

## LINEE GUIDA PER LA MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI DI AMMONIACA E GAS SERRA DALL'ALLEVAMENTO BOVINO

*Il presente documento è stato elaborato nell'ambito del Progetto GHGE (GreenHouse Gas Emissions)- finanziato dalla Regione Veneto nell'ambito del PSR, Misura 124 del 2012- "Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale", approvato con DGR n. 1354 del 03/08/2011.*

### LA NORMATIVA

Nell'ambito degli strumenti e delle politiche adottati per fronteggiare i cambiamenti climatici, la Direttiva europea 2010/75/UE sul Controllo e la Riduzione Integrate dell'Inquinamento (IPPC), recepita in Italia con il decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale" e s.m.i, stabilisce un quadro generale per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera di ammoniaca e gas serra derivanti dalle attività antropiche, tra cui anche l'agricoltura e la zootecnia.

La direttiva IPPC si applica in ambito zootecnico agli allevamenti intensivi di avicoli e suini, ovvero alle aziende con più di 40000 posti pollame, 750 posti scrofa o 2000 posti suini da ingrasso. Essa prevede il rilascio dell'autorizzazione (Autorizzazione Integrata Ambientale, AIA): per ottenerla, le aziende devono dimostrare di adottare le migliori tecniche disponibili (MTD) di gestione dell'allevamento, ovvero le strategie di alimentazione, stabulazione e gestione delle deiezioni che consentono di minimizzare l'impatto ambientale in termini di emissioni in atmosfera, garantendo al contempo che l'inquinamento non venga semplicemente trasferito da un comparto ambientale (aria) ad un altro (acqua o suolo), in un'ottica integrata di tutela ambientale. A questo proposito sono state realizzate le Linee Guida, pubblicate con DM 29/01/2007 e recentemente sostituite con una versione aggiornata e per ora disponibile in lingua inglese reperibile all'indirizzo [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP\\_D2\\_082013online.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/IRPP_D2_082013online.pdf).

Una recente revisione della Direttiva IPPC, recepita in Italia con il decreto legislativo n. 128 del 29 giugno 2010, ha esteso il controllo delle emissioni anche agli allevamenti di suini e avicoli di minori dimensioni e a quelli delle altre specie di interesse zootecnico, seppur con adempimenti differenziati in funzione della dimensione aziendale (Tabella 1).

In particolare:

- per consistenze aziendali comprese nell'intervallo indicato in Tabella 1 si richiede un'autorizzazione semplificata, detta *autorizzazione di carattere generale*;
- per consistenze aziendali maggiori si richiede invece un'*autorizzazione ordinaria*, che prevede, in più rispetto all'autorizzazione generale, anche una stima delle emissioni di gas serra (metano e protossido di azoto) e di ammoniaca in atmosfera. Questa autorizzazione ordinaria, per gli allevamenti di suini e avicoli, coincide con l'AIA.

<p>TABELLA – Valori di consistenza aziendale, espressa in termini di posti stalla (numero di capi potenzialmente presenti) per i quali è previsto l'obbligo di autorizzazione alle emissioni. Per valori compresi nell'intervallo indicato è richiesta l'autorizzazione di carattere generale, per valori superiori è richiesta l'autorizzazione di carattere ordinario. [DLgs n° 152/2006, art. 272, commi 1 e 2].</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Specie/categoria	Consistenza aziendale
Vacche in produzione	200-400
Rimonta e bovini da carne	300-600
Vitelli a carne bianca	1.000-2.500
Suini-scrofe con suinetti allo svezzamento	400-750
Suini-ingrasso	1.000-2.000
Ovicaprini	2.000-4.000
Ovaiole e riproduttori	25.000-40.000
Avicoli da carne	30.000-40.000
Tacchini-maschi	7.000-40.000
Tacchini-femmine	14.000-40.000
Cunicoli-fattrici	40.000-80.000
Cunicoli-ingrasso	24.000-80.000
Equini	250-500
Struzzi	700-1.500

Emerge quindi la necessità di definire le linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD) per la riduzione/mitigazione delle emissioni dall'attività zootecnica anche per le altre specie e categorie zootecniche, analoghe a quelle già esistenti per avicoli e suini.

Ciò è particolarmente necessario per il settore bovino, che, con il 40% delle aziende zootecniche, riveste un ruolo di primo piano nell'ambito della zootecnia nazionale (ISTAT- 6° Censimento generale dell'agricoltura).

## **LE EMISSIONI IN ATMOSFERA DALLA ZOOTECNIA**

Le emissioni di interesse sono quelle di ammoniaca, metano e protossido di azoto.

### **1. Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)**

*Che cos'è e quali problemi causa?*

L'ammoniaca è precursore del protossido di azoto. Inoltre, svolge un ruolo chiave in diversi problemi ambientali: è precursore del particolato atmosferico fine (PM 2.5), che è dannoso per la salute umana ed altera la visibilità atmosferica e la sua deposizione causa l'acidificazione dei suoli e l'eutrofizzazione delle acque.

*Come si forma?*

In ambito zootecnico le emissioni di ammoniaca sono generate dalle fermentazioni microbiche a carico dell'azoto presente nelle deiezioni (feci e urine) e avvengono in tutte le fasi di gestione, dal momento dell'escrezione nel ricovero fino alla distribuzione in campo. In particolare, l'ammoniaca si forma sia per idrolisi enzimatica dell'urea presente nelle urine ad opera dell'enzima ureasi, sia per degradazione microbica della proteina non digerita presente nelle feci. La prima reazione è particolarmente veloce perché l'enzima ureasi è prodotto dai microorganismi naturalmente presenti nelle deiezioni: nelle normali condizioni di allevamento l'urea presente nelle urine viene trasformata in ammoniaca nel giro di poche ore. La liberazione di ammoniaca dalle feci invece richiede tempi più lunghi per il processo di mineralizzazione, e si realizza tipicamente durante uno stoccaggio prolungato delle deiezioni. Una volta prodotta, l'ammoniaca tende a volatilizzare: maggiore è la temperatura dell'aria e maggiore è la ventilazione sulla superficie delle deiezioni, maggiore è la volatilizzazione.

### **2. Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O)**

*Che cos'è e quali problemi causa?*

Il protossido di azoto è un potente gas serra, con un effetto termico pari a circa 270 volte quello dell'anidride carbonica.

*Come si forma?*

È il prodotto delle reazioni di nitrificazione e successiva parziale denitrificazione dell'ammoniaca presente nelle deiezioni.

Condizioni che favoriscono la produzione di protossido sono quelle di micro-aerofilia tipiche delle lettiere permanenti e dello stoccaggio del letame, soprattutto se caratterizzati da elevata umidità e, infine, dei terreni sui quali vengono distribuiti fertilizzanti azotati o deiezioni. In questi ultimi condizioni favorevoli si hanno in caso di terreni saturi (a seguito di periodi di prolungata piovosità) e in presenza di azoto in forme facilmente nitrificabili come quelle ammoniacali.

### **3. Metano (CH<sub>4</sub>)**

*Che cos'è e quali problemi causa?*

Il metano è un gas serra con un effetto termico 23 volte superiore a quello dell'anidride carbonica.

*Come si forma?*

E' il prodotto della degradazione anaerobica dei composti del carbonio e in ambito zootecnico si origina:

- dalle fermentazioni ruminali (si parla di metano enterico)
- dalle fermentazioni a carico della sostanza organica non digerita ed escreta nelle deiezioni. Per queste ultime, condizioni favorevoli sono quelle anaerobiche tipiche dello stoccaggio dei liquami ma anche dei letami, in particolare se caratterizzati da elevata umidità e poca struttura, che determinano la formazione di sacche anaerobiche.

### **Qual è il contributo della zootecnia al totale nazionale?**

L'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) provvede da anni al calcolo delle emissioni in atmosfera nazionali per ogni categoria di attività produttiva: energia, processi industriali, uso di solventi ed altri prodotti, agricoltura, uso e cambiamento dell'uso del suolo e delle foreste, rifiuti, altro.

#### *Ammoniaca*

All'agricoltura è attribuito il 94% delle emissioni totali nazionali di ammoniaca.

La zootecnia contribuisce, in modo diretto, per l'80% delle emissioni totali nazionali di ammoniaca, con la gestione delle deiezioni (77,6%) e con la deposizione delle stesse al pascolo (2,6%).

Tabella 1 - Emissioni nazionali di ammoniaca (NH<sub>3</sub>): contributo al totale nazionale del "macrosettore" agricoltura e delle diverse categorie che lo compongono (ISPRA, Annuario dei dati ambientali 2012 e Inventario n° 140/2011).

	Gg/a	% sul totale nazionale	% sul totale agricoltura
Totale nazionale	392,689		
<b>totale agricoltura, di cui</b>	<b>369,57</b>	<b>94,4</b>	100
gestione deiezioni animali (ricovero, stoccaggio e spandimento)	303,55	77,6	82,1
gestione suoli agricoli, di cui:	66,03	16,9	17,9
- utilizzo fertilizzanti azotati	55,93	14,3	15,1
- animali al pascolo	10,10	2,6	2,7

~~Il settore bovino, da solo, contribuisce per il 51,6% alle emissioni di ammoniaca dall'agricoltura: 49% gestione deiezioni bovine e 2,6% pascolo (ISPRA, inventario 140/2011).~~

#### *Gas serra (metano e protossido di azoto)*

L'agricoltura contribuisce con metano e protossido di azoto al 7,6% al totale delle emissioni nazionali di gas serra. Il contributo diretto della zootecnia, considerando il metano di origine enterica e il metano e il protossido originati dalle deiezioni, è del 3,8% (ISPRA, Inventario nazionale delle emissioni 162/2012).

Fatte 100 le emissioni di gas serra dall'agricoltura (esprese in CO<sub>2</sub> eq), il 31,8% è metano da fermentazione enterica dei ruminanti e il 45% è protossido di azoto originato dalla gestione dei suoli agricoli (fertilizzazioni e pratiche agronomiche).

Tabella: emissioni di metano e di protossido di azoto, espressi in CO<sub>2</sub> equivalente, dal settore agricoltura (ISPRA, 162/2012).

		<b>Mt CO<sub>2</sub>eq/a</b>	<b>% sul totale agricoltura</b>
	<b>totale agricoltura, di cui:</b>	<b>33,7</b>	<b>100</b>
metano	fermentazione enterica	10,732	31,8
	gestione deiezioni (ricovero e stoccaggio)	2,567	7,6
	coltivazione del riso	1,565	4,6
Protossido di azoto	gestione deiezioni (ricovero e stoccaggio)	3,701	11,0
	gestione suoli agricoli <sup>(1)</sup>	15,159	45,0

<sup>(1)</sup> Fertilizzazioni azotate di sintesi, spandimento reflui, fenomeni indiretti di deposizione atmosferica e di lisciviazione e ruscellamento.

### Metano

Fatto 100 le emissioni di metano dall'agricoltura, il 72% è metano da fermentazione enterica (56,5% bovini + 15,5% altri ruminanti); il 17,3% è metano dalle deiezioni (7,3% bovine + 10% altre specie/categorie) e il 10,5% è originato dalle risaie (ISPRA Annuario 2012 e Inventario 140/2011).

Quindi da solo il settore bovino contribuisce al 63,8% delle emissioni di metano dall'agricoltura, considerando la fermentazione enterica e la gestione delle deiezioni.

### Protossido di azoto

Fatto 100 le emissioni di protossido dall'agricoltura, l'80,5% è derivato dalla gestione dei suoli agricoli (8% pascolo + 14,1% distribuzione agronomica degli effluenti + 58,4% pratiche agronomiche) e il restante 19,5% dallo stoccaggio delle deiezioni in azienda (11,6% deiezioni bovine + 7,9% altre specie) (ISPRA Inventario 140/2011).

Quindi da solo il settore bovino contribuisce in modo diretto al 19,6% delle emissioni di protossido di azoto dall'agricoltura, considerando lo stoccaggio delle deiezioni e la deposizione delle stesse al pascolo.

### **Riassumendo**

Riassumendo, si ha che all'interno di un'Azienda agricola i punti e i processi maggiormente a rischio per la produzione di ammoniaca, metano e protossido sono i seguenti:

- per l'ammoniaca: tutte le fasi di gestione degli effluenti, dalla stalla (37%), al ricovero (38%), alla distribuzione agronomica (25%);

- per il metano: i ricoveri (80%), per la quota da fermentazione enterica (dove vivono gli animali!), e gli stoccaggi dei non palabili (20%), per la quota da fermentazione dalle deiezioni;

- per il protossido di azoto: lo stoccaggio dei palabili (17%), la gestione delle fertilizzazioni azotate nei terreni agrari (83%)

	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Ricovero	+	+++	+
Stoccaggio	++	+	+/-
Spandimento	+++	-	+++

## STRATEGIE DI MITIGAZIONE: GENERALITA'

Le strategie per la riduzione delle emissioni dall'attività zootecnica si dividono in due principali linee di intervento: quelle "a monte", volte a *ridurre* le emissioni di metano enterico e i volumi di escreto per unità di prodotto finito (kg di latte o di carne) e quelle "a valle", finalizzate a *contenere* le emissioni dall'escreto, una volta prodotto.

Nel primo gruppo rientrano quelle azioni:

- i) che permettono di ridurre il numero di capi allevati per unità di prodotto;
- ii) indirizzate al miglioramento dell'efficienza alimentare degli animali, per ridurre le escrezioni di nutrienti (azoto e sostanza organica) e le emissioni di metano enterico al minimo connaturato con i processi metabolici.

Nel secondo gruppo rientrano le azioni di contenimento delle emissioni nelle varie fasi di gestione degli effluenti, dal ricovero, allo stoccaggio, alla distribuzione in campo.

Va da sé che agire sul semplice contenimento delle emissioni dall'escreto aumenta il tenore in azoto del refluo al campo, aggravando quelle situazioni territoriali nei quali ad una elevata densità zootecnica si somma la qualifica di Vulnerabilità ai Nitrati dei terreni utilizzati per la distribuzione agronomica degli effluenti.

Ragionando in un'ottica integrata di tutela ambientale quindi, le azioni di riduzione "a monte" dell'escreto diventano strategiche e sono le più efficaci per un'effettiva riduzione delle emissioni di azoto e di metano dalle deiezioni. Nel caso del metano enterico, poi, sono le uniche applicabili.

Le strategie di mitigazione/riduzione delle emissioni possono essere quindi ripartite nelle seguenti cinque sezioni, che rispecchiano le cinque "fasi" di gestione dell'allevamento:

azioni di riduzione "a monte"	Gestione zootecnica
	Alimentazione
Azioni di contenimento "a valle"	Ricoveri
	Stoccaggio
	Distribuzione

## **GESTIONE ZOOTECNICA**

In questo gruppo rientrano quelle azioni rivolte alla riduzione del numero di capi necessari per unità di prodotto finito, quindi alla riduzione delle emissioni di azoto e di metano (sia enterico che dalle deiezioni) per kg di latte o di carne.

1. Aumento del potenziale produttivo del singolo capo attraverso la selezione genetica in modo da ridurre l'incidenza del mantenimento sul kg di latte o carne prodotto. Questa strada è già stata percorsa nei Paesi occidentali, dove negli ultimi 40 anni attraverso la selezione genetica verso animali più produttivi si è ottenuta una riduzione della produzione di metano del 30% per kg di latte prodotto.

2. Allungamento della carriera produttiva, espressa, per le bovine da latte, come numero di lattazioni per capo. Si stima ad esempio che passare da una media aziendale di 2 a una di 3 lattazioni per capo consente una riduzione delle escrezioni di azoto del 13.3%.

3. Riduzione delle inefficienze della produzione, rappresentate da:

- mortalità: nello specifico del bovino da carne, un capo che muore è un capo che ha prodotto emissioni non compensate dal prodotto finito.
- accrescimento (per il bovino da carne) o produzione di latte (per le bovine da latte) al di sotto delle potenzialità date dal tipo genetico. Nello specifico dei bovini da carne, un accrescimento non ottimale determina un allungamento del ciclo di ingrasso quindi un aumento, a parità di carne prodotta, delle emissioni di metano enterico e della produzione di deiezioni.
- periodi improduttivi delle manze (età al primo parto) e delle bovine adulte (durata dell'interparto)
- scarto o eliminazione degli animali prima della loro maturità produttiva, a causa di infortuni, zoppie, infertilità o malattie.

Sono coinvolti tutti gli aspetti della gestione zootecnica: da quello sanitario, all'alimentazione, all'ambiente e alle strutture di stabulazione. Inoltre, emerge come il controllo di questi parametri va non solo nella direzione della riduzione dell'impatto ambientale (inteso come emissioni in atmosfera) ma anche del benessere animale.



## ALIMENTAZIONE

In questo gruppo rientrano quelle strategie indirizzate al miglioramento dell'efficienza alimentare degli animali, nell'ottica della *precision feeding*, per ridurre le escrezioni di nutrienti (azoto e sostanza organica) e le emissioni di metano enterico al minimo connaturato con i processi metabolici.

1. Bilanciare correttamente i nutrienti nella dieta, in particolare il rapporto tra azoto (proteina) e carbonio (energia), per massimizzare l'efficienza di utilizzazione di entrambe le frazioni.

2. Razionare per fasi, per avvicinare il più possibile gli apporti ai fabbisogni degli animali. Si stima ad esempio che passando da una razione unica a più razioni differenziate per fase produttiva si stima infatti una riduzione dell'azoto escreto per capo all'anno del 3,94%. A questo proposito, negli allevamenti di bovini da latte si consiglia di differenziare le razioni per le bovine in lattazione realizzando una razione per le asciutte, una per le bovine a inizio lattazione e una per quelle a media-fine lattazione. Per i bovini da carne si consiglia invece di differenziare per fasi di accrescimento, con razioni diverse per l' accrescimento, l' ingrasso e il finissaggio.

3. Evitare gli eccessi nel razionamento proteico: l'azoto eccedente i fabbisogni dell'animale viene eliminato sia come azoto ureico nelle urine sia come proteina non digerita nelle feci. Un aumento del tenore in proteina grezza (PG) della razione determina un aumento proporzionale dell'azoto escreto nelle deiezioni: aumentare il tenore in PG (%ss) della razione dal 16% al 17,5-18,5% circa aumenta l'escrezione di azoto del 13-20%.

A questo proposito il documento comunitario di riferimento UNECE, 2014 fornisce le seguenti linee guida per la riduzione dell'azoto escreto:

**Tabella.** Razionamento proteico (%ss) che consente una bassa-media-alta efficienza nella riduzione dell'azoto escreto. I valori sono compatibili con il mantenimento delle prestazioni produttive degli animali.

Categoria allevata	Tipo di razione	PG (%ss)	Efficienza
Bovine da latte	Inizio lattazione (fresche) ( $\geq$ 30 kg latte/giorno)	17-18	bassa
		16-17	media
		15-16	alta
	Inizio lattazione (fresche) (< 30 kg latte/giorno)	16-17	bassa
		15-16	media
		14-15	alta
	Fine lattazione (avanti)	15-16	bassa
		14-15	media
		12-14	alta
	rimonta	14-16	bassa
13-14		media	
12-13		alta	
Vitelloni	Vitelloni > 6 mesi	14-15	bassa

		13-14	media
		12-13	alta

4. Controllo frequente della composizione nei parametri nutrizionali principali (sostanza secca, amido, proteina, fibra) per assicurarsi che la razione “teorica” corrisponda a quella che effettivamente giunge alla bocca dell’animale.

Spesso le tabelle di razionamento vengono elaborate sulla base della composizione standard degli alimenti, ma sarebbe auspicabile un controllo frequente della composizione nei parametri nutrizionali principali (sostanza secca, amido, proteina, fibra) almeno per quegli alimenti che i) entrano in quota maggiore nella dieta, ovvero fieni ed insilati, dove scarti tra la composizione teorica (ad esempio in proteina) e quella reale portano a differenze sensibili nella razione e che ii) sono soggetti ad elevata variabilità. A questo proposito, uno studio recente ha dimostrato come il tenore in proteina grezza dell’insilato possa variare di interi punti percentuali lungo uno stesso fronte di taglio della trincea.

Si consiglia dunque di effettuare dei controlli analitici (cartellino e, per gli insilati, profilo fermentativo) sugli alimenti (insilati, fieni) e sulle razioni con frequenza almeno mensile.

## **RICOVERI**

Le emissioni di ammoniaca, metano e protossido di azoto all'interno dei ricoveri derivano dalle fermentazioni microbiche a carico delle deiezioni ivi deposte: queste, e la volatilizzazione dei gas prodotti (in particolare ammoniaca), sono a loro volta influenzate da parametri ambientali quali temperatura, umidità e tasso di ventilazione all'interno del ricovero. Le strategie per ridurre le emissioni seguono quindi tre principi:

- la riduzione delle superfici interessate dalle deiezioni
- l'allontanamento rapido delle deiezioni (= la fonte delle emissioni) dal ricovero;
- il controllo dei parametri ambientali che influenzano la velocità delle fermentazioni microbiche e la volatilizzazione dei gas di fermentazione.

1. La riduzione delle superfici interessate dalla deposizione delle deiezioni, compatibilmente con le esigenze di funzionalità e di benessere animale: questo è particolarmente importante per ridurre le emissioni di ammoniaca, in quanto maggiore è la superficie di scambio tra le deiezioni e l'aria, maggiore è la volatilizzazione di questo gas.

2. L'allontanamento rapido delle deiezioni (= la fonte delle emissioni) dal ricovero.

3. Il controllo dei parametri ambientali che influenzano la velocità delle fermentazioni microbiche e la volatilizzazione dei gas di fermentazione: temperatura, umidità e tasso di ventilazione all'interno del ricovero.

### Corsie di servizio e di alimentazione

1) Pulizia frequente e regolare: nel caso di pavimento pieno si consiglia l'utilizzo di raschiatori meccanici con una frequenza minima di 4-6 passaggi giornalieri. È importante che la superficie della corsia sia ben livellata, in caso contrario il passaggio del raschiatore determina un aumento delle emissioni di ammoniaca in quanto crea uno strato diffuso sulla superficie da cui si libera ammoniaca. Nel caso di pavimento discontinuo si consiglia anche in questo caso l'utilizzo di un raschiatore meccanico sottogrigliato mentre sono da evitare soluzioni quali l'accumulo o il ricircolo, in quanto si tratta di soluzioni che prevedono la presenza costante del liquame all'interno della stalla, fonte continua di emissioni di ammoniaca.

2) Per facilitare il rapido drenaggio delle urine le corsie in pavimento pieno dovrebbero essere realizzate con una pendenza trasversale (1,5-2%) verso il centro della corsia stessa; è anche possibile realizzare un collettore fognario centrale posto al di sotto della guida del raschiatore e dotato di una leggera pendenza longitudinale verso la testata della stalla. Qualora sia possibile sfruttare un dislivello naturale, è inoltre consigliato realizzare il pavimento con una leggera pendenza longitudinale (0,5-1%) verso l'uscita.

3) limitare la larghezza della corsia al minimo funzionale (2-3 m per la corsia di servizio, 3-3,5 per quella di alimentazione).

### Paddock

Le aree esterne di esercizio sono un punto importante di emissione: esse contribuiscono per il 69-92% al totale delle emissioni di ammoniaca dal ricovero (inteso come stalla+paddock. Pertanto si consiglia di:

- limitare l'area del paddock (nel limite degli spazi minimi previsti) e preferire le soluzioni con paddock a lato della zona di riposo (stalla a corpi riuniti) perché non essendo un passaggio obbligato (come invece nel caso di stalla a corpi separati- con paddock posto tra la zona di riposo e quella di alimentazione) può esserne escluso l'uso nei periodi più piovosi: questo accorgimento limita non solo le emissioni (grazie alla riduzione delle superfici contaminate con le deiezioni) ma anche i volumi di stoccaggio, dato che le acque meteoriche che cadono sulle superfici interessate dalle deiezioni sono assimilate ai liquami;
- eseguire una rimozione regolare e frequente delle deiezioni, o con raschiatore meccanico (per paddock pavimentati) o con pala meccanica (per paddock in terra battuta).

#### Stabulazione su grigliato (bovini da carne)

per la stabulazione su grigliato evitare soluzioni quali l'accumulo sotto grigliato, il ricircolo o la tracimazione: si tratta a tutti gli effetti di uno stoccaggio interno al ricovero, da cui si generano emissioni continue di ammoniaca, ma anche di metano, in quanto è un ambiente strettamente anaerobico favorevole allo sviluppo di fermentazioni metanogene. Una valida soluzione è costituita dal raschiatore meccanico sotto-grigliato, analogo a quello utilizzato per la pulizia delle corsie in pavimento pieno.

#### Stabulazione su lettiera

Per la stabulazione su lettiera, è importante rimuovere frequentemente il letame accumulato nella zona di riposo o nelle corsie di accumulo (nel caso della lettiera inclinata). E' inoltre importante aggiungere materiale di lettiera con frequenza, regolarità e in quantitativi adeguati e rispettare i valori progettuali di densità di stabulazione, con preferenza per le densità minori. Il tutto ai fini di mantenere la lettiera il più possibile asciutta e creare un letame strutturato, limitando la volatilizzazione dell'ammoniaca dalle superfici bagnate e la formazione di sacche di anaerobiosi da cui la produzione di metano. Le lettiere, in particolare se caratterizzate da elevata umidità e densità, sono infatti un ambiente dove coesistono zone aerobiche e zone anossiche, e dove quindi si ha lo sviluppo incontrollato di reazioni sia aerobiche che anaerobiche che portano alla produzione di ammoniaca, metano e protossido di azoto.

#### *Lettieria piana bovine da latte*

- densità di stabulazione: dai 6 agli 8 m<sup>2</sup>/capo, comunque non inferiore a 5 per non sovraccaricare di deiezioni la lettiera e per assicurare un adeguato spazio di riposo per ogni capo;
- frequenza di aggiunte di lettiera: ogni 1-2 giorni;
- quantità di lettiera impiegata nelle aggiunte: 5 ai 7 kg di paglia per capo/giorno;
- frequenza di pulizia dell'area di riposo a lettiera: ogni 20-30 giorni.

#### *Lettieria piana vitelloni da ingrasso*

- densità di stabulazione: 4,5-5 m<sup>2</sup>/capo, comunque non inferiore a 4 per non sovraccaricare di deiezioni la lettiera e per assicurare un adeguato spazio di riposo per ogni capo;
- frequenza di aggiunte di lettiera: ogni 1-2 giorni;
- quantità di lettiera impiegata nelle aggiunte: 4-6 kg di paglia per capo/giorno;
- frequenza di pulizia dell'area di riposo a lettiera: ogni 20-30 giorni.

#### *Lettieria inclinata vitelloni da carne*

Si intende la soluzione di stabulazione in cui il pavimento del box è inclinato, con pendenza o verso la mangiatoia o verso il lato opposto. Grazie all'inclinazione del pavimento e all'azione di calpestamento degli animali il letame tende a scivolare verso la zona più bassa: nel primo caso viene raccolto in una cunetta, posta generalmente sotto la mangiatoia, dove viene asportato da un sistema meccanico (nastro); nel secondo caso scivola fuori dal box e si accumula in una corsia esterna dove viene rimosso generalmente tramite pala meccanica. Qui di seguito i parametri progettuali da rispettare per garantire il corretto "funzionamento" del sistema:

- pendenza della pavimentazione del box: 6-8%
- densità di stabulazione: 4,5-5 m<sup>2</sup>/capo, comunque non inferiore a 4 per assicurare un adeguato spazio di riposo per ogni capo;
- frequenza di aggiunte di lettiera: 1-2 giorni;
- quantità di lettiera impiegata nelle aggiunte: circa 1-1,5 kg/capo/giorno: al di sotto di questi valori si compromette la pulizia degli animali, mentre al di sopra si possono provocare accumuli di paglia che impediscono il naturale allontanamento del letame.

Soluzioni diverse, con pendenza inferiore al 2% di tutto il box o solo di una parte, sono da considerarsi invece come una lettiera piana.

#### *Corretta climatizzazione del ricovero di allevamento*

Soprattutto nel periodo estivo è importante mantenere valori di temperatura inferiori a quelli esterni e condizioni di umidità contenute, garantendo un ricambio dell'aria ai fini del benessere degli animali. Queste azioni vanno anche nella direzione del contenimento delle emissioni di ammoniaca. Soprattutto nel caso di stabulazione su lettiera, mantenere una lettiera asciutta, anche grazie a una corretta ventilazione che riduce l'umidità ambiente permette di ridurre le fermentazioni microbiche al suo interno.

Da questo punto di vista si consiglia:

- la coibentazione del tetto;
- l'adozione di sistemi di ombreggiamento e di raffrescamento (ventilazione) possibilmente collegati a sonde di temperatura e umidità in grado di regolarne in automatico il funzionamento;

Attenzione: Nel caso delle stalle a lettiera la ventilazione gioca un ruolo fondamentale nel mantenere asciutta la lettiera, riducendo, in valore assoluto le emissioni di ammoniaca dal letame accumulato. Essa però ha anche il ruolo di garantire il continuo ricircolo di aria, rimuovendo quella viziata. Così facendo stimola la volatilizzazione di ammoniaca dalla fase acquosa (l'umidità del letame) a quella gassosa: è quindi importante che il sistema di

ventilazione sia progettato e posizionato in modo tale da allontanare l'aria viziata dalla zona dove sono presenti gli animali, per evitare che sia semplicemente "spostata", risultando in una maggiore concentrazione ambiente, quindi con effetti negativi sulla salute degli animali.

## STOCCAGGIO DEGLI EFFLUENTI

### Stoccaggio dei non palabili (liquami)

Lo stoccaggio degli effluenti non palabili (liquami, ma anche digestati e frazioni liquide da separazione solido-liquido) è un ambiente tipicamente anaerobico favorevole allo sviluppo di fermentazioni metanigene; allo stesso tempo, dalla superficie libera dei liquami si libera ammoniaca per volatilizzazione. E' invece trascurabile la produzione di protossido di azoto.

Per ridurre le emissioni dagli stoccaggi è dunque fondamentale la copertura delle vasche. In commercio esistono diverse tipologie di copertura, che possono essere classificate in due grandi categorie:

- fisse (ancorate ai bordi), con o senza recupero del biogas.
- galleggianti, realizzate in diversi materiali, sia naturali (olii vegetali, argilla espansa, paglia, stocchi, trucioli...) che sintetici (membrane o altri elementi galleggianti in materiale plastico);

Il documento europeo di riferimento (UNECE, 2014) riporta i seguenti valori di riduzione delle emissioni di ammoniaca dovuti alle diverse tipologie di copertura:

copertura	Riduzione % delle emissioni
Nessuna (riferimento)	0%
Elementi flottanti a bassa tecnologia (paglia, stocchi, olio etc)	40%
Elementi galleggianti (argilla espansa, elementi esagonali sintetici, membrane)	60%
Copertura ancorata ai bordi (fissa)	80%
Contenitore a sacco	100%

Le prime sono generalmente strutture di tipo rigido, ancorate ai bordi, che permettono di ridurre le emissioni di ammoniaca dell'80% ed evitano l'ingresso delle acque meteoriche, preservando la capacità di stoccaggio della struttura.

Le seconde svolgono principalmente un'azione schermante che riduce la superficie di scambio tra il liquame e l'atmosfera, e possono essere di materiale organico (paglia, stocchi, argilla espansa) oppure sintetico (teli o membrane galleggianti o altri elementi galleggianti in materiale plastico che creano una copertura omogenea della superficie).

Oltre ad avere un minore effetto sulla riduzione delle emissioni (40-60% per l'ammoniaca), non evitano l'ingresso delle acque meteoriche.

C'è da segnalare inoltre che i materiali di tipo naturale quali paglia, stocchi, argilla espansa a lungo andare affondano nella massa in stoccaggio e non solo quindi devono essere periodicamente reintegrati ma possono causare problemi in fase di carico e di distribuzione: formano agglomerati che ostruiscono le pompe di carico e gli ugelli di scarico e che rimangono in superficie sul terreno, ostacolando la percolazione nel suolo del liquame.

A fronte di queste considerazioni si consiglia dunque l'adozione di una copertura di tipo fisso, che oltre a una maggiore capacità schermante aggiunge il benefit di allontanare le acque meteoriche, preservando l'autonomia di stoccaggio della struttura.

In caso di nuova realizzazione una valida alternativa alle vasche coperte sono i contenitori a sacco che permettono di schermare la quasi totalità delle emissioni di ammoniaca (100% di riduzione delle emissioni, Tabella).

La copertura è particolarmente consigliata per gli stoccaggi del digestato perché questo materiale ha un'emissione di ammoniaca e di metano superiore al liquame tal quale.

### **Stoccaggio dei palabili (letami)**

Un cumulo di letame in stoccaggio può essere fonte di emissioni di odori, ammoniaca e protossido di azoto, a seconda che le condizioni di stoccaggio favoriscano fermentazioni di tipo aerobico o anaerobico.

Un cumulo di letame con un buon rapporto Carbonio/Azoto, ben strutturato, di forma tale da consentire una corretta aerazione della massa, eventualmente rivoltato, diventa un ambiente favorevole allo sviluppo delle fermentazioni aerobiche, che generano emissioni principalmente di vapore acqueo e anidride carbonica. Le emissioni di ammoniaca si verificano principalmente nelle prime fasi di stoccaggio, soprattutto se il materiale ha un rapporto Carbonio/Azoto non ottimale (< 25-30), tale da comportare una liberazione dell'azoto in eccesso rispetto alle esigenze metaboliche dei microorganismi aerobi: cosa comune nel caso delle lettiere avicole ma meno frequente per le lettiere bovine, caratterizzate da una buona presenza di materiale ligneo-cellulosico (il materiale di lettiera).

Inoltre, in queste condizioni, si ottiene:

- l'abbattimento della fermentescibilità;
- l'aumento della temperatura della massa, quindi la riduzione della carica patogena.

Il risultato è un prodotto stabilizzato dal punto di vista delle fermentazioni e degli odori e sanificato, con caratteristiche agronomiche migliori rispetto al letame di partenza:

*“ La semplice formazione di un cumulo di altezza non superiore ai 2 metri e il suo eventuale rivoltamento garantiscono un'ideale maturazione del letame e lo sviluppo di temperature sufficientemente elevate per controllare i patogeni”* (Codice di Buona Pratica Agricola)

Al contrario, un cumulo con un'elevata umidità, poco strutturato, asfittico, è un ambiente dove si sviluppano in modo incontrollato fermentazioni insieme aerobiche e anaerobiche, con produzione di ammoniaca, metano e protossido di azoto.

I cumuli in stoccaggio, in special modo quelli costituiti anche da matrici vegetali (come le lettiere bovine), si caratterizzano per lo sviluppo di una crosta superficiale che riduce l'infiltrazione dell'acqua piovana a favore del suo ruscellamento superficiale. Tuttavia, nei periodi di intense e prolungate precipitazioni infatti, il semplice “effetto pagliaio” risulta insufficiente a preservare la massa dall'infiltrazione dell'acqua: si determina così un imbibimento eccessivo del materiale, quindi l'evoluzione verso un ambiente anossico che blocca le fermentazioni aerobiche a favore, semmai, di quelle anaerobiche.



Fondamentale è dunque la copertura delle concimaie con coperture di tipo rigido che evitando l'ingresso delle acque meteoriche garantiscono il corretto sviluppo delle fermentazioni aerobiche del materiale in stoccaggio, permettendo la maturazione e l'igienizzazione dello stesso. Bisogna infatti ricordare che lo stoccaggio ha come finalità quello di garantire la messa in sicurezza igienico-sanitaria e la corretta gestione agronomica degli effluenti, rendendoli disponibili all'utilizzo nei periodi più idonei sotto il profilo agronomico e nelle condizioni più adatte per l'utilizzazione.

## **DISTRIBUZIONE AGRONOMICA**

La fase di distribuzione agronomica degli effluenti e la gestione dei terreni agrari in seguito ad essa sono rilevanti ai fini delle emissioni azotate, ma non di quelle di metano, che si fermano alla fase di stoccaggio dei liquami.

Durante la fase di distribuzione agronomica degli effluenti e nei momenti immediatamente successivi si verificano emissioni di ammoniaca.

Nei periodi successivi alla distribuzione si possono verificare invece emissioni di protossido di azoto, e l'entità delle stesse dipende in larga parte dalle condizioni del suolo.

Le strategie di mitigazione delle emissioni riguardano dunque:

- 1) le tecniche di distribuzione, in particolare per le emissioni di ammoniaca
- 2) le modalità di gestione delle fertilizzazioni e dei terreni agrari, in particolare per le emissioni di protossido di azoto.

### **Non palabili (liquami e assimilati)**

*Tecniche che limitano la nebulizzazione dell'effluente durante la distribuzione*

Per ridurre la volatilizzazione dell'ammoniaca durante le operazioni di spandimento si consiglia di adottare sistemi di distribuzione superficiale a bassa pressione o di mezzi di distribuzione rasoterra o l'interramento diretto. Nel caso dello spandimento superficiale con piatto deviatore è necessario pertanto lavorare con traiettoria ridotta al minimo e con pressione di erogazione molto bassa in modo da favorire la formazione di gocce molto grandi ed evitare così la formazione di aerosol.

*Riduzione del tempo di permanenza del liquame sulla superficie del terreno*

Per legge letami e liquami devono essere interrati (tramite aratura) entro 24 ore dalla distribuzione. La distribuzione superficiale e l'interramento entro le 24 ore viene considerato come il sistema di riferimento, quello cioè che determina le maggiori emissioni di ammoniaca. Riducendo l'intervallo di tempo tra la distribuzione e l'incorporazione nel terreno a 4 ore la percentuale di emissione viene ridotta del 15-35%, del 60% se l'interramento è immediato (Tabella).

Utilizzando la distribuzione rasoterra in banda (calate, dischi, trailing shoe, trailing hose...) la riduzione delle emissioni è stimata fino al 30%; tramite l'iniezione diretta sottosuperficiale (5-10 cm) è del 40% mentre per quella profonda (> 15 cm) è del 60%. Tuttavia, questi sistemi (distribuzione rasoterra in banda o mediante iniezione diretta) possono essere utilizzati solo su certi tipi di terreno e in determinate condizioni ambientali: terreni ricchi di scheletro o argillosi sono difficilmente lavorabili con gli interratori; inoltre in condizioni di falde poco profonde il rischio nell'utilizzo dell'iniezione profonda è quello di agevolare la percolazione dell'azoto nelle acque di falda.

Tabella: riduzione delle emissioni di ammoniaca derivante dalla riduzione del tempo tra la distribuzione e l'interramento di effluenti non palabili (elaborato da UNECE, 2012).

Modalità di distribuzione	riduzione emissioni in % dal riferimento
superficiale + interrimento entro le 24 ore (riferimento)	0%
superficiale + interrimento entro le 4 ore	15-35%
Superficiale + interrimento immediato	60%
Distribuzione rasoterra in banda (calate, trailing hose, trailing shoe..)	0-30%
Iniezione diretta sottosuperficiale (5-10 cm)	40%
Iniezione diretta profonda (> 15 cm)	60%

Inoltre nella scelta si deve tenere presente che se si limita l'emissione di ammoniaca in atmosfera si aumenta la quota di azoto che finisce nel suolo quindi si aumenta la probabilità di formazione di protossido di azoto (Clemens, 2011).

Rispetto al liquame tal quale l'applicazione del digestato comporta una minore produzione di gas serra (protossido di azoto) in quanto si tratta di un prodotto già fermentato che applicato al suolo genera meno fermentazioni quindi meno consumo di ossigeno: conseguentemente si formano meno zone anossiche nel terreno, da cui la probabilità di formazione di protossido di azoto (Clemens, 2001).

#### *Aumentare l'autonomia di stoccaggio rispetto al minimo previsto per legge*

Un utilizzo degli effluenti oculato e realizzato nel rispetto delle reali esigenze di concimazione dei terreni garantisce l'utilizzo effettivo dei nutrienti da parte delle colture riducendo quindi il rischio di lisciviazione/ruscellamento e di denitrificazione a causa della permanenza dell'azoto in eccesso nel suolo (particolarmente in condizioni di terreni saturi).

In questo senso è importante cercare di effettuare la distribuzione nei periodi prossimi al massimo utilizzo da parte delle colture e frazionato nel corso dell'anno. Ciò può essere fatto solo aumentando l'autonomia di stoccaggio rispetto al minimo richiesto dalla normativa: maggiore è l'autonomia di stoccaggio, maggiore è la possibilità di distribuire nei periodi più idonei, e non solo in base alla stringente necessità di svuotare lo stoccaggio.

L'aumento della capacità di stoccaggio aziendale oltre i tempi minimi previsti dalla normativa consentirebbe di scongiurare infine la malaugurata combinazione di uno stoccaggio al limite del riempimento all'inizio del periodo consentito per la distribuzione e l'impossibilità di entrare in campo causa persistenti precipitazioni e/o impraticabilità dei terreni. Una rapida analisi dei dati sulle precipitazioni di questi ultimi anni in località della pianura veneta permette di quantificare in non meno di 30-45 giorni tale aumento dello stoccaggio.

#### **Palabili (letami e assimilati)**

##### *Riduzione del tempo di permanenza del liquame sulla superficie del terreno*

Anche nel caso dei materiali palabili (letami) la strategia principale per ridurre le emissioni dalla distribuzione è la riduzione del tempo di permanenza del letame in

superficie. Se per legge è obbligatorio l'interramento entro le 24 ore, riducendo questo intervallo di tempo a 12 ore si riducono le emissioni del 20%, con interrimento entro 4 ore fino al 35%, con interrimento immediato fino al 60% (Tabella).

Tabella: riduzione delle emissioni derivante dalla riduzione del tempo tra la distribuzione e l'interrimento di effluenti palabili (elaborato da UNECE, 2014).

Modalità di distribuzione	riduzione emissioni in % dal riferimento
superficiale + interrimento entro le 24 ore (riferimento)	0%
superficiale + interrimento entro le 12 ore	20%
superficiale + interrimento entro le 4 ore	15-35%
Superficiale + interrimento immediato	60%

*Aumentare l'autonomia di stoccaggio rispetto al minimo previsto per legge*  
Si rimanda a quanto detto per i non palabili.