



arpav

ARPAV  
Agenzia Regionale  
per la Prevenzione e  
Protezione Ambientale  
del Veneto



REGIONE DEL VENETO



Sistema di Gestione Certificato  
UNI EN ISO 9001:2008

**Direzione Tecnica**

**Servizio Osservatorio Aria**

Via Lissa, 6

30174 Venezia Mestre Italy

Tel. +39 041 5445542

Fax +39 041 5445671

e-mail: [orar@arpa.veneto.it](mailto:orar@arpa.veneto.it)

Responsabile del Procedimento: Salvatore Patti

# APPLICAZIONE MODELLO NITROFLUSSI PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI DI CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI DAL COMPARTO AGRICOLTURA-ALLEVAMENTI.

Autore: Silvia Pillon

20/09/2013



## Contents

Il contesto .....	2
Il modello.....	2
Fattori di emissione .....	6
Aggiornamento allo stato attuale.....	10
Aggiornamento delle consistenze dei capi.....	10
Ricoveri .....	12
Bovini .....	12
Suini .....	13
Avicoli .....	14
Stoccaggi.....	14
Spandimenti.....	15
Aggiornamento SAU e applicazione di fertilizzanti di sintesi .....	16
Risultati.....	18
Scenari di riduzione delle emissioni di NH <sub>3</sub> .....	22
Alimentazione (misura nazionale).....	22
Ricoveri.....	27
Stoccaggi.....	31
Spandimenti.....	35
Fertilizzanti .....	37
SCENARIO 2020 .....	42
CONCLUSIONI .....	44
APPROFONDIMENTO GAS SERRA.....	47
Bibliografia.....	50

## Il contesto

Il gruppo di lavoro “Emissioni in atmosfera da allevamenti” è stato istituito dal Settore Agricoltura della Regione del Veneto nel 2011 con delibera di giunta: DGR n. 1745/2011 – Costituzione di un Gruppo di lavoro composto da tecnici e esperti per l’individuazione delle procedure per la presentazione da parte dei gestori delle attività di allevamento delle domande di autorizzazione alle emissioni in atmosfera. Adeguamento dell’ordinamento regionale per il rilascio delle Autorizzazioni Integrate Ambientali (D.Lgs n. 128/2010 e DGR n. 1105/2009).

Le attività del GdL nel 2013 sono proseguite con la valutazione di possibili azioni per il contenimento delle emissioni in atmosfera di ammoniaca e di gas serra, nell’ottica di coordinare le misure di mitigazione previste nel Piano di Tutela e Risanamento dell’Atmosfera con le linee di intervento del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020.

Il GdL si è occupato di individuare gli interventi che, mirando ad una gestione integrata degli allevamenti, permettano di agire sui diversi tipi di emissioni in aria (ammoniaca da un lato e gas serra dall’altro), senza da un lato comportare incrementi nella stima delle emissioni di nitrati nelle acque, né dall’altro compromettere la produttività degli allevamenti e delle colture o del benessere animale.

In particolare sono state prese in considerazione le misure previste nel *Draft Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* (aprile 2011, [1]), linee guida per l’applicazione delle misure contenute nell’Annex IX del Protocollo di Goteborg (di seguito indicate come Guidance Document).

## Il modello

Per la valutazione dell’efficacia delle azioni si è testato l’utilizzo del modello Nitroflussi predisposto dal Centro Ricerche Produzioni Animali di Reggio Emilia, su mandato di Enea e del Ministero dell’Ambiente e distribuito gratuitamente alle Regioni. L’obiettivo del modello è ricostruire il ciclo dell’azoto e per tanto le specie chimiche considerate sono:

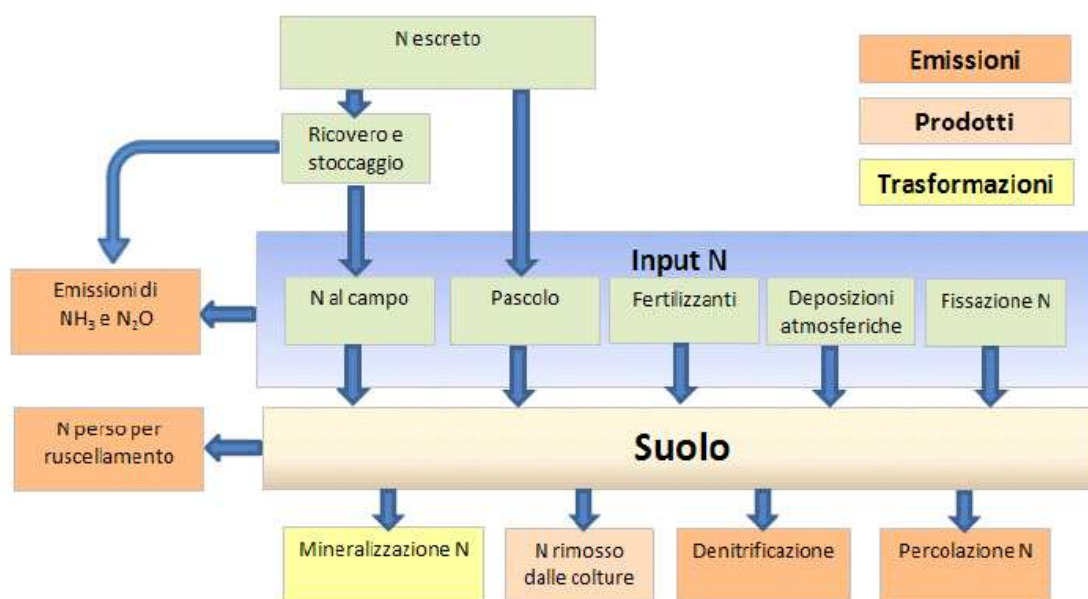
- ammoniaca  $\text{NH}_3$ , gas precursore delle polveri  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ , i cui livelli costituiscono attualmente una delle maggiori criticità ambientali per la matrice aria;
- protossido di  $\text{N}_2\text{O}$ , gas ad effetto serra (1 t di  $\text{N}_2\text{O}$  corrisponde a 298 t di  $\text{CO}_2$  equivalente);
- nitrato  $\text{NO}_3^-$ , nutriente che per ruscellamento e percolazione dai suoli agricoli arriva alle acque superficiali e profonde dando luogo a eutrofizzazione.

Il modello, costituito da un foglio di calcolo Excel 2007, ricostruisce per ogni provincia il bilancio dell’azoto nelle diverse fasi: in azienda, sul campo, nel suolo, nell’aria, nell’acqua, secondo lo schema riportato in Figura 1. I fattori di emissione implementati sono relativi sia all’inventario nazionale ISPRA sia al sistema modellistico europeo GAINS/RAINS, che a sua volta fa riferimento a quanto indicato nell’allegato IX del Protocollo di Goteborg.

Lo scopo del modello è valutare, secondo un approccio integrato, da un lato l'impatto di azioni di contenimento delle emissioni di ammoniaca sul rilascio di nitrati nelle acque, e dall'altro l'impatto dell'applicazione della Direttiva Nitrati sulle emissioni di  $\text{NH}_3$  e gas serra in aria. In pratica:

“ Il modello è rivolto a tecnici del settore, ad amministratori e a politici interessati a valutare l'effetto di diverse misure di mitigazione dell'impatto del comparto agricolo sulle emissioni di composti azotati in atmosfera e sul rilascio di nitrati nelle acque superficiali e profonde.” (Guida Tecnica modello Nitroflussi, [2]).

Figura 1: schema concettuale Nitroflussi (estratto dalla Guida Tecnica modello Nitroflussi).



Il modello consente di valutare l'impatto su aria, acqua e disponibilità di N per le colture di 3 categorie di intervento:

- **strategie alimentari** (che consentono di bilanciare correttamente la percentuale di proteina in funzione delle esigenze dei capi allevati);
- **corretto bilanciamento della fertilizzazione** (tra refluo zootecnico e fertilizzanti chimici, in base alle tipologie di colture e al contenuto organico medio dei suoli a livello provinciale);
- **misure strutturali/gestionali** che consentono di abbattere la volatilizzazione dell'azoto in forma di ammoniaca sia a livello di azienda che sul campo.

Mentre l'applicazione di strategie alimentari e il corretto bilanciamento della fertilizzazione consentono di ridurre l'azoto introdotto nel sistema, quindi spingono verso una riduzione sia dell'azoto in atmosfera (ammoniaca e protossido di azoto) che dei nitrati nelle acque, l'introduzione di misure che puntano alla riduzione delle emissioni di ammoniaca, può comportare un incremento della quota di N che non volatilizza e che giunta al campo può subire ruscellamento/percolazione. L'utilizzo quindi di uno strumento che ricostruisce i diversi stadi del ciclo completo dell'N (comprendendo aspetti tra loro molto diversi quali

apporti per deposizione atmosferica, biofissazione, mineralizzazione, apporti dai residui colturali rimasti sul campo dopo la mietitura, ...) consente di tenere sotto controllo gli impatti di ogni azione sui tre comparti aria, acqua e suolo.

Per una spiegazione più dettagliata e precisa si rimanda alla Guida Tecnica; in questo rapporto basti precisare per chiarezza la fonte dei dati ambientali e delle informazioni che consentono la parametrizzazione dei diversi fenomeni ricostruiti dal modello Nitroflussi, secondo quanto riportati nella seguente Tabella 1 (rif: [2],[3]).

**Tabella 1: dati ambientali e statistiche utilizzati nell'applicazione del modello Nitroflussi effettuata da ORAR.**

<b>Parametro</b>	<b>Utilizzo nel modello</b>	<b>Fonte</b>	<b>Anno di riferimento</b>
Consistenze per tipologia di allevamento	Calcolo dell'N escreto secondo fattori di emissione dell'inventario nazionale	Incrocio tra dati ISTAT, dati forniti dal CREV, e dati estratti dal database Nitrati della Regione Veneto	2010
Presenza % di tecniche ad bassa, media o alta efficienza di abbattimento delle emissioni in aria di ammoniacca	Calcolo della volatilizzazione del N e dell'apporto di N zootecnico sul campo	% già inserite nel modello Nitroflussi riferite alla diffusione media in ambito nazionale delle diverse tecniche;  % desunte dalle informazioni su stabulazioni, copertura stoccaggi e tecniche di rimozione dei reflui estratte dal database Nitrati della Regione Veneto	2007  2010
Tipo di suolo (tessitura, profondità e pendenza) e contenuto carbonio organico	Calcolo del ruscellamento e percolazione	Informazioni insite nel modello Nitroflussi e derivate dall'Atlante Agroclimatico (progetto CLIMAGRI) e dal database europeo dei suoli EUSOILS	
Dati meteo (% di ogni provincia nella specifica classe di temperatura massima e minima mensile, precipitazione	Calcolo del ruscellamento e percolazione, biofissazione, denitrificazione, mineralizzazione,	Insite nel modello Nitroflussi e derivate dall'Atlante Agroclimatico (progetto	

ed evapotraspirazione media mensile)	volatilizzazione da fertilizzazioni chimiche	CLIMAGRI)	
Coltivazioni	Calcolo della richiesta di N per provincia, differenziata per seminativi e foraggere	ISTAT	2010
Produzioni agricole	Calcolo della richiesta di N per provincia, differenziata per seminativi e foraggere	Insita nel modello Nitroflussi e derivata da indagine congiunturale ISTAT	2007
Fertilizzanti	Calcolo apporto di N chimico	ISTAT	2010
% di superficie provinciale in Zona Vulnerabile da Nitrati	Calcolo della dose massima di N zootecnico per ettaro media provinciale	Insita nel modello Nitroflussi e fornita al CRPA dai Servizi Agricoltura delle Regioni	
Deposizioni atmosferiche	Calcolo apporto di N sul suolo	Insita nel modello Nitroflussi e fornita dal modello RAINS-Italy	fissato
Calendario delle fertilizzazioni		Insita nel modello Nitroflussi e definita dal CRPA con consulenza Facoltà di Agraria dell'Università Cattolica di Piacenza	fissato

## Fattori di emissione

L'emissione di **ammoniaca** deriva dalla volatilizzazione dell'azoto escreto dai capi allevati, e si verifica quando la soluzione in cui l'azoto è presente sottoforma di ammonio viene a contatto con l'aria. La fonte principale di azoto ammoniacale per i mammiferi (bovini, suini) è l'urea, da cui la degradazione in ammonio e la successiva rapida volatilizzazione dell'ammoniaca, che costituisce la fonte principale dell'emissione in fase di *ricovero*; la mineralizzazione dell'azoto presente nel refluo palabile è invece un processo più lento e la volatilizzazione dell'ammoniaca in questo caso riguarda principalmente la fase di *stoccaggio* prolungato. Un ulteriore quota di azoto si degrada quando il refluo viene a contatto con l'atmosfera durante la fase di *spandimento* sul campo ([4]).

Conseguentemente, ogni fase di gestione dell'allevamento è caratterizzata da un fattore di emissione che dipende in primo luogo dalla categoria di specie allevata, dal peso medio per animale e dalle strategie di alimentazione, e in seconda battuta dalle modalità di gestione dei ricoveri, degli stoccaggi e degli spandimenti. Nella successiva Tabella 2 si riportano i fattori di emissione dell' $\text{NH}_3$  per gestione dei reflui zootecnici dell'inventario nazionale ISPRA [6], che costituisce il riferimento utilizzato anche nel modello Nitroflussi e che tiene conto della diffusione delle tecniche di mitigazione delle emissioni già introdotte negli allevamenti a livello nazionale (anno di riferimento 2007). Nelle Figura 2 a e b, i fattori di emissione sono ripartiti per fase di gestione del refluo. In Figura 2a per facilitare il confronto tra tipologie di allevamento i fattori di emissione sono stati riportati in Livestock Unit<sup>1</sup>. Come si può vedere dai grafici, i tassi di emissione più significativi si riferiscono alle fasi di stoccaggio per i bovini e ricovero per avicoli e suini.

L'applicazione di tecniche di abbattimento delle emissioni consente di limitare la volatilizzazione dell'ammoniaca nelle diverse fasi di gestione, tenendo conto però che il beneficio dovuto all'applicazione di accorgimenti tecnici o gestionali in fase ad esempio di ricovero potrebbe essere vanificato nelle fasi di stoccaggio o spandimento, nel momento in cui non si garantisce che la quota di N ammoniacale che non è entrata in contatto con l'aria in fase di ricovero non si liberi successivamente.

**Tabella 2: FE di ammoniaca  $\text{NH}_3$  da reflui zootecnici – ISPRA (anno rif: 2007)**

<b>emissioni di <math>\text{NH}_3</math> (kg/capo*anno)</b>	<b>emissioni da ricovero</b>	<b>emissioni da stoccaggi</b>	<b>emissioni da spandimenti</b>	<b>Somma</b>
Altri bovini	6.64	8.93	5.45	21.02
Vacche da latte	15.46	20.36	12.65	48.47
Bufalini	12.61	16.61	12.15	41.37
Altri suini (esclusi lattinzoli <20kg)	2.39	2.07	1.38	5.84
Scrofe	4.87	4.43	3.08	12.38
Equini	3.24	0	2.75	5.99
Caprini	0.22	0	0.46	0.68
Ovini	0.22	0	0.46	0.68
Broilers	0.08	0.05	0.03	0.16
Ovaiole	0.09	0.06	0.04	0.19
Altri avicoli	0.18	0.11	0.06	0.35
Conigli	0.34	0.13	0.07	0.54

<sup>1</sup> Livestock Unit (o Unità Bovino Adulto) secondo il regolamento (CE) n.1200/2009.

Figura 2a: Ripartizione dei FE di ammoniaca NH<sub>3</sub> per fase di gestione

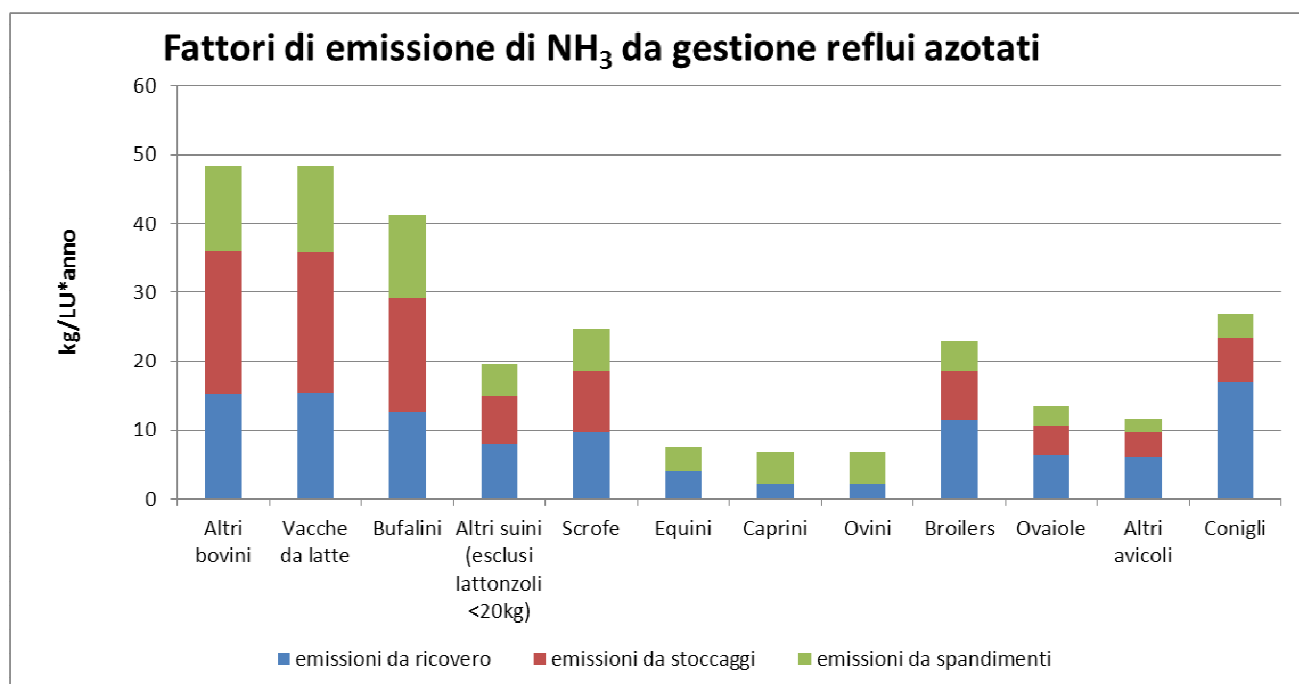
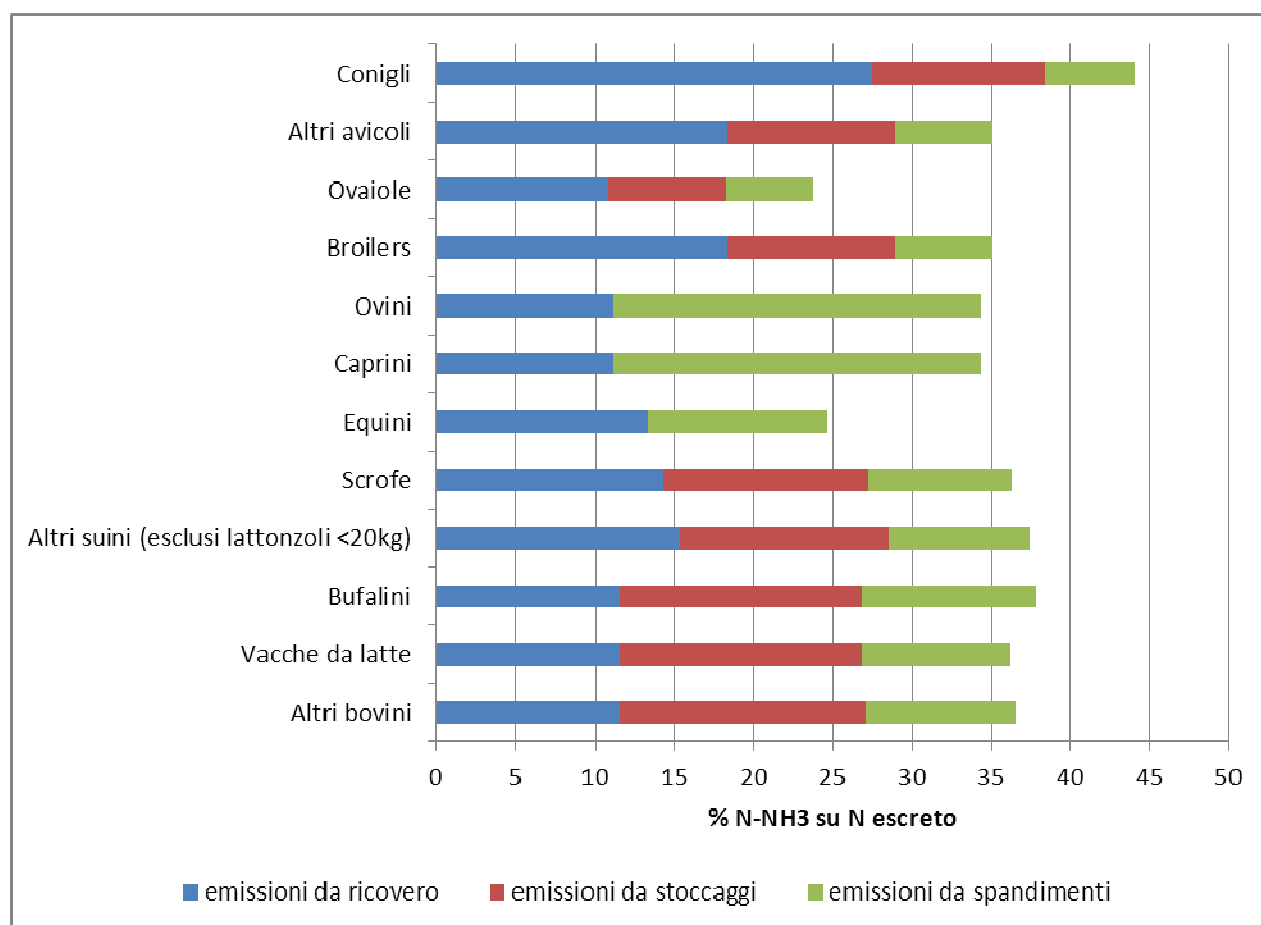


Figura 2b: FE di ammoniaca NH<sub>3</sub> da reflui zootecnici espressi in % dell'N escreto- ISPRA (anno rif:2007)





Per quanto riguarda le emissioni da fertilizzanti chimici, il calcolo segue la metodologia europea EMEP/CORINAIR che si basa sulla quantificazione dell'azoto apportato al suolo con i concimi minerali e organo-minerali, a cui viene applicata una percentuale di volatilizzazione dell'azoto sotto forma ammoniacale, diversa per tipo di fertilizzante. Le quantità di N apportate al campo vengono calcolate moltiplicando il dato ISTAT relativo al venduto per ogni tipo di fertilizzante per il suo corrispondente titolo di azoto. Il quantitativo di fertilizzante apportato in kg di N/anno così calcolato viene moltiplicato per il fattore di emissione in kg di NH<sub>3</sub>/kg N riportato nella sottostante tabella per ottenere le emissioni di NH<sub>3</sub> annuali per ogni fertilizzante, dove con Regione A, B e C si intendono 3 diverse zone climatiche (in funzione della temperatura primaverile) [7].

**Tabella 3: Fattori di emissione EMEP/CORINAIR, 2006**

Fertilizer type	Region A <i>EF<sub>A</sub></i>	Region B <i>EF<sub>B</sub></i>	Region C <i>EF<sub>C</sub></i>	Multiplier <i>c</i>	Comment
Ammonium sulphate	0.025	0.020	0.015	10	<sup>1)</sup>
Ammonium nitrate	0.020	0.015	0.010	1	
Calcium ammonium nitrate	0.020	0.015	0.010	1	
Anhydrous ammonia	0.04	0.03	0.02	4	
Urea	0.20	0.17	0.15	1	
Nitrogen solutions	0.11	0.09	0.07	1	<sup>2)</sup>
Ammonium phosphates	0.025	0.020	0.015	10	<sup>1)</sup>
Other NK and NPK	0.020	0.015	0.010	1	<sup>3)</sup>
Nitrate only (e.g. KNO <sub>3</sub> )	0.007	0.005	0.005	1	

<sup>1)</sup> Note very strong pH effect supported by measurements and chemical principles (Harrison and Webb, 2001)

<sup>2)</sup> saturated solution of urea and ammonium nitrate

<sup>3)</sup> for fertilizers largely based on ammonium nitrate

A titolo di confronto si riportano anche i fattori di emissione presenti nella più aggiornata versione dell'emission inventory Guidebook, versione 2013 [5], in cui l'emissione si differenzia non più per regione climatica ma per pH dei suoli.

**Tabella 4: tabella 3-2 del capitolo 3.D del EMEP\_EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013.**

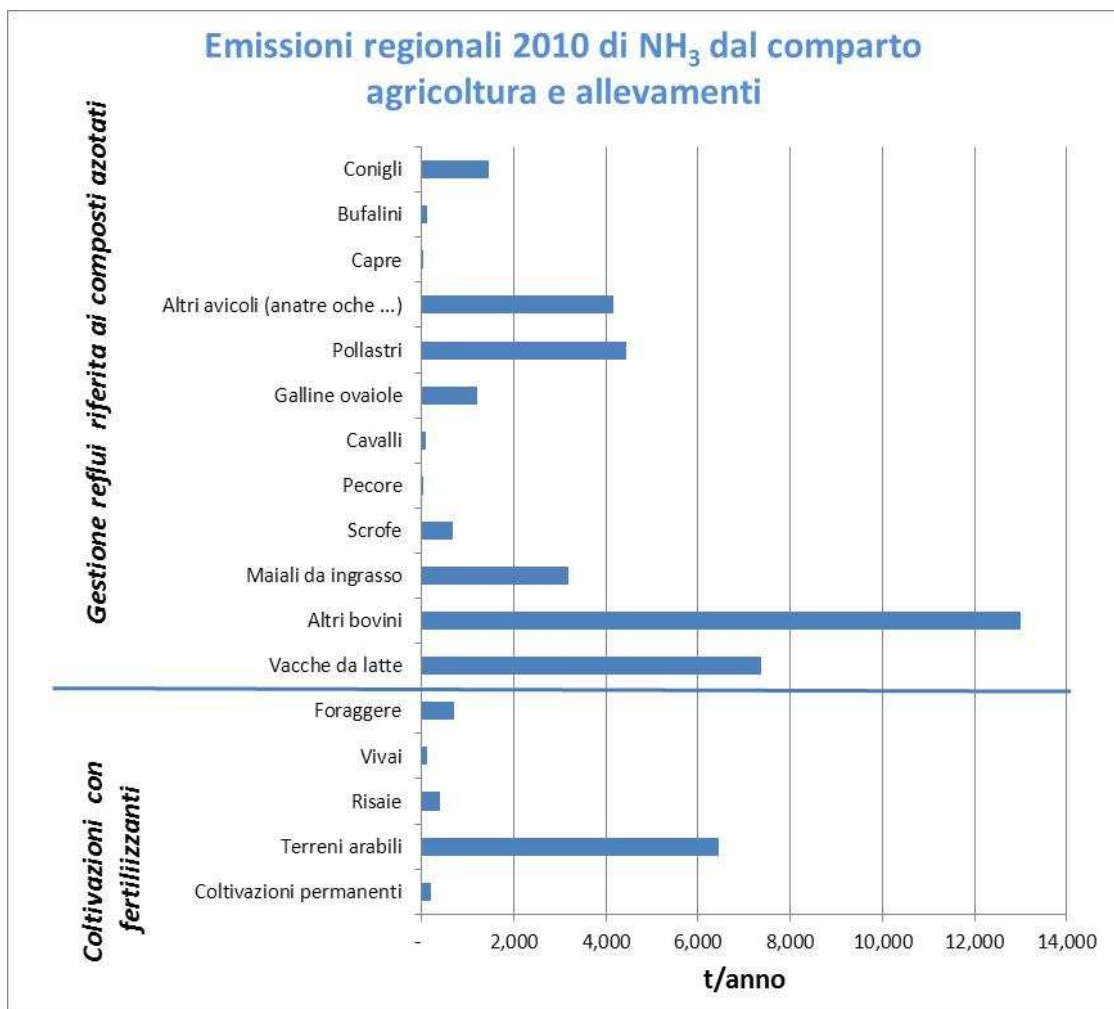
**Table 3-2 Emission factors for total NH<sub>3</sub> emissions from soils due to N fertiliser volatilisation and foliar emissions. Low soil pH are soils with a pH ≤ 7.0, high soil pH are soils with a pH >7.0 Derived from the literature study (See Appendix A1.2.1).**

Fertiliser type	Tier 2 EF, kg NH <sub>3</sub> kg N <sup>-1</sup>	
	Low soil pH	High soil pH
Ammonium nitrate (AN)	0.037	0.037
Anhydrous ammonia	0.011	0.011
Ammonium phosphate (MAP and DAP)	0.113	0.293
Ammonium sulphate (AS)	0.013	0.270
Calcium ammonium nitrate (CAN)	0.022	0.022
Calcium nitrate (CN)	0.009	0.009
Ammonium solutions (AN)	0.037	0.037
Ammonium solutions (Urea AN)	0.125	0.125
Urea ammonium sulphate (UAS)	0.195	0.195
Urea	0.243	0.243
Other NK and NPK	0.037	0.037

Le emissioni da urea e similari risultano particolarmente rilevanti (circa 1 ordine di grandezza), sia in funzione dell'elevato titolo di N in questo fertilizzante, sia per la forma minerale in cui è presente, che manifesta un elevato fattore di volatilizzazione in ammoniacca.

Come analisi propedeutica all'individuazione delle categorie di allevamento su cui in Veneto concentrare le azioni di contenimento delle emissioni, in Figura 3 si riporta la versione preliminare dell'aggiornamento dell'inventario regionale INEMAR al 2010, effettuata a partire dai dati ISTAT di consistenze per categoria di allevamento, di SAU e di utilizzo di fertilizzanti di sintesi. Dal grafico si evince che l'emissione di ammoniacca derivante dalla gestione di reflui zootecnici è principalmente attribuita alle categorie altri bovini (30%) e vacche da latte (17%), a cui corrisponde poco meno della metà delle emissioni complessive di NH<sub>3</sub> in Veneto.

**Figura 3: INEMAR Veneto 2010 (versione preliminare) – NH<sub>3</sub> dal macrosettore 10**



Nei paragrafi seguenti si presentano i risultati dell'aggiornamento delle consistenze e della ripartizione nelle tipologie di stabulazione, stoccaggio e spandimento con i dati ricavati dal database Nitrati, e la successiva l'implementazione del modello Nitroflussi. Tale attività ha lo scopo da un lato di effettuare una stima più precisa delle emissioni di NH<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O nella situazione attuale, e dall'altro di valutare l'impatto sulle diverse matrici delle possibili azioni di contenimento delle emissioni.

## Aggiornamento allo stato attuale

L'aggiornamento dello stato attuale è stato effettuato sia utilizzando i dati ISTAT di consistenze, SAU e vendita di fertilizzanti, che le estrazioni dal database Nitrati della Regione Veneto per quanto riguarda consistenze di bovini, suini e avicoli e per alcune informazioni circa le tipologie di stabulazione, di stoccaggio e di rimozione dei reflui.

### *Aggiornamento delle consistenze dei capi*

Per effettuare l'aggiornamento del numero di capi sono stati utilizzati i dati estratti dal database Nitrati della Regione Veneto, che riguarda tutte le aziende con produzione di N escreto superiore ai 3000 kg/anno. Per completezza tale database è stato integrato con il dato ISTAT, con particolare riferimento alle categorie Caprini, Ovini, Equini. Il database così ricostruito è stato confrontato con le consistenze CREV 2012 che, riferendosi alla capacità potenziale di ogni azienda e non al numero di capi medio annuale, sono tendenzialmente più alte. Per evitare una sovrastima del N escreto, è stata quindi data priorità al dato estratto dal database regionale e al dato ISTAT.

In Tabella 5 sono riportati il numero di capi per ogni provincia e ogni categoria di allevamento, inserito nel modello. Si fa presente che nella categoria *Vacche da latte* rientrano solo i capi in produzione (il numero di capi in questo caso è pari alle Unità di Bovino Adulto), mentre nella categoria *Altri Bovini* rientrano tutti gli altri capi, compresi vitelli, vitelloni e rimonta.

Il fattore di emissione associato a questa seconda categoria, pari a circa il 43% quello delle *Vacche da latte*, tiene conto quindi di una distribuzione media nazionale dei capi allevati nelle diverse epoche di vita. Rispetto a tale media la presenza in Veneto di un più consistente numero di vitelli, può far pensare ad una leggera sovrastima del fattore di azoto escreto per questa categoria di allevamento. In Tabella 7 si riporta la distribuzione in classi di età della categoria altri bovini in Italia e nel Veneto, dati ISTAT al 2010. Il fattore di N escreto per capo all'anno, fonte ISPRA [5], è la base di partenza per il calcolo dei fattori di emissione di  $\text{NH}_3$  riportati nella precedente Tabella 2. Dalla media pesata dell' N escreto per la popolazione di bovini italiana e veneta, si può stimare che l'entità della possibile sovrastima delle emissioni di  $\text{NH}_3$  dalla categoria altri bovini per il Veneto è di circa il 5%.

Anche i suini sono suddivisi in due categorie: scrofe (comprendenti solo l'animale adulto) e altri suini. In questo caso non vanno inseriti i lattonzoli inferiori ai 20 kg in nessuna delle due categorie, in quanto il fattore di escrezione della scrofa è comprensivo anche dei suinetti.

Per le categorie *Altri Bovini* e *Vacche da latte*, a cui si associa una consistente quota delle emissioni regionali di ammoniaca (v. Figura 3), è stato anche differenziato il numero di capi che ricadono in aziende sopra e sotto i 50 capi (v. Tabella 6). Le aziende con più di 50 capi medi all'anno sono considerate di entità tale da garantire un buon rapporto costi/efficacia nell'introduzione di alcune tecniche di riduzione delle emissioni.

**Tabella 5: consistenze inserite nel modello Nitroflussi**

<b>Categoria di allevamento</b>	<b>BL</b>	<b>PD</b>	<b>RO</b>	<b>TV</b>	<b>VE</b>	<b>VI</b>	<b>VR</b>	<b>Veneto</b>
Altri bovini	11,420	119,773	46,742	141,891	51,425	82,791	183,879	<b>637,921</b>
Vacche da latte	5,470	29,308	4,426	23,473	9,525	43,601	39,023	<b>154,826</b>
Bufalini	2	387	11	1,512	1,078	365	21	<b>3,376</b>
Altri suini (esclusi lattonzoli <20kg)	4,213	82,107	44,386	91,616	31,715	31,212	251,563	<b>536,812</b>
Scrofe	6,311	10,788	5,409	16,217	3,175	2,117	22,145	<b>66,162</b>
Equini	2,124	5,140	1,203	2,932	1,538	4,463	4,327	<b>21,727</b>
Caprini	2,069	3,612	690	4,365	331	12,018	5,553	<b>28,638</b>
Ovini	13,943	15,100	2,092	11,678	555	16,539	10,803	<b>70,710</b>
Broilers	-	3,472,412	1,435,174	3,090,701	888,146	4,346,143	14,342,629	<b>27,575,205</b>
Ovaiole	44,855	844,085	1,755,407	2,432,199	699,281	207,000	3,938,309	<b>9,921,136</b>
Altri avicoli	1,445	991,126	307,787	194,546	88,177	2,932,060	4,733,556	<b>9,248,697</b>
Conigli	28,580	548,246	32,829	1,333,495	217,299	393,801	386,850	<b>2,941,100</b>

**Tabella 6: presenza per provincia di allevamenti bovini con più di 50 capi**

<b>% capi in aziende con più di 50 capi allevati</b>	<b>BL</b>	<b>PD</b>	<b>RO</b>	<b>TV</b>	<b>VE</b>	<b>VI</b>	<b>VR</b>	<b>Veneto</b>
Vacche da latte	69%	71%	66%	54%	83%	60%	59%	63%
Altri bovini	85%	90%	95%	91%	96%	79%	91%	90%

**Tabella 7: N escreto e ripartizione in classi di età della categoria Altri Bovini**

Altri bovini	N escreto tot	consistenze ISTAT 2010	
	kg/capo*anno	Italia	Veneto
bovini < 1 anno	24.8	36%	41%
bovini 1-2 anni maschi	66.8	12%	34%
bovini 1-2 anni femmine allev	67.6		
bovini 1-2 anni femmine macello	53.3	20%	17%
bovini > 2 anni maschi	84	2%	1%
bovini > 2 anni femmine allev	90.2	12%	4%
bovini > 2 anni femmine macello	64.8	3%	2%
altre vacche	54.1	14%	1%
N escreto pesato sulla distribuzione per età	kg/capo*anno	51.7	49.2

## **Ricoveri**

Per ognuna delle maggiori categorie di allevamento del Veneto (bovini, avicoli e suini) si è cercato di ricostruire lo stato attuale degli allevamenti per individuare eventuali possibili interventi di riduzione delle emissioni di ammoniaca. Per questo tipo di valutazione sono stati utilizzati i dati estratti dal database Nitrati predisposto dalla Regione Veneto, forniti dalla Direzione Agroambiente, Sistemi agricoli e risorse naturali della Regione Veneto .

## **Bovini**

Le tipologie di stabulazione fissa e libera su cuccette sono considerate pari al riferimento (*reference system*)<sup>2</sup> secondo quanto indicato dal Guidance Document [1]. Per quanto riguarda la lettiera, nonostante non sia dimostrato che l'utilizzo di paglia riduca le emissioni di ammoniaca in fase di ricovero, è riconosciuta una lieve diminuzione della volatilizzazione di ammoniaca in fase del successivo spandimento sul campo del letame, a cui si associa per contro un lieve incremento delle emissioni di protossido di azoto.

La tipologia di stabulazione dei bovini a cui il Guidance Document attribuisce la maggior efficienza di riduzione delle emissioni di ammoniaca prevede la separazione feci/urine, mediante pavimentazioni che consentano lo sgrondo delle urine e la rimozione frequente delle deiezioni solide con raschiatori meccanici. Per quanto questo tipo di stalla (indicata come *grooved floor system* nel Guidance Document) non sia molto diffusa nella nostra realtà (italiana in generale e veneta in particolare), in molte delle aziende venete viene

<sup>2</sup> Il reference system costituisce il sistema (di stabulazione, di stoccaggio o di spandimento), in genere comunemente diffuso, al quale sono associate le emissioni più elevate, ovvero nessuna efficienza nella rimozione o riduzione dell'emissione di ammoniaca.

utilizzato il raschiatore meccanico come sistema di rimozione, consentendo così un abbattimento delle emissioni da ricovero rispetto al riferimento.

Per tale motivo nella ricostruzione della percentuale dei bovini allevati, in ogni provincia, con tecniche che consentono già nello scenario attuale di abbattere il fattore di emissione di ammoniaca rispetto al *reference system*, si è utilizzato il dato relativo ai sistemi di rimozione piuttosto che la distribuzione della tipologia di stabulazione (fissa o libera su cuccette, con o senza lettiera permanente). In particolare per i bovini sono state classificate come tecniche che già attualmente consentono di contenere la volatilizzazione di ammoniaca sia l'uso di raschiatori meccanici che di trattrici con lama raschiante.

Nella Tabella 8 seguente si riportano la percentuale di capi allevati inserita nel modello per provincia, a cui si è associata una riduzione del 20%<sup>3</sup> delle emissioni di ammoniaca da ricoveri per gli allevamenti di vacche da latte in produzione e di altri bovini rispetto al riferimento.

**Tabella 8: % penetrazione tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca da ricoveri di bovini nello scenario attuale.**

Efficienza di abbattimento	Allevamento	BL	PD	RO	TV	VE	VI	VR
Bassa	Vacche da Latte	48%	70%	81%	60%	60%	52%	78%
	Altri bovini	19%	43%	57%	25%	29%	36%	49%

## Suini

L'individuazione delle tecniche di stabulazione a cui si possono associare mitigazioni del fattore di emissione di ammoniaca da ricoveri per il settore suinicolo è stata fatta incrociando l'informazione circa le tipologie di stabulazione con quella relativa ai sistemi di rimozione. In particolare sono state considerate sia la presenza di un sistema di rimozione delle deiezioni dalle vasche sottogrigliato mediante tubazione (vacuum system), a cui il Guidance Document assegna un fattore di mitigazione pari a -25% (tecnica a bassa efficienza), sia stalle con pavimentazione parzialmente fessurata che consentano di diminuire la superficie di allevamento in cui le deiezioni restano esposte all'aria. In questo secondo caso si presuppone che la porzione a pavimentazione piena sia quella soggetta ad una minore presenza di reflui, sia in base alla gestione della stalla (localizzazione delle mangiatoie e abbeveratoi rispetto all'area di deambulazione e riposo) sia per conformazione strutturale (pavimentazione inclinata, pulizia con recircolo dei reflui, ...). La presenza di una corsia esterna anch'essa fessurata in stalle a pavimentazione parzialmente fessurata comporta potenzialmente un'ulteriore mitigazione delle emissioni di ammoniaca (v. [1]).

In pratica non potendo disporre dell'informazione relativa ai sistemi di rimozione incrociata con le tipologie di stabulazione, la presenza di tecniche definite a bassa e media efficienza è stata eseguita per ogni provincia nel seguente modo:

<sup>3</sup> Tale riduzione corrisponde nel modello Nitroflussi ad una bassa efficienza di abbattimento dei fattori di emissione di ammoniaca per gli allevamenti bovini e vacche da latte.

- la % di penetrazione attuale di tecniche a bassa efficienza (-25% di NH<sub>3</sub>) è pari al valore massimo tra la presenza percentuale di sistemi di rimozione con tubazione e la presenza percentuale di stabulazioni con pavimentazione parzialmente fessurata;
- la % di penetrazione attuale di tecniche a media efficienza (-35% NH<sub>3</sub>) è la presenza percentuale di stabulazioni con pavimentazione parzialmente fessurata (almeno 1,5 m di larghezza) e corsia esterna fessurata.

**Tabella 9: % penetrazione tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca da ricoveri di suini nello scenario attuale.**

Efficienza di abbattimento	Allevamento	BL	PD	RO	TV	VE	VI	VR
Bassa	Scrofe	11%	15%	16%	28%	13%	14%	26%
	Altri suini	22%	15%	26%	16%	11%	18%	18%
Media	Scrofe	0%	1%	0%	1%	5%	0%	0%
	Altri suini	20%	3%	0%	8%	0%	9%	1.4%

## Avicoli

Per quanto riguarda le galline ovaiole, attualmente sono ampiamente diffuse di tecniche di stabulazione su gabbia con nastri trasportatori, spesso ventilati, delle deiezioni. Questi sistemi di rimozione consentono la disidratazione della pollina con % di abbattimento della volatilizzazione dell'ammoniaca anche elevate (50-60%). Dal confronto tra i dati già inseriti nel modello Nitroflussi e i dati desunti dal database Nitrati si è riscontrato sostanzialmente un buon accordo; per tale motivo si è mantenuta la ripartizione in ricoveri a media ed alta efficienza già proposta nel modello Nitroflussi (47% media efficienza e 53% alta efficienza).

Per quanto riguarda invece i broilers e gli altri avicoli, generalmente allevati su lettiera permanente, le tecniche di stabulazione che consentono una mitigazione delle emissioni sono poco diffuse e dipendono fortemente dalla disidratazione della pollina. In tal senso la percentuale di penetrazione di tecniche a bassa efficienza di rimozione (-30% di NH<sub>3</sub> rispetto al sistema di riferimento) sono state individuate in base alla presenza di nastri ventilati. Tale tecnica risulta presente solo per i broilers e solo in alcune province, secondo quanto riportato in Tabella 10.

## Stoccaggi

Per quanto riguarda gli stoccaggi, nel Guidance Document il riferimento è costituito dai vasconi o lagune senza copertura. L'abbattimento dell'emissione di ammoniaca si ottiene con copertura della vasca di stoccaggio (copertura intesa come isolamento rispetto all'ambiente esterno, e non solo copertura o tettoia di protezione dalle precipitazioni) e/o con la diminuzione del rapporto superficie/volume. Anche la formazione di una crosta superficiale consente la riduzione della volatilizzazione di ammoniaca; riduzione

maggiore nelle soluzioni in cui non subisce rotture in fase di conferimento dei reflui o di svuotamento (vasche con carico dal basso). Nonostante la copertura possa essere costituita anche da materiale flottante o teli plastici, la massima efficienza di abbattimento si ottiene con le coperture rigide delle vasche o nel caso di stoccaggi di dimensioni ridotte, con cisterne di materiale plastico (*storage bags*).

**Tabella 10: % penetrazione tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca da ricoveri di avicoli nello scenario attuale.**

<b>Efficienza di abbattimento</b>	<b>Allevamento</b>	<b>BL</b>	<b>PD</b>	<b>RO</b>	<b>TV</b>	<b>VE</b>	<b>VI</b>	<b>VR</b>
Bassa	Ovaiole	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Broilers	0%	13%	0%	14%	0%	0%	4%
	Altri avicoli	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Media	Ovaiole	47%	47%	47%	47%	47%	47%	47%
	Broilers	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Altri avicoli	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Alta	Ovaiole	53%	53%	53%	53%	53%	53%	53%
	Broilers	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Altri avicoli	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Le informazioni relative alla presenza nelle aziende venete di coperture tali da garantire una riduzione delle emissioni non è di facile estrazione dal database Nitrati; per tale motivo e per praticità si è mantenuta la ripartizione in tecniche a bassa, media ed alta efficienza, già inserita nel modello Nitroflussi e desunta da indicazioni raccolte su scala nazionale.

Una tipologia di stoccaggio che comporta un elevato impatto in termini di emissioni in aria, è la vasca sottogrigliato, in particolare nel caso degli allevamenti bovini. Un'efficace azione di contenimento delle emissioni, con costi però potenzialmente elevati, è il rinnovo strutturale delle stalle che prevedono questo tipo di stabulazione.

I dati inseriti dal CRPA nel modello considerano per le vasche di stoccaggio dei liquami una riduzione di circa il 40% delle emissioni di ammoniaca da stoccaggio (bassa efficienza), anche in considerazione della presenza di crosta superficiale, mentre non è si considera la diffusione di alcuna tecnica di abbattimento per quanto riguarda le concimaie (v. Tabella 11).

## ***Spandimenti***

Il *reference system* per gli spandimenti di reflui zootecnici è la tecnica a tutto campo (o a gettone) in cui il refluo viene distribuito a pioggia senza nessuna forma di interrimento. L'entrata in vigore della Direttiva



Nitrati ha implicato l'obbligo di applicazione di tecniche di spandimento a bassa emissione di azoto sia di liquami che di letami.

**Tabella 11: % penetrazione tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca da stoccaggio nello scenario attuale**

<b>Allevamento</b>	<b>Bassa Efficienza</b>	<b>Media Efficienza</b>	<b>Alta Efficienza</b>
Altri bovini - Liquami	76.0%	0.8%	6.2%
Altri bovini - letami	0%	0%	0%
Vacche da latte - Liquami	64.0%	1.6%	4.4%
Vacche da latte - Letami	0%	0%	0%
Bufalini	0%	0%	0%
Altri suini	37.0%	0.3%	2.7%
Scrofe	37.0%	0.3%	2.7%
Broilers	0%	0%	0%
Ovaiole	0%	86.1%	8.9%
Altri avicoli	0%	0%	0%

Considerando che con le diverse tecniche di spandimento previste dalla normativa IPPC<sup>4</sup>, per i liquami si possono ottenere abbattimenti variabili tra il 30 e il 60-70%, si è considerata per questi una totale penetrazione delle tecniche a media efficienza (riduzione del 60% rispetto al *reference system*), mentre nel caso dei letami e palabili si è considerata la totale diffusione di interrimento entro le 24 ore (riduzione del 30% rispetto al *reference system*).

Per quest'ultimi il CRPA stima come media nazionale già nel 2007 una quota di penetrazione di tecniche ad alta efficienza, più consistente nel caso di pollina (interrimento entro le 4 ore, con riduzione fino all'80%). Mantenendo questa quota invariata, il quadro dell'efficacia di abbattimento delle emissioni di NH<sub>3</sub> nello scenario attuale per le tecniche di spandimento è presentato in Tabella 12.

### ***Aggiornamento SAU e applicazione di fertilizzanti di sintesi***

La quota di ammoniaca che volatilizza in seguito all'applicazione sul campo di fertilizzanti di sintesi viene calcolata a partire dalla superficie agricola coltivata all'anno di riferimento (fonte ISTAT, 2010). I quantitativi di fertilizzante utilizzato, sempre di fonte ISTAT, vengono suddivisi in basso, medio e alto emissivo a seconda del titolo di azoto. In Tabella 13 si riportano i quantitativi inseriti nel modello, e la suddivisione in categorie merceologiche.

<sup>4</sup> Per letami e frazioni solide separate si considerano BAT le tecniche di spandimento superficiale e interrimento entro le 24 ore; per i liquami, i digestati e le frazioni chiarificate si considerano a bassa emissione di NH<sub>3</sub> le tecniche di fertirrigazione (-30% dell'NH<sub>3</sub> rispetto allo spandimento a tutto campo), spandimento a raso per bande (-30/35%), spandimento e incorporazione entro le 24 ore (-60%), iniezione profonda (-80%), scarificazione con solco aperto (-60%) o iniezione a solco chiuso (-80%). Data la varietà di tecniche si è ritenuto di adottare per ogni provincia il 100% di tecniche a media efficienza (-60%).

**Tabella 12: % penetrazione tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca da spandimento di reflui zootecnici nello scenario attuale**

	Bassa Efficienza	Media Efficienza	Alta Efficienza
<b>Liquami</b>			
Altri bovini	0%	100%	0%
Vacche latte	0%	100%	0%
Bufalini	0%	100%	0%
Altri suini	0%	100%	0%
Scrofe	0%	100%	0%
<b>Letami e palabili</b>			
Altri bovini	90%	0%	10%
Vacche latte	95%	0%	5%
Broiler	87%	0%	13%
Ovaiole	46%	0%	54%
Altri avicoli	87%	0%	13%
Bufalini	100%	0%	0%
Equini	100%	0%	0%
Caprini	100%	0%	0%
Ovini	100%	0%	0%
Conigli	100%	0%	0%

**Tabella 13: Input al modello Nitroflussi - venduto di fertilizzanti di chimici in Veneto (da dati ISTAT, 2010)**

Classificazione per livello di emissività	t/anno	
<i>Basso emissivi</i>	58,794.9	
<i>Medio emissivi</i>	15,261.6	
<i>Alto emissivi</i>	23,738.3	
Classificazione merceologica	t/anno	Emissività
<i>Calcio-cianamide</i>	131.1	Basso emissivo
<i>Nitrati</i>	11,698.3	Basso emissivo
<i>Azoto-potassici</i>	2,639.4	Basso emissivo
<i>Ternari</i>	32,034.0	Basso emissivo
<i>Organo minerali (semplici+composti)</i>	7,541.3	Basso emissivo
<i>Altri azotati (ammoniacale+nitrico)</i>	4,750.8	Basso emissivo
<i>Solfato ammonico</i>	5,333.1	Medio emissivo
<i>Azoto-fosfatici</i>	9,928.5	Medio emissivo
<i>Urea</i>	19,652.8	Alto emissivo
<i>Altri azotati (ammidico)</i>	4,085.5	Alto emissivo

## Risultati

In Tabella 14 si riportano i risultati ottenuti per lo scenario attuale, considerato il caso base ossia il riferimento sul quale stimare l'effetto potenziale della piena applicazione delle politiche di contenimento incentivate con gli strumenti normativi in adozione (PRTRA, PSR).

A differenza dell'inventario regionale INEMAR, l'applicazione del modello Nitroflussi ha permesso oltre ad una più precisa stima che delle emissioni in atmosfera, la valutazione della quota di Nitrati che a livello regionale potenzialmente arriva nelle acque superficiali e profonde.

**Tabella 14: Output del modello Nitroflussi – risultati dello scenario attuale (caso base) in t di azoto all'anno a sx e in t/anno a dx.**

t N /anno	N-NH <sub>3</sub>	N-N <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3acq</sub>	t/anno	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	10,951.3	868.0	6,417.7	Verona	13,298.0	1,363.9	24,601.3
Vicenza	5,009.2	349.0	1,402.4	Vicenza	6,082.7	548.4	5,375.7
Belluno	458.1	22.9	42.1	Belluno	556.2	36.0	161.5
Treviso	6,772.5	474.8	4,065.8	Treviso	8,223.7	746.1	15,585.8
Venezia	2,543.7	186.7	871.3	Venezia	3,088.8	293.3	3,339.8
Padova	6,161.0	436.4	2,082.3	Padova	7,481.2	685.8	7,982.1
Rovigo	3,077.8	226.3	801.5	Rovigo	3,737.3	355.6	3,072.5
<b>VENETO</b>	<b>34,973.6</b>	<b>2,564.0</b>	<b>15,683.1</b>	<b>VENETO</b>	<b>42,468.0</b>	<b>4,029.1</b>	<b>60,118.6</b>

In termini di bilancio dell'azoto, la quota maggiormente dispersa nell'ambiente (e quindi non fissata dalle colture) è quella che volatilizza come ammoniaca, a cui segue il ruscellamento e la percolazione dei nitrati nelle acque<sup>5</sup>.

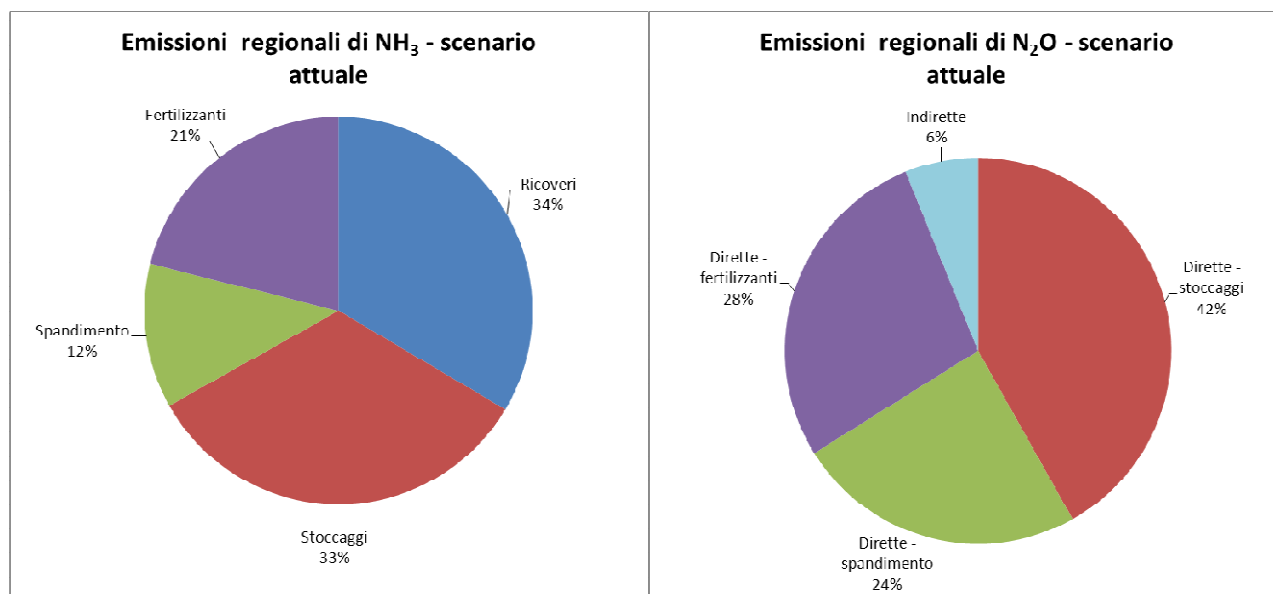
I risultati ottenuti relativamente all'ammoniaca sono ben correlati con l'aggiornamento preliminare di INEMAR al 2010, e mostrano una flessione di circa il 30% rispetto alle edizioni precedenti (il totale regionale nel 2008 di NH<sub>3</sub> da comparto agricoltura-zootecnia era pari a 60'421 t) dovuta in parte ad una lieve diminuzione nei capi allevati, ma soprattutto ad una significativa contrazione del veduto di fertilizzanti chimici, in particolare per quanto riguarda urea e ternari.

In Figura 4 sono rappresentate le emissioni di ammoniaca e protossido di azoto suddivise fase di gestione. Per quanto riguarda l'ammoniaca NH<sub>3</sub>, un terzo delle emissioni sono associate alla stabulazione dei capi allevati, e un terzo allo stoccaggio dei reflui, mentre le maggiori emissioni in fase di fertilizzazione delle superfici agricole sono attribuite all'utilizzo di prodotti di sintesi. La piena applicazione dell'obbligo di interrimento dei reflui zootecnici entro le 24 ore previsto dalla Direttiva Nitrati ha comportato infatti un significativo contenimento delle emissioni associate a questa attività, e rende quindi importante agire sulle fasi precedenti di produzione, raccolta e stoccaggio del refluo.

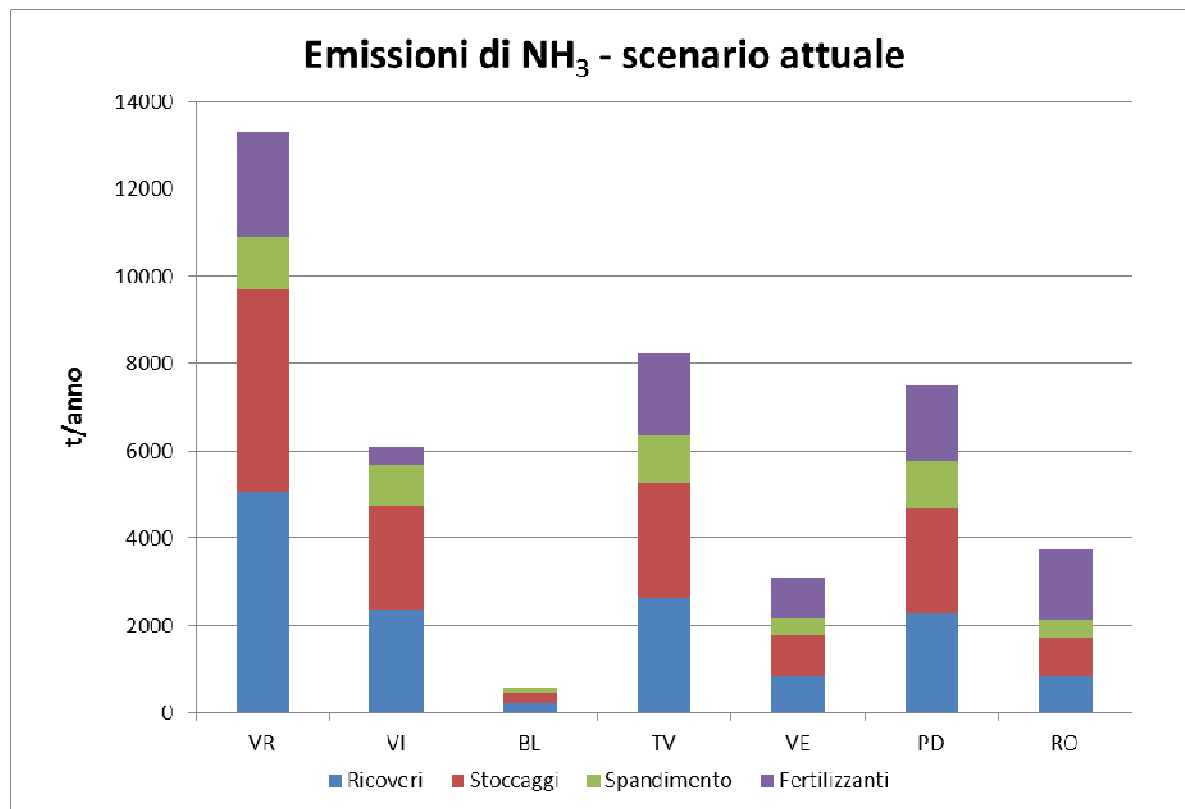
<sup>5</sup> In pratica nella tabella di sinistra viene conteggiato solo il peso dell'N, mentre in quella di destra viene quantificato il peso totale delle molecole in cui viene convertito l'azoto presente nei reflui e nei fertilizzanti.

Per quanto riguarda invece il protossido di azoto, per il quale non sono previste emissioni in fase di ricovero, le emissioni dirette si ripartiscono quasi equamente tra fase di stoccaggio e spandimento; per quest'ultima fase il contributo dei fertilizzanti di sintesi è solo di poco superiore a quello attribuito ai reflui zootecnici. Il contributo delle emissioni indirette, ossia derivanti dai processi di denitrificazione che avvengono nei suoli, è limitato a circa il 6%.

**Figura 4: Ripartizione delle emissioni di NH<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O Scenario attuale**



**Figura 5: NH<sub>3</sub> Scenario attuale provinciale – comparto zootecnico e agricolo per fase di gestione**



In Figura 5 le emissioni di ammoniaca dal macrosettore agricoltura e zootecnia sono suddivise a livello provinciale, oltre che per fase di gestione. Circa un terzo delle emissioni regionali sono attribuite alla provincia di Verona, a cui seguono Treviso e Padova; le province meno emissive per quanto riguarda l'NH<sub>3</sub> sono Venezia e Belluno.

Più o meno il 50% delle emissioni di tutte le province sono relative alle categorie bovini e vacche da latte; nelle province di Verona e Vicenza una quota significativa deriva da Broilers e altri avicoli. Per Rovigo circa il 45% delle emissioni deriva dall'utilizzo di fertilizzanti chimici.

Dall'analisi dei totali regionali di emissioni di ammoniaca limitatamente al comparto zootecnico (quindi senza il contributo derivante dai fertilizzanti di sintesi, v. Figura 6), si conferma la netta preponderanza del settore bovino, sia relativamente alla fase di ricovero che di stoccaggio. Questi sono da considerarsi ambiti di intervento preferenziali, anche tenendo conto del fatto che è in discussione in ambito europeo l'inserimento di questi allevamenti nella procedura di AIA.

**Figura 6: NH<sub>3</sub> Scenario attuale regionale – comparto zootecnico per fase di gestione del refluo**

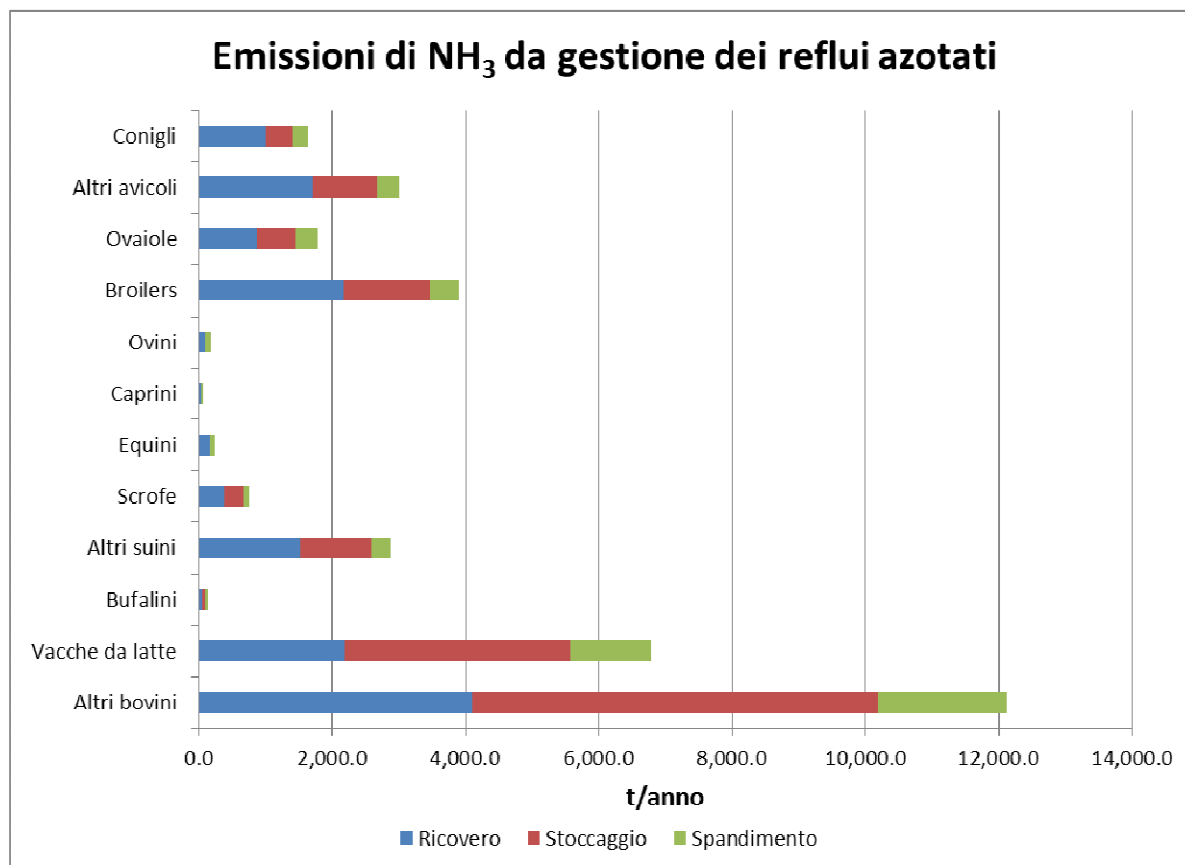


Tabella 15: Output del modello Nitroflussi – risultati dello scenario attuale (caso base) in t/anno di NH<sub>3</sub> per categoria di allevamento.

Tipologia allevamento	Fase di gestione del refluo			
	Ricovero	Stoccaggio	Spandimento	Somma
<b>Altri bovini</b>	4,093.2	6,090.1	1,930.1	12,113.4
<b>Vacche da latte</b>	2,184.7	3,391.0	1,222.5	6,798.1
<b>Bufalini</b>	44.0	57.7	24.7	126.4
<b>Altri suini</b>	1,522.2	1,069.5	286.4	2,878.2
<b>Scrofe</b>	375.5	295.7	82.9	754.1
<b>Equini</b>	159.7	0.0	77.2	236.9
<b>Caprini</b>	35.6	0.0	29.2	64.8
<b>Ovini</b>	93.1	0.0	86.5	179.6
<b>Broilers</b>	2,171.0	1,284.8	443.3	3,899.1
<b>Ovaiole</b>	861.8	585.4	343.7	1,790.9
<b>Altri avicoli</b>	1,695.6	984.1	334.8	3,014.4
<b>Conigli</b>	998.7	395.9	247.2	1,641.9
<b>Totale regionale</b>	<b>14,235.2</b>	<b>14,154.1</b>	<b>5,108.4</b>	<b>33,497.8</b>

## Scenari di riduzione delle emissioni di NH<sub>3</sub>

La valutazione che segue ha l'obiettivo di stimare la potenziale riduzione delle emissioni conseguibile con l'applicazione di soluzioni gestionali e strutturali che consentano l'abbattimento dell'ammoniaca, obiettivo principale della presente analisi di scenario. Il contenimento dell'ammoniaca, che costituisce una delle linee di intervento del Piano di Sviluppo Rurale, è infatti anche uno degli obiettivi strategici del Piano di Risanamento dell'Atmosfera per la riduzione dell'inquinamento atmosferico da polveri PM10 e PM2.5.

L'utilizzo del modello Nitroflussi consente di corredare ogni scenario anche della stima della variazione delle emissioni di protossido di azoto e dei nitrati nella matrice acqua. Si rimanda al paragrafo successivo per un approfondimento relativo all'efficacia delle azioni presentate sul contenimento dei gas serra.

Gli scenari di seguito presentati sono composti di tre ipotesi di applicazione dell'azione:

- minima: in cui si ipotizza la completa diffusione, negli allevamenti di bovini di grossa taglia e in parte degli allevamenti di suini e avicoli, delle tecniche a bassa o media efficacia di riduzione delle emissioni;
- massima: totale penetrazione delle soluzioni strutturali e gestionali che consentono il conseguimento della massima riduzione possibile con le MTD attuali per gli allevamenti di bovini, suini e avicoli;
- media: scenario intermedio tra le ipotesi minima e massima.

Mentre gli scenari minimo e medio derivano dall'attività di ricognizione e analisi svolta dal Gruppo di Lavoro e sono quindi utili alla definizione di realistiche misure di mitigazione, lo scenario massimo, corrispondente allo scenario ambizione massimo previsto dal Guidance Document, fornisce la più alta riduzione di NH<sub>3</sub> conseguibile, ma in molti casi poco realistica.

Dove possibile, la stima delle riduzioni potenziali viene corredata con una stima approssimativa dei costi di implementazione, in base alle indicazioni riportate nel Guidance Document. Tale stima, che deve essere rivista in base alla realtà veneta, è qui proposta allo scopo di dare un peso relativo, in termini di applicabilità economica, alle diverse azioni analizzate.

### ***Alimentazione***

L'introduzione di una dieta bilanciata dal punto di vista degli apporti proteici è una delle strategie di contenimento delle emissioni di NH<sub>3</sub> con migliore rapporto costo/efficacia, con l'ulteriore vantaggio sia di influenzare tutto il ciclo di gestione dei reflui (riducendo a valle il quantitativo di azoto escreto, si riducono le emissioni di tutte le fasi successive: ricovero, stoccaggio, spandimento), sia di comportare la contemporanea riduzione di protossido di azoto. Questa misura inoltre, pur potendo comportare delle variazioni in termini di produttività, non ha ripercussioni sulla salute e sul benessere degli animali nel momento in cui le esigenze specifiche in amminoacidi sono soddisfatte.

Secondo il Guidance Document, per ogni decremento percentuale del contenuto di proteina nella razione, le emissioni di NH<sub>3</sub> da ricovero, stoccaggio e spandimento decrementano dal 5 al 15% a seconda della specie allevata e del pH dei reflui.

L'applicazione di una strategia di alimentazione bilanciata si compone, in proporzione diversa a seconda della tipologia di allevamento, di una serie di azioni:

- alimentazione bilanciata per fasi di crescita e produzione (animali giovani e altamente produttivi richiedono mangimi con maggior contenuto proteico rispetto a capi più vecchi e meno produttivi);
- mangimi a ridotto tenore proteico, con o senza integrazione con amminoacidi di sintesi;
- incremento del contenuto di polisaccaridi non amidacei (che spostano l'escrezione di N da ureico in N nelle feci);
- supplemento con sostanze che abbassano il pH dei reflui.

Il costo di questo tipo di intervento varia a seconda del mercato dei mangimi. In generale, sia diete a costante elevato contenuto proteico da un lato, che diete a costante basso contenuto proteico dall'altro, comportano elevati costi complessivi rispetto a soluzioni intermedie. I costi complessivi tengono conto che entrambe le soluzioni più estreme (sia diete a alto che a basso apporto di proteina) possono inficiare la produttività dei capi allevati. A livello europeo (ma la variabilità tra Stati membri è molto elevata) il costo di manipolazione del contenuto proteico nei mangimi può variare da -10 a 10 € per tonnellata di mangime o, in altri termini, da -2 a 2 € per kg di azoto ammoniacale risparmiato (in pratica a seconda delle condizioni di mercato dei mangimi e degli amminoacidi di sintesi, si possono avere dei risparmi o delle spese aggiuntive). Generalmente più la riduzione del contenuto di proteina è spinta più sono elevati i costi. Comunque, dal punto di vista dell'efficacia ambientale questo tipo di azione consente un elevato rapporto costi/benefici.

L'introduzione di una dieta ipoproteica ha effetti e conseguenze diverse a seconda della tipologia di allevamento; in particolare le riduzioni di azoto escreto sono maggiori nei monogastrici rispetto ai ruminanti.

Nel caso delle vacche da latte, una dieta a maggior contenuto di proteina consente un incremento della produttività del capo allevato; per altro è da evidenziare che ad una maggiore produttività dell'animale corrisponde una maggior efficienza di incorporazione del N proteico in N del latte, e in proporzione una relativa diminuzione dell'N escreto. Alcune recenti sperimentazioni condotte dal Dipartimento di Scienze Animali dell'Università degli studi di Milano presso alcuni allevamenti lombardi fanno ipotizzare una più significativa riduzione dell'azoto escreto per diete con elevato rapporto amido/proteine<sup>6</sup>. Comunque una dieta correttamente bilanciata dal punto di vista proteico ed energetico, che garantisca i normali livelli di produttività, realisticamente consente nel caso dei bovini di abbattere il tasso di N escreto dell'ordine massimo del 10-15% [8,9].

Nel caso dei broilers, l'alimentazione multifase e una riduzione dell' 1-2 % del contenuto di proteina può comportare invece una riduzione dell'azoto escreto del 15-20% a seconda dell'allevamento. Ancora maggiore può essere l'efficacia dell'introduzione di una dieta ipoproteica nel caso dei suini (fino al 30% di

---

<sup>6</sup> In pratica si sfrutta la popolazione microbica ruminale che trasforma N non proteico in N "microbico" proteico, ricco di amminoacidi ad elevato valore nutrizionale. Oltre il 60% delle proteine digerite da una vacca da latte in produzione sono di origine microbica; diete ad elevato contenuto di carboidrati consentono di incrementare questa quota.



NH<sub>3</sub> in meno), per i quali si calcola che quasi la metà dell'escrezione di N dipenda da un errato bilanciamento della proteina in fase di alimentazione.

Le strategie alimentari bilanciate costituiscono uno degli interventi indicati a livello nazionale, dal "Gruppo di Lavoro per l'individuazione delle misure per la riduzione dell'inquinamento atmosferico" istituito con Decreto del Ministero dell'Ambiente n.756 del 28 dicembre 2011. Non risultano invece specifiche misure relative all'incentivazione dell'applicazione di diete ipoproteiche in altri Piani di Risanamento dell'Aria di recente adozione in alcune Regioni del Nord.

In Tabella 16 si riportano le efficienze di abbattimento della NH<sub>3</sub> implementate nel modello Nitroflussi. Si presentano di seguito le riduzioni rispetto allo stato attuale stimate dal modello nei 3 scenari minimo, medio e massimo indagati. Tali riduzioni sono riferite al bilancio complessivo dell'azoto, comprensivo quindi sia delle fonti zootecniche che degli apporti dai fertilizzanti di sintesi.

**Tabella 16: % di riduzione dell'N zootecnico escreto per classe di efficienza e tipologia di allevamento (fonte: tabella 2.15 Guida Tecnica modello Nitroflussi)**

	Efficienza di riduzione N_Feed		
	Bovini	Suini	Avicoli
Standard	0,0%	0,0%	0,0%
Bassa efficacia	5,0%	10,0%	10,0%
Media efficacia	10,0%	20,0%	15,0%
Alta efficacia	15,0%	30,0%	20,0%

## Ipotesi di intervento

- Ipotesi di **minima**: introduzione della dieta ipoproteica con efficacia di riduzione delle emissioni di ammoniaca media per i capi presenti negli allevamenti bovini con più di 50 LU e per il 50% di suini e scrofe.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3accq</sub>
Verona	-4%	-3%	-3%
Vicenza	-4%	-4%	-8%
Belluno	-7%	-7%	-7%
Treviso	-5%	-3%	-4%
Venezia	-5%	-4%	-6%
Padova	-5%	-4%	-6%
Rovigo	-4%	-2%	-5%
VENETO	<b>-4%</b>	<b>-3%</b>	<b>-5%</b>

- b. Ipotesi di **media**: introduzione della dieta ipoproteica con media efficacia di riduzione nel 100% dei capi allevati negli allevamenti di bovini, suini e avicoli.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-11%	-9%	-9%
Vicenza	-10%	-10%	-20%
Belluno	-11%	-10%	-11%
Treviso	-8%	-7%	-8%
Venezia	-8%	-6%	-7%
Padova	-9%	-7%	-10%
Rovigo	-7%	-6%	-10%
VENETO	<b>-9%</b>	<b>-8%</b>	<b>-10%</b>

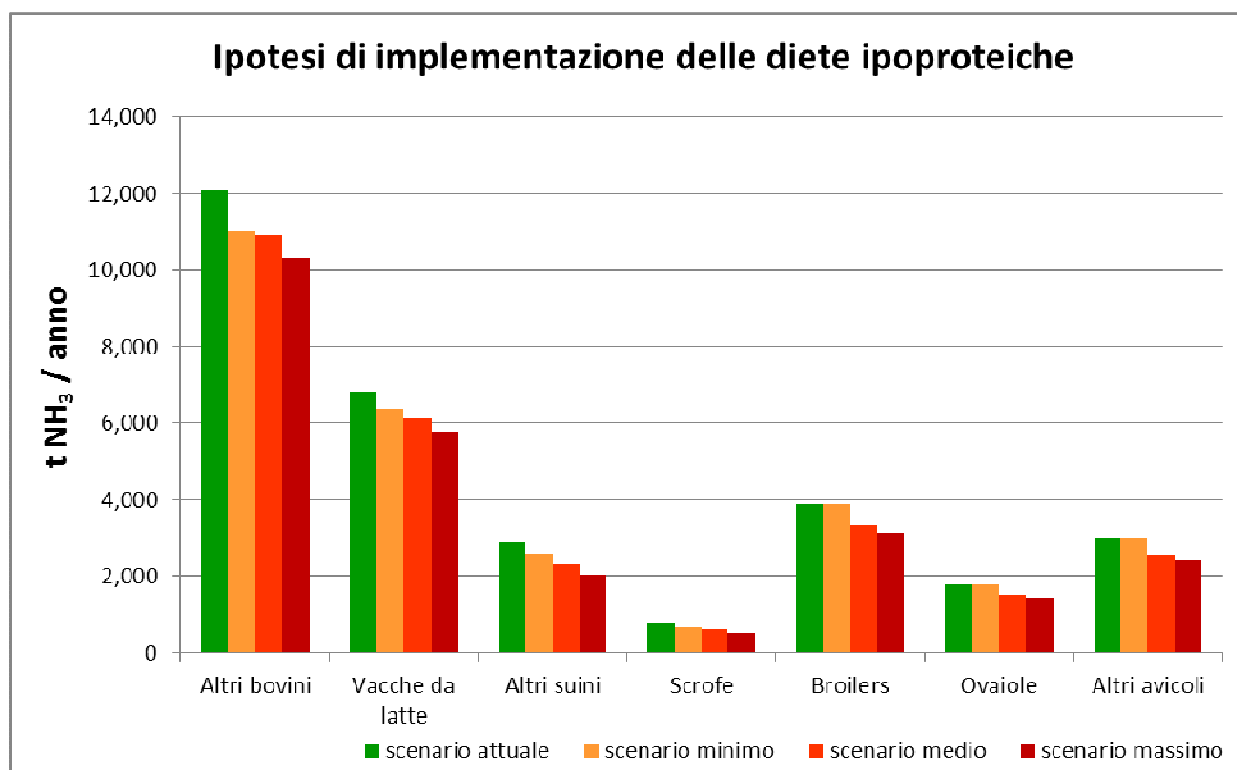
- c. Ipotesi di **massima**: introduzione di dieta ipoproteica con massima efficacia di riduzione nel 100% dei capi allevati negli allevamenti di bovini, suini e avicoli.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-15%	-13%	-13%
Vicenza	-15%	-15%	-28%
Belluno	-16%	-15%	-17%
Treviso	-12%	-10%	-11%
Venezia	-11%	-9%	-11%
Padova	-12%	-10%	-14%
Rovigo	-10%	-9%	-14%
VENETO	<b>-13%</b>	<b>-12%</b>	<b>-14%</b>

In termini di N escreto complessivo, queste azioni comportano un risparmio complessivo pari a 1543, 3224, 4657 t N-NH<sub>3</sub>/anno (t di azoto ammoniacale), rispettivamente per le ipotesi di implementazione minima, media e massima. Basandosi sulle indicazioni del Guidance Document e considerando il caso peggiore (corrispondente ad un costo, e non un risparmio, di 2 € per kg di N-NH<sub>3</sub> risparmiato), tali decrementi potrebbero comportare agli allevatori un costo massimo di 3M di € nella ipotesi minima, 6.4 M di € in quella media e 9.3M di € nella ipotesi massima, considerata la più difficilmente applicabile. Nel caso della ipotesi di minima, che sembra più facilmente implementabile, tali costi potrebbero invece trasformarsi in risparmi se l'alimentazione ipoproteica venisse ottenuta con una dieta bilanciata multifase che garantisca i livelli di produttività esistenti.

In Figura 7 i quantitativi regionali di ammoniaca emessa a livello regionale dal comparto zootecnico vengono confrontati con quelli ottenuti nelle 3 ipotesi di implementazione della misura gestionale di introduzione della dieta bilanciata.

Figura 7: Misura gestionale: implementazione alimentazione ipoproteica



- ❖ Nella ipotesi di minima implementazione (media efficienza per tutti i bovini e le vacche da latte presente negli allevamenti di grandi dimensioni e per il 50% di suini e scrofe), agendo sul 63% delle vacche da latte e sul 90% dei bovini allevati in Veneto si ottiene una riduzione pari a 426 e 1085 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da vacche e altri bovini; agendo sul 50% dei capi allevati nel settore suinicolo si risparmiano 75 e 288 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da scrofe e altri suini. La riduzione totale ottenuta è dunque pari a 1874 t, di cui il 81% deriva dal comparto bovino, e il 19% da quello suino.
- ❖ Nella ipotesi di media implementazione (media efficienza per il 100% dei capi negli allevamenti di bovini, vacche da latte, suini, scrofe, broilers, ovaiole e altri avicoli) si ottiene una riduzione pari a 676 e 1207 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da vacche e altri bovini; 151 e 576 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da scrofe e altri suini; 585, 267 e 452 rispettivamente da broilers, ovaiole e altri avicoli. La riduzione totale ottenuta è dunque pari a 3915 t, di cui il 48% deriva dal comparto bovino, il 19% da quello suino e il restante 33% dagli avicoli.
- ❖ Nella ipotesi di massima implementazione (massima efficienza per il 100% dei capi negli allevamenti di bovini, vacche da latte, suini, scrofe, broilers, ovaiole e altri avicoli) si ottiene una riduzione pari a 1014 e 1810 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da vacche e altri bovini; 226 e 864 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da scrofe e altri suini; 780, 358 e 603 rispettivamente da broilers, ovaiole e altri avicoli. La riduzione totale ottenuta è dunque pari a 5655 t, di cui il 50% deriva dal comparto bovino, il 19% da quello suino e il restante 31% dagli avicoli.

Nonostante la minore efficienza di riduzione relativa dell'azoto escreto ottenibile, in termini assoluti si riconferma strategica l'introduzione della dieta bilanciata ipoproteica per il comparto bovino.

## ***Ricoveri***

La riduzione delle emissioni di ammoniaca e protossido di azoto in fase di stabulazione si basa essenzialmente su uno o più dei seguenti accorgimenti strutturali/gestionali:

- diminuzione dell'area coperta dai reflui;
- assorbimento da lettiera;
- rapida rimozione delle urine e/o rapida separazione feci/urine;
- diminuzione della velocità dell'aria e della temperatura sopra i reflui (tranne nei casi in cui si proceda alla disidratazione, ad es. pollina);
- riduzione del pH e della temperatura nei reflui;
- essiccamento della pollina;
- rimozione dell'ammoniaca mediante scrubbing dei fumi dell'impianto di ventilazione;
- incremento del pascolo.

Alcuni di questi accorgimenti sono più idonei ad alcuni tipi di stabulazione (es: essiccazione della pollina), mentre altri sono trasversali alle categorie di allevamento (riduzione della superficie dei reflui esposta all'aria). Inoltre in alcune realtà alcune mitigazioni possono comportare effetti negativi sulla produttività o sulle altre matrici (es: l'incremento del tempo di pascolo non è una pratica perseguibile negli allevamenti intensivi di pianura, anche in relazione ai divieti e alle limitazioni di spandimento in zona vulnerabile ai nitrati).

Le modalità di stabulazione e la tipologia di ricoveri che consentono di ottenere una riduzione delle emissioni atmosferiche, secondo gli accorgimenti sopra elencati, variano molto in base alla tipologia di allevamento. Nel caso dei bovini le stalle più performanti prevedono pavimentazioni piene che consentano il passaggio frequente di raschiatori meccanici per mantenere le superfici pulite. Nel caso dei suini invece le maggiori riduzioni dell'emissione di ammoniaca si associano a pavimentazioni parzialmente fessurate (non adatto per le scrofe per problematiche relative al benessere e alla sicurezza animale). Diverso ancora è il caso degli avicoli, in particolare per quelli allevati a terra, in cui sono funzionali alla riduzione delle emissioni la lettiera profonda e l'adeguata ventilazione.

In generale i costi di rinnovo parziale o totale dei ricoveri variano moltissimo in funzione del tipo di intervento e della sua estensione. Ovviamente i costi maggiori sono associati alle soluzioni ambientalmente più performanti, che andrebbero quindi pensate per nuove costruzioni, piuttosto che in fase di adeguamento dell'esistente. I costi riportati nel Guidance Document variano da 1€ per kg di azoto ammoniacale (kg N-NH<sub>3</sub>/anno) nel caso di adeguamenti che consentano di ottenere una bassa efficienza di rimozione (circa il 20% del fattore di emissione da ricoveri), a 9, 15 o 20€ per kg di azoto ammoniacale, rispettivamente nel caso di ovaiole, broilers e suini o bovini, per interventi che puntano ad ottenere la massima efficienza di riduzione delle emissioni.

## Ipotesi di intervento

- a. Ipotesi di **minima**: miglioramento di tutte le stabulazioni per vacche da latte e bovini mediante climatizzazione e incremento frequenza di rinnovo lettiera e/o di rimozione mediante raschiatori meccanici: tutte le strutture con già bassa efficienza vengono così promosse a media, mentre i reference system a bassa;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-1.1%	0.2%	0.4%
Vicenza	-1.9%	0.4%	1.8%
Belluno	-2.7%	0.6%	1.4%
Treviso	-1.7%	0.3%	0.7%
Venezia	-1.6%	0.3%	0.7%
Padova	-1.5%	0.3%	0.8%
Rovigo	-0.8%	0.1%	0.5%
VENETO	-1.4%	0.3%	0.7%

- b. Ipotesi di **media**: oltre agli interventi previsti per i bovini, si persegue il conseguimento delle stesse percentuali di penetrazione delle tecniche a bassa, media e alta efficienza della media nazionale degli allevamenti di suini e scrofe (45% bassa efficienza, 23% media efficienza, 5% alta efficienza, per i suini; 30% bassa efficienza, 26% media efficienza, 4% alta efficienza, per i suini), nonché si promuovono adeguati sistemi di ventilazione negli allevamenti di broilers e avicoli (disidratazione pollina) al fine di ottenere una bassa efficienza di riduzione dell'NH<sub>3</sub> nel 100% degli allevamenti;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-6%	1%	2%
Vicenza	-6%	1%	5%
Belluno	-4%	1%	2%
Treviso	-3%	1%	1%
Venezia	-3%	0%	1%
Padova	-3%	1%	2%
Rovigo	-2%	0%	1%
VENETO	-4%	1%	2%

- c. Ipotesi di **massima**: 100% ricoveri con massima efficienza di rimozione dell'ammoniaca per bovini, suini e avicoli.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-14%	2%	5%
Vicenza	-12%	2%	12%
Belluno	-9%	2%	4%
Treviso	-7%	1%	3%
Venezia	-7%	1%	3%
Padova	-8%	1%	4%
Rovigo	-7%	1%	4%
VENETO	<b>-10%</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>

In termini di N escreto complessivo, queste azioni comportano un risparmio complessivo pari a 503, 1466, 3582 t N-NH<sub>3</sub>/anno (t di azoto ammoniacale), rispettivamente per le ipotesi minima, media e massima.

Per quanto riguarda l'ipotesi di media implementazione (quella minima ne è un sottoinsieme), i costi riportati nel Guidance Document sono approssimativamente pari a 1-2€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno risparmiato per bovini e suini e circa 1-3€ kg N-NH<sub>3</sub>/anno per broilers e avicoli. Per l'ottenimento della massima efficienza nelle tre categorie (bovini, compresi bufalini, suini e avicoli, comprese le ovaiole) invece i costi riportati si aggirano attorno ai 20€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno nel caso di bovini e suini, e da 9 a 15 € per kg N-NH<sub>3</sub>/anno nel caso degli avicoli. Questo corrisponde a un costo complessivo di 0.5-1M di € nella ipotesi minima, 1.5-3.7M di € nella ipotesi media, 50 -62M di € in quella massima.

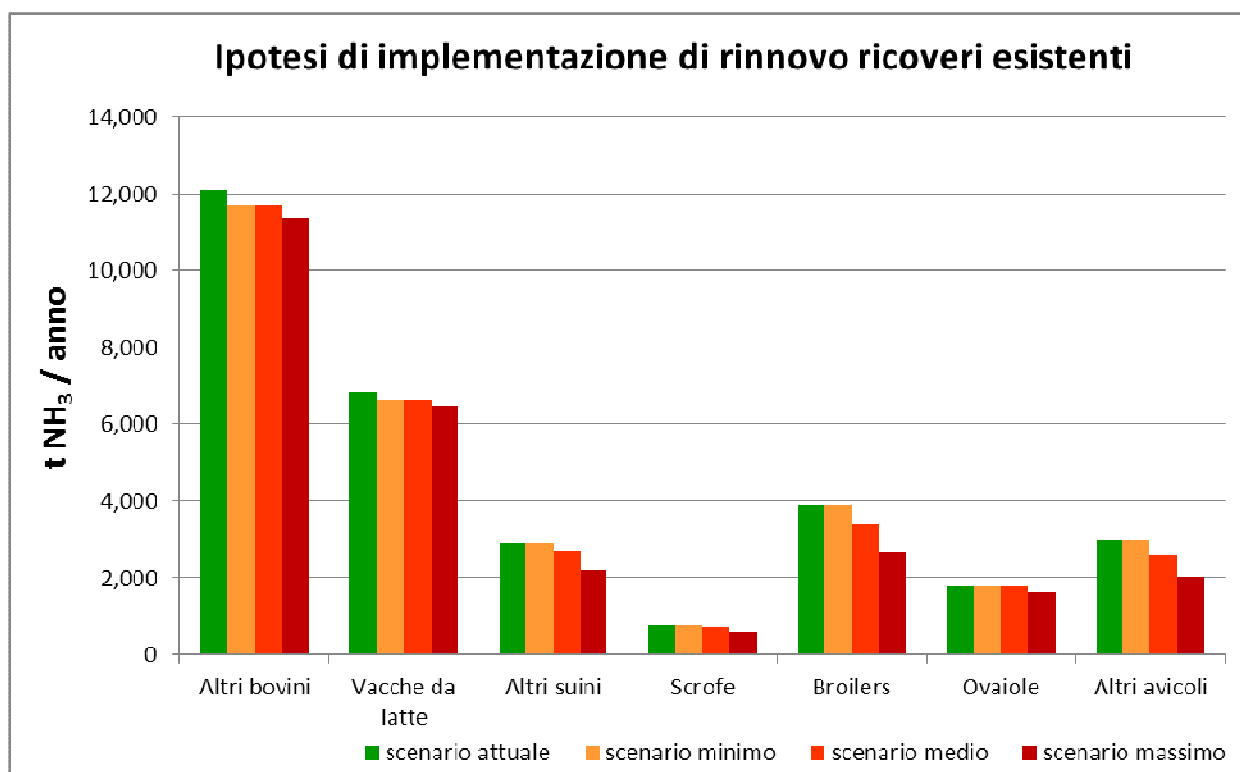
L'ipotesi di massima implementazione ha come previsto costi non confrontabili con gli altri scenari, e neppure con l'ipotesi massima relativo all'introduzione di una dieta ipoproteica che pure consente di ottenere una riduzione in tonnellate di ammoniaca all'anno ben superiore: 9.3M€ per una riduzione di circa 4650 t N-NH<sub>3</sub> nell'ipotesi di totale penetrazione della razione con minimo contenuto di azoto, contro più di 50M€ per una riduzione di circa 3600 t N-NH<sub>3</sub> per completa penetrazione delle più efficienti MTD nei ricoveri.

E' da sottolineare inoltre che questa azione di mitigazione considerata singolarmente, e non accoppiata con altre strategie di mitigazione, andando a diminuire la quota di azoto escreto che volatilizza come ammoniaca, comporta un leggero incremento delle emissioni di protossido di azoto ed un significativo incremento dei quantitativi di nitrato che arriva alla matrice acqua. Inoltre andando ad analizzare separatamente le emissioni derivanti dalle diverse fasi di gestione del refluo, il contenimento della volatilizzazione in fase di ricovero, pari a -16% e -38% rispettivamente nell'ipotesi media e massima, comporta un incremento delle emissioni nelle fasi di stoccaggio e di spandimento (da +2 a +6% rispettivamente nel caso medio e massimo).

In Figura 8 i quantitativi di ammoniaca emessa a livello regionale dal comparto zootecnico vengono confrontati con quelli ottenuti nei 3 scenari di implementazione della misura strutturale di introduzione delle MTD nei ricoveri.

- ❖ Nella ipotesi di minima implementazione (da bassa a media efficienza per tutti i bovini e le vacche da latte), si ottiene una riduzione pari a 181 e 430 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da vacche e altri bovini, per una riduzione complessivo di ammoniaca all'anno di 611 tonnellate, di cui il 30% da vacche e il 70% da altri bovini.
- ❖ Nella ipotesi di media implementazione (da bassa a media efficienza per tutti i bovini e le vacche da latte, per circa 50% di suini e circa il totale di broilers e altri avicoli) si ottiene, oltre alle riduzioni sopra riportate, una riduzione pari a 38 e 196 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da scrofe e altri suini, e una riduzione pari a 517 e 419 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da broilers e altri avicoli. La riduzione totale ottenuta è dunque pari a 1780 t, di cui il 34% deriva dal comparto bovino, il 13% da quello suino e il restante 53% dagli avicoli.
- ❖ Nella ipotesi di massima implementazione (massima penetrazione delle più performanti MTD per quanto riguarda i ricoveri) si ottiene una riduzione pari a 320 e 741 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da vacche e altri bovini; 173 e 704 tonnellate di NH<sub>3</sub> rispettivamente da scrofe e altri suini; 1244, 180 e 979 rispettivamente da broilers, ovaiole e altri avicoli. La riduzione totale ottenuta è dunque pari a 4349 t, di cui il 24% deriva dal comparto bovino, il 20% da quello suino e il restante 55% dagli avicoli.

Figura 8: Misura strutturale: implementazione MTD ricoveri esistenti



Nonostante la rilevante incidenza del comparto bovino sulle emissioni da ricoveri, l'ipotesi minima che agisce solo su tale comparto non ottiene significative riduzioni delle emissioni, mentre si dimostrano più efficaci strategie che prevedano anche la mitigazione delle emissioni per il comparto avicolo (essenzialmente disidratazione della pollina, lettiera profonda e abbeveratoi anti spreco), anche escludendo gli allevamenti di ovaiole, per i quali si stima già una consistente presenza di ricoveri bassa emissione.

Integrando l'ipotesi media con quella minima di introduzione della dieta ipoproteica (v. paragrafo precedente), non solo si ottiene una significativa riduzione delle emissioni di ammoniaca, ma nel contempo si controllano gli effetti anche sugli altri inquinanti.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-10%	-2%	-1%
Vicenza	-10%	-3%	-3%
Belluno	-11%	-6%	-6%
Treviso	-7%	-3%	-3%
Venezia	-8%	-3%	-5%
Padova	-8%	-3%	-4%
Rovigo	-6%	-2%	-3%
VENETO	<b>-9%</b>	<b>-2%</b>	<b>-3%</b>

Il costo complessivo della combinazione delle due misure è come stima di massima 4M di €, costo sicuramente da rivedere, al ribasso in quanto introducendo riduzioni di un solo punto percentuale di N nella

razione di bovini e suini verosimilmente per alcune aziende si ottiene un risparmio e non un costo aggiuntivo.<sup>7</sup>

## Stoccaggi

Per abbattere le emissioni in fase di stoccaggio è necessario diminuire la superficie del refluo esposta all'aria. Per far questo si può agire: tramite copertura che minimizza il contatto tra refluo e aria, diminuendo il rapporto superficie/volume oppure abbassando il pH. Sebbene in linea di principio queste soluzioni sono applicabili sia su liquami che palabili, in generale le tecniche disponibili sono relative agli stoccaggi dei liquami. L'abbattimento relativo del fattore di emissione da stoccaggio nei 3 livelli di efficienza è inoltre molto più elevato per il liquame che per pollina e letame: per il primo si considerano riduzioni pari a 40%, 60% e 80% per le tecniche a bassa, media e alta efficienza; per i secondi gli abbattimenti stimati sono pari a 10, 15, 20% rispettivamente nelle 3 classi.

Gli stoccaggi in silos o vasche possono prevedere una copertura ad alta efficienza di abbattimento tipo "tight lid" che secondo il Guidance Document comporta un costo complessivo di 1-2.5€ per kg di N-NH<sub>3</sub> risparmiato. Si tratta comunque di tipologie di stoccaggio poco diffuse nella realtà italiana, dove prevalgono le soluzioni tipo vasconi interrati o fuori terra. In questo caso sono più adatte coperture di media o bassa efficienza di abbattimento delle emissioni di tipo flottante di materiale plastico, tela o tessuti tecnologici. Nel caso di liquame suini che non produce crosta superficiale o di digestato, si è dimostrato altrettanto efficace l'utilizzo di LECA balls (*light expanded clay aggregate*). In questo caso i costi possono variare, a seconda del tipo di copertura flottante individuata, da 0.5 a 5 € per kg di N-NH<sub>3</sub>. Nel caso di liquami misti con materiale da lettiera, la formazione naturale di una crosta superficiale è considerata una tecnica a bassa efficienza, che di per sé non comporta costi di implementazione anche se richiede alcuni accorgimenti nella gestione del refluo (carico, scarico, ...).

## Ipotesi di intervento

- a. Ipotesi di **minima**: raggiungimento almeno della bassa efficienza per tutti gli stoccaggi di liquami;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-3%	0.4%	1%
Vicenza	-2%	0.5%	2%
Belluno	-4%	0.9%	2%
Treviso	-2%	0.5%	1%
Venezia	-2%	0.4%	1%
Padova	-3%	0.5%	2%
Rovigo	-2%	0.3%	1%
VENETO	<b>-2%</b>	<b>0.4%</b>	<b>1%</b>

<sup>7</sup> Si ribadisce che questa stima dei costi è funzionale al confronto degli scenari ma deve essere ricalcolata da personale competente in materia.



- b. Ipotesi di **media**: raggiungimento almeno della media efficienza per tutti gli stoccaggi di liquami e bassa per pollina e letami;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3accq</sub>
Verona	-9%	1.5%	4%
Vicenza	-10%	1.9%	9%
Belluno	-11%	2.6%	6%
Treviso	-8%	1.6%	4%
Venezia	-8%	1.4%	5%
Padova	-9%	1.6%	5%
Rovigo	-6%	1.0%	4%
VENETO	<b>-9%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>

- c. Ipotesi di **massima**: migliori soluzioni disponibili per tutti gli stoccaggi, sia liquami che pollina e letami;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3accq</sub>
Verona	-18%	3%	7%
Vicenza	-19%	4%	17%
Belluno	-19%	4%	10%
Treviso	-15%	3%	6%
Venezia	-14%	3%	9%
Padova	-16%	3%	9%
Rovigo	-11%	2%	8%
VENETO	<b>-16%</b>	<b>3%</b>	<b>8%</b>

In termini di N escreto complessivo, queste azioni comportano un risparmio complessivo pari a 869, 3022, 5665 t N-NH<sub>3</sub>/anno (t di azoto ammoniacale), rispettivamente per le ipotesi di minima, media e massima implementazione.

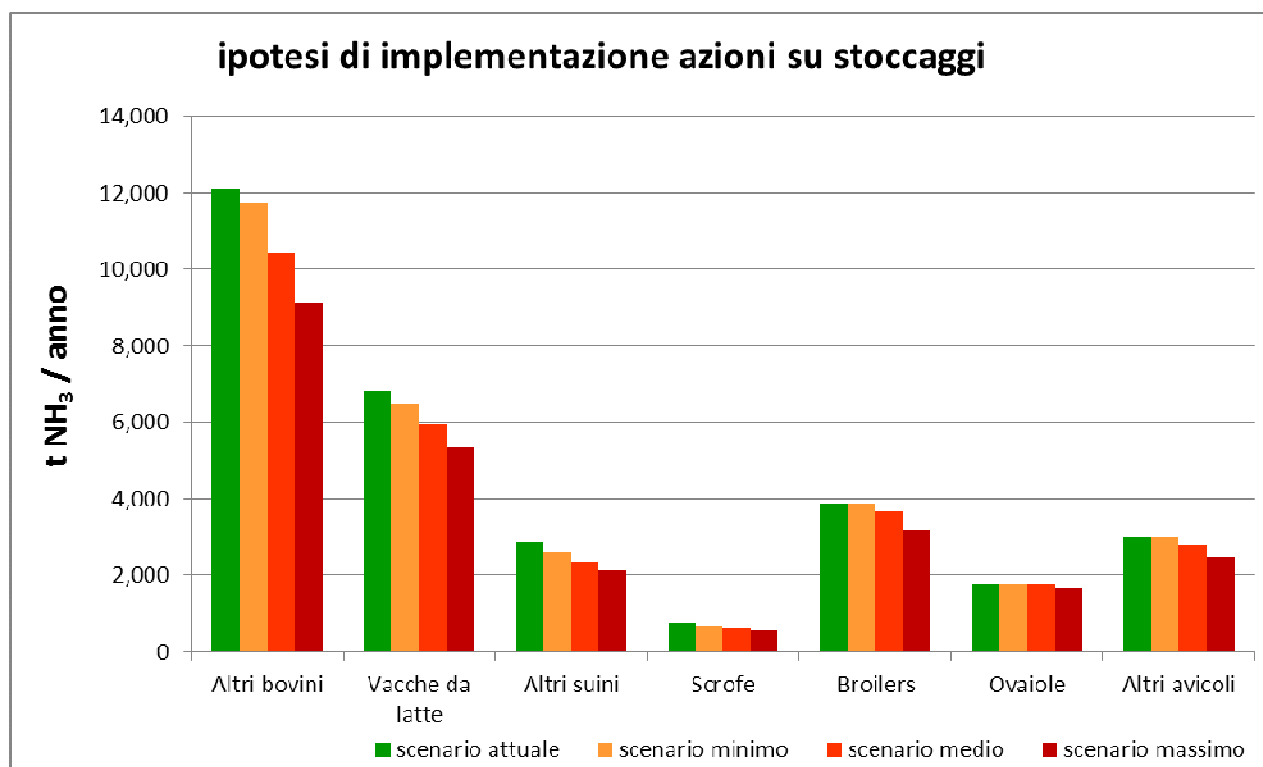
Per quanto riguarda l'ipotesi minima, i costi riportati nel Guidance Document sono approssimativamente pari a 0.5-2€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno risparmiato per le coperture flottanti, escludendo la formazione di una crosta superficiale naturale. In questo caso i costi potrebbero essere quindi da quasi nulli (per incentivazione della formazione di crosta superficiale naturale) a tra 0.4 e 1.7M€.

I costi di coperture a maggior efficacia di abbattimento (es: coperture plastiche) possono variare tra circa 1 e 5€ kg N-NH<sub>3</sub>/anno. Per l'ottenimento di efficienza media efficienza per i liquami bovini, compresi bufalini, e suini, e bassa efficienza per letami e pollina, invece i costi riportati si aggirano tra a 1-2.5€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno nel caso dei liquami, e nuovamente da 0.5 a 2€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno nel caso dei palabili (ma questa stima è molto più incerta). Questo corrisponderebbe a un costo complessivo nell'ipotesi di media implementazione estremamente variabile (tra 3 e 16M€).

Nell'ipotesi di massima penetrazione delle tecniche di stoccaggio a massimo abbattimento dell'ammoniaca, considerando un costo di 1-2.5€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno riportato nel Guidance Document per "tight lid", si ottiene una stima da 6 a 14M€ complessivi. Come sopra riportato il "tight lid", che richiede tipologie di

stoccaggio non significativamente diffuse nelle nostre regioni, non è una soluzione perseguibile; la massima efficienza potrebbe invece essere adottata dalla combinazione di tecniche di copertura con altri tipi di accorgimenti gestionali, quali la riduzione del pH, la riduzione dell'aerazione del refluo per rimescolamento o durante le operazioni di carico/scarico. I costi quindi di questo scenario sono di difficile stima, ma verosimilmente si mantengono di molto inferiori ai costi dell'ipotesi di implementazione massima relativa ai ricoveri.

Figura 9: Misura strutturale/gestionale: implementazione MTD stoccaggi esistenti



In Figura 9 i quantitativi di ammoniaca emessa a livello regionale dal comparto zootecnico vengono confrontati con quelli ottenuti nei 3 scenari di implementazione della copertura degli stoccaggi a crescente efficienza di abbattimento delle emissioni.

- ❖ Nella ipotesi di minima implementazione (bassa efficienza per i tutti gli stoccaggi di liquami), si ottiene una riduzione di 1055 t di NH<sub>3</sub>, di cui 285 t dagli allevamenti di vacche da latte, 395 t da altri bovini, 81 t da scrofe, e 294 da altri suini; in pratica il 64% della riduzione deriva dai liquami bovini e il restante 36% dai suini.
- ❖ Nella ipotesi di media implementazione (da media efficienza per gli stoccaggi di liquami e bassa per i palabili) si ottiene una riduzione complessiva di 3670 t, di cui 2550 t dagli allevamenti bovini, 678 t da quelli suini e 441t dagli stoccaggi di pollina. Il 70% della riduzione resta a carico dei bovini, mentre da liquami suini e dalla pollina si ottiene con questo scenario rispettivamente il 18% e il 12% della riduzione.

- ❖ Nella ipotesi di massima implementazione (massima penetrazione delle più performanti MTD per quanto riguarda gli stoccaggi) la riduzione potenziale è circa pari a 6880 t, 65% dai bovini, il 14% dai suini e il 21% dagli avicoli.

Per quanto riguarda gli stoccaggi restano quindi prioritari interventi di copertura delle vasche di liquami, in particolare bovini, mentre risultano meno efficaci interventi sugli stoccaggi di pollina, sulla quale sono più incisive soluzioni che prevedano la disidratazione in fase di ricovero (es: adeguamenti profondità e ventilazione delle lettiere).

Come nel caso delle emissioni da ricovero, azioni limitate alla sola fase di stoccaggio, e non inserite in un contesto di altre strategie di mitigazione, andando a diminuire la quota di azoto escreto che passa in aria, comportano un incremento delle emissioni di protossido di azoto e nitrati anche significative, nonché un incremento delle emissioni in aria in fase di spandimento (fino al 10% nello scenario massimo). Integrando invece l'ipotesi minima con lo scenario combinato (ipotesi media per i ricoveri e minima di introduzione della dieta ipoproteica), si ottengono le riduzioni riportate nella tabella sottostante.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-12%	-1%	0%
Vicenza	-12%	-2%	-1%
Belluno	-14%	-5%	-4%
Treviso	-10%	-2%	-2%
Venezia	-10%	-3%	-3%
Padova	-11%	-3%	-3%
Rovigo	-8%	-2%	-2%
VENETO	<b>-11%</b>	<b>-2%</b>	<b>-1%</b>

Il costo complessivo della combinazione delle tre misure è come stima di massima 5-8.5M di €, costo probabilmente da rivedere al ribasso non solo in funzione dei possibili risparmi ottenibili con un adeguata razione ipoproteica, ma anche in considerazione che in alcuni casi la riduzione delle emissioni da stoccaggio è ottenibile attraverso il processo naturale di formazione della crosta superficiale (eventualmente incentivabile mediante opportuni accorgimenti gestionali).

## Spandimenti

Il principio che regola la diminuzione della volatilizzazione dell'azoto in fase di spandimento è sempre legato alla riduzione degli scambi tra refluo e aria ambiente. Questa si può ottenere diminuendo la superficie di esposizione (ad esempio attraverso lo spandimento per bande) e/o il tempo di esposizione (rapido interrimento). Inoltre si può agire riducendo la concentrazione di ione ammonio nel refluo (che a contatto con l'aria volatilizza sotto forma di ammoniaca), riducendo il pH o diluendo il liquame (fertirrigazione<sup>8</sup>).

I costi previsti nel Guidance Document tengono conto del deprezzamento dei macchinari, dei tassi di investimento, dei costi di mantenimento e lavoro aggiuntivi rispetto alla tecnica di riferimento, e variano attorno 1.5 -2€ per kg di N-NH<sub>3</sub> risparmiato.

In questo caso, data la difficoltà nell'individuare a priori le soluzioni adeguate sia alla tipologia di coltura che in funzione della vicinanza/disponibilità del refluo, nonché delle soluzioni tecniche effettivamente utilizzabili nella nostra regione (anche in ragione del fatto che data la tipologia di terreni a tessitura grossolana e con scarso contenuto in sostanza organica, le tecniche più innovative come l'incorporazione immediata e profonda possono in realtà portare ad un incremento della percolazione di nitrati nelle acque), si è proceduto ad analizzare la riduzione massima conseguibile con la completa diffusione delle migliori tecniche disponibili per liquami e letami separatamente.

## Ipotesi di intervento

- a. Ipotesi di media: 100% penetrazione delle tecniche di spandimento dei liquami che consentono la massima efficienza di abbattimento delle emissioni di NH<sub>3</sub>;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-2%	0.0%	1%
Vicenza	-3%	0.1%	2%
Belluno	-4%	0.0%	2%
Treviso	-3%	0.1%	1%
Venezia	-3%	0.1%	2%
Padova	-3%	0.1%	2%
Rovigo	-2%	0.1%	2%
VENETO	<b>-2%</b>	<b>0.1%</b>	<b>1%</b>

<sup>8</sup> Il liquame diluito nell'acqua di irrigazione viene più velocemente incorporato nel terreno (per infiltrazione), diminuendo il tempo di esposizione all'aria. Per essere considerata una tecnica efficace per l'abbattimento delle emissioni sono necessarie alcune condizioni:

- la diluizione minima deve essere di 1:1 ( 50% acqua – 50% liquame) e deve essere ottenuta attivamente e non per diluizione con acque meteoriche in fase di stoccaggio (stoccaggi non coperti sono molto emissivi e in pratica annullano il vantaggio ottenuto con la fertirrigazione);
- devono essere rispettate sia le esigenze di acqua che di nutrienti delle colture per non incentivare i fenomeni di lisciviazione;
- le caratteristiche del terreno devono essere idonee (terreni non in pendenza, con tessitura grossolana e non elevato contenuto in sostanza organica).

Si tratta comunque di una tecnica a bassa efficacia di abbattimento delle emissioni (30-40% rispetto allo spandimento a tutto campo). L'iniezione entro le 24 ore prevista dall'applicazione della normativa sui nitrati ha un'efficacia di abbattimento delle emissioni maggiore (60% rispetto allo spandimento a tutto campo).

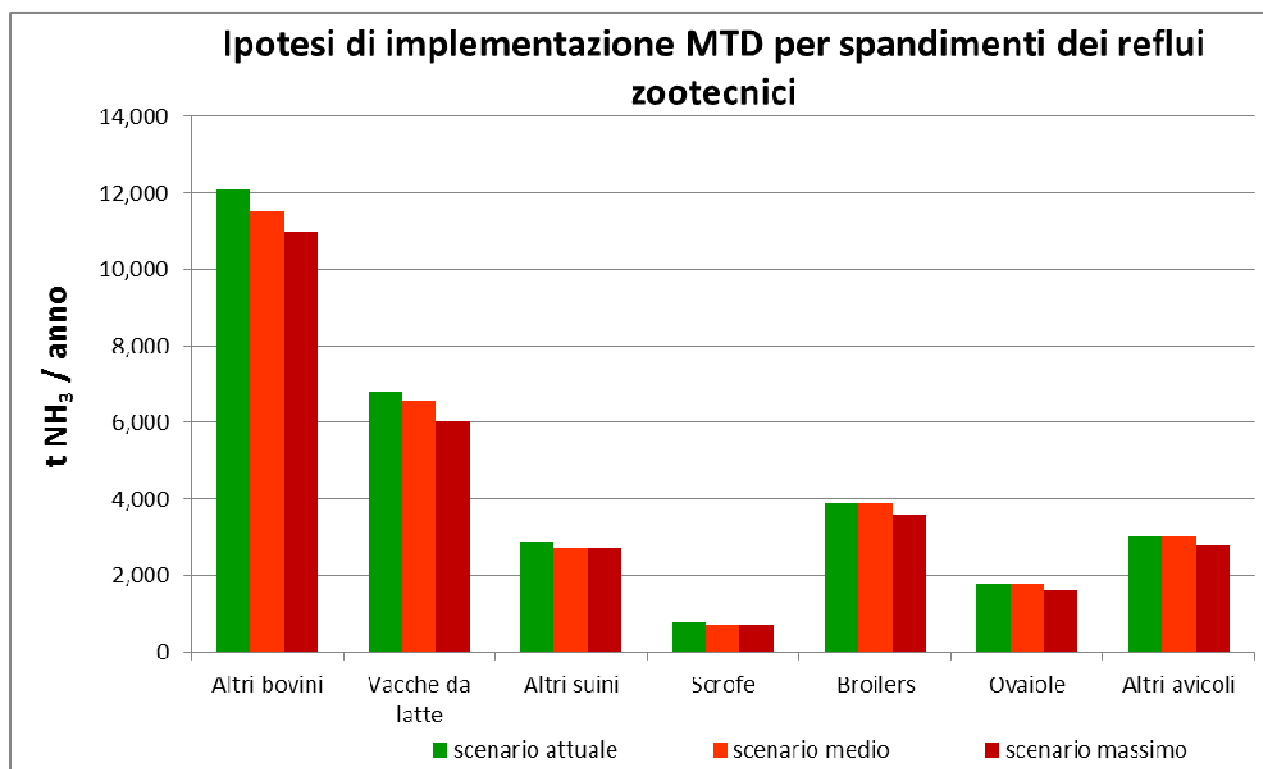
- b. Ipotesi di massima: 100% penetrazione delle tecniche di spandimento che consentono la massima efficienza di abbattimento delle emissioni di NH<sub>3</sub> sia per liquami che per letami;

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-5%	0.2%	2%
Vicenza	-9%	0.4%	9%
Belluno	-9%	0.1%	5%
Treviso	-8%	0.3%	4%
Venezia	-8%	0.2%	4%
Padova	-9%	0.3%	5%
Rovigo	-6%	0.1%	4%
VENETO	<b>-7%</b>	<b>0.2%</b>	<b>4%</b>

In termini di N escreto complessivo, queste azioni comportano un risparmio complessivo pari a 831 e 2559 t N-NH<sub>3</sub>/anno (t di azoto ammoniacale), rispettivamente per le ipotesi media e massima.

Considerando i range massimi riportati nel Guidance Document, 1.5-2€ per kg N-NH<sub>3</sub>/anno risparmiato, la stima del costo di implementazione nello scenario medio varia tra 1.2 e 1.7M€, mentre nello scenario massimo tra 3.8 e 5.1M€.

Figura 10: Misura strutturale/gestionale: implementazione MTD agli spandimenti



In Figura 10 sono riportati i quantitativi di ammoniaca ottenuti nell'ipotesi di media e di massima.

- ❖ Nella ipotesi di media implementazione (massima efficienza di abbattimento dell'ammoniaca per lo spandimento di liquami) si ottiene una riduzione complessiva di 1010 t, di cui 825t (81%) dagli allevamenti bovini e 185 t (19%) da quelli suini;
- ❖ Nella ipotesi di massima implementazione (massima penetrazione delle più performanti MTD per quanto riguarda gli spandimenti sia di liquami che di palabili) la riduzione potenziale è circa pari a 3110 t, di cui 1891 t (61%) dai bovini, sempre 185 t (6%) dai suini e 717 t (23%) dagli avicoli, comprese le ovaiole; circa 314 t restano a carica dei letami di ovini, caprini, equini e conigli (ulteriore motivo per cui questa azione si ritiene poco realistica).

Considerando più facilmente applicabili le MTD per lo spandimento dei liquami, l'ipotesi media è stata calcolata nel contesto delle altre azioni fin'ora analizzate (ipotesi minima per l'alimentazione ipoproteica, media per l'adeguamento dei ricoveri, minima per l'adeguamento degli stoccaggi).

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3accq</sub>
Verona	-14%	-1%	0%
Vicenza	-15%	-2%	2%
Belluno	-19%	-5%	-2%
Treviso	-13%	-2%	-1%
Venezia	-13%	-3%	-1%
Padova	-13%	-3%	-1%
Rovigo	-10%	-2%	-1%
VENETO	<b>-13%</b>	<b>-2%</b>	<b>0%</b>

Come si vede dalla tabella l'applicazione simultanea delle azioni su tutte le fasi di gestione del refluo consente di conseguire una significativa riduzione dell'ammoniaca, di contenere lievemente le emissioni di protossido di azoto e di non comportare inquinamento incrementale sulla matrice acqua. Il costo complessivo della combinazione delle misure è come stima di massima 6-10M di €.

## ***Fertilizzanti***

Nella definizione di possibili azioni di contenimento delle emissioni dovute all'applicazione di fertilizzazioni minerali sulle colture, è necessario tenere in considerazione alcuni passaggi del calcolo effettuato dal modello Nitroflussi. La riduzione delle emissioni infatti può essere ottenuta sia bilanciando correttamente l'apporto di N tra fertilizzante chimico e concimazione organica, sia incentivando l'utilizzo di fertilizzanti a bassa emissione di NH<sub>3</sub>. Il punto di partenza è quindi cercare di bilanciare correttamente la fertilizzazione. Nel Nitroflussi per ciascuna coltura viene stimata a livello provinciale la quantità di N asportata dalle colture<sup>9</sup>. Tale N deriva da soprattutto da fertilizzazioni chimiche e organiche, ma anche da deposizione atmosferica e biofissazione. Mentre nel caso dei fertilizzanti chimici si considera che l'N disponibile per le colture sia pari al 100% dell'N che viene distribuito, al netto delle perdite per volatilizzazione e

<sup>9</sup> Il modello tiene anche conto del fatto che mentre per alcuni tipi di colture i residui dopo la raccolta vengono lasciati sul campo (mais, sorgo), in altri casi (cereali autunno-vernini) le stoppie vengono asportate perché destinate ad altri usi, tra cui tipicamente lettiera. In questo secondo caso tutto l'N assorbito dalla pianta viene considerato asportato dal campo.

percolazione, nel caso degli spandimenti di reflui zootecnici, tale efficienza viene ridotta in funzione del più lento processo di mineralizzazione dell'azoto organico nel suolo, che rende parte dell'N disponibile in periodi in cui le colture non lo utilizzano. In definitiva nel calcolo della richiesta di N da parte delle colture, il modello considera che l'N disponibile debba essere un 25% in più di quello richiesto dalle colture per garantire i livelli di produttività esistenti.

Se l'azoto disponibile è maggiore di quello asportato è possibile ridurre gli apporti a partire dalla fertilizzazione chimica. Mentre però nel caso delle foraggere è possibile considerare anche l'azzeramento totale del fertilizzante di sintesi, nel caso di arativi (mais, frumento, sorgo, avena, orzo..) e colture ortofrutticole la riduzione può essere al massimo del 50%.

Di seguito si riporta il bilancio dei deficit e delle eccedenze calcolato dal modello per lo scenario attuale (Tabella 13.a) e per lo scenario di mitigazione (Tabella 13.b).

Per chiarezza si riportano le misure che hanno composto lo **scenario di mitigazione**:

- Alimentazione ipoproteica: introduzione della razione ipoproteica con efficacia di riduzione delle emissioni di ammoniaca media per i capi presenti negli allevamenti bovini con più di 50 LU e per il 50% di suini e scrofe (corrispondente all'ipotesi minima);
- Adeguamento ricoveri: nelle stalle di vacche da latte e bovini, interventi per il miglioramento della climatizzazione e incremento frequenza di rinnovo lettiera e/o di rimozione mediante raschiatori meccanici: tutte le strutture con già bassa efficienza vengono così promosse a media, mentre i reference system a bassa; conseguimento delle stesse percentuali di penetrazione delle tecniche a bassa, media e alta efficienza della media nazionale degli allevamenti di suini e scrofe (45% bassa efficienza, 23% media efficienza, 5% alta efficienza, per i suini; 30% bassa efficienza, 26% media efficienza, 4% alta efficienza, per i suini); sistemi di ventilazione negli allevamenti di broilers e avicoli (disidratazione pollina) al fine di ottenere una bassa efficienza di riduzione dell' $\text{NH}_3$  nel 100% degli allevamenti (corrispondente all'ipotesi media);
- Adeguamento stoccaggi: raggiungimento almeno della bassa efficienza per tutti gli stoccaggi di liquami (favorire la formazione di crosta naturale, coperture flottanti; corrispondente all'ipotesi minima);
- Tecniche di spandimento: raggiungimento della massima efficienza di abbattimento dell'ammoniaca per lo spandimento di liquami (corrispondente all'ipotesi media).

Nelle Tabella 17 e Tabella 18 per ogni provincia e ogni tipologia di coltura si riporta la differenza tra azoto disponibile (fertilizzazioni, spandimenti, deposizioni atmosferiche, mineralizzazione e biofissazione) e azoto richiesto dalle colture. In arancione sono evidenziati i bilanci in eccedenza, mentre in verde quelli in deficit.

Nonostante la riduzione dell'azoto escreto mediante applicazione della dieta ipoproteica (alle sole categorie bovini e suini), in generale il bilancio provinciale per tipologia di coltura non varia sostanzialmente nello scenario di mitigazione. In alcuni casi, in particolare per Verona, si nota un incremento dovuto alla maggior presenza di N nei reflui zootecnici a seguito della riduzione della volatilizzazione.

**Tabella 17: Bilancio deficit/eccedenze di N per le colture – scenario attuale**

Scenario			Colture foraggere (F)	Colture arative (A)	Orticole + frutticole (OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)
n°	Nome	Nota	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/ha/a]
1	Verona		3,979,158	8,620,666	3,970,901	16,570,725	106
2	Vicenza		-856,405	-1,079,775	101,702	-1,834,478	-19
3	Belluno		-1,721,492	-203,877	-3,982	-1,929,351	-70
4	Treviso		3,632,631	1,717,139	1,733,577	7,083,347	56
5	Venezia		939,953	-9,070,419	191,720	-7,938,746	-72
6	Padova		1,907,995	-2,005,410	548,508	451,092	4
7	Rovigo		243,056	-5,700,894	99,582	-5,358,256	-41
			8,124,896	-7,722,569	6,642,007	7,044,333	

**Tabella 18: Bilancio deficit/eccedenze di N per le colture – scenario di mitigazione**

Scenario			Colture foraggere (F)	Colture arative (A)	Orticole + frutticole (OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)
n°	Nome	Nota	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/ha/a]
1	Verona		4,091,648	8,831,631	3,949,818	16,873,097	108
2	Vicenza		-856,329	-1,012,086	101,699	-1,766,716	-19
3	Belluno		-1,718,676	-203,877	-3,982	-1,926,535	-70
4	Treviso		3,599,370	1,697,387	1,733,570	7,030,327	56
5	Venezia		914,379	-9,076,861	185,614	-7,976,869	-73
6	Padova		1,857,144	-2,005,579	548,499	400,064	3
7	Rovigo		215,529	-5,688,912	94,874	-5,378,510	-42
			8,103,064	-7,458,297	6,610,092	7,254,860	

Lo spandimento dei reflui zootecnici dipende, oltre che dai vincoli normativi imposti dall'applicazione della Direttiva Nitrati, dalla tipologia di coltura. Nel modello Nitroflussi è stata adottata la seguente ripartizione dei reflui tra foraggere, arative e ortofrutticole (mutuato dal modello europeo MITERRA, modificato per la situazione italiana secondo expert judgement, v. [2] pg17):

- sulle foraggere viene applicato: 100% del liquame da vacche da latte e altri bovini; 50% del letame da vacche da latte e altri bovini; 100% di liquame e letame da bufalini; 20% del liquame suino; 100% delle deiezioni di ovini, caprini ed equini;
- sulle ortofrutticole e il riso viene invece applicato il 10% del letame bovino (fino ad un massimo di 100 kgN/ha);
- sugli arativi viene invece applicato 100% pollina e deiezione da conigli, 40% restante dei liquami bovini e 80% dei suini.



Sebbene sia nello scenario attuale che nello scenario di mitigazione il bilancio complessivo dell'N mostra a livello regionale una significativa eccedenza, la riduzione del surplus che arriva al suolo non è di facile attuazione. Le azioni che potrebbero essere intraprese riguardano sia il miglior utilizzo di effluenti organici sia la razionalizzazione dell'uso dei fertilizzanti di sintesi.

Per quanto riguarda i reflui zootecnici, data la preponderanza in Veneto di allevamenti bovini da un lato e di arativi dall'altro, la ripartizione degli effluenti zootecnici tra foraggere e arative può non essere del tutto realistica e una parte dell'eccedenza su ortofrutticole e foraggere potrebbe essere in realtà distribuita sugli arativi. Per simulare tale scenario è però necessario tener presente sia dei vincoli imposti dalla normativa sui nitrati che delle esigenze specifiche delle colture, nonché della fattibilità degli scambi tra province.

Per quanto riguarda i fertilizzanti di sintesi, è bene ricordare, come evidenziato nei paragrafi iniziali, che nel 2010 (anno di riferimento delle presenti elaborazioni) si è riscontrato un forte decremento nelle vendite di fertilizzanti chimici in particolare a carico di quelli maggiormente emissivi. Ulteriori politiche di contrazione richiedono un'attenta valutazione dei bilanci provinciali.

A titolo di esempio in Tabella 19 si riporta il risultato della simulazione della massima contrazione possibile nell'uso di fertilizzanti chimici per le province di Verona e Treviso a cui il modello attribuisce eccedenze significative. Per entrambe le province è stato possibile escludere completamente l'uso di fertilizzanti di sintesi su foraggere, ed è stata attuata la massima riduzione possibile sulle ortofrutticole (50%), mentre sugli arativi la riduzione è stata del 50% (pari al massimo) per Verona e del 20% per Treviso.

Il nuovo bilancio dell'N ottenuto mostra un forte deficit a livello regionale, in dimostrazione del fatto che anche ottimizzando lo spandimento dei reflui zootecnici tra province e colture, non è possibile garantire livelli adeguati di N per mantenere il livello di produttività delle colture.

**Tabella 19: Bilancio deficit/eccedenze di N per le colture – scenario di mitigazione con riduzione fertilizzanti chimici per Verona e Treviso**

Scenario			Colture foraggere (F)	Colture arative (A)	Orticole + frutticole (OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)
n°	Nome	Nota	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/ha/a]
1	Verona		1,294,712	3,572,052	1,355,866	6,222,630	40
2	Vicenza		-856,329	-1,012,086	101,699	-1,766,716	-19
3	Belluno		-1,718,676	-203,877	-3,982	-1,926,535	-70
4	Treviso		1,932,196	231,582	656,728	2,820,506	22
5	Venezia		914,379	-9,076,861	185,614	-7,976,869	-73
6	Padova		1,857,144	-2,005,579	548,499	400,064	3
7	Rovigo		215,529	-5,688,912	94,874	-5,378,510	-42
			3,638,953	-14,183,680	2,939,298	-7,605,429	

Un altro scenario ipotizzabile è relativo all'incentivazione all'utilizzo di fertilizzanti cosiddetti basso emissivi, tendenza per altro già in atto in funzione dell'andamento dei prezzi del mercato. I costi associati a tale scenario sono fortemente influenzabili dalle condizioni locali, nonché la disponibilità e la sicurezza (sia per gli utilizzatori che per l'ambiente) di fertilizzanti alternativi all'urea e ai fertilizzanti a base di fosfato e

solfo di ammonio. Inoltre l'ampia applicazione di questi fertilizzanti rende più disponibile l'N ai processi di lisciviazione e ruscellamento.

A titolo di esempio si riportano le variazioni provinciali rispetto allo scenario attuale, ottenute nel caso del raggiungimento della completa penetrazione dell'uso di fertilizzanti a bassa emissione tali da garantire il raggiungimento del livello di ambizione minimo<sup>10</sup> (riduzione del 30% delle emissioni di ammoniaca da fertilizzanti chimici) previsto dal Guidance Document.

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-5%	0%	2%
Vicenza	-2%	0%	2%
Belluno	0%	0%	0%
Treviso	-6%	0%	3%
Venezia	-8%	0%	2%
Padova	-6%	0%	3%
Rovigo	-12%	0%	6%
<b>VENETO</b>	<b>-6%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>

Si noti che a fronte di una consistente riduzione delle emissioni di ammoniaca, l'effetto sul protossido di azoto è nullo (in quanto si mantiene fisso l'apporto di N alle colture) e viene stimato un lieve incremento degli apporti di nitrati, più rilevante nella provincia di Rovigo.

---

<sup>10</sup> In pratica tale misura considera la sostituzione totale nel 100% della SAU dei fertilizzanti alto emissivi considerati dal modello Nitroflussi (urea e altri azotati) con fertilizzanti a minor emissione (es. a lento rilascio). I livelli di ambizione medio e massimo previsti dal Protocollo di Goteborg (riduzione del 50% e dell'80% delle emissioni da fertilizzanti alto emissivi) possono prevedere l'implementazione di tecniche di fertilizzazioni quali l'uso di inibitori dell'ureasi, incorporazione nel suolo, l'iniezione a solco chiuso...

## Scenario 2020

Gli scenari fin'ora calcolati fanno riferimento all'anno 2010. Per stimare quale può essere l'evoluzione futura del comparto zootecnia e agricoltura si è stimato uno scenario al 2020, ricavato a partire dagli andamenti di Livestock Unit e SAU riportati nella VAS del Programma di Azione dei Nitrati, Allegato B alla DGR 132/2001 [10](pg 119).

Sia per quanto riguarda le categorie di allevamento che le tipologie di colture, in realtà non si hanno a disposizione informazioni specifiche. La decrescita riportata nella VAS nitrati è stata quindi ripartita omogeneamente per tutte le categorie sia animali che colturali. In pratica lo scenario 2020 è stato costruito riducendo le consistenze dei capi del 20% rispetto al 2010 e delle superfici agricole del 5%. Non è stata invece considerata nessuna variazione nei fertilizzanti. Si fa presente che rispetto al sistema modellistico nazionale (GAINS Italy)<sup>11</sup>, la decrescita simulata nel numero di capi allevati è particolarmente significativa. Rispetto allo scenario attuale senza mitigazioni, la flessione dell'azoto escreto comporta una consistente diminuzione di tutte e tre le forme dell'azoto:

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3accq</sub>
Verona	-18%	-14%	-12%
Vicenza	-20%	-18%	-27%
Belluno	-21%	-20%	-19%
Treviso	-16%	-13%	-11%
Venezia	-8%	-12%	-18%
Padova	-16%	-13%	-13%
Rovigo	-12%	-10%	-9%
<b>VENETO</b>	<b>-16%</b>	<b>-14%</b>	<b>-13%</b>

La diminuzione della richiesta dalle colture, comporta che il bilancio dell'azoto stimato al 2020, riportato in Tabella 20, vede diminuire significativamente il surplus sul campo.

**Tabella 20: Bilancio deficit/eccedenze di N per le colture – scenario 2020 senza misure**

Scenario			Colture foraggere (F)	Colture arative (A)	Orticole + frutticole (OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)	Totale fertilizzate (F+A+OF)
n°	Nome	Nota	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/ha/a]
1	Verona	Note	2,879,182	7,529,797	3,983,104	14,392,083	92
2	Vicenza	Note	-1,384,880	-1,360,027	112,017	-2,632,889	-28
3	Belluno	Note	-1,696,945	-193,531	-3,772	-1,894,248	-69
4	Treviso	Note	2,834,475	1,471,029	1,754,582	6,060,086	48
5	Venezia	Note	518,814	-8,510,214	190,288	-7,801,112	-71
6	Padova	Note	1,196,983	-1,882,880	557,667	-128,231	-1
7	Rovigo	Note	35,408	-5,218,664	116,136	-5,067,120	-39
			4,383,036	-8,164,489	6,710,022	2,928,569	

<sup>11</sup> Secondo il modello nazionale, le emissioni di ammoniaca del Veneto al 2020 dovrebbero essere sostanzialmente simili a quelle 2010, con una flessione negli allevamenti bovini (circa -5%) in parte compensata da un aumento degli avicoli (circa 9%).

L'entità della diminuzione ottenuta con le mitigazioni è per l' $\text{NH}_3$  leggermente inferiore a quella stimata nello scenario di mitigazione. L'introduzione totale delle misure di tale scenario potrebbe portare nel 2020 ad una drastica diminuzione non solo dell' $\text{NH}_3$  ma anche di  $\text{N}_2\text{O}$  e dei nitrati nelle acque. Inoltre al decrementi riportati, si può ipotizzare di accompagnare ulteriori abbattimenti con un più massiccio uso di fertilizzanti basso emissivi.

Lo scenario 2020 con mitigazioni potrebbe portare dunque alle seguenti riduzioni, ben oltre quanto richiesto al Veneto in relazione all'applicazione del Protocollo di Goteborg:

<b>provincia</b>	<b><math>\text{NH}_3</math></b>	<b><math>\text{N}_2\text{O}</math></b>	<b><math>\text{NO}_{3\text{accq}}</math></b>
Verona	-27%	-15%	-11%
Vicenza	-30%	-20%	-27%
Belluno	-35%	-24%	-21%
Treviso	-25%	-15%	-12%
Venezia	-24%	-13%	-14%
Padova	-26%	-15%	-14%
Rovigo	-19%	-11%	-10%
<b>VENETO</b>	<b>-26%</b>	<b>-15%</b>	<b>-13%</b>

## CONCLUSIONI

Ai fini del contenimento delle problematiche di inquinamento atmosferico da polveri sottili, il Piano di Tutela e Risanamento della Qualità dell'Aria della Regione Veneto (PRTRA) promuove una serie di azioni di riduzione delle emissioni sia delle polveri che dei precursori gassosi del particolato di origine secondaria. Tra quest'ultimi gioca un ruolo rilevante l'ammoniaca, le cui emissioni regionali sono quasi totalmente imputate al comparto agricoltura e allevamenti (macrosettore 10 nella nomenclatura dell'inventario regionale delle emissioni INEMAR).

I possibili interventi per il contenimento delle emissioni di tale comparto trovano spazio nel Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020, i cui obiettivi concordano con il PRTRA per quanto concerne l'ammoniaca. Il PSR persegue non solo gli obiettivi di riduzione delle emissioni di ammoniaca, ma anche la riduzione dei gas ad effetto serra,  $N_2O$  e  $CH_4$ .

L'analisi qui presentata è principalmente focalizzata sul contenimento delle emissioni di  $NH_3$ , che nel solo caso venga perseguito attraverso la riduzione dell'azoto escreto (introduzione dieta ipoproteica e miglioramento del benessere e della salute dei capi allevati finalizzato alla riduzione della rimonta) comporta il contemporaneo abbattimento delle emissioni di protossido  $N_2O$ .

L'analisi è stata condotta basandosi essenzialmente su tre fonti:

- le misure previste nel *Draft Guidance Document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources* (aprile 2011) [1];
- il modello Nitroflussi predisposto dal Centro Ricerche Produzioni Animali di Reggio Emilia, su mandato di Enea e del Ministero dell'Ambiente (2007) [2], [3];
- le consistenze e i dati relativi alle stabulazioni e sistemi di raccolta estratte dal database Nitrati della Regione del Veneto, nonché sulle risultanze della fase di analisi e discussione condotta dal GdL Emissioni in atmosfera da allevamenti" (DGR 1745/2011).

Il principio fondamentale nella programmazione di misure di mitigazione per l'ammoniaca è la valutazione complessiva degli effetti sulle diverse matrici (aria, acqua e suolo) e nelle diverse fasi di gestione del refluo. In particolare azioni strutturali e gestionali che consentono di ridurre la volatilizzazione dell' $N-NH_3$  nelle singole fasi di gestione del refluo (stabulazione, stoccaggio, spandimento) rendono in realtà maggiormente disponibile l' $N$  nelle fasi successive. Per rendere efficace l'azione di contenimento è quindi necessario perseguire l'introduzione delle migliori tecniche disponibili nel complesso della gestione dell'allevamento e nella successiva utilizzazione agronomica dei reflui [1].

Lo scenario di mitigazione ipotizzato è stato dunque pensato per agire in primo luogo sul comparto bovino, a cui corrispondono le maggiori emissioni in tutte le fasi di gestione del refluo, ma in parte anche sui ricoveri di avicoli (in particolare broilers) e suini, per i quali da una ricognizione basata sui dati ricavati dal database Nitrati della Regione Veneto, è ipotizzabile una scarsa penetrazione rispetto alla media nazionale di soluzioni di stabulazione a minor impatto emissivo.

Lo **scenario di mitigazione** ipotizzato è costituito da 4 tipologie di intervento:

- **Alimentazione ipoproteica:** introduzione della razione ipoproteica con efficacia di riduzione delle emissioni di ammoniaca media per i capi presenti negli allevamenti bovini con più di 50 LU e per il 50% di suini e scrofe;
- **Adeguamento ricoveri:** nelle stalle di vacche da latte e bovini, interventi per il miglioramento della climatizzazione e incremento frequenza di rinnovo lettiera e/o di rimozione mediante raschiatori meccanici: tutte le strutture con già bassa efficienza vengono così promosse a media, mentre i reference system a bassa; conseguimento delle stesse percentuali di penetrazione delle tecniche a bassa, media e alta efficienza della media nazionale degli allevamenti di suini e scrofe (45% bassa efficienza, 23% media efficienza, 5% alta efficienza, per i suini; 30% bassa efficienza, 26% media efficienza, 4% alta efficienza, per i suini); sistemi di ventilazione negli allevamenti di broilers e avicoli (disidratazione pollina) al fine di ottenere una bassa efficienza di riduzione dell'NH<sub>3</sub> nel 100% degli allevamenti;
- **Adeguamento stoccaggi:** raggiungimento almeno della bassa efficienza per tutti gli stoccaggi di liquami (favorire la formazione di crosta naturale, coperture flottanti);
- **Tecniche di spandimento:** raggiungimento della massima efficienza di abbattimento dell'ammoniaca per lo spandimento di liquami.

La combinazione di queste azioni comporta a livello regionale un decremento pari al 12% delle emissioni di NH<sub>3</sub> e del 2% di N<sub>2</sub>O, senza comportare impatti negativi in termini di incremento delle perdite di nitrati nelle acque superficiali e profonde (potenziale effetto legato alla riduzione della volatilizzazione dell'N dagli effluenti, e quindi dall'incremento dell'N che arriva al campo).

provincia	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>3acq</sub>
Verona	-14%	-1%	0%
Vicenza	-15%	-2%	2%
Belluno	-19%	-5%	-2%
Treviso	-13%	-2%	-1%
Venezia	-13%	-3%	-1%
Padova	-13%	-3%	-1%
Rovigo	-10%	-2%	-1%
VENETO	<b>-13%</b>	<b>-2%</b>	<b>0%</b>

Il costo complessivo della combinazione delle misure è come stima di massima **6-10M di €**, basando sulle indicazioni del Guidance Document. Si ribadisce che si tratta di una stima del tutto spannometrica, che non tiene conto né delle condizioni locali degli allevamenti e del mercato, né dei possibili risparmi che l'allevatore potrebbe conseguire perseguendo i principi di Buona Gestione dell'Allevamento. Alcune misure di contenimento dell'ammoniaca infatti, in primis l'alimentazione bilanciata, potrebbero in realtà comportare un risparmio più che un costo aggiuntivo per l'allevatore. Il corretto bilanciamento dell'N in tutte le fasi di gestione permette di ridurre gli svantaggi ambientali da un lato, l'acquisto di fertilizzanti e alimenti dall'altro; inoltre ricoveri e pratiche di allevamento che garantiscono il benessere degli animali permettono di allungare il periodo di produttività e ridurre l'entità della rimonta.

Per tali motivi lo scenario indagato deve essere considerato ipotetico e dovrebbe essere calato sulla singola realtà aziendale per valutarne correttamente sia i risparmi delle emissioni di azoto, che i costi di implementazione delle strategie di mitigazione.

La riduzione delle emissioni di ammoniaca prevista nello scenario di mitigazione dovrebbe essere applicata non allo scenario attuale, ma allo scenario futuro in cui ipoteticamente si ottiene la completa introduzione delle misure previste. La costruzione dello scenario futuro non è di semplice applicazione, date le non certe informazioni circa le tendenze di evoluzione del numero di capi allevati e delle superfici coltivate. Lo scenario futuro analizzato prende spunto dai trend di Livestock Unit (LU) e Superficie Agricola Utilizzata (SAU), presentate nella VAS del Piano di Azione Nitrati della Regione Veneto. Ipotizzando un'interpolazione lineare sui dati dal 1982 al 2009, si ottiene per il 2020 una riduzione complessiva dell'20% delle LU e del 5% della SAU. Rispetto allo scenario di base al 2010, questo comporta una consistente riduzione dell'azoto escreto a cui corrisponde una diminuzione del 16% delle emissioni già in assenza di alcuna strategia di mitigazione.

## APPROFONDIMENTO GAS SERRA

Il comparto agricoltura e allevamenti è il responsabile di gran parte delle emissioni di metano CH<sub>4</sub> e protossido di azoto N<sub>2</sub>O a livello regionale (es: nel 2008 circa il 42% del CH<sub>4</sub> e il 73% del N<sub>2</sub>O derivavano dal macrosettore 10). Questi gas che non manifestano, alle concentrazioni mediamente presenti in aria ambiente, effetti di tossicità per l'uomo o l'ecosistema, contribuiscono in modo significativo all'effetto serra. Si tratta infatti di specie chimiche ad alta persistenza in atmosfera con *global warning potential*<sup>12</sup> a 100 anni pari a 25 per il metano CH<sub>4</sub>, e 298 per il protossido di azoto N<sub>2</sub>O. Nonostante in un bilancio regionale o nazionale il contributo di gran lunga più significativo in termini di CO<sub>2</sub> equivalente provenga dall'utilizzo di combustibili fossili (produzione termoelettrica, trasporti, riscaldamenti in primis), è possibile prevedere delle misure di contenimento delle emissioni anche in ambito agricolo.

Mentre per quanto riguarda il N<sub>2</sub>O, la stima delle emissioni regionali e dell'effetto delle misure di mitigazione dell'NH<sub>3</sub> è stato presentato nei paragrafi precedenti, nel seguito si presenta il bilancio regionale del metano prodotto negli allevamenti.

In Figura 11 si riportano i totali regionali di metano al 2010, stima preliminare dell'inventario regionale INEMAR. Il metano si produce quando la sostanza organica si decompone in un ambiente povero di ossigeno, ossia nelle fermentazioni ruminali e del grosso intestino, nello stoccaggio degli effluenti di allevamento e nelle risaie in condizioni di sommersione [11].

L'effetto su questo gas serra delle azioni di mitigazione analizzate precedentemente è scarso o nullo.

In particolare per quanto riguarda la somministrazione di una dieta ipoproteica, l'effetto sui gas serra è sicuramente positivo per il protossido di azoto (fino ad una riduzione del 10-20% del fattore di emissione dei bovini), mentre per il metano la digeribilità e la qualità del mangime possono influenzare la produzione di questo gas serra per fermentazione enterica. In ogni caso l'impatto sul metano viene generalmente considerato non particolarmente significativo.

Per quanto riguarda l'effetto dell'adattamento delle strutture di allevamento sulla produzione di metano, questo dipende dalla categoria di animali allevati, ma in generale si può prevedere solo un lieve impatto positivo per bovini e suini, ma l'impatto può essere altamente positivo, con riduzioni anche del 90%, per il pollame. Data la tipologia di interventi di miglioramento dei ricoveri presa in considerazione, che non prevede significativi interventi per gli avicoli, a cui comunque si associa solo una piccola quota delle emissioni regionali di CH<sub>4</sub>, si può considerare ancora una volta l'effetto complessivo su questo gas serra non particolarmente significativo.

Infine la copertura degli stoccaggi può comportare il passaggio da condizioni aerobiche a condizioni anaerobiche, per cui si può prevedere un incremento fino al 10% delle emissioni di CH<sub>4</sub>. Questo incremento può però essere sfruttato nei digestori anaerobici al fine di produzione di biogas a scopi energetici, **pratica che andrebbe ad incidere positivamente sul bilancio complessivo della CO<sub>2</sub> equivalente.**

Al fine del presente approfondimento, in cui non sono note né lo stato attuale di diffusione né le potenzialità di incentivazione di digestori anaerobici, si considera trascurabile l'effetto delle misure di mitigazione dell'NH<sub>3</sub> nel bilancio regionale del metano.

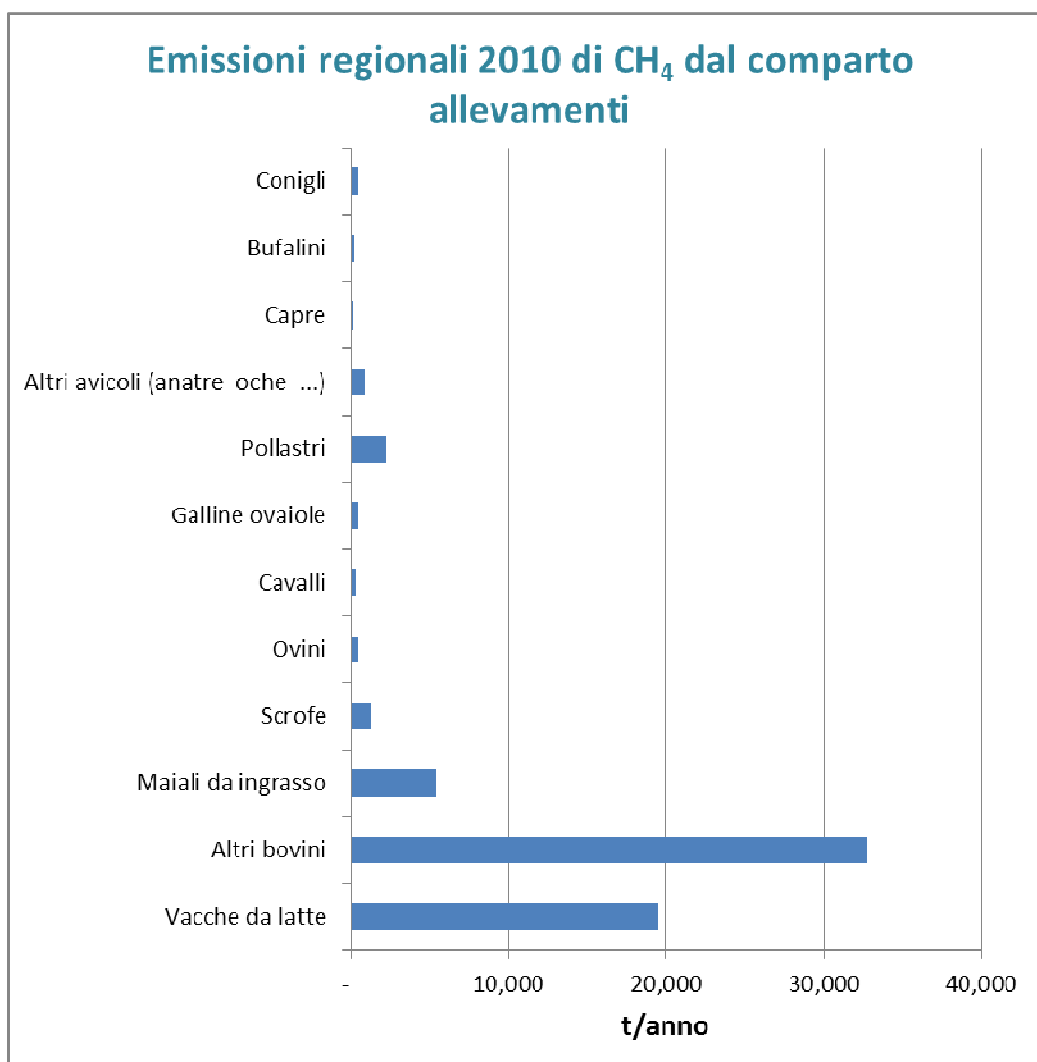
Per tale motivo la stima delle emissioni al 2010 è fornita dall'inventario regionale (in versione preliminare), mentre la stima al 2020 si ottiene considerando la riduzione del 20% del numero di capi allevati.

---

<sup>12</sup> Metrica che rappresenta la capacità di un gas serra di manifestare effetti negativi sul clima in rapporto ad una medesima quantità di anidride carbonica. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html)



Figura 11: INEMAR Veneto 2010 (versione preliminare) – CH<sub>4</sub> dal macrosettore 10



Date queste premesse, nelle seguenti Tabella 21 e

Tabella 22 si riportano la stima della CO<sub>2</sub> equivalente al 2010 e al 2020, con e senza l'effetto delle azioni di mitigazione dell'ammoniaca descritte nel precedente capitolo.

Tabella 21: stima della CO<sub>2</sub> nello scenario attuale e futuro senza le azioni di mitigazione per l'NH<sub>3</sub>

Emissioni (t/anno)	2010	2020
CH <sub>4</sub>	63,894	51,115
N <sub>2</sub> O	4,029	3,470
CH <sub>4</sub> in CO <sub>2</sub> eq (kt/anno)	1,597	1,278
N <sub>2</sub> O in CO <sub>2</sub> eq (kt/anno)	1,201	1,034
<b>totale in CO<sub>2</sub> eq (kt/anno)</b>	<b>2,798</b>	<b>2,312</b>
<i>variazione 2020-2010</i>		<i>-17%</i>

**Tabella 22: stima della CO<sub>2</sub> nello scenario attuale e futuro con le azioni di mitigazione per l’NH<sub>3</sub>**

<b>Emissioni (t/anno)</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
CH <sub>4</sub>	63,894	51,115
N <sub>2</sub> O	3,950	3,406
CH <sub>4</sub> in CO <sub>2</sub> eq (kt/anno)	1,597	1,278
N <sub>2</sub> O in CO <sub>2</sub> eq (kt/anno)	1,177	1,015
<b>totale in CO<sub>2</sub> eq (kt/anno)</b>	<b>2,774</b>	<b>2,293</b>
<i>variazione rispetto a scenario senza mitigazioni</i>	-1%	-1%

L’effetto delle azioni di mitigazione sui gas serra è quindi piuttosto blando. Per tale motivo dovrebbero essere prese in considerazione ulteriori misure con lo specifico scopo di abbattere i gas serra.

Per il protossido di azoto le azioni perseguibili sono essenzialmente:

- più importante e diffusa introduzione della dieta ipoproteica per il comparti bovino, suino e avicolo;
- riduzione dell’uso dei fertilizzanti chimici (compatibilmente con le esigenze colturali);

Per il metano invece:

- incentivazione della diffusione e corretto mantenimento degli impianti a biogas.

Per completezza alle stime di CO<sub>2</sub> equivalente sopra presentate dovrebbero essere incrementate del 20% (aggiungendo circa 600 <sup>13</sup>chilotonnelate di CO<sub>2</sub>), in considerazione delle emissioni dovuto l’utilizzo di macchine operatrici in ambito agricolo. Un’ulteriore azione di mitigazione potrebbe prevedere l’incentivazione al rinnovo del parco dei mezzi agricoli in circolazione e/o il possibile utilizzo di biodiesel (il cui fattore di emissione della CO<sub>2</sub> è posto pari a zero).

---

<sup>13</sup> Tale stima si riferisce all’inventario INEMAR 2007-2008 in revisione esterna e subirà ulteriori aggiornamenti quando la versione definitiva dell’inventario 2010 sarà disponibile.

## Riferimenti e Bibliografia

[1] Economic Commission for Europe, “Draft decision on adoption of guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources”, 2 ottobre 2012, ECE/EB.AIR/2012/L.9.

[2] ENEA, “NitroFlussi. Modello di calcolo dell’impatto su acque e aria di misure volte alla riduzione delle emissioni di ammoniaca e della percolazione dei nitrati. Guida Tecnica”, a cura del CRPA, settembre 2011.

[3] ENEA, “NitroFlussi. Modello di calcolo dell’impatto su acque e aria di misure volte alla riduzione delle emissioni di ammoniaca e della percolazione dei nitrati. Guida dell’Utente”, a cura del CRPA, settembre 2011.

EMEP\_EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013,  
[http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013?&utm\\_campaign=newsletter.2013-08-29.4752509212&utm\\_medium=email&utm\\_source=EEASubscriptions](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013?&utm_campaign=newsletter.2013-08-29.4752509212&utm_medium=email&utm_source=EEASubscriptions)

[4] Part B, Chapter 3.B Manure management

[5] Part B, Chapter 3.D Crop production and agricultural soils

[6] ISPRA, “Agricoltura. Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009”, Rapporto 140/2011.

[7] EMEP/CORINAIR – Emission Inventory Guidebook – 2006, Group 10, Agriculture.

[8] Politecnico di Milano, “Rapporto finale UO4. Macroarea ammoniaca: Ruolo dell’ammoniaca nella formazione di particolato fine ed e ultrafine”, Progetto Parfil: III annualità, novembre 2008.  
<http://ita.arpalombardia.it/ITA/qaria/pdf/Parfil/UO4/Ammoniaca/PARFIL%20UO4%20NH3%20Relazione%20Finale.pdf>

[9] Università degli studi di Milano, “Bilancio dell’azoto nei bovini da latte. Rapporto di ricerca”, Progetto BIAZO, Regione Lombardia.  
<http://www.lavoro.regione.lombardia.it/shared/ccurl/759/619/775%20BIAZO%20Rapporto%20di%20ricerca.pdf>

[10] Regione del Veneto, “Rapporto Ambientale VAS al II Programma di Azione per le Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola della Regione del Veneto”, All.B DGR 1150 del 26/07/2011.

[11] L. Valli, M.T. Pacchioli, "Le produzioni zootecniche e l'effetto serra", *ecoscienza* Numero 5, Anno 2012  
[http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2012\\_5/valli\\_pacchioli\\_es5\\_12.pdf](http://www.arpa.emr.it/cms3/documenti/cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2012_5/valli_pacchioli_es5_12.pdf)

- Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone, 10 dicembre 2012.  
[http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unece.org%2Ffileadmin%2FDAM%2Fenv%2Firtap%2Ffull%2520text%2Flnformal\\_document\\_no\\_17\\_No23\\_Consolidated\\_text\\_checked\\_DB\\_10Dec2012\\_-\\_YT\\_-\\_10.12.2012.pdf&ei=Kqk6UpKNDYzSsgac34HYCA&usg=AFQjCNEIbMPWJEEhH4oEhOnL9LERgD4yiQ&bv m=bv.52288139,d.Yms](http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.unece.org%2Ffileadmin%2FDAM%2Fenv%2Firtap%2Ffull%2520text%2Flnformal_document_no_17_No23_Consolidated_text_checked_DB_10Dec2012_-_YT_-_10.12.2012.pdf&ei=Kqk6UpKNDYzSsgac34HYCA&usg=AFQjCNEIbMPWJEEhH4oEhOnL9LERgD4yiQ&bv m=bv.52288139,d.Yms)
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), "Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs", European Commission, giugno 2003.  
[http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Freference%2FBREF%2Firpp\\_bref\\_0703.pdf&ei=rsg5Uu73K8jV4gSd0YDYBA&usg=AFQjCNGEKhKRhxSzG7vUI\\_rmQMd0AipMhA&bvm=bv.52288139,d.bGE](http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Freference%2FBREF%2Firpp_bref_0703.pdf&ei=rsg5Uu73K8jV4gSd0YDYBA&usg=AFQjCNGEKhKRhxSzG7vUI_rmQMd0AipMhA&bvm=bv.52288139,d.bGE)
- IIASA, "Emissions from agriculture and their control potentials", TSAP Report n°3 Version 2.1, novembre 2012.  
[http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fenvironment%2Fair%2Fpdf%2Ftsap-AGRI-20121129\\_v21.pdf&ei=jMk5UvDbMMSL4gS50oGIDg&usg=AFQjCNHH5pbIMVQf7DJ18FTHrwXOUQM9w&bvm=bv.52288139,d.bGE](http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CC8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fec.europa.eu%2Fenvironment%2Fair%2Fpdf%2Ftsap-AGRI-20121129_v21.pdf&ei=jMk5UvDbMMSL4gS50oGIDg&usg=AFQjCNHH5pbIMVQf7DJ18FTHrwXOUQM9w&bvm=bv.52288139,d.bGE)
- IIASA, "Modelling of Emissions of Air Pollutant and Greenhouse Gases from Agricultural Sources", Interim Report IR-04-048, settembre 2004.
- Implementation and enforcement of the environmental Acquis focused on industrial waste management, PHARE TWINNING PROJECT RO2004/IB/EN-07, "Linee guida sui rifiuti speciali. Allevamenti zootecnici"
- CRPA, "Emissioni nazionali di ammoniaca e scenari emissivi derivanti dalla fase di spandimento agronomico e all'uso di fertilizzanti azotati in Italia", maggio 2011, ISBN 978-88-904312-3-4.
- G.M. Crovetto, A. Sandrucci, "Allevamento animale e riflessi ambientali", Vol 78, Fondazione iniziative zooprofilattiche e zootecniche – Brescia, 2010, ISBN 978-88-904416-2-2.