

## Il fabbisogno di conoscenze per l'inventario nazionale delle emissioni in agricoltura

INVENTARIO NAZIONALE DELLE EMISSIONI: IL QUADRO ISTITUZIONALE  
E LE CONVENZIONI INTERNAZIONALI, IL REPORTING INTERNAZIONALE  
E I PROCESSI DI REVIEW

L'Istituto per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) è responsabile della realizzazione, della gestione e dell'archiviazione dei dati dell'inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas a effetto serra e degli inquinanti atmosferici, della raccolta dei dati di base e della realizzazione di un programma di controllo e di garanzia della qualità dei dati. L'implementazione di tali procedure di controllo è fondamentale per garantire la trasparenza, la consistenza, la comparabilità, la completezza e l'accuratezza dell'inventario nazionale, secondo quanto previsto dall'*Intergovernmental panel on climate change* (IPCC). L'ISPRA predispone, aggiorna e trasmette al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATM) un progetto per l'organizzazione del Sistema nazionale per la realizzazione dell'inventario nazionale dei gas serra (D.Lgs. 51/2008 e D.Lgs. 30/2013)<sup>1</sup>.

Il contesto internazionale al quale fa riferimento l'inventario nazionale delle emissioni è rappresentato dalla Convenzione quadro sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite (UNFCCC), dal Protocollo di Kyoto, dalla Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP) dell'UNECE e relativi protocolli di riduzione delle

\* ISPRA

<sup>1</sup> In base all'articolo 5.1 del protocollo di Kyoto, i Paesi inclusi nell'allegato I della Convenzione UNFCCC devono disporre di un adeguato sistema nazionale per la stima delle emissioni di gas serra di origine antropica, per la trasmissione dei dati al Segretariato della Convenzione e per l'archiviazione dei risultati.

emissioni, dal Meccanismo di monitoraggio dei gas serra dell'Unione Europea, dal Pacchetto Clima-Energia e dalle direttive europee sulla limitazione delle emissioni (IPPC<sup>2</sup>, NEC<sup>3</sup>, ecc.).

Nell'ambito della Convenzione UNFCCC, i Paesi firmatari devono inviare ogni anno al Segretariato della Convenzione le stime annuali delle emissioni e assorbimenti di gas serra con effetto diretto (anidride carbonica CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub>, protossido di azoto N<sub>2</sub>O, idrofluorocarburi HFCs, perfluorocarburi PFCs, esafluoruro di zolfo SF<sub>6</sub>) e indiretto (biossido di zolfo SO<sub>2</sub>, ossidi di azoto NO<sub>x</sub>, composti organici volatili non metanici NMVOC, monossido di carbonio CO) e delle proiezioni, secondo la metodologia di riferimento dell'IPCC (IPCC, 2014; IPCC, 2006; IPCC, 2003; IPCC, 2000; IPCC, 1997)<sup>4</sup>. I dati devono essere comunicati tramite il *Common Reporting Format* (CRF) e accompagnati dal *National Inventory Report* (NIR)<sup>5</sup>, nel quale sono riportate le metodologie di stima e i dati utilizzati, le stime prodotte e una spiegazione degli andamenti osservati.

Per quanto concerne la Convenzione CLRTAP, la trasmissione annuale deve contenere le emissioni e le proiezioni di SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> (ammoniaca), NMVOC, CO, HMs (metalli pesanti), PM (particolato), POPs (inquinanti organici persistenti) e, ogni cinque anni, la disaggregazione territoriale delle emissioni (ISPRA, 2009; ISPRA, 2015a) sul grigliato EMEP<sup>6</sup>, in base alla metodologia di riferimento dell'EMEP/EEA (EMEP/EEA, 2013)<sup>7</sup>. I dati devono essere comunicati tramite il *Nomenclature Reporting Format* (NFR) e

<sup>2</sup> La Direttiva 96/61/CE, nota come direttiva IPPC (*Integrated pollution prevention and control* – in italiano, prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento) è lo strumento di cui l'Unione Europea si è dotata per combattere l'inquinamento e per raggiungere un livello elevato di tutela dell'ambiente.

<sup>3</sup> La Direttiva 2001/81/CE, conosciuta come NEC (*National Emission Ceilings*), stabilisce dei limiti superiori delle emissioni totali per l'anno 2010 dei quattro inquinanti responsabili dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'inquinamento da ozono troposferico (biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici e ammoniaca). Attualmente è in fase di revisione per estendere i limiti nazionali di emissione fino al 2020 e per stabilire nuovi impegni di riduzione delle emissioni nazionali applicabili a partire dal 2020 e dal 2030 (anche per metano e particelle sottili).

<sup>4</sup> I dati dell'inventario nazionale delle emissioni sono disponibili ai seguenti link: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni> (sito dell'ISPRA); [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/8108.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/8108.php) (sito dell'UNFCCC).

<sup>5</sup> ISPRA, 2014

<sup>6</sup> L'acronimo indica il programma di sorveglianza continua e di valutazione del trasporto a lunga distanza degli inquinanti atmosferici in Europa. Si fa riferimento a un grigliato geografico di 50 chilometri per lato.

<sup>7</sup> È la metodologia di stima delle emissioni degli inquinanti atmosferici dell'Agenzia europea per l'ambiente (*European Environmental Agency*).

accompagnati dall'*Informative Inventory Report* (IIR)<sup>8</sup>.

L'inventario delle emissioni serve a quantificare i livelli di emissione, identificare le fonti principali e valutare l'impatto sulla salute e sui materiali attraverso appropriati modelli, verificare il rispetto dei limiti di emissione nazionali e degli impegni di riduzione intrapresi nei diversi contesti internazionali, sviluppare strategie di abbattimento e individuare priorità attraverso analisi costi-effetti e modelli integrati, verificare le conseguenze a diversi livelli (settoriale, regionale, nazionale e internazionale) delle politiche e misure intraprese per ridurre le emissioni, verificare l'interazione tra le politiche settoriali, i conti economici e gli impatti ambientali, fornire informazione confrontabile e accessibile al pubblico attraverso opportuni indicatori.

L'inventario delle emissioni è sottoposto ogni anno a un processo di controllo, verifica e revisione (*review*) da parte di un organismo nominato dal Segretariato della Convenzione UNFCCC che analizza tutto il materiale presentato dal Paese e ne verifica in dettaglio la rispondenza alle proprietà di trasparenza nelle metodologie e nei dati utilizzati, consistenza della serie storica, comparabilità con altri inventari, completezza in relazione ai processi di stima e agli inquinanti e accuratezza nella realizzazione<sup>9</sup>. Senza tali requisiti, l'Italia sarebbe esclusa dalla partecipazione ai meccanismi flessibili previsti dal Protocollo di Kyoto, come il mercato delle quote di emissioni, l'implementazione di progetti con i Paesi in via di sviluppo (CDM) e l'implementazione di progetti congiunti con i Paesi a economia in transizione (JI).

#### INVENTARIO NAZIONALE DELLE EMISSIONI: LE SORGENTI EMISSIVE, LE LINEE GUIDA E I DATI DI SINTESI

Le attività antropogeniche e biogeniche responsabili della formazione di emissioni sono classificate nei seguenti settori: energia, processi industriali, uso dei solventi, agricoltura, LULUCF (*Land use, land-use change and forestry*, Uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e silvicoltura) e rifiuti. Ognuno di questi settori è suddiviso a sua volta in diverse categorie di emissioni e assorbimenti. Le emissioni e gli assorbimenti devono essere riportati al massimo livello di disaggregazione per categoria.

<sup>8</sup> ISPRA, 2015b.

<sup>9</sup> Le relazioni sui processi di *review* possono essere visualizzate al link [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/inventory\\_review\\_reports/items/8452.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/inventory_review_reports/items/8452.php) (per i gas serra) e al link [http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/review\\_results/review\\_results\\_2015/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/review_results/review_results_2015/) (per gli inquinanti atmosferici).

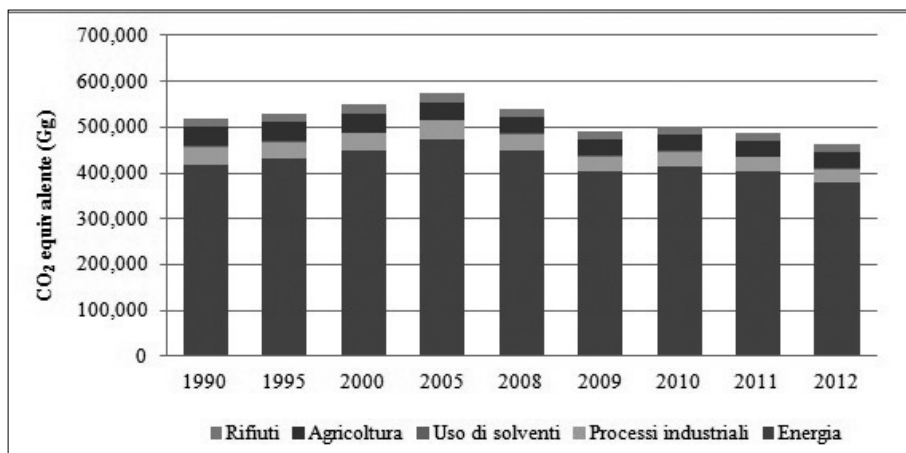


Fig. 1 Emissioni nazionali di gas serra per settore e per anno (Gg CO<sub>2</sub>eq)

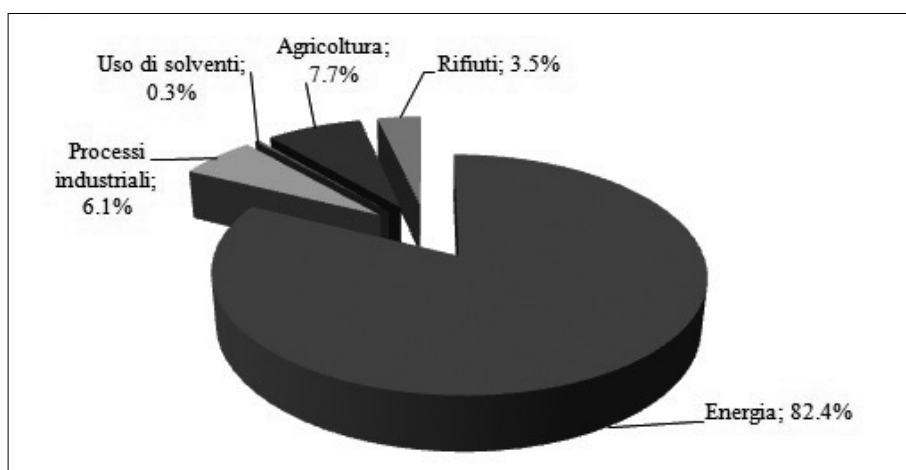


Fig. 2 Emissioni nazionali di gas serra per settore (2012)

Osservando i dati di emissione dei gas serra (fig. 1), comunicati nel 2012 al segretariato della Convenzione UNFCCC, le emissioni totali, espresse in CO<sub>2</sub> equivalente, escluse le emissioni e gli assorbimenti dovuti al settore LULUCF, sono diminuite del 11,1% tra il 1990 e il 2012, passando da 519 a 461 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente. Entro la fine del 2015 verrà pubblicato un documento sulla verifica della conformità rispetto all'obiettivo nazionale di Kyoto, in base al quale l'Italia avrebbe dovuto ridurre le proprie emissioni totali di gas serra nel periodo 2008-2012 del 6,5% rispetto ai livelli del 1990.

La maggior parte delle emissioni di gas serra è attribuita al settore energia, con una percentuale del 82,4%, seguito da agricoltura e processi industriali, pari al 7,7% e del 6,1% rispettivamente. Il settore rifiuti contribuisce per il 3,5% e l'uso di solventi con lo 0,3% (fig. 2).

#### EMISSIONI NAZIONALI DEL SETTORE AGRICOLTURA:

##### UNA PANORAMICA SU DATI DI SINTESI, LE METODOLOGIE UTILIZZATE E I PARAMETRI CONSIDERATI

Il settore agricoltura è costituito da cinque fonti emissive, che sono la fermentazione enterica (di cui si stimano le emissioni di  $\text{CH}_4$ ), la gestione delle deiezioni (che causa le emissioni di  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , NMVOC,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ), le risaie (di cui si stima l'emissione di  $\text{CH}_4$ ), i suoli agricoli (fonte di  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{NH}_3$ ), la combustione dei residui agricoli (da cui derivano le emissioni di  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ , CO, NMVOC,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ) e i pesticidi (il cui utilizzo genera l'emissione di esaclorobenzene - HCB)<sup>10</sup>.

I suoli agricoli includono le emissioni dirette, dovute all'impiego dei fertilizzanti azotati, allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi da depurazione, ai residui colturali, alle colture azoto-fissatrici, ai suoli organici e al pascolo, e le emissioni indirette, dovute alle deposizioni atmosferiche e al ruscellamento e percolazione delle forme azotate.

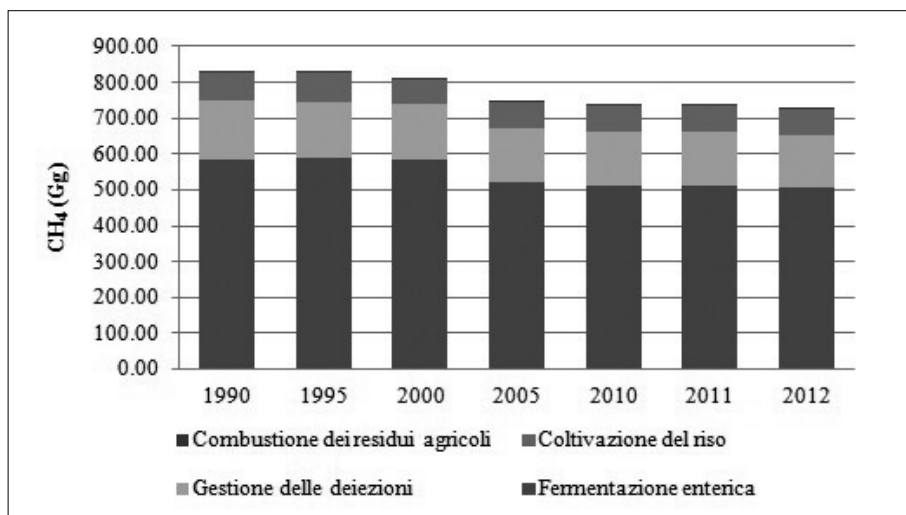
Per quanto riguarda i gas serra, nel 2012 le emissioni di metano e protossido di azoto sono pari al 43,1% e al 56,9%, rispettivamente. La riduzione complessiva delle emissioni rispetto al 1990 (pari a -13,3%) è principalmente dovuta al calo delle emissioni di metano della fermentazione enterica (-13,1%) e delle emissioni di protossido di azoto da suoli agricoli (-15,0%), che rappresentano rispettivamente il 30,1% e il 47,0% del totale delle emissioni di settore (tab. 1).

Le emissioni di metano nel 2012 sono pari a 726,4 Gg (fig. 3) e sono dovute alla fermentazione enterica (69,9%), alla gestione delle deiezioni (19,9%), alla coltivazione del riso (10,1%) e alla combustione dei residui agricoli (0,1%). Rispetto al 1990, le emissioni presentano un decremento di 99,1 Gg (-12,0%). Tale andamento è dovuto principalmente alla riduzione del numero di bovini e al recupero di biogas per la produzione di energia.

Le emissioni di protossido di azoto, pari nel 2012 a 65,0 Gg (fig. 4), sono determinate dalla coltivazione dei terreni agricoli (82,5%), dalla gestione del-

<sup>10</sup> ISPRA, 2015b; ISPRA, 2014; ISPRA, 2011; ISPRA, 2008.

Categorie emissive	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2012	2012/1990
	CO <sub>2</sub> eq (Gg)								%	%	
Fermentazione enterica	12,278	12,348	12,246	10,914	10,996	11,007	10,732	10,753	10,667	30.1	-13.1
Gestione delle deiezioni	7,401	7,080	7,151	6,865	6,862	6,972	6,757	6,705	6,554	18.5	-11.4
Coltivazione del riso	1,576	1,671	1,391	1,472	1,386	1,565	1,565	1,550	1,533	4.3	-2.7
Suoli agricoli	19,557	19,487	19,411	18,169	16,947	15,569	15,193	15,423	16,624	47.0	-15.0
Combustione dei residui agricoli	17	17	17	18	19	18	18	18	19	0.1	9.1
Totale	40,830	40,601	40,217	37,438	36,209	35,130	34,265	34,449	35,397	100	-13.3

Tab. 1 Emissioni di gas serra del settore agricoltura per categoria e per anno (Gg CO<sub>2</sub>eq)Fig. 3 Emissioni di metano per categoria e per anno (Gg CH<sub>4</sub>)

le deiezioni (17,4%) e dalla combustione dei residui agricoli (0,02%). La riduzione pari a 10,8 Gg (-14,3%) rispetto ai livelli del 1990 è principalmente dovuta al calo dell'uso di fertilizzanti sintetici azotati, nonché alla variazione della consistenza del bestiame allevato e alla perdita di coltivazioni agricole.

Sulla base dell'analisi del contributo emissivo di tutte le sorgenti di emissione dell'inventario nazionale, rispetto al 2012 e all'anno base (1990), le categorie emissive più importanti del settore agricoltura sono le emissioni di metano da fermentazione enterica e gestione delle deiezioni, le emissioni di protossido di azoto da gestione delle deiezioni e suoli agricoli. In particolare, per la valutazione delle emissioni di queste categorie, in base alle linee guida dell'IPCC, si utilizzano metodologie di stima più dettagliate e fattori di emissione specifici del paese in sostituzione dei fattori di default presenti nelle linee guida.

Per la quantificazione delle emissioni delle diverse sorgenti si utilizzano i dati di attività, relativi a indicatori correlati con le quantità emesse. La fonte principale di queste informazioni è l'ISTAT, le cui statistiche, relative agli

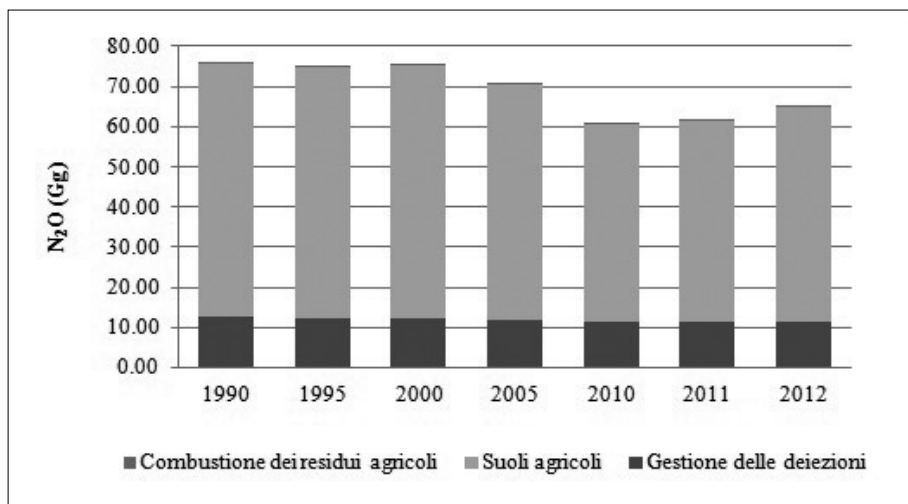


Fig. 4 Emissioni di protossido di azoto per categoria e per anno (Gg  $N_2O$ )

allevamenti (consistenza per tipo di produzione – riproduzione o macellazione – e per età dei capi e dati sulle produzioni zootecniche), alle superfici e produzioni agricole, all'uso dei fertilizzanti azotati (sintetici e organici), sono ampiamente utilizzate. La metodologia di stima richiede, inoltre, informazioni dettagliate su vari parametri, quali il peso degli animali, la dieta (in termini di digeribilità dell'alimento), la produzione delle deiezioni e la quantità di azoto escreto per categoria animale. Questi dati sono basati su misure nazionali e su dati di letteratura internazionale, adattata al caso nazionale. La maggior parte degli studi utilizzati sono stati realizzati dal Centro di ricerca per la produzione animale (CRPA). Nell'ambito del processo di miglioramento delle stime, l'ISPRA, insieme al CRPA, ha, inoltre, partecipato alla preparazione dei quesiti sulla gestione degli effluenti del censimento dell'agricoltura e dell'indagine sulla struttura e sulle produzioni agricole (SPA).

#### EMISSIONI NAZIONALI DEL SETTORE AGRICOLTURA PER CATEGORIA E FOCUS SU POSSIBILI MIGLIORAMENTI

##### *Fermentazione enterica*

Le emissioni di metano, considerate in questa categoria, sono prodotte dagli erbivori come sottoprodotto della fermentazione enterica, che è un processo digestivo durante il quale i carboidrati sono demoliti da microrganismi in molecole

Categorie animali	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2012	2012/1990
				Gg				%	%
Vacche da latte	249.75	220.53	221.03	211.19	209.29	209.05	215.93	42.5%	-13.5%
Altri bovini	233.00	246.22	234.48	204.65	187.46	188.81	186.43	36.7%	-20.0%
Bufalini	5.95	9.55	12.83	14.82	23.62	23.25	22.93	4.5%	285.6%
Ovini	69.91	85.34	88.71	63.63	63.20	63.54	56.13	11.0%	-19.7%
Caprini	6.29	6.86	6.88	4.73	4.91	4.80	4.46	0.9%	-29.2%
Cavalli	5.18	5.67	5.04	5.01	6.72	6.72	7.13	1.4%	37.5%
Asini e muli	0.84	0.38	0.33	0.30	0.46	0.51	0.60	0.1%	-28.6%
Scrofe	0.98	1.03	1.06	1.08	1.08	1.06	0.93	0.2%	-4.5%
Altri suini	11.63	11.06	11.40	12.72	12.91	12.96	12.06	2.4%	3.7%
Conigli	1.16	1.33	1.39	1.59	1.39	1.36	1.38	0.3%	19.7%
<b>Totale</b>	<b>584.69</b>	<b>587.98</b>	<b>583.14</b>	<b>519.73</b>	<b>511.05</b>	<b>512.07</b>	<b>507.98</b>	<b>100%</b>	<b>-13.1%</b>

Tab. 2 *Emissioni di metano da fermentazione enterica (Gg)*

semplici per l'assorbimento nel flusso sanguigno. La quantità di metano che viene rilasciato dipende dal tipo di apparato digerente, dall'età e dal peso dell'animale, e dalla qualità e quantità di alimenti consumati (IPCC, 2006).

Le categorie animali considerate sono i ruminanti (bovini, bufalini, ovini, caprini), che sono la maggiore fonte di metano, e i non ruminanti (suini, equini, conigli). Per la stima delle emissioni di metano da fermentazione enterica, è stata utilizzata una metodologia più dettagliata (*tier 2*, secondo le linee guida dell'IPCC) per le categorie bovini e bufalini e un approccio semplificato (*tier 1*), basato sull'utilizzo dei fattori di emissione di *default* dell'IPCC, per le altre categorie animali.

Nel 2012, le emissioni di CH<sub>4</sub> da fermentazione enterica sono pari a 508,0 Gg (tab. 2), che equivalgono al 69,9% del totale delle emissioni di CH<sub>4</sub> del settore agricoltura e al 29,6% delle emissioni nazionali di CH<sub>4</sub> escluso il settore LULUCF.

La diminuzione delle emissioni di metano derivanti dalla fermentazione enterica è principalmente dovuta alla riduzione del numero di capi bovini, che rappresenta la categoria animale che fornisce il contributo maggiore in termini di emissioni. Il numero di vacche da latte è passato da 2.642 migliaia di capi nel 1990 a 1.857 migliaia di capi nel 2012, con una riduzione del 29,7%, mentre la quantità di latte prodotto per capo in produzione è aumentata, passando da una media nazionale annua pari a 4.210 kg di latte prodotto per bovina nel 1990 a 6.429 kg nel 2012. Tale andamento è essenzialmente imputabile al sistema delle quote latte del primo pilastro della politica agricola comune (PAC), che ha, in generale, contingentato la produzione totale di latte, determinando la chiusura negli anni di molte piccole e medie aziende agricole e l'aumento della produzione unitaria.



**EQUATION 10.21**  
**CH<sub>4</sub> EMISSION FACTORS FOR ENTERIC FERMENTATION FROM A LIVESTOCK CATEGORY**

$$EF = \left[ \frac{GE \cdot \left( \frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55.65} \right]$$

Where:

EF = emission factor, kg CH<sub>4</sub> head<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>

GE = gross energy intake, MJ head<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>

Y<sub>m</sub> = methane conversion factor, per cent of gross energy in feed converted to methane

The factor 55.65 (MJ/kg CH<sub>4</sub>) is the energy content of methane

Fig. 5 *Equazione del fattore di emissione del metano da fermentazione enterica*

**EQUATION 10.16**  
**GROSS ENERGY FOR CATTLE/BUFFALO AND SHEEP**

$$GE = \left[ \frac{\left( \frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{work} + NE_p}{REM} \right) + \left( \frac{NE_g + NE_{wool}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Where:

GE = gross energy, MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>m</sub> = net energy required by the animal for maintenance (Equation 10.3), MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>a</sub> = net energy for animal activity (Equations 10.4 and 10.5), MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>l</sub> = net energy for lactation (Equations 10.8, 10.9, and 10.10), MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>work</sub> = net energy for work (Equation 10.11), MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>p</sub> = net energy required for pregnancy (Equation 10.13), MJ day<sup>-1</sup>

REM = ratio of net energy available in a diet for maintenance to digestible energy consumed (Equation 10.14)

NE<sub>g</sub> = net energy needed for growth (Equations 10.6 and 10.7), MJ day<sup>-1</sup>

NE<sub>wool</sub> = net energy required to produce a year of wool (Equation 10.12), MJ day<sup>-1</sup>

REG = ratio of net energy available for growth in a diet to digestible energy consumed (Equation 10.15)

DE% = digestible energy expressed as a percentage of gross energy

Fig. 6 *Equazione dell'energia giornaliera lorda*

In base all'approccio metodologico *tier 2*, il fattore di emissione (EF) del metano è calcolato a partire dalla quantità di energia (GE, *Gross Energy*) consumata giornalmente dall'animale (fig. 5).

L'energia giornaliera è basata sulle esigenze energetiche dell'animale per il mantenimento e per svolgere le attività, quali la crescita, la lattazione e la gravidanza, e sulla disponibilità di energia del mangime (fig. 6).

Secondo le linee guida dell'IPCC, i dati e le informazioni (la maggior parte delle quali basate su misure sperimentali), relativi alla composizione della dieta dei bovini, alla concentrazione dei prodotti generati dalla fermentazione dei ruminanti, alla variazione stagionale della popolazione animale, alla qualità e disponibilità degli alimenti, alle strategie di mitigazione potrebbero essere utilizzati per sviluppare modelli sofisticati per la stima delle emissioni.

Inoltre, la disponibilità di informazioni sulle diete e su un maggior dettaglio della popolazione animale potrebbe consentire l'utilizzo di valori differenziati di digeribilità, che comporterebbe variazioni rilevanti nella stima dell'energia necessaria per soddisfare le esigenze di mantenimento e delle attività degli animali.

Data l'importanza del fattore di conversione in metano dell'energia assimilata ( $Y_m$  nella fig. 5), sforzi aggiuntivi dovrebbero essere profusi in ricerche volte a migliorare le stime del fattore per le diverse combinazioni di bestiame e mangimi.

### *Gestione delle deiezioni (emissioni di metano)*

In questa categoria si considerano le emissioni di metano prodotte durante lo stoccaggio e il trattamento dei reflui zootecnici, in seguito alla decomposizione per opera di microrganismi dei reflui in condizioni anaerobiche.

I principali fattori che influenzano le emissioni di metano sono la quantità di deiezioni prodotte e la porzione delle stesse che si decompone in condizioni anaerobiche. Il primo fattore dipende dal tasso di produzione per animale e il numero di animali, il secondo dalla modalità con la quale il refluo viene gestito. Quando il refluo viene stoccato o trattato come un liquido (ad esempio, in lagune, stagni, serbatoi o pozzi), si decompone in condizioni anaerobiche ed è in grado di produrre una quantità significativa di metano. La temperatura e il tempo di conservazione nell'unità di stoccaggio influenzano notevolmente la quantità di metano prodotto. Quando il refluo viene gestito come un solido (per esempio, in cataste o pile) o quando si deposita al pascolo, tende a decomporsi in condizioni più aerobiche e meno metano viene prodotto (IPCC, 2006).

L'approccio metodologico *tier 2* è stato utilizzato per le categorie dei bovini, bufalini e suini.

Per la stima dei fattori di emissione per tipo di refluo (liquido e solido) e dei fattori di conversione dei solidi volatili<sup>11</sup> in metano, una metodologia

<sup>11</sup> È la parte della sostanza secca (solidi totali) costituita da sostanza organica.

Categorie animali	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2012	2012/1990
	Gg							%	%
Vacche da latte	39.74	31.12	30.96	27.21	25.55	25.34	26.37	18.2%	-33.7%
Altri bovini	38.18	40.37	38.12	33.69	30.81	30.64	28.80	19.9%	-24.6%
Bufalini	1.15	1.77	2.25	2.52	4.49	4.35	4.09	2.8%	256.0%
Ovini	1.90	2.32	2.41	1.73	1.72	1.73	1.53	1.1%	-19.7%
Caprini	0.18	0.20	0.20	0.14	0.14	0.14	0.13	0.1%	-29.2%
Cavalli	0.43	0.47	0.41	0.41	0.55	0.55	0.59	0.4%	37.5%
Asini e muli	0.07	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.0%	-28.6%
Suini	68.19	65.17	66.80	70.46	69.81	68.94	65.80	45.5%	-3.5%
Avicoli	13.82	14.67	14.09	15.05	15.82	16.01	15.82	10.9%	14.5%
Conigli	1.19	1.36	1.42	1.63	1.43	1.40	1.42	1.0%	19.7%
Animali da pelliccia	0.22	0.15	0.16	0.14	0.09	0.11	0.11	0%	-50.8%
<b>Totale</b>	<b>165.08</b>	<b>157.64</b>	<b>156.85</b>	<b>153.01</b>	<b>150.45</b>	<b>149.25</b>	<b>144.71</b>	<b>100%</b>	<b>-12.3%</b>

Tab. 3 *Emissioni di metano da gestione delle deiezioni (Gg)*

dettagliata è stato applicata a livello regionale. Successivamente, per la stima della serie storica dei fattori di emissione è stata seguita una metodologia semplificata. Le emissioni si basano su specifiche pratiche di gestione delle deiezioni e delle condizioni ambientali. In particolare, sono stati considerati i seguenti fattori: le temperature medie mensili regionali; la quantità di liquame e letame prodotta per categoria di animali; le tecniche di gestione per l'applicazione al suolo dei reflui zootecnici.

Per la stima delle emissioni di metano della categoria dei suini, un tasso di emissione di metano specifico è stato sperimentalmente determinato dal CRPA. La stima del fattore di emissione dipende, in particolare, dal tipo di stoccaggio dei liquami (serbatoio e lagune), dal tipo di allevamento e dalla produzione stagionale di biogas.

Un approccio *tier 1* con l'utilizzo dei fattori di emissione di default dell'IPCC è stato impiegato per stimare le emissioni delle altre categorie di animali.

Una riduzione delle emissioni di metano è stata introdotta per le categorie dei bovini e dei suini, al fine di prendere in considerazione la produzione di biogas dai reflui zootecnici per scopi energetici. La stima delle emissioni di metano da sottrarre, dovute al recupero di biogas negli stoccaggi, è stata calcolata utilizzando le informazioni e i dati forniti da TERNA (il principale operatore di reti per la trasmissione dell'energia elettrica in Italia) e il CRPA.

Per il miglioramento di queste stime, sarebbero necessarie dati e informazioni relativi alla quantità di deiezioni animali avviate ai digestori, all'entità di biogas derivante dalle queste quantità e alle perdite di metano degli impianti.

Nel 2012, le emissioni di  $\text{CH}_4$  sono pari a 144,7 Gg (tab. 3), che rappresentano il 19,9% del totale delle emissioni di  $\text{CH}_4$  del settore agricoltura e l'8,4% delle emissioni nazionali di  $\text{CH}_4$  escluso il settore LULUCF.

La riduzione delle emissioni negli anni, osservata in tabella 3, dipende, in particolare, dalla variazione della consistenza dei capi bovini e dalla quantità di biogas recuperato per la produzione di energia.

### *Gestione delle deiezioni (emissioni di protossido di azoto)*

In questa sezione si considerano le emissioni di protossido di azoto prodotte durante lo stoccaggio e il trattamento dei reflui zootecnici, prima dello spandimento al suolo.

Le emissioni di protossido di azoto dipendono dal contenuto di azoto e di carbonio delle deiezioni, dalla durata dello stoccaggio e dal tipo di trattamento. Esse avvengono in seguito ai processi di nitrificazione e denitrificazione dell'azoto contenuto nelle deiezioni. La nitrificazione, che indica l'ossidazione di azoto ammoniacale in azoto nitrico, è un prerequisito necessario per la formazione di protossido di azoto dallo stoccaggio delle deiezioni e si verifica a condizione che vi sia una quantità sufficiente di ossigeno. Essa, infatti, non avviene in condizioni anaerobiche. I nitriti e i nitrati vengono trasformati in protossido di azoto e in diazoto ( $\text{N}_2$ ) durante il processo naturale di denitrificazione, un processo anaerobico. In sintesi, la produzione e l'emissione di protossido di azoto dallo stoccaggio delle deiezioni richiede la presenza di nitriti e nitrati in ambiente anaerobico, preceduto da condizioni aerobiche, necessarie per la formazione di queste forme ossidate di azoto (IPCC, 2006).

In base alle linee guida dell'IPCC, per la stima delle emissioni sono stati considerati i seguenti parametri: la consistenza dei capi e i tassi di escrezione di azoto per tipologia animale, la frazione di escrezione annua per ciascuna categoria zootecnica e per sistema di gestione delle deiezioni, i fattori di emissione per ciascun sistema considerato. I sistemi di gestione più diffusi nel nostro Paese sono il sistema liquido<sup>12</sup>, lo stoccaggio del solido<sup>13</sup>, l'essiccazione

<sup>12</sup> Le deiezioni vengono stoccate tal quali o con qualche minima aggiunta di acqua in vasche o in bacini di terra all'esterno del ricovero degli animali, di solito per periodi inferiori a un anno (IPCC, 2006).

<sup>13</sup> Le deiezioni sono stoccate, tipicamente per un periodo di diversi mesi, in cataste o pile. Le deiezioni possono essere stoccate grazie alla presenza di una quantità sufficiente di lettiera o alla perdita di umidità per evaporazione (IPCC, 2006).

Sistemi di gestione delle deiezioni	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2012	2012/1990
	Gg						%		%
Sistema liquido	0.62	0.57	0.54	0.49	0.47	0.46	0.44	3.9%	-29.8%
Stoccaggio solido	12.07	11.49	11.34	10.29	10.12	10.02	10.02	88.4%	-17.0%
Altro (*)	-	0.10	0.56	1.00	1.01	1.04	0.88	7.8%	803.8% (**)
<b>Totale</b>	<b>12.69</b>	<b>12.16</b>	<b>12.44</b>	<b>11.78</b>	<b>11.60</b>	<b>11.52</b>	<b>11.34</b>	<b>100%</b>	<b>-10.7%</b>

Tab. 4 Emissioni di protossido di azoto da gestione delle deiezioni (Gg)

(\*) Nella categoria 'Altro' sono incluse le emissioni derivanti dal sistema di essiccazione della pollina e dai digestori anaerobici. (\*\*) Variazione tra l'anno 2012 e il 1995.

della pollina<sup>14</sup> e i digestori anaerobici.

Nel 2012, le emissioni di N<sub>2</sub>O sono pari a 11,3 Gg (tab. 4), che rappresentano il 17,4% del totale delle emissioni di N<sub>2</sub>O del settore agricoltura e il 12,8% delle emissioni nazionali di N<sub>2</sub>O escluso il settore LULUCF.

La riduzione delle emissioni negli anni, osservabile nella tabella 4, dipende principalmente dalla diminuzione dei capi bovini, che hanno tassi di escrezione di azoto più elevati rispetto alle altre categorie animali.

Per il miglioramento delle stime si potrebbero sviluppare una serie di attività, quali la definizione di fattori di emissione di protossido di azoto per ciascun sistema di gestione delle deiezioni, che riflettano l'effettiva durata dello stoccaggio, il tipo di trattamento (e pre-trattamento) dei reflui nei sistemi di stoccaggio e la frazione di azoto stoccato.

### *Suoli agricoli*

In questa sezione consideriamo le emissioni di protossido di azoto dovute agli apporti netti di azoto ai suoli. Tali emissioni si verificano sia per via diretta (cioè, direttamente dai suoli sui quali l'azoto è aggiunto), sia attraverso due vie indirette: la prima, in seguito alla volatilizzazione di ammoniaca e ossidi di azoto dai suoli sui quali è stato apportato azoto e alla conseguente ri-deposizione di questi gas e dei loro prodotti ai suoli e nelle acque; la seconda, dopo il ruscellamento e la percolazione di azoto dai suoli.

Le emissioni dirette (come già detto in precedenza), includono le emissioni dovute all'impiego dei fertilizzanti azotati, allo spandimento dei reflui zootecnici e dei fanghi da depurazione, ai residui colturali, alle colture azotofissatrici, ai suoli organici e al pascolo.

<sup>14</sup> Deiezioni avicole.

Emissioni di N <sub>2</sub> O per sotto-categorie		1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2012	2012/1990
		Gg						%		%
Emissioni dirette di N <sub>2</sub> O	Fertilizzanti sintetici	13.59	14.27	14.05	13.96	8.84	9.19	12.05	22.5%	-11.3%
	Spandimento reflui zootecnici	9.33	8.92	9.00	8.65	8.56	8.59	8.59	16.0%	-7.9%
	Coltivazioni azoto-fissatrici	5.00	3.75	3.72	3.47	3.34	3.29	2.74	5.1%	-45.2%
	Residui colturali	2.90	2.79	2.84	2.85	2.28	2.34	2.08	3.9%	-28.2%
	Suoli organici	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.6%	0.0%
	Spandimento fanghi da depurazione	0.08	0.13	0.17	0.14	0.16	0.17	0.20	0.4%	153.6%
	<b>Totale emissioni dirette</b>	<b>31.20</b>	<b>30.17</b>	<b>30.10</b>	<b>29.39</b>	<b>23.48</b>	<b>23.89</b>	<b>25.97</b>		<b>-16.8%</b>
Pascolo		5.60	6.44	6.60	4.90	4.98	5.00	4.60	8.6%	-17.9%
Emissioni indirette di N <sub>2</sub> O	Deposizione atmosferica	5.99	5.69	5.50	5.10	4.71	4.75	5.09	9.5%	-15.0%
	Lisciviazione e ruscellamento dell'azoto	20.29	20.56	20.42	19.23	15.84	16.12	17.96	33.5%	-11.5%
	<b>Totale emissioni indirette</b>	<b>26.28</b>	<b>26.25</b>	<b>25.92</b>	<b>24.33</b>	<b>20.55</b>	<b>20.86</b>	<b>23.06</b>		<b>-12.3%</b>
<b>Totale</b>		<b>63.09</b>	<b>62.86</b>	<b>62.62</b>	<b>58.61</b>	<b>49.01</b>	<b>49.75</b>	<b>53.63</b>	<b>100%</b>	<b>-15.0%</b>

Tab. 5 *Emissioni di protossido di azoto dai suoli agricoli (Gg)*

La metodologia di stima utilizzata non tiene conto della diversa copertura del suolo, del tipo di suolo, delle condizioni climatiche e delle pratiche di gestione dei suoli. Inoltre, non si considera il “ritardo” con il quale si generano le emissioni dirette dovute all’azoto dei residui colturali e l’assegnazione di tali emissioni all’anno in cui effettivamente tali residui ritornano al suolo. Questi aspetti non sono considerati perché non ci sono dati disponibili per fornire opportuni fattori di emissione (IPCC, 2006).

Nel 2012, le emissioni di N<sub>2</sub>O sono pari a 53,6 Gg (tab. 5), che rappresentano l’82,5% del totale di N<sub>2</sub>O del settore agricoltura e il 60,4% delle emissioni nazionali di N<sub>2</sub>O escluso il settore LULUCF.

La riduzione negli anni delle emissioni di protossido di azoto dai suoli agricoli (tab. 5) deriva principalmente dalla variazione dell’uso di fertilizzanti e dalla riduzione del numero di animali. Nel periodo 1990-2012 la quantità distribuita di fertilizzanti azotati e del relativo contenuto di azoto sono diminuiti del 22% e del 10% rispettivamente (anche se l’urea<sup>15</sup> è aumentata del 19% contribuendo a un aumento delle emissioni di ammoniaca da fertilizzanti azotati dell’8%).

#### CAMBIAMENTI METODOLOGICI

La stima delle emissioni del settore agricoltura effettuata nel 2015, relativa alla serie storica 1990-2013, prevederà un cambiamento nella metodologia di stima che comporterà una riduzione complessiva delle emissioni del settore pari al 19% rispetto alla precedente metodologia.

Sulla base dell’applicazione delle linee guida del 2006 dell’IPCC sono state

<sup>15</sup> È uno dei fertilizzanti sintetici azotati più utilizzato e con il fattore di emissione di ammoniaca più alto rispetto agli altri fertilizzanti.

effettuate le seguenti modifiche: è stato modificato il valore di *default* relativo al calcolo dell'energia netta per il mantenimento e il fattore di conversione in metano dell'energia assimilata delle bovine e delle bufale in lattazione (ciò comporterà un aumento delle emissioni di metano del 7%); sono stati aggiornati i fattori di emissione di metano derivante dalla gestione delle deiezioni (distinti per temperatura media annua) per le categorie di caprini, equini e avicoli (ciò implicherà una riduzione di metano del 5%); in base a nuove fonti riportate nelle linee guida, sono stati adeguati i fattori di emissione del protossido di azoto, prodotto durante lo stoccaggio dei reflui zootecnici (che produrrà una riduzione delle emissioni del 54%); nella categoria "suoli agricoli" sono stati considerati anche gli apporti di azoto di altro materiale organico applicato al suolo (quale, gli scarti vegetali e animali, il compost, il materiale da lettiera), della biomassa ipogea dei residui colturali (incluse le foraggere permanenti), è stato rimosso il contributo di azoto proveniente dalle colture azoto fissatrici e sono stati modificati i fattori di emissione del protossido di azoto delle emissioni dirette e indirette (queste modifiche determineranno una riduzione delle emissioni del 33%); per la categoria combustione dei residui agricoli, è stato aggiornato il fattore di combustione degli scarti della produzione del riso (che porterà una diminuzione del metano del 4% e del protossido di azoto del 5%); infine, sono state incorporate nel settore agricoltura le stime di emissione dell'anidride carbonica prodotte dall'applicazione al suolo di calce per ridurre l'acidità del suolo e migliorare la crescita delle piante<sup>16</sup>.

Con l'applicazione delle linee guida 2006 dell'IPCC, le emissioni di metano aumenteranno in media annualmente del 4%, mentre le emissioni di protossido di azoto diminuiranno del 36%. Considerando i dati del 2012, le emissioni di metano saranno pari al 59%, quelle di protossido di azoto al 39%<sup>17</sup>. La categoria che fornirà un contributo maggiore in termini di emissioni (esprese in CO<sub>2</sub> equivalente) sarà la fermentazione enterica (43%), seguita dai suoli agricoli (32%).

Complessivamente, le emissioni totali di gas serra del settore agricoltura scenderanno in media all'anno del 19%, ma considerando le emissioni di anidride carbonica, dovute all'applicazione ai suoli di calce e urea, e l'applicazione dei nuovi GWP<sup>18</sup>, la riduzione sarà pari all'11%.

<sup>16</sup> In base alla metodologia dell'IPCC, precedente le linee guida del 2006, tali emissioni erano riportate nel settore LULUCF.

<sup>17</sup> Il restante 2% è da attribuire alle emissioni di anidride carbonica, prima non conteggiate nel settore agricoltura.

<sup>18</sup> Il GWP, *global warming potential* (in italiano, il potenziale di riscaldamento globale), confronta il forcing radiativo di una tonnellata di gas serra per un determinato periodo di tempo (ad

## CONCLUSIONI

La preparazione dell'inventario delle emissioni è un lavoro complesso, che coinvolge competenze in differenti campi e che necessita della raccolta di dati di attività per una completa serie storica. Le autorità pubbliche e gli istituti di ricerca sono necessariamente coinvolte nel Sistema nazionale per la realizzazione dell'inventario al fine di preparare un inventario nazionale di buona qualità e nei tempi previsti. La preparazione dell'inventario nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas serra e la gestione del Sistema nazionale per la realizzazione dell'inventario nazionale dei gas serra permettono all'Italia di avere i requisiti di eleggibilità al Protocollo di Kyoto. L'inventario nazionale delle emissioni è uno strumento necessario per la pianificazione di misure di mitigazione dei cambiamenti climatici da inserire nelle strategie di sviluppo rurale, per l'elaborazione di scenari emissivi a livello nazionale e regionale, per l'analisi degli impatti sulla qualità dell'aria e dei costi delle misure di abbattimento e mitigazione, per il monitoraggio e la valutazione delle misure di mitigazione, incluse nei piani di sviluppo rurale, e per la verifica degli obiettivi relativi ai cambiamenti climatici nell'ambito dello sviluppo rurale.

## RIASSUNTO

L'inventario nazionale delle emissioni di gas serra, realizzato ogni anno dall'ISPRA, è uno strumento fondamentale per la verifica del rispetto dei limiti di emissione nazionali e degli impegni di riduzione intrapresi nei diversi contesti internazionali (Convenzione quadro sui cambiamenti climatici e Protocollo di Kyoto, Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero, Direttive europee sulla limitazione delle emissioni) e per la pianificazione e l'attuazione delle politiche ambientali da parte delle istituzioni centrali e periferiche. Secondo quanto richiesto dall'IPCC, per le categorie emissive più importanti deve essere utilizzata una metodologia di stima più raffinata che richiede informazioni più dettagliate. Per quanto riguarda il settore agricoltura, per migliorare ulteriormente le stime occorrerebbero, in particolare, dati e informazioni sulle diete degli animali (vacche da latte e bufale), sui fattori di emissione relativi ai sistemi di gestione delle deiezioni zootecniche, che riflettano l'effettiva durata dello stoccaggio e il tipo di trattamento dei reflui, sulle quantità di deiezioni avviate ai digestori e sulla quantità di biogas recuperate. Tale fabbisogno informativo potrebbe essere colmato sfruttando le competenze e le conoscenze dei centri di ricerca e delle università, che già in passato hanno fornito importanti contributi.

---

esempio, 100 anni) per una tonnellata di CO<sub>2</sub>. Il GWP del metano è pari a 25 (prima era 21), del protossido di azoto è 298 (prima era 310).



## ABSTRACT

The national greenhouse gas emissions inventory, compiled and communicated annually by ISPRA, is a fundamental tool for the verification of compliance with the national emission ceilings and reduction commitments undertaken in different international contexts (United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol, United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long Range Transboundary Air Pollution, the European Directives on the limitation of emissions) and the planning and implementation of environmental policies by the central and local institutions. As required by the IPCC, for the most important categories in terms of emissions, a more refined estimation methodology that requires more detailed information should be used. As for the agriculture sector, to further improve the estimates would be needed, in particular, data and information on the diets of the animals (dairy cows and buffaloes), on the emission factors related to manure management systems, which reflect the actual duration of storage and type of waste treatment, on the amount of manure started to digesters and on the amount of biogas recovered. These information need could be filled by exploiting the skills and knowledge of the research centers and universities, who in the past have made important contributions.

## BIBLIOGRAFIA

- EMEP/EEA (2013): *Air pollutant emission inventory guidebook 2013*, EEA Technical report n. 12/2013. URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- IPCC (1997): *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Emission Inventories*, Three volumes: Reference Manual, Reporting Manual, Reporting Guidelines and Workbook, IPCC/OECD/IEA IPCC WG1 Technical Support Unit, Hadley Centre, Meteorological Centre, Meteorological Office, Bracknell, UK.
- IPCC (2000): *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Hayama, Kanagawa, Japan.
- IPCC (2003): *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, IPCC Technical Support Unit, Kanagawa, Japan.
- IPCC (2006): *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), published: IGES, Japan. URL Vol. 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IPCC (2014): *2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol*, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (eds), published: IPCC, Switzerland. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/index.html>
- ISPRA (2008): *Agricoltura: inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale*, Rapporto tecnico 85/2008, ISPRA, Roma. URL: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/agricoltura-inventario-nazionale-delle-emissioni-e>

- ISPRA (2009): *La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni. Anni 1990-1995-2000-2005*, Rapporto tecnico 92/2009, ISPRA, Roma. URL: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/siaispra/inventaria/disaggregazione-dellinventario-nazionale-2005/la-disaggregazione-a-livello-provinciale-dell2019inventario-nazionale-delle-emissioni-anni-1990-1995-2000-2005/view>
- ISPRA (2011): *Agricoltura: emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009*, Rapporto tecnico 140/2011, ISPRA, Roma. URL: <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/agricoltura-emissioni-nazionali-in-atmosfera-dal>
- ISPRA (2014): *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2012. National Inventory Report 2014*, Rapporto tecnico 198/2014, ISPRA, Roma. URL: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/national-inventory-report-2012/view>
- ISPRA (2015a): *Database della disaggregazione a livello provinciale dell'Inventario nazionale delle emissioni: 1990-1995-2000-2005-2010*, ISPRA. URL: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/inventaria/disaggregazione-dellinventario-nazionale-2010/>
- ISPRA (2015b): *Italian Emission Inventory 1990-2013. Informative Inventory Report 2015*, Rapporto tecnico 223/2015, ISPRA, Roma. URL: <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/informative-inventory-report-2012/view>