21. Eckard RJ, Hegarty R, Thomas G. 2008. Dairy, beef and sheep greenhouse accounting framework. Project no: UM10778. <http://www.greenhouse.unimelb.edu.au/Tools.htm>. Erişim tarihi: 22.02.2013.
22. Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, Beauchemin K, McGinn S, Nkrumah JD, Moore SS, Christopherson R, Murdoch GK, McBride BW, Okine EK, France J. Modeling methane production from beef cattle using linear and nonlinear approaches. *J Anim Sci* 2009; 87(4): 1334–45.
23. Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *J Dairy Sci* 2007; 90(7): 3456–66.
24. Erisman JW, van Grinsven H, Leip A, Mosier A, Bleeker A. Nitrogen and biofuels; an overview of the current state of knowledge. *Nutr Cyc Agroecosys* 2010; 86: 211–23.
25. Forster P, Ramaswamy V, Artaxo P, Bernsten T, Betts R, Fahey DW, Haywood J, Lean J, Lowe DC, Myhre G, Nganga J, Prinn R, Raga G, Schulz M, Van Dorland, R. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL. eds. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007.
26. Görgülü M, Darcan N, Göncü S. Hayvancılık ve küresel ısınma. *Beşinci Ulusal Hayvan Besleme Kongresi*. 30 Eylül–3 Ekim, 2009; Çorlu-Türkiye.
27. Hendy J, Kerr S, Baisden T. Greenhouse gas emissions charges and credits on agricultural land: what can a model tell us? Motu working paper 06–04. Wellington: Motu Economic and Public Policy Research, 2006.
28. Hendy J, Kerr S. Spatial simulations of rural land-use change in New Zealand: the land use in rural New Zealand (LURNZ) mode. Motu manuscript. Wellington: Motu Economic and Public Policy Research, 2005.
29. Hyde BP, Hawkins MJ, Fanning AF, Noonan D, Ryan M, O' Toole P, Carton OT. Nitrous Oxide Emissions from a fertilized and grazed grassland in the south east of Ireland. *Nutr Cyc Agroecosys* 2006; 75: 187–200.
30. Jarvis SC, Wilkins RJ, Pain BF. Opportunities for reducing the environmental impact of dairy farming managements: a systems approach. *Grass Forage Sci* 1996; 51: 21–31.
31. Jensen BB. Methanogenesis in monogastric animals. *Env Monit Ass Vol* 1996; 42(1–2): 99–112.
32. Kirchmann H, Esala M, Morken J, Ferm M, Bussink W, Gustavsson J, Jakobsson C. Ammonia emissions from agriculture, summary of the nordic seminar on ammonia emission, science and policy. *Nutr Cyc Agroecosys* 1998; 51: 1–3.
33. Kroeze C, Bouwman AF, van der Hoek KW, Oonk J. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission inventory and options for control in the Netherlands. Report no: 773001004. Bilthoven: National Institute of Public Health and Environmental Protection, 1994.
34. Lennox JA, Andrew R, Forgie V. Price effects of an emissions trading scheme in New Zealand. The 107th EAAE Seminar, Modelling of Agricultural and Rural Development Policies, 29 January-1 February, 2008; Sevilla-Spain.
35. McAllister TA, Newbold CJ. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Aus J Exp Agr* 2008; 48(2): 7–13.
36. McKenzie F. Getting the most out of nitrogen on grazed pastures. Best management practices for nitrogen on pastures. Using Nitrogen Confidently Seminar Proceedings. April, 1999; Victoria.
37. Metcalf T, Kingwell R. Low emission farming systems: a whole-farm analysis of the potential impacts of greenhouse policy. The fifty third Australian Agricultural Resource Economics Society Conference. February, 11–3, 2009; Cairns-Australia.
38. Moe PW, Tyrrell HF. Methane production in dairy cows. *J Dairy Sci* 1979; 62:1583–6.
39. Monteny GJ, Bannink A, Chadwick D. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agr Ecosys Env* 2006; 112: 163–70.
40. Murray RM, Bryant AM, Leng RA. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. *British J Nutr* 1976; 36(1): 1–14.
41. Önder F, Akçasoğlu K. 2006 Methodology on greenhouse gas emissions used by Turkey. <http://www.unescap.org/STAT/envstat/stwes-07.pdf>. Erişim tarihi: 20.02.2013.

42. Özkan Ş. A systems approach evaluating alternative dairy feeding strategies in south-east Australia. PhD thesis, Melbourne School of Land and Environment, Agriculture and Food Systems, The University of Melbourne. Melbourne-Australia, 2012.
43. Özkan Ş, Eckard R. 2012. Introducing a new tool to calculate greenhouse gas emissions from feedlot cattle. *Kafkas Üniv Vet Fak Derg* 2014; 20: 151-6.
44. Özkan Ş, Farquharson B, Hill J, Malcolm B. Effect of a carbon price on farm profitability on rainfed dairy farms in south-west Victoria: a first-look. *Aus Farm Bus Man J* 2012; 9: 1-8.
45. Sirohi S, Michaelowa M. Sufferer and cause: Indian livestock and climate change. *Clim Change* 2007; 85: 285-98.
46. Şaylan L. Küresel iklim değişikliği ve Kyoto Protokolü, tarım sektörüne etkileri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*. Ocak, 11-5, 2010; Ankara.
47. Türkeş M. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranısal seçenekler. *V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: Çevre Bilim ve Teknoloji Küresellesmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı*, Ankara, 2003; 267-85.
48. Türkiye İstatistik Kurumu. Ulusal seragazı emisyon envanteri raporu 1990-2009. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, 2011.
49. Tyrell HF, Moe PW. Effect of intake on digestive efficiency. *J Dairy Sci* 1975; 58(8): 1151-63.
50. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Kyoto Protocol reference manual, on accounting of emissions and assigned amount. Germany: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008.
51. U.S. Environmental Protection Agency. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2010. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2012.
52. Waghorn GC, Clark DA. Greenhouse gas mitigation opportunities with immediate application to pastoral grazing for ruminants. *Int Cong Ser* 2006; 1293: 107-10.

**Yazışma adresi:**

Öğr. Gör. Dr. Şeyda Özkan  
Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi  
Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü,  
Melikgazi, Kayseri, Türkiye 38039  
**Tel:** 0 (352) 207 66 66 / 29693 **Fax:** 0 (352) 337 27 40  
**E-posta:** seydaozkan@erciyes.edu.tr