



## EMISSIONI DI AMMONIACA E GAS SERRA DAGLI ALLEVAMENTI AVICOLI

A. Costa, M. Guarino

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano, via Celoria 10, 20133, Milano  
Corresponding author: annamaria.costa@unimi.it

### SOMMARIO

*L'attività agricola e zootecnica sono potenzialmente in grado di emettere un grande numero di inquinanti in grado di impattare tutti i comparti ambientali quali aria, acqua, suolo, piante ed individui. In particolar modo, gli allevamenti animali sono una considerevole fonte ammoniacca, prodotta principalmente dalle deiezioni animali, e di gas serra, metano, anidride carbonica e protossido di azoto, ritenuti gli agenti responsabili dell'acidificazione del suolo e del riscaldamento del pianeta (IPCC, 2005). Allo scopo di definire i fattori di emissione di ammoniaca e gas serra dagli allevamenti avicoli intensivi, tre differenti tipologie di allevamenti di galline ovaiole, ovvero un allevamento di galline in gabbia su fossa con raschiatore per l'allontanamento della pollina, un allevamento di galline allevate a terra e un allevamento di galline allevate in gabbia su nastri ventilati per la disidratazione della pollina, sono state monitorate in continuo per un anno.*

*Per la misurazione in continuo della concentrazione dei gas è stato utilizzato un rivelatore foto acustico (Bruel&Kjaer, Multi-gas Monitor Type 1302). I fattori annuali di emissione di ammoniaca e di gas serra sono stati determinati moltiplicando la portata dell'aria estratta dal ricovero per la differenza di concentrazione tra il punto di emissione e quello di immissione, parametri rilevati con frequenza pari a un minuto. I monitoraggi condotti hanno rivelato che l'emissione di ammoniaca è risultata maggiore nella tipologia di galline allevate a terra e nella tipologia convenzionale di galline allevate in gabbia ( $23.70 \text{ mg}^{-1}\text{h}^{-1}$  gallina vs  $15.44 \text{ mg}^{-1}\text{h}^{-1}$  gallina), mentre nella tipologia con nastri ventilati il fattore di emissione era di  $8.26 \text{ mg}^{-1}\text{h}^{-1}$  gallina.*

*Il fattori di emissione di protossido di azoto e di anidride carbonica si sono rivelati più alti nella tipologia con nastri ventilati, mentre i fattori di emissione del metano più alti sono stati misurati nella tipologia convenzionale (galline in gabbia con fossa sottostante), probabilmente per lo strato di deiezioni che persiste sulla superficie della fossa al passaggio del raschiatore per la rimozione delle deiezioni.*

*Parole chiave: ammoniaca, gas serra, galline ovaiole, emissioni.*

## 1 INTRODUZIONE

Gli allevamenti zootecnici intensivi generano gas, quali ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), e gas serra, ovvero metano ( $\text{CH}_4$ ) e protossido d'azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ), derivanti principalmente dall'elevato tenore proteico delle diete e dallo stoccaggio dei reflui, e anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), emessa dagli animali durante la respirazione e dalla fermentazione dei liquami.

E' noto che più del 90% dell'ammoniaca emessa in atmosfera deriva dall'agricoltura (Buijsman et al., 1987) e che circa il 97% delle emissioni agricole derivano dalla zootecnia e dalle attività ad essa legate; inoltre il 50% di tali emissioni sono rilasciate dalle strutture zootecniche intese come ricoveri animali e dai liquami stoccati (Leneman et al., 1998; Wathes et al., 1997).

Nel 2001 la zootecnia lombarda ha prodotto circa 80.000 t di  $\text{NH}_3$ , 7.800 t di  $\text{N}_2\text{O}$  e ben 185.000 t di  $\text{CH}_4$ , pari complessivamente all'80% delle emissioni generate dall'intero settore agricolo. Il settore zootecnico rappresenta in Lombardia la principale fonte di gas acidificanti, rispondendo per l'82% dell'ammoniaca emessa in regione, ed assume posizione di rilievo anche come fonte emissiva di protossido d'azoto (50% del  $\text{N}_2\text{O}$  totale derivante dalle diverse fonti inquinanti) e di metano (42% del totale regionale).

Alcune tipologie zootecniche - gli allevamenti di pollame con più di 40.000 posti, gli allevamenti di suini da produzione (di oltre 30 kg) con più di 2.000 posti, gli allevamenti di scrofe con più di 750 posti - sono soggette alla disciplina IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), normativa comunitaria che introduce il concetto di approccio integrato alla tutela dell'ambiente. L'autorizzazione integrata ambientale contiene, quindi, indicazioni sulle misure di prevenzione dall'inquinamento da applicare attraverso le migliori tecniche disponibili, sulle misure di massimo contenimento della produzione di rifiuti e di efficace utilizzo dell'energia.

In maniera più diffusa, la direttiva IPPC si basa sul concetto di Best Available Technique (BAT), o miglior tecnica disponibile, secondo la quale ogni allevatore sceglie di adottare soluzioni strutturali e/o manageriali che non solo permettano la riduzione o la prevenzione dell'emissione di inquinanti, ma che anche tali soluzioni siano sostenibili ed economicamente affrontabili.

Molti studi sperimentali sulla qualità dell'aria hanno mostrato che i gas rilasciati dalle deiezioni animali sono in grado non solo di peggiorare la qualità dell'aria con un conseguente peggioramento delle performance degli animali e della qualità dell'aria all'esterno intesa come atmosfera (Osada et al., 1998).

Lo scopo di questa ricerca è stato quello di definire i fattori di emissioni di ammoniaca e gas serra (anidride carbonica, metano e protossidi di azoto) da tre differenti tipologie di allevamenti per galline ovaiole in Italia e di valutare l'efficacia riduttiva nelle emissioni di una tecnica classificata come BAT (galline in gabbia su nastri ventilati) nei confronti di tecniche tradizionali di allevamento (galline allevate in gabbia con fossa sottostante e allevate a terra).

Tali fattori di emissioni sono stati definiti nell'ambito di una ricerca a lungo termine sulle emissioni in atmosfera dal settore agricolo - zootecnico finanziato da ISPRA (ex APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici), al fine di implementare l'inventario nazionale delle emissioni dagli allevamenti avicoli.

## **2 MATERIALI E METODI**

### **2.1 Allevamenti monitorati**

Le misurazioni di ammoniaca e gas serra sono state effettuate in continuo in tre diverse tipologie costruttive di allevamenti avicoli per galline ovaiole :

- Allevamento di tipo convenzionale, galline in gabbia
- Galline allevate a terra
- Galline allevate in gabbia su nastri ventilati

#### **2.1.1 Allevamento convenzionale con galline in gabbia**

In tale tipologia le ovaiole sono allevate in gabbie disposte secondo l'immagine riportata in Figura 1, con una fossa di stoccaggio sottostante per la raccolta della pollina che viene rimossa giornalmente avviene a mezzo di raschiatore. Ogni gabbia ospita almeno 3 ovaiole, la tipologia monitorata ospita in totale 11.000 galline.



**Figura 1.** Galline in gabbia su fossa con raschiatore per l'allontanamento della pollina.

Il capannone è largo 14 m ed è lungo 70 m, per la ventilazione sono presenti 4 ventilatori del diametro di 116 cm, con sei pale, della capacità di estrazione di 42000 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> ciascuno. I ventilatori sono impostati per funzionare a intermittenza, con cicli di 6 minuti l'uno (4 minuti di funzionamento e 2 minuti di stand by). L'aria fresca entra dal cupolino posto sul colmo del tetto, posto longitudinalmente al capannone. La velocità dell'aria è fissa, non variabile, ed i ventilatori sono collegati ad una centralina che fa entrare in funzione una prima coppia di ventilatori quando la temperatura rilevata da un sensore posto in mezzo al capannone supera i 15.4 °C. La seconda coppia di ventilatori

entra in funzione al raggiungimento dei 22 °C.

Si precisa che tale tipologia secondo la normativa europea non è in grado di garantire il benessere animale e per tale motivo sarà eliminata.

### **2.1.2 Allevamento di galline allevate a terra**

In tale tipologia le ovaiole sono allevate a terra in rispetto delle esigenze UE sul benessere animale (Fig.2). Le galline sono allevate libere nel capannone, e sono libere di muoversi, la pollina è depositata sul pavimento battuto di cemento (tipologia “ flat deck” ), e al centro del capannone vi è il nido, che percorre la sala nella sua lunghezza in cui le galline depositano le uova. Il capannone monitorato ospita in totale 7500 galline.



**Figura 2.** Capannone con galline a terra.

Le caratteristiche costruttive e il sistema di ventilazione di questo capannone sono le medesime indicate nel paragrafo precedente per il capannone di galline allevate in gabbia.

Si rammenta che tale tipologia monitorata è approvata dalla normativa europea inerente il benessere animale.

### **2.1.3 Allevamento di galline allevate in gabbia su nastri ventilati per la disidratazione della pollina**

In tale tipologia le ovaiole sono allevate in gabbia, nel capannone vi sono 4 file di gabbie impilate su 6 piani (Fig. 3). Al di sotto di ogni fila di gabbie vi è un nastro per il trasporto della pollina, tale nastro è ventilato mediante insufflazione di aria con tubi forati. Il capannone monitorato ospita in totale 22000 galline.



**Figura 3.** Capannone con galline in gabbia su nastri ventilati. Da notare le lampade ad altezza variabile per garantire il fotoperiodo necessario alla deposizione delle uova.

Nel capannone sono presenti 8 ventilatori , funzionanti in gruppi di due, della capacità di estrazione di  $32000 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  ciascuno. La velocità dell'aria è fissa, non variabile, ed i ventilatori sono collegati ad una centralina che fa entrare in funzione una prima coppia di ventilatori quando la temperatura rilevata da un sensore posto in mezzo al capannone supera i  $22.0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ad ogni scatto di  $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ , i ventilatori aumentano il tempo di lavoro aumentando in tal modo il ricambio dell'aria. I ventilatori (a gruppi di due) sono impostati per funzionare a intermittenza, con cicli di 5 minuti l'uno: a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  di temperatura i ventilatori funzionano 1 minuto su 5, a  $22.2 \text{ }^\circ\text{C}$  per 2 minuti su 5 fino al funzionamento continuo al raggiungimento dei  $22.8 \text{ }^\circ\text{C}$  . Da questa temperatura in poi anche gli altri 3 gruppi partono, sempre a scatti di  $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ . I ventilatori sono posti sul lato perpendicolare alle file di ovaiole, dalla parte opposta vi sono gli inlets per l'entrata dell'aria di ricambio.

## **2.2 Monitoraggio di ammoniaca e gas serra**

L'ammoniaca e i gas serra sono stati monitorati in continuo (con frequenza di 15 minuti) tramite il Monitor multiplo di gas 1302 della Bruel & Kjaer: un analizzatore della concentrazione atmosferica di gas altamente preciso ed affidabile il cui principio di misura è basato sulla rilevazione fotoacustica per emissione di raggi infrarossi (Photo Acoustic Spectroscopy, PAS). Lo strumento è in grado di misurare qualsiasi gas capace di assorbire la luce a infrarossi, la soglia limite di rilievo dipende dal gas, ed è nell'ordine di  $10^{-3}$  ppm. Il monitor utilizzato nella campagna di monitoraggio è dotato di filtri ottici per la rilevazione di ammoniaca, protossido d'azoto, anidride carbonica,

metano; l'errore nella misurazione è inferiore al 3 %. Il campionamento dei gas è fatto utilizzando un tubicino di teflon (PTFE), del diametro di 5 mm, posto o all'interno della sala, oppure nel camino di estrazione dell'aria (quando presente), attraverso il quale è effettuato il prelievo dell'aria da analizzare.

Le misurazione delle concentrazioni dei gas sono state condotte in continuo (frequenza 1 min) per un anno, per periodi di 40 giorni e pause di 20 giorni, per includere tutte le stagioni dell'anno (Arogo et al., 2003).

### 2.3 Calcolo dell'emissione dei gas

L'emissione degli inquinanti è stata calcolata come la moltiplicazione della concentrazione dei gas per i volumi d'aria ricambiati nel medesimo minuto.

$$E_i = C_i \times V_i$$

Equazione 1. Calcolo dell'emissione dell'inquinante

Dove:

$E_i$  = Emissione dell'inquinante al tempo  $i$ ,

$C_i$  = Concentrazione dell'inquinante al tempo  $i$

$V_i$  = Volumi d'aria ricambiati al tempo  $i$

$i$  = tempo (in minuti)

## 3 RISULTATI

In tabella 1 sono riportati le caratteristiche strutturali dei 3 capannoni, i metodi di rimozione della pollina e i valori relativi ai parametri ambientali rilevati durante l'anno di ricerca.

In tabella 2 sono riportati i dati relativi alle concentrazioni e alle emissioni di ammoniaca dai tre allevamenti suddivisi nei periodi tra Novembre 2006 e Maggio 2007, e tra Giugno e Novembre 2007.

La concentrazione di ammoniaca è risultata più alta nell'allevamento di tipo convenzionale con gabbie, in particolare durante i mesi più caldi dell'anno, mentre il fattore di emissione dell'ammoniaca, per tale tipologia è risultato pari a  $15.44 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ,  $8.26 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  per l'allevamento dotato di nastri ventilati e  $23.70 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  per l'allevamento con galline allevate a terra.

In tutti e tre le tipologie studiate si è notato un picco estivo per quanto riguarda l'emissione di ammoniaca, in accordo con quanto riportato in letteratura (Nicholson et al., 2004), i quali hanno rilevato valori di ammoniaca emessa dagli allevamenti avicoli quasi doppi in Estate rispetto all'Inverno.

I valori da noi rilevati nel sistema convenzionale di galline allevate in gabbia sono in generale più bassi rispetto a quelli riportati in uno studio condotto in Olanda, valori inclusi nell'IPPC-TWG BREF (EC, 2002) pari a  $44.063 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  (ovvero  $0.386 \text{ kg y}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ), e inferiori anche ai valori riportati da Nicholson et al., 2004 in uno studio condotto in UK, con valori di ammoniaca emessa di  $9.9 \text{ g h}^{-1} \text{ 500 kg}^{-1} \text{ lw}$ . I nostri risultati sono principalmente dipendenti dalle alte temperature Italiane, che richiedono più alti regimi di ventilazione, e portano ad un essiccamento più veloce della pollina.

Per quanto concerne l'allevamento con nastri ventilati, i nostri valori sono più alti

rispetto a quelli riportati nell'ILF-BREF,  $3.99 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  (ovvero  $0.035 \text{ kg y}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ). Tale risultato può essere attribuito all'abitudine dell'allevatore di limitare il tempo di ventilazione dei nastri per disidratare la pollina a circa 4 h per notte, e tale constatazione pare confermata da uno studio condotto in UK da Nicholson, 2004, i quali autori hanno riportato un fattore di emissione pari a  $3.3 \text{ g h}^{-1} 500 \text{ kg}^{-1} \text{ lw}$  in un allevamento di galline ovaiole allevate su nastri non ventilati.

Il tasso di riduzione di emissione dell'ammoniaca dall'allevamento di galline ovaiole allevate su nastri ventilati vs l'allevamento convenzionale con galline allevate in gabbia è stato del 47%, mentre il tasso di riduzione di emissione dell'ammoniaca dall'allevamento con nastri ventilati vs l'allevamento con galline allevate a terra è stato del 65 %.

Tipo di allevamento	Periodo di monitoraggio	Galline allevate in gabbia		Galline allevate a terra		Galline allevate in gabbia su nastri ventilati	
		Novembre 2006 Maggio 2007	Giugno 2007 Novembre 2007	Novembre 2006 Maggio 2007	Giugno 2007 Novembre 2007	Novembre 2006 Maggio 2007	Giugno 2007 Novembre 2007
Caratteristiche strutturali	Sistema di ventilazione	4 Ventilatori a parete posti longitudinalmente		4 Ventilatori a parete posti longitudinalmente		8 Ventilatori a parete posti longitudinalmente	
	Numero di animali	11.000		7500		22000	
	Sistema di rimozione della pollina	Fossa di stoccaggio e la rimozione della pollina avviene a mezzo di raschiatore		Lettiera e nastro per il trasporto della pollina al di sotto del pavimento grigliato davanti al nido		Nastri ventilati mediante insufflazione di aria con tubi forati per il trasporto della pollina	
Microclima Interno	Temperatura °C Media (min-max)	18.7 (11.2; 25.6)	19.3 (13.2; 27.3)	14.9 (9.7; 26.2)	21.42 (17.5; 26.5)	21.24 (18.1; 22.6)	20.06 (17.2; 23.4)
	Umidità relativa % media (min-max)	55 (24; 88)	56 (27; 86)	62 (28; 97)	46 (32; 58)	55 (28; 74)	56 (42; 67)
Temperatura e umidità relativa esterna	Temperatura °C media (min-max)	12.4 (-1; 29)	19.3 (6.2; 32.3)	12.41 (-1; 29)	19.34 (6.2; 32.3)	14.91 (-3; 28)	18.11 (5.3; 36.7)
	Umidità relativa % media (min-max)	66 (25; 99)	55 (25; 93)	66 (25; 99)	55 (25; 93)	53 (25; 78)	53 (38; 89)
Ventilazione	$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$	59481	65498	18892	72752	13672	22223

**Tabella 1.** Caratteristiche strutturali dei tre allevamenti e iparametri ambientali rilevati durante l'anno di ricerca.

Le concentrazioni medie di anidride carbonica sono risultate più alte nell'allevamento con nastri ventilati in entrambi i periodi di osservazione ( $3441 \text{ mgm}^{-3}$ ), mentre nelle altre due tipologie la concentrazione di anidride carbonica ha mostrato valori simili, in un range compreso tra  $2227 \text{ mg m}^{-3} \text{ gallina}^{-1}$  nel sistema di tipo convenzionale a  $2344 \text{ mg m}^{-3} \text{ gallina}^{-1}$  nel sistema "a terra".

Anche a causa della bassa ventilazione, l'emissione di anidride carbonica nell'allevamento con nastri ventilati è stata la più bassa per tutto l'anno di osservazione, mentre nell'allevamento di galline allevate a terra l'emissione è stata la più alta,

soprattutto nel periodo compreso tra l'Estate e l'Autunno.

La concentrazione media di metano, durante l'intero anno di osservazione è stata più alta nell'allevamento convenzionale con galline allevate in gabbia ( $14.52 \text{ mg m}^{-3}$ ), nell'allevamento con nastri ventilati è stata pari  $4.47 \text{ mg m}^{-3}$  e  $5.78 \text{ mg m}^{-3}$  nell'allevamento di galline allevate a terra.

I fattori di emissione del metano sono risultati nel range di valori riportato in letteratura nella review di Jungbluth et al. (2001), da  $0.076$  a  $0.383 \text{ kg y}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  (ovvero da  $8.67$  a  $43.72 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ), Monteny et al., 2001 hanno riportato fattori di emissione leggermente inferiori, pari a  $0.06 \text{ kg y}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  (o  $6.8 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ).

Concentrazione												
	$\text{NH}_3 \text{ (mg m}^{-3}\text{)}$			$\text{CO}_2 \text{ (mg m}^{-3}\text{)}$			$\text{CH}_4 \text{ (mg m}^{-3}\text{)}$			$\text{N}_2\text{O (mg m}^{-3}\text{)}$		
	I p	II p	Cm	I p	II p	Cm	I p	II p	Cm	I p	II p	Cm
Galline allevate in gabbia	3.948	6.790	5.369	2355	2100	2227	4.087	24.950	14.519	1.691	1.630	1.661
Galline allevate in gabbia su nastri ventilati	4.460	5.431	4.946	3602	3279	3441	2.541	6.394	4.468	1.844	2.047	1.946
Galline allevate a terra	3.789	3.903	3.846	2301	2387	2344	3.974	7.580	5.777	1.713	1.750	1.732
Emissione												
	$\text{NH}_3 \text{ (mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}\text{)}$			$\text{CO}_2 \text{ (mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}\text{)}$			$\text{CH}_4 \text{ (mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}\text{)}$			$\text{N}_2\text{O (mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}\text{)}$		
	I p	II p	Fem	I p	II p	Fem	I p	II p	Fem	I p	II p	Fem
Galline allevate in gabbia	10.67	20.22	15.44	6365	6252	6308	4.57	4.85	4.71	11.05	74.28	42.67
Galline allevate in gabbia su nastri ventilati	5.54	10.97	8.26	4477	6624	5551	2.29	4.13	3.21	3.16	12.92	8.04
Galline allevate a terra	9.54	37.86	23.70	5797	23151	14474	4.32	16.98	10.65	10.01	73.53	41.77

**Tabella1.** Concentrazione ed emissione di ammoniaca e gas serra dai tre capannoni di galline ovaiole.

Legenda:

I p: Primo periodo di monitoraggio, da Novembre 2006 a Maggio 2007

II p: Secondo periodo di monitoraggi, da Giugno 2007 a Novembre 2007

Cm: concentrazione media annuale dell'inquinante

Fem: fattore medio annuale di emissione dell'inquinante s

Nonostante la ventilazione più sostenuta nell'allevamento convenzionale di galline allevate in gabbia, la concentrazione di metano nel capannone è risultata notevolmente alta, ciò potrebbe dipendere dal fatto che il raschiatore per rimuovere la pollina lasciava uno strato di deiezioni "spalmate" nella fossa al di sotto delle gabbie: in generale,



potendo ritenere il metano un indicatore delle buone pratiche gestionali adottate in allevamento, risulta evidente che tale modalità di allontanamento della pollina non sia il più indicato per garantire una buona qualità dell'aria all'interno dell'allevamento e bassi fattori di emissione in atmosfera. Si rammenta che tale tipologia di allevamento per galline ovaiole nel 2013 sarà eliminato in seguito all'applicazione delle leggi europee sul benessere animale. La concentrazione di protossido di azoto misurata è stata in generale inferiore a  $2 \text{ mg m}^{-3}$  nei tre allevamenti: i valori erano leggermente più alti nell'allevamento con nastri ventilati. L'emissione di protossido di azoto, calcolato su base annuale è stato notevolmente contenuto nel capannone con nastri ventilati ( $8.04 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$ ) vs  $42.67 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  per il capannone con galline in gabbia e  $41.77 \text{ mg h}^{-1} \text{ gallina}^{-1}$  per il capannone con galline allevate a terra

#### 4 CONCLUSIONI

Da tale studio l'allevamento di galline ovaiole con nastri ventilati per la disidratazione della pollina è risultata la struttura meno emissiva di ammoniaca e gas serra, confermandosi una tipologia "BAT" e quindi a ridotto impatto ambientale.

#### BIBLIOGRAFIA

- Arogo, J., Westerman, P.W., Heber, A.J., 2003. A review of ammonia emissions from confined swine feeding operations. *Transaction of the ASAE*. 46: 805–817.
- Degré, A., Verhève, D., Debouche, C., 2001. Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction: revue bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5: 135–143.
- EC, European Commission, Directorate-General JRC (2002). Integrated Prevention Pollution Control (IPCC) *Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs (ILF- BREF)*. Seville, November 2002
- IPCC, 2005. *Report of the IPCC Expert Meeting on Emission Estimation of Aerosols Relevant to Climate Change*, 2-4 May, Geneva, Switzerland, 34 p.
- Jungbluth T; Hartung E; Brose G. (2001). Greenhouse gas emissions from animal houses and manure stores. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 60: 133-145
- Monteny G J; Groenestein C M; Hilhorst M A (2001) Interactions and coupling between emissions of methane and protossido di azoto from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 60: 123-132.
- Nicholson F A; Chambers B J; Walker A W (2004). Ammonia emissions from broiler litter and laying gallina manure management system. *Biosystem Engineering*. 89: 175-185
- Nicks, B., Laitat, M., Farnir, F., Vandenheede, M., Désiron, A., Verhaeghe, C., Canart, B., 2004. Gaseous emissions from deep-litter pens with straw or sawdust for fattening pigs. *Animal Science*. 78: 99–107.
- Pain, B., 1998. Gaseous pollutants from organic waste use in agriculture. In: *RAMIRAN (Ed.), Report of the 8th International Conference of the European Cooperative Research Network on Recycling of Agricultural Municipal and Industrial Residuals in Agriculture*. Rennes, France, 26–29 May, p. 233–246.
- Philippe, F. X., Laitat, M., Canart, B., Vandenheede, M., Nicks, B., 2007. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. *Livestock Science*. 111: 144-152.