

PRODUZIONI ZOOTECNICHE

L'allevamento zootecnico come parte della soluzione per il cambiamento climatico



MAURIZIO FERRI

Società Italiana di Medicina Veterinaria Preventiva

Alla 26^a Conferenza delle parti delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici¹ tenutasi a Glasgow nel 2021 (COP26), 197 paesi, inclusi gli Stati Uniti e l'Unione Europea, si sono impegnati a ridurre collettivamente le emissioni di metano (CH₄) (il secondo nella lista dei gas serra più

dannosi per il cambiamento climatico), di almeno il 30% al di sotto dei livelli del 2020 entro il 2030 (Global Methane Pledge)². L'obiettivo è di ridurre il riscaldamento globale di 0,2 gradi Celsius entro il 2050. Senza interventi si prevede che l'aumento della temperatura entro il 2030-2050 sarà di 1,5°C.

¹ <https://ukcop26.org/it/iniziale/>

² <https://www.globalmethanepledge.org/>.

Gli stessi temi con un focus sui finanziamenti globali per le riduzioni, specie per i paesi in via di sviluppo e il meccanismo *lost and damage* verranno discussi in occasione del prossimo COP27 che si terrà in Egitto dal 7 al 17 Novembre 2022.

L'Unione europea sta assumendo un ruolo guida nella riduzione delle emissioni di metano con l'adozione della strategia dell'UE per il metano del 2022 che stabilisce come legiferare 'per misurare, segnalare e verificare le emissioni di metano e fissare limiti al rilascio deliberato di metano e combustione di gas, imponendo nel contempo requisiti per rilevare le perdite e ripararle'³.

Queste misure non si applicheranno in Europa che non è un forte produttore di questi idrocarburi ma il più grande importatore mondiale di petrolio, gas e carbone, ma si spera nei paesi esportatori, come India, Stati Uniti, Russia e Brasile responsabili di quasi la metà di tutte le emissioni di metano a livello globale.

Ma cos'è il metano e da dove proviene?

Occorre premettere che i gas serra (*Greenhouse Gas*-GHG) come l'anidride carbonica (CO₂), metano, ossido nitroso (N₂O) ecc. riscaldano la Terra in quanto assorbendo energia (catturano il calore dal sole) rallentano la velocità con cui la stessa si disperde nello spazio, in sostanza agiscono come una coperta che isola la Terra. Il tasso di assorbimento è diverso a seconda del tipo di gas. Il metano è un gas inquinante che deriva principalmente dal gas naturale (gas fossile), biometano (gas da rifiuti agricoli) e fermentazioni ruminanti. Viene definito gas climatico di breve durata in quanto permane in atmosfera per circa 10 a 15 anni, un tempo limitato rispetto alle migliaia di anni della CO₂. Negli ultimi due decenni, per consentire il confronto dell'impatto del riscaldamento globale associato ai diversi gas è stata sviluppata la metrica GWP (*Global Warming Potential*) che misura la quantità di energia assorbita dalle emissioni di 1 tonnellata di gas in un dato periodo di tempo, rispetto alle emissioni di 1 tonnellata di CO₂. Applicando il calcolo GWP il metano pur possedendo un potenziale di riscaldamento 28 volte maggiore della CO₂ (assorbe più energia) calcolato in un arco di 100 anni (GWP100), viene però distrutto nel tempo in atmosfera per effetto di reazioni chimiche ossidative alla stessa velocità con cui viene emesso. Pertanto, la concentrazione atmosferica del metano rimane costante nel tempo mentre quella della CO₂ ha un aumento esponenziale per effetto dell'accumulo. GWP100 se applicato alle emissioni di metano dagli allevamenti di

animali non tiene conto del raffreddamento del gas correlato alla distruzione in atmosfera e presume quindi la sua permanenza ed accumuli in atmosfera per 100 anni. Ciò lo rende inappropriato a causa di una sovrastima dell'impatto sul riscaldamento 3-4 volte maggiore di quello osservato. Di recente l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) delle Nazioni Unite sulla base degli studi dell'Università di Oxford ha adottato un nuovo metodo di calcolo denominato GWP100* che fornisce una stima migliore. Queste nuove evidenze dimostrano come per contrastare il cambiamento climatico risulti sì necessario ridurre CO₂ e metano, ma la riduzione delle emissioni di quest'ultimo è più importante per raggiungere gli obiettivi climatici del 2050 ed è fondamentale per il completamento dell'Agenda 2030 per gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS).

Le emissioni di gas serra dall'agricoltura e allevamento

Uno studio esterno sul futuro dell'allevamento commissionato dalla Commissione europea ha stimato che nel 2017 il settore agricolo dei 28 paesi dell'Unione Europea (UE) ha prodotto il 10% delle emissioni totali di gas serra, una percentuale inferiore all'industria (38%) o ai trasporti (21%)⁴. L'Agenzia europea dell'ambiente (AEA) ha stimato come tra il 2005 e il 2019 non ci siano state variazioni sostanziali delle emissioni di gas serra dall'agricoltura nell'UE e questa tendenza dovrebbe continuare, con le proiezioni degli Stati membri che indicano che ci sarà solo un modesto calo del 2% delle emissioni dal settore agricolo entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005⁵. La figura 1 fornisce una panoramica delle percentuali per paese dell'UE. Tuttavia, c'è uno sforzo collettivo da parte di tutti gli attori delle catene di approvvigionamento per migliorare questa tendenza se vengono attuate misure aggiuntive attualmente pianificate dagli Stati membri con un ulteriore calo previsto delle emissioni del 5%.

Se consideriamo l'intero settore agricolo che comprende le colture con un impatto sull'ambiente e sui cambiamenti

Riquadro 1.

La narrativa della 'mucca assassina del clima' è fuorviante se si considera come nonostante la consistenza numerica costante degli allevamenti bovini nell'UE (tra l'altro in diminuzione negli ultimi 30 anni) non ci sia stato un aumento del metano atmosferico.

³ https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12504-Strategia-dellUE-per-il-metano_it.

⁴ https://agriculture.ec.europa.eu/news/commission-publishes-external-study-future-eu-livestock-2020-10-14_en.

⁵ <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-agriculture>.

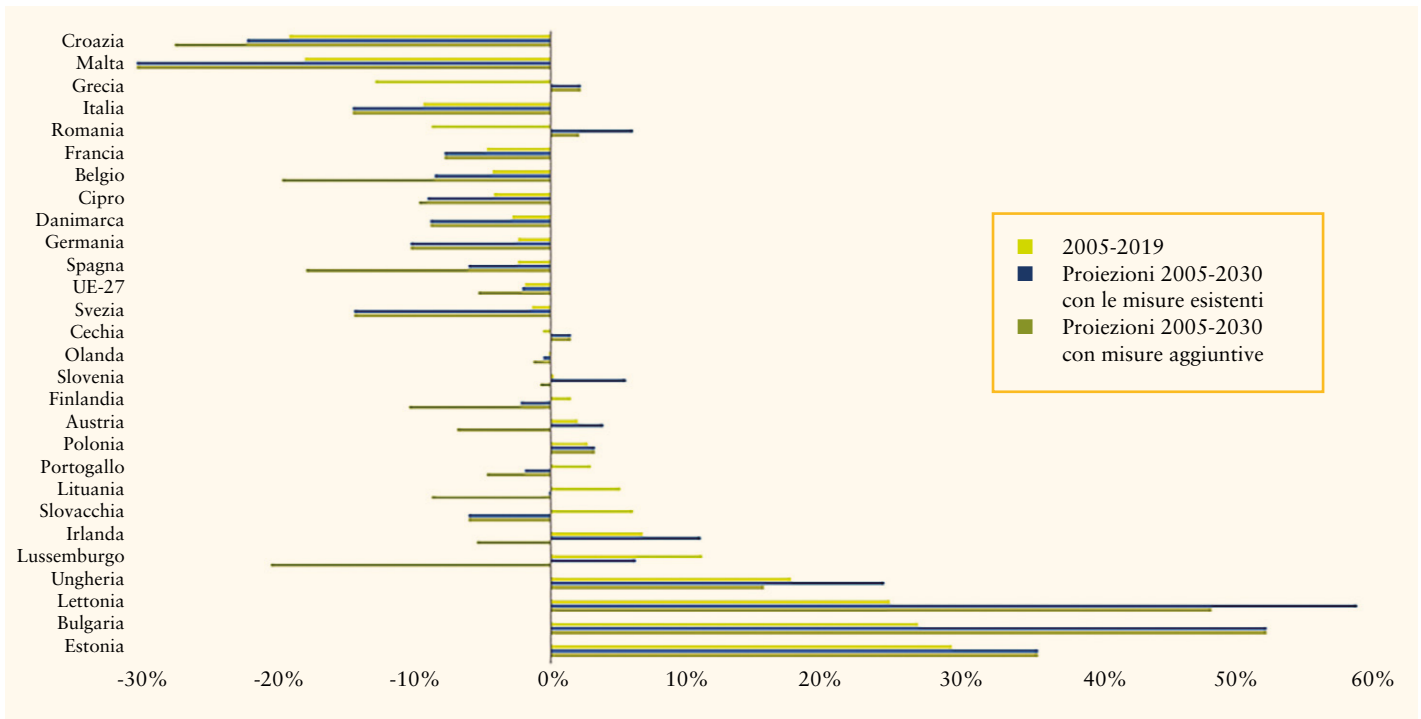


Figura 1. Emissioni agricole ed emissioni previste dagli Stati membri dell'UE (da EEA)

climatici, gli allevamenti contribuiscono in modo significativo per i due terzi sulle emissioni totali di gas serra. Nelle emissioni vanno considerate anche quelle legate alla produzione, trasporto e lavorazione dei mangimi, un settore responsabile dell'81-86% delle emissioni totali di gas serra. Ma c'è un aspetto positivo da tenere conto nel calcolo dell'impatto ambientale del settore zootecnico legato al mantenimento dei prati permanenti che avvantaggia la biodiversità e costituisce un mezzo di sequestro del carbonio. Ma vediamo un po' da vicino i numeri. I dati della FAO e di altre ricerche sottoposte a revisione paritaria ci dicono che le emissioni di gas serra degli allevamenti di animali nell'UE rappresentano il 17% delle emissioni totali, l'equivalente di 704 milioni di tonnellate di CO₂⁶. Parimenti a livello globale dati recenti sempre della FAO mostrano come l'allevamento animale seppure significativo non rappresenti il principale contributore alle emissioni totali di gas serra con il 14,5% di tutte le emissioni antropogeniche⁷. Eurostat, sulla base delle emissioni trimestrali di gas serra stima che l'agricoltura tra tutti i settori economici responsabili della maggior parte delle emissioni abbia contribuito per il 14%⁸ (figura 2). Se questi dati offrono un quadro più realistico e meno preoccupante, occorre però fare i conti con il previsto aumento

del consumo futuro di carne e prodotti lattiero-caseari dovuto alla crescita della popolazione che richiederà interventi sostanziali per ridurre il contributo dell'allevamento al cambiamento climatico.

L'emissione di metano dei ruminanti

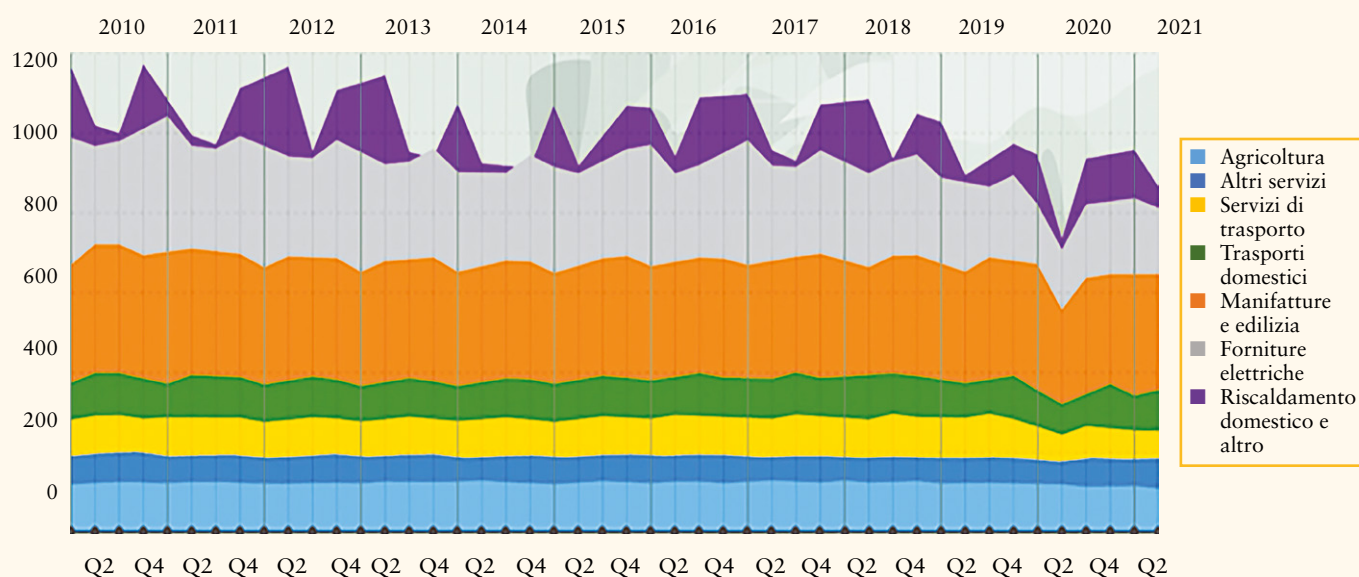
I ruminanti, tra le diverse specie di animali da reddito sono responsabili del 65% delle emissioni del settore zootecnico, includendo anche i prodotti non commestibili come il letame. Il metano si forma nel rumine dalla conversione dell'idrogeno e della CO₂ prodotti dalla fermentazione delle fibre vegetali a opera di batteri metanogenici appartenenti al regno *Archea* e di una complessa comunità di protozoi, microrganismi e funghi anaerobici.

Un rapporto della FAO del 2020 stima come nel 2018 le emissioni di metano dalla fermentazione enterica nei ruminanti abbiano continuato a rappresentare la principale componente delle emissioni in allevamento (2.1 Gt CO₂eq)⁹. L'intensità di emissione varia da prodotto a prodotto con valori più elevati per la carne bovina (quasi 300 kg di CO₂ eq per chilogrammo di proteine prodotte), seguita da carne e latte di piccoli ruminanti (rispettivamente 165 e 112 kg di

⁶ <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-agriculture>.

⁷ <https://www.fao.org/news/story/it/item/197623/icode/>.

⁸ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20211129->.



ec.europa.eu/eurostat

Figura 2. Emissioni di gas serra per attività economica, UE, 1° trim. 2010-2° trim. 2021 - (milioni di tonnellate di CO_2 -equivalenti)

Riquadro 2.

- L'alimentazione e l'agricoltura sostenibili contribuiscono ai 4 pilastri della sicurezza alimentare - disponibilità, accesso, utilizzo e stabilità - e alle dimensioni ambientale, sociale ed economica.
- L'agricoltura produce principalmente biomassa non commestibile che il bestiame assume come sottoprodotti.
- L'86% del mangime che il bestiame assume come sostanza secca derivante dal raccolto di cereali non è commestibile per l'uomo.
- 1 kg di cibo vegano genera 3-5 kg di biomassa non commestibile. Quindi, abbiamo bisogno del bestiame per convertirlo.
- La comunità scientifica concorda sul fatto che il GWP* sia la metrica più aggiornata e affidabile da utilizzare per misurare i GHG del settore zootecnico
- I miglioramenti nell'allevamento - alimentazione - salute degli animali sono le aree chiave su cui i veterinari devono concentrarsi per mitigare le emissioni di metano.

CO_2 eq/kg). Diversamente, i monogastrici (suini, pollame) la cui dieta si basa molto su foraggio e mangimi, tendono a emettere prevalentemente N_2O e CO_2 . L'impatto della zootecnia sulle emissioni di gas serra varia considerevolmente da paese a paese e dipende da variabili

quali la dieta degli animali, i sistemi di stabulazione, le attrezzature impiegate, i sistemi di ventilazione, le condizioni climatiche esterne, il trattamento del letame ed aspetti gestionali. In Italia le emissioni climalteranti dell'agricoltura italiana hanno rappresentato nel 2019 solamente il 7,1% di quelle totali, di cui solo il 4,6% ascrivibili alla zootecnia, ma occorre insistere nello sforzo collettivo di riduzione da parte di tutti gli attori delle filiere. La sfida climatica della zootecnia italiana ha visto dal 1999 al 2020 una riduzione delle emissioni del settore zootecnico del 14% (Mt CO_2 eq) ed un riuso e sequestro del carbonio del 1.105%¹⁰. Secondo i dati ISTAT 2010 e ISPRA 2021, per l'allevamento bovino tra emissioni (+19,96 Mlt CO_2 eq) e sequestro di carbonio (-20,06 Mlt CO_2 eq) da pascoli, boschi ed erbai permanenti si è raggiunto un bilancio del carbonio uguale a 0. Inoltre, con più di 1700 impianti di biogas agro-zootecnici è stata alimentata l'economia circolare con la produzione di azoto e biogas¹¹. Come stabilito dalla Commissione Europea l'obiettivo chiave per la sostenibilità del 21° secolo è valutare e ridurre l'impatto ambientale associato alla produzione animale ed affrontare al contempo la crescente domanda di produzione di carne¹². Nel contesto dell'impegno globale per

⁹ <https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf>.

¹⁰ https://www.ruminantia.it/wp-content/uploads/2022/09/Programma_Evento.pdf.

¹¹ <https://www.carnisostenibili.it/https-www-carnisostenibili-it-filiere-delle-carni-in-italia-la-maggior-efficienza-produttiva-al-mondo/#:~:text=Dal%20punto%20di%20vista%20dell,appena%20il%203%2C5%25>.

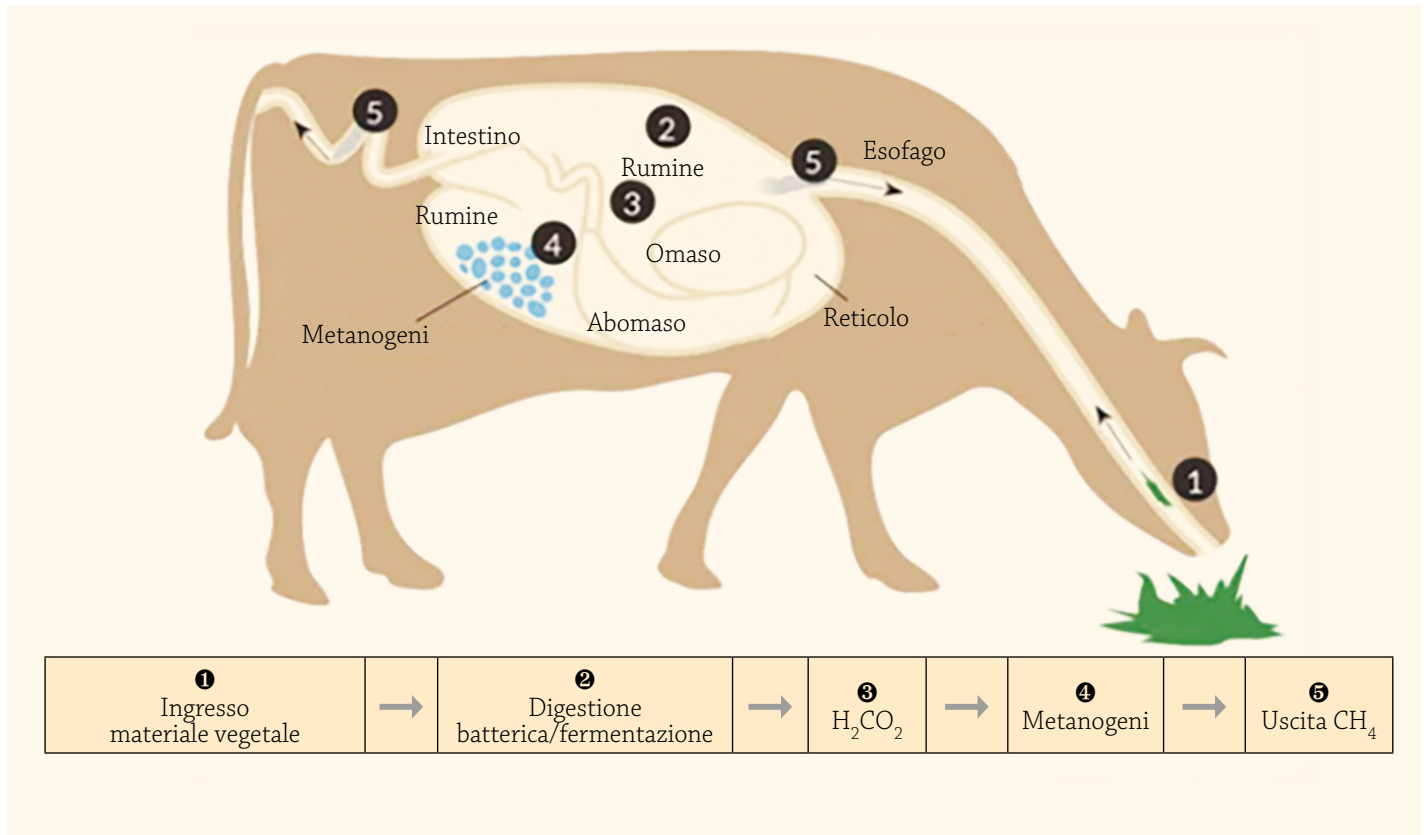


Figura 3. Emissione di metano dei ruminanti

la riduzione dei gas serra, c'è un acceso dibattito sulle misure più efficaci per bilanciare gli aspetti produttivi e il fabbisogno di carne, soprattutto nelle aree del mondo dove c'è ancora carenza di proteine animali nella dieta umana, con le pratiche sostenibili. Ma rimangono molte domande aperte sull'impatto complessivo dei gas serra. È indubbio che negli ultimi decenni il settore dell'allevamento ha compiuto notevoli passi in avanti per migliorare l'efficienza produttiva, ridurre le emissioni di gas serra, in particolare del metano.

Oggi l'allevamento, se si tiene debitamente conto della sua importanza economica e socio-culturale, è visto non solo come produzione alimentare ma con un ruolo chiave nella transizione green verso sistemi alimentari più sostenibili. Sicuramente la posta in gioco implica la conoscenza delle complesse relazioni alla base dei sistemi di produzione agricola a basso impatto per le emissioni di gas serra e la promozione di pratiche diffuse di gestione efficace dell'ecosistema.

La gestione delle emissioni di metano dagli allevamenti

La strategia di riduzione e mitigazione delle emissioni di metano dagli allevamenti rappresenta una sfida futura per tutti gli attori del settore e presenta un duplice vantaggio per l'ambiente e per l'efficienza della produzione zootecnica¹³. Migliorare l'efficienza produttiva degli allevamenti significa ridurre le risorse e gli input (alimentazione, acqua, numero di animali ecc.), impattare meno sul clima e salvaguardare il benessere degli animali. Se l'allevamento, in particolare dei ruminanti non appare come un sistema omogeneo per via delle diverse tipologie ed attitudini produttive e condizioni locali, il mantenimento dei pascoli e terreni verdi permanenti e l'uso ottimizzato del letame possono avere un impatto positivo sulla biodiversità e sul sequestro del carbonio del suolo. Gli animali e le piante (biosfera) sono essi stessi *carbon neutral*, mentre qualsiasi introduzione di carbonio fossile nella biosfera aumenta la pressione nel

¹² https://agriculture.ec.europa.eu/news/commission-publishes-external-study-future-eu-livestock-2020-10-14_en.

¹³ <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.623817/full>.

Riquadro 3.

Il concetto di intensificazione degli allevamenti significa che con meno risorse possiamo avere gli stessi livelli di produzione di carne o superiori. Più velocemente alleviamo gli animali, meno gas serra vengono emessi, meno risorse vengono utilizzate.

sistema portando a uno spostamento dell'equilibrio a livelli più alti. Oggi esiste un'ampia gamma di tecnologie e strategie che puntando sull'efficienza produttiva consentono di mantenere l'attuale consistenza degli allevamenti e garantire al contempo una riduzione delle emissioni di metano o suo utilizzo come biocombustibile e digestato (economia circolare) e dunque di raggiungere gli obiettivi climatici del 2050. Parliamo ad esempio del *Precision farming livestock*, mangimi che riducono la metanogenesi, agricoltura rigenerativa. Inoltre i dati indicano che gli animali sani e con benessere ottimale emettono meno metano.

L'allevamento di precisione strumento per la riduzione delle emissioni di gas serra

L'allevamento di precisione (*Precision farming livestock-PFL*) è uno strumento progettato per monitorare in tempo reale alcuni parametri ed aumentare l'efficienza produttiva, che significa produrre di più a un costo inferiore per l'uso delle risorse (es. acqua, mangime, terra e manodopera), per la sanità e benessere animale, per l'ambiente e clima. PFL fa uso di tecnologie avanzate come i sensori per la raccolta di dati sugli animali o sul loro ambiente (per esempio, telecamere, microfoni, accelerometri, analizzatori di gas e spettrometri) ulteriormente integrati con tecniche analitiche avanzate. Sebbene non esista ad oggi un'applicazione PLF progettata specificamente per raggiungere l'obiettivo di riduzione dei gas serra, ci sono le potenzialità per il suo utilizzo¹⁴ da parte degli allevatori¹⁵ debitamente assistiti da veterinari qualificati per mitigare l'impatto ambientale delle emissioni di gas serra ed affrontare la sfida della sostenibilità futura degli allevamenti.

Strategie per ridurre la metanogenesi ruminale

L'alterazione/ottimizzazione della fermentazione del ruminale mediante la dieta (ad es. modifica della biodiversità microbica con mezzi diversi) è una tra le principali strategie adottate per contenere e limitare le emissioni di metano dagli allevamenti animali. Come già accennato, i ruminanti a differenza dei monogastrici, hanno una straordinaria capacità di trasformare la fibra vegetale con un processo che prevede la produzione di protoni H⁺ che si formano dalla degradazione della componente fibrosa e la formazione di metano enterico. L'80% di quanto ingerito viene completamente rimodellato nel ruminale e con un corretto equilibrio alimentare è possibile modificare la fermentazione per ridurre la metanogenesi, nel pieno rispetto della sanità animale. Diversi studi hanno dimostrato la capacità di alcuni composti naturali (miscele di sostanze naturali o metaboliti vegetali secondari) di migliorare l'attività microbica e ridurre i gruppi microbici (*Archea* metanogeni) associati alla produzione di metano¹⁶. In particolare, i ricercatori hanno trovato una combinazione sinergica di oli essenziali, tannini e bioflavonoidi appositamente selezionati per supportare e migliorare la funzione del ruminale. Alcuni di questi prodotti sono già sul mercato, ma pochi hanno avuto la validazione ambientale. Parliamo di additivi per mangimi a base vegetale come Rumitech¹⁷, Agolin¹⁸, XTRAC¹⁹, Anavrin²⁰. Anavrin contiene una miscela di oli di geranio, tannini di castagno, coriandolo e bioflavonoidi di oliva, tutti elementi con capacità antiossidante ed in grado di ridurre lo stato proinfiammatorio dell'animale insieme a un aumento della produzione di carne e latte. Sulla base dei risultati di test effettuati in laboratorio e negli allevamenti, Anavrin è in grado di ridurre le emissioni di metano in atmosfera fino al 25% e ha ricevuto una validazione ufficiale da Carbon Trust²¹.

Carbon Trust è una società di consulenza climatica globale oltre che autorevole organismo di riferimento internazionale, che da oltre 20 anni è pioniera della decarbonizzazione per aziende, governi e organizzazioni di tutto il mondo ed ha creato la prima etichetta di impronta di carbonio al mondo e convalidato gli effetti su gas serra di molti additivi per mangimi²².

¹⁴ <https://www.era-susan.eu/content/grastech-precision-livestock-farming-plf-technologies-reduce-greenhouse-gas-ghg-emissions>.

¹⁵ <https://www.era-susan.eu/content/grastech-precision-livestock-farming-plf-technologies-reduce-greenhouse-gas-ghg-emissions>.

¹⁶ <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/6/728/htm>.

¹⁷ <https://www.harbro.co.uk/nutrition/nutritional-articles/dairy/lower-methane-emissions-with-rumitech/>.

¹⁸ <https://theagolinstory.com/>.

¹⁹ https://www.pancosma.com/wp-content/uploads/2020/02/XTRACT_methane-reduction_Carbon-Trust_Feb2020-2.pdf.

²⁰ <https://www.linkedin.com/in/anavrin-innovation-by-nature-50b673226/>.

²¹ <https://vetoseurope.ch/it/>.

²² <https://www.carbontrust.com/>.

Recentemente l'Unione europea sulla base del parere scientifico dell'EFSA ha approvato il primo mangime anti-metano costituito da 3-nitroossipropanolo (Bovaer® 10) per ruminanti per la produzione e la riproduzione del latte²³. Questo mangime è efficace nelle vacche da latte per ridurre la produzione enterica di metano nelle condizioni d'uso proposte.

Allevamento estensivo versus allevamento intensivo

Vi sono posizioni discordanti sul contributo degli allevamenti estensivi alla produzione di gas serra rispetto a quelli intensivi. I sistemi di allevamento estensivo su vaste aree di pascolo sono ritenuti inefficienti e producono più gas serra per animale rispetto ai sistemi intensivi dove c'è una massima ottimizzazione della gestione degli alimenti con un uso equilibrato dei componenti fibrosi che portano a ridotte emissioni di metano. In sostanza si ritiene che gli impatti ambientali aumentino con l'estensivizzazione²⁴. Tuttavia, se da una parte le strategie di alimentazione per ridurre le emissioni di gas a effetto serra nei sistemi di allevamento intensivo sono state oggetto di uno studio più approfondito e portato ad alcune soluzioni climatiche, dall'altra è piuttosto difficile quantificare numericamente e misurare le emissioni azienda per azienda nei sistemi di pascolo in cui c'è un'ampia variazione dei parametri. Oggi, con l'utilizzo del PFL e di strumenti basati sui sensori è possibile mappare e ridurre le emissioni di metano degli animali al pascolo. A riguardo, diversi progetti facendo leva sul *Life Cycle Assessment* (LCA), uno strumento olistico che consente di quantificare l'impronta di carbonio di una varietà di prodotti e selezionare le strategie di riduzione, mirano a sviluppare una piattaforma di sensori montata sugli animali al pascolo per la misurazione del metano, convalidando l'uso di tecniche consolidate come le camere di respirazione, LaserGun e Greenfeed²⁵.

Gli allevamenti animali verso l'autosufficienza energetica: biometano e digestato

In risposta alla crisi energetica, l'UE ha presentato la comunicazione *REPowerEU* per sostenere la diversificazione degli approvvigionamenti energetici, accelerare la transi-

zione verso le energie rinnovabili e migliorare l'efficienza energetica nel più breve tempo possibile²⁶. L'obiettivo è ridurre di 2/3 il gas importato dalla Russia entro la fine del 2022, iniziare la produzione di idrogeno pulito con una strategia di biometano per moltiplicare la sua produzione di dieci volte in pochi anni.

Gli allevamenti possono contribuire al raggiungimento dell'autosufficienza energetica ed accelerare la transizione verde. Il biometano è un gas che si ottiene dalla digestione di materiali organici, come rifiuti organici, o residui agricoli e letame degli allevamenti. Il biometano, una componente chiave per un aumento sostenibile, può contribuire alla nostra indipendenza energetica e sta diventando una priorità strategica (Horizon 2030)²⁷. Ulteriori vantaggi sono inoltre forniti dal digestato ottenuto dal processo di produzione del biogas. Il digestato essendo ricco di sostanze nutritive, può essere utilizzato come fertilizzante, in questo modo può aiutare a ridurre la dipendenza dai fertilizzanti sintetici russi, dal gas naturale necessario per la produzione di fertilizzanti chimici ed evitare notevoli quantità di emissione di gas serra²⁸.

Il potenziale dei sistemi di agricoltura rigenerativa della carne bovina

Un altro potenziale vantaggio climatico per l'allevamento risiede nell'accumulo di carbonio nel suolo che compensa la maggior parte delle emissioni legate alla produzione di carne bovina. Sfortunatamente, le LCA tradizionali non tengono conto del sequestro del carbonio nel suolo e quindi di tutto il carbonio nei sistemi di agricoltura rigenerativa. Ci sono evidenze positive relative al pascolo rigenerativo, in particolare per la produzione di carne bovina ritenuta una fonte significativa di metano. Tra dibattiti accesi e opinioni scettiche sul ruolo dell'agricoltura rigenerativa come soluzione ai cambiamenti climatici²⁹, Quantis ha pubblicato un'analisi del LCA che mostra il vantaggio di allevamenti di bovine da carne gestite con pratiche rigenerative su pascoli di querce bianche finalizzate ad aumentare significativamente il sequestro di carbonio nel suolo prelevandolo dall'atmosfera³⁰. Si tratta di complesse relazioni e interazioni tra i microbi del suolo, le radici delle piante e gli animali al pascolo, che portano ad un netto sequestro di carbonio nel suolo con un effetto positivo sulle emissioni di carbonio in atmosfera.

²⁷ <https://www.horizon-europe.gouv.fr/innovative-biomethane-production-energy-carrier-and-fuel-26297>.

²⁸ <https://meatthefacts.eu/home/activity/beyond-the-headlines/repowereu-communication-the-european-union-recognises-the-key-role-played-by-european-livestock-farming-in-our-energy-independence/>.

²⁹ <https://civileats.com/2018/04/10/can-responsible-grazing-make-beef-climate-neutral/>.

³⁰ <https://blog.whiteoakpastures.com/hubfs/WOP-LCA-Quantis-2019.pdf>.