

Derleme /Review

Hayvan Barınaklarında Açığa Çıkan Hava Kirleticilerin Çevre, Hayvan ve Çalışan Sağlığı Üzerine Etkileri

İlker KILIÇ*, İsmet ARICI

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Görükle Kampüsü 16059, Bursa
*e-posta: ikilic@uludag.edu.tr, Tlf: 0 224 2941627

Özet: Nüfus artışına bağlı olarak hayvancılık işletmelerinde birim alanda daha fazla hayvanın barındırıldığı yoğun yerleşim sıklığına sahip sistemler yaygın hale gelmiştir. Bu tür işletmelerde barınak iç ortam havası daha hızlı bir şekilde kirlenmekte ve kirletici konsantrasyonları daha fazla olmaktadır. Barınak iç ortamında oluşan kirletici gaz ve partiküler madde konsantrasyonları hayvanlar ile çalışanların sağlığı ve ürün kalitesi üzerine olumsuz etkilere sahiptir. Bu kirleticilerin barınaktan salımları ise barınak çevresinde bazı çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, hayvan barınakları iç ortamında oluşan kirleticilerin çevre, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkileri açıklanmaya çalışılmış ve bu etkilerin azaltılması için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Amonyak, Küresel ısınma, Meslek hastalıkları, Ötrofikasyon, Partiküler madde

Effects of Air Pollutants in Animal Barns on Environment and Health of Animal and Worker

Abstract: Due to the population increase, production systems housing more animals per unit area have become common in animal operations. Indoor air is polluted more quickly and air pollutant concentrations are more in this kind of animal operations. Pollutant gases and particulate matter concentrations in indoor environment in animal barns have negative effects on health of animal and worker. The emissions of these air pollutants from animal barns cause some environmental problems in surroundings of animal operations. In this study, effects of air pollutants in animal barns on environment, animal and worker health were explained and some suggestions were also given to decrease these impacts.

Key words: Ammonia, Global warming, Occupational illness, Eutrophication, Particulate matter

Giriş

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. 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 (Anonim, 2005). Hayvancılık işletmelerinde meydana gelen bu değişim, hayvan barınaklarının çevre üzerine olan baskılarını artırmakta ve çevreci örgütlerin tepkilerini çekmektedir. Büyük ve endüstrileşmiş işletmelerin barınak içerisinde ortaya çıkardığı atıklardan kaynaklı iç ortam havası hızlı bir şekilde kirlenmekte barınak içerisindeki hayvanların ve çalışanların sağlıklarını tehdit etmektedir. Bunun yanı sıra, barınak içerisindeki gaz ve partiküler maddeler gibi kirleticiler ile kirlenmiş iç ortam havası, barınakta uygulanan havalandırma ile barınağın bulunduğu çevreye salınmakta ve dolayısıyla bazı çevre sorunlarına yol açmaktadır.

Farklı hayvancılık sektörlerinde, üretim amacına bağlı olarak barınaklar, yem rasyonları 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 gösterir. Çizelge 1’de amonyak (NH₃), diazot oksit (N₂O), hidrojen sülfür (H₂S), metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), partiküler madde (PM) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gibi kirleticilerin hangi yetiştiricilik türündeki barınaklardan önemli düzeylerde ortaya çıkabileceği verilmiştir. Bunun yanısıra Çizelge 1’de hangi barınaklardan kaynaklanan hangi kirletici gaz konsantrasyonlarının gözardı edilebileceği de belirtilmiştir. Örneğin, Çizelge 1’e bakıldığında, yumurta tavukçuluğundan kaynaklanan CH₄ salımları göz ardı edilebilir düzeylerde gerçekleşirken, tüketilen yem rasyonu ve hayvanın metabolizmasına bağlı olarak süt sığırcılığında önemli düzeylerde gerçekleşmektedir (Anonim 2001a). Bu çalışmada, hayvan barınakları iç ortamında oluşan kirleticilerin çevre, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkileri açıklanmaya çalışılmıştır.

Çizelge 1. Yetiştiricilik türüne göre hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan hava kirleticiler

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

Çevresel Etkiler

Hayvan barınaklarından kaynaklanan gaz ve partiküler maddeler, yöresel, bölgesel, ulusal ve küresel olmak üzere yakın çevreden başlayarak dünya çapında yaşadığımız atmosferde kirlilik ve çeşitli problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilirler. Hayvan barınakları çevresindeki amonyak (NH₃) kaynaklı oksitlenmiş veya indirgenmiş azot (N) konsantrasyonlarındaki artışlar aşağıdaki sonuçları doğurabilir (Jongbloed ve ark. 1999; Arogo ve ark. 2006);

- İçme suyunda nitrat kirliliği oluşturur.
- Su yüzeyinde ve bünyesinde ötrofikasyon, zararlı alglerin oluşmasına neden olarak su kalitesini olumsuz etkiler.
- Diazot oksit (N₂O) oluşumuna katkıda bulunarak, iklim değişimine katkıda bulunur.
- Nitrifikasyon ve yıkanma olayları yoluyla toprakta asidifikasyona ve Orman topraklarında N saturasyonuna neden olurlar.

Atmosferde bulunan yüksek konsantrasyonlardaki NH₃ gazı, ekosistemin gübrelenmesine, asidifikasyona ve ötrofikasyonun oluşumuna katkıda bulunur. NH₃ salımı, asidifikasyonun ortaya çıkmasına katkıda bulunarak, asit yağmuru oluşumuna neden olur. Hollanda’da 1989 yılındaki toplam asit birikiminin % 45’inin amonyaktan kaynaklandığı bildirilmektedir (Groot Koerkamp ve ark. 1998).

NH₃ gazı, atmosferdeki aerosollerde bulunan asidik bileşikler (Nitrik asit (HNO₃), Sülfürik asit (H₂SO₄) vb.) ile reaksiyona girerek hızlıca amonyum aerosollerine dönüşebilir. Atmosferden amonyum iyonu (NH₄⁺) aerosolleri, olarak ıslak çökeltme ile uzaklaştırılırken NH₃ gazı olarak kuru çökeltme ile uzaklaştırılır. NH₄⁺ bir ikincil PM olduğu için doğrudan atmosferdeki çapı 2.5 mikrondan daha küçük

partiküler madde PM2.5 konsantrasyonunun artmasına neden olur. Böylece atmosferde NH₃ gazının yüksek konsantrasyonlarda bulunması ikincil partiküllerin oluşma potansiyelini artırır. Atmosferde ikincil partiküller, görünürlüğü ve görüş mesafesini azaltır (Anonim 2003).

Atmosferde ikincil kirlenici olarak NH₃'in etkisi diğer bileşiklerle girdiği reaksiyonların son ürününe bağlıdır. Örneğin; N₂O oluşumuna sebep olan NH₃ oksidasyonu, bir sera gazı oluşturur ve zemin seviyesinde ozon etkisi yapar. NH₃'in NH₄⁺ iyonuna reaksiyonu, asit birikiminin önemli bir bileşenidir. Ayrıca atmosferde NH₃ ile diğer uçucu bileşiklerin kombinasyonları koku oluşumuna neden olurlar (Janzen ve ark. 1998).

NH₃ 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 kıyısız verimliliğe etkileri gibi etki zinciri içerisinde yer alabilir. Reaktif azotun aşırı derecede birikimi karasal ekosistemin çeşitliliğini azaltabilir (Galloway ve Cowling 2002).

NH₃ 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 µm m⁻³ arasıdayken 270 m uzaklıktaki konsantrasyon 1-2 µm m⁻³ değerlerine kadar düşmüştür. Çalışmada 15 ve 270 m uzaklıkta çökelen amonyak azotu (NH₃-N) miktarları ise sırasıyla 42 ve 5 kg N ha⁻¹ olarak bulunmuştur (Fowler ve ark. 1998; Arogo ve ark. 2006).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan NH₃ salımlarının barınak çevresindeki ormanlarda zararlı etkiler yarattığı çeşitli bilimsel çalışmalarda bildirilmiştir. Fangmeier ve ark. (1994), hayvan barınakları çevresindeki iğne yapraklı ağaçlardan oluşan ormanlarda, yüksek NH₃ konsantrasyonunun ağaçlarda doku ölümlerini başlatarak ilerleyen aşamalarda tamamen ölmesine neden olduklarını belirtmişlerdir.

H₂S' in atmosferde kalma süresinin kısa olması nedeniyle, hayvan barınaklarından kaynaklanan H₂S salımlarının ulusal ölçekte diğer H₂S kaynaklarına oranla çevresel problemlerin oluşumuna katkısı göreceli olarak daha küçüktür. Hayvan barınaklarından kaynaklanan H₂S 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).

H₂S atmosferde sülfür dioksit (SO₂) okside olur ve nem ile reaksiyona girerek sülfirik asidi (H₂SO₄) oluşturur. H₂SO₄ asidifikasyona neden olan en önemli bileşiklerdendir. Bunun yanısıra SO₂ atmosferde NH₃ ile reaksiyona girerek bünyesinde sülfür içeren ikincil partiküler maddeler olan amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) veya amonyum sülfid ((NH₄)₂SO₃) oluşumuna neden olur (Chetner ve Sasaki 2001).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan H₂S salımlarının yöresel ölçekte yarattığı en büyük çevre problemi koku oluşumudur. Koku oluşumuna katkıda bulunan sülfür bileşikleri H₂S ve uçucu organik sülfür bileşikleridir (Hartung 1998).

Bir sera gazı olarak CH₄, 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).

CH₄'ın ısıyı emme özelliğine ve atmosferdeki konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, küresel iklim değişikliğinden sorumlu olan en önemli sera gazıdır (EPA 2005). Bütün sera gazları arasında CH₄ atmosferik radyasyonun oluşumuna % 20 oranında etkide bulunur. Ayrıca CH₄'ın küresel ısınma üzerine etkisi CO₂'e oranla 23 kat daha fazladır (Anonim 2001b). CH₄ kaynaklarının büyük çaplı ve atmosfer

içerisinde görece uzun bir yaşam süresinin (yaklaşık 10 yıl) olmasına bağlı olarak, küresel ölçekte etkiye bulunabilir. Ayrıca, toprak ve atmosferik reaksiyonlarla yok edildiğinden daha hızlı bir şekilde atmosferde oluşur ve depolanabilir (Godish 2004). Yıllar arasındaki CH₄ salımı döngüsü tarafından üretilen CH₄'ın kaynağı ve yok edici unsurları arasında bir ilişki vardır. Bu durum, CH₄ 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 CH₄, hidroksil radikalleri (OH) ile reaksiyona girmesi sonucu atmosferden yok edilebilir. CH₄ 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, Amerika Birleşik Devletleri, Çevre Koruma Ajansı (USEPA) 1990'dan beri tarım sektöründen kaynaklanan metan salımının % 3,2 arttığını tahmin etmiştir (Marcillac 2007).

Hayvan barınaklarından kaynaklanan CO₂ salımları, atmosferik CO₂ konsantrasyonuna uzun dönemde katkıda bulunmamaktadır. Hayvan barınaklarından kaynaklanan CO₂, 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 (PM) çevresel etkileri, görünebilirliği azaltması ve SO₂ 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 nesnelere rengini değiştirebilir. Atmosferde görünebilirliği belirleme işlemleri doğrudan atmosferde neden olunan renk değişimlerinin ölçümü ile gerçekleştirilebilir. PM'in görünebilirlik üzerine etkilerinin belirlenmesindeki bir başka yöntem partiküllerin ışık saçma verimliliğinin ölçülmesidir. Yüksek ışık saçma verimliliği görünebilirliği azaltır. Çapı 2.5 mikrondan küçük olan partiküler maddelerin (PM_{2.5}) ışık saçma verimliliği 2,4-3,1 m² g⁻¹ iken çapı 10 mikrondan küçük olan partiküler maddelerin (PM₁₀) 0,2-0,4 m² g⁻¹ arasında değişmektedir. En geniş ışık saçma verimliliği boyutları 0,5-1 µm arasında değişen PM'de gözlemlenir. PM boyutunun yanısıra bağıl nem de ışık saçma verimliliğini etkiler. Yüksek bağıl nem ışık saçma verimliliğini artırır. Sonuç olarak PM_{2.5} yüksek ışık saçma verimliliği ile görünebilirliği etkileyen en önemli PM sınıfıdır ve nemli ve sıcak havalarda görünebilirlik üzerine olan olumsuz etkisi artar (Anonim 1999).

Hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkiler

NH₃, oda sıcaklığı ve basıncında renksiz bir gazdır. Hayvan barınağı iç ortamında 0,7 ppm'in üstündeki konsantrasyonlar, keskin, yakıcı ve buruk bir kokuya sahiptir. Amonyak yüksek düzeyde suda çözünür ve kısa zamanda solunum yolları tarafından absorbe edilir. Daha düşük konsantrasyonlarda solunan NH₃ üst solunum yolları organlarının mukoz tabakasında çözünür. 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 NH₃ konsantrasyonları (5-150 ppm), öksürük, akıntı ve balgam, üst solunum yollarında ise tahrişlere neden olurken daha yüksek konsantrasyonlar (>150 ppm) üst ve alt solunum yollarında yaralanmalara neden olur (Preller 1995). Yüksek NH₃ konsantrasyonlarına maruz kaldığında, 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; Reynolds ve ark. 1996; Latenser 2000). Ayrıca PM_{2.5} boyutundaki partiküller amonyağı depolayarak onu akciğerlerin derinliklerine kadar taşıyabilir (Lester 2008). Farklı amonyak konsantrasyonlarına maruz kalınması durumunda solunum sistemi üzerinde oluşabilecek etkiler Çizelge 2'de verilmiştir (Schiffman ve ark. 2006).

Çizelge 2. Farklı NH₃ konsantrasyonlarının etkileri

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

H₂S'ün kokusunun insanlar tarafından hissedilebilmesi için minimum konsantrasyonunun 0,5 ppb olması gerekir. H₂S konsantrasyonu 2,5-20 ppm'e ulaştığında solunum yollarında tahrişlere neden olabilir. Böylece, H₂S'ün kokusunun hissedilebilme eşiği, klasik tahriş belirtilerine neden olan konsantrasyonların 3-4 katı daha küçüktür. Literatürdeki bazı çalışmalar hayvan barınaklarından kaynaklanan H₂S'ün zarar verme eşiğine ulaşmadan da çeşitli sağlık problemi belirtilerine yol açabildiğini göstermektedir (Shiffman ve ark. 2006). Örneğin H₂S zehirlenmesi bu duruma iyi bir örnektir. Bu tip zehirlenmelerin çoğu zararlı etki yaratmayan seviyelerde veya küçük zararlı etkiler seviyesindeki (LOAEL) konsantrasyonlarda meydana gelmiştir (Anonim 2003).

Hayvan barınakları iç ortamında bulunan H₂S konsantrasyonları çalışan ve hayvan sağlığı açısından solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıkları için önemli riskler yaratmaz. Ancak H₂S konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gübre işletim sistemleri ciddi sağlık problemlerine hatta ani ölümlere bile neden olabilir (Omland 2002). Anonim (2002), gübre işletim sistemlerinde gübre deposunun karıştırılması esnasında bir kaç saniye içinde H₂S konsantrasyonları 5 ppm'den 500 ppm'in üstüne çıkar ve bu seviyelerde gübre işletim sisteminde bakım yapan veya örnek alan işçileri hızlı bir şekilde etkiler. Anonim (2005), çalışmalarında, gübre işletim sistemlerinde çalışan işçilerin kimsayasal zehirlenme ve ölüm açısından yüksek bir risk içinde olduklarını belirtmektedir (Mitloehner ve Calvo 2006).

Sülfür bileşikleri koku, ikincil partiküler madde ve asidifikasyon oluşumuna neden olurken, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine olumsuz etkilere sahiptir. Yüksek H₂S konsantrasyonları insan ve hayvanları zehirler (Hartung 1998; Chetner ve Sasaki 2001). Choiniere ve Munroe (1997), H₂S 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 H₂S konsantrasyonlarına maruz kalınması durumunda çalışan ve hayvan üzerinde oluşabilecek etkiler Çizelge 3'de verilmiştir (Schiffman ve ark. 2006).

İç ortamdaki CO₂ miktarının fazlalığı çalışanlara ve hayvanlara zarar verir. Özellikle kış mevsiminde CO₂ miktarı yüksek düzeylere ulaşabilir. Domuz barınakları ve kümeslerde CO₂ değerinin alt sınırı ortalama 5.000 ppm kabul edilirken, kısa süreli olarak üst sınır değerinin 30.000 ppm olabileceği belirtilmektedir (Choiniere ve Munroe 1997).

Havada taşınan partiküler maddeler, hayvan barınaklarından kaynaklanan ikinci önemli hava kirleticilerdir. Partiküler maddeler çoğu hayvan hastalıklarının, hasta hayvandan sağlıklı olana geçmesine neden olabilir. Bunun yanısıra, hayvanlar yüksek konsantrasyondaki toz parçacıkları nedeniyle strese girebilmekte ve hastalıklara karşı daha hassas olabilmektedirler (Yoder ve Van Wicklen 1988; Anonim 1999).

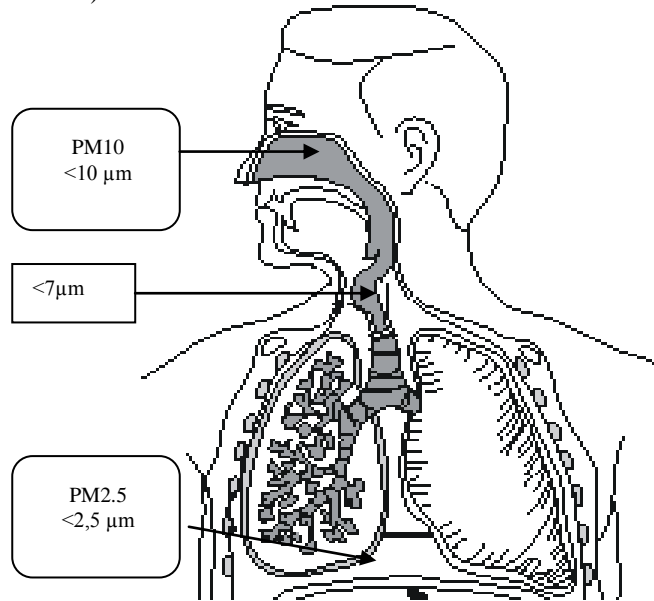
Partiküler maddelerin(PM) solunumu, insan ve hayvanların solunum yollarında rahatsızlıklara yol açabilir (Popendorf ve ark. 1985). Sağlık problemleri partiküler maddelerin çapı ile yakından ilişkilidir. Çapı 10µm'den küçük partiküler maddeler insanların akciğerlerine kadar ulaşabilecek küçüklüktedir (CARB 2003; Mitloehner ve Calvo 2006).

Çizelge 3. Farklı H₂S konsantrasyonlarının çalışan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri (Schiffman ve ark. 2006)

H ₂ S Konsantrasyonu	Sağlık üzerine etkileri
0,7 ppb	USEPA tarafından verilen insanların günlük soluyabilecekleri referans konsantrasyon
5 ppb	Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen yarım saatlik eşik değer
7-27 ppb	Sağlık sorunlarının (sinir sistemi ile ilgili) görülmeye başlandığı eşik aralık
10 ppb	Renk ayırımında güçlükler, göz ve burunda tahriş, öksürme
30 ppb	Minimum risk seviyesi. Birçok eyalet yasalarına göre hayvan barınaklarından yayılan H ₂ S konsantrasyonu bu değeri yılda 2 defadan fazla geçemez.
70 ppb	Zehirli Maddeler ve Hastalık Kayıt ajansı (ATSDR) tarafından belirtilen sınır değer
2 ppm	Baş ağrısı, 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 ödem, boğulma, 30 dakika-1 saat içerisinde ölüm
700-1000 ppm	Şuur kaybı, solunumun durması ve ölüm
1000 ppm	Solunumun durması ve ölüm

PM10 hem küçük hem de büyük partikülleri içerdiği için bu sınıftaki bazı partiküller insanın boğazına kadar inebilir ve burada tutulur (Harrison 1999; Mitloehner ve Calvo 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. Bu nedenle PM2.5 insan sağlığına en fazla zarar veren partiküler madde sınıfıdır (Derwent 1999). Şekil 1'de boyutlarına göre PM'in insanın solunum sistemi organlarında ulaşabileceği noktaları göstermektedir (Chetner ve Sasaki 2001).

Literatürdeki birçok çalışma iç ortamda artan PM konsantrasyonunun çeşitli hastalıklara ve hatta ölüme yol açtığını göstermektedir (Burnett ve ark. 2000; 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, 2000; Soukup ve Becker 2001).



Şekil 1. Solunum sistemi organlarında PM birikimi

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 and 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. Amerika Birleşik Devletlerinde 90 şehirde yürütülen PM analizlerinde ilk değerlendirmede 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 sığıru ve domuz barınağı çalışanları üzerinde yaptıkları 8 yıllık çalışma sonucunda domuz barınağı işçilerinin FEV testi sonuçları süt sığıru barınağı çalışanlarına oranla daha düşük gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, domuz barınağı çalışanlarının akciğer fonksiyonlarının süt sığıru barınağındakilerine göre daha kötü durumda olduğunu göstermektedir. Donham ve ark. (1986) 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 Calvo 2006).

PM ile ilgili diğer bir sağlık sorunu, partikül maddelerin mikrobiyal içeriğidir. Partikül maddeler mikrobiyal olarak koku yapıcı bakteri, endotoksin, virüsler, mantar ve mantarsı 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).

Sonuç ve Öneriler

Artan nüfusun ihtiyacını karşılayabilmek için daha küçük alanlarda daha fazla sayıda hayvanın barındırıldığı yoğun üretim yapan hayvancılık işletmelerinin sayısı çoğalmaktadır. Bu durumun sonucu olarak hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan kirleticiler miktar olarak artmakta ve yetiştiriciliğe bağlı olarak çeşitlenmektedir. Yoğun üretim yapan işletmeler çevre, hayvan ve çalışan sağlığı üzerine etkileri azaltmak için, barınaklarında gaz ve partikül madde oluşumunu önleyen ve salımını azaltan çeşitli önleme yöntemlerini uygulamalıdır. Önleme yöntemleri olarak, barınak tasarımı ve işletiminde değişiklikler yapılabilir, daha düşük protein içeren yem rasyonları kullanılabilir, barınak çevresine rüzgarkıranlar yerleştirilebilir, altlık materyali içerisine gaz oluşumunu azaltan çeşitli kimyasal maddeler uygulanabilir, barınak iç ortamına su veya bitkisel sıvı yağ püskürtülebilir ve havalandırma fanlarına biyofiltreler yerleştirilebilir. Böylece barınak içerisinde kirletici oluşumu engellenerek çevre, çalışan ve hayvan sağlığı üzerine olan olumsuz etkiler azaltılabilir. Dünya literatüründe yapılan çalışmalar sonucunda, yoğun yetiştiricilik yapılan entansif işletmelerin çevre üzerinde baskı kurarak çeşitli problemlere neden olduğu, çalışan ile hayvan sağlığı açısından da ciddi hastalıklara yol açtığı ortaya çıkarılmıştır. Buna karşın ülkemizde bu konu ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça yetersizdir. Bu nedenle konu ile ilgili yapılacak çalışmalara gerek işletme gerekse maddi olanaklar çerçevesinde destekler artırılmalıdır. Böylece, ülkemizdeki hayvancılık işletmelerinin bu tür sorunlara neden olup olmadıkları ortaya konulabilir.

Kaynaklar

- Anonim (1996). The revised guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual, IPCC Press, Geneva, Switzerland.
- Anonim (1999). Management of dust in broiler operations, Ministry of Agriculture and Food Abbotsford Agriculture Centre. Abbotsford, British Columbia.
- Anonim (2001a). Emissions from animal feeding operations. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/draft/draftanimalfeed.pdf> (Mart 2007).

- Anonim (2001b). The scientific basis, contributions of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge Univ. Press, New York
- Anonim (2002). Promoting agricultural health and safety: know your livestock and be safe. National Agricultural Safety Database. September 2006.
- Anonim (2003). Air emissions from animal feeding operations: current knowledge, future needs. <http://www.4cleanair.org/nascaforeport.pdf>. (Accessed March, 2007).
- Anonim (2005). Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks:1990-2003. EPA 430-R-05-003. US Environmental Protection Agency, Washington, USA.
- Arogo J, Westerman PW, Heber AJ, Robarge WP, Classen JJ (2006). Ammonia emissions from animal feeding operations, pp. 41-88, In: Animal agriculture and the environment. In: Rice JM, Caldwell DF, Humenik FJ (Eds), ASABE, Michigan, USA.
- Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith SC, 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.
- Burnett RT, Brook J, Dunn T, Delocla C, Philips O, Cakmak S, Vincent R, Goldberg MS, 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.
- CARB (2003). Consumer information: Air pollution - particulate matter brochure. www.arb.ca.gov/html/brochure/pm10.htm. (Accessed 10 September, 2006).
- Chetner S, Sasaki D (2001). Agricultural air emission inventory for Alberta and literature review, Intensive Livestock Operations Working Group. Alberta, Canada.
- Choiniere Y, Munroe AJ (1997). Air quality inside livestock barns. Ministry of Agriculture and Food, AGDEX 400/717, Factsheet, Ontario.
- Derwent RG (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 DW (2001). Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environ. Health Perspectives* 109(4): 483-486
- Dominici, F, McDermott A, Daniels D et al. (2003). Mortality among residents of 90 cities: Revised Analysis of Time-Series Studies of Air Pollution and Health, Health Effects Institute. Boston, Mass.
- Donham KJ, Scallan LJ, Pependorf W, Treuhaft MW, Roberts RC (1986). Characterization of dusts collected from swine confinement buildings. *Am Ind Hyg Assoc J* 47: 404-410.
- Donham KJ (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
- Fangmeier A, Hadwiger-Fangmeier A, Van der Eerden L, Jager HJ (1994). Effects of atmospheric ammonia on vegetation—A review. *Environmental Pollution* 86: 43-82.
- Finlayson-Pitts BJ, Pitts JN (2000). Chemistry of the upper and lower atmosphere: Theory, experiments, and application. Academic Press, San Diego, California.
- Fowler D, Pitcairn CER, Sutton MA, Flechard C, Loubet B, Coyle M, Munro RC (1998). The mass budget of atmospheric ammonia in woodland within 1 km of livestock buildings. *Environmental Pollution* 102(SI): 343-348.
- Galloway JN, Cowling EB (2002). Reactive nitrogen and the world: two hundred years of change. *Ambio* 31: 64-71.
- Godish T (2004). Air quality. 4th Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Groot Koerkamp PWG, Metz JHM, Uenk GH, Phillips VR, Holden MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Hartung J, Seedorf J, Schroder M, Linkert KH, Pederson S, Takai H, Johnsen JO, Wathes CM (1998). Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agriculture Engineering Research* 70: 79-95.
- Harrison RM (1999). Measurements of concentrations of air pollutants, pp. 63-81. In: Air Pollution and Health: Section 1. Geographical, Atmospheric, and Ground Determinants of Air Pollution. Holgate ST, Samet JM, Koren HS, Maynard RL (eds), Academic Press, San Diego.
- 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.

- 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.
- Imrich A, Ning YY, Coull HB, 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 YY, 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.
- Janzen HH, Desjardins RL, Asselin JMR, Grace B (1998). The health of our air: toward sustainable agriculture in Canada. Research Branch of Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Canada, pp. 98.
- Jongbloed AW, Poulsen HD, Dourmad JY, van der Peet-Schwering CMC (1999). Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France, and Denmark. *Livestock Production Science* 58: 243-249.
- Kirkhorn SR, Schenker MB (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.
- Laden F, Schwartz J, Speizer FE, 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 BA (2000). Anhydrous ammonia burns: case presentation and literature review. *Journal of Burn Care&Rehabilitation*, 21:70-84.
- Lester BR (2008). Comparison of occupational and environmental exposures at Colorado dairies. Ph.D Thesis. Colorado State University, USA.
- Li XY, Gilmour PS, Donaldson K, MacNee W (1997). In vivo and in vitro proinflammatory effects of particulate air pollution (PM10). *Environ. Health Perspectives* 105(5): 1279-1283.
- Marcillac NM (2007). Characterization and quantification of air emissions from dairies. PhD Thesis, Department of Animal Science, Colorado State University, USA.
- Mitloehner F M, Calvo MS (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 (PM2.5) and coarse particles (PM10-2.5) in outdoor and indoor air. *Toxicology and Applied Pharmacology* 155(3): 245-252.
- 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.
- Pell AN (1997). Manure and microbes: public and animal health problem. *Journal of Dairy Science* 80(10): 2673-2681.
- Popendorf W, Donham KJ, Easton DN, Silk J (1985). A synopsis of agricultural respiratory hazards. *American Industrial Hygiene Association Journal* 46: 154-161.
- Preller L (1995). Respiratory health effects in pig farmers: assessment of exposure and epidemiological studies of risk factors. Ph.D Thesis, Wageningen University.
- Reynolds S, Donham K, Whitten P, Merchant J, Burmeister L, Popendorf 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.
- Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL (2000). Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *The New England J. Med.* 343(24): 1742-1749
- Schiffman SS, Auvermann BW, Bottcher RW (2006). Health effects of aerial emissions from animal production waste management systems, pp. 435-468, In:Animal Agriculture and the Environment. Rice JM, Caldwell DF, Humenik FJ (Eds), ASABE, Michigan, USA,
- Schnoor JL, Thorne PS, Powers W (2002). Fate and transport of air pollutants from CAFOs.Pp. 86100 in Iowa Concentrated Animal Feeding Operation Air Quality Study. [http:// www. publichealth. uiowa. edu/ ehsrc/ CAFOstudy. htm](http://www.publichealth.uiowa.edu/ehsrc/CAFOstudy.htm).(Eriřim Tarihi:12 Ađustos 2012)

- Soukup, JM, 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.
- Yoder MF, Van Wicklen GL (1988). Respirable aerosol generation by broiler chickens. *Transactions of the ASAE* 31(5):1510-1517.
- Zhang Y (1999). Engineering control of dust in animal facilities. In: *Proceedings of the International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities*. 30 May-2 June, 1999, Aarhus, Denmark, pp. 22-29.