



**UNIVERSITÀ DI PISA**  
**Facoltà di Agraria**  
**Corso di Laurea Magistrale in**  
**Produzioni Agroalimentari E Gestione Degli Agroecosistemi**

**Valutazione delle emissioni enteriche di gas metano da  
parte degli allevamenti ovini in Toscana**

**Relatore:**

Prof. Marcello Mele

**Candidato:**

Luca Campidonio

Anno Accademico 2011 – 2012

## Indice

1	Introduzione .....	4
1.1	Da Rio a Durban, passando da Kyoto.....	5
1.2	La posizione dell'Unione Europea .....	16
1.3	La posizione Italiana.....	18
2	L'agricoltura e l'emissione dei gas serra .....	20
2.1	Stime e valutazioni.....	20
2.2	Strategie di mitigazione per le produzioni vegetale.....	26
3	L'impatto della zootecnia sui cambiamenti climatici .....	34
3.1	Strategie di mitigazione per le produzioni zootecniche .....	41
3.2	Scopo della tesi .....	45
4	Materiali e metodi.....	46
4.1	Stima del campione .....	46
4.2	Stima delle emissioni enteriche.....	47
4.2.1	Tier 1 .....	49
4.2.2	Tier 2 .....	50
4.3	Caso studio.....	57
5	Risultati e discussione .....	60
5.1	L'inventario delle emissioni enteriche.....	62
5.1.1	Provincia di Arezzo .....	63
5.1.2	Provincia di Firenze.....	64
5.1.3	Provincia di Grosseto.....	65
5.1.4	Provincia di Livorno .....	66
5.1.5	Provincia di Lucca .....	67
5.1.6	Provincia di Massa Carrara .....	68
5.1.7	Provincia di Pisa .....	69
5.1.8	Provincia di Pistoia.....	70
5.1.9	Provincia di Prato.....	71
5.1.10	Provincia di Siena.....	72
5.1.11	Regione Toscana.....	73
5.2	Risultati del caso studio .....	75

6	Conclusioni .....	80
7	Bibliografia.....	81
7.1	Siti consultati .....	84

# 1 Introduzione

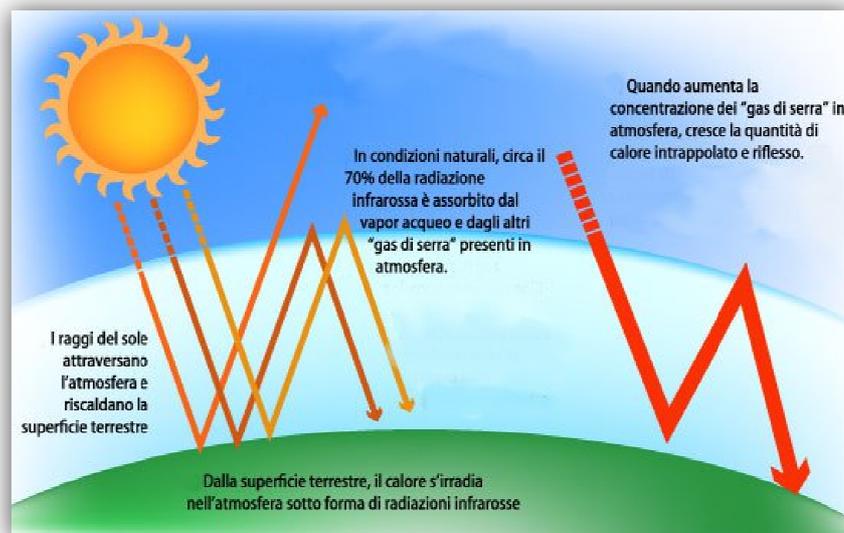
L'effetto serra rappresenta il meccanismo chiave per la regolazione termica del pianeta, senza di esso, infatti, la temperatura media sarebbe  $-6^{\circ}\text{C}$  anziché gli attuali  $15^{\circ}\text{C}$ . L'atmosfera infatti, grazie anche ai gas di cui è composta, trattiene circa il 70% del flusso di energia che la terra rispedisce verso lo spazio sotto forma di radiazioni infrarosse. Il restante 30% in condizioni normali si perde nello spazio. All'aumentare della concentrazione dei gas ad effetto serra (GHG) cresce però la percentuale di calore intrappolato. Il maggior calore, inoltre, riscalda di più gli oceani che, liberando più vapore acqueo, aumentano l'effetto serra. I principali GHG coinvolti in questo processo sono l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), il metano ( $\text{CH}_4$ ) e il protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

È dall'inizio dello sviluppo industriale che si è potuto riscontrare un incremento di emissioni di GHG dovute alle attività antropiche, che hanno contribuito ad accelerare, in modo preoccupante, il processo di riscaldamento globale del pianeta.

Le evidenze scientifiche, infatti, mostrano che le odierne concentrazioni nell'atmosfera di anidride carbonica e di metano sono le più alte degli ultimi 650 000 anni di storia della Terra e questo fenomeno sarebbe dovuto all'aumento delle emissioni di tali gas da parte delle attività produttive. (Siegenthaler et al., 2005)

Il riscaldamento globale può comportare anche modifiche dei parametri climatici, tra cui l'aumento delle precipitazioni globali, con l'ipotesi di una maggiore frequenza di eventi estremi come forti tempeste, inondazioni e siccità.

Secondo gli esperti dell'IPCC, il livello medio del mare dovrebbe aumentare 9-88 cm entro il 2100, provocando allagamenti di zone pianeggianti e altri danni. L'estensione di alcune zone climatiche potrebbe spostarsi verso i poli, interrompendo foreste, deserti, pascoli e altri ecosistemi naturali. Di conseguenza, molti ecosistemi diminuiranno o diventano frammentati e delle singole specie potrebbero estinguersi (IPCC, 2001a).



*Figura 1 rappresentazione schematica dell'effetto serra*

L'effetto dei cambiamenti climatici sull'ambiente può essere molto rilevante. In generale, tanto veloce è un cambiamento, tanto maggiore sarà il rischio di danneggiare la resilienza degli agro ecosistemi. A preoccupare è la ripercussione che potrebbe avere un mutamento del clima nei confronti delle rese delle "major crops", questo non per ciò che riguarda la sicurezza alimentare globale, ma solo per alcune regioni che potrebbero trovarsi di fronte carenze alimentari.

## **1.1 Da Rio a Durban, passando da Kyoto**

L'agricoltura mondiale, che già in questo momento vive un momento molto delicato per via dell'aumento dei costi dei carburanti e per la crisi economica globale, dovrà affrontare un'ulteriore sfida imposta dal fenomeno del riscaldamento globale. Questo sia da un punto di vista attivo, ossia come comparto che produce GHG, sia come soggetto passivo, in quanto i mutamenti climatici influenzeranno i cicli biologici delle colture e degli animali. Un riscaldamento superiore a 2,5 °C potrebbe, infatti, ridurre le scorte alimentari globali contribuendo all'aumento dei prezzi dei prodotti alimentari. L'impatto sulla produttività agricola potrebbe essere considerevole. Alcune regioni agricole, soprattutto in zone tropicali e subtropicali, minacciati potrebbero subire forti effetti negativi dal cambiamento climatico, mentre altre, situate a latitudini temperate, potranno trarne beneficio, a discapito però di un'ulteriore acidificazione del globo.

Questo scenario legato ai cambiamenti climatici e agli eventi ad essi correlati è diventato un rilevante tema di dibattito nel panorama socio-politico internazionale.

La prima conferenza sul clima che si tenne a Rio de Janeiro nel 1992 e alla quale parteciparono le delegazioni di 154 nazioni, portò alla stesura della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, meglio conosciuta come *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC).

La convenzione si basa tuttora su cinque “*Principi Ispiratori*” (art.5 statuto) che sono:

- ***equità e responsabilità comuni ma differenziate.*** *Sebbene i cambiamenti climatici riguardino l'intero pianeta, i paesi industrializzati hanno storicamente contribuito in grado maggiore ad incrementare la concentrazione di gas serra in atmosfera ed hanno maggiori risorse spendibili per fronteggiare il problema causato;*
- ***riconoscimento dei bisogni e delle circostanze peculiari dei Paesi in via di sviluppo,*** *specialmente in riferimento a quelli più vulnerabili agli effetti negativi dei cambiamenti climatici;*
- ***principio di precauzione,*** *che guida la volontà di intraprendere azioni in modo tempestivo per combattere i cambiamenti climatici, sebbene la loro entità risulti ancora incerta, per non rischiare di arrivare ad un punto d'irreversibilità tale da non potere più evitare gli effetti più gravi;*
- ***promozione di uno sviluppo sostenibile*** *che preveda politiche e misure volte alla protezione del sistema climatico dai cambiamenti indotti dall'uomo, tenendo in considerazione le condizioni specifiche di ciascuna Parte;*
- ***interconnessione tra sviluppo e cambiamenti climatici,*** *fenomeni entrambi guidati dal consumo di risorse energetiche, dalla crescita demografica e dall'uso dei suoli. La Convenzione identifica a tal proposito la crescita economica e lo sviluppo sostenibili come elementi di politiche vincenti per combattere i cambiamenti climatici.*

A fronte di una maggiore capacità lavorativa e divulgativa delle tematiche affrontate nella conferenza di Rio dall'UNFCCC vennero create le istituzioni che avrebbero sovrinteso ai lavori e alla ricerca.

La conferenza delle parti (COP) è l'organo principale di tutta la Convenzione e ne riunisce tutti e paesi aderenti. Si occupa di attuare le decisioni prese ed è responsabile per il corretto sviluppo degli obiettivi. La COP è assistita da altri due organi, detti appunto sussidiari, che sono il “Subsidiary Body for Scientific and Tecnological Advice (SBSTA)”, che si occupa dell'assistenza scientifica e della redazioni di manuali per le comunicazioni con gli inventari nazionali, ed Subsidiary Body for Implementation (SBI).

Questo è addetto al controllo dell'attuazione della Convenzione e del Protocollo e alla revisione delle Comunicazioni Nazionali delle Parti.

Ulteriore supporto è fornito da organizzazioni intergovernative che collaborano con la COP e gli organi sussidiari, queste sono l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) e il GEF (Global Environment Facility).

L'IPCC è stato fondato nel 1988 dal Programma ONU per l'ambiente (United Nations Environment Programme UNEP) e dall'Organizzazione meteorologica mondiale (World Meteorological Organization WMO) attualmente è una delle più importanti fonti d'informazioni sui cambiamenti climatici indotti dalle attività umane. Pubblica regolarmente (ogni 5 anni circa), su richiesta della COP, un rapporto scientifico sui cambiamenti climatici. Questo rapporto una volta approvato dalla COP andrà a costituire il testo che sarà la base a cui dovranno essere adeguate tutte le metodologie di rilevamento e di calcolo dei gas serra.

Il GEF (Global Environmental Facility), è un'organizzazione finanziaria indipendente, istituita nel 1991, che costituisce un canale di finanziamento dei Paesi in via di sviluppo, stanziando fondi aggiuntivi per progetti utili al raggiungimento di un beneficio ambientale globale. La gestione dei progetti GEF è attuata da tre Agenzie: il Programma per lo Sviluppo delle Nazioni Unite (United Nations Development Programme - UNDP), il Programma ONU per l'ambiente (UNEP) e la Banca Mondiale (World Bank - WB).

Il trattato è stato il primo in scala rilevante a portare all'attenzione delle cronache internazionali il grande problema a cui si stava andando incontro e l'obiettivo comune, o comunque l'intenzione, di ridurre le emissioni di GHG sulla base della teoria del riscaldamento globale. Entrata in vigore nel 1994 questa convenzione prevedeva, attraverso l'attuazione di una serie di protocolli, la limitazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> con l'obiettivo di stabilizzarle entro il 2000.

È opportuno precisare che la sottoscrizione degli impegni fu diversificata in gruppi di nazioni a seconda del loro coinvolgimento più o meno diretto nell'inquinamento atmosferico.

I Paesi sono stati suddivisi in tre gruppi:

- **Paesi dell'Allegato I della Convenzione (Annex I Parties)**, sono i Paesi industrializzati, membri dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD), i Paesi con economie in transizione come la Federazione Russa, la Bielorussia, la Croazia e l'Ucraina (Economies In Transition - EIT Parties) , l'Unione europea ed infine la Turchia. I Paesi Annex I sono obbligati ad adottare misure e politiche nazionali finalizzate a ridurre le emissioni di gas serra ai livelli del 1990 entro l'anno 2000. Ai Paesi con economie in transizione è garantito un maggiore grado di flessibilità nell'implementazione dei vincoli per l'abbattimento delle emissioni; diversi Paesi hanno esercitato questo diritto per scegliere un anno diverso dal 1990 come riferimento del livello di emissioni di gas serra da raggiungere (anno base);
- **Paesi dell'Allegato II della Convenzione (Annex II Parties)** sono i Paesi Annex I ad eccezione dei Paesi con economie in transizione: questo gruppo s'impegna a fornire le risorse finanziarie per permettere ai Paesi in via di sviluppo di intraprendere azioni di riduzione delle emissioni nell'ambito della Convenzione e ad aiutarli nel percorso di mitigazione degli effetti avversi dei cambiamenti climatici. Inoltre, i Paesi Annex II devono favorire la promozione dello sviluppo e il trasferimento di tecnologie a basso impatto ambientale verso i Paesi con economie in transizione e i Paesi in via di sviluppo;
- **Paesi che non rientrano nell'Allegato I (Non-Annex I Parties)**, sono, per la maggior parte, i Paesi in via di sviluppo, riconosciuti dalla Convenzione come particolarmente vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici, come quelli geograficamente collocati in aree a rischio di desertificazione o in zone costiere, topograficamente non elevate, a potenziale rischio di sommersione. In questo gruppo sono incluse le nazioni che basano la loro economia sulla produzione ed il commercio di combustibili fossili e che quindi temono le potenziali ripercussioni economiche indotte dalle misure adottate per il raggiungimento degli obiettivi della Convenzione.

Tutte le parti della Convenzione presero l'impegno di compilare periodicamente un report relativo alle emissioni, ed a redigere un rapporto che contenesse tutte le iniziative volte ad adempiere agli impegni sottoscritti nella Convenzione chiamato Comunicazione Nazionale. Sia quest'ultimo che i vari inventari dovevano essere redatti seguendo le guide fornite dall'IPCC.

In seguito alla conferenza di Rio, nel 1995 si tenne a Berlino la COP1 che ebbe inizio sull'onda del preoccupante quadro che si era delineato con l'analisi dei dati raccolti e

calcolati dal 1992. Venne così indetta una fase di ricerca della durata di due anni per trovare, stato per stato, misure volte alla diminuzione delle emissioni. Le nazioni non avevano l'obbligo vincolanti, a causa del principio stabilito a Rio delle "responsabilità comuni, ma differenziate".

La seconda conferenza delle parti (COP2) ebbe luogo a Ginevra. In questa gli Stati Uniti accettavano formalmente come rilevanti i risultati scientifici sui cambiamenti climatici contenuti nel secondo rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Al termine dei lavori si invitava gli stati a ricorrere a politiche flessibili e si auspicava l'urgenza di inserire norme a medio termine legalmente vincolanti.

Con la COP3 di Kyoto nel 1997 venne segnato un punto di svolta in termini concreti in ambito di riduzione delle emissioni di gas serra. Al termine di un acceso dibattito infatti, che vide fra i più accesi protagonisti l'ex vicepresidente Usa Al Gore, gran parte dei paesi industrializzati e diversi stati in via di transizione accettarono riduzioni legalmente vincolanti delle emissioni di GHG, comprese mediamente fra l'8 e il 10 per cento rispetto ai livelli del 1990 da realizzare tra il 2008 e il 2012. Per compensare gli obiettivi estremamente precisi che la COP3 richiedeva di soddisfare, si garantiva per gli stati una certa flessibilità di attuazione. Per esempio, i paesi possono in parte compensare la loro attività industriale, energetica e le loro emissioni, aumentando il "sinks" del carbonio grazie ad una foresta, che, assorbendo il biossido di carbonio dall'atmosfera, ne limita l'aumento di concentrazione. Questo poteva essere fatto sia sul proprio territorio sia in altri paesi.

Da Kyoto in poi, molti meccanismi sono stati istituiti allo scopo di "scambio di emissioni". Questo fenomeno detto "carbon market" permette ai paesi di ottenere credito per la riduzione totale di emissioni di GHG dalle piante o l'espansione delle foreste e per la realizzazione progetti di attuazione congiunta con gli altri Paesi.

Il credito di carbonio è stato definito come corrispondente ad una tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente assorbita (nel caso dei serbatoi, *sink*) o non emessa (nel caso delle fonti, *source*). La CO<sub>2</sub> è una misura utilizzata per confrontare le emissioni dai vari gas ad effetto serra sulla base del loro potenziali di riscaldamento globale. Ad esempio il potenziale di riscaldamento globale per il metano corrisponde a 25, vale a dire che una tonnellata di metano corrisponde all'emissione di 25 tonnellate di CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007). La

tipologia dei crediti di carbonio differisce in base alle attività che li generano come riportato in tabella 1.

Acronimo	Definizione	Tipologia del credito di carbonio
AAU	<i>Assigned Amount Unit</i>	Rilasciato da un Paese <i>Annex I</i> sulla base del proprio limite della quantità di emissioni secondo gli articoli 3.7 e 3.8 del Protocollo
ERU	<i>Emission Reduction Unit</i>	Generato da un progetto JI ( <i>Joint Implementation</i> ) in base all'articolo 6 del Protocollo
RMU	<i>ReMoval Unit</i>	Rilasciato da un Paese <i>Annex I</i> sulla base di attività LULUCF secondo gli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo
CER	<i>Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti energetici CDM ( <i>Clean Development Mechanism</i> ) in base all'articolo 12 del Protocollo
ICER/tCER	<i>Long term/temporary Certified Emission Reduction</i>	Crediti generati da progetti CDM forestali ( <i>Afforestation and Reforestation activities under Clean Development Mechanism</i> ) in base all'articolo 12 del Protocollo e alla decisione 19/CP9

**Tabella 1 Definizione dei crediti di carbonio (fonte Libro bianco, MIPAF)**

Se alla fine del periodo di adempimento una Paese ottiene una riduzione di emissioni maggiore di quella prestabilita può, entro certi limiti, trasferire questo vantaggio nel secondo periodo di impegno. Tuttavia, i crediti ottenuti tramite l'assorbimento dei *sink* non vengono contabilizzati nel trasferimento del vantaggio, e verrà preso in considerazione solo il 2,5% dei crediti derivanti dai meccanismi di flessibilità.

Il protocollo prevedeva inoltre che le parti (Annex I e non-Annex I), oltre alle riduzioni delle emissioni di gas serra, applicassero una serie di misure atte a rafforzare le possibilità di mitigare i cambiamenti climatici attraverso "meccanismi di sviluppo pulito", che consentissero ai paesi industrializzati di pagare per dei progetti da sviluppare nelle nazioni più povere. Con questi si sarebbero potuti trasferire tecnologie eco-compatibili, sviluppare le iniziative di capacity-building volte a sensibilizzare l'opinione pubblica sui cambiamenti climatici e implementare la cooperazione nella ricerca scientifica e costituzione di una rete internazionale di osservazioni climatiche

Per promuovere una efficiente mitigazione dei cambiamenti climatici Il Protocollo di Kyoto ha introdotto tre meccanismi innovativi (i così detti meccanismi di flessibilità), ideati per dare la possibilità alle Parti di ridurre le emissioni o aumentare i *sink* su territori esteri, entro certi limiti, quando ciò risultasse più economico rispetto ad intraprendere le stesse azioni sul territorio nazionale: Joint Implementation (JI), Clean Development Mechanism (CDM) ed Emission Trading (ET).

Questi meccanismi, attraverso i quali gli stati riescono ad evitare sanzioni investendo in altri paesi, non sono tuttora visti di buon occhio da alcuni governi ed enti ambientalisti, in quanto possono sembrare espedienti che permettevano, e permettono tuttora, di acquistare la riduzione delle emissioni senza realmente diminuirla.

Nel 2000 la conferenza de L'Aja (COP6) avrebbe dovuto affrontare i nodi politici ancora irrisolti, invece fu subito segnata dai contrasti che opposero la delegazione dell'Unione Europea a quella degli Stati Uniti. La discussione era incentrata sulla proposta Usa, legata ai crediti da ottenere mediante i "sink di carbonio", ovvero boschi e terreni agricoli, che avrebbero facilitato Washington nel raggiungimento degli obiettivi fissati a Kyoto.

Ulteriori controversie, come le misure da adottare in caso di mancato adempimento agli obblighi e l'assistenza economica verso i Paesi in via di sviluppo per contrastare i mutamenti climatici, determinarono il fallimento del vertice.

Nel 2001 la conferenza si tenne a Bonn (COP6 bis) e si riunì quattro mesi dopo l'uscita degli Stati Uniti dal Protocollo di Kyoto. Gli Usa infatti ratificarono il trattato con Bill Clinton al termine del suo mandato, ma vi uscirono subito dopo l'insediamento di George W. Bush. A Bonn fu decisa l'applicazione dei Meccanismi flessibili, venne stabilito un credito per le attività che contribuiscono all'abbattimento del carbonio presente nell'atmosfera e fu definita una serie di finanziamenti per agevolare le nazioni in via di sviluppo a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Il summit di Marrakesh, sempre del 2001, si concentrò soprattutto sulla creazione delle condizioni necessarie per la ratifica del Protocollo da parte delle singole nazioni. I delegati concordarono che per l'entrata in vigore degli accordi di Kyoto fosse necessaria l'adesione di 55 paesi, responsabili del 55 per cento delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera nel 1990. Inoltre vennero stabilite regole operative per il commercio internazionale delle quote di emissioni.

La COP9 del 2003 di Milano fissò solo una serie di misure legate ai piani di riduzione delle emissioni tramite attività di riforestazione.

Nel 2005 a Montreal la COP11 si chiuse con un accordo che puntava a ridefinire gli obiettivi vincolanti in vista della scadenza, nel 2012, del Protocollo di Kyoto. Le 157 delegazioni approvarono un piano di consolidamento del CDM, ovvero dei meccanismi

di sviluppo pulito, che avrebbero consentito alle nazioni più sviluppate di eseguire progetti di riduzione delle emissioni nei Paesi in via di Sviluppo.

La conferenza di Nairobi del 2006, nata con l'ambizioso proposito di coinvolgere i Paesi africani nei progetti CDM, non riuscì a stabilire ulteriori obiettivi di riduzione delle emissioni alla scadenza del Protocollo di Kyoto.

Con la COP13 di Bali del 2007 invece, al termine di interminabili negoziati, le delegazioni, comprese quelle statunitense, cinese ed indiana, stabilirono una "Road map" sul dopo-Kyoto. Nel documento finale venne riconosciuta la necessità di finanziare le nazioni in via di sviluppo per consentire loro di contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici. La "Road Map" prevedeva meccanismi che agevolino il trasferimento di tecnologie per lo sviluppo di energia pulita dai Paesi più ricchi a quelli emergenti e la concessione di aiuti per la protezione e la conservazione dei boschi e delle foreste nelle nazioni più povere. La conferenza assunse come punto di riferimento l'ultimo rapporto Onu sul cambiamento climatico.

Nel 2008 la conferenza si svolse a Poznan in Polonia e si chiuse con un accordo per finanziare un fondo da destinare ai Paesi più poveri, per aiutarli a fronteggiare gli effetti dei cambiamenti climatici in atto.

La COP15 di Copenhagen del 2009 terminò, a dispetto delle aspettative, con un accordo fra Stati Uniti e Cina, con il contributo di India Brasile e Sud Africa, accettato in modo sostanziale dalla Unione Europea. Tale accordo prevedeva di operare in modo da contenere entro due gradi centigradi l'aumento della temperatura media del pianeta, ed un impegno finanziario da parte dei Paesi industrializzati nei confronti delle nazioni più povere, al fine di incrementarne le risorse per sviluppare la produzione di energia da fonti rinnovabili. Tale intesa, per quanto condivisa, non è stata adattata dall'assemblea dell'Unfccc e quindi attualmente non è né vincolante né operativa.

L'anno seguente, a Cancun, si tenne la COP16, durante la quale si contrappose la volontà di ridurre significativamente le emissioni (24-40% entro il 2020) e gli interessi dei vari Stati, con il risultato che la sottoscrizione ad impegni vincolanti specifici fu rinviata.

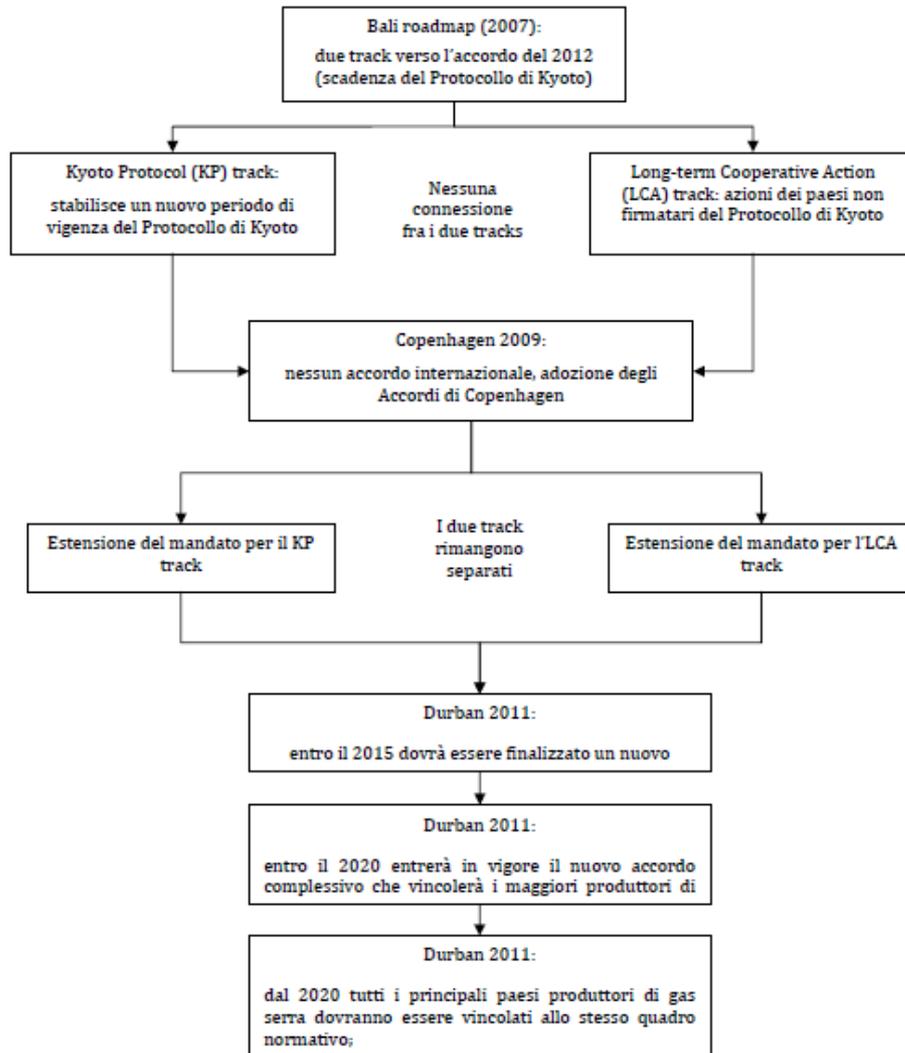
L'accordo, approvato con il solo dissenso della Bolivia, prevedeva un taglio delle emissioni del 25-40% entro il 2020 rispetto ai livelli di 1990, per evitare l'aumento della temperatura media di ulteriori 2 gradi e un pacchetto di fondi (10 mld l'anno che arriveranno a 100 entro il 2020) per il trasferimento di tecnologie pulite e il

mantenimento delle foreste tropicali. La sottoscrizione di questo accordo viene tuttora considerata un'impresa diplomatica in quanto riesce a tenere assieme l'obiettivo degli comune di fermare l'innalzamento globale della temperatura senza toccare gli interessi dei vari Stati, rimandando la definizione di impegni vincolanti al successivo summit dove i tagli delle emissioni dovranno assumere la forma di un impegno cogente.

La COP17 di Durban in Sud Africa, già nelle attese non si prospettava delle migliori dato che il paese ospitante, già da prima che iniziasse il summit, aveva dato chiaro segnale di voler mantenere molte posizioni vicine più a quelle degli Stati Uniti che a quelle dei Paesi in via di sviluppo.

Il vertice iniziò con la presa di posizione delle economie industrializzate che sostenevano temi inaccettabili screditando sin dall'inizio la possibilità di un risultato a favore dei Paesi poveri e allo stesso tempo frenando l'obiettivo di ridurre le emissioni globali sotto la soglia rischio di un grado e mezzo rispetto ai livelli del 1990. A complicare le cose ci fu inoltre la comunicazione del Canada, in apertura della conferenza, di voler uscire dal Protocollo di Kyoto, seguito da Russia e Giappone che dichiararono di non essere intenzionati a implementare la seconda fase del Protocollo prevista per il 2012. Un altro punto poco affrontato durante il summit fu quello relativo alle fonti di finanziamento per il Fondo verde globale, la cui proposta era stata inclusa integralmente tra i documenti conclusivi del vertice. Comunque, nonostante le difficoltà, si arrivò ad un accordo incentrato su i seguenti elementi: un mandato per arrivare alla firma da parte di tutti i paesi di un nuovo accordo nel 2015, da avviare ad applicazione nel 2020, un secondo periodo di impegni nell'ambito del Protocollo di Kyoto seguito da un piano di lavoro per il 2012, ed infine il disegno per strutturare il nuovo strumento finanziario internazionale, denominato *Green Climate Fund*.

Il principale risultato, per quanto riguarda il cruciale nodo degli impegni per la riduzione delle emissioni, fu l'adozione della "*Piattaforma di Durban*", che prevede di giungere a sottoscrivere un nuovo accordo globale entro il 2015 e di applicarlo a partire dal 2020. Ciò comporta la riunificazione nella stessa cornice negoziale dei due processi che a partire dalla COP di Bali del 2007 - proseguivano separatamente e miravano entro il 2012 a sviluppare accordi fra i due gruppi di paesi sottoscrittori e non sottoscrittori del Protocollo di Kyoto.



**Figura 2. schema temporale degli eventi che si sono succeduti negli ultimi 5 anni, in merito al problema dei cambiamenti climatici**

Il negoziato per il raggiungere un accordo risultò particolarmente difficile, risolto solo dalla caduta del veto di India e Cina e alla loro partecipazione ad un accordo globale. La pressione del cosiddetto *green group* che comprende, oltre all'Unione Europea, la maggior parte degli altri partecipanti ad esclusione di Stati Uniti e BRIC (Brasile, Russia, India e Cina) e la disponibilità espressa da India e Cina hanno indotto anche gli Stati Uniti a sottoscrivere l'impegno per confluire in un accordo globale basato sui pilastri del Protocollo di Kyoto.

In cambio l'UE sostenuta dall'*Alliance of Small Island States* (AOSIS) e dal gruppo dei paesi meno sviluppati (*Least Developed Countries*, LDC) ha accettato un accordo ponte verso il 2015, rimandando le decisioni importanti al nuovo negoziato e rinunciando a qualsiasi ambizione di allargamento e/o approfondimento degli impegni per il periodo 2013-2020 attraverso l'estensione del Protocollo di Kyoto (piano Kyoto2). Il ruolo

europeo è stato cruciale, ponendosi da subito come alfiere del salvataggio del Protocollo di Kyoto purché il cammino fosse condiviso dalle altre nazioni, sviluppate o in via di sviluppo.

Recentemente (giugno 2012) si è tenuta a Rio de Janeiro, vent'anni dopo il primo summit, la conferenza "Rio+20". Questo incontro è stato pensato per rinnovare l'impegno delle parti nelle opere di sviluppo sostenibile a livello globale, con l'obiettivo comune di promuovere nuovi traguardi, considerare i progressi raggiunti e valutare le lacune per poter poi affrontare le nuove sfide in linea con le raccomandazioni emerse in passato dai vertici sullo sviluppo sostenibile.

Il vertice si è concentrato principalmente su due temi: 1) la transizione verso un'economia che non si occupi solo di miglioramento ambientale, ma che cerchi anche di mitigare le minacce globali come il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la desertificazione e l'esaurimento delle risorse naturali cercando, mantenendo al tempo stesso un benessere sociale ed economico; 2) *l'Institutional framework for sustainable development* (quadro istituzionale per lo sviluppo sostenibile), come riferimento al sistema di governance globale per lo sviluppo sostenibile, includendo le istituzioni incaricate di sviluppare, monitorare e attuare le politiche di sviluppo sostenibile attraverso i suoi tre pilastri: sociale, ambientale ed economico. A seguito della decisione n° 1 del 26° Governing Council dell'UNEP (Nairobi, 21-24 Febbraio 2011) il tema del quadro istituzionale per lo sviluppo sostenibile includerà anche il processo di riforma della Governance Internazionale dell'ambiente (IEG). Da questo summit si andranno a delineare gli obiettivi che verranno trattate nella COP18 a Doha in Qatar per il prossimo dicembre.

## 1.2 La posizione dell'Unione Europea

Fin da prima della conferenza di Rio del '92 l'Europa e gli stati membri si sono distinti per aver sempre dedicato molta attenzione alle pratiche volte alla riduzione del riscaldamento globale, dandone poi conferma, come già detto in precedenza in ogni conferenza delle parti.

La politica europea sui cambiamenti climatici si basa da una parte su una serie di misure comunitarie, volte in modo indiretto o diretto alla diminuzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera, e, dall'altra, su un ruolo di leadership all'interno dei tavoli di trattativa per il rafforzamento degli obiettivi e delle norme internazionali sui cambiamenti climatici.

Il primo strumento comunitario diretto alla riduzione del riscaldamento globale è stato il Programma europeo sui cambiamenti climatici (European Climate Change Programme - ECCP) avviato nel 2000 con lo scopo di verificare le misure e politiche di riduzione ed adattamento ai cambiamenti climatici a livello europeo. La prima fase di ECCP 2001-2003 ha dato origine a misure specifiche per la promozione delle fonti rinnovabili, per la produzione energetica a ciclo combinato, il risparmio energetico ed il settore dei trasporti. La seconda fase, iniziata nel 2005, è stata incentrata sulla cattura e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub>, andando a toccare a livello politico l'utilizzo dei gas fluoro, nell'ambito del settore dei trasporti aerei e su strada oltre al miglioramento dell'efficienza energetica e l'incremento delle fonti rinnovabili.

Un altro strumento che l'unione Europea ha messo in piedi per la prevenzione e monitoraggio dei cambiamenti climatici è rappresentato dalla Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003, che istituisce il sistema europeo per lo scambio delle quote di emissioni di CO<sub>2</sub> e dalla Direttiva 2004/101/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 ottobre 2004, che istituisce un collegamento diretto tra il sistema delle quote ed i meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto (*Joint Implementation e Clean Development Mechanism*).

Nel dicembre del 2008, in sede di Consiglio Europeo, fu ratificato un accordo chiamato "pacchetto clima ed energia 20-20-20". L'accordo prevedeva, da parte dei paesi membri, di raggiungere entro il 2012 gli obiettivi di ridurre del 20% le emissioni di GHG, l'aumento del 20% dell'efficienza energetica e il raggiungimento della quota del 20% di

fonti di energia alternativa. Per rendere operativa tale misura sono state approvate in maniera congiunta tra Parlamento e Consiglio Europeo una serie di normative e direttive, che a differenza degli obiettivi e misure posti durante i summit dell'UNFCCC, sono vincolanti per tutti gli stati membri.

Sempre nell'ambito delle misure su energia e cambiamenti climatici, le istituzioni europee hanno adottato nel 2009 la seguente normativa:

- *Decisione n. 406/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, sull'impegno da parte degli Stati Membri per ridurre le emissioni di gas serra entro il 2020;*
- *Direttiva 2009/29/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, che modificava la direttiva 2003/87 rendendo più fruibili dagli Stati il sistema per lo scambio di emissioni di GHG;*
- *Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, sulla promozione dell'uso dell'energia derivante da fonti rinnovabili*
- *Direttiva 2009/30/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulle specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio;*
- *Direttiva 2009/31/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sullo stoccaggio geologico di biossido di carbonio;*
- *Direttiva 2009/33/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione di veicoli a basso consumo energetico.*

Per quel che riguardava il settore agroforestale (LULUCF) nel caso di un accordo internazionale sui cambiamenti climatici, il comparto sarebbe entrato a pieno titolo nelle politiche di mitigazione europee. Nell'eventualità che l'accordo non fosse stato raggiunto, la Commissione europea proporrebbe l'inclusione di tale settore negli obblighi di riduzione europea

L'Unione europea e gli Stati membri hanno in seguito aggiunto ulteriori obblighi a livello internazionale per la riduzione delle emissioni di GHG per la fase post-2012. A tale riguardo, la Commissione europea ha adottato il 9 marzo 2010 la comunicazione *Politica climatica internazionale post-Copenaghen: agire ora per dare nuovo vigore all'azione globale sui cambiamenti climatici anticipando quello che si sarebbe poi sancito, con non poche difficoltà Durban.*

## 1.3 La posizione Italiana

L'Italia ha ratificato il protocollo di Kyoto nel 2002 con dieci anni di ritardo, con la delibera CIPE n.123/2002 attribuendo al governo italiano, anche se alcune politiche sono applicate direttamente da regioni e province, la responsabilità di adempiere agli impegni presi dieci anni prima. All'interno del piano particolare attenzione è stata rivolta al settore agro-forestale, in quanto in grado di avere un contributo importante nel raggiungere l'obiettivo preposto di diminuire i GHG. Nel 2007 è stato poi effettuato un aggiornamento per quel riguarda i valori di emissioni del 1990, così da poter effettuare delle proiezioni verosimili per le scadenze preposte e poter poi intervenire con misure adeguate in caso di bisogno.

Nel 2008 fu redatto un inventario da presentare alla convenzione dell'UNFCCC, per quantificare il livello di emissioni totali ed, escludendo le emissioni di CO<sub>2</sub> da parte del settore agroforestale, venne rilevato un aumento dal 1990 pari al 4,7%, passando da 517 MtCO<sub>2</sub>eq a 541 MtCO<sub>2</sub> eq (ISPRA 2010a), l'11,2% in più in previsione degli obiettivi del 2012.

Dal 2008 ad oggi infatti il piano di allocazione prevedeva che, per colmare il gap in maniera economicamente efficiente, occorreva mettere in atto una serie di misure che avrebbero compreso sia la riduzione delle quote da assegnare per la seconda fase di attuazione della Direttiva ETS, sia la realizzazione di misure aggiuntive nei settori non regolati dalla direttiva.

Con il decreto ministeriale del primo aprile 2008 (GU n. 104 del 5-5-2008) fu istituito, presso la direzione generale competente del MATTM, il "Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali", quale strumento deputato alla contabilità dell'assorbimento del carbonio generato dalle attività LULUCF. Il Registro ha il compito di:

- *quantificare, in conformità con le decisioni adottate dall'UNFCCC ed in accordo con le linee guida e buone pratiche fornite dall'IPCC, l'assorbimento di carbonio generato dalla superficie nazionale, in conseguenza di attività di LULUCF;*
- *certificare l'assorbimento di carbonio ai fini della riduzione del bilancio netto nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra, quale parte integrante del "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra".*

Per il nostro Paese è stato fissato un obiettivo di riduzione nazionale del 6,5% nel periodo 2008-2012 rispetto le emissioni del 1990 (in termini assoluti ciò equivale a non superare 485 Mt di CO<sub>2</sub> come media annua nel periodo). Nel 2009 l'effetto congiunto della crisi economica e l'aumento della quota delle rinnovabili nei consumi energetici nazionali ha avvicinato il nostro paese alla possibilità di raggiungere entro il 2012 l'obiettivo. L'implementazione delle politiche per l'Italia è stata descritta in modo dettagliato dalla delibera CIPE n.137 del 1998, in parte modificata dalla legge 120 del 1° giugno 2002, al fine di aggiornare gli obiettivi di riduzione alle nuove proiezioni di emissione aggiornate al 2002. La delibera CIPE del 98 individua una molteplicità di azioni in adempimento alle politiche previste dall'art. 2 del Protocollo di Kyoto con particolare riferimento a:

- ✓ promozione dell'efficienza energetica in tutti i settori,
- ✓ sviluppo di fonti rinnovabili per la produzione di energia e delle tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni,
- ✓ protezione ed estensione delle foreste per l'assorbimento del carbonio,
- ✓ promozione dell'agricoltura sostenibile,
- ✓ limitazioni e riduzioni delle emissioni di metano da discariche di rifiuti e da altri settori energetici,
- ✓ misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni dei GHG.

## 2 L'agricoltura e l'emissione dei gas serra

### 2.1 Stime e valutazioni

L'agricoltura è considerata uno dei settori che più contribuiscono all'emissione di GHG nell'atmosfera, vista la grossa quantità di mezzi tecnici che devono essere impiegati durante tutti i cicli produttivi. Per l'appunto nel conteggio delle GHG emesse dal settore agricolo vanno considerate, oltre alle emissioni derivate direttamente da allevamenti, colture e carburanti, anche quelle che vengono generate per la produzione dei mezzi tecnici (concimi, fitofarmaci, mangimi). Ciò che invece spesso non viene tenuto in considerazione è il fatto che i processi produttivi agricoli sono anche in grado di ridurre i GHG dell'atmosfera, attraverso il meccanismo per cui il carbonio viene fissato sia nel terreno che nelle piante.

Nel 2009 la FAO aveva quantificato che l'agricoltura partecipasse per circa il 14% al pool di emissioni globali e in studi successivi più accurati si stimarono, in termini di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente, intorno al 10 e il 12 %. Il settore sembra inoltre contribuire per circa il 60% alle emissioni di protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e al 50 % di quelle di metano (CH<sub>4</sub>). Delle percentuali appena citate il 9% in termini di CO<sub>2</sub> è spiegato dalle filiere di produzione animale che insistono sul totale degli altri due gas ad effetto serra rispettivamente per il 65 ed il 37% (Sousanna et al., 2009).

Il report delle emissioni del 2011, predisposto sia dall'UNFCCC e dall'Unione Europea, aveva lo scopo di fare il punto della situazione in vista degli obiettivi preposti per il periodo 2008-2012 (-6.9% dal 1990). Al netto degli assorbimenti del settore agroforestale, si è evidenziata una riduzione del 5.4, portando le emissioni di GHG da 519 a 491 Mt CO<sub>2</sub> equivalente. Fattore poco collegato agli ultimi dati positivi emersi dai report ambientali è quello derivante dalla crisi economica che ha colpito i mercati e i settori produttivi di quasi tutto il mondo. La ricaduta dei costi sul settore primario, energetico e in processi industriale, ha, di fatto, portato ad una notevole riduzione delle emissioni totali di gas serra in Italia (ISPRA, 2011a).

Alla fine del 2009 nel nostro paese le emissioni di gas serra prodotte dal settore agricoltura hanno rappresentato il 7,0% del totale nazionale, seconda fonte emissiva dopo il settore energetico (82,8%) (ISPRA, 2011a). Il contributo delle emissioni di GHG

dall'agricoltura in Italia è al di sotto della media europea che è pari al 10,2% per l'UE-15 (EEA, 2011).

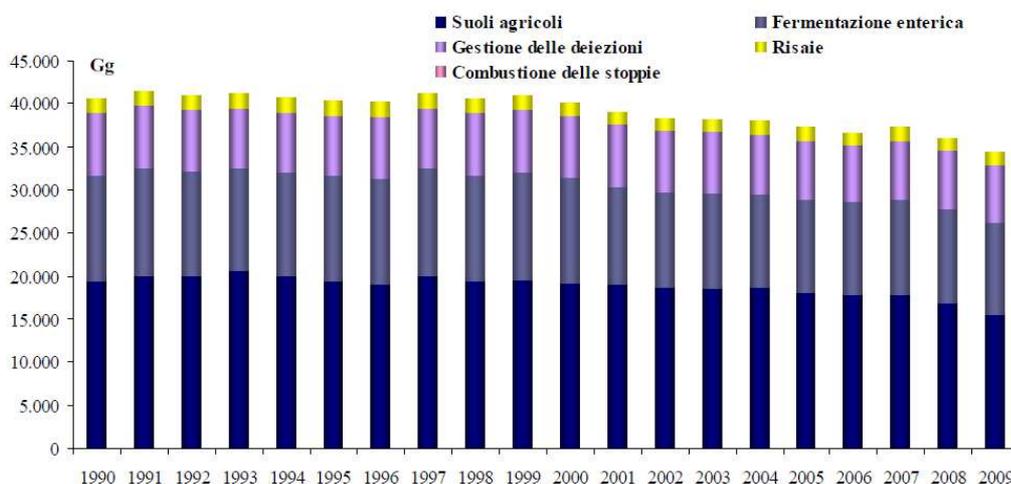
Settore	Categoria	Gas serra (GHG)	Descrizione
Agricoltura	Fermentazione enterica	CH <sub>4</sub>	
	Gestione delle deiezioni	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	
	Risaie	CH <sub>4</sub>	
	Suoli Agricoli	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Sono stimate le emissioni dai suoli agricoli e dagli allevamenti. Le emissioni possono essere dirette (es. uso di fertilizzanti di sintesi e di deiezioni animali) o indirette (es. deposizione atmosferica di azoto, lisciviazione).
	Combustione delle stoppie/dei residui agricoli	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Emissioni non-CO <sub>2</sub> legate ai processi di combustione delle stoppie e dei residui agricoli in generale
<i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i>	Afforestazione/riforestazione/deforestazione	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Sono calcolati gli assorbimenti e le emissioni relativamente ai cinque comparti ( <i>pool</i> ) previsti dal protocollo di Kyoto. Le emissioni di CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O sono dovute agli incendi boschivi.
	Gestione Forestale	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	
	Gestione delle terre agricole	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	Sono calcolati gli assorbimenti e le emissioni relativamente ai cinque comparti ( <i>pool</i> ) previsti dal protocollo di Kyoto.  Le emissioni di N <sub>2</sub> O sono dovute ai disturbi associati alla conversione delle terre da altri usi del suolo in agricolo
	Gestione dei pascoli	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	

**Tabella 2 Tipologie di GHG che interessano il settore agro-forestale (Libro bianco, MIPAF 2011)**

Sempre riferito al 2009, il contributo al totale delle emissioni di gas serra è stato il seguente: suoli agricoli (44,8%: 15,5 Mt CO<sub>2</sub>eq.), fermentazione enterica (31,3%: 10,8 Mt CO<sub>2</sub>eq.), gestione delle deiezioni (19,3%: 6,6 Mt CO<sub>2</sub>eq.), risaie (4,6%: 1,6 Mt CO<sub>2</sub>eq.) e combustione delle stoppie (0,05%: 0,02 Mt CO<sub>2</sub>eq.). Dal 1990 al 2009 si è verificata una riduzione complessiva delle emissioni pari all'15,1% passando da 40,6 Mt CO<sub>2</sub>eq. nel 1990 a 34,5 Mt CO<sub>2</sub>eq. nel 2009. Il quantitativo di GHG emessi dai suoli agricoli, dalla fermentazione enterica e la gestione delle deiezioni ha riscontrato rispettivamente una riduzione pari al 20,6%, 11,5% e 10,0% (ISPRA, 2011a). Questo aspetto è da mettere in relazione ad un trend, ormai decennale, che vede diminuire il numero di aziende, di SAU e di capi, a causa della riduzione sempre maggiore dei profitti dovuta ad un esponenziale aumento dei mezzi tecnici a fronte di una riduzione dei prezzi alla produzione. Per quanto riguarda la riduzione dell'uso dei fertilizzanti invece, parte del merito può essere anche attribuito ad una tendenziale riduzione dell'agricoltura ad "high input", a favore di realtà agricole integrate o biologiche come riportato da gli

ultimi rilevamenti SINAB del 2010 che a fronte di una diminuzione degli operatori riscontrano un aumento dell'agricoltura biologica in termini di SAU ([www.sinab.it](http://www.sinab.it)), spostando gli equilibri anche sul piano politico della PAC verso una agricoltura più sostenibile.

Va anche messo in evidenza come, negli ultimi anni, il recupero del biogas dalle deiezioni animali sia stato particolarmente significativo e abbia contribuito con la riduzione delle emissioni del comparto agricolo, come riportato negli scenari emissivi (Córdoba et al., 2011).



**Figura 3 Emissioni di gas serra dal settore agricoltura per il periodo 1990-2009 (ISPRA 2011)**

Andando ad esaminare gli assorbimenti di gas serra invece, possiamo vedere come per il settore agroforestale, nel periodo di studio che va 1990 al 2009, i sink totali, in CO<sub>2</sub> equivalente, siano aumentati nel periodo considerato del 3,2%, passando da un assorbimento di 61,8 Mt nel 1990 a 94,7 Mt CO<sub>2</sub> equivalente nel 2009 (ISPRA, 2011a). Questo grazie anche ad un sempre maggiore rimboschimento delle zone difficilmente produttive e marginali.

A livello europeo sono stati pari a 298 Mt CO<sub>2</sub> equivalente, con un incremento del 27% rispetto al 1990. L'Italia (31,8%), la Francia (22,5%), la Svezia (14,0%), la Finlandia (13,6) e la Spagna (9,6%) sono i paesi che contribuiscono maggiormente agli assorbimenti del settore LULUCF nell'UE-15.

La categoria *forest land* è quella che contributivo fornisce un contributo maggiore; gli assorbimenti di questo comparto sono pari al 65% delle emissioni ed assorbimenti dell'intero settore; in particolare il comparto *living biomass* rappresenta il 50% degli assorbimenti, mentre gli assorbimenti dai comparti *dead organic matter* e *soils* contribuiscono, rispettivamente, per l'8% ed il 42% al totale degli assorbimenti della categoria *forest land*. Nel bilancio totale delle superfici l'aumento delle *forestland* è strettamente correlato alla riduzione delle *cropland* che passa infatti dal 28% del 1990 al 12% del 2009. Le *grassland* invece, dove sono incluse anche le formazioni arboree che non raggiungono la copertura del 10%, sono aumentate dal 6% al 19% sempre negli anni di riferimento.

Considerando questo comparto, che spesso subisce l'impatto degli incendi, il maggior contributo agli assorbimenti nell'UE-15 è dato dalla Francia (23,4%), seguita dall'Italia (20,9%), dalla Finlandia (15,3%) e dalla Svezia (14,2%) (EEA,2011).

L'agricoltura, come settore produttivo, ha una discreta importanza per ciò che riguarda le emissioni di gas serra, l'elevata diversificazione delle produzioni e le molteplici tecniche agronomiche permettono di poter stabilire quali sono le attività, dirette e indirette, che contribuiscono di più all'aumento degli inquinanti in atmosfera e quali fra queste possono essere modificate per limitarne o bilanciarne l'effetto negativo.

L'agricoltura, infatti, non può svincolarsi da tutti quei fattori che giocoforza sono necessari ai fini della produzione e per comprenderne a pieno i quantitativi è necessario andare a studiare ogni singolo settore produttivo.

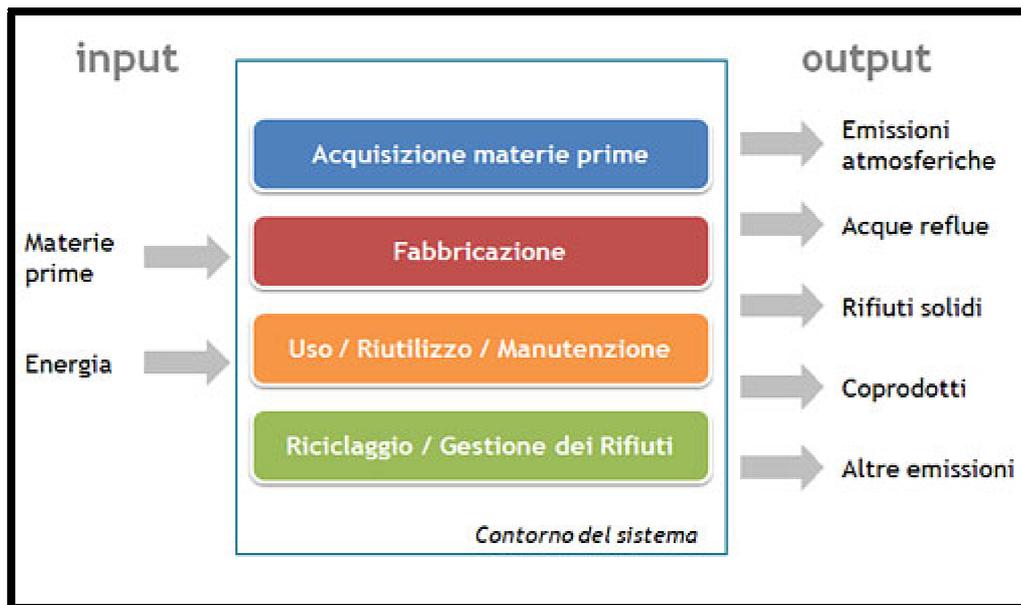
Quello zootecnico è sicuramente il settore dito considerato ad elevate emissioni, in quanto oltre alle emissioni correlate alle pratiche di coltivazione, comprende anche quelle legate alle emissioni enteriche di metano da parte dei ruminanti e del protossido di azoto accumulato nelle deiezioni. Va però specificato che è il suolo agricolo ad essere il più importante generatore di protossido di azoto (75% del totale delle emissioni), mentre l'allevamento e la gestione del fertilizzante lo sono in buona parte per le emissioni di metano (35% del totale delle emissioni). Sempre relativamente al terreno agricolo, i cambiamenti nel suo utilizzo generano circa il 18% del totale dei gas serra, prevalentemente provenienti dall'attività di deforestazione. Per quanto riguarda le attività del settore agricolo, si nota come la principale attività generatrice di gas serra sia la deforestazione. In effetti, questa pratica genera emissioni annuali pari a 8.500 milioni

di tonnellate di anidride carbonica equivalente, seguono l'attività di fertilizzazione del territorio (2.100 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente) e l'emissione di gas provenienti dalla digestione bovina (1.800 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente).

Nonostante sia meno esplicito, rispetto alle attenzioni dedicate dai media, anche il resto del mondo agricolo è quindi altrettanto, se non maggiormente, responsabile dell'aumento dei GHG, anche se questo apporto è per lo più indiretto. Per una coltura erbacea come il mais, ad esempio, vanno valutati tutti i fattori impiegati per ottenere il prodotto finale, inserendo quindi nel conto delle emissioni le lavorazioni del terreno, le sementi, le operazioni di irrigazione, la concimazione la raccolta e la gestione delle stoppie. In tutto questo va tenuto conto poi del tipo di destinazione del prodotto. A seconda della destinazione di mercato (da granella o da insilato) avremo infatti gestioni agronomiche diverse, con un conseguente diverso impiego di mezzi tecnici e processi di trasformazione, che si tradurranno di conseguenza in un diverso impatto sull'ambiente in termini di GHG.

Uno dei metodi più utilizzati e che permette di avere una stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> è il Life Cycle Assessment (LCA). Questo sistema è una metodologia standardizzata, e riconosciuta a livello internazionale, che valuta i danni ambientali e le risorse consumate durante il ciclo di vita di un prodotto (European Environmental Agency). Le norme tecniche per sviluppare il *Life Cycle Assessment* sono state codificate dalla *International Organization for Standardization* (ISO) e dalla Commissione Europea, con il supporto del *Joint Research Centre* (JRC), che hanno reso disponibili strumenti e dati per implementarle.

Si definisce come LCA un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici ed ambientali relativi ad un processo o attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. tale valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso e lo smaltimento finale del prodotto (SETAC, 1990). A livello normativo LCA viene definita come la redazione e la valutazione degli ingressi e delle uscite e degli impatti potenziali sull'ambiente di un sistema produttivo (normativa ISO 14040).



**Figura 4** rappresentazione schematica del processo di Life Cycle Assessment

Attraverso questo approccio è possibile ricondurre ad ogni tipo di filiera una quantità di consumi tale da riuscire a quantificare i fattori produttivi impiegati ed in un secondo momento, nel caso fosse necessario convertirli in dati da potere valutare e confrontare. Tale metodo richiede una elevata accuratezza nella quantificazione e valutazione di tutti gli ingressi e le uscite di materiali ed energia e degli impatti ambientali associati ad essi e attribuibili all'intero ciclo di vita di un prodotto. Per sviluppare correttamente il metodo LCA la normativa prevede un approccio di analisi suddiviso in quattro parti:

- *Goal Definition and Scoping*, ossia la definizione di obiettivi e modalità di approccio, specificando l'unità funzionale dello studio;
- *Inventory analysis*, è la fase in cui si devono quantificare tutti i flussi di materia ed energia che attraversano il sistema riferiti all'unità funzionale, i dati vengono organizzati all'interno di un modello che evidenzia gli scambi tra i singoli processi della catena produttiva, il sistema e l'ambiente;
- *Impact assessment*, è la fase in cui si valutano gli impatti e consiste nello scegliere opportune categorie di impatto che si desidera analizzare. Tutti i dati riguardo all'uso delle materie prime e dell'energia ed alle emissioni inquinanti raccolti nella fase di inventario vengono attribuiti alle categorie d'impatto e poi valutati uno alla volta sia qualitativamente, sia quantitativamente. Per le diverse

categorie di impatto infatti vengono stimati gli effetti pesati diverse sostanze, sulla base di fattori di conversione riconosciuti scientificamente;

- *Interpretation*, si tratta della fase conclusiva dello studio del LCA e consiste in una tecnica sistematica volta ad identificare, quantificare, controllare e valutare le informazioni provenienti dalle fasi precedenti;

A questo va poi affiancato un supporto tecnico/manageriale in grado di elaborare i dati e tramutarli in scelte per migliorare le strategie produttive e di marketing. .

Dopo aver definito tutte le fasi del ciclo di produzione si possono stabilire punto per punto le emissioni di GHG per poterle poi convertire o in CO<sub>2</sub> equivalente o per calcolarne il Carbon Footprint, attraverso indicatori specifici come il Global Warming Potential (GWP) che rappresenta l'effetto relativo del singolo gas serra sul cambiamento climatico in un arco temporale di 100 anni (IPCC, 2007).

## 2.2 Strategie di mitigazione per le produzioni vegetale

Il contributo dell'agricoltura può arrivare da parte dei produttori che, se supportati dal buonsenso e dalle giuste politiche agricole, possono contribuire a ridurre le emissioni di GHG riducendo le operazioni colturali e di conseguenza il consumo e la combustione del gasolio delle macchine. Inoltre può essere modificata in senso positivo quella parte diretta di emissioni legata alla mineralizzazione, modificando le pratiche agronomiche e favorendo allo stesso tempo l'organizzazione del carbonio nella biomassa delle colture e delle radici (Soil Organic Content, SOC), diminuendo così quello disperso nell'atmosfera. In generale le strategie di intervento per affrontare e risolvere i problemi connessi al cambiamento climatico possono venire raggruppate in due filoni principali:

- strategie di mitigazione capaci di agire sulle cause del fenomeno, mediante la ricerca di una riduzione o di una stabilizzazione delle emissioni di gas serra come ad esempio l'adozione di fertilizzanti biologici, il miglioramento delle tecniche di allevamento e il ripristino di quelle colture vegetali che ottimizzano la gestione del suolo incrementando l'assorbimento e l'immagazzinamento di CO<sub>2</sub>;
- strategie di adattamento degli effetti che vanno ad agire attraverso piani, programmi e azioni in grado di minimizzare gli impatti delle pratiche agricole nei confronti del cambiamento climatico. Ne sono un esempio la ridefinizione e l'adeguamento del calendario di semina e delle varietà seminate con la

reintroduzione delle varietà autoctone, il trasferimento delle coltivazioni in altre aree e l'impiego di tecniche di gestione del territorio alternative.

L'implemento delle varie strategie di intervento si accompagna tuttavia ad un maggiore dispendio economico, soprattutto in termini di coordinamento delle azioni da mettere in atto. In effetti, oltre a capacità e competenze tecniche e finanziarie, la pianificazione e la messa in atto di tali azioni richiede soprattutto una volontà politica a livello sia locale sia internazionale.

Gli obiettivi principali che venire devono essere conseguiti per garantire la sostenibilità ambientale della produzione agroalimentare sono quello di assorbire e immagazzinare attivamente il carbonio nella vegetazione e nel suolo e quello di riuscire a ridurre le emissioni di anidride carbonica, così come quelle di metano dalla produzione di riso, del bestiame e dalla combustione, e di protossido di azoto dall'uso dei fertilizzanti inorganici.

Inoltre è importante come sfida per il futuro lo sfruttamento più marcato della *bio-energy*, favorendo quelle forme di produzione non alternative all'uso agricolo dei terreni, per non innescare meccanismi di disincentivo alla produzione a fine alimentare (IPCC 2007).

Con riferimento al primo dei punti accennati, occorre sottolineare come il complesso livello di interazioni che coinvolge passaggio gli scambi tra atmosfera e suolo, condizioni i processi in seguito al tipo di lavorazioni, o pratiche agricole, che vi si svolgono. Il carbonio di superficie, elemento cruciale nel processo del cambiamento climatico, alimenta, infatti, il ciclo di vita del Pianeta. E' evidente quindi come il suolo e le attività a esso collegate giochino una parte fondamentale nel processo di raffreddamento della Terra.

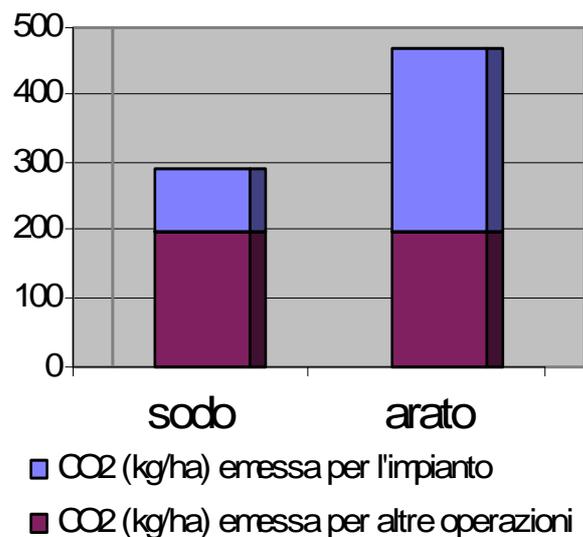
Le pratiche che, al momento, sembrano garantire il raggiungimento di tali obiettivi sono suddivisibili in tre:

- ✓ Gestione del terreno agricolo;
- ✓ Recupero delle aree degradate e protezione delle foreste espianate
- ✓ Gestione del terreno da pascolo e ottimizzazione degli allevamenti;

La gestione del terreno agricolo è sicuramente la misura delle tre che potrebbe offrire più soluzioni tecniche in grado di andare a modificare gli impatti ambientali. Infatti, anche se come fonte di fatto le foreste rappresentano il polmone del pianeta e la loro

attività è quella che più mitiga l'effetto serra, il suolo agricolo ricopre una superficie tale da renderlo il terzo serbatoio di carbonio più ampio del Pianeta. La sostanza organica presente nel terreno (proveniente da flora e fauna vivente e da materia animale, vegetale e microbica morta) ha la capacità di trattenere l'aria e l'acqua della superficie, di fornire nutrienti per piante e fauna e di immagazzinare il carbonio nel suolo. Un terreno arricchito di carbonio, mediante un'efficace gestione della materia organica, garantisce suoli produttivi più ricchi, senza necessità di ricorrere in misura massiccia all'uso di sostanze chimiche.

La ricerca verso i sistemi di gestione agronomica a bassi input, sia fisici sia meccanici, è attualmente in forte crescita. Le tecniche di lavorazione minima o non lavorazione sono, infatti, sempre più incentivate, in quanto la lavorazione del suolo espone all'ossigeno i microbi anaerobici e soffoca quelli aerobici che vengono sotterrati, con conseguente emissione di anidride carbonica, inoltre riducendo le operazioni colturali pesanti



**Tabella 3 differenza emissione CO2 fra terreno sodo e arato**

(aratura, erpicatura) si ha un risparmio di carburanti. Oltre al fattore consumi a determinare questo interesse è l'evidente impatto negativo sul contenuto di sostanza organica del terreno, evidenziato da prove poliennali di ricerca, provocato dall'aratura o da altre lavorazioni profonde (Mazzoncini, 2009). Riducendo l'impiego di tecniche che inducono un eccessivo arieggiamento al suolo e adottando le cosiddette tecniche conservative, è possibile ridurre il tasso di mineralizzazione della sostanza organica e quindi le perdite del carbonio presente in essa, soprattutto quando si ricorre ad un buon

apporto di C organico derivante da residui colturale e da concimi organici (Mazzoncini et al., 2009).

Fra le tecniche conservative il no-tillage (NT) o zero-tillage (ZT) è stata quella che ha dato maggiori risultati in termini di CO<sub>2</sub> sequestrata, incrementando il contenuto quello del carbonio organico nel suolo (Archad, 1999). In Italia prove in tale senso sono state condotte in pianura padana e in Toscana dando risultati quantificabili fra le 0,28 e le 0,75 t C ha<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> di C sequestrato nel terreno.

Proiezioni di questi studi applicate in Germania su scala territoriale hanno dato risultati ottimi: se l'applicazione della NT ai seminativi fosse impiegata sul 40% delle terre coltivate, in 20 anni si otterrebbe una riduzione del 5-14% dei gas serra complessivamente imputabili all'agricoltura (Neufeldt, 2005).

	Arato	Sodo	diff.
CO <sub>2</sub> da min. S.O.	550	-3 670	-4 220
CO <sub>2</sub> da gestione	468	291	-177
<b>Kg/Ha/anno</b>	<b>1018</b>	<b>-3 379</b>	<b>-4 397</b>

**Tabella 4 CO<sub>2</sub> in rapporto al tipo di lavorazione**

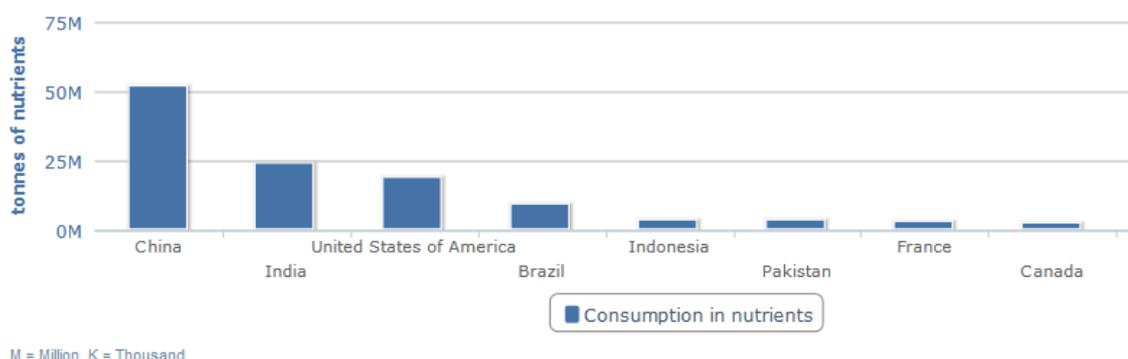
La non lavorazione quindi, oltre ad implementare la quantità di SOC nel suolo, riducendo le emissioni, ha il beneficio di ridurre sia la manodopera sia l'uso di combustibili per macchine agricole (con il beneficio di minori costi di produzione), nonché di migliorare la biodiversità e favorire la ciclizzazione dei nutrienti. Nel lungo periodo, la lavorazione minima e le non-lavorazioni determinano minori alterazioni delle caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche del terreno che, soprattutto negli ecosistemi più fragili, rappresentano un utile ausilio per la conservazione della fertilità del suolo, della sua produttività e della redditività. In condizioni pedo-climatiche adatte questo può tradursi anche in un aumento di produttività, che, nel caso di grano e soia, può arrivare ad un terzo in più (Mazzoncini, 2010)

Riguardo le lavorazioni conservative, in particolar modo il no tillage, va detto tuttavia che alcuni studi hanno dimostrato che il minor arieggiamento del suolo determina un aumento dell'emissione di protossido di azoto, tanto da controbilanciare, per circa il 50%, il potenziale di mitigazione ottenuto attraverso l'utilizzo della non lavorazione (Smith et al., 2001).

Sempre per quanto riguarda la gestione del terreno agricolo una strategia auspicabile sarebbe quella di migliorare le tecniche di concimazione. Nel mondo, infatti, si stima che l'utilizzo dei fertilizzanti azotati comporti un'emissione di gas serra per due miliardi di tonnellate (FAOSTAT, Statistical Database). Il protossido d'azoto ha una capacità di riscaldamento superiore di ben 300 volte all'anidride carbonica, quindi è evidente come il danno potenziale che un fertilizzante chimico può generare non sia da sottovalutare. Al contrario, adottare su larga scala fertilizzanti biologici (concime organico, sovescio, letame e colture di copertura e intercalari) e altre pratiche per mantenere la fertilità agronomica del terreno, permetterebbe di diminuire l'impatto negativo dei concimi chimici. Questa pratica potrebbe portare degli incrementi nei costi e nella manodopera per le coltivazioni intensive, ma altre tipologie di colture, al contrario, potrebbero beneficiare di incrementi di resa. Va comunque detto che pensare ad una riduzione dell'uso intensivo dei concimi, come dei fertilizzanti, è auspicabile, ma difficilmente realizzabile soprattutto per il forte legame che esiste fra le tecniche di agricoltura intensiva e le politiche agricole di paesi come Cina e India e Stati Uniti, che da sole utilizzano circa il 50% dei fertilizzanti utilizzati nel mondo (FAOSTAT, Statistical Database).

Altre strategie che si potrebbero adottare per ridurre, anche in maniera indiretta, le emissioni di GHG, sono quelle legate alle scelte degli indirizzi produttivi e delle cultivar da sfruttare a tal fine.

L'agricoltura biologica ad esempio ha come cardine fondamentale il non utilizzo di molecole derivanti dalla sintesi chimica, basando la produttività sull'impiego di mezzi biologici e naturali a basso costo rispettando il concatenamento organico tra i "componenti" del sistema, supportate però da un'adeguata ricerca scientifica. Le aziende quindi, grazie alle nuove tecniche sviluppate in ambito agronomico, saranno in



**Figura 5** impiego di fertilizzanti per nazioni – fonte FAOSTAT

grado di riprogrammare le strategie produttive, incrementando l'efficienza dell'agro ecosistema attraverso soluzioni sostenibili volte ad incrementare la fertilità dei suoli, con particolare attenzione sia al bilancio del carbonio, sia a quello idrico.

Altri tipi di agricoltura come quella biodinamica, esasperano ancora di più il concetto di azienda come organo unico e centrale della produttività, introducendo il concetto di visione olistica del processo produttivo. Le attività dell'azienda agricola non si limitano al solo processo produttivo, ma si estendono all'esterno dei cancelli alla ricerca delle interazioni esistenti con l'ambiente.

Nell'ambito dell'agricoltura convenzionale, il concetto di agricoltura integrata sottintende un metodo di produzione che prevede l'adozione di tecniche compatibili con la conservazione dell'ambiente e la sicurezza alimentare, attraverso la minimizzazione dell'uso di prodotti chimici di sintesi e il controllo dell'intero processo produttivo.

L'adozione di tecniche di questo tipo è un primo passo verso l'utilizzo responsabile delle risorse produttive, e anche a livello politico europeo ha suscitato un certo interesse, in quanto l'applicazione a larga scala di questo tipo di tecniche, in alternativa al convenzionale, potrebbe essere una soluzione in vista degli impegni sottoscritti con la UNFCCC.

I principi rilevanti per le produzioni vegetali sono i seguenti:

- Riduzione dell'uso di prodotti chimici di sintesi (fitofarmaci, concimi e diserbanti)
- Mantenimento della fertilità del suolo
- Avvicendamento colturale
- Sovescio delle colture
- Prevenzione dei fenomeni erosivi
- Uso razionale delle risorse idriche
- Mantenimento e promozione della biodiversità
- Divieto di impiego di materiale proveniente da Organismi Geneticamente Modificati

Per quanto riguarda le produzioni zootecniche i parametri da seguire sono:

- Allevamento di razze autoctone
- Divieto di allevamento di animali OGM e di animali clonati
- Divieto di allevamenti senza terra
- Divieto d'uso di alimenti medicati, contenenti prodotti auxinici di sintesi o OGM
- Particolare cura del benessere degli animali (Ambienti di stabulazione, consistenza numero capi)
- Disposizioni particolari per la profilassi e la cura delle malattie
- Corretta gestione delle deiezioni per ridurre l'inquinamento

Nell'ambito delle attività agricole, una coltura che produce significative quantità di emissioni di GHG è il riso. Tale coltura, infatti, emette grandi quantitativi di metano, soprattutto nella stagione di crescita della pianta. Queste emissioni possono essere

ridotte ricorrendo a specifiche pratiche gestionali, quali la riduzione del livello di acqua presente sul terreno agricolo durante la fase di crescita della pianta, la bonifica dei terreni durante i periodi di pre-semina e il corretto impiego di residui organici. Il riferimento a questa coltura nel nostro paese è indubbiamente secondario, ma se si pensa ai paesi asiatici, dove questa coltura ha ben altra rilevanza, le proporzioni d'impatto sono ben diverse.

Come già accennato la deforestazione è la prima pratica che genera emissioni con un contributo pari a 8.500 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalente, proprio per questo il recupero delle aree degradate attraverso il rimboschimento e la tutela delle foreste è una delle priorità ambientali che da sempre sono in primo piano.

I massicci disboscamenti, infatti, così come la destinazione di aree sempre più vaste alle colture annuali e ai pascoli, hanno privato il mondo di vaste zone di vegetazione. Le iniziative di ripristino di quest'ultima, rappresentano un'azione benefica, che può essere spesso realizzata fra l'altro con sforzi economici minimi.

La scarsa presenza di vegetazione sui terreni che vengono destinati a seminativo o pascolo riduce la possibilità di immagazzinare il carbonio e soprattutto di trattenere l'acqua piovana nel terreno. In una situazione mondiale di emergenza idrica e di cambiamento climatico, il ripristino di una status di salvaguardia sotto questi due aspetti diventa di importanza primaria.

Allo stato attuale i fra i possibili obiettivi in ambito di salvaguardia boschiva si può certamente inserire la riduzione della deforestazione su scala mondiale. Un enorme bacino di carbonio è inoltre rappresentato da foreste e praterie. *World Resources Institute, Earth Trends* stima che la dimensione delle foreste ammonti a 4 miliardi di ettari, mentre quella delle praterie a 5 miliardi di ettari. Le foreste e i prati, come noto, hanno una grande capacità di assorbimento del carbonio e di mitigazione del clima. L'attività di deforestazione comporta dunque un aumento dei gas serra nell'atmosfera e una riduzione della capacità di assorbimento dell'anidride carbonica. Se si considera che solamente tra il 2000 e il 2005 sono andati persi ben 7,3 milioni di ettari annui di area boschiva, da destinare prevalentemente all'agricoltura e alle infrastrutture, e che ogni ettaro comporta una immissione in atmosfera da 217 a 640 tonnellate di carbonio, si ha piena consapevolezza della drammaticità del fenomeno (Earth Trends Information Portal).

La prevenzione degli incendi incontrollata delle foreste è altrettanto fondamentale per la salvaguardia del clima. Si pensi che, oltre alla perdita dell'effetto di sequestro di CO<sub>2</sub> da parte degli alberi, la combustione di biomassa è un importante generatore di carbonio dannoso. Appiccare un incendio, anche se allo scopo di successive colonizzazioni agricole, comporta comunque un danno grave alla flora e la fauna dell'ecosistema. E' necessario quindi salvaguardare foreste e praterie con strumenti capaci di prevenire gli incendi dolosi purtroppo sempre più frequenti soprattutto nei mesi estivi.

### 3 L'impatto della zootecnia sui cambiamenti climatici

Negli ultimi venti anni, con il processo di industrializzazione e di diffusione della ricchezza, il consumo di carne nel mondo è cresciuto in maniera significativa. Questo *trend* ha comportato l'aumento dei grandi allevamenti intensivi di animali e il disboscamento di grandi spazi da destinare al pascolo. E' ormai universalmente riconosciuto come il bestiame produca una grande quantità di gas serra, tra cui metano (dalla fermentazione del cibo nel rumine dell'animale e dallo stoccaggio dello stallatico), protossido di azoto (dalla denitrificazione del suolo e della superficie delle concimaie) e carbonio (da raccolti, animali, respirazione microbica, combustione di carburanti e disboscamento).

Quello su cui ancora si dibatte è il corretto modo di stimare l'apporto del settore zootecnico, e il corretto sistema di rapporto con gli altri settori. Con il manuale redatto dall'IPCC nel 2006 (*Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories*, cap 10) le emissioni dell'allevamento vengono determinate scindendole in due comparti, le fermentazioni enteriche (*enteric fermentation*) e la gestione del letame (*manure management*). Con questo metodo è possibile analizzare, in maniera precisa, i comparti responsabili delle emissioni da ogni punto di vista. Si possono così quantificare la quantità di CH<sub>4</sub> prodotta dalle fermentazioni enteriche, la quantità di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici e la N<sub>2</sub>O derivante dalla gestione dei suoli agricoli. Il peso di ciascun elemento è calcolato come somma di CO<sub>2</sub> equivalente considerando il *global warming potential* (GWP) di ogni composto riferito alla CO<sub>2</sub>, per cui 1 kg di CH<sub>4</sub> e di N<sub>2</sub>O equivalgono rispettivamente a 25 e 298 kg di, 2007). verranno. Ciò che non viene considerato è l'apporto di CO<sub>2</sub> proveniente dalla respirazione degli animali, in quanto si assume ininfluenza (IPCC 2006).

Per un'analisi più approfondita di quanto nel suo insieme un allevamento sia impattante sull'ecosistema bisogna ricorrere al già citato *Life Cycle Assessment* (LCA) grazie al quale si possono stimare correttamente i bilanci di input e output necessari per completare un ciclo produttivo.

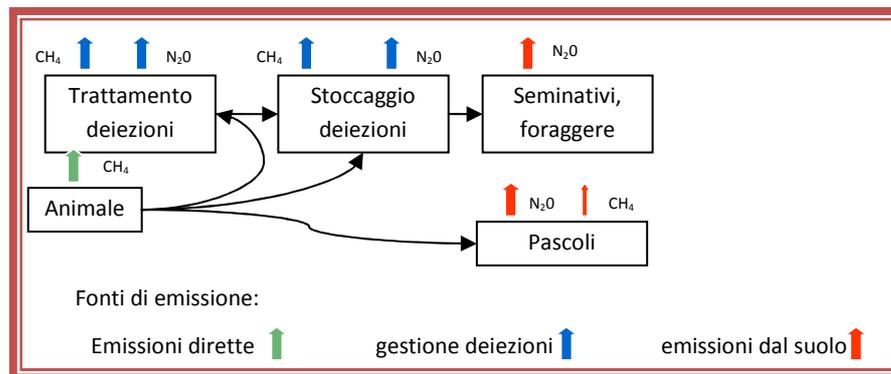
Il problema si può porre quando si paragonano due comparti diversi non sfruttando la medesima metodologia estimativa, ad esempio stimare un dato come le emissioni di GHG delle macchine solamente dal punto di vista della quantità di inquinanti in uscita dal tubo di scappamento e paragonarlo con le emissioni di tutta la filiera produttiva dell'allevamento bovino (tramite metodo LCA) può dare un risultato male interpretabile.

Sempre del 2006 è il documento FAO che ha suscitato il maggiore clamore a livello mediatico nei confronti del settore zootecnico ossia *"Livestock's long shadow – livestock role in climate change and air pollution"*. Secondo gli studi condotti, gli esperti della FAO stimavano che le produzioni animali contribuissero per il 18% alla produzione globale di gas ad effetto serra (GHG) e, considerando i maggiori fattori di accumulo ossia CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, il settore delle produzioni animali avrebbe contribuito rispettivamente per il 9, 35-40 e 65% al pool di inquinanti (FAO, 2006). Uno degli aspetti che più evidenti e che ha destato molto scalpore è che il contributo del settore delle produzioni animali sarebbe più elevato di quello relativo al settore dei trasporti, cioè la quantità di GHG emessa a seguito della combustione del carburante di automobili, treni e aerei.

Su questo punto c'è ancora del dibattito in relazione a come sono stati stimati i dati. In un documento presentato all'American Chemical Society, il Professore Frank Mitloehner della University of California affermava che gli scienziati delle Nazioni Unite nell'elaborare le conclusioni hanno sommato tutta l'energia utilizzata in ogni stadio della produzione di carne, dai fertilizzanti per far crescere il foraggio fino al processo di impacchettatura della carne, ma non hanno fatto la stessa cosa per il settore dei trasporti, includendo nei loro calcoli solamente le emissioni dei tubi di scarico. Questo solleva dei dubbi ovviamente solo sulla comunicazione dei dati e sul risvolto che essi hanno avuto sulla stampa mondiale, ma nulla toglie al lavoro di analisi effettuato dai ricercatori FAO nel 2006 per ciò che concerne i risultati ottenuti.

Tale rapporto pone in evidenza come e quanto le pratiche che si effettuano all'interno degli allevamenti influiscano sull'impatto ambientale, non soltanto per quel che riguarda i fattori metabolici, ma anche per quanto concerne le pratiche applicate durante l'intero ciclo. Se andiamo a guardare i primi, infatti, vediamo come gli animali contribuiscono alle emissioni con la CO<sub>2</sub> emessa con la respirazione, con il CH<sub>4</sub> dovuto alle

fermentazioni enteriche e con le emissioni di  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  prodotte dalle reazioni chimiche e i processi biologici che avvengono nei reflui (Schlesinger, 2000).



**Figura 6** Schema delle fonti di GHG nell'ambito dei sistemi di produzioni animali (modificato da Kebreab et al., 2006)

All'interno del ciclo del carbonio, la quota che deriv dalla respirazione degli animali rappresenta una parte molto piccola del rilascio netto di carbonio e, infatti, non viene considerato.

Viceversa assai maggiore è il contributo che proviene da altri canali tra cui:

- i combustibili fossili utilizzati per la produzione dei fertilizzanti impiegati nella produzione di alimenti zootecnici
- rilascio di metano dall'abbattimento dei concimi e delle deiezioni animali;
- i cambiamenti di uso del suolo per la produzione dei mangimi e per il pascolo;
- il degrado del terreno;
- uso di combustibili fossili durante il ciclo di ingrasso e accrescimento degli animali
- l'uso di combustibili fossili nella produzione trasformazione e trasporto dei prodotti di origine animale freschi trasformati e refrigerati;

L'analisi di tutti questi comparti è in grado di poter fornire un quadro completo di tutto il ciclo produttivo.

### **Il carbonio derivante dalla produzione di mangimi e dalla gestione dell'allevamento**

La maggior parte delle colture destinate alla produzione di alimenti zootecnici basa il proprio sviluppo sul quantitativo di azoto a disposizione durante le fasi fenologiche, e il quantitativo di questo è spesso collegato all'utilizzo di concimi azotati. Si stima infatti che ad oggi siano utilizzati per l'agricoltura e la gestione del verde urbano e sportivo, circa 100 milioni di fertilizzanti azotati all'anno. La maggior parte di questo, circa il 97%

deriva dalla sintesi dell'ammoniaca, questo sia per ragioni ambientali che per ragioni industriali.

Per quanto riguarda l'impiego dell'azoto per la produzione degli alimenti destinati alla zootecnia, è del 50% o superiore rispetto a quello totale utilizzato, ad eccezione della Cina che ne destina solo il 16% sostituendolo di fatto con il carbone. Stimando poi quanta CO<sub>2</sub> viene emessa per produrre un'unità di fertilizzante, e rapportandola a quanto di esso viene

Chemical fertilizer N used for feed and pastures in selected countries

Country	Share of total N consumption	Absolute amount
	<i>(percentage)</i>	<i>(1 000 tonnes/year)</i>
USA	51	4 697
China	16	2 998
France*	52	1 317
Germany*	62	1 247
Canada	55	897
UK*	70	887
Brazil	40	678
Spain	42	491
Mexico	20	263
Turkey	17	262
Argentina	29	126

\* Countries with a considerable amount of N fertilized grassland.

consumato per ogni stato, si può avere un dato rapportabile ai consumi energetici specifici per quel comparto produttivo da poter inserire nella catena produttiva.

Considerando i dati relativi agli stati con il maggior quantitativo di azoto utilizzato per l'agricoltura, e rapportandoli alle percentuali relative alle quantità destinate al settore mangimistico, si ha un quantitativo di circa 14 milioni di tonnellate di azoto destinato alla produzione di alimenti per la zootecnia. Per produrre una tonnellata di azoto ammoniacale si impiegano dai 33 ai 44 Giga joule di energia, che convertiti in CO<sub>2</sub>, rappresentano circa 41 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno.

Sempre rimanendo nel ciclo del carbonio, vanno messi in evidenza i consumi di energia che sono necessari, di norma molto variabili, a seconda del sistema di allevamento. Molto rilevante è anche il consumo di energia derivante dall'uso di pesticidi e di erbicidi, di carburanti per i mezzi agricoli e per il riscaldamento delle serre e per l'elettricità per le pompe di irrigazione.

Tutte queste operazioni hanno un impatto sulle emissioni che, se sommato, può arrivare a circa 90 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. A queste si vanno ad aggiungere, sempre in relazione alla anidride carbonica, le emissioni dovute al cambio di destinazione dei terreni, che da foreste possono diventare o pascoli o superfici foraggere, le cui emissioni equivalenti (in questo caso mancato assorbimento) possono arrivare fino a 2.4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> per ogni anno.

## **Il carbonio derivante direttamente dall'allevamento**

A livello globale, l'allevamento del bestiame è la fonte più importante delle emissioni di metano di origine antropica. Il metano liberato dalla fermentazione enterica può stimarsi attorno alle 86 milioni di tonnellate all'anno

Tra gli animali domestici, i ruminanti producono quantità significative di metano come parte dei loro normali processi digestivi. Gli allevamenti bovini sono quelli che emettono più CH<sub>4</sub>, sia per l'elevata quantità di animali presenti in molti paesi sia per la quantità di metano che producono dal loro metabolismo. La quota emessa di metano derivante dal letame tende ad essere inferiore rispetto alla quantità prodotta dalle fermentazioni enteriche, con concentrazioni maggiori per quel che riguarda gli allevamenti intensivi con sistemi di gestione liquida delle deiezioni. La quantità di azoto disperso, infatti, è strettamente correlata alle tecniche di allevamento e di gestione delle singole aziende, in quanto questo elemento è facilmente associabile a molti fattori produttivi utilizzati in agricoltura e quindi le scelte dell'imprenditore possono facilmente aumentare o diminuire questi quantitativi.

Nel 2002, negli Stati Uniti, il metano derivante dalle fermentazioni è stato stimato pari a circa 5,5 milioni di tonnellate, imputabili per la maggior parte dei casi agli allevamenti intensivi di bovini da carne e da latte. Tale entità rappresentava il 71% di tutte le emissioni agricole e il 19% delle emissioni totali del paese (FAO, 2006).

Queste percentuali pongono in evidenza il fatto che i livelli di emissioni di metano sono determinati dal sistema produttivo che si sceglie di applicare, in correlazione alla razza, al tipo di razione e al sistema di allevamento.

Nel manuale IPCC sia per le fermentazioni enteriche che la gestione del letame vengono forniti tre metodologie analitiche per stimare le emissioni, queste si differenziano a seconda del livello di approfondimento:

- il Tier1 è l'approccio più semplificato dove, una volta effettuata una stima della consistenza delle popolazioni di animali e della durata del loro ciclo di vita, è sufficiente moltiplicare il dato ottenuto per il coefficiente dato dall'IPCC. Questo metodo è applicabile in modo estremamente semplice a tutti i tipi di animali allevati.
- Il Tier2 richiede un approccio più dettagliato, in quanto nel calcolo è necessario inserire una serie di dettagli riguardanti il consumo di energia e fattori di

conversione specifici per ogni paese. Con questo metodo si prendono in considerazione una serie di parametri empirici per arrivare a stimare l'energia lorda di un animale, attraverso la quale si può risalire al metano enterico prodotto.

- Il Tier3 è il livello utilizzato nel caso si abbia a che fare con comparti di produzione particolarmente importanti per un paese, tanto da giustificare un livello maggiore di specificità di analisi. Questo approccio impiega modelli sofisticati che tengono conto in dettaglio della composizione della dieta, la concentrazione dei prodotti derivanti dalla fermentazione dei ruminanti, le variazioni stagionali della popolazione animale e la qualità e disponibilità tutto degli alimenti. Molte di queste stime deriverebbe da misurazioni dirette sperimentali.

L'ultima metodologia viene utilizzata esclusivamente per i bovini, grazie anche ai livelli di standardizzazione che ormai caratterizzano l'allevamento delle vacche da latte, e alla grande quantità di dati raccolta nel corso degli anni di ricerca.

Per quanto riguarda le emissioni di gas serra provenienti da piccoli, tenuto conto della minor quantità di dati sperimentali disponibili e della maggiore variabilità esistente nelle tecniche di allevamento, nei sistemi di produzione e di alimentazione, nei tipi geentici allevati, è di norma consigliato un approccio più semplice per la stima delle emissioni di gas serra. Pertanto l'uso del Tier 1 per stimare i fattori di emissione con basso livello di caratterizzazione, è spesso più che sufficiente per fornire una stima iniziale delle emissioni di GHG, soprattutto in quei paesi dove l'allevamento dei piccoli ruminanti non è prioritario.

Tale approccio, tuttavia, è limitante soprattutto per i paesi in via di sviluppo, che potrebbero provare ad applicare un metodo di più approfondito. Il Tier2, infatti, può essere applicato anche nel caso degli allevamenti ovini, anche se il range di errore dei parametri utilizzati potrebbe rendere il dato molto in linea con il tier1.

Livestock numbers, their biomass and the estimated annual global emissions of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from respiration and of enteric and manure methane (CH<sub>4</sub>) per animal species and livestock production system (FAO, 2006a).

	World total million heads	Biomass		CO <sub>2</sub> emission		Enteric CH <sub>4</sub>		Manure CH <sub>4</sub>		Total CH <sub>4</sub>	
		Million tones BW <sup>a</sup>	%	Million tones	kg CO <sub>2</sub> /kg BW	Million tones	%	Million tones	%	Million tones	%
<i>Animal species</i>											
Cattle and buffaloes	1522	501	71.78	1906	3.8	75.08	87.68	7.83	44.70	82.91	80.38
Sheep and goats	1851.4	47.3	6.78	514	10.87	9.44	11.02	0.34	1.94	9.78	9.48
Camels	19	5.3	0.76	18	3.4	—	—	—	—	—	—
Horses	55	18.6	2.66	71	3.8	—	—	0.97	5.53	0.97	0.94
Pigs	917.64	92.8	13.30	590	6.36	1.11	1.30	8.38	47.83	9.49	9.20
Poultry	15146.61	33.0	4.72	61	1.85	—	—	—	—	—	—
Total	19511.65	698	100.00	3161	X = 4.52	85.63	100	17.52	100	103.15	100
<i>Livestock Production Systems</i>											
Grazing						29.58	34.55	0.77	4.40	30.35	29.42
Mixed						55.02	64.25	12.27	70.00	67.29	65.24
Industrial						1.03	1.20	4.48	25.60	5.51	5.34

<sup>a</sup> BW = body weight.

**Tabella 5 consistenze delle principali specie di animali allevate nel mondo ed emissioni di GHG – fonte FAO 2006**

La produzione enterica di metano è influenzata da molti fattori, incluso il livello di ingestione, la produzione di latte, il tipo, la qualità e la digeribilità degli alimenti, il rapporto foraggio-concentrato della razione. Sono coinvolti poi fattori esogeni come l'umidità e la temperatura dell'ambiente, il peso, e l'età degli animali.

Le caratteristiche quali-quantitative della microflora ruminale sono estremamente variabili e dipendono da come si caratterizza la dieta, ovvero a seconda dei substrati. Una dieta ricca di foraggi fibrosi (carboidrati strutturali CS) porta alla formazione di una flora microbica prettamente cellulosolitica ( *es. Ruminococchi*) mentre con diete ricche di concentrati (carboidrati non strutturali NSC) prevarranno batteri amilolitici (*es. Streptococchi*).

La produzione di metano è il risultato finale di tre processi : il primo stadio è dovuto alla idrolizzazione di cellulose, emicellulose, pectine, amido e altri carboidrati da parte dei batteri del rumine fino ad ottenere acidi grassi volatili, idrogeno, CO<sub>2</sub> e alcoli. Dopo questa fase è la volta dei batteri aceto genici che degradano i prodotti ottenuti nel primo stadio in acido acetico, idrogeno ed in alcuni casi sempre CO<sub>2</sub> nel terzo stadio, utilizzando i prodotti dei primi due, i metanogeni producono per l'appunto metano.



Esiste anche una seconda via in grado di produrre metano sfruttando il formiato ed altri alcoli a lunga catena come il metanolo. I batteri metanogeni sono infatti in grado di utilizzare questi prodotti o per via diretta o dopo degradazione a CO<sub>2</sub> e ossidando prodotti secondari come il butirrato in presenza di CO<sub>2</sub> e idrogeno molecolare formano metano ed alcoli.



I batteri metanogeni conducono queste reazioni ricorrendo a tre enzimi: il Coenzima F420 che trasporta gli elettroni, il Coenzima M che regola la reazione di trasferimento del metile e il Fattore B che è coinvolto nella formazione enzimatica di metano e metilcoenzima M (Mariani, 1996).

La microflora ruminale utilizza quindi i vari tipi di nutrienti come substrati di fermentazione, con lo scopo di estrarre da questi l'energia e le molecole semplici grazie alle quali avranno a disposizione materiale di costruzione, prevalentemente proteico, per i loro cicli vitali e a seconda di questi nutrienti (fibre amido) sarà più o meno in grado di sintetizzare metano.

### **3.1 Strategie di mitigazione per le produzioni zootecniche**

I metodi possibili di intervento per diminuire, o comunque non incrementare, l'apporto delle emissioni enteriche degli animali allevati sono riconducibili a tre categorie: gli interventi sull'alimentazione, il miglioramento genetico e la gestione agronomica degli allevamenti.

Con il primo metodo si intendono tutte quelle tecniche che sono in grado di migliorare la digeribilità degli alimenti rendendo la razione più o meno efficiente durante il processo di conversione energetica. Come già accennato prima, infatti, in relazione alla quantità e qualità di carboidrati presenti nella dieta si induce nell'animale un diverso processo metabolico. Il rapporto foraggio/concentrato è pertanto uno dei fattori che possono essere presi in considerazione per modificare il metabolismo del metano enterico. Diete con maggiore impiego di concentrati, ricchi di carboidrati non strutturali (NSC), comportano nell'animale un aumento del livello d'ingestione, aumentando così anche la velocità di transito degli alimenti nel rumine. Questo impedisce la piena azione dei batteri che, di conseguenza, porta ad una diminuzione della sintesi di metano. Utilizzando una percentuale di concentrati più alta, inoltre, si induce un aumento della produttività e un abbassamento del pH ruminale, che sfavorisce la crescita dei batteri metanogeni nel rumine (Mele et al., 2010). Portando il rapporto foraggi concentrati da 65/35 a 50/50, la diminuzione di emissione di metano è dell'ordine del 4%. Valori del

rapporo foraggio/concentrato pari a 10/90 riducono le emissioni di un ulteriore 50% rispetto al rapporto 65/35.

Oltre ai carboidrati anche i grassi possono modulare la produzione di metano enterico. In generale un aumento del contenuto di lipidi nella dieta può comportare una riduzione dell'emissione di metano attraverso:

- ✓ la diminuzione della quantità di sostanza organica fermentescibile (i grassi non costituiscono substrato di fermentazione per i ruminanti),
- ✓ l'effetto tossico degli acidi grassi sui batteri (soprattutto su quelli Gram-positivi),
- ✓ l'assorbimento di H<sub>2</sub> attraverso il meccanismo delle bioidrogenazioni degli acidi grassi polinsaturi,
- ✓ la diminuzione della digeribilità della fibra.

L'effetto dei lipidi alimentari sulla metanogenesi è proporzionale al livello di lipidi della dieta: l'effetto medio sull'emissione di metano è stimabile attorno al 3.8% per ogni punto percentuale di lipidi aggiunto alla dieta (Martin et al., 2007; Martin et al., 2010).

Sempre riferito al sistema alimentare, un modo altro modo per poter intervenire sul metabolismo enterico, è quello di utilizzare alimenti specifici o integratori alimentari come additivi della dieta. Nel corso degli ultimi anni sono stati elaborati integratori alimentari e miscele di mangimi innovative capaci di ridurre di almeno il 20% le produzioni di metano.

Fra i prodotti utilizzati a questo scopo ve ne sono alcuni di origine sintetica, come gli antibiotici o gli ionofori, e altri di origine naturale come i tannini, i lieviti, le saponine del tè e alcuni oli essenziali.

I primi vengono di norma impiegati per implementare le produzioni ma, al contempo, inducono uno spostamento degli equilibri fermentativi ruminali verso la produzione di acido propionico e diminuiscono la disponibilità di H<sub>2</sub>, consentendo quindi una riduzione della metanogenesi dell'ordine del 25% (Martin et al., 2010). Tuttavia tali sostanze, oltre a non poter essere impiegate in agricoltura biologica, sono vietate dalla legislazione europea.

Effetti analoghi, per quanto riguarda la riduzione delle emissioni, sono riscontrabili nei prodotti di origine naturale. L'effetto dei tannini è stato stimato in prove di alimentazione su ovini di razza Angora: la somministrazione di una dieta con foraggi ricchi in tannini (17%) ha indotto una riduzione della produzione di CH<sub>4</sub> del 30% rispetto al controllo (Puchala et al., 2005). Altri studi in vivo su piccoli ruminanti evidenziano una

riduzione dell'emissione di metano tra il 24 e il 30% (Pinares-Patino et al., 2003; Carulla et al., 2005).

Gli oli essenziali (estratti non purificati) hanno evidenziato una buona potenzialità mitigante soprattutto nelle prove in vitro. L'effetto dell'estratto di rabarbaro, di pioppo e di cardo hanno mostrato un effetto riducente maggiore del 25% (Bodas et al., 2008). Altri studi in vitro, effettuati utilizzando l'olio essenziale di aglio, ricco in composti organo solforati, tossici per i microrganismi metanogeni, hanno evidenziato una riduzione della produzione di metano (Busquet et al., 2005; Macheboeuf et al., 2008). Lo scarso impiego di questi prodotti è dovuto al fatto che non sono mai stati riscontrati dei risultati rilevanti per quanto concerne le prove in vivo. Il lieviti in modo analogo sono stati impiegati come additivo nelle razioni dei ruminanti, evidenziando lievi riduzioni di CH<sub>4</sub>. pari al 3% (Mc Ginn et al., 2004).

Le saponine invece, glicosidi terpeni presenti in maniera abbondante su numerose piante, esplicano un'azione efficace sulla riduzione delle fermentazioni enteriche. Il loro effetto sembra esser legato alla minor degradazione delle proteine della dieta e alla stimolazione della sintesi delle biomasse batteriche nel rumine, che diminuiscono la disponibilità di H<sub>2</sub> per la metanogenesi, limitandone la produzione (Makkar e Becker, 1996). Una recente ricerca ha messo in evidenza l'effetto delle saponine estratte dai semi di tè sulla emissione di metano, imputando l'effetto all'azione esplicata sui protozoi presenti nel rumine, che in presenza di queste sostanze vedono bloccarsi lo sviluppo e i loro processi vitali (Y.Y. Zhou et al., 2011). L'effetto complessivo delle saponine è stato stimato tra il 15 e il 40% di riduzione della metanogenesi, in funzione della composizione e della quantità di saponine utilizzate (Hess et al., 2004).

L'aspetto più complesso nell'utilizzo di additivi è al momento legato al loro costo. Per un produttore, infatti, in mancanza di adeguati incentivi, risulta ancora poco attraente aumentare i costi di produzione senza ottenere un reale incremento produttivo.

Dal punto di vista della tecnica di allevamento, gli interventi che possono considerarsi mitiganti per il metano sono essenzialmente l'incremento della produttività degli animali e l'intensificazione dell'utilizzo dei pascoli.

Per quanto riguarda il primo aspetto, nel 2004 è stato pubblicato "The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia

emissions” dove si metteva in evidenza come il progressivo aumento delle produzioni unitarie per capo allevato potesse continuare a fornire un contributo importante alla riduzione globale di emissioni di GHG. A parità di quantità totale di prodotto, infatti, il numero di animali necessario risulta minore all’aumentare della produttività a capo, in ragione del fatto che la quota energetica necessaria ad un singolo animale per il fabbisogno di mantenimento proporzionalmente incide in misura più elevata negli animali che presentano livelli produttivi più bassi. Sempre nello stesso studio, lo stesso autore ha stimato che produrre un milione di litri di latte con animali che abbiano una produttività a capo di 9000 litri/anno consentirebbe di ridurre del 50% le emissioni di metano rispetto al caso in cui si utilizzino animali con una produttività di 6000 litri/capo/anno (Garnsworthy, 2004).

Un altro aspetto fortemente correlato alla produttività, e che andrebbe adeguatamente sviluppato, è quello riguardante la fertilità degli animali. Questa, il cui miglioramento passa obbligatoriamente dalla selezione genetica, è compresa nei fattori che potrebbero influenzare direttamente le emissioni enteriche anche se è noto che produttività e fertilità sono caratteri spesso negativamente correlati.

Per quanto riguarda la gestione dei pascoli invece il Ministero dell’Agricoltura Statunitense ha evidenza come le migliori modalità per ridurre l’impronta di gas serra degli allevamenti intensivi di bestiame siano associabili al miglioramento dello stoccaggio del carbonio nei pascoli, l’utilizzo di foraggio di qualità superiore associato all’incremento della produttività per capo, e soprattutto l’uso di tecniche intensive di pascolamento che prevedano un aumento del carico degli animali per unità di superficie e una rotazione stretta degli appezzamenti (Boadi et al., 2004). Queste si sono dimostrate efficaci nel ridurre le emissioni di metano enteriche da parte degli animali. Studi svolti in questo senso hanno evidenziato come l’allevamento di vitelloni al pascolo, con il raddoppiamento del carico animale da uno a due vitelloni ad ettaro nell’ambito di un sistema di pascolamento continuo può comportare una riduzione delle emissioni di metano pari al 21% (McCaughy et al., 1997).

## 3.2 Scopo della tesi

Lo scopo di questa tesi è quello di effettuare una valutazione sulle emissioni di metano derivante dal metabolismo enterico degli ovini da latte in Toscana, essendo questo il comparto zootecnico più sviluppato.

Questa analisi prevede un primo livello relativo all'inventario dei capi presenti sul territorio regionale, e in seguito una stima con le metodologie IPCC utilizzando il primo e il secondo livello di analisi. Il primo metodo (tier1) prevede l'utilizzo di un coefficiente (EF) che, moltiplicato per la consistenza del campione, dà una prima stima di massima. Il secondo (tier2) invece si caratterizza per l'impiego di formule più complesse per stimare il coefficiente di emissione attraverso il calcolo della Gross Energy intake (GE), individuando i vari parametri che influenzano il metabolismo in relazione alle classi che compongono il campione. Oltre alla stima delle emissioni con metodo IPCC è stata valutata l'influenza della composizione della razione sulla GE e di conseguenza sull'EF, e il riflesso che questa può avere sulla valutazione delle emissioni. Per fare ciò sono state rapportate due razioni nell'ambito di un caso studio rappresentato da un allevamento reale ubicato nel territorio di Manciano (GR).

## 4 Materiali e metodi

Lo svolgimento della parte sperimentale, volta a stimare le emissioni di CH<sub>4</sub> da parte del comparto ovino, si è articolato in due parti: la prima volta a raccogliere i dati riguardanti la popolazione da studiare, e la seconda, con l'applicazione delle formule dell'IPCC, grazie alla quale si sono potute stimare le emissioni con due diversi livelli di accuratezza del risultato.

### 4.1 Stima del campione

Per elaborare un dato relativo al numero di ovini presente nella regione Toscana è stato utilizzato il sito dell'*Anagrafe Nazionale Zootecnica* (<http://www.izs.it>), sezione servizi istituzionali/ dati statistici BND). L'anagrafe contiene il rapporto sui censimenti effettuati a livello nazionale sull'ammontare dei capi delle varie specie. Per le specie bovina e bufalina i dati riportati sono da considerarsi ufficiali, mentre per quanto riguarda le altre specie occorre precisare che le diverse Banche Dati sono ancora in fase di implementazione, e non ancora complete. Per alcune tipologie di dati infatti non esiste un obbligo legale l'obbligo relativo alla loro registrazione nelle BDN.

All'interno del database è possibile avere un dato relativo sia al singolo comune sia all'intera regione, in modo da poter approfondire l'indagine.

Il patrimonio zootecnico nazionale è suddiviso per strutture e specie allevate: nella prima voce sono riportate le aziende totali, le aziende con più di una specie allevata, le aziende con relative date geografiche, gli stabilimenti di macellazione e le fiere. Per quanto riguarda le specie i dati disponibili sono maggiori per la specie bovina e bufalina dove si trova, oltre al numero dei capi e delle strutture, anche dati più specifici come quelli sull'import/export degli animali con i relativi paesi di origine o destinazione, il numero di animali per ogni razza presente diviso per classi di età, le morti e i furti.

il comparto ovino, catalogato insieme a quello caprino, ha meno parametri ma più che sufficienti per elaborare una serie di stime. Le informazioni riportate sono relative alla consistenza degli allevamenti, la consistenza dei capi, il numero di allevamenti e strutture, i duplicati degli identificativi e le marche auricolari.

La raccolta dei dati ha avuto come oggetto due anni di riferimento, il 2006 e il 2011, in ambedue i casi è stato considerato il rilevamento di dicembre.

Per ogni comune, di ogni provincia sono stati presi i dati relativi a:

- ✓ *Numero allevamenti e altre strutture per ovicapri*
- ✓ *Strutture censite relativo all'anno di riferimento*
- ✓ *Totale capi ovini e caprini censiti*
  - *Totale ovini*
  - *Totale caprini*
- ✓ *Numero di maschi in percentuale*
- ✓ *Numero di femmine in percentuale*
- ✓ *Capi con età compresa fra 0-6 mesi (percentuale su totale)*

Elaborando i dati forniti dalla banca dati nazionale sono stati calcolati, sia per gli ovini che per i caprini, il numero di individui maschi e femmine con più di sei mesi, il numero di capi con meno di sei mesi, la percentuale delle strutture censite. Rapportando i dati ottenuti fra i due anni si è potuto stabilire il trend che il comparto ovino ha avuto in 5 anni, considerando oltre alle consistenze degli animali, anche le percentuali di aziende campionate potendo così dare un valore relativo all'affidabilità dei dati.

I dati relativi agli allevamenti ovini del 2011 sono stati sottoposti alle metodologie di stima relative al calcolo delle emissioni enteriche.

## 4.2 Stima delle emissioni enteriche

Per la stima del metano emesso dai processi digestivi dei ruminanti è stata utilizzata il protocollo IPCC riportato nel manuale *Guidelines for National green house Gas Inventories, cap. 10 Emission from livestock and manure management*. I modelli matematici prevedono di poter effettuare una stima più o meno precisa a seconda del metodo scelto. Si può quantificare la quantità di CH<sub>4</sub> prodotta dalle fermentazioni enteriche, la quantità di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici. Il peso di ciascun elemento viene in seguito calcolato come somma di CO<sub>2</sub> equivalente considerando il global warming potential (GWP) di ogni composto riferito alla CO<sub>2</sub>, per cui 1 kg di CH<sub>4</sub> e di N<sub>2</sub>O equivalgono rispettivamente a 25 e 298 kg di CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007).

Il primo metodo previsto dal manuale, il tier1, prevede l'utilizzo di un coefficiente (EF) che, moltiplicato per la consistenza del campione, da una prima stima di massima del valore soggetta ad un errore di circa il  $\pm 50\%$ . Il secondo approccio, il tier2, si caratterizza per l'impiego di formule più complesse per stimare il coefficiente di emissione attraverso il calcolo della Gross Energy intake (GE), individuando i vari parametri che influenzano il metabolismo in relazione alle classi che compongono il campione.

Il tier3, terzo ed ultimo metodo, comporterebbe un ulteriore approfondimento della stima, inserendo nel calcolo parametri derivati da più cicli di ricerca in allevamenti di cui si conoscono tutti i fattori produttivi, comprese le variazioni motorie, produttive e fisiologiche. Tale metodo è solitamente applicabile solo ai bovini da latte, a prescindere dal livello produttivo, ed in quei paesi come gli Stati Uniti d'America dove le tecniche di allevamento sono estese su larga scala e continuamente monitorate.

La prima fase, comune a tutti e due i metodi utilizzati, prevede di dover determinare le categorie di specie da stimare, sottoponendole a loro volta ad una suddivisione per cercare di caratterizzare al meglio il campione. Questa fase è fondamentale per non precludere il corretto risultato della stima.

In prima analisi è necessario identificare le varie categorie in grado di produrre emissioni, che generalmente sono le comuni specie allevate ossia bovina, bufalina, ovina, equina, suina, gli avicoli, i cammelli e via dicendo. In seconda battuta, per ogni categoria, è necessario suddividere gli animali per classe di appartenenza, in modo da avere il campione diviso per sesso, età, e destinazione produttiva. Infine vanno identificate le caratteristiche più dettagliate analizzando i parametri forniti dal manuale, e scegliendo quelli più idonei per adattare al meglio i modelli di calcolo alle condizioni del caso studio. La scelta del metodo viene effettuata in base al risultato che si vuole ottenere e in relazione alla specie, il tier1 infatti è applicabile praticamente tutti gli allevamenti ad esclusione di quello bovino per il quale questa metodologia da risultati troppo inaffidabili.

Come si può capire dalla tab 7 il tier2 è applicabile ai ruminanti più diffusi a livello globale e se ne ritiene opportuna l'applicazione quando il campione da stimare ha una certa rilevanza nel contesto della ricerca. Come già accennato in precedenza il tier3 viene utilizzato solo per il comparto bovino.

Per questa tesi è stato valutato solo il capitolo relativo alle emissioni enteriche di metano, utilizzando i primi due livelli di stima, dovendo inoltre valutare solo le emissioni del comparto ovino, l'applicazione del terzo metodo infatti, oltre a non essere stata effettuata, non viene neanche prevista dal manuale.

SUGGESTED EMISSIONS INVENTORY METHODS FOR ENTERIC FERMENTATION	
Livestock	Suggested emissions inventory methods
Dairy Cow	Tier 2 <sup>a</sup> /Tier 3
Other Cattle	Tier 2 <sup>a</sup> /Tier 3
Buffalo	Tier 1/Tier 2
Sheep	Tier 1/Tier 2
Goats	Tier 1
Camels	Tier 1
Horses	Tier 1
Mules and Asses	Tier 1
Swine	Tier 1
Poultry	Not developed
Other (e.g., Llamas, Alpacas, Deer)	Tier 1
<sup>a</sup> The Tier 2 method is recommended for countries with large livestock populations. Implementing the Tier 2 method for additional livestock subgroups may be desirable when the category emissions are a large portion of total methane emissions for the country.	

#### 4.2.1 Tier 1

Il metodo di calcolo delle emissioni con il tier1 è sufficiente spesso per ottenere un dato preventivo, e più sbrigativo del quantitativo di CH<sub>4</sub> emessa da un qualsiasi allevamento in un qualsiasi nazione.

Per l'elaborazione dei dati sono necessari solo due fattori: un elenco completo e dettagliato del popolazione da stimare e, nel caso di cicli produttivi inferiori all'anno, il numero di giorni dell'anno in cui una determinata classe è in vita (sia che nasca durante l'anno sia che venga macellata) ed il fattore di emissione.

I giorni in cui l'animale resta in vita durante l'anno sono moltiplicati per il rapporto degli animali prodotti in un anno (NAPA) ottenendo così la popolazione media annua (AAP).

$$AAP = Days\_alive \cdot \left( \frac{NAPA}{365} \right)$$

AAP= popolazione media annua

NAPA= numero degli animali prodotti annualmente

Per ottenere il risultato finale del tier 1 si moltiplica l'APP per il fattore di emissione (EF) fornito dall'IPCC, già calcolato in base a parametri di massa come la specie, l'inquadramento del paese nel contesto di sviluppo industriale e il peso vivo medio.

ENTERIC FERMENTATION EMISSION FACTORS FOR TIER 1 METHOD<sup>1</sup>  
(KG CH<sub>4</sub> HEAD<sup>-1</sup> YR<sup>-1</sup>)

Livestock	Developed countries	Developing countries	Liveweight
Buffalo	55	55	300 kg
Sheep	8	5	65 kg - developed countries; 45 kg - developing countries
Goats	5	5	40 kg
Camels	46	46	570 kg
Horses	18	18	550 kg
Mules and Asses	10	10	245 kg
Deer	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Swine	1.5	1.0	
Poultry	Insufficient data for calculation	Insufficient data for calculation	
Other (e.g., Llamas)	To be determined <sup>1</sup>	To be determined <sup>1</sup>	

All estimates have an uncertainty of +30-50%.

*Tabella 7 Fattori di emissione relative a diverse specie di animali allevati secondo l'IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

#### 4.2.2 Tier 2

Per il secondo modello di calcolo, è richiesta una maggiore caratterizzazione del campione con una più dettagliata divisione della popolazione in sottocategorie, sempre considerando il parametro della popolazione media annua, e infine la stima delle razione ingerita in percentuale di SS relativa ad ogni sottocategoria

Il Tier 2 consente di caratterizzare gli animali per produttività, qualità della dieta e pratiche di gestione degli allevamenti per ottenere una stima più accurata della Gross Energy intake, che risulta essere direttamente collegabile alla corretta stima del metano prodotto dalla fermentazione enterica. Le stesse stime di assunzione per mangimi dovrebbero essere utilizzati per fornire armonizzate stime dei tassi di escrezione di azoto del letame e per migliorare l'accuratezza e la coerenza fra il CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O emessi dalla gestione del letame.

La suddivisione dettagliata della specie in sottocategorie consiste, attraverso banche dati più approfondite, nel dividere il campione in insiemi singoli come ad esempio l'età, l'indirizzo produttivo e il sesso.

Per gli ovini, in maniera analoga ai bovini e bufalini, le classi caratteristiche sono basate su gruppi omogenei di animali. Per il lavoro effettuato in questa tesi sono state individuate le seguenti classi:

- Arieti (maschi con più di sei mesi)
- Pecore da latte (femmine con più di sei mesi)
- Agnelli e quota di rimonta (animali con meno di sei mesi)

Per i paesi di grandi dimensioni o con sistemi di allevamenti ben differenziati può essere utile designare classi predefinite caratterizzate per clima tecniche di allevamento o di alimentazione, in modo da rendere più veloce la prima parte del processo di stima della popolazione.

I fattori richiesti per il tier2 sono quindi:

- popolazione media annua (AAP)
- assunzione media giornaliera di alimenti (megajoule (MJ) al giorno e / o kg al giorno di sostanza secca) e
- fattore di conversione metano (EF)

Per quel che riguarda l'ingestione media giornaliera il dato può essere spesso poco significativo, soprattutto per quando nella dieta è presente il pascolo, quindi per stimare la cosiddetta "feed intake" vengono richiesti i seguenti dati per stimare il fabbisogno di alimentare per ogni animale :

- ✓ peso (kg);
- ✓ incremento medio giornaliero (kg);
- ✓ situazione alimentare: confinati, pascolo, condizioni di pascolo;
- ✓ la produzione di latte al giorno (kg / giorno) e contenuto di grassi (%);
- ✓ quantità media di lavoro svolto al giorno (ore giorno<sup>-1</sup>);
- ✓ percentuale di femmine che partoriscono in un anno;
- ✓ Crescita di lana;
- ✓ numero di figli (percentuale gemellarità),
- ✓ digeribilità dei mangimi (%).

I dati relativi a questi fattori sono utilizzati, attraverso l'impiego di apposite formule per la stima della "gross energy intake" (GE), strettamente necessaria come già accennato per il calcolo dell'"emission factor" (EF).

Nell'equazione per ricavare la GE negli ovini sono necessarie i seguenti parametri:

### **Energia netta per il mantenimento ( $NE_m$ )**

è l'energia netta necessaria per il mantenimento, che costituisce la quantità di energia necessaria per mantenere il corpo animale nell'equilibrio in cui l'energia non è né guadagnato né persa (Jurgen, 1988).

$$NE_m = C_{fi} \cdot (\text{Weight})^{0.75}$$

$NE_m$  = energia netta per il mantenimento, MJ day<sup>-1</sup>

$C_{fi}$  = coefficiente di variabilità in finzione della specie, MJ day<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>

Weight = peso vivo dell'animale, kg

Per gli ovini il  $C_{fi}$  varia da 0.236 per pecore e agnelli fino a un anno a 0.217 per le pecore con più di un anno (per gli arieti si aumenta del 15%).

### **Energia netta per l'attività ( $NE_a$ )**

È l'energia necessaria all'animali per ottenere il cibo, acqua e riparo. Essa si basa sulla su come viene somministrata l'alimentazione, anziché caratteristiche dello stesso mangime.

$$NE_a = C_a \cdot (\text{weight})$$

$NE_a$  = energia netta per l'attività, MJ day<sup>-1</sup>

$C_a$  = coefficiente relative alla situazione alimentare, MJ day<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>

weight = peso vivo dell'animale, kg

il coefficiente relativo al tipo di alimentazione a cui viene sottoposto il gregge varia a seconda del sistema di allevamento

<b>Ca per ovini (MJ d<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>situazione</b>	<b>Definizione</b>	<b>C<sub>a</sub></b>
Alimentazione pecore in stalla	Ultimi 50 giorni di grazidanza in stalla	0.009
Pascolo di pianura	Gli animali salgono fino ad un massimo di 1000m per trovare il cibo con poco dispendio energetico	0.0107
Pascolo di collina	Gli animali salgono fino ad un massimo di 5000m per trovare il cibo con un significativo dispendio energetico	0.0240
Agnelli da ingrasso in stalla	Fase di ingrasso in stalla	0.0067

### **Energia netta per l'accrescimento ( $NE_g$ )**

Si tratta dell'energia necessaria per l'accrescimento in peso di un animale, e si calcola grazie a una serie di costanti in grado di convertire le calorie in joule rapportati al peso corporea della specie in analisi.

$$NE_g = \frac{WG_{lamb} \cdot (a + 0.5b(BW_i + BW_f))}{365}$$

- $NE_g$  = energia netta per l'accrescimento,  $MJ\ day^{-1}$
- $WG_{lamb}$  = incremento di peso ( $BW_f - BW_i$ ),  $kg\ yr^{-1}$
- $BW_i$  = peso vivo allo svezzamento,  $kg$  peso vivo ad un anno di età o al momento della macellazione (peso vivo) se macellati prima del primo anno di età,  $kg$
- $a, b$  = costanti relative al sesso dell'animale .

Per gli agnelli svezzati andrà considerato un periodo di settimane come se venisse somministrata una dieta con mangime tipo pascolo o integratori. Il tempo dello svezzamento dovrebbe essere considerato come il momento da quando gli agnelli sono a carico di latte fino al raggiungimento della la metà del loro approvvigionamento energetico.

<b>Costanti per il calcolo della <math>NE_g</math></b>		
<b>Categoria animali</b>	<b><math>a</math> (<math>MJ\ kg^{-1}</math>)</b>	<b><math>b</math> (<math>MJ\ kg^{-1}</math>)</b>
maschi non castrati	2.5	0.35
maschi castrati	4.4	0.32
femmine	2.1	0.45

#### ***Energia netta per la produzione di latte ( $NE_l$ )***

Si tratta dell'energia necessaria all'animale per mantenersi durante la lattazione e, a differenza delle altre formula dell'IPCC, è stata sostituita da una dell'INRA, che a differenza dell'altra contenendo più parametri da risultati più precisi.

$$NE_l = \text{milk} \cdot \left\{ (0.0058 \cdot \text{FAT} + 0.265) \cdot 1.7 \right\} \cdot EV_{\text{milk}}$$

- $NE_l$  =energia netta per la lattazione,  $MJ\ day\ kg\ yr^{-1}$
- Milk=latte prodotto ,  $kg\ day^{-1}$
- FAT= quantità di grasso nel latte,  $g\ liter\ kg^{-1}$
- $EV_{\text{milk}}$  =energia richiesta per la produzione di un litro di latte (valore utilizzato 4.18 Pi

Per ottenere il valore il risultato in  $MJ\ day\ kg\ yr^{-1}$ , come gli altri valori IPCC sono stati inserite nella formula, coefficienti di conversione.

### **Energia netta per la produzione di lana ( $NE_{wool}$ )**

Rappresenta l'energia giornaliera necessaria per una pecora per la produzione della lana in un anno

$$NE_{wool} = \left( \frac{EV_{wool} \cdot Production_{wool}}{365} \right)$$

- $NE_{wool}$  = energia netta per la produzione della lana, MJ day<sup>-1</sup>
- $EV_{wool}$  = energia valutata su kg di lana prodotta (dopo essiccazione), MJ kg<sup>-1</sup>. un valore tipo e di 24 MJ kg<sup>-1</sup>.
- $Production_{wool}$  = produzione annuale di lana da parte di una pecora, kg yr<sup>-1</sup>

### **Energia netta per la gravidanza ( $NE_p$ )**

È l'energia necessaria per affrontare la gravidanza. Per gli ovini si calcola su un periodo

$$NE_p = C_{pregnancy} \cdot NE_m$$

di 147 giorni, considerando in questo conto l'indice di gemellarità.

- $NE_p$  = energia netta per la gravidanza, MJ day<sup>-1</sup>
- $C_{pregnancy}$  = coefficient di gravidanza relativo alla gemellarità
- $NE_m$  = energia netta di mantenimento, MJ day<sup>-1</sup>

<b>Costanti per il calcolo della <math>NE_p</math></b>	
<b><i>Pecore</i></b>	<b><math>C_{pregnancy}</math></b>
Singolo parto	0.077
Gemellare	0.127
trigemellare	0.150

Nel calcolo della percentuale di parti gemellari i  $C_{pregnancy}$  sono stati considerati un 30% di parti gemellari, considerando la percentuale di gemellarità delle nascite della Sarda essendo quest'ultima la razza maggiormente rappresentativa.

***Rapporto tra energia netta disponibile nella dieta per il mantenimento in relazione al consumo di energia digeribile (REM):***

Per le pecore, come per bovini e bufalini, è il rapporto fra energia netta di mantenimento in rapporto all'energia digeribile derivante dalla dieta stimata utilizzando la seguente equazione.

$$REM = \left[ 1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left( \frac{25.4}{DE\%} \right) \right]$$

- REM = Rapporto tra energia netta disponibile nella dieta per il mantenimento in relazione al consumo di energia digeribile
- DE% = energia digeribile in percentuale sull'energia lorda

***Rapporto tra energia netta disponibile nella dieta per l'accrescimento in relazione al consumo di energia digeribile (REG):***

Per le pecore è considerato il rapporto fra l'energia netta impiegata per l'accrescimento (compresa la crescita della lana) in rapporto all'energia digeribile derivante dalla dieta.

$$REG = \left[ 1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left( \frac{37.4}{DE\%} \right) \right]$$

- REG = Rapporto tra energia netta disponibile nella dieta per l'accrescimento in relazione al consumo di energia digeribile
- DE% = energia digeribile in percentuale sull'energia lorda

Sia nel calcolo della REM e della REG e sia in quelli che seguiranno, il valore relativo alla digeribilità (DE%) nella stima del tier2 è stato sostituito, essendo soggetto a un margine di errore troppo ampio, con un'equazione più precisa dell'INRA (SAUVANT et al., 2009), l'istituto di ricerca agronomica francese, che inserisce nel calcolo i valori relativi a livello alimentare (NA) che rappresenta il rapporto tra ingestive di sostanza secca giornaliera e peso vivo dell'animale, e la percentuale di concentrati presente nella razione (PCO).

- DE%= digeribilità dell'energia
- PCO= percentuale di concentrati nella razione
- NA = livello alimentare

L'utilizzo di questa formula permette di affinare la stima della digeribilità migliorando così la stima dell'EF essendo la digeribilità un fattore essenziale per le equazioni principale.

Utilizzando i risultati delle precedenti equazioni si può applicare l'operazione per il calcolo dell'energia lorda (GE):

$$GE = \left[ \frac{\left( \frac{NE_m + NE_a + NE_1 + NE_{work} + NE_p}{REM} \right) + \left( \frac{NE_g + NE_{wool}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Per ricavare il fattore di emissione (EF) viene convertita l'energia lorda (GE) in kg di metano/anno:

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

- EF =fattore di emissione, kg CH<sub>4</sub> head-1 yr-1
- GE = energia lorda, MJ head-1 day-1
- Y<sub>m</sub> = rapport di conversion del metano,
- 55.65 (MJ/kg CH<sub>4</sub>) is energia contenuta nel metano

Una volta stabilito l'EF si rapporta ai dati relativi alle popolazioni catalogati durante la prima fase con le seguenti formule:

#### **ENTERIC FERMENTATION EMISSIONS FROM A LIVESTOCK CATEGORY**

$$Emissions = EF_{(T)} \cdot \left( \frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

- Emissions = metano emesso da fermentazione enterica, Gg CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>
- EF<sub>(T)</sub> = fattore di emissione relativo al bestiame in relazione alla categoria individuata, kg CH<sub>4</sub> head<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>
- N<sub>(T)</sub> = capi di bestiame presenti nel Paese di una determinata categoria

## TOTAL EMISSIONS FROM LIVESTOCK ENTERIC FERMENTATION

$$\text{Total CH}_{4\text{Enteric}} = \sum_i E_i$$

- Total CH<sub>4</sub>Enteric = totale metano emesso da tutte le classi stimate, Gg CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>
- E<sub>i</sub> = emissioni di una singola classe

I dati relativi alle emissioni sono state quindi associati, per tutte le province, alle classi elaborate durante la prima fase di ricerca ottenendo così una stima delle emissioni enteriche per ogni provincia relative all'dicembre 2011. L'applicazione del tier1 e del tier2, consentono di avere un dato quantitativo sul CH<sub>4</sub> emesso esprimibile in kg o Gg e in seguito trasformabile in CO<sub>2</sub> equivalente.

### 4.3 Caso studio

Nell'affrontare la stima delle emissioni enteriche con il metodo IPCC si capisce come un corretto campionamento delle popolazioni e delle sottopopolazioni sia fondamentale per l'ottenimento di un risultato rappresentativo, quindi per un buon 50% l'esito del lavoro potrebbe essere condizionato da una banca dati poco attendibile e scarsa di dati. Per quanto riguarda la precisione del risultato ottenuto invece quello che conta è il metodo utilizzato, il tier1 ad esempio presenta dei limiti di accuratezza (± 50%) che sono riconducibili al fatto che l'EF delle singole specie viene fornito direttamente dall'IPCC, su base bibliografica, senza tener conto delle specificità del nostro Paese e le caratteristiche della popolazione, motivo per il quale questo metodo dovrebbe venire utilizzato solo per le categorie non repute "key source". Il tier2 per quanto sia più specifico (± 20%) è strettamente legato ai parametri necessari per calcolare l'EF (produzione di latte, peso medio, digeribilità degli alimenti, utilizzazione o meno del pascolo, etc.), e alcuni dei valori presenti nel manuale potrebbero in molti casi sovrastimare o sottostimare un dato in modo rilevante.

Per questo motivo è stato scelto come caso studio un allevamento di ovini, del quale si conoscono tutti i parametri relativi al regime alimentare, al sistema di allevamento, alla composizione della mandria e alla produzione di latte, per valutare le emissioni di metano enterico, sia secondo il metodo IPCC applicando il tier1 e il tier2 con i parametri

standardizzati, sia utilizzando valori più specifici relativi al reale regime alimentare e alla composizione degli alimenti, per valutare quanto questi fattori possano influire sulla stima degli EF.

L'azienda presa in esame si trova nel comune di Manciano, in provincia di Grosseto, ed al suo interno sono allevati 308 capi di razza Sarda suddivisibili in:

- 250 pecore in lattazione
- 8 arieti
- 50 agnelle

Di questo allevamento sono stati presi in considerazione i dati relativi alle produzioni di latte e variazione della dieta in quattro fasi dell'anno (razione invernale, razione primaverile, razione estiva e razione della fase di asciutta), questo in relazione a due situazioni: la prima prende in considerazione la media dei risultati produttivi degli ultimi cinque anni (dal 2006 al 2010) e le caratteristiche medie delle diete e degli alimenti utilizzati in tale periodo, la seconda invece considera una situazione ottimizzata dal punto di vista nutrizionale e i relativi risultati produttivi conseguiti nell'ultima lattazione (2011-12).

### *Pre-miglioramento*

		Fieno medica	Fieno avena-trifoglio	Pascolo avena-trifoglio	Mangime	orzo	mais	totale
<b>Razione invernale</b>	ss	0,6	1	0,3	0,2	0,1	0,1	2,3
	EN	1072,7	929,55	1300,8	1625,9	1740,8	1960,4	1113,5
	UFL	0,631	0,5468	0,7652	0,9564	1,024	1,1532	0,655
<b>Razione primaverile</b>	ss	0	0,2	1,8	0,2	0	0	2,2
	EN	0	864,79	1364,5	1625,9	0	0	1344,6
	UFL	0	0,5087	0,8027	0,9564	0	0	0,7909
<b>Razione estiva</b>	ss	0	0,8	1	0	0,1	0,1	2
	EN	0	927,21	1333,9	0	1740,8	1960,4	1204,8
	UFL	0	0,5454	0,7846	0	1,024	1,1532	0,7087
<b>Razione asciutta</b>	ss	0	1	0,4	0	0,1	0,1	1,6
	EN	0	929,55	1307,3	0	1740,8	1960,4	1104,5
	UFL	0	0,5468	0,769	0	1,024	1,1532	0,6497
<b>Razione agnelle</b>	saskg	0,2	0,2	0,5	0	0,1	0,1	1,1
	EN	1009,2	864,79	1317,2	0	1740,8	1960,4	1297,6
	UFL	0,5937	0,5087	0,7748	0	1,024	1,1532	0,7633

*Tabella 8 razioni e valori nutritivi caso studio pre miglioramento*

## Post-miglioramento

		Fieno medica	Fieno avena-trifoglio	Pascolo avena-trifoglio	Mangime	orzo	Polpa bietola	mais	totale
<b>Razione invernale</b>	ss	1	0,2	0,3	0,6	0	0	0,2	2,3
	EN	1080,4	864,79	1300,8	1886,7	0	0	1969,8	1362,3
	UFL	0,6356	0,5087	0,7652	1,1098	0	0	1,1587	0,8014
<b>Razione primaverile</b>	ss	0	0,3	1,25	0,45	0	0,1	0,1	2,2
	EN	0	901,07	1360,5	1875,3	0	1405,6	1960,4	1418,4
	UFL	0	0,53	0,8003	1,1031	0	0,8268	1,1532	0,8343
<b>Razione estiva</b>	ss	0	0,3	1,4	0,3	0	0,1	0	2,1
	EN	0	901,07	1338	1847,2	0	841,33	0	1331
	UFL	0	0,53	0,7871	1,0866	0	0,4949	0	0,7829
<b>Razione asciutta</b>	ss	0	1	0,4	0	0,1	0	0,1	1,6
	EN	0	929,55	1307,3	0	1740,8	0	1960,4	1104,5
	UFL	0	0,5468	0,769	0	1,024	0	1,1532	0,6497
<b>Razione agnelle</b>	ss	0,2	0,2	0,5	0	0	0,1	0,1	1,1
	EN	1009,2	864,79	1317,2	0	0	1740,8	1960,4	1297,6
	UFL	0,5937	0,5087	0,7748	0	0	1,024	1,1532	0,7633

Tabella 9 razioni e valori nutritivi caso studio post miglioramento

Conoscendo precisamente la razione, il suo valore nutritivo, il periodo di somministrazione e il numero di animali cui viene somministrata, si può calcolare un un EF preciso per ogni periodo dell'anno grazie ai dati più accurati sulla quantità di latte prodotto, la percentuale di grasso presente e al reale valore di digeribilità della dieta, che è funzione delle caratteristiche nutritive degli alimenti.

Per dare una stima del metano enterico ancor più precisa, è stato preso in considerazione anche il contenuto in lipidi della razione, così da ottenere un fattore di correzione dell'EF (discount grassi). Tale fattore si ottiene moltiplicando la % di grasso aggiunto alla dieta come % della ss ingerita x 3,8, in accordo con l'equazione proposta da Martin et al. (2010). Il risultato è sempre riferito ai parametri considerati per ogni periodo di riferimento, come l'EF calcolato per le pecore

$$EF_{\text{corr}} = EF_{\text{ToT}} \cdot \text{Discount}_{\text{Grassi}}$$

- $EF_{\text{corr}}$  = fattore emissioni corretto,  $\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
- $EF_{\text{ToT}}$  = fattore di emissione stimato con tier2,  $\text{kg CH}_4 \text{ head}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
- $\text{Discount}_{\text{Grassi}}$  = fattore di correzione relativo ai grassi assunti

## 5 Risultati e discussione

Dai dati rilevati dal sito dell'anagrafe nazionale zootecnica, sezione banca dati, si può vedere come in Toscana il settore ovino e caprino abbia visto una tendenziale riduzione dei capi allevati, in particolar modo quelli ovini, e di contro un lieve aumento del numero di allevamenti.

	<b>totale</b>	<b>ovini</b>	<b>caprini</b>	<b>aziende</b>	<b>% aziende censite</b>	
<b>Toscana 2006</b>	502.884	486.002	16.882	7.007	65	%
<b>Toscana 2011</b>	492.673	466.422	26.932	7.320	59	%
<b>differenziale</b>	-10.211	- 19.580	+10.050	+313	-10,05	%

*Tabella 10. Consistenze dei capi ovini e caprini in Toscana nel 2006 e nel 2011*

La riduzione del numero di capi allevati è ormai un fenomeno riscontrabile in molti settori produttivi zootecnici e anche in altre regioni del Paese, come conseguenza della profonda crisi che la zootecnia sta attraversando ormai da molti anni. La tendenza generale è, di solito, quella della riduzione, ed in molti casi la scomparsa, dei piccoli allevamenti, non più in grado di gestire i rapporti con un mercato sempre più difficile, a favore di allevamenti più grandi. Tale tendenza, di norma, prevede la riduzione del numero degli allevamenti e l'aumento del numero di capi per allevamento. In controtendenza con il trend nazionale degli ultimi dieci anni invece (ISTAT, 2012) il numero di aziende è rimasto tendenzialmente uguale, anzi è aumentato di circa un 5%, probabilmente dovuto all'apertura alla zootecnia di realtà che si sono interessate all'autoproduzione di formaggi per la vendita diretta o per l'utilizzo come materia prima in agriturismo. Questo fenomeno, infatti, permette di poter realizzare mini caseifici, sufficienti per la produzione di prodotti adatti alla filiera corta, che sempre più spesso vengono promossi grazie alle associazioni di categoria per consentire agli agricoltori di spuntare dei guadagni più considerevoli. È spiegabile sempre in quest'ottica l'aumento della specie caprina, che si presta più a piccole realtà produttive, ideali per la realizzazione di prodotti di nicchia, rispetto ad investimenti maggiori su singola azienda. La diminuzione del numero di pecore allevate, se pur del 4%, è un dato da tenere in seria considerazione per una regione come la Toscana, che in termini di produzione di latte ovino è seconda solo alla Sardegna. Infatti circa 19000 capi in meno rispetto al 2006, considerando una produzione media di una Sarda di 0.8 kg/die di latte per 275

giorni medi di lattazione, comportano un calo produttivo di 41.800 q di latte in un anno, che considerata la produzione Toscana del 2009 pari a 687.862 q ne rappresenta circa il 6%.

La riqualificazione di questo comparto pertanto deve passare attraverso una serie di misure politiche per valorizzare determinati prodotti in rispetto ai criteri di sostenibilità, attraverso l'adozione di tecniche agronomiche e di allevamento in grado di abbattere al più possibile i costi di produzione.

Una possibile leva di valorizzazione e di rilancio delle attività zootecniche potrebbe passare attraverso la certificazione ambientale legata alla riduzione delle emissioni di GHG. In tal senso l'adozione di corrette stime dei fattori di emissione sarebbe fondamentale per una quantificazione attendibile.

prov	n° tot ovini e caprini	totale		OVINI			CAPRINI			n° strutture	
		> 6 mesi	0-6 mesi	tot	>6mesi	0-6mesi	tot	>6mesi	0-6mesi	N%	tot
Arezzo	29.404	23.819	5.585	26.572	21.602	4.970	2.832	2.290	542	84%	821
Firenze	25.583	20.803	4.780	23.096	18.886	4.210	3.050	2.484	566	40%	1.061
Grosseto	229.598	199.368	30.241	227.004	197.214	29.790	2.594	2.182	412	70%	1.481
Livorno	12.724	11.000	1.724	11.266	9.802	1.464	1.458	1.313	145	45%	264
Lucca	15.892	13.196	2.696	10.835	8.962	1.873	5.057	4.234	823	42%	802
Massa Carrara	11.937	11.548	389	9.169	7.146	2.023	2.768	2.166	602	71%	871
Pisa	42.169	30.253	11.916	40.377	29.008	11.369	1.792	1.309	483	44%	683
Pistoia	6.555	5.477	1.078	4.954	4.085	869	1.601	1.392	209	72%	406
Prato	1.507	1.206	301	1.003	746	257	622	521	101	70%	133
Siena	117.304	93.381	23.923	112.146	90.491	21.655	5.158	4.380	778	50%	798
<b>Regione Toscana</b>	<b>492.673</b>	<b>410.050</b>	<b>82.635</b>	<b>466.422</b>	<b>387.941</b>	<b>78.481</b>	<b>26.932</b>	<b>22.272</b>	<b>4.660</b>	<b>59%</b>	<b>7.320</b>

Tabella 11. Consistenze provinciali dei capi ovini e caprini in Toscana nel 2011, suddivise per categorie. (dati IZS)

## 5.1 L'inventario delle emissioni enteriche

Le stime relative alle emissioni di metano enterico sono state calcolate, dopo aver redatto per ogni comune, e quindi per ogni provincia, un inventario degli ovini che permettesse di dividere gli animali in classi distinte e potervi quindi applicare i vari coefficienti di emissione.

Questa fase, risulta critica per la corretta stima delle emissioni per due motivi:

- ✓ Il livello di accuratezza dei dati raccolti;
- ✓ La corretta suddivisione delle popolazioni attraverso i rapporti numerici forniti dalle fonti (% maschili, % femminile, n° ovini, n° caprini, ecc.);

Purtroppo è palese come una stima imprecisa del campione sia alla base di un risultato non corretto, infatti è proprio un dato impreciso ad impedire l'approfondimento con metodologie più complesse come il tier2 e il tier3. Durante la parte relativa alla stima delle popolazioni, infatti, ci si è trovati spesso di fronte alla mancanza di alcuni dati, soprattutto per quel che riguarda le percentuali relative ai sessi e all'età del campione, che ci ha costretto ad utilizzare parametri basati su stime sintetiche (3% maschi su popolazione, 20% quota di rimonta/capi con meno di 6 mesi). Le stime prodotte, pertanto, sono basate in gran parte su dati ufficiali (i migliori disponibili al momento) e in minima parte su parametri desunti dalla letteratura e dall'esperienza specifica nel settore.

Un altro dato, purtroppo mancante, ma che si sarebbe rivelato molto utile nell'affinare ulteriormente la stima, è quello relativo al numero di capi con destinazione produttiva carne e quelli con destinazione produttiva latte. Attraverso questo tipo di dato sarebbe stato possibile affinare ulteriormente la stima per indirizzo produttivo. Non è stato possibile desumere tale dato dalla tipologie di struttura, in quanto non vi è proporzione tra le consistenze degli allevamenti da carne e da latte, senza considerare i piccoli e piccolissimi allevamenti impegnati in attività turistica e/o didattica

Nei report provinciali che seguiranno sarà possibile evidenziare, oltre alle consistenza relative ai due anni di riferimento, anche il quantitativo di emissioni calcolate con il tier1 e il tier2 relativi al 2011, riportati in CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> equivalente (in Kg e Gg).

<b>5.1.1 Provincia di Arezzo</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>775</td> <td>84 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>821</td> <td>50 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>46</td> <td>-34 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	775	84 %	2011	821	50 %	<i>diff</i>	46	-34 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	775	84 %																				
2011	821	50 %																				
<i>diff</i>	46	-34 %																				
	<b><i>n° tot ovini e caprini</i></b>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	28093	25594	19231	6363	2499	1831	668															
2011	29404	26572	21602	4970	2832	2290	542															
<i>differenza</i>	1.311	978	2.370	-1.392	333	458	-125															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	192.694,12	▶	4.817.353,0																		
	Gg	0,19	▶	4,82																		
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	3.988.264,4																		
	Gg	0,67	▶	3,99																		
		tier 1	4,82	Gg																		
		tier 2	3,99	Gg																		
		<i>differenza fra le due stime</i>	0,83	Gg																		
		% valore	-17,21	%																		

<b>5.1.2 Provincia di Firenze</b>		<b>n° strutture</b>																	
		<b>anno</b>	<b>tot</b>	<b>% censite</b>															
		2006	822	74			%												
		2011	1061	40			%												
		<i>diff</i>	239	-34			%												
	<b>n° tot ovini e caprini</b>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>														
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>												
2006	28550	26377	20666	5711	2173	1665	508												
2011	25583	23096	18886	4210	3050	2484	566												
<i>differenza</i>	-2.967	-3.281	-1.780	-1.501	877	820	57												
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																			
<b>tier 1</b>	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>															
	<i>kg</i>	167.927,26		▶	4.198.181,4														
	Gg	0,17		▶	4,20														
<b>tier 2</b>	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>															
	<i>kg</i>	667.809,14		▶	3.461.472,6														
	Gg	0,67		▶	3,46														
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>tier 1</td> <td>4,20</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>3,46</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenziale fra le due stime</i></td> <td>0,74</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-17,55</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	4,20	Gg	tier 2	3,46	Gg	<i>differenziale fra le due stime</i>	0,74	Gg	<i>% valore</i>	-17,55	%
tier 1	4,20	Gg																	
tier 2	3,46	Gg																	
<i>differenziale fra le due stime</i>	0,74	Gg																	
<i>% valore</i>	-17,55	%																	

<b>5.1.3 Provincia di Grosseto</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>1676</td> <td>93 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>1481</td> <td>70 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>-195</td> <td>-22 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	1676	93 %	2011	1481	70 %	<i>diff</i>	-195	-22 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	1676	93 %																				
2011	1481	70 %																				
<i>diff</i>	-195	-22 %																				
	<i>n° tot ovini e caprini</i>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	250857	208868	207285	41674	1898	1583	315															
2011	229598	199368	197214	29790	2594	2182	412															
<i>differenza</i>	-21259	-9499,2383	-10070,811	-11884	696	599,2687	96,7313															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	1.696.872,00		▶	42.421.800,0																	
	Gg	1,70		▶	42,42																	
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14		▶	35.770.000,0																	
	Gg	0,67		▶	35,77																	
<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>42,42</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>35,77</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>6,65</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-15,67</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	42,42	Gg	tier 2	35,77	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	6,65	Gg	<i>% valore</i>	-15,67	%			
tier 1	42,42	Gg																				
tier 2	35,77	Gg																				
<i>differenza fra le due stime</i>	6,65	Gg																				
<i>% valore</i>	-15,67	%																				

<b>5.1.4 Provincia di Livorno</b>		<b>n° strutture</b>					
		<b>anno</b>	<b>tot</b>	<b>% censite</b>			
		2006	214	43 %			
		2011	264	45 %			
		<i>diff</i>	50	2 %			
<b>n° tot ovini e caprini</b>		<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>		
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>
2006	15290	14726	12249	2606	564	515	53
2011	12724	11266	9802	1484	1458	1313	145
<i>differenza</i>	-2566	-3460	-2447,1478	-1121,65	894	798,3288	91,9242
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>							
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	84.352,02		▶	2.108.800,4		
	<b>Gg</b>	0,08		▶	2,11		
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14		▶	1.763.621,1		
	<b>Gg</b>	0,67		▶	1,76		
		tier 1		2,11	Gg		
		tier 2		1,76	Gg		
		<i>differenziale fra le due stime</i>		0,35	Gg		
		<b>% valore</b>		-16,37	<b>%</b>		

<b>5.1.5 Provincia di Lucca</b>		<b>n° strutture</b>																	
		<b>anno</b>	<b>tot</b>	<b>% censite</b>															
		2006	792	74 %															
		2011	802	42 %															
		<i>diff</i>	10	-33 %															
	<b>n° tot ovini e caprini</b>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>														
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>												
2006	17792	13614	11917	1697	4178	3386	792												
2011	15892	10835	8962	1873	5057	4234	823												
<i>differenza</i>	-1900	-2779	-2954,5008	175,501	879	847,1666	31,8334												
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																			
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>															
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	79.189,13		▶	1.979.728,4														
	Gg	0,08		▶	1,98														
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>															
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14		▶	1.631.108,8														
	Gg	0,67		▶	1,63														
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>tier 1</td> <td>1,98</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>1,63</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>0,35</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>% valore</td> <td>-17,61</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	1,98	Gg	tier 2	1,63	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	0,35	Gg	% valore	-17,61	%
tier 1	1,98	Gg																	
tier 2	1,63	Gg																	
<i>differenza fra le due stime</i>	0,35	Gg																	
% valore	-17,61	%																	

<b>5.1.6 Provincia di Massa Carrara</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>926</td> <td>44 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>871</td> <td>71 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>-55</td> <td>28 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	926	44 %	2011	871	71 %	<i>diff</i>	-55	28 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	926	44 %																				
2011	871	71 %																				
<i>diff</i>	-55	28 %																				
	<b><i>n° tot ovini e caprini</i></b>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	5335	3641	2913	728	1694	1355	339															
2011	11937	9169	7146	2023	2768	2166	602															
<i>differenza</i>	6602	5528	4233,4245	1294,58	1074	811,2645	262,7355															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	65.260,90	▶	1.631.522,5																		
	Gg	0,07	▶	1,63																		
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	1.336.913,1																		
	Gg	0,67	▶	1,34																		
<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>1,63</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>1,34</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>0,29</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-18,06</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	1,63	Gg	tier 2	1,34	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	0,29	Gg	<i>% valore</i>	-18,06	%			
tier 1	1,63	Gg																				
tier 2	1,34	Gg																				
<i>differenza fra le due stime</i>	0,29	Gg																				
<i>% valore</i>	-18,06	%																				

<b>5.1.7 Provincia di Pisa</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>609</td> <td>62 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>683</td> <td>44 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>74</td> <td>-17 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	609	62 %	2011	683	44 %	<i>diff</i>	74	-17 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	609	62 %																				
2011	683	44 %																				
<i>diff</i>	74	-17 %																				
	<b><i>n° tot ovini e caprini</i></b>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	36804	35818	31665	4153	986	848	138															
2011	42169	40377	29008	11369	1792	1309	483															
<i>differenza</i>	5365	4559	-2656,9581	7215,96	806	461,1676	344,8324															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	277.538,67	▶	6.938.466,8																		
	Gg	0,28	▶	6,94																		
	<b><i>CH<sub>4</sub> enterico</i></b>			<b><i>CO<sub>2</sub> eq</i></b>																		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	5.554.946,0																		
	Gg	0,67	▶	5,55																		
<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>6,94</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>5,55</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>1,38</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-19,94</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	6,94		tier 2	5,55	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	1,38	Gg	<i>% valore</i>	-19,94	%			
tier 1	6,94																					
tier 2	5,55	Gg																				
<i>differenza fra le due stime</i>	1,38	Gg																				
<i>% valore</i>	-19,94	%																				

<b>5.1.8 Provincia di Pistoia</b>		<b>n° strutture</b>																	
		<b>anno</b>	<b>tot</b>	<b>% censite</b>															
		2006	329	64 %															
		2011	406	72 %															
		<i>diff</i>	77	8 %															
		<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>														
		<b>n° tot ovini e caprini</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>											
2006	7655	6559	5398	1161	1096	928	168												
2011	6555	4954	4085	869	1601	1392	209												
<i>differenza</i>	-1100	-1605	-1313,3166	-291,683	505	463,6834	41,3166												
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																			
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>														
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	36.155,59	▶	903.889,7															
	Gg	0,04	▶	0,90															
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>														
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	754.924,9															
	Gg	0,67	▶	0,75															
		<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>0,90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>0,75</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>0,15</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>% valore</td> <td>-16,48</td> <td>%</td> </tr> </table>		tier 1	0,90		tier 2	0,75	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	0,15	Gg	% valore	-16,48	%				
tier 1	0,90																		
tier 2	0,75	Gg																	
<i>differenza fra le due stime</i>	0,15	Gg																	
% valore	-16,48	%																	

<b>5.1.9 Provincia di Prato</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>125</td> <td>34 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>133</td> <td>70 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>8</td> <td>36 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	125	34 %	2011	133	70 %	<i>diff</i>	8	36 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	125	34 %																				
2011	133	70 %																				
<i>diff</i>	8	36 %																				
	<i>n° tot ovini e caprini</i>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	1006	850	680	170	156	125	31															
2011	1507	1003	746	257	622	521	101															
<i>differenza</i>	501	153	66,2	86,8	466	396,4	69,6															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																		
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	6.996,80	▶	174.920,0																		
	Gg	0,01	▶	0,17																		
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																		
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	143.115,6																		
	Gg	0,67	▶	0,14																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>tier 1</td> <td>0,17</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>0,14</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>0,03</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-18,18</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>								tier 1	0,17		tier 2	0,14	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	0,03	Gg	<i>% valore</i>	-18,18	%			
tier 1	0,17																					
tier 2	0,14	Gg																				
<i>differenza fra le due stime</i>	0,03	Gg																				
<i>% valore</i>	-18,18	%																				

<b>5.1.10 Provincia di Siena</b>																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2006</td> <td>733</td> <td>84 %</td> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>798</td> <td>50 %</td> </tr> <tr> <td><i>diff</i></td> <td>65</td> <td>-34 %</td> </tr> </tbody> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2006	733	84 %	2011	798	50 %	<i>diff</i>	65	-34 %
<i>n° strutture</i>																						
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																				
2006	733	84 %																				
2011	798	50 %																				
<i>diff</i>	65	-34 %																				
<i>siena</i>	<i>n° tot ovini e caprini</i>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>																	
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>															
2006	111502	109864	83617	26247	1638	1241	397															
2011	117304	112146	90491	21655	5158	4380	778															
<i>differenza</i>	5.802	2.282	6.874	-4.592	3.520	3.139	381															
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																						
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																	
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	810.546,81	▶	20.263.670,2																		
	Gg	0,81	▶	34,68																		
		<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>			<b>CO<sub>2</sub> eq</b>																	
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	667.809,14	▶	16.695.228,6																		
	Gg	0,67	▶	16,70																		
		<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>20,26</td> <td></td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>16,70</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>3,57</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>% valore</td> <td>-17,61</td> <td>%</td> </tr> </table>		tier 1	20,26		tier 2	16,70	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	3,57	Gg	% valore	-17,61	%							
tier 1	20,26																					
tier 2	16,70	Gg																				
<i>differenza fra le due stime</i>	3,57	Gg																				
% valore	-17,61	%																				

Sulla base dei parametri provinciali è stato possibile compilare un report riassuntivo regionale:

<b>5.1.11 Regione Toscana</b>		<table border="1"> <tr> <th colspan="3"><i>n° strutture</i></th> </tr> <tr> <th><i>anno</i></th> <th><i>tot</i></th> <th><i>% censite</i></th> </tr> <tr> <td>2011</td> <td>7320</td> <td>59 %</td> </tr> </table>						<i>n° strutture</i>			<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>	2011	7320	59 %			
<i>n° strutture</i>																			
<i>anno</i>	<i>tot</i>	<i>% censite</i>																	
2011	7320	59 %																	
	<i>n° tot ovini e caprini</i>	<b>OVINI</b>			<b>CAPRINI</b>														
		<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>	<b>tot</b>	<b>&gt;6mesi</b>	<b>0-6mesi</b>												
2011	492673	466422	387941	78481	26932	22272	4660												
<b>Risultati calcoli valori 2011</b>																			
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>				<b>CO<sub>2</sub> eq</b>														
<b>tier 1</b>	<i>kg</i>	3.417.453,3	▶		85.436.332,4														
	<b>Gg</b>	3,4	▶		85,44														
	<b>CH<sub>4</sub> enterico</b>				<b>CO<sub>2</sub> eq</b>														
<b>tier 2</b>	<i>kg</i>	2.860.152,0	▶		71503800,71														
	<b>Gg</b>	2,86	▶		71,50														
<table border="1"> <tr> <td>tier 1</td> <td>85,44</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td>tier 2</td> <td>71,50</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>differenza fra le due stime</i></td> <td>13,93</td> <td>Gg</td> </tr> <tr> <td><i>% valore</i></td> <td>-16,31</td> <td>%</td> </tr> </table>								tier 1	85,44	Gg	tier 2	71,50	Gg	<i>differenza fra le due stime</i>	13,93	Gg	<i>% valore</i>	-16,31	%
tier 1	85,44	Gg																	
tier 2	71,50	Gg																	
<i>differenza fra le due stime</i>	13,93	Gg																	
<i>% valore</i>	-16,31	%																	

Confrontando i dati relativi alle stime delle emissioni di metano emerge che da fra i due metodi IPCC, ossia fra il tier1 e il tier2, si ha una differenza consolidata per tutte le province che varia fra il 15% e il 20%. In più a favore del tier1. Questo evidenzia come le stime effettuate con il tier1 sul settore ovino diano grossolani risultati sovrastimati

rispetto al tier2 e pone un accento sul fatto che tale metodologia, nonostante lo stesso ente di ricerca riconosca l'errore a cui è soggetta(  $\pm 50\%$ ), viene considerata una metodologia riconosciuta, e quindi il risultato che si ottiene può essere reso ufficiale. In altre parole, data l'importanza del settore ovino per la Toscana e, più generalmente, per l'Italia Centro-Meridionale, sarebbe opportuno aumentare il livello di conoscenza relativo alla problematica delle emissioni, producendo sistemi di stima più accurati che si basino sulle reali condizioni di allevamento praticate sul territorio regionale e nazionale. A questo problema si aggiunge poi quello relativo all'affidabilità dei dati di consistenza delle popolazioni. Dalla voce relativa alle strutture, si può vedere come il valore delle aziende censite superi raramente il 70 %, la sola provincia di Grosseto presenta percentuali di aziende censite più che sufficienti per tutti e due gli anni considerati. Massa Pistoia e Prato di poco al di sopra per i dati riguardanti il 2011, e le altre sufficienti solo nel 2006 con Livorno carente per tutte e due gli anni.

Questa carenza pesa enormemente sui valori finali di emissione e rischia di inficiare modelli di stima anche molto dettagliati

Una volta stimato il totale di CH<sub>4</sub> prodotto e convertito in CO<sub>2</sub> equivalenti, è possibile rielaborare valori utili come l'emissione media effettiva a capo, per litro di latte prodotto ed, eventualmente, per lattazione. I valori riportati in tabella 13 evidenziano dei fattori di emissione per kg di latte molto vicini a quelli riscontrabili in letteratura per il latte bovino. Considerando la minore produttività delle pecore da latte e la loro minore mole, tale dato evidenzia come il settore ovino possa essere una significativa fonte di emissione di GHG e come sia importante intervenire per mettere in luce ogni possibile strategia per mitigare tali emissioni.

<i>totale kgch4/capo/anno</i>	<b>Per capo</b>	<b>Per UBA</b>
<i>tier 1</i>	7,6	48,5
<i>tier 2</i>	6,3	40,1

*Tabella 12 emissione media kg/capo o kg/UBA*

<i>totale metano/kg latte/anno</i>	<b>EF kg CH<sub>4</sub>/kg di latte</b>	<b>EF Kg CO<sub>2</sub> eq/kg di latte</b>
<i>tier1</i>	0,050	1,2
<i>tier2</i>	0,042	1,0

*Tabella 13 livello emissioni metano/kg latte in relazione al tier utilizzato*

## 5.2 Risultati del caso studio

Limitando la popolazione studiata ad una azienda, è stato possibile effettuare un calcolo preciso del EF. Avendo un resoconto esatto delle tecniche di alimentazione applicate nei vari periodi dell'anno ed i greggi a cui venivano sottoposte, è stato infatti possibile affrontare l'impostazione del tier2 con un approccio più analitico, permettendo di eliminare gli errori dovuti al campionamento e all'utilizzo di parametri empirici per i valori nutrizionali.

Per ogni variazione della dieta, correlata alla stagione è stato calcolato un EF relativo al numero di animali in mungitura, alla produzione e la percentuale di grasso del latte e ai mesi di lattazione per quanto riguarda i parametri relativi all'animale, che in aggiunta ai valori nutritivi specifici ricavati dalla dieta hanno fornito l'insieme dei dati utili per il calcolo, utilizzando sempre come struttura generale di calcolo quella fornita dal tier2 dell'IPCC.

### *Pre-miglioramento*

	<b>Razione invernale</b>	<b>Razione primavera</b>	<b>Razione estiva</b>	<b>Razione asciutta</b>	<b>Razione agnelle</b>	<b>CH4 per arieti come tier2</b>	
produzione di latte kg	0,90	1,00	0,45	0,00	0,00		
grasso latte %	6,70	6,30	7,00	0,00	0,00		
peso pecora kg	45,00	45,00	45,00	45,00	20,00		
pecore in mungitura	180,00	250,00	250,00	250,00	50,00		
mesi considerati	4,00	3,00	2,00	3,00	12,00		
GE (MJ/capo/d)	19,42	18,45	15,30	11,48	6,13		
Ym	6,50	6,50	6,50	6,50	4,50		
Giorni	120,00	90,00	60,00	90,00	365,00		
EF (kgCH <sub>4</sub> /capo/anno)	2,72	1,94	1,07	1,21	1,81		
Produzione di latte kg	19440,00	22500,00	6750,00	0,00	0,00		
<i>produzione di latte totale kg</i>	48690,00						
metano emesso kg	490,07	484,87	268,10	301,82	90,44		42,40
<b>totale kg CH<sub>4</sub> allevamento</b>	1677,70						
<b>totale kg CH<sub>4</sub>/capo/anno</b>	5,45						
<b>totale kg CH<sub>4</sub>/latte/anno</b>	0,034						

*Tabella 14 risultati emissioni enteriche pre-miglioramento*

Nell'analizzare i dati del prima dell'intervento sulla dieta, si può evidenziare come solo con un metodo di calcolo più preciso, assieme alla conoscenza dei valori nutritivi dell'alimento il coefficiente di emissione diminuisce rispetto alle stesso dato ottenuto con il normale utilizzo di parametri del tier2.

Infatti rapportando i risultati ottenuti dalla tabella 14, con un ipotetico calcolo delle emissioni del caso studio, calcolate con il tier1 e il tier2, risulta come solo da un punto di vista quantitativo, sia abbia una riduzione del fattore di emissione, e quindi della produzione di metano.

N° di animali	
<i>arieti</i>	8
<i>pecore adulte + asciutta</i>	250
<i>rimonta</i>	50,00
<b>produzione latte</b>	48690 kg

Tabella 15 parametri caso studio

#### Emissioni di metano calcolate con EF ottenuto da IPCC tier 1

	<i>CH<sub>4</sub> enterico</i>		<i>CO<sub>2</sub> eq</i>	
	<b>tier1</b>	<i>kg</i>	2.264,00 ▶	56.600,0
	Gg	0,0023 ▶	0,06	

#### Emissioni di metano calcolate con EF ottenuto da IPCC tier 2

	<i>CH<sub>4</sub> enterico</i>		<i>CO<sub>2</sub> eq</i>	
	<b>tier2</b>	<i>kg</i>	1.897,40 ▶	47.435,0
	Gg	0,0019 ▶	0,047	

#### Emissioni di metano calcolate con EF ottenuto da caso studio pre-ottimizzazione

	<i>CH<sub>4</sub> enterico</i>		<i>CO<sub>2</sub> eq</i>	
	<b>tier2 pre</b>	<i>kg</i>	1.677,70 ▶	41.942,5
	Gg	0,0017 ▶	0,042	

Le differenze fra le tre stime riferite al caso studio, possono considerarsi considerevoli se si pensa che sono riferite ad un allevamento relativamente piccolo, evidenziando una

volta di più come i parametri che entrano nelle equazioni di calcolo debbano essere estrapolati da situazioni produttive reali. Nella fattispecie l'allevamento considerato si può considerare largamente rappresentativo della realtà aziendale della collina interna toscana, dove l'allevamento ovino da latte è più largamente praticato. In questo senso si commetterebbe un errore minore ad adottare i fattori di emissione ottenuti da questo specifico allevamento agli altri ricompresi all'interno territorio di riferimento, piuttosto che adottare gli EF ottenuti da parametri tabulati e riferibili a situazioni di allevamento molto diverse.

<b>Metodologia</b>	<b>kg metano</b>	<b>Δ %</b>
<i>tier1</i>	2264,00	
<i>tier2</i>	1897,40	
<i>tier2 pre</i>	1677,70	
differenza fra le stime		
<i>fra 1 e 2</i>	366,60	16,2
<i>fra 1 e pre</i>	586,30	25,9
<i>fra 2 e pre</i>	219,70	11,6

**Tabella 16 differenze fra le stime sul caso studio**

## Post-miglioramento

	Razione invernale	Razione primavera	Razione estiva	Razione asciutta	Razione agnelle	CH <sub>4</sub> per arieti come tier2
produzione di latte kg	1,70	1,30	1,30	0,00	0,00	
grasso latte %	6,70	6,60	6,60	0,00	20,00	
peso pecora	45,00	45,00	45,00	45,00	50,00	
pecore in mungitura	180,00	250,00	250,00	250,00	12,00	
mesi considerati	4,00	3,00	3,00	3,00		
GE (MJ/capo/d)	25,19	21,09	21,09	11,48	6,13	
Ym	6,50	6,50	6,50	6,50	4,50	
Giorni	120,00	90,00	90,00	90,00	365,00	
EF (kgCH <sub>4</sub> /capo/anno)	3,53	2,22	2,22	1,21	1,81	
EF corr (kgCH <sub>4</sub> /capo/anno)	3,24	2,11	2,11	0,00	0,00	
Produzione di latte kg	36720,00	29250,00	29250,00	0,00	0,00	
<i>produzione di latte totale kg</i>		95220,00				
metano emesso	582,43	527,05	557,54	301,82	90,44	42,40
<b>totale kg CH<sub>4</sub> allevamento</b>						2101,67
<b>totale kg CH<sub>4</sub>/capo/anno</b>						6,82
<b>totale kg CH<sub>4</sub>/latte/anno</b>						0,022

Tabella 16 risultati emissioni enteriche post miglioramento

Confrontando i risultati ottenuti nell'ambito dello stesso allevamento, apportando modifiche al regime alimentare al fine di ottimizzare la dieta in funzione dei fabbisogni degli animali, è possibile evidenziare in primo luogo come la produzione di latte subisca un incremento significativo, che ai fini di un allevamento rimane comunque l'obiettivo target da perseguire. Si passa infatti da una produzione annua di 48690kg del primo caso studiato fino a raggiungere i 95220 del secondo, con un aumento percentuale di produzione del 95%.

Se si va a considerare invece il metano emesso, sia dal singolo capo, sia come produzione totale dell'allevamento, si può osservare che l'incremento di produzione sia accompagnato anche da maggiori produzioni enteriche di metano, essendo il latte prodotto una delle variabili principali presenti all'interno della formula dell'IPCC. Infatti si passa da i 5.45 kg a 6.82 kg per il singolo capo, e dai 1677.7kg ai 2101.67kg per quanto riguarda l'allevamento nel suo complesso. Tale incremento, tuttavia, non è proporzionale a quello produttivo, consentendo di diminuire sensibilmente il dato

relativo alla emissione di metano per kg di latte prodotto. Come è già stato precedentemente evidenziato, infatti, un aumento progressivo delle produzioni unitarie per capo allevato può apportare un contributo importante alla riduzione globale di emissioni di GHG. Nel caso in questione si passa dagli  $0.034 \text{ kg di } CH_4 / \text{kg latte/anno}$  agli  $0.022 \text{ } CH_4 / \text{kg latte/anno}$  dopo l'incremento di produzione. Tale risultato è ottenuto in massima parte dall'ottimizzazione dei fattori alimentari che hanno consentito un aumento della produzione di latte e, in misura minore, dalla introduzione nella razione di alimenti in grado di mitigare le emissioni enteriche (come i lipidi) e aumentare la digeribilità dell'energia della razione (fieni di erba medica a più basso contenuto di NDF).

## 6 Conclusioni

Lo studio realizzato ha consentito di apportare un primo contributo alla conoscenza dei fattori di emissione di GHG provenienti da uno dei settori agricoli più importanti della regione Toscana come quello della ovinicoltura da latte. L'applicazione di diversi modelli di stima ha evidenziato la necessità di affinare le conoscenze relativamente ai parametri che compongono gli inventari necessari alla stima dei fattori di emissione, cercando di utilizzare il più possibile dati riscontrabili direttamente nelle realtà territoriali regionali, al fine di evitare l'utilizzo di parametri bibliografici poco adattabili alle specifiche situazioni di allevamento riscontrabili a livello regionale. Allo stesso tempo è emersa l'importanza di migliorare il più possibile anche la conoscenza delle statistiche relative alle consistenze dei capi allevati e alla composizione del patrimonio zootecnico regionale e nazionale, al fine di garantire la necessaria accuratezza delle stime di emissione. Infine, lo sviluppo di un caso studio reale ha messo in evidenza l'opportunità di operare un miglioramento dell'efficienza tecnica delle aziende come utile strumento di mitigazione delle emissioni. Il miglioramento dei parametri di razionamento, infatti, ha consentito di ottenere un duplice effetto: l'aumento della produttività a capo e il contenimento delle emissioni per kg di latte prodotto. Tali risultati, tuttavia, necessitano di ulteriori approfondimenti che vadano a valutare i fattori di emissione di GHG non solo a livello del singolo capo, ma anche a livello territoriale, prendendo in considerazione come unità sperimentale l'azienda nella sua interezza e complessità, compreso la presenza di tutti quei fattori che possono concorrere all'assorbimento del carbonio (pascoli, boschi, tecniche colturali, ecc.).

## 7 Bibliografia

- Archad, M.A. (1999). Tillage and soil quality – Tillage practices for sustainable agriculture and environmental quality in different agroecosystems. *Soil Till. Res.* 53, 1-2.
- Boadi DA, Wittenberg KM, Scott SL, Burton D, Buckley K, Small JA, (2004) Effect of low and high forage diet on enteric and manure pack greenhouse gas emissions from a feedlot. 2004; *Can. J. Anim. Sci.*; 84: 445-453.
- Bodas R., López S., Fernández, M., García-González, R., Rodríguez, A.B., Wallace R.J. & González J.S. 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 145, pp. 245-258.
- Busquet M., Calsamiglia S., A. Ferret, M. D. Carro, and C. Kamel. (2005). Effect of Garlic Oil and Four of its Compounds on Rumen Microbial Fermentation. *J. Dairy Sci.* 88:4393–4404
- Córdor R.D. (2011), *Agricoltura: Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009*. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA). Rapporto tecnico 140/2011. Roma, Italia
- Córdor R.D., Di Cristofaro E., De Lauretis R. (2008), *Agricoltura: inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale*. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA). Rapporto tecnico 85/2008. Roma, Italia.
- Marian A.P., Podestà A.. (1996). *Biochimica e biotecnologia del rumine*. Cap 5.- Metanogenesi del Rumine
- European Environmental Agency, “A Life Cycle Assessment”, 1998
- FAO. (2006). *Livestock’s long shadow: environmental issues and options*. FAO, Roma, Italia.
- Garnsworthy P. (2004). The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal Feed Science and Technology*, 112, pp. 211-223
- Gebhart D.L., Johnson H.S., Mayeux H., Polley W., 1994. The CPR increase soil carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49, pp. 488-492.

- Hess H. D., Beuret R. A., Lötscher M., Hindrichsen I. K, Machmüller A., Carulla J. E., Lascano C. E.. (2004), Ruminant fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage and M. Kreuzer *Animal Science* 2004, 79:177-189
- IPCC (2007) Fourth Assessment Report: Climate Change Working Group I: The Physical Science Basis
- IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management
- IPCC.(2007), “Mitigation of climate change”, , Cap.8
- ISPRA. (2011) Agricoltura emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009. 104/2011
- Jurgen, M.H. (1988). *Animal Feeding and Nutrition*, Sixth Edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, U.S.A.
- Kebreab E, Clark K, France J.(2006) Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture : A review. *Can. J. Anim. Sci.* 86: 135–158
- Macheboeuf D., D.P. Morgavi , Y. Papon ,J.-L. Mousset, M. Arturo-Schaan. (2008). Dose–response effects of essential oils on in vitro fermentation activity of the rumen microbial population. *Animal Feed Science and Technology*145 335–350
- Makkar HPS and Becker K. (1996) Effect of pH, temperature, and time on inactivation of tannins and possible implications in detannification studies. 1996; *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, 1291–1295.
- Martin C, Dubroeuq H, Micol D, Agabriel J and Doreau M. (2007) Methane output from beef cattle fed different high-concentrate diets. In *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 2–4 April 2007, Southport, UK, 2007; p. 46.
- Martin C, Morgavi DP, Doreau M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*. 2010; 4: 351-365.
- Mazzoncini M., Bonari E., (1999). Lavorazioni e sostenibilità del sistema colturale. In: *Le Lavorazioni del terreno*. Edizioni L’Informatore Agrario, 67-87.

- McCaughey, W. P., Wittenberg, K. and Corrigan, D. Methane production by steers on pasture. *Can. J. Anim. Sci.* 1997; 77: 519–524
- McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T., Colombatto, D. (2004). Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science*, 82, pp.3346-3356.
- Mele M., Pollicardo A.(2012). resoconto sui metodi di mitigazione della produzione di gas ad effetto serra (GHG) nell’ambito delle produzioni animali, Progetto SATREGas
- Mills, J.A., Dijkstra, J., Bannink, A., Cammell, S.B., Kebread, E., France, J., (2001). A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation, and application. *Journal of Animal Science* 79, 1584e1597
- Mipaaf. 2011, Libro bianco Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici.
- Neely C.L. e Hatfield R. (2007). “Livestock System”, *Farming With Nature: The Science and Practice of Ecoagriculture*, Chapter 7
- Neufeldt H., (2005). Carbon stocks and sequestration potentials of agricultural soils in the federal state of Baden-Württemberg, SW Germany *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* Volume 168, Issue 2, pages 202–211, April, 2005
- Puchala R., Min B.R., Goetsch A.L., Sahlou T., (2005). The effect of condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science*, 83, pp. 182–186
- Sauvant D., Giger-reverdin S., (2009) Modélisation des interactions digestives et de la production de méthane chez les ruminants. *Inra Prod. Anim.*, 2009,22 (5), 375-384
- Schlesinger. (2000). Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism. *Agriculture Ecosystems & Environment.*; 82: 121 – 127.
- Smith P., Goulding K.W.T, Smith K.A., Powlson D.S., Smith J.U., Falloon P.D. & Coleman, K. (2001). Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: Including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 237–252.

- Soussana JF, Tallec T, Blanfort V. (2010) Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*. 2010; 4: 334-350.
- Zervas G., Tsiplakou E.. (2012) An assessment of GHG emissions from small ruminants in comparison with GHG emissions from large ruminants and monogastric livestock. *Atmospheric Environment* 49-2012 13e23
- Zhou Y.Y., Mao H.L, Jiang F., Wang J.K., Liu J.X., McSweeney C.S.. (2011). Inhibition of rumen methanogenesis by tea saponins with reference to fermentation pattern and microbial communities in Hu sheep *Animal Feed Science and Technology* 166– 167 93– 100

## 7.1 Siti consultati

- <http://faostat3.fao.org>
- <http://www.arsia.toscana.it/agriqualita/agricoltura%20integrata.htm>
- <http://www.enea.it/it>
- <http://www.wri.org/project/earthtrends/>
- <http://www.unfccc.it> United Nations Framework Conventio