

HAYVAN BARINAKLARINDA HAVA KİRLETİCİLERİNİN  
KARAKTERİZASYONU  
**İLKER KILIÇ**



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAYVAN BARINAKLARINDA HAVA KİRLİTİCİLERİNİN  
KARAKTERİZASYONU

**İlker KILIÇ**

Prof. Dr. İsmet ARICI  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2011

**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ ONAYI

İlker KILIÇ tarafından hazırlanan “Hayvan Barınaklarında Hava Kirleticilerinin Karakterizasyonu” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda (Tarımsal Yapılar ve Sulama) **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof.Dr. İsmet ARICI

**Başkan:** Prof.Dr. İsmet ARICI  
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye:** Prof. Dr. Abdulvahap YAĞANOĞLU  
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

**Üye:** Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR  
Uludağ Üniversitesi Müh.- Mim. Fakültesi  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye:** Doç.Dr. Ercan ŞİMŞEK  
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye:** Doç.Dr. Erkan YASLIOĞLU  
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**  
**Prof. Dr. Kadri ARSLAN**  
**Enstitü Müdürü**  
.././.....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
  - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

**25/11/2011**  
**İlker KILIÇ**

## ÖZET

Doktora Tezi

### HAYVAN BARINAKLARINDA HAVA KİRLETİCİLERİNİN KARAKTERİZASYONU

**İlker KILIÇ**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. İsmet ARICI

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde bulunan broyler ve yumurta tavuğu kümesleri ile süt sığırları barınaklarının iç ortamında, gaz ve partiküler madde konsantrasyonlarının belirlenmesi, barınaktan atmosfere olan salımların ortaya konması ve bu salımların tahminlenmesini sağlayacak Bursa bölgesine özgü salım modellerin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, her hayvan türünden seçilen 3 adet barınakta, kış ve yaz dönemlerinde bir yıl süreyle 4 gün boyunca 24 saatlik sürekli ölçümler yapılmıştır. İncelenen hayvan barınaklarında, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve partiküler madde gibi kirleticilerin konsantrasyonları ile sıcaklık, bağıl nem ve havalandırma oranı gibi iç ortam çevre koşulları belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak, hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımları hesaplanmıştır. Kış dönemi çalışmaları Aralık 2008-Mart 2009 tarihlerinde, yaz dönemi çalışmaları ise Haziran-Eylül 2009 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çalışmada ayrıca iç ortam çevre koşulları ile kirletici konsantrasyonu ve salımı arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmış, bölge için uygulanabilecek regresyon eşitlikleri ile salım faktörleri belirlenmiştir.

Çalışmada, ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları broyler kümeslerinde sırasıyla, 19,59 ppm, 20,33 ppb, 9,05 ppm, 1,726 ppm ve 0,91 mg/m<sup>3</sup>, yumurta tavuğu kümeslerinde sırasıyla, 5,93 ppm, 14,05 ppb, eser miktar, 790 ppm ve 0,18 mg/m<sup>3</sup>, süt sığırları ahırlarında sırasıyla 1,52 ppm, 53,87 ppb, 28,63 ppm, 328 ppm, 0,04 mg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. İncelenen barınaklarda kirletici konsantrasyonları hayvan türüne, mevsimlere ve gün durumuna göre önemli farklılıklar göstermiştir (P<0.01 ve P>0.05). Belirlenen konsantrasyon değerleri, hayvan sağlığı açısından barınakta izin verilebilecek maksimum konsantrasyonların altında gerçekleşmiştir. İncelenen hayvancılık işletmelerinde elde edilen NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve PM konsantrasyonları OSHA, NIOSH ve ACGIH gibi kuruluşların hayvan barınaklarında çalışan işçi sağlığı için önerdiği sınır değerlerinin altında yer almaktadır.

İncelenen barınaklardan kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salım değerleri, broyler kümesleri için 630 g/h, 2,10 g/h, 9,22 g/h, 141 kg/h ve 7,6 g/h, yumurta tavuğu kümesleri için 58 g/h, 0,67 g/h, eser miktarda, 24 kg/h ve 4,9 g/h ve süt sığırları için 44 g/h, 3,7 g/h, 634 g/h, 28 kg/h, 1,26 g/h olarak belirlenmiştir. Kirletici salımları hayvan türüne, mevsimlere ve gün durumuna göre önemli farklılıklar göstermiştir (P<0.01 ve P>0.05). Çalışmada NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, PM için elde edilen salım oranları, gerek

ABD, EPA tarafından gerekse AB tarafından belirlenen izin verilebilir maksimum salım oranlarına uygun bir seyir izlemiştir. Ancak hayvan sayısı ve birim alanda barındırılan hayvan sayısının yüksek olduğu işletmelerde gaz ve PM kirleticisi salımları ABD ve AB'deki büyük işletmelerden elde edilen sonuçlara paralel değerlerin elde edilmesi beklenebilir.

Barınak iç ortam koşulları ile kirleticisi konsantrasyonu ve salımları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, broyler kümeslerinde H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve PM , yumurta tavuğu kümeslerinde H<sub>2</sub>S ve PM, süt sığırları ahırlarında CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonu ve salımları için, istatistiksel olarak önemli düzeyde bulunmuştur (P<0.01, P<0.05).

Çalışma sonuçları ışığında, hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticisi gaz ve PM salımları için Bursa bölgesine özgü salım faktörleri oluşturulmuştur. Buna göre, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM, broyler kümesleri için sırasıyla 0,68 g/gün.tavuk, 0,96 mg/gün.tavuk, 0,62 mg/gün.tavuk, 331 g/gün.tavuk ve 16 mg/gün.tavuk, yumurta tavuğu kümeslerinde 0,20 g/gün.tavuk, 1,4 mg/gün.tavuk, 72 g/gün.tavuk, 11 mg/gün.tavuk, süt sığırları ahırlarında ise 0,09 g/gün.BHB, 0,007 mg/gün.BHB, 1,3 g/gün.BHB, 60 g/gün.BHB ve 2,6 mg/gün.BHB olarak belirlenmiştir. Bu faktörlerin ışığında Bursa bölgesinde faaliyet gösteren hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımlarını barınak iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile havalandırma miktarı ve hava hızına bağıl olarak tahminlemek mümkün olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Amonyak, hayvan barınakları, hidrojen sülfür, karbondioksit, kirleticisi konsantrasyonları, kirleticisi salımları, metan, partiküller madde

**2011, xiii + 202 sayfa.**

## ABSTRACT

PhD Thesis

### CHARACTERIZATION OF AIR POLLUTANTS IN ANIMAL BARNS

**Ilker KILIC**

Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystem Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Ismet ARICI

The determination of gas and particulate matter concentrations and emissions in broiler and layer houses and dairy barns located in Bursa region and development of emission models for Bursa region was aimed in this study. In order to measure air pollutant emissions from these barns, three broiler and layer houses and dairy barns were selected. The measurements of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and particulate matter concentrations and indoor environmental conditions such as temperature, relative humidity and airflow were conducted 24 h continuously for four days throughout a winter and summer seasons. The air pollutant emissions from these barns were calculated using pollutant concentration and airflow data. Summer period of study was conducted between June and September 2009, while winter measurements were conducted between December 2008 and March 2009. In this study, relationship between indoor environmental conditions and pollutant concentrations and emissions were also tried to reveal and regressions equations and emission factors were obtained for the Bursa region.

The average daily means of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and PM concentrations were measured as 19,59 ppm, 20,33 ppb, 9,05 ppm, 1,726 ppm and 0,91 mg/m<sup>3</sup> for broiler houses, 5,93 ppm, 14,05 ppb, trace amounts, 790 ppm and 0,18 mg/m<sup>3</sup> for layer houses and 1,52 ppm, 53,87 ppb, 28,63 ppm, 328 ppm and 0,04 mg/m<sup>3</sup> for dairy barns. The pollutants concentrations in these barns were varied significantly based on animal species, seasons and day time (P<0.01, P<0.05). For animal health, obtained concentrations of pollutants were lower than permissible concentrations of same pollutants in barn. The NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S and PM concentrations for all animal barns were lower than the limit concentrations which were recommended by OSHA, NIOSH and ACGIH for worker health.

The average hourly means of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and PM emissions were 630 g/h, 2,10 g/h, 9,22 g/h, 141 kg/h and 7,6 g/h for broiler houses, 58 g/h, 0,67 g/h, trace amounts, 24 kg/h and 4,9 g/h for layer houses and 44 g/h, 3,7 g/h, 634 g/h, 28 kg/h and 1,26 g/h for dairy barns, respectively. The pollutant emissions from barns showed considerable seasonal, diurnal variations and also the differences among emissions from animal species were significant (P<0.01 and P>0.05). The NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, PM emission rates for all sites were lower than US EPA and EU standards. The gas and PM emissions from barns which have high capacity and density may be expected in parallel with emissions rates obtained from barns in USA and EU.

It was determined that indoor environmental conditions affected significantly concentrations and emissions of H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve PM for broiler houses, H<sub>2</sub>S and PM for layer houses and CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and PM for dairy barns (P<0.01, P<0.05).

The emission factors of NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and PM for the Bursa region were determined as 0,68 g/ d.hen, 0,96 mg/ d.hen, 0,62 mg/d.hen, 331 g/ d.hen and 16 mg/ d.hen, respectively for broiler houses, 0,20 g/ d.hen, 1,4 mg/ d.hen, 72 g/ d.hen and 11 mg/ d.hen, respectively for layer houses and 0,09 g/d.AU, 0,007 mg/ d.AU, 1,3 g/ d.AU, 60 g/ d.AU and 2,6 mg/ d.AU for dairy barns, respectively. In light of these factors, it can be possible to estimate that NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and PM emissions from animal barns in Bursa region based on indoor temperature, relative humidity values, ventilation rate and air speed.

**Keywords:** Ammonia, animal barns, hydrogen sulphide, carbon dioxide, pollutant concentrations, pollutant emissions, methane, particulate matter

**2011, xiii + 202 pages**



## TEŞEKKÜR

Bu doktora tez çalışmasının gerçekleştirilmesi sırasında, bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman destek olan, yol gösteren ve anlayışla yaklaşan danışman hocam Prof.Dr. İsmet ARICI'ya,

Tez izlemelerimde beni ilgiyle dinleyen, bilgi ve tecrübelerini aktaran, her türlü sorunumda danıştığım ve çok büyük desteklerini gördüğüm sevgili hocalarım Prof.Dr. Yücel TAŞDEMİR'e, Doç.Dr. Ercan ŞİMŞEK'e ve Doç.Dr. Erkan YASLIOĞLU'na

Her konuda desteğini gördüğüm, tecrübeleriyle bana yol gösteren bölüm başkanım Prof.Dr. Ali Osman DEMİR'e,

Tez çalışmama maddi destek sağlayan Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı'na,

Tez çalışmalarımın bir kısmını yurtdışında tamamlamama olanak sağlayan ve doktora araştırma bursundan yararlandığım Yükseköğretim Kurulu'na,

Yurtdışındaki çalışmalarımı tamamlayabilmem için beni kabul eden ve bölüm imkanlarını sunan Purdue Üniversitesi Tarım ve Biyoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr. Albert HEBER'e,

Benim her zaman yanımda olan, bugünlere gelmemde çok büyük katkıları bulunan, maddi ve manevi açıdan destek veren değerli aileme,

Çalışmam boyunca zorluklarla karşılaştığımda desteğini esirgemeyerek hep yanımda olan ve beni teşvik eden sevgili eşim Melike YALILI KILIÇ'a, en derin duygularıyla teşekkür ederim.

İlker KILIÇ  
25/11/2011

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Hayvan Barınakları İç Ortamında Bulunan Hava Kirleticiler	4
2.1.1. Gazlar	5
2.1.1.1. Amonyak	5
2.1.1.2. Hidrojen Sülfür	19
2.1.1.3. Metan	24
2.1.1.4. Karbondioksit	33
2.1.2. Partiküler Madde	37
2.2. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerin Etkileri	46
2.2.1. Çevresel etkiler	46
2.2.2. Hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkiler	50
2.3. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Salımları Önleme Stratejileri	55
2.3.1. Genel tasarım ve işletim stratejileri	56
2.3.2. Yem rasyonu	59
2.3.3. Doğal ve yapay rüzgâr kıranlar	63
2.3.4. Biyofiltreler	66
2.3.5. Su ve bitkisel sıvı yağ püskürtme	69
2.3.6. Yıkama duvarları ve ıslak gaz temizleyiciler	71
2.3.7. Kimyasal katkı maddeleri	73
2.3.8. Ozonlama	76
2.4. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Salımlara İlişkin Yasal Düzenlemeler	77
2.4.1. ABD'deki yasal düzenlemeler	79
2.4.2. Avrupa'daki Yasal Düzenlemeler	83
3. MATERYAL ve YÖNTEM	85
3.1. Materyal	85
3.1.1. Araştırma alanı	85
3.1.2. İncelenen hayvan barınakları	85
3.2. Yöntem	87
3.2.1. İklimsel çevre koşullarının belirlenmesi	88
3.2.2. Havalandırma miktarının belirlenmesi	89
3.2.3. Hava kirleticilerin konsantrasyon değerlerinin ölçülmesi	89
3.2.4. Hava kirleticileri için salım miktarlarının hesaplanması	92
3.2.5. Bursa bölgesine özgü salım modellerinin geliştirilmesi	92
3.2.6. Bursa bölgesine yönelik salım faktörlerinin belirlenmesi	92
3.2.7. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi	93
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	94
4.1. İncelenen Hayvan Barınaklarının Yapısal Özellikleri	94

4.2. İncelenen Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre Koşulları	97
4.2.1. Kış dönemi ölçümleri	97
4.2.2. Yaz dönemi ölçümleri	103
4.3. Hayvan Barınakları İç Ortamında Ölçülen Konsantrasyonlar	108
4.3.1. Broyler Kümesleri	108
4.3.2. Yumurta Tavuğu Kümesleri	111
4.3.3. Süt Sığırı Ahırları	115
4.4. İncelenen Hayvan Barınaklarından Oluşan Salımlar	119
4.4.1. Broyler Kümesleri	119
4.4.2. Yumurta Tavuğu Kümesleri	124
4.4.3. Süt Sığırı Ahırları	128
4.5. Hayvan Barınaklarında Kirletici Konsantrasyonları ve Salımların Değişimleri	133
4.5.1. Hayvan türüne göre değişimler	133
4.5.2. Gün durumuna göre değişimler	136
4.5.3. Mevsimsel değişimler	145
4.6. Barınak İç Ortam Çevre Koşulları ve Kirletici Konsantrasyonu ile Salımlar Arasındaki İlişkiler	150
4.7. Bursa bölgesine özgü salım modelleri	155
4.8. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Kirleticiler için Bursa Yöresine Uygun Salım Faktörleri	156
5. SONUÇ	159
KAYNAKLAR	164
EKLER	181
ÖZGEÇMİŞ	200

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	Alüm
$\text{AlCl}_3$	Alüminyum klorid
$\text{C}_2\text{H}_4\text{S}$	Metil merkaptan
$\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$	Dimetil disülfit
$\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}_3$	Dimetil sülfid
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{SO}_3$	Dietil sülfid
$\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3\text{N}_4$	Ürik Asit
$\text{CH}_3$	Metil
$\text{CH}_4$	Metan
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Üre
$\text{CO}_2$	Karbondioksit
$\text{CS}_2$	Karbonil sülfid
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Demir sülfat
g	Gram
h	Saat
$\text{H}^+$	Hidrojen
$\text{H}_2\text{O}$	Su
$\text{H}_2\text{S}$	Hidrojen Sülfür
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Sülfirik asit
$\text{HNO}_3$	Nitrik asit
kg	Kilogram
kt	Kiloton
$\text{m}^2$	Metrekare
$\text{m}^3$	Metreküp
mg	Miligram
$\text{NaH}_2\text{SO}_4$	Sodyum bisülfat
$\text{NH}_3$	Amonyak
$\text{NH}_4^+$	Amonyum
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	Amonyum nitrat
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Amonyum sülfat
$\text{N}_2\text{O}$	Diazot oksit
$\text{NO}_2$	Azot dioksit
$\text{NO}_x$	Azot oksitler
$\text{O}_2$	Oksijen
$\text{O}_3$	Ozon
OH	Hidroksil radikali
PM	Partiküler madde
ppb	Milyarda bir parça
ppm	Milyonda bir parça
$\text{SF}_6$	Kükürt hekzaflorid
$\text{SO}_x$	Kükürt oksitler
$\mu$	Mikron
$\mu\text{g}$	Mikrogram
%	Yüzde

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AB	Avrupa Birliği
FTIR	Fourier Transform Infrared
TEOM	Tapered Element Oscillating Microbalance
NOAEL	Zararlı etki yaratmayan seviye
LOAEL	Küçük zararlı etkiler seviyesi
FEV	Zorlamalı ekspiratuar hacim
PM	Pratiküler madde
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation and
Liability Act	
ERCLA	Emergency Planning and Community Right-to-know Act
CAA	Clean air act
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
USDA	United States Department of Agriculture
TSP	Toplam askıdaki partiküler madde
IA	Iowa
PA	Pennsylvania
KY	Kentucky
BHB	Büyükbaş hayvan birimi
USEPA	United States Environmental Protection Agency

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 2.1.</b> Gübreden kaynaklanan metan gazının oluşum mekanizması	27
<b>Şekil 2.2.</b> Solunum sistemi organlarında PM birikimi	54
<b>Şekil 2.3.</b> Hayvan barınaklarında doğal rüzgâr kıranlar	64
<b>Şekil 2.4.</b> Hayvan barınaklarında yapay rüzgâr kıranlar	64
<b>Şekil 2.5.</b> Hayvan barınaklarında kullanılan örnek bir biyofiltre	68
<b>Şekil 2.6.</b> Mekanik havalandırılmalı bir barınağa uygulanmış ıslak temizleyici	72
<b>Şekil 3.1.</b> Çok fonksiyonlu sıcaklık-nem ölçer ve sıcak telli prob	88
<b>Şekil 3.2.</b> Kümes içine yerleştirilmiş çok fonksiyonlu sıcaklık-nem ölçerin genel görünüşü	88
<b>Şekil 3.3.</b> Çalışmada kullanılan çoklu gaz ölçer cihazı	90
<b>Şekil 3.4.</b> Kümes içine yerleştirilmiş çoklu gaz ölçerin genel görünüşü	90
<b>Şekil 3.5.</b> Çalışmada kullanılan partiküler madde ölçer	91
<b>Şekil 3.6.</b> Kümes içerisine yerleştirilmiş partiküler madde ölçerin genel görünüşü	91
<b>Şekil 4.1.</b> İncelenen broyler kümeslerinde kirletici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi	122
<b>Şekil 4.2.</b> İncelenen yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi	127
<b>Şekil 4.3.</b> İncelenen süt sığırı ahırlarında kirletici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi	131
<b>Şekil 4.4.</b> Broyler kümeslerinde çalışma süresince elde edilen kirletici değerlerinin gün içerisindeki değişimi	142
<b>Şekil 4.5.</b> Yumurta tavuğu kümeslerinde çalışma süresince elde edilen kirletici değerlerinin gün içerisindeki değişimi	143
<b>Şekil 4.6.</b> Süt sığırı ahırlarında çalışma süresince elde edilen kirletici değerlerinin gün içerisindeki değişimi	144
<b>Şekil 4.7.</b> Broyler kümeslerinde kirletici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri	152
<b>Şekil 4.8.</b> Yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri	153
<b>Şekil 4.9.</b> Süt sığırı ahırlarında kirletici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri	154

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
<b>Çizelge 2.1.</b> Yetiştiricilik türüne göre hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan kirleticiler	5
<b>Çizelge 2.2.</b> Farklı yetiştirme sistemli hayvan barınaklarından kaynaklanan amonyak salım miktarları	10
<b>Çizelge 2.3.</b> ABD’de bulunan bazı yumurta ve broyler kümeslerinden kaynaklanan NH <sub>3</sub> salımları	11
<b>Çizelge 2.4.</b> Serbest duraklı süt sığırı yetiştiriciliğinde farklı taban ve gübre işletim sisteminden kaynaklanan NH <sub>3</sub> salımları	12
<b>Çizelge 2.5.</b> Redwine ve ark.(2002)’nin broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar	13
<b>Çizelge 2.6.</b> Casey ve ark (2004)’nin broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar	14
<b>Çizelge 2.7.</b> Liang ve ark. (2005), tarafından yumurta tavuğu kümesleri için hesaplanan NH <sub>3</sub> salım oranları	15
<b>Çizelge 2.8.</b> Liang ve ark. (2005)’de verilen yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan NH <sub>3</sub> salımlarına ilişkin ABD ve Avrupa karşılaştırması	16
<b>Çizelge 2.9.</b> Wheeler ve ark.(2006)’nin broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar ve Avrupa ile karşılaştırılması	17
<b>Çizelge 2.10.</b> Amon ve ark. (2001)’nin bağlı duraklı süt sığırı ahır için elde ettiği sonuçlar	18
<b>Çizelge 2.11.</b> Wood ve ark. (2001)’nin belirledikleri H <sub>2</sub> S salım oranları	21
<b>Çizelge 2.12.</b> Li ve ark. (2008)’nin broyler kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar	23
<b>Çizelge 2.13.</b> Lin ve ark. (2010a)’nin yumurta tavuğu kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar	24
<b>Çizelge 2.14.</b> Bağlı duraklı süt sığırı işletmesinden kaynaklanan CH <sub>4</sub> salımı	29
<b>Çizelge 2.15.</b> Serbest açık süt sığırı yetiştiriciliğinde farklı taban ve gübre işletim sisteminden kaynaklanan CH <sub>4</sub> salımları	30
<b>Çizelge 2.16.</b> İki farklı gübre temizleme sistemli yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan CH <sub>4</sub> salımları	32
<b>Çizelge 2.17.</b> Serbest açık bir süt sığırı işletmesinde elde edilen CH <sub>4</sub> konsantrasyon ve salım miktarları	33
<b>Çizelge 2.18.</b> Lin ve ark. (2010b)’nin broyler kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar	33
<b>Çizelge 2.19.</b> Izgara tabanlı bir süt sığırı ahırında CO <sub>2</sub> konsantrasyonu ve salımı	35
<b>Çizelge 2.20.</b> Süt sığırı barınaklarından ve gübre depolarından kaynaklanan CO <sub>2</sub> salımları	37
<b>Çizelge 2.21.</b> Broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM salımı	41
<b>Çizelge 2.22.</b> İngiltere, Hollanda, Danimarka ve Almanya’da yapılan ölçümlere göre PM salımları	42
<b>Çizelge 2.23.</b> Broyler kümeslerinden gerçekleşen PM salımları	43
<b>Çizelge 2.24.</b> Süt sığırı barınağı ve sağım ünitesinde PM10 ve PM2.5 konsantrasyonları	44

<b>Çizelge 2.25.</b> KÜMESLERDE PM SALIMLARININ MEVSİMLERE GÖRE DEĞİŞİMİ	45
<b>Çizelge 2.26.</b> KÜMESLERDE PM KAYNAKLARI VE KATKI ORANLARI	45
<b>Çizelge 2.27.</b> FARKLI NH <sub>3</sub> KONSANTRASYONLARININ ETKİLERİ	51
<b>Çizelge 2.28.</b> FARKLI H <sub>2</sub> S KONSANTRASYONLARININ ÇALIŞAN VE HAYVAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ	53
<b>Çizelge 2.29.</b> SÜT SIĞIRI YEMLERİNDE HAM PROTEİN İÇERİĞİ VE NH <sub>3</sub> SALIMI	60
<b>Çizelge 2.30.</b> FARKLI YEM RASYONLARININ UYGULANDIĞI YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDE KAYNAKLANAN KİRLETİCİ SALIMLARI VE KONSANTRASYONLARI	61
<b>Çizelge 2.31.</b> FARKLI YEM RASYONLARINDAN KAYNAKLANAN NH <sub>3</sub> KONSANTRASYONU VE KİRLETİCİ BİLEŞİKLER	62
<b>Çizelge 2.32.</b> RÜZGÂR KIRANLI VE RÜZGÂR KIRAN OLMAYAN KOŞULLARDA KÜMES ÇEVRESİNDEKİ NH <sub>3</sub> VE PM KONSANTRASYONLARI	66
<b>Çizelge 2.33.</b> KÜMES VE BİYOFİLTREDE KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI VE GİDERİM ORANI	69
<b>Çizelge 2.34.</b> HAVA KALİTESİ DEĞERLENDİRME VE YÖNETİMİ YÖNETMELİĞİNDE VERİLEN PM <sub>10</sub> SINIR DEĞERLERİ	78
<b>Çizelge 2.35.</b> ABD’DEKİ YÖNETMELİKLERDE ÇEŞİTLİ KİRLETİCİLER İÇİN İSTENİLEN SINIR DEĞERLER	82
<b>Çizelge 2.36.</b> ABD’DEKİ YÖNETMELİKLERDE ÇALIŞANLARIN SAĞLIĞI İLE İLGİLİ SINIR DEĞERLER	82
<b>Çizelge 3.1.</b> BURSA BÖLGESİ 2007 YILI HAYVAN VARLIĞI	86
<b>Çizelge 4.1.</b> ÇALIŞMADA İNCELENEN HAYVAN BARNAKLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ	94
<b>Çizelge 4.2.</b> ÇALIŞMADA İNCELENEN HAYVAN BARNAKLARININ BOYUTSAL ÖZELLİKLERİ	96
<b>Çizelge 4.3.</b> KIŞ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDE ÖLÇÜLEN İKLİMSSEL PARAMETRELER	98
<b>Çizelge 4.4.</b> KIŞ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDE ÖLÇÜLEN İKLİMSSEL PARAMETRELER	100
<b>Çizelge 4.5.</b> KIŞ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDA ÖLÇÜLEN İKLİMSSEL PARAMETRELER	102
<b>Çizelge 4.6.</b> YAZ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDE ÖLÇÜLEN İKLİMSSEL PARAMETRELER	104
<b>Çizelge 4.7.</b> YAZ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDEKİ İKLİMSSEL PARAMETRELER	105
<b>Çizelge 4.8.</b> YAZ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDA ÖLÇÜLEN İKLİMSSEL PARAMETRELER	107
<b>Çizelge 4.9.</b> KIŞ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDE KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	109
<b>Çizelge 4.10.</b> YAZ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDE KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	110
<b>Çizelge 4.11.</b> KIŞ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDE KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	112
<b>Çizelge 4.12.</b> YAZ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDE KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	113
<b>Çizelge 4.13.</b> KIŞ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDA KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	117
<b>Çizelge 4.14.</b> YAZ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDA KİRLETİCİ KONSANTRASYONLARI	118
<b>Çizelge 4.15.</b> KIŞ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDEN KAYNAKLANAN SALIMLAR	120
<b>Çizelge 4.16.</b> YAZ DÖNEMİNDE BROYLER KÜMESLERİNDEN KAYNAKLANAN SALIMLAR	121
<b>Çizelge 4.17.</b> KIŞ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDEN KAYNAKLANAN SALIMLAR	125
<b>Çizelge 4.18.</b> YAZ DÖNEMİNDE YUMURTA TAVUĞU KÜMESLERİNDEN KAYNAKLANAN SALIMLAR	126
<b>Çizelge 4.19.</b> KIŞ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDAN OLAN SALIMLAR	129
<b>Çizelge 4.20.</b> YAZ DÖNEMİNDE SÜT SIĞIRI AHIRLARINDAN OLAN SALIMLAR	130



<b>Çizelge 4.21.</b> Hayvan barınaklarına göre konsantrasyonların değişimi ve farklılıkların önemlilikleri	134
<b>Çizelge 4.22.</b> Hayvan barınaklarına göre salımların değişimi ve farklılıkların önemlilikleri	135
<b>Çizelge 4.23.</b> Çalışmada elde edilen kirletici konsantrasyonlarının gece-gündüz farklılıkları	138
<b>Çizelge 4.24.</b> Çalışmada süresince ölçülen konsantrasyonların gündüz ve gece arasındaki farklılıkları	139
<b>Çizelge 4.25.</b> Barınaklardan kaynaklanan salımların gündüz - gece farklılıkları	141
<b>Çizelge 4.26.</b> Çalışma süresince belirlenen kirletici salımların gündüz ve gece farklılıkları	145
<b>Çizelge 4.27.</b> Kirletici konsantrasyonlarının kış ve yaz mevsimine göre değişimi	146
<b>Çizelge 4.28.</b> Kış ve Yaz mevsimi için konsantrasyonlar arasındaki yüzde değişimleri	147
<b>Çizelge 4.29.</b> Kirletici salımlarının kış ve yaz mevsimlerine göre değişimi	148
<b>Çizelge 4.30.</b> Kış ve yaz mevsimi için salımlar arasındaki yüzde değişimler	150
<b>Çizelge 4.31.</b> İç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile kirletici konsantrasyon ve salımı için yapılan regresyon analizi sonuçları	155
<b>Çizelge 4.32.</b> Bursa Bölgesine özgü salım modelleri	156
<b>Çizelge 4.33.</b> Bursa Bölgesi için hayvan barınaklarından kaynaklanan birim hayvan başına kirletici salım faktörleri	157
<b>Çizelge 4.34.</b> Çalışmada incelenen hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticilerin yıllık salım miktarları	158

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 6,1 milyardan 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu artışa paralel olarak tarımsal ürünlere olan talep de artacaktır. Artan nüfusun gıda talebinin karşılanabilmesi için bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılan üretim yöntemlerinde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan hayvansal protein tüketimi ve hayvancılık sektöründe ortaya çıkan gelişmelerle birlikte, hayvansal üretim işletmeleri küçük aile işletmeleri şeklindeki ekstansif üretimden, birim alanda daha fazla hayvanın barındırıldığı ya da büyük kapasiteli işletmeler şeklindeki entansif üretim sistemine geçiş yapmaktadır. Üretim sistemlerindeki bu değişim ülkelerdeki hayvansal üretim faaliyetlerini bir endüstri haline getirmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), 1997 yılı tarım sayımlarına göre 1 000 baş kapasiteli besi sığırları işletmelerinin %2'si pazarda satılan toplam kırmızı etin %80'ini ve benzer şekilde toplam broyler işletmelerinin %11'i, beyaz etin %50'sini üretmektedir. Büyük ve endüstrileşmiş işletmelerin ortaya çıkardığı atık havanın hem miktarı hem de çevreye olan etkileri oldukça büyüktür.

Son yıllarda, tarımsal alanların gelişmesi için artan baskılar ve gıda üretimindeki artışlar nedeniyle, hayvansal ve bitkisel üretimden kaynaklanan salımlar ABD ve Avrupa için ekonomik ve politik açıdan önemli bir sorun haline gelmiştir. Gelişmiş ülkelerde, hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan salımların çevre ve sağlık üzerine etkileri ile ilgili olarak çevreye duyarlı insanların ve sivil toplum örgütlerinin tepkisi giderek artmaktadır. Sivil toplum örgütleri, ticari anlamda üretim yapan tesislerin yanında geleneksel tarım uygulamalarına da önem verilmesini istemektedir. Büyük kapasiteli hayvansal işletmelerin sayısının artması, coğrafi olarak bazı bölgelerde yoğunlaşması ve yaydıkları kirleticilerin büyük bir sorun haline gelmesi, ABD'nin ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin hayvansal işletmelerden kaynaklanan zararlı salımlara yönelmesine neden olmuştur.

Ancak, gerek ABD'de gerekse AB ülkelerinde hayvansal işletmelerden yayılan kirleticilerle ilgili olarak elde edilen veri yeterli değildir. Bu nedenle mevcut veri hayvansal

işletmelerden kaynaklanan salımlar üzerine bir politika geliştirme için yetersizdir. Buna karşın ülkemizin ve AB ülkelerinin imzaladığı Kyoto Protokolü gibi uluslararası çevre anlaşmaları salımları kısıtlamaları için ülkelere baskı oluşturmaktadır. Hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticiler, geniş bir alanda çevrenin kirliliğine neden olabilmektedir. Bölgesel ve yerel hava kalitesi üzerine sanayinin etkisini görebilmek için, hayvansal işletmelerden kaynaklanan kirleticilerle ilgili doğru bir salım oranının belirlenmesine gereksinim vardır. Hayvan barınaklarından kaynaklanan salımların belirlenmesi konusundaki veri açığını kapatmak amacıyla, hem ABD’de hem de AB ülkelerinde bilimsel çalışmalara aktarılan destekler arttırılmıştır (Heber ve ark., 2005).

Hayvan barınaklarından salınan önemli kirleticiler, partiküler madde (PM), amonyak ( $\text{NH}_3$ ), hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ve uçucu organik bileşikleri (VOC) içermektedir. Bu gazlar ile partiküler madde konsantrasyonu çevreye olduğu kadar, insan ve hayvan sağlığı üzerine de olumsuz etkilere sahiptir. Hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici gazlar ve PM’ler hayvanlarda ve çalışanlarda solunum yolu hastalıkları ve ölüm oranının artmasına neden olabilir (Maghirang ve Manbeck 1993).

Ülkemizde hayvan barınaklarından kaynaklanan salımlar üzerine yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. AB’ne girme sürecinde olan ülkemizin, hayvansal işletmelerden kaynaklanan salımları belirlemesi ve güvenilir salım oranları ortaya koyması büyük bir gereksinimdir. Kyoto Protokolü gereği, ülkemizde hayvan barınaklarından kaynaklanan salımlara ilişkin yasal düzenlemeler yapılarak hayvancılık işletmelerinin denetim altına alınması ve salım miktarlarının azaltılması ya da kontrol altına alınması zorunluluğu vardır.

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı alanlarda faaliyet gösteren broyler, süt sığırı ve yumurta tavuğu işletmelerinde bir yıl süreyle kış ve yaz mevsimlerinde yapılan 24 saatlik sürekli ölçümlerle hayvan barınaklarında  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  ve PM gibi kirleticilerin konsantrasyonları ile sıcaklık, bağıl nem ve havalandırma oranı gibi iklimsel çevre koşulları belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak, hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımlarının ortaya konması, bölge koşullarına uygun salım faktörleri ile modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma 5 ana başlık altında toplanmıştır;

Giriş bölümünde, hayvansal işletmelerin nasıl modernleştiği ve nasıl birer sanayi tesisine dönüştüğü, çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri ve dünyadaki genel durum kısa bir biçimde özetlenmiştir. Kaynak araştırması bölümünde, konuya ilişkin yerli ve yabancı kaynak verilmiştir. Üçüncü bölümde araştırma materyali ve araştırmanın yürütülmesinde kullanılan yöntem açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, araştırma sonucu elde edilen bulgular önceki çalışmalara dayandırılarak tartışılmıştır. Beşinci bölümde, incelenen hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımlarına yönelik çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Hayvan Barınakları İç Ortamında Bulunan Hava Kirleticiler

Hayvan barınaklarından kaynaklanan başlıca hava kirleticiler, gaz, PM ve VOC'dir. Gaz ve PM, barınak içindeki çeşitli kaynaklarda meydana gelen biyolojik, fiziksel ve kimyasal mekanizmalar sonucunda ortaya çıkar. Kirletici gazlar çoğunlukla hayvan metabolizması ile gübre ve idrarın parçalanması ve çürümesi ile oluşur. Buna karşın PM'ler ise, hayvanların vücudu, yem, kuru gübre ve yapı elemanlarında hayvanların fiziksel aktivitesi ile havalandırma sonucu açığa çıkar (Takai ve ark. 1998). Bu kirleticilerin türü ve havadaki konsantrasyonları, hayvanın türü, barınak ve taban planının tasarımı, yemleme ve su iletim sistemi, yemin çeşidi ve kompozisyonu, hayvan yaşı ve yerleşim sıklığı, gübre işletim sistemi ve çevre koşulları kontrol sistemlerine bağlı olarak değişir (Takai ve ark.1998, Gustaffson 1999, Guingand 1999, Banhazi ve Cargill 1999). Barınak içerisinde kirletici konsantrasyonları, havalandırma sistemi gibi çevresel kontrol sistemlerinin işletimi ile zararlı seviyelerin altında tutulur. Ayrıca bu çevresel kontrol sistemleri kirleticilerin barınak içerisinde barınağın bulunduğu çevreye doğru yayılmasına neden olurlar (Predicala 2003).

Farklı hayvancılık sektörlerinde, üretim amacına bağlı olarak barınaklar ve gübre işletim sistemleri birbirleriyle farklılık gösterebilir. Ortaya çıkan bu farklılıklardan dolayı, barınak içinde farklı mikrobiyal çevre oluşacak ve salımına neden olunan kirleticiler yetiştiricilik türüne göre değişkenlik gösterecektir. Çizelge 2.1'de farklı yetiştiricilik türündeki barınaklardan ortaya çıkabilecek kirleticiler verilmiştir (Anonim 2001a).

**Çizelge 2.1.** Yetiştiricilik türüne göre hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan kirleticiler

Hayvancılık Sektörü	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	PM	VOC
Et Tav.							
Yumurta Tav. (Kuru gübre işletimi)	✓				✓	✓	
Hindi Yetiştir.							
Yumurta Tav. (Sıvı gübre işletimi)	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Süt Sığırcılığı (Basınçlı su ile gübre temizliği)	✓		✓		✓	✓	✓
Süt Sığırcılığı (Küreyici sistem)	✓		✓		✓	✓	✓
Süt Sığırcılığı (Serbest Açık Sistem)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dana-Buzağı Ahırları	✓		✓		✓	✓	✓
Besi Sığırcılığı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

### 2.1.1. Gazlar

Gazlar, yem ve hayvan gübresindeki mikrobiyal ayrışımın bir ürünü olarak ya da barınak içerisindeki çalışanlardan kaynaklanmaktadır. Gübre, idrar, üre ve gübre ile karışmış durumda olan diğer materyallerin (altlık materyali, atık yem, atıksu) kombinasyonu hayvan barınaklarından olan salımların temel kaynaklarıdır. Gaz salımları açısından gübrenin katı veya sıvı oluşu ile depolanma biçimi önemlidir. Çünkü gaz bileşiklerinin gübreden ayrışımı ve oluşumu, dışkı vücuttan çıktıktan hemen sonra başlar ve gübre toprağa atılana kadar devam eder (Anonim 2001a, Anonim 2004). Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz salımları içerisinde amonyak, diazot oksit, hidrojen sülfür, metan ve karbondioksit önemli yer tutmaktadır (Anonim 2003).

#### 2.1.1.1. Amonyak

Amonyak (NH<sub>3</sub>) renksiz, havadan daha hafif, yüksek oranda suda çözünebilen bir gazdır. NH<sub>3</sub>, 5 ppm'lik konsantrasyon değerinde insanlar tarafından hissedilebilir. Keskin ve acı bir kokuya sahiptir. Atmosferdeki diğer kirleticilerden farklı olarak,

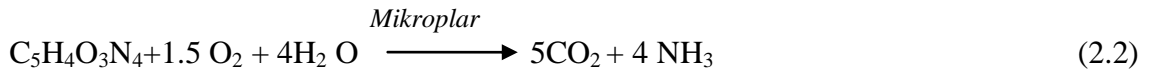
yüksek derecede reaktiftir ve atmosferde kalma süresi oldukça kısadır (Janzen ve ark. 1998). Atmosferde NH<sub>3</sub> gazı havanın durumuna bağlı olarak yaklaşık 14-36 saatlik bir ömre sahiptir (Finlayson-Pitts ve Pitts 2000, Ogunlaja 2009). Atmosferdeki diğer bileşiklerle reaksiyona girebilecek özelliktedir. Yaşadığımız çevrede NH<sub>3</sub>, atmosferdeki çeşitli reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan ikincil kirleticiler olarak veya diğer bileşiklerle bütünlüşmüş şekilde bulunur (Chetner ve Sasaki 2001).

Tarım, insan aktivitesinden kaynaklanan atmosferik amonyağın ana kaynağıdır (Janzen ve ark. 1998). Hayvansal üretim ise, tarım içerisinde NH<sub>3</sub> salımına neden olan başlıca kaynaktır (McGinn ve Janzen 1998). Küresel ölçekte, hayvan barınakları atmosfere, NH<sub>3</sub> formunda yılda yaklaşık 20 milyon ton azot yayarlar, bu miktar karasal sistemden kaynaklanan toplam NH<sub>3</sub> salımının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır (Galloway ve Cowling 2002). Van Aardenne ve ark. (2001), 1990'ların ortasında ABD'de, doğal ve insan kaynaklı azot salımının yılda yaklaşık 3 milyon ton olduğunu belirtmektedir. Hayvan gübresinden olan salımlar, bu değer için yaklaşık %50'sini (1,4 milyon tonN/yıl) oluşturmaktadır. ABD'de 1996 yılında gerçekleşen toplam NH<sub>3</sub> salımı 249 035 ton olarak belirlenmiş ve bunun %73'ünün hayvansal işletmelerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Harris ve ark. 2001). Howart ve ark. (2002) hayvan gübresinden olan NH<sub>3</sub> salımını 1,9 milyon ton/yıl olarak belirtmişlerdir. Avrupa'da yapılan çalışmalarda ise, yıllık toplam NH<sub>3</sub> salımının %80-95'inin tarımsal işletmelerden kaynaklandığı belirtilmektedir (Van der Hoek 1998). İngiltere'de tarımdan kaynaklanan salımlar üzerine yapılan bir envanter çalışmasında yıllık NH<sub>3</sub> salımı 197 kt NH<sub>3</sub>-N olarak tahmin edilmiştir (Pain ve ark. 1998, Misselbrook ve ark. 2000).

Hayvan barınaklarında amonyağın başlıca kaynakları, hayvan gübresi, idrar ve gübre karışımı ile hayvan metabolizmasıdır. Hayvanlar tükettikleri yemle birlikte bünyelerine belirli miktarda protein ve azot içeren bileşikler alırlar. Yem ile birlikte alınan besinsel azot, hayvanın bünyesinde, ürettiği üründe (et, süt veya yumurta), gübrede ve idrarda bir denge içerisinde depolanır (Tamminga 1992, Sommer ve Hutchings, 1997). Besinsel azotun hayvanın ürettiği ürüne dönüşümü veya üründe depolanması, çoğu zaman çok az seviyelerdedir ve besinsel azotun yaklaşık %50-80 arasındaki bir bölümü gübre ile dışarı atılır (Tamminga 1992). Üre, ürik asit ve sindirilememiş protein, gübre ve idrar

ile dışarı atılmış azotun esas kaynaklarıdır. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinde, süt sığırları tarafından dışarı atılan azotun %50-60'dan fazlası üründür ve üründeki azotun %70'i de üre azotudur (Bristow ve ark. 1992, Tamminga 1992, Aarnink ve ark. 1995). Tavuk yetiştiriciliğinde ise, tavuklar tarafından dışarı atılan toplam azotun %70'i ürik asittir (Koerkamp, 1994). Böylece yemdeki ham protein miktarında görülecek artışın, gübredeki azot içeriğinde ve sonuç olarak NH<sub>3</sub> salımında artışa neden olacağı söylenebilir (Frank ve Swensson 2002, Cole ve ark. 2005).

Üre hızlı bir şekilde hidrolize olarak amonyağı oluşturur ve gübre dışarı atıldıktan kısa bir süre sonra çevreye salım başlar (Groot Koerkampve ark., 1998, Oenema ve ark. 2001, Arogo ve ark. 2003). Üre (CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), Eşitlik 2.1'de gösterildiği gibi üreaz enzimi tarafından hidrolize edilir ve bu işlem sonucunda NH<sub>3</sub> açığa çıkar. Gübredeki amonyağın diğer önemli kaynağı, aerobik ortamda ürik asit (C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) ve sindirilememiş proteinin bakteriyal aktivite sonucu parçalanmasıdır (Eşitlik 2.2 ve 2.3) (Arogo ve ark. 2006). NH<sub>3</sub> oluşumuna neden olan hidroliz ve parçalanma olaylarında gerek üreaz enziminin gerekse bakterilerin aktivitesi, sıcaklık, pH ve nem içeriğine bağlı olarak değişir (Elzing and Monteny, 1997, Bussink and Oenema, 1998).



Gübre gibi sulu çözeltilerde NH<sub>3</sub>, çözeltinin pH'na bağlı olarak amonyum iyonları (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ve/veya iyonize olmayan (sıvı) NH<sub>3</sub> formunda bulunur (NH<sub>3(aq)</sub>) (Eşitlik 2.4). Gübredeki amonyağın bu iki formunun toplamına, toplam NH<sub>3</sub> azotu (TAN) adı verilir ve sadece iyonize olmayan NH<sub>3</sub> formu gaz haline dönüşebilir (Loehr 1974, Arogo ve ark. 2006). Bu dönüşümde, pH ve sıcaklık oldukça önemli etkilere sahiptir. pH ve sıcaklığın artmasıyla birlikte gübre içerisindeki iyonize olmayan NH<sub>3</sub> formu artacak ve böylelikle gaz haline dönüşebilecek NH<sub>3</sub> miktarı arttırılacaktır (Sommer ve ark. 1991, Olesen ve Sommer 1993). Gübre pH'nın 7'nin altında olduğu durumlarda, gübredeki



amonyum iyonları artacağından NH<sub>3</sub> gaz haline dönüşmeyecektir (Arogo ve ark. 2006). İdrar ile gübre karışımı pik noktaya ulaştığında, amonyağın gaz haline gelmesi için gerekli olan reaksiyon süresi 2-10 saat arasında değişir (Frank ve Swensson 2002, Cole ve ark. 2005).



Gübrenin barınak iç ortamında veya dış ortamda kuruması esnasında NH<sub>3</sub> gazının iç ortama veya atmosfere olan salımı daha hızlı gerçekleşir (Anonim 2001a). Gübredeki amonyağın sıvı formdan gaz haline dönüşümünde pH ve sıcaklığın yanısıra, rüzgâr hızı, kimyasal ve mikrobiyal aktiviteler, difüzyon, konveksiyon ile taşınım, kaynağın gücü, salım noktasından olan mesafe ve zaman, diğer bileşiklerle olan reaksiyon oranı ve gazı yayan yüzey ile atmosfer arasındaki sınır tabakanın gaz transfer özellikleri de önemli etkiye sahiptir. Yüksek mikrobiyal aktivite, geniş salım yüzey alanı ve yüksek rüzgâr hızı, amonyağın sıvı halden gaz haline dönüşümünü hızlandırabilir (Sommer ve ark. 1991, Olesen ve Sommer 1993, Anonim 2003, Ogunlaja 2009). Gübre barınak içinde depolanıyorsa, iç ve dış ortam sıcaklığı, havalandırma oranı ve gübrenin seyrelme oranı faktörleri bu faktörlere ilave edilebilir (Heber ve ark. 2000). Ayrıca bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda, gübrenin içerisindeki katı maddelerin amonyağın gaz haline dönüşümü üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır (Hashimoto ve Ludington 1971, Zhang ve ark. 1994, Liang ve ark. 2002, Arogo ve ark. 2003).

Gübre işletim sistemleri de gübreden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarına doğrudan etkide bulunurlar (Beck ve ark. 2004, Zhang ve ark. 2005). Gübrenin katı yada sıvı olarak işletilmesi arasında atmosfere yayılan NH<sub>3</sub> miktarı ile ilgili az da olsa bir fark vardır. Gübrenin katı olarak işletilmesi esnasında gübrenin pH değeri 7,5-8,5 arasına artacak ve bu artış iyonize olmayan amonyağın gaz haline dönüşümünü hızlandıracaktır. Buna karşın, gübrenin sıvı ya da yarı katı işletildiği sistemlerde pH değeri daha düşük olmaktadır (Anonim 2001a).

Hayvansal üretimden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan bir çalışmada oluşturulan modelin tahminlerine göre, NH<sub>3</sub> salımının %42'sinin

gübre ve gübre uygulamalarından, %30'unun barınaktan, %14'ünün gübre deposundan ve %14'ünün de hayvanların otladıkları meradan kaynaklandığı belirtilmektedir (Pinder ve ark. 2004, Marcillac 2007).

Sonuç olarak, hayvancılık işletmeleri gübrenin önemli ve devamlılık sağlayan bir kaynağı olduğu için, hayvan barınaklarından atmosfere doğru NH<sub>3</sub> salımı kaçınılmaz bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu salımların azaltılması için işletme özelliklerine en uygun önleme ya da azaltma stratejisi belirlenerek uygulamaya konulabilir. Böylece hayvansal işletmelerden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları tamamıyla önlenemese bile azaltılabilir (Marcillac 2007).

Hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarının belirlenmesine yönelik yapılan bir çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda genellikle tek yetiştiricilik türü dikkate alınarak detaylı ölçümler yapılmıştır. Çalışmalarda ölçüm süreleri bir kaç saatlik ölçümlerden, 2 yıla varan sürekli ölçümlere kadar değişkenlik göstermektedir. Ölçüm süreleri açısından literatürde genel kabul görmüş sabit bir süre yoktur. Çalışmalarda, ölçümler sonucunda elde edilen salım değerleri gün içerisindeki saatlik farklılıklar ve çalışmanın yürütüldüğü mevsimler arasındaki farklılıklar üzerinde durularak karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen salım değerleri saatlik, günlük ya da hayvan başına olmak üzere farklı birimlerde hesaplanmış ve barınak için bir salım faktörü belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerin miktarına göre, bölge genelinde salım modelleri oluşturulmuştur. Ayrıca, hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi de bu çalışmaların başka bir amacıdır.

Groot Koerkamp ve ark. (1998), dört farklı Kuzey Avrupa ülkesinde bulunan yumurta tavuğu, broyler, domuz, besi ve süt sığırtı işletmelerinden kaynaklanan salımlar üzerine kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen NH<sub>3</sub> salımları Çizelge 2.2'de verilmiştir. Çalışmada, dört ülkede her yetiştiricilik türünden dört adet işletme seçilmiş ve bu işletmelerde yaz-kış koşulları altında 24 saatlik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Barınak iç ortamındaki kirletici konsantrasyonları, barınak iç ortamında yedi ve dış ortamda bir olmak üzere toplam sekiz örnekleme noktasında kemilüminesans kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, iç ve dış ortam sıcaklığı,

barınağın tasarımı, gübre işletim sistemi, hayvan sayısı ve boyutunun ölçülen NH<sub>3</sub> konsantrasyonları ve havalandırma oranları üzerinde etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı yetiştiricilik türlerinden kaynaklanan kirletici salımları arasındaki farklılıklar varyasyona neden olmuştur.

**Çizelge 2.2.** Farklı yetiştirme sistemli hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> salım miktarları (Groot Koerkamp ve ark. 1998)

Üretim Çeşidi	Yetiştirme sistemi	Salım miktarı (g /gün.BHB)			
		İngiltere	Hollanda	Danimarka	Almanya
Broyler	Altlıklı	199	100	53	180
Yumurta tavuğu	Kafesli sistem	224	39	51,8	14,4
Yumurta tavuğu	Derin altlıklı ve tünekli	177	227	261	-
Yumurta tavuğu	Izgaralı sistem	-	20,5	21,6	8,9
Besi Sığırı	Altlıklı	11,5	-	-	10,3
Besi Sığırı	Altlıklı	6,2	21,4	11,8	11,2
Süt Sığırı	Altlıklı	25,2	42,5	20,2	28
Süt Sığırı	Serbest duraklı				

ABD, Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından desteklenen ve altı farklı eyalette yürütülen bir çalışmada, domuz ve yumurta tavuğu yetiştiriciliğinden kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, ve PM<sub>10</sub> salımları uzun süreli 24 saatlik sürekli ölçümlerle belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü her bir eyalette iki hayvan barınağı ya da yardımcı tesis incelenmiştir. Bu çalışmada incelenen ve Indiana eyaletinde bulunan yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları ortalama 289 g/gün.BHB olarak belirlenmiştir (Heber ve ark. 2005).

Arogo ve ark. (2006) çalışmalarında, hayvan barınakları iç ortamındaki NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu tahminlemek için kullanılan yöntemleri ve barınaktan kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımını etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Bu çalışma ve literatürdeki bazı çalışmalarda, hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımı değerleri, gübre depoları ve gübrenin araziye uygulanması ile ortaya çıkan salımlarla karşılaştırılmış ve birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmada, ABD'nin farklı eyaletlerinde ve farklı yetiştiricilik türlerinde yapılan salım ölçüm sonuçları da verilmiştir (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2.3.** ABD’de bulunan bazı yumurta ve broyler kümeslerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları (Arogo ve ark. 2006)

Tür	Yetiştirme ve Gübre İşletim Sistemi	Bölge	Mevsim	Salım Miktarı g/gün.BHB*	
				Ortalama	Aralık
Broyler	Altlık	DelMarva/AB D	Yaz	716	182-1450
Broyler	Altlık	Arkansas/AB D	Ekim-Nisan	88,2	
Yumurta Tavuğu	Kafes/derin çukurlu	Iowa/ABD	Ocak-Aralık	262	204-295
Yumurta Tavuğu	Kafes/gübre bantlı	Ohio/ABD	Mart-Temmuz	303	
Yumurta Tavuğu	Kafes/derin çukurlu	Ohio/ABD	Mart-Temmuz	482	

\*BHB: büyükbaş hayvan birimi, 500 kg canlı ağırlığa eşittir. Büyükbaş hayvan birimi hesaplarında, broyler 1 kg/tavuk, yumurta tavuğu 2 kg/tavuk olarak alınmalıdır.

Brose ve ark. (1998), süt sığırı ahırlarından kaynaklanan bazı sera gazları ve NH<sub>3</sub> salımlarını, sürekli ölçümler ile belirlemeye çalışmıştır. Araştırma, duraklı, ızgara tabanlı ve doğal havalandırmalı bir ahırda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yapılan sürekli ölçümlerde, kızılötesi spektrometreler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, doğal havalandırmada havalandırma oranının zaman içerisinde %250 oranında değiştiği ve bu duruma temelde rüzgâr ve termal etkilerin neden olduğu belirlenmiştir. Havalandırma oranındaki bu değişim, günlük NH<sub>3</sub> salımının yüksek derecede dalgalanmasına neden olmuştur. Geceleri ise salımda genel bir azalma meydana gelmiştir. Yaz ve kış mevsimlerinde gerçekleşen salımlar da çalışma kapsamında incelenmiştir. Yaz mevsiminde birim hayvan başına NH<sub>3</sub> salımı 12,4 g iken kış mevsiminde, sıcaklık ve havalandırma oranına bağlı olarak yaklaşık %50 oranında azalmıştır.

Zhang ve ark. (2005)’na göre, çoğu araştırmacı kapalı hayvan barınaklarından kaynaklanan salımların azaltılmasına yönelik çalışmalar yaparken, açıkta yetiştiricilik yapan barınaklardan kaynaklanan salımlarla ilgili güvenilir salım modeli geliştirmek için yeterli veri ve bilgi bulunmamaktadır. Bu amaçla Zhang ve ark.(2005), doğal havalandırmalı, farklı taban ve gübre işletim sistemine sahip süt sığırı barınaklarından olan gaz salımlarıyla ilgili temel bilgi sağlamak için bir deneme kurmuşlardır. Barınaklarda NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> konsantrasyonları ölçülmüş ve havalandırma miktarları hesaplanmıştır. Havalandırma miktarının belirlenmesinde, iz gaz yöntemi ve CO<sub>2</sub>

dengeyi yöntemleri kullanılmış ve bu yöntemler karşılaştırılmıştır. Çalışmada incelenen barınaklarda, NH<sub>3</sub> salım miktarı sıcaklık ile artmış olup, bu artış taban sistemi ve gübre işletim sistemine bağlı olarak değişmiştir. Bu çalışmada, salım miktarı, g/HPU.gün olarak verilmiştir. HPU, 20 °C' deki ortam sıcaklığında, hayvanlar tarafından üretilen 1 000 W'lık toplam ısıyı ifade etmektedir. Barınaktaki en yüksek NH<sub>3</sub> salım miktarı 76 g/HPU.gün olarak ölçülmüştür. En düşük NH<sub>3</sub> salımı (9 g/HPU.gün), düzgün yüzeyli, küreyicili prefabrik beton tabanlı barınaklarda bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen ortalama NH<sub>3</sub> salımları Çizelge 2.4'de verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Serbest duraklı süt sığırı yetiştiriciliğinde farklı taban ve gübre işletim sisteminden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları (Zhang ve ark. 2005)

Taban ve Gübre İşletim Sistemi	Mevsim	Salım Miktarı (g/HPU.gün)		Ortam Sıcaklığı (°C)	
		Ort.	SS	Ort.	SS
Beton taban; V şekli küreyicili	Yaz	76	15	21,7	1,6
	Kış	26	7	7,0	2,6
Sıcak Asfalt; küreyicili	Yaz	23	8	17,4	2,0
	Kış	14	*	6,2	*
Prefabrik beton taban (yivli); küreyicili	Yaz	24	2	19,9	1,5
	Kış	11	3	6,1	0,6
		11	*	6,4	*
Prefabrik beton taban (düzgün); küreyicili	Yaz	20	3	15,7	3,6
	Kış	9	*	3,6	*
Izgara Taban; 40 cm derinliğindeki kanalda küreyicili	Yaz	27	4	19,0	3,6
	Kış	14	2	9,6	2,0
Izgara taban; geriden yıkamalı	Yaz	68	9	22,4	0,8
	Kış	12	0,5	8,3	1,3
Izgara taban; devirdaim, asitsiz gübre dolaşimli	Yaz	40	4	13,2	3,0
	Kış	9	1	2,3	1,4
Izgara taban; devirdaim, asitli gübre dolaşimli	Yaz	16	2	16,8	0,6
		22	3	16,8	0,9
		24	4	14,7	2,4
	Kış	8	2	6,2	1,7
Izgara taban; taban üzerinde küreyicili	Yaz	21	9	19,5	2,9
	Kış	18	3	5,8	3,8
Izgara taban; devirdaim, katkı maddesiz gübre dolaşimli		30	5	16,6	1,2
		36	6	17,3	0,7
		20	2	6,3	2,0
Izgara taban; devirdaim, katkı maddeli gübre dolaşimli		22	2	8,9	1,3

SS, standart sapma, \* Veri sayısı 48 saatten daha az olduğu için SS hesaplanmamıştır.

Redwine ve ark. (2002), ABD, Teksas Eyaletinde, Haziran ve Aralık ayları arasında, ticari karakterli, tünel havalandırmalı dört adet broyler kümesinde, toplam askıda partiküler madde (TSP) ve NH<sub>3</sub> konsantrasyonları ile havalandırma miktarı üzerine çalışmışlardır. NH<sub>3</sub> konsantrasyonları, Drager NH<sub>3</sub> tüpleri ve pompa kullanılarak 2-3 saat aralıklarla 07:00-18:30 saatleri arasında günde en az 4 ölçüm olacak şekilde yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 2.5’de verilmiştir. NH<sub>3</sub> konsantrasyonları tavukların yaşı ile korelasyon sergilemiştir. Bu korelasyon hayvanın yaşı ilerledikçe gereksinim duyduğu havalandırma oranının artmasına bağlanmıştır.

**Çizelge 2.5.** Redwine ve ark. (2002)’nın broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar

<b>Mevsim</b>	<b>NH<sub>3</sub> Konsantrasyonu ppm</b>	<b>NH<sub>3</sub> Salım Miktarı g/h</b>	<b>Havalandırma Miktarı m<sup>3</sup>/s</b>	<b>İç Ortam Sıcaklığı °C</b>
Yaz	2-10	59-2105	11-89	28-35
Kış	12-45	38-1893	0,6-17	21-27

Casey ve ark. (2004), farklı mevsim koşullarında dört adet broyler kümesinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımını belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada NH<sub>3</sub> gazı konsantrasyonu ve salımları, havalandırma oranı ve dış ortam sıcaklığı incelenmiştir. NH<sub>3</sub> konsantrasyonları, elektrokimyasal sensörler kullanılarak ölçülmüştür. Bu sensörlerden oluşan iki adet portatif ölçüm sistemi çalışmada kullanılmıştır. Portatif sistemlerin biri yaz mevsimi havalandırmasında çalışan fanın yakınına yerleştirilirken, diğeri kış havalandırmasında çalışan fanın yakınına yerleştirilmiştir. Çalışmada ölçümler 2-3 haftalık aralıklarla her barınakta en az 48 saat sürekli yapılmıştır. Her barınakta toplam ölçüm süresi 33 gündür. Havalandırma oranı, fan değerlendirme sistemi olarak da bilinen portatif anemometrelerin üzerine yerleştirildiği bir sistem ile fanların çalışırken izlenmesi sonucunda elde edilen değerlere göre hesaplanmıştır. Çalışma boyunca tavuk yaşı 1-56 gün arasında değişen toplam 4 sürü üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada elde edilen değerler Çizelge 2.6’da verilmiştir. Çalışma sonucunda, NH<sub>3</sub> salım oranlarının minimum havalandırma oranlarının uygulandığı kış mevsiminde artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir. NH<sub>3</sub> salımlarıyla ilgili olarak mevsimler arasındaki farklılıkların barınaklar arasındaki farklılıklara göre daha az önemli olduğu vurgulanmıştır. NH<sub>3</sub> salımlarının tavuk yaşı ve havalandırma oranı ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.6.** Casey ve ark (2004)'nın broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar

Mevsim	Değişken	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Havalandırma Miktarı (m <sup>3</sup> /s.100 tav)	Salım Miktarı (g/tav/gün)
Kış	Ort	6,9	1014	0,5
	Min	-3,0	609	0,1
	Mak	17,0	1461	1,0
İlkbahar	Ort	11,1	2481	0,9
	Min	-5,0	473	0,1
	Mak	21,0	6692	2,0
Yaz	Ort	24,42	3670	0,76
	Min	21,00	484	0,31
	Mak	28,00	6833	1,74

ABD'nde, yumurta tavuğu işletmelerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımı ile ilgili veri tabanı oluşturmak için yürütülen bir proje kapsamında değişik eyaletlerde bulunan kümeslerde ölçümler gerçekleştirilmiştir (Xin ve ark. 2003, Wheeler ve ark. 2003, Liang ve ark. 2005). Bu çalışmada, NH<sub>3</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ile statik basıncı ölçebilen taşınabilir ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Ölçüm sistemi, kümes iç ortamından havayı örnekleyerek ölçüm yapmakta ve ölçümden sonra da atık örnek havayı dışarıya atmaktadır. Çalışma Iowa (IA) ve Pensilvanya (PA)'da bulunan gübre bantlı ve derin çukurlu kümeslerde yürütülmüştür. Ölçümler derin çukurlu kümeslerde 386 gün (18 528 adet yarım saatlik ölçüm), gübre bantlı kümeslerde 164 gün (7 872 adet yarım saatlik ölçüm) 24 saat sürekli olarak gerçekleştirilmiştir. IA'da bulunan gübre bantlı kümeste gübre, günde bir kez temizlenirken, PA'da bulunan gübre bantlı iki kümeste iki haftada bir temizlenmiştir. Her iki eyaletteki derin çukurlu kümeste ise gübre yılda bir kez temizlenmiştir. Çalışmada gübre temizleme sistemlerinin yanısıra tavuklara verdikleri yemin içeriği de karşılaştırılmıştır. Bu amaçla IA'da bulunan kümeslerde tavuklara ham protein içeriği düşük yem verilmiş ve yemdeki bu değişimin NH<sub>3</sub> salımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, kümeslerde uygulanan gübre temizleme sisteminin NH<sub>3</sub> salımını etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğu ortaya konmuştur. Projenin en güncel sonuçları, Liang ve ark. (2005)'de verilmiştir (Çizelge 2.7). Çalışmada elde edilen verilere göre, her iki tip kümeden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları gün durumu ve mevsimlere göre önemli değişimler göstermiştir. En yüksek NH<sub>3</sub> salımı, incelenen bütün kümesler için yaz mevsimi gündüz saatlerinde gerçekleşmiştir. Çalışmada elde edilen

sonuçlar Avrupa’da yapılmış benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ilişkin sonuçlar Çizelge 2.8’de verilmiştir (Liang ve ark. 2005).

Wheeler ve ark. (2006), 12 adet broyler kümesinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarını bir yılı aşkın bir süre izlemişlerdir. Bu kümeslerin 4 tanesi PA’da, 8 tanesi Kentucky’de (KY) iki farklı bölgede bulunmaktadır. NH<sub>3</sub> salımı verisi her bir küme için en az beş farklı broyler sürüsünden elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, NH<sub>3</sub> konsantrasyonları ve havalandırma oranları için mevsimsel değişimler istatistiksel olarak önemli iken NH<sub>3</sub> salımları arasındaki farklılıklar önemli görülmemiştir. Bütün kümeslerde NH<sub>3</sub> salımı tavuk yaşı ile doğru orantılı olarak artarken, aynı ya da yakın yaştaki tavuklardan benzer salımlar gerçekleşmiştir. Kümesteki altlık değişiminden sonraki 6 gün içerisinde elde edilen NH<sub>3</sub> salımları hemen hemen sifıra yakındır. Buna karşın aynı altlık üzerine başka bir sürünün yerleştirilmesinden sonraki 14 gün içerisinde çok yüksek NH<sub>3</sub> salımları elde edilmiştir (400±200 g/gün.BHB). Yeni sürüde ilk 14 günden sonra gerçekleşen NH<sub>3</sub> salımı 225±50 g/gün.BHB olarak elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen NH<sub>3</sub> salım değerleri, Avrupa’da yapılan benzer çalışmaların sonuçlarından daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir (Çizelge 2.9).

**Çizelge 2.7.** Liang ve ark. (2005), tarafından yumurta tavuğu kümesleri için hesaplanan NH<sub>3</sub> salım miktarı

Kümes Adı	Ölçüm Sayısı (gün)	Salım Miktarı	
		g/ gün.tavuk (±SH)	g/ gün.BHB(±SH)
Gübre bantlı kümesler			
IA-1	54	0.05±0.002	15.5±0.7
IA-2	54	0.06±0.004	19.8±1.3
PA-1	25	0.10±0.02	32.8±5.0
PA-2	25	0.09±0.01	28.8±3.1
Derin çukurlu kümesler			
IA-T-1	84	0.81±0.03	274±9
IA-T-2	75	0.80±0.03	257±8
IA-C-1	84	0.84±0.03	290±10
IA-C-2	75	0.95±0.03	323±12
PA-1	25	0.88±0.07	289±26
PA-2	25	0.78±0.07	261±25

T: düşük protein içerikli yem C: standart protein içerikli yem  
IA:Iowa, PA: Pensilvanya



**Çizelge 2.8.** Liang ve ark. (2005)'de verilen yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarına ilişkin ABD ve Avrupa karşılaştırması

Ülke	Yetiştirme Sistemi	Mevsim	Gübre Temizleme Sıklığı	Salım Miktarı g/gün.BHB <sup>+</sup>
İngiltere	Derin Çukurlu	Kış	*	192
İngiltere	Derin Çukurlu	Yaz	*	290
İngiltere	Derin Çukurlu		*	239
ABD (Ohio)	Derin Çukurlu	Mart	Yıllık	523 <sup>+</sup>
ABD(Ohio)	Derin Çukurlu	Temmuz	Yıllık	417 <sup>+</sup>
ABD(IA&PA)	Derin Çukurlu	Bütün yıl	Yıllık	298
Hollanda	Gübre Bantlı	*	İki haftada bir kez kurutmasız	31
Hollanda	Gübre Bantlı	*	Haftalık kurutmalı	28
Danimarka	Gübre Bantlı	Bütün yıl	*	52
Almanya	Gübre Bantlı	Bütün yıl	*	14
Hollanda	Gübre Bantlı	Bütün yıl	*	39
İngiltere	Gübre Bantlı	Bütün yıl	Haftalık	96
İngiltere	Gübre Bantlı	Bütün yıl	Günlük	38
ABD(IA&PA)	Gübre Bantlı	Bütün yıl	Günlük kurutmasız	17,5
ABD(IA&PA)	Gübre Bantlı	Bütün yıl	İki haftada bir kez kurutmasız	30,8

+Bir yumurta tavuğunun canlı ağırlığı 1,5 kg olarak alınmıştır. \*Bilgi yok

Siefert ve Scudlark (2006), farklı iki havalandırma sistemine sahip broyler kümeslerinden yaz mevsimi koşullarında gerçekleşen salımların belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Kümes dış ortamında, rüzgâr yönünde pasif örnekleyiciler ile konsantrasyon ölçümleri yapılmıştır. Salım miktarı ise Gaussian modeline göre belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yan duvar havalandırmalı kümeslerde günlük NH<sub>3</sub> salım miktarı 0,27-2,17 g/gün.tavuk arasında değişirken, ortalama salım 1,18 g/tavuk olarak bulunmuştur. Tünel havalandırmalı kümeslerde ise günlük ortalama NH<sub>3</sub> salımı 0,11 g/tavuk olarak gerçekleşmiştir ve bu değer yan duvar havalandırmalı kümeden 10 kat daha azdır. Araştırmacılara göre bu farklılık, kümes içinde yer alan altlığın nem içeriğinden kaynaklanmaktadır. Tünel havalandırmalı sistem barınak içerisinde daha fazla hava sirkülasyonu yaratarak altlıktaki nem içeriğini oldukça düşük düzeyde tuttuğu için yan duvar havalandırmalı kümesteki altlığa göre daha kurudur.

**Çizelge 2.9.** Wheeler ve ark.(2006)'nın broyler kümesleri için elde ettiği sonuçlar ve Avrupa ile karşılaştırılması

Çalışmanın Yapıldığı Ülke	Tavuk Yaşı (gün)	Altlık Durumu	Salım Miktarı		Mevsim
			g/gün. tavuk	g/gün. BHB <sup>+</sup>	
ABD Wheeler ve ark. (2006)	42	Yeni	0,47	259	Bütün mevsimler
ABD (DE) Siefert ve ark. (2004)	42	Eski, Arıtılmış	0,65	358	Bütün mevsimler
ABD (TX) Lacey ve ark. (2003)	49	Eski, Arıtılmış	0,76	419	Bütün mevsimler
	63	Eski, Arıtılmış	0,98	540	İlkbahar/yaz
	42	Eski	1,18	650	Yaz
	49	Eski	0,63	347	
ABD (TN) Burns ve ark. (2003)	42	Eski	0,92	507	Hepsi
Almanya Çek Cumhuriyeti Müller ve ark. (2003)	32	Yeni	0,09	49,6	Kış
İngiltere Demmers ve ark. (1999)	32	Yeni	0,11	60,6	Yaz
İngiltere Wathes ve ark. (1997)	32	Yeni	0,26	143	Kış, Yaz

+Bir broylerin canlı ağırlığı 1 kg olarak alınmıştır (U.S.EPA, 2004a)

Amon ve ark.(2001), süt sığırı yetiştiriciliğinde, barınaktan, gübreden ve gübrenin araziye uygulanması sonucu ortaya çıkabilecek kirletici gaz salımlarının belirlenmesi, azaltılması ve salım miktarını etkileyen faktörlerin bulunması amacıyla bağlı duraklı bir süt sığırı ahırında ölçümler yapmışlardır. Barınak içerisindeki NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> konsantrasyonları, 24 saat sürekli olarak Fourier Transform Infrared (FTIR) spektrometresi ile belirlenmiştir. Barınak iç ortamındaki ölçümlerin yanısıra gübre depolarından ve gübrenin araziye uygulanmasından kaynaklanan salımları belirlemek için laboratuvar koşullarında büyük bir açık dinamik odacığı (open dynamic chamber) kurulmuştur. Bu odacık toplam 28 m<sup>2</sup>'lik alanı kaplamakla beraber polietilen örtü malzemesi ile kaplıdır. Odacığın bir kısa kenarı içeriye temiz havanın girebilmesi için ağ şeklinde iken, diğer kısa kenarı iç ortamdaki kirli havayı dışarı atmak için küçük bir havalandırma fanı ile donatılmıştır. Odacık içindeki gübre yığımından kaynaklanan salımları belirlemek için havalandırma fanının hemen önüne yerleştirilen örnekleme borusu ile örnek hava FTIR spektrometresine gönderilir. Kirletici gaz konsantrasyonları hem odacık içinden alınan havada, hem de odacığa giren havadan alınan örneklerde belirlenmiştir. Çalışma süresi içerisinde barınak içerisindeki bağlı duraklarda uygulanan altlık sistemi her iki haftada bir değiştirilmiştir. Ölçümlerin ilk iki haftasında sıvı gübre

sistemi kullanılırken, bu haftadan sonra altlıklı sisteme geçilmiştir. Ayrıca gübrenin işletmede depolama yöntemi incelenerek kompostlaştırılmış gübre ile hiçbir uygulama yapılmadan doğrudan depolanan gübre arasındaki farklılıklar saptanmıştır. Çalışmada elde edilen değerler Çizelge 2.10’da verilmiştir. Ölçümler sonucunda, yetiştirme sistemi içerisinde sıvı ve katı gübre işletim sistemleri arasında NH<sub>3</sub> salımlarında önemli bir fark gözlenmemiştir. Barınaktan kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımları mevsimlere göre önemli farklılıklar göstermiştir. Katı gübrenin depolanması sırasında ve araziye uygulanmasından sonra, anaerobik olarak depolanmış katı gübre işletim sistemlerinden daha fazla NH<sub>3</sub> atmosfere salınmıştır.

**Çizelge 2.10.** Amon ve ark. (2001)’ nın bağlı duraklı süt sığırı ahırını için elde ettiği sonuçlar

	NH <sub>3</sub> Salımı (g /gün.BHB)		Ortalama	NH <sub>3</sub> Kaybı (g/t gübre)
	Minimum	Maksimum		Ortalama
<b>Ahır</b>				
Sıvı sistemli	4,0	6,1	5,7	
Talaşlı altlık sistemli	3,9	7,4	5,8	
<b>Yaz Mevsimi</b>				
Kompost gübre				643,3
Anaerobik koşulda depolanmış gübre				162,7
<b>Kış Mevsimi</b>				
Kompost gübre				302,6
Anaerobik koşulda depolanmış gübre				46,2

Brose ve ark. (1998), ızgara tabanlı ve doğal havalandırmalı bir süt sığırı ahırından kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarını belirlemek için, 24 saat sürekli ölçümler yürütmüşlerdir. NH<sub>3</sub> konsantrasyonu kızılötesi spektrometre ile ölçülmüştür. Havalandırma oranı kalibre edilmiş hava hızı ölçerler ile belirlenmiştir. Bunlara ilave olarak sıcaklık, nem ve rüzgâr koşulları da izlenmiştir. Çalışma sonucunda, ahır iç ortamında havalandırma oranının zaman içerisinde %250 oranında değiştiği ve bu değişime rüzgâr ve termal etkilerin neden olduğu belirlenmiştir. Havalandırma oranındaki bu değişim, günlük NH<sub>3</sub> salımının dalgalanmasına neden olmuştur. NH<sub>3</sub> salımının mevsimsel değişimi de

çalışmada incelenmiştir. Yaz mevsiminde birim hayvan başına düşen NH<sub>3</sub> salımı 12,4 g olarak gerçekleşirken, kış mevsiminde NH<sub>3</sub> salımı daha düşük sıcaklık ve hava akımına bağlı olarak yaklaşık %50 oranında azalmıştır.

Jungbluth ve ark. (2001) çalışmalarında, süt sığırları ahırlarından kaynaklanan sera gazları ve NH<sub>3</sub> salımlarını belirlemeye yönelik olarak Almanya'da ızgara tabanlı bir süt sığırları ahırını izlemişlerdir. Çalışmada kış ve yaz mevsimlerinde belirli dönemler halinde 24 saat sürekli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde her bir gaz için farklı sensörlere sahip kızılötesi spektrometreler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, kış mevsiminde ahırdaki NH<sub>3</sub> konsantrasyonu 5,3 ppm ve NH<sub>3</sub> salımı 38,8 g/h olarak bulunurken yaz mevsiminde NH<sub>3</sub> konsantrasyonu ve NH<sub>3</sub> salımı sırasıyla, 3,3 ppm ve 31,5 g/h olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca bu çalışmada hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılacak çalışmalar için yöntemle ilgili çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler;

- Havalandırma oranı ve gaz konsantrasyonları 24 saat sürekli ölçülmelidir,
- Günlük ve mevsimlik etkileri görebilmek için uzun süreli denemeler kurulmalıdır,
- Ölçümde kullanılacak alet ve ekipmanlar hassasiyetlik açısından güvenilir olmalıdır.

#### **2.1.1.2. Hidrojen Sülfür**

Hayvan barınaklarından kaynaklanan sülfür bileşikleri salımlarının başında H<sub>2</sub>S gelmektedir. H<sub>2</sub>S'ü, indirgenmiş sülfür bileşikleri takip etmektedir. Yayılan uçucu organik sülfürlü bileşiklerden bazıları, metil merkaptan (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>S), dietil sülfid (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>SO<sub>3</sub>), dimetil sülfid (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>SO<sub>3</sub>), dimetil disülfid (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>S<sub>2</sub>) ve karbonil sülfittir (CS<sub>2</sub>) (Sweeten ve ark. 1998). Diğer indirgenmiş sülfürlü bileşikler küçük miktarlarda yayılırlar (Anonim 2001a). Hayvan barınaklarının atmosferdeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonuna katkısı diğer atmosferik sülfür kaynaklarına oranla (topraklar, volkanlar, bataklıklar ve fosil yakıtlarının yakılması) oldukça küçüktür (Anonim 1990, Schnoor ve ark.2002).

H<sub>2</sub>S renksiz, havadan ağır, suda yüksek çözünürlükte olan bir gazdır ve karakteristik olarak, düşük konsantrasyonlarda bile çürük yumurta kokusuna sahiptir. Yaklaşık olarak

30 ppb seviyelerindeki konsantrasyon değerlerinde insanlar tarafından kolayca hissedilebilir (Schiffman ve ark 2002, Ogunlaja 2009).

H<sub>2</sub>S, su içerisindeki sülfatın anaerobik koşullar altında mikrobiyal indirgenmesi ve gübredeki sülfür içeren organik maddelerin mikrobiyal parçalanması sonucu açığa çıkar (Snoeyink ve Jenkins 1980).

Bozuk yumurta gibi kokan H<sub>2</sub>S, sülfatın sülfite indirgendiği anaerobik bir ortamda mikroorganizmalar tarafından üretilir. Anaerobik ortamlar genellikle, domuz ve diğer hayvan gübresi depolarında oluşur (Xue ve ark. 1998).

Hayvan gübresinde sülfürün iki ana kaynağı vardır. Bunlardan birisi yemdeki sülfür amino asitleri, diğeri ise iz minerallerini sağlamak ve büyümeyi hızlandırmak için yeme katılan bakır sülfat ve çinko sülfat gibi inorganik sülfür bileşikleridir. Hayvancılığın bütün dallarında sülfatlar iz minerali taşıyıcısı olarak kullanılmasına rağmen, sülfatın kullanımı tavuk ve domuz yetiştiriciliğinde daha yaygındır. Bazı bölgelerde sülfürün üçüncü kaynağı içme suyundaki iz mineralleridir (Anonim 2001a).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan H<sub>2</sub>S salımlarının büyüklüğü gübredeki sıvı miktarına, gübre sıcaklığına ve pH'ına bağlı olarak değişir. Gübrenin sıcaklığı, su içerisindeki H<sub>2</sub>S'ün çözünürlüğünü etkiler. Su içinde H<sub>2</sub>S'ün çözünürlüğü ise 7'nin üstündeki pH değerlerinde artar. Gübre pH'ı alkaliden asidiğe dönüşürse, H<sub>2</sub>S salımı potansiyeli artar. Aerobik koşullar altında, gübredeki indirgenmiş herhangi bir sülfür bileşiği mikrobiyal olarak uçucu olmayan sülfata okside olur ve H<sub>2</sub>S salımı minimum düzeyde kalır. Bu nedenle, kapalı yetiştiricilik yapan kuru gübre işletim sistemli hayvan barınaklarından kaynaklanan H<sub>2</sub>S salımları göz ardı edilebilir (Snoeyink ve Jenkins 1980).

Atmosferdeki H<sub>2</sub>S çoğunlukla sülfür dioksit okside olur. Sülfür dioksit, atmosferde ya kuru olarak birikir ya da aerosol sülfata okside olur ve öncelikli olarak ıslak birikimle taşınır. H<sub>2</sub>S'ün, atmosferde kalma süresi ve onun reaksiyon ürünlerinin etkisi günlerce sürebilir (Anonim 2003).

Global ölçekte, tarımsal kaynaklardan yılda 0,4-5,6 milyon ton kadar indirgenmiş sülfür gazları (çoğunlukla, H<sub>2</sub>S ve dimetil sülfid) yayılır (Penner ve ark. 2001).

Zhu ve ark. (2000), süt sığırı barınakları ile broyler kümeslerini karşılaştırdıkları çalışmalarında süt sığırı gübresinin broyler gübresine göre daha düşük H<sub>2</sub>S konsantrasyonu içerdiğini belirlemişlerdir. Bunun yanısıra, barınak iç ortamındaki konsantrasyon değerleri, broyler kümeslerinde 40-150 ppb arasında değişirken, süt sığırı ahırında 8-26 ppb arasında gerçekleşmiştir. Hayvan türlerine göre konsantrasyon değerlerindeki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. H<sub>2</sub>S salımlarının sabah saat 07:00 ve akşam saat 19:00 aralığında sabit değerlerde seyrettiği ve oldukça düşük değerler olduğu belirlenmiştir.

Wood ve ark. (2001), dört farklı hayvan türünde yetiştiricilik yapan 200'e yakın işletmede üç yıl boyunca kirletici gaz ve koku salımları üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen H<sub>2</sub>S salımları hayvan türüne göre Çizelge 2.11'de verilmiştir.

**Çizelge 2.11.** Wood ve ark. (2001)'nin belirledikleri H<sub>2</sub>S salım miktarları

Hayvan Türü	Gübre Temizleme Sistemi	Havalandırma Sistemi	Gözlem Sayısı	Barınak Sayısı	H <sub>2</sub> S Salımı (µg/m <sup>2</sup> s)		
					Ort	Min	Mak
Besi Sığırı	Küreme	Doğal	6	5	1,72	0,18	4,31
Süt Sığırı	Küreme Derin Çukur	Doğal Mekanik	30	13	1,04	0,03	11,4
Broyler	Küreme	Mekanik	10	3	0,37	0,16	1,28
Yumurta Tavuğu	Küreme	Doğal Mekanik	4	3	4,05	0,08	9,15

Bicudo ve ark. (2003), büyük kapasiteli ticari süt sığırı işletmelerinde yaptıkları çalışma sonucunda, barınaklar ve gübre depoları çevresindeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonunun nispeten düşük değerlerde seyrettiğini belirlemişlerdir. Ortalama H<sub>2</sub>S konsantrasyonunun ölçüm yapılan zamanın 2/3'ünde 0 ile 7 ppb arasında değiştiğini, gübrenin barınaktan çıkartılırken ve depo içerisinde karıştırıldığında bu değer maksimum 92 ppb'e kadar ulaştığını belirlemişlerdir. Böylece barınak ve gübre deposu çevresindeki H<sub>2</sub>S

konsantrasyonunun gün içerisinde büyük değişimler gösterdiği söylenebilir. Sonuç olarak, serbest duraklı barınağın işletmenin bulunduğu çevredeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonuna gübre deposuna oranla daha az katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Barınakta ve gübre deposundaki H<sub>2</sub>S konsantrasyonu ile sıcaklık, bağıl nem ve rüzgâr hızı arasında önemli bir ilişkiye rastlanmamıştır. Ancak atmosferik koşulların daha stabil olduğu gece ve gündüz saatleri konsantrasyon değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.

Koelsch ve ark. (2004), serbest açık besi sığırıcılığı barınaklarında yaptıkları çalışmada 10 000, 7 000 ve 5 000 baş kapasiteli üç barınağı H<sub>2</sub>S konsantrasyonu açısından incelemişlerdir. Serbest açık ahırların gezinme yerinde toplam 17 800 adet gözlem yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda konsantrasyon değerlerinin sadece 62 ölçümde 0,1 ppm'in üstünde gerçekleştiği ve ölçümlerin büyük bir çoğunluğunun 0,1-0,07 ppm aralığında olduğu belirlenmiştir. H<sub>2</sub>S konsantrasyonu, 0-35°C arasındaki hava sıcaklıklarında sıcaklık artışıyla doğrusal olarak artış göstermiştir. Ayrıca toprak sıcaklığının artması, topraktaki mikrobiyal faaliyetleri arttırmakta ve dolayısıyla daha fazla H<sub>2</sub>S konsantrasyonunun ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Serbest açık ahırın gezinme yerinin merkezinde yerden 1 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı arttığında, ortalama H<sub>2</sub>S konsantrasyonu da küçük bir artış göstermiştir. Benzer şekilde, H<sub>2</sub>S konsantrasyonu ile günün saatleri arasında güçlü bir ilişki ortaya çıkmıştır. Maksimum değerler ikinci saatlerinde elde edilirken, minimum değerler sabahın ilk saatlerinde elde edilmiştir. Serbest açık ahırda ölçüm periyodu içerisinde meydana gelen yağmurlar neticesinde ortaya çıkan yüzey akış olayları, H<sub>2</sub>S konsantrasyonu değerlerinde artışa neden olmamıştır.

Gay ve ark. (2005), ABD, Minnesota eyaletinde bulunan 80 adet hayvancılık işletmesinde H<sub>2</sub>S salımları üzerine çalışmışlardır. Kümeslerden kaynaklanan ortalama H<sub>2</sub>S salımı 0,03 ile 0,35 g/m<sup>2</sup>.gün arasında değişmiştir.

Zhao ve ark. (2007), büyük kapasiteli süt sığırı işletmelerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S ile koku konsantrasyonlarını belirlemek, bu ölçümler için genel bir metodoloji geliştirmek ve çevredeki komşuların tutumlarını değerlendirmek amacıyla, 675 baş kapasiteli, doğal havalandırılmalı ve 6 sıralı iki serbest duraklı ahırda ölçümler

gerçekleştirmiştir. Ölçümler her bir barınakta 12-14 noktada Mart, Haziran ve Ağustos aylarında birbirini takip eden 3 gün boyunca sürekli olarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, barınak içerisindeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonu 2-31 ppb arasında değişmiştir. Maksimum konsantrasyon değerine 31 ppb ile barınak 1’de Mart ayında ulaşılmıştır. Her iki barınak içinde elde edilen H<sub>2</sub>S konsantrasyonları Mart ve Haziran ayında oldukça benzerdir ve istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Aynı zamanda gün içerisindeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonunda yaşanan saatlik değişimler de istatistiksel olarak önemli değildir.

Li ve ark.(2008a), ticari karakterli iki broyler kümesinde H<sub>2</sub>S ve metan olmayan hidrokarbon konsantrasyonlarını ve salımlarını belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada ölçümler bir yıl süreyle 24 saat sürekli olarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 2.12’de verilmiştir. Çalışmada kümes içerisindeki H<sub>2</sub>S konsantrasyonunun sürüdeki tavukların gelişimi ile yakından ilişkili olduğu ve konsantrasyon değerinin üretim periyodunun ortasına kadar artış gösterdiği, bu noktadan sonra azalmaya başladığı belirlenmiştir. Ölçüm periyodu içerisinde her bir kümede yaklaşık altı sürü yetiştirilmiştir. Bir yıllık ölçüm periyodu sonunda her bir sürüye düşen toplam ortalama H<sub>2</sub>S salımı 3,42 kg olarak gerçekleşmiştir. Yıllık toplam H<sub>2</sub>S salımı ise 19,2 kg/kümes olarak elde edilmiştir. Çalışma süresince yetiştirilen toplam oniki sürünün ortalama H<sub>2</sub>S salımı 65,7 g/gün-kümes iken kümesler iki sürü arasında boş bırakıldığında ortaya çıkan H<sub>2</sub>S salımı 9 g/gün-kümes olarak gerçekleşmiştir.

**Çizelge 2.12.** Li ve ark.(2008a)’nın broyler kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar

Kümes	H <sub>2</sub> S Konsantrasyonu (ppb)		H <sub>2</sub> S Salımı (g/gün-kümes)	
	Ortalama	Maksimum	Ortalama	Maksimum
T-1	50,5	204	63,3	259,5
T-2	52,8	175	70	186,3

Lin ve ark. (2010a), dört adet kümede yetiştiricilik yapan bir yumurta tavuğu işletmesinde yürüttükleri çalışmada H<sub>2</sub>S salımlarını 2 yıl süreyle sürekli gözlemlemişlerdir. H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarının yanısıra çalışmada iç ortam sıcaklığı da izlenmiş ve H<sub>2</sub>S salımları ile aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma süresince



ölçümler seçilen iki kümeste yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen değerler Çizelge 2.13’de verilmiştir. İki yıllık çalışma sonucunda elde edilen sıcaklık ve H<sub>2</sub>S salımları arasında ters yönlü bir ilişki ortaya çıkmıştır. Sıcaklığın yüksek değerlerde seyrettiği yaz aylarında H<sub>2</sub>S salımları minimum düzeyde gerçekleşmiştir. Ayrıca, iki yıl sonunda elde edilen H<sub>2</sub>S salım miktarlarının %90’ı 2,3 mg/tavuk-gün’lük salım oranının altında seyretmiştir. En yüksek frekans değeri yaklaşık %6,5’tir ve bu frekans değeri 1 mg/tavuk-gün’lük salım miktarı için elde edilmiştir.

**Çizelge 2.13.** Lin ve ark. (2010a)’nın yumurta tavuğu kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar

Kümes	Ölçüm Günü	H <sub>2</sub> S Salım Oranı (mg/tavuk-gün)			H <sub>2</sub> S Salım Oranı (mg/BHB-gün)		
		Ort.	Mak.	SS	Ort.	Mak.	SS
Kümes 1	591	1,32	3,72	0,70	393	1 122	210
Kümes 2	603	1,23	4,26	0,87	384	1 268	264
Ortalama	597	1,28	3,99	0,79	389	1 195	237

### 2.1.1.3. Metan

CH<sub>4</sub>, küresel ısınmaya olan katkısı nedeniyle dikkate alınması gereken önemli bir hava kirleticisidir. Farklı sektörlerdeki endüstriyel kaynakların atmosferdeki toplam CH<sub>4</sub> konsantrasyonuna olan katkıları değişiklik göstermekle birlikte, tarımsal üretimin önemli bir CH<sub>4</sub> kaynağı olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur.

Hayvancılık sisteminde CH<sub>4</sub> salımının önemli bir bölümü geniş getiren hayvanların sindirim sistemi, gübrenin depolanması ve işletilmesi ile silaj fermentasyonundan kaynaklanmaktadır (Anonim 2004).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub>’ın büyük bir bölümü (yaklaşık %75’i) geniş getiren hayvanların yedikleri yemlerin fermentasyonundan oluşmaktadır. İçsel fermentasyon, hayvanın işkembesindeki selüloz materyalinin mikrobiyal sindirimidir. Bu işlem sonucunda oluşan CH<sub>4</sub> gazı hayvanların geçirmeleri ile ortama yayılır. Bu durum besinsel bir süreç olduğu için fermentasyon hızı ve sonucunda CH<sub>4</sub> salımı büyük

ölçüde hayvanın beslenmesine bağlıdır (Johnson ve Johnson 1995, Marcillac 2007). Bir hayvancılık işletmesinde yem fermantasyonunun yanında gübre depolama ve boşaltımı işlemleri de en önemli CH<sub>4</sub> kaynaklarıdır (Jarvis ve ark. 1995). CH<sub>4</sub> ayrıca hayvan gübresinin anaerobik ortamda mikrobiyal bozunması sonucunda da oluşur. metanojenler olarak da bilinen mikroorganizmalar, gübredeki ve altlık materyalindeki karbonu (selüloz, şekerler, proteinler, yağlar) CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> ayrıştırarak CH<sub>4</sub> gazının ortaya çıkmasına neden olurlar (Anonim 2000).

Hayvan gübresinin açık bir alanda veya oksijenli bir işlemde geçirilmesiyle kurumasına olanak verilirse, gübreden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımı minimum düzeye inecektir (Amon ve ark. 2006, Yamulki 2006). Gübrenin oksijensiz bir ortam sağlayan sıvı depolama sistemi ile depolanması durumunda, CH<sub>4</sub> salımı önemli derecede artar (Amon ve ark. 2006). Bu şekilde oluşan CH<sub>4</sub> ABD’de hayvan barmaklarından kaynaklanan toplam CH<sub>4</sub> miktarının %9,8’ini oluşturur. Büyük kapasiteli işletmelerin üretim sisteminde yer alması ve sıvı gübre işletim sistemlerinin sayısının artmasına bağlı olarak, Amerika Birleşik Devletleri’nde 1990’dan beri gübre işletim sistemlerinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları %26 oranında artış göstermiştir. Özellikle, süt sığırı işletmelerinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımının 1990’dan beri %38 oranında arttığı tahmin edilmektedir (Anonim 2005a, Marcillac 2007).

CH<sub>4</sub> salımını etkileyen ana faktörler, üretilen gübre miktarı ve anaerobik olarak ayrışan gübrenin oranıdır. Anaerobik olarak parçalanmış gübrenin oranı organik kısmın biyolojik parçalanmasına ve gübrenin nasıl işletildiğine bağlıdır. Hayvan gübresi, anaerobik havuzlarda, tanklarda veya çukurlarda sıvı olarak depolandığında ya da işletildiğinde anaerobik olarak parçalanır ve önemli miktarlarda CH<sub>4</sub> üretir. Çünkü bazı gübre işletim sistemleri CH<sub>4</sub>’ın oluşumuna olanak sağlayan anaerobik ortamın oluşmasına yardımcı olur. Ayrıca gübre içerisindeki metabolik metanojen mikroorganizmalarının faaliyetleri gübre işletiminin bütün aşamalarında CH<sub>4</sub> üretimine olanak sağlar (Anonim 2001a).

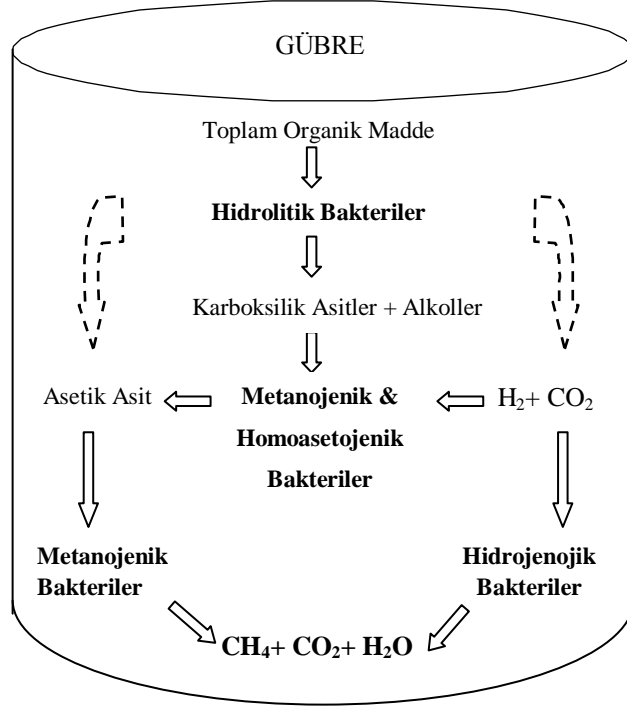
Anonim (2003)’e göre, anaerobik katı gübre işletim sistemleri CH<sub>4</sub> üretimine çok az ya da hiç katkıda bulunmaz iken, sıvı işletim sistemleri önemli miktarda CH<sub>4</sub> üretimine

olanak sağlayan anaerobik koşulların oluşmasına neden olur. Y¼ksek sıcaklıklar ve nemli koşullar da CH<sub>4</sub> üretimini arttırıcı yönde etki eder.

CH<sub>4</sub> suda çz¼nmeyen bir gazdır. Bundan dolayı, üretildiği andan itibaren çözeltiden hızlı bir şekilde yayılır. Metanojen mikroorganizmaları, CH<sub>4</sub> üretimi ile eşzamanlı olarak, su içerisinde kısmen çözünebilen karbondioksit üretimine de mikrobiyal olarak aracılık eder. Böylece, gübreden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları karbondioksit salımı ile birlikte meydana gelir. Bu iki gazın karışımı genellikle biyogaz olarak adlandırılır. Biyogaz içerisindeki CH<sub>4</sub> ve karbondioksit oranları gübrede var olan metanojen populusyonuna bağlı olarak değişir. Metanojenlerin gelişimine uygun koşullar altında, normal olarak biyogazın %60-70'i CH<sub>4</sub>'dan, %30-40'ı CO<sub>2</sub>'den oluşur. Metanojenlerin gelişimine uygun bir ortam yoksa biyogaz içerisinde CH<sub>4</sub>'ın oranı %30'dan bile az olabilir (Anonim 2001a).

Burton ve Turner (2003), gübreden kaynaklanan CH<sub>4</sub> gazının ortaya çıkışına ilişkin mekanizmayı şekil 2.1'deki gibi vermişlerdir.

K¼resel ölçeekte insan kaynaklı toplam CH<sub>4</sub> konsantrasyonu, doğal kaynaklardan kaynaklanan toplam CH<sub>4</sub> konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında, 320 milyon ton/yıl olarak tahmin edilmektedir. Çk farklılık gösteren insan kaynakları içerisinde tarım sektör¼, hayvancılık üretimi ile en büyük paya sahiptir. ABD'de yıllık 41 milyon ton olan toplam insan kaynaklı salım (31 milyon ton C /yıl) miktarının yaklaşık 7,6 milyon ton'luk (5,7 milyon ton C/yıl) bölüm¼n¼, hayvancılıktan kaynaklanan salımlar oluşturur (van Aardenne ve ark. 2001). Johnson ve ark. (1992), yıllık CH<sub>4</sub> salımının %16,4'¼n¼n geviş getiren hayvanlardan ve hayvan gübresinden kaynaklandığını belirtmekte olup, bu oran küresel ısınmaya katkıda bulunan tüm sera gazlarının yaklaşık %2,9'unu oluşturmaktadır.



**Şekil 2.1.** Gübreden kaynaklanan CH<sub>4</sub> gazının oluşum mekanizması

Literatürde, hayvan barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımı üzerine yapılan çalışmalar süt ve et sığırı barınakları üzerine yoğunlaşmıştır. Büyükbaş hayvanların kanatlı hayvanlara göre fizyolojik olarak farklılık göstermesi ve bunun yanı sıra yem rasyonlarındaki farklılıktan dolayı bu iki tür arasında CH<sub>4</sub> salımları açısından önemli değişimler görülmektedir.

Amon ve ark. (1996)'na göre, CH<sub>4</sub> salımı geviş getiren hayvanlarda ruminal fermentasyon ile doğrudan ilişkilidir. Gübre işletim sistemlerinden olan salımlarda ise anaerobik ortamda depolanan katı gübre, kompost gübreden daha fazla CH<sub>4</sub> açığa çıkarmaktadır.

Neser ve ark (1997) ile Macke ve Van den Weghe (1997)'ye göre broyler kümeslerinden dış ortama yayılan CH<sub>4</sub> miktarı oldukça düşük değerlerdedir ve göz ardı edilebilir. Aynı zamanda broyler kümesleri doğal kaynaklardan olan salımlar envanterinden çıkartılabilir.

Brose ve ark. (1998), süt sığırı ahırlarından kaynaklanan sera gazları (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O) ve NH<sub>3</sub> salımlarını, sürekli ölçümler ile belirlemeye çalışmıştır. Araştırma, duraklı, ızgara tabanlı ve doğal havalandırmalı bir ahırda gerçekleştirilmiştir. CH<sub>4</sub> salımları, hayvanlara yemin verilmesi sırasında ve sonrasında artış göstermiştir. Gece ise salımda genel bir azalma meydana gelmiştir. Çalışma kapsamında, yaz ve kış ortalama CH<sub>4</sub> salımları da belirlenmiştir. Yaz mevsiminde birim hayvan başına CH<sub>4</sub> salımı 161 g olarak gerçekleşirken, kış mevsiminde CH<sub>4</sub> salımları %20 artış göstermiştir.

Amon ve ark. (2001)'na göre, süt sığırcılığı işletmelerinden kaynaklanan kirletici gaz salımlarının belirlenmesi, salımları etkileyen faktörlerin tespiti ve bu salımları azaltıcı stratejilerin geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Ancak yapılacak çalışmalar işletmede kirletici gazlara kaynak olabilecek gübre deposu gibi yardımcı yapıları içermeli ve değerlendirmelidir. Bu amaçla çalışmalarında, bağlı duraklı ahırda, gübre deposunda ve gübrenin uygulandığı arazide yaklaşık bir yıllık süre içerisinde FTIR spektroskopisi ile CH<sub>4</sub> başta olmak üzere çeşitli gazlar için ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlar izelge 2.14'de verilmiştir. Bağlı duraklı ahırdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları mevsimlerle ve iklimsel evre koşulları ile bir korelasyon göstermemiştir. Ahırdan kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımının, süt sğırlarının sindirim sisteminin bir sonucu olduğunu ve sindirim sisteminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımının, toplam salımın %80'ini oluşturduğunu belirlemişlerdir. Geriye kalan %20'lik bölümün gübreden kaynaklandığını vurgulamışlardır.

Guiziou ve Beline (2005), broyler kümeslerinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımlarının ölçülmesi amacıyla deneysel bir teknik geliştirmişlerdir. Bu teknik, havalandırma oranı ve gaz konsantrasyonlarının izlenmesini içermektedir. CH<sub>4</sub> devamlı olarak kızılötesi gaz analizörü ve eşzamanlı olarak gaz kromatografisi kullanılarak belirlenmiştir. Denemenin sonunda, kızılötesi gaz analizörü kullanılarak iç ortam ve dış ortamda llen CH<sub>4</sub> konsantrasyonları arasındaki farklılıklar daima 5 ppm'in altında kalmıştır. Aynı şekilde, gaz kromatografisi ile yapılan analizler de, i ve dış ortam CH<sub>4</sub> konsantrasyonları arasında önemli derecede fark olmadığını göstermiştir. Bu sonuçlara göre broyler kümeslerinden olan CH<sub>4</sub> salımları çok düşük olduğundan göz ardı edilebilir.

**Çizelge 2.14.** Bağlı duraklı süt sığırı işletmesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımı (Amon ve ark. 2001)

Kaynak	CH <sub>4</sub> Salımı		
	Ortalama	Minimum	Maksimum
Barınak (g/ BHB*.gün)			
Sıvı Altılık	194,4	170,4	218,4
Saman Altılık	194,4	184,8	232,2
Gübre Deposu (kg.CO <sub>2</sub> )			
Yaz			
Kompost gübre	4,96		
Kuru gübre	47,84		
Kış			
Kompost gübre	24,21		
Kuru gübre	18,41		

\*BHB: 500 kg'lık canlı ağırlık

Hörnig ve ark. (2004)'e göre CH<sub>4</sub>, sera etkisi yaratan veya vejetasyon zararlarına neden olan zararlı gazlardandır. Denemede Çek Cumhuriyeti'nde 22 000 tavuk kapasiteli kafesli kümes ile Almanya'da 10 000 tavuk kapasiteli kademeli ızgaralı alternatif kümeste (aviary) gaz salımları belirlenmeye çalışılmıştır. Her iki sistemde mekanik havalandırma ve gübre kurutma sistemi bulunmaktadır. Ölçüm parametreleri olarak, iç ve dış ortam sıcaklık ve bağıl nemi de dikkate alınmıştır. Hesaplanan salım değerleri kümesler arasında farklılık göstermektedir. Kafesli sistemde CH<sub>4</sub> salımı 46,8-64,3 g/tavuk arasında iken, kademeli ızgara sisteminde ise 208,2-316,2 g/tavuktur. Salım değerlerinin yüksek olması, bu sistemlerde uygulanan havalandırma oranlarının daha fazla olması ile açıklanmaktadır.

Hayvan barınakları CH<sub>4</sub> salımı açısından tarım içerisindeki en önemli kaynaklardan birisidir (Zhang ve ark. 2005). Çoğu araştırmacı, bu salımların azaltılmasında kullanılabilecek teknik çözümleri bulmak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Ancak, açıkta yetiştiricilik yapan barınaklardan olan salımlar ile ilgili güvenilebilir modeller geliştirmek için veri ve bilgiye gereksinim duyulur. Zhang ve ark. (2005), doğal havalandırmalı, farklı taban ve gübre işletim sistemine sahip süt sığırı barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımıyla ilgili temel bilgi sağlamak için bir deneme kurmuşlardır. CH<sub>4</sub> salım oranları ortalama gaz konsantrasyonu ile havalandırma oranı değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen CH<sub>4</sub> salım oranları Çizelge 2.15'de verilmiştir.

**Çizelge 2.15.** Serbest açık süt sığırı yetiştiriciliğinde farklı taban ve gübre işletim sisteminden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları (Zhang ve ark. 2005)

Taban ve Gübre İşletim Sistemi	Mevsim	CH <sub>4</sub> Salım Miktarı (g /HPU.gün)		Ortam Sıcaklığı (°C)	
		Ort.	SS	Ort.	SS
Beton taban; V şekli küreyicili	Yaz	399	4	21,7	1,6
	Kış	244	3	7,0	2,6
Sıcak Asfalt; küreyicili	Yaz	230	9	17,4	2,0
	Kış	289	-	6,2	-
Prefabrik beton taban (yivli) ; küreyicili	Yaz	218	33	19,9	1,5
	Kış	236	1	6,1	0,6
	Kış	247	-	6,4	-
Prefabrik beton taban (düzgün) ; küreyicili	Yaz	248	21	15,7	3,6
	Kış	217	-	3,6	-
Izgara taban; 40 cm derinliğindeki kanalda küreyicili	Yaz	339	5	19,0	3,6
	Kış	244	5	9,6	2,0
Izgara taban; geriden yıkamalı	Yaz	343	4	22,4	0,8
	Kış	227	2	8,3	1,3
Izgara taban; devirdaim, asitsiz gübre dolaşimli	Yaz	495	63	13,2	3,0
	Kış	303	6	2,3	1,4
Izgara taban; devirdaim, asitli gübre dolaşimli	Yaz	273	7	16,8	0,6
		258	10	16,8	0,9
	Kış	286	3	14,7	2,4
		250	1	6,2	1,7
Izgara taban; taban üzerinde küreyicili	Yaz	295	10	19,5	2,9
	Kış	283	10	5,8	3,8
Izgara taban; devirdaim, katkı maddesiz gübre dolaşimli	Yaz	294	27	16,6	1,2
	Kış	277	11	17,3	0,7
		279	7	6,3	2,0
Izgara taban; devirdaim, katkı maddeli gübre dolaşimli	Kış	285	11	8,9	1,3

Kaharabata ve ark. (2000), kapalı ve açık süt sığırı barınaklarında atmosferik iz gaz kullanarak CH<sub>4</sub> salımlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada, kapalı ve açık barınak içerisine 16 noktadan iz gaz olarak sülfür hekzaflorid (SF<sub>6</sub>) dağıtılmıştır. Çalışma sonucunda kapalı ve açık barınakta CH<sub>4</sub> salımları sırasıyla 542 ve 631 L CH<sub>4</sub>/süt sığırı.gün olarak bulunmuştur.

Snell ve ark.(2003), doğal havalandırılmalı süt sığırı barınaklarında CH<sub>4</sub> salımları üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Doğal havalandırılmalı barınaklarda havalandırma miktarının

belirlenmesinin oldukça güç olduğu belirtilmektedir. Çalışmada havalandırma miktarının belirlenmesinde, barınak içerisine hava giriş açıklıklarından belirli miktarda SF<sub>6</sub> verilmiş ve hava çıkış açıklıklarında iç ortam havası örneklenmiştir. Giriş ve çıkış açıklıkları arasındaki konsantrasyon farklılığından yararlanarak havalandırma miktarı belirlenmiştir. Çalışmada ölçümler, dört farklı süt sığırı barınağında yaz ve kış mevsiminde iki gün sürekli olarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda CH<sub>4</sub> salımları barınaklar arasında önemli farklılıklar göstermiş ve salım miktarları 749-2946 g/h arasında değişmiştir. Salım miktarlarının geniş bir aralıkta değişmesi, barınaklarda uygulanan farklı gübre temizleme sistemleri ile barınakların yapısal farklılıklarına bağlanmıştır.

Fabbri ve ark. (2007), her biri 60 000 yumurta tavuğu kapasiteli iki adet kafes sistemli yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan kirletici gaz salımlarını belirlemeye yönelik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada incelenen kümesler derin çukurlu ve gübre bantlı olmak üzere iki farklı gübre işletim sistemine sahiptir. Kümes iç ortamındaki gaz konsantrasyonları kızılötesi fotoakustik gaz detektörü kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 2.16'da verilmiştir. İki farklı gübre temizleme sistemine sahip kümeden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları 0-13,6 g/h.BHB arasında gerçekleşmiştir. Derin çukurlu ve gübre bantlı kümeslerden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Gübre bantlı kümesden kaynaklanan salımlar daha fazladır.

Bjerneberg ve ark. (2009), ABD, Idaho eyaletinde bulunan serbest açık süt sığırı işletmesinden kaynaklanan gaz salımları üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. İşletme 780 baş kapasiteli olup, 700 sağmal 80 kuru ineğe sahiptir. Hayvan başına düşen toplam alan 60 m<sup>2</sup>'dir. Ahır özellikleri itibariyle yöredeki serbest açık ahır karakteristiklerini yansıtmaktadır. Serbest açık ahır 6 ana alana bölünerek süt sığırları süt verimine göre bu bölmelere yerleştirilmiştir. İşletmede ahırın yanısıra sağımhane, hasta hayvan bakım ünitesi, gübre depoları ile sıvı ve katı gübreyi ayıran separatör ünitesi bulunmaktadır. Çalışmada ahırın yanısıra bu ünitelerin bazılarında da ölçümler yapılarak salımlar hesaplanmıştır. Ahır içerisinde gübre yemliklerdeki dikilme platformundan vakum tankeri ile toplanırken, bölmelerden kürenerek temizlenir. Bölme yüzeylerinde don olayı meydana gelmemiş ise, küreme işlemi günlük olarak yapılır.



**Çizelge 2.16.** İki farklı gübre temizleme sistemli yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımları (Fabbri ve ark. 2007)

CH <sub>4</sub> Salımı	Derin Çukurlu Kümes		Gübre Banth Kümes	
	Ortalama	SS	Ortalama	SS
	Ağustos 2001		Haziran 2001	
kg/yıl.tavuk	0,07	0,03	0,28	0,18
g/h.BHB	2,64	1,01	7,44	4,71
	Ekim 2001		Eylül 2001	
kg/yıl.tavuk	0,05	0,02	0,04	0,01
g/h.BHB	1,57	0,60	1,02	0,23
	Mart 2002		Ekim 2001	
kg/yıl.tavuk	0,00	0,00	0,06	0,02
g/h.BHB	0,11	0,17	1,54	0,44
	Nisan 2002		Aralık 2001	
kg/yıl.tavuk	0,00	0,01	0,05	0,01
g/h.BHB	0,17	0,20	1,40	0,20
	Mayıs 2002		Şubat 2002	
kg/yıl.tavuk	0,02	0,01	0,03	0,01
g/h.BHB	0,71	0,21	0,90	0,18

Dikilme platformundan vakumlanan gübre kompost ünitesinde işletilir. Bölmelerde, gübre deposunda ve kompost ünitesinde gaz konsantrasyonu ölçümleri FTIR kullanılarak Ocak, Mart, Haziran ve Eylül aylarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilen CH<sub>4</sub> konsantrasyonu ve salımına ilişkin sonuçlar Çizelge 2.17’de verilmiştir. Çalışmada elde edilen CH<sub>4</sub> konsantrasyonları her bir ölçüm ayında ölçüm yerleri arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Ölçüm yapılan yerlerde en yüksek konsantrasyon değeri Ocak ve Mart aylarında bölmelerde elde edilirken, bölmeleri sırasıyla gübre depoları ve kompost ünitesi takip etmiştir. Haziran ve Eylül aylarında ise bölmelerde ve gübre depolarında elde edilen değerler eşittir. Haziran ve Eylül aylarında bölmelerdeki ve gübre deposundaki CH<sub>4</sub> konsantrasyonu Ocak ve Mart aylarına oranla daha yüksek gerçekleşmiştir. Maksimum konsantrasyon değeri bölmelerde Ocak ayında, gübre deposunda Haziran ayında ve kompost ünitesinde ise Eylül ayı ölçümlerinde elde edilmiştir. Bölmelerden ve gübre deposundan kaynaklanan toplam CH<sub>4</sub> salımları 0-650 kg CH<sub>4</sub>/gün gibi geniş bir aralıkta değişkenlik göstermiştir. Hayvan aktivitesine ve kapladıkları alanlara bağlı olarak, CH<sub>4</sub> salımı için gübre depolarına göre bölmelerde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Birim alandan kaynaklanan salım oranları Ocak, Mart, Haziran ve Eylül ayları için bölmelerde 51, 83, 26 ve 26 kg/süt sığırı.gün olarak gerçekleşirken, gübre depoları için 16, 15, 41 ve 25 kg/sütsığırı.gün

olarak gerçekleşmiştir. Gün içerisinde gerçekleşen CH<sub>4</sub> salımları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

**Çizelge 2.17.** Serbest açık bir süt sığırı işletmesinde elde edilen CH<sub>4</sub> konsantrasyon ve salım miktarları (Bjerneberg ve ark. 2009)

Ölçüm yeri	Ortalama CH <sub>4</sub> Konsantrasyonu (ppmv)				Ortalama CH <sub>4</sub> Salımı (kg/gün)			
	Ocak	Mart	Haziran	Eylül	Ocak	Mart	Haziran	Eylül
Bölmeler	2,80	2,11	2,07	2,07	227	371	116	117
Gübre Deposu	1,94	1,87	2,15	1,96	13	12	32	20
Kompost Ünitesi	1,73	1,71	1,75	1,76				
Toplam					240	383	148	137
kg/Süt sığırı.gün					0,34	0,55	0,21	0,20

Lin ve ark. (2010b), Kaliforniya’da 16 kümeslik bir broyler işletmesinde bulunan iki adet kümesi 2 yıl süreyle izleyerek broyler kümeslerinden kaynaklanan gaz ve toz salımlarını saptamışlardır. İncelenen kümesler 21 000 tavuk kapasiteli olup, 45 günlük üretim periyodu uygulanmaktadır. Mekanik havalandırmanın uygulandığı bu kümeslerde ayrıca soğutma pedleri de bulunmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen CH<sub>4</sub> salımlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 2.18’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, CH<sub>4</sub> salımlarının tavukların yaşı ile doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir.

**Çizelge 2.18.** Lin ve ark. (2010b)’nın broyler kümeslerine ilişkin elde ettiği sonuçlar

Kümes	Ölçüm Günü	CH <sub>4</sub> Salım Miktarı (mg/tavuk-gün)			CH <sub>4</sub> Salım Miktarı (g/BHB-gün)		
		Ort.	Mak.	SS	Ort.	Mak.	SS
Kümes 10	318	45,1	417	57,8	52,5	387	59,9
Kümes 12	321	47,9	449	61,2	51,3	373	56,4
Ortalama	320	46,5	438	59,5	51,9	380	58,2

#### 2.1.1.4. Karbondioksit

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) doğada, toprak ve kayaçların içerisindeki karbonatların, aşınması, kömürleşmesi ve aerobik ortamda gerçekleşen biyolojik reaksiyonlar ile oluşur ve atmosfere doğru yayılır (Godish 2004, Marcellac 2007). CO<sub>2</sub>’in ana kaynakları, fosil

yakıtlar (toplam CO<sub>2</sub>'in %95'ini oluşturur), endüstriyel işlemler, ormanların yok edilmesi ve biyoyakıtların yakılması şeklinde sıralanabilir (Anonim 2001b, EPA 2005). Ormanların yok edilmesi ve biyoyakıtların yakılması üzerine hayvancılığın dolaylı etkileri olduğu literatürdeki bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Hayvancılığın, doğrudan CO<sub>2</sub> salımlarına katkısı oldukça düşüktür ve bu miktarın yıllık toplam CO<sub>2</sub> bütçesinin %0,4'ü kadar olduğu tahminlenmektedir. Anonim (2005a)'e göre, tarım içerisinde hayvancılık işletmeleri, toplam sera gazı salımlarına ilişkin önemli bir kaynak olarak dikkate alınmamalıdır (Marcillac 2007).

Hayvan barınaklarındaki CO<sub>2</sub>'in ana kaynağını, hayvanların ve çalışanların solunumları sırasında vücutlarından dışarı attıkları hava oluşturur (Choiniere ve Munroe 1997). CO<sub>2</sub> aerobik ve anaerobik koşullar altında organik maddelerin mikrobiyal parçalanmasının sonucunda da ortaya çıkar. Aerobik koşullar altında organik maddelerin parçalanması reaksiyonlarında CO<sub>2</sub> ve su son üründür ve organik maddedeki karbonun tamamı CO<sub>2</sub> olarak çevreye yayılır. Hayvancılık işletmelerinde CO<sub>2</sub>'in bir diğer kaynağı anaerobik koşullar altında organik maddenin mikrobiyal parçalanmasıdır ve bu parçalanma sonucunda CH<sub>4</sub> ile birlikte ortaya çıkar. Gübrenin tarım arazilerine uygulanması işlemi, arazilerde gübredeki organik maddelerin toprak mikroorganizmaları tarafından parçalanması sonucu CO<sub>2</sub> salımına neden olan bir başka tarımsal uygulamadır (Anonim 2001a).

Kinsman ve ark. (1995)'na göre, hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımına neden olan ana kaynak hayvanların solunumları ve işletmedeki üretim aşamaları ile taşımada kullanılan fosil yakıtlardır. Ayrıca, gübrenin aerobik ortamda kompost hale getirilmesi çok küçük bir oranda CO<sub>2</sub> salımına neden olur (Hao ve ark 2004). Aslında hayvansal üretim, karbonu ayırarak, toprak ve biyoyakıt içerisinde depolaması ile CO<sub>2</sub> salımı için bir çökeltim stratejisi oluşturmaktadır (Anonim 2001b, Godish 2004) (Marcillac 2007).

Hayvansal üretimden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı, atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonunda uzun dönemde net bir artışa neden olmaz. Bu durumda, yayılan CO<sub>2</sub> atmosferden bitkilere ve hayvanlara olan karbon döngüsünün bir parçasıdır ve kısa bir zaman

periyodunda atmosfere geri döner. Bu nedenle, hayvansal üretim işletmelerinin sera gazlarının artmasına katkıda bulunduğu konusu tartışmaya açıktır (Anonim 2001a).

Amonyanın aksine, hayvan barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve CO<sub>2</sub> salımları ile ilgili olarak literatürde çok az bilgi mevcuttur (Jungbluth ve ark. 2001). Izgara tabanlı bir süt sığırları ahırında gerçekleştirdikleri çalışmada, CO<sub>2</sub>'in yanısıra diğer sera gazlarını izlemişlerdir. Barınak içerisindeki konsantrasyonların yanısıra gübre depolarından kaynaklanan konsantrasyonlar da ölçülmüştür. Ölçümlerde kızılötesi spektrometrelerden yararlanılmıştır. Çalışmanın sonuçları Çizelge 2.19'da verilmiştir.

**Çizelge 2.19.** Izgara tabanlı bir süt sığırları ahırında CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve salımı (Jungbluth ve ark,2001)

	Minimum	Ortalama	Maksimum
CO <sub>2</sub> Salımı (kg/saat)	18,8	23,2	30,3
CO <sub>2</sub> Konsantrasyonu (ppm)	974	1196	1480
İç Ortam Sıcaklığı (°C)	7,5	10,3	13,4
Havalandırma Miktarı (m <sup>3</sup> /h)	13561	15997	20083

Liang ve ark. (2005), iki farklı gübre işletim sistemine sahip derin çukurlu ve gübre bantlı yumurta tavuğu kümeslerindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerine yaklaşık bir yıllık bir çalışma yürütmüştür. Çalışma sonucunda kümes iç ve dış ortam arasındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu farkı 210 ile 4 300 ppm arasında değişmiştir. Minimum farklılık Ağustos ayında elde edilirken, maksimum farklılık Ocak ayında elde edilmiştir.

Nimmermark ve Gustafsson (2005), İsveç'te yerde yetiştiricilik yapan bir yumurta tavuğu kümesinde iç ortam çevre koşullarının NH<sub>3</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyon ve salımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma, Eylül-Kasım 2002 tarihleri arasında, 356 yumurta tavuğundan oluşan bir odacık içerisinde yürütülmüştür. Gaz konsantrasyonları kızılötesi spektrofotometre ile ölçülmüştür. İç ortam çevre koşulları ise sıcaklık-bağıl nem sensörleri ile ölçülmüştür. Çalışmada, ortalama CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 1 864 ppm olarak ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık ve havalandırma oranı değerleri ise, sırasıyla 18,4 °C ve 674 m<sup>3</sup>/h olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kümes iç ortam çevre

koşullarından sıcaklık ve bağıl nemin CO<sub>2</sub> konsantrasyonu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Havalandırma oranı ise -0,94'lük bir korelasyon katsayısı ile oldukça önemli düzeyde etkiye sahiptir (P<0,001).

Miles ve ark. (2006)'a göre, tavuklar büyüdükçe solunum oranı artmakta ve buna bağlı olarak broyler kümesleri iç ortamında bulunan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu artış göstermektedir. Ayrıca aynı çalışmaya göre, broyler kümeslerinde CO<sub>2</sub>'in bir başka kaynağı ürik asidin parçalanmasıdır. Çalışma sonucunda broyler kümesinde altlıktan kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı, üretim periyodunun birinci günü 5 490 mg/m<sup>2</sup>.h olarak belirlenmiştir. Üretim periyodunun 21. gününde ise bu değer yaklaşık % 77 artarak 9 684 mg/m<sup>2</sup>.h olarak gerçekleşmiştir.

Burns ve ark.(2008a), sözleşmeli üreticilik yapan iki broyler kümesinde iki yıl süreyle yürüttükleri çalışmalarında, broyler kümeslerinden kaynaklanan sera gazı salımlarını belirlemeye çalışmışlardır. Ölçümler fotoakustik çoklu gaz ölçer yardımıyla 24 saat sürekli olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda CO<sub>2</sub> salımı 0-5,83 ton/gün-kümes arasında değişmiştir. Maksimum salım değeri kümes 1 için 5 ton/gün-kümes iken kümes 2 için 5,83 ton/gün-kümes'tir. Kümes 1 ve 2'de yetiştirilen farklı 6 broyler sürüsü için ortalama salım oranları sırasıyla 2,28 ve 2,41 ton/gün-kümes olarak gerçekleşmiştir ve kümesler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir. Çalışmada ölçümler sürüler arasında kümeslerin boş olduğu zaman dilimleri süresince de yürütülmüş ve ortalama salım miktarı her iki kümes için de 0,19 ton/gün-kümes olarak ölçülmüştür. Çalışmada CO<sub>2</sub> salımının artan tavuk yaşı ile düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kış mevsiminde kümes içerisinde ısıtılması ve tavuklara verilen yemlerdeki enerji içeriğinin daha yüksek olması nedeniyle CO<sub>2</sub> salımları yaz mevsimine oranla daha yüksek gerçekleşmiştir. İç ortam koşullarının CO<sub>2</sub> salımı üzerine etkilerinin de belirlendiği çalışmada, havalandırma oranı ve dış ortam sıcaklığı ile CO<sub>2</sub> salımı arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu belirlenirken, iç ortam bağıl nemi ile altlığın kirlilik durumunun CO<sub>2</sub> salımı üzerine hiçbir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Süt sığırı işletmelerinden kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımlarının işletme içerisinde hayvan ve barınak ile gübre deposu olmak üzere iki kaynağı vardır. Barınaktan ve gübre

depolarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı üzerine, literatürde yapılan bazı çalışmalarda elde edilen sonuçlar Çizelge 2.20’de verilmiştir (Chianese ve ark. 2009).

**Çizelge 2.20.** Süt sığırı barınaklarından ve gübre depolarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımları (Chianese ve ark. 2009)

<b>Kaynak</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Literatür</b>
Gübre Deposu (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> .yıl)	9	117	59	Sommer ve Dahl (1999), Hensen ve ark.(2006), Sneath ve ark. (2006),
Sıvı gübre	17	17	17	
Kuru gübre	9	117	72	
Barınak (kgCO <sub>2</sub> /BHB.yıl)	1 700	3 800	2 600	Kirchgesner ve ark.(1991), Jungbluth ve ark.(2001),
Süt sığırı	2 540	3 800	3 120	Pedersen ve Sallvik (2002),
Kuru inek	1 700	2 240	2 020	Pinares-Patino ve ark. (2007),
Genç hayvan	2 280	3 500	2 800	

### 2.1.2. Partiküler Madde

Partiküler madde (PM), kapalı hayvan barınaklarında oluşan en önemli kirleticidir. Genel olarak PM hava içerisinde üzerine uygulanan aerodinamik güçlerin etkisiyle hareket eden katı veya sıvı fazdaki parçacıklardan oluşur. PM bir kez hava içerisine karıştığında burada yer edinir ve genellikle askıda kalma eğilimi gösterir (Auvermann ve ark. 2006).

Hayvan barınaklarında PM ya da toz, organik ve inorganik olmak üzere farklı şekil ve boyutlarda görülür. Tozun %70-90’ı organik içerikli olup biyolojik olarak aktif haldedir. Organik toz, yem bileşenleri, dışkı, saç ve dökülmüş deri hücreleri, tüy parçacıkları, polenler, fungusitler, küfler, virüsler ve bakterilerden oluşmaktadır. Organik tozlar, etkisini hemen gösterebilen veya solunum sistemine zarar verebilen güçlü alerjenlerdir. İnorganik tozun kaynağını ise, yapı yüzeylerindeki beton parçacıkları, mineral veya cam yünü izolasyon materyalleri ve havalandırma sırasında barınak içine alınan toprak parçacıkları gibi çeşitli aerosoller oluşturur (Choiniere ve Munroe 1997, Auvermann ve ark. 2006).

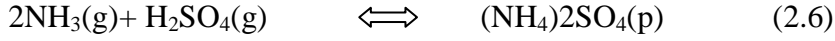
Tozun ya da PM'nin inorganik ve organik olmasının yanında boyutları da önemlidir. Hayvan barınaklarında PM için izlenmesi önerilen üç boyut sınıflandırması yapılmıştır (Chetner ve Sasaki 2001). Bunlar;

- **Toplam askıda bulunan partiküller (TAP);** Boyutları 0,005-100 µm arasında değişen havada uçuşan partiküllerdir.
- **Üst solunum yollarını etkileyen partiküller (PM10);** TAP' nin bir alt kategorisidir. Aerodinamik çapları 10 µm'den daha küçük olan PM'lere PM10 denir. Bu tip partiküller üst solunum yolları tarafından filtre edilebildiği için bu organlara (burun) zarar verebilir.
- **Alt solunum yollarını etkileyen partiküller (PM2.5);** PM10'un bir alt kategorisidir. Aerodinamik çapları 2,5 µm' den daha küçük olan PM'lere PM2.5 denir. Bu tip partiküller oldukça küçük olup alt solunum yollarına (akciğer) yapışıp kalır ve bu bölgeye zarar verebilir.

Hayvan barınakları atmosferdeki PM konsantrasyonuna iki şekilde katkıda bulunur. Birinci yol doğrudan PM yayarlar ve bunlar hava içerisine bozunmadan salım gösterirler (toprak, bitkisel polenler, tüy). Bu tip salım gösteren PM'lere birincil PM adı verilir. İkinci yol ise, ikincil partiküller şeklindedir. Hayvan barınaklarından kaynaklanan bazı gazlar (NH<sub>3</sub> vb.), atmosferdeki çeşitli reaksiyonlar sonucu PM'ye dönüş (amonyum sülfat, amonyum nitrat) (Chetner ve Sasaki 2001).

Hayvan barınaklarında PM'lerin kaynakları arasında, hayvan aktivitesi, yem, altlık materyali, mekanik havalandırma ile içeri çekilen havadaki partiküller, toprak ve gübreden kaynaklanan mineral ve organik maddeler ile yüksek basınçlı sıvı spreylerin ürettiği su damlacıkları gösterilebilir. Ayrıca hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub>, NO ve H<sub>2</sub>S gibi gazlar çeşitli reaksiyonlar sonucu ikincil PM'lere dönüşerek atmosferdeki ikincil PM'lere kaynak teşkil ederler. Hayvan barınaklarından yayılan NH<sub>3</sub>, atmosferdeki sülfür ve azot oksitler ile reaksiyona girerek, sırasıyla amonyum sülfat ve amonyum nitrata dönüşebilir ki bu bileşikler de ikincil PM'leri oluştururlar. İkincil PM'lerin oluşum reaksiyonları denklem 2.5 ve 2.6'da verilmiştir. Bu reaksiyonlar, atmosferdeki sıcaklığa, bağıl neme ve gazın konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Gaz-partikül dönüşümü ile oluşan partiküller genellikle küçük çaplıdır ve

PM2.5 boyut aralığına girerler. Ayrıca bu şekilde oluşmuş ikincil partiküllerin atmosferde kalma süreleri gaz fazındaki süreden daha uzundur (Anonim 2003, Auvermann ve ark. 2006).



Hayvan barınaklarından kaynaklanan PM salımı, yetiştiriciliği yapılan hayvan türüne, yetiştiricilik yapılan barınağın tasarımına ve gübre işletim sistemine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Anonim 2001a). Hayvan barınaklarından kaynaklanan PM salımlarını etkileyen en önemli faktörler, barınağın tasarımı, bakım-yönetim uygulamaları, hayvan aktivitesi, kullanılan yemin çeşidi, durumu ve işletimi, havalandırma sistemi ve gübre işletim sistemi şeklinde sıralanabilir. Tavuk aktivitesi, modern yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM salımlarının başlıca nedenidir (Heber ve ark. 2005, Ogunlaja 2009).

Hayvan barınaklarından yayılan PMlerin boyut dağılımları tam olarak karakterize edilememiştir. Ancak, ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılan bütün hayvan türleri ve barınaklar atmosferdeki PM miktarına katkıda bulunurlar. Yapılan yetiştiricilik türüne göre PMlerin kompozisyonu değişmektedir. Örneğin, tavuk ve domuz yetiştiriciliğinde diğer yetiştiricilik türlerine oranla daha kuru, toz şeklinde ve parçacıklı yemlerin kullanımı bu yetiştiricilik türlerini PM salımı açısından önemli birer kaynak haline getirmiştir. Bu tip yetiştiricilikte kullanılan yemlerin peletlenmesi tozluğunu azaltır, ancak toz ve PM salımını tamamen ortadan kaldırmaz. Süt sığırcılığının en önemli yem kaynağı olan silaj, daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu için, diğer yem türlerine oranla daha az PM üretir (Anonim 2001a).

Açık sistemlerde üretim yapan hayvancılık işletmelerinde toprak parçacıkları atmosferdeki toz seviyelerine önemli katkıda bulunur. Açık sistemlerden kaynaklanan PM salımları toprak tekstürü, yüzey akışı, gezinme yeri yüzeyi nem içeriği, rüzgâr hızı, mevsim ve diğer faktörlerin etkisi altında değişmektedir (Jacobson ve ark. 2003, Auvermann ve ark. 2006, Ogunlaja 2009).



Kapalı ya da kısmen kapalı barınaklardan yayılan PM miktarı, partikül boyut dağılımı kadar, havalandırma türüne ve hızına bağlı olarak da değişir. Doğal havalandırmalı barınaklardan olan PM salımı, mekanik olarak havalandırılanlara göre daha azdır. Mekanik havalandırmanın uygulandığı barınaklar daha yüksek hava hızına ve havalandırma oranına sahip oldukları için daha fazla PM yayarlar. Bu nedenle, daha sıcak iklimlerde yapılmış barınaklar soğutma için daha yüksek havalandırma oranına gereksinim duyduklarından daha fazla PM salımına neden olurlar (Anonim 2001a).

Süt ve besi sığırları için tasarlanan kapalı barınaklar çoğunlukla doğal olarak havalandırılırken, tavuk ve domuz barınakları yılın belirli bir kısmında ya da tamamında mekanik olarak havalandırılır (Sweteen ve ark.1998).

Broyler, yumurta tavuğu ve hindi yetiştiriciliğinin yapıldığı derin çukurlu kümeslerde, kuru gübrenin depolandığı yapılar, kümesin yanısıra PM salımının bir diğer kaynağını oluşturmaktadır. Bu tip yapılarda PM salım oranı, gübrenin üstünün kapatılıp kapatılmadığına bağlıdır. Açık alanlarda rüzgâr yönünün değişken doğası ve rüzgâr hızı ile yağışlar üstü açık yapılardan kaynaklanan PM salımlarının aralıklı olmasına yol açar. Bu nedenle, gübrenin nem içeriği ve oluşan salım yüksek derecede değişkendir. Üzeri kapatılmış gübre depolama yapılarından kaynaklanan PM salımları rüzgâr etkisine bağlı olarak değişim gösterir (Anonim 2001a).

Hayvan barınaklarından PM salımları kısa ömürlü salımlar olarak sınıflandırılır. PM salımları açısından hayvan barınakları önemli bir kaynak olarak değerlendirilmez (100 ton/yıl). Ancak bilinen sağlık üzerine etkileri ve zararlı materyalin taşınmasında oynadığı rolden dolayı, hayvan barınaklarından kaynaklanan PM salımları dikkatli bir şekilde izlenmeli ve değerlendirilmelidir (Predicala 2003).

Literatürde hayvan barınaklarından kaynaklanan PM ile ilgili çalışmalarda genellikle salımların belirlenmesinden ziyade, konsantrasyonların belirlenmesi ve karakterizasyonu üzerine durulmuştur. Bunun yanısıra süt sığırları ahırlarında PM konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik çalışma sayısı oldukça azdır ve bu konuyla ilgili olarak literatürde sınırlı bilgi mevcuttur.

Wathes ve ark. (1997) çalışmalarında, broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM salımlarını belirlemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2.21’de verilmiştir.

**Çizelge 2.21.** Broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM salımı (Wathes ve ark.1997)

Yetiştiricilik türü	Mevsim	PM10 (g/ h.BHB)	PM2.5 (g/ h.BHB)
Yumurta tavuğu	Kış	0,90	0,24
	Yaz	1,10	0,09
Broyler	Kış	5,20	0,60
	Yaz	8,20	0,88

Takai ve ark. (1998), dört farklı Avrupa ülkesinde bulunan süt ve besi sığırı ahırları ve kümeslerden kaynaklanan PM2.5 ve PM10 salımları üzerine çalışmışlardır. PM salımlarının hesabında, havalandırma fanının yakınında ölçülen günlük ortalama PM konsantrasyonu ve barınaklarda uygulanan günlük ortalama havalandırma oranı kullanılmıştır. Çalışma sonuçları Çizelge 2.22’de verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen PM salımları, hem ülkeler arasında hem de yetiştiricilik türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir. Süt sığırı ahırlarından kaynaklanan PM salımları mevsimler arasında farklılık göstermezken, kümeslerden kaynaklanan PM salımları mevsimsel farklılıklardan etkilenmiştir. En yüksek PM salımı Hollanda ve Danimarka’da bulunan tünekli kümesler ile İngiltere ve Hollanda’da bulunan broyler kümeslerinde gerçekleşmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, hayvan aktivitesi, yerleşim sıklığı, yemlikten saçılan yem miktarı, altlık materyalinin özellikleri ve iç ortam bağıl nem düzeyi PM salımını etkileyen ana unsurlardır.

Goodrich ve ark. (2002), serbest açık yetiştiricilik yapan bir süt sığırı işletmesinde PM konsantrasyonlar ve salımları belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmüştür. Çalışmada ölçümler, 1 800 baş kapasiteli bir ahırda Haziran ayı içerisinde bir hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. İşletmede düşük verimli hayvanlar serbest açık ahırda barındırılırken, yüksek verimli 460 hayvan serbest duraklı ahırda barındırılmıştır. Farklı günlerde farklı zaman dilimlerinde ve yedi farklı noktadan eşzamanlı olarak toplam oniki ölçüm gerçekleştirilmiştir. Serbest duraklı ahırın çevresinde 4 noktadan ve serbest

açık ahırın çevresinde üç noktadan örneklemeler yapılmıştır. Ölçümlerde araştırmacıların geliştirdiği yüksek-hacimli PM örnekleyiciler kullanılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen 12 ölçümün sonucunda elde edilen net PM konsantrasyonu 14-490  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişmiştir. Serbest duraklı ahıra yakın olan örnekleme noktalarında PM10 salım miktarı 13,23 kg/1000hayvan.gün olarak ölçülürken, serbest açık ahıra yakın örnekleme noktalarında salım miktarı 5,82 kg/1 000 hayvan.gün olarak ölçülmüştür.

**Çizelge 2.22.** İngiltere, Hollanda, Danimarka ve Almanya'da yapılan ölçümlere göre PM salımları (Takai ve ark. 1998)

Ülke	Ortalama PM10 Salımı (g/ h.BHB)	Ortalama PM2.5 Salımı (g/h.BHB)
<b>Besi ve Süt Sığırtı Ahırları</b>		
İngiltere	0,10	0,03
Hollanda	0,14	0,04
Danimarka	0,13	0,01
Almanya	0,18	0,02
Ortalama	0,15	0,02
<b>Broyler ve Yumurta Tavuğu Kümesleri</b>		
İngiltere	3,14	0,37
Hollanda	3,64	0,72
Danimarka	3,51	0,62
Almanya	2,12	0,25
Ortalama	3,19	0,50

Lim ve ark. (2003), bir yumurta tavuğu kümesinde PM konsantrasyonu ve salımları üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Kümeste, PM konsantrasyonu ve salımının dağılım deseni, Haziran ayında 6 gün gözlemlenmiştir. Günlük ortalama PM2.5, PM10 ve toplam askıda partikül konsantrasyonları sırasıyla 39, 52 ve 1 887  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  iken, salımları sırasıyla 1,1, 16 ve 63 g/gün.BHB olarak elde edilmiştir. Gündüz PM2.5, PM10 ve toplam askıda madde konsantrasyonları gece gerçekleşen değerlerden %151, %108 ve %136 daha yüksektir ( $P<0,05$ ). Çalışmada tavukların en aktif ve havalandırma oranının en yüksek olduğu günde salımlar en üst düzeye ulaşmıştır. PM konsantrasyonunda ve havalandırmada ölçüm yapılan günlere göre büyük değişimler gözlenmiştir. PM salımlarının havalandırma, bağıl nem, iç ve dış ortam sıcaklığı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ).

Burns ve ark. (2008b), mekanik havalandırmalı iki broyler kümesinde bir yıl boyunca PM10, PM2.5 ve toplam askıdaki PM konsantrasyonu ve salımını belirlemeye yönelik

ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışma boyunca toplam 12 broyler sürüsü yetiştirilmiştir. PM ölçümleri Tapered Element Oscilating Mikrobalans (TEOM) kullanılarak 24 saat sürekli yapılmıştır. Kümeslerde gerçekleşen havalandırma oranı, kümesle dış ortam arasındaki statik basınç farklılığının bir fonksiyonu olarak ele alınmış ve statik basınç farklılığı ölçümlerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2.23’de verilmiştir. Çalışma sonucunda, broyler kümeslerinden kaynaklanan PM salımlarını etkileyen en önemli faktörlerin tavuk yaşı, vücut ağırlığı ve havalandırma oranı olduğu belirlenmiştir. Bu üç faktörün içinde ise tavuk yaşı baskın faktördür.

**Çizelge 2.23.** Broyler kümeslerinden gerçekleşen PM salımları (Burns ve ark. 2008b)

PM	12 Sürünün Ortalaması kg/gün-kümes	Salım		Boş Kümes (g/gün.kümes)
		kg/yıl.kümes	kg/yıl.1000 tavuk	
TAP	2,78	785	6,03	0,05
PM10	1,17	330	2,52	23,6
PM2.5	0,11	32,5	0,25	13,6

Purdy ve ark. (2009)’a göre, süt sığırları barınaklarında bulunan PM10 ve PM2.5 konsantrasyonlarının belirlenmesi, burada çalışan işçilerin sağlığının ne durumda olduğunun ortaya konması için önemli bir çabadır. Bu amaçla, 4 farklı süt sığırları barınağının farklı noktalarından örnekledikleri iç ortam ve dış ortam havasında konsantrasyon değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Hava örnekleri süt sığırları barınağının gezinme ve dinlenme yeri ile gübre kompost ünitesinden olmak üzere üç farklı noktadan alınmıştır. Bunun yanısıra dört işletmenin sağım ünitesi de çalışmada incelenmiştir. Çalışmada PM konsantrasyonunu belirlemek için yüksek hacimli hava örnekleme, lazer PM izleyici ve siklon hava örnekleme kullanılmıştır. Çalışma 2006 ve 2007 yaz ve kış aylarında 28 gün süreyle yürütülmüştür. Çalışma sonuçları Çizelge 2.24’de verilmiştir. Çalışma sonucunda, incelenen 4 süt sığırları işletmesi için kış mevsiminde elde edilen ortalama PM10 ve PM2.5 konsantrasyon değerleri yaz mevsimine oranla daha yüksektir. Sağım ünitesinde ölçülen ortalama PM10 ve PM2.5 konsantrasyon değerleri kış mevsiminde yaz mevsimine oranla istatistiksel olarak daha yüksektir.

**Çizelge 2.24.** Süt sığırı barınağı ve sağım ünitesinde PM10 ve PM2.5 konsantrasyonları (Purdy ve ark. 2009)

PM	Yer	Mevsim	Ortalama ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Standart Hata	Minimum	Maksimum
PM10	Barınak	Yaz	12,6	0,9	1,3	39,2
		Kış	21,9	2,0	21,9	109,0
	Sağım Ünitesi	Yaz	21,1	4,1	0,7	63,8
		Kış	63,2	9,8	11,8	205,7
PM2.5	Barınak	Yaz	80,9	15,1	5,0	781,0
		Kış	81,0	7,3	13,7	275,6
	Sağım Ünitesi	Yaz	75,4	9,7	1,7	189,3
		Kış	107,1	5,7	20,4	173,9

Li ve ark. (2011), yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM salımlarının belirlenmesine yönelik olarak 250 000 tavuk kapasiteli bir kümeste yaklaşık bir yıl süren bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma başında tavukların yaşı 50 hafta iken çalışma sonunda 90 haftaya ulaşmıştır. PM ölçümleri biri PM10 ölçümünde diğeri PM2.5 ölçümünde kullanılan iki adet TEOM ile gerçekleştirilmiştir. TEOM'lar kümes içinde havalandırma fanlarının hemen önüne yerleştirilmiştir. Çalışma sonucunda kümes iç ortamında PM10 konsantrasyonu çalışma boyunca 90-1 387  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişirken bir yıllık ortalama konsantrasyon 393  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak elde edilmiştir. PM2.5 konsantrasyonu ise 11-168  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında gerçekleşmiş ve bir yıllık ortalama konsantrasyon ise 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Sonbahar ve kış aylarında azalan dış ortam sıcaklığına bağlı olarak azalan havalandırma miktarından ötürü, iç ortamdaki PM10 ve PM2.5 konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir. Çalışmada yapılan ölçümler sonucu aydınlık saatlerdeki PM konsantrasyonlarının karanlık saatlerdekine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanısıra gün içerisinde yemleme, gübre bantlarındaki gübrenin sıyırılması ve kümesin temizlenmesi gibi günlük bakım faaliyetleri PM konsantrasyonlarında ani yükselişlere neden olmuştur. Yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan PM10 salımı ortalama 26,1 mg/gün.tavuk, PM2.5 salımı ise ortalama 3,6 mg/gün.tavuk olarak hesaplanmıştır. Çalışma süresince PM10 salımları 1,9-89,1 mg/gün.tavuk arasında değişirken PM2.5 salımları 0,4-16,3 mg/gün.tavuk aralığında değişmiştir. Çalışmada ayrıca, PM salımlarının mevsimlere göre büyük ölçüde farklılık gösterdiği belirtilmiştir. PM salımlarının mevsimlere göre değişimi Çizelge 2.25'de verilmiştir. Çalışma sonucunda yumurta tavuğu kümesinden

kaynaklanan PM salımlarının havalandırma oranı ile arttığı ve iç ortam bağıl nemi ile azaldığı bulunmuştur.

**Çizelge 2.25.** Kümeslerde PM salımlarının mevsimlere göre değişimi (Li ve ark. 2011)

Mevsim	Havalandırma Miktarı (m <sup>3</sup> /h.kümes)	Konsantrasyon (µg/m <sup>3</sup> )		Salım (mg/gün.tavuk)	
		PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
İlkbahar	189	328	23	20.2	1.7
Yaz	458	236	46	35.6	6.5
Sonbahar	200	483	60	27.9	3.9
Kış	87	503	39	17	1.3

Cambra-Lopez ve ark. (2011), yumurta ve broyler kümesleri ile domuz barınağında oluşan PM'nin, barınak içerisindeki kaynaklarını bu kaynakların toplam PM içerisindeki oranını belirlemeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada 14 farklı işletmeden alınan toplam 56 hava örneğinde bulunan PM konsantrasyonu ile PM'nin kimyasal ve morfolojik özellikleri ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda PM10 konsantrasyonları broyler, yumurta tavuğu (yerde ve tünekli sistem) ve hindi yetiştiriciliği için sırasıyla 1,96, 3,94 (yerde yetiştiricilik), 3,06 (tünekli sistem) ve 2,32 mg/m<sup>3</sup>.kümes olarak ölçülmüştür. PM karakterizasyonuna ilişkin sonuçlar Çizelge 2.26'da verilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kümeslerde ölçülen PM konsantrasyonu dikkate alındığında, kümes iç ortamında bulunan PM'nin önemli bir kısmının tavuk tüylerinden ve gübresinden kaynaklandığı söylenebilir. Kümeslerde yemin neden olduğu PM miktarı, diğer kaynaklar düşünüldüğünde gözardı edilebilecek orandadır.

**Çizelge 2.26.** Kümeslerde PM kaynakları ve katkı oranları (Cambra-Lopez ve ark. 2011)

Kaynak (%)	Broyler		Yumurta Tavuğu				Hindi	
			Yer		Tünekli			
	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10
Tüy	30,1	35,1	38,4	12,8	10,5	8,9	27,3	32,4
Yem	8,1	8,2	3,0	2,5	2,4	2,5	1,7	3,7
Gübre	14,0	29,8	49,5	83,6	84,7	86,7	8,9	40,7
Havalandırma	28,8	16,5	9,2	1,0	2,4	1,9	44,3	13,7
Talaş	19,0	10,3	--	--	--	--	17,8	9,5
Doğruluk (%)	73-86	76-85	73-74	78-88	52-75	75-84	67-83	62-76

## 2.2. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerin Etkileri

### 2.2.1. Çevresel etkiler

Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz ve PM'ler, yöresel, bölgesel, ulusal ve küresel olmak üzere, yakın çevreden başlayarak dünya çapında yaşadığımız atmosferik kirlilik ve atmosferde çeşitli problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Hayvan barınakları çevresindeki  $\text{NH}_3$  kaynaklı oksitlenmiş veya indirgenmiş N formlarının konsantrasyonlarındaki artışlar aşağıdaki sonuçları doğurabilir (Jongbloed ve ark. 1999, Arogo ve ark. 2006).

- İçme suyunda nitrat kirliliği,
- Su yüzeyinde ve bünyesinde ötrofikasyon, zararlı alglerin oluşmasına neden olarak su kalitesinin olumsuz etkilenmesi,
- Yüksek N konsantrasyonundan dolayı ekosistemde çeşitli değişikliklerin oluşması,
- $\text{N}_2\text{O}$  oluşumuna katkıda bulunarak, iklim değişimine katkıda bulunması,
- Nitrifikasyon ve yıkanma olayları yoluyla toprakta asidifikasyona,
- Orman topraklarında N saturasyonu.

Atmosferde bulunan yüksek konsantrasyonlardaki  $\text{NH}_3$  gazı, ekosistemin gübrelenmesine, asidifikasyona ve ötrofikasyonun oluşumuna katkıda bulunur.  $\text{NH}_3$  salımı, asidifikasyonun ortaya çıkmasına katkıda bulunarak, asit yağmuru oluşumuna neden olur. Hollanda'da 1989 yılındaki toplam asit birikiminin %45'inin  $\text{NH}_3$ 'ten kaynaklandığı bildirilmektedir (Groot Koerkamp ve ark. 1998).

$\text{NH}_3$  gazı, atmosferdeki aerosollerde bulunan asidik bileşikler (Nitrik asit( $\text{HNO}_3$ ), sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) vb.) ile reaksiyona girerek hızlıca amonyum aerosollerine dönüşebilir.  $\text{NH}_4^+$  aerosolleri atmosferden, öncelikli olarak ıslak çökeltme ile uzaklaştırılırken  $\text{NH}_3$  gazı öncelikli olarak kuru çökeltme ile uzaklaştırılır.  $\text{NH}_4^+$  bir ikincil PM olduğu için doğrudan atmosferdeki  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonunun artmasına neden olur. Böylece atmosferde  $\text{NH}_3$  gazının yüksek konsantrasyonlarda bulunması, ikincil

partiküllerin oluşma potansiyelini arttırır. Atmosferde ikincil partiküller, görünürlüğü ve görüş mesafesini azaltır (Anonim 2003).

Atmosferde ikincil kirlenici olarak  $\text{NH}_3$ 'ın etkisi diğer bileşiklerle girdiği reaksiyonların son ürününe bağlıdır. Örneğin;  $\text{N}_2\text{O}$  oluşumuna sebep olan  $\text{NH}_3$  oksidasyonu, bir sera gazı oluşturur ve zemin seviyesinde ozon etkisi yapar.  $\text{NH}_3$ 'ın,  $\text{NH}_4^+$  iyonuna reaksiyonu, asit birikiminin önemli bir bileşenidir. Ayrıca atmosferde  $\text{NH}_3$  ile diğer uçucu bileşiklerin kombinasyonları koku oluşumuna neden olmaktadır (Janzen 1998).

$\text{NH}_3$  atmosfere yayıldıktan hemen sonra azot döngüsü içine girer ve bu döngü içerisinde her bir azot atomu, atmosferik görüş mesafesine, toprak asitliliğine, karasal ekosistemin biyolojik çeşitliliğine, nehirlerin asitliliği ve kıyasal verimliliğe etkileri gibi etki zinciri içerisinde yer alabilir (Galloway ve Cowling 2002). Reaktif azotun aşırı derecede birikimi karasal ekosistemin çeşitliliğini azaltabilir (Anonim 2002a).

$\text{NH}_3$  yayıldığı kaynağın yakın çevresinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Yüksek çökme hızına bağlı olarak kaynaktan yayıldıktan hemen sonra çökmeye başlar. Bir broyler kümesi çevresinde yapılan araştırmada, kümeden 15 m ilerdeki konsantrasyon  $23-63 \mu\text{m}/\text{m}^3$  arasındayken 270 m uzaklıktaki konsantrasyon  $1-2 \mu\text{m}/\text{m}^3$  değerlerine kadar düşmüştür. Çalışmada 15 ve 270 m uzaklıkta çökelen  $\text{NH}_3\text{-N}$  miktarları ise sırasıyla 42 ve 5 kg N/ha olarak bulunmuştur (Fowler ve ark. 1998, Arogo 2006).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan  $\text{NH}_3$  salımlarının barınak çevresindeki ormanlarda zararlı etkiler yarattığı çeşitli bilimsel çalışmalarda bildirilmiştir. Fangmeier ve ark. (1994), hayvan barınakları çevresindeki iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlarda, yüksek  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunun ağaçlarda doku ölümlerini başlatarak ilerleyen aşamalarda tamamen ölmesine neden olduklarını belirtmişlerdir.

$\text{H}_2\text{S}$ 'in atmosferde kalma süresinin kısa olması nedeniyle, hayvan barınaklarından kaynaklanan  $\text{H}_2\text{S}$  salımlarının ulusal ölçekte diğer  $\text{H}_2\text{S}$  kaynaklarına oranla çevresel problemlerin oluşumuna katkısı göreceli olarak daha küçüktür. Hayvan barınaklarından



kaynaklanan H<sub>2</sub>S salımları ekosistem üzerinde küçük etkilere sahiptir. Ancak bölgedeki hayvansal işletmelerin sayısına ve yoğunluğuna bağlı olarak bölgesel ölçekte önemli çevre problemlerine neden olabilir (Schnoor ve ark. 2002, Anonim 2003).

H<sub>2</sub>S atmosferde sülfür diokside (SO<sub>2</sub>) okside olur ve nem ile reaksiyona girerek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oluşur. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asidifikasyona neden olan en önemli bileşiklerdendir. Bunun yanısıra SO<sub>2</sub>, atmosferde NH<sub>3</sub> ile reaksiyona girerek bünyesinde sülfür içeren ikincil partiküler maddeler olan amonyum sülfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) veya amonyum sülfid ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) oluşumuna neden olur (Chetner ve Sasaki 2001).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan H<sub>2</sub>S salımlarının yöresel ölçekte yarattığı en büyük çevre problemi, koku oluşumudur. Koku oluşumuna katkıda bulunan sülfür bileşikleri, H<sub>2</sub>S ve uçucu organik sülfür bileşikleridir (Hartung 1998).

Bir sera gazı olan CH<sub>4</sub>, sahip olduğu küresel ısınma potansiyeline bağlı olarak atmosferde büyük çevresel sorunlar oluşturabilir. Dünya yüzeyinin sıcaklığı, güneşten gelen solar enerji ve gezegenimizden yansıyan ışığın güneşten gelen ışığa oranı (albedo) ile kontrol edilebilir (Finlayson-Pitts ve Pitts 2000). Yüzey albedosu, atmosferdeki gazlar tarafından büyük oranda etkilenir. Güneş enerjisinin bir kısmı termal enerjiye dönüşürken, atmosferik gazlar solar radyasyonu absorbe eder ve yansıtır. Normal atmosferik koşullar altında bu dengeli gaz reaksiyonları, dünya yüzeyinde yaşayabilmek için atmosferi sıcak tutar. Dünyanın radyasyon dengesini veya güneşten gelen ışınları değiştirecek herhangi bir faktör, iklim değişikliğine neden olacaktır. Atmosferde sera gazlarının varlığı ve artışı dünyadan yansıyan yüzey radyasyonuna engel olarak radyasyon dengesini değiştirir. Böylece atmosferdeki ısı enerjisi miktarı artarak atmosfer ve dünya yüzeyinin ısınmasına neden olur (Finlayson-Pitts ve Pitts 2000) (Marcillac 2007).

CH<sub>4</sub>, ısıyı emme özelliğine ve atmosferdeki konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, küresel iklim değişikliğinden sorumlu olan en önemli sera gazıdır (EPA 2005). Bütün sera gazları arasında CH<sub>4</sub> atmosferik radyasyonun oluşumuna %20 oranında etkide bulunur. Ayrıca CH<sub>4</sub>'ın küresel ısınma üzerine etkisi CO<sub>2</sub>'e oranla 23 kat daha fazladır

(Anonim 2001b). CH<sub>4</sub> kaynaklarının büyük çaplı ve atmosfer içerisinde uzun bir yaşam süresine (yaklaşık 10 yıl) sahip oluşuna bağlı olarak, küresel ölçekte etkili olmasına yol açmaktadır. Ayrıca, toprak ve atmosferik reaksiyonlarla yok edildiğinden, daha hızlı bir şekilde atmosferde oluşur ve depolanabilir (Godish 2004). Yıllar arasındaki CH<sub>4</sub> salımı döngüsü tarafından üretilen CH<sub>4</sub>'ın kaynağı ve yok edici unsurları arasında bir ilişki vardır. Bu durum, CH<sub>4</sub> konsantrasyonunun azaltılmasını sağlayan (%90 oranında azaltır) hidroksil radikali konsantrasyonundaki değişimler kadar büyük ölçüde değişken olan kaynakların salım oranlarının değerlendirilmesindeki belirsizliklere bağlıdır (Anonim 1996).

Atmosfer içerisinde CH<sub>4</sub>, hidroksil radikalleri (OH) ile reaksiyona girmesi sonucu atmosferden yok edilebilir. CH<sub>4</sub> konsantrasyonu ile hidroksil radikalleri arasındaki reaksiyon aşağıdaki gibidir (Godish 2004, Marcillac 2007);



Reaksiyon sonrası ortaya çıkan kalıntı, kuru toprak oksidasyonu (%5) ve stratosfere taşınım (%7) ile giderilir (Anonim 1996). Atmosferdeki metan konsantrasyonlarının değerlendirilmesindeki zorluklara rağmen, Anonim (2005a) 1990'dan beri tarım sektöründen kaynaklanan metan salımının %3,2 arttığını tahmin etmiştir.

Hayvan barınaklarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımları, atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna uzun dönemde katkıda bulunmamaktadır. Hayvan barınaklarından kaynaklanan CO<sub>2</sub>, atmosferden bitkilere ve hayvanlara doğru olan karbon döngüsünün bir parçası olarak kabul edilebilir ve oldukça kısa bir zaman süresince atmosfere geri döner (Anonim, 2001a).

Partiküler maddelerin çevresel etkileri, görünebilirliği azaltması ve SO<sub>2</sub> ve azot oksitlerle (NO) reaksiyona girerek asit yağmurlarının temel bileşenleri olan sülfürik asit ve nitrik asiti oluşturmalarıdır (Chetner ve Sasaki 2001). Atmosferde görünebilirlik, atmosferin berraklığı ve renklerin doğruluğu olarak tanımlanabilir. PM ve hava kirliliğine neden olan diğer bileşenler atmosferin rengi ile atmosfer yoluyla görülen

nesnelerin rengini değiştirebilir. Atmosferde görünebilirliği belirleme işlemleri doğrudan atmosferde oluşan renk değişimlerinin ölümü ile gerçekleştirilebilir. PM'in görünebilirlik üzerine etkilerinin belirlenmesindeki bir başka yöntem partiküllerin ışık saçma verimliliğinin lmleridir. Yüksek ışık saçma verimliliği görünebilirliği azaltır. PM<sub>2.5</sub>'in ışık saçma verimliliği 2,4-3,1 m<sup>2</sup>/g iken PM<sub>10</sub>'un 0,2-0,4 m<sup>2</sup>/g arasında değişmektedir. En geniş ışık saçma verimliliği, boyutları 0,5-1µm arasında değişen PM'de gözlenebilir. PM boyutunun yanısıra bağıl nem de ışık saçılma verimliliğini etkiler. Yüksek bağıl nem ışık saçılma verimliliğini arttırır. Sonuç olarak PM<sub>2.5</sub> yüksek ışık saçma verimliliği ile görünebilirliği etkileyen en önemli PM sınıfı olup, nemli ve sıcak havalarda görünebilirlik üzerine olan olumsuz etkisi artar (Anonim 1999).

### **2.2.2. Hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkiler**

NH<sub>3</sub>, oda sıcaklığı ve basıncında renksiz bir gazdır. Hayvan barınağı i ortamında 0,7 ppm'in üstündeki konsantrasyonlar, keskin, yakıcı ve buruk bir kokuya sahiptir. Amonyak yüksek düzeyde suda znebilir ve kısa zamanda solunum yolları tarafından absorbe edilir. Daha düşük konsantrasyonlarda solunan NH<sub>3</sub> st solunum yolları organlarının mukoz tabakasında znr. Hayvan barınağında çalışanlar 8 saatten fazla bir süre boyunca 20 ppm seviyesindeki konsantrasyona maruz kalırsa kan üre azotu hızlı bir şekilde artar (Schiffman ve ark. 2006).

Hayvan barınaklarında, yüksek NH<sub>3</sub> konsantrasyonları (5-150 ppm), öksürük, akıntı ve balgam, st solunum yollarında ise tahrişlere neden olurken, daha yüksek konsantrasyonlar (>150 ppm) st ve alt solunum yollarında yaralanmalara yol açabilmektedir (Donham ve ark. 1986, Preller 1995). Yüksek NH<sub>3</sub> konsantrasyonlarına maruz kalındığında, deride ve gözlerde kimyasal yanmalar ve hatta ölümler görülebilir. Düşük seviyelerdeki konsantrasyonlar, göğüste hırıltı, göğüs daralması, kronik akciğer iltihaplanmaları, kronik öksürük, bronşit, akciğer fonksiyonlarında azalmalara neden olur (Donham ve ark.1986, Latenser 2000, Reynolds ve ark. 1996). Ayrıca PM<sub>2.5</sub> boyutundaki partiküller, NH<sub>3</sub> depolayarak onu akciğerlerin derinliklerine kadar taşıyabilir (Lester 2008). Farklı NH<sub>3</sub> konsantrasyonlarına maruz kalınması durumunda

solunum sistemi üzerinde oluşabilecek etkiler Çizelge 2.27’de verilmiştir (Schiffman ve ark. 2006).

**Çizelge 2.27.** Farklı NH<sub>3</sub> konsantrasyonlarının etkileri (Schiffman ve ark. 2006)

NH <sub>3</sub> Konsantrasyonu (ppm)	Etkileri
0,5	Solunum yolu rahatsızlıkları için minimum risk seviyesi
0,7-3,8 (0,5-2,7 mg/m <sup>3</sup> )	Çalışan tarafından kokusunun hissedilme eşiği
4 (3 mg/m <sup>3</sup> )	Gözlerde tahrişin başlaması
25 (17,5 mg/m <sup>3</sup> )	Dokularda orta derecede tahriş
31-50 (22-35 mg/m <sup>3</sup> )	Burunda kuruluk belirtilerinin görülmesi
35	Kısa süreli (15 dak.) maruz kalma sınır değeri
50 (35 mg/m <sup>3</sup> )	Çoğu insanda doku tahrişinin ilerlemesi
140 (98 mg/m <sup>3</sup> )	Maruz kalmaya tolerans gösterilemeyecek ve kaçınılması gereken eşik değeri
400 (280 mg/m <sup>3</sup> )	Boğazda hızlı bir şekilde tahrişin oluşması
500 (300 mg/m <sup>3</sup> )	Alt solunum yolu organlarında tahriş, hızlı soluma başlangıcı
5000	Hızlı bir şekilde gerçekleşen ölüm

H<sub>2</sub>S’in kokusunun insanlar tarafından hissedilebilmesi için minimum konsantrasyonunun 0,5 ppb olması gerekir. H<sub>2</sub>S konsantrasyonu 2,5-20 ppm’e ulaştığında solunum yollarında tahrişlere neden olabilir. Böylece, H<sub>2</sub>S’in kokusunun hissedilebilme eşiği, klasik tahriş belirtilerine neden olan konsantrasyonların 3-4 katı daha küçüktür. Literatürdeki bazı çalışmalar hayvan barınaklarından kaynaklanan H<sub>2</sub>S’in zarar verme eşiğine ulaşmadan da çeşitli sağlık problemi belirtilerine yol açabildiğini göstermektedir (Shiffman ve ark. 2006). Örneğin H<sub>2</sub>S zehirlenmesi bu duruma iyi bir örnektir. Bu tip zehirlenmelerin çoğu zararlı etki yaratmayan seviyelerde (NOAEL) veya küçük zararlı etkiler seviyesindeki (LOAEL) konsantrasyonlarda meydana gelmiştir (Anonim 2003).

Hayvan barınakları iç ortamında bulunan H<sub>2</sub>S konsantrasyonları çalışan ve hayvan sağlığı açısından solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıkları için önemli riskler yaratmaz. Ancak H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gübre işletim sistemleri ciddi sağlık problemlerine hatta ani ölümlere bile neden olabilir (Omland 2002). Anonim (2002b), bir kaç saniye içinde gübre deposunun karıştırılması sırasında H<sub>2</sub>S konsantrasyonu 5 ppm’den 500 ppm’in üstüne çıktığını ve bu seviyelerde gübre depolarında bakım yapan veya örnek alan işçileri hızlı bir şekilde etkilediğini

bildirmektedir. Gübre depolarında çalışan işçilerin kimyasal zehirlenme ve ölüm açısından yüksek bir risk içinde oldukları söylenebilir (Anonim 2005).

Sülfür bileşikleri koku, ikincil partiküler madde ve asidifikasyon oluşumuna neden olurken, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine olumsuz etkilere sahiptir. Yüksek H<sub>2</sub>S konsantrasyonu insan ve hayvanları zehirler (Hartung 1998, Chetner ve Sasaki 2001). Choiniere ve Munroe (1997), H<sub>2</sub>S gazının gübrenin ürettiği en tehlikeli gazlardan birisi olduğunu belirtmektedir. Kokusu çok düşük düzeylerde bile kolayca hissedilebilir, yüksek konsantrasyonlarda ise koku alma duyusunu etkiler ve canlıların solunum sistemine zarar vererek ölümlere yol açabilir. Farklı H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarına maruz kalınması durumunda çalışan ve hayvan üzerinde oluşabilecek etkiler Çizelge 2.28'de verilmiştir (Schiffman ve ark. 2006).

İç ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarının fazlalığı çalışanlara ve hayvanlara zarar verir. Özellikle kış mevsiminde CO<sub>2</sub> miktarı yüksek düzeylere ulaşabilir. Domuz barınakları ve kümeslerde CO<sub>2</sub> değerinin alt sınırı ortalama 5 000 ppm kabul edilirken, kısa süreli olarak üst sınır değerinin 30 000 ppm'e ulaşacağı belirtilmektedir (Choiniere ve Munroe 1997).

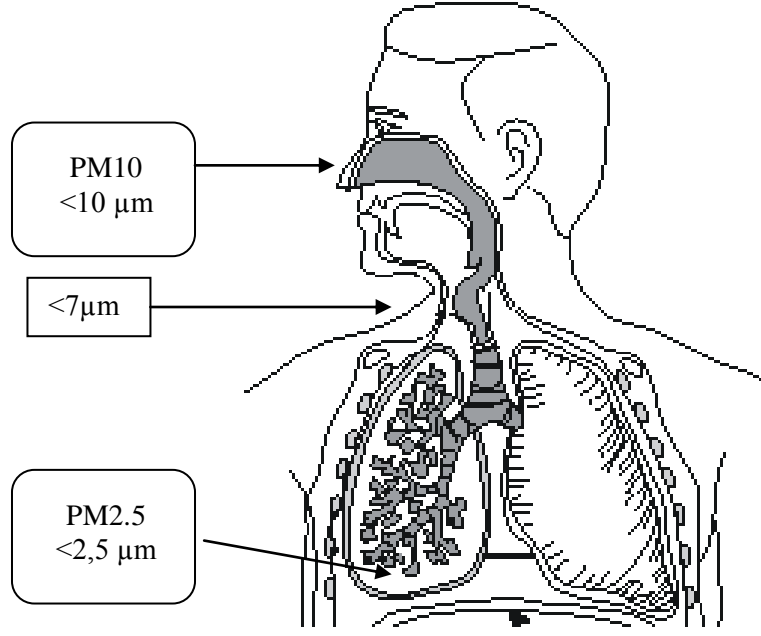
Havada taşınan partiküler maddeler, hayvan barınaklarından kaynaklanan ikinci önemli hava kirleticilerdir. PM'ler çoğu hayvan hastalıklarının, hasta hayvandan sağlıklı olana geçmesine yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, hayvanlar yüksek konsantrasyondaki toz parçacıkları nedeniyle strese girebilmekte ve hastalıklara karşı daha hassas olabilmektedirler (Yoder ve Van Wicklen 1988, Anonim 1999).

PM'lerin solunumu, insan ve hayvanların solunum yollarında rahatsızlıklara yol açabilir (Pependorf ve ark. 1985). Sağlık problemleri PM çapı ile yakından ilişkilidir. Çapı 10µm'den küçük PM insanların akciğerlerine kadar ulaşabilecek küçüklüktedir (CARB 2003, Mitloehner ve ark. 2006). PM10 hem küçük hem de büyük partikülleri içerdiği için bu sınıftaki bazı partiküller insanın boğazına kadar inebilir ve burada tutulur (Harrison 1999, Mitloehner ve ark. 2006). Genel anlamda ise PM10, solunum sisteminin hava yollarında (burun, boğaz ve soluk borusu) birikme eğilimindeyken, PM2.5 akciğerlerin en küçük birimleri olan alveollere kadar ulaşabilir ve burada

birikebilir (Anonim 2003). Bu nedenle PM<sub>2.5</sub> insan sağlığına en fazla zarar veren PM sınıfıdır (Derwent 1999). Şekil 2.2’de boyutlarına göre PM’lerin insanın solunum sistemi organlarında ulaşabileceği noktaları göstermektedir (Chetner ve Sasaki 2001).

**Çizelge 2.28.** Farklı H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarının çalışan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri (Schiffman ve ark. 2006)

<b>H<sub>2</sub>S Konsantrasyonu</b>	<b>Etkileri</b>
0,7 ppb	EPA tarafından verilen insanların günlük soluyabilecekleri referans konsantrasyon
5 ppb	Dünya Sağlık rgt tarafından önerilen yarım saatlik eşik değer
7-27 ppb (yıllıkortalama)	Sağlık sorunlarının (sinir sistemi ile ilgili) görülmeye başladığı eşik aralık (Legatorve ark. 2001)
10 ppb	Renk ayırımında güçlükler, göz ve burunda tahriş ve öksürme
30 ppb	Minimum risk seviyesi. Birçok eyalet yasalarına göre hayvan barınaklarından yayılan H <sub>2</sub> S konsantrasyonu bu değer yıldı 2 defadan fazla geçemez.
70 ppb	Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt ajansı (ATSDR) tarafından belirtilen MRL
2 ppm	Başağrısı, ishal, uyku bozukluğu, kısa soluma
10 ppm	Hayvan barınaklarında bulunması gereken maksimum konsantrasyon
10-50 ppm	Gözlerde tahriş ve yaşlanma, burunda problemler, nörotoksisite
50-100 ppm	öksürük, gözlerde tahriş, koku duyusunun kaybı, boğazda tahriş, 48 saatlik maruziyette ölüm
200-700 ppm	Solunum zorluğu, akciğerlerde dem, boğulmave 30 dakika-1 saat içerisinde ölüm
700-1000 ppm	Őuur kaybı, solunumun durması ve ölüm
>1000 ppm	Solunumun durması ve lm



**Şekil 2.2** Solunum sistemi organlarında PM birikimi

Yapılan bir çok çalışma, iç ortamda artan PM konsantrasyonunun çeşitli hastalıklara ve hatta ölüme yol açtığını göstermektedir (Burnett ve ark. 2000, Morris 2001, Hoek ve ark. 2001, Dominici ve ark. 2003). PM insanlarda zatürrenin gelişimine neden olmasının yanında, astım, bronşit ve kronik obstrüktif akciğer hastalığının ortaya çıkma nedenleri arasında da sayılmaktadır (Li ve ark. 1997, Imrich ve ark. 1999, Imrich ve ark. 2000, Soukup ve Becker 2001).

Daha küçük çaplı olan PM2.5 hayvan barınaklarında çalışanlar üzerinde daha olumsuz sağlık sorunlarına yol açabilirler. İç ortamda PM2.5 konsantrasyonunun artması çalışanların kalp atışlarının hızlanmasına, kalp atışlarındaki değişkenliğin azalmasına ve kalplerinde ritm bozukluklarına neden olabilir (Monn ve Becker 1999, Samet ve ark. 2000, Dockery 2001). PM akciğer hastalıklarına yol açmasının yanısıra, kardiovasküler sistem üzerindeki etkilerden dolayı çeşitli kalp hastalıkları ile de yakından ilişkilidir (Brook ve ark. 2004). Ancak, PM'nin kalp hastalıkları ile olan ilişkisinde, çalışanların PM'ye maruz kaldığı süre önemlidir. ABD'de 90 şehirde yürütülen PM analizlerinde ilk değerlendirme göre PM2.5 kirliliği ile ölüm riski arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır (Samet ve ark. 2000, Dockery 2001). Ancak analiz 8 yıla uzatıldığında

PM2.5 kirliliği ile kalp rahatsızlıklarından kaynaklı ölümler arasında pozitif yönlü ciddi bir ilişki saptanmıştır (Laden ve ark. 2006).

Akciğer fonksiyonlarının ölçümünde kullanılan zorlamalı ekspiratuar hacim (FEV) yöntemi PM'ye maruz kalma ile yakından ilişkilidir. Hayvan barınağı iç ortamında oluşan PM çalışanların FEV testi sonuçlarının azalmasına neden olur (Reynolds ve ark. 1996, Iversen ve ark. 2000). Iversen ve Dahl (2000), süt sığırı ve domuz barınağı çalışanları üzerinde yaptıkları 8 yıllık çalışma sonucunda domuz barınağı işçilerinin FEV testi sonuçlarını süt sığırı barınağı çalışanlarına oranla daha düşük bulmuşlardır. Bu sonuçlar, domuz barınağı çalışanlarının akciğer fonksiyonlarının süt sığırı barınağındakilerine göre daha kötü durumda olduğunu göstermektedir. Donham ve ark. (2000) ise domuz barınağı çalışanlarının %25'nin kronik bronşit hastası olduğunu ve %70'inin akut bronşit hastalığına yakalanma riskinin bulunduğunu belirlemiştir. Kirkhorn ve Schenker (2002)'e göre, kronik öksürük, balgam çıkarma ve göğüs hırıltısı hayvan barınağı çalışanlarında en sık görülen PM kaynaklı sağlık sorunlarıdır (Mitloehner ve ark. 2006).

PM ile ilgili diğer bir sağlık sorunu, partiküler maddelerin mikrobiyal içeriğidir. PM mikrobiyal olarak koku yapıcı bakteri, endotoksin, virüsler, mantar ve mantarimsı sporlar gibi kirleticileri taşıyabilir. Böylece potansiyel zararlı materyallerin hayvan barınakları içinde ve ortamlar arasında taşınmasına olanak yaratır (Zhang 1999). Organik tozun, işletme çalışanlarında görülen astım, organik toz toksik sendromu ve kronik bronşit gibi solunum semptomlarına yol açmasından şüphelenilmektedir (Pell 1997).

### **2.3. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Salımları Önleme Stratejileri**

Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz ve partiküler madde salımlarının azaltılmasına yönelik stratejiler iki ayrı yaklaşım çerçevesinde ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi barınak içerisinde kirleticinin oluşumunu azaltmak iken, diğeri kirleticiler ile kirlenmiş barınak havasını çevreye yayılmadan önce arıtmaktır. Önleme stratejileri bu iki temel noktadan hareketle geliştirilmiştir.



### 2.3.1. Genel tasarım ve işletim stratejileri

Hayvan barınakları ve gübre depolama yapıları, hayvan performansını ve çalışan güvenliğini artıracak, diğer yandan çevresel etkileri en aza indirecek toplam bir sistem yaklaşımı içerisinde planlanmalı ve tasarlanmalıdır. Yapı ile planlamanın yanısıra, üretimin yardımcı unsurları barınak elemanlarının da bu çerçevede planlanması gerekmektedir. Örneğin, yemin yemliklerden dışarı saçılmasını önleyecek uygun bir yemlik kullanımı barınaktan olan PM salımını azaltabilir. Bunun yanısıra barınak temizliği de önemli bir bileşendir. Hayvan barınaklarının düzenli olarak temizlenmesi kirletici salımlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Kirli ve gübre bulaşmış hayvanlar vücut ısılarıyla kirletici gazların oluşumuna ve bakteriyel faaliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Ndegwa ve ark. 2008, Worley 2011).

Gübre temizleme ve depolama için düzgün bir sistemin kullanılması gübreden kaynaklı gaz ve PM oluşumunu azaltabilir. Hayvan barınaklarında yaygın olarak kullanılan gübre temizleme sistemleri, küreme, basınçlı su ile temizleme, ızgara taban ve gübre bantlarıdır. Bu sistemlerde, gübrenin barınak içerisinde kalış süresi farklılık gösterdiği için kirletici gaz salımları (özellikle  $NH_3$ ) arasında da önemli farklılıklar ortaya çıkabilir (Ndegwa ve ark. 2008). Ogink ve Kroodsma (1996), süt sığırı barınaklarında basınçlı su ile 2-3 saatte bir gübre temizliği yapmanın ızgara tabanlı sisteme oranla  $NH_3$  salımını %14-70 arasında azalttığını belirtmektedirler. Misselbrook ve ark. (2006), basınçlı su ile gübre temizliği küreme sistemi ile karşılaştırıldığında daha etkili ve düşük maliyetli bir salım önleme stratejisidir. Hartung ve Philips (1994), kısmen ızgaralı sistem, altında eğimli kanal bulunan kısmen ızgaralı sistem, sürekli devir-daimli su ile temizlemeli kısmen ızgaralı sistem ve sürekli devir-daimin olduğu kısmen ızgaralı sistemleri birbirleriyle karşılaştırdıkları çalışmalarında, barınaktan kaynaklanan  $NH_3$  salımları sırasıyla %20, %60, %40 ve %80 oranında azalmıştır. Demmers ve ark. (2003), İngiltere'de kısmen ve tamamı ızgara tabanlı sistemlerden kaynaklanan  $NH_3$  salımları üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, tamamı ızgaralı olan sistemlere oranla kısmen ızgaralı sistemlerden kaynaklanan  $NH_3$  salımları yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Cowell ve Apsimon (1998), yumurta tavukçuluğu üretiminde uygulanan kafesli yetiştiricilik sisteminde, kafes altlarındaki gübre bandında gübrenin

bırakılması ile gübrenin banttan haftada bir ya da iki haftada bir kürenmesinin gübre kaynaklı salımları %60 oranında azalttığını bildirmişlerdir (Ndegwa ve ark. 2008).

Hayvan barınakları iç ortamında gübre kaynaklı salımların azaltılmasın da gübrenin barınak içerisinde kaldığı süre önemli olmaktadır.. Barınak içerisinde 5 günden fazla kalan gübre kirletici gazları üretmeye başlayacaktır. Bu nedenle barınak içerisinde gübrenin uzun süre kalmasını önlemek için günlük olarak temizlemek eğer bu mümkün değilse, en azından haftalık olarak temizlemek gerekir. Lachance ve ark. (2005), barınak içerisinde 2-3 günde bir yapılan küreme sonucunda ortaya çıkan salımın, 8 haftada bir yapılan küremede ortaya çıkan NH<sub>3</sub> salımına oranla %46 oranında daha az olduğunu bildirmektedir. Weiske ve ark. (2005) barınak içerisindeki gübrenin günlük olarak kürenmesi NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>O salımlarını %3,5 ile %7,1 oranlarında azalttığını belirlemişlerdir. Monteny ve ark. (2006), hayvan barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve N<sub>2</sub>O gibi sera gazlarının salımlarının azaltılmasında, barınaktan gübrenin sık kürenmesinin düşük maliyetli etkili bir yöntem olduğunu belirtmektedir.

Hayvan barınaklarında doğru tasarlanmış ve iyi işletilen havalandırma sistemleri, barınak tabanını ve hayvanları kuru tutarak kirleticilerin oluşumuna engel olmaktadır. Havalandırma sisteminin doğru bir şekilde çalışması için fanların ve giriş açıklıklarının düzenli olarak temizlenmesi ve bakımlarının yapılması gerekir. Zhang ve ark. (2008), hayvan barınaklarında uygulanan havalandırma oranlarının NH<sub>3</sub> salımları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla havalandırma ile ilgili üç farklı kontrol stratejisi üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Buna göre çalışmada uygulanan kontrol stratejileri, hava giriş açıklıklarının sabit bir genişlikte tutulması, barınağa giren hava hızının sabit tutulması ve giren havanın içeri giriş ivmesinin sabit tutulmasıdır. Ayrıca barınak taban sistemleri de karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışmada tamamı ızgaralı taban sistemi %33,3 ve %16,7 ile ızgarasız taban sistemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, hayvan barınaklarında artan havalandırma miktarının salım üzerindeki etkisi kontrol stratejisine bağlı olarak değişmiştir. En yüksek NH<sub>3</sub> salımı hava giriş açıklığının sabit tutulduğu uygulamada gerçekleşmiştir. NH<sub>3</sub> salımı, giren havanın hızını sabit tutmak için hava giriş açıklığının ayarlanması esnasında büyük ölçüde azalmıştır. Giren havanın ivmesinin sabit tutulması için hava giriş açıklığının ayarlanması sırasında havalandırma

oranı ile salım arasında bir ilişki bulunamamıştır. Taban sistemleri arasındaki karşılaştırmada ise, en yüksek NH<sub>3</sub> salımı tamamı ızgaralı taban sisteminde elde edilirken, en düşük salım ızgarasız sistemde elde edilmiştir.

Hayvan barınaklarının kurulumu için seçilen yer hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticilerin çevredeki halk tarafından sorun olup olmayacağı konusunda belirleyici bir unsurdur. Bu nedenle işletme için yeri seçilirken yerleşim yerlerine, sanayi bölgelerine, park ve mesire yeri gibi yeşil alanlara ve tarımsal amaçlı olarak kullanılan diğer bölgelere uzak olmasına dikkat edilmelidir. Hayvan barınaklarının yer seçimini yaparken hayvan barınağından kaynaklanan salımların, barınaktan ne kadar bir uzaklığı etkilediğinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla ABD, Minnesota, Indiana ve Iowa eyaletlerinde yapılan çalışmalarla salımların etkinliğinin, barınaktan olan uzaklığa göre değişimini tahminleyen basit bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu programlarla yetiştiricilere yeni barınakları için yerleşim yeri seçiminde alternatifler sunulmaktadır. Ayrıca yetiştirici kuracağı barınaktan kaynaklanan salımların hangi mesafeleri ne ölçüde etkileyeceğini görebilmektedir. Bu programın verdiği sonuca göre yetiştirici karar verirse komşularla salımlar konusunda sorun yaşamaz ya da daha az sorun yaşar. Barınak boyutları, gaz kirleticilerin barınak içindeki konsantrasyonları, herhangi bir salım kontrol stratejisinin uygulanıp uygulanmayacağı bu tür programların girdileridir. Bölgenin meteorolojik özellikleri ise, programın algoritmasında bulunmaktadır (Guo ve ark. 2005, Jacobson ve ark. 2005, Schmidt ve Jacobson 2008, Stowell ve ark. 2008a, 2008b).

Hayvan barınaklarında kullanılan altlık sistemi de bir başka kirletici salım kontrol stratejisidir. Sıvı gübre sistemini kullanmaktansa katı gübre sistemini (altlık kullanımı) kullanmak, genellikle barınaktan kaynaklanan gaz ve koku salımlarını azaltır. Ayrıca, hayvan barınaklarında altlık kullanımı (katı gübre sistemi), su ve hava kalitesi açısından daha kabul edilebilir çevreci bir yaklaşımdır. Literatürde yapılan çalışmalara göre, saman, mısır sapı, kompost gübre, talaş ve gazete gibi organik altlık kullanımı hayvan barınaklarından kaynaklanan salımları azaltabilmektedir. Avrupa'da yapılan bazı çalışmalarda altlık materyalinin boyutu hayvan barınaklarında kirletici gaz ve kokunun

oluşum ve salımı üzerinde etkiye sahiptir. Talaş gibi boyutları küçük materyaller gaz ve koku oluşumunu azaltabilir (Nicks ve ark. 1997).

### **2.3.2. Yem rasyonu**

Yapılan birçok çalışma yem rasyonunda yapılacak küçük değişikliklerin hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz salımlarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Yem rasyonunda bulunan çeşitli elementlerin miktarında yapılacak bir takım değişiklikler veya yem içerisine çeşitli katkı maddelerinin ilavesi, gübre ile dışarı atılan besin maddesi miktarını azaltarak ve hayvanların sindirim sistemi organlarındaki mikrobiyal faaliyetleri minimum düzeye indirerek kirletici gaz salımlarının azalmasını sağlamaktadır. Azot, fosfor, bakır ve çinko gibi besin elementlerinin yem rasyonlarındaki oranlarında yapılacak azaltımın, hayvanın gelişimini ve sağlığını etkilemediği birçok çalışmada ortaya konmuştur. Yem rasyonunun değiştirilmesi, hayvan barınaklarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> başta olmak üzere gaz kirleticilerin salımlarının azaltılmasında etkili bir kontrol stratejisidir (Anonim 2002c).

Hayvan barınaklarında oluşan NH<sub>3</sub> salımlarının azaltılması için yem rasyonu içeriğinde ham protein miktarı azaltılır. Hayvan tarafından tüketilen azot miktarı ne kadar az olursa dış ortama yayılan azot miktarı da o ölçüde az olacaktır. Bu uygulama bazı durumlarda yeterli sonuçlar vermeyebilir.

Süt sığırı ahırlarında ham protein içeriği ve NH<sub>3</sub> salımı arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmalardan bazıları Çizelge 2.29'da verilmiştir. Merino ve ark. (2008), İspanya'da süt sığırları üzerine yaptıkları çalışmada sığırları farklı ham protein içeriğine sahip iki yem rasyonu ile beslemişlerdir. Rasyon A'da ham protein oranı 147 kg/gün iken, rasyon B'de bu değer 155 kg/gün olarak alınmıştır. Çalışma sonucunda daha düşük ham protein içeriğine sahip olan yem ile yapılan beslemenin, barınaktan olan NH<sub>3</sub> salımını %11 azalttığı görülmüştür.

**Çizelge 2.29.** Süt sığırı yemlerinde ham protein içeriği ve NH<sub>3</sub> salımı

<b>Kaynak</b>	<b>Ham Protein İçeriği (%)</b>	<b>NH<sub>3</sub> Salımı</b>
Frank ve ark. (2002)	14	NH <sub>3</sub> salımı (mg/m <sup>2</sup> .h) en düşük ham protein içeriğinde %67 oranında azalmıştır.
	19	
Frank ve Swensson (2002)	13	NH <sub>3</sub> konsantrasyonu (ppm) en düşük ham protein içeriğinde %50 oranında azalmıştır.
	17	
Kulling ve ark. (2003)	12,5	NH <sub>3</sub> salımı (µg/m <sup>2</sup> .s), ham protein içeriğine bağlı olarak %15-36 oranı arasında azalmıştır.
	15,0	
	17,5	
Todd ve ark. (2006)	11,5	NH <sub>3</sub> salımı (µg/m <sup>2</sup> .s) en düşük ham protein içeriğinde %28 oranında azalmıştır. Laboratuvar koşullarında ise barınaktan kaynaklanan toplam NH <sub>3</sub> kaybı (mg) %44'tür.
	13,0	
Van der Stelt ve ark. (2008)	10,8	NH <sub>3</sub> salımı (g/gün.inek), en düşük ham protein içeriğinde 10 katı oranında azalmıştır.
	19	
Burgos ve ark. (2010)	15	NH <sub>3</sub> salımı (g/gün.inek) ham protein içeriğiyle doğrusal olarak artış göstermiştir.
	17	
	19	
	21	

Powell ve ark. (2008), bağlı duraklı süt sığırı ahırlarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımı üzerine mevsimsel olarak değiştirilen yem rasyonunun etkileri üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, ilkbaharda süt sığırlarına dört farklı ham protein oranına (%17, 18, 19 ve 21) sahip alfalfa silajı verilirken, sonbahar ve kış mevsimlerinde iki farklı ham protein oranına (%16 ve 17) sahip alfalfa ve mısır silajı verilmiştir. Çalışma sonucunda, ilkbahar dışında diğer iki mevsim içinde artan ham protein oranı ile NH<sub>3</sub> salımı %14'lük artış göstermektedir. İlkbaharda ise en düşük salım miktarı %18'lik ham proteine sahip rasyondan kaynaklanmıştır. Bu rasyonun kullanımı ile NH<sub>3</sub> salımı yaklaşık %23 azalmıştır.

Li ve ark. (2008b), yumurta tavuğu yem rasyonlarında yapılan değişimlerin tavukların üretim performansına ve barınaktan kaynaklanan NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S salımları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, rasyonunda değişimler yapılan yeni yem çeşidine EcoCal adı verilmiştir. Yumurta tavuklarına 175 gün süreyle bir kümese EcoCal diğer bir kümese normal rasyonda standart yem verilmiş ve NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S konsantrasyonları da 24 saat sürekli olarak ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen

konsantrasyon ve salım değerleri Çizelge 2.30'da verilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre EcoCal yem verilen kümeste NH<sub>3</sub> konsantrasyonu diğer kümeste gerçekleşen konsantrasyondan yaklaşık %80 daha az ölçülmüştür. CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında ise iki kümes arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. NH<sub>3</sub>'ın aksine EcoCal yemin verildiği kümeste H<sub>2</sub>S konsantrasyonları, diğer kümesin %230 katı daha fazladır. Konsantrasyonlardaki bu değişimin etkisi doğrudan salım oranları üzerinde görülmüştür. Buna göre EcoCal yemin verildiği kmesten kaynaklanan NH<sub>3</sub> ve CO<sub>2</sub> salımları diğer kmesten sırasıyla %23 ve %4 daha az gerçekleşmiştir. Ancak H<sub>2</sub>S salımları diğer kümese göre %141 daha fazladır.

**Çizelge 2.30.** Farklı yem rasyonlarının uygulandığı yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan kirletici salımları ve konsantrasyonları (Li ve ark. 2008b),

YemRasyonu	NH <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> S		CO <sub>2</sub>	
	Konstr. (ppm)	Salım (g/gün.tav)	Konstr. (ppb)	Salım (g/gün.tav)	Konstr. (ppm)	Salım (g/gün.tav)
EcoCal	45,5	0,86	110,7	4,38	2464	95
Standart	57,8	1,12	47,8	1,82	2450	99

Angel ve ark. (2008), yumurta tavuklarında uygulanan standart yem rasyonundan %0,5 oranında daha az protein içeren ve %6-7 oranında alçı zeolit karışımlı yeni bir yem rasyonu geliştirmişlerdir. Yeni rasyon 21, 38 ve 59. haftalardan başlayarak üçer haftalık  dönem içerisinde yumurta tavuklarına verilmiştir. Yeni rasyonun yanısıra bir grup tavuğa da standart rasyon verilmiştir. Kümeste yeni yem rasyonunun etkisini görebilmek için bir yandan NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S salımları ölçümü yapılırken, diğer yandan tavuk üretim performansı izlenmiştir. Çalışma sonucunda, yeni yem rasyonu ile beslenen tavuklarda ortalama yumurta ağırlığı 56,3 g, ortalama yumurta üretimi %81, ortalama yem tüketimi 92,4 g/tav.gün ve ortalama vücut ağırlığı değişimi 23,5 g/tav olarak elde edilmiş ve bu değerler standart rasyon ile beslenen tavuklardan önemli bir farklılık göstermemiştir. Çalışmanın yapıldığı  dönem için yeni yem rasyonu ile beslenen tavuklardan kaynaklanan ortalama NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve NO salımları standart rasyona oranla sırasıyla %39, %17, %5 ve %50 daha az iken, H<sub>2</sub>S salımları %285 daha fazla gerçekleşmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan yeni yem rasyonunun tavuğun üretim perfomansı ile özellikle NH<sub>3</sub> ve CH<sub>4</sub> salımlarının azaltılması açısından başarılı sonuçlar verdiği, fakat yeme ilave edilen alçı-zeolit karışımının yarattığı asidik ortamın

yeme ilave kükürt eklediği ve bu nedenle H<sub>2</sub>S salımlarında artışların gözlemlendiği belirlenmiştir.

Lora ve ark. (2008), Brezilya’da farklı yem rasyonlarının broyler performansı ve kirletici gaz salımları üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışmada T1(standart), T2 (protein oranı azaltılmış ideal protein), T3 (ham protein+fitaz),T4 (ham protein+organik ve inorganik iz mineraller) ve T5 (ideal protein+fitaz+organik ve inorganik iz mineraller) olmak üzere 5 farklı yem rasyonu kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2.31’de verilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, farklı rasyonların broyler performansı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Tavuk gübresi ile dışarı atılan azot miktarı T1 rasyonuna göre, T2 ve T5 rasyonlarında sırasıyla %13,1 ve %13,6 oranında azalmıştır. Fosfor miktarı ise T3 ve T5 rasyonlarında sırasıyla %36 ve %42 oranında azalmıştır (P<0,05). Çinko, bakır ve mangan gibi iz elementlerin gübre ile dışarı atılan miktarları mangan dışındaki rasyonlar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. T3, T4 ve T5 rasyonlarında dışarı atılan mangan miktarı standart rasyon olan T1’e göre önemli derecede az gerçekleşmiştir (P<0,05). Kümes içerisindeki NH<sub>3</sub> konsantrasyonu standart ham proteinli T1, T3 ve T4 rasyonlarına (5,2 ppm) göre ideal proteinin T2 ve T5 rasyonlarında (4,3 ppm) %17 oranında azalmıştır.

Spark ve ark. (2011), süt sığırı ahırlarında uygulanan yem rasyonunda ham protein oranının % 17’den % 15’e düşürülmesi ile NH<sub>3</sub> salımının % 12 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

**Çizelge 2.31.** Farklı yem rasyonlarından kaynaklanan NH<sub>3</sub> konsantrasyonu ve kirletici bileşikler (Lora ve ark. 2008)

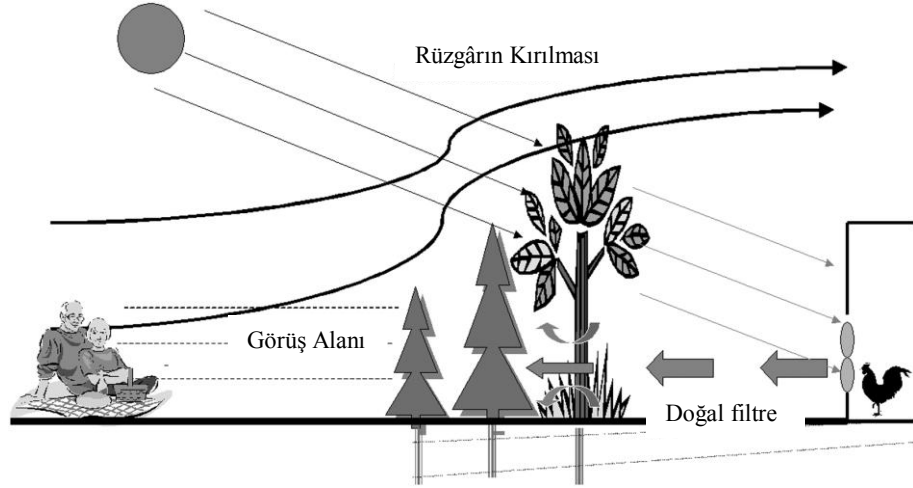
Yem Rasyonu	Azot (g/tav)	Fosfor (g/tav)	Mangan (mg/tav)	Bakır (mg/tav)	Çinko (mg/tav)	NH <sub>3</sub> Konsan. (ppm)
T1	65,43	14,19	406,83	78,94	468,33	5,2
T3	61,77	9,08*	358,07*	72,20	435,55	
T4	61,65	13,85	359,71*	75,13	436,34	
T2	56,87*	13,73	377,12	78,02	450,97	4,3
T5	56,52*	8,21*	341,44*	71,23	412,94	

\*T1 rasyonu ile arasındaki fark P<0,05 seviyesinde önemlidir.

### 2.3.3. Doğal ve yapay rüzgâr kıranlar

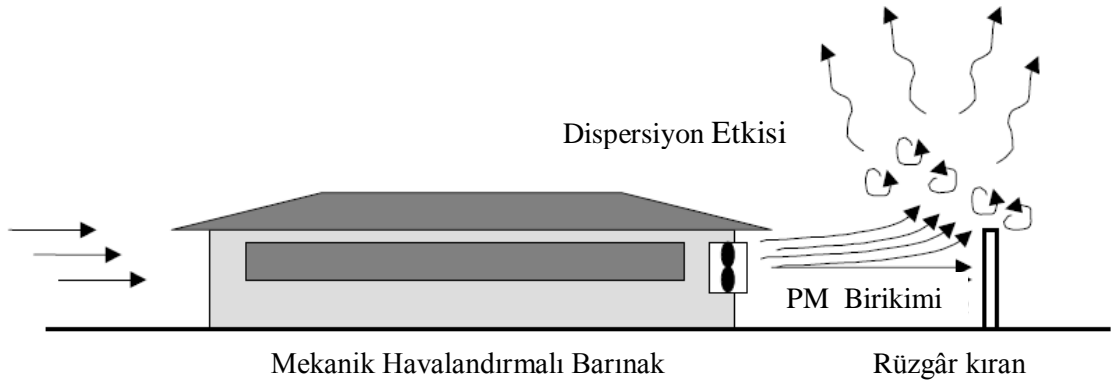
Ağaç sıraları ya da diğer yeşil aksamli büyük bitkiler kar ve rüzgâr korumasına karşın uzun yıllardır kullanılmaktadır (Şekil 2.3). Bu bariyerlerin bir başka görevi de hayvan barınaklarını görüntü olarak gizlemesidir. Uygun bir şekilde tasarlanmış ve dikilmiş ağaçlar veya yeşil aksamli büyük bitkiler hayvan barınaklarından yayılan PM, kirletici gazlar ve koku için büyük filtrasyon yüzeyleri oluşturabilir. Böylece barınaktan kaynaklanan kirleticiler geniş bariyer yüzeyinde seyrelecek ve çevreye salım miktarı azalacaktır. Bu yeşil bariyerler özellikle dış ortam hava koşullarının stabil olduğu geceleri daha iyi çalışır. Bu tip bariyerlerin maliyetinin ucuz ve uygulanabilirliğinin kolay olması gibi olumlu yönleri bulunmasına karşın, tam randımanlı çalışabilmesi için geçmesi gereken büyüme süresinin (3-10 yıl) uzun olması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Rüzgâr yönünde kurulmuş olan bu bariyerler, temiz havayla barınaktan kaynaklanan kirli havayı karıştırırken ayrıca barınaktan kaynaklanan kirli havada seyreltme yapar. Hâkim rüzgâr yönünün tersine kurulan bariyerler ise barınağa daha az hava girmesine neden olur ve havalandırmayı olumsuz etkiler. Doğal havalandırmalı barınaklarda, ağaçların veya yeşil aksamli bitkilerin dikim sıklığı ve barınağa uzaklığı havalandırma açısından oldukça önemlidir. Barınağa çok yakın ve sık dikim sıklığına sahip rüzgâr kıranlar barınak iç ortamı ile dış ortamı arasındaki hava değişimini azaltacaktır. Bu nedenle çok yakın ve sık rüzgâr kıranlardan kaçınmak gerekir. Doğal havalandırmalı barınaklarda, bu tip rüzgâr kıranlar barınaktan 1,5 m uzakta veya ağaç boyunun 5-10 katı uzakta yerleştirilmelidir (Sweeten 1991).





**Şekil 2.3.** Hayvan barınaklarında doğal rüzgâr kırınlar (Malone ve Van Wicklen 2006)

Hayvan barınaklarında hâkim rüzgâr yönünde havalandırma fanlarının önüne yapılan rüzgâr kırın duvarlar, yapay rüzgâr kırınlar olarak adlandırılır. Ahşap, çelik, kontraplak ve tente gibi çeşitli materyaller bu duvarların inşasında kullanılabilir. Rüzgâr kırın duvarlar, hâkim rüzgâr yönünde havalandırma fanlarının 3-6 m uzağında inşa edilebilirler. Örnek bir Rüzgâr kırın Şekil 2.4’de gösterilmiştir (Bottcher 1999).



**Şekil 2.4.** Hayvan barınaklarında yapay Rüzgâr kırınlar

Rüzgâr kırınların temel görevi havalandırma fanı ile dışarı atılan kirli havanın ileri doğru olan ivmesini azaltmaktır. Böylece, kirli hava içerisindeki kirletici gaz ve PM barınak çevresinde kalacaktır. Ancak bu sistem rüzgâr şiddetinin az olduğu koşullarda verimli bir şekilde çalışır. Ayrıca duvarlar, ani bir dikey dispersiyon yaratarak temiz ve

kirli havanın karışımını sağlayacak ve kirli havanın doğal yollarla seyrelmesine neden olacaktır (Bottcher 1999). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki;

- Kirli havadaki PM, duvar yüzeyine yapışır.
- Barınaktan kaynaklanan kirli hava Rüzgâr kıran duvarlar ile havalandırma fanından yukarıya yeniden yönlendirilir.
- Rüzgâr hızı düşük olduğunda, barınaktan kaynaklanan kirli havanın işletme içerisindeki bir başka yapı üzerine doğrudan gitmesi engellenir.
- Barınakta kirlenen hava içerisindeki kirletici konsantrasyonları barınağın 3 m çevresindeki konsantrasyonlardan daha yüksektir. Bu durum salımın azaltıldığı anlamına gelmektedir.

Malone ve ark. (2006), çevresinde üç sıra selvi ve sedir ağaçlarından oluşan doğal bir rüzgâr kıran bulunan bir broyler işletmesinde, iki yıl süreyle NH<sub>3</sub>, PM ve koku ölçümleri yapmışlardır. Çalışma sonucunda doğal rüzgâr kıranların, NH<sub>3</sub>, PM ve koku konsantrasyonlarını sırasıyla, %46, %49 ve %6 oranında azalttığını belirlemişlerdir. Ayrıca kümeden kaynaklanan kirli iç ortam havası ile dış ortama yayılan bakteri sayısının rüzgâr kıran ile %19 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Adrızal ve ark. (2008), 5 farklı ağaç türünden oluşturulan doğal rüzgâr kıranların yumurta tavuğu kümesinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> ve PM salımları üzerine etkilerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonuçları Çizelge 2.32'de verilmiştir. Doğal rüzgâr kıranlar, kümeden yayılan NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu azaltabilecek yeteneğe sahiptir. Özellikle kısa süreli büyük miktarlardaki NH<sub>3</sub> salımlarında rüzgâr kıranlar daha başarılı çalışırlar. Kümeslerden kaynaklanan PM<sub>10</sub> salımlarını büyük miktarlarda yakalayabilen ağaç türü ardıçtır. Söğüt ağacı ise daha çok PM<sub>2.5</sub> üzerinde etkilidir.

Nicolai ve ark. (2011), domuz barınaklarından kaynaklanan H<sub>2</sub>S salımları üzerine doğal rüzgâr kıranların etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, iki tip rüzgâr kıran (tam gelişmiş ve gelişmemiş) ile rüzgâr kıransız koşullar karşılaştırılmıştır. H<sub>2</sub>S konsantrasyon ölçümleri rüzgâr kıranların arkasında bulunan 6 noktadan ve

barınağın rüzgâr kıran bulunmayan tarafında 3 noktadan yapılmıştır. Rüzgâr hızı ve yönü de çalışmada değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, barınağın rüzgâr kıran bulunmayan tarafı ile tam gelişmiş rüzgâr kıranın bulunduğu tarafta ölçülen H<sub>2</sub>S konsantrasyonları arasında istatistiksel açıdan önemli bir azalma (%85, P<0,001) görülmüştür. Ancak tam gelişmemiş rüzgâr kıranlar tarafında yapılan ölçümlerde önemli bir azalma (%18, P=0,613) kaydedilmemiştir. rüzgâr hızının her iki Rüzgâr kıran çeşidi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve 8 km/h'lik rüzgâr hızlarının altındaki hızlarda bile tam gelişmemiş ve gelişmiş rüzgâr kıranların H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarını sırasıyla %66 ve %87 oranında azaltabildikleri belirtilmiştir. Buna karşın, 16 km/h'lik rüzgâr hızının üstündeki hızlarda rüzgâr kıransız koşullar ile rüzgâr kıranlı koşullar arasında H<sub>2</sub>S konsantrasyonları açısından önemli bir farklılık görülmemiştir.

**Çizelge 2.32.** Rüzgâr kıranlı ve rüzgâr kıran olmayan koşullarda kümes çevresindeki NH<sub>3</sub> ve PM konsantrasyonları (Adrızal ve ark. 2008)

Parametre		NH <sub>3</sub> (ppm)	PM (mg/h)
<b>Rüzgâr kıranın Varlığı</b>			
Var		18,8	245,3
Yok		18	198
<b>Fandan Uzaklık X Rüzgâr kıran Varlığı</b>			
NH <sub>3</sub> ölçümü	PM ölçümü		
0 m X Var	2,5 m X Var	73,4	530,6
0 m X Yok	2,5 m X Yok	68,8	381,1
5,5 m X Var	4,5 m X Var	1,7	319
5,5 m X Yok	4,5 m X Yok	2,4	241,1
10 m X Var	6,5 m X Var	0,1	130,1
10 m X Yok	6,5 m X Yok	0,5	166,8
50 m X Var	50 m X Var	0,1	1,7
50 m X Yok	50 m X Yok	0,1	3,1

#### 2.3.4. Biyofiltreler

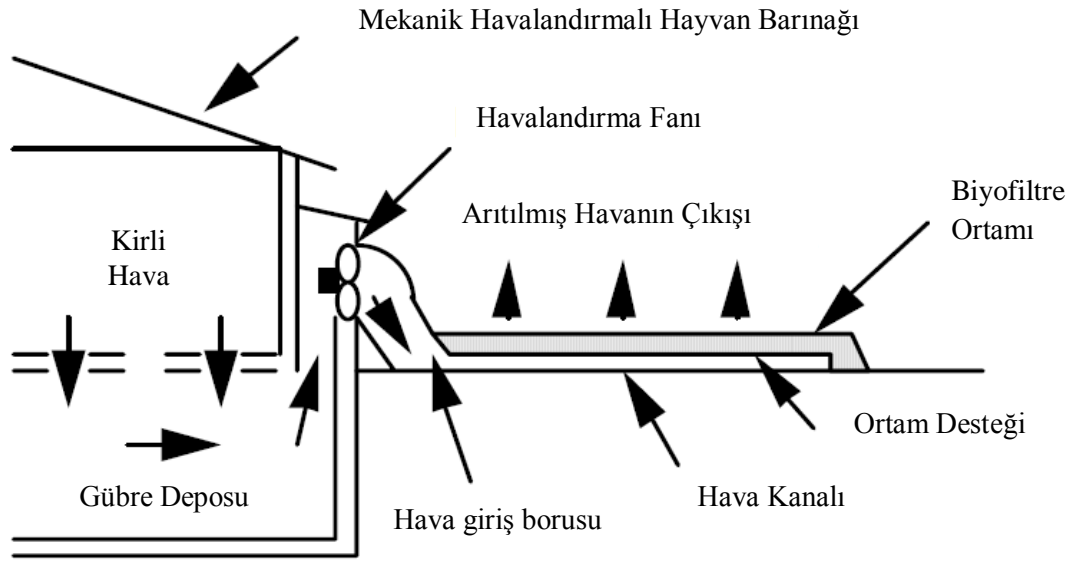
Biyofitrasyon, gaz kirleticileri parçalamak için mikroorganizmaları kullanan bir hava temizleme teknolojisidir. Bu yöntem endüstriyel kaynaklardan yayılan kirleticilerin arıtılmasında dünya çapında başarı ile uygulanmış ve kabul görmüştür. Gaz kirleticilerin arıtımının yanısıra koku ve kokuya neden olan birçok bileşiğin de arıtılmasında başarı ile uygulanmaktadır. Ayrıca, biyofiltrelerin içindeki mikroorganizmalar uçucu organik bileşiklerin parçalanmasına yardımcı olur (Nicolai ve Schmidt 2005).

Hayvan barınaklarında biyofiltreler 1960'ın sonlarında Almanya'da ve 1984'de İsveç'te kullanılmaya başlanmıştır (Noren 1985, Zeisig ve Munchen 1987). Hayvan barınaklarında sıkça kullanılan bir biyofiltre sistemi Şekil 2.5'de verilmiştir. Havalandırma fanı ile barınaktan atılan kirli hava fana bağlanan bir boru yardımıyla biyofiltre kanalına alınır. Biyofiltre kanalı kirli iç ortam havasını biyofiltre ortamı boyunca üniform bir şekilde dağıtır. Kanalın üstündeki biyofiltre ortamı desteklenmiş bir gözenekli perde ile tutulur. Kirli hava biyofiltre kanalından biyofiltre ortamına bu gözenekler yoluyla geçer. Kirli hava içerisindeki kirletici gazlar biyofiltre ortamı ile temasa geçer ve biyofiltre içindeki biyofilm üzerinde absorbe edilir. Biyofiltrelerde biyofilm tabakası mikroorganizmaların gazları parçaladıkları bölgedir (Nicolai ve Schmidt 2005).

Yapılan çalışmalar sonucunda biyofiltrelerde olması istenen bazı özellikler belirlenmiştir (Nicolai ve Schmidt 2005). Bunlar;

- Kirli barınak havasının biyofiltre ortamında en az 5 saniye kalması gerekir. Bu süre sağlanırsa arıtımda %80-90 başarı sağlanabilir.
- Biyofiltrenin derinliği minimum 25,4 cm olmalıdır.
- Havalandırma fanları yeterince hava değişimi sağlamalı ve 1 cm'lik statik basınç altında çalışabilmelidir. Biyofiltre uygulaması bu basıncı düşürebilir ve havalandırma fanları bu basınç değişimini kaldırabilmelidir.
- Biyofiltre ortamı içerisinde uygun bir nem kontrolü yapılmalıdır.
- Kemirgen hayvanlara karşı mücadele programı oluşturulmalıdır.
- Biyofiltre yüzeyinde yabancı ot gelişimi sınırlı tutulmalıdır.

Kuru fasulye samanı ve kompostu (Nicolai ve Janni 1997), talaş ve kompostu ile toprak gibi bir çok materyal biyofiltre olarak kullanılabilir. Biyofiltrelerde küçük ağaç parçası kullanımı, gözenekliliği arttırarak havanın biyofiltreden geçişini kolaylaştırır. Kompost ve toprak ise mikroorganizmaların ve besin elementlerinin kaynağıdır (Nicolai ve Janni 1998a, b, c).



**Şekil 2.5.** Hayvan barınaklarında kullanılan örnek bir biyofiltre

Biyofiltre içerisinde sürekli aşırı miktarda nem bulunması hava akımının direnç kazanmasına neden olur. Böylece, ortam içerisinde havanın ilerlemesini engeller ve anaerobik bölgeler oluşturarak oksijen değişiminin kısıtlanmasına neden olur. Yetersiz nem ise biyofiltre içinde kurumaya, mikropların aktive olmasına, ortam içerisinde kanallar oluşmasına neden olur. Biyofiltre içerisinde kemirgen hayvan varlığı kirli havanın yönlendirilmesinde sorunlar oluşturarak arıtım verimliliğini azaltır. Biyofiltre üzerinde yabancı ot yetişmesi biyofiltre içerisinde oksijen değişimini sınırlar ve böylece yetersiz bir arıtmaya neden olur. Ayrıca yabancı otların kök sistemleri biyofiltrenin tıkanmasına neden olur (Nicolai ve Schmidt 2005).

Shah ve ark. (2003), 27 000 tavuk kapasiteli bir broyler kümesinde biyofiltrelerin  $\text{NH}_3$  ve  $\text{CO}_2$  giderim performansını belirlemeye yönelik olarak 54 günlük bir çalışma yapmışlardır. Broiler kümesine kurulan yatay biyofiltre içerisine materyal olarak hayvan gübresi kompostu, ağaç parçacıkları ve toprak belirli oranlarda karşılaştırılarak konulmuştur. Çalışma sonucunda biyofiltrenin barınaktan kaynaklanan  $\text{NH}_3$  salımlarını ortalama %97 ve  $\text{CO}_2$  salımlarını ortalama %66 oranında azalttığını belirlemişlerdir.

Tymczyzna ve ark. (2004) çalışmalarında yumurta tavuğu kümesinden dışarı atılan kirli havada bulunan kimyasal ve biyolojik hava kirleticilerin biyofiltrelerle giderilmesi

üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, ipliksi torf (%35), kaba taneli torf (%35), buğday samanı (%10), evsel atık kompostu (%10) ve at gübresi (%10) karıştırılarak oluşturulan biyofiltre materyali 1,2 m kalınlığında 10 m<sup>2</sup>'lik biyofiltre içerisine yayılmıştır. Kümeden çıkan kirli hava bir nemlendiriciden geçirildikten sonra biyofiltreye ulaşmaktadır. Biyofiltre iç ortamının sıcaklığı 14-25 °C arasında ve bağıl nemi %64-72 arasında değişmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 2.33'de verilmiştir.

**Çizelge 2.33.** Kümes ve biyofiltrede kirletici konsantrasyonları ve giderim oranı

<b>Biyofiltre Çalışma Süresi (gün)</b>	<b>Ölçüm Yeri</b>	<b>Amonyak (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nitrat (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nitrit (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fosfat (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Klorid (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Sülfat (mg/m<sup>3</sup>)</b>
5	Kümes	23,87	0,1	0,62	0,03	0,33	0,82
	Biyofiltre	15,33	0	0	0	0,04	0,24
	% Giderim	36	100	100	100	88	71
35	Kümes	24,53	1,11	0,65	0,87	0,45	0,77
	Biyofiltre	7,83	0,38	0,03	0,02	0,01	0,09
	% Giderim	68	66	96	97	98	89
65	Kümes	28,93	0,97	0,56	0,66	0,47	0,6
	Biyofiltre	7,9	0,21	0,09	0,03	0,01	0,11
	% Giderim	73	78	84	95	98	82
95	Kümes	34,7	0,65	0,02	0,32	0,8	0,37
	Biyofiltre	3,77	0	0	0,03	0,12	0,31
	% Giderim	89	100	100	91	85	17
180	Kümes	19,9	0,05	0,03	0,07	0,07	0,5
	Biyofiltre	6,55	0,05	0,01	0,02	0,04	0,21
	% Giderim	67	0	70	73	40	58

Melse ve Vanderwerf (2005), süt sığırı barınaklarından kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımlarını azaltmak için pilot ölçekli biyofiltre geliştirmek için iki aylık bir çalışma yürütmüşlerdir. Biyofiltre materyali olarak perlit ve bahçe kompostu kullanılan çalışmada biyofiltreye giren havadaki CH<sub>4</sub> konsantrasyonu 0-6 g/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Çalışmada 2 ay süre ile biyofiltreden geçirilen kirli barınak havasında CH<sub>4</sub> konsantrasyonundaki azalma % 18-83 oranları arasında değişim göstermiştir.

### 2.3.5. Su ve bitkisel sıvı yağ püskürtme

Hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticiler arasında önemli bir kirletici olan PM'lerin azaltılmasına yönelik olarak kullanılan bir yöntemdir. Askıda bulunan PM

zehirli ve kokulu gazları absorbe edebildiği için bunların azaltılmasıyla hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz salımları da azaltılabilir. Su ve bitkisel sıvı yağ hayvan barınağı iç ortamına sırt pompaları veya barınak içerisine kurulan sabit yağmurlama sistemi ile de püskürtülebilir. Yapılan çalışmalarda günde bir kez püskürtmenin barınak içerisindeki PM konsantrasyonunu yeterince azalttığı görülmekle birlikte, bir kez yapılan bu uygulama tavsiye edilmemektedir. Bu sistemin verimli çalışabilmesi için püskürtücülerin nozulları uygun boyutlarda ve üniform dağılım yapacak şekilde olmalıdır. Buna karşın bu yöntem, kontrol odası, püskürtme ekipmanları veya sistemi ve yağın barınak içerisinde dolaşımını sağlayacak otomatik dağıtım sistemine gereksinim duymaktadır. Ayrıca yağ püskürtülmüş barınak tabanının, barınak içerisindeki rutin temizlik işlemine ilave olarak yağ temizliğini gerektirir. Bütün bu gereksinimler, üreticiye ekstra işçilik ve alt yapı maliyetleri doğuracak ve bu sistemin uygulanmasını kısıtlayacaktır (Zhang 1997).

Yapılan çalışmaların genellikle yumurta ve broyler kümesleri ile domuz barınakları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Süt sığırcılığında PM'lerin diğer yetiştiricilik çeşitlerine oranla daha az konsantrasyonlarda bulunması, PM'lerin azaltımına yönelik çalışmalara olan gereksinimi ortadan kaldırmıştır.

Gustafsson ve Wachenfelt (2006), yerde yetiştiricilik yapılan bir yumurta tavuğu kümesinde ortama püskürtülen su ile su-kolza tohumu yağı karışımının toplam toz konsantrasyonuna etkisi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, su ve su-kolza tohumu yağı karışımı 0,5, 1, 1,5, 2 ve 2,5 L/m<sup>2</sup>.gün miktarlarında kümes ortamına uygulanmıştır. Su-kolza tohumu yağı karışımı %90 su %10 yağdan oluşmaktadır. Çalışma sonucunda su ile su-yağ karışımının toplam toz konsantrasyonunu sırasıyla %65 ve %50 oranlarında azalttıkları belirlenmiştir.

Banhazi ve ark. (2007), Avustralya'da bulunan broyler kümeslerinde bir kış mevsimi boyunca yaptıkları çalışmada, PM10, PM2.5 ve NH<sub>3</sub> konsantrasyonları üzerine su ve yağ karışımının etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sırt pompası ile yapılan püskürtme işleminde kanola yağı-su-yüzey aktif madde 8:4:1 oranında karışımı kullanılmıştır. Altlığın çok fazla ıslanmaması için su oranı yağa göre az tutulmuştur. Düşük basınçlı

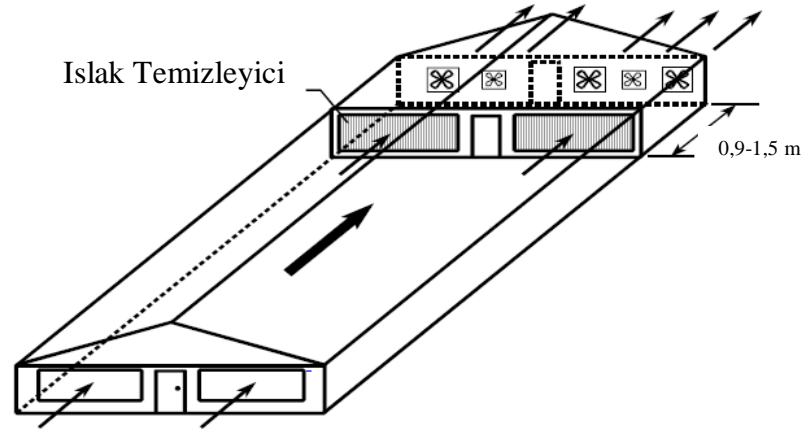
püskürtme işlemlerinde yağın viskozitesini azaltmak için su ile seyreltmeye gereksinim duyulur. Çalışma sonunda PM10 konsantrasyonunda %30'luk bir azalma görülürken, PM2.5 konsantrasyonunda %45 'lik bir azalma görülmüştür. NH<sub>3</sub> konsantrasyonu için azaltma oranı ise %58 olarak elde edilmiştir.

Aarnink ve ark. (2009), broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları çalışmayla kümes iç ortamına yağ püskürtmenin PM10 ve PM2.5 konsantrasyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, kolza tohumu yağı broyler kümesi içerisine kurulan otomatik püskürtme sistemi ile günde bir kez ve iki günde bir kez olmak üzere iç ortama püskürtülmüştür. Yumurta tavuğu kümeslerinde ise aynı yağ, sprey tabancası ile elle günde 20 ml/m<sup>2</sup> olacak şekilde kümes iç ortamına uygulanmıştır. Broyler kümeslerinde PM10 konsantrasyonlarında %55-85 arasında değişen oranlarda azaltma sağlanırken, PM2.5 konsantrasyonlarında %70-90 arasında azaltma sağlanmıştır. Yumurta tavuğu kümeslerindeki azaltma oranları ise PM10 ve PM2.5 için sırasıyla %12-51 ve %31-75 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, yumurta tavuğu kümeslerinde yetiştirme sistemi ile azaltma oranı arasında önemli bir ilişki saptanmamış ve yağ püskürtme yönteminin kümesteki yumurta üretimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

### **2.3.6. Yıkama duvarları ve ıslak gaz temizleyiciler**

Hayvan barınaklarından dışarı atılan kirli iç ortam havasından PM, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve diğer kirletici gazların temizlenmesi işleminde suyun kullanımı etkili bir yöntem olabilir. Bir çok endüstriyel hava kirliliği kontrol sistemlerinde kirlenmiş havadaki PM, NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub>'lerin temizlenmesi amacıyla sprey halinde su kullanılmaktadır. Islak gaz temizleyicilerde, asidik kirleticileri temizlemek için alkali bir madde suya ilave edilir. Bu sistemler, kullanılan suyun devri daimi ile çalışır. Hayvan barınaklarında soğutma sistemi olarak kullanılan ıslak pedler iyi bir ıslak gaz temizleyicidir (Şekil 2.6) (Ogink ve Bosma 2007).





**Şekil 2.6.** Mekanik havalandırmalı bir barınağa uygulanmış ıslak temizleyici

Manuzon ve ark. (2007), hayvan barınakları iç ortamında  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarının azaltılmasına yönelik olarak laboratuvar ortamında çoklu kirletici gaz temizleyicisi geliştirmiştir. Çalışmada bu temizleyici sistemin azaltma performansı değerlendirilmiş, sonuç olarak  $\text{NH}_3$  konsantrasyonundaki azaltma oranını 10, 30 ve 100 ppm'lik iç ortam konsantrasyonları için sırasıyla %60, %45 ve %27 olarak bulunmuştur.

Melse ve ark. (2008), çoklu kirletici gaz temizleyicilerinin broyler kümesleri ile domuz barınaklarında  $\text{NH}_3$ , PM ve koku konsantrasyonlarını azaltma performanslarını değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen ortalama azaltma oranları  $\text{NH}_3$  için %83 (%63-98), PM10 için %43 (%41-46), PM2.5 için %42 (%23-61) olarak elde edilmiştir.

Ogink ve ark. (2008), Hollanda'da bulunan broyler kümeslerinde ıslak amonyak temizleyici ve çoklu kirletici temizleyicinin performanslarını belirlemeye yönelik bir çalışma yürütmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, ıslak amonyak temizleyici ile ortalama %91'lik azaltma oranı elde edilmiştir. Çoklu kirletici temizleyici de ise  $\text{NH}_3$ , PM10 ve PM2.5 konsantrasyonları için sırasıyla ortalama %83, %51 ve %54'lük azaltma oranlarına ulaşılmıştır.

Bankedar ve ark. (2008), ıslak amonyak temizleyicilerinin, broyler kümeslerinden oluşan  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarını azaltma verimi üzerine bir çalışma yürütmüştür.

Ayrıca, broyler kümeslerinde kolayca uygulanabilecek yeni basit bir ıslak amonyak temizleyici tasarımı üzerinde çalışılmıştır. Bu nedenle fandan olan uzaklık ve ıslak temizleyiciye uygulanan suyun basıncı gibi parametrelere göre azaltma verimleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek  $\text{NH}_3$  azaltma oranı %73 olarak belirlenirken havalandırma fanından uzaklaştıkça azaltma verimi artmaktadır. Buna göre, ıslak amonyak temizleyiciler broyler kümeslerinde oluşan  $\text{NH}_3$  salımlarının azaltılmasına yönelik etkili bir şekilde kullanılabilir.

Zhao ve ark. (2011), domuz barınaklarındaki  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  ve  $\text{CO}_2$  salımlarının azaltılmasına yönelik olarak çoklu kirletici temizleyici sistemini barınağın hava çıkış açıklığına yerleştirmiştir. Barınaktan çıkan kirli iç ortam havası temizleyici içerisinden geçirilerek dış ortama olan salımların azaldığı gözlenmiştir. Barınak dışına atılan kirli havanın  $\text{PM}_{10}$  konsantrasyonundaki azalma oranı %61-93,  $\text{PM}_{2.5}$  azalma oranı %47-90,  $\text{NH}_3$  azalma oranı %70-100 arasında olduğu saptanmıştır. Çalışmada çoklu kirletici temizleyiciye giren havadaki  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu ile çıkan havadaki  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca,  $\text{PM}_{10}$  ve  $\text{PM}_{2.5}$  konsantrasyonları azalma oranları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

### **2.3.7. Kimyasal katkı maddeleri**

Hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımlarının azaltılmasında kimyasal katkı maddeleri önemli bir seçenektir. Özellikle broyler ve yumurta tavuğu yetiştiriciliğinde sıkça uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem genellikle altlık materyali içerisine alüm ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) vb. kimyasal maddeler ilave edilerek uygulanır. Yapılan çalışmalarda, broyler altlık materyaline 20 g/kg (%20) oranında ilave edilen alüm'ün altlıktan kaynaklanan  $\text{NH}_3$  salımını %99 oranında azalttığı belirlenmiştir (Moore ve ark. 1995). Katı ve sıvı gübrelerden kaynaklanan salımları azaltmak için kullanılabilir bir çok katkı maddesi bulunmaktadır. ABD ile Avrupa'da  $\text{NH}_3$  salımlarını azaltabildiği iddia edilen katkı maddeleri, arıtım özellikleri bakımından test edilmiştir. Test sonuçlarına göre katkı maddelerinden 39 ürün  $\text{NH}_3$  salımlarının azaltılması konusunda başarılı olurken, 18 ürün başarılı bulunmamıştır. Kimyasal katkı

maddelerinin kirletici salımlarının azaltılması amacıyla hayvan barınaklarında kullanımı oldukça başarılı (%99) sonuçlar verirken, üreticiler için ilave bir maliyet doğurmaktadır. Bu durum üreticilerin bu yönteme olan bakışlarını olumsuz yönde etkileyebilir (Worley 2011).

Ullman ve ark. (2004), sodyum bisülfat ( $\text{NaH}_2\text{SO}_4$ ), alüm, zeolit gibi mineraller, Hindistan cevizinin dış kabuğu,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gibi kimyasal maddelerin altlığa veya gübreye ilave edilmesiyle broyler kümeslerinde  $\text{NH}_3$  gazının altlık ve gübreden ortama yayılmasının önlenebileceğini belirtmektedir. Bu kimyasal katkı maddelerinden asidik karakterli olanlar ürik asitle tepkimeye girerek, altlığın pH değerini düşürerek ve  $\text{NH}_3$  üreten bakterilerin popülasyonunu azaltarak  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarını azaltırlar. Yapılan bazı çalışmalara göre, altlığa ya da gübreye  $\text{NaH}_2\text{SO}_4$  ilave edilmesiyle  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu %90 oranında azalır (Mcward ve ark. 2000, Pope ve Chemy. 2000). Broyler kümeslerinde alüm ile ilgili yapılan çalışmalarda  $\text{NH}_3$  giderim oranı %57-99 arasında değişmiştir (Moore ve ark. 1999).  $\text{NaH}_2\text{SO}_4$  ve alümün birlikte uygulandığı çalışmalarda başarılı sonuçlar alınmıştır (Mcward ve ark. 2000). Zeolitin gübreye ilave edilmesiyle  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunda %44'lük bir azalma meydana gelmiştir. Hindistan cevizi kabuğu ile ilgili olarak yapılan çalışmada kabuk adsorbentin de performansına bağlı olarak %50 giderim oranı yakalanmıştır (Kithome ve ark. 1999).

Ritz ve ark. (2006), broyler kümeslerinde  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarını kontrol altında tutmak için demir II sülfat ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) bileşimini, kümesin her  $93 \text{ m}^2$ 'si için 45 kg uygulamışlardır. Bu işlem 4 gün boyunca iki kümeste gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda,  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarındaki azalım oranları %0-58 arasında değişmiştir.

Burns ve ark. (2008c), broyler kümeslerinde  $\text{NH}_3$  konsantrasyonları üzerine sıvı alümün altlık materyaline püskürtülmesinin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada sıvı alüm tavuklar kümesine alınmadan önce altlık materyali üzerine uygulanmıştır.  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunun kontrol altında tutulmasında toz alüm yerine sıvı alüm kullanımının bazı avantajları olduğu vurgulanmıştır. Sıvı alüm, kümes çalışanlarına ve tavuklara daha sağlıklı ve güvenli bir ortam yaratır ve  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunun azaltılması ile soğuk aylarda havalandırma gereksinimi azalacağından ısıtma giderlerinden tasarruf

edilmesini sağlar. Çalışma sonuçlarına göre 41 günlük ölçüm süresince altlık materyaline düşük konsantrasyonlarda uygulanan sıvı alüm kümes içerisindeki  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarını %0-90 arasında azaltmıştır.

Li ve ark. (2008c), dört farklı kimyasal katkı maddesinin yumurta tavuğu gübresinden kaynaklanan  $\text{NH}_3$  salımlarının azaltımına etkisi araştırmışlardır. Çalışmada katkı maddesi olarak zeolit, alüm,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ve  $\text{NaH}_2\text{SO}_4$  kullanılmıştır. Yumurta tavuğu gübresi üzerine kimyasal katkı maddeleri 0,5 ve 1,0  $\text{kg/m}^2$ 'lik dozlarda uygulanmıştır. Çalışma sonucunda,  $\text{NH}_3$  giderim oranları zeolite için %67-96, alüm için %63-94, demir II sülfat için %82-87 ve sodyum bisülfat için %74-92 arasında elde edilmiştir. Kimyasal katkı maddelerinin uygulanan dozları arttığında giderim oranları da artış göstermiştir. Aynı şekilde düşük dozlarda (0,5  $\text{kg/m}^2$ ) kimyasal katkı maddelerinin sağladıkları giderim oranları arasında önemli bir farklılık yokken, daha yüksek dozlarda alüm ve demir II sülfat, sodyum bisülfata oranla daha yüksek giderim oranı ortaya koymuştur.

Lim ve ark. (2008), broyler ile yumurta tavuğu kümesleri arasındaki farklılıklardan dolayı, broyler kümeslerinde  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunun azaltılmasında başarılı olan bir kimyasal katkı maddesinin, yumurta tavuğu kümeslerinde aynı performansı gösteremeyebileceğini belirtmektedir. Bu nedenle çalışmalarında yumurta tavuğu kümesinde  $\text{NH}_3$  konsantrasyonlarının azaltılmasında alüm ve alüminyum klorid ( $\text{AlCl}_3$ )'in etkisini incelemişlerdir. Çalışma başlangıcında kümeste gübre bulunduğu için önce bu gübre üzerine kuru alüm elle dağıtılmış, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde sıvı alüm otomatik olarak püskürtülmüştür. Elde edilen verilere göre, gübre üzerine uygulanan alüm ve  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu %23 oranında azaltmıştır. Maksimum giderim oranı %40 olarak kaydedilmiştir. Barınağın alt katındaki gübre yığını üzerine yalnız  $\text{AlCl}_3$  uygulandığında  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu %27 oranında azalmıştır. Alüm ve  $\text{AlCl}_3$ 'ün yumurta tavuğu kümeslerinde başarılı bir giderim sağlamamasının nedeni, gübre üzerinde uygulandığında gübrenin nem içeriğini arttırması olarak gösterilmektedir. Gübredeki yüksek nem içeriği, gübreden  $\text{NH}_3$ 'in salımını arttırmaktadır.

### 2.3.8. Ozonlama

Ozon güçlü bir oksitleyici maddedir ve çok etkili doğal bir mikrop öldürücüdür. Atmosferin üst katmanlarındaki ozon, solar radyasyondan dünyayı korur. Ancak yer seviyesinde yüksek konsantrasyonlarda bulunan ozon ise toksik etkiler yapabilir. Bilindiği üzere içme suyu arıtımında, 1906 yılından bu yana ozon kullanılmaktadır. Bunun yanısıra ozon jeneratörleri de konutlarda, ofislerde ve çeşitli endüstriyel yapılarda iç ortam havasının temizlenmesini sağlar ve iç ortam havasına tazelik hissi kazandırır (Singer 1990, Tate 1991, Droste 1997).

Ozonun moleküler yapısı üç adet oksijen atomudur ( $O_3$ ). Ozon gazı durağan bir gaz değildir ve diğer bileşiklerle tepkimeye girerek bu bileşiklerin moleküler yapısını değiştirir. Düşük konsantrasyonlarda (0,001-0,05 ppm), taze dağ havası gibi kokar. Ancak daha yüksek konsantrasyonlarda kokusu, elektrikten kaynaklanan yangın kokusuna benzerdir. Ozonun oksijene parçalanması çok hızlı gerçekleşir. Ozonun yarı-ömrü soğuk ve steril ortamda 60 dakika'ya kadar ulaşabilir. Tipik oda koşullarında ise yarı ömrü 20 dakika'dır. Hayvan barınaklarının tozlu iç ortamında ise bu süre daha kısadır. Ozon ile oksidasyon reaksiyonunun son ürünleri su buharı ve  $CO_2$ 'dir. Birçok organik materyal ile reaksiyona girip bu materyalleri oksitleyebilmesi nedeniyle, hayvan barınakları iç ortam havasında bulunan birçok kirletici gazları da oksitleyebilir ve onları yok ederek barınaktan kaynaklanan salımları azaltabilir. Ancak ozonun kontrol stratejisi olarak kullanıldığı çalışmalardan bazıları, hayvan barınaklarındaki kirletici konsantrasyonlarının ozonla birlikte bir farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle bu konuyla ilgili olarak daha fazla çalışmaya gereksinim vardır (Hill ve ark. 2002, Elenbaas-Thomas ve ark. 2005).

Keener ve ark. (1999), domuz barınaklarında yaptıkları çalışmalarda, ozonun  $NH_3$  konsantrasyonunu %58 ve PM konsantrasyonunu %60 oranında giderebildiğini belirtirken, Elenbaas-Thomas ve ark. (2005) domuz barınaklarında ozon uygulamasının  $NH_3$ ,  $H_2S$ , koku ve PM konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmektedir.

Wang ve ark. (2008), broyler kümeslerinde ozonun PM10, PM2.5 ve toplam askıdaki PM konsantrasyonları üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmada ozon uygulanan kümeste elde edilen her üç gruptaki PM konsantrasyonları kontrol kümesinde ölçülen konsantrasyonlardan daha yüksek çıkmıştır.

Li ve ark. (2009), hayvan barınaklarında ozon uygulamasına yönelik olarak yaptıkları laboratuvar ölçekli çalışmalarında, değişik ozon konsantrasyonlarını (0,03-4 ppm) bir odacık içerisinde hayvan gübresi üzerine uygulamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre, hayvan gübresinin üzerine ozon uygulaması NH<sub>3</sub> konsantrasyonunda önemli bir farklılık yaratmamıştır. Ayrıca, bu uygulama odacık içerisinde PM2.5 boyutunda PM oluşumuna neden olarak PM konsantrasyonunu oldukça arttırmıştır.

#### **2.4. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Salımlara İlişkin Yasal Düzenlemeler**

Ülkemizde hava kalitesinin korunması amacıyla ilk olarak 1986 yılında Çevre Bakanlığı tarafından Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği çıkarılmıştır. Bu yönetmeliğe göre kapasitesi 7 000'den büyük yumurta tavuğu, 14 000'den büyük broyler kümesi ile 700 başdan büyük büyükbaş ve 2 000 başdan büyük küçükbaş hayvancılık işletmeleri kurulurken bölgedeki yerel Çevre Kurulundan izin almaları gerekmektedir. Ancak, 2008 yılında yapılan bir değişiklik ile Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne dönüştürülmüştür. Yeni yönetmelik baştan sona Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanan Avrupa İçin Daha Temiz Bir Hava Yönetmeliği'ne paralel olarak hazırlanmıştır. Yeni yönetmelikte endüstri ayrımı yapılmadan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM10 ve O<sub>3</sub> gibi belirli kirleticilerin sınır değerleri verilmiştir. Buna göre hayvan barınaklarını ilgilendiren sınır değerler PM10 ile ilgili olarak verilenlerdir ve bu değerler Çizelge 2.34'de verilmiştir.

**Çizelge 2.34.** Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde verilen PM10 sınır değerleri

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Tolerans Payı	Üst Değerlendirme Eşiği	Alt Değerlendirme Eşiği	Limit Değere Ulaşılabilecek Tarih
PM10	24 saatlik	50 µg/m <sup>3</sup>	1.1.2014 tarihinde 50 µg/m <sup>3</sup> (%100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	30 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>	1 Ocak 2019
	-insan sağlığının korunması için-	(bir yılda 35 defadan fazla aşamaz)		(bir yılda 7 defadan fazla aşamaz)	(bir yılda 7 defadan fazla aşamaz)	
	yıllık	40 µg/m <sup>3</sup>	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m <sup>3</sup> (%50) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır.	14 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	1 Ocak 2019
	-insan sağlığının korunması için-					

Ülkemizde hayvan barınaklarını ilgilendiren bir diğer yönetmelik 2008 yılında yenilenen Çevre Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği'dir. Bu yönetmeliğe göre kapasiteleri 10 000 adet üzerinde olan büyükbaş, 60 000 adet üzerinde olan yumurta tavuğu ve 85 000 adet üzerinde olan broyler işletmelerinin işletme kurulmadan önce işletmenin olası çevresel etkilerini gösteren Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Raporu hazırlaması gerekir. Bu rapor Çevre ve Şehircilik Bakan'lığı tarafından incelendikten sonra işletmenin kuruluşuna izinleri alınabilir. Aynı yönetmelikte kapasiteleri nispeten daha düşük olan hayvancılık işletmeleri içinde işletmelerin kuruluşundan önce seçme-eleme kriterleri uygulanarak, ÇED raporunun hazırlanmasına gereksinim duyulup duyulmadığı belirlenir. İşletme sahipleri işletmeleri için proje tanıtım dosyaları hazırlayarak bakanlığa başvuruda bulunur. Bakanlığın vereceği karara bağlı olarak işletmeler ÇED raporu hazırlarlar. Seçme, eleme kriterlerinin uygulanacağı işletmelerin kapasiteleri büyükbaş hayvancılık işletmeleri için 500-10 000 adet, yumurta tavuğu işletmeleri için 20 000-60 000 adet ve broyler işletmeleri için 30 000-85 000 adettir.

#### 2.4.1. ABD'deki yasal düzenlemeler

Gelişmiş ülkeler, bir endüstri haline gelen hayvansal üretim işletmelerinin çevreye daha duyarlı olmaları ve barmaklarından kaynaklanan kirleticileri kontrol altında tutmaları için devlet yönetimi tarafından hazırlanmış genel hava kirliliği kontrol yönetmeliklerine uymalarını talep etmektedir. Bu ülkelerde, işletmelere özgü hazırlanmış bir yönetmelik ya da hayvancılıktan kaynaklanan kirletici salımlarına özgü limit değerler bulunmamaktadır. Hava kirliliği Kontrol Yönetmelik'leri, her bir hava kirletici için bütün endüstri kollarını kapsayan tek bir limit değeri belirtmektedir. Ancak bu işletmeler devlet yönetimi tarafından hazırlanan ve tüm sektörleri kapsayan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmelik'lerine uymakla yükümlüdür. Ayrıca, ABD'de hayvansal üretim işletmeleri, barmaklardan kaynaklanan kirleticilerin çevreye etkisini araştıran bilimsel çalışmalara da destek vermek zorundadır. ABD'de hayvansal üretim yapan işletmeler üretici birlikleri yoluyla üniversitelerce yönetilen araştırma projelerine ciddi katkılar sağlamaktadır.

Yönetmeliklerde belirtilen limitlerin aşılması durumunda limit aşım miktarı ile doğru orantılı olarak para cezaları belirtilmiştir.

ABD'de hava kirliliği kontrolüne ilişkin yönetmelikler, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından hazırlanmıştır. EPA tarafından merkezi yönetimin onayı ile hazırlanan yönetmelikler, bütün ülkede uyulması gereken asgari limitleri belirtir. Bunun dışında eyaletlerde bulunan çevre koruma ofisleri de, o eyalet için daha etkili limit değerlerini içeren yeni bir yönetmelik hazırlayabilir ve bu yönetmeliklerde belirtilen limit değerler EPA tarafından belirtilmiş değerlerin altında olamaz. EPA, hava kirliliğini kontrol etmek için farklı görevleri bulunan üç farklı yönetmelik hazırlamıştır. Bu yönetmelikler:

- Temiz Hava Yönetmeliği (Clean Air Act ,CAA)
- Geniş Kapsamlı Çevresel Sorumluluk, Tazmin ve Taahhüt Yönetmeliği (Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act CERCLA)
- Acil Durum Planlama ve Toplumun Bilme Hakkı Yönetmeliği (Emergency Planning and Community Right-to-know Act, EPCRA)



Temiz Hava Yönetmeliği (THY), halk sağlığı ve refahını korumak için hava kalitesi ile ilgili standartları belirleyen, hava kirliliği kaynaklarını izleyen ve kirliliği azaltıcı kimi kontrol stratejilerinin uygunluğunu onaylayan yönetmeliktir. EPA, THY’de belirtilen yönetmelik maddelerinin değiştirilmesi, yönetmeliğin uygulanıp yürütülmesi ve yaptırımlar uygulanması konusunda yetki sahibi tek kurumdur. Eyaletlerde bulunan çevre koruma ofisleri ise EPA’nın eyaletlerdeki temsilcisidir.

İnsan sağlığına zararlı tüm bileşikler ve bunların kombinasyonları THY’de hava kirletici olarak tanımlanmıştır. Ancak hava kirletici olarak tanımlanmış bileşikler kriter kirleticiler ve tehlikeli kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM, CO, O<sub>3</sub> ve kurşun THY’de belirtilen kriter kirleticilerdir. Kriter kirleticiler en basit düzeydeki hava kirleticilerdir ve bu kirleticilerin atmosferdeki seviyeleri hava kirliliğinin olup olmadığına ilişkin bir kriterdir. Tehlikeli hava kirleticiler için THY’de uzun bir listede verilmiştir. Daha spesifik bileşikler olan bu tür hava kirleticiler, insan sağlığı ve çevre açısından ciddi sorunlara yol açabilmektedir. THY, 188 bileşiği tehlikeli hava kirletici olarak tanımlamış ve bunlara ait limit değerleri belirtmiştir.

Hayvansal üretim işletmelerinin ya da farklı sanayi kuruluşlarının kirletici salımları konusunda THY’de belirtilen sınır değerleri aşması durumunda, bu işletmeler hakkında EPA tarafından çeşitli cezalar uygulanır. Bunlardan biri, THY hükümlerine işletmelerin bireysel itaatini sağlamak amacıyla oluşturulan bireysel cezalardır ve bu tip cezalar THY’de belirtilen sınır değerlerin aşıldığı her gün için 25 000\$’a kadar çıkabilir. İkinci bir ceza şekli ise işletmelerin THY’de belirtilen sınır değerlere uyup uymadıklarına dair yapılan yönetim toplantıları sonucu ortaya çıkan yönetsel cezalardır. Bu tip cezalar da THY’de belirtilen sınır değerlerin aşıldığı her gün için 25 000\$’a kadar çıkabilir. Bireysel ve yönetsel cezaların dışında bir üçüncü ceza şekli vardır ki oda saha cezalarıdır. Bu cezalar, alan kontrolleri sonucu ortaya çıkan THY’deki sınır değerlerin çok küçük miktarlarda aşılması durumunda uygulanırlar ve sınır değerlerin aşıldığı her gün için maksimum 5 000\$’dır. EPA insanlar arasında çevre bilinci artırmak amacıyla, herhangi bir işletmenin THY’deki sınır değerleri aşan bir salım yaptığını gözlemleyen bir kişinin bu durumu EPA’ya belirtmesi durumunda o kişiye EPA tarafından 10 000\$’a varan ödül verilir.

CERCLA ve EPCRA çevre açısından zararlı ve tehlikeli atıklarla ilgili olarak düzenlenmiş iki farklı yönetmeliktir. CERCLA, kontrolsüz ve terk edilmiş tehlikeli atık sahalarının iyileştirmesine yönelik olarak hazırlanmıştır. EPCRA ise tehlikeli atıkların depolanması ve depolanan atıklardan tehlikeli ve zehirli gazların yayılması ile ilgili olarak işletmelerin bir acil eylem planını geliştirmeleri ve bu salımları izlemeleri için oluşturulmuş bir yönetmeliktir. CERCLA ve EPCRA, hayvancılık işletmelerinde depolanan gübre vb atık maddelerden kaynaklanan kirletici gaz salımlarının izlenmesine ve belirli bir miktarı aşan salımların belirli periyotlarla EPA'ya rapor edilmesini istemektedir. CERCLA ve EPCRA'da tehlikeli ve zehirli gazlar olarak tanımlanan gazların büyük bir bölümü CAA'da verilen tehlikeli hava kirleticiler listesinde yer almaktadır, geriye kalan çok az bir kısmı ise o listede verilen gazlardan daha zehirli ve tehlikeli gazları içermektedir. Hayvan barınakları için büyük bir sorun olan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve bazı uçucu organik bileşikler, CERCLA ve EPCRA'da tehlikeli ve zararlı gazlar olarak tanımlanmaktadır. NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S için CERCLA ve EPCRA'da verilen 45 kg/gün (18,3 t/yıl) sınır değerini aşan işletmeler gübre depolarından kaynaklanan salımları rapor şeklinde EPA'ya bildirmek zorundadır. EPA genellikle doğrudan hayvansal işletmelerden salımlarla ilgili olarak rapor istemez. Ancak hayvansal işletmelere komşu olan bölge halkının sınır değerleri aştığı tahmin edilen kirleticilerle ilgili şikayetleri üzerine rapor isteyebilirler. THY, CERCLA ve EPCRA'da belirtilen kirleticilere yönelik sınır değerler Çizelge 2.35'de verilmiştir.

ABD'de hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticilerin çevreye salımlarını düzenleyen yasal düzenlemelerin yanısıra ayrıca barınak içerisinde çalışan işçilerin sağlık koşullarını düzenleyen çeşitli yönetmelikler vardır. Bu konu ile ilgili olarak çalışan üç farklı kurum mevcuttur. Bunlar;

- Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)
- İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)
- Amerikan Kamu ve Endüstri Hijyenistleri Odası (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)

**Çizelge 2.35.** ABD’deki yönetmeliklerde çeşitli kirleticiler için istenilen sınır değerler

Kirletici	THY	CERCLA ve EPCRA
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Günlükortalama	150*	-
PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Yıllıkortalama	15**	-
Günlükortalama	35**	
NH <sub>3</sub> (kg/gün)	45	45
H <sub>2</sub> S (kg/gün)	45	45

\* 3 yıl içinde yılda bir defadan fazla bu değer aşılamaz

\*\* 3yıl içerisinde ve 24 saatin % 98’inde bu değer aşılamaz

Bu üç farklı sağlık kuruluşu hayvan barınaklarında çalışan işçilerin günlük çalışma süresi içinde maruz kalacağı kirletici sınır değerlerini düzenlemiştir. Buna göre üç kurum tarafından toplam PM, PM10, PM2.5 , NH<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>S için önerilen sınır değerleri Çizelge 2.36’da verilmiştir. Çalışan sağlığı açısından hayvan barınakları iç ortamında olması gereken toplam PM ve PM2.5 konsantrasyonları 3 ile 15 mg/m<sup>3</sup> arasında değişirken NH<sub>3</sub> 25-50 ppm ve H<sub>2</sub>S 10-20 ppm arasında değişmektedir (Lester 2008, Anonim 2011a, Anonim 2011b, Anonim 2011c).

**Çizelge 2.36.** ABD’deki yönetmeliklerde çalışanların sağlığı ile ilgili sınır değerler

Kirletici	OSHA,	NIOSH	ACGIH
	İzin verilebilir SınırDeğerler	Kıyasürelî* MaruzKalma SınırDeğerler	Kıyasürelî*MaruzKalmaSınırDeğerler
Toplam PM ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	15	-	-
PM2.5 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	5	-	3
PM10 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	-	-	10
Yemtozu ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	10	4	4
NH <sub>3</sub> (ppm)	50	25	25
H <sub>2</sub> S(ppm)	20	10	10

\*10 dak.

## 2.4.2. Avrupa'daki Yasal Düzenlemeler

Avrupa Birliği'ne üye ülkelerdeki hayvancılık işletmeleri, kirletici salımları ile ilgili olarak dört farklı yönetmeliğe uymak zorundadırlar. Bunlar;

- Avrupa için daha temiz hava yönetmeliği (2008/50/EC)
- Belirli Atmosferik Kirleticiler için Ulusal Salım Üst Sınırları Yönetmeliği (2001/81/EC)
- Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Yönetmeliği (96/61/EC)
- Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği (2009/31/EC)

Avrupa İçin Daha Temiz Hava Yönetmeliği tüm endüstrileri içeren en kapsamlı hava kalitesi yönetmeliğidir. Bu nedenle, belli başlı kirleticiler için sınır değerler verilmiştir. Hayvansal işletmeler bu yönetmelikte verilen PM10 ve PM2.5 sınır değerleri ile doğrudan ilgilidirler. Buna göre herhangi bir endüstriden kaynaklanan PM10 ve PM2.5 salımları sırasıyla yıllık 20 ve 12  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  değerlerini aşamaz.

Belirli Atmosferik Kirleticiler için Ulusal Salım Üst Sınırları Yönetmeliği, Avrupa Birliğine üye ülkelerden 2010 yılına kadar SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, uçucu organik bileşikler ve NH<sub>3</sub> salımlarını belirli oranlarda azaltmalarını talep etmiştir. Yönetmelik içerisinde hangi ülkenin hangi kirletici salımını hangi değere kadar azaltması gerektiği belirtilmiştir. Örneğin, Almanya NH<sub>3</sub> salımını 2010 yılına kadar 550 kt'a, Hollanda 128 kt'a ve Fransa 780 kt'a kadar indirmeliydi. Bu yönetmeliği güncelleme çalışmaları devam ettiğinden en yeni sürümü şu anda mevcut değildir.

Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Yönetmeliği hava kalitesinin geliştirilmesi açısından kirleticilerin salımları ile ilgili sınır değerlerin yerine hangi işletmelerin hava kalitesini iyileştirecek salım azaltımı ve kontrolü stratejilerini uygulamaları gerektiğini belirtmektedir. Bu yönetmeliğe göre, hayvancılık işletmeleri arasından sadece yumurta tavuğu, broyler ve domuz yetiştiriciliği çevre kirliliğine neden olan işletmeler olarak seçilmiş ve bu işletmelere belirli standartlar getirmişlerdir. Buna göre kapasitesi 40 000 tavuk olan yumurta tavuğu ve broyler işletmeleri ile 2 000 baş domuz kapasiteli

işletmelerin, barınaklarından kaynaklanan kirletici salımlarını azaltmak ve önlemek için çeşitli kontrol stratejileri uygulamak zorundadırlar.

Avrupa'da yürürlükte olan bir diğer çevre kirliliğini önleme yönetmeliği, Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği'dir. Bu yönetmeli, hayvansal işletmelerden sadece yumurta tavuğu ve broyler kümesleri ile domuz barınaklarını kapsamaktadır. Buna göre kapasitesi 60 000'den büyük olan broyler, 45 000'den büyük yumurta tavuğu kümesleri ve 2 200'den büyük domuz barınakları inşa edilmeden önce ÇED Değerlendirme raporuna gereksinim duyulup duyulmadığı bölgesel yönetim tarafından değerlendirilir. Buna karşın, 85 000'den büyük broyler, 60 000'den büyük yumurta tavuğu kümesi ile 3 000'den büyük domuz işletmeleri kurulmadan önce, mutlaka ÇED raporunun hazırlanması ve yönetimin onayından geçmesi zorunludur.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Araştırma alanı**

Araştırma, hayvansal üretimin yoğun biçimde yapıldığı Bursa bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma 2008-2009 yılları arasında, Merkez Nilüfer ilçesinin Akçalar, Ahmet Yesevi, Görükle, İrfaniye ve Yaylacık Mahalleleri ile, Karacabey İlçesi'ne bağlı Gökıy ve Uluabat köylerinde bulunan hayvan barınaklarında yürütülmüştür. Araştırma alanı 40° 11' kuzey enlemi (N), 29° 04' doğu boylamında (E) yer almakta olup, denizden yüksekliği ortalama 100 m'dir.

Marmara Denizi kıyı şeridinde yer alan Bursa İli'nde, genellikle Akdeniz iklim tipi yaygın olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Denizden uzaklaştıkça iç bölgelerde yarı karasal iklim görülmektedir (Korukçu ve Arıcı 1986). Yıllık ortalama sıcaklık 14,4 °C, en yüksek ortalama sıcaklık 30,9 °C ve ortalama en düşük sıcaklık ise 1,7 °C'dir (Anonim 1974).

Bursa İli gerek büyükbaş gerekse kümes hayvanı yetiştiriciliğinde ülkemizin önde gelen şehirlerinden biridir. Bursa İli'nin tarıma dayalı sanayi alanında da gelişmiş olması bölgedeki modern karakterli ticari hayvancılık işletmelerinin sayısının artmasına öncülük etmiştir. Bursa ilinde yetiştiriciliği yapılan başlıca hayvan türleri ve sayıları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

##### **3.1.2. İncelenen hayvan barınakları**

Çalışmada incelenen hayvan barınakları, bölgede faaliyet gösteren diğer işletmelerin hem yapısal hem de kapasite olarak genel karakteristik özelliklerini temsil edebilecek modern işletmelerden seçilmeye özen gösterilmiştir. Araştırma bölgesinde kasaplık piliç, yumurta tavukçuluğu ve süt sığırcılığı yapan işletmelerin arazi büyüklüklerine, sermaye değerlerine ve tarımsal gelirlerine ilişkin önceden yapılmış istatistiksel

bilgilerin olmayışı nedeniyle ölçüm yapılacak işletmelerin seçiminde olasılıklı örnekleme yöntemini uygulama olanağı bulunamamıştır. Çalışma kapsamında ölçüm yapılan hayvan barınaklarına ilişkin çizimler Ekler bölümünde verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Bursa bölgesi 2007 yılı hayvan varlığı (Anonim 2007)

Hayvancılık Türü	Toplam Hayvan Sayısı	Sağılan Hayvan Sayısı (baş)	Ürün Miktarı (Süt, Yumurta, Tavuk eti)
Koyun	240 960	104 954	7 227 ton
Keçi	52 855	22 505	2 498 ton
Sığır			
Kültür	92 901	35 829	138 871 ton
Melez	48 410	15 899	43 356 ton
Yerli	7 086	2 432	2 935 ton
Yumurta Tavuğu	1 835 511		434 085 000 adet
Broyler	4 754 570		21 840 ton

Çalışmada broyler kümesleri olarak Akçalar Mahallesi'nde (Broyler 1), Gökıyı Köyünde (Broyler 2) ve U.Ü. Hayvan Sağlığı ve Hayvansal Üretim, Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (Broyler 3) bulunan kümesler incelenmiştir. Broyler 1 işletmesi 10 000, Broyler 2 işletmesi 11 600 ve Broyler 3 işletmesi 6 000 tavuk kapasitesiyle üretim yapmaktadır. Her üç işletmede yerde yetiştiricilik yapmakta ve altlık materyali olarak çeltik kavuzu kullanmaktadır. Mekanik havalandırma sistemini kullanan üç işletmede CP (Chaoren Pokpand) tavukçuluk firması için sözleşmeli üreticilik yapmaktadır.

Çalışmada incelenen yumurta tavuğu kümesleri İrfaniye (Yumtav1) ve Yaylacık köyünde (Yumtav2 ve Yumtav3) bulunmaktadır. Her üç kümeste, kafeste yetiştiricilik yapılmaktadır. Gübre işletim sistemi olarak ikisi gübre bantlı sistemi (Yumtav1 ve Yumtav2) kullanırken, birisi derin gübre çukurunu (Yumtav3) kullanmaktadır. Kafes yerleşim sıklığı her üç kümes için de 5 tavuk/kafes olarak uygulanmaktadır. İki yumurta tavuğu kümesi 5 katlı kafes sistemini (Yumtav1 ve Yumtav2), bir kümes 4 katlı kafes sistemini (Yumtav 3) kullanmaktadır. Yumurta tavuğu kümeslerinde aydınlatma programı olarak, gün ışığından faydalanılmakta, gün ışığının yetmediği durumlarda flüoresan lambalarla yapay aydınlatma yapılmaktadır. İncelenen yumurta tavuğu

kümesleri kapasitesi Yumtav1 12 000, Yumtav2 12 000 ve Yumtav3 11 000 tavuk ile faaliyet göstermektedir.

Çalışma kapsamında incelenen süt sığırı işletmeleri Akçalar (SütSığırı1) ve Ahmet Yesevi (SütSığırı2) Mahalleleri ile Karacabey (SütSığırı3) İlçesi'nde yer almaktadır. Her üç işletmede, serbest duraklı yetiştirme sistemi uygulanmaktadır. İncelenen süt sığırı ahırlarında doğal havalandırma sistemi kullanılmaktadır. Gübre temizliği ise SütSığırı1 ve 2'de elle kürenirken, SütSığırı3 işletmesinde halatlı sistemle otomatik olarak kürenmektedir. Çalışmada kullanılan süt sığırı ahırlarının kapasiteleri, SütSığırı1 için 40 baş, SütSığırı2 için 63 baş, SütSığırı3 için 72 baştır.

### **3.2. Yöntem**

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde bulunan broyler ve yumurta tavuğu kümesleri ile süt sığırı barınakları iç ortamında gaz ve partiküler madde konsantrasyonlarının belirlenmesi, barınaktan atmosfere olan salımların hesaplanması ve bölge koşullarına uygun salım faktörleri ile salım modellerinin (tahminleme eşitlikleri) geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sıcaklık, bağıl nem ve havalandırma oranı gibi barınak iç ortam çevre koşulları da çalışma boyunca izlenmiştir. Bu bağlamda çalışma, yüksek sıcaklığın etkili olduğu ve ısı stresinin yaşandığı yaz dönemi, dış ortam sıcaklığının optimum üretim koşullarına uygun olduğu ve kirletici gaz konsantrasyonlarının arttığı kış döneminde yürütülmüştür. Kış dönemi çalışmaları Aralık 2008-Mart 2009 ve yaz dönemi çalışmaları Haziran-Eylül 2009 tarihleri arasında yapılmıştır. Belirtilen zaman dilimlerinde gerçekleştirilen ölçümler 4 gün 24 saat sürekli olarak kaydedilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü hayvan barınaklarında 24 saatlik ölçümler yapılarak, hayvan aktivitesinin fazla olduğu gündüz periyodu ile hayvanların dinlenmeye çekildikleri gece periyodu arasındaki farklılıklar ve gün durumunun barınak içerisindeki kirletici konsantrasyonu ve salımı üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.



### 3.2.1. İklimsel çevre koşullarının belirlenmesi

Araştırmada, hayvan barınakları iç ortamında sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı gibi çevre koşullarının ölçümleri 24 saat sürekli olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde çok fonksiyonlu sıcaklık-nem ölçer cihazı (Model 350 XL-454, Testo AG, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.1). Barınak iç ortam çevre koşulları değerleri, barınağı yatayda ve düşeyde ortalayacak şekilde yerleştirilen cihaza bağlı sıcak telli prob ile ölçülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çok fonksiyonlu sıcaklık-nem ölçer ve sıcak telli prob



Şekil 3.2. Kümes içine yerleştirilmiş çok fonksiyonlu sıcaklık-nem ölçerin genel görünüşü

### 3.2.2. Havalandırma miktarının belirlenmesi

Çalışmada incelenen barınaklarda havalandırma miktarı, barınak iç ortamında ölçülen hava hızı ve hava giriş açıklığı alanları kullanılarak hesaplanmıştır (Balaban ve Şen 1988).

$$Q= A.V \quad (3.1)$$

Q= Havalandırma Oranı (m<sup>3</sup>/s)

A= Hava giriş açıklığı alanı (m<sup>2</sup>)

V= Barınak içindeki hava hızı (m/s)

### 3.2.3. Hava kirleticilerin konsantrasyon değerlerinin ölçülmesi

Çalışma kapsamında incelenen hayvan barınaklarında, başlıca sera gazları olan CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> ile H<sub>2</sub>S ve NH<sub>3</sub> gibi kirletici gaz konsantrasyonları kış ve yaz dönemlerinde dört gün 24 saat sürekli olarak izlenmiştir. Kirletici gazların yanısıra çapları 0,1-10 µm arasında değişen PM konsantrasyonu da gözlemlenmiştir.

Çalışmada kirletici gaz konsantrasyonları barınağı yatayda ve düşeyde ortalayacak şekilde yerleştirilen çoklu gaz ölçer (Model: Ibrid MX6, Industrial Scientific Corporation, ABD) ile ölçülmüştür (Şekil 3.3 ve 3.4). Cihaz içerisine NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gazları için ayrı ayrı yerleştirilen sensörler yardımıyla, cihaz aynı anda birden fazla gazın konsantrasyon ölçümlerini yapabilmektedir.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan çoklu gaz ölçer cihazı



Şekil 3.4. Kümes içine yerleştirilmiş çoklu gaz ölçerin genel görünüşü

Çalışmada PM ölçümleri çok fonksiyonlu PM ölçer (Model: PDR-1200, Thermo Fisher Scientific, ABD) yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Bu cihaz ölçüm esnasında herhangi bir çap ayırımı yapmamakla beraber çapları 0,1-10  $\mu\text{m}$  arasında değişen toplam PM konsantrasyonunu ölçebilmektedir (Şekil 3.6).



PDR-1200

**Şekil 3.5.** Çalışmada kullanılan PM ölçer



**Şekil 3.6.** Kümes içerisine yerleştirilmiş PM ölçerin genel görünüşü

Araştırma süresince çoklu gaz ve PM ölçerlerin kalibrasyonları kış mevsimi sonunda yaz mevsimi ölçümlerine başlamadan önce servise gönderilerek yaptırılmıştır.

### 3.2.4. Hava kirleticileri için salım miktarlarının hesaplanması

Barınak içerisinde oluşan gaz ve PM konsantrasyonlarının, bölgesel, yöresel ve ülke çapındaki atmosfere etkisinin belirlenmesinde barınaktan olan salım miktarlarının hesaplanması son derece önemlidir. Çalışmada, konsantrasyonları ölçülen gazların ve PM'lerin barınaktan olan salım miktarları Hinz ve Linke (1998)'de verilen eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$E = C.Q \quad (3.2.)$$

Eşitlikte;

E = Barınaktan olan salım miktarı, (g/h)

C = Kirleticinin barınak içerisindeki konsantrasyonu ( $g/m^3$ )

Q = Barınakta uygulanan havalandırma miktarı ( $m^3/h$ )

### 3.2.5. Bursa bölgesine özgü salım modellerinin geliştirilmesi

Çalışmada, hayvan barınaklarında gaz ve PM konsantrasyonlarının oluşumuna ve barınaktan olan salımına etki eden iç ortam çevre koşulları ve elde edilen konsantrasyon ile salım değerleri arasında, istatistik bilgisayar paket programı (Minitab 15) kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Böylece her bir iç ortam çevre koşulunun etki derecesi belirlenmiş ve bölgeye özgü salım modelleri geliştirilmiştir. Analiz sonucunda  $R^2$  değeri yüksek ve önemlilik düzeyi önemli olan modeller kullanılarak Bursa bölgesinde hayvancılıktan kaynaklanan kirletici gaz ve PM salımları kolayca tahmin edilebilecektir.

### 3.2.6. Bursa bölgesine yönelik salım faktörlerinin belirlenmesi

Bursa bölgesi için çalışmada gözlenen kirleticilere ilişkin salım faktörleri, birim hayvan başına düşen salımı ifade etmektedir. Çalışmada, bir kirletici için salım faktörü, o kirletici için elde edilen salım miktarının, barınakta bulunan hayvan sayısına bölünmesiyle bulunmuştur.

### **3.2.7. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi**

Araştırmada, incelenen hayvan barınaklarında yapılan ölçümler sonucu elde edilen gaz ve PM konsantrasyonları ile buradan hareketle hesaplanan salımların anlamlı bir şekilde dönüştürülmesi için yorumlanmasına gereksinim vardır.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, bir bilgisayar paket programı (Minitab 15) yardımıyla çok faktörlü varyans ve regresyon analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, istatistiksel faktör olarak, yapılan yetiştiricilik türü (süt sığırıcılığı, yumurta tavukçuluğu, et tavukçuluğu), ölçüm yapılan mevsim (yaz ve kış) ve gün durumu (gece, gündüz) kabul edilmiştir. Her bir yetiştiricilik türünden seçilen üç barınak analizin tekerrürleri olarak değerlendirilmiştir. Bütün faktörler kendi içerisinde değerlendirildiği gibi diğer faktörlerle yarattığı interaksiyonlara da bakılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. İncelenen Hayvan Barınaklarının Yapısal Özellikleri

Bu bölümde, çalışmanın yürütüldüğü 9 adet işletmede iklimsel çevre koşullarının oluşmasında etkili olan, barınak tipi ve kapasitesi, barınaklarda kullanılan havalandırma ve gübre temizleme sistemleri ile barınakların yerleşim yönü konuları incelenmiştir.

Çalışmada ölçümlerin yapıldığı hayvan barınaklarına ilişkin genel özellikler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde, çalışmada kullanılan bütün broyler kümeslerinin altlık üzerinde, yumurta tavuğu kümeslerinin kafes sistemde yetiştiricilik yaptıkları görülmektedir. Süt sığırı ahırlarında ise, SütSığırı1 işletmesi dışındaki işletmelerin serbest duraklı, SütSığırı1 işletmesinin ise serbest açık sistemde üreticilik yaptığı görülmektedir. Ayrıca incelenen süt sığırı ahırlarının tümü soğuk ahır karakterlidir.

**Çizelge 4.1.** Çalışmada incelenen hayvan barınaklarının genel özellikleri

İşletme Adı	Bulunduğu Yer	Yetiştiricilik Sistemi	Kapasite	Havalandırma Sistemi	Gübre Temizleme	Bina Yönü
Broyler1	Akçalar	Yerde	10 000	Mekanik	Altlık	Kd-Gb
Broyler2	Gölkıyı	Yerde	12 000	Mekanik+Doğal	Altlık	Kd-Gb
Broyler3	Görükle	Yerde	24 000	Mekanik	Altlık	D-B
YumTav1	İrfaniye	Kafes	12 000	Mekanik	Gübre Bantlı	K-G
YumTav2	Yaylacık	Kafes	12 000	Mekanik	Gübre Bantlı	K-G
YumTav3	Yaylacık	Kafes	11 000	Mekanik	Derin Çukurlu	K-G
SütSığırı1	Akçalar	Serbest Açık	40	Doğal	Elle Küreme	Kd-Gb
SütSığırı2	Ahmet Yesevi	Serbest Duraklı	63	Doğal	Elle Küreme	D-B
SütSığırı3	Karacabey	Serbest Duraklı	72	Doğal	Hidrolik küreme	D-B

Bu çalışmada kullanılan hayvan barınaklarının kapasiteleri, broyler kümesleri için 6 000-12 000 tavuk, yumurta tavuğu kümesleri için 11 000-12 000 tavuk arasındadır. Süt sığırı ahırlarında ise, 40-72 baş arasında değişmektedir. Çalışmadaki broyler ve

yumurta tavuğu kümesleri mekanik havalandırma sistemi kullanırken süt sığırı ahırlarında doğal havalandırma sistemi kullanmaktadır. Broyle1 işletmesi mekanik havalandırma sisteminde 150 cm çapında 4 adet fan kullanırken, Broyle2 işletmesi 120 cm çapında 5 adet ve Broyle3 işletmesi 200 cm çapında 2 adet havalandırma fanı kullanmaktadır. Yumurta tavuğu kümeslerinde 120 cm çapında 3'er adet havalandırma fanı bulunmaktadır. Gerek broyle gerekse yumurta tavuğu kümeslerinde iç ortam sıcaklığı 30°C'nin üstüne çıktığında fanlar çalıştırılmaya başlamaktadır. Ayrıca, broyle kümeslerinde iç ortam sıcaklığı 22 °C'nin altına düştüğünde ısıtma yapılmaktadır. Broyle1 ve Broyle3 kümeslerinde yaz döneminde, havalandırmanın yanısıra, soğutma yastıkları kullanılarak iç ortam sıcaklığı düşürülmeye çalışılmaktadır.

İncelenen broyle kümeslerinde gübre, altlık üzerinde toplanmakta ve her yetiştirme periyodunun (35-45 gün) sonunda kümeden temizlenmektedir. Yumurta tavuğu kümeslerinde gübre, ya kafes altındaki bantlarda toplanmakta ya da kümesin alt katındaki derin gübre çukurunda toplanmaktadır. Yumtav1 ve Yumtav2 kümesleri, küreme bantlı sisteme sahiptir. Bantın üstüne düşen gübre, yem dağıtım konveyörünün hareketiyle birlikte kafes sırasının sonundaki bir kanala aktarılmakta, buradan dış ortamdaki bir traktör römorküne iletilmektedir. Derin gübre çukurlu küme ise, bir üretim periyodu süresince küme tabanında depolanan gübre üretim periyodunun sonunda boşaltılmaktadır. İncelenen süt sığırı ahırlarında servis yoluna düşen gübre SütSığırı1 ve 2 ahırında günde bir kez el ile kürenerek dış ortamdaki bir depoya iletilirken, SütSığırı3 ahırında mekanik bir küreyici ile otomatik olarak günde birkaç kez kürenmekte ve barınak sonunda bir depoda toplanmaktadır. Çalışmada, işletmelerin sahipleriyle yapılan görüşmelerde, barınaklardan çıkan gübrenin işletme sahibi ve çevredeki çiftçiler tarafından tarım arazilerinde kullanıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.1'e göre, doğal havalandırmalı süt sığırı ahırlarından SütSığırı2 ve 3 daha etkin bir havalandırma sağlayabilmek amacıyla, bölgenin hakim rüzgarından yararlanabilecek biçimde yönlendirilmiştir.

İncelenen barınaklara ilişkin boyutsal özellikler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.2'den görülebileceği gibi, broyle ve yumurta tavuğu kümeslerinde küme genişliği,



sırasıyla 8,6-14,4 m ve 11-12,1 m arasında, süt sığırı ahırlarında ahır genişliği 7,1-21,3 m arasında değişmektedir. İncelenen barınakların uzunlukları ise broyler kümeslerinde 27,7-100 m, yumurta tavuğu kümeslerinde 39-100 m ve süt sığırı ahırlarında 21,3-47,7 m arasında değişim göstermektedir. Broyler kümeslerinin genişlik ve uzunluk ölçülerine göre bu kümeslerde uygulanan yerleşim sıklığı, Broyler1 33 tav/m<sup>2</sup>, Broyler2 için 10 tav/m<sup>2</sup> ve Broyler3 için 33 tav/m<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir. Çalışma süresince, yumurta tavuğu kümeslerinde üç katlı kafes sisteminde bir kafes içinde Yumtav1’de alt katlarda 5 üst katlarda 4 tavuk, Yumtav2 ve 3’de bütün kafes katlarında 5 tavuk barındırıldığı görülmüştür. Buna göre uygulanan yerleşim sıklığı Yumtav1 için 21 tav/m<sup>2</sup> iken Yumtav2 ve Yumtav3 için 23 tav/m<sup>2</sup>’dir. Çalışmada incelenen süt sığırı ahırlarında birim alanda barındırılan hayvan sayısı, SütSığırı1 için 0,05 BHB/m<sup>2</sup>, SütSığırı2 için 0,42 BHB/m<sup>2</sup>, SütSığırı3 için 0,14 BHB/m<sup>2</sup> olarak gerçekleşmiştir.

İncelenen barınakların çatı eğim değerleri, 9-34° arasında değişmektedir. Broyler1 ve Broyler2 kümesleri dışındaki diğer tüm barınaklar Öneş ve Olgun (1989) tarafından önerilen 17-23° değerleri arasındadır. Bütün barınaklar için pencere boyutları barınakların gün ışığından yararlanmasına olanak sağlayacak değerlerdedir. Kapı boyutları barınağa giriş çıkışı rahatça sağlayacak ve özellikle süt sığırı ahırları için barınak içerisinde mekanizasyonun kullanımına olanak tanıyacak büyüklüktedir.

**Çizelge 4.2.** Çalışmada incelenen hayvan barınaklarının boyutsal özellikleri

İşletme	Barınak Eni (m)	Barınak Boyu (m)	Duvar Yük. (m)	Mahya Yük. (m)	Çatı Eğimi (Derece)	Pencere Boyutları			Kapı Boyutları	
						Boy (m)	En (m)	Yerden Yük. (m)	En (m)	Boy (m)
Broyler1	8,6	39	2,2	5,1	34	3,4	0,6	0,8	1,0	1,9
Broyler2	12,5	100	2,9	3,9	9	1,0	0,9	1,2	3,4	2,5
Broyler3	14,4	27,7	2,7	5,2	19	2,7	0,4	1,6	1,8	1,9
YumTav1	11,0	100	3,3	5,3	20	2,0	0,5	3,3	3,7	2,9
YumTav2	12,1	39	3,6	5,6	18	2,1	0,7	1,7	3,1	1,4
YumTav3	12,1	54	5,5	7,5	18	2,3	0,7	1,7	2,5	1,4
SütSığırı1	21,3	41,6	4,5	6,3	23	4,1	0,7	2,3	4,9	3,0
SütSığırı2	7,1	21,3	4,0	6,0	17	3,0	1,5	2,0	2,8	2,8
SütSığırı3	10,8	47,7	3,0	6,5	12	4,7	0,75	2,00	7	2,7

Çalışmanın yürütüldüğü broyler kümeslerinde Ross 308, yumurta tavuğu kümeslerinde Leghorn (YumTav1) ve Brown Nick (Yumtav2 ve 3) ve süt sığırı ahırlarında Holstein ve İsveç Kırmızısı (SütSığırı3) ırkı hayvanlar yetiştirilmektedir. Çalışmanın yapıldığı

kış ve yaz dönemlerinde broyler tavuklarının aynı yaşta olmalarına dikkat edilmiştir. Buna göre Broyler1, 2 ve 3 işletmeleri için tavuklar sırasıyla 29, 30 ve 33 günlük yaşta iken kümeslerde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yumurta tavukları ise çalışmanın kış döneminde YumTav1, YumTav2 ve Yumtav3 için sırasıyla 54, 38, 62 haftalık, yaz döneminde sırasıyla 78, 62 ve 86 haftalık yaştadır.

Çalışma süresince broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde tavuğun gelişim dönemine göre farklılaşan standart ticari kesif yem rasyonları kullanılırken, süt sığırları barınaklarında daha çok silaj ve yoncaya dayalı kaba yem kullanılmaktadır.

## **4.2. İncelenen Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre Koşulları**

### **4.2.1. Kış dönemi ölçümleri**

Broyler kümeslerinde ölçülen kış dönemi iklimsel çevre koşullarına ait ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma (SS) değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Barınak ölçümleri sonucunda ortalama sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı değerleri Broyler 1 için sırasıyla 22,00 °C, % 68,84, 0,11 m/s, Broyler 2 için, 25,68 °C, % 65,73, 0,57 m/s, Broyler 3 için 17,12 °C, 67,02 ve 0,21 m/s olarak ölçülmüştür. Her üç kümes için, maksimum değerler sıcaklık için öğlen 12:00-14:00 arasında, bağıl nem için gece 23:00-02:00 arasında ve hava hızı için öğlen 12:00-14:00 arasında gerçekleşmiştir. Minimum değerler ise, sıcaklık için gece 22:00-01:00 arasında, bağıl nem için öğlen 12:00-14:00 arasında, ve hava hızı için sabaha karşı 02:00-05:00 arasında elde edilmiştir. Kümesler arasında en yüksek sıcaklık değeri Broyler 2'de, bağıl nem değeri Broyler 1'de ve hava hızı değeri Broyler 2'de ortaya çıkmıştır. İncelenen kümeslerin yapısal özelliklerinin farklılık göstermesi nedeniyle elde edilen değerler de farklılık göstermektedir. Broyler2 işletmesi, çalışmada ele alınan broyler işletmeleri arasında en fazla mahya yüksekliğine sahiptir. Broyler1 işletmesi ise bunun tersine en az yüksekliğe sahip olan kümedir. Bu durum, maksimum hava hızı değerinin Broyler2 de, bağıl nem değerinin ise Broyler1 işletmesinde ortaya çıkmasının nedeni olarak gösterilebilir.

**Çizelge 4.3.** Kış döneminde broyler kümeslerinde ölçülen iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /h.tav)	
BROYLER 1	18.12.2008	Ort	22,03	63,77	1,59	1,59
		Mak	23,18	66,96	1,92	1,92
		Min	19,59	54,98	0,87	0,87
		SS	1,09	3,74	0,28	0,28
	19.12.2008	Ort	21,71	65,96	1,71	1,71
		Mak	23,96	71,39	2,90	2,90
		Min	18,00	58,39	1,16	1,16
		SS	2,05	4,15	0,48	0,48
	20.12.2008	Ort	22,24	73,21	1,70	1,70
		Mak	23,43	77,67	2,39	2,39
		Min	20,43	70,23	1,13	1,13
		SS	0,90	2,24	0,36	0,36
	21.12.2008	Ort	22,01	72,40	1,84	1,84
		Mak	24,50	77,71	4,41	4,41
		Min	18,54	56,60	1,26	1,26
		SS	1,72	6,74	0,80	0,80
BROYLER 2	22.12.2008	Ort	21,90	68,81	1,30	1,30
		Mak	25,00	77,40	1,57	1,57
		Min	17,20	58,10	0,17	0,17
		SS	2,42	7,29	0,69	0,69
	23.12.2008	Ort	22,48	68,16	0,40	0,40
		Mak	25,33	77,71	1,40	1,40
		Min	18,20	59,70	0,00	0,00
		SS	2,49	5,44	0,42	0,42
	24.12.2008	Ort	23,77	67,25	1,13	1,13
		Mak	27,75	76,80	1,64	1,64
		Min	18,22	57,32	0,77	0,77
		SS	2,49	6,36	0,23	0,23
	25.12.2008	Ort	20,55	58,69	0,89	0,89
		Mak	23,90	72,59	1,41	1,41
		Min	11,40	22,90	0,15	0,15
		SS	5,05	20,87	0,40	0,40
BROYLER 3	15.01.2009	Ort	15,25	57,62	2,38	2,38
		Mak	20,00	73,05	3,76	3,76
		Min	11,71	49,64	1,14	1,14
		SS	2,24	7,39	0,82	0,82
	16.01.2009	Ort	16,77	65,49	1,62	1,62
		Mak	20,50	82,58	4,86	4,86
		Min	11,30	48,20	0,31	0,31
		SS	2,62	12,58	1,14	1,14
	17.01.2009	Ort	16,72	66,31	1,82	1,82
		Mak	21,50	83,90	4,55	4,55
		Min	11,50	48,20	0,15	0,15
		SS	2,94	13,05	1,33	1,33
	18.01.2009	Ort	17,00	66,88	1,65	1,65
		Mak	21,00	83,30	4,86	4,86
		Min	11,60	48,60	0,15	0,15
		SS	2,87	12,68	1,40	1,40

Kış döneminde broyler kümeslerinden elde edilen iklimsel çevre koşulları literatür verileri ile karşılaştırıldığında, her üç işletme iç ortamda gerçekleşen iklimsel parametrelerin hayvanların isteklerini karşıladıkları görülmektedir. Anderson (1998)'e göre, tavuklar için optimum sıcaklık aralığı 18-24 °C'dir. Ancak, iç ortam sıcaklığının 29-32°C aralığına yükselmesiyle tavukların yem tüketimlerinin büyük bir oranda düşeceğini belirtmektedir. İç ortam sıcaklığının daha da yükselerek 32-35 °C aralığına ulaşmasıyla ise, yem tüketiminin düşmeye devam edeceğini ve özellikle canlı ağırlığı fazla ve üretim periyodunun sonunda olan tavuklarda ölümler meydana geleceğini bildirmektedir. Butcher ve ark. (1996) kümes iç ortam sıcaklığı 30 °C' yi bulduğunda tavukların ısı stresine girdiklerini ve sık solumaya başlayarak vücutlarından ısı atmaya çalıştıklarını belirtmektedir.

Çizelge 4.4'de çalışmanın kış döneminde yumurta tavuğu kümeslerinde elde edilen iklimsel çevre koşulları verilmiştir. İncelenen yumurta tavuğu kümeslerinde gerçekleşen ortalama sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı sırasıyla Yumtav1 için 14,68 °C, %62,68, 0,06 m/s Yumtav2 için 17,88 °C, %52,84, 0,04 m/s ve Yumtav3 için 20,13 °C, %54,79, 0,13 m/s olarak belirlenmiştir. Her üç yumurta tavuğu kümesinde maksimum sıcaklık değerleri öğlen 13:00-16:00 arasında, bağıl nem değerleri gece 21:00-00:00 arasında ve hava hızı değerleri öğlen 12:00-15:00 arasında elde edilmiştir. Minimum değerler ise sıcaklık için gece 00:00-05:00 arasında, bağıl nem için öğlen 13:00-15:00 arasında ve hava hızı değerleri için gece 00:00-05:00 arasında ölçülmüştür. İncelenen yumurta tavuğu kümesleri karşılaştırıldığında, en yüksek sıcaklık değerleri Yumtav3'de elde edilirken, bağıl nem değerleri Yumtav1'de, hava hızı değerleri Yumtav3'de elde edilmiştir. Yumtav3 işletmesinin derin çukurlu olması, kümesin hava giriş açıklığı ile çıkış açıklığı arasındaki yükseklik farkını artırmakta ve buna bağlı olarak hava sirkülasyonu yüksek düzeylerde gerçekleşmektedir. Aynı zamanda gübrenin alt katta toplanması gübreden kaybolan ısının da kümes iç ortamına doğru hareket etmesi, en yüksek sıcaklık değerlerinin bu kümeste görülmesine neden olmuştur.

**Çizelge 4.4.** Kış döneminde yumurta tavuğu kümeslerinde ölçülen iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /h.tav)	
YUMTAV 1	17.02.2009	Ort	14,46	62,54	0,05	0,95
		Mak	16,50	66,16	0,12	2,54
		Min	12,04	60,96	0,00	0,03
		SS	1,36	1,61	0,04	0,93
	18.02.2009	Ort	14,54	60,92	0,04	0,78
		Mak	17,95	66,20	0,13	2,71
		Min	11,10	54,92	0,01	0,10
		SS	2,04	3,16	0,04	0,78
	19.02.2009	Ort	15,98	61,67	0,10	2,00
		Mak	18,44	71,83	0,29	6,04
		Min	12,53	53,43	0,01	0,16
		SS	1,58	5,00	0,08	1,63
	20.02.2009	Ort	13,74	65,60	0,07	1,40
		Mak	15,32	71,26	0,18	3,85
		Min	11,71	59,78	0,01	0,12
		SS	1,04	3,57	0,06	1,18
YUMTAV 2	24.02.2009	Ort	19,03	50,04	0,02	0,36
		Mak	20,20	64,35	0,04	0,90
		Min	16,55	47,28	0,00	0,17
		SS	1,01	4,72	0,01	0,22
	25.02.2009	Ort	18,63	49,99	0,03	0,59
		Mak	20,53	54,39	0,08	1,55
		Min	15,69	44,11	0,01	0,14
		SS	1,60	2,86	0,02	0,35
	26.02.2009	Ort	16,74	55,82	0,05	1,11
		Mak	17,75	57,95	0,10	2,06
		Min	15,70	52,73	0,01	0,32
		SS	0,57	1,49	0,02	0,50
	27.02.2009	Ort	17,11	55,53	0,06	1,21
		Mak	18,95	57,95	0,17	3,51
		Min	15,69	51,88	0,01	0,27
		SS	1,22	2,19	0,05	0,92
YUMTAV 3	03.03.2009	Ort	18,27	66,02	0,13	2,34
		Mak	18,77	67,51	0,17	3,16
		Min	17,26	64,89	0,07	1,19
		SS	0,53	1,08	0,04	0,67
	04.03.2009	Ort	19,49	61,03	0,06	1,13
		Mak	23,35	67,08	0,16	2,85
		Min	16,75	52,50	0,02	0,24
		SS	2,29	4,25	0,03	0,62
	05.03.2009	Ort	19,84	50,16	0,16	2,88
		Mak	24,48	61,70	0,43	7,85
		Min	16,63	37,91	0,01	0,33
		SS	2,47	8,97	0,13	2,39
	06.03.2009	Ort	22,94	41,96	0,19	3,39
		Mak	24,98	50,88	0,29	5,22
		Min	20,02	31,94	0,06	1,07
		SS	1,39	5,76	0,06	1,09

Kış dönemi ölçümleri sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri literatürle karşılaştırıldığında, yumurta tavukları için her üç kümeste de optimum koşulların sağlandığı görülmektedir. Lindley ve Whitaker (1996), tavukların 13-24 °C aralığındaki sıcaklık değerlerinde en fazla sayıda ve en büyük boyutta yumurta ürettiklerini bildirmektedir. Buna ek olarak, 24 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda yumurta üretiminin düştüğünü, buna karşın 7 °C'nin altındaki sıcaklık değerlerinde yem tüketimlerinin önemli derecede arttığını belirtmektedir. İpek ve Ertek (1994), yumurta tavukları için uygun sıcaklık sınırlarını hafif ırklar için 7-28 °C, ağır ırklarda ise 7-24 °C olarak vermektedir. İncelenen iki yumurta tavuğu kümesinde (Yumtav2 ve Yumtav3) ölçülen bağıl nem değerleri literatürde önerilen değerlerin altında gerçekleşmiştir. Balaban ve Şen (1988) kümes içi bağıl nem değerinin %60-75 arasında olması gerektiğini, bağıl nem değerinin düşmesinin tozlanma olasılığını arttıracaklarını ve buna bağlı olarak sağlık koşullarını etkileyeceğini belirtmektedir.

Çalışmanın kış döneminde süt sığırı ahırlarından elde edilen iklimsel çevre koşulları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Kış döneminde, süt sığırı ahırlarında gerçekleşen ortalama sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı değerleri SütSığırı1 için sırasıyla 9,12 °C, %68,48, 0,17 m/s, SütSığırı2 için sırasıyla, 12,13 °C, %66,85, 0,32 m/s, SütSığırı3 için sırasıyla 16,33 °C, %70,74, 0,35 m/s olarak ölçülmüştür. İncelenen her üç süt sığırı ahırında maksimum sıcaklık öğlen 12:00-14:00 arasında, bağıl nem gece 00:00-05:00 arasında ve hava hızı öğlen 12:00-15:00 arasında gözlenmiştir. Minimum değerler ise, sıcaklık için gece 00:00-05:00 arasında, bağıl nem için öğlen 12:00-16:00 arasında hava hızı için gece 00:00-04:00 arasında gerçekleşmiştir.

Çalışmada incelenen süt sığırı işletmeleri karşılaştırıldığında, bütün iklimsel çevre koşulları için optimum değerlerin SütSığırı3 işletmesinde elde edildiği görülmektedir. SütSığırı3 işletmesinin diğer işletmelere göre daha modern bir yapıda olması ve kapasitesinin diğerlerinden büyük olması bu durumun ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur. Elde edilen veriler literatürle karşılaştırıldığında, iklimsel parametrelerin inekler için istenen optimum sınırlar içerisinde oldukları belirlenmiştir.

**Çizelge 4.5.** Kış döneminde süt sığırlarında ölçülen iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /dak.BHB)	
SÜT SİĞIRI 1	17.03.2009	Ort	12,50	59,08	0,07	3,29
		Mak	16,20	71,04	0,09	4,29
		Min	9,55	46,90	0,02	0,78
		SS	2,25	8,92	0,02	1,09
	18.03.2009	Ort	9,82	70,04	0,17	8,02
		Mak	12,30	78,23	0,52	24,23
		Min	7,46	56,99	0,02	1,52
		SS	1,39	6,82	0,14	6,46
	19.03.2009	Ort	6,04	79,37	0,31	14,68
		Mak	10,08	85,46	1,06	49,60
		Min	3,43	71,11	0,04	1,83
		SS	1,97	4,22	0,29	13,71
	20.03.2009	Ort	8,11	65,42	0,11	4,98
		Mak	13,98	79,78	0,17	7,92
		Min	2,72	50,78	0,04	1,87
		SS	4,20	10,21	0,04	1,97
SÜT SİĞIRI 2	23.03.2009	Ort	10,25	71,80	0,11	2,14
		Mak	11,33	77,94	0,39	7,10
		Min	8,65	63,05	0,01	0,17
		SS	0,97	4,81	0,13	2,53
	24.03.2009	Ort	12,33	60,54	0,30	5,11
		Mak	18,17	81,31	1,34	24,56
		Min	5,93	38,12	0,01	0,15
		SS	3,72	15,29	0,38	6,80
	25.03.2009	Ort	14,79	57,05	0,69	13,10
		Mak	18,40	79,21	1,80	32,90
		Min	10,98	44,86	0,11	2,22
		SS	2,49	11,27	0,51	9,12
	26.03.2009	Ort	11,13	78,00	0,18	3,15
		Mak	13,13	84,22	0,66	12,07
		Min	9,05	72,94	0,03	0,61
		SS	1,31	3,73	0,15	2,69
SÜT SİĞIRI 3	30.03.2009	Ort	19,06	60,68	0,24	8,22
		Mak	22,54	81,59	0,65	20,32
		Min	15,36	40,33	0,05	2,55
		SS	2,84	16,25	0,20	8,20
	31.03.2009	Ort	18,09	69,63	0,17	5,34
		Mak	24,41	83,50	0,55	17,19
		Min	11,64	50,54	0,05	1,52
		SS	4,24	11,69	0,11	3,66
	01.04.2009	Ort	15,55	71,52	0,49	15,38
		Mak	20,21	86,81	0,99	31,05
		Min	12,61	51,53	0,06	1,76
		SS	2,46	10,28	0,28	8,80
	02.04.2009	Ort	12,61	81,13	0,50	14,02
		Mak	14,28	85,71	0,97	25,99
		Min	11,56	73,63	0,16	4,88
		SS	0,89	3,36	0,25	6,76

Kadzere ve ark (2001), sağmal ineklerin 5-25°C arasındaki sıcaklıkları tercih ettiğini ve bu aralığın konfor bölgesi olarak adlandırıldığını belirtmektedir. Choi ve ark. (2001)'na göre sağmal inekler için uygun bağıl nem aralığı %40-70'dir.

#### **4.2.2. Yaz dönemi ölçümleri**

Çalışmanın yaz döneminde broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde ve süt sığırı ahırlarında ölçülen iklimsel çevre koşullarına ait sonuçlar sırasıyla, Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda iç ortam sıcaklık değerlerinin 21-32 °C arasında, bağıl nem değerlerinin %30-80 arasında, hava hızı değerlerinin 0,07-0,01 m/s ve havalandırma miktarı değerlerinin 6-0,07 m<sup>3</sup>/saat.tav arasında değiştiği belirlenmiştir. Kümesler arasında en yüksek sıcaklık değeri Broyler 1'de, bağıl nem değeri Broyler 3'de, hava hızı Broyler 1'de ve havalandırma miktarı Broyler 3'de ortaya çıkmıştır. Her üç kümes için, maksimum değerler sıcaklık için öğlen 13:00-16:00 arasında, bağıl nem için gece 02:00-06:00 arasında ve hava hızı için öğlen 12:00-14:00 arasında gerçekleşmiştir. Minimum değerler ise, sıcaklık için gece 01:00-04:00 arasında, bağıl nem için öğlen 13:00-16:00 arasında ve hava hızı için sabaha karşı 02:00-05:00 arasında elde edilmiştir.

Broyler tavukları için optimum sıcaklık değerlerini Türkoğlu ve ark. (1997), 10°C -25°C arasında, Vest (1991) ve Butcher ve ark. (1996) 21°C olarak bildirmektedirler. Optimum bağıl nem değerleri ise %65-80 arasındadır (Okuroğlu ve Delibaş 1986). Oderkirk (2001), broyler kümeslerinde uygulanması gereken havalandırma miktarlarını 0,84-8,4 m<sup>3</sup>/h.tav olarak belirtmektedir. Bu değerler dikkate alındığında, yaz döneminde broyler kümeslerinden elde edilen iklimsel çevre koşulları tavuklar için önerilen optimum sınırlar içerisindedir.

Çalışmanın yaz dönemi süresince yumurta tavuğu kümeslerindeki ortalama sıcaklık, bağıl nem, hava hızı ve havalandırma miktarı sırasıyla 28,41 °C, %57, 0,28 m/s ve 2,62 m<sup>3</sup>/saat.tav olarak ölçülmüştür. İç ortam çevre koşullarının değişim aralıkları ise, sıcaklık için 22-35 °C, bağıl nem için %36-71, hava hızı için 0,01-1,07 m/s ve havalandırma miktarı için 0,04-17,58 m<sup>3</sup>/h.tav olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7).



**Çizelge 4.6.** Yaz döneminde broyler kümeslerinde ölçülen iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /h.tav)	
BROYLER 1	11.08.2009	Ort	28,79	46,76	0,23	1,65
		Mak	30,00	55,04	0,44	3,01
		Min	27,42	41,23	0,04	0,71
		SS	0,88	5,56	0,16	1,12
	12.08.2009	Ort	28,74	52,20	0,17	1,24
		Mak	31,58	63,87	0,41	2,92
		Min	26,11	37,57	0,04	0,26
		SS	1,60	9,84	0,13	0,90
	13.08.2009	Ort	30,11	56,16	0,18	1,28
		Mak	31,78	64,06	0,43	3,12
		Min	27,10	45,29	0,01	0,07
		SS	1,30	6,68	0,16	1,13
	14.08.2009	Ort	27,84	61,25	0,26	1,86
		Mak	31,21	68,76	0,67	4,84
		Min	25,63	50,78	0,05	0,38
		SS	1,61	5,20	0,21	1,51
BROYLER 2	21.08.2009	Ort	27,15	61,69	0,31	2,42
		Mak	28,48	71,74	0,47	3,61
		Min	25,61	55,01	0,09	0,67
		SS	1,03	4,94	0,12	0,89
	22.08.2009	Ort	26,46	59,07	0,34	2,59
		Mak	27,96	67,83	0,47	3,64
		Min	25,24	47,02	0,15	1,14
		SS	0,91	5,40	0,12	0,91
	23.08.2009	Ort	26,12	56,69	0,26	2,03
		Mak	27,87	62,59	0,47	3,62
		Min	24,75	48,84	0,14	1,06
		SS	1,06	4,33	0,13	0,99
	24.08.2009	Ort	25,26	52,78	0,19	1,49
		Mak	27,78	58,04	0,43	3,34
		Min	24,36	42,69	0,10	0,77
		SS	1,18	4,51	0,11	0,86
BROYLER 3	02.09.2009	Ort	26,66	45,80	0,07	1,28
		Mak	28,44	49,48	0,17	3,08
		Min	24,45	39,64	0,01	0,23
		SS	1,31	3,64	0,05	0,97
	03.09.2009	Ort	24,92	48,78	0,09	1,64
		Mak	28,27	58,54	0,29	5,21
		Min	21,42	35,80	0,01	0,21
		SS	2,14	6,38	0,09	1,59
	04.09.2009	Ort	24,38	59,55	0,10	1,88
		Mak	27,90	79,87	0,32	5,78
		Min	20,85	51,30	0,02	0,44
		SS	2,07	9,61	0,09	1,59
	05.09.2009	Ort	25,32	47,75	0,08	1,19
		Mak	28,13	54,67	0,27	2,97
		Min	22,46	33,89	0,01	0,18
		SS	7,24	6,91	0,08	0,84

**Çizelge 4.7.** Yaz döneminde yumurta tavuğu kümeslerindeki iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /h.tav)	
YUMTAV 1	09.07.2009	Ort	32,92	49,46	0,59	9,67
		Mak	35,25	62,44	0,95	15,50
		Min	30,42	39,29	0,02	0,29
		SS	1,68	8,55	0,33	5,37
	10.07.2009	Ort	31,32	56,88	0,33	5,36
		Mak	33,73	62,52	1,07	17,58
		Min	28,62	46,74	0,01	0,08
		SS	1,65	5,15	0,40	6,54
	11.07.2009	Ort	31,07	59,29	0,32	5,29
		Mak	33,19	64,89	0,99	16,20
		Min	28,78	52,72	0,00	0,04
		SS	1,33	3,41	0,39	6,33
	12.07.2009	Ort	28,36	64,69	0,18	2,93
		Mak	30,75	71,70	0,40	6,50
		Min	26,53	55,06	0,00	0,05
		SS	1,28	4,19	0,12	1,98
YUMTAV 2	13.07.2009	Ort	27,68	54,84	0,23	1,02
		Mak	29,43	62,03	0,41	1,77
		Min	23,94	52,17	0,04	0,15
		SS	2,08	3,57	0,12	0,52
	14.07.2009	Ort	26,94	51,71	0,21	0,91
		Mak	30,25	61,29	0,49	2,13
		Min	23,39	40,89	0,02	0,09
		SS	2,36	6,52	0,13	0,58
	15.07.2009	Ort	26,92	57,00	0,14	0,59
		Mak	29,24	66,35	0,38	1,66
		Min	23,22	49,88	0,03	0,14
		SS	2,26	6,00	0,09	0,41
	16.07.2009	Ort	29,23	63,24	0,18	0,80
		Mak	31,70	68,05	0,40	1,73
		Min	27,04	57,53	0,04	0,16
		SS	1,65	3,51	0,13	0,57
YUMTAV 3	20.07.2009	Ort	28,16	60,65	0,31	1,22
		Mak	30,53	66,05	0,37	1,45
		Min	24,94	54,97	0,18	0,70
		SS	2,04	4,39	0,07	0,26
	21.07.2009	Ort	26,63	52,34	0,32	1,24
		Mak	30,22	64,40	0,41	1,61
		Min	22,78	39,96	0,19	0,73
		SS	2,66	7,26	0,06	0,25
	22.07.2009	Ort	26,02	52,34	0,31	1,20
		Mak	30,32	63,23	0,41	1,59
		Min	21,83	35,71	0,23	0,89
		SS	2,94	8,20	0,05	0,21
	23.07.2009	Ort	25,69	59,20	0,29	1,14
		Mak	30,50	68,76	0,38	1,46
		Min	22,25	37,05	0,19	0,72
		SS	2,97	10,88	0,05	0,21

İncelenen yumurta tavuğu işletmeleri içerisinde bütün çevre koşulları için maksimum değerler Yumtav1 kümesinde elde edilmiştir. Minimum değerler ise sıcaklık, bağıl nem, hava hızı ve havalandırma miktarı için Yumtav3' de görülmüştür. Sainsbury (1981) tavuklar için uygun sıcaklık aralığını 15-21°C olarak önermektedir. Anderson (1998)'e göre, yumurta tavukları için optimum sıcaklık aralığı 18-24 °C'dir. Balaban ve Şen (1988), sıcaklığın 13-18 °C aralığında kalması koşuluyla, kümes içi bağıl nem değerinin %60-75 arasında olması gerektiğini bildirmektedir. Seedorf ve ark. (1998), ortalama 2 kg vücut ağırlığına sahip yumurta tavuklarının barındırıldığı kümeslerde, gerekli minimum havalandırma kapasitesini 0,7 m<sup>3</sup>/h.tav ve maksimum havalandırma miktarını 7,9 m<sup>3</sup>/h.tav olarak vermektedirler. Oderkirk (2001), yumurta tavukçuluğu kümeslerinde, minimum ve maksimum havalandırma miktarlarını sırasıyla 0,84 m<sup>3</sup>/h ve 12,72 m<sup>3</sup>/h olarak önermektedir. Literatürde verilen değerler ışığında, yumurta tavuğu kümeslerinde ölçülen sıcaklık değerlerinin optimum değerlerin üzerinde olduğu söylenebilir. Diğer çevre koşulları optimum değerler içerisinde.

Çizelge 4.8 incelendiğinde, süt sığırları ahırlarında elde edilen sıcaklık değerlerinin 17,6-36,9 °C, bağıl nemin %31-84, hava hızının 0,01-4,34 m/s ve havalandırma miktarının 0,24-23,57 m<sup>3</sup>/dak.BHB arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama değerler ise, sıcaklık için 26,5 °C, bağıl nem için %61, hava hızı için 0,37 m/s ve havalandırma miktarı için 4,8 m<sup>3</sup>/dak.BHB olarak elde edilmiştir. Çevre koşullarına ilişkin maksimum değerler sıcaklık için Sütsığırı3, bağıl nem ile hava hızı için Sütsığırı2 ve havalandırma miktarı için Sütsığırı1 ahırında elde edilirken, minimum değerler sıcaklık dışındaki tüm parametreler için Sütsığırı2 ahırında, sıcaklık için ise Sütsığırı3 ahırında görülmüştür. Sütsığırı 3 ahırında yaz mevsiminde uygulanan havalandırma miktarının barınak kapasitesine göre yetersiz olması ve çalışmada incelenen diğer ahırlara göre daha az olması nedeniyle maksimum sıcaklık bu ahırda gerçekleşmiştir.

Stevens ve Ricketts (1993)'e göre, 27 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda süt sığırlarının yem tüketimi ve süt verimi önemli ölçüde düşmektedir. Berman ve ark. (1985), süt sığırları için üst kritik sıcaklık değerlerini 25-26 °C olarak belirtmektedir. Hayvan sağlığı ve süt verimi açısından süt sığırları ahırlarında, bağıl nemi %55-75 arasında tutmak gerekir (Bickert 2001). Chastain (1996), hayvan başına 4,8 m<sup>3</sup>/dak'lık

**Çizelge 4.8.** Yaz döneminde süt sığırı ahırlarında ölçülen iklimsel parametreler

İşletme	Tarih	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Hava Hızı (m/s)	Hav. Miktarı (m <sup>3</sup> /dak.BHB)	
SÜT SIĞIRI 1	30.06.2009	Ort	28,41	51,57	0,15	6,82
		Mak	33,04	65,48	0,33	15,41
		Min	23,21	40,82	0,06	2,58
		SS	3,83	9,53	0,09	4,40
	01.07.2009	Ort	27,21	58,78	0,18	8,44
		Mak	33,10	72,53	0,42	19,55
		Min	21,19	41,99	0,06	2,58
		SS	4,30	11,40	0,13	5,87
	02.07.2009	Ort	26,58	68,11	0,22	10,24
		Mak	31,69	82,80	0,50	23,57
		Min	22,71	50,87	0,04	1,76
		SS	3,05	10,48	0,14	6,61
	03.07.2009	Ort	25,20	71,59	0,18	8,59
		Mak	30,10	80,98	0,31	14,44
		Min	22,75	56,68	0,06	2,65
		SS	2,39	8,48	0,08	3,92
SÜT SIĞIRI 2	05.07.2009	Ort	30,38	45,82	0,28	5,13
		Mak	33,59	63,04	0,66	12,10
		Min	23,93	37,62	0,02	0,34
		SS	3,20	9,05	0,20	3,62
	06.07.2009	Ort	27,98	52,81	0,27	4,91
		Mak	34,50	73,44	0,85	15,56
		Min	20,29	32,33	0,01	0,24
		SS	5,06	14,40	0,26	4,83
	07.07.2009	Ort	28,59	52,82	0,20	3,70
		Mak	36,93	72,27	0,61	11,11
		Min	20,27	31,07	0,01	0,26
		SS	5,51	14,11	0,19	3,57
	08.07.2009	Ort	23,56	70,68	0,02	0,41
		Mak	27,71	75,37	0,03	0,57
		Min	21,25	65,16	0,02	0,27
		SS	2,11	3,08	0,01	0,11
SÜT SIĞIRI 3	17.08.2009	Ort	24,97	67,80	0,68	2,15
		Mak	29,27	76,32	1,41	4,44
		Min	21,09	58,70	0,16	0,51
		SS	2,83	6,86	0,36	1,13
	18.08.2009	Ort	24,97	66,71	0,66	2,07
		Mak	29,27	84,64	1,36	4,27
		Min	21,09	49,67	0,16	0,51
		SS	2,86	13,50	0,35	1,09
	19.08.2009	Ort	24,47	61,42	0,84	2,64
		Mak	30,31	78,07	0,34	3,66
		Min	17,60	43,46	0,24	0,75
		SS	4,34	12,62	0,82	2,58
	20.08.2009	Ort	25,31	66,93	0,74	2,32
		Mak	30,56	83,96	1,55	4,89
		Min	20,12	49,00	0,28	0,89
		SS	4,10	13,53	0,39	1,23

havalandırma miktarının optimum değerler içerisinde olduğunu bildirmektedir. Steevens ve Rickets (1993), yaz döneminde havalandırma miktarının hayvan başına 4,25-5,7 m<sup>3</sup>/dak olması gerektiğini belirtmektedir. Bu değerler ışığında, süt sığırları ahırlarında mevcut iç ortam çevre koşulları optimum değerler ile paralellik göstermektedir.

### **4.3. Hayvan Barınakları İç Ortamında Ölçülen Konsantrasyonlar**

#### **4.3.1. Broyler Kümesleri**

Çalışmada incelenen broyler kümeslerinde kış ve yaz döneminde ölçülen kirletici gazlar ile PM konsantrasyonları günlük ortalamaları Çizelge 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde, kirletici konsantrasyonlarının çalışma süresince NH<sub>3</sub> için 2-93 ppm, H<sub>2</sub>S için 5-59 ppb, CH<sub>4</sub> için 0,38-21 ppm, CO<sub>2</sub> için 500-9518 ppm ve PM için 0,01-19,18 mg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Kümes iç ortamında yapılan ölçümler ile broyler işletmeleri için kış döneminde gerçekleşen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları sırasıyla Broyler 1 için, 57,63 ppm, 13,84 ppb, 1,82 ppm, 2095,99 ppm ve 0,411 mg/m<sup>3</sup>, Broyler 2 için, 17,31ppm, 20,99 ppb, 2,61 ppm, 3064 ppm ve 0,414 mg/m<sup>3</sup>, Broyler 3 için 26,77 ppm, 23,63 ppb, 2,28 ppm, 2334,77 ppm, 0,103 mg/ m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Yaz döneminde elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları sırasıyla Broyler 1 için, 4,43 ppm, 12,56 ppb, 17,08 ppm, 969,04 ppm ve 1,25 mg/m<sup>3</sup>, Broyler2 için, 3,41 ppm, 16,79 ppb, 16,60 ppm, 911,53 ppm ve 0,17 mg/m<sup>3</sup>, Broyler 3 için 5,76 ppm, 29,49 ppb, 13,45 ppm, 864,01 ppm ve 2,56 mg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir.

Çalışmada, broyler kümeslerinde maksimum gaz konsantrasyonları gece 01:00-05:00 arasında gerçekleşirken, PM konsantrasyonları sıcaklığın yükselip bağıl nem oranının düştüğü öğlen 12:00-14:00 saatleri arasında elde edilmiştir. Minimum değerler ise gaz konsantrasyonları için öğlen 11:00-14:00 arasında ve PM konsantrasyonu için gece 01:00-04:00 arasında gerçekleşmiştir. Maksimum ve minimum NH<sub>3</sub> konsantrasyonları sırasıyla kış döneminde Broyler1 ve Broyler2, yaz döneminde Broyler3 ve Broyler2 işletmesinde gözlenirken, CH<sub>4</sub> konsantrasyonları kış

**Çizelge 4.9.** Kış döneminde broyler kümeslerinde kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
BROYLER 1	18.12.2008	Ort	43,39	14,32	0,64	1900,04	0,31
		Mak	84,00	18,34	1,08	2800,14	0,71
		Min	19,67	8,51	2,74	783,33	0,11
		SS	15,85	3,26	1,44	630,02	0,22
	19.12.2008	Ort	62,26	18,08	1,75	1874,04	0,51
		Mak	93,00	22,53	3,61	2841,67	0,94
		Min	33,00	16,39	0,45	500,00	0,27
		SS	16,11	1,48	1,06	670,03	0,20
	20.12.2008	Ort	63,66	13,32	1,16	2206,66	0,50
		Mak	82,17	17,88	3,40	3333,33	0,78
		Min	42,42	8,66	0,38	1208,33	0,23
		SS	12,26	2,73	1,04	650,94	0,20
	21.12.2008	Ort	61,21	9,63	3,72	2403,21	0,32
		Mak	80,58	16,34	7,20	3425,00	0,68
		Min	23,40	3,65	0,78	566,67	0,15
		SS	20,04	3,63	1,41	1039,20	0,18
BROYLER 2	22.12.2008	Ort	16,37	16,10	3,94	1550,09	0,31
		Mak	23,75	22,87	5,22	2391,67	0,71
		Min	11,92	11,17	2,95	580,00	0,11
		SS	3,63	3,94	0,66	623,45	0,21
	23.12.2008	Ort	15,82	21,00	3,17	2838,54	0,51
		Mak	22,00	23,44	4,41	5100,00	0,93
		Min	7,00	18,11	2,50	1100,00	0,11
		SS	3,00	1,65	0,54	1022,68	0,23
	24.12.2008	Ort	16,67	23,30	2,19	3348,73	0,50
		Mak	27,33	25,54	2,76	8758,33	0,78
		Min	8,67	21,43	1,37	1544,44	0,23
		SS	4,02	1,13	0,41	1622,92	0,19
	25.12.2008	Ort	20,39	23,56	1,12	4518,64	0,34
		Mak	29,82	26,41	3,20	9518,18	0,68
		Min	8,00	20,03	1,03	1500,00	0,16
		SS	6,86	2,07	1,65	2916,77	0,17
BROYLER 3	15.01.2009	Ort	9,54	22,59	0,19	854,49	0,16
		Mak	25,33	28,16	1,53	3458,33	0,27
		Min	1,89	17,84	2,54	100,00	0,07
		SS	9,02	3,14	1,50	1113,99	0,06
	16.01.2009	Ort	30,35	27,33	2,51	2693,23	0,09
		Mak	54,83	36,26	4,79	4600,00	0,18
		Min	6,25	17,34	0,95	200,00	0,03
		SS	13,76	5,86	1,26	1395,63	0,03
	17.01.2009	Ort	36,12	32,41	2,42	2983,74	0,08
		Mak	52,42	42,00	4,62	5433,33	0,38
		Min	21,00	27,23	0,95	483,33	0,02
		SS	8,52	4,47	1,06	1087,76	0,07
	18.01.2009	Ort	31,07	12,17	3,99	2806,03	0,09
		Mak	57,67	16,36	5,51	5275,00	0,29
		Min	12,58	6,93	1,96	883,33	0,02
		SS	15,29	3,27	1,14	1751,98	0,08

**Çizelge 4.10.**Yaz döneminde broyler kümeslerinde kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
BROYLER 1	11.08.2009	Ort	4,26	13,43	18,10	855,97	0,87
		Mak	6,45	20,40	19,51	1350,99	4,01
		Min	2,66	6,64	16,98	505,17	0,13
		SS	1,50	6,21	0,93	336,90	1,21
	12.08.2009	Ort	4,90	13,39	18,34	982,91	1,48
		Mak	7,72	21,36	20,16	1509,09	5,11
		Min	2,55	6,01	17,01	516,94	0,07
		SS	1,80	5,90	0,83	401,30	1,65
	13.08.2009	Ort	4,25	11,42	17,60	944,52	2,03
		Mak	6,57	17,52	20,05	1467,97	14,44
		Min	2,32	5,23	15,01	506,83	0,07
		SS	1,53	5,10	1,43	384,60	3,21
	14.08.2009	Ort	4,30	12,01	14,29	1092,75	0,62
		Mak	6,36	27,39	20,34	1570,06	1,69
		Min	2,35	5,17	9,56	556,02	0,08
		SS	1,47	5,97	3,13	430,12	0,52
BROYLER 2	21.08.2009	Ort	2,86	13,51	18,71	813,53	0,03
		Mak	3,88	27,39	20,34	1563,84	0,08
		Min	2,26	8,92	17,29	616,44	0,00
		SS	0,45	4,92	0,90	263,42	0,02
	22.08.2009	Ort	2,78	15,77	17,87	809,83	0,02
		Mak	3,13	25,76	20,80	1269,29	0,06
		Min	2,41	10,67	15,41	619,93	0,01
		SS	0,24	3,87	1,32	184,92	0,02
	23.08.2009	Ort	3,68	25,89	15,53	930,02	0,02
		Mak	4,85	42,84	17,00	1298,47	0,06
		Min	2,68	14,21	12,73	624,71	0,01
		SS	0,59	9,17	1,37	220,17	0,02
	24.08.2009	Ort	5,51	40,23	13,42	1249,91	0,04
		Mak	7,33	58,59	14,81	1663,89	0,09
		Min	4,16	17,11	12,40	673,82	0,01
		SS	1,11	14,21	0,81	342,13	0,03
BROYLER 3	02.09.2009	Ort	6,26	27,50	14,62	706,81	3,96
		Mak	7,23	29,81	16,10	746,05	19,18
		Min	5,43	23,05	12,43	679,36	0,90
		SS	0,66	2,00	1,27	17,85	6,03
	03.09.2009	Ort	5,81	25,06	13,50	724,47	3,45
		Mak	6,90	32,82	15,67	847,18	16,21
		Min	4,66	21,02	11,82	674,46	0,14
		SS	0,69	3,06	1,20	44,30	3,73
	04.09.2009	Ort	5,48	25,19	12,26	774,86	2,80
		Mak	6,55	39,75	14,13	1019,55	8,36
		Min	4,29	20,36	8,95	693,45	0,45
		SS	0,62	6,03	1,42	101,57	1,98
	05.09.2009	Ort	7,26	32,43	13,97	856,09	2,74
		Mak	10,39	51,10	17,13	1156,93	6,97
		Min	5,41	21,99	10,31	692,63	0,55
		SS	1,32	10,17	2,62	179,21	2,18

döneminde Broyles1 ve Broyles2, yaz döneminde Broyles1 ve Broyles3 işletmesinde elde edilmiştir. H<sub>2</sub>S konsantrasyonları için maksimum ve minimum değerler sırasıyla kış döneminde Broyles3 ve Broyles1, yaz döneminde Broyles2 ve Broyles1 işletmesinde gözlenmiştir. Maksimum ve minimum CO<sub>2</sub> konsantrasyonları kış ve yaz döneminin her ikisi için de Broyles2 ve Broyles1 işletmesinde gerçekleşmiştir. Maksimum ve minimum PM konsantrasyonları ise kış döneminde sırasıyla Broyles 2 ve Broyles 3 işletmelerinde yaz döneminde Broyles3 ve Broyles 2 işletmelerinde ölçülmüştür.

Broyles 1 işletmesinde ortalama NH<sub>3</sub> değeri, 57,63 ppm ile önceki çalışmalara oranla daha yüksek gerçekleşirken, diğer broyles işletmelerinde ise elde edilen NH<sub>3</sub> konsantrasyonları önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Broyles kümesleri iç ortamında NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu, Radon ve ark. (2002) 12,00 ppm, Redwine ve ark. (2002) 28,50 ppm, Liang ve ark. (2005) 37,00 ppm ve Kocaman ve ark. (2006) 23,06 ppm olarak bildirmişlerdir. Çalışmada, broyles kümeslerinde ölçülen H<sub>2</sub>S konsantrasyonları literatürde verilen değerler ile uyum göstermektedir. Zhu ve ark. (2000), broyles kümeslerinde H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarının 40-150 ppb arasında değiştiğini belirtmektedir. Li ve ark.(2008a), broyles kümeslerinde yaptıkları çalışmada ortalama H<sub>2</sub>S konsantrasyonunu 50,5 ppb olarak bulmuştur. Broyles kümeslerinde ölçülen CH<sub>4</sub> konsantrasyonları literatürde belirtilen değerler düzeyindedir. Literatürde yapılan çalışmalarda, broyles kümeslerindeki CH<sub>4</sub> konsantrasyonunun kış döneminde 5 ppm'in altında seyrettiği, yaz döneminde ise 20 ppm'e kadar çıkabildiği belirtilmektedir (Guiziou ve Beline 2005, Lin ve ark. 2010b). Çalışmada bütün broyles kümeslerinde elde edilen CO<sub>2</sub> konsantrasyonu literatürde belirtilen sınırlar içerisindeydir. Liang ve ark. (2005), kümeslerde CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu 4.800 ppm ve Kocaman ve ark. (2006), 2.700 ppm olarak vermişlerdir.

#### **4.3.2. Yumurta Tavuğu Kümesleri**

Çalışmada incelenen yumurta tavuğu kümeslerinde kış döneminde ölçülen kirletici gaz ve PM konsantrasyonlarına ilişkin günlük ortalamalar, Çizelge 4.11 ve 4.12'de verilmiştir. Çizelgeler birlikte incelendiğinde kirletici konsantrasyonlarının NH<sub>3</sub>



**Çizelge 4.11.** Kış döneminde yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih	NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM Kons. (mg/m <sup>3</sup> )	
YUMTAV 1	17.02.2009	Ort	2,83	16,54	794,27	0,124
		Mak	4,83	22,57	1000,00	0,242
		Min	0,50	11,61	477,78	0,046
		SS	1,10	3,57	139,11	0,076
	18.02.2009	Ort	4,51	10,52	723,62	0,086
		Mak	6,23	13,34	1100,00	0,164
		Min	1,14	7,94	320,34	0,041
		SS	1,26	1,60	222,09	0,028
	19.02.2009	Ort	4,32	12,99	466,54	0,075
		Mak	7,25	15,86	765,00	0,140
		Min	1,17	8,45	75,00	0,037
		SS	1,75	2,25	211,42	0,031
	20.02.2009	Ort	3,81	10,66	514,06	0,061
		Mak	5,00	13,10	916,67	0,119
		Min	1,33	7,15	160,00	0,028
		SS	1,06	1,74	239,96	0,025
YUMTAV 2	24.02.2009	Ort	4,95	15,54	1257,58	0,054
		Mak	6,17	18,41	1408,33	0,100
		Min	2,43	12,61	963,33	0,038
		SS	1,18	1,92	175,55	0,022
	25.02.2009	Ort	7,35	12,80	1116,63	0,051
		Mak	9,50	22,88	1408,33	0,107
		Min	4,42	6,66	733,33	0,033
		SS	1,31	4,58	223,93	0,018
	26.02.2009	Ort	7,78	11,76	1133,60	0,070
		Mak	8,52	17,83	1500,00	0,194
		Min	6,00	7,08	668,33	0,015
		SS	0,62	3,34	262,77	0,055
	27.02.2009	Ort	8,31	11,13	1433,42	0,049
		Mak	9,12	16,82	1572,00	0,224
		Min	7,25	2,66	1266,67	0,012
		SS	0,51	4,94	92,65	0,048
YUMTAV 3	03.03.2009	Ort	10,73	25,08	1265,77	0,207
		Mak	13,17	29,23	1541,67	0,340
		Min	8,14	20,40	833,33	0,116
		SS	1,54	2,94	253,00	0,083
	04.03.2009	Ort	15,13	23,38	1117,79	0,140
		Mak	19,92	28,01	1558,33	0,294
		Min	9,80	18,07	871,43	0,051
		SS	2,71	2,86	204,84	0,054
	05.03.2009	Ort	10,47	18,96	551,04	0,073
		Mak	17,83	26,82	1141,67	0,239
		Min	4,00	11,31	91,67	0,032
		SS	5,34	4,74	332,35	0,042
	06.03.2009	Ort	9,65	12,67	598,50	0,090
		Mak	16,94	19,98	946,31	0,128
		Min	5,94	3,89	208,33	0,055
		SS	3,79	6,48	287,08	0,023

**Çizelge 4.12.** Yaz döneminde yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
YUMTAV 1	09.07.2009	Ort	3,59	5,14	689,33	0,396
		Mak	3,84	9,45	729,00	0,675
		Min	3,31	2,89	669,07	0,071
		SS	0,17	2,27	18,40	0,212
	10.07.2009	Ort	3,97	6,18	794,77	0,270
		Mak	6,08	14,44	1134,43	0,493
		Min	3,38	3,31	683,05	0,056
		SS	0,53	2,99	114,60	0,113
	11.07.2009	Ort	4,23	5,60	769,01	0,235
		Mak	6,12	15,66	1138,36	0,482
		Min	3,49	2,86	654,71	0,055
		SS	0,74	3,86	159,17	0,125
	12.07.2009	Ort	3,79	4,04	688,62	0,180
		Mak	4,19	5,12	715,30	0,295
		Min	3,49	2,86	654,71	0,057
		SS	0,20	0,73	18,73	0,081
YUMTAV 2	13.07.2009	Ort	3,37	4,04	742,92	0,189
		Mak	3,68	4,63	854,87	0,324
		Min	3,08	3,60	681,52	0,077
		SS	0,21	0,30	63,76	0,105
	14.07.2009	Ort	4,47	10,08	820,89	0,256
		Mak	8,19	43,85	1448,09	0,531
		Min	3,65	3,56	667,44	0,086
		SS	0,98	9,69	188,75	0,109
	14.07.2009	Ort	4,53	24,65	592,86	0,305
		Mak	8,50	70,29	1570,93	0,829
		Min	3,09	3,19	2,33	0,049
		SS	1,65	32,26	517,68	0,193
	15.07.2009	Ort	3,55	69,47	3,59	0,215
		Mak	4,15	71,16	4,29	0,309
		Min	3,09	65,96	2,33	0,096
		SS	0,37	14,93	0,57	0,060
YUMTAV 3	20.07.2009	Ort	3,37	5,80	814,46	0,242
		Mak	4,27	7,12	903,08	0,452
		Min	2,81	5,19	706,51	0,051
		SS	0,47	0,52	54,73	0,133
	21.07.2009	Ort	5,59	7,57	778,31	0,191
		Mak	6,39	18,37	925,94	0,389
		Min	4,60	5,38	689,86	0,022
		SS	0,39	3,01	74,15	0,102
	22.07.2009	Ort	5,66	7,59	792,35	0,468
		Mak	11,79	18,37	1096,24	3,768
		Min	3,61	3,82	683,91	0,013
		SS	1,83	3,58	109,39	0,765
	23.07.2009	Ort	4,30	4,91	806,69	0,331
		Mak	4,57	9,39	959,06	0,588
		Min	3,61	3,77	671,06	0,082
		SS	0,26	1,62	119,17	0,150

için 0,5-20 ppm, H<sub>2</sub>S için 3-71 ppb, CO<sub>2</sub> için 2-1572 ppm ve PM için 0,01-3,77 mg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görölmektedir. Kış dönemi ölçümleri sonucunda yumurta tavuğu kümeslerinden elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları sırasıyla Yumtav1 için 3,87 ppm, 12,68 ppb, 624,62 ppm ve 0,09 mg/m<sup>3</sup>, Yumtav2 için 7,10 ppm, 12,81 ppb, 1 235,31 ppm ve 0,06 mg/m<sup>3</sup> ve Yumtav3 için 11,49 ppm, 20,02 ppb, 883,28 ppm ve 0,13 mg/m<sup>3</sup> olarak gerçekteşmiştir. Yaz dönemi ölçümleri sonucunda yumurta tavuğu kümeslerinden elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları, sırasıyla Yumtav1 için, 3,90 ppm, 5,24 ppb, 735 ppm ve 0,27 mg/m<sup>3</sup>, Yumtav2 için 3,98 ppm, 27,1 ppb, 540 ppm ve 0,24 mg/m<sup>3</sup> ve Yumtav3 için 4,73 ppm, 6,47 ppb, 798 ppm ve 0,31 mg/m<sup>3</sup> olarak ölçölmüştür.

Yumurta tavuğu kümeslerinde yapılan ölçümlerde kümes iç ortamında bulunan CH<sub>4</sub> konsantrasyonlarının düşük düzeylerde gerçekteştiği belirlenmiş ve bu nedenle her iki ölçüm dönemi için de CH<sub>4</sub> konsantrasyonları gözardı edilmiştir. Ölçölen kirletici gaz konsantrasyonlarına ilişkin olarak maksimum değerler havalandırmanın göreceli olarak daha az uygulandığı gece 00:00-05:00 saatleri arasında gerçekteşmiştir. Maksimum PM konsantrasyonları öğlen 12:00-15:00 saatleri arasında meydana gelmiştir. Yumurta tavuğu kümesleri birbiriyle karşılaştırıldığında kış ve yaz dönemlerinde maksimum konsantrasyon değerleri NH<sub>3</sub> ve PM için Yumtav3'de, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> için Yumtav2'de elde edilmiştir. Minimum değerler ise kış ve yaz dönemlerinde NH<sub>3</sub> için Yumtav1 ve Yumtav3'de, H<sub>2</sub>S için Yumtav2 ve Yumtav1'de, CO<sub>2</sub> için Yumtav1 ve Yumtav2'de ve PM için Yumtav2 ve Yumtav1 işletmesinde gerçekteşmiştir.

Çalışmada elde edilen kirletici gaz konsantrasyon değerleri, önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Liang ve ark. (2005) yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları çalışmada NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu 8,30 ppm olarak ölçmüşlerdir. Buna karşın Kocaman ve ark. (2006), kış döneminde yumurta tavuğu kümesinde oluşan NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu 23,06 ppm olarak belirlemişlerdir. Ogunlaja (2009), hayvan barınaklarında H<sub>2</sub>S konsantrasyonları üzerine yapılan çalışma sayısının az olduğunu bildirmektedir. Lim ve ark (2003), yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları çalışmada H<sub>2</sub>S konsantrasyonunu 19,7 ppb olarak bulmuşlardır. Literatürde yumurta tavuğu kümesi iç ortamındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu Nimmermark ve ark.(2005) tarafından

1.864 ppm ve Kocaman ve ark. (2006) tarafından 2.700 ppm olarak belirlenmiştir. Yumurta tavuğu kümeslerinde ölçülen PM konsantrasyonu önceki çalışmalara göre daha düşük gerçekleşmiştir. Yumurta tavuğu kümeslerindeki PM konsantrasyonları Li ve ark. (2011)'de 0,393 mg/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir. Lim ve ark.(2003)'de, bir yumurta tavuğu kümesinde günlük ortalama PM2.5, PM10 ve toplam askıda partikül konsantrasyonları sırasıyla 0,39, 0,518 ve 1,887 mg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Qi ve ark. (1992), mekanik havalandırmalı, 112 000 tavuk kapasiteli, kafesli kümeste net toz konsantrasyonlarını 1,32-1,84 mg/s.tavuk olarak belirlemişlerdir.

### 4.3.3. Süt Sığırı Ahırları

Çalışmanın kış ve yaz dönemleri süresince süt sığırı ahırlarında oluşan günlük ortalama kirletici gaz ile PM konsantrasyonları Çizelge 4.13 ve 4.14'de verilmiştir. Çalışma süresince süt sığırı ahırlarındaki kirletici konsantrasyonlarının NH<sub>3</sub> için 0,01-4,4 ppm, H<sub>2</sub>S için 0,4-1089 ppb, CH<sub>4</sub> için 0,7-79 ppm, CO<sub>2</sub> için 75-1100 ppm ve PM için 0,01-0,82 mg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Kış dönemi ölçümleri ile elde edilen ortalama konsantrasyon değerleri NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM için sırasıyla, SütSığırı1'de, 1,54 ppm, 35,51 ppb 37,81 ppm, 136,04 ppm ve 0,082 mg/m<sup>3</sup>, SütSığırı2'de, 1,52 ppm, 101,58 ppb, 39,37 ppm, 267,72 ppm ve 0,077 mg/m<sup>3</sup>, SütSığırı3'de 1,99 ppm, 80,98 ppb, 39,02 ppm, 149,82 ppm ve 0,078 mg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Yaz dönemi ortalama konsantrasyon değerleri NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM için sırasıyla, SütSığırı1'de, 15,66 ppm, 15,42 ppb, 20,73 ppm, 479,3 ppm ve 0,002 mg/m<sup>3</sup>, SütSığırı2'de, 1,72 ppm, 20,82 ppb, 18,56 ppm, 473,33 ppm ve 0,01 mg/m<sup>3</sup>, SütSığırı3'de 3,74 ppm, 68,89 ppb, 17,29 ppm, 494,05 ppm ve 0,003 mg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir.

Süt sığırı ahırlarında yapılan ölçümlere ilişkin olarak kirletici gazlar için elde edilen maksimum konsantrasyon değerleri gece 23:00-03:00 saatleri arasında ve minimum değerler öğlen 13:00-16:00 saatleri arasında görülmüştür. PM için ise maksimum değerler sabah 05:00-09:00 saatleri arasında elde edilirken minimum değerler öğlen 13:00-15:00 saatleri arasında elde edilmiştir. Çalışmada incelenen süt sığırı ahırları arasında kış ve yaz dönemlerinde maksimum konsantrasyonlar sırasıyla, NH<sub>3</sub> için

SütSığırı 3 ve SütSığırı1, H<sub>2</sub>S için SütSığırı2 ve SütSığırı3'de, CH<sub>4</sub> için SütSığırı2 ve SütSığırı1'de, CO<sub>2</sub> için SütSığırı2 ve SütSığırı3'de ve PM için SütSığırı1 ve SütSığırı2'de elde edilmiştir. Kış ve yaz dönemlerinde minimum değerler ise, NH<sub>3</sub> ve CH<sub>4</sub> için her iki dönem için de SütSığırı2 ve SütSığırı3'de, H<sub>2</sub>S için SütSığırı3 ve SütSığırı2'de, CO<sub>2</sub> için SütSığırı1 ve SütSığırı2'de ve PM için SütSığırı2 ve SütSığırı1'de gözlenmiştir.

Bu çalışmanın süt sığırı ahırları için kış döneminde elde edilen konsantrasyon verileri literatürle karşılaştırıldığında gerek kirletici gaz gerekse PM konsantrasyonlarının düşük değerlerde seyrettiği belirlenmiştir. Zhang ve ark. (2005) ile Zhao ve ark. (2007) süt sığırı ahırlarında yaptıkları çalışma sonucunda ahır iç ortamında gerçekleşen NH<sub>3</sub> konsantrasyonlarının 2,1-20 ppm arasında değiştiğini belirtirken, Brose ve ark. (1998) yine NH<sub>3</sub> konsantrasyonunu 4 ppm olarak belirtmiştir. Aynı çalışmalar süt sığırı ahırlarındaki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının sırasıyla 465, 658 ve 1.700 ppm olduğunu göstermektedir. Bicudo ve ark (2003) süt sığırları iç ortamındaki H<sub>2</sub>S konsantrasyonlarını 0-92 ppb aralığında ölçerken Zhao ve ark. (2005) 2-31 ppb arasında ölçmüştür. Bununla birlikte Brose ve ark. (1998), süt sığırı ahırlarındaki CH<sub>4</sub> konsantrasyonunun 148 ppm olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada incelenen ahırlardaki maksimum CH<sub>4</sub> konsantrasyonu bu değer çok daha altında yer almaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında, incelenen işletmelerin kapasitelerinin düşük olması, uygulanan gübre temizleme sistemleri arasındaki farklılıklar ile hayvanlara verilen yem rasyonundaki farklılıkların etkili olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.13.** Kış döneminde süt sığırlarında kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM Kons. (mg/m <sup>3</sup> )
SÜT SİĞIRI 1	17.03.2009	Ort	1,54	45,61	36,98	144,17	0,09
		Mak	2,46	304,42	42,83	200,00	0,12
		Min	0,67	15,64	31,00	83,33	0,06
		SS	0,67	70,02	5,48	50,62	0,02
	18.03.2009	Ort	1,67	41,09	37,32	136,81	0,10
		Mak	3,21	178,60	43,33	300,00	0,82
		Min	0,75	17,36	31,00	75,00	0,05
		SS	0,72	38,35	5,91	55,65	0,15
	19.03.2009	Ort	1,24	29,45	36,83	137,56	0,07
		Mak	2,67	73,84	44,00	200,00	0,16
		Min	0,00	16,83	31,00	83,33	0,03
		SS	0,95	14,39	6,20	49,32	0,03
	20.03.2009	Ort	1,71	25,88	40,12	125,63	0,07
		Mak	3,04	59,72	45,00	200,00	0,13
		Min	1,00	18,49	31,00	75,00	0,04
		SS	0,69	11,11	6,66	49,49	0,03
SÜT SİĞIRI 2	23.03.2009	Ort	1,95	117,91	42,58	439,50	0,09
		Mak	3,92	1089,82	44,33	875,00	0,12
		Min	0,67	15,99	33,85	100,00	0,07
		SS	1,16	257,25	3,55	292,77	0,02
	24.03.2009	Ort	1,77	118,40	38,43	272,51	0,07
		Mak	3,00	831,20	45,00	1100,00	0,12
		Min	0,08	16,56	31,00	75,00	0,04
		SS	0,92	213,25	6,41	282,42	0,03
	25.03.2009	Ort	1,13	102,25	38,42	198,33	0,06
		Mak	2,58	398,68	45,00	583,33	0,12
		Min	0,17	15,43	31,30	91,67	0,04
		SS	0,58	126,71	5,85	130,54	0,02
	26.03.2009	Ort	1,24	67,75	38,04	160,54	0,09
		Mak	2,00	227,91	45,00	200,00	0,16
		Min	0,25	15,45	32,00	91,67	0,04
		SS	0,51	75,87	6,27	45,88	0,04
SÜT SİĞIRI 3	30.03.2009	Ort	1,96	37,18	44,20	139,39	0,06
		Mak	3,25	150,69	45,00	250,00	0,08
		Min	0,67	15,77	32,67	75,00	0,04
		SS	1,04	38,26	0,67	57,14	0,01
	31.03.2009	Ort	2,37	42,03	37,14	151,74	0,08
		Mak	3,75	255,58	44,00	258,33	0,15
		Min	1,08	15,12	31,00	83,33	0,04
		SS	0,68	56,88	6,29	48,53	0,02
	01.04.2009	Ort	2,07	175,04	5,74	146,43	0,08
		Mak	3,27	675,51	23,60	275,00	0,16
		Min	1,08	17,78	0,79	75,00	0,04
		SS	0,66	241,41	7,74	56,08	0,03
	02.04.2009	Ort	1,55	69,68	8,40	161,72	0,10
		Mak	2,00	462,29	78,78	200,00	0,17
		Min	1,00	17,33	0,59	85,71	0,08
		SS	0,43	106,72	18,68	40,07	0,03

**Çizelge 4.14.** Yaz döneminde süt sığırı ahırlarında kirletici konsantrasyonları

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
SÜT SİĞIRI 1	6/30/2009	Ort	0,91	7,27	17,98	467,44	0.003
		Mak	1,06	24,77	19,33	482,68	0.002
		Min	0,76	0,53	16,24	443,90	0.000
		SS	0,12	6,99	1,07	11,88	0.002
	7/1/2009	Ort	0,82	27,86	20,93	469,39	0.002
		Mak	1,65	273,76	43,53	510,26	0.003
		Min	0,55	0,99	13,97	438,34	0.000
		SS	0,29	62,42	6,74	17,31	0.002
	7/2/2009	Ort	1,38	14,98	21,45	477,11	0.001
		Mak	2,31	57,45	29,93	542,15	0.002
		Min	0,80	1,09	17,31	444,52	0.001
		SS	0,46	15,65	3,47	31,14	0.002
	7/3/2009	Ort	2,22	11,57	22,57	503,27	0.002
		Mak	4,44	22,88	30,59	628,45	0.008
		Min	0,83	4,88	15,51	434,73	0.000
		SS	1,26	4,92	3,74	64,08	0.008
SÜT SİĞIRI 2	7/5/2009	Ort	0,90	9,57	18,34	440,42	0.008
		Mak	1,50	10,02	21,95	463,81	0.027
		Min	0,65	9,31	16,78	430,72	0.008
		SS	0,27	0,31	1,51	11,66	0.023
	7/6/2009	Ort	0,79	12,86	18,50	464,76	0.011
		Mak	1,55	19,21	22,30	594,66	0.009
		Min	0,39	0,38	14,39	428,58	0.009
		SS	0,31	5,74	2,19	46,69	0.008
	7/7/2009	Ort	0,77	16,76	19,48	489,27	0.007
		Mak	1,24	53,04	35,59	573,69	0.011
		Min	0,48	2,35	15,61	444,59	0.000
		SS	0,24	10,16	5,29	40,38	0.008
	7/8/2009	Ort	0,74	44,09	17,92	500,87	0.015
		Mak	0,99	325,56	24,15	569,51	0.030
		Min	0,52	2,38	13,76	464,78	0.001
		SS	0,16	105,62	2,99	38,39	0.044
SÜT SİĞIRI 3	8/17/2009	Ort	1,14	32,53	17,37	467,71	0.004
		Mak	1,44	43,63	18,49	488,13	0.004
		Min	0,85	18,67	15,39	460,58	0.003
		SS	0,20	10,12	1,14	10,36	0.005
	8/18/2009	Ort	1,44	89,74	15,03	529,16	0.004
		Mak	2,28	675,04	26,98	690,09	0.008
		Min	0,79	18,65	10,03	443,13	0.001
		SS	0,51	160,19	3,67	89,58	0.008
	8/19/2009	Ort	1,64	48,11	16,09	481,38	0.002
		Mak	3,53	189,68	20,74	567,70	0.001
		Min	0,50	19,11	10,38	435,88	0.001
		SS	1,09	44,55	2,83	50,47	0.001
	8/20/2009	Ort	3,63	105,17	20,66	497,95	0.002
		Mak	8,77	381,82	27,60	643,80	0.003
		Min	0,67	18,41	8,84	440,57	0.001
		SS	2,81	126,84	5,55	71,66	0.004

#### 4.4. İncelenen Hayvan Barınaklarından Oluşan Salımlar

Bu bölümde çalışma kapsamında incelenen hayvan barınaklarında kış ve yaz dönemlerinde ölçülen kirletici gaz ve PM konsantrasyonları ile havalandırma miktarları yardımıyla kirleticilere ilişkin hesaplanan salımlar verilmiştir.

##### 4.4.1. Broyler Kümesleri

Çalışmanın kış ve yaz döneminde broyler kümeslerinden kaynaklanan günlük ortalama salım değerleri Çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmiştir. Kirletici konsantrasyonları ile salımlarının ölçüm günlerine göre değişimleri ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Çizelge 4.15 ve 4.16 birlikte incelendiğinde çalışma süresince broyler kümeslerinde kirletici salımlarının, NH<sub>3</sub> için 0,01-2390 g/h, H<sub>2</sub>S için 0,01-5,02 g/h, CH<sub>4</sub> için 0,01-3,73 g/h, CO<sub>2</sub> için 0,01-500 kg/h ve PM için 0,01-39,05 g/m<sup>3</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Broyler kümesleri için kış döneminde ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımları sırasıyla Broyler1 için, 798,59 g/h, 182,22 mg/h, 9,25 mg/h, 3,94 kg/h, 1,71 g/h, Broyler2 için, 176,48 g/h, 487,10 mg/h, 23,2 g/h, 2,47 kg/h, 0,93 g/h ve Broyler3 için, 445,60 g/h, 172,97 mg/h, 11,94 g/h, 3,11 kg/h, 1,87 g/h olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın yaz döneminde gerçekleşen NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımlarının ortalama değerleri, Broyler1 için, 135,57 g/h, 312,24 mg/h, 482,96 mg/h, 30,65 kg/h, 11,37 g/h, Broyler2 için, 2,56 kg/h, 11,1 g/h, 9,78 g/h, 621 kg/h, 8,73 g/h ve Broyler3 için, 116,79 g/h, 391,31 mg/h, 210,62 mg/h, 14,30 kg/h, 16,45 g/h olarak belirlenmiştir.

Broyler kümeslerinden gerçekleşen maksimum salım değerleri, gece 00:00-05:00 saatleri arasında elde edilirken minimum değerler öğlen 12:00-16:00 saatleri arasında görülmüştür. Broyler kümeslerinde PM salımları için maksimum ve minimum değerler sırasıyla, 13:00-15:00 ve 00:00-03:00 saatleri arasında gerçekleşmiştir.

Kış dönemi için broyler kümesleri karşılaştırıldığında, maksimum ve minimum salım değerleri NH<sub>3</sub> için sırasıyla Broyler1 ve Broyler2 işletmesinde gözlenmiştir. H<sub>2</sub>S ve CH<sub>4</sub> salımları için maksimum ve minimum değerler sırasıyla Broyler 2 ve Broyler 1 işletmelerinde gerçekleşmiştir.

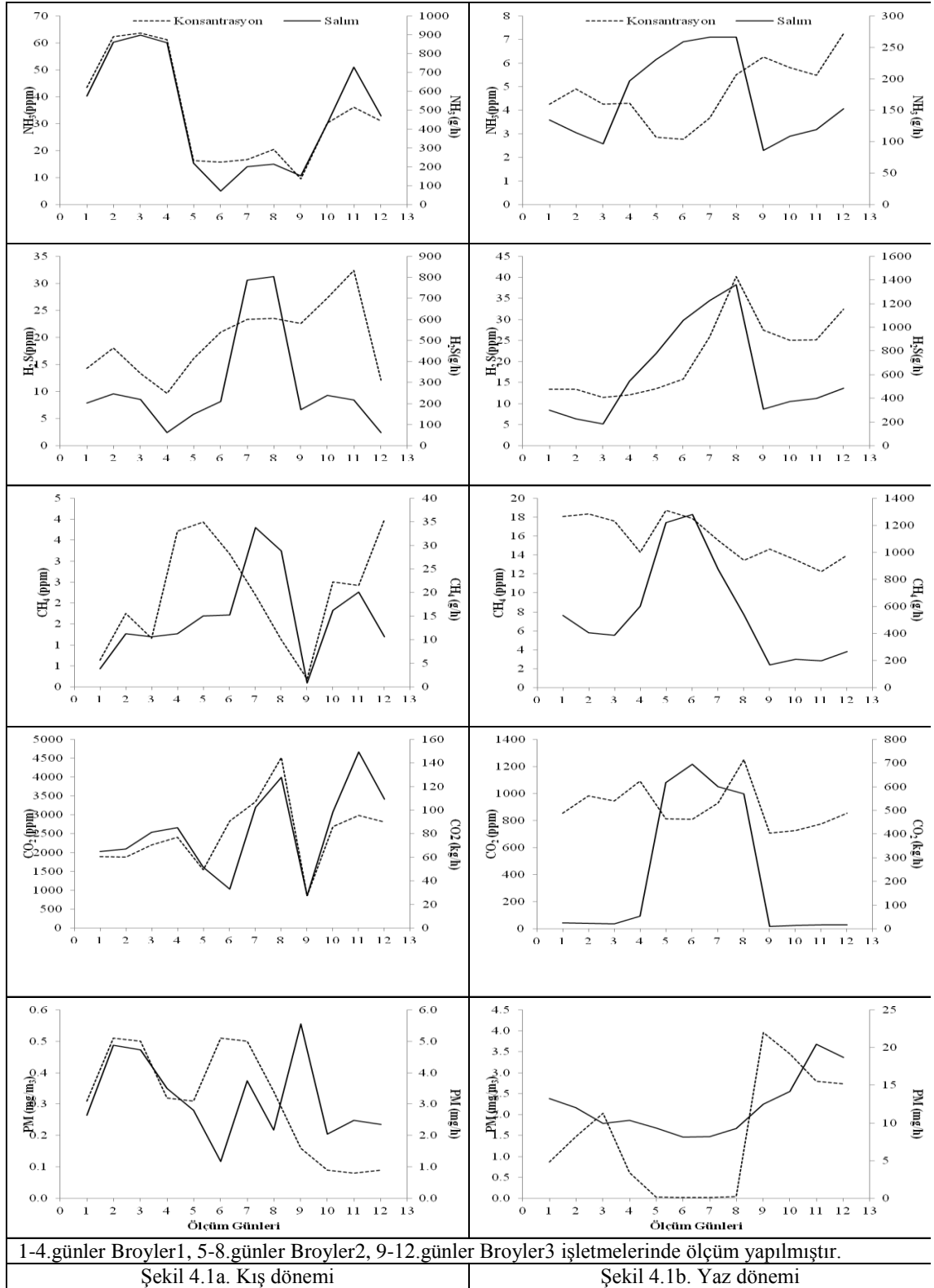


**Çizelge 4.15.** Kış döneminde broyler kümeslerinden kaynaklanan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (mg/h)	CH <sub>4</sub> (mg/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (g/h)
BROYLER 1	18.12.2008	Ort	575,94	202,61	3,82	64,83	2,64
		Mak	1097,60	442,77	6,71	97,75	7,41
		Min	417,27	61,38	0,60	43,73	0,99
		SS	243,04	82,01	9,22	23,20	2,04
	19.12.2008	Ort	860,40	246,28	11,28	67,08	4,88
		Mak	1422,71	356,89	24,51	128,23	10,71
		Min	481,25	162,15	2,85	18,87	2,13
		SS	258,70	57,05	7,46	28,62	2,77
	20.12.2008	Ort	898,54	218,85	10,59	81,48	4,73
		Mak	1292,50	568,02	58,67	141,90	9,57
		Min	511,37	94,46	2,65	38,75	1,62
		SS	227,06	111,56	14,35	31,06	2,10
	21.12.2008	Ort	859,46	61,13	11,31	85,18	3,50
		Mak	1188,66	218,84	46,76	119,60	10,14
		Min	395,62	1,98	0,30	21,23	1,17
		SS	209,22	64,55	11,82	28,12	2,76
BROYLER 2	22.12.2008	Ort	219,13	148,77	15,00	51,56	2,81
		Mak	331,60	324,02	28,71	78,81	6,71
		Min	43,40	0,01	0,01	5,04	0,12
		SS	125,16	95,81	8,56	22,00	2,37
	23.12.2008	Ort	71,86	209,29	15,22	32,88	1,18
		Mak	306,37	324,34	22,83	161,47	4,30
		Min	0,01	44,63	2,31	0,01	0,01
		SS	84,22	68,73	5,65	41,16	1,28
	24.12.2008	Ort	200,20	785,98	33,78	102,54	3,74
		Mak	449,39	1843,11	102,17	362,49	7,03
		Min	98,20	33,84	1,77	45,29	1,18
		SS	62,49	462,17	21,55	46,51	1,61
	25.12.2008	Ort	214,74	804,34	28,78	127,78	2,17
		Mak	357,94	2727,48	130,20	294,15	5,60
		Min	16,79	75,98	11,78	8,15	0,16
		SS	134,03	663,31	41,72	112,12	1,64
BROYLER 3	15.01.2009	Ort	151,69	172,30	0,81	27,49	5,56
		Mak	366,64	384,95	12,66	130,84	14,23
		Min	35,09	49,98	19,06	4,81	1,93
		SS	113,52	75,18	9,74	40,71	3,39
	16.01.2009	Ort	430,89	239,03	16,26	98,59	2,05
		Mak	893,57	377,94	33,41	241,90	9,23
		Min	27,87	150,90	4,80	1,70	0,35
		SS	219,72	60,61	9,17	65,21	1,98
	17.01.2009	Ort	730,19	217,31	20,08	149,31	2,48
		Mak	2389,74	603,08	79,85	493,76	19,54
		Min	49,18	87,59	6,14	11,00	0,11
		SS	640,60	121,96	17,52	139,06	4,20
	18.01.2009	Ort	469,61	63,24	10,62	109,09	2,35
		Mak	1621,80	243,48	30,51	500,34	13,02
		Min	27,18	2,25	0,37	4,24	0,21
		SS	363,97	68,72	8,35	102,41	3,07

**Çizelge 4.16.** Yaz döneminde broyler kümeslerinden kaynaklanan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (mg/h)	CH <sub>4</sub> (mg/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (g/h)
BROYLER 1	11.08.2009	Ort	134,93	298,92	534,84	25,95	13,21
		Mak	207,25	458,71	974,17	38,20	29,11
		Min	51,90	113,68	105,85	9,74	1,53
		SS	59,40	122,82	348,97	11,45	11,62
	12.08.2009	Ort	114,18	228,67	406,55	22,31	12,03
		Mak	215,93	449,01	956,61	41,62	24,78
		Min	25,68	40,39	88,87	4,33	1,23
		SS	50,99	104,89	288,30	10,29	8,18
	13.08.2009	Ort	96,54	182,29	388,63	20,50	9,94
		Mak	200,36	470,44	929,99	50,40	18,42
		Min	8,92	19,74	22,76	2,13	0,97
		SS	67,61	132,53	332,01	15,02	6,44
	14.08.2009	Ort	196,63	547,08	601,80	53,84	10,31
		Mak	952,37	5024,81	3731,59	371,23	17,15
		Min	52,71	105,32	120,82	13,15	1,19
		SS	206,40	1158,54	842,99	83,02	5,41
BROYLER 2	21.08.2009	Ort	231,71	778,51	1221,40	61,13	9,31
		Mak	334,48	1055,66	1928,73	83,33	17,55
		Min	95,37	502,81	373,59	37,23	0,51
		SS	80,79	139,63	471,94	12,29	5,48
	22.08.2009	Ort	259,52	1057,92	1278,49	69,11	8,13
		Mak	370,05	1464,68	1926,47	86,46	16,59
		Min	118,85	637,93	651,71	48,77	3,17
		SS	97,06	267,92	470,21	13,35	6,77
	23.08.2009	Ort	266,11	1228,16	874,02	60,65	8,17
		Mak	439,89	1579,81	1643,56	81,95	15,61
		Min	146,66	986,88	372,84	43,38	1,45
		SS	114,50	190,36	449,59	14,36	4,80
	24.08.2009	Ort	266,39	1359,79	537,02	57,10	9,29
		Mak	463,50	1584,76	1138,56	80,14	20,45
		Min	179,17	1218,03	300,47	43,25	2,02
		SS	111,27	138,09	281,70	11,80	5,53
BROYLER 3	02.09.2009	Ort	86,40	307,39	168,03	9,96	12,52
		Mak	233,92	800,28	436,68	25,37	27,61
		Min	12,33	47,22	26,08	1,88	1,95
		SS	75,46	254,17	141,23	8,02	7,57
	03.09.2009	Ort	108,45	372,21	210,01	13,73	14,18
		Mak	327,76	1190,96	719,93	44,21	30,93
		Min	10,97	47,22	24,44	1,94	1,49
		SS	109,88	364,95	216,50	13,18	7,75
	04.09.2009	Ort	119,64	398,89	198,10	16,35	20,42
		Mak	397,13	1195,84	607,46	48,21	39,05
		Min	35,73	125,19	53,47	5,23	5,09
		SS	104,31	312,39	156,40	13,01	8,92
	05.09.2009	Ort	152,67	486,75	266,34	17,15	18,70
		Mak	480,76	1385,41	875,41	48,53	32,72
		Min	48,47	135,16	44,60	5,62	4,17
		SS	124,30	350,27	255,65	12,60	8,26



**Şekil 4.1.** İncelenen broyer kümelerinde kirlenici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi

Maksimum ve minimum CO<sub>2</sub> salımı Broyles3 ve Broyles1 işletmesinde gerçekleşirken, PM salımı sırasıyla Broyles3 ve Broyles1 işletmelerinden kaynaklanmıştır. Yaz döneminde bütün kirleticiler için minimum değerler Broyles3'de elde edilmiştir. Maksimum salım değerleri ise PM haricindeki diğer tüm kirleticiler için Broyles2'de, PM için Broyles3'de gerçekleşmiştir.

Çalışmada broyles kümesleri için elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salım oranları sırasıyla 160 g/gün.BHB, 221 mg/gün.BHB, 143 mg/gün.BHB, 76 kg/gün.BHB ve 3.84 g/gün.BHB olarak bulunmuştur. Önceki çalışmalarla elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, hesaplanan salım değerleri diğer çalışmalara göre düşük düzeylerde gerçekleşmiştir. Redwine ve ark. (2002), ticari karakterli tünel havalandırmalı dört adet broyles kümesinde, NH<sub>3</sub> salımlarını ve havalandırma miktarlarını belirlemiştir. NH<sub>3</sub> salım oranı kış dönemi için 38-1893 g/gün arasında yaz döneminde ise 59-2105 g/gün arasında gerçekleşmiştir. Burns ve ark (2003) iki farklı broyles kümesinde yaptıkları ölçümler sonucunda NH<sub>3</sub> salım oranını birinci küme için 343,99 g/gün.BHB ve ikinci küme için 291,60 g/gün.BHB olarak bulmuşlardır. Wheeler ve ark. (2006) 12 adet broyles kümesinde yaptıkları çalışmada NH<sub>3</sub> salımını ortalama 400 g/gün.BHB olarak belirlemişlerdir.

Li ve ark. (2008a), broyles kümeslerinde H<sub>2</sub>S salımları üzerine yaptıkları çalışmada her bir küme 63-260 g/gün.küme arasında gerçekleştiğini bildirmektedir. Broyles kümeslerinden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımlarının Lin ve ark. (2010b), 51-387g/gün.BHB arasında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Burns ve ark. (2008c), sözleşmeli üreticilik yapan iki broyles kümesinde iki yıl süreyle yürüttükleri çalışmalarında, Küme 1 ve 2'de yetiştirilen farklı 6 broyles sürüsü için ortalama CO<sub>2</sub> salım oranlarını sırasıyla 2,28 ve 2,41 ton/gün-küme olarak bulmuşlardır. Wathes ve ark. (1997) çalışmalarında, broyles kümeslerinden kaynaklanan PM salımlarını kış dönemi için 5,2 g/h.BHB yaz mevsimi için 8,20 g/h.BHB olarak belirlemişlerdir. Takai ve ark. (1998), dört farklı Avrupa ülkesinde bulunan süt ve besi sığırları ahırları ile broyles ve yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub> salımları üzerine çalışmışlardır. Çalışma sonunda broyles kümeslerinden ortaya çıkan ortalama PM salımlarını İngiltere için 3,14, Hollanda için 3,64, Danimarka için 3,51 ve Almanya için 2,12 g/h.BHB olduğunu

bildirmişlerdir. Yapılan çalışma sonuçlarıyla önceki çalışmalar karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise, çalışmada incelenen kümeslerin boyutları, kümeslerde birim alanda barındırılan tavuk sayısının düşük olması, barınak kapasitesi, bakım-yönetim uygulamaları, kullanılan yem rasyonundaki ve gübre temizleme sistemindeki farklılıklardan kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir.

#### **4.4.2. Yumurta Tavuğu Kümesleri**

Bu çalışma kapsamında incelenen yumurta tavuğu kümeslerinde, kış ve yaz döneminde gerçekleşen kirletici gaz ve PM salımlarına ilişkin günlük ortalamalar Çizelge 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Ölçüm günlerine göre kirletici konsantrasyonu ve salım oranının değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Çizelge 4.17 ve 18 birlikte incelendiğinde, barınaktan olan salımların NH<sub>3</sub> için, 1-585 g/h, H<sub>2</sub>S için 0,004-21,95 g/h, CO<sub>2</sub> için 0,01-259,42 kg/h ve PM için 0,01-106,5 g/h arasında değiştiği görülmektedir. Kış dönemi sonucunda yumurta tavuğu kümeslerinden olan ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımları sırasıyla Yumtav1 için, 37,17 g/h, 212,07 mg/h, 33,41 g/h, 14,04 kg/h, 1,07 g/h, Yumtav2 için 56,38 g/h, 39,02 mg/h, 25,58 g/h, 24,68 kg/h, 0,12 g/h ve Yumtav3 için 213,90 g/h, 175,91 mg/h, 69,43 g/h, 43,08 kg/h, 0,80 g/h olarak gerçekleşmiştir. Yaz dönemi için elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımları ise sırasıyla, Yumtav1 için 51,99 g/h, 146,26 mg/h, 22,98 kg/h, 4,18 g/h, Yumtav2 için 28,59 g/h, 3,048 mg/h, 10,41 kg/h, 2,32 g/h ve Yumtav3 için 172,85 g/h, 384,25 mg/h, 81,75 kg/h, 21,22 g/h olarak gerçekleşmiştir.

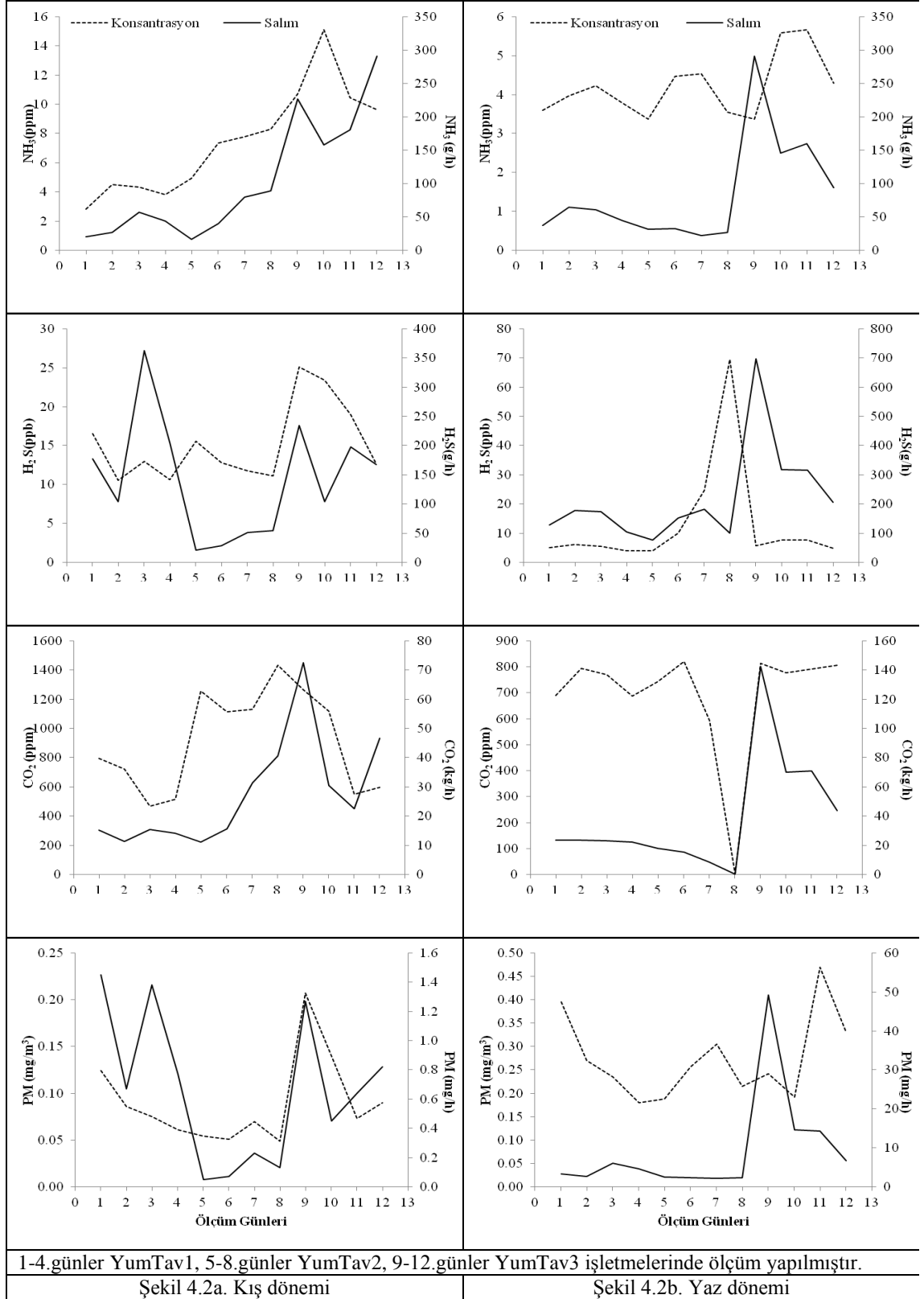
Ölçülen kirletici gazlara ilişkin olarak maksimum salım değerleri 00:00-05:00 arasındaki gece saatlerinde gerçekleşmiştir. Maksimum PM salımları öğlen 13:00-15:00 saatleri arasında meydana gelmiştir. Yumurta tavuğu kümesleri birbiriyle karşılaştırıldığında kış ve yaz dönemi için maksimum salım değerleri NH<sub>3</sub> için Yumtav3'de, H<sub>2</sub>S için Yumtav1 ve Yumtav2'de, CO<sub>2</sub> için her iki dönemde Yumtav3'de ve PM için Yumtav1 ve Yumtav3'de elde edilmiştir. Minimum değerler ise kış ve yaz dönemlerinde NH<sub>3</sub> için Yumtav1 ve Yumtav3, H<sub>2</sub>S için Yumtav2 ve Yumtav3, CO<sub>2</sub> için Yumtav1 ve Yumtav2 ve PM için Yumtav2 ve Yumtav3 işletmesinde gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.17.** Kış döneminde yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (mg/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (mg/h)
YUMTAV 1	17.02.2009	Ort	20,38	176,84	15,21	1,45
		Mak	60,57	441,35	52,26	5,10
		Min	1,16	9,93	0,65	0,02
		SS	19,74	160,05	14,99	1,82
	18.02.2009	Ort	27,39	103,73	11,40	0,67
		Mak	86,86	337,47	34,70	3,68
		Min	3,02	12,29	1,33	0,07
		SS	23,80	95,98	9,70	0,93
	19.02.2009	Ort	56,72	362,27	15,43	1,38
		Mak	162,98	1108,02	52,56	4,80
		Min	7,67	18,03	2,34	0,09
		SS	41,31	307,01	11,74	1,46
	20.02.2009	Ort	44,20	205,45	14,14	0,77
		Mak	119,31	627,54	50,08	2,63
		Min	4,54	14,72	1,42	0,05
		SS	39,29	182,36	12,44	0,69
YUMTAV 2	24.02.2009	Ort	16,48	21,55	11,03	0,05
		Mak	35,62	51,19	29,96	0,23
		Min	3,77	9,63	4,07	0,02
		SS	10,25	12,81	7,80	0,06
	25.02.2009	Ort	40,03	28,62	15,65	0,07
		Mak	104,61	72,52	35,31	0,17
		Min	7,09	6,74	3,16	0,01
		SS	24,88	17,10	8,96	0,04
	26.02.2009	Ort	79,55	51,32	31,31	0,23
		Mak	150,13	125,80	62,74	0,73
		Min	22,25	9,39	6,86	0,02
		SS	36,49	30,42	17,80	0,23
	27.02.2009	Ort	89,45	54,57	40,72	0,13
		Mak	239,62	144,79	106,81	0,55
		Min	21,37	4,39	9,37	0,02
		SS	63,49	45,03	29,93	0,14
YUMTAV 3	03.03.2009	Ort	226,85	234,47	72,59	1,27
		Mak	316,15	356,46	113,04	2,25
		Min	143,04	107,73	23,43	0,36
		SS	68,67	88,25	31,18	0,60
	04.03.2009	Ort	157,68	103,65	30,47	0,45
		Mak	441,84	313,35	100,91	1,72
		Min	34,10	40,64	5,02	0,03
		SS	96,86	61,96	21,32	0,39
	05.03.2009	Ort	180,29	197,65	22,49	0,64
		Mak	523,67	642,24	62,31	2,04
		Min	53,95	18,47	6,26	0,03
		SS	110,93	178,81	13,96	0,63
	06.03.2009	Ort	290,76	167,87	46,76	0,82
		Mak	584,72	346,38	97,69	1,66
		Min	102,56	28,76	15,39	0,15
		SS	131,06	100,88	27,90	0,40

**Çizelge 4.18.** Yaz döneminde yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (mg/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (mg/h)
YUMTAV 1	09.07.2009	Ort	37,74	129,21	23,50	3,33
		Mak	55,96	181,96	30,65	5,77
		Min	17,91	76,89	14,07	0,85
		SS	10,69	32,41	5,73	1,72
	10.07.2009	Ort	64,47	178,73	23,35	2,71
		Mak	89,21	491,58	31,13	4,96
		Min	35,39	76,28	12,03	0,42
		SS	13,83	90,92	5,52	1,34
	11.07.2009	Ort	61,33	172,65	22,90	6,07
		Mak	113,71	491,58	35,56	42,02
		Min	41,25	83,49	15,02	0,19
		SS	17,49	100,76	5,98	8,75
	12.07.2009	Ort	44,44	104,44	22,16	4,62
		Mak	57,25	225,02	32,92	10,32
		Min	29,35	49,72	11,58	1,23
		SS	7,72	46,93	6,87	2,70
YUMTAV 2	13.07.2009	Ort	31,95	76,27	18,07	2,54
		Mak	56,72	129,35	29,50	6,75
		Min	4,27	9,97	2,45	0,25
		SS	17,07	40,17	9,48	2,23
	14.07.2009	Ort	32,77	152,78	15,24	2,34
		Mak	77,96	602,17	41,19	6,02
		Min	3,53	8,04	1,52	0,32
		SS	20,22	171,41	9,23	1,65
	14.07.2009	Ort	22,30	1821,55	8,27	2,13
		Mak	57,95	8428,79	26,41	8,89
		Min	4,60	17,37	0,01	0,09
		SS	13,58	2714,60	7,93	1,96
	15.07.2009	Ort	27,34	10140,43	0,07	2,28
		Mak	61,73	21954,58	0,16	5,67
		Min	4,75	2109,71	0,01	0,37
		SS	21,43	7328,22	0,05	1,97
YUMTAV 3	20.07.2009	Ort	290,98	697,52	142,38	49,26
		Mak	486,84	1513,52	224,62	106,51
		Min	8,27	45,20	4,43	0,23
		SS	163,41	419,44	78,57	33,07
	21.07.2009	Ort	146,10	318,61	70,04	14,56
		Mak	544,69	1114,53	259,42	51,06
		Min	1,79	9,07	0,92	0,09
		SS	198,17	409,30	93,31	20,11
	22.07.2009	Ort	160,22	315,13	70,91	14,25
		Mak	557,19	1070,14	245,64	58,52
		Min	1,66	3,65	0,82	0,06
		SS	203,75	395,75	88,98	19,65
	23.07.2009	Ort	94,10	205,74	43,66	6,80
		Mak	212,43	456,88	96,94	20,47
		Min	1,66	3,65	0,82	0,09
		SS	64,44	147,68	29,82	6,10



**Şekil 4.2.** İncelenen yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi



Çalışmada yumurta tavuğu kümesleri için elde edilen ortalama  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  ve PM salım oranları sırasıyla, 46,8 g/gün.BHB, 333 mg/gün.BHB, 16 kg/gün.BHB ve 2,5 g/gün.BHB olarak bulunmuştur.

Liang ve ark. (2005) çalışmalarında, gübre bantlı ve derin tabanlı yumurta tavuğu kümeslerinde 9 aylık ölçümler yaparak,  $\text{NH}_3$  salımlarını gübre bantlı kümeste 58 g/gün-BHB ve derin tabanlı kümeste 326 g/gün-BHB olarak hesaplamıştır. Hörnig ve ark. (2004), kafes sistemli yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan  $\text{NH}_3$  salım oranını 194 g/gün.BHB olarak belirlemiştir.  $\text{CH}_4$  için dikkate değer bir salım gözlenmemiştir. Nimmermark ve ark. (2005), yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları araştırmalarda kümeden kaynaklanan  $\text{NH}_3$  ve  $\text{CO}_2$  salım oranlarını sırasıyla 132,5 g/gün.BHB ve 98,75 kg/gün.BHB olarak belirlemiştir. Arogo ve ark. (2006), derin tabanlı ve gübre bantlı kümesler için  $\text{NH}_3$  salım oranını sırasıyla, 482 ve 303 g/gün.BHB olarak vermektedir. Yumurta tavuğu kümeslerinden gerçekleşen  $\text{H}_2\text{S}$  salımları ile ilgili olarak Lin ve ark (2010a), yaptıkları çalışmada  $\text{H}_2\text{S}$  salımının 389-1195 mg/gün.BHB aralığında değiştiğini bildirmektedir. Li ve ark. (2011), yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan PM10 salımları üzerine yaptıkları çalışmada değişim 1,9-89,1 mg/gün.tavuk arasında gerçekleşmiştir. Takai ve ark. (1998), beş farklı Avrupa ülkesindeki yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları çalışmada ortalama PM10 salımını 3,19 g/h.BHB olarak bulmuşlardır. Çalışma kapsamında incelenen yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan kirletici gaz ve PM salımları literatürdeki çalışmalarda elde edilen değerler ile benzerlik göstermektedir.

#### **4.4.3. Süt Sığırı Ahırları**

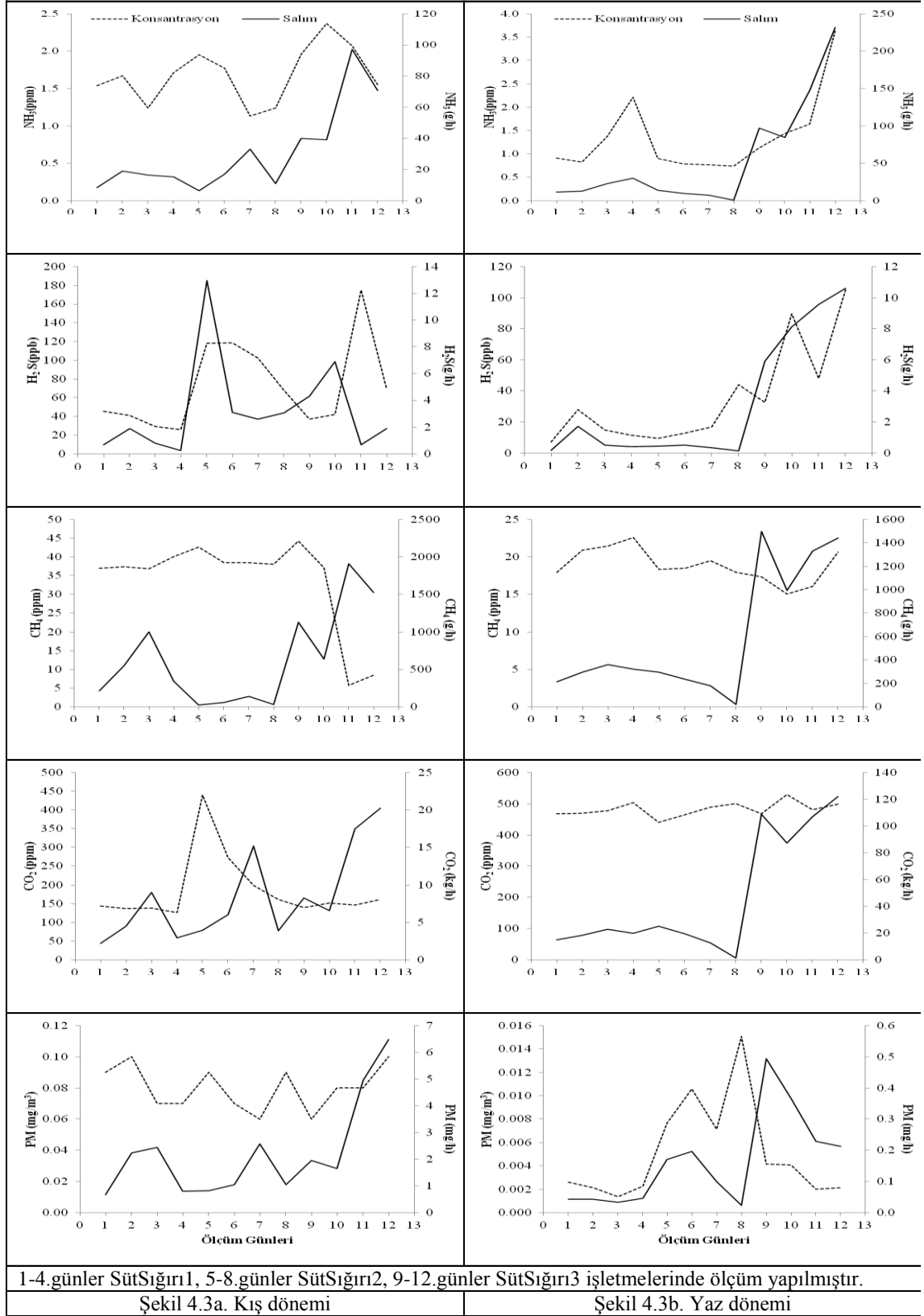
Çalışma süresince süt sığırı ahırlarından elde edilen konsantrasyon düzeylerinden yola çıkarak hesaplanmış olan kış ve yaz dönemi günlük ortalama salım değerleri Çizelge 4.19 ve 4.20'de verilirken, ölçüm günlerine göre kirletici konsantrasyonu ve salımlarındaki değişim Şekil 4.3'de verilmiştir. Çalışmada incelenen süt sığırı ahırlarından kaynaklanan kirletici salımları  $\text{NH}_3$  için 0,01-1580 g/h,  $\text{H}_2\text{S}$  için 0,01-56,84 g/h,  $\text{CH}_4$  için 1-6204 g/h,  $\text{CO}_2$  için 0,39-183,71 kg/h ve PM için 0,01-20,5 mg/h arasında değişmiştir. Buna göre, süt sığırı ahırlarından kış döneminde gerçekleşen

**Çizelge 4.19.** Kış döneminde süt sığırı ahırlarından olan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (g/h)	CH <sub>4</sub> (g/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (mg/h)
SÜT SIĞIRI 1	17.03.2009	Ort	8,41	0,67	213,16	2,18	0,68
		Mak	23,96	2,21	312,14	5,80	1,09
		Min	3,95	0,04	41,48	0,74	0,15
		SS	3,61	0,65	84,15	1,01	0,24
	18.03.2009	Ort	19,10	1,88	551,11	4,51	2,24
		Mak	44,14	5,64	1789,89	11,42	20,50
		Min	6,82	0,13	80,88	1,03	0,20
		SS	10,63	1,72	497,26	3,04	4,11
	19.03.2009	Ort	16,30	0,78	998,94	8,99	2,45
		Mak	90,34	3,31	3246,79	46,77	7,16
		Min	0,01	0,13	97,47	1,12	0,25
		SS	18,64	0,84	971,36	9,74	2,12
	20.03.2009	Ort	15,34	0,25	342,19	2,91	0,80
		Mak	36,95	0,76	611,13	5,67	1,89
		Min	3,41	0,02	144,50	0,73	0,25
		SS	8,72	0,25	150,18	1,57	0,51
SÜT SIĞIRI 2	23.03.2009	Ort	6,44	12,95	25,55	3,96	0,82
		Mak	13,58	46,83	85,00	12,74	3,19
		Min	1,24	0,22	1,95	1,09	0,05
		SS	4,39	35,03	30,31	4,11	1,13
	24.03.2009	Ort	16,88	3,10	60,15	6,05	1,04
		Mak	70,47	12,78	298,45	22,43	4,13
		Min	0,66	0,08	1,32	0,24	0,07
		SS	19,18	3,91	83,49	6,37	1,16
	25.03.2009	Ort	33,06	2,59	137,42	15,19	2,57
		Mak	94,38	13,93	344,82	44,78	8,23
		Min	7,45	0,14	19,22	3,03	0,42
		SS	22,26	3,67	101,83	9,45	1,94
	26.03.2009	Ort	10,85	3,06	31,54	3,88	1,05
		Mak	34,62	16,88	107,53	17,92	3,33
		Min	1,75	0,24	6,71	0,45	0,14
		SS	9,52	4,34	25,23	4,09	0,85
SÜT SIĞIRI 3	30.03.2009	Ort	40,01	4,31	1131,26	8,28	1,96
		Mak	66,61	18,11	2821,23	17,24	5,18
		Min	8,35	0,50	347,02	2,16	0,48
		SS	46,47	4,73	1051,80	10,56	3,84
	31.03.2009	Ort	39,23	6,89	636,86	6,57	1,65
		Mak	95,07	33,90	2312,31	27,96	4,15
		Min	7,49	1,02	153,47	1,83	0,46
		SS	22,71	11,14	507,31	5,39	0,98
	01.04.2009	Ort	97,05	0,67	1906,40	17,51	4,95
		Mak	195,14	2,21	3634,07	52,70	14,49
		Min	8,65	0,04	173,66	2,03	0,63
		SS	51,40	0,65	1149,93	11,17	3,62
	02.04.2009	Ort	70,85	1,88	1525,27	20,23	6,48
		Mak	143,83	5,64	2646,27	44,10	18,09
		Min	16,01	0,13	493,41	6,91	1,75
		SS	32,81	1,72	737,10	11,61	4,70

**Çizelge 4.20.** Yaz döneminde süt sığırı ahırlarından olan salımlar

İşletme	Tarih		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (g/h)	CH <sub>4</sub> (g/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (g/h)
SÜT SİĞIRI 1	6/30/2009	Ort	11,39	0,19	213,94	14,93	0,04
		Mak	24,61	0,49	493,59	33,10	0,07
		Min	4,45	0,01	75,65	5,82	0,00
		SS	7,63	0,17	144,83	9,44	0,02
	7/1/2009	Ort	12,91	1,72	294,28	18,44	0,04
		Mak	36,11	18,21	728,81	42,42	0,13
		Min	2,79	0,01	74,30	5,66	0,00
		SS	10,45	4,38	197,03	12,56	0,03
	7/2/2009	Ort	22,86	0,50	361,36	22,77	0,03
		Mak	47,43	1,57	735,35	49,40	0,10
		Min	4,99	0,05	75,40	3,78	0,00
		SS	12,84	0,38	213,95	14,16	0,03
	7/3/2009	Ort	30,15	0,40	321,93	19,98	0,05
		Mak	81,34	0,59	518,43	32,83	0,29
		Min	7,84	0,14	112,28	5,96	0,00
		SS	17,48	0,16	128,95	8,37	0,08
SÜT SİĞIRI 2	7/5/2009	Ort	13,97	0,45	294,35	25,18	0,17
		Mak	35,89	0,70	633,72	38,69	1,22
		Min	0,87	0,21	16,50	13,01	0,01
		SS	9,11	0,16	200,12	8,56	0,34
	7/6/2009	Ort	9,89	0,52	235,65	19,34	0,20
		Mak	28,41	1,79	778,44	49,51	0,54
		Min	0,67	0,00	10,06	0,82	0,01
		SS	9,42	0,51	222,79	15,39	0,15
	7/7/2009	Ort	7,31	0,35	179,38	12,86	0,10
		Mak	26,32	1,29	551,14	36,76	0,45
		Min	0,66	0,00	12,33	1,10	0,00
		SS	7,67	0,38	169,74	12,18	0,11
	7/8/2009	Ort	0,86	0,15	20,46	1,53	0,02
		Mak	1,26	1,14	37,47	2,00	0,06
		Min	0,62	0,00	11,88	1,04	0,00
		SS	0,25	0,37	8,31	0,39	0,02
SÜT SİĞIRI 3	8/17/2009	Ort	97,19	5,90	1496,09	108,78	0,49
		Mak	124,04	7,20	2522,40	174,11	0,82
		Min	62,62	2,51	630,68	55,02	0,15
		SS	21,65	1,78	621,42	40,28	0,22
	8/18/2009	Ort	84,22	8,13	995,72	87,45	0,37
		Mak	154,53	56,84	1987,94	161,40	1,47
		Min	31,80	2,28	158,83	28,62	0,03
		SS	27,49	12,13	569,60	39,32	0,38
	8/19/2009	Ort	147,52	9,57	1331,86	106,90	0,23
		Mak	1580,13	42,24	6203,57	155,19	0,51
		Min	42,73	1,79	278,00	54,12	0,03
		SS	321,03	12,10	1218,05	38,71	0,14
	8/20/2009	Ort	231,45	10,60	1442,62	121,96	0,21
		Mak	1016,00	26,34	3307,41	183,71	0,66
		Min	71,64	2,70	259,51	77,35	0,02
		SS	236,84	9,03	1044,08	39,17	0,21



**Şekil 4.3.** İncelenen süt sığırı ahırlarında kirletici konsantrasyon ve salımlarının günlük değişimi

ortalama salım değerleri NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM için sırasıyla, SütSığır1'de, 14,79 g/h, 0,90 mg/h 526,35 g/h,, 4,65 kg/h, ve 3,03 mg/h, SütSığır2'de, 16,81 g/h, 5,43 mg/h, 63,67 g/h, 7,27 kg/h ve 2,39 mg/h, SütSığır3'de 61,78 g/h, 6,33 mg/h, 1.299,95 g/h, 13,15 kg/h, 7,39 mg/h olarak hesaplanmıştır. Yaz döneminde ortaya çıkan ortalama salım değerleri NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM için sırasıyla, SütSığır1'de, 246,98 g/h, 0,70 g/h 297,88 g/h, 19,03 kg/h, ve 0,04 g/h, SütSığır2'de, 19,49 g/h, 0,37 g/h, 182,46 g/h, 14,73 kg/h ve 0,01 g/h, SütSığır3'de 292,15 g/h, 8,55 g/h, 1.316,57 g/h, 106,27 kg/h, 0,03 g/h olarak belirlenmiştir.

Hesaplamalar sonucunda elde edilen kirletici gaz salımlarına ilişkin maksimum değerler havalandırma miktarının yüksek olduğu öğlen 12:00-14:00 saatleri arasında elde edilirken minimum değerler gece 00:00-02:00 saatleri arasında gerçekleşmiştir. PM salımları ise, öğlen 11:00 - 14:00 saatleri arasında maksimum değerlerdeyken, gece 01:00-03:00 saatleri arasında minimum değerlerde seyretmiştir. İncelenen süt sığırı ahırları karşılaştırıldığında, çalışmanın kış ve yaz dönemlerinde NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımlarına ilişkin maksimum değerler SütSığır3 işletmesinde gerçekleşmiştir. Minimum değerler ise kış ve yaz dönemlerinin her ikisinde NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve PM için SütSığır2 işletmesinde, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> salımı için kış ve yaz dönemlerinde sırasıyla SütSığır1 ve SütSığır2 işletmesinde ortaya çıkmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, süt sığırı ahırlarından kaynaklanan kirletici salımları ile ilgili bulunan sonuçların aynı kirletici için bile çok farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında çalışmada incelenen barınakların yapısal özellikleri, yetiştiricilik sistemi, bakım-yönetim uygulamaları ve hayvanların beslenme rejimlerindeki farklılıklar ile çalışmada kullanılan ölçüm aletleri arasındaki farklılıkların etkili olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada süt sığırı ahırları için elde edilen ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salım oranları sırasıyla 17,4 g/gün.BHB, 1,3 g/gün.BHB, 246 g/gün.BHB, 11 kg/gün.BHB ve 0,5 g/gün.BHB olarak bulunmuştur. Brose ve ark. (1998), çalışmalarında kış dönemi için NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> salımlarını sırasıyla 6,8 g/gün.BHB, 5,4 kg/gün.BHB ve 190 g/gün.BHB olarak hesaplamışlardır. Mutlu ve ark. (2004), 2003 yılının yaz ve kış dönemlerinde 1.840 hayvan kapasiteye sahip serbest duraklı doğal havalandırmalı bir süt sığırı ahırında kış dönemi için NH<sub>3</sub> salımını 5,05 g/gün.BHB olarak bulurken, yaz dönemi için 2,60 g/gün.BHB olarak bulunmuştur.

Snell ve ark. (2003) çalışmalarında doğal havalandırmalı 4 farklı süt sığırı ahırında CH<sub>4</sub> salımları çalışma süresince 749-2.946 g/h arasında değişmiştir. Amon ve ark. (2001), CH<sub>4</sub> salımı için ortalama salım oranını 194,4 g/gün.BHB olduğunu bildirmişlerdir. Bjorneberg ve ark. (2009) süt sığırı ahırlarında CH<sub>4</sub> salımının kış döneminde ortalama 227 kg/gün iken, yaz döneminde bu değer 116 kg/gün değerine düştüğünü belirtmektedir. Chianese ve ark. (2009) ile Jungbluth ve ark. (2001) süt sığırı ahırlarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımı üzerine yürüttükleri çalışmaları sonucu salım oranlarını sırasıyla 8,54 kg/gün.BHB ve 30,3 kg/h olarak hesaplamışlardır. Süt sığırı ahırlarından kaynaklanan ortalama PM salım oranlarını Takai ve ark. (1998), 0,15 g/h.BHB ve Goodrich ve ark. (2002) ise 13,23 kg/gün.1000BHB olarak vermişlerdir. Çalışma sonucunda süt sığırı ahırlarından kaynaklanan salım değerleri literatürle karşılaştırıldığında, NH<sub>3</sub> dışında elde edilen değerlerin literatürde yapılmış çalışmalarla uyum gösterdiği söylenebilir. Çalışmada ortaya çıkan NH<sub>3</sub> salımları literatüre oranla biraz daha yüksek gerçekleşmiştir. Gerek Avrupa'da, gerekse ABD'de üreticilerin uymak zorunda oldukları çeşitli yasal düzenlemeler nedeniyle barınaklarından olan NH<sub>3</sub> salımlarını sınırlamak için, yem rasyonlarındaki azot miktarını düşürmektedirler. Bu uygulama daha az NH<sub>3</sub> salımına olanak verdiği için, çalışmada elde edilen NH<sub>3</sub> salımları daha yüksek seyretmiş olabilir.

#### **4.5. Hayvan Barınaklarında Kirletici Konsantrasyonları ve Salımların Değişimleri**

##### **4.5.1. Hayvan türüne göre değişimler**

Bursa bölgesinde faaliyet gösteren farklı hayvan türlerinin yetiştirildiği barınaklarda oluşan kirletici konsantrasyonları ve salımlarının belirlenmesi, çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Farklı hayvan türlerinin barındırıldığı yapılarda hayvan isteklerine göre çeşitli yapısal özelliklerde farklılıklar görülmektedir. Özellikle kümeslerde tavukların optimum çevre koşullarının yaratılması için kontrollü ve sıcak karakteristikli bir yapıya gereksinim duyulurken, dış ortam iklim koşullarından daha az etkilenen süt sığırcılığı için daha basit ve soğuk karakteristikli bir yapıya gereksinim duyulur. Bunun yanısıra, incelenen hayvan barınaklarında üretim amacının farklı olması nedeniyle, üretim aşamasındaki çeşitli uygulamaların da farklılık göstermesi olağan bir durumdur. Örneğin yumurta tavukçuluğunda yumurta verimini arttırmaya yönelik

olarak yem rasyonu hazırlanır. Broylerde ise, yem rasyonu tavukların hızlı kilo almasına yöneliktir. Yem rasyonu içerisinde kullanılan farklı katkı maddeleri barınak iç ortamında oluşan kirletici gaz ve PM konsantrasyon değerlerine etki ederek değişimlere neden olabilmektedir. Böylece kirletici konsantrasyon ile salım değerleri yetiştiriciliği yapılan hayvan türüne göre farklılık gösterecektir.

Çalışmada incelenen barınakların gerek yapısal özelliklerindeki farklılıklar, gerekse bakım-yönetim uygulamalarındaki farklılıkların kirletici gaz ve PM konsantrasyonları ile salımları üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, incelenen hayvan barınakları birbiri ile karşılaştırılmış ve kirletici konsantrasyonu ile salım değerleri arasındaki hayvan türüne göre değişim istatistiksel açıdan analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.21 ve 4.22’de verilmiştir. Çizelgeler birlikte incelendiğinde, ölçülen bütün parametreler için hayvan barınakları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir ( $P<0,01$ ).

**Çizelge 4.21.** Hayvan türüne göre konsantrasyonların değişimi ve farklılıkların önemlilikleri

Hayvan Türü		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM Kons. (mg/m <sup>3</sup> )
Broylar	Ort	19,59 a	20,33 b	9,05 b	1726,04 a	0,91 a
	Mak	49,72	28,75	11,06	5403,40	3,65
	Min	2,66	14,09	7,44	356,66	0,11
	SS	11,65	4,69	1,24	904,67	0,98
Yumurta Tavuğu	Ort	5,93 b	14,05 c	-	790,06 b	0,18 b
	Mak	12,95	22,19	-	1264,32	0,55
	Min	1,97	9,34	-	319,44	0,03
	SS	2,45	4,86	-	255,78	0,12
Süt Sığırı	Ort	1,52 c	53,87 a	28,63 a	328,34 c	0,04 c
	Mak	3,24	282,71	36,38	831,45	0,41
	Min	0,32	12,27	22,51	258,76	0,02
	SS	0,74	75,16	4,75	88,91	0,03
<b>Hayvan Türü</b>		<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir,

\*\* $P<0,01$

Hayvan barınaklarının karşılaştırılması analizine göre, altlık üzerinde yetiştiricilik yapılan broyler kümesleri iç ortamında ölçülen NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonları ile

**Çizelge 4.22.** Hayvan türüne göre salımların değişimi ve farklılıkların önemlilikleri

Hayvan Türü		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (g/h)	CH <sub>4</sub> (g/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (g/h)
Broyler	Ort	630,60 <sup>a</sup>	2,10 <sup>b</sup>	9,22 <sup>b</sup>	141,72 <sup>a</sup>	7,60a
	Mak	1882,51	3,17	26,49	388,22	20,53
	Min	235,07	1,45	2,75	73,82	1,45 <sup>b</sup>
	SS	363,92	0,50	7,51	63,99	5,00
Yumurta Tavuğu	Ort	58,03 <sup>b</sup>	0,67 <sup>c</sup>	-	23,74 <sup>b</sup>	4,94
	Mak	169,88	1,72	-	63,14	15,44
	Min	7,03	0,12	-	3,14	0,18
	SS	45,72	0,55	-	18,31	4,62
Süt Sığırı	Ort	44,53 <sup>c</sup>	3,71 <sup>a</sup>	633,91 <sup>a</sup>	27,78 <sup>b</sup>	1.26 <sup>b</sup>
	Mak	220,14	21,46	2396,43	60,80	7.40
	Min	9,82	0,60	73,31	10,68	0.06
	SS	46,14	5,59	580,46	14,29	1.35
<b>Hayvan Türü</b>		<b>**</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*\*P<0,01

salımları diğer barınaklara oranla oldukça yüksektir. Broyler kümeslerinde mahya yüksekliğinin yumurta tavuğu kümesleri ile sütsığırı ahırlarına oranla daha az olması nedeniyle iç ortam hacmi de azalmaktadır. Bununla birlikte broyler kümeslerinde, çalışmada incelenen diğer barınaklara göre birim alanda daha fazla hayvan barındırılması (33 tav/m<sup>2</sup>), küçük hacimdeki temiz havanın hızlı bir şekilde kirletilmesine yol açmaktadır. Ayrıca broyler işletmelerinde gübrenin altlık içinde tutulması da, gübreden açığa çıkan gazların doğrudan kümes iç ortamında birikmesine yol açmaktadır. Tavukların altlık üzerinde hareket etmesiyle altlıktan kaynaklanan PM'nin iç ortam havasındaki PM konsantrasyonunu artırmaktadır. Bu nedenle çalışmada incelenen broyler kümeslerinde elde edilen bazı gaz ve PM konsantrasyonları diğer barınaklara oranla daha fazladır. Bununla birlikte gübrenin yaydığı önemli bir gaz olan H<sub>2</sub>S gazı konsantrasyonları süt sığırı ahırlarında yüksek değerlerde seyrederken, yumurta tavuğu kümeslerinde minimum düzeyde seyretmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, CH<sub>4</sub> gazına yumurta tavuğu kümeslerinde önemli düzeylerde rastlanmazken süt sığırı barınaklarında önemli değerlerde ölçülmüştür. Süt sığırlarının midelerinin dört bölmeli olması nedeniyle, tavuklara göre sindirim sistemleri farklılık



göstermektedir. Midelerinin bir bölümü olan işkembe de yemin içindeki selülozun parçalanması gerçekleşir. Selülozun parçalanması esnasında metanojen bakterileri nedeniyle metan gazı ortaya çıkar. Süt sığırının geviş getirmesiyle birlikte işkembedeki metan gazı barınak ortamına yayılır. Bu nedenle çalışmada en yüksek CH<sub>4</sub> konsantrasyonu ve salımı süt sığırı ahırlarından kaynaklanmıştır.

#### **4.5.2. Gün durumuna göre değişimler**

Çalışmada incelenen hayvan barınaklarında göz önüne alınan parametrelerin konsantrasyon ve salımları için gündüz ve gece saatlerinde ölçülen değerler arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilikleri test edilmiştir. Çalışmada varyans analizi her bir hayvan türüne (broiler, yumurta tavuğu ve süt sığırı) ayrı ayrı uygulanarak tür içerisindeki değişimler ortaya konmaya çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, ölçüm yapılan bütün işletmeler bir arada değerlendirilerek genelde gün durumunun etkileri arasındaki farklılıkların önemlilikleri test edilmiştir.

#### Gündüz ve gece gerçekleşen konsantrasyon değerleri arasındaki farklılıklar:

Hayvan barınaklarında bir günün gündüz ve gece bölümlerinde hayvan aktivitesi başta olmak üzere bir takım farklılıklar görülebilmektedir. Barınak içerisinde gündüz saatlerinde daha hareketli bir ortam söz konusu iken, gece bölümünde daha durgun bir ortam mevcuttur. Aynı zamanda, hayvanlar da gündüz bölümünde daha hareketli iken, gece bölümünde dinlenmeye çekilirler. Bunların yanı sıra gece dış ortam çevre koşullarında değişiklikler meydana gelir. Özellikle bu durum kış mevsiminde daha çok kendini gösterir. Bu gibi durumların barınak iç ortamına yansımaları da birbirine bağımlı olan bu iki ortam için kaçınılmaz bir sonuçtur. Bütün bu nedenlerden ötürü ölçülen parametrelerin gündüz ve gece değerleri arasındaki farklılıklar çoğunlukla istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23'de çalışma süresince değişik hayvan barınaklarında yapılan ölçümlerin gece ve gündüz değerleri ve bu değerler arasındaki farklılıkların istatistiksel önemlilikleri verilmiştir. Çizelgeden görülebileceği gibi, incelenen tüm barınaklarda gece saatlerinde iç ortamda bulunan kirletici konsantrasyonları gündüze oranla daha

yüksektir. Gece saatlerinde barınaklarda uygulanan havalandırma miktarının azalması bu yükselmenin nedeni olabilir.

Çalışmada, broyler kümeslerinde ölçülen CH<sub>4</sub> ve PM dışındaki diğer tüm kirleticiler için gece elde edilen değerler ile gündüz elde edilen değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05 ve P<0,01). Yumurta tavuğu kümeslerinde ise NH<sub>3</sub> konsantrasyonu dışında diğer tüm parametreler için gece-gündüz farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Çalışma kapsamında incelenen süt sığırları ahırlarında ölçülen parametreler için gece ve gündüz farklılıkları NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları için önemsizken, H<sub>2</sub>S ve CH<sub>4</sub> için istatistiksel olarak P<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çalışmada ayrıca, barınak ve hayvan çeşidi ayırımı yapılmadan elde edilen tüm veriler gece ve gündüz olarak ayrıldıktan sonra istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Bu analizin sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir. Çizelge 4.24 incelendiğinde, PM konsantrasyonu dışında tüm kirleticilere ilişkin değerlerin gece ve gündüz arasındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,001, P<0,005).

**Çizelge 4.23.** Çalışmada elde edilen kirletici konsantrasyonlarının gece-gündüz farklılıkları

Gün Durumu		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
<b>Broyler Kümesleri</b>						
Gündüz	Ort	16,01b	19,40b	8,85	1241,21b	0,82
	Mak	42,24	60,30	12,41	3417,23	7,68
	Min	2,10	4,28	4,59	300,62	0,01
	SS	10,33	9,96	1,96	575,98	1,20
Gece	Ort	23,03a	25,04a	9,18	2193,26a	0,99
	Mak	51,83	61,15	14,14	5615,41	10,06
	Min	3,05	7,70	4,43	434,10	0,01
	SS	12,51	11,99	2,23	976,88	1,59
<b>Gün Durumu</b>		*	*	<b>Ö.D</b>	**	<b>Ö.D.</b>
<b>Yumurta Tavuğu Kümesleri</b>						
Gündüz	Ort	5,64	44,99b	-	769,76b	0,23a
	Mak	14,77	369,03	-	1339,46	2,05
	Min	1,66	2,77	-	39,08	0,06
	SS	2,60	108,70	-	323,88	0,22
Gece	Ort	6,39	49,56a	-	815,82a	0,14b
	Mak	14,21	371,70	-	1571,46	0,53
	Min	2,47	4,76	-	47,00	0,01
	SS	2,77	108,28	-	339,93	0,10
<b>Gün Durumu</b>		<b>Ö.D.</b>	*	-	*	*
<b>Süt Sığırı Ahırları</b>						
Gündüz	Ort	1,09	48,22b	77,56b	431,35	0,04
	Mak	4,67	196,67	567,60	551,90	0,42
	Min	0,19	416,15	42,52	164,20	0,02
	SS	0,66	31,78	56,90	77,46	0,04
Gece	Ort	1,91	87,13a	113,18a	431,66	0,04
	Mak	6,34	365,04	564,24	570,04	0,20
	Min	0,30	545,10	41,92	377,33	0,02
	SS	1,12	61,61	77,46	56,22	0,03
<b>Gün Durumu</b>		<b>Ö.D.</b>	**	**	<b>Ö.D.</b>	<b>Ö.D.</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*P<0,05, \*\*P<0,01, Ö.D.,Önemli Değil.

**Çizelge 4.24.** Çalışma süresince ölçülen konsantrasyonların gündüz ve gece arasındaki farklılıkları

<b>Gün Durumu</b>		<b>NH<sub>3</sub> (ppm)</b>	<b>H<sub>2</sub>S (ppb)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (ppm)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>	<b>PM (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Gündüz	Ort	7.58b	37.54b	43.21b	814.10b	0,37
	Mak	20.56	208.66	290.00	1769.53	3,38
	Min	1.32	141.07	23.55	167.97	0,03
	SS	4.53	50.15	29.43	325.78	0,49
Gece	Ort	10.44a	53.91a	61.18a	1146.91a	0,39
	Mak	24.13	265.96	289.19	2585.64	3,60
	Min	1.94	185.85	23.17	286.14	0,01
	SS	5.47	60.63	39.84	457.68	0,57
<b>Gün Durumu</b>		<b>*</b>	<b>*</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>Ö.D.</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*P<0,05, \*\*P<0,01, Ö.D.,Önemli Değil.

Gündüz ve gece gerçekleşen salım değerleri arasındaki farklılıklar:

Çalışma süresince yapılan konsantrasyon ölçümleri ile barınaklarda uygulanan havalandırma miktarı kullanılarak hesaplanan salımların gündüz ve gece değerleri ile bu değerler arasındaki farklılıkların önemlilikleri Çizelge 4.25’de verilmiştir. Ayrıca, çalışmada incelenen hayvan barınaklarında kirlenici konsantrasyonu ve salımının gün içerisindeki değişimi Şekil 4. 4, 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.25 incelendiğinde, bütün barınaklarda gündüz saatlerinde meydana gelen salımların havalandırma miktarına bağlı olarak gece saatlerinde meydana gelen salımlara oranla birkaç istisna dışında daha yüksek gerçekleştiği görülmektedir. İncelenen barınaklarda uygulanan havalandırma miktarları iç ortam çevre koşullarına bağlı olarak değişmiştir. Gündüz saatlerinde doğal havalandırmalı barınaklarda, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak iç ortam sıcaklığı artmakta ve böylece daha fazla havalandırmaya gereksinim duyulmaktadır. Özellikle yaz aylarında yaşanan bu gereksinimin sağlanabilmesi için gündüz saatlerinde havalandırma açıklıkları tamamıyla açılmaktadır. Gece saatlerinde ise iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının artması ile birlikte artacak havalandırma miktarını optimum değerler arasına indirmek için, havalandırma açıklıklarının bazıları kapatılır. Bunun yanı sıra, gece saatlerinde hayvan aktivitesindeki azalmalarda hayvanın ihtiyaç duyduğu havalandırma miktarının

azalmasına neden olur. Bu nedenle incelenen işletmelerdeki kirletici gaz ve PM konsantrasyonları havalandırma miktarının yüksek olduğu gündüz saatlerinde gece saatlerine oranla daha düşük düzeylerde olmasına karşın, kirletici salımları havalandırma miktarının daha fazla olması nedeniyle gündüz saatlerinde daha yüksek düzeylerde gerçekleşmiştir. Broyler kümeslerinde gerçekleşen salımlar için gündüz ve gece elde edilen değerler arasındaki farklılıklar CH<sub>4</sub> salımı haricindeki diğer kirleticiler için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01 ve P<0,05). Çalışmada incelenen yumurta tavuğu kümesleri için gündüz ve gece gerçekleşen salım değerleri arasındaki farklılıklar H<sub>2</sub>S salımı dışındaki diğer salımlar için önemlidir (P<0,01 ve P<0,05). Süt sığırı ahırları için elde edilen salım değerleri arasında gündüz-gece farklılığı NH<sub>3</sub> ve PM salımı dışındaki diğer salımlar için istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01 ve P<0,05).

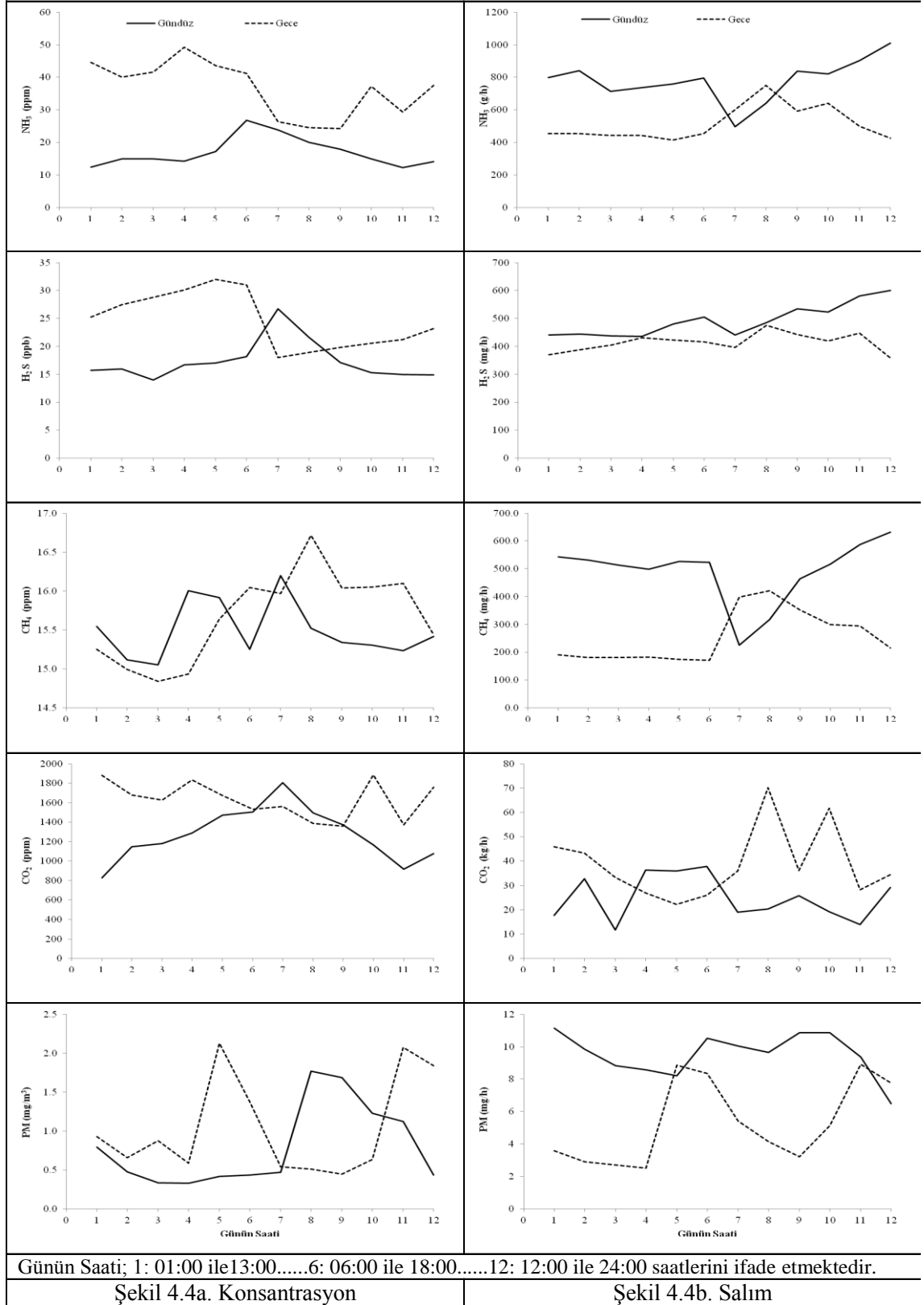
Çalışma süresince, gündüz ve gece elde edilen salım değerleri arasındaki farklılıkların kaynağı olarak, gündüz ve gece barınakta uygulanan havalandırma miktarı ile içeride oluşan konsantrasyon düzeyleri arasındaki farklılıklar gösterilebilir. Gündüz ve gece arasındaki iklimsel parametrelerde meydana gelen farklılıklar nedeniyle havalandırma miktarları da farklılık göstermektedir. Liang ve ark. (2005), yumurta tavukları kümeslerinde yaptıkları çalışmada, NH<sub>3</sub> başta olmak üzere diğer kirleticiler için elde edilen konsantrasyon ve salım değerlerinin gün durumu ile önemli düzeyde değiştiğini ve maksimum NH<sub>3</sub> salım değerlerinin gündüz saatlerinde elde edildiğini bildirmektedir.

Li ve ark. (2011), hayvan barınaklarında gece saatlerinde iç ortamda bulunan PM konsantrasyonlarının ve buna bağlı olarak da salımlarının önemli ölçüde azaldığını belirtmektedirler. Wheeler ve ark. (2008), süt sığırı barınaklarında NH<sub>3</sub> ve CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gibi sera gazları konsantrasyonları ve salımları ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonunda barındaki NH<sub>3</sub> salımlarının hayvan aktivitesine bağlı olarak gündüz saatlerinde gece saatlerine oranla yüksek değerlerde seyrettiği, bununla birlikte CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> salımlarının benzer salım deseni göstererek gündüz öğle saatlerindeki salımların gece saatlerinde gerçekleşen salımdan daha yüksek seyrettiği belirlenmiştir.

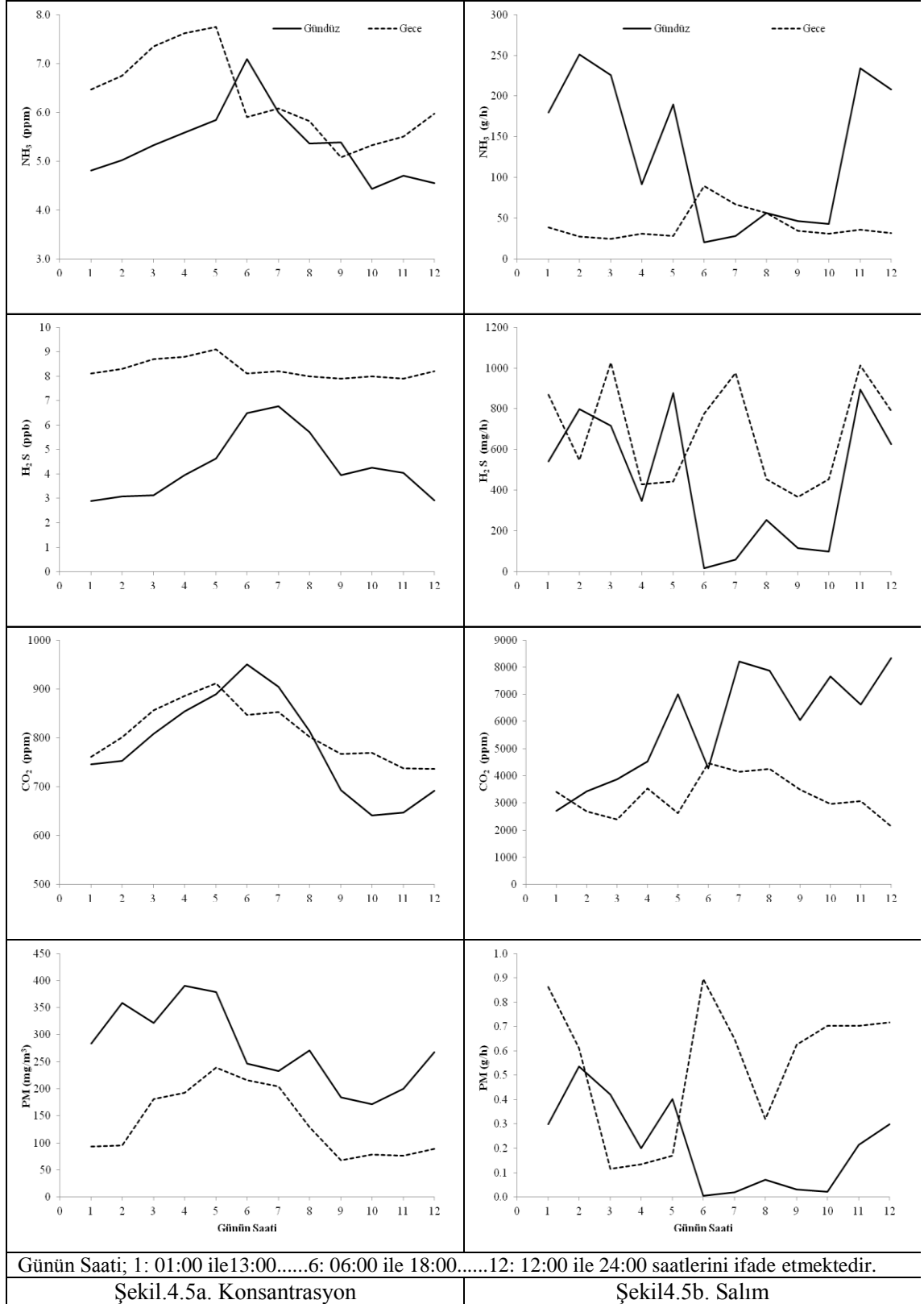
**Çizelge 4.25.** Barınaklardan kaynaklanan salımların gündüz - gece farklılıkları

<b>Gün Durumu</b>		<b>NH<sub>3</sub> (g/h)</b>	<b>H<sub>2</sub>S (g/h)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (g/h)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg/h)</b>	<b>PM (g/h)</b>
<b>Broyler Kümesleri</b>						
Gündüz	Ort	759,93a	5,16b	11,15	152,15a	9,59b
	Mak	3.514,12	20,39	45,43	622,31	26,64
	Min	7,53	0,03	0,02	1,28	1,77
	SS	939,99	6,21	10,19	196,19	4,47
Gece	Ort	514,84b	10,84a	12,48	136,56b	5,33
	Mak	2.552,17	44,22	97,99	654,41	25,24a
	Min	4,46	0,01	0,01	0,96	0,00
	SS	601,91	9,74	16,11	169,34	5,03
<b>Gün Durumu</b>		<b>**</b>	<b>**</b>	<b>Ö.D.</b>	<b>**</b>	<b>*</b>
<b>Yumurta Tavuğu Kümesleri</b>						
Gündüz	Ort	77,00a	1,51	-	32,05a	7,35a
	Mak	339,24	15,09	-	155,99	55,80
	Min	2,55	0,03	-	0,67	0,21
	SS	90,48	3,04	-	42,04	10,78
Gece	Ort	41,73b	0,99	-	15,67b	2,25b
	Mak	296,52	9,75	-	115,72	34,35
	Min	1,23	0,04	-	0,33	0,03
	SS	54,68	1,69	-	21,49	5,39
<b>Gün Durumu</b>		<b>**</b>	<b>Ö.D</b>	<b>-</b>	<b>**</b>	<b>*</b>
<b>Süt Sığırı Ahırları</b>						
Gündüz	Ort	43,74	26,55b	883,17a	156,88b	1,76b
	Mak	605,57	605,10	3470,74	3210,86	10,94
	Min	0,33	0,02	14,69	0,81	0,07
	SS	71,88	69,50	890,04	580,27	1,95
Gece	Ort	44,53	36,85a	193,82b	257,70a	5,81a
	Mak	869,77	1.018,34	1.448,55	360,37	123,04
	Min	0,64	0,00	5,08	222,45	0,03
	SS	98,14	115,16	249,12	31,85	14,88
<b>Gün Durumu</b>		<b>Ö.D.</b>	<b>*</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>Ö.D.</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*P<0,05, \*\*P<0,01, Ö.D.,Önemli Değil.

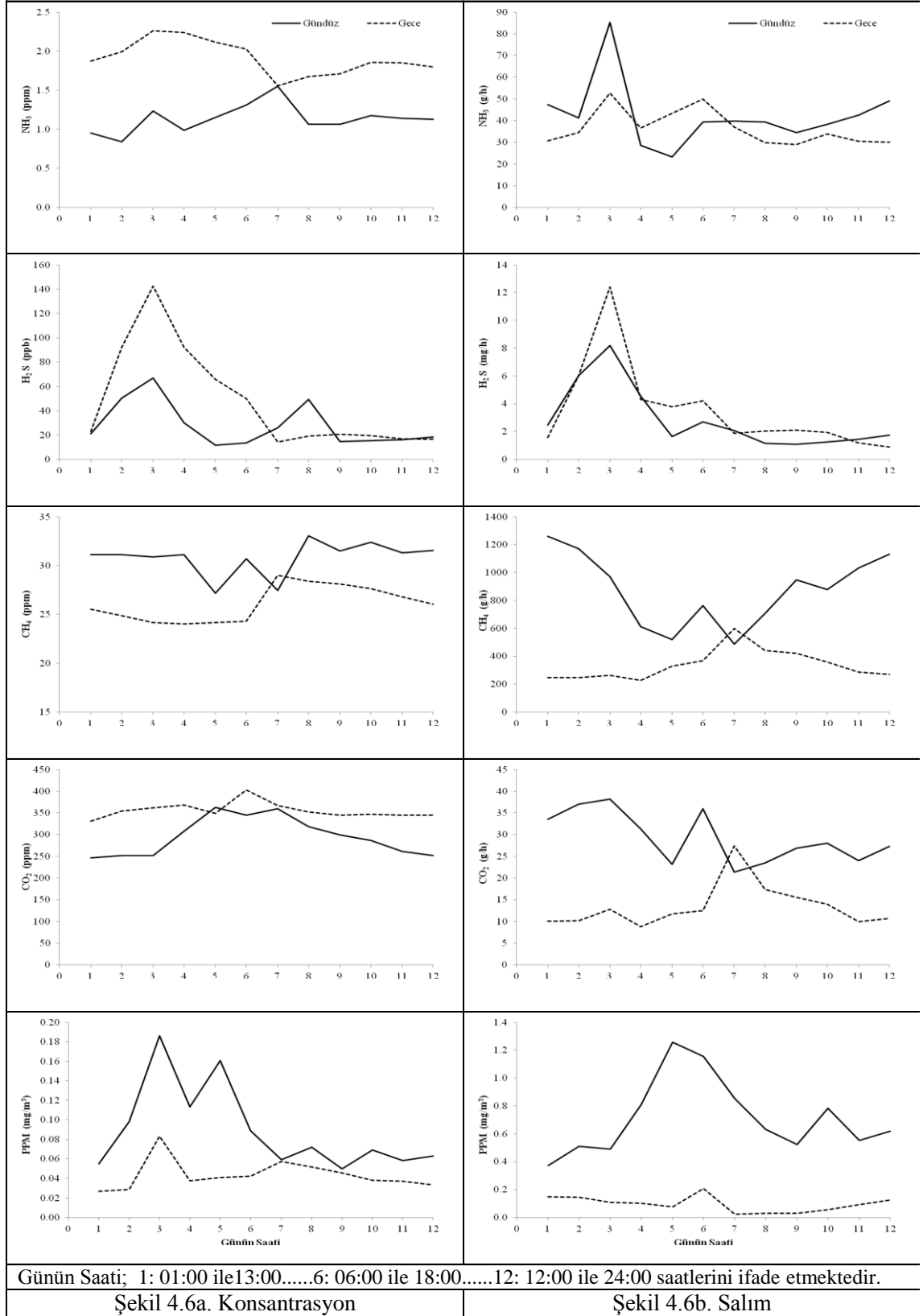


**Şekil 4.4.** Broyler kümelerinde çalışma süresince elde edilen kirlenici değerlerinin gün içerisindeki değişimi



**Şekil 4.5.** Yumurta tavuğu kümeslerinde çalışma süresince elde edilen kirletici değerlerinin gün içerisindeki değişimi





Şekil 4.6. Süt sığırı ahırlarında çalışma süresince elde edilen kirletici değerlerinin gün içerisindeki değişimi

Çizelge 4.26’da çalışma süresince tüm hayvan barınaklarından gündüz ve gece saatlerinde kaynaklanan ortalama salım değerleri verilmiştir. Buna göre, çalışmanın başından sonuna kadar olan periyot için H<sub>2</sub>S ve PM salımları dışında tüm kirleticilere ilişkin değerlerin gece ve gündüz arasındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,001,P<0,005).

**Çizelge 4.26.** Çalışma süresince belirlenen kirletici salımların gündüz ve gece farklılıkları

<b>Gün Durumu</b>		<b>NH<sub>3</sub> (g/h)</b>	<b>H<sub>2</sub>S (g/h)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (g/h)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg/h)</b>	<b>PM (g/h)</b>
Gündüz	Ort	293,56a	11,07	447,16a	113,70b	6,23a
	Mak	1.486,31	213,52	1.758,08	1.329,72	31,13
	Min	3,47	0,02	7,36	0,92	0,68
	SS	367,45	26,25	450,11	272,83	5,73
Gece	Ort	200,37b	16,22	103,15b	136,65a	4,46b
	Mak	1.239,49	357,44	773,27	376,84	60,88
	Min	2,11	0,02	2,55	74,58	0,02
	SS	251,58	42,20	132,61	74,23	8,43
<b>Gün Durumu</b>		<b>*</b>	<b>Ö.D.</b>	<b>**</b>	<b>*</b>	<b>Ö.D.</b>

Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*P<0,05, \*\*P<0,01, Ö.D.,Önemli Değil.

#### 4.5.3. Mevsimsel değişimler

Çalışmanın bir diğer amacı da, hayvan barınakları iç ortamında bulunan kirletici konsantrasyonları ile bu kirleticilerin barınaktan olan salımlarının mevsimlere göre değişkenliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, literatürde yapılan çalışmalar örnek alınarak bir kış ve bir yaz dönemi boyunca 4 gün, 24 saat sürekli ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kış ve yaz mevsimlerinde elde edilen kirletici konsantrasyon ve salım değerlerine varyans analizi uygulanarak mevsimler arasındaki farklılıkların önemlilikleri test edilmiş ve LSD testi ile gruplandırma yapılmıştır.

İncelenen hayvan barınaklarında kirletici konsantrasyonunun kış ve yaz mevsimi ortalamaları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Çizelge 4.27’e göre, NH<sub>3</sub> ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonları bütün barınaklar için kış mevsiminde yaz mevsimine oranla daha yüksek düzeyde seyretmiştir. Kış mevsiminde hayvan barınaklarında uygulanan havalandırmanın amacının barınak iç ortamındaki fazla nemin dış ortama atılmasını

sağlamak olması ve havalandırma açıklıklarının açık kaldığı ya da fanların çalıştırıldığı sürenin kısa olması nedeniyle böyle bir durum ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle, kış mevsiminde uygulanan minimum havalandırma kapasitesi, incelenen barınakların iç ortamındaki kirletici gaz konsantrasyonlarını azaltmak için yeterli değildir. Buna karşın Çizelge 4.27 incelendiğinde hayvan gübresinden kaynaklanan H<sub>2</sub>S ve CH<sub>4</sub> gibi gazların yaz dönemi konsantrasyonlarının kış dönemine oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun meydana gelmesinde barınak iç ortamında yer alan hayvan gübresinin kış mevsimine oranla daha yüksek olan iç ortam sıcaklığı ile arasındaki ilişkinin etkili olduğu söylenebilir. PM konsantrasyonları ise bağıl nem değerlerinin daha düşük seyrettiği yaz döneminde kış aylarına oranla daha yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. Yaz mevsiminde barınak iç ortam bağıl neminin düşük değerlerde seyretmesi nedeniyle, kış mevsimine oranla iç ortam havası daha kurudur.

**Çizelge 4.27.** Kirletici konsantrasyonlarının kış ve yaz mevsimine göre değişimi

İşletme	Mevsim		NH <sub>3</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppb)	CH <sub>4</sub> (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	PM (mg/m <sup>3</sup> )
Broyler	Kış	Ort	31,77a	19,75b	2,56	2 495,43a	0,29b
		Mak	93,00	42,00	7,20	9 518,18	0,94
		Min	1,89	3,65	0,38	100,00	0,01
		SS	10,04	2,96	1,04	1.279,45	0,14
	Yaz	Ort	4,78b	21,32a	15,68	895,14b	1,50a
		Mak	10,39	58,59	20,80	1.663,89	19,18
		Min	2,26	5,17	8,95	505,17	0,00
		SS	1,00	6,39	1,44	242,21	1,71
Yumurta Tavuğu	Kış	Ort	7,49a	15,17a	-	914,40a	0,09b
		Mak	19,92	29,23	-	1.572,00	0,34
		Min	0,50	2,66	-	75,00	0,01
		SS	1,85	3,41	-	220,40	0,04
	Yaz	Ort	4,20b	12,92b	-	691,15b	0,27a
		Mak	11,79	71,16	-	1.570,93	3,77
		Min	2,81	2,86	-	2,33	0,01
		SS	0,65	6,31	-	119,92	0,18
Süt Sığırı	Kış	Ort	1,68a	72,69a	33,68	184,53b	0,08a
		Mak	3,92	1.089,82	78,78	1.100,00	0,82
		Min	0,00	15,12	0,59	75,00	0,03
		SS	0,75	104,19	6,64	96,54	0,04
	Yaz	Ort	1,36b	35,04b	18,86	482,39a	0,01b
		Mak	8,77	675,04	43,53	690,09	0,03
		Min	0,39	0,38	8,84	428,58	0,00
		SS	0,64	46,13	3,35	40,30	0,01
<b>Mevsim</b>			<b>**</b>	<b>*</b>	<b>Ö.D</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

Böylece barınak iç ortam havasındaki PM'ler çökelemeyecek ve ortamda asılı kalacaktır. Buna karşın süt sığırcılığı ahırlarında PM konsantrasyonları yaz dönemine oranla kış mevsiminde daha yüksektir.

Çizelge 4.28'de kış ve yaz mevsimleri arasında konsantrasyonlarda meydana gelen yüzde değişimler görülmektedir. Broiler kümeslerinde kirletici konsantrasyonları için kış ve yaz mevsimleri arasındaki yüzde değişimler farklı kirleticiler için %1 ile %95 arasındadır. Yumurta tavuğu kümeslerinde ise yüzde değişimler %10 ile %84 arasında gerçekleşmiştir. Kış ve yaz mevsimi arasındaki yüzde değişimler, süt sığırcılığı ahırları için %0,2 ile %98 arasında ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.28.** Kış ve Yaz mevsimi için konsantrasyonlar arasındaki yüzde değişimler

İşletme	Kirletici	Yüzde Değişim (%)		
		Maksimum	Minimum	Ortalama
Broiler	NH <sub>3</sub>	93,32	34,34	80,09
	H <sub>2</sub> S	95,44	166	28,67
	CH <sub>4</sub>	75,97	2,50	13,85
	CO <sub>2</sub>	74,03	17,28	59,31
	PM	37,31	0,88	11,32
Yumurta Tavuğu	NH <sub>3</sub>	63,05	0,17	24,19
	H <sub>2</sub> S	83,98	21,23	60,54
	CO <sub>2</sub>	99,75	9,83	43,73
	PM	84,42	14,47	64,61
Süt Sığırcılığı	NH <sub>3</sub>	55,32	1,97	34,82
	H <sub>2</sub> S	91,88	12,52	59,12
	CH <sub>4</sub>	64,32	41,77	52,97
	CO <sub>2</sub>	75,04	0,21	63,58
	PM	98,04	83,27	93,40

Çalışmada ölçümü yapılan kirletici gaz ve PM salımlarının, kış ve yaz mevsimi ortalamaları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Çizelge 4.29 incelendiğinde, kirletici konsantrasyonlarının kış ve yaz mevsimlerine göre değişim deseninin salımlar için farklılaştığı görülmektedir. Yaz mevsiminde uygulanan havalandırmanın barınak iç ortam sıcaklığını optimum sınırlar içerisinde tutabilmek için yapıldığından, kış mevsimine oranla daha yüksektir. Bu nedenle yaz mevsiminde kirletici konsantrasyonu düşük olsa bile, havalandırma miktarları arasındaki büyük farktan dolayı yaz mevsiminde meydana gelen kirletici salımları kış mevsimine oranla daha yüksek düzeylerde seyretmiştir.

**Çizelge 4.29.** Kirletici salımlarının kış ve yaz mevsimlerine göre değişimi

İşletme	Mevsim		NH <sub>3</sub> (g/h)	H <sub>2</sub> S (mg/h)	CH <sub>4</sub> (mg/h)	CO <sub>2</sub> (kg/h)	PM (g/h)
Broyler	Kış	Ort	442,45a	279,60	15,88b	82,71b	3,06b
		Mak	2 389,74	2 727,48	130,20	500,34	19,54
		Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		SS	216,24	164,74	13,76	60,00	2,41
	Yaz	Ort	169,38b	603,85	557,25a	221,98a	12,18a
		Mak	952,37	5 024,81	3 731,59	861,46	39,05
		Min	8,92	19,74	22,76	1,88	0,51
		SS	100,09	294,81	354,56	57,20	7,23
Yumurta Tavuğu	Kış	Ort	102,48a	142,33b	-	27,27b	0,66b
		Mak	584,72	1.108,02	-	113,04	5,10
		Min	1,16	4,39	-	0,65	0,01
		SS	55,56	106,72	-	17,31	0,62
	Yaz	Ort	84,48b	1 192,76a	-	38,38	9,24a
		Mak	557,19	21 954,58	-	259,42a	106,51
		Min	1,66	3,65	-	0,01	0,06
		SS	62,65	991,47	-	28,46	8,44
Süt Sığırısı	Kış	Ort	31,13b	3,25*a	629,99*	8,36b	2,22a
		Mak	195,14	46,83	3 634,07	52,70	20,50
		Min	0,00	0,02	1,32	0,24	0,05
		SS	20,86	5,72	449,16	6,51	2,10
	Yaz	Ort	55,81a	3,21b	598,97	46,68a	0,16b
		Mak	1 580,13	56,84	6 203,57	183,71	1,47
		Min	0,62	0,00	10,06	0,82	0,00
		SS	56,82	3,46	394,91	19,88	0,14
Mevsim			**	*	Ö.D	*	**

\* Süt sığırısı ahırlarında H<sub>2</sub>S ve CH<sub>4</sub> salımları için birim (g/h)'dir. Aynı sütunda farklı harfler taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir, \*P<0,05, \*\*P<0,01, Ö.D.,Önemli Değil.

Redwine ve ark. (2002), Casey ve ark. (2004) ve Liang ve ark. (2005), broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde yürüttükleri çalışmalarında, yaz mevsiminde kümeslerden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımlarının kış mevsimine oranla daha fazla olduğunu ve bu durumun ortaya çıkmasında yüksek dış ortam sıcaklığı nedeniyle havalandırma miktarının arttırılmasına bağlamışlardır. Fabbri ve ark. (2007), tavuk kümeslerinde 2 yıl süreyle çalışma yürüterek kirletici gaz konsantrasyonu ve salımları ile ilgili bilgi toplamışlardır. Çalışma sonucunda kümeslerden kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımlarını çalışmanın Şubat ayında 0,90 g/h.BHB olarak bulurken, Haziran ayında 7,44 g/h.BHB

olarak bulmuşlardır. Ayrıca, kış mevsimindeki CH<sub>4</sub> konsantrasyonlarının yaz mevsimine oranla daha yüksek olduğunu, buna karşın yaz mevsiminde kümeste uygulanan havalandırmanın arttırılmasının bir sonucu olarak yaz mevsimindeki salım oranlarının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bjorneberg ve ark. (2009), süt sığırları ahırlarından kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımını, çalışmanın Ocak ayı için 227 kg/gün olarak bildirirken, Haziran ayındaki salımı 116 kg/gün olarak bildirmişlerdir. Wathes ve ark. (1997) broyler ve yumurta tavuğu kümeslerindeki çalışmaları sonucunda, yumurta tavuğu kümesinde PM salımını kış mevsimi için 0,9 g/h.BHB ve yaz mevsimi için 1,10 g/BHB.gün olarak bulmuşlardır. Aynı araştırmacılar, broyler kümeslerinden kaynaklanan PM salımını kış için 5,20 g/h.BHB yaz için 8,20 g/h.BHB olarak belirlemişlerdir. Purdy ve ark. (2009) süt sığırlarında kış ve yaz mevsimi PM konsantrasyonları yaz mevsimine oranla kış mevsiminde daha yüksek değerlerde seyretmiştir. Li ve ark. (2011), yumurta tavuğu kümeslerindeki çalışmalarında kış mevsiminde PM<sub>10</sub> konsantrasyonları (503 µm/m<sup>3</sup>) yaza oranla (236 µm/m<sup>3</sup>) daha yüksek olmasına rağmen, yaz mevsiminde gerçekleşen salım oranı (35,6 mg/gün tavuk), kışa oranla (17 mg/gün.tavuk) oldukça yüksek değerlerdedir.

Araştırmada elde edilen salım oranlarının kış ve yaz mevsimine göre yüzde değişimleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Broyler kümeslerinde kirletici salımları arasında kış ve yaz mevsimi için %7 ile %99 arasında bir değişim görülmüştür. Yumurta tavuğu kümeslerinde ise değişim %3 ile %99 arasındadır. Süt sığırları ahırlarından kaynaklanan salımlar için kış ve yaz mevsimi arasındaki değişim %0,1 ile %99 arasında gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.30.** Kış ve yaz mevsimi için salımlar arasındaki yüzde değişimler

İşletme	Kirlenici	Yüzde Değişim (%)		
		Maksimum	Minimum	Ortalama
Broyler	NH <sub>3</sub>	89,26	5,45	59,72
	H <sub>2</sub> S	88,83	7,15	63,98
	CH <sub>4</sub>	99,52	89,86	96,24
	CO <sub>2</sub>	95,28	36,79	77,18
	PM	87,86	52,40	70,95
Yumurta Tavuğu	NH <sub>3</sub>	95,59	0,23	21,39
	H <sub>2</sub> S	99,46	18,41	63,92
	CH <sub>4</sub>	-	-	-
	CO <sub>2</sub>	99,83	2,68	45,93
	PM	98,03	56,41	87,39
Süt Sığırı	NH <sub>3</sub>	92,03	26,17	55,18
	H <sub>2</sub> S	72,00	0,05	9,36
	CH <sub>4</sub>	91,32	0,37	41,42
	CO <sub>2</sub>	92,49	15,33	73,98
	PM	98,62	74,83	90,30

#### **4.6. Barınak İç Ortam Çevre Koşulları ve Kirlenici Konsantrasyonu ile Salımlar Arasındaki İlişkiler**

Hayvan barınakları iç ortam çevre koşulları gerek hayvan sağlığı, gerekse verim açısından oldukça önemlidir. Her canlı gibi hayvanlar da buldukları çevre ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim içerisinde, barınak iç ortamında bulunan kirlenici konsantrasyonları ve buna bağlı olarak salımları da iç ortam sıcaklığı ve bağıl nemi ile farklılık gösterebilir. Bu amaçla çalışmada elde edilen kirlenici konsantrasyon ve salım değerlerinin sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri incelenmiş ve analiz edilmiştir.

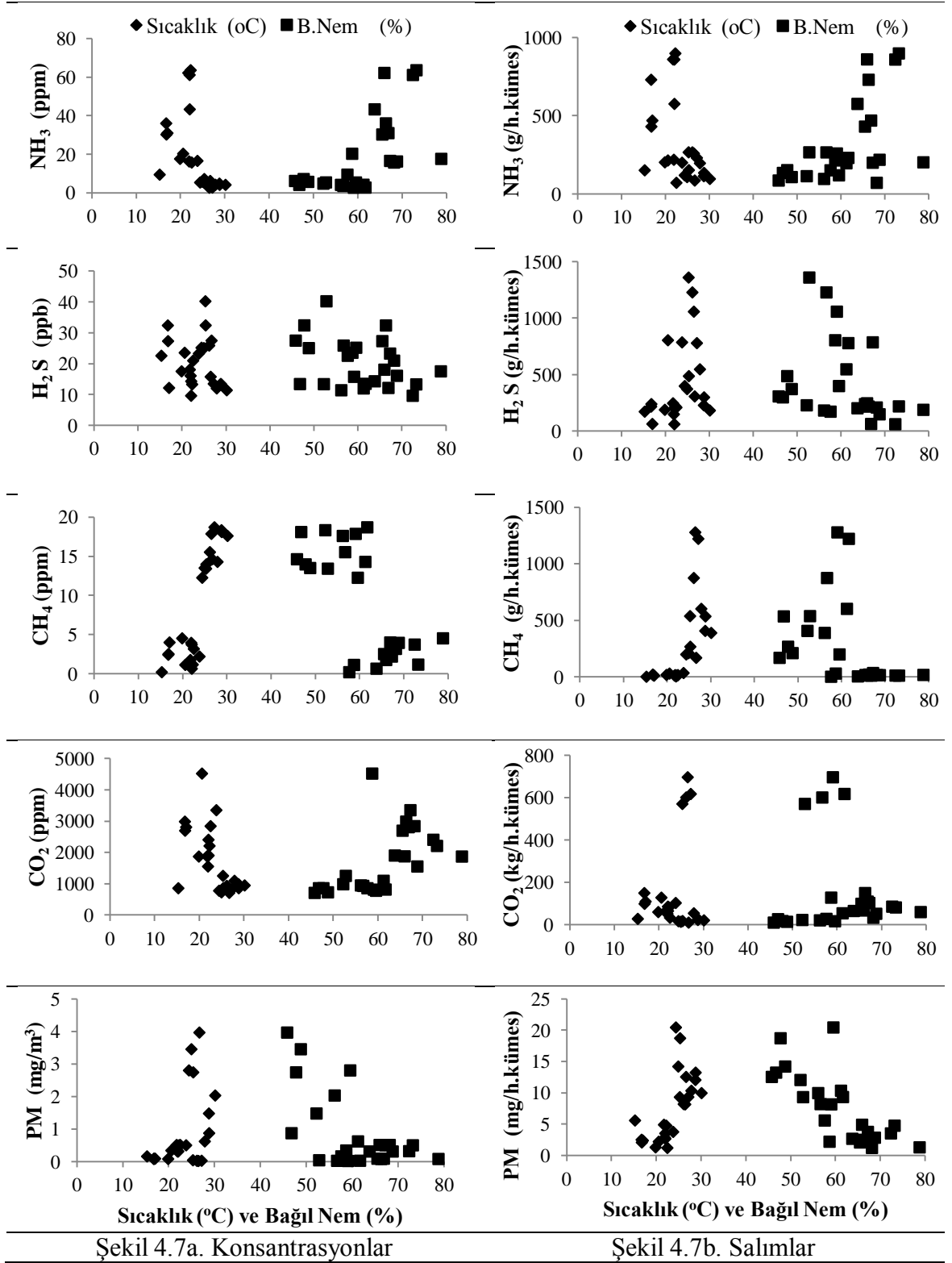
Çalışma süresince ölçülen konsantrasyon ve hesaplanan salım değerleri ile iç ortam sıcaklık (T) ve bağıl nem (RH) değerlerinin değişimleri broyler kümesleri için Şekil 4.7’de, yumurta tavukları için Şekil 4.8’de ve süt sığırı ahırlarında Şekil 4.9’da verilmiştir. Ayrıca iç ortam koşulları ile kirlenici konsantrasyonu ve salımı arasında regresyon analizi yapılarak istatistiksel olarak önemli bulunan ilişkiler Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çalışmada broyler ve yumurta tavuğu kümesleri iç ortamındaki NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve CO<sub>2</sub> gibi kirlenici gaz konsantrasyonlarında artan iç ortam sıcaklığı ile birlikte bir azalma görülmüştür. H<sub>2</sub>S konsantrasyonları ve salımları ile sıcaklık ve bağıl nem arasında %1

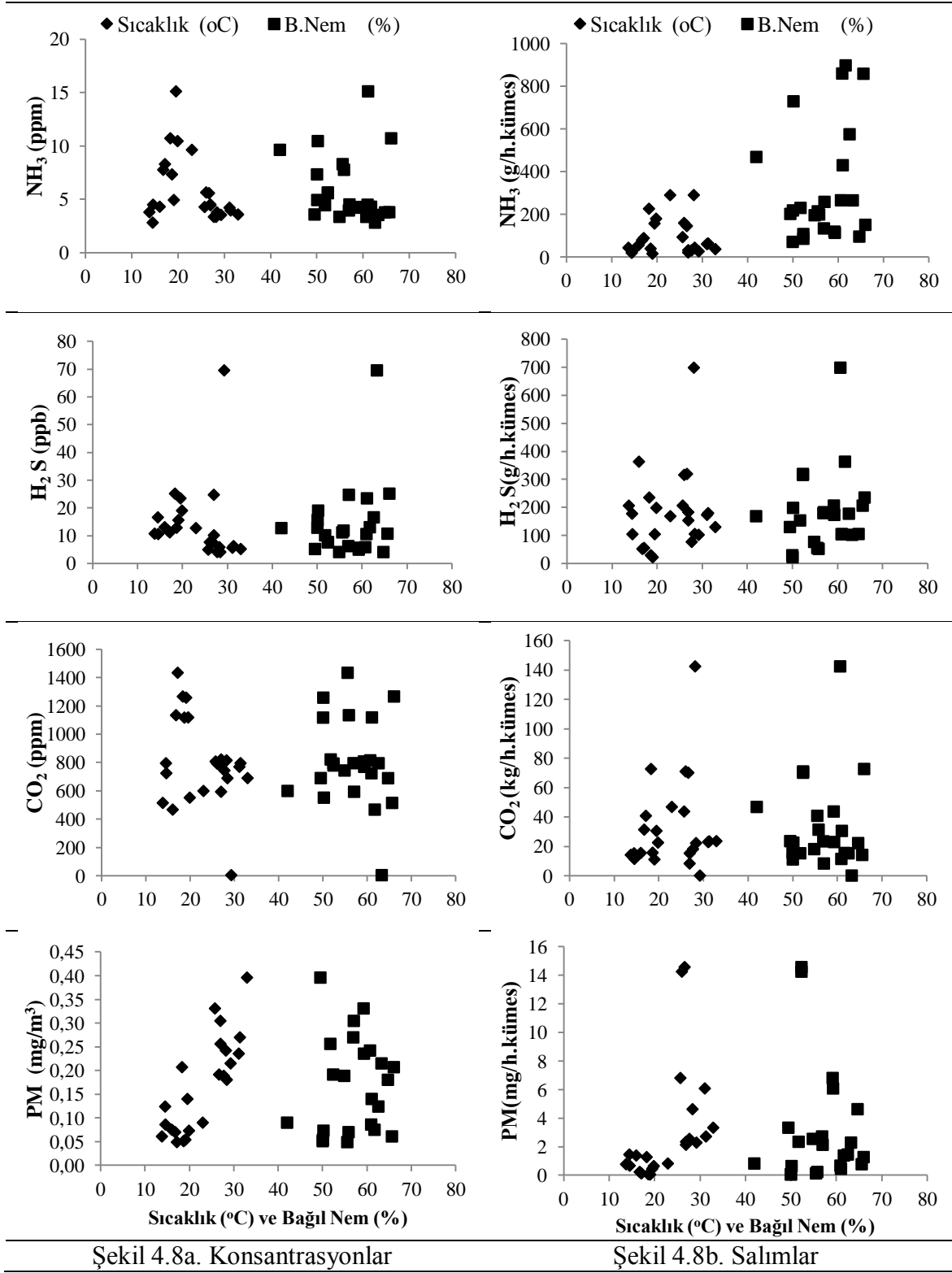
önem düzeyinde ters yönlü bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.31). Broyle kümeslerinde CH<sub>4</sub> konsantrasyonu iç ortam sıcaklığıyla birlikte istatistiksel olarak önemli düzeyde artış göstermiştir (P<0,01). Yumurta tavuğu ve broyle kümesleri iç ortam PM konsantrasyonu sıcaklıkla birlikte artmasına karşın, sıcaklık ile PM konsantrasyonu arasında önemli bir korelasyona rastlanmamıştır. Ancak PM konsantrasyonları ve salımları, bağıl nem ile negatif yönlü bir korelasyon oluşturmuştur (P<0,01, Çizelge 4.31). İç ortam sıcaklığının artmasıyla birlikte, azalan bağıl neme bağılı olarak küme iç ortamında yaz mevsiminde kış mevsimine oranla daha kuru bir ortamın oluşması, iç ortam havasındaki PM konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur.

Süt sığırı ahırlarında CO<sub>2</sub> dışındaki diğer gaz ve PM konsantrasyonları ve salımları ile iç ortam sıcaklığı arasında negatif yönlü bir ilişki varken, CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ve salımları ile pozitif bir ilişki vardır. CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları ile sıcaklık arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Süt sığırı barınaklarında CH<sub>4</sub> konsantrasyonu ile iç ortam bağıl nemi arasında %1 olasılık düzeyinde önemli ters yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca süt sığırı ahırlarından kaynaklanan CH<sub>4</sub> salımı ile bağıl nem ve CO<sub>2</sub> salımı ile sıcaklık istatistiksel olarak önemli düzeyde doğrusal ilişkiye sahiptir (P<0,01). İncelenen süt sığırı barınaklarında iç ortam bağıl nemi ile NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının doğrusal olarak artış gösterdiği gözlenmiş olmasına karşın, önemli bir korelasyona rastlanmamıştır.





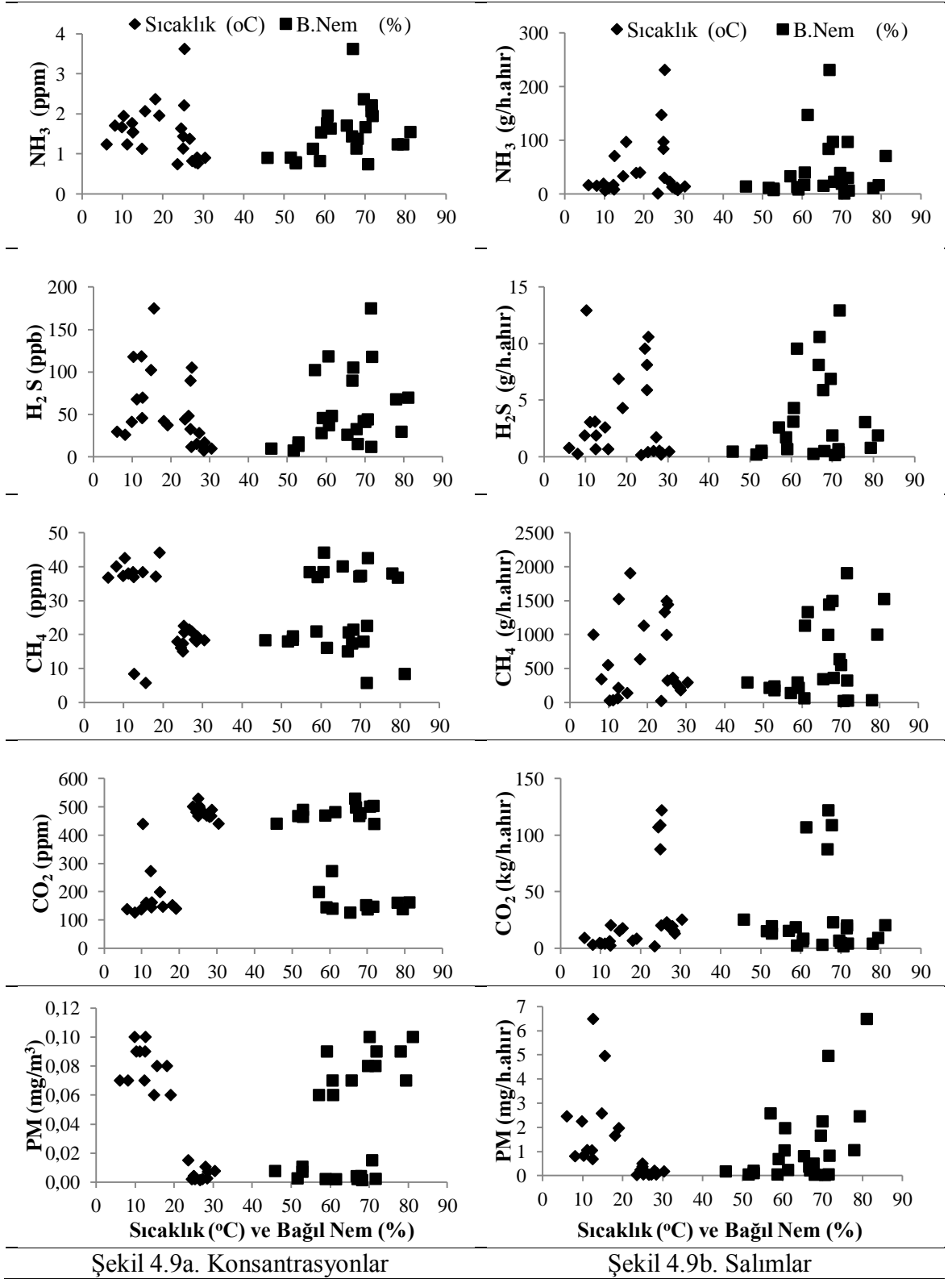
Şekil 4.7. Broyer kümeslerinde kirletici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri



Şekil 4.8a. Konsantrasyonlar

Şekil 4.8b. Salımlar

Şekil 4.8. Yumurta tavuğu kümeslerinde kirletici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri



Şekil 4.9. Süt sığırı ahırlarında kirlenici konsantrasyonları ve salımlarının sıcaklık ve bağıl nem ile değişimleri

**Çizelge 4.31.** İç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile kirletici konsantrasyon ve salımı için yapılan regresyon analizi sonuçları

İşletme	Parametre	Kirletici	Değişken	Katsayı	SE	T	P
Broyler	Konsantrasyon	H <sub>2</sub> S	Sıcaklık	-21.204	0,57	-3,73	0,00
			Nem	-0,42	0,19	-2,20	0,04
		CH <sub>4</sub>	Sıcaklık	0,52	0,20	2,54	0,02
		PM	Nem	-0,07	0,03	-2,43	0,03
	Salım	PM	Nem	-0,26	0,10	-2,59	0,02
Yumurta Tavuğu	Konsantrasyon	H <sub>2</sub> S	Sıcaklık	-21.204,00	0,57	-3,73	0,00
			Nem	-0,42	0,19	-2,20	0,04
		PM	Nem	-0,07	0,03	-2,43	0,03
	Salım	PM	Nem	-0,26	0,10	-2,59	0,02
Süt Sığırı	Konsantrasyon	CH <sub>4</sub>	Sıcaklık	-13.218,00	0,27	-4,84	0,00
			B.Nem	-0,47	0,22	-2,10	0,05
		CO <sub>2</sub>	Sıcaklık	18.117,00	3.042,00	5,96	0,00
		PM	Sıcaklık	-0,0046	0,0006	-7,77	0,00
	Salım	CH <sub>4</sub>	B.Nem	23,82	11,25	2,12	0,05
		CO <sub>2</sub>	Sıcaklık	14.934,00	0,44	3,41	0,00

#### 4.7. Bursa bölgesine özgü salım modelleri

Çalışma kapsamında yürütülen bir yıllık arazi çalışmalarında elde edilen iç ortam çevre koşullarına bağlı olarak, çalışmada incelenen kirleticilerin konsantrasyon ve salım değerleri için modeller geliştirilmiştir. Bursa bölgesine özgü bu modellerin geliştirilmesinde iç ortam çevre koşulları ile kirletici konsantrasyonları ve salımları arasında çok değişkenli regresyon analizi uygulanmıştır. Regresyon analizinin sonuçlarına göre, istatistiksel olarak önemli düzeyde olan regresyon eşitlikleri ile eşitliklere ait R<sup>2</sup> değerleri ve önem düzeyleri Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çalışmada yapılan dört günlük sürekli ölçümler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan bu regresyon eşitlikleri, Bursa bölgesi hayvan barınaklarındaki kirletici konsantrasyon düzeyleri ile bunların barınaktan salımlarının ne düzeyde olduğunu tahmin edebilir. Bu nedenle bu eşitlikler gerek üreticiler gerekse bu konuyla ilgili bilgi edinmek isteyen ilgili kişiler açısından yararlı sonuçlar verebilmektedir.

**Çizelge 4.32.** Bursa bölgesine özgü salım modelleri

PARAMETRE	KİRLETİCİ	EŞİTLİK	R <sup>2</sup>	P
<b>BROYLER</b>				
<b>Konsantrasyon</b>	NH <sub>3</sub>	- 76,1 + 2,31 T + 0,466 RH + 27,9 V - 6,74 Q	0,68	0,000
	H <sub>2</sub> S	104 - 2,12 T - 0,417 RH - 8,25 V - 0,98 Q	0,51	0,005
	CH <sub>4</sub>	- 0,63 + 0,518 T - 0,0924 RH - 5,51 V + 4,82 Q	0,92	0,000
	CO <sub>2</sub>	3057 - 70,9 T + 26,3 RH + 298 V - 982 Q	0,61	0,001
	PM	6,43 - 0,0061 T - 0,0711 RH - 0,288 V - 0,530 Q	0,47	0,010
<b>Salım</b>	NH <sub>3</sub>	- 1163 + 29,4 T + 6,89 RH + 323 V + 61,8 Q	0,60	0,001
	CH <sub>4</sub>	- 1238 + 16,4 T + 9,87 RH - 356 V + 527 Q	0,82	0,000
	CO <sub>2</sub>	- 383 - 12,1 T + 8,84 RH - 221 V + 293 Q	0,46	0,012
	PM	21,4 + 0,036 T - 0,263 RH - 3,40 V + 2,60 Q	0,71	0,000
<b>YUMURTA TAVUĞU</b>				
<b>Konsantrasyon</b>	NH <sub>3</sub>	- 76,1 + 2,31 T + 0,466 RH + 27,9 V - 6,74 Q	0,68	0,000
	H <sub>2</sub> S	104 - 2,12 T - 0,417 RH - 8,25 V - 0,98 Q	0,51	0,000
	CO <sub>2</sub>	3057 - 70,9 T + 26,3 RH + 298 V - 982 Q	0,61	0,001
	PM	6,43 - 0,0061 T - 0,0711 RH - 0,288 V - 0,530 Q	0,47	0,010
<b>Salım</b>	NH <sub>3</sub>	- 1163 + 29,4 T + 6,89 RH + 323 V + 61,8 Q	0,60	0,001
	CO <sub>2</sub>	- 383 - 12,1 T + 8,84 RH - 221 V + 293 Q	0,46	0,012
	PM	21,4 + 0,036 T - 0,263 RH - 3,40 V + 2,60 Q	0,71	0,000
<b>SÜT SIĞIRI</b>				
<b>Konsantrasyon</b>	H <sub>2</sub> S	69,8 - 2,68T + 0,17RH + 87,3V - 0,43Q	0,39	0,046
	CH <sub>4</sub>	90,1 - 1,32 V - 0,471 RH - 10,7 V - 0,63Q	0,63	0,001
	CO <sub>2</sub>	- 210 + 18,1 T + 3,83 RH + 32,8 V - 10,7 Q	0,77	0,000
	PM	0,151 - 0,005 T - 0,00026 RH - 0,017 V + 0,00062 Q	0,85	0,000
<b>Salım</b>	NH <sub>3</sub>	- 133 + 1,20 T + 1,67 RH + 181 V - 2,22 Q	0,74	0,000
	H <sub>2</sub> S	- 0,29 - 0,0904 T + 0,0881 RH + 8,78 V - 0,509 Q	0,57	0,002
	CH <sub>4</sub>	- 1846 + 12,4 T + 23,8 RH + 1514 V + 27,9 Q	0,62	0,001
	CO <sub>2</sub>	- 81,8 + 1,49 T + 0,926 RH + 124 V - 3,09 Q	0,91	0,000
	PM	- 1,16 - 0,0673 T + 0,0284 RH + 1,45 V + 0,210 Q	0,70	0,000

T: Sıcaklık (°C), RH: Bağıl Nem (%), V: Hava hızı (m/s), Q: Havalandırma miktarı (m<sup>3</sup>/h.barınak)

#### 4.8. Hayvan Barınaklarından Kaynaklanan Kirleticiler için Bursa Yöresine Uyum Salım Faktörleri

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hayvan barınakları, başta NH<sub>3</sub> olmak üzere birçok kirletici gaz ve PM salımları için önemli kaynaklardan birisidir. Hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici gaz ve PM salımları, hayvan barınağının tipi ve barınakta kullanılan yetiştirme sistemi, gübre işletim sistemi ve bölgenin iklimsel çevre

koşulları, hayvanların ağırlığı ve yaşı, yetiştirilen hayvan çeşidi ve hayvanlara verilen yemin içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörlerin bir çoğu, aynı kirletici için benzer hayvan barınaklarından kaynaklanan salımların, ülkeler arasında hatta aynı ülke içerisinde farklı bölgeler arasında bile farklılaşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle hayvan barınaklarından kaynaklanan salımların doğru ve güvenilir bir şekilde hesaplanması oldukça zorlaşmaktadır. Bunun yanısıra hayvan barınaklarının hangi bölgede hava kirliliğine ne kadar katkıda bulunduğunu belirlemek, doğrudan ülkenin katkısını belirlemekten daha doğru olacaktır. Bölgeler için hesaplanan salım faktörlerinden hareketle ülke geneli için hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticilerle ilgili salım faktörleri hesaplanabilir. Çoğu AB ülkesi ve ABD’de hava kirliliğine katkıda bulunan bütün sektörlerin kirletici salımları envanterleri içerisinde birer salım faktörüne sahiptir ve salım faktörleri bu ülkelerde birer salım tahminleme aracıdır.

Çalışma kapsamında incelenen hayvan barınaklarında gözlemlenen salımlardan yola çıkılarak, Bursa bölgesine özgü olarak hesaplanan salım faktörleri Çizelge 4.33’de verilmiştir. Hesaplanan bu salım faktörleri ile ülkemiz için önemli bir sanayi kenti olan Bursa’da hayvan barınaklarının hava kirliliğine ne derecede katkıda bulunduğu kolayca tahminlenebilecektir. Ayrıca çalışmada mevsimlere göre salım faktörlerinin hesaplanması diğer sektörlerle detaylı bir karşılaştırmanın yapılmasına olanak sağlayacaktır.

**Çizelge 4.33.** Bursa Bölgesi için hayvan barınaklarından kaynaklanan birim hayvan başına kirletici salım faktörleri

İşletme	Mevsim	NH <sub>3</sub> (g/gün)	H <sub>2</sub> S (µg/gün)	CH <sub>4</sub> (µg/gün)	CO <sub>2</sub> (g/gün)	PM (mg/gün)
Broyler	Kış	0,99	597,12	32,63	177,46	6,61
	Yaz	0,37	1317,50	1215,82	484,32	26,58
Yumurta Tavuğu	Kış	0,23	310,54	-	59,49	1,44
	Yaz	0,18	2602,38	-	83,74	20,16
Süt Sığırtı	Kış	11,96	1,25	257,79*	3313,51	900,25
	Yaz	20,45	1,14	229,03*	17483,72	60,02

\*Süt sığırtıları CH<sub>4</sub> salım faktörleri için birim g/gün’dür.

Kış ve yaz mevsimi ayırımı yapılmadan hesaplanan salım faktörleri broyler kümeslerinde NH<sub>3</sub> için 28,28 mg/h.tavuk, H<sub>2</sub>S için 39,89 µg/h.tavuk, CH<sub>4</sub> için 26,01 µg/h.tavuk CO<sub>2</sub> için 13,79 g/h.tavuk ve PM için 0,69 µg/h.tavuk'tur. Yumurta tavuğu kümeslerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> ve PM için salım faktörleri sırasıyla, 8,50 g/h.tavuk, 60,69 µg/h.tavuk, 2,98 g/h.tavuk, 0,45 µg/h.tavuk olarak hesaplanmıştır. İncelenen süt sığırları için hesaplanan salım faktörleri NH<sub>3</sub> için 21,88 mg/h.BHB, H<sub>2</sub>S için 12,59 µg/h.BHB, CH<sub>4</sub> için 29,32 µg/h.BHB, CO<sub>2</sub> için 4,08 g/h.BHB ve PM için 0,24 µg/h.BHB'dir. Buna göre incelenen işletmelerde kapasite değişimi olmadığı varsayılarak, incelenen işletmelerden kaynaklanan yıllık kirletici salım miktarları Çizelge 4.34'de verilmiştir.

**Çizelge 4.34.** Çalışmada incelenen hayvan barınaklarından kaynaklanan kirleticilerin yıllık salım miktarları

İşletme	NH <sub>3</sub> (kg/yıl)	H <sub>2</sub> S (kg/yıl)	CH <sub>4</sub> (kg/yıl)	CO <sub>2</sub> (ton/yıl)	PM (g/yıl)
Broyler1	2482	3.49	2.3	1208	60.6
Broyler2	2978	4.19	2.7	1449	72.7
Broyler3	5957	8.39	5.5	2899	145.4
Yumtav1	898	6.38	-	314	47.3
Yumtav2	898	6.38	-	314	47.3
Yumtav3	823	5.85	-	288	43.4
SütSığırı1	237	0.02	3.6	152	7.0
SütSığırı2	373	0.03	5.6	239	11.0
SütSığırı3	426	0.03	6.4	273	12.6

Liang ve ark. (2005), farklı eyaletlerde farklı yetiştirme sistemine sahip yumurta tavuğu kümeslerinde yaptıkları çalışmada Iowa eyaletinde bulunan kümesler için NH<sub>3</sub> salım faktörünü 0,58 g/gün.tav olarak bulurken, Pensilvanya'daki kümesler için 0,46 g/gün.tavuk olarak bulmuşlardır. Siefert and Scudlark (2006), broyler kümeslerinden kaynaklanan NH<sub>3</sub> salımı için ortalama salım faktörünü 1,18 g/gün.tav olarak hesaplamışlardır. Lin ve ark.(2010a), dört adet kümeste yetiştiricilik yapan bir yumurta tavuğu işletmesinde yürüttükleri çalışmada, H<sub>2</sub>S salımları için salım faktörünü 1 mg/gün.tavuk olarak bildirmektedir. Amon ve ark. (2001), süt sığırı ahırları için CH<sub>4</sub> salım faktörünü 194,4 g/gün.BHB olarak vermektedir. Çalışma sonucunda elde edilen salım

faktörleri literatürde verilen değerlere oranla daha düşük düzeylerde seyretmiştir. İncelenen işletmelerdeki hayvan başına düşen birim alanın literatürde yapılan çalışmalara oranla daha fazla olması nedeniyle, barınak içerisindeki hayvan yoğunluğu azalmış ve böylece hayvan başına düşen salım değerleri de azalma göstermiştir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı alanlarda faaliyet gösteren üçer adet broyler, süt sığırı ve yumurta tavuğu işletmelerinde bir yıl boyunca kış ve yaz mevsimlerinde 4 gün süreyle yapılan 24 saatlik sürekli ölçümlerle hayvan barınaklarında, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve PM gibi kirleticilerin konsantrasyonları ve salımları ile sıcaklık, bağıl nem ve havalandırma miktarı gibi iklimsel çevre koşulları belirlenmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak, hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımları için Bursa bölgesine uygun salım faktörleri ortaya konarak, Bursa bölgesinde kullanılan hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımı konusunda bir durum tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

Çalışma sonucunda gerek broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde gerekse süt sığırı ahırlarında elde edilen sıcaklık ve bağıl nem gibi iklimsel çevre koşullarının tavuk ve süt sığırı için verilen optimum değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Verimli bir üretim için hayvanın genotipi kadar yetiştirileceği ortamın çevre koşullarının da önemli olduğu unutulmamalıdır.

Çalışmada incelenen işletmelerin yapısal özelliklerinin barınak içerisinde kirletici oluşumu ve salımları üzerine önemli bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Özellikle mahya yüksekliğinin az olduğu işletmelerde, kirletici konsantrasyonlarının ve salımlarının önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Barınaklarda mahya yüksekliğinin azalması, iç ortam hacminin azalmasına neden olmaktadır. Böylece barınak içerisindeki iç ortam havasında kirletici konsantrasyonlarının birikimi hızlanacaktır. İncelenen işletmelerde, hayvan başına düşen alanın fazla olması, barınak içerisindeki hayvan yoğunluğunu azaltarak, barınaktan kaynaklanan kirletici salımlarının ABD ve AB ülkelerinin altında kalmasına yol açmıştır. Bunun yanısıra incelenen barınaklarda uygulanan havalandırma sistemleri de kirletici konsantrasyonu ve salımları için önemli



farklılıklar yaratmıştır. Özellikle yeterli havalandırma miktarının sağlanması için havalandırma açıklıklarının ayarlanması, kirletici konsantrasyon ve salımlarının gece ile gündüz ve kış ile yaz mevsimleri arasında farklılık göstermesine neden olmuştur.

Çalışmanın yürütüldüğü kış ve yaz dönemi ortalama NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM konsantrasyonları broyler kümeslerinde sırasıyla, 19,59 ppm, 20,33 ppb, 9,05 ppm, 1726 ppm ve 0,91 mg/m<sup>3</sup>, yumurta tavuğu kümeslerinde sırasıyla, 5,93 ppm, 14,05 ppb, 790 ppm ve 0,18 mg/m<sup>3</sup>, süt sığırı ahırlarında sırasıyla 1,52 ppm, 53,87 ppb, 28,63 ppm, 328 ppm, 0,04 mg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Belirlenen bu konsantrasyon değerleri hayvan sağlığı açısından literatürde verilen barınakta izin verilebilir sınırlar (Esmay ve Dixon 1986) içerisinde gerçekleşmiştir. İncelenen hayvancılık işletmelerinde elde edilen NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S ve PM konsantrasyonları OSHA, NIOSH ve ACGIH gibi kuruluşların hayvan barınaklarında çalışan işçi sağlığı için önerdiği sınır değerlerin altında yer almaktadır. Bu açıdan bakıldığında, incelenen barınaklarda çalışan işçiler için herhangi bir meslek hastalığına yakalanma riskinin bulunmadığı söylenebilir. Sonuç olarak, çalışma süresince hayvan barınaklarında izlenen gazlara ve PM'ye ilişkin ölçülen konsantrasyon düzeyleri kısa süreli maruziyet için hayvan ve çalışan sağlığını tehdit edecek düzeylerde değildir.

Çalışma süresince incelenen barınaklardan kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM salımları broyler kümesleri için 630 g/h, 2,10 g/h, 9,22 g/h, 141 kg/h ve 7,6 g/h olarak, yumurta tavuğu kümesleri için 58 g/h, 0,67 g/h, 24 kg/h ve 4,9 g/h olarak ve süt sığırı ahırları için 44 g/h, 3,7 g/h, 634 g/h, 28 kg/h, 1,26 g/h olarak belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü barınaklardan kaynaklanan NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, PM için elde edilen salım miktarları, gerek ABD'de EPA tarafından gerekse AB tarafından belirlenen izin verilebilir maksimum salım oranlarına oranla oldukça düşük düzeylerde görülmüştür. Bu nedenle incelenen hayvan barınakları, diğer hava kirletici tesislerle karşılaştırıldığında, hayvan barınaklarının hava kirliliğine katkısının düşük olduğu bu salım değerlerinden görülebilmektedir. İncelenen işletmelerin gerek, ABD gerekse AB ülkelerine göre daha küçük kapasiteli olması, birim alanda daha az hayvan barındırılmasını sağlamaktadır. Küçük kapasiteli hayvan barınaklarında uygulanan havalandırma miktarları ve kirletici konsantrasyonları daha az düzeylerde

gerçekleşmektedir. Böylece barınaktan kaynaklanan salım miktarları azalarak, hayvan barınaklarının buldukları çevre üzerindeki olumsuz etkisini göreceli olarak azaltacaktır. Ancak yüksek kapasiteli işletmelerde ABD ve AB Ülkeleri ile benzer sonuçlar elde edilmesi mümkün olabilir.

Çalışmanın yürütüldüğü her iki dönem içinde yetiştiricilik çeşidine göre elde edilen kirletici konsantrasyon ve salımları arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P<0,01$ ,  $P<0,05$ ). Hayvancılıkta yetiştiricilik amacına paralel olarak hazırlanan yem rasyonlarının hayvan çeşidine göre farklılık göstermesi hayvanın aldığı besin maddelerini farklılaştırmaktadır. Dolayısıyla hayvanların yemi sindirmesi sonucu, başta azot olmak üzere diğer bileşikler için farklı içerikteki gübreler ortaya çıkacaktır. Bu nedenle ortaya çıkan kirletici gaz ve PM konsantrasyonları ve salımları yetiştiricilik çeşidine göre farklılık gösterecektir.

Araştırmada, kış ve yaz mevsiminde gerçekleşen kirletici konsantrasyonları ve salımları istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir ( $P<0,01$ ,  $P<0,05$ ). Hayvan yetiştiriciliğinde hayvanların kış ve yaz mevsimindeki ihtiyaçlarının farklı olması gerek barınaklarda uygulanan havalandırma miktarlarında gerekse yem rasyonunda değişikliklere gidilmesine neden olmaktadır. Örneğin broyler ve yumurta tavuğu kümeslerinde yaz mevsiminde ısı stresinin oluşmasını önlemek amacıyla kümeste uygulanan havalandırma miktarı kış mevsimine oranla daha fazladır. Bunun yanı sıra, yaz mevsiminde hayvanların vücut sıcaklıklarının artışı önlemek amacıyla enerji içeriği düşük yemler kullanılmaktadır. Ayrıca yumurta tavukçuluğunda yaz mevsiminde ısı stresine karşılık kısıtlamalı yemleme de yapılmaktadır. İncelenen broyler kümeslerinde kış mevsiminde ısıtma yapılmaktadır. Hayvan barınakları iç ortam sıcaklığının artması barınak iç ortamında bulunan gübreden olan gaz çıkışını hızlandırarak iç ortamdaki kirletici gaz konsantrasyonunun artmasına neden olacaktır. Bunun yanı sıra yaz mevsiminde hayvan barınaklarında yüksek sıcaklık nedeniyle bağıl nem azalmakta ve böylece barınak içerisinde kuru bir ortam oluşmaktadır. Bu kuru ortamın sonucu olarak barınak iç ortamında PM konsantrasyonu artabilir. Açıklanan bu ortam koşulları, kirletici konsantrasyonu ve salımlarının mevsimlere göre farklılık göstermesine neden olmuştur.

Çalışma süresince incelenen hayvan barınaklarında yapılan 24 saatlik sürekli ölçümler sonucu elde edilen gündüz ve gece saatleri kirletici konsantrasyon ve salımları arasındaki farklılıklar, %1 ve %5 olasılık düzeyine göre önemlidir. Gündüz ve gece saatleri arasında, havalandırma miktarı ve hayvan aktivitesinde meydana gelen değişiklikler bu farklılığın oluşmasında temel etkindir. Özellikle kış mevsiminde gece saatlerinde iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılığına bağlı olarak havalandırma açıklıkları tamamen kapatılmakta ya da kısmen açık tutulmaktadır. Gündüz saatlerinde ise havalandırma miktarı gereksinimine göre havalandırma açıklıkları tamamen açılır. Gündüz ve gece saatlerinde elde edilen konsantrasyon ve salım değerlerindeki farklılığın nedenini belirleyebilmek için hayvan aktivitesi ölçümlerini içeren daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır.

Çalışmada barınak iç ortam koşullarının broyler kümeslerinde, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve PM, yumurta tavuğu kümeslerinde H<sub>2</sub>S ve PM, süt sığırı ahırlarında CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, PM konsantrasyonları ve salımları üzerinde istatistiksel olarak %1 ve %5 önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca iç ortam çevre koşulları ve kirletici konsantrasyonu ile salımları için çok değişkenli regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda elde edilen regresyon eşitliklerinin büyük bir çoğunluğu %1 ve %5 önem düzeyinde önemli bulunurken, R<sup>2</sup> değerleri 0,40-0,92 arasında gerçekleşmiştir. Bu eşitliklerin R<sup>2</sup> ve önemlilik durumuna bağlı olarak bölgedeki diğer barınaklardan kaynaklanan salımlar ile barınak içi konsantrasyonların tahmin edilmesinde kullanımı, üreticiler için büyük kolaylık sağlayacaktır. Çünkü hayvan barınaklarında kirletici konsantrasyonunu ve buna bağlı olarak salımını belirlemek için gereksinim duyulan alet ve ekipman masrafları oldukça fazladır. Ancak bu çalışma ile ortaya konan tahminleme eşitlikleri kirletici konsantrasyon ve salımı üzerine etkili olabilecek hayvan aktivitesi gibi diğer çevre koşullarının barınak iç ortamında izlenmesi ile eşitliğe ilave edilerek eşitlik geliştirilebilir.

Çalışmada elde edilen veriler ışığında hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici gaz ve PM salımları için Bursa bölgesine özgü salım faktörleri belirlenmiştir. Buna göre salım faktörleri, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ve PM için sırasıyla broyler kümeslerinde 0,68 g/gün.tavuk, 0,96 mg/gün.tavuk, 0,62 mg/gün.tavuk, 331 g/gün.tavuk ve 16

mg/gün.tavuk, yumurta tavuğu kümeslerinde 0,20 g/gün.tavuk, 1,4 mg/gün.tavuk, 72 g/gün.tavuk, 11 mg/gün.tavuk, süt sığırı ahırlarında 16,2 g/gün.BHB, 1,2 mg/gün.BHB, 243 g/gün.BHB, 10,4 kg/gün.BHB ve 480,1 mg/gün.BHB olarak gerçekleşmiştir. Bu faktörler kullanılarak, hayvansal üretimden kaynaklanan kirletici salımları kabaca tahminlenebilir ve böylece, Bursa bölgesindeki hayvan barınaklarının global ölçekte çevre kirliliğine katkısı belirlenebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma ülke genelinde hayvan barınaklarındaki kirletici gaz ve PM konsantrasyonları ile salımlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılmış kapsamlı bir arazi çalışmasıdır. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, Bursa bölgesindeki küçük kapasiteli hayvan barınaklarından kaynaklanan kirletici salımları ile ilgili bir problemin olmadığı söylenebilir. Ancak, hayvancılıkta endüstrileşmenin artması sonucu gelecekte yaşanabilecek kapasite artırımları ve ayrıca AB'ye giriş sürecinde küçük işletmelerin bir araya getirilmesi ile oluşturulacak daha büyük işletmelerin gelecekte salımlar açısından problemlere yol açabileceğini söylemek mümkündür. Ülke genelinde hayvancılıktan kaynaklanan salımların belirlenmesi AB içinde önemli bir konudur. Çünkü AB, üye ülkelerden belirli süreler içinde hayvancılıktan kaynaklanan salımlarını azaltmalarını istemekte (2001/81/EC) ve bunun için hayvancılıkta iyi tarım uygulamalarını hayata geçirmeleri konusunda üye ülkelere baskı yapmaktadır. Ülkemizde bu konuyla ilgili gerek yasal düzenleme olsun, gerekse Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından uygulamaya konulmuş herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla ülkemizde hayvan barınaklarından kaynaklanan salım oranlarının belirlenmesi için daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu konudaki bilimsel projelere ve arazi çalışmalarına destekler arttırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Aarnink, A.J.A., Keen, A., Metz, J.H.M., Speelman, L., Verstegen, M.W.A. 1995.** Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research* 62: 105-116.
- Aarnink, A.J.A., Mosquera, J., Winkel, A., Cambra-Lopez, M., van Harn, J., Buisonje, F.E. de, Ogink, N.W.M. 2009.** Options for dust reduction from poultry houses. Biennial Conference of the Australian Society for Engineering in Agriculture (SEAg), 13-16 September, 2009, Brisbane, QLD.
- Adrizal, P., Patterson H., Hulet, R. M., Bates, R. M., Despot, D. A., Wheeler, E. F., Topper, P. A., Anderson, D. A., Thompson, J. R. 2008.** The Potential for Plants to Trap Emissions from Farms with Laying Hens: 2. Ammonia and Dust. *J. Appl. Poult. Res.* 17:398-411.
- Amon B., Amon, TH., Boxberger, J., Pollinger, A. 1996.** Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from a tying stall for milking cows, during storage of farmyard manure and after spreading. Proceedings of the 8th international Conference on the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (Formerly Animal Waste Management). Rennes, France, 26-29 May 1998
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J., Alt Ch. 2001.** Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 103-113.
- Amon, B, Kryvorunchko V., Amon, T., Boltensern Z.S. 2006.** Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Ag.Eco.Enviroin.* 112:153-162.
- Anderson, E.K. 1998.** Hot weather management of poultry. Poultry Science and Technology Guide. North Carolina State University- Raleigh, NC.
- Angel R., Powers W., Applegate T. 2008.** Diet impacts for mitigating air emissions from poultry. Livestock Environment VIII, 31 August - 4 September, 2008, Iguassu Falls, Brazil.
- Anonim, 1974.** Meteoroloji bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Basımevi, Ankara.S.11-112.
- Anonim, 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.
- Anonim, 1996.** The revised guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual. Rev. 1996. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Anonim, 1999.** Management of dust in broyler operations. Ministry of Agriculture and Food Abbotsford Agriculture Centre. Abbotsford, British Columbia. 4s.
- Anonim, 2000.** Emission of greenhouse gases in the united states 2000. Department of energy report: doe/ eia-0573. Washington D.C.
- Anonim, 2001a.** Emissions from animal feeding operations. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/draft/draftanimalfeed.pdf> (Mart 2007).
- Anonim, 2001b.** 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
- Anonim, 2002a.** The airliner cabin environment and health of passengers and crew, Washington, D. C.: National Academy Press.

- Anonim, 2002b.** Promoting agricultural health and safety: Know your livestock and be safe. National Agricultural Safety Database. September 2006.
- Anonim, 2002c.** Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution. Animal Science Department, Faculty Papers and Publications in Animal Science University of Nebraska – Lincoln, USA.
- Anonim, 2003.** Air Emissions From Animal Feeding Operations: Current Knowledge, Future Needs. <http://www.4cleanair.org/nascaforeport.pdf>-(Mart 2007).
- Anonim, 2004.** Systems for controlling air pollutant emissions and indoor environment of poultry, swine and dairy facilities. Multi state project, dc 98-03. <http://www.reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/184069.html>-(Mart 2007).
- Anonim, 2005a.** Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks:1990-2003. EPA 430-R-05-003. US Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- Anonim, 2005b.** Hog farmer dies from asphyxiation after manure pit agitation. Morgantown, W.V.: NIOSH Division of Safety Research, Fatality Assessment and Control Evaluation (FACE) Program. Iowa case report 03IA058.
- Anonim, 2007.** TÜİK 2007 yılı tarım sayımı. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr).
- Anonim 2011a.** Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, Ohio,USA.
- Anonim 2011b.** Pocket guide to chemical hazards. National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH).
- Anonim 2011c.** Limits for air contaminants (Table Z-1). Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
- Arogo, J., Westerman, P. W., Heber, A. J. 2003.** A review of ammonia emissions from confined swine feeding operations. *Transactions of the ASAE* 46: 805-817.
- Arogo, J., Westerman, P. W., Heber, A. J., Robarge, W. P., Classen, J. J. 2006.** Ammonia emissions from animal feeding operations: Animal agriculture and the environment, Ed: Rice, J.M., Caldwell, D.F., Humenik, F.J., ASABE, Michigan, USA, pp:41-88.
- Arya, S. 1999.** Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Pres, New York.
- Auvermann, B., Bottcher, R., Heber, A., Meyer, D., Parnell, C.B., Shaw, B., Worley, J. 2006.** Particulate matter emissions from animal feeding operations: Animal Agriculture and the Environment, Ed.: Rice, J.M., Caldwell, D.F., Humenik, F.J., ASABE, Michigan,USA., pp: 435-468
- Balaban, A., Şen E. 1988.** Tarımsal Yapılar. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:950, Ankara . 244s.
- Bandekar, P., Bajwa, S., Liang, Y. 2008.** Preliminary evaluation of a wet scrubber system to reduce ammonia emission from poultry houses. ASABE Annual International Meeting, June 29 – July 2, 2008, Rhode Island, USA
- Banhazi, T., Cargill, C. 1999.** Survey of pig sheds in Australia. International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities, Horsens, Denmark.
- Banhazi, T., Laffrique, M., Seedorf, J. 2007.** Controlling the concentrations of airborne pollutants in poultry buildings. *ISAH-2007* Tartu, Estonia.
- Beck, B.H., Aneja V.P., Tong, Q. 2004.** Chemical coupling between ammonia, acid gases and fine particles. *Environ. Poll.* 129:89-98.

- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y. 1985.** Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 68(6):1488-1495.
- Bickert, W.G. 2001.** Ventilation and animal health. Agricultural Engineering Newsletter, Michigan State University.
- Bicudo, J., Janni, K., Jacobson, L., Schmidt, D. 2003.** Odor and hydrogen sulfide emission from a dairy manure storage, In Proc. of Fifth International Dairy Housing Symposium, Michigan, USA.
- Bjorneberg D.L., Leytem, A.B., Westermann, D.T., Griffiths P.R., Shao, L., Pollard, M.J. 2009.** Measurement of atmospheric ammonia, methane and nitrous oxide at concentrated dairy production facility in southern Idaho using open path FTIR spectrometry. *Transaction of ASABE* 52 (5): 1749-1756.
- Bristow, A.W., Whitehead, D.C., Cockburn, J.E. 1992.** Nitrogenous constituents in the urine of cattle, sheep and goats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59: 387-394.
- Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., Luepker, R., Mittleman, M., Samet, J., Smith, S. C., Tager, I. 2004.** Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation* 109: 2655-2671.
- Brose, G., Hartung, E., Jungbluth, T. 1998.** Influences on and measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from dairy houses. AgEng 98 Oslo, Norway.
- Burgos, S. A., Embertson N. M., Zhao, Y., Mitloehner, F. M., DePeters, E. J., Fadel, J. G. 2010.** Prediction of ammonia emissions from dairy cattle manure based on milk urea nitrogen: Relation of milk urea nitrogen to ammonia emissions. *J. Dairy Sci.* 93(6): 2377-2386.
- Burnett, R. T., Brook, J., Dunn, T., Delocla, C., Philips, O., Cakmak, S, Vincent R., Goldberg, M. S., Drewski, D. 2000.** Association between particulate and gas phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhalation Toxicology* 12(supp. 4): 15-39.
- Burns, R.T., Armstrong, K.A., Walker, F.R., Richards, C.J., Raman D.R. 2003.** Ammonia emissions from a broiler production facility in the United States. International Symposium on Gaseous and Odor Emissions from Animal Production Facilities, 2-4 June, 2003, Horsens, Denmark.
- Burns, R.T., Li, H., Xin, H., Gates, R.S., Overhults, D.G., Earnest, J., Moody, L. 2008a.** Greenhouse gas (ghg) emissions from broiler houses in the southeastern United States. ASABE Annual International Meeting, June 29 – July 2, 2008, Rhode Island, USA.
- Burns, R.T., Li, H., Moody, L., Xin, H., Gates, R.S., Overhults, D.G., Earnest, J. 2008b.** Quantification of particulate emissions from broiler houses in the southeastern United States. Livestock Environment VIII, 31 August – 4 September, 2008, Iguassu Falls, Brazil.
- Burns, R., Moore, P., Moody, L. 2008c.** Using liquid aluminum sulfate to reduce poultry housing ammonia emissions. National conference on mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations, Iowa State University, May 19-21, 2008, Iowa, USA.
- Burton, C., Turner, C. 2003.** Manure management: treatment strategies for sustainable agriculture, 2nd edition, Bedford, UK, Silsoe Research Institute.

- Bussink, D.W., Oenema, O. 1998.** Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 19-33.
- Butcher, G.D., Miles R.1996.** Heat stress management in broilers. Institute of Food and Agricultural Sciences, Cooperative Extension Service. University of Florida, Florida.
- Cambra-López, M., Hermosilla, T., Lai, H. T. L., Aarnink, A. J. A., Ogink, N. W. M. 2011.** Particulate matter emitted from poultry and pig houses:source identification and quantification. *Transaction of the ASABE*, 54(2): 629-642.
- CARB, 2003.** Consumer information: Air pollution - particulate matter brochure. Sacramento, Cal.: California Air Resources Board. Available at: [www.arb.ca.gov/html/brochure/pm10.htm](http://www.arb.ca.gov/html/brochure/pm10.htm). Accessed 10 September 2006.
- Casey, K.D., Gates, R.S., Wheeler, E.F., Xin, H., Zajackowski, J.S., Topper, P.A., Liang, Y. 2004.** Ammonia emissions from kentucky broiler houses during winter, spring and summer. AWMA's 97th Annual Conference&Exhibition, 22-25 June 2004, IN,USA.
- Chastain, J.P. 1996.** Improving mechanical ventilation in dairy barns. Fascsheet, AEU-3, University of Minnesota, USA,10p.
- Chetner, S., Sasaki, D. 2001.** Agricultural air emission inventory for Alberta and literature review, Intensive Livestock Operations Working Group. Alberta, Canada.
- Chianese, D.S., Rotz, C.A., Richard, T.L. 2009.** Whole farm greenhouse gas emissions: A review with application to a Pennsylvania dairy farm. *Applied Eng. in Agric.* 25(3): 431-442
- Choi,D.Y.,Kang, H.S., Choi, H.C., Yoo,Y.H., Lee, D.S., Han, J.D. 2001.** Establishment the standart environmental guidleines of domestic animal. Annual Reseaerch Report, National Livbestock Research Institue, Korea.
- Choiniere, Y., Munroe, A.J. 1997.** Air quality inside livestock barns, Ministry of Agriculture and Food, AGDEX 400/717, Factsheet, Ontario.
- Cole, N.A., Clark, R.N., Todd, R.W., Richardson, C.R., Gueye, Greene, L.W., McBride, K. 2005.** Inflence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emmissions from beef cattle manure. *J.Anim.Sci.* 83: 722-731.
- Cowell D A., Apsimon H.M. 1998.** Cost-effective strategies for the abatement of ammonia emissions from European agriculture. *Atmospheric Environment*, 32(3), 573–580.
- Schmidt, D., Jacobson, L. 2008.** Siting of livestock and poultry facilities using MNSET. National conference on Mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations, Iowa State University, May 19-21,2008, Iowa,USA.
- Demmers, T. G.M., Burgess, L.R., Short, J.L., Phillips, V.R., Clark, J.A., Wathes, C.M. 1999.** Ammonia emissions from two mechanically ventilated U.K. livestock buildings. *Atmospheric Environ.* 33(2): 217-227.
- Demmers, T.G.M., Kay, R.M., Teer, N. 2003.** Opportunities to reduce ammonia emissions from pig housing in the UK. International Symposium on Gaseous and Odor Emissions from Animal Production Facilities, 2-4 June, 2003, Horsens, Denmark.
- Derwent, R. G. 1999.** Atmospheric chemistry. In air pollution and health: section 1. geographical, atmospheric, and ground determinants of air pollution, 51-62. S. T. Holgate, J. M. Samet, H. S. Koren, R. L. Maynard, eds. San Diego, Cal.: Academic Press.
- Dockery, D. W. 2001.** Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environ. Health Perspectives* 109(4): 483-486.



- Dominici, F., A. McDermott, D. Daniels, et al. 2003.** Mortality among residents of 90 cities: Revised Analysis of Time-Series Studies of Air Pollution and Health, Health Effects Institute. 9-24. Boston, Mass.
- Donham K.J., Scallon L.J., Popendorf W., Treuhaft M.W., Roberts R.C. 1986.** Characterization of dusts collected from swine confinement buildings. *Am Ind Hyg Assoc J*; 47:404-410.
- Donham, K., Cumro, D. 1999.** Synergistic health effects of ammonia and dust exposure. In: International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities. Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark. : 166.
- Donham, K. J. 2000.** The concentration of swine production: effects on swine health, productivity, human health, and the environment. *Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice* 16(3): 55-97.
- Droste, R. 1997.** Theory and practice of water and wastewater treatment. John Wiley Sons, New York, USA.
- Elenbaas-Thomas, A. M., Zhao, L. Y., Hyun, Y., Wang, X., Anderson, B., Riskowski, G. L., Ellis, M., Heber, A. J. 2005.** Effects of room ozonation on air quality and pig performance. *Transaction of ASABE*, 48 (3):1167-1173.
- Elzing, A., Monteny, G.J. 1997.** Modeling and experimental determination of ammonia emission rates from a scale model dairy-cow house. *Transactions of the ASAE* 40: 721-726.
- Esmay, M. L., Dixon J. E., 1986.** Environmental control for agricultural buildings. The AVI Publishing Comp. Inc. Westport, Connecticut.
- Fabrizi, 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.
- Fangmeier, A., Hadwiger-Fangmeier A., Van der Eerden L., Jager, H.J. 1994.** Effects of atmospheric ammonia on vegetation—A review. *Environmental Pollution* 86: 43-82.
- Finlayson-Pitts, B. J., Pitts, J. N. 2000.** Chemistry of the upper and lower atmosphere: Theory, experiments, and application. Academic Press, San Diego, California. p.657-726.
- Fowler, D., Pitcairn C.E.R, Sutton M.A., Flechard C., Loubet B., Coyle M., Munro, R.C. 1998.** The mass budget of atmospheric ammonia in woodland within 1 km of livestock buildings. *Environmental Pollution* 102(S1): 343-348.
- Frank, B., Persson, M., Gustafsson, G. 2002.** Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. *Livestock Prod. Sci.*76(1): 171-179.
- Frank, B., Swensson, C. 2002.** Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows and milk yield, concentration of urea in milk, and ammonia emissions. *J. Dairy Sci.* 85(7): 1829-1838.
- Galloway, J. N., Cowling, E. B. 2002.** Reactive nitrogen and the world: two hundred years of change. *Ambio* 31: 6471.
- Gay, S. W., Wheeler, E. F., Zajackowski, J. L., Topper, P. A., 2005.** Ammonia emissions from U.S. tom turkey grow out and brooder houses under cold weather mechanical ventilation. 2005 ASAE Annual International Meeting, Tampa, Florida.
- Godish, T. 2004.** Air quality. 4. Edition. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Goodrich, L. B., Parnell, C.B., Mukhtar, S., Lacey, R.E., Shaw, B.W. 2002.** Preliminary PM10 Emission Factor for Freestall Dairies. ASAE Annual International Meeting, July 28-July 31, 2002, Chicago, Illinois, USA.

- 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., Wathes, C. M. 1998.** Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe, *J.Agriculture Engineering Research*, 70, P. 79-95.
- Guinand, N. 1999.** Dust concentrations in piggeries: influence of season, age of pigs, type of floor and feed presentation in farrowing, post-weaning and finishing room. International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities, Horsens, Denmark.
- Guiziou, F., Beline, F. 2005.** In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France, *Bioresource Technology* 96, 203-207.
- Guo H., Jacobson, L.D., Schmidt, D. R., Nicolai, R.E., Zhu,J., Janni, K.A. 2005.** Development of the OFFSET model for determination of odor-annoyance-free setback distances from animal production sites: Part II. Model Development and Evaluations. *Transactions of the ASAE*. 48(6): 2269-2276.
- Gustafsson, G. 1999.** Factors affecting the release and concentration of dust in pig house. *Agr.Eng.Res.*, 74(4): 379-390.
- Gustafsson G., von Wachenfelt, E. 2006.** Airborne dust control measures for floor housing system for laying hens. *CIGR Ejournal VIII*.
- Hao, X.C., Chang, C., Larney F.J. 2004.** Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. *J. Environ. Qual.* 33: 37-44.
- Harris, D.B., Shores, R.C., Jones, L.G. 2001.** Ammonia emission factors from swine finishing operations. International Emissions Inventory Conference, NC, USA.
- Harrison, R. M. 1999.** Measurements of concentrations of air pollutants : Air Pollution and Health: Section 1. Geographical, Atmospheric, and Ground Determinants of Air Pollution, Ed: S. T. Holgate, J. M. Samet, H. S. Koren, R. L. Maynard, 63-81. San Diego, Academic Press.
- Hartung J, Phillips V.R. 1994.** Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *Journal Agricultural Engineering Research*, 57, 173–189.
- 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*.
- Hashimoto, A.G., Ludington, D.C.. 1971.** Ammonia desorption from concentrated chicken manure slurries. International Symposium on Livestock Wastes, MI, USA.
- Heber, A.J., Ni, J.Q., Lim, T.T., Diehl, C.A., Sutton, A.L., Duggirala, R.K., Haymore, B.L., Jelly, D.T., Adamchuk, V.I. 2000.** Effect of a manure additive on ammonia emission from finishing buildings. *Transactions of the ASAE* 43: 1895-1902
- Heber, A. J., Ni, J. Q., Lim, T. T., Chervil ,R., Tao, P.C., Jacobson, L.D., Hoff, S.J., Zhang, Y., Koziel, J., Beasley, D. S. 2005.** Air pollutant emissions from two high-rise layer barns in Indiana. Annual Conference and Exhibition of the Air and Waste Management Association, 21-24 June 2005, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Hensen, A., Groot, T. T., Van den Bulk, W. C. M., Vermeulen A. T., Olesen J. E., Schelde K. 2006.** Dairy farm CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions, from one square metre to the full farm scale. *Agric.Ecosyst. Environ.* 112: 146-152.
- Hinz, T. 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

- Hill, J. D., von Bernuth, R. D., Joshi, N. P.** 2002. Monitoring and regulation of ozonation systems in livestock production facilities. ASAE Annual International Meeting, July 28-July 31, 2002, Chicago, Illinois, USA.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Fischer, P., van Wijnen, J.** 2001. The association between airpollution and heart failure, arrhythmia, embolism, thrombosis, and other cardiovascularcauses of death in a time series study. *Epidemiology* 12(3): 355-357.
- Howarth, R.W., Boyer, E.W. , Pabich, W.J. , Galloway, J.N.,** 2002. Nitrogen use in the United States from 1961-2000 and potential future trends. *Ambio* 31(2): 88-96
- 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, 19-23 April, 2004, Prauge, Czech Republic.
- Imrich, A., Ning, Y. Y., Koziel, Coull, H. B., Kobzik, L.** 1999. Lipopolysaccharide priming amplifies lung macrophage tumor necrosis factor production in response to air particles. *Toxicology and Applied Pharmacology* 159(2): 117-124.
- Imrich, A., Ning, Y.Y., Kobzik, L.** 2000. Insoluble components of concentrated air particles mediate alveolar macrophage responses *in vitro*. *Toxicology and Applied Pharmacology* 167(2): 140-150.
- Iversen, M., Dahl, R.** 2000. Working in swine confinement buildings causes an accelerated decline in FEV1: A 7 yr follow up of Danish farmers. *European Respiratory J.* 16:404-408.
- Iversen, M., Kirychuk, S., Drost, H., Jacobson, L.** 2000. Human health effects of dust exposure in animal confinement buildings. *J. Agric. Saf. Health* 6(4): 283-288.
- İpek, İ. , Ertek A.** 1994. Hayvan barınakları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hakkari M.Y.O. Yayınları No: 1, Hakkari.
- Jacobson, L.D., Bicudo, R. J., Schmidt, D. R., Gay, S. W., Gates, R.S., Hoff, S. J.** 2003. Air emissions from animal production buildings. ISAH 2003, Mexico.
- Jacobson, L. D., Hetchler, B. P., Johnson, V. J., Schmidt, D. R., Nicolai, R. E.** 2005. Aerial pollutants emissions from confined animal buildings: Dry sow buildings in Minnesota. Annual Conference and Exhibition of the Air and Waste Management Association, June 21-24,2005, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Janzen H.H., Desjardins, R.L., Asselin, J.M.R., Grace, B.** 1998. The health of our air: toward sustainable agriculture in Canada. Research Branch of Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Canada, 98pp.
- Jarvis S.C., Lovell, R.D., Panayides, R.** 1995. Patterns of methane emissions from excreta of grazing animals. *Soil Biol.Biochem.* 27 (12):1581-1588
- Johnson D.E., Hill, T.M., Ward, G.M.** 1992. Methane emissions from cattle; Global Warming and Management Issues. In: Proc. Minnesota Nutr.Conf., Minnesota Ext.Serv., Univ. Minnesota, USA
- Johnson, K.A., Johnson D.E.** 1995. Methane emission from dairy cattle. *J.Anim.Sci.* 73:2483-2492.
- Jongbloed, A.W., Poulsen, H.D., Dourmad, J.Y., van der Peet-Schwering, C.M.C..** 1999. Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France, and Denmark. *Livestock Production Science* 58: 243-249.
- Jungbluth T., Hartung, E., Brose, G.** 2001. Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 133-145.
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz,E.** 2001. Heat stress in lactating dairy cows. *Livestock Production Science*, 1: 33p.

- Kaharabata, S.K., Schuepp, P.H., Desjardins R.L. 2000.** Estimating methane emissions from dairy cattle housed in a barn and feedlot using an atmospheric tracer. *Environ. Sci. Technol.*, 34 (15), pp 3296–3302.
- Keener, K. M., Bottcher, R. W., Munilla, R. D., Parbst, K. E., VanWicklen, G. L. 1999.** Field evaluation of an indoor ozonation system for odor control. ASAE Paper No. 994151. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Kinsman, R., Sauer F.D., Jackson H.A., Wolynetz, M.S. 1995.** Methane and carbon dioxide emissions from dairy cows in full lactation monitored over a six-month period. *J.Dairy Sci.* 78: 2760-2766.
- Kirchgessner, M., Windisch, W., Muller, H. L., Kreuzer, M. 1991.** Release of methane and of carbon dioxide by dairy cattle. *Agribiol. Res.* 44(2-3): 91-102.
- Kirkhorn, S. R., Schenker, M. B. 2002.** Current health effects of agricultural work: respiratory disease, cancer, reproductive effects, musculoskeletal injuries, and pesticide related illnesses. *J. Agric. Saf. Health* 8(2): 199-214.
- Kithome, M., Paul J. W., Bomke A.A. 1999.** Reducing nitrogen during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. *J. Environ. Qual.* 28:194–201.
- 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
- Koelsch, R.K., Woodbury, B., Stenberg, D., Miller, D.N. and Schulte, D. 2004.** Total reduced sulfur concentrations in the vicinity of beef cattle feedlots. *Applied Engineering in Agriculture*, 20 (1):77-85
- Koerkamp, P.W.G. 1994.** Review on ammonia emission from housing systems for laying hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. *Journal of Agricultural Engineering Research* 59: 73-87.
- Korukçu, A., Arıcı, İ. 1986.** Bursa yöresinde Kültürteknik sorunlarının çözümüne ilişkin yapılan çalışmalar ve sonuçları. II. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Adana.
- Kulling, D. R., Menzi, H., Sutter, F., Lischer, P., Kreuzer, M. 2003.** Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass and Hay based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65(1):13-22.
- Lacey, R.E., Redwine, J.S., Parnell, C.B. 2003.** Particulate matter and ammonia emission factors for tunnel-ventilated broiler production houses in the southern U.S. *Trans. ASAE* 46(4): 1203-1214.
- Lachance I., Godbout S., Lemay S.P., Larouche J.P., Pouliot F. 2005.** Separation of pig manure under slats: to reduce releases in the environment. ASAE Paper No. 054159.
- Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F. E., Dockery, D. 2006.** Reduction in fine particulate airpollution and mortality: Extended follow up of the Harvard six cases study. *American J. Resp. Critical Care Med.* 173(6): 667-672.
- Latenser, B.A. 2000.** Anhydrous ammonia burns: case presentation and literature review. *Journal of Burn Care&Rehabilitation*, 21:70-84.
- Leng, R.A. 1993.** Quantitative ruminant nutrition—a green science. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 363-380.
- Lester, B.R. 2008.** Comparison of occupational and environmental exposures at Colorado dairies. *Ph.D Thesis.* Colorado State University, USA.
- Li, X. Y., Gilmour, P. S., Donaldson, K., MacNee, W. 1997.** In vivo and in vitro proinflammatory effects of particulate air pollution (PM10). *Environ. Health Perspectives* 105(5): 1279-1283.

- Li, H., Burns, R.T., Xin, H., Gates, R.S., Trabue, S., Overhults, D.G., Moody, L., Earnest, J. 2008a.** Hydrogen sulfide and nonmethane hydrocarbon emissions from broiler houses in the southeastern United States. 2008 ASABE Annual International Meeting, June 29 – July 2, 2008, Rhode Island, USA.
- Li, H., Xin, H., Burns, R.T., Roberts S.A., Bregendahl K. 2008b.** Effects of dietary modification on laying hens in high-rise houses: Part I – Emissions of ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide. *Livestock Environment VIII*, 31 August - 4 September, 2008, Iguassu Falls, Brazil.
- Li, H., Xin, H., Liang, Y., Burns, R.T. 2008c.** Reduction of Ammonia Emissions from Stored Laying Hen Manure Through Topical Application of Zeolite, Al+Clear, Ferix-3, or Poultry Litter Treatment. *J. Appl. Poult. Res.* 17:421–431.
- Li, Q., Wang L., Liu Z., Kamens, R.M. 2009.** Could ozonation technology really work for mitigating air emissions from animal feeding operations. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 59:1239–1246.
- Li, S., Li, H., Xin, H., Burns, R. T. 2011.** Particulate matter concentrations and emissions of a high-rise layer house in Iowa. *Transaction of the ASABE*, 54(3): 1093-1011.
- Liang, Z. S., Westerman, P. W., Arogo, J. 2002.** Modeling ammonia emission from swine anaerobic lagoons. *Transactions of the ASAE* 45(3): 787-798.
- 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* 48(5): 1927-1941.
- Lim, T.T., Heber, A.J., Ni, J.-Q., Gallien, J.X., Xin, H., 2003.** Air Quality Measurements at a Laying Hen House: Particulate Matter Concentrations and Emissions. *Air Pollution From Agricultural Operations-III*. 12-15 October, 2003, NC, USA.
- Lim T., Wang C., Ni J., Heber A., Zhao L. 2008.** Effects of aluminum sulfate and aluminum chloride applications to manure on ammonia emission from a high-rise layer barn. National conference on mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations, Iowa State University, May 19-21, 2008, Iowa, USA.
- Lin, X.J., Cortus, E., Zhang R., Jiang S., Heber A.J. 2010a.** The gaseous and particulate matter emissions from highrise layer buildings in California. *International Symposium on Air Quality and Manure Management for Agriculture*, 13-16 September 2010, Texas, USA.
- Lin, X.J., Cortus, E., Zhang R., Jiang S., Heber A.J. 2010b.** The air emissions from broiler buildings in California. *International Symposium on Air Quality and Manure Management for Agriculture*, 13-16 September 2010, Texas, USA.
- Lindley, J.A., Whitaker J.H. 1996.** *Agricultural buildings and structures*. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, USA.
- Loehr, R.C. 1974.** *Agricultural Waste Management: Problems, Processes, and Approaches*. New York, N.Y.: Academic Press.
- Lora, A., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Lora, G., Lelis, G. R., Borsatto C.G. 2008.** Nutritional strategies to reduce nutrient excretion in broilers. *Livestock Environment VIII*, 31 August - 4 September, 2008, Iguassu Falls, Brazil.
- Macke, H., Van den Weghe, H. 1997.** Reduction of ammonia and nitrous oxide emissions in broiler houses by litter ventilation. In: Voermans, J.A.M., Monteny, G.

- (Eds.), Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Proceedings of the International Symposium, 6–10 October, The Netherlands, pp. 305–310
- Maghirang, R. G., Manbeck, H. B. 1993.** Dust, Ammonia, and carbon dioxide emission from a poultry house. ASAE Paper No. 93-4056. ASAE, St Joseph, Michigan.
- Malone, G., VanWicklen G., Collier S., Hansen D. 2006.** Efficacy of Vegetative Environmental Buffers to Capture Emissions from Tunnel Ventilated Poultry Houses. Agricultural Air Quality, 5-8 June, 2006, Washington, USA.
- Manuzon, R.B., Zhao, L.Y., Keener, H.M., Darr, M.J. 2007.** A prototype acid spray scrubber for absorbing ammonia emissions from exhaust fans of animal buildings. *Transactions of the ASABE* 50(4): 1395-1407.
- Marcillac, N.M. 2007.** Characterization and quantification of air emissions from dairies. *Ph.D. Thesis*, Department of Animal Science, Colorado State University, USA.
- McGinn S.M., Janzen, H.H 1998.** Ammonia Sources in Agriculture and Their Measurement. *Canadian Journal of Soil Science*, 78 (1): 139-148.
- McWard, G.W., Taylor, D.R. 2000.** Acidified clay litter amendment. *J. Appl. Poult. Res.* 9: 518–529.
- Melse, R.W., Vanderwerf, A .W. 2005.** Biofiltration for mitigation of methane emission from animal husbandry. *Environ. Sci. Technol.* 39: 5460-5468.
- Melse, R., Ogink, N., Bosma, B. 2008.** Multi-pollutant scrubbers for removal of ammonia, odor and particulate matter from animal house exhaust air. National conference on mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations, Iowa State University, May 19-21, 2008, Iowa, USA.
- Merino, P., Arriaga, H., Salcedo, G., Pinto, M., Calsamiglia, S. 2008.** Dietary modification in dairy cattle: field measurement to assess the effect on ammonia emissions in the Basque Country. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 88-94.
- Miles, D.M., Owens, P.R., Rowe D.E. 2006.** Spatial variability of litter gaseous flux within a commercial broiler house: ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide and methane. *Poultry Science* 85:167-172.
- Misselbrook, T. H., Van Der Weerden, T. J., Pain, B. F., Jarvis, S. C., Chambers, B. J., Smith, K.A., Phillips, V. R., Demmers, T. G. M. 2000.** Ammonia emission factors for UK agriculture. *Atmospheric Environment* 34:871-880.
- Misselbrook T.H., Webb J., Gilhespy S.L. 2006.** Ammonia emissions from outdoor concrete yards used by livestock—quantification and mitigation. *Atmospheric Environment*, 40(35), 6752–6763.
- Mitloehner, F. M., Calvo, M. S. 2006.** Worker health and safety in concentrated animal feeding operations. *Journal of Agricultural Safety and Health* 14(2): 163-187.
- Monn, C., Becker, S. 1999.** Cytotoxicity and induction of proinflammatory cytokines from human monocytes exposed to fine (PM<sub>2.5</sub>) and coarse particles (PM<sub>10-2.5</sub>) in outdoor and indoor air. *Toxicology and Applied Pharmacology* 155(3): 245-252.
- Monteny, G., Bannink, A., Chadwick, D. 2006.** Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112:163–170
- Moore, P. A., Daniel, T. C., Edwards, D. R., Miller, D. M. 1995.** Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter. *Journal of Environmental Quality* 24: 293-300.
- Moore, P. A., Daniel, T. C., Edwards, D. R. 1999.** Reducing phosphorus runoff and improving poultry production with alum. *Poult. Sci.* 78:692–698.

- 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.
- Müller, H.-J., Brunsch, R., Hörnig, G., Jelínek, A. 2003.** Odour and ammonia emissions from poultry houses with different keeping and ventilation systems. International Symposium on Gaseous and Odor Emissions from Animal Production Facilities, 2-4 June, 2003, Horsens, Denmark.
- Ndegwa, P.M., Hristov, A.N., Arogo, J., Sheffield, R.E. 2008.** A review of ammonia emission mitigation techniques for concentrated animal feeding operations. *Biosystems Engineering* 100 : 453-469.
- Neser, S., Depta G., Stegbauer B., Gronauer A., Shon H. 1997.** Mass balance of the compounds nitrogen and carbon, in housing systems for laying hens. International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities, 6–10 October, The Netherlands, pp. 129–137.
- Nicks, B., Desiron, A., Canart, B. 1997.** Deep litter materials and the ammonia emissions in fattening pig houses. International Symposium on Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen, Netherlands
- Nicolai, R.E., Janni, K.A. 1997.** Development of a low cost biofilter on swine production facilities. ASAE Paper 97-4040.
- Nicolai, R. E., Janni, K.A.. 1998a.** Biofiltration - Technology for Odor Reduction from Swine Buildings. Animal Production Systems and the environment, July 19-22. Des Moines, Iowa.
- Nicolai, R. E., Janni, K.A.. 1998b.** Comparison of Biofilter Retention Time. ASAE Annual International Meeting, Paper 984053. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
- Nicolai, R.E., Janni, K.A. 1998c.** Biofiltration–adapation to livestock facilities. In 1998 USC-TRG Conference on Biofiltration. University of Southern California and the Reynolds Group, Tustin, California.
- Nicolai, R., Schmidt, D. 2005.** Biofilters. South Dakota State University, College of Agriculture & Biological Sciences, Cooperative Extension Service, USA.
- Nicolai, R.E., Pohl, S.H., Lefers, R., Dittbenner, A. 2011.** Natural windbreak effect on livestock hydrogen sulfide reduction and adapting an odor model to South Dakota weather conditions. Project Report.
- Nimmermark, S., Gustafsson, G. 2005.** Influence of temperature, humidity and ventilation rate on the release of odour and ammonia in a floor housing system for laying hens. *The CIGR Ejournal*, volume 7.
- Noren, O. 1985.** Design and use of biofilters for livestock buildings : Odour prevention and control of organic sludge and livestock farming, Ed: Nielsen V.C., Voorburg, J.H., L’Hermite P.L., Elsevier Applied Science Publishers. New York, Pp 234-237.
- Oderkirk, A. 2001.** The theory of poultry ventilation. Nova Scotia University, Department of Agriculture and Fisheries, Poultry Factsheet. Truro.
- Oenema, O., Bannink, A., Sommer, S. G., Velthof, L. 2001.** Gaseous nitrogen emissions from livestock farming systems: Nitrogen in the environment: sources, problems, and management, Ed: Follett, R. F., Hatfield, J. L.. Elsevier. 520 pp.
- Ogink N. W. M., Kroodsmma, W. 1996.** Reduction of ammonia emission from a cow cubicle ouse by flushing with water or a formalin solution. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63(3), 197–204

- Ogink, N.W.M., Bosma, B.J.J. 2007.** Multi-phase air scrubbers for the combined abatement of ammonia, odor and particulate matter emissions. International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture. 16-19 September, 2007, Colorado, USA.
- Ogink N., Melse R. W., Mosquera, J. 2008.** Multi-pollutant and one-stage scrubbers for removal of ammonia, odor, and particulate matter from animal house exhaust air. Livestock Environment VIII, 31 August - 4 September, 2008, Iguassu Falls, Brazil.
- Ogunlaja, O. O. 2009.** Measurement of air pollutant emissions from a confined poultry facility. *Master of Science, Civil and Environmental Engineering*, Utah State University, Utah, USA.
- Okuroğlu, M., L. Delibaş 1987.** Hayvan barınaklarında yapı elemanlarının projelendirme ilkeleri. *Teknik Tavukçuluk Dergisi*, Sayı:55, sayfa 3-13, Ankara.
- Olesen, J.E., Sommer, S.G. 1993.** Modeling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. *Atmospheric Environment* 27: 2567-2574.
- Omland, O. 2002.** Exposure and respiratory health in farming in temperate zones: A review of the literature. *Annals Agric. Environ. Med.* 9(2): 119-136.
- Owen, T., D. 2004.** Atmospheric Dispersion of Gases and Odours from Animal Production Systems. *J.Agric.Meteorol.* 60, 3: 163-171.
- Öneş, A., Olgun, M. 1989.** Tarımsal yapılarda planlama ve projelendirme kriterleri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Bülteni, Yıl:21, Sayı:104, Ankara.
- Pain, B.F., van der Weerden, T.J., Chambers, B.J., Phillips, V.R., Jarvis, S.C. 1998.** A new inventory of ammonia emissions from UK agriculture. *Atmospheric Environment* 32: 309-313.
- Pedersen, S., Sallvik, K. 2002.** Climatization of animal houses. CIGR report, Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark. Available at: [www.cigr.org/documents/CIGR\\_4TH\\_WORK\\_GR.pdf](http://www.cigr.org/documents/CIGR_4TH_WORK_GR.pdf). Accessed 23 December 2008.
- Pell A.N. 1997.** Manure and microbes: public and animal health problem. *Journal of Dairy Science* 80 (10): 2673-2681.
- Penner, J. E., Andreae, M., Annegarn, A., Barrie, L., Feichter, J., Hegg, D., Jayaraman, A., Leitch, R., Murphy, D., Nganga, J., Pitari, G. 2001.** Aerosols, their direct and indirect effects. Pp. 289-348 in *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, C. A. Johnson (eds.). Cambridge, U. K.: Cambridge University Press. 881 pp.
- Pinares Patino, C. S., D'Hour, P., Jouany, J. P., C. Martin. 2007.** Effects of stocking rate on methane and carbon dioxide emissions from grazing cattle. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121:30-46.
- Pinder, R.W., Strader, R., Davisson, C.I., Adams, P.J. 2004.** A temporally and spatially resolved ammonia emission inventory for dairy cows in USA. *Atmos. Environ.* 38:3747-3756.
- Pope, M. J., Cherry T.E. 2000.** An evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment-treated litter. *Poult. Sci.* 79:1351-1355.
- Popendorf W., Donham, K.J., Easton, D.N., Silk J. 1985.** A synopsis of agricultural respiratory hazards. *American Industrial Hygiene Association Journal* 46: 154-161.



- Powell, J. M., Broderick, G. A., Misselbrook, T. H. 2008.** Seasonal diet affects ammonia emissions from tie-stall dairy barns. *J. Dairy Sci.* 91(2): 857-869.
- Predicala, B. 2003.** Characterization and modelling of concentrations and emissions of particulate matter in swine buildings. *Ph.D. Thesis*, College of Engineering, Kansas State University, USA.
- Preller, L. 1995.** Respiratory health effects in pig farmers: assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors. *Ph.D Thesis*, Wageningen University.
- Purdy C. W., Clark, R.N., Straus D.C., 2009.** Ambient and indoor particulate aerosols generated by dairies in the southern high plains. *J.Dairy Sci.* 92:6033-6045.
- Qi, R., Manbeck, H.B., Maghirang, R.G. 1992.** Dust Generation Rate in a Poultry Layer House. *Transactions of the ASAE Vol 35(5):* 1639-1645.
- 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.
- Redwine, J.S., Lacey, R.E., Mukhtar, S., Carey, J.B. 2002.** Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel ventilated broiler houses under summer conditions in Texas. *Transactions of The ASAE* 45 (4): 1101-1109.
- Reynolds, S., Donham, K., Whitten, P., Merchant, J., Burmeister, L., Pependorf, W. 1996.** Longitudinal evaluation of dose response relationship for environmental exposures and pulmonary function in swine production workers. *American J. Ind. Med.* 29(1): 33-40.
- Ritz C. W., Harper L.A., Fairchild, B.D., Czarick, M., Pavlicek, J. 2006.** Evaluation of ferric sulfate as a ammonia control product in commercial broiler production.
- Sainsbury, D.W.B. 1981.** Health problems in intensive animal production. In "Environmental Aspects of Housing For Animal Production", (Ed. J.A. Clark). Butterworths, London.
- Samet, J. M., Dominici, F., Curriero, F. C., Coursac, I., Zeger, S. L. 2000.** Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *The New England J. Med.* 343(24):
- Schiffman, S. S., Auvermann, B. W., Bottcher, R. W. 2002.** Health effects of aerial emissions from animal production waste management systems. National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers, North Carolina State University, Raleigh, NC (available on CD-ROM from MidWest Plan Service). 45p.
- Schiffman, S. S., Auvermann, B. W., Bottcher, R. W. 2006.** Health effects of aerial emissions from animal production waste management systems: Animal Agriculture and the Environment, Ed.: Rice, J.M., Caldwell, D.F., Humenik, F.J., ASABE, Michigan, USA., pp: 435-468.
- Schmidt, D., Jacobson, L. 2008.** Siting of livestock and poultry facilities using MNSET. Mitigating Air Emissions From Animal Feeding Operations Conference, Iowa State University College of Agriculture and Life Sciences.
- Schnoor, J. L., Thorne, P. S., 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.htm>.
- Seedorf, J., J.Hartung, M.Schröder,.....1998.** A survey of ventilation rates in livestock building in northern europe. *J.Agriculture Engineering Research*, 70, P. 39-47.

- Shah, S. B., Basden T. J., Bhumbra, D. K. 2003.** Bench-scale biofilter for removing ammonia from poultry house exhaust. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 38:1, 89-101.
- Siefert, R. L., J. R. Scudlark, A. G. Potter, K. A. Simonsen, K.B. Savidge. 2004.** Characterization of atmospheric ammonia emission from a commercial chicken house on the Delmarva Peninsula. *Environ. Sci. Tech.* 38(10): 2769:2778.
- Siefert, R. L., Scudlark, J. R. 2006.** A comparison of ammonia emission rates between a tunnel and sidewall ventilated broiler house, p. 1136-1137. Workshop on Agricultural Air Quality: State of the Science, 5-8 June 2006, Potomac, Maryland, USA.
- Singer, P.C. 1990.** Assessing ozonation research needs in water treatment, *Journal of American Water Work Association*, **82**, 78-88.
- Sneath, R. W., Beline, F., Hilhorst, M. A., Peu, P. 2006.** Monitoring GHG from manure stores on organic and conventional dairy farms. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112:122-128.
- 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.
- Snoeyink, V.L., Jenkins, D. 1980.** Water chemistry. John Wiley and Sons, NY.
- Sommer, S.G., Olesen, J.E., Christensen, B.T. 1991.** Effects of temperature, wind speed and airhumidity n ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *Journal of Agricultural Science* 117: 91-100.
- Sommer, S.G., Hutchings N. 1997.** Components of ammonia volatilization from cattle and sheep production: Gaseous Nitrogen Emissions from Grasslands, Ed: S.C. Jarvis and B.F. Pain, 79-93. New York: CAB International.
- Sommer, S. G., Dahl, P. 1999.** Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. *J. Agric. Eng. Res.* 74:145-153.
- Soukup, J. M., Becker, S. 2001.** Human alveolar macrophage responses to air pollution particulates are associated with insoluble components of coarse material, including particulate endotoxin. *Toxicology and Applied Pharmacology* 171(1): 20-26.
- Sparks, J. A., Ogejo, J. A., Cyriac, J., Hanigan, M. D., Knowlton, K. F., Gay, S. W., Marr, L. C. 2011.** The effects of dietary protein content and manure handling technique on ammonia emissions during short-term storage of dairy cow manure. *Transactions of the ASABE*, 54(2): 675-683.
- Steevens, B., Ricketts, R. 1993.** Feeding and housing dairy goats. Agricultural publication G3990. University of Missouri.
- Stowell, R. R., Niemeir, K.R., Schulte, D.D. 2008a.** Validating the Odor Footprint Tool Using Field Data. 2008 Nebraska Swine Report, EC 219, p. 39-41 Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska -Lincoln.
- Stowell, R., Henry, C., Powers, C., Schult, D. 2008b.** Siting animal production facilities and evaluating odor control options using the odor footprint tool. National conference on mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations, Iowa State University, May 19-21, 2008, Iowa, USA.
- Sweeten, J. M. 1991.** Odor and dust from livestock feedlots. Publication 2M-6-91. Texas Agricultural Extension Service, College Station, TX.
- Sweeten J.M., Parnell, C. B. Jr., Shaw, B.W., Auvermann, B.W. 1998.** Particle size distribution of cattle feedlot dust emission. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41 (5): 1477-1481.
- Takai, H., Pedersen, S., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Koerkamp, P.W.G.G, Phillips, V.R., Holden, M. R., Sneath, R.W., Short, J. L. 1998.** Concentrations and

- emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70 (1):59-77.
- Tamminga, S. 1992.** Gaseous pollutants produced by farm animal enterprises: Farm Animals and the Environment, Ed: C. Philips and D. Piggins, ch. 20, 345-357. Tucson, AZ: CAB International.
- Tate, C.H. 1991.** Survey of Ozone Installations in North America. *JAWMA*, 83:5-40.
- Todd, R. W., Cole, N. A., Clark, R. N.. 2006.** Reducing crude protein in beef cattle diet reduces ammonia emissions from artificial feedyard surfaces. *J. Environ. Qual.* 35(2): 404-411.
- Türkoğlu, M. Arda, R. Yetişir, M. Sarıca, C. Ersayın 1997.** Tavukçuluk Bilimi, Yetiştirme ve Hastalıkları, Bölüm 6. Otak From Ofset. Samsun 1997.
- Tymczyzna, L., Chmielowiec-Korzeniowska, A., Saba, L. 2004.** Biological treatment of laying house air with open biofilter use. *Polish Journal of Environmental Studies* 13:4, 425-428.
- Ullman, J. L., Mukhtar, S., Lacey, R. E., Carey, J. B. 2004.** A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. remedial management practices. *J. Appl. Poult. Res.* 13:521–531.
- Van Aardenne, J. A., Dentener, F. J., Klijn Goldewijk, C. G. M., Lelieveld, J., 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.
- Van der Hoek, K.W. 1998.** Estimating ammonia emission factors in Europe: Summary of the work of the UNECE ammonia expert panel. *Atmospheric Environment* 32: 315-316.
- Van der Stelt, B., van Vliet, P. C. J., Reijs, J. W, Temminghoff, E. J. M., van Riemsdijk, W. H. 2008.** Effects of dietary protein and energy levels on cow manure excretion and ammonia volatilization. *J. Dairy Sci.* 91(12): 4811-4821.
- Van Aardenne, J. A., Dentener, F. J., Goldewijk, C. G. M. K., Leheveld, J., J. G. J. Olivier. 2001.** A 1° resolution dataset of historical anthropogenic trace gas emissions for the period 1890-1990. *Global Biogeochemical Cycles* 15: 909.
- Vest, L. 1991.** Key Factors for poultry house ventilation. The Univ. of Georgia College of Agricultural and Environmental Science Cooperative Extension Service.
- Wang, L., Oviedo-Rondón, E. O., Parnell, C.B., Beasley, D.B., Small, J. 2008.** Effect of ozone application on particulate matter concentrations in broiler houses. ASABE Annual International Meeting, June 29 – July 2, 2008, Rhode Island, USA.
- Wathes, C. M., Holden, M. R., Sneath, R.W., White, R.P., Phillips V.R. 1997.** Concentrations and emission rates of aerial ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide, dust and endotoxin in UK broiler and layer houses. *British Poultry Science* 38: 14-28.
- Weiske, A., Vabitsch, A., Olesen, J.E., Schelde, K., Michel, J., Friedrich, R., Kaltschmitt, M., 2005.** Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 221-232.
- Wheeler, E.F., Casey, K.D., Zajackowski, J.S., Topper, P.A., Gates, R.S., Xin, H., Liang, Y., Tanaka, A. 2003.** Ammonia emissions from U.S. poultry houses: Part III – broiler houses. 3rd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, 12-15 October 2003, North Carolina, USA.

- Wheeler, E. F., Casey, K. D., Gates, R. S., Xin, H., Zajaczkowski, J. S., Topper, P. A., Liang, Y., Pescatore, A. J.. 2006.** Ammonia emissions from twelve U.S. broiler chicken houses. *Transactions of the ASAE* 49: 1495-1512.
- Wheeler, E. F., Adviento-Borbe, M.A., Topper, P.A., Brown, N.E., Varga, G. 2008.** Ammonia and greenhouse gas emissions from dairy freestall barn manure. 2008 ASABE Annual International Meeting, June 29-July 2, 2008, Providence, Rhode Island, USA
- Wood, S.L., Schmidt, D., Janni, K.A., Jacobson, L., Clanton, C.J., Weisberg, S. 2001.** Odor and air emissions from animal production systems. 2001 ASAE Annual International Meeting, July 30-August 1, 2001, Sacramento, California, USA. [www.cdc.gov/niosh/face/stateface/ia/03ia058.html](http://www.cdc.gov/niosh/face/stateface/ia/03ia058.html).
- Worley, J. W. 2011.** Emissions from animal production systems.
- Xin, H., Liang, Y., Tanaka, A., Gates, R.S., Wheeler, E.F., Casey, K.D., Heber, A.J., Ni, J.Q., Li, H. 2003.** Ammonia emissions from U.S. poultry houses: Part I. Measurement system and techniques. 3rd International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, 12-15 October 2003, North Carolina, USA.
- Xue S.K., Chen, S., Hermanson, R.E. 1998.** Measuring ammonia and hydrogen sulphide emitted from manure storage facilities. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 41(4): 1125-1130.
- Yamulki, S. 2006.** Effect of straw addition on nitrous oxide and methane emissions from stored farmyard manures. *Ag.Eco.Enviro.* 112:140-145.
- Yoder, M.F., Van Wicklen, G.L. 1988.** Respirable aerosol generation by broiler chickens. *Transactions of the ASAE*, 31(5).
- Zeisig, H.D., Munchen, T.U. 1987.** Experiences with the use of biofilters to remove odours from piggeries and hen houses : Volatile emissions from livestock farming and sewage operations, Ed: Nielsen V.C., Voorburg J.H., L'Hermitte P.L., Elsevier Applied Science Publishers, New York, Pp 209-216.
- Zhang, R.H., Day, D.L., Christianson, L.L., Jepson, W.P. 1994.** A computer model for predicting ammonia release from swine manure pits. *Journal of Agricultural Engineering Research* 58: 223-229.
- Zhang, Y. 1997.** Sprinkling oil to reduce dust, gases and odor in swine buildings. Midwest Plan Service.
- Zhang, Y. 1999.** Engineering control of dust in animal facilities. International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities, 30May-2June, 1999, Aarhus, Denmark. Pp 22-29.
- Zhang, Z., Zhu, J. 2005.** Effectiveness in short-term aeration in treating swine finishing manure to reduce odour generation potential. *Ag.Eco.Enviro.* 105:115-125.
- 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.
- Zhang, G., Bjergb, B., Strøma, J.S., Morsinga, S., Kaia, P., Tongc, G., Ravna, P. 2008.** Emission effects of three different ventilation control strategies—A scale model study. *Biosystems Engineerring* 100 : 96-104.
- 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.

**Zhao, Y., Aarnink, A.J.A., de Jong, M.C.M., Ogink, N.W.M., Groot Koerkamp, P.W.G. 2011.** Effectiveness of multi-stage scrubbers in reducing emissions of air pollutants from pig houses. *Transactions of the ASABE*, 54(1): 285-293.

**Zhu, J., Jacobson, L., Schmidt, D., Nicolai, R. 2000.** Daily variations in odor and gas emissions from animal facilities. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(2):153-158.

## **EKLER**

**Ek-1 Broyler1 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-2 Broyler2 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-3 Broyler3 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-4 Yumtav1 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-5 Yumtav2 işletmesine ilişkin çizimler**

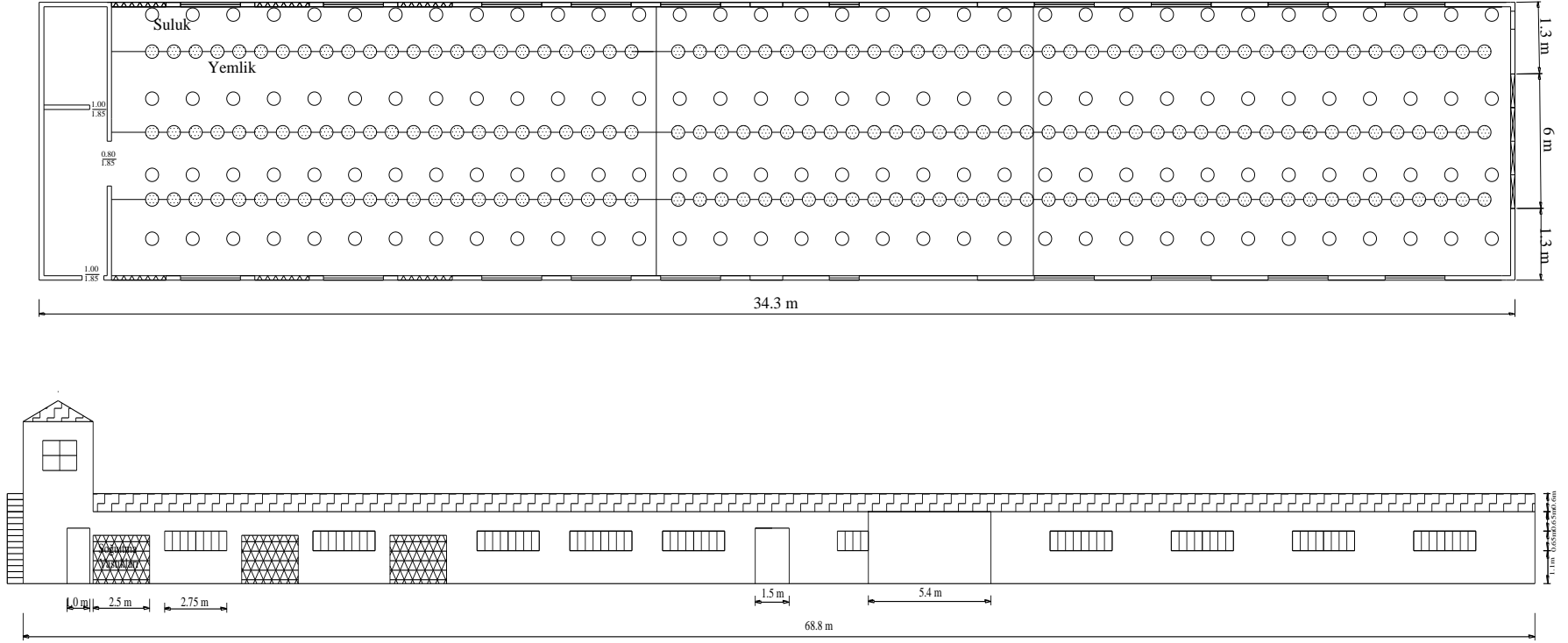
**Ek-6 Yumtav3 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-7 SütSığır1 işletmesine ilişkin çizimler**

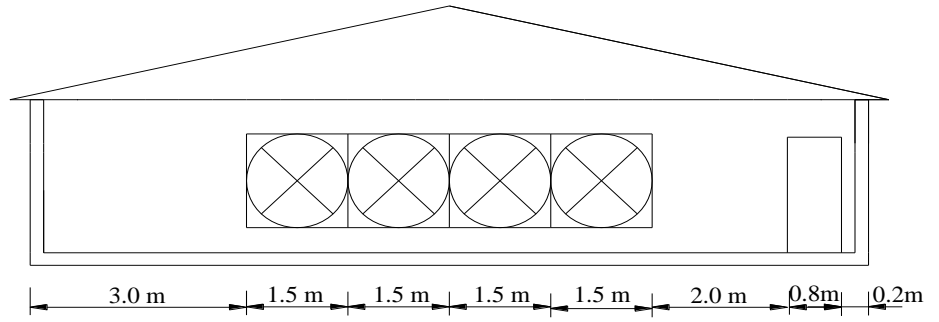
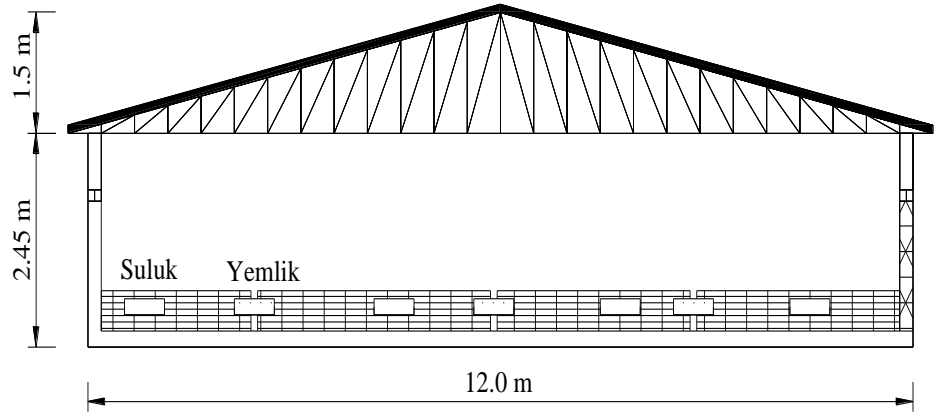
**Ek-8 SütSığır2 işletmesine ilişkin çizimler**

**Ek-9 SütSığır3 işletmesine ilişkin çizimler**

## Ek-1 Broyler1 işletmesine ilişkin çizimler



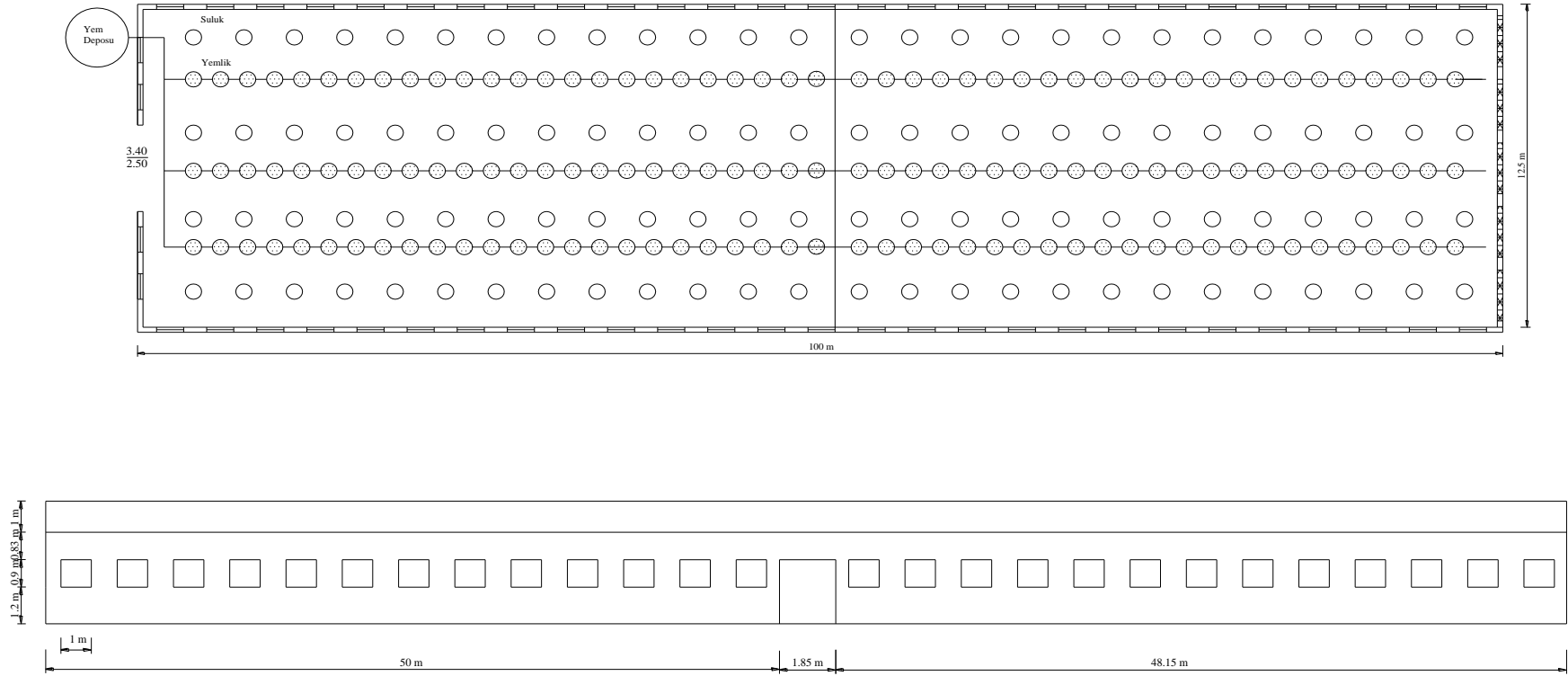
Ek 1a. Broyler1 işletmesinin taban planı ve yan görünüşü



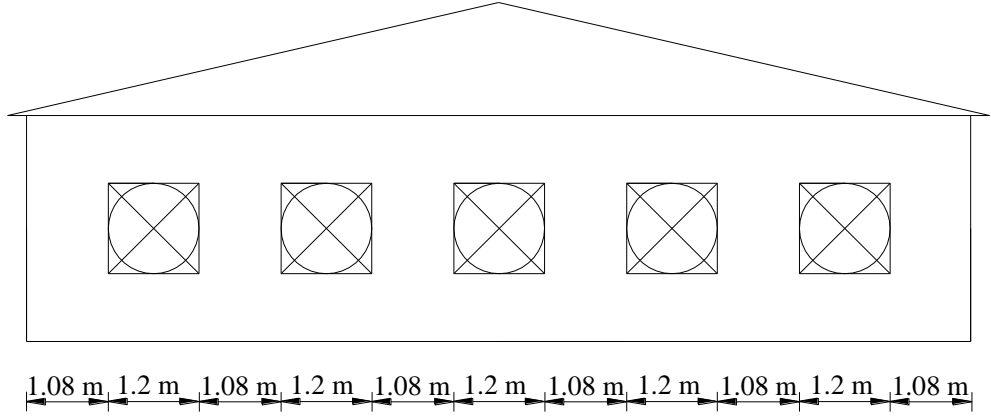
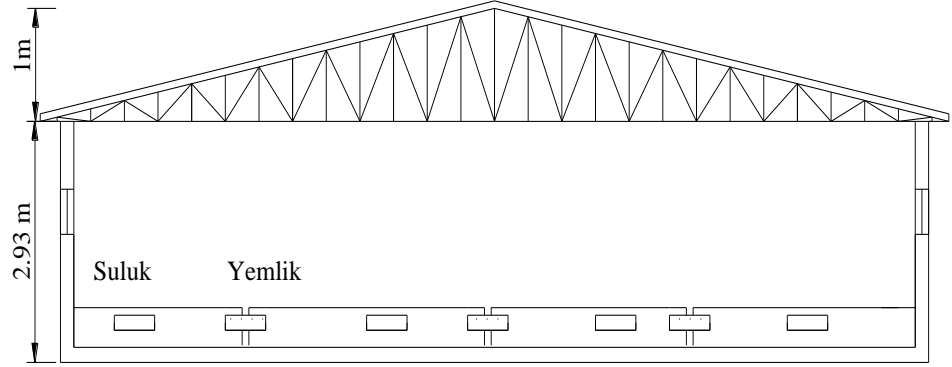
**Ek 1b.** Broyler1 işletmesinin en kesiti ve ön görünüşü



## Ek-2 Broyler2 işletmesine ilişkin çizimler

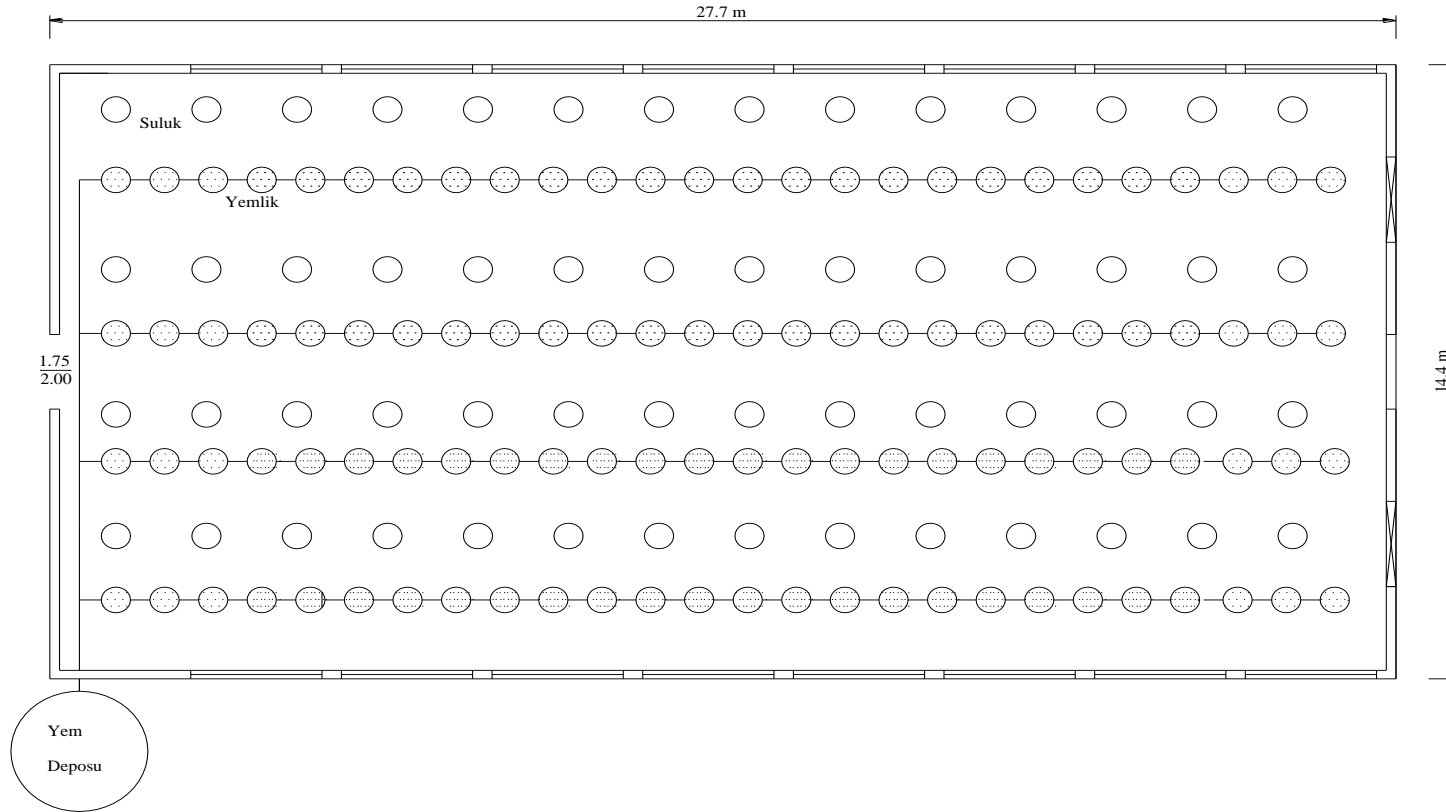


Ek 2a. Broyler2 işletmesinin taban planı ve yan görünüşü

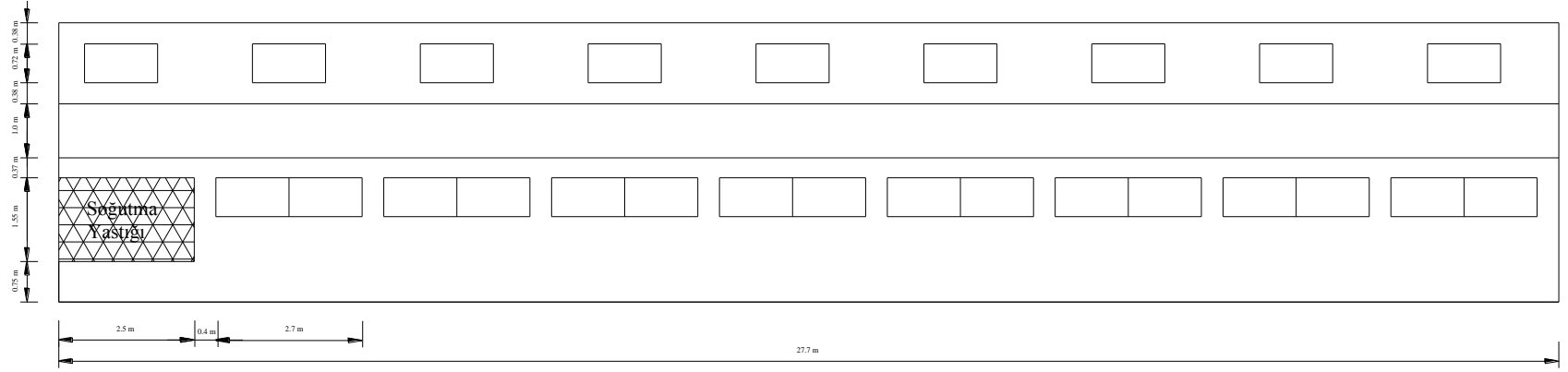


**Ek 2b.** Broyler2 işletmesinin en kesiti ve ön görünüşü

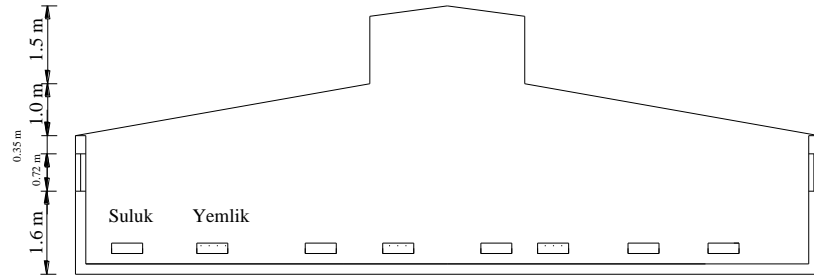
### Ek-3 Broyler3 işletmesine ilişkin çizimler



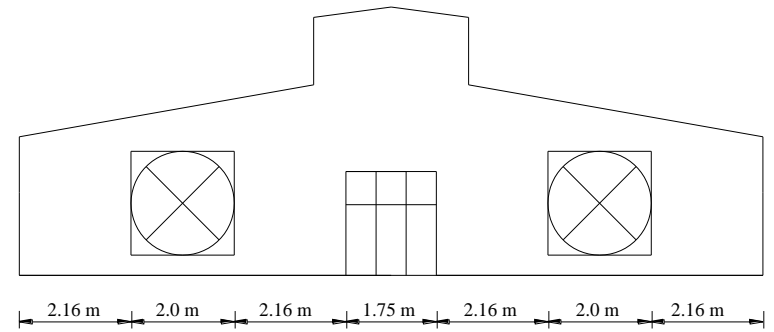
Ek 3a. Broyler3 işletmesinin taban planı



**Ek 3b.** Broyler3 işletmesinin yan görünüşü

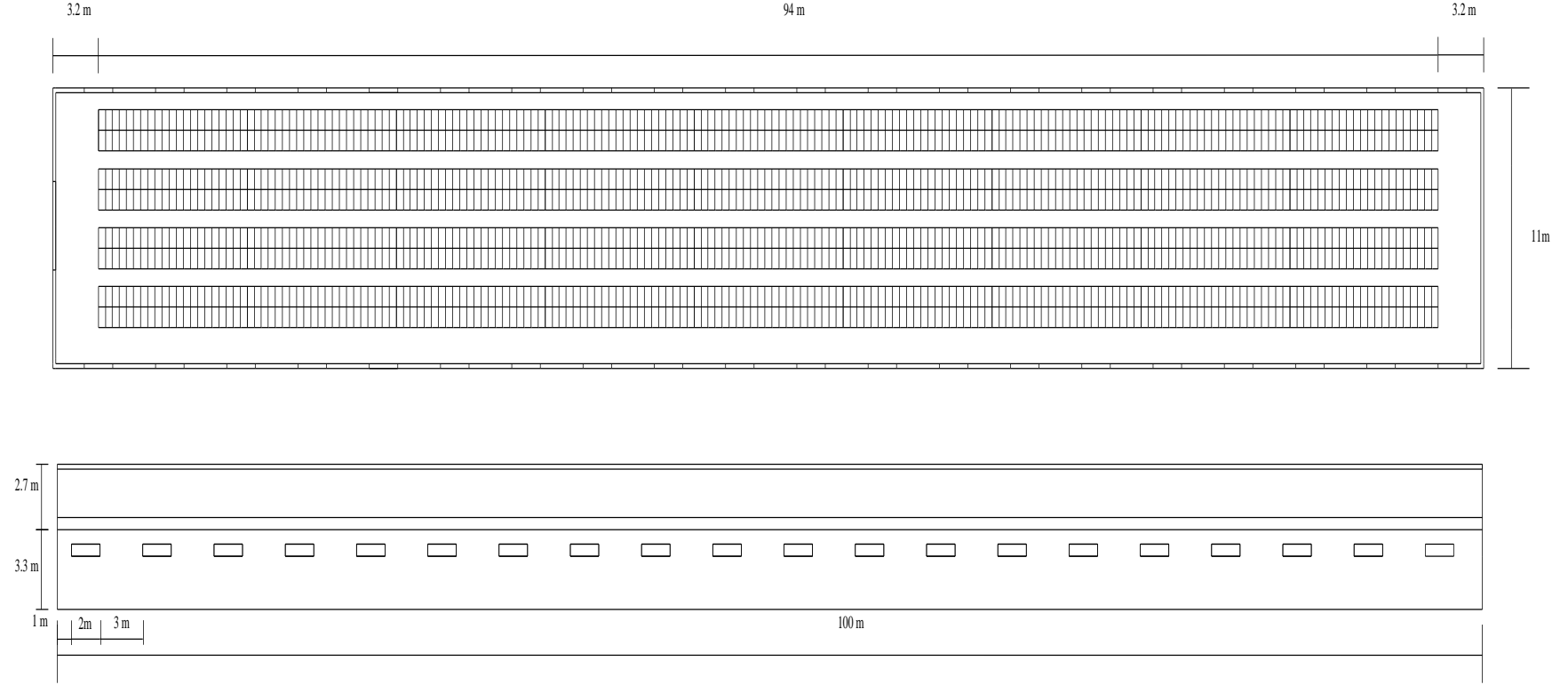


**Ek 3c.** Broyler3 işletmesinin en kesiti

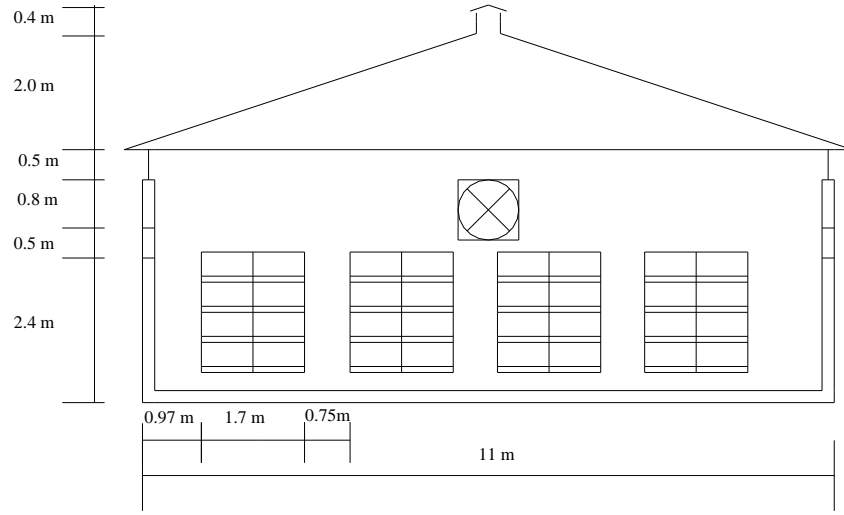
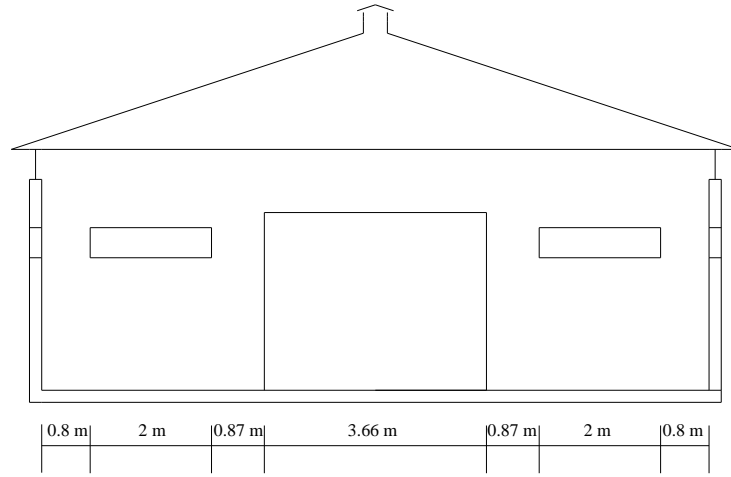


**Ek 3d.** Broyler3 işletmesinin ön görünüşü

### Ek-4 Yumtav1 işletmesine ilişkin çizimler

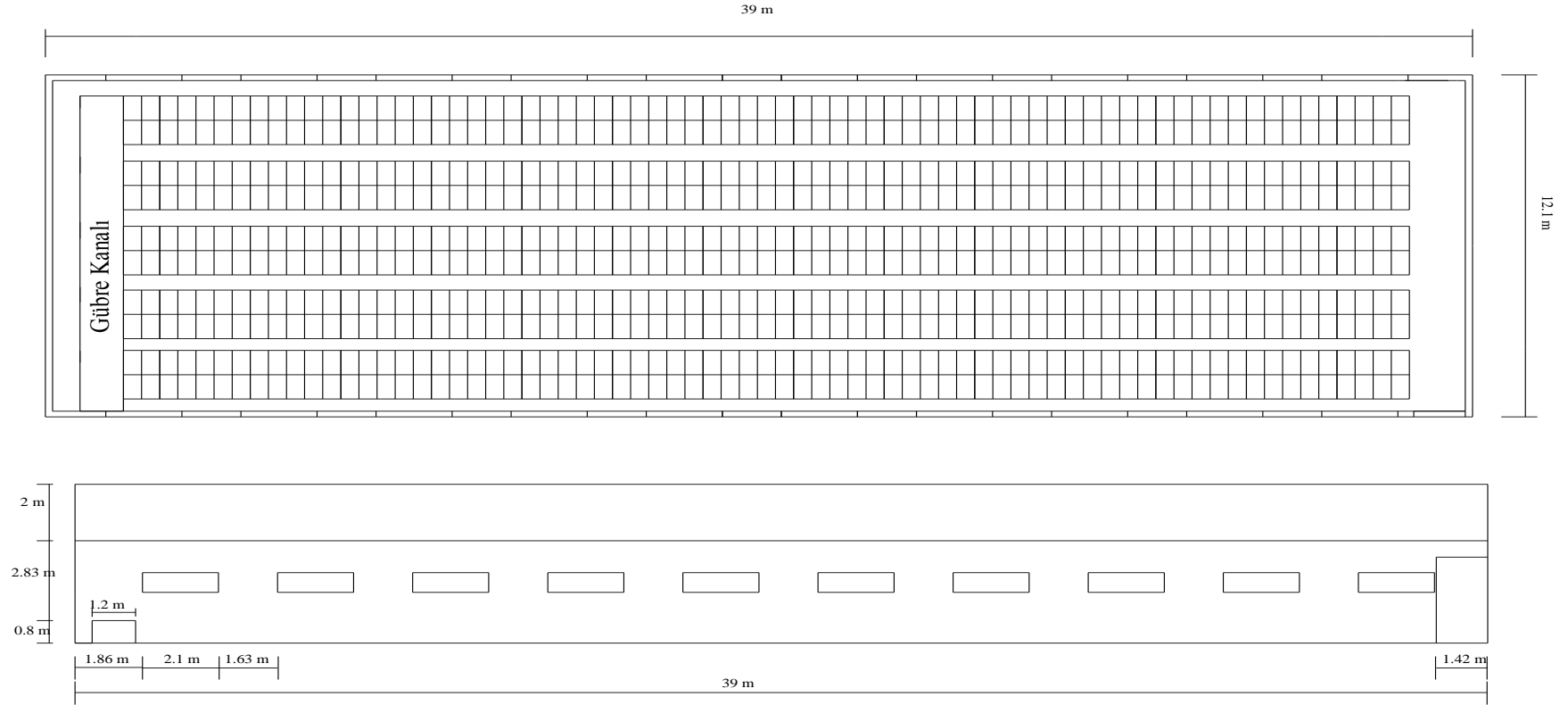


**Ek 4a.** Yumtav1 işletmesinin taban planı ve yan görünüşü

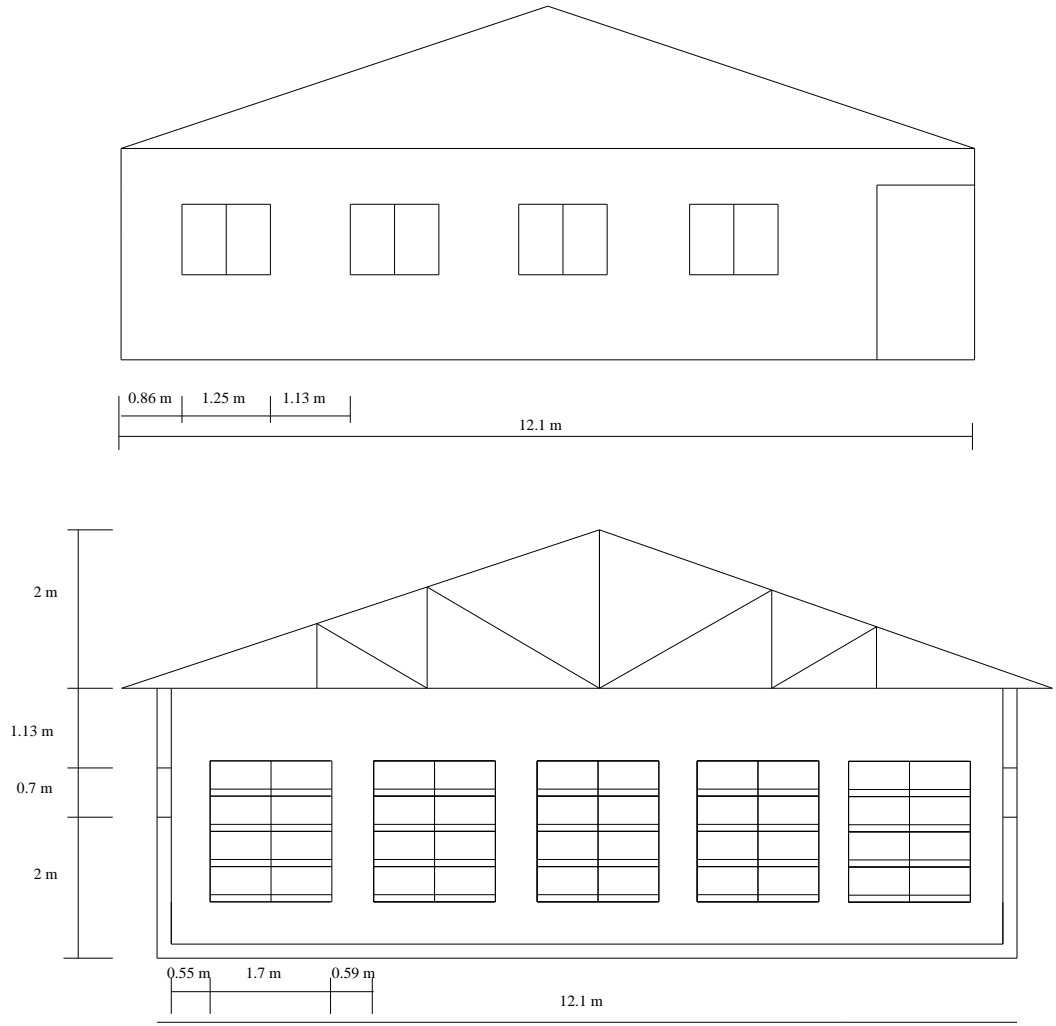


**Ek 4b.** Yumtav1 işletmesinin ön görünüşü ve en kesiti

## Ek-5 Yumtav2 işletmesine ilişkin çizimler



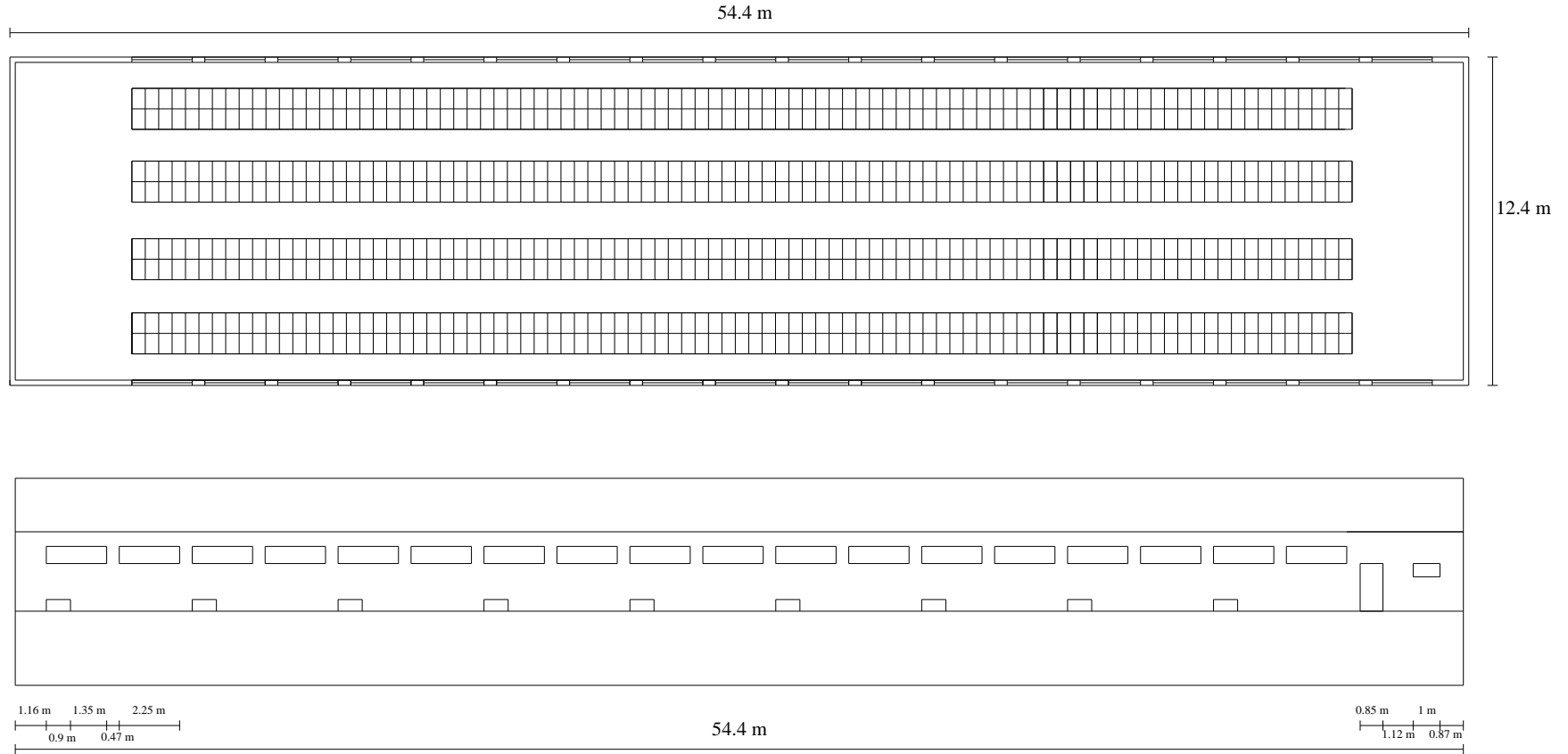
**Ek 5a.** Yumtav2 işletmesinin taban planı ve yan görünüşü



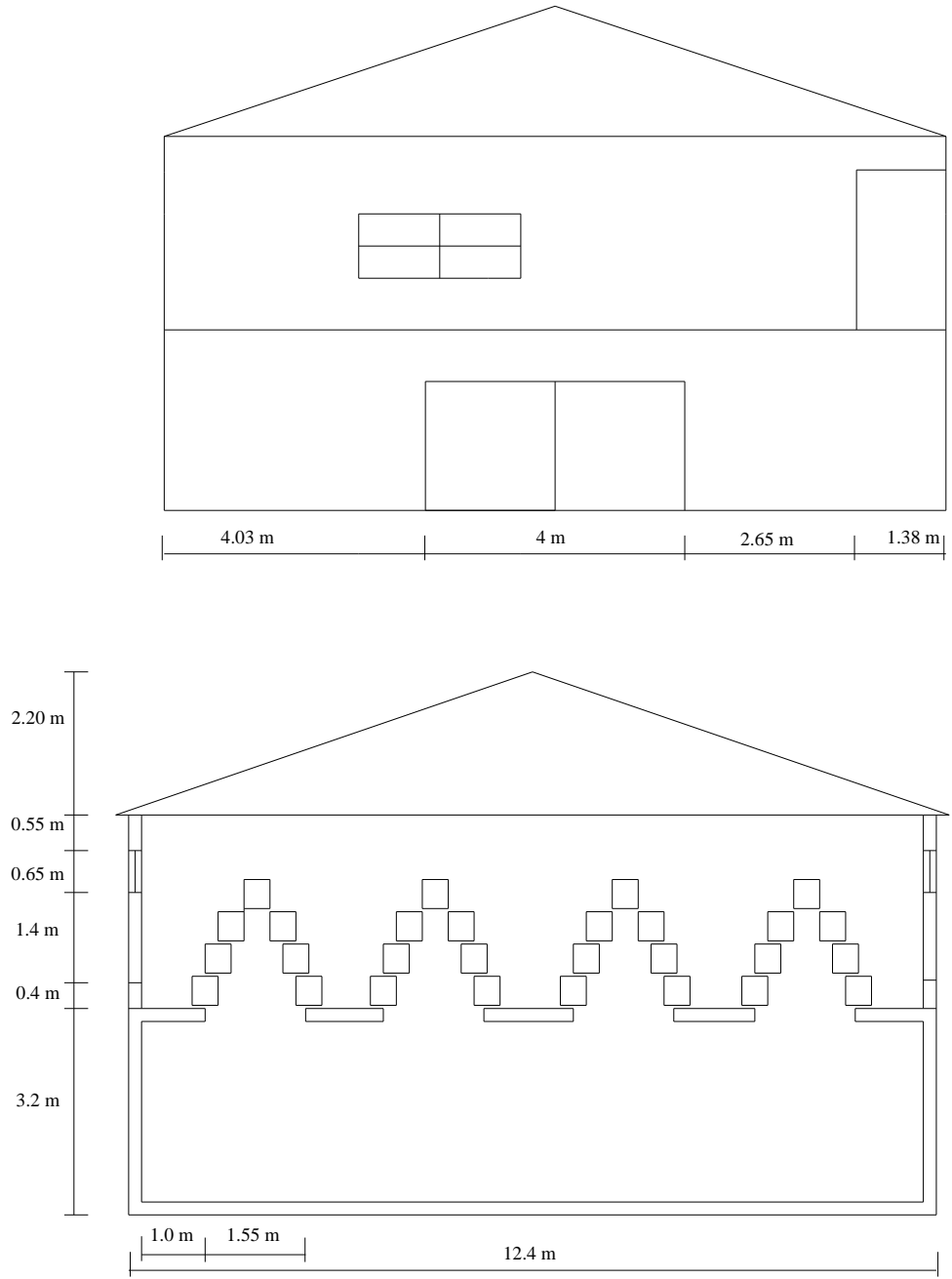
**Ek 5b.** Yumtav2 işletmesinin ön görünüşü ve en kesiti



## Ek-6 Yumtav3 işletmesine ilişkin çizimler

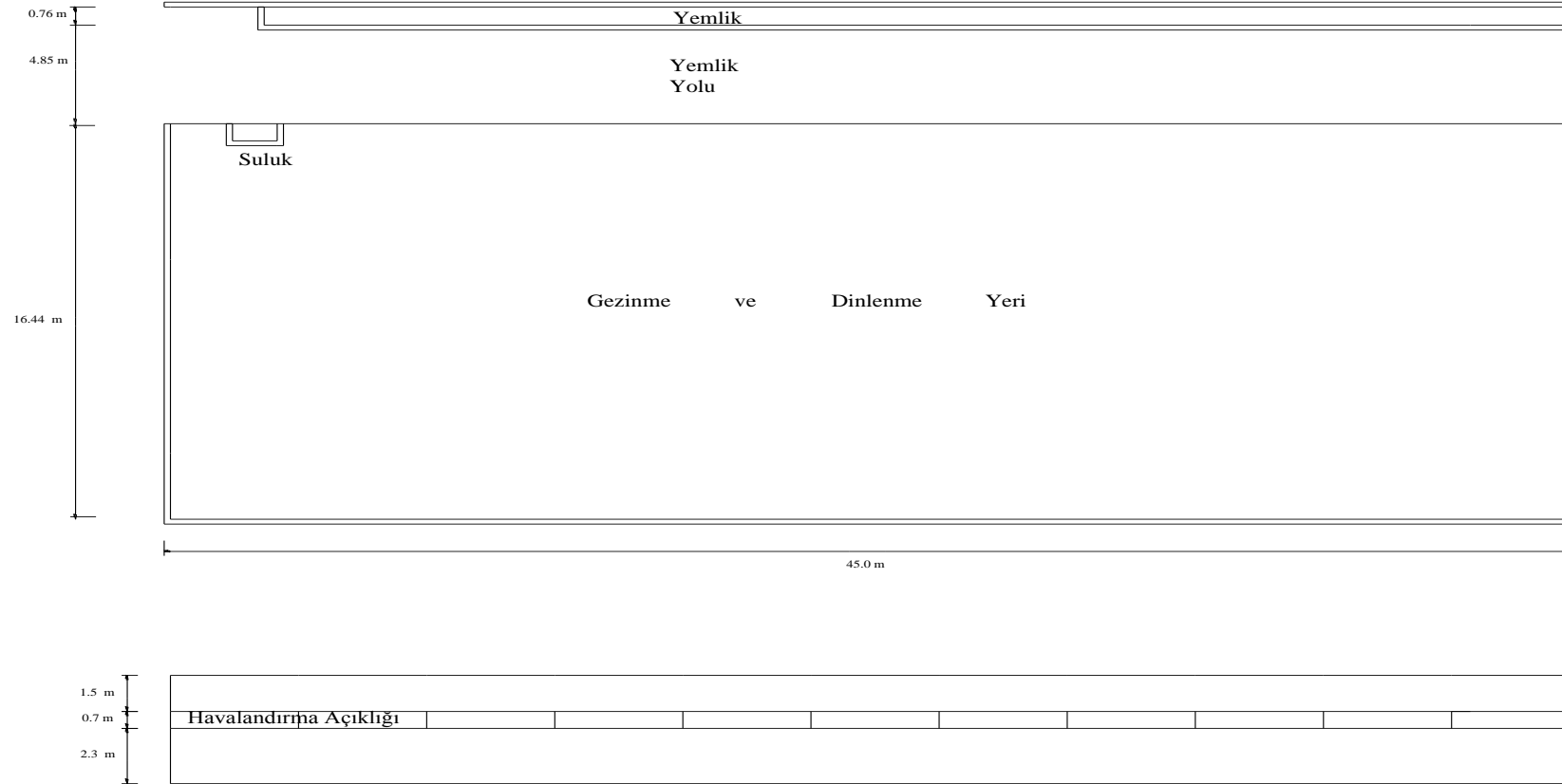


**Ek 6a.** Yumtav3 işletmesinin taban planı ve yan görünüşü

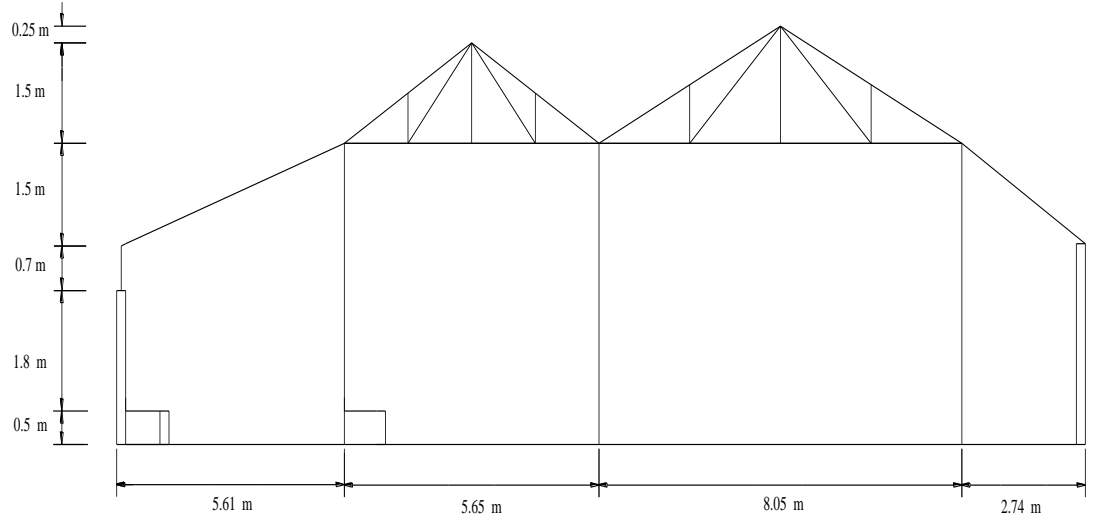


**Ek 6b.** Yumtav3 işletmesinin ön görünüşü ve en kesiti

## Ek-7 SütSığır1 işletmesine ilişkin çizimler

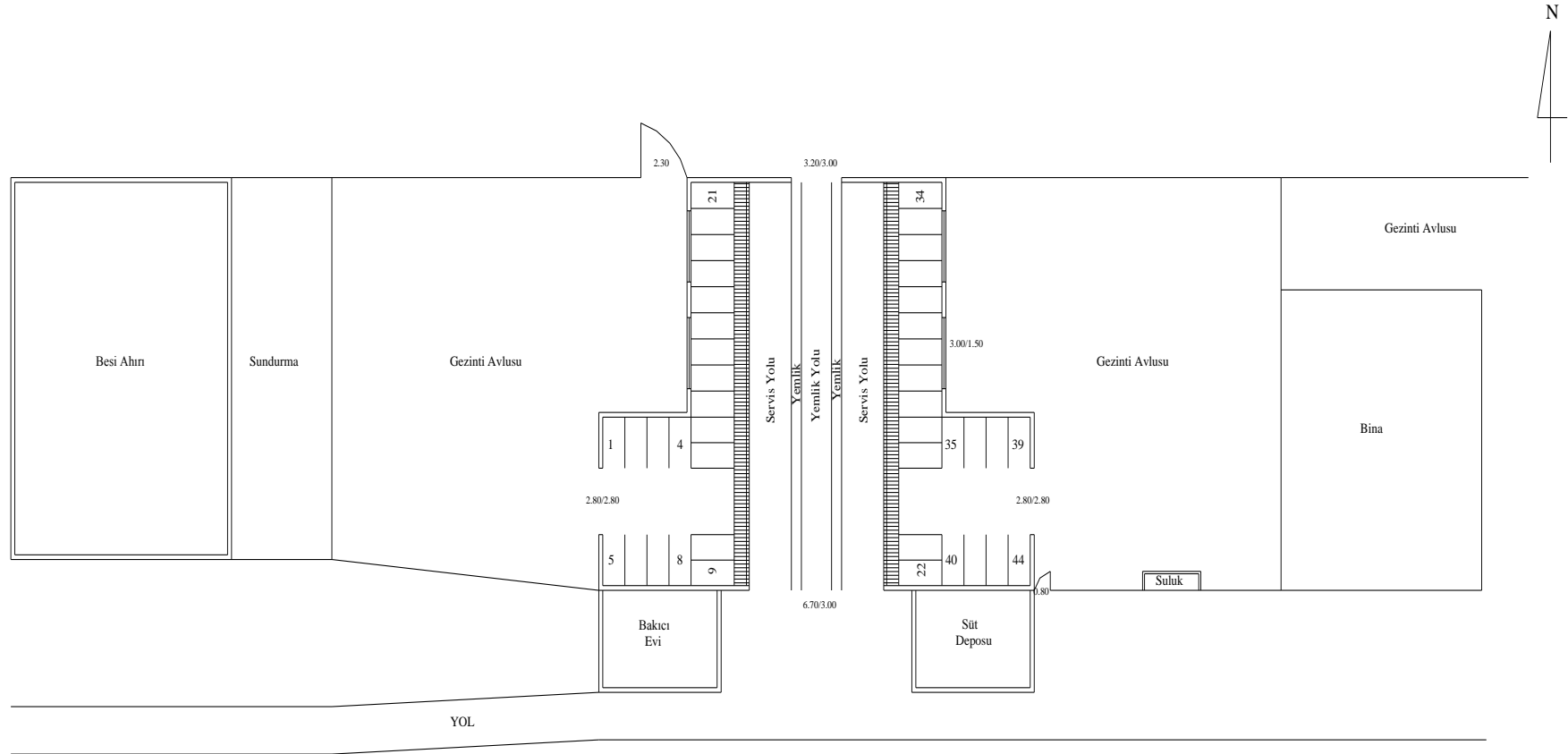


**Ek 7a.** SütSığır1 işletmesinin taban planı ve sol yan görünüşü

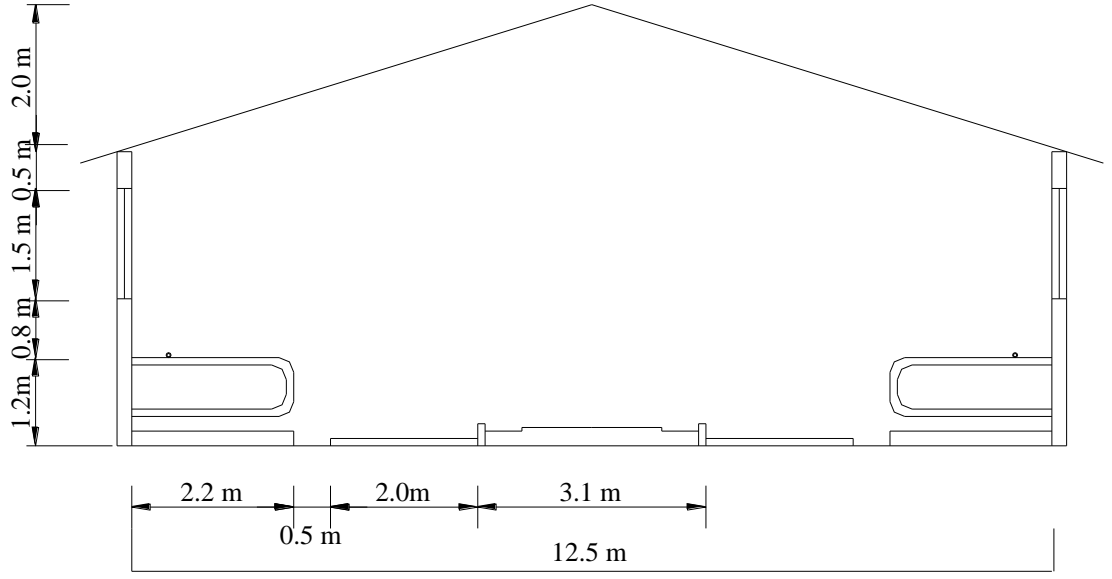


**Ek 7b.** SütSığır1 işletmesinin en kesiti

## Ek-8 SütSığırısı işletmesine ilişkin çizimler

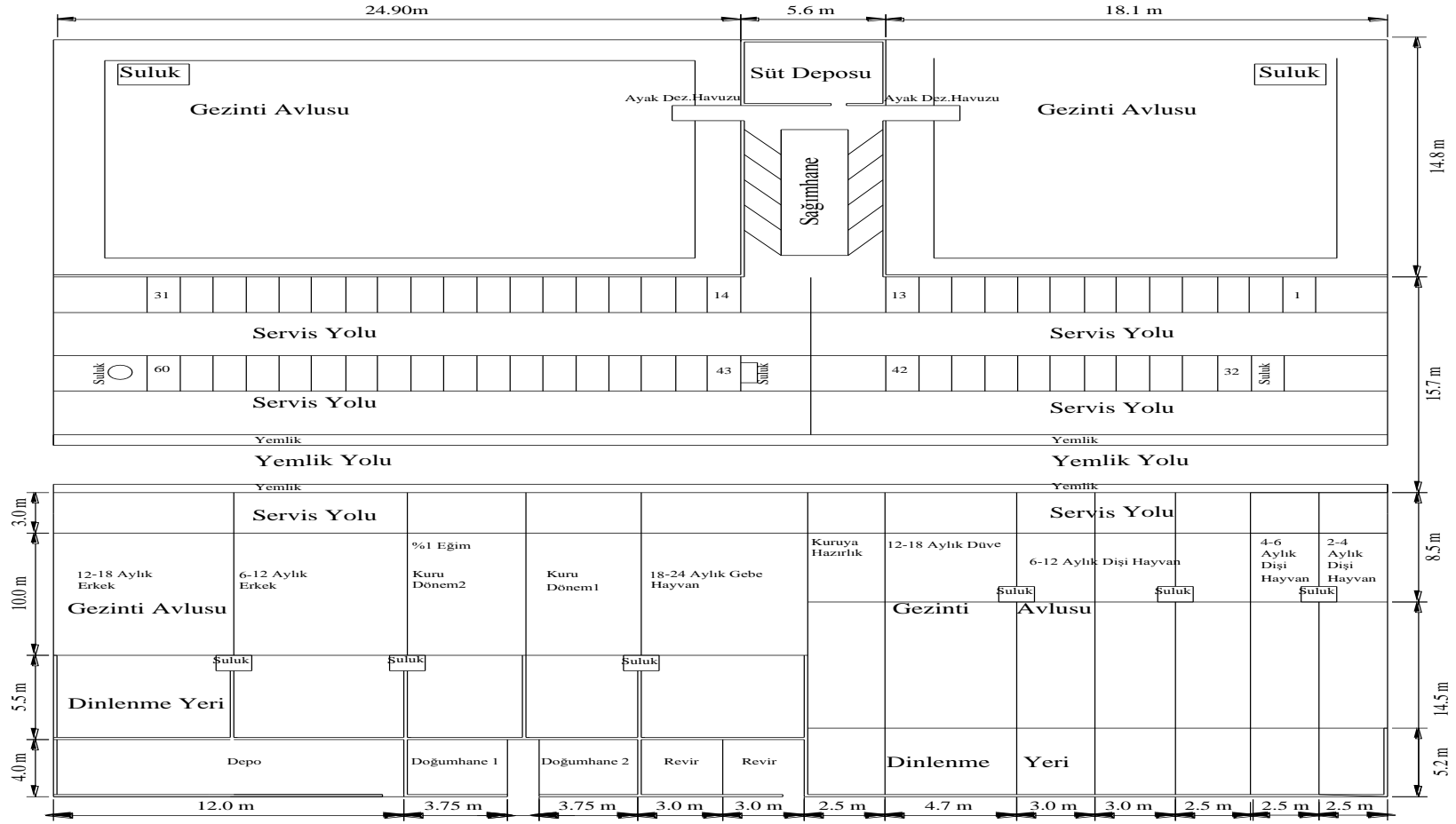


Ek 8a. SütSığırısı işletmesinin taban planı

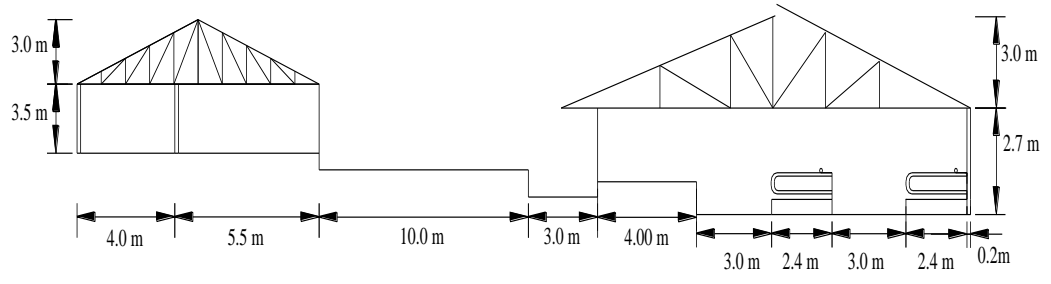


**Ek 8b.** SütSığırısı işletmesinin en kesiti

## Ek-9 SütSığırısı işletmesine ilişkin çizimler



Ek 9a. SütSığırısı işletmesinin taban planı



**Ek 9b.** SütSığırısı işletmesinin en kesiti



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlker KILIÇ  
Doğum Yeri : Çankırı  
Yabancı Dili : İngilizce  
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)  
Lise : Kurtuluş Lisesi 1997  
Lisans : Uludağ Üniversitesi 2001  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi 2004  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Uludağ Üniversitesi 2002  
İletişim (e-posta) : ikilic@uludag.edu.tr  
Yayımları :

**Kılıç, İ., Şimşek, E., Yashoğlu, E. 2003.** Broyler yetiştiriciliği işletmelerinde kümes yeri seçimi ve etkileri üzerine bir araştırma. GAP III. Tarım Kongresi 02-03 Ekim 2003, Şanlıurfa.

**Kılıç, İ., Şimşek, E. 2003.** Kümes içi çevre koşullarının tavuklar için önemi ve kontrolü. GAP III. Tarım Kongresi 02-03 Ekim 2003, Şanlıurfa.

**Simsek, E., Kilic, I., Balci, F., 2006.** Effects of hen age and cage density on hen performance and egg quality in hot weather. *The Indian Veterinary Journal*, 83(4): 409-413.

**Simsek, E., Kilic, I. 2006.** Building environment and interaction of population density and position and their relationship to layer performance. *International Journal of Poultry Science*, 5(9): 856-862.

**Kılıç, İ., Şimşek, E. 2006.** Bursa bölgesinde bir yumurta tavuğu kümesinin yapı içi iklimsel çevre koşullarının yumurta iç ve dış kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 31-38.

**Yaslioglu, E., Simsek, E., Kilic, I. 2007.** Estimation of minimum ventilation requirement of dairy cattle barns for different outdoor temperature and its affects on indoor temperature: Bursa case. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(8): 1264-1269.

**Arıcı, İ., Şimşek, E., Yashoğlu, E., Kılıç, İ. 2007.** Süt sığırı ahırlarının planlanması. Sütü Yetiştirici El Kitabı. Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi, Sayı 4, Bursa, 54 s.

**Kılıç, İ., Şimşek, E., Yalılı Kılıç, M., Yashoğlu, E. 2008.** Bursa bölgesinde bir tavukçuluk işletmesinden kaynaklanan kirletici gaz emisyonlarının havalandırma oranı yardımıyla belirlenmesi. Blacksea International Environmental Symposium, 25-29 August 2008, Giresun/Turkey.

**Kılıç, İ., Şimşek, E., Yalılı Kılıç, M., Arıcı, İ. 2008.** Hayvansal işletmelerden kaynaklanan sera gazı emisyonları ve küresel ısınma üzerine etkilerinin

değerlendirilmesi. The Symposium of Environmental Problems, 14-17 May 2008, Kocaeli/Turkey.

**Kılıç, İ., Şimşek, E. 2008.** Derin tabanlı bir yumurta tavuğu kümesinde iç ortam çevre koşullarının yeterliliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 17-29.

**Kılıç, İ., Yashoğlu, E., Şimşek, E., Arıcı, I. 2008.** Bursa bölgesinde bir süt sığırı işletmesinden kaynaklanan kirletici gaz emisyonlarının havalandırma oranı yardımıyla belirlenmesi. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs 2008, Konya/Turkey.

**Kılıç, İ., Şimşek, E. 2009.** Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz emisyonları ve çevresel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2), 151-160.

**Chai, L., Ni, J., Diehl, C.A., Chen, Y., Kilic, I., Heber, A.J., Cortus, E.L., Bogan, B.W., Lim, T.T., Ramirez-Dorronsoro, J.C., Chen, L. 2010.** Fan monitoring and ventilation rate calculation at two large commercial layer barns. 2010 ASABE Annual International Meeting, 20-23 June 2010, Pittsburgh, USA.

**Kilic, I, Heber, A., Wang, K., Wang, L., Li,Q., Cortus, E.L., Bogan, B.W. 2011.** Determining long term nitrogen mass balance for two commercial layer houses. ASABE Annual International Meeting, August 7-10, 2011, Kentucky,USA.

**Kilic, I, Heber, A., Wang, K., Wang, L., Li,Q., Cortus, E.L., Bogan, B.W. 2011.** Heat and moisture productions and balances in two commercial layer houses. ASABE Annual International Meeting, August 7-10, 2011, Kentucky,USA.

**Chen, L., Lim T.T., Jin Y., Heber A.J., Ni J.Q., Cortus E.L., Kilic, I. 2011.** Airflow rate calculation and uncertainty analysis for mechanically-ventilated swine finishing rooms. In: Proceedings of International Symposium on Health Environment and Animal Welfare (ISHEAW-2011). Chongqing, China, October 19-22.

**Chai, L., Ni, J., Diehl, C., Kilic, I., Heber, A., Chen, Y., Cortus, E.L., Bogan, B.W., Lim, T.T., Ramirez-Dorronsoro, J.C., Chen, L.** Long-term and continuous ventilation rates at large commercial layer houses. *British Poultry Science* (Basımda, SCI)

**Lin, X.J., Cortus, E., Zhang, R., Jiang, S., Heber, A. J., Kilic, I.** Long Term Monitoring of Ventilation Rates of California High-Rise Layer Houses. *Transaction of ASABE* (Basımda, SCI).