

## HAYVAN BARINAKLARINDAN KAYNAKLANAN GAZ EMİSYONLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

İlker KILIÇ\*  
Ercan ŞİMŞEK\*

**Özet:** Bu çalışmada, barınak iç ortamında bulunan amonyak (NH<sub>3</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), kükürtlü bileşikler (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> vb.), metan (CH<sub>4</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazlarının oluşum mekanizmaları açıklanarak, kaynakları belirlenmiştir. Bu gazların atmosferdeki konsantrasyonlarına hayvansal üretim ve barınakların ne ölçüde katkıda bulunduğu ve çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiler açıklanmaya çalışılmıştır. Küresel ölçüde etkide bulunan bu gazların ülkemiz koşullarında dağılımlarının belirlenmesi ve kontrol altında tutulmasına yönelik bilimsel çalışmaların desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hayvan barınakları, gaz emisyonları, çevresel etkiler.

### The Gaseous Emissions From Animal Houses and Their Environmental Impacts

**Abstract:** In this study, it was explained that the formation mechanism of ammonia (NH<sub>3</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), sulphur containing compounds (H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> etc.), methane (CH<sub>4</sub>) and carbondioxid (CO<sub>2</sub>) indoor environment and sources of these gaseous in animal house were determined. Also, the contribution of the animal production and houses to the concentration of these gaseous in atmosphere and the negative effects of these gaseous on environment were explained. It has been deduced to support necessity of the scientific studies concerned control and determination of dispersion in our country conditions of these gaseous.

**Key Words:** Animal houses, emissions of gaseous, environmental impacts.

## 1. GİRİŞ

Hayvansal ürünlere olan talebe bağlı olarak, hayvansal üretim işletmesi ve hayvan sayısında gün geçtikçe artış olduğu gözlenmektedir. Özellikle tavukçuluk işletmeleri, gelişen teknolojik olanaklar çerçevesinde modern işletmecilik anlayışı ve kaliteli barınak kullanımı yoluyla büyük kapasiteli üretim tesisleri şeklinde yaygınlaşmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmeler hayvan yoğunluğunun fazla olmasına karşın, maliyet artırıcı yapı ve ekipmanları kullanma gereği duymadıklarından, barınak içi hava kalitesi istenilen nitelikte olmamaktadır. Bunun sonucu, hayvansal üretimde verim kayıpları olduğu gibi hayvan ve çalışanların sağlığı olumsuz yönde etkilenmekte, ayrıca dış ortama başta zararlı gazlar olmak üzere bakteri, endotoksin, partiküler madde ve koku gibi hava kirleticilerin emisyonu gerçekleşmektedir. Hayvansal üretime bağlı olarak, hayvan barınaklarından kaynaklanan emisyonlar, barınak iç ortamında biriken atıkların ayrışması ve hayvanların solunumu sırasında ortaya çıkan gazlar ile barınak ortamındaki partiküler maddelerden oluşmaktadır (Anonim, 1994).

## 2. HAYVAN BARINAKLARI İÇ ORTAMINDA BULUNAN GAZLAR

Hayvan barınaklarında yemden, hayvanların solunumundan ve gübredeki mikrobiyal ayrışım sonucu çeşitli gazlar açığa çıkar. Havalandırma yoluyla bu gazların dış ortama emisyonu gerçekleşir.

Gübre, idrar ve gübre ile karışmış durumda olan diğer materyaller (altlık, yem, atıksu), hayvan barınaklarında oluşan gazların temel kaynaklarıdır. Hayvansal üretim kaynaklı gaz emisyonları içeri-

\* Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

sinde azotlu bileşikler özellikle amonyak, kükürtlü bileşikler, metan ve karbondioksit önemli yer tutmaktadır (Anonim 2001, Anonim 2003, Anonim 2004).

Hayvan barınaklarında bulunan gazların özellikleri, barınak içerisindeki oluşum mekanizmaları ve bu gazların emisyon değerlerinin toplam emisyon içerisindeki oranları aşağıda verilmiştir.

### **Amonyak (NH<sub>3</sub>)**

Tarım, insan aktivitesinden kaynaklanan atmosferik amonyağın ana kaynağıdır. Amonyak keskin kokulu renksiz bir gazdır (McGinn ve Janzen, 1998). Diğer kirleticilerden farklı olarak amonyak yüksek derecede reaktiftir ve yalnızca kısa zaman diliminde atmosferde kalır (Janzen ve diğ., 1998).

Amonyak atmosferde, başlıca kirletici, diğer bileşiklerle kombine olmuş ve atmosferdeki reaksiyonlar sonucu ikincil kirleticiler gibi değişik formlarda bulunur (Chetner ve Sasaki, 2001).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan amonyak, gübredeki organik azot bileşiklerinin mikrobiyal ayrışımının ürünüdür. Gübredeki azot, absorbe edilmeyen besin maddeleri, üre (memelilerde) ya da ürik asit (kümes hayvanları) olarak oluşur. Üre ve ürik asit hızla amonyak oluşturmak amacıyla hidrolize olur ve dışkı atıldıktan kısa süre sonra yayılır (Oenema ve diğ., 2001). Amonyanın suda çözünürlüğü yüksek olduğundan, gübrenin kururken atmosfere doğru olan yayılımı daha hızlıdır. Aynı zamanda katı olarak işlenen gübre, kurutma ile hızla uçucu hale getirilir. Bu nedenle, gübre hangi yapıda olursa olsun amonyağın gaz haline gelme ve yayılma potansiyeli bulunmaktadır. Bu emisyon, kapalı ve açık barınaklardan, gübre yığınlarından, anaerobik gübre depolarından (lagünler), sıvı ve katı gübre işletim sistemlerinden ve gübrenin araziye uygulanmasından kaynaklanır (Anonim, 2001).

Küresel ölçekte, hayvan barınaklarından yılda 20 milyon ton dolayında amonyak azotu emisyonunun gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Bu miktar karasal sistemden kaynaklanan toplam amonyak emisyonunun yaklaşık % 50'sini oluşturmaktadır (Galloway ve Cowling, 2002). Van Aardenne ve diğ. (2001), 1990'ların ortasında Amerika Birleşik Devletlerinde, doğal ve insan kaynaklı azot emisyonunun yılda 3 milyon ton olduğunu, bu değer yaklaşık % 50'sinin (1.4 milyon ton N / yıl) gübreden kaynaklandığını belirtmektedir. Howarth ve diğ. (2002) ise hayvan gübresinin, amonyak emisyonuna katkısını yılda 1.9 milyon ton olarak vermektedir.

### **Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)**

Azot oksitler gübredeki organik azot bileşiklerinin mikrobiyal ayrışımı sonucu ortaya çıkar. Azot oksit yayılımı nitrifikasyon olayını izleyen denitrifikasyon olayının gerçekleşmesine bağlıdır. Nitrifikasyon amonyağın nitrat ve nitritlere mikrobiyal oksidasyonudur ve aerobik ortama gereksinim duyar. Bu olayda, amonyak Nitrosomonas adı verilen bir grup bakteri tarafından biyolojik yükseltgenme ile birinci aşamada nitrate ikinci aşamada nitrite dönüştürülür. Denitrifikasyon, anaerobik koşullar altında nitrit ve nitratların azot gazlarına (NO, N<sub>2</sub>O ve N<sub>2</sub>) indirgenmesi mikrobiyal aracı bir işlemdir. Denitrifikasyonun başlıca ürünü diazot gazıdır (N<sub>2</sub>). Böylece, hayvan barınaklarından azot emisyonunun gerçekleşmesi için, gübrenin öncelikle aerobik olarak (kuru) daha sonra anaerobik olarak (yaş) işletilmesi gerekir. Hayvan barınaklarından kaynaklanan başlıca azot oksitler, diazot monoksit (N<sub>2</sub>O), azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>)'dir (Anonim, 2001).

Diazot monoksit, nitrifikasyon ve denitrifikasyonun mikrobiyal işlemler sürecinde oluşur ve atmosfere yayılır. Diazot monoksit'in 1990'da küresel ölçekteki emisyonu 15 milyon ton olarak gerçekleştiği ve bu değer 3 milyon tonunun insan kaynaklı olduğu belirtilmektedir. Hayvan gübresinden kaynaklanan diazot monoksit emisyonu yaklaşık 1 milyon ton'dur (Olivier ve diğ. 1998, van Aardenne ve diğ. 2001).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonlarının daha çok, serbest ve açık sistemde yapılan süt ve besi sığırları işletmeleri ile hayvan gübresinin araziye uygulandığı alanlarda gerçekleştiği belirtilmektedir. Gübrenin araziye uygulandığı alanlarda emisyonu etkileyen iki faktör vardır. Bunlar, arazinin drenaj durumu ve bitkinin amonyak ve nitrat azotunu alabilme yeteneğidir. Ancak, gübre tekniğine uygun olarak uygulanırsa bu emisyon çok daha az olacaktır (Anonim, 2001).

## **Kükürtlü Bileşikler**

Hayvan barınaklarında üretilen en yaygın kükürtlü bileşik hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) olup havalandırma ile atmosfere salınır. Hidrojen sülfürü, indirgenmiş kükürt bileşikleri izlemektedir. Yayılan uçucu organik kükürtlü bileşiklerden bazıları, metil merkaptan, dietil sülfid, dimetil sülfid, dimetil disülfid ve karbonil sülfittir (Sweeten ve diğ., 1998). Diğer indirgenmiş kükürtlü bileşikler az miktarlarda salınırlar (Anonim, 2001). Hayvan barınaklarından kaynaklanan hidrojen sülfür emisyonları küresel ve ulusal ölçekte diğer atmosferik kükürt kaynaklarına oranla (topraklar, volkanlar, bataklıklar, fosil yakıtlarının yakılması) çok azdır. Buda, hayvan barınaklarından kaynaklanan hidrojen sülfür emisyonlarının ekosisteme çok az katkıda bulunduğu anlamına gelir. Ancak, bölgesel ölçekte hayvan barınakları ve diğer birkaç kaynağın yüksek yoğunlukta bulunduğu bölgeler için atmosferin kükürt yüküne önemli katkıda bulunur (Schnoor ve diğ., 2002, NAPAP, 1990).

Hidrojen sülfür, su içerisindeki sülfatın mikrobiyal indirgenmesi ve gübredeki kükürt içeren organik maddelerin mikrobiyal parçalanmasından kaynaklanan anaerobik ortamda üretilir. Bozuk yumurta gibi kokan hidrojen sülfür, sülfatın sülfite indirgendiği oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından üretilir. Oksijensiz ortamlar genellikle, hayvansal gübre depolarında oluşur (Xue ve diğ., 1998).

Global ölçekte, tarımsal kaynaklardan yılda 0.4-5.6 milyon ton S'e karşılık gelen indirgenmiş sülfür gazları (çoğunlukla  $H_2S$  ve dimetil sülfid) yayılır (Penner ve diğ., 2001). Çoğu atmosferik hidrojen sülfür, kükürt dioksit okside olur. Hidrojen sülfürün atmosferde kalma süresi ve reaksiyon ürünlerinin etkisi, günlerce sürebilir (Anonim, 2003).

Hayvan gübresinde kükürdün iki ana kaynağı vardır. Biri yemdeki kükürt amino asitler, diğeri ise büyümeyi sağlamak için yeme ilave edilen bakır sülfat ve çinko sülfat gibi inorganik kükürtlü bileşiklerdir. Hayvancılığın bütün dallarında sülfatlar kullanılmasına karşın, sülfatın kullanımı tavukçuluk endüstrisinde daha yaygındır. Bazı bölgelerde kükürdün üçüncü kaynağı içme suyundaki iz minerallerdir (Anonim, 2001).

Hidrojen sülfür emisyonlarının büyüklüğü gübredeki sıvı miktarının, sıcaklığın ve pH'nın bir fonksiyonudur. Sıcaklık su içerisindeki hidrojen sülfürün çözünürlüğünü etkiler. Su içinde hidrojen sülfürün çözünürlüğü 7'nin üstündeki pH değerlerinde artar. pH alkalinden asidiğe dönüşürse, hidrojen sülfürün emisyon potansiyeli artar. Aerobik koşullar altında gübredeki indirgenmiş herhangi bir kükürtlü bileşik mikrobiyal olarak uçucu olmayan sülfata okside olur ve böylece hidrojen sülfür emisyonu en az düzeyde kalır. Bu nedenle kuru gübre işletim sistemlerini kullanan kapalı işletme yapılarından olan emisyonlar göz ardı edilir (Snoeyink, 1980).

## **Metan ( $CH_4$ )**

Toplam metan konsantrasyonuna çeşitli sektörlerin katkıları farklılık göstermekle birlikte, tarımsal üretimin önemli bir metan kaynağı olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Hayvancılıkta metan emisyonu, geviş getiren hayvanların sahip olduğu sindirim sistemi, gübre fermentasyonu (depolama süresince ve araziye uygulandıktan sonra) ve silaj fermentasyonundan kaynaklanmaktadır (Anonim, 2004).

Küresel ölçekte insan kaynaklı metan miktarı, 320 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmektedir. Çeşitli insan kaynakları içerisinde tarım sektörü, hayvancılık üretimi ile en büyük paya sahiptir. ABD'de, yıllık 41 milyon ton'luk (31 milyon tonC /yıl) toplam insan kaynaklı yayılımların, 7.6 milyon ton'luk (5.7 milyon ton C/yıl) kısmı hayvancılıktan kaynaklanmaktadır (van Aardenne ve diğ., 2001). Johnson ve diğ., (1992), yıllık metan emisyonunun % 16.4'ünün, geviş getiren hayvanlar ile hayvan gübresinden kaynaklandığını belirtmekte olup, bu oran küresel ısınmaya katkıda bulunan tüm sera gazlarının yaklaşık % 2.9'unu oluşturmaktadır. Geviş getiren hayvanların (inek, koyun, keçi, deve ve bufalo) midesi dört bölümden oluşmaktadır. Rumen (işkembe) olarak adlandırılan midenin bir bölümünde, yemler parçalanır ve bunun sonucunda, birkaç yan ürünün yanında metan oluşur. Metanın üretimi, yemin enerji içeriği, kalitesi ve miktarı, hayvanın ağırlığı ve yaşı, hayvan türleri arasındaki farklılıklar ve aynı tür içerisindeki bireysellikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir (Leng, 1993).

Bir hayvancılık işletmesinde yem fermentasyonunun yanısıra gübre depolama ve boşaltımı işlemleri de en önemli metan kaynaklarıdır (Jarvis ve diğ., 1995). Metan, hayvan gübresinin anaerobik

mikrobiyal bozunması sırasında da oluşmaktadır. Metanojenler olarak da bilinen mikroorganizmalar, gübredeki ve altlık materyalindeki karbonu (selüloz, şekerler, proteinler, yağlar) metan ve karbondioksit ayırıştırır (Doe, 2000). Gübreden kaynaklanan metan emisyonunu etkileyen ana faktörler, üretilen gübre miktarı ve anaerobik olarak ayrılan gübrenin oranıdır. Anaerobik olarak parçalanmış gübrenin oranı organik kısmın biyolojik parçalanmasına ve gübrenin nasıl işletildiğine bağlıdır. Gübre sıvı olarak depolandığında (anaerobik havuzlar, tanklar veya çukurlar) anaerobik olarak parçalanır ve önemli miktarlarda metan üretir (Anonim, 2001). Yüksek sıcaklıklar ve nemli koşullarda metan üretimini artıran önemli unsurlardır (Anonim, 2003).

### Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)

Hayvan barınaklarında oluşan karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) ana kaynağı, hayvanların ve çalışanların solunumlarıdır (Choiniere ve Munroe 1997). Karbondioksit aerobik ve anaerobik koşullar altında organik maddelerin mikrobiyal parçalanmasının sonucunda da ortaya çıkabilir. Aerobik koşullar altında karbondioksit ve su son üründür ve karbonun tamamı karbondioksit olarak çevreye yayılır. Karbondioksit anaerobik koşullar altında, metan ile birlikte organik maddenin mikrobiyal parçalanması sonucu ortaya çıkar. Bu koşullar altında, oksijen içeren karmaşık organik maddelerin bulunduğu reaksiyonlarda parçalanmanın yan ürünü olarak oluşur. Hayvansal gübrenin tarım alanlarına uygulanması ile gübredeki organik maddeler toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanarak karbondioksit açığa çıkar (Anonim, 2001).

İç ortamdaki karbondioksit miktarının fazlalığı çalışanlara ve hayvanlara zarar verir. Özellikle kış mevsiminde karbondioksit miktarı yüksek düzeylere ulaşabilir. Domuz barınakları ve kümeslerde karbondioksit değerinin alt sınırı ortalama 5000 ppm kabul edilirken, kısa süreli olarak üst sınır değerinin 30000 ppm'e ulaşacağı belirtilmektedir (Choiniere ve Munroe, 1997).

Hayvan barınaklarında oluşan kirletici gazların, konsantrasyon düzeylerini belirlemeye yönelik bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda özellikle süt sığırları barınakları ile tavuk kümesleri incelenmiştir. Hayvan barınakları iç ortamında bulunan bazı önemli kirletici gazların konsantrasyon düzeyleri Tablo I ve Tablo II'de verilmiştir.

**Tablo I. Süt sığırları barınakları iç ortamında bulunan bazı gaz konsantrasyonları**

Gazlar	Yaz Mevsimi Kons. (ppm)	Kış Mevsimi Kons. (ppm)	Kaynak
NH <sub>3</sub>	5.3	-	Jungbluth ve diğ. (2001)
	8.2	-	Snell ve diğ. (2003)
	38.9	36.4	Mutlu ve diğ. (2004)
	1.4	2.1	Zhao ve diğ. (2007)
	7	2.1	Zhang ve diğ. (2007)
CO <sub>2</sub>	1196	-	Jungbluth ve diğ. (2001)
	513	465	Zhao ve diğ. (2007)
	777	658	Zhang ve diğ. (2007)
	1430	1700	Brose ve diğ. (1998)
H <sub>2</sub> S (ppb)	31	4	Zhao ve diğ. (2007)
	-	6	Bicudo ve diğ. (2003)
	14	-	Koelsch ve diğ. (2001)
	20.5	4	Zhang ve diğ. (2007)
CH <sub>4</sub>	84	-	Jungbluth ve diğ. (2001)
	87.13	-	Snell ve diğ. (2003)
	123	148	Brose ve diğ. (1998)
N <sub>2</sub> O	0.73	-	Jungbluth ve diğ. (2001)

**Tablo II. Kümes iç ortamında bulunan bazı gaz konsantrasyonları**

Kirletici Gazlar	Yaz Mevsimi Kons. (ppm)	Kış Mevsimi Kons. (ppm)	Kaynak
NH <sub>3</sub>	2.74	-	GrootKoerkamp diğ. (1998)
	15.10	-	Borso ve Chiumenti (1999)
	5.80	28.50	Redwine ve diğ. (2003)
	3.25	5.26	Liang ve diğ. (2003)
	-	48.30	Wheeler ve diğ. (2003)
	-	20.00	Guziou ve Beline (2005)
	3.50	8.30	Liang ve diğ. (2005)
	9.31	25.06	Kocaman ve diğ. (2006)
CO <sub>2</sub>	210.00	4300.00	Liang ve diğ. (2005)
	-	2100.00	Radon ve diğ. (2002)
	-	1978.00	Hörnig ve diğ. (2004)
	715.40	2700.00	Kocaman ve diğ. (2006)
	-	1862.86	Nimmermark ve diğ. (2004)
H <sub>2</sub> S	-	3.00	Mcquity (1985)
	1.53	-	Okoli ve diğ. (2004)
	3.54	5.94	Kocaman ve diğ. (2006)
CH <sub>4</sub>	1.93	-	Okoli ve diğ. (2004)
N <sub>2</sub> O	0.14	-	Okoli ve diğ. (2004)

### 3. HAYVAN BARINAKLARINDAN KAYNAKLANAN GAZ EMİSYONLARI

#### 3.1. Emisyonların Hesaplanması

Hayvan barınaklarından kaynaklanan emisyonların belirlenmesi, bölgesel, yöresel ve ülke çapında hayvan barınaklarının çevreye olan etkisinin belirlenmesinde son derece önemlidir. Bir barınaktan kaynaklanan gaz emisyonlarının belirlenmesinde, gazın barınak içerisindeki konsantrasyon düzeyi ve barınakta uygulanan havalandırma oranından yararlanılır (Hinz ve Linke, 1998).

$$E = \sum_{i,j}^{n,k} c_{i,j} \cdot v_i \quad (1)$$

Eşitlikte;

E : j kirleticisinin barınaktan olan emisyonu, (j = 1, k)

c<sub>i,j</sub> : j kirleticisinin, i'nci havalandırma çıkış açıklığındaki konsantrasyonu

v<sub>i</sub> : i'nci havalandırma çıkış açıklığındaki havalandırma oranını (i = 1, n), ifade etmektedir.

#### 3.2. Emisyonları Etkileyen Faktörler

Hayvanların hareketleri, altlık kullanımı ve çevre koşullarının optimum sınırlar içerisinde olmasını sağlamak için yapılan havalandırma nedeniyle hayvan barınakları iç ortamında statik bir oluşumdan çok dinamik bir ortam söz konusudur. Bu dinamik yapı içerisinde zararlı gazların oluşumu ve konsantrasyon düzeyleri ile barınaktan emisyonu birçok faktör tarafından etkilenir. Hayvan barınaklarında gazların konsantrasyon düzeyleri ve barınaktan olan emisyonları etkileyen faktörler, genel olarak iklimsel ve coğrafi farklılıklar, mevsimsel değişimler, hayvan yaşı ve hayvan barınaklarında bakım ve yönetim olarak belirtilmektedir (Anonim, 2003).

#### 3.3. Emisyonların Belirlenmesine Yönelik Olarak Yapılmış Çalışmalar

Süt sığıra ahırlarından kaynaklanan sera gazları (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O) ve amonyak (NH<sub>3</sub>) emisyonlarını belirlemeye yönelik olarak yapılan bir çalışmada, barınak içerisindeki bütün gaz konsantrasyonları sürekli kızılötesi spektrometreler ile ölçülmüştür. Yaz ve kış mevsimi ortalama emisyonları çalışma kapsamında belirlenmiştir. Yaz mevsiminde birim hayvan başına emisyonlar amonyak için 12.4 g, karbondioksit için 4.9 kg ve metan için 161 g olarak gerçekleşmiştir. Kış mevsiminde amonyak emisyonu sıcaklık ve havalandırmanın daha az olmasına bağlı olarak yaklaşık % 50 azalmıştır. Bunun aksine CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonları sırasıyla % 10 ve %20 artış göstermiştir. Diazot monoksit için emis-

yon oranı 0.4-0.8 g/BHB.gün (Büyükbaş Hayvan Birimi: 500 kg canlı ağırlık) aralığında gerçekleşmiştir (Brose ve ark. 1998).

Amonyakın aksine, hayvan barınaklarından kaynaklanan metan (CH<sub>4</sub>), diazot oksit (N<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları ile ilgili çok az bilgi bulunmaktadır. Doğal havalandırılmalı serbest duraklı, süt sığırı ahırında yapılan bir çalışmada, ineklerin sindiriminden kaynaklanan metan emisyonu ortalama 223g/gün.BHB iken barınaktaki konsantrasyonu 200-250 g/ gün.BHB olarak belirlenmiştir. Diazot oksit emisyonu ise günde yaklaşık 1.6 g/BHB'dir. Karbondioksit emisyonu günde yaklaşık 6.5 kg/BHB olarak elde edilmiştir. Metan ve karbondioksit emisyonları, sabahın erken saatlerinde en düşük düzeydedir. Hayvanların yem yeme periyodunda, artış göstererek en yüksek düzeye ulaşmıştır ve bu artış % 30-50 arasında değişmektedir (Jungbluth ve diğ. 2001).

Ellis ve diğ. (2001), bir süt sığırı ahırından kaynaklanan amonyak, diazotoksit ve metan emisyonları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ölçümler farklı mevsimlerde gerçekleştirilerek, mevsimlerin emisyonlar üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda, barınağın birim taban alanından amonyak emisyonu 5.0 g/m<sup>2</sup>saat gerçekleşirken, diazot monoksit ve metan emisyonları sırasıyla 17.9µg/ m<sup>2</sup>h ve 151.2 mg/ m<sup>2</sup>saat olarak belirlenmiştir. Çalışmada, süt sığırı barınaklarından yıllık amonyak emisyonu 0.43 ton, diazot monoksit emisyonu 0.3 kg ve metan emisyonu 1.0 ton olarak tahmin edilmiştir.

Sekiz adet broyler kümesinde, kış koşullarında gerçekleşen amonyak emisyon oranlarını belirlemeye yönelik bir çalışmada, amonyak konsantrasyonları elektrokimyasal sensörler kullanılarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ortalama amonyak emisyon oranı, 0.10-0.98 g/gün.tavuk olarak bulunmuştur. Barınaklardan olan amonyak emisyonları ile ilgili olarak, yaşanan günlük değişimler, barınaklar arası görülen değişimden daha az gerçekleşmiştir (Casey ve diğ. 2003).

İki farklı yetiştirme sistemi ve programına sahip olan yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan bazı kirletici gazlara ilişkin emisyon değerlerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, amonyak ve karbondioksit konsantrasyon düzeyleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan amonyak emisyonlarının, mevsimler arasında önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Dokuz aylık örnekleme periyodunda, amonyak emisyonları gübre bantlı kümeslerde ortalama 7 mg/saat-tavuk veya 58 g/gün-500kg iken kaliforniya tipi kafesli kümeste 43 mg/saat-tavuk veya 326 g/gün-500kg'dır. Amonyak emisyonları yazın kışa göre daha yüksek elde edilmiştir (Liang ve diğ. 2003).

Hörnig ve diğ. (2004), Çek Cumhuriyeti'nde 22000 tavuk kapasiteli kafesli yumurta tavuğu kümesi ile Almanya'da 10000 tavuk kapasiteli kademeli ızgaralı alternatif kümeden gerçekleşen gaz emisyonlarını belirlemeye çalışmıştır. Ölçüm parametreleri olarak, iç ve dış ortam sıcaklık ve bağıl nemi, amonyak, metan ve karbondioksit konsantrasyonları ele alınmıştır. Hesaplanan emisyon değerleri kümesler arasında farklılık göstermektedir. Kafesli sistemde amonyak emisyonu yılda 16.6-18.3 g/tavuk iken metan emisyonu 46.8-64.3 g/tavuk arasındadır. Kademeli ızgara sisteminde ise amonyak emisyonu, 104.2-136 g/tavuk, metan emisyonu 268.2-316.2 g/tavuk'tur. Emisyon değerlerinin yüksek olması, bu sistemlerde daha fazla olan havalandırma oranları ile açıklanmaktadır.

Zhang ve diğ. (2005), doğal havalandırılmalı, farklı taban sistemli ve gübre işletim sistemine sahip süt sığırı barınaklarında, amonyak, diazot oksit ve metan emisyonları ile ilgili temel bilgi sağlamak için bir deneme kurmuşlardır. Çalışma sonucunda, NH<sub>3</sub> emisyonu sıcaklık ile artmış olup, bu artışın barınağın taban sistemine ve gübre işletim sistemine bağlı olduğu belirtilmektedir. Barınaktan kaynaklanan amonyak emisyonu hayvan başına yaklaşık 10-30 g/gün aralığında gerçekleşmiştir. Barınaktaki en yüksek amonyak emisyon oranı hayvan başına 75 g/gün olarak ölçülmüştür. Farklı taban sistemli süt sığırı ahırlarından kaynaklanan metan emisyonu hayvan başına 227-495 g/gün, diazot monoksit emisyonu ise hayvan başına 0.2-4.6 g/gün olarak gerçekleşmiştir.

Her biri 60.000 yumurta tavuğu kapasiteli iki adet kafes sistemli yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan amonyak, metan ve diazot monoksit emisyonlarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, gaz konsantrasyon ölçümleri kızılötesi fotoakustik gaz detektörü ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda, ortalama amonyak emisyonu mevsimlere bağlı olarak değişmekle beraber amonyak emisyonu 1.55-11.05 g/saat.BHB, metan emisyonu 0.11-7.44 g/saat.BHB arasında gerçekleşmiştir. Diazot monoksit emisyonları ile ilgili olarak sifıra yakın değerler elde edildiği için önemli bir emisyon değerinin kaydedilmediğini belirtmektedir (Fabbri ve diğ. 2007).

#### 4. HAYVAN BARINAKLARINDAN KAYNAKLANAN GAZ EMİSYONLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Atmosferde bulunan amonyak, karasal ekosistemin biyolojik çeşitliliğine, atmosferik görüş mesafesine, kıyasal verimliliğe, asidifikasyona ve ötrofikasyona önemli derecede katkıda bulunur. Amonyak emisyonunun asidifikasyona olan katkısı çok daha önemlidir. Hollanda'da 1989 yılındaki toplam asit birikiminin % 45'inin amonyaktan kaynaklandığı bildirilmektedir (Groot Koerkamp ve diğ., 1998, Galloway ve Cowling, 2002). Diğer uçucu bileşikler ile amonyağın birleşimi, koku sorununun ortaya çıkmasında etkili rol oynar. İkincil bir kirletici olarak amonyağın etkisi ise diğer bileşiklerle girdiği reaksiyonların son ürününe bağlıdır. Azot oksit oluşumuna neden olan amonyak oksidasyonu, sera gazı oluşturarak, yer seviyesinde ozon etkisi oluşturmaktadır. Sülfatlar, nitratlar ve kloridlerin amonyak ile reaksiyonları sonucunda, amonyum sülfat, amonyum sülfid, amonyum nitrat ve amonyum klorid oluşur. Hayvan barınağından atmosfere doğru gerçekleşen amonyak emisyonu, atmosferdeki aerosollerde bulunan asidik bileşikler (nitrik asit HNO<sub>3</sub>, sülfürik asit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gibi) ile reaksiyona girerek hızla amonyum aerosollerine dönüşebilir. Böylece amonyak atmosferdeki PM 2.5 (Çapı 2.5µ'dan daha küçük partiküller) konsantrasyonuna katkıda bulunur (Janzen ve diğ. 1998).

Diazot oksit (N<sub>2</sub>O) troposferden, stratosfere doğru yayılır ve burada fotoliz ve diğer işlemler ile taşınır. Yayılan diazot oksit uzun bir süre atmosferde (yaklaşık 100 yıl) kaldığı için küresel ölçekte etki yapar. Diazot oksit küresel ısınmaya ve ozon tabakasının incelmeye neden olur. Diazot oksit küresel ısınma potansiyeli karbondioksitin 296 katıdır ve toplam küresel ısınma potansiyelinin yaklaşık olarak % 4'nü oluşturmaktadır (Watson ve diğ. 1992, IPCC, 2001).

Azot monoksit (NO) atmosferde azot dioksit (NO<sub>2</sub>) dönüşebilir ve NO<sub>x</sub> olarak adlandırılırlar. NO<sub>x</sub>, peroksilasitil nitrat (PAN) gibi organik bileşiklere veya okside olmuş HNO<sub>3</sub>'e dönüşebilir. Gaz fazındaki HNO<sub>3</sub> aerosol nitrata dönüşebilir (NO<sub>3</sub>). NO<sub>3</sub> aerosolü atmosferdeki PM2.5 konsantrasyonuna katkıda bulunur (Anonim 2003).

Kükürtlü bileşiklerin koku, ikincil partiküler madde, asidifikasyon oluşumu, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine önemli etkilere sahiptir. Koku oluşumuna katkıda bulunan kükürt bileşikler hidrojensülfür ve uçucu organik kükürt bileşikleridir. Kükürt dioksit ise ikincil partiküler madde oluşumuna katkıda bulunur. Asidifikasyonun en önemli bileşenlerinden ikisi hidrojensülfür ve kükürt dioksittir. Yüksek konsantrasyonlarda hidrojensülfür gazı koku alma duyusunu etkiler ve canlıların solunum sistemine zarar verdiğinden ölümlere yol açabilir (Choiniere ve Munroe, 1997, Hartung, 1998, Chetner ve Sasaki, 2001). Hidrojensülfür atmosferde kükürt dioksit okside olur ve nem ile reaksiyona girerek sülfürik asidi üretir. Sülfürik asit asidifikasyonla doğrudan ilişkilidir. Kükürt içeren partiküler maddeler, kükürt dioksit ve amonyağın reaksiyona girmeleri sonucu oluşur. Kükürt dioksitin sağlık üzerine etkisi öncelikle partiküler madde oluşumuna bağlıdır. Yüksek kükürt dioksit konsantrasyonları mukoz zarları (gözler ve solunum sistemi) üzerinde tahriş edici özelliindedir (Anonim, 2003).

Metan, küresel ısınmaya ve sera etkisine olan katkısı nedeniyle gözönüne alınması gereken önemli hava kirleticisidir. Metanın atmosferde kalma süresinin (yaklaşık 8.4 yıl) uzun olmasından dolayı küresel ölçekte dağılım gösterir. Metanın küresel ısınma potansiyeli, karbondioksit oranla 23 kat daha fazladır (NRC, 2002, IPCC, 2001).

Hayvansal üretimden kaynaklanan karbondioksit emisyonu, atmosferik karbondioksit konsantrasyonuna uzun dönemde katkıda bulunmamaktadır. Hayvan barınaklarından kaynaklanan karbondioksit, atmosferden bitkilere ve hayvanlara doğru olan karbon döngüsünün bir parçası olarak kabul edilebilir ve oldukça kısa bir zaman süresince atmosfere geri döner (Anonim, 2001).

#### 5. SONUÇ

Yapılan birçok çalışma, hayvan barınaklarından başta kirletici gazlar olmak üzere, partiküler madde, koku, uçucu organik bileşikler, mantarlar, sporlar, endotoksinler vb. gibi kirleticilerin atmosfere salındığını göstermektedir. Hayvansal üretim bazı kirleticilerin temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle Kyoto Protokolü gereği, Avrupa Birliği ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri başta olmak üzere birçok ülkenin ilgili kuruluşları hayvan barınaklarından kaynaklanan emisyonlara ilişkin çeşitli yönetmelikler oluşturarak hayvansal üretim yapan işletmeleri denetim altında tutmakta ve emisyon

oranlarını azaltma ya da kontrol altına almak konusunda çeşitli önlemleri hayata geçirmişlerdir. Buna karşın ülkemizde, hayvansal üretim yapan işletmelerden kaynaklanan emisyonları denetleyecek herhangi bir yönetmelik bulunmamaktadır.

Ülkemizde, hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz emisyonlarını belirlemeye yönelik yapılan bilimsel çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Bu bağlamda hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı bölgelerde, hayvan barınaklarının iç ortamında oluşan gazların konsantrasyon düzeylerini ve bu gazların barınaktan olan emisyonlarını belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Buna bağlı olarak ülke genelinde bir envanter çalışması yürütülmeli, bilimsel çalışmalar desteklenmelidir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Anonim (1994) Aerial environment in animal housing, CIGR Working Group 3<sup>rd</sup> Report. No:13. *XII World Congress in Milan*, 4p.
2. Anonim (2001) *Emissions from animal feeding operations*, U.S. Environmental Protection Agency, Triangle Park NC 27711.
3. Anonim (2003). *Air Emissions from animal feeding operations: Current Knowledge, Future Needs*. Ad Hoc Committee on Air Emissions From Animal Feeding Operations, National Academies Press Washington, DC, USA.
4. Anonim (2004). *Systems for controlling air pollutant emissions and indoor environment of poultry, swine and dairy facilities*, Multi State Project, DC 98-03.
5. Bicudo, J., Janni, K., Jacobson, L. and Schmidt, D.(2003) Odor and hydrogen sulfide emission from a dairy manure storage, *In Proc. of Fifth International Dairy Housing Symposium*, 368-375. Michigan.
6. Borso, F., Chiumenti, R. (1999) Poultry housing and manure management systems: recent development in Italy as regards ammonia emissions, *Proceedings of the 8th International Conference of the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture*, RAMIRAN 98.
7. Brose, G., Hartung, E., Jungbluth, T (1998) Influences on and measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from dairy houses, *AgEng Oslo 98*, E-054.
8. Casey, K.D., Gates, R.S., Wheeler, E.F., Zajackowski, J.S., Topper, P.A., Xin, H. and Liang, Y. (2003) Ammonia emissions from broiler houses in kentucky during winter. *International Symposium on Gaseous and Odour Emissions From Animal Production Facilities*, 1-4 June 2003, Horsens, Denmark.
9. Chetner, S. and Sasaki, D. (2001) *Agricultural air emission inventory for alberta and literature review*, Intensive Livestock Operations Working Group.
10. Choiniere, Y. ve Munroe, A.J. (1997). *Air quality inside livestock barns*, Ministry of Agriculture and Food, AGDEX 400/717, Factsheet, Ontario.
11. Ellis S., Webb, J., Misselbrook, T. and Chadwick, D. (2001) Emission of ammonia (nh<sub>3</sub>), nitrous oxide (n<sub>2</sub>o) and methane (ch<sub>4</sub>) from a dairy hardstanding in the UK, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, 115-122.
12. Doe (2000). *Emission of greenhouse gases in the United States 2000*, Department of Energy Report: DOE/EIA-0573, Washington D. C.
13. Fabbri, C., Vali, L., Guarino, M., Costa, A., Mazotta, V. (2007) Ammonia, methane, nitrous oxide and particulate matter emissions from two different buildings for laying hens, *Biosystem Engineering*, 97(4), 441-455.
14. Galloway, J. N., and Cowling, E. B.. (2002) Reactive nitrogen and the world: Two Hundred Years of Change, *Ambio* 31, 6471.
15. GrootKoerkamp, P. W. G., Metz, J. H. M., Uenk, G. H., Phillips, V. R., Holden, M. R., Sneath, R. W., Short, J. L., White, R. P., Hartung, J., Seedorf, J., Schroder, M., Linkert, K. H., Pederson, S., Takai, H., Johnsen, J. O. and Wathes, C. M. (1998) Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe, *J.Agriculture Engineering Research*, 70, P. 79-95.
16. Guiziou, F. and Beline, F. (2005) In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France, *Bioresource Technology* 96, 203-207.
17. Hartung, J. (1998) *Tentative calculations of gaseous emissions from pig houses by way of the exhaust air*, In Volatile Emissions From Livestock Farming and Sewage Operation.
18. Hinz, T. and Linke, S. (1998) A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. part 2: methods, *J.Agric.Engng Res.* 70, 111-118



19. Hörnig, G., Brunsch, R., Stollberg, U., Jelinek, A., Pliva, P. and Èespiva, M. (2004) Ammonia, methane and carbon dioxide emissions from laying hens kept in battery cages and aviary systems, *2nd Agricultural Engineering Conference of Central and East European Countries*, Prauge, Czech Republic, 19-23 April 2004.
20. Howarth, R. W., Boyer, E. W., Pabich, W. J. and Galloway, J. N. (2002) Nitrogen Use in the United States from 1961-2000 and Potential Future Trends, *Ambio* 31( 2), 8896.
21. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001) *Climate change 2001: the scientific basis*, Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J. T. Houghton, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson (eds.), Cambridge University Press, 881 pp.
22. Janzen, H.H., Desjardins, R.L., Asselin, J.M.R. and Garce, B. (1998) *The health of our air: toward sustainable agriculture in Canada*, Ottawa, ON: Agriculture and Agri-Food Canada.
23. Jarvis, S.C., Lovell, R.D. and Panayides, R. (1995) Patterns of methane emissions from excreta of grazing animals, *Soil Biol.Biochem.* 27 (12), 1581-1588
24. Johnson, D.E., Hill, T.M. and Ward, G.M. (1992) Methane emissions from cattle; global warming and management issues, In: *Proc. Minnesota Nutr.Conf.*, Minnesota Ext.Serv., Univ. Minnesota, St.Paul.
25. Jungbluth, T., Hartung, E. and Brose, G. (2001) Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60, 133-145.
26. Kocaman, B., Esenbuga, N., Yıldız, A., Laçın, E., Macit, M. (2006) Effect of environmental conditions in poultry houses on the performance of laying hens, *International Journal of Poultry Science* 5, 26-30
27. Koelsch, R.K., Woodbury, B., Stenberg, D., Miller, D.N. and Schulte, D. (2001) Total reduced sulfur concentration in beef cattle feedlots”, *Procs. Of Intern.Symp.Animal Prod. And Envirn*, October 3-5.
28. Leng, R. A. (1993) Quantitative ruminant nutrition—a green science, *Australian Journal of Agricultural Research* 44, 363380.
29. Liang, Y., Xin, H., Tanaka, A., Lee, S.H., Li, H., Wheeler, E.F., Gates, R.S., Zajaczkowski, J.S., Topper, P.A. and Casey, K.D. (2003) Ammonia emissions from layer houses in Iowa. *International Symposium on Gaseous and Odour Emissions From Animal Production Facilities*, 1-4 June 2003, Horsens, Denmark.
30. Liang, Y., Xin, H., Wheeler, E. F., Gates, R. S., Li, H., Zajaczkowski, J. S., Topper, P. A., Casey, K. D., Behrends, B. R., Burnham, D. J., Zajaczkowski, F. J. (2005) Ammonia emissions from u.s. laying hen houses in Iowa and Pennsylvania, *Transactions of The ASAE* Vol 48(5), 1927-1941.
31. McGinn, S. M. and Janzen, H. H. (1998) Ammonia sources in agriculture and their measurement, *Canadian Journal of Soil Science*, 78 (1), 139-148.
32. McQuitty, J.B., Fedder, J. J. R., Leonard, J. J., (1985) Air quality in commercial laying barns, *Canadian Agricultural Engineering*, 27, 13-19.
33. Mutlu, A., Mukhtar, S., Capareda, S. C., Boriack, C. N., Lacey, R. E. Shaw, B. W., Parnell, C. B. (2004) A process-based approach for ammonia emission measurement at a free-stall dairy, *ASAE/CSAE Annual International Meeting*, Ottawa, Ontario, Canada.
34. NAPAP (National Acid Precipitation Assessment Program) (1990) *Acidic deposition: state-of-science and state-of-technology*, Vols. I-IV, P. M. Irving (ed.), Washington, D. C.: National Acid Precipitation Assessment Program.
35. Nimmermark, S., Gustafsson, G., (2004) Odor and ammonia release at different climatic conditions in a loose housing systems for layers, *ASAE/CSAE Annual International Meeting* 1-4 August 2004, Ottawa, Ontario, Canada.
36. NRC (National Research Council). (2002) *The airliner cabin environment and health of passengers and crew*, Washington, D. C.: National Academy Press.
37. Oenema, O., Bannink, A., Sommer, S. G. and Velthof L. (2001) *Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems*, In Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management, R. F. Follett, and J. L. Hatfield (eds.), Elsevier, 520 pp.
38. Okoli, I.C., Alaehie, D.A., Akanno, E.C., Okoli, C.G., Opara, M.N., Uchehgbu, M.C., Ogundu, U.E., Iheukwumere, F.C. (2004) Concentrations of aerial pollutant gases in selected poultry pens in Imo State, Nigeria, *Inter. Jour. of Poultry Sci.* 3, 427-431
39. Olivier, J. G. J., Bouwman, A. F., Van Der Hoek, K. W. and Berdowski, J. J. M. (1998) Global air emission inventories for anthropogenic sources of nox, NH<sub>3</sub>, and N<sub>2</sub>O in 1990, *Environmental Pollution*, 102: 135148.
40. Penner, J. E., Andreae, M., Annegarn, A., Barrie, L., Feichter, J., Hegg, D., Jayaraman, A., Leaitch, R., Murphy, D., Nganga, J., and Pitari, G. (2001) *Aerosols, their direct and indirect effects*, In Climate Change

- 2001: The scientific basis. contributions of working group 1 to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, J. T. Houghton, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C. A. Johnson (eds.). Cambridge, U. K.: Cambridge University Press. 881 pp.
41. Radon, K., Danuser, B., Iversen, M., Monso, E., Weber, C., Hartung, J., Donham, K.J., Palmgren, U., Nowak, D., (2002) Air contaminants in different European farming environments, *Ann. Agric. Environ.Med.* 9, 41-48.
  42. Redwine, J.S., Lacey R.E., Mukhtar S., Carey J.B. (2003) Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel ventilated broiler houses under summer conditions in Texas, *Transactions of the ASAE* Vol 45 (4), 1101-1109.
  43. Schnoor, J. L., Thorne, P. S., and Powers, W. (2002) *Fate and transport of air pollutants from cafos.pp. 86100 in iowa concentrated animal feeding operation air quality study*, Environmental Health Sciences Research Center, University of Iowa, Available on-line at <http://www.publichealth.uiowa.edu/ehsrc/CAFOstudy>.
  44. Snell, H.G.J., Speilt, F., Van dan Weghe, H.F.A. (2003) Ventilation rates and gaseous emissions from naturally ventilated dairy houses, *Biosystems Eng.* 86 (1) , 67-73.
  45. Snoeyink, V.L. and Jenkins D. (1980) *Water chemistry*, John Wiley and Sons, NY
  46. Sweeten, J.M., Jr.Parnell, C.B., Shaw, B.W. and Auvermann, B.W. (1998) Particle size distribution of cattle feedlot dust emission, *Trans.of the ASAE* 41 (5),1477-1481.
  47. Xue, S.K., Chen, S. and Hermanson, R.E. (1998) Measuring ammonia and hydrogen sulfide emitted from manure storage facilities, *Trans.of the ASAE* 41 (4), 1125-1130.
  48. Van Aardenne, J. A., Dentener, F. J., Klijn Goldewijk ,C. G. M., Lelieveld J., and Olivier, J. G. J.. (2001) A 1° resolution dataset of historical anthropogenic trace gas emissions for the period 1890-1990, *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 909.
  49. Watson, R.T., Meiro Filho, L.C., Sanhueza, E. and Janetos, A.(1992). Sources and sinks, In: climate change 1992, *The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
  50. Wheeler, E.F., Zajackowski, J.S., Topper, P.A, Gates, R.S., Xin, H., Casey, K.D., Liang, Y., (2003) Ammonia emissions from broiler houses in Pennsylvania during cold weather. *International Symposium on Gaseous and Odour Emissions From Animal Production Facilities*. 1-4 June 2003, Horsens, Denmark.
  51. Zhang, G, Strøm, J.S., Li B., Rom, H.B., Morsing, S., Dahl, P., Wang, C., (2005) Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle Buildings, *Biosystems Engineering*, 92 (3), 355-364.
  52. Zhang, Q, Zhou, X. J., Cicek, N., Tenuta, M. (2007) Measurement of odour and greenhouse gas emissions in two swine farrowing operations, *Canadian Biosys.Eng.*, 49, 13-20.
  53. Zhao, L.Y., Brugger, M.F., Manuzan, R.B. Arnold, G., Imerman, E. (2007) Variations in air quality of new ohio dairy facilities with natural ventilation systems. *Appl. Engineering in Agriculture*, 23 (3), 339-346.

Makale 28.01.2009 tarihinde alınmış, 27.07.2009 ve 21.10.2009 tarihlerinde düzeltilmiş, 23.10.2009 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: İ. Kılıç (ikilic@uludag.edu.tr).